

「Connected Industries 推進のための  
協調領域データ共有・AI システム開発促進事業」

事業原簿

【公開】

担当部	国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 IoT 推進部
-----	--

## —目次—

概 要 .....	1
プロジェクト用語集 .....	6
<b>1. 事業の位置付け・必要性について .....</b>	<b>9</b>
1-1. 事業の背景・目的・位置づけ .....	9
①政策的な重要性 .....	9
②我が国の状況 .....	9
③世界の取組状況 .....	10
④本事業のねらい .....	10
1-2. NEDO の関与の必要性・制度への適合性 .....	11
1-2-1. NEDO が関与することの意義 .....	11
1-2-2. 実施の効果(費用対効果) .....	11
<b>2. 研究開発マネジメントについて .....</b>	<b>13</b>
2-1. 事業の目標 .....	13
①アウトプット目標 .....	13
②アウトカム目標 .....	13
2-2. 事業の計画内容 .....	13
2-2-1. 研究開発の内容 .....	13
2-2-2. 研究開発の実施体制 .....	13
2-2-3. 研究開発の運営管理 .....	15
2-2-4. 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性 .....	16
2-3. 情勢変化への対応 .....	18
2-4. 中間評価結果への対応 .....	20
2-5. 評価に関する事項 .....	20
<b>3. 研究開発成果について .....</b>	<b>22</b>
3-1. 事業全体の成果 .....	22
3-1-1. 目標達成状況 .....	22
3-1-2. 成果の普及および知的財産権の確保に向けた取り組み .....	23
3-2. 研究開発項目毎の成果 .....	24
<b>4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて .....</b>	<b>523</b>
4-1. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて .....	523
<b>&lt;付属資料:成果普及の取り組み、特許の状況&gt; .....</b>	<b>590</b>

(添付資料)

・プロジェクト基本計画

## 概要

		最終更新日	2022年10月25日		
プロジェクト名	Connected Industries 推進のための協調領域データ共有・AIシステム開発促進事業	プロジェクト番号	P19001		
担当推進部/ PMまたは担当者	IoT推進部/PM 工藤 祥裕 (2019年4月～2022年10月現在)				
0. 事業の概要	<p>Connected Industries (CI) の議論では、リアルデータの協調領域の最大化と最先端の AI 技術を用いたデータ利活用の広がりにより、グローバル競争での日本の勝ち筋を実現することを施策のゴールとしている。</p> <p>この議論を受け、本事業では、グローバル競争を見据え、より早く、安価に利用可能な①業界横断型 AI システムの開発及び、協調領域拡大のための②AI SaaS で活用可能な業界共用データ基盤の本格整備、データ連携の促進に繋がるデジタルツール、情報資産を安全に管理するゼロトラストの考え方に基づいたセキュリティ手法等の開発を行い、AI SaaS とデータ協調による AI・データエコシステムの創出を目指す。</p> <p>なお、本事業は「未来投資戦略 2018」において「新たに講ずべき具体的施策」として記載されている。</p>				
1. 事業の位置 付け・必要性について	<p>CI 重点 5 分野において、1 対 1 ではなく複数社に対して先端的なソリューションの提供を可能とする AI SaaS の開発や、国内外の複数のデータホルダーが連携する統合プラットフォーム等の開発、データプラットフォームやアプリケーションのインターフェース連携の整備に必要な支援を実施することを通じて、AI アプリケーションとデータプラットフォーム等が一体となった成功事例を創出し、国内企業にとどまらない幅広いデータ連携による価値の創出を促進する。</p>				
2. 研究開発マネジメントについて					
事業の目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研究開発項目① 業界横断型 AI システムの開発 重点 5 分野において、解析精度やユーザビリティ等の観点で複数の企業から一定の評価を得た業界横断型 AI システムをそれぞれ 1 事例以上開発する。</li> <li>・研究開発項目② 業界共用データ基盤の開発 重点 5 分野においてそれぞれ 1 事例以上の統合プラットフォームを構築する。本統合プラットフォームは、2 件以上の海外のデータホルダーとの連携を実現する。</li> </ul>				
事業の計画内容	主な実施事項	2019fy	2020fy	2021fy	
	研究開発項目① 業界横断型 AI システムの開発				
	研究開発項目② 業界共用データ基盤の開発				
	調査研究				
事業費推移 (会計・勘定別に NEDO が負担した実績額 (評価	会計・勘定	2019fy	2020fy	2021fy	総額
	一般会計	1,986	1,970	1,830	5,786
	開発成果促進財源	0	304	481	785

実施年度については予算額を記載) (単位:百万円) (委託)・(助成)・(共同研究)のうち使用しない行は削除	総 NEDO 負担額	1,986	2,273	2,311	6,570
	(委託)	731	20	47	798
	(助成) : 助成率 1/2、2/3	1,255	2,253	2,264	5,772
開発体制	経産省担当原課	商務情報政策局 情報経済課			
	プロジェクトリーダー	無し			
	プロジェクトマネージャー	工藤 祥裕			
	助成先 委託先	<p>(学)学校法人 (公財) 公益財団法人 (大) 国立大学法人、公立大学法人 (一社)一般社団法人 (公社)公益社団法人 (国研)国立研究開発法人 (一財)一般財団法人 (独)独立行政法人</p> <p><b>研究開発項目①</b>  助成先：(株) AI メディカルサービス (委託：(学)日本医科大学、(学)聖マリアンナ医科大学、(公財)がん研究会)  助成先：Hmcomm(株)  助成先：(株)プレジジョン (共同：(学)自治医科大学)  助成先：(株)エクサウィザーズ  助成先：(株)イクシス  助成先：(株)メタジェン、(株)MOLCURE  助成先：日本パレットレンタル(株) (共同：(学)明治大学、(大)群馬大学)  助成先：Telexistence(株)  助成先：LocationMind (株)  助成先：(株)yodayoda  助成先：MI-6(株) (共同：JSR(株)、三井金属鉱業(株)、(大)大阪大学)  助成先：(株)LIGHTz (委託：(株)O2、(株)IBUKI、由紀ホールディングス(株)、オークマ(株)、共同：(大)東京大学)  助成先：(株)トレックキャッツ (委託：シグマクス(株)、共同：(有) dr-wanwan.Com、“Mars,Incorporated”)</p> <p><b>研究開発項目②</b>  助成先：旭化成(株)  助成先：(株)Hacobu (委託：日野自動車(株)、(株)エイチエスパートナーズ)  助成先：(一社)日本エレクトロヒートセンター  助成先：Rapyuta Robotics(株) (委託：Rapyuta Robotics Private Limited)  助成先：駿河精機(株)  助成先：(株)カブク (共同：双葉電子工業(株))  助成先：(株)レクサー・リサーチ (委託：ロジダイン(株)、共同：(大)東京大学、(学)五島育英会東京都市大学)、鴻池運輸(株)、KPMG コンサルティング(株)</p>			

		<p>助成先：キャディ(株)  助成先：ビジネスエンジニアリング(株)  助成先：(株)コアコンセプト・テクノロジー (共同：(大)茨城大学)  助成先：(株)ロジック・リサーチ (共同：(国研)産業技術総合研究所、(大)金沢大学)  助成先：ラティス・テクノロジー(株)  助成先：ペガサスミシン製造(株)  助成先：ロボコム・アンド・エフエイコム(株) (共同：(大)会津大学)  助成先：(株)パスコ</p> <p><b>研究開発項目①+②</b></p> <p>助成先：(株)ちとせ研究所 (委託：(株)ニコンソリューションズ、協和発酵バイオ(株)、(株)カネカ、N R I システムテクノ(株)、三井化学(株)、味の素(株)、(大)長岡技術科学大学、(大)東京大学、(大)京都大学)  助成先：ダイナミックマップ基盤(株)  助成先：(株)MaaS Tech Japan (委託：日本マイクロソフト(株)、(株)ISAO、(株)ヴァル研究所)  助成先：(一社)インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ、(株)DMG森精機、三菱電機(株)、(株)安川電機、(株)ジェイテクト、S C S K(株)、ビジネスエンジニアリング(株)、(株)アブストウェブ  助成先：(株)スマートドライブ  助成先：横河ソリューションサービス(株)、Hmcomm(株)  助成先：凸版印刷(株) (共同：(大)広島大学)、プラチナバイオ(株) (共同：(大)熊本大学)  助成先：(株)ベストマテリア (委託：(一社)日本高圧力技術協会、ロイドレジスターグループリミテッド、(公社)化学工学会、共同：(大)横浜国立大学、(学)日本大学)、(株)IMC (委託：IOTA Foundation、(株)O.M.C)  助成先：アウェイクンジャパン(株)  助成先：(株)ランドデータバンク</p> <p><b>調査研究</b></p> <p>委託先：(株)電通  委託先：(株)野村総合研究所  委託先：(株)エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所  委託先：(株)SIGNATE、(株)zero to one、(株)ポストン・コンサルティング・グループ  委託先：(一財)日本情報経済社会推進協会  委託先：(株)三菱総合研究所、(独)情報処理推進機構  委託先：アクセンチュア(株)  委託先：(独)情報処理推進機構、アーサー・ディ・リトル・ジャパン(株)、(株)三菱総合研究所、(株)電通名鉄コミュニケーションズ  委託先：P w C あらた有限責任監査法人  委託先：(株)三菱総合研究所  委託先：(同)P w C コンサルティング  委託先：(同)P w C コンサルティング  委託先：アーサー・ディ・リトル・ジャパン(株)  委託先：(国研)産業技術総合研究所</p>
--	--	--

情勢変化への対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>●2020年2月、2021年2月、2021年8月の計3回ステージゲート審査を実施し、事業の中止（2テーマ）や情勢変化を踏まえた実施計画の見直しを行った。</li> <li>●新型コロナウイルス感染症の流行の兆しが現れたことから、実施計画の変更により、事業開始時点では想定していなかった新たな社会課題解決（新型コロナウイルス感染症）への貢献が出来ないか検討を行い、3テーマにて実施計画を変更し、追加の研究開発を実施した（2020年3月）。</li> <li>●事業進捗や実施者の認知度等が向上を踏まえ、データ連携先の拡大（国内外）や成果拡大に向けた検討を実施。実施計画の変更により、海外のデータ連携先の追加（4テーマ）、国内のデータ連携先の追加（2テーマ）、成果拡大に向けた開発内容の変更・追加（5テーマ）を行った。</li> <li>●その他、事業進捗や新型コロナウイルス感染症による影響等を踏まえ、事業期間中に柔軟に実施計画の変更を行った。</li> </ul>															
中間評価結果への対応	中間評価対象外のため、実施していない															
評価に関する事項	事前評価	2018年度実施 担当部 IoT 推進部														
	中間評価	中間評価未実施														
	事後評価	2022年度 事後評価実施														
3. 研究開発成果について	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="395 936 603 1014">研究開発項目</th> <th data-bbox="619 936 858 1014">目標</th> <th data-bbox="874 936 1169 1014">成果</th> <th data-bbox="1185 936 1433 1014">達成度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="395 1025 603 1305">研究開発項目① 業界横断型 AI システムの開発</td> <td data-bbox="619 1025 858 1305">重点5分野において、解析精度やユーザビリティ等の観点で複数の企業から一定の評価を得た業界横断型 AI システムをそれぞれ1事例以上開発する。</td> <td data-bbox="874 1025 1169 1305">各分野にて一定以上の評価を得たテーマ数 自動走行：4 ものづくりロボ：2 バイオ素材：3 プラントインフラ：2 スマートライフ：4</td> <td data-bbox="1185 1025 1433 1305">◎ (各分野で目標数以上の実績を達成したため)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="395 1317 603 1720">研究開発項目② 業界共用データ基盤の開発</td> <td data-bbox="619 1317 858 1720">重点5分野においてそれぞれ1事例以上の統合プラットフォームを構築する。 2件以上の海外のデータホルダーとの連携を実現する。</td> <td data-bbox="874 1317 1169 1720">各分野にて統合プラットフォームを構築できたテーマ数 自動走行：4 ものづくりロボ：2 バイオ素材：2 プラントインフラ：4 スマートライフ：1 海外データホルダーとの連携を行ったテーマ数：6</td> <td data-bbox="1185 1317 1433 1720">◎ (各分野で目標数以上の実績を達成したため)</td> </tr> </tbody> </table>				研究開発項目	目標	成果	達成度	研究開発項目① 業界横断型 AI システムの開発	重点5分野において、解析精度やユーザビリティ等の観点で複数の企業から一定の評価を得た業界横断型 AI システムをそれぞれ1事例以上開発する。	各分野にて一定以上の評価を得たテーマ数 自動走行：4 ものづくりロボ：2 バイオ素材：3 プラントインフラ：2 スマートライフ：4	◎ (各分野で目標数以上の実績を達成したため)	研究開発項目② 業界共用データ基盤の開発	重点5分野においてそれぞれ1事例以上の統合プラットフォームを構築する。 2件以上の海外のデータホルダーとの連携を実現する。	各分野にて統合プラットフォームを構築できたテーマ数 自動走行：4 ものづくりロボ：2 バイオ素材：2 プラントインフラ：4 スマートライフ：1 海外データホルダーとの連携を行ったテーマ数：6	◎ (各分野で目標数以上の実績を達成したため)
	研究開発項目	目標	成果	達成度												
	研究開発項目① 業界横断型 AI システムの開発	重点5分野において、解析精度やユーザビリティ等の観点で複数の企業から一定の評価を得た業界横断型 AI システムをそれぞれ1事例以上開発する。	各分野にて一定以上の評価を得たテーマ数 自動走行：4 ものづくりロボ：2 バイオ素材：3 プラントインフラ：2 スマートライフ：4	◎ (各分野で目標数以上の実績を達成したため)												
研究開発項目② 業界共用データ基盤の開発	重点5分野においてそれぞれ1事例以上の統合プラットフォームを構築する。 2件以上の海外のデータホルダーとの連携を実現する。	各分野にて統合プラットフォームを構築できたテーマ数 自動走行：4 ものづくりロボ：2 バイオ素材：2 プラントインフラ：4 スマートライフ：1 海外データホルダーとの連携を行ったテーマ数：6	◎ (各分野で目標数以上の実績を達成したため)													
投稿論文	10件															
特許	「出願済」23件、「登録」7件（うち国際出願6件）															

	その他の外部発表 (プレス発表等)	201 件 (研究発表・講演：106、新聞・雑誌への掲載：57、展示会への出展：38)
4. 成果の実用化・ 事業化に向けた取組 及び見直しについて	<ul style="list-style-type: none"> <li>●助成事業終了後、既に開発成果の事業化に着手したテーマが34%、事業化計画を有するテーマが54%あり、約9割のテーマが事業化に向けて進んでいる。</li> <li>●本事業による2026年度までの市場創出効果は1,530億円、実現率を25%と仮定し確度を高めた期待値としては約383億円の効果(助成金比5.8倍)。</li> <li>●本事業を完遂したスタートアップ21社のうち、事業期間中の上場企業1社、2026年までに株式上場を目指す企業12社、同年までに1000億円以上の企業価値を目指す企業8社(うち、10億ドル以上が4社)。</li> </ul>	
5. 基本計画に 関する事項	作成時期	<b>2019年1月 作成</b>
	変更履歴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>2020年1月 改訂</b> (出口戦略として、海外企業等とのマッチング等のグローバル展開に資する活動の実施、AI・データエコシステム構築のため、アーキテクチャの活用、業界横断で共通となる機能やデータのあり方等、データ流通や利活用の観点の調査や検討の実施を追加。)</li> <li>・<b>2020年4月 改訂</b> (研究開発項目②の具体的内容に、データ連携の促進に繋がるデジタルツール等の開発を追加。)</li> <li>・<b>2020年12月 改訂</b> (研究開発項目②の具体的内容に、プラットフォーム上の情報資産を安全に管理するためのセキュリティ手法について試験研究の実施を追加。)</li> </ul>

## プロジェクト用語集

用語	説明
AI QUEST	AI 人材育成における講師不足の問題等を解決するため、講師に依存するような形ではなく、参加者同士の学び合いによる拡大生産性のある育成プログラム。2020 年度より経済産業省の「課題解決型 AI 人材育成事業（AI Quest）」として育成事業が開始。
Continuous Diagnostics and Mitigation (CDM)	継続的な診断および緩和と訳され、米国政府機関の情報セキュリティレベルを上げる取り組みのことを意味する。政府機関のセキュリティ体制の状況を継続して診断し、政府全体としてネットワークシステムに対するサイバーセキュリティリスクを緩和しようとする取り組み。
Connected Car	コネクテッドカーとは、ICT 端末としての機能を有する自動車のことであり、車両の状態や周囲の道路状況などの様々なデータをセンサーにより取得し、ネットワークを介して集積・分析することで、新たな価値を生み出すことが期待されている。
Connected Industries	経済産業省が提唱した概念。「データを介して、機械、技術、人など様々なものがつながることで、新たな付加価値創出と社会課題の解決を目指す産業のあり方」のこと。
Data Free Flow with Trust (DFFT)	信頼性のある自由なデータ流通。「プライバシーやセキュリティ・知的財産権に関する信頼を確保しながら、ビジネスや社会課題の解決に有益なデータが国境を意識することなく自由に行き来する、国際的に自由なデータ流通の促進を目指す」という、我が国が 2019 年 1 月のダボス会議及び同年 6 月の G20 大阪サミットにおいて提唱したコンセプト。
DX 推進指標	2019 年 7 月 31 日に経済産業省が公開した、企業の経営者や社内の関係者が DX の推進に向けた現状や課題に対する認識を共有しアクションにつなげるための気づきの機会を提供するための指標。
Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP)	「危害分析重要管理点」のこと。食品など、事業者自らが食中毒菌汚染や異物混入等の危害要因（ハザード）を把握した上で、原材料の入荷から製品の出荷に至る全工程の中で、それらの危害要因を除去または低減させるための特に重要な工程を管理し、製品の安全性を確保しようとする衛生管理の手法。国連の国連食糧農業機関（FAO）と世界保健機関（WHO）の合同機関である食品規格（コーデックス）委員会が発表し、各国にその採用を推奨している国際的に認められた。
HD マップ	自動走行用高精度 3 次元地図のこと。
Industrial Internet Consortium (IIC)	IoT 技術、特にインダストリアルインターネットの社会実装とデファクトスタンダードの推進を目的として設立された国際団体。2014 年 3 月に AT&T、シスコシステムズ、GE、IBM、インテルの 5 社により設立された。
Industry 4.0	スマート工場を中心としたエコシステムの構築を主眼としたコンセプトのこと。人間、機械、その他の企業資源が互いに通信することで、各製品がいつ製造されたか、そしてどこに納品されるべきかといった情報を共有し、製造プロセスをより円滑なものにすること、さらに既存のバリューチェーンの変革や新たなビジネスモデルの構築をもたらすことを目的としている。



用語	説明
Mobility as a Service (MaaS)	多様なモビリティを「1つのサービス」として統合するモビリティサービス。
Proof of Concept (PoC)	新しい概念の実現可能性の検証。
Risk Based Maintenance (RBM)	設備の老朽化や異常、故障のリスクを評価して、評価結果に基づいてメンテナンス・検査計画を作成する考え方。
SaaS	Software as a Service の略。ソフトウェアのうち、必要とする機能だけをサービスとして利用できるようにする提供形式。
Society 5.0	第5期科学技術基本計画（2016年1月22日閣議決定）において、日本が目指すべき未来社会の姿として提唱された概念。狩猟社会（Society 1.0）、農耕社会（Society 2.0）、工業社会（Society 3.0）、情報社会（Society 4.0）に続くものとして、サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、社会課題の早期解決と新産業の創出を両立する新たな社会を指す。
アーキテクチャ	その環境下に置かれたシステムの基本的なコンセプトや特性であり、要素と要素間の関係性や、設計や進化の原則として表現される（ISO/IEC/IEEE42010:2011）。IPAのデジタルアーキテクチャデザインセンターでは、異なる事業者間・社会全体でのビッグデータやシステムの連携を可能にする、全体の設計図のことを「産業アーキテクチャ」と説明している。
アプリケーション・プログラミング・インターフェース (API)	あるコンピュータプログラム（ソフトウェア）の機能や管理するデータなどを、外部の他のプログラムから呼び出して利用するための手順やデータ形式などを定めた規約のこと。
業界横断型 AI システム	1対1ではなく複数社に対して先進的なソリューションの提供を可能とする AI システムのこととして NEDO 事業では定義。
グランドコントロールポイント (GCP : Ground Control Point)	測量の精度を高めるために設置する基準点のこと。
コンボリューショナルデータ	本事業では、「人による解釈・判断のために用いるのではなく、AIに学習させることに特化したデータ」をコンボリューショナルデータと定義している。具体的には、バイオ生産の効率と相関関係を示す測定項目を同定するために、秒単位で経時的に測定するさまざまなセンサー由来のデータのこと。
重点5分野	Connected Industries 政策の実施にあたり、経済産業省が定めた5つの重点取組分野のこと。①自動走行・モビリティサービス、②ものづくり・ロボティクス、③バイオ・素材、④プラント・インフラ保安、⑤スマートライフの5つ。

用語	説明
第4次産業革命	IoT、AI、ビッグデータ、ロボットなどの活用によりもたらされる技術革新のこと。
中国製造 2025	メイド・イン・チャイナ 2025 と称され、中国の習近平政権が 2015 年に発表した自国の製造業を発展させるために打ち出した産業政策。5 つの基本方針、9 つの戦略目標、10 の重大産業分野を定め、取り組みが進められた。
デジタルトランスフォーメーション (DX)	企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること。
テレグジスタンス (telexistence)	人間が、自分自身が現存する場所とは異なった場所に実質的に存在し、その場所で自在に行動するという人間の存在拡張の概念であり、また、それを可能とするための技術体系。
統合プラットフォーム	国内外の複数のデータホルダーが連携するデータプラットフォームのこととして NEDO 事業では定義。
2 次読影	見落とし防止の目的で、内視鏡検診を行った医師とは異なる医師で検診画像などの再確認を行うダブルチェック。胃がん内視鏡検査の場合、患者一人に対し内視鏡データ数は 70 枚程度になるといわれており、現場の医師の大きな負担となっている。
日本医師会 COVID-19 有識者会議	COVID-19 に関する重要な情報を提供することを目標として、本年 4 月 18 日に設立された日本医師会の下部組織。
バーチャルデータ	Web (検索等)、SNS などのネット空間での活動から生じるデータ。
バイオエコノミー	経済協力開発機構 (OECD) が提唱した、バイオテクノロジーと経済活動を一体化した概念です。バイオ資源そのものの利用だけでなく生体や生体高分子の機能の活用などの生物資源やテクノロジーを用いて、地球規模の課題の解決と経済発展の共存を目指す考え方。
身元確認	Identity Proofing & Verification。個人を証明するような書類等を作り、名前や住所、生年月日をはじめとする個人を特定する属性情報を確認する作業のこと。
モバイルマッピングシステム (MMS : Mobile Mapping System)	カメラ、LiDAR (レーザー計測技術)、GPS などで構成される移動体計測システムのこと。
リアルデータ	健康情報、走行データ、製品の稼働状況等や個人・企業の実世界での活動についてセンサー等により取得されるデータ。

# 1. 事業の位置付け・必要性について

## 1-1. 事業の背景・目的・位置づけ

### ①政策的な重要性

IoT、人工知能(AI)、ビッグデータ等の第4次産業革命技術の進展により、実社会のあらゆる事業・情報がデータ化され、ネットワークを通じた自由なやりとりが可能となり、これまで実現不可能とされていた社会の実現が可能になりつつある。また、AI技術やビッグデータ技術等の技術の掛け合わせにより、革新的な製品やサービスが生み出されることも期待できる。例えば、無人自動走行、ものづくり現場における多品種少量生産、個人に最適化された医薬品の提供、インフラ保安の高度化等の実現が期待され、産業構造や就業構造を劇的に変える可能性を秘めている。

「必要なもの・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会の様々なニーズにきめ細かく対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といった様々な違いを乗り越え、生き活きと快適に暮らすことのできる」超スマート社会(Society 5.0)の実現には、上記のような第4次産業革命技術やそれらを用いて創造される製品やサービスを次々と社会実装していかなくてはならない。

経済産業省は、Society 5.0を実現するための我が国の産業が目指すべき姿(コンセプト)として、「Connected Industries」を提唱した(2017年3月)。Connected Industriesは、既存産業とデジタル技術の「つながり」をはじめとして、機械、データ、技術、ヒト、組織など様々なものの繋がりによって新たな付加価値の創出や社会課題の解決を目指すものである。また、2017年10月には、「Connected Industries 東京イニシアティブ 2017」を発表、「自動走行・モビリティサービス」、「バイオ・素材」、「スマートライフ」、「プラント・インフラ保安」、「ものづくり・ロボティクス」を5つの重点取り組み分野(以下、「重点5分野」として特定し、政策資源を集中投入することとした。

こうした状況を踏まえて、「Connected Industries 東京イニシアティブ 2017」や「未来投資戦略2018」では、グローバル展開やアプリケーションの充実等を促進することによる協調領域のデータ共有や連携事例の拡大、およびデータ利活用の加速を行っていく方針を示している。

### ②我が国の状況

我が国は、企業の優れた「技術力」や大学等の「研究開発力」、高い教育水準の「人材」、ものづくりや医療等の「現場」から得られる豊富な「リアルデータ」等の点で恵まれた状況にあるが、こうした強みを経済・社会システムの革新や新ビジネスの創出にスピード感を持って活用できているとは言い難い状況である。

一方、人口減少や少子高齢化等、様々な社会課題に直面する「課題先進国」として、現場の豊富なリアルデータにより課題を特定し、データとAI等の革新的技術を活用することにより課題解決を実現できれば、社会をより良く変えることに加えて、新たな価値創造を果たす可能性がある。社会課題解決にうまくつなげることができれば、他国と比較して社会的摩擦を引き起こすことなくAI等の新技術を社会に取り込むことができるため、優位な立ち位置にある。他国よりも早くソリューションを創出することができれば、グローバルな展開も期待できる。

### ③世界の取組状況

世界では、ICT 機器の爆発的な普及や、AI、ビッグデータ、IoT 等の社会実装が進む中、社会のあらゆる場面でデジタル化が進み、米国や中国等の有力企業 (Google、Amazon、Microsoft、Facebook、Baidu 等) を中心に、革新的なデジタル製品・サービス・システムが新たな市場を開拓、占有している。また、現代の新たな価値の源泉である「データ」や、データと新しいアイデアを駆使して付加価値を創出する「人材」を巡る国際的な争奪戦が繰り広げられている。米国では、米国政府が 2016 年に「THE NATIONAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE RESEARCH AND DEVELOPMENT STRATEGIC PLAN」で、次世代の AI への投資や共用公共データセットの開発等の重要性を AI 研究開発の国家戦略として示している。EU では、2014 年から 2020 年まで実施される「Horizon 2020」で、AI プラットフォームの研究開発から応用分野の開発まで、様々なプロジェクトが実施されている。中国では、2016 年から 2018 年の 3 か年計画として「インターネットプラス AI 3 年行動実施方案」を策定し、世界トップクラスの中核企業を育成する等により、1.5 兆円級の AI 活用市場の創出を目指している。このように、国際競争の潮流の中で各国が鎬を削っている状況である。

我が国は豊富なリアルデータを有する点で優位性を築いているが、GAFA はバーチャルデータの領域だけでなく、リアルデータの領域にも徐々に進出してきている。自国の強みを最大限発揮しつつ、国際競争に勝てる規模感とスピード感で取組を行うことが必要である。

### ④本事業のねらい

2017 年度～2018 年度に NEDO が実施した「IoT を活用した新産業モデル創出基盤整備事業」では、特定分野ごとにデータの様式の統一やデータ契約のガイドラインの作成等、企業が協調すべきルール策定を行い、IoT 等によるデータの活用を促進するための環境整備を推進した。また、2017 年度補正予算の Connected Industries 経済対策として、データ連携を行うプラットフォームの創出を促すための「産業データ活用促進事業」を経済産業省が実施した。本事業では、データ連携に関する先導調査や、データ連携基盤のプロトタイプ開発等を支援した。

AI 関連産業向けの取組としては、2017 年度補正予算の Connected Industries 経済対策として、AI ベンチャーと大手・中堅企業の連携による AI 利活用を促すための「AI システム共同開発支援事業」を NEDO が実施した。ベンチャー企業による AI システムの開発には、大手・中堅企業が保有する大量のリアルデータが不可欠であるが、大手・中堅企業のデータが開示されない、意思決定に時間がかかる、最終的な成果物の権利が大手・中堅企業側に偏る等、AI ベンチャーの事業拡大がなかなか進まない状況である。本事業では、AI ベンチャーが開発の主導権を持つ形で、1 対 1 での AI システム共同開発を支援し、AI システムのビジネス化を支援した。

こうした流れを受け、本プロジェクトでは、業界横断型 AI システムの開発と業界共用データ基盤の開発を行う。具体的には、重点 5 分野のそれぞれの分野において、1 対 1 ではなく複数社に対して先端的なソリューションの提供を可能とする AI SaaS の開発や、国内外の複数のデータホルダーが連携する統合プラットフォーム等の開発、データプラットフォームやアプリケーションのインタフェース連携の整備に必要な支援を実施することを通じて、AI アプリケーションとデータプラットフォーム等が一体となった成功事例を創出し、国内企業にとどまらない幅広いデータ連携による価値の創出を促進する。

## 1-2. NEDO の関与の必要性・制度への適合性

### 1-2-1. NEDO が関与することの意義

グローバル競争で勝ち抜く AI SaaS や統合プラットフォームを、スピード感を持って開発するには、多少のエラーは許容しながらも、ユーザーの指摘をフィードバックすることにより、最終的にアプリケーションの品質を上げる開発手法が有効であるが、我が国企業は導入実績や安定運用を重視しがちなため、企業のみでの取組で当初の品質が担保されない開発手法はなかなか許容されない。国がこうしたある程度のリスクがある開発へ支援することにより、真にユーザビリティの高い AI SaaS やプラットフォームを創出し、多くのユーザーがこれらを使うことで、更なるデータ蓄積・収集が期待できる。

また、企業・分野を越えたデータ連携に必要となるプラットフォームの構築にあたっては、データの囲い込みや個別最適を求める民間企業のみでは実現できないため、NEDO が関係省庁や業界団体等を巻き込みながらプロジェクトを進めていく必要がある。

### 1-2-2 実施の効果(費用対効果)

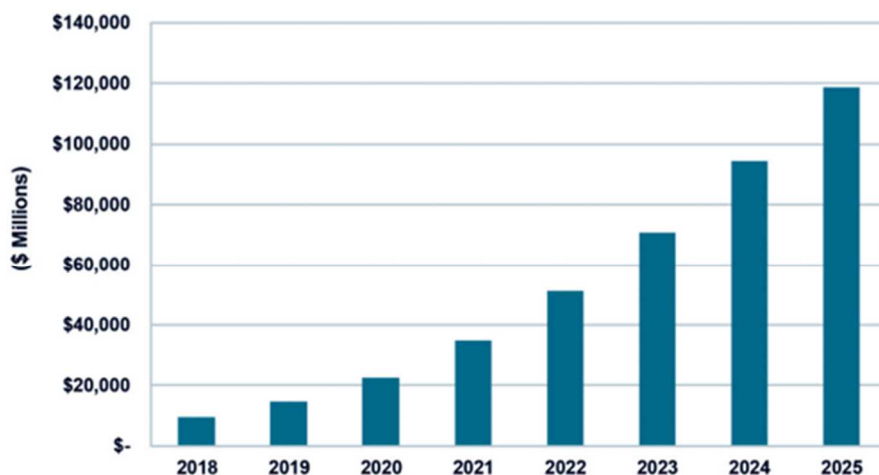
プロジェクト費用の総額 66 億円(3 年間)に対し、2026 年までに、①約 1,530 億円の市場創出効果、②新規上場予定企業 12 社、③企業 8 社が 1,000 億円以上の企業価値を目指す計画を有していることから、高い費用対効果が期待できる。

- 本事業実施者による 2026 年度までの AI SaaS 関連市場における市場創出効果：約 1,530 億円  
(35 テーマ<sup>1</sup>の 2026 年度予想売上げと 2022 年度売上げの差分から算出)
- スタートアップ 21 社<sup>1</sup>のうち、2026 年度までに上場を計画している数：12 社
- スタートアップ 21 社<sup>1</sup>のうち、2026 年度までに 1,000 億円以上の企業価値を目指す数：8 社(うち 10 億ドル以上の企業価値を目指す数が 4 社)

また、基本計画のアウトカム目標において、2026 年に AI SaaS の世界市場において、約 3,000 億円の市場を獲得すること、また AI 関連産業において、グローバルに活躍する日本発のユニコーン企業又はこれと同等の成長性が期待される新規上場企業を、2026 年までに 5 社以上創出することを定めている。前者については、本事業の実施者の計画値の合算で、2026 年度までに約 1,530 億円の市場創出効果を見込んでおり、確度を高めるために実現率を 25%と仮定するとしても、約 383 億円の市場創出効果が期待でき、本事業のみでアウトカム効果の 13%程度の貢献が期待できる。加えて、本事業の研究開発成果をきっかけとする様々なデータ関連サービスの誘発や、調査事業で実施したデータ連携の促進に繋がる事業環境整備の効果を楽しむことにより、本事業立ち上げ当初に期待していた下図に示す関連市場の大きな広がりにおいて国内企業が存在感示すことにより、3,000 億円の市場獲得が期待でき

<sup>1</sup> いずれも、本事業の実施計画を完遂したものが対象

る。また、後者については、本事業の実施者のみで本アウトカム目標の達成が可能な計画が得られており、今後の発展に期待したい。



出典: Tractica「Artificial Intelligence Market Forecasts」(2019年4月)

(図) AI ソフトウェアの世界市場

## 2. 研究開発マネジメントについて

### 2-1. 事業の目標

#### ①アウトプット目標

##### 研究開発項目① 業界横断型 AI システムの開発

重点 5 分野において、解析精度やユーザビリティ等の観点で複数の企業から一定の評価を得た業界横断型 AI システムをそれぞれ 1 事例以上開発する。

##### 研究開発項目② 業界共用データ基盤の開発

重点 5 分野においてそれぞれ 1 事例以上の統合プラットフォームを構築する。本統合プラットフォームは、2 件以上の海外のデータホルダーとの連携を実現する。

#### ②アウトカム目標

研究開発成果の普及が本格的に加速する 2026 年に AI SaaS の世界市場において、約 3,000 億円の市場を獲得する。

AI 関連産業において、グローバルに活躍する日本発のユニコーン企業又はこれと同等の成長性が期待される新規上場企業を、2026 年までに 5 社以上創出する。

### 2-2. 事業の計画内容

#### 2-2-1. 研究開発の内容

##### 研究開発項目① 業界横断型 AI システムの開発

##### 研究開発項目② 業界共用データ基盤の開発

上記の研究開発は、実用化に向けて企業の積極的な関与により推進されるべき研究開発であり、助成事業として実施する(NEDO 負担率:大企業 1/2 助成、中堅・中小・ベンチャー企業 2/3 助成)。

#### 2-2-2. 研究開発の実施体制

プロジェクトマネージャー(以下「PMgr」という。)に NEDO IoT 推進部 工藤 祥裕を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理し、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。

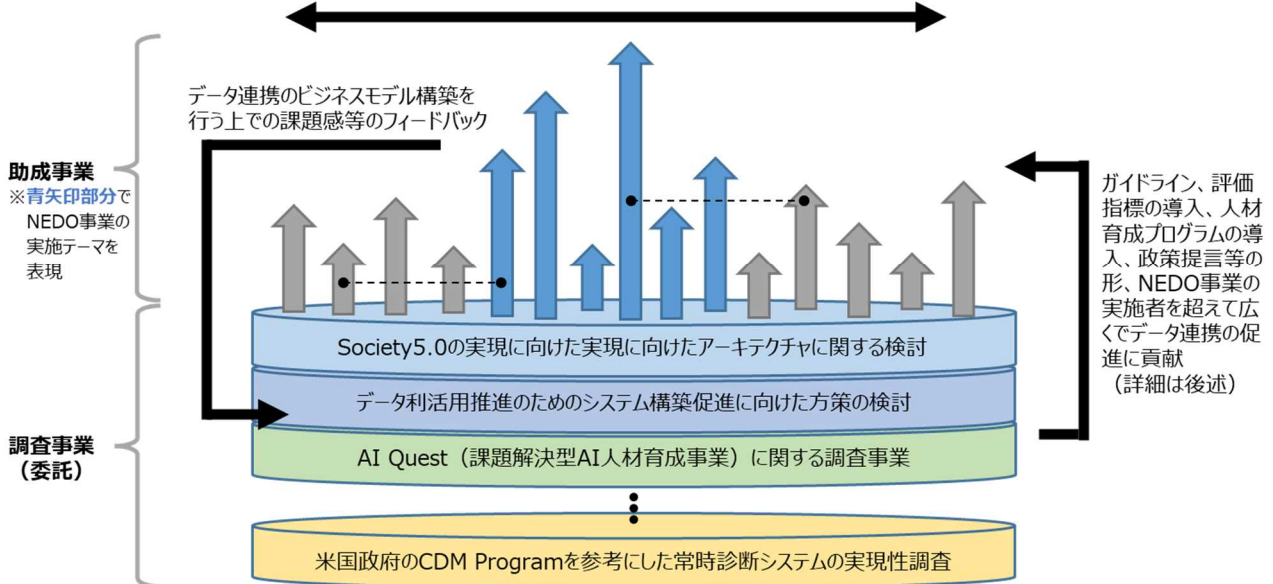
NEDO は公募により研究開発実施者を選定する。必要に応じて、実施期間中に複数回公募を行う。外部環境の変化に機動的に対応するため、必要に応じて調査事業を実施する。情報産業再興の観点から、中小・ベンチャー企業が実施体制に含まれることも重視し、必要に応じて各種専門家の派遣等による中小・ベンチャー支援を実施する。

研究開発実施者は、企業や大学等の研究機関等(以下「団体」という。)のうち、原則として日本国内に研究開発拠点を有するものを対象とし、単独又は複数で研究開発に参加するものとする。ただし、国外の団体の特別の研究開発能力や研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点

から必要な場合は、当該の研究開発等に関し国外の団体と連携して実施することができるものとする。

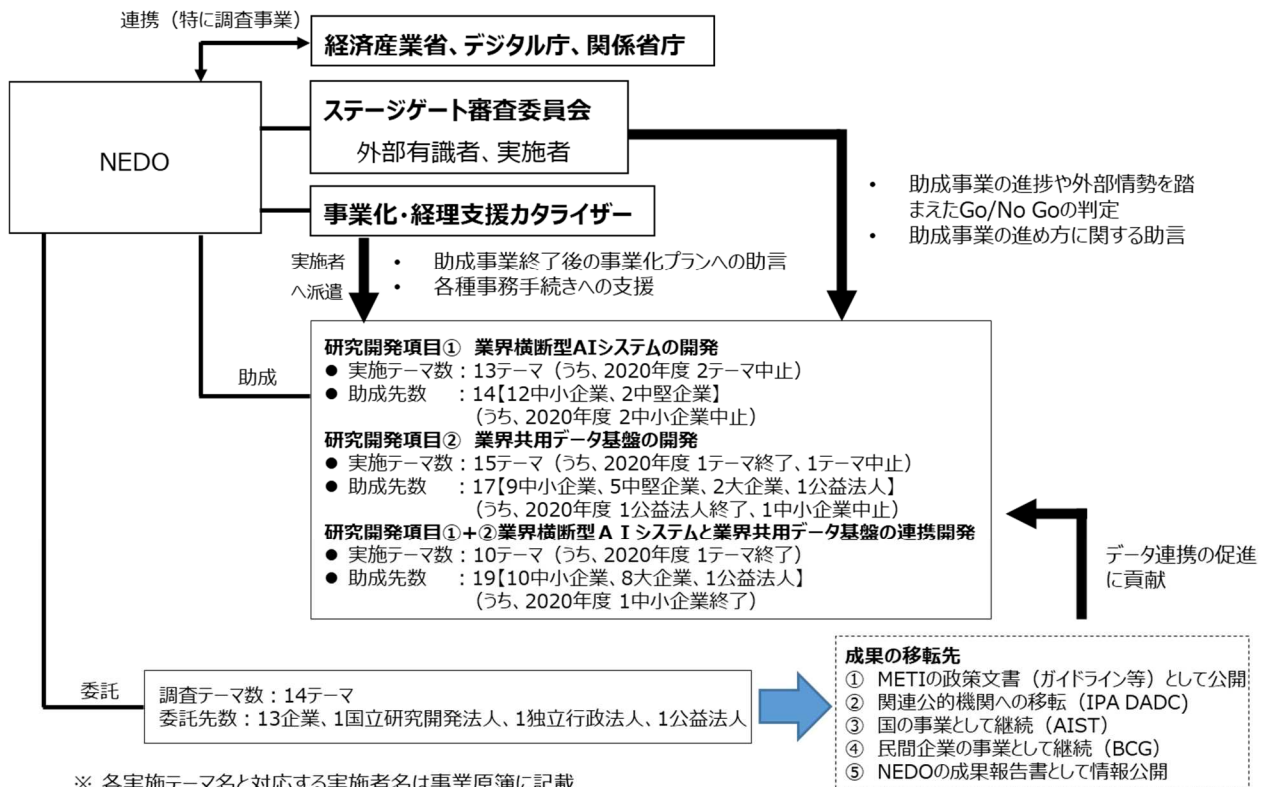
本事業では、幅広いデータ連携による価値創出の成功事例づくりを助成事業で、データ連携の促進に繋がる事業環境整備に必要な事項の検討を調査委託事業で実施した。

個々のビジネスモデル・アイデアの成長を助成。故に助成事業内の連携は困難なため、個々のテーマの成長を目的とした有識者との接続や外部連携先拡大をNEDOとして支援。



(図) 本事業を構成する助成事業と調査事業の位置づけ

また、研究開発の実施体制は以下のとおり。



(図) 本研究開発事業の実施体制



### 2-2-3. 研究開発の運営管理

NEDO は、研究開発全体の管理、執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適時に把握し、必要な措置を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施した。

#### ① 研究開発の進捗把握・管理

PMgr は、研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、外部有識者で構成する技術検討委員会を組織し、定期的に技術的評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努める。

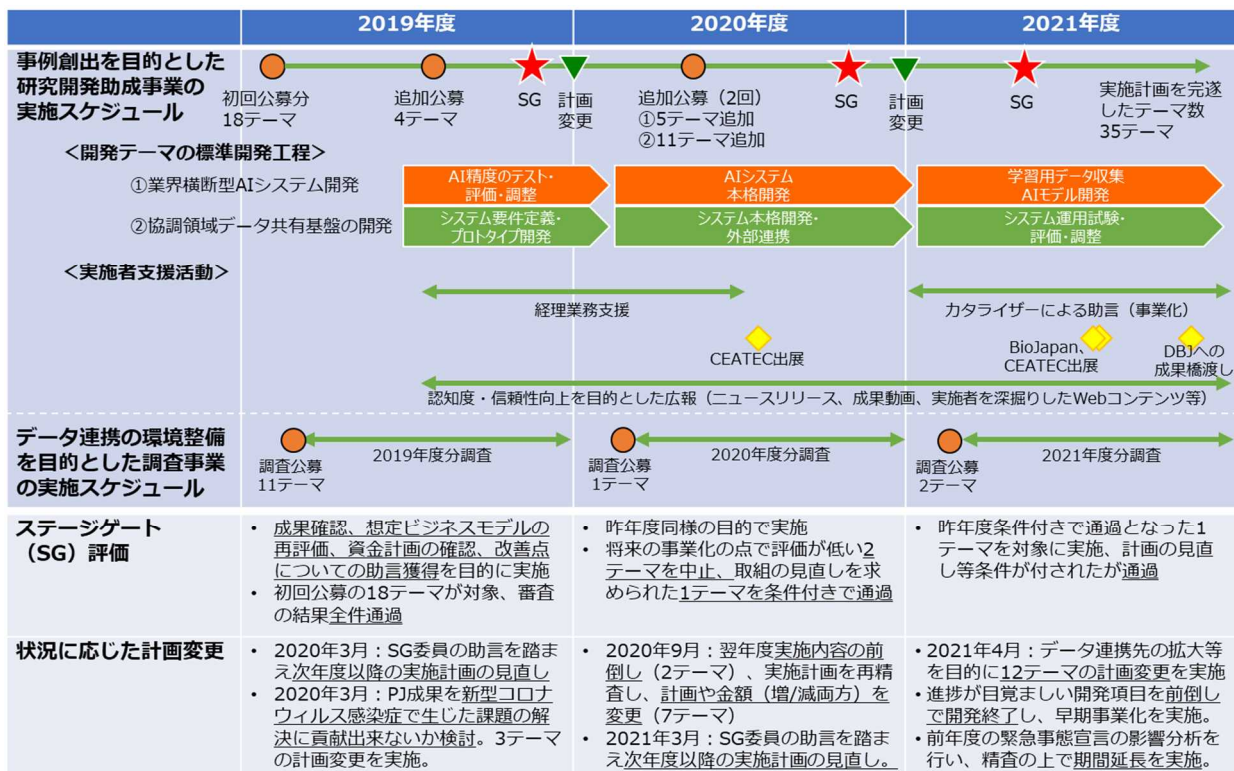
#### ② 技術分野における動向の把握・分析

PMgr は、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し技術の普及方策を分析、検討する。なお、調査の効率化の観点から、本プロジェクトにおいて委託事業として実施する。

#### ③ 研究開発テーマの評価

研究開発を効率的に推進するため、ステージゲート方式を適用する。研究開発項目①の開発フェーズを、サービス提供者とユーザーが 1 対 1 関係の段階のプロトタイプフェーズと、1 対 N 関係の段階の SaaS フェーズの 2 段階に分割し、プロトタイプフェーズは原則 1 年以内(ただしサービス特性は考慮し適切に判断)の開発期間とする。プロトタイプフェーズから SaaS フェーズへの移行や、SaaS フェーズの次年度継続の判断は、ステージゲート審査により行う。研究開発項目②についても、原則として 1 年程度の開発期間を経過するごとに、継続的な事業実施の妥当性に関する判断を、ステージゲート審査により行う。

上記について考慮しつつ、下図に示すように環境変化に応じた柔軟な対応や、効率的な運営を心がけて研究開発の運営管理を行った。



(図) 研究開発の運営管理の全体像

#### 2-2-4. 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性

前述のとおり、研究開発を効率的に進めるため、2020年2月、2021年2月、2021年8月の計3回ステージゲート審査を実施し、事業の加速・縮小や早期終了も含めた柔軟なマネジメントを実施した。具体的には以下のとおり。

- 2020年2月に実施した第1回ステージゲート審査では、初回公募採択分18テーマを対象として審査を実施した。スタートアップが中心の事業であることから、次年度以降の自己負担分相当の資金調達計画や今後の事業化計画の妥当性に関する評価を中心に実施した。審査の結果、18テーマ全てを事業継続としたが、今後の資金調達計画の蓋然性等を再評価することで債務不履行のリスクの最小化に貢献したと共に、一部のテーマに対しては市場環境や競争環境を踏まえたビジネスモデルの再考を促すことで、情勢変化への対応を行った。
- 2021年2月に実施した第2回ステージゲート審査では、初回公募および第2回公募時に採択された実施者のうち、2020年度末が最終年度予定となっていたテーマを除いた19テーマを対象として、審査を実施した。第1回ステージゲート審査と同様、次年度の自己負担分相当の資金調達計画の妥当性を確認し、債務不履行のリスクの最小化に努めた。また、事業進捗や市場・競争環境を踏まえたビジネスモデルの優位性等を総合的に評価し、継続の意義が乏しいと評価された2テーマを中止した。また、1テーマについては、体制強化や事業内容に対するユーザー評価の実施を条件とし、進捗を半年後に再評価することを条件として事業継続とした。それ以外のテーマについては、最終年度の研究開発内

容や事業化に向けた取組に関する委員からの助言を踏まえ、翌年度の実施計画へ反映することで情勢変化への対応を行った。

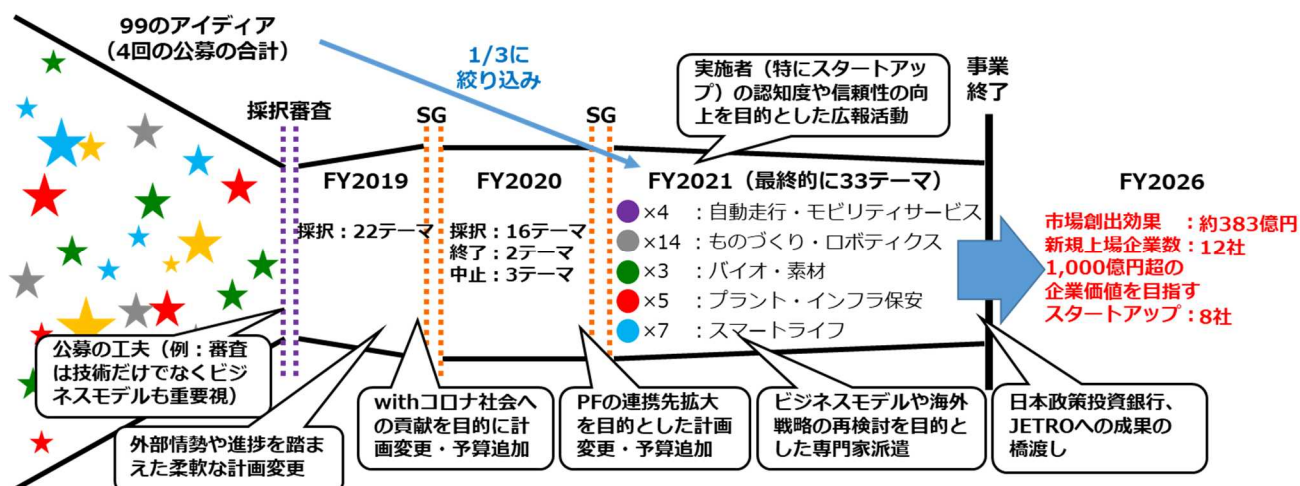
- 2021年8月に実施した第3回ステージゲート審査では、第2回ステージゲート審査において条件付きで事業継続となっていた1テーマについて、条件となっていた事業実施体制の強化や研究開発成果に対するユーザビリティ評価の結果を確認した。審査の結果、最終年度の事業継続の妥当性について確認することができた。

開発がある程度まとまって進捗した時点で、開発成果の市場受容性についてユーザーからの評価を受けるユーザビリティ評価を段階的に実施し、開発計画へ反映させる。また、海外の企業や投資家等とのマッチングなど、プロジェクト成果のグローバル展開に資する活動を必要に応じて開発計画に取り込むこととした。

プロジェクト成果の最大化や加速に繋げる取組として、プロジェクトの各実施テーマにメンターや専門家を派遣し、開発の方向性の見直しや新たな事業者との連携の模索等に関する専門的な助言や、研究開発で成果を出すことに可能な限り集中できるようにするために必要な支援が得られる体制を必要に応じて構築した。

国際的なAI・データエコシステムを創出するために、アーキテクチャ活用、人材育成手法、データ整備や保管等の技術的観点と、研究開発のためのテスト環境整備、業界横断で共通となる機能やデータのあり方、国際的な展開を見据えたうえでのデータ流通を行うためのルール・制度等含めた法的観点、具体的なデータ利活用方法についても、調査実施や検討を実施した。

以上のように、一連の事業運営を工夫して取り組むことにより、「実施の効果」の項で述べたとおり、実施者、特にスタートアップの成長に繋がる意義のある成果を得ることができた。



(図) 本事業の事業運営上の工夫と実施により期待される効果

## 2-3. 情勢変化への対応

日々の実施者とのコミュニケーションや情報収集(展示会、意見交換、調査事業等)を通じて動向・情勢の把握を行い、精査の上で計画変更を柔軟・迅速に実施。具体例として、以下の取組を行った。

### ① 事業開始時に想定しなかった社会課題(Covid-19)の解決への貢献を意図した計画変更(2020年3月)

新型コロナウイルス感染症の流行の兆しが現れたことから、実施計画の変更により、事業開始時点では想定していなかった新たな社会課題解決への貢献が出来ないか検討を実施。10テーマの実施者と議論を行った結果、以下の3テーマについて実施計画を変更し、追加の研究開発を実施した。

#### ● 株式会社プレジジョン:

新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の症例報告に特化した検索エンジンを追加開発し、「日本医師会 COVID-19 有識者会議」のウェブサイトへ2020年5月3日に公開。症例の文脈をたどり、生じたイベントの時系列と、医学用語の関係を図示することで、COVID-19 症例の可視化と、簡単な分析を可能とした。



(図)NEDO 事業成果が掲載された日本医師会の Web ページ

#### ● 株式会社 MaaS Tech Japan:

追加開発により交通データと人流データを組み合わせることによって混雑情報の可視化や分析・予測を可能とし、また試験的に駅周辺の混雑予測情報の提供を行い、当該サービスの利用者が「混雑を避ける・軽減する移動」へと行動を変容させる効果が期待できることを確認した。



(図)実際の運行データ解析による混雑予測の情報提供で、混雑を避ける行動変容を確認

- Telexistence 株式会社:

遠隔からの就労機会の適用範囲拡大を目的とした追加開発を実施。学習情報に基づき陳列手順を最適化するデータ基盤構築を実施。2020年9月にローソン店舗にて遠隔操作ロボットによる商品陳列の実証を実施、また2021年11月にはファミリーマートにてバックヤードの飲料補充業務の自動化(陳列失敗時のみ遠隔操作)を実証した。



(図)ファミリーマート経済産業省店での実証の様子(出所:2021年11月2日付 ANN ニュース)

## ② 計画外の有望連携先を取り込む迅速な計画変更(随時)

研究開発事業の進捗や事業開始時点と比較して実施者の認知度等が向上していたこと等を踏まえ、それまで連携していなかった国内外の法人との新たなデータ連携や、更なる開発成果の拡大を念頭においた開発内容の変更・追加について検討を実施。所期の計画に対し、データ連携先を拡大することで、成果の拡大、成果創出の早期化が見込める下記2件を含む10件の有望なアイデアに、加速予算を戦略的に投入。

- 株式会社 AI メディカル

欧州展開の足がかりを探っていたところ、CEATEC2020のNEDOブース出展をきっかけにリヨン第一大学エドゥアール・エリオ病院 Ponchon 教授グループと連携機会をもち、これを欧州での事業展開の機会に繋げるべく、海外での追加評価実験を計画に追加し、主要機関との

共同研究体制を構築。また、併せてシンガポール国立大学との海外での追加評価実験も計画に加え、データ収集から実証実験までを完了し、内視鏡AIの有効性を確認した。

### 海外の主要拠点との連携体制の確立



(図) 追加連携先となった海外の主要拠点について

- Hmcomm 株式会社

インドの医療機関と連携し聴診呼吸音異常検知 AI モデルを構築することにより、感染症の早期発見を支援し拡大防止、重症化防止を図るとともに遠隔医療への活用を目指す取組を実施。結核罹患判定モデルにおいて人間の医師に近い判定精度に到達できた。実用化に向けた課題も明らかとなったため、今後は更なるデータ収集を行い、モデルの改良を進める。

### インド医療機関との連携



(図) インドでの聴診音集音風景

- ③ 社会的要請を踏まえた柔軟な計画変更(2020～2021 年度)

2020 年度中の 2 回の緊急事態宣言の発令を受け、研究開発進捗への影響を随時ヒアリングし、計画の変更や実施期間の延長を実施。

#### 2-4. 中間評価結果への対応

中間評価対象外のため、実施していない。

#### 2-5. 評価に関する事項

NEDOは、プロジェクト評価として、【評価項目 1】アウトカム の妥当性、【評価項目 2-1】研究開発内容の妥当性、【評価項目 2-2】アウトプットの妥当性、【評価項目 3】NEDO(国)が実施するこ

との必要性、【評価項目 4】アウトプットからアウトカム達成に至るまでの道筋(ストーリー)の妥当性、【評価項目 5】研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性、【評価項目 6】費用対効果の妥当性、【評価項目 7】非連続ナショナルプロジェクト選定の妥当性について、2018 年度に、外部有識者による事前評価を実施した。

また、2022 年度に、(1)事業の位置付け・必要性、(2)研究開発マネジメント、(3)研究開発成果、(4)成果の実用化・事業家に向けた取り組み及び見通しについて、外部有識者による事後評価を実施する。

更に、研究開発を効率的に推進するため、ステージゲート方式による開発テーマの評価を実施した。本ステージゲート評価は原則として 1 年程度の開発期間を経過するごとに実施し、継続的な事業実施の妥当性に関する判断を行うと共に、事業継続の場合も改善すべき点がある場合は継続条件を付与することで、計画の見直しを行う機会とした。

### 3. 研究開発成果について

#### 3-1. 事業全体の成果

##### 3-1-1. 目標達成状況

研究開発項目毎の目標達成状況は以下のとおり。

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
研究開発項目① 業界横断型 AI システムの開発	重点 5 分野において、解析精度やユーザビリティ等の観点で複数の企業から一定の評価を得た業界横断型 AI システムをそれぞれ 1 事例以上開発する。	各分野にて一定以上の評価を得たテーマ数  自動走行:4 ものづくりロボ:2 バイオ素材:3 プラントインフラ:2 スマートライフ:4	◎ (各分野で目標数以上の実績を達成したため)	ごく一部のテーマで研究開発の継続が必要な状況だが、大きな課題はない。
研究開発項目② 業界共用データ基盤の開発	重点 5 分野においてそれぞれ 1 事例以上の統合プラットフォームを構築する。 2 件以上の海外のデータホルダーとの連携を実現する。	各分野にて統合プラットフォームを構築できたテーマ数  自動走行:4 ものづくりロボ:2 バイオ素材:2 プラントインフラ:4 スマートライフ:1  海外データホルダーとの連携を行ったテーマ数:6	◎ (各分野で目標数以上の実績を達成したため)	今後は各社による事業化のフェーズに移行するが、事業終了後の実用化状況、成果の活用状況等を追跡調査にて実施する。

また、各研究開発項目に定める目標について、重点 5 分野毎の達成状況を下図に示す。

	テーマ数	複数企業による評価の結果		
		中止	改善継続	良い
自動走行・モビリティ	5	1	0	4
ものづくり・ロボティクス	4	0	2	2
バイオ・素材	3	0	0	3
プラント・インフラ保安	3	0	1	2
スマートライフ	8	1	3	4

単位：テーマ数

(図) 研究開発項目①の目標達成状況



	テーマ数	統合プラットフォーム	海外との連携	参考：データホルダーとの平均連携法人数
自動走行・モビリティ	4	4	1	16
ものづくり・ロボティクス	13	2	2	3
バイオ・素材	2	2	1	2
プラント・インフラ保安	4	4	1	3
スマートライフ	1	1	1	3

単位：テーマ数（5列目のみ法人数）

（図）研究開発項目②の目標達成状況

### 3-1-2. 成果の普及および知的財産権の確保に向けた取り組み

研究開発成果の社会実装、産業への波及効果を推進するため、研究開発成果が迅速かつ広く受け入れられるように、シンポジウム等での研究発表・講演、展示会への出展、プレス発表・ニュースリリース、論文発表などを行った。

これらの取り組みについて、以下の表に事業全体での実績数を示す。

（詳細は、文末に付属資料として添付）

分類	年度	2019年度	2020年度	2021年度	計
論文		0	0	10	10
研究発表・講演		10	31	65	106
受賞実績		1	6	3	10
プレス発表・ニュースリリース		1	24	32	57
その他（展示会への出展など）		3	10	25	38
計		15	71	135	221

2022年度以降は2021年度にカウント

（図表）年度ごとの成果実績数

	2019年度	2020年度	2021年度	計
特許出願（うち外国出願）	2(1) 件	5(1) 件	16(4) 件	23(6) 件

2022年度以降は2021年度にカウント

（図表）年度ごとの特許出願数

## 3-2. 研究開発項目毎の成果

各研究開発項目で実施したテーマを以下に示す。

### 3-2-1. 研究開発項目① 業界横断型 AI システムの開発

- 3-2-1-1. 位置情報ビッグデータを活用したリアルタイム人流予測技術の開発と AI サービスプラットフォームの実現  
(実施先: LocationMind 株式会社)
- 3-2-1-2. マルチモーダルAI技術を用いた業界横断型AIシステムの事業開発  
(実施先: 株式会社エクサウィザーズ)
- 3-2-1-3. 金属切削加工における精度補正システム開発  
(実施先: 株式会社 LIGHTz)
- 3-2-1-4. AI 並びにロボティクスを活用した材料開発の飛躍的効率化  
(実施先: MI-6 株式会社)
- 3-2-1-5. 質の高いビッグデータによるプラント・インフラ予防保全のための AI システム開発  
(実施先: 株式会社イクシス)
- 3-2-1-6. 人工知能を用いた胃がん内視鏡画像読影支援システムの構築と海外遠隔診断への展開  
(実施先: 株式会社 AI メディカルサービス)
- 3-2-1-7. 異音検知 AI プラットフォーム開発  
(実施先: Hmcomm 株式会社)
- 3-2-1-8. テレグジスタンス技術を用いた小売・卸売・物流の業界横断的に利用可能な商品ハンドリングの自動化  
(実施先: Telexistence 株式会社)
- 3-2-1-9. 腸内環境情報を利用した生活習慣指導 AI の事業化を目指した開発事業  
(実施先: 株式会社メタジェン、株式会社 MOLCURE)
- 3-2-1-10. 医療情報を横断的に統合した診療支援AIシステムの開発  
(実施先: 株式会社プレシジョン)
- 3-2-1-11. AI 及び IoT デバイスを活用した獣医療エビデンスデータプラットフォーム開発  
(実施先: 株式会社トレッタキャッツ)

### 3-2-2. 研究開発項目② 業界共用データ基盤の開発

- 3-2-2-1. 運輸データオープンプラットフォーム構想(MOVO プラットフォーム構想)  
(実施先: 株式会社 Hacobu)
- 3-2-2-2. 厨房機器共通 IoT プラットフォームの開発  
(実施先: 一般社団法人日本エレクトロヒートセンター)
- 3-2-2-3. 設備情報活用プラットフォーム開発  
(実施先: 旭化成株式会社)
- 3-2-2-4. 倉庫運営プラットフォームの開発  
(実施先: Rapyuta Robotics 株式会社)

- 3-2-2-5. サプライチェーン組換えや全体最適評価可能な原価企画／見積シミュレーション開発事業  
(実施先:ビジネスエンジニアリング株式会社)
  - 3-2-2-6. 『一気通貫型』輸配送管理システム(TMS)プラットフォームの構築  
(実施先:株式会社パスコ)
  - 3-2-2-7. タイムベース戦略型サイバー・フィジカル・システムの開発  
(実施先:ロボコム・アンド・エフエイコム株式会社)
  - 3-2-2-8. 製造工程間でのシームレスな連携を実現する 3D デジタルデータ連携ツール開発  
(実施先:ラティス・テクノロジー株式会社)
  - 3-2-2-9. SURUGA Cyber Physical Systems によるサプライチェーン強靱化の実現  
(実施先:駿河精機株式会社)
  - 3-2-2-10. 特注加工品製造領域における最適受発注マッチングプラットフォームの開発  
(実施先:キャディ株式会社)
  - 3-2-2-11. 多品種少量生産向けオンデマンド・サプライチェーン・プラットフォームの開発  
(実施先:株式会社カブク)
  - 3-2-2-12. デバイス製造に関するダイナミックエンジニアリングチェーンの構築  
(実施先:株式会社ロジック・リサーチ)
  - 3-2-2-13. 3D システム間のデータ連携の円滑化とシミュレーション技術の活用促進  
(実施先:株式会社コアコンセプト・テクノロジー)
  - 3-2-2-14. 「シミュレーション統合生産 SIM」のシステム構築と適用  
(実施先:株式会社レクサー・リサーチ)
- 3-2-3. 研究開発項目①+② 業界横断型 AI システムと業界共用データ基盤の連携開発**
- 3-2-3-1. 自動走行用HDマップ整備の低コスト化などに係る外部連携システムとAIシステムの検討・開発  
(実施先:ダイナミックマップ基盤株式会社)
  - 3-2-3-2. 移動情報統合データ基盤の構築  
(実施先:株式会社 MaaS Tech Japan)
  - 3-2-3-3. モビリティセンシングデータプラットフォームの構築と Connected Car サービス特化型 AI SaaS の開発事業  
(実施先:株式会社スマートドライブ)
  - 3-2-3-4. 製造業オープン連携フレームワークによるデータ取引ビジネスモデル開発事業  
(実施先:一般社団法人インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ、株式会社 DMG森精機、三菱電機株式会社、株式会社安川電機、株式会社ジェイテクト、SCS K株式会社、ビジネスエンジニアリング株式会社、株式会社アップストウェブ)
  - 3-2-3-5. 建設業界特化型の各種データ収集型連携基盤と独自与信システムの開発  
(実施先:株式会社ランドデータバンク)
  - 3-2-3-6. コンボリューショナルデータを活用したバイオ生産マネジメント  
(実施先:株式会社ちとせ研究所)

- 3-2-3-7. 大規模ゲノムヘルスプラットフォームの構築  
(実施先:アウェイクンジャパン株式会社)
- 3-2-3-8. AIを活用したゲノム編集データベースの開発  
(実施先:プラチナバイオ株式会社、凸版印刷株式会社)
- 3-2-3-9. 音データを基にした製造業パイプラインのつまり予知・予兆診断システムの開発  
(実施先:横河ソリューションサービス株式会社、Hmcomm 株式会社)
- 3-2-3-10. 定量RBM用分散型データ基盤とAI開発  
(実施先:株式会社ベストマテリア、株式会社 IMC)

#### 3-2-4. 調査事業

- 3-2-4-1. 信頼をベースとした社会を創出するための制度等のあるべき姿に関する調査事業  
(実施先:株式会社電通)
- 3-2-4-2. クラウドサービスの安全性を評価する仕組みの構築に向けた検討  
(実施先:株式会社野村総合研究所)
- 3-2-4-3. データ利活用推進のための新たなガバナンスモデル策定に関する検討  
(実施先:株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所)
- 3-2-4-4. 円滑なデータ流通促進のための事業環境整備に関する検討  
(実施先:一般財団法人日本情報経済社会推進協会)
- 3-2-4-5. AI Quest(課題解決型 AI 人材育成事業)に関する調査事業  
(実施先:株式会社 SIGNATE、株式会社 zero to one、株式会社ボストン・コンサルティング・グループ)
- 3-2-4-6. クラウドサービスを活用したシステム構築に関する調査  
(実施先:アクセンチュア株式会社)
- 3-2-4-7. データ利活用推進のためのシステム構築促進に向けた方策の検討  
(実施先:株式会社三菱総合研究所、独立行政法人情報処理推進機構)
- 3-2-4-8. Society 5.0 の実現に向けたアーキテクチャに関する検討  
(実施先:独立行政法人情報処理推進機構、アーサー・ディ・リトル・ジャパン株式会社、株式会社三菱総合研究所、株式会社電通名鉄コミュニケーションズ)
- 3-2-4-9. 研究開発型スタートアップのための研究資金利用支援方策に関する検討  
(実施先:PwC あらた有限責任監査法人)
- 3-2-4-10. 自律移動システム分野のアーキテクチャに関する検討  
(実施先:株式会社三菱総合研究所)
- 3-2-4-11. オンラインサービスにおける身元確認の必要性に関する整理とAPI活用による身元確認のあり方に関する検討  
(実施先:PwC コンサルティング合同会社)
- 3-2-4-12. 米国における CDM(Continuous Diagnostic and Mitigation:継続的な診断とリスクの緩和)についての基礎調査  
(実施先:PwC コンサルティング合同会社)
- 3-2-4-13. Connected Industries の取組に関する効果測定事業

(実施先:アーサー・ディ・リトル・ジャパン株式会社)

3-2-4-14. 米国政府の CDM Program を参考にした常時診断システムの実現性調査

(実施先:国立研究開発法人産業技術総合研究所)

次ページより、それぞれのテーマの成果の紹介について示す。

### 3-2-1. 研究開発項目① 業界横断型 AI システムの開発

#### 3-2-1-1. 位置情報ビッグデータを活用したリアルタイム人流予測技術の開発と AI サービスプラットフォームの実現

(実施先: LocationMind 株式会社)

##### 3-2-1-1-1. 研究開発の概要と実施計画

位置情報ビッグデータを活用したリアルタイム人流予測技術を研究・開発する。大量の位置データを、リアルタイム予測を実現可能とするに十分な速度で処理し、AI 予測を行うシステムと、多様な位置データを処理し得るシステムインフラ環境を構築する。AI 予測ではアンサンブル予測手法など、先端的 AI 予測手法を開発する。位置データはさまざまなデータ保有者が分断された形で保有され利活用の幅が限られていることに鑑み、それらを横断的に処理・分析・加工可能な共通サービス基盤として上記の処理・解析・予測システムを実現する。

##### 3-2-1-1-2. 研究開発の内容と目標

本事業の目的は位置情報ビッグデータを活用したリアルタイムかつ高精度な人流予測技術及び多様なデータソースを利用できる標準化技術を開発することである。最終年度までの開発目標としては、「①10 分以内に最大 10 万 ID まで受信し、②それをを用いて 10 分のリードタイムで人の流動をリアルタイムに予測し、③予測精度について、「予測と実績との乖離誤差を 10% 未満」となる技術開発を達成し、④様々なデータパートナーが持つ異なる品質のデータを扱えるプラットフォームを開発することにある。

以下は提案時技術水準と本事業での目標である

技術開発目標	現在の当社技術水準	目標の妥当性	技術動向・既存技術
1. データ量: リアルタイムに 10 万 ID	1. データ量: リアルタイムに 数千 ID	達成した暁には 競合技術に対し て、新規性・優 位性のある目標 設定である	✓リアルタイム予測を 提供するグループ は無い
2. 解析時間: 10 分	2. 解析時間: 30 分以上		✓複数データソースを 用いるグループは 希少
3. 予測精度: 誤差 < 10%	3. 予測精度: 誤差 > 20%		
4. 利用データ: 実データ	4. データ: 研究データ		

#### 【研究開発の内容(研究開発課題)】

##### ①システムインフラの構築

##### 【目標】

予測 AI による予測結果の生成、処理プロセスや予測結果を可視化するユーザインタフェースを安定的に動作させるように、クラウド処理を前提に設計・構築するが、これが事業期間中安定稼働することが目標

## ②データ処理システムの開発

### 【目標】

位置情報ビッグデータの前工程処理にあたる。続く予測 AI に提供すべきデータを高速・高精度に準備出来ることで最終目標に貢献することが目標

## ③予測 AI

### 【目標】

①システムと②からの高精度なデータに基づいて、人流データの予測を行う。10 万 ID を処理して 10 分以内に短期予測を行い、かつ予測精度は誤差 10%以内を達成することが目標

## ④ユーザインタフェース

### 【目標】

多くのユーザーに人流予測を提供できる SaaS 型のツールを仕上げるのが目標

### 3-2-1-1-3. 研究開発の成果

各研究課題の目標達成を通じて、究極的には『10 万 ID を処理して 10 分以内に短期予測を行い、かつ予測精度は誤差 10%以内を達成すること』を目指したが、これを無事達成した。以下、各研究課題毎に補足する。

#### ①システムインフラの構築

##### 【成果】

期間中安定して稼働した。また、予測負荷を段階的に増やしても無事スケーリングした。

#### ②データ処理システムの開発

##### 【成果】

我々のデータ処理システムは多層的なデータ処理を行うシステム構成となっているが、各処理工程で技術改善を重ね、究極的な目標であった『10 万 ID を処理して 10 分以内に短期予測を行い、かつ予測精度は誤差 10%以内を達成すること』の達成に貢献した

#### ③予測 AI

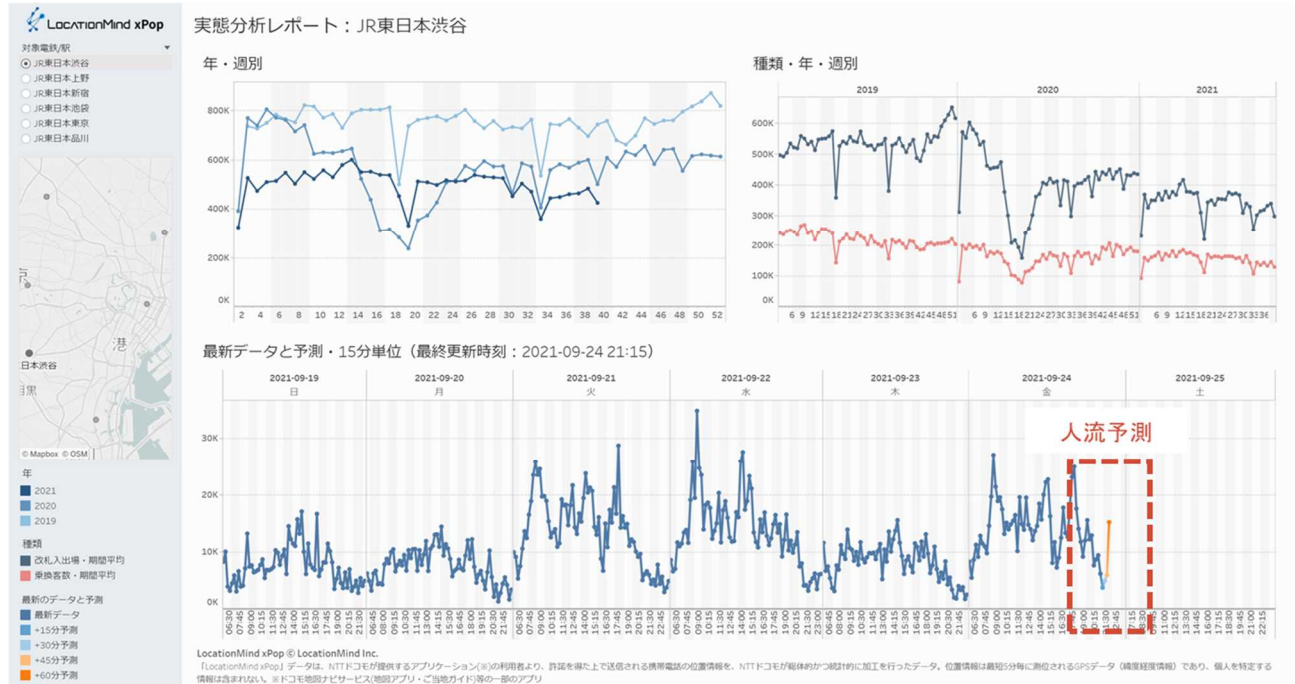
##### 【成果】

アンサンブル予測の開発について、速度と予測精度の両側面から年度毎に目標を設定したが、いずれもクリアし、無事『10 万 ID を処理して 10 分以内に短期予測を行い、かつ予測精度は誤差 10%以内を達成すること』を達成した

#### ④ユーザインタフェース

##### 【成果】

人流予測を組み込んだ SaaS の開発を無事完成させた。この SaaS は様々な業界、様々な企業向けに情報の出し分けができ、画面の入れ替えの柔軟性も高い構成になっている。以下図は日本の主要駅での人流データについて、ヒストリカルな分析と連続する形で短期予測を赤点線のように加えた画面例である



##### 【成果の意義】

本事業期間中に蔓延した新型コロナウイルスを契機に人流データへの注目が高まった。一方で、移動軌跡のように大量の時空間データ(位置情報)を対象としたAI解析技術・予測技術はまだ開発途上であり、我が国では高速・高精度な提供はなされていない。すなわち技術革新のロードマップから見てもきわめて魅力的な技術領域であり、デジタルツイン・モビリティ・サプライチェーンマネジメント・物流など様々な領域に応用の利く市場性の高い技術と考えている。

### 3-2-1-2. マルチモーダルAI技術を用いた業界横断型AIシステムの事業開発

(実施先：株式会社エクサウィザーズ)

#### 3-2-1-2-1. 研究開発の概要と実施計画

本事業では業界横断型 AI システムを開発し、これまでロボットプログラミングでは自動化できなかった作業を対象に、秤量作業、把持作業、箱詰め作業等の機能を顧客に提供することを目的とした。



### 3-2-1-2-2. 研究開発の内容と目標

本事業の最終目標は、ロボット導入の際に必要なプログラミング工数を削減し、今までのロボット制御技術では自動化できなかった作業の代替を実現できる技術である模倣学習等を実現できるマルチモーダル AI ロボット技術を搭載したプロダクト COREVERY (現 exaBase ロボティクス)を実運用可能な状態にし、多種のロボットアーム・多様な現場で実稼働させることである。

#### 【研究開発の内容(研究開発課題)】

- 1) COREVERY (現 exaBase ロボティクス)機能開発
- 2) センサーの検証
- 3) 導入実証に向けた検証

#### 【目標】

- 1) COREVERY の機能開発 実装(学習データ収集/保存/管理機能/推論機能)を行い SaaS プラットフォームでの基盤開発を完了し、AI モデルのクラウド環境での実装を完了する。
- 2) センサーごとの性能を把握し、ロボット制御の動作への影響度合いを把握し、選定ができるようになる。
- 3) トライアル先での作業実施の際に、可搬重量の異なるロボットの特性とタスク作業の最適な組み合わせを選定できるようになる

### 3-2-1-2-3. 研究開発の成果

様々なロボットの特性、センサーの特性を踏まえ、不定形物取り扱いや熟練作業を行うマルチモーダル AI ロボットシステムを開発し、複数の現場で導入または現場での検証を実施した。導入後の保守運用も想定し、リモート環境で AI モデルのデプロイや更新ができる基盤を試作した。コロナ禍でリモートワークが標準となり、渡航制限がかかる中で、効率的に導入を進めることが可能なシステムとなり、今後の事業拡大の助けとなることが期待される。

#### 【成果】

- 1) 共通項目開発として、クラウドを用いた AI モデル学習基盤、ユーザーむけ GUI、推論基盤を開発した。3次元形状データなどを活用し、不定形物の認識 AI モデルを自動で簡単に学習し、現場で使用される PC 上に導入することが可能となった。また、現場のエッジデバイスを用いて推論するシステムも構築した。ロボットの代表的なミドルウェアである ROS 環境を用いたシステム構築を行い、多数のオープンソースのライブラリーも利用できるようになり、システムの完成度を高めることができた。

学習データ収集機能として、カメラ、力覚センサー、ロボットのジョイントなど複数センサーのデータの収集基盤を構築した。アノテーションツールなどデータの加工ツールも開発し、AI モデル開発に不可欠となる様々なデータの収集・加工が可能となった。

上記の学習データ収集機能を活用し、認識、秤量、把持、行動生成など様々な AI モデルを開発した。一部用途では実用レベルの精度が確認された。

- 2) RGB カメラ、深度カメラ、力覚センサー、エンコーダー、傾斜計等において複数のセンサーを利用・検証、データ取得と AI モデル開発に活用した。導入先を広げる上では安価なセンサーが望ましいため、安価なものを中心に検討した。しかしながら特に深度カメラでは安価なセンサーでは適さない状況が発生し、複数のカメラを検証し、用途開発を行うこととなった。
- 3) 大手複数社のロボットに対応したサービス提供するため、5社のロボットでインターフェースを作成し、AI モデルの開発と検証を実施した。AI を活用したロボットのアプリケーションを開発・導入するにあたり、それぞれのアプリケーションにおける可搬重量、寸法、繰り返し精度、剛性、など各社のロボットの特徴と適性が確認された。タスク作業に応じたロボットを選定できるようになった。

導入状況としては、大手製造業の現場 1 件において我々のシステム既に稼働・運用しており、別の 1 件の現場においてシステムがすでに開発・採用され、現場への導入を待っている。そのほか多数の現場において実証実験が行われ、本採用への検討が進められている。

最終年度においては、コロナ禍のニューノーマルとして、リモートでのロボット制御システムの展開が必要となってくることを想定し、リモート環境でもデプロイが可能なシステムを試作した。リモートで実環境に制御パイプラインを導入、保守、更新し、稼働させることが可能なシステムを試作した。AI モデル改善に向けて実稼働データを収集する仕組みも試作した。

### 3-2-1-3. 金属切削加工における精度補正システム開発

(実施先: 株式会社 LIGHTz)

#### 3-2-1-3-1. 研究開発の概要と実施計画

本事業の目的は、国内の金属切削加工産業が保有する加工技術のノウハウを AI 化し共有する日本発の新しい製造業プラットフォームを実現することにある。我が国の製造業の新しい稼ぎ口を確立すると同時に、遠隔で異なる加工機や環境において同一品質の自動加工を実現することで我が国の製造業の国際競争力向上に貢献することを企図している。このため、本事業では、加工機ごとにテスト加工を行うことで加工機固有を特定し、加工プログラムを補正することで、同一品質での遠隔加工を実現するための技術開発とシステム機能開発を実施した。

#### 3-2-1-3-2. 研究開発の内容と目標

本研究開発は以下のステップで実施した。

- ①本事業実現体制の確立
- ②IoT/AIによる加工機差補正技術の確立
- ③プラットフォームのベースとなるシステム機能として、プロトタイプシステムを構築し、①の技術をアルゴリズム化して実装
- ④ビジネスモデル企画と事業化計画の策定

#### 【研究開発の内容①】

本事業実現体制の確立

##### 【目標】

- 1) 本事業実現体制の確立

本事業における検証条件の設定

(加工機割当 データ取得・解析用 Min3 機/検証用:国内外各 1 機)

本プラットフォームサービスに対するニーズの把握

#### 【研究開発の内容②】

IoT/AIによる加工機差補正技術の確立

##### 【目標】

- 2)加工条件調整ノウハウの AI モデル開発

IBUKI 熟達者ノウハウからインプット「加工機特性」とアウトプット「加工品質・精度」の相関関係を体系化・AI モデル構築

- 3)加工機特性評価メソッドの開発

加工機特性を評価する汎用/最大公約数的評価メソッド(テストパターン)の開発

(目標加工精度: 10  $\mu$  m)

#### 【研究開発の内容③】

プラットフォームのベースとなるシステム機能として、プロトタイプシステムを構築し、①の技術をアルゴリズム化して実装

##### 【目標】

- 4)加工条件の補正值導出 AI モデル開発

センシング・計測したデータを分析し、加工機特性及び誤差要因に分解し、加工機特性に応じた加工補正データへ変換する AI モデルを実装したツールを開発

- 5)各開発モデルを統合した AI システムの検証

精度補正プログラムが、複数加工機の機差へ対応できることを確認

#### 【研究開発の内容④】

ビジネスモデル企画と事業化計画の策定

##### 【目標】

- 6)検証結果考察と PF ビジネスモデル構築

## 検証結果をまとめ、適用可能範囲を明確化 適用可能範囲におけるビジネスモデル(収益モデル)の確立

### 3-2-1-3-3. 研究開発の成果

活動期間を通じてコロナの影響で現地での確認が難しくなったが、リモート会議の活用と実験計画法等による事前準備を整える事で現地確認を最小限に抑え、活動全体を通じて目標を達成できた。熟達者のノウハウを離れた場所でも活用できるプラットフォームの一角として、加工機の実際加工した物の加工目から読み取る斬新な手法と、特徴から機差補正に数値化するロジックを開発した。また、補正による効果、影響と、不具合発生時の対策を熟達者の知見からリコメンドするロジックを開発し、それらの全てをシステム化出来た。また、「五感で状態を認知」→「補正を思考」→「結果から対策を検討」という熟達者による試作時の思考の流れをシステム上で検証できた。

市場環境としては、コロナの影響が長引いていることで現地立会いが難しくなり、また、サプライチェーンへの影響から代替サプライヤへの切り替え需要が高まっている。熟達者知見をリモートで活用し、ライン立ち上げに貢献できる本プラットフォームのニーズは増えていくと考えられる。他、技術的環境、世界情勢等に大きな変化はない。

それらを踏まえて今回、検証した内容を元に、ビジネスモデルの構築を行った。

#### 【成果】

##### 1) 本事業実現体制の確立

- ・本事業における検証条件として「金型部品」を対象に、対象加工機、対象ツールセット等を決定。
- ・本プラットフォームサービスに対するニーズとして、ターゲットとするミーリング加工以外にもサービスニーズがあることを把握し事業後のサービス拡張の可能性を確認。

##### 2)加工条件調整ノウハウの AI モデル開発

- ・ビビリ補正に関する熟達者知見のデータベース化。
- ・マザーの加工条件、加工機特性から計算された補正值、選択工具の情報を基に品質への影響と補正值候補の優先順位を判定。さらに、判定結果に熟達者知見を紐づけるアルゴリズムを開発。

#### <意義>

今回開発した知見引当では、引き当てされた知見と、その周辺知見を熟達者からのヒアリングや文献等から抽出し、関連性を持たせたデータ構造で知見データとして整備している。知見の引き当て方式は、パラメータの閾値による引き当てになっているが、将来的に言語解析処理による引き当てに展開できるように構築している点で知見活用の拡張性がある。

##### 3)加工機特性評価メソッドの開発

- ・加工痕の状態から加工設備の振動特性(伝達関数)を簡易的に推定する評価メソッドを開発した。

- ・「工具先端振れ量」を推定する評価メソッドを開発し、「振れ測定器」の代替可能性の見通しを得た。(※但し、機差補正には活用しない)

<意義>

今回は加工設備からの直接的なデータではなく、機械での加工結果(加工痕画像)から機械固有の振動特性を評価する方式を開発した。このため、加工装置の構造に依存することなく、多くの加工メーカーで容易に振動特性データを採取することができる。

#### 4)加工条件の補正值導出 AI モデル開発

- ・将来実現するシステムの全体像の構想
- ・NEDO 開発期間中の対象範囲5機能モジュールの開発を完了した。

<意義>

前述の加工機特性評価メソッドを実装し、各加工メーカーで撮影した加工痕画像をシステムにアップすることで機械固有の振動特性データが生成され、さらに機械間の振動特性データの差から補正值をリコメンドするまでのステップをシステム機能として実装している。今回はプロトタイプとして機能レベルのシステム化までを実施しているが、クラウド化することで、本社と工場、発注元とサプライヤ、国内と海外といった地域的な制約に関わらず、加工前段階で加工対応判断や加工条件設定の早期化に繋げられる仕組みが構築できる。これにより、事業環境の著しい変化に伴う既存サプライチェーンの寸断のようなケースで新規加工サプライヤの活用を余儀なくされる際にも加工品質を維持するなどBCP的な意義もある。

#### 5)各開発モデルを統合した AI システムの検証

- ・加工機の特長差を活用した補正值算出アルゴリズムを開発。
- ・チャイルド設備にて、補正条件での加工検証を実施し、マザー設備と同等品質を達成した。

#### 6)検証結果考察とPF ビジネスモデル構築

- ・2022 年度～2026 年度の事業化計画を策定した。
- ※2025 年度から収益化を図るため、当面のサービス範囲として機差補正によるビビリ抑制を対象とした。

### 3-2-1-4. AI 並びにロボティクスを活用した材料開発の飛躍的効率化

(実施先: MI-6 株式会社)

#### 3-2-1-4-1. 研究開発の概要と実施計画

背景: 膨大な期間とコストがかかる材料開発を飛躍的に効率化する手法として、マテリアルズ・インフォマティクス(以下 MI)が注目されているが、まだ十分に社会実装されているとは言いがたい状況。

事業目的: 背景を踏まえ、以下を事業目的とする。

- ・非効率な研究開発の改善、属人化の解消する
- ・材料開発における人手やデータ不足を解消する

研究開発の概要:

- ・MI を活用する SaaS、およびロボティクスと組み合わせた MI RaaS(Robotics as a Service)を実装・展開すること
- ・ロボティクスを活用する事で良質なデータを大量生成し、MI にフィードバックすることで高速で材料開発を推進することを可能とすること

#### 1) 複数の解析手法を実装したソフトウェア化および共有のデータベースの確立

- ①機械学習と材料開発データを活用した実験計画提案技術の開発
- ②データ解析および活用を中心としたデータベースの構築

#### 2) データ基盤技術の構築に加え、無機薄膜評価系や有機高分子系での MI ロボティクスの実装

- ③AI ロボティクスのデータ基盤技術の開発
- ④AI ロボティクスの開発 無機薄膜評価系の確立
- ⑤AI ロボティクスの開発 有機高分子への適用技術の確立

- A. 欧米圏/アジア圏への海外展開のための追加開発
- B. 幅広いデータ連携(アカデミア向け)のための追加開発

#### 3-2-1-4-2. 研究開発の内容と目標

##### 【目標】

- 1) 確率過程を応用した機械学習モデルによる物性値予測と逐次的なモデル更新アルゴリズムによるパラメータ最適化が可能な実験計画ソフトウェアを開発する
- 2) 従来は定量データしか扱えなかったのに対し、解析対象をカテゴリカルデータや化学構造データ等の定性データまで拡張し、それらをインプットデータとして扱える機能を実装する
- 3) 自動実験ロボが生み出した定量データを一括管理することで R&D に活用できる RaaS 用データ基盤技術を構築する
- 4) 「このパラメータを最大化したい」等を PC 上から入力するだけで、人の手を一切かけずに全自動で複数回の無機薄膜の合成評価と実験条件最適化を行うシステムを構築する

5) 評価項目や装置を具体的に1つ以上選定する。合成と評価が決まれば、それを自動化するハードウェアの部分と指示出しとつなぎ合わせのソフトウェアの部分を開発することが可能となる。

A)/B) 英語圏 / 中国語圏向け並びにアカデミア向け AI システム (SaaS) UI・アルゴリズム・データベースの検討並びに開発実装を進め、海外顧客候補/アカデミアユーザー候補からのフィードバックをそれぞれ1以上得る。

#### 3-2-1-4-3. 研究開発の成果

- 1) 達成目標に加え、2以上の解析機能を持つ実験計画ソフトウェアを実装し、企業に対してトライアルを実施しニーズを検証することに成功した。
  - 2) カテゴリカルデータや文字データなど定性データを取り扱うことが出来るよう機能拡張したほか、特徴量データ自体を結合し、少量でも解析できる機能を実装し、データ可視化機能も実装した。
  - 3) ロボティクスハードウェアとそのハードウェアに自動指示・結果取得する制御システムからなる自動実験ロボを構築した。ロボから得られるサンプルデータ情報を分析結果・合成条件のタグで保存・管理し、R&Dに活用できるデータベース基盤を構築した。
  - 4) 指定目標と最適化条件の指定のみで、実際のサンプルを複数回連続で成膜し、自動自律運転により特定パラメータの最適化に成功した
  - 5) ポリマーのフリーラジカル重合および共重合反応・分子量測定・合成したポリマーの精製の自動化を行うシステムを開発した
- A)/B.) UI 並びにアルゴリズム、データベースの開発実装を進め、海外ユーザーへは6社以上、アカデミアユーザーへは1大学それぞれに対してトライアルを提供し、フィードバックを得て開発を進めた。

#### 3-2-1-4-4. 個別成果

##### 1) 実験計画提案技術の開発

###### 目標

- ・機械学習モデルによる物性値予測と最適化が可能な実験計画ソフトウェアの開発
- アプローチ
- ・アップロードしたデータをWeb上で最適化した
  - ・解析機能は、当初の数値最適化に加えて、「刻み値設定」「制約条件設定」「データ結合」など2以上の解析機能を追加実装した。

###### 成果

- ・実験計画ソフトウェアを開発完了し、企業に対してトライアルを実施し、ニーズを検証することに成功した

##### 2) データベースの構築

###### 目標

- ・定性データを含む広範囲なデータを扱えるデータベースの構築
- アプローチ

- ・カテゴリカルデータや文字データ等の定性データを扱えるよう拡張した
- ・データの可視化機能を実装した
- ・データの結合機能を実装した

#### 成果

- ・複数顧客のデータを蓄積でき、少量の特徴量データでも解析できるデータベースを構築した

### 3) AI ロボティクスのデータ基盤技術の開発

#### 目標

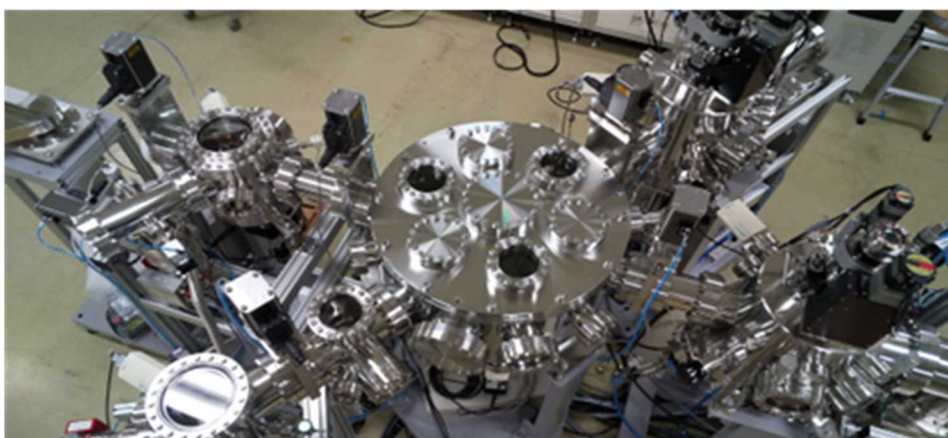
- ・ロボティクスと、生み出したデータを管理するためのデータ基盤の構築

#### アプローチ

- ・ソフトウェアからロボティクスへの自動指示出しと結果フィードバックを自動で受けるシステム構築の前段として、ロボティクスハードウェアを構築した
- ・ロボティクスへの自動指示出しと結果フィードバックを自動で受け取る制御システムを構築し、さらに自動実験ロボにて得られたデータを一括管理できるデータ基盤を構築した。

#### 成果

- ・ロボティクス制御システムが自動動作し、得られるサンプルデータ情報を分析結果・合成条件のタグで保存・管理し、R&Dに活用できるデータ基盤を構築した。
- ・自動での実験を複数回成功させた



### 4) AI ロボティクスのデータ基盤技術の開発

#### 目標

- ・全自動で無機薄膜の合成評価と実験条件最適化を行うシステムを構築する

#### アプローチ

- ・全自動で複数回の無機薄膜の合成評価と実験条件最適化を行う（自動自律）機能を実装した
- ・自動自律にて動作させる際には、条件最適化の条件をあらかじめ設定しておく、ロボにてデータが得られたタイミングで結果がデータ基盤にフィードバックされ、自動で次の条件を設定させた

#### 成果



- ・全自動で複数回の無機薄膜の合成評価と実験条件最適化を行うシステムを構築した
- ・指定目標と最適化条件の指定のみで、実際のサンプルを複数回連続で成膜し、自動自律運転により特定パラメータの最適化に成功した

#### 5) 有機高分子への適用技術の確立

##### 目標

- ・評価項目や装置を具体的に1以上選定する

##### アプローチ

- ・選定：ポリマーの重合および共重合反応の自動化と、分子量測定 of 自動化、および合成したポリマーの精製の自動化とした
- ・実装：上記合成と、構造評価、物性評価が自動で行えるシステムを開発した

##### 成果

- ・合成装置、分析装置の選定及び導入を実施し、自動合成に成功した。動作連動ソフトウェアを開発した
- ・ポリマーの重合および合成したポリマーの精製の自動化を行うシステムを開発した。

##### 考察

- ・今後、他の物性測定装置と連携させることで、さらなる用途拡大が期待できる。
- ・有機材料の合成については、「原料組み合わせが多様であること」、「サンプルの再現難易度が高いこと」、「プロセスデータが多く管理しきれていないという」観点から、本研究開発で検証したような有機分野での RaaS が開発効率の向上においてメリットが大きい。今後実用化にあたっては、合成可能なアプリケーションや測定品目を増やしていくことが必要となってくる。

#### 6) 海外展開および幅広いデータ連携（アカデミア向け）のための追加開発

##### 目標

- ・英語圏 / 中国語圏向け並びにアカデミア向け AI システム (SaaS) UI・アルゴリズム・データベースの開発実装

##### アプローチ

- ・多言語化システムの多言語化を行う
- ・ヒアリングを通じてニーズや課題の把握を進める

##### 成果

- ・UI 並びにアルゴリズム、データベースを開発実装
- ・海外ユーザへは6社以上、アカデミアユーザーへは1大学それぞれに対してトライアルを提供

### 3-2-1-5. 質の高いビッグデータによるプラント・インフラ予防保全のための AI システム開発 (実施先: 株式会社イクシス)

#### 3-2-1-5-1. 研究開発の概要と実施計画

質の高いビッグデータによるプラント・インフラ予防保全のための AI システム開発の研究開発についてはロボットや IoT 機器を現場に投入し、オンラインまたはオフラインで「質の高い」取得データと位置情報をセットで収集できる枠組みを構築し、これらのデータをクラウド上に蓄積する。特に、業界横断型の場合は蓄積データが様々であることが想定されるため、データには目視点検を目的としたカメラ画像(または動画)、赤外線画像、打音音声データに加え、取得位置情報(各構造物のローカル座標系にて)、ロボット等の姿勢情報(例えばカメラの Pan/Tilt 角)、気温天候、日時など汎用的なフォーマットに加え特殊なデータ収集に備えリンク先情報(アドレス)を格納できるフォーマットとする。

これらをオンラインの場合は 4G や今後普及する予定の 5G 回線を利用し、オフラインでの送信の場合は事務所の LAN 環境を利用してクラウドにアップロードする。

ビッグデータを保有する協力企業からは、AI を学習させる教師データとしての利用権取得を依頼する。この場合提供されたデータは AI エンジンのパラメータチューニングのためだけに利用されるためオリジナルデータが外部に漏れる心配はない。しかしビッグデータで最も問題となるのはデータの公開に関するものであり、基本的にユーザーとなるプラント・インフラ業界では点検データに関して外部公開は不可とする企業が多い。AI においてはデータ量の多さが性能に直結するため、業界横断型でサービスを展開する場合、広くユーザー企業からもデータを収集することで地域性や業種などのバリエーションのあるデータ収集が可能となる。

そこで本研究開発では、これらを協力企業と慎重に解決策を模索し秘匿性の高いプラント・インフラ業界のデータから効率よく学習させ、様々な業界のユーザーのデータを用いた AI システムを構築し質の高い解析結果を提供することで予防保全を実現していく。

#### 3-2-1-5-2. 研究開発の内容と目標

質の高いビッグデータによるプラント・インフラ予防保全のための AI システム開発については老朽化が進むプラントやインフラの予防保全に資するため、ロボットや IoT 機器を活用し、これらの構造物の点検に関する自己位置付きの質の高いデータを収集し、教師データとなるビッグデータとともに、当社が開発した AI システムに蓄積し、機械学習を重ねて AI エンジンの性能を向上させることで、プラント・インフラの損傷抽出から経年診断が可能な、業界横断型 AI システムと業界共用データ基盤を構築する。

道路橋の“ひび割れ”の点検に関してはこれまで、作業員による近接目視評価が基本とされてきたが、平成 31 年 2 月に国土交通省の「道路橋定期点検要領」の改訂により、作業の効率化や質の向上の観点から、ロボットの積極的な活用推進が明示された。特に、点検箇所への近接、動画の取得、必要な情報の検出、情報の記録において、ロボット技術が期待されている。

ただし、本要領に示されている現状の点検ロボットの技術水準は、「近接目視には及ばないが、一定程度以上の変状は確認できるレベル」とあり、目指すべき将来像において「近接目視で確認できる全ての変状を確認できるレベル」とされている。

当社では、点検作業員と同等以上の技術レベルの達成を目指しており、本事業を通じて、現場実証による教師データの収集と、AI エンジンのチューニングを進めることで、最終年度のひび割れ検知におけるロスト率、点検エリアにおけるデータ取得の網羅率、損傷検知におけるロスト率における目標、指標、水準をそれぞれ次のとおり設定している。

ア. ひび割れ検知におけるロスト率

目標: 点検作業員と同等以上の検出率の達成

指標: 点検作業員による損傷図と比較したロスト率との比較

水準: コンクリートひび割れ幅 0.1mm にてロスト率 0% (過剰検知は OK)

イ. 点検エリアにおけるデータ取得の網羅率

目標: 点検エリアにおいて漏れなくデータを取得 (作業員は選んだ箇所のみ)

指標: 点検エリアに対するデータ取得網羅率

水準: 網羅率 100%(ただし、ロボットが投入できる場所にて)

ウ. 損傷検知におけるロスト率

目標: 点検作業員と同等以上の検出率の達成

指標: 点検作業員による損傷図と比較したロスト率との比較

水準: ロスト率 2%以下 (過剰検知は OK)

※ひび割れ検知の目標設定については、国土交通省の「道路橋定期点検要領」にて、0.1mm 幅のクラックの確認(目視による)が求められているため、この基準に合わせている。なお、ロスト率とは、検査対象の実際のひび割れを見落とした比率を言い、網羅率(再現率)とは検査対象の実際のひび割れを AI が検知した比率を言う。対象となるコンクリート壁面の状態(ヨゴレ等)や、取得する写真画像の品質の観点から、2%程度を許容値とし設定する。

【研究開発の内容(研究開発課題)】

① AI 精度検証

撮影用のカメラや操作用 PC、各種センサを搭載できるように既存のロボットを改造し、協力企業より橋梁等のコンクリート構造物の現場にて、点検対象物を撮影し各種のデータを収集し、アノテーション付きの教師データを蓄積する。

データ取得用のロボットに小型 3D レーザースキャナを搭載し、三次元形状計測・生成・解析プラットフォームを構築し試行する。

【目標】

- 1) 点検現場からの教師データの収集
- 2) 三次元形状計測・生成・解析プラットフォームの構築
- 3) コンクリートひび割れロスト率 0%実現

② 橋梁 AI 実証

橋梁での実証とデータ収集に用いるロボットを開発し、全国のコンクリート構造物の橋梁を対象に点検実証試験を進め画像データを収集し、性能評価を行う。

【目標】

- 1) 全国のコンクリート製橋梁での実証試験の実施
- 2) 橋梁における三次元形状解析プラットフォームの構築
- 3) もれなくデータを取得し網羅率 100%を実現する

③ プラント AI 実証

プラントでの実証とデータ収集に用いるロボットを開発し、協力企業が所有するプラントを対象に点検実証試験を行い、画像データを収集し、性能評価を行う。データ取得用のロボットに小型 3D レーザースキャナを搭載し、三次元形状計測・生成・解析プラットフォームを構築し試行する。

【目標】

- 1) プラントでの実証試験の実施
- 2) プラントにおける三次元形状解析プラットフォームの構築
- 3) もれなくデータを取得し網羅率 100%を実現する

④ 業界横断型データベースの構築

3D レーザースキャナで構築した 3 次元モデル上でのデータの登録、表示、データベース化のシステムを構築する。BIM/CIM データとの整合性を得るために LiDAR や 3 次元スキャナ、3D トータルステーション等を用いて位置のマッチングを取り、属性データにデータを関連付ける。

【目標】

- 1) 一連の動作が可能な統合システムの開発
- 2) BIM/CIM を用いた業界横断型データベースの完成

⑤ ローンチカスタマーとの協業(サービス構築)

協力企業と連携し業界横断型 3 次元形状解析プラットフォームの評価を実施する。

【目標】

- 1) 協力企業にて 3 次元形状解析プラットフォームの評価を実施

### 3-2-1-5-3. 研究開発の成果


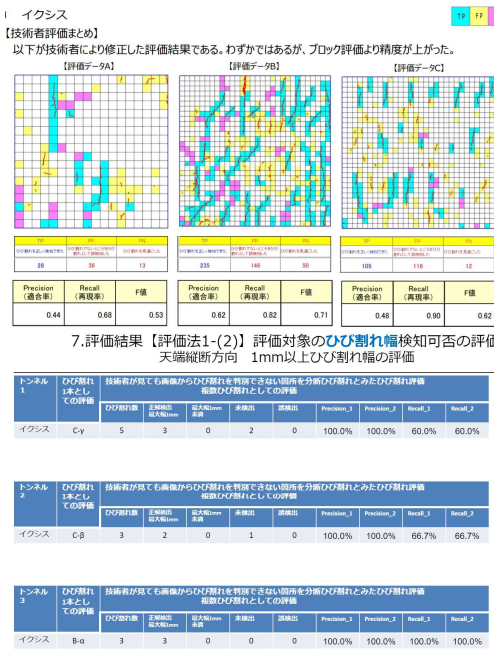
質の高いビッグデータによるプラント・インフラ予防保全のための AI システム開発については新型コロナの影響もあり、実証実験が思うように進めることができなかったが、その中でも、精力的にデータ収集、システム構築を進めた。特に BIM/CIM を用いた業界横断型のシステムは、国際規格でもある IFC を使用したロボット連動システムとなっており非常に汎用性の高いものとなり、また、国内の BIM 化(デジタルツイン化)の流れとも整合性が取れ、各業界でも高い評価を得ることができた。

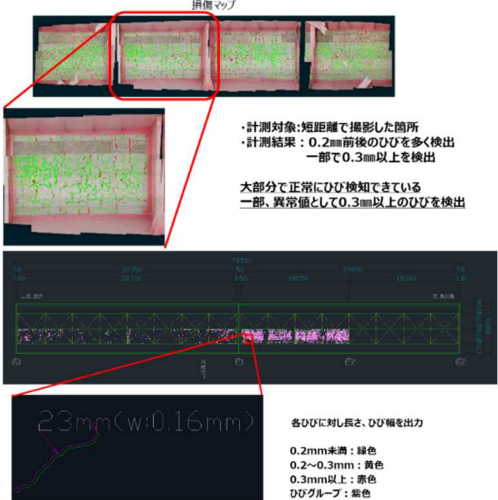

デジタルツインとは、現実空間をサイバー空間に再現・コピーすることで、コンピュータ上で現実を可視化するだけでなく、分析や予測(シミュレーション)が行える技術で、昨今のメタバースがコミュニケーション用として利用拡大が期待されるなか、デジタルツインも産業界で同様の期待が高まっている。

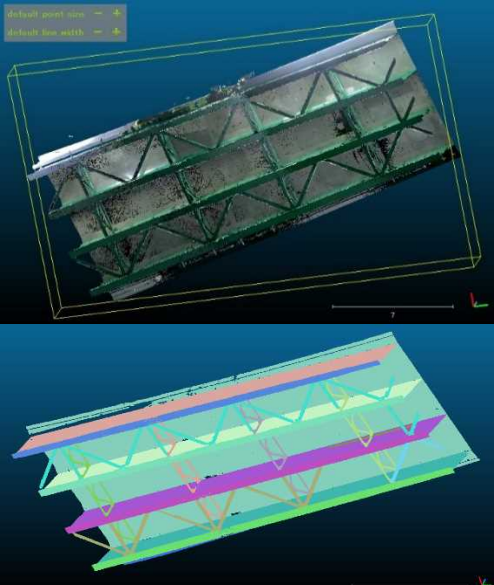
さらに当社が採用している BIM/CIM ソフトは Autodesk 社の Revit という最もシェアの高いものを活用していることから、協力企業が既に利用していることもあり導入が容易であるのも市場拡大が大きく見込まれる。

さらに国土交通省でのコンクリートひび割れ評価に 2 年(2020 年、2021 年)連続で参加し、国土交通省からも検出率等、高い評価を得ることができた。

【成果】

事業内容	達成目標	成果(実施内容)	達成度
① AI 精度検証	点検現場からの教師データの収集	各業界から様々な教師データの収集ができた	◎
	三次元形状計測・生成・解析プラットフォームの構築	3次元点群に解析結果を重畳するソフトウェア開発が完了した 	○
	コンクリートひび割れロスト率 0%実現	国土交通省の AI 検証に参加し Recall (再現率、検出漏れ有無)98%を達成した。 	○

<p>② 橋梁 AI 実証</p>	<p>全国のコンクリート製橋梁での実証試験の実施</p>	<p>計 12 現場での実証実験を実施した</p>	<p>◎</p>
	<p>橋梁における三次元形状解析プラットフォームの構築</p>	<p>橋梁 3 次元点群に解析結果を重畳するソフトウェア開発が完了した</p>  <p>計測対象: 短距離で撮影した箇所 計測結果: 0.2mm前後のひびを多く検出 一部で0.3mm以上を検出</p> <p>大部分で正常にひび検知できている 一部、異常値として0.3mm以上のひびを検出</p> <p>23mm(w:0.16mm)</p> <p>各ひびに対し長さ、ひび幅を出力</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>0.2mm未満: 緑色</li> <li>0.2~0.3mm: 黄色</li> <li>0.3mm以上: 赤色</li> <li>ひびグループ: 紫色</li> </ul>	<p>◎</p>
	<p>もれなくデータを取得し網羅率 100%を実現する</p>	<p>ロボットのセンサを用いて撮影範囲を可視化し網羅性を担保するシステムを構築した</p> 	<p>◎</p>

③ プラント AI 実証	プラントでの実証試験の実施	計 6 現場での実証実験を実施した	◎
	プラントにおける三次元形状解析プラットフォームの構築	プラント3次元点群に解析結果を重畳するソフトウェア開発が完了した	○
	もれなくデータを取得し網羅率 100%を実現する	ロボットのセンサを用いて撮影範囲を可視化し網羅性を担保するシステムを構築した	○
④ 業界横断型データベースの構築	一連の動作が可能な統合システムの開発	BIM/CIM 連動ロボット「i-Con Walker」によりデータ取得までの一連の統合ソフトウェアを完成させた	◎
	BIM/CIM を用いた業界横断型データベースの完成	Autodesk Revit (BIM/CIM ソフトウェア) を活用し、ISO 規格である IFC へのデータ連携を行うことで、あらゆる構造物での 3 次元データベース化を実現した	◎
⑤ ローンチカスタマーとの協業 (サービス構築)	協力企業にて 3 次元形状解析プラットフォームの評価を実施	道路会社、建設会社などにて試行を行い、評価を得た 	○

### 3-2-1-6. 人工知能を用いた胃がん内視鏡画像読影支援システムの構築と海外遠隔診断への展開

(実施先: 株式会社 AI メディカルサービス)

#### 3-2-1-6-1. 研究開発の概要と実施計画

がんは日本人の死因の第1位であり、その中でも消化器（食道、胃、大腸）系のがんの割合が最も高い。また、世界的にもがんは死因の上位を占めており、特に日本を含む東アジア地域は胃がんが多く、全世界で毎年約70万人が胃がんにより命を失っている。一方、がんと診断されてからの5年相対生存率は、医療技術の進歩に伴い改善傾向にあり、早期がんの段階での治療開始が求められている。そこで、検診などによる早期発見が益々重要とされている。

しかし、胃がん内視鏡検診では、読影精度を担保するために別の医師による2次読影が必要であり、1日約3,000枚もの内視鏡画像の確認は、現場医師の大きな負担の他、疲労による見落としリスクに繋がっているとの報告もある。

そこで、こうした問題を解決するため、内視鏡先進国である日本の利点を最大限に活かすべく、100以上の医療機関とネットワークを構築し、約10万本の内視鏡動画データからの教師データ作成により、胃がん検出や部位識別をサポートする内視鏡AIを開発する。開発にあたっては、国内の症例データから国内向けの開発に軸を置き、国内開発品を日本と症例と類似性の高いアジア圏を中心に、海外展開する。その中でも、地域性の高く、優先度の高い地域においては、戦略的に個別開発を行う。

#### 3-2-1-6-2. 研究開発の内容と目標

内視鏡画像読影支援システムが医師のサポートの役割を果たすためには、少なくとも内視鏡専門医と同程度の診断能力を発揮できるようになることが必要であるため、内視鏡画像読影支援システムにおいて、感度、特異度、正確度を目標として適切に設定する。この目標を達成のため、胃がん判別AI、胃部位認識AI、画質チェックAIのそれぞれに精度基準を設け、これらを統合しシステムに実装する必要がある。

更に、これらのAIによる読影精度の実現には、教師データ用に良質な大量の画像データが重要因子となる。そこで、主要な医療機関と協力体制を構築、拡大しながら、段階的にデータ収集および病変のアノテーションや部位の分類等を行い、教師データを拡充する。

開発の全般において、国内外を主要な医師と連携し、出口を見据えた研究開発を行う。

#### 【研究開発の内容(内視鏡画像データの収集)】

日本医科大学、聖マリアンナ医科大学、がん研究会、シンガポール国立大学をはじめとする国内外の協力施設を通じて内視鏡画像データ(動画・静止画)の収集を行う。

#### 【目標】

- 1) AIに学習させるために必要な件数の内視鏡画像データを収集する

#### 【研究開発の内容(AI教師データ精度管理)】



収集した動画から生成された静止画像を元に「質の高い内鏡視撮影画像であるか」及び「内視鏡専門医による正確で詳細な診断情報が付加されているか」という点から精度管理及びチェック作業を行い、AI用の教師データを作成する。

【目標】

- 2) 収集した教師データから教師画像を作成する

【研究開発の内容(AI技術開発)】

胃がん判別 AI (画像に対するがん/非がんの判別を行う AI)、胃部位認識 AI (画像から胃の内壁部位を認識する AI)、画質チェック AI (画像のボケやブレなどの判別を行う AI) のそれぞれについて技術検討を行い、AIとして実装する取り組みを実施した。

【目標】

- 3) 各 AI の感度、特異度、正確性を向上させる

【研究開発の内容(クラウドサービスの開発)】

内視鏡画像読影支援システムを国内外に展開するために、クラウドプラットフォームとして AWS を採用し、国内協力施設を通じて機能仕様の検討を実施し、目標とするクラウド読影システムのプロトタイプの開発を行った。

【目標】

- 4) クラウドプラットフォームをベースとした読影サービスのプロトタイプの開発を行う

【研究開発の内容(実証実験の実施)】

国内医療機関に対して、クラウドベースのプロトタイプを用いた実証実験を実施し、使いやすさや実施時間など、現行システムと比較し、実運用を想定したユーザビリティのヒアリングを実施した。

【目標】

- 5) クラウドベースのプロトタイプを用いてユーザビリティの評価を行う

【研究開発の内容(学会情報収集・発表・施設連携)】

国内主要学会・海外主要学会へ参加し、国内外の最新情報の収集とともに適切な情報の発信を行うとともに、学会・施設訪問、国際展示会への参加などにより、本事業に関するドクター間のネットワークを拡大し、協力施設・協力ドクターの獲得を実施した。

【目標】

- 6) 国内・海外の主要学会・展示会での情報発信によりネットワークを拡大する

### 3-2-1-6-3. 研究開発の成果

本助成事業を通して、内視鏡 AI 開発に不可欠な内視鏡症例収集とアノテーション作業を実施し、更に内視鏡 AI の評価と検討を繰り返すアジャイルな開発により、精度の向上を図ることができた。また、プロトタイプを用いた複数の医療機関における実証実験では、現役の内視鏡医から多くのフィードバックを得て製品化に向けた技術検討が実現できた。

一方、海外展開に向けた開発においては、新型コロナによる海外渡航制限や医療施設への立ち入り許可の問題で、シンガポールでの評価の遅れや米国データ収集の遅れが発生した。今後の新型コロナの状況を見極め、現地でのデータ収集や前向き研究などを加速し、早期事業化につなげることを検討している。

#### 【研究開発の内容(内視鏡画像データの収集)】

##### 【成果】

- 1) 内視鏡 AI の開発には良質な内視鏡画像を大量に必要とする。そこで、国内外を含め 120 施設を超える医療機関の協力を獲得し、多くの画像を収集してきた。その結果、国内では累計 207,198 本の動画データの収集を達成した。海外においては、新型コロナの蔓延により難航したものの、シンガポールを中心に現地特有の症例として 127 本の動画データの収集を達成した。また、教師データの質と量に依存した AI 精度から、更なる目標精度向上のため、無劣化画像を収集すべく、独自にデータ収録技術を開発し、無劣化データの追加を達成した。

#### 【研究開発の内容(AI 教師データ精度管理)】

##### 【成果】

- 2) 収集した動画から生成された静止画像を元に、精度管理及びチェック作業を行い、内視鏡専門医との協力体制の下、早期胃がんを中心に 105,459 本の AI 用の教師データ作成を完了した。

#### 【研究開発の内容(AI 技術開発)】

##### 【成果】

- 3) 胃がん判別 AI (画像に対するがん/非がんの判別を行う AI)、胃部位認識 AI (画像から胃の内壁部位を認識する AI)、画質チェック AI (画像のボケやブレなどの判別を行う AI) のそれぞれについて技術検討を行い、胃がん判別 AI では、感度 93.4%を達成した。また、判別制度の向上を図りつつ、AI としての実装を実施した。

#### 【研究開発の内容(クラウドサービスの開発)】

##### 【成果】

- 4) クラウドプラットフォームとして AWS を採用し、国内協力施設を通じて機能仕様の検討を実施。クラウド読影システムのプロトタイプを開発。胃がん判別 AI、部位認識 AI、画質チェック AI を搭載し、ユーザーインターフェースを実装した。これにより、AI 技術をコアとして、1 検査あたり 40 枚程度の内視鏡画像を読み込ませることで、AI が胃がん判別、部位認識、画質チェックを行い画面上に表示させるほか、複数件の検査画像をまとめてチェックしたり、ダブルチェック後に医師が最終確認したりすることができる機能を持ったクラウドシステムのベータ版を完成させた。また、初期の研究段階から医師の評価意見などを取り入れ、アジャイルな開発を行った。

## 【研究開発の内容(実証実験の実施)】

### 【成果】

- 5) 国内の複数の医療機関にて、クラウドベースのプロトタイプによる実証実験を実施。医師66名に対する読影実験とAI性能評価においては、感度において内視鏡専門医・非専門医を上回る結果を達成した。また、AI評価の他、ユーティリティに関しては、実運用面での手間の削減、現場のユーザー視点での操作性の課題など、様々な貴重な要望事項を得ており、今後更なるユーザー価値最大化への改修を検討している。

## 【研究開発の内容(学会情報収集・発表・施設連携)】

### 【成果】

- 6) 国内の他、コロナ禍で渡航困難な状況ではあったが、オンライン開催の展示会などでも積極的な成果発信を積み重ね、事業最終年度にドイツ、ドバイ、シンガポール、ベトナムでの学会や展示会などの参加が実現。発表機会等を通じ、海外での認知の拡大と、主要医療機関として、シンガポール国立大学やリヨン大学、アウグスブルク大学等、将来的な海外展開の際に重要となる地域におけるネットワークを獲得した。これにより、アフターコロナに向け、複数地域の海外医療機関との重要な共同研究体制の基盤を構築することができた。

## 3-2-1-7. 異音検知 AI プラットフォーム開発

(実施先: Hmcomm 株式会社)

### 3-2-1-7-1. 研究開発の概要と実施計画

2018年にNEDO事業として実施した「AIシステム共同開発支援事業／異音検知プラットフォームの活用による防犯システムの高度化」の成果と弊社独自の異音検知AIプラットフォームの研究・開発実績をベースに、基本機能の拡充を行うとともに、新たな複数の事業連携先と業界横断型のSaaS型AIシステムを構築する事を目指す。

### 3-2-1-7-2. 研究開発の内容と目標

業界横断型のSaaS型AIシステムを構築するにあたって、中心とした領域として畜産・インフラ・モニタリング等の領域で集音、モデル作成の作成を実施し、SaaS型AIシステムのベースとなる研究と並行して、アーキテクチャの設計、研究したアルゴリズムをシステムに搭載し、実用レベルとなる異音検知AIプラットフォーム開発を目指す。

## 【研究開発の内容(モデル構築用の学習データ収集)】

・2019年度

モデル構築用の学習データの集音を畜産領域で1か所以上実施することとしている。集音のためには先方ともタイミングを調整する必要があるため、畜産以外の防犯・インフラ・モニタリング領域では国内外での集音の検討を並行して行う。

- ・2020 年度  
防犯・畜産・インフラ・モニタリング・見守り等の複数領域での集音を実施する。
- ・2021 年度  
引き続き、防犯・畜産・インフラ・モニタリング・見守り等のいずれかの領域において集音を実施する。

#### 【目標】

- ・2019 年度
  - ・正常音および異常音の収集及び畜産領域を優先し 1 領域以上で集音、モデル作成を実施
- ・2020 年度
  - ・正常音、異常音(各、合計 100～400 時間程度)の畜産・インフラ・モニタリング・見守り等の 2 つ以上の領域で集音、モデル作成完了(豚の咳クシャミの検知、機械の異常音、動物の心音の異常音等)
- ・2021 年度
  - ・正常音、異常音(各、合計 100～400 時間程度)の畜産・インフラ・モニタリング等の領域で集音、モデル作成完了(豚の咳クシャミ、機械の異常音等)
  - ・ヘルスケア領域では特定の疾患を検知するためのモデルを開発するのに必要な日本またはインドでの集音およびモデル作成を実施
  - ・小型モータの完成検査領域におけるモデル作成(2021 年 7 月末で研究開発終了)

#### 【研究開発の内容(異音検知プラットフォーム開発)】

- ・2019 年度
 

2019 年度においては、開発に必要な機器の調達、異音検知プラットフォームの基本機能部分の設計を行い、サーバー構築、AI プラットフォームの基本動作(データ投入～モデル作成、異常判定まで)を行うプロトタイプの開発を実施する。プロトタイプ開発においては、「AI プラットフォームシステム製作外注」による研究・開発要素を含まない部分のシステムの製作を外部に依頼するとともに、プロトタイプにおいてもユーザーにとって分かりやすい操作を実現するために、システムで実装する画面系の遷移、画面デザイン等、又それら画面系の HTML 制作作業を「Web/UI デザイン外注費」と「Web 製作費(HTML 等)外注費」として外注する。

また、プラットフォームシステム開発においては、最新の状況も踏まえた開発を推進したいため日本音響学会等の本件事業に関連する学会での最新技術動向の調査を行う。
- ・2020 年度
 

2019 年度のプロトタイプをベースとして複数業界で活用可能な AI プラットフォームの設計・開発・製作(一部を AI プラットフォームシステム製作外注、Web/UI デザイン外注費、Web 製作費(HTML 等)を使用して推進)をアジャイル的に推進する。

また、プラットフォームシステム開発においては、最新の状況も踏まえた開発を推進したいため日本音響学会等の本件事業に関連する学会での最新技術動向の調査を行う。
- ・2021 年度

2019 年度のプロトタイプをベースとして複数業界で活用可能な AI プラットフォームの設計・開発・製作（一部を AI プラットフォームシステム製作外注、Web/UI デザイン外注費、Web 製作費（HTML 等）を使用して推進）をアジャイル的に推進する。また、システムの統合テストも実施する。加えて様々な国、分野の利用を想定し、利用者が操作しやすい UI・UX を提供するために共有されたデータやモデルをシームレスに利用可能な機能を開発し、先行ユーザーによるユーザーテストを実施する。

また、プラットフォームシステム開発においては、最新の状況も踏まえた開発を推進したいため日本音響学会等の本件事業に関連する学会での最新技術動向の調査を行う。

## 【目標】

### ・2019 年度

- ・クラウド環境、集音機器、開発用 PC 及びエッジデバイス等の主要機材の選定と調達
- ・異音検知プラットフォームの基本機能部分の設計完了
- ・サーバー構築・プラットフォームの音データのアップロードからモデル作成、異音判定までの一連の機能を有したプロトタイプ開発の完了

### ・2020 年度

- ・異音検知プラットフォーム（複数業界で活用可能な）の設計・開発完了
- ・異音の自動検知と通知機能の実装
  - 以下は領域毎の異音の自動検知機能概要
  - 畜産領域は家畜の罹患時の音（咳音）の検知
  - インフラ領域は恒久設備、施設を使用した際の異音検知
  - モニタリング領域は機械、機器、装置等の稼働音からの異音検知
  - 見守り領域は動物の心音からの異常検知
- ・1 社以上のエッジデバイスでの集音とサーバーへの送信、異音判定と通知等の連携機能の実装
- ・ユーザーが API 経由以外にも直接モデルを操作することのできる UI・UX の実装

### ・2021 年度

- ・異音検知プラットフォーム（複数業界で活用可能な）の設計・開発完了
  - 一部の共通機能（2021 年 7 月末で研究開発終了）
    - ◇ アカウント ID/パスワードによるログイン機能
    - ◇ WEB サイトを利用した音響データアップロード機能
    - ◇ 音響データ保管機能
- ・異音の自動検知と通知機能の実装
  - 以下は領域毎の異音の自動検知機能概要
  - 防犯領域はガラスの破碎音、悲鳴、喧嘩声等の検知
  - 畜産領域は家畜の罹患時の音（咳音）、発情音等の検知
  - インフラ領域は恒久設備、施設を使用した際の異音検知
  - モニタリング領域は機械、機器、装置等の稼働音からの異音検知
  - ヘルスケア領域は動物の心音および人間の肺音からの異常検知

- 小型モータ完成検査領域における、モータの異常検知(2021 年 7 月末で研究開発終了)
  - ◇ 小型モータの完成検査集音データに対する周波数定常区間設定機能
  - ◇ 小型モータの完成検査集音データからの周波数定常区間判定機能
  - ◇ 小型モータの完成検査集音データからの異常判定機能
  - ◇ 小型モータの完成検査異常判定機能に対する閾値調整機能

- ・権限許可した 2 つ以上の連携先がデータ、AI モデルを自社に組み込むことのできる共有機能の実装
- ・1 社以上のエッジデバイスでの集音とサーバーへの送信、異音判定と通知等の連携機能の実装
- ・顧客が上記モデルをベースとしたカスタマイズ開発を支援するためのシステム間連携用の API やライブラリの実装
- ・ユーザーが API 経由以外にも直接モデルを操作することのできる UI・UX の実装

#### 【研究開発の内容(プラットフォームの性能評価)】

- ・2019 年度
  - モデルに関しては性能評価を実施し、2020 年度の目標を達成するために分析する。AI プラットフォームに関してはプロトタイプのため性能評価は実施しない。
- ・2020 年度
  - AI プラットフォームの機能試験を実施する。また、作成したモデルについて達成目標との分析を行い次年度への課題検討を行う。
- ・2021 年度
  - AI プラットフォームの機能および性能を実施する。また、作成したモデルについて達成目標を達成しているかの評価を行う。人間の肺音からの異常検知モデルでは、日本またはインドの医療機関と連携し評価を行う。

#### 【目標】

- ・2019 年度
  - ・モデルの 1 次評価の結果から 2020 年度の達成目標を実現するための課題と対応計画を作成する
- ・2020 年度
  - ・機能評価完了
    - 畜産、インフラ、モニタリング、見守り領域における機能正常性試験
    - 2 領域以上におけるモデルの搭載
- ・2021 年度
  - ・モデル評価完了
    - 開発した AI モデルの評価検証試験
    - 2 領域以上において異常検知率 80%以上達成

- ◇ インフラ・モニタリング領域では、外れ値検知モデルの利用を前提に、正常からのはずれ値(異常音)の検知率を達成できる仕組みを開発する。
- ◇ 畜産領域では、学習データのターゲット音とターゲット音以外の割合におけるインバランスな状態の場合においても、異常検知率を達成できる仕組みを開発する。
- ◇ ヘルスケア領域の人間の肺音からの異常検知では、「正常でないこと」の検知だけでなく、特定の疾患についての罹患有無を検知
  - 2021年8月の段階では、疾患の種類によらず異常音を異常と判定する割合(感度)80%以上、正常音を正常と判定する割合(特異度)90%以上
  - 2022年2月の段階では、下記が達成目標
    - 疾患の種類によらず異常音を異常と判定する割合(感度)90%以上、正常音を正常と判定する割合(特異度)90%以上
    - COVID-19、結核いずれかの疾患で、罹患者が当該疾患に罹患していると判定する割合(感度)70%以上、非罹患者が当該疾患に罹患していないと判定する割合(特異度)90%以上

・異常検知後通知レスポンス

- 防犯のような緊急度の高い領域での異常判定及び外部システムへの通知10秒以内(リアルタイム性)達成

・集音作業効率および集音データの品質

- ヘルスケア領域において、聴診～肺音ファイル出力・記録を5分未満で完結できるとともに、録音と同時に耳で聴診できる手法を確立
- 2020年度に集音した肺音より新しい聴診デバイスで集音した肺音の方が、背景雑音が聴こえなくなっていることを検証

### 3-2-1-7-3. 研究開発の成果

畜産領域においては豚舎での集音、インフラ・モニタリング領域においては機械室のデータを集音、ヘルスケア領域においては、人間の肺音を集音し異常検知モデルの研究並びに開発を行った。複数の業界で利用可能な異音検知AIプラットフォームを構築し、SaaS型ビジネスとして展開できるための基本機能群、業界毎の標準機能となるシステム開発を行い、プラットフォーム開発の構築を実施した。

#### 1)モデル構築用の学習データ収集

##### 【成果】

- ・畜産領域において、1010時間の集音時間を達成、くしゃみ検知モデルの作成を完了した。
- ・インフラ・モニタリング領域において、240時間の集音を達成、機械室異音検知モデルの作成を完了した。

- ・ヘルスケア領域においては、人の肺音データを約 95 時間の集音を達成、肺音異常検知モデルの作成を完了した。

#### 【課題】

- ・畜産領域、ヘルスケア領域においては、特定の疾病を検知するためのデータセットを速やかに準備する必要があるが、発生頻度が少ないデータとなるため長期期間を通した集音できる仕組み（ヘルスケアにおいては呼吸音の可視化サービスでの展開などによる集音）と正確なラベル付けを実施する協業者の存在が不可欠となる。また、疾患の誤判定を防ぐことも必要となるため、モデルに不確実性の概念を備え、推論の自信度を算出し、自信度の低い結果においては判定不能とする事で、誤判定を防ぐことを検討する。
- ・機械室の特定期間においては問題ない事を確認できたが、年間を通した検証が継続的に必要となるため、試行運用を踏まえ解決を図る予定である。

### 2) 異音検知プラットフォーム開発

#### 【成果】

- ・クラウド環境、集音機器、エッジデバイスの選定を行い異音検知プラットフォームの開発を行う上で、適切な設計を行えている。
- ・異音の自動検知と通知機能の実装  
    インフラ・モニタリング領域、小型モータ完成検査領域における実装を終え、業界ニーズにこたえるプラットフォームとして活用可能な状況である。
- ・当社以外の連携先は、当社が提供する API を利用し自社システムへのカスタマイズやモデルの取り込みが可能となる。また、顧客が持つエッジデバイスで集音したデータを当社システムにアップロードし、学習済みモデルを利用することが可能である。

### 3) プラットフォームの性能評価

#### 【成果】

- ・インフラ・モニタリング領域の機械設備異常検知において異常検知率 80%以上を達成。
- ・畜産領域においては、異常検知率 80%を満たすことはできなかった。
- ・ヘルスケア領域においては、異常検知率 80%を満たしたとは言えないが、「罹患者が当該疾患に罹患していると判定する割合(感度)70%以上」、「非罹患者が当該疾患に罹患していないと判定する割合(特異度)90%以上」の目標を達成した。

#### 【課題】

- ・畜産領域においては、ターゲット音のラベル付けの適切化に課題を残した。ターゲット音を正しく定義できることと、その定義を当てはめたデータを適正なデータ数として集めるために、プロセスの設定および統計手法を取り入れ対応する事とする。

### 3-2-1-8. テレイグジスタンス技術を用いた小売・卸売・物流の業界横断的に利用可能な商品ハンドリングの自動化

(実施先: Telexistence 株式会社)



### 3-2-1-8-1. 研究開発の概要と実施計画

経済の発展により商品の流通量、種類が指数関数的に増大する環境において、商品の「把持」は極めて重要なテーマであり、どんなものも掴む事ができるテクノロジーは必須となると予想される。当社は、強みであるレイグジスタンスやロボティクス技術を活用し、人工知能技術による商品ハンドリングの自動化を行う。

#### ●コンビニエンスストア向けロボット開発

- ・要求仕様策定及び当該仕様に基づいた HW 及び SW 開発:2019 年～2020 年
- ・実店舗オペレーションでの性能評価:2020 年～2021 年
- ・性能評価を踏まえた HW 及び SW 改良:2021 年～2022 年

#### ●業界横断型システム開発

- ・要求仕様策定及び当該仕様に基づいた HW 及び SW 開発:2021 年～2022 年

### 3-2-1-8-2. 研究開発の内容と目標

#### 【研究開発の内容(研究開発課題)】

コンビニエンスストアの売上の大きな割合を占める飲料(ペットボトル・缶飲料)及び中食(弁当・おにぎり・サンドイッチなど)を対象とした商品陳列を行うロボットを開発する。また、小売業における商品陳列作業をユースケースとして構築したシステムを更に汎用的なものにするための開発を行う。

#### 【目標】

- 1) 狭小空間で稼働可能な HW 設計及び開発
- 2) 陳列対象商品を正確に把持するための HW 設計及び開発
- 3) HW を遠隔操作及び自動で制御するための SW 開発
- 4) 実店舗オペレーションでの性能評価
- 5) 物流業の仕分業務を具体的なユースケースとした業界横断型 AI システムの汎用化開発

#### 【研究開発の内容(研究開発課題)】

- 1) ロボット化が進んでいる製造業の工場とは違い、小売店舗、特にコンビニエンスストアは、狭小空間であるため、大型ロボットの導入が難しい。そこで、ロボット導入スペースに合わせたロボットを開発する。
- 2) 陳列対象商品は多岐にわたり、商品毎に形状や重さが異なる。商品ごとの専用ロボットハンドを開発することは容易であるが、事業化時の製造原価を考慮すると現実的な手段ではない。そこで、多種多様な商品を把持することができるロボットハンドを開発する。
- 3) 狭小空間かつ現行レイアウトを大きく変更せずに、ロボットを稼働させるためには、高度なロボット制御 SW が必要となる。なお、画像認識等を用いた自動制御だけでなく、遠隔操作による制御を組み合わせたハイブリッド制御 SW を開発する。
- 4) ラボ環境では評価することが難しい改良点など明らかにするため、通常営業している店舗にロボットを導入し、実際のオペレーションを通して性能評価を行う。

- 5) コンビニエンスストアの商品陳列業務では当社内製ロボットを利用しているが、AI システムを更に汎用的なシステムとするために、他社製 HW(ロボットアーム及び移動機構)に対し当社 AI システムを組み込み、当該ロボットを制御するための改良開発を行う。

### 3-2-1-8-3. 研究開発の成果

本事業における目標を、「小売業および物流業・卸売業の商品ハンドリングの自動化を目的に、人間と同じ動きを指先まで行えるロボットのハードウェア・ソフトウェア・AI の開発」とし、2019 年度より開発を行ってきた。コンビニエンスストア店舗における商品陳列作業を具体的なユースケースとして、ロボットの開発を進め、2020 年度には実店舗への導入に成功した。また、当初の計画通り、実店舗でのオペレーション評価を実施することで、ラボ環境では想定していない課題やロボットの有用性を明らかにすることができた。2020 年度の実オペレーションを踏まえて製品改良を行い、2021 年度中に 2 つの実店舗への導入を完了させた。また、業界横断型システム開発においては、他社製 HW(ロボットアーム及び移動機構)及び当社制御 SW を組み合わせたロボットを開発し、物流事業者が運営する実際の物流センターでの実証実験を完了させた。

#### 【成果】

- 1) 店舗の改修無しに導入可能な陳列業務を代替するロボットの開発を完了させた。
- 2) おにぎり、弁当、ペットボトル飲料など多形状の商品を安定的に把持可能な HW の開発を完了させた。
- 3) 自動制御モード及び遠隔操作モードを組み合わせた制御 SW 開発を完了させた。自動制御モードでは、冷蔵ケースの商品充足状況や陳列すべき飲料の把持点などを認識し、把持から陳列までのエンドエフェクタの経路計画生成を行う。想定していない環境変化が原因で AI による陳列が失敗した場合、自動制御モードから遠隔操作モードへ移行し、インターネットを通じた人による直接的なロボット制御で陳列業務を 100%成立させることが可能となる。
- 4) ローソン Model T 東京ポートシティ竹芝店(2020 年)、ファミリーマート経済産業省店(2021 年)、ファミリーマート ALFALINK 相模原店(2021 年)の合計 3 店舗に導入し、実オペレーションでの評価を完了させた。
- 5) TX の独自 AI システムによる自動制御と人による遠隔操作のハイブリッド制御ロボット技術を活用したロボットを活用し、ニチレイロジグループの物流施設の冷蔵エリアにおいて、カゴ台車への混載積み付けを行う実証実験を行なった。

### 3-2-1-9. 腸内環境情報を利用した生活習慣指導 AI の事業化を目指した開発事業

(実施先:株式会社メタジェン、株式会社 MOLCURE)

#### 3-2-1-9-1. 研究開発の概要と実施計画

腸内環境情報を利用した生活習慣指導 AI の研究開発については、個々人の生体情報等に基づき、最適な健康維持・改善方法を提供する「層別化ヘルスケア」を実現する意義のある開発である。

生活習慣病は心臓病や脳血管疾患等の合併症を引き起こすなど重篤な疾患に発展することが指摘されているが、食生活や定期的な運動など、生活習慣の改善によって予防あるいは改善できるとの観点から、特定保健指導が実施されている。しかし、健診結果や将来的な発症リスクを伝え、一時的な保健指導を行うだけでは行動変容に結びつかず、結局生活習慣の改善に至らないケースが多い。また、ヒトは体質や生活習慣も異なるため、その個人差により一様の保健指導で得られる健康効果は限定的である。特定保健指導は年間 500 億円以上の多額の税金・保険料が使われているものの、7~8 割がリピーター（特定保健指導を 2 回以上受けたことがある方）と言われており、医療費抑制効果は低いものと考えられる。

そのため、特定保健指導を効果的・効率的に行い、対象者の減量効果を高めるためには、個々人に適したヘルスケアソリューションを提供する必要がある。ヒトの腸内には数百種類以上にも及ぶ腸内細菌が生息しているが、それらのバランスは個々人で異なっており、その違いに基づき様々な機能性食品やサプリメントの摂取効果等が個々人で異なることがわかってきている。そのため腸内環境情報を利用することにより、その人に適したヘルスケアソリューションに関するアドバイス等を行うことが可能であると考えられる。

当事業の実施先である株式会社メタジェンは、本助成事業の前身となる NEDO 事業（平成 29 年度「AI システム共同開発支援事業」）において、237 名分のデータを用いた本事業のプロトタイプとなる「痩せる保健指導項目予測 AI」の開発を行い、特定保健指導対象者が痩せた（BMI の減少）指導において、健診データのみを用いた予測よりも、健診データに腸内環境情報を加えたデータセットを用いた方が、予測精度が高まったことを示した。腸内環境データを用いる有用性を示したものの、実用化にはまだ十分な精度ではなかった。そこで、本研究開発では、データの拡張を行い AI の精度を高め、事業化を目指した開発を行った。

2019 年度においては、AI のモデル構築を完了させると共に新たに 600 名程度の健診データ・腸内環境データを取得し、AI システムの予測精度 60%達成の目処付を行う計画とした。2020 年度においては、昨年度までに取得したデータ（約 800 名分）を基に AI システムの予測精度 60%を第 1 四半期中に達成することを目標とする計画とした。また、学習モデルのブラッシュアップを行い、保健指導として行われる頻度の多い上位 10 項目の予測および評価について、当該年度中に各項目の精度 70%の達成を目指す計画とした。2021 年度においては、引き続き、学習モデル等のブラッシュアップを行い、精度 80%(AUC 0.8)の達成実現を目標とする計画とした。

### 3-2-1-9-2. 研究開発の内容と目標

腸内環境情報を利用した生活習慣指導 AI の事業化を行うため、本研究開発では以下の 6 つの研究開発を実施した。①実データの取得、②腸内環境データの取得及び解析、③生活習慣指導 AI の開発、④ユーザーインターフェース (UI) の構築・テスト導入の実施、⑤便検体自動前処理装置の開発、⑥簡易腸内環境検査パッケージの開発

## 【研究開発の内容(研究開発課題)】

### ① 実データの取得

特定保健指導対象者 600 名程度について、a)健診結果、b)腸内環境データ、c)事前の体重・腹囲・BMI、d)生活習慣チェック、e)行動目標の候補/優先順位、f)選択した行動目標、g)行動目標達成度、h)事後の体重・腹囲・BMI のデータを取得するための試験計画を構築し、健診および採便を実施する。

#### 【目標】

1) 特定保健指導対象者 600 名程度における健診、生活習慣指導関連データ、及び便検体の取得を完了する。

### ② 腸内環境データの取得及び解析

特定保健指導対象者 600 名程度の腸内環境データを取得するため、①で回収した便検体から DNA 及び代謝物質を抽出し、腸内細菌叢のメタゲノム解析及びメタボローム解析を実施する。

#### 【目標】

2) 特定保健指導対象者 600 名程度の腸内環境データの取得、及びデータ解析を完了する。

### ③ 生活習慣指導 AI の開発

237 名分のバックデータに加え、上記①で記載した 600 名程度の a)~f)のデータを学習データとして、最適な保健指導項目を割り出す AI の構築を行う。AI のモデルとして、random forest, logistic regression, gradient boosting 等を検討した上で、精度の良いモデルを用いる。

#### 【目標】

3) AI システムの予測精度 80%(AUC 0.8)を達成する。

### ④ ユーザーインターフェース(UI)の構築・テスト導入の実施

解析を通して得られた腸内環境データや食習慣改善提案等を被験者に返却する Web システムにおける UI の構築を行い、生活習慣指導 AI の実装を含めたテスト導入を行う。

#### 【目標】

4) Web システムにおける UI 構築を完了させ、複数機関にてテスト導入を実施する。

### ⑤ 便検体自動前処理装置の開発

便検体から腸内細菌由来の DNA や代謝物質の抽出(前処理工程)を自動で行う装置を開発し、精度検証を行う。

#### 【目標】

5) 便検体自動前処理装置の開発を完了させ、一連の工程におけるエラー率 0.01%以下を達成する。

### ⑥ 簡易腸内環境検査パッケージの開発

網羅的な腸内環境解析を行わずとも特定の腸内細菌や代謝物質等(腸内環境因子)で判別可能な、簡易腸内環境検査パッケージの開発を行う。

#### 【目標】

6) 腸内代謝物質の簡易検査法の開発を行い、実運用に適用可能な測定精度(検量線の作成が可能)を達成する。

#### 3-2-1-9-3. 研究開発の成果

一部の研究開発内容について目標の未達部分があるが、事業化に向けた開発については全体を通して概ね完了した。未達部分については本助成事業終了後も継続して開発を進めていく。また、本事業における実証実験を通して得られたフィードバックに基づき、引き続き事業化に向けたさらなる改善、サービス設計を行っていく。

#### 【成果】

- 1) 2019 年度時点で、特定保健指導対象者約 600 名の実データを取得し、本研究開発項目は達成した。AI を開発する上で基礎となるデータである。特定保健指導対象者の腸内環境データに紐づくメタデータは現状公開データが存在しないため、貴重なデータを取得することができた。
- 2) 2019 年度時点で、特定保健指導対象者約 600 名の腸内環境データの取得と解析を実施し、本研究開発項目は達成した。AI を開発する上で基礎となるデータである。特定保健指導対象者の腸内代謝物質を含めた腸内環境データは現状公開データが存在しないため、貴重なデータを取得することができた。
- 3) 指導頻度が高い(20 人以上で指導されている)項目のうち、AI の精度(AUC)が 30 の指導項目において 0.6 以上、22 の指導項目において 0.7 以上、17 の指導項目において 0.8 以上(30 の指導項目における平均 AUC は 0.825)となり目標を達成した。また、指導項目の組み合わせを考慮して、同時に指導すべき項目を予測する AI の開発を行った。結果、最良の組み合わせにおいて、AUC 0.85 を達成した。同時に、実用環境を見据え、AI の簡便な利用のための API(Application Programming Interface)の開発を行った。HTTP リクエストに対応し、POST メソッドを用いて json 形式にて生活習慣を受ける対象者の情報(身長、体重などの健康診断で測定される情報、便に対するメタゲノム解析で測定された腸内細菌叢の情報、便に対するメタボローム解析で測定された代謝物情報)を送信することで生活習慣指導の予測を行う、AI 用の API の開発を完了した。腸内環境を見て、具体的なアクション提案ができる層別化ヘルスケアサービスは他に存在しておらず、市場優位性が期待される。
- 4) 2019 年度に実施した試験のフィードバックや市場調査、健保組合、試験参加者等からのヒアリング等に基づき Web システムにおける UI の改良、及び API の開発を行った。そして、構築した UI を用いて、金融機関 2 社、大手インフラ企業 1 社、大手 IT 企業 1 社と連携し、

構築中の生活習慣指導 AI についてテスト導入 (PoV) を行い、目標を達成した。事業化前段階において、PoV を行うことは重要であり、本 PoV の実施により、ユーザーの行動変容を促すための仕組みについて課題を洗い出すことができた。得られたフィードバックに基づき、さらなる UI の改良、サービス設計を行っていく。

- 5) 便検体の自動前処理装置は完成したが、前処理工程の中にエラーが起りやすい部分があり、エラー率に関する目標については未達となった。本装置は便検体の前処理工程に関する株式会社メタジェンの独自ノウハウに基づき構築した唯一無二のシステムである。特に腸内代謝物質は重要なバイオマーカーを含んでおり、本物質を抽出する前処理工程の自動化は市場の拡大に寄与するものと考えている。目標の未達部分については、エラーが発生する根本原因の解明やエラーが起りにくいプロトコルの調整等を検討し、エラー率を減少させることを試みる。
- 6) GC/MS による腸内代謝物質の簡易検査法の開発を行った。腸内代謝物質の内、ヒトの健康状態との関連性が報告されている重要な化合物である短鎖脂肪酸と胆汁酸について測定メソッドを固めた。各化合物の定量性に関する検証を行い、再現性を確認することができたため、本開発目標は達成した。例えば、短鎖脂肪酸は免疫機能の調整に役立つ等の健康効果が知られており、サービスの付加価値向上に資する有益なアドバイス提供に繋がるため、将来的な市場拡大に寄与するものと期待される。

### 3-2-1-10. 医療情報を横断的に統合した診療支援 AI システムの開発 (実施先: 株式会社プレジジョン)

#### 3-2-1-10-1. 研究開発の概要と実施計画

##### (1) 事業目的及び目標、事業による効果

###### ① 事業目的

「診療支援システム」を作成し、医療従事者が楽をしながら、医療の質を上げ、以下の効果を得ることを目的としている。

- 1: 工程減 (診療支援システムを使うことで作業工程を減らすことができる)
- 2: 信頼性 (信頼できる著者によって記載されている)
- 3: 網羅性 (どのような質問を投げても答えが用意される)
- 4: 簡易性 (初心者でも苦勞せずに使うことができる)

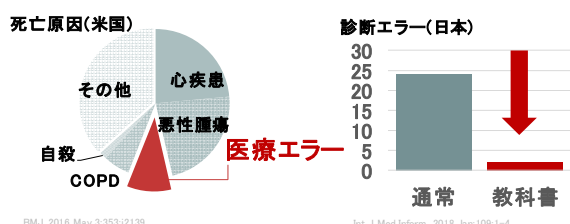
###### 背景:

- ・医療エラーは米国の 3 番目の死亡原因、医療現場に適切でわかりやすい情報を提供する仕組み (診療支援システム) が大事

- ・医療の質をあげるためには 1:ワークフローに沿った情報の提示(工程がそれほど増えず役立つ)、2:簡易性、3:網羅性、4:信頼性(根拠の明示)の 4 つが大事であるとされている。
- ・質を上げるために作業量は増やせない。電子カルテは逆に入力作業が作業手間となっている。
- ・フロー、簡易性、網羅性、信頼性 は誰も成功していない、1:わかりやすく網羅的なコンテンツ作成能力がない、2:医療現場に特化した形で電子化・企業間連携を仕組化する能力を持つ企業がない、から。
- ・我々は、2000 名の著者ネットワークを持ち、1,2 の能力があり、2 のプロトを成功させている
- ・著者ネットワークで、工程数が少なく質の高い診療支援システムを実現する
- ・医療エラーを半分にし、医療の効率化を 5%改善できれば、160 兆円の効率化が期待できる

### 医療エラーは世界中の社会課題である

- 医療エラーで年間**25**万人以上が死亡(米国)
- **5兆**円が医療訴訟に毎年使われる(米国)
- 診療支援(教科書)を用いることで診断エラーが**24%から2%**に減少



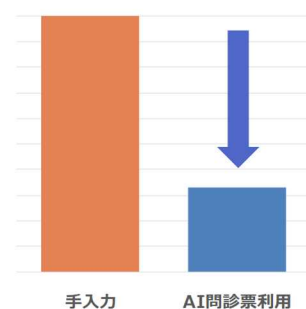
### AI問診票の効果: 激務からの解放



初診カルテ入力の時間を半分に以下に

AI問診票を用いると、カルテの下書きを基に診療を開始できます。カルテ入力の時間を10分程度から3分程度まで低減させています  
1日10人の初診患者を診ると約1時間時間が削減されます

入力の時間が半分以下に低減!



4

## ②事業目標

現状の水準:

- ・臨床シナリオ毎の鑑別疾患・検査処方例・チェックリスト部分については事業化済み
- ・AI 問診票、問診票入力を元とした検索エンジンの仕組みは既に開発済み

助成事業の目標:

- 1 工程減: 作医療従事者の情報入力作業工程(クリック数、テキスト入力等)を、半減させる
- 2 簡易性: タイミングよく、整理された情報を表示する
- 3 網羅性: 検査異常等のクエリー(検索ターム)に対して、正答が 90%以上で TOP5 のコンテンツに表示されるように、信頼性(妥当性)は 3 名以上の医師で確認しながら行う

## ③事業による効果

- ・すべての情報が電子化され、正しく医師が判断することを支援することで、医療エラーを、最低でも半減させることができると考えている

- ・この仕組みで生み出されるデータは、フォーマットに沿った記入になるため、研究・保険会社などでの二次利用が進む

## (2) 事業概要

1:工程減、2:簡易性、3:網羅性の 3 つを実現し、その結果として、医療現場で積極的に利用される臨床支援ツールを作成し、結果として医療エラーを半減する

### 1: 工程減

- A 我が国のトップシェアの企業体と、用語・規格が統一された情報のやり取りを実現する。診療録管理ツールに医療現場等のデータを連携し取り込む機能を追加する
- B :医療現場に特化した音声認識や手書き問診票 OCR の精度を向上させることにより、電子カルテへの情報の入力の手間を軽減する

### 2: 簡易性

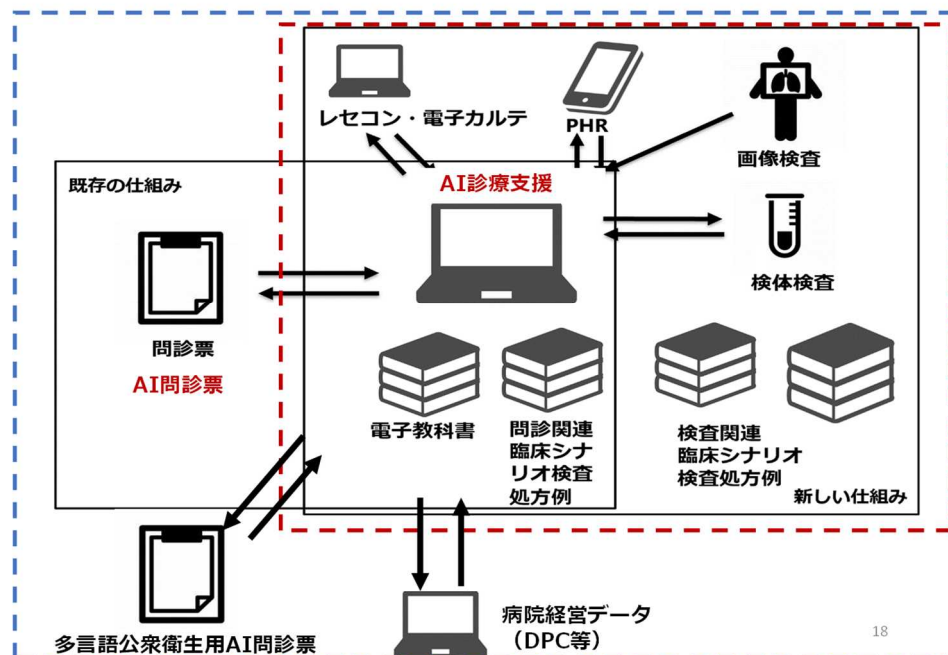
- A 医療現場でのタスク管理を容易にできるような仕組みを主要 100 疾患/症状/所見にて実現する。他、アラート機能等を作成する
- B 検索エンジンの精度を向上させ、最初の画面に必要な情報が表示される仕組みを作成する
- C 意思決定に必要な情報を整理して表示するしくみ(アルゴリズム図とアルゴリズムの判断に必要な情報の用語統一・情報伝達)を 3000 症状/所見/疾患にて完成させる

### 3: 網羅性

- A 検査異常等に対する“臨床シナリオごとの鑑別疾患・検査処方例・チェックリスト”の作成
- B 現場へのプロトタイプ導入による検索タームの収集
- C 内科学会地方会症例検索エンジンとの事業化と連携



## AI診療支援を他システムとつなぎ、簡易性、工程減、網羅性を達成



### 3-1-1-10-2. 研究開発の内容と目標

#### 1 工程減

##### 1-A)用語・規格統一化による企業間情報連携の円滑化

背景：作業（カルテ記載、処方指示、検査指示、診療報酬請求、研究・二次利用）を一度で全部に入力できることを可能にするために、レセコン・検査会社・Personal Healthcare Record (PHR)・電子カルテとの連携を行う

##### 1-A-1) 用語・規格の統一化

実施内容：連携にあたっては、「用語・規格の統一された記載」が必要になり、病名の標準化、検査名の標準化、処方例の表記統一を主要 3000 疾患/症状/所見を医師と行い、完成させる。実施にあたって、用語統一のプロセスを行う前処理として、XML の様式を別の XML 様式に変換し管理ツールに入れる必要があり、その作業を 2019 年度に行う。(F-1:システム用データ変換(疾患検査オーダー))

- 1: 用語統一の仕様を作成し、用語統一規格にあった案を作成する
- 2: 最終確認修正の依頼を 2000 名の著名医師によるチェック・修正を行う
- 3: データを回収後、入力し、50 名の監修によってダブルチェックする

各年目標：2019 年度は 600 疾患/症状/所見、2020 年度は 2000 疾患/症状/所見、2021 年度は 400 疾患/症状/所見

##### 1-A-2)検査オーダー連携

実施内容：診療支援ツールから検査オーダーの連携をプログラムし、動作確認を完了させる

各年目標：2019 年度は、診療支援システムから検査オーダーデータを検査会社の受付システムに送付する仕組みを構築する。2020 年は 1800 疾患/症状/所見の規格

統一された検査オーダーデータでテストを実施し 10 秒以内に 100%正常なデータ送付がされ、格納される。2021 年同 1200 件。

#### 1-A-3) レセコン連携

実施内容: 診療支援ツールから処方箋・レセプトオーダーの連携をプログラムし、テストを完了させる。

各年目標: 2019 年度は、診療支援システムから処方箋・レセプトオーダーをレセコンに送付する仕組みを構築する。2020 年は 1800 疾患/症状/所見の規格統一された処方箋・レセプトオーダーデータでテストを実施し 10 秒以内に 100%正常なデータ送付がされ、格納される。2021 年同 1200 件。

#### 1-A-4) 薬剤情報整理・構造化・薬剤相互作用・レセプトデータエラー評価の仕組みの構築

実施内容: 薬剤情報・レセプトオーダーの用法用量違反を評価する仕組みを作成する。

各年目標: 2019 年度目標: 全処方薬 (7300 薬剤) の自動構造化が精度 90% のプログラムの作成が達成されている。構造化された正解データを 4300 薬剤にて作成されている。2020 年度目標: 構造化された正解データが作成されている。レセプトデータのアウトカム寄与に関する評価を終える。2021 年制度 100% であること

#### 1-A-5) 検査結果等を取り込む仕組みを作成

実施内容: 院内採血、心電図、エコー等画像検査のデータが取り込めるようにする

各年目標: 2019 年度目標: クリニックにて、検査結果、薬剤情報・診療報酬情報のデータがそれぞれのフォーマットが解釈され、遅延なく (10 秒以内に) 100% 正常なデータが取得され、診療支援システムのデータ構造に変換されて格納されることが確認できている。病院にて、FHIR の実装された仕組の作成を終え、遅延なく (10 秒以内に) 100% 正常なデータが取得されることが確認できている。2020 年度目標: クリニックにて、PHR、院内採血、心電図、エコー等画像検査のデータが、診療支援システムのデータ構造に変換されて格納されることが確認できている。2021 年: 保守

#### 1-A-6) Personal Healthcare Record (PHR) との連携

実施内容: 主要 18 疾患/症状/所見にて、診療支援ツールから患者説明資料コンテンツを送信できるようにする。

各年目標: 2019 年度目標: 表記・連携の Protokol と仕様が決定されている。2020 年度目標: 主要 18 疾患/症状/所見にて、診療支援ツールから患者説明資料コンテンツや医師のメッセージデータが送付され、遅延なく (10 秒以内に) 100% 正常なデータ送付がされ、患者に表示されることを確認できている。2021 年度目標: 診療支援ツールを実患者 10 名に適用できている。

#### 1-A-7) 電子カルテ連携

実施内容: 電子カルテとの連携を行う。CDS → 電子カルテ、電子カルテ → 検査情報・処方箋情報へ、電子カルテ → タスク管理 の 3 つの連携を得る。

各年目標: 2020 年度目標: 前者 2 つとの連携、診療支援システムから処方箋データを遅延なく (10 秒以内に)、100% 正常なデータが電子カルテに送付される仕組みが構築されている。2021 年度目標: 主要内科 100 疾患/症状/所見の連携

## 1-B)情報の電子化の手間を軽減する

背景:電子化による工程減を実装する上において、“電子化にかかった工数”より、“電子化によって減る工数”が大きくなる必要がある。その実現のため、医学用語・医療用の用途に特化した音声認識システム(1-B-1)、手書き OCR(1-B-2)を作成する。

### 1-B-1) Deep Learning を用いた CDS に特化した音声認識機

実施内容:Deep Learning を用い、特に会話中から検索キーワードとテンプレートに該当する文字列を抜き出すことに特化した音声認識を作成する

各年目標:2019 年度目標: 大事な単語 500 単語等にフォーカスし、KWS(Keyword Spotting)を実装する。ノイズ無しの状況で単語の認定の精度 80%が達成されている。またノイズのない状況で 3500 単語平均2回の正解データを収集が済んでいる。2020 年度目標: ノイズ無しで単語認定精度 90%程度。ノイズありだが 3500 単語平均2回の正解データ収集。

### 1-B-2)Deep Learning を用いた問診票に特化した手書き認識機能

実施内容:Deep Learning を用い、現場の手書き文字データの追加による手書き認識の精度上昇を行う

各年目標:2019 年度目標:探索空間を限定せずに単語精度が 90%の精度を達成されている。2020 年度目標: GPGPU 環境無しでも高速に動作するようモデルを縮小する。2021 年 95%を達成する。

## 2 簡易性

### 2-A) 医療現場でのタスク管理を容易にできるような仕組み作成

背景:医療現場でタスク管理をすることは非常に困難である。我々は、臨床現場でのチェックリスト管理と電子カルテへの記載、コンテンツ検索の 3 つを合わせる仕組みを作成し特許を申請中である。

#### 2-A-1)タスク管理機能

実施内容:主要 100 疾患/症状/所見でタスク管理機能を実装し、連携を完了させ、患者ごとに簡単にタスクを管理できるような仕組みを作る

各年目標:2019 年度に主要 100 疾患において、必要なタスクのリストが作成されている。2020 年度目標: 表記・連携の Protokol と仕様が決定されている。2021 年度目標: 100 疾患にてテスト患者で評価をし、効果があることを確認する。

#### 2-A-2) プッシュ型診療支援(アラートシステム)の構築

実施内容:主要 100 疾患/症状/所見で経営指標やリスクのある状況のアラートを送付できる仕組みを構築する。

各年目標:2020 年度目標: 表記・連携の Protokol と仕様が決定されている。2021 年度目標: 仮患者を 100 名作成し評価が終了する。プッシュ型診療支援が実装されている。

## 2-B)検索エンジンの精度上昇

背景:システムのわかりやすさを向上させるために、検索エンジンでは、検索結果の精度が上昇し、検索結果の上位に欲しい情報がわかりやすく表示されることが必要になる。

実施内容:聖路加国際病院の7万症例を用いた embedding と通常の実装の検索エンジンに分散表現を結合することにより検索のクエリを広げることを実装し、感度を90%まで上昇させる

各年目標:2019 年度目標: 検索モデルを作成し、Doc2Vec、SCDV の組み込みによる精度への影響度合いを把握し、効果があるかを判断する。2020 年度目標: Sentence Piece・BERT による精度の組み込みによる精度への影響度合いを把握し、効果があるかを判断する。2021 年度目標: 検索システムの新規手法の調査および試行・精度比較・実装を行い、検索タームの90%で該当するコンテンツがTOP5に含まれることを確認されている

## 2-C)意思決定に必要な情報を整理して表示するしくみ(アルゴリズム図とアルゴリズムの判断に必要な情報の用語統一)を3000 症状/所見/疾患にて完成させる

背景:3000 症状/所見/疾患の診断治療アルゴリズムを作成し、その判断に必要な情報を可能な限り電子化をして、より少ない作業で、正しい評価をするための根拠がまとまって表示される仕組みを作成する

実施内容:1:診断・治療に関するアルゴリズム図を得る。2:用語の標準化。3:整理し医師に確認し完成。

各年目標:2019 年度は 600 疾患/症状/所見、2020 年度は 1600 疾患/症状/所見、2021 年度は 800 疾患/症状/所見に対して行う。

## 3 網羅性

網羅性の全体の目標として、検査異常等の検索タームに対して、正答が90%以上でTOP5のコンテンツに表示されるように、現場の疑問を集め、同時にその答えを作成する。同時に、そのうち想定で5%分に寄与すると想定される検査異常に関するシナリオを追加する。

### 3-A)検査異常に対する“臨床シナリオごとの鑑別疾患・検査処方例・チェックリスト”の作成(検査 所見・画像所見に対する6000 シナリオの追加)

実施内容:検査結果の解釈を支援する“臨床シナリオごとの鑑別疾患・検査処方例・チェックリスト”を、著名医師に依頼し、作成する。

各年目標:2019 年度目標:1000 個の“臨床シナリオごとの鑑別疾患・検査処方例・チェックリスト”依頼・回収が完了している。2020 年度目標:2000 個。2021 年度目標:3000 個

### 3-B:現場へのプロトタイプ導入による検索タームの収集

実施内容: 検査項目に対する“臨床シナリオごとの鑑別疾患・検査処方例・チェックリスト”を臨床現場にて利用してもらい、不足を確認する。

各年目標:2019 年度目標:500 症例入手・分析し、検索タームの 90%を満たすために必要なギャップを評価が完了し、分析が済んでいる。2020 年度目標:1000 症例。

2021 年度目標:5000 症例

### 3-C)内科学会地方会症例検索データベースとの精緻化・連携(担当自治医大・株式会社プレシジョン)

実施内容: 希少疾患のデータベースである内科学会地方会症例検索データベースを精度向上・完成させ、API 連携をすることで、希少疾患の診断支援を実装する

各年目標:2019 年度は、因果推論検索エンジンの API 化(推論検索エンジンのアルゴリズム API 化)、内科学会地方会症例報告新規解析・精緻化(3,000 症例)、内科学会地方会症例報告の用語集作成・校正(20,000 単語)、内科学会地方会症例報告の検索エンジンの精度向上(正解データ的中率 70%)。2020 年度:因果推論検索エンジンアルゴリズムのサーバ化、追加、4000 症例、75%。2021 年度:パラメータチューニング

## 4 海外事業展開

実施内容:当該システムの海外での市場調査を行うために、英語版のプロトタイプ(20 症状、30 疾患)を行い、5名の米国の医師へのインタビューを行い、またコンテンツ制作パートナーを探索する

各年目標:2020 年度目標は、英語版プロトタイプ(20 症状、30 疾患)を完成させる。さらに、インタビューの結果のうち、インタビュー医師の 2 名以上が大事と判断した改善の 9 割以上を終える。2021 年度は米国医師監修でプロト完成、戦略を練る

## 5 大病院クリニカルパス連携

実施内容:私達の研究は、医療現場のデータ連携(AI 問診票、AI 診療支援、電子カルテ、PHR など)を主目的としていた。今回の計画変更により、AI 問診票及び AI 診療支援で得られる構造化されたデータをクリニカルパス(ePath)と連動させ、同時に医療経営データである DPC データとの連携を行う。

各年目標:2021 年度目標は、新型コロナウイルス感染症の電子クリニカルパス(ePath)を作成する。診療データと医療経営データの連携したデータ基盤を作成し、コロナ患者の予後予測や医療材料・人員配置最適化(治療費予測、ベッド占有予測、看護師の工数予測)を AI で予測する仕組みを作成する。

## 6 バーチャル保健所:保健所の業務を AI 診療支援で効率化

実施内容:保健所は公衆衛生の面で個人の健康管理を行う上で重要な機能を果たしており、国際的にも同様の機能は各国に存在する。私たちは、AI 問診票の入力に紐付いたバーチャル保健所を作成することにより、感染者/濃厚接触者の入力情報を構造化し、得られたデータから保健師の説明を補助する患者説明資料を提示する仕組みなどを作成し保健所の業務効率化を図る。

各年目標:2021 年度目標は、AI 問診票の入力に紐付いたバーチャル保健所を作成することにより、感染者/濃厚接触者の入力情報を構造化し、得られたデータから保健師の説明を補助する患者説明資料を提示する仕組みなどを作成し保健所の業務効率化を図る。

### 3-1-1-10-3. 研究開発の成果

#### 1 工程減

1-A)用語・規格統一化による企業間情報連携の円滑化

1-A-1) 用語・規格の統一化

##### 成果

- ・現在 2000 名の著者に追加し、50 名の監修、20 名の編集補助医師のネットワークを作成し、専門分野の用語統一をおこなう。用語統一方針として、検査に関する統一用語を作成し、また、不足した単語集を完成させた。薬剤に関しては、薬剤マスターとアップデート 方針を作成し、薬剤情報の正規化のデータフローを作成して完成させた。
- ・用語統一された 3,000 疾患・症状所見のプロトコル完成。アルゴリズム図の UI 改善。
- ・AI 診療支援の検索単語分析に基づく、検索エンジンの正解率の向上(89%→94%)

3. 研究開発成果 (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果

**効果 1** 名古屋医療センター5診療科に導入、入退院支援センターで支援。



1-A-2)検査オーダー連携

##### 成果

- ・資本提携完了。AI 問診票による予約管理システム、検査確認システムとの連携完成。3000 疾患の検査オーダーデータの完成。

1-A-3) レセコン連携

##### 成果

- ・ORCA サーバーを立ち上げ、レセコンへの処方データ入力の実施。処方オーダー連携実装。オーダーデータでテストを実施。UI/UX の問題点として、用法用量の用語集の設定が必要であることがわかり作成開始。3000 疾患の標準用語オーダーデータの完成。

#### 1-A-4)薬剤情報整理・構造化・薬剤相互作用・レセプトデータエラー評価の仕組みの構築成果

- ・薬剤情報の整理を終え構造化の抜き出しを 4300 薬剤で行った。添付文書から用法用量を抜き出し、用法用量マスターを作成。現在は想定通り半自動化で実施。仕組みをプログラム化。人の目による確認終了。
- ・用法用量のデータベース完成。

#### 1-A-5) 検査結果等を取り込む仕組みを作成成果

- ・HU ホールディングとの協業において、検査取り組みに関して、遅延なく(10 秒以内に)100%正常なデータが取得され、診療支援システムのデータ構造に変換されて格納されることが確認済み。
- ・自治医大での FHIR による情報交換の仕組み完了。

#### 1-A-6)Personal Healthcare Record(PHR)との連携成果

- ・検査会社とのプロトコル仕様完成。用語集の共有化完了。
- ・データ連携開始。30 疾患での患者さん説明資料完成。
- ・主要 10 疾患/症状/所見にて、患者が再診のときに患者のスマホで医師に情報共有できる仕組みを構築
- ・特に新型コロナウイルス感染症の患者説明は、東京都ホテル療養の現場で利用され、看護師の業務負荷の軽減に貢献

#### 1-A-7)電子カルテ連携成果

- ・富士通と 11 月。両社共同商品のインタビューを名古屋医療センターで実施。共同開発事項に同意し、現在開発開始。4 月にプロトコル完成予定。
- ・共同開発を終え、名古屋医療センターの医療現場でテスト導入終了。現在、総合診療科、リウマチ科、整形外科、循環器科、小児科、入退院支援センターの6カ所で利用されている。

### 3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果

#### D) 電子カルテ連携

医事会計と診療録の記録を主とする電子カルテを診療支援と診療情報の共有するヘルスケアシステムへと進化させ、付加価値を増やし共同ビジネスを創出する

**アプローチ** 電子カルテベンダー、国立病院機構に診療支援システムの連携を働きかける



- 結果**
- ・ 富士通の電子カルテとの連携を発表。なお、富士通は500床以上の病院の50%以上のシェアをもつ。
  - ・ 富士通、プレジジョン、名古屋医療センターで共同開発。なお、名古屋医療センターは、国立病院機構の電子カルテに関するフラッグシップ病院である
  - ・ 5診療科に導入、入退院支援センターで支援

27

#### 1-B) 情報の電子化の手間を軽減する

##### 1-B-1) Deep Learning を用いた CDS に特化した音声認識機

###### 成果

- ・ 正解データ収集と学習を実施。WER 6%達成。現在、医療用語の生成モデルによる学習開始し、現在医学用語全般では WER 8%達成。5 月から医療現場現場での利用を想定して、特にバイタルサインの入力に特化したものを作成し、そちらでの WER1%達成。
- ・ 雑音下でも十分に音声認識ができることを確認。

##### 1-B-2) Deep Learning を用いた問診票に特化した手書き認識機能

###### 成果

- ・ 前年度で OCR 精度、医療用語に特化したモデルで 98.7%を達成。その後一般用語へと拡張したところ、95.1%を達成。実用化レベルに達していた。CPU では GPU+2 秒でレスポンスあり。
- ・ ただし、安価な GPU サーバーで運用できることが分かってもらう。

#### 2 簡易性

##### 2-A) 医療現場でのタスク管理を容易にできるような仕組み作成

###### 2-A-1) タスク管理機能

###### 成果

- ・ 主要 100 疾患において、必要なタスクのリストを作成完了。

###### 2-A-2) プッシュ型診療支援(アラートシステム)の構築

###### 成果

- ・ プッシュ型の診療支援の構築のリストの完成。



## 2-B)検索エンジンの精度上昇

### 成果

- ・ 同義語や用語集を精緻に作ることで、コンテンツを追加することで当初の予定を達成しつつ、納得度の高い検索結果を得ることに成功した(検索感度:75%→85%まで上昇)
- ・ 分散表現は、同義語を抜き出す仕組みとして利用。

## 2-C)意思決定に必要な情報を整理して表示するしくみ(アルゴリズム図とアルゴリズムの判断に必要な情報の用語統一)を 3000 症状/所見/疾患にて完成させる

### 成果

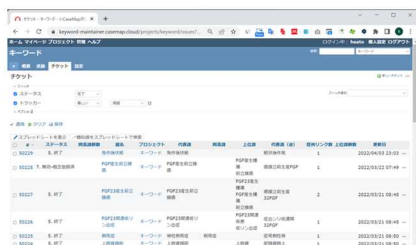
- ・ 全 3000 疾患から、アルゴリズム化、タスクリスト、表を完成。

## 3. 研究開発成果 (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果

### B)内科学会地方会症例検索エンジンとの事業化と連携

診断困難例を正しく診断した症例報告を有効利用する仕組みを作成し、医療のベストプラクティスを蓄積・更新をする仕組みを作る

**アプローチ** 症例キーワード管理ツール作成。管理が容易な構造化支援AIを作成。



ID	キーワード	登録日
10201	呼吸器系疾患	2022/04/13 13:03
10202	呼吸器系疾患	2022/04/13 17:48
10203	呼吸器系疾患	2022/04/13 18:46
10204	呼吸器系疾患	2022/04/13 18:46
10205	呼吸器系疾患	2022/04/13 18:50
10206	呼吸器系疾患	2022/04/13 18:50

症例管理ツール(キーワード検索)



キーワード	構造化支援AI
呼吸器系疾患	呼吸器系疾患
呼吸器系疾患	呼吸器系疾患
呼吸器系疾患	呼吸器系疾患
呼吸器系疾患	呼吸器系疾患
呼吸器系疾患	呼吸器系疾患
呼吸器系疾患	呼吸器系疾患

AI支援の画面例

**結果** 34,781単語のキーワードを同義語リストから検索できる管理ツールが、日本内科学会のpageで動作した。  
構造化支援AIにより、構造化のトレーニングが少なく作成できる仕組みを作成した

23

## 3 網羅性

### 3-A)検査異常に対する“臨床シナリオごとの鑑別疾患・検査処方例・チェックリスト”の作成 (検査 所見・画像所見に対する 6000 シナリオの追加)

#### 成果

- ・ 当初の想定 2000 シナリオに対して、約 5200 のシナリオを回収。目標を大きく上回った。

### 3-B:現場へのプロトタイプ導入による検索タームの収集

#### 成果

- ・ インターネット経由のクエリ収集目的で、病院との契約締結を開始。東京大学、京都大学、順天堂大学、千葉大学、大阪医科大学、福井大学、自治医科大学を含む 62 の大学病院と合意、契約書締結。順次、検索ターム収集を開始。
- ・ 60 名の医師よりサーバー上でのクエリ収集を実施。収集した検索単語を分析。2 回以上検索されている 3496 単語を分析し、不足分の 550 検索単語分のコンテンツを作成し、89%の情報ニーズが現状のコンテンツでカバーされることを達成。

- ・同時に、UI/UX スタディとして医師インタビューを 32 名に実施。簡易性、工程減に関して、7 割以上のユーザー医師に良い評価を受ける。

### 3-C)内科学会地方会症例検索データベースとの精緻化・連携(担当自治医大・株式会社プレジジョン)

#### 成果

- ・15,000 症例の症例報告の情報整理完了。辞書管理ツール完成。情報整理の結果、34861 単語の医学単語が生成。その全単語の同義語、フレーズ同義語を整理完了。
- ・国内最大学会とのデータ連携を開始した。2020 年 8 月、内科学会のホームページに、内科学会のメンバー認証と連携する形で診断困難例ケースサーチを無償公開、内科学会からプレスリリース発信。2020 年 10 月現在、現在内科学会医 2,396 名が利用。当該ケースサーチと弊社の診療支援システムとの連携も達成
- ・日本医師会 COVID-19 有識者会議にて、症例検索エンジンが採択。感染症学会の症例報告をデータとし、有識者会議のホームページに公開。NHK でニュースになり、多くの医療従事者が利用された。
- ・検索結果の精度に関しては、昨年時点と比べて違和感の少ない結果が 7 割以上で表示されるようになっていた。今年度の辞書整備の結果、テストでは、35 症例分の 33 症例で適切な鑑別疾患が表示されており、約 94%まで上昇している。

### 4 海外事業展開

#### 成果

- ・AI問診票の多言語化の実装完了。まずは、ニーズの多い英語、中国語、韓国語、ポルトガル語、スペイン語、ベトナム語、タイ語、ロシア語で完成。

### 5 大病院クリニカルパス連携

新型コロナウイルス感染症クリニカルパスにて成果を上げている

#### 成果

- ・情報の受け取りの定型化、記載の自動化、入院説明の作成し、説明業務を半分以下に削減する(プレジジョン)
- ・感染症クリニカルパスの作成と更新する。その後、Learning healthcare の仕組みをもちいて、新型コロナウイルス感染症対策の業務効率化を行う。PDCA サイクルの内容をプラクティス内容を学会等で発信する。(九州大学)

### 6 バーチャル保健所:保健所の業務を AI 診療支援で効率化

#### 成果

- ・情報の受け取りの定型化、記載の自動化し、業務を半分以下に削減する。同時に、療養方法の説明マテリアルの作成と多言語化し、その説明の業務を半分以下に削減する。感染教育マテリアルの作成と多言語化し、業務を半分以下に削減する。感染の経緯に関する質問、職業の質問の定型化→欠損値を半分以下に削減する。

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果

C) バーチャル保健所：保健所の業務をAI診療支援で効率化

COVID19で困窮する医療現場を補助するツールを作成し、工程を削減しつつ質を上昇する仕組みを作る

**アプローチ** 新型コロナウイルスの症例報告ツールを作成。



[https://www3.nhk.or.jp/news/html/20200510/k10012423461000.html?utm\\_in\\_t=word\\_contents\\_list-items\\_012](https://www3.nhk.or.jp/news/html/20200510/k10012423461000.html?utm_in_t=word_contents_list-items_012)

日本内科学会のホームページ

**結果** 新型コロナウイルスの症例報告ツールを日本医師会のホームページに掲載。NHKニュースになる

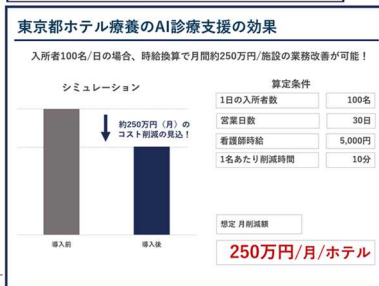
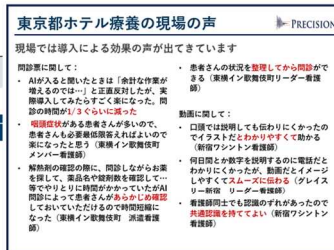
25

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果

**効果**

- ・ 東京都のホテル療養で採択。4月から有償購入1600万円の売上
- ・ 感染のピーク時に工数削減、問診精度向上、ルールベースの治療スクリーニング  
現場から3時間残業が減ったとの声が聞かれる

250万円/月/ホテルX22ホテル=5千万/月の工数削減



26

### 3-2-1-11. AI 及び IoT デバイスを活用した獣医療エビデンスデータプラットフォーム開発

(実施先:株式会社トレッタキャッツ)

#### 3-2-1-11-1. 研究開発の概要と実施計画

本プロジェクトでは、IoT デバイスであるスマート猫トイレ「Toletta®」から得られるデータと病気に関するデータを統合したデータプラットフォームを構築し、それを基にデータを解析し標準治療プロトコルを作成する取り組みを行った。

Toletta は、猫がトイレに入ることにより「体重」、「尿量・尿回数」などのバイタルデータを自動で測定することができる IoT デバイスであり(特許 6560468 号)、搭載されているカメラから得られる画像に対して AI 画像認識技術(特許 6392475 号)を用いることより猫の個体識別を行うことが可能である。この IoT デバイスによって測定されたバイタルデータはクラウドサーバーに蓄積されており、これらのデータを分析することにより、猫の健康状態を AI 病状判定アルゴリズム(特許 6630906 号)を用いてスコアリングし、スコアの悪い猫(健康状態の悪い猫)に対しオンラインでアラートを出している。

動物病院には、検査結果データ、病気や治療に関するデータなどの「カルテデータ」が存在しており、猫がどのような症状で来院し、どのような病気でどのような治療を受けたか、そして場合によっては治療後の状態が記録されている。人の医療では治療方法と予後との関係がデータベース化されており、医師が病状に対して高効果の実績がある治療方法を選択することが可能であるが、獣医療ではこのような仕組みが存在しておらず、動物病院間での治療実績を比較することが難しい。また、医療費が高額であることや猫を病院へ連れていくこと自体が猫のストレスとなることから、頻繁に通院することは難しい。

本プロジェクトでは、Toletta から得られたバイタルデータと動物病院のカルテデータを統合するための「データ連携システム」の開発を行った。これにより、家庭での猫の状態と受診時の病状と治療方法を組み合わせて分析することが可能となった。データを増やしていくことで、動物病院間での治療方法と治療効果を比較・分析することができることから、治療方法の標準化により獣医療の質向上に繋がると考えられる。本プロジェクトは収集したデータを元に標準治療プロトコルを作成することを含んでいたが、病気ごとに収集することができたカルテデータの数が不十分であったため、残念ながら標準治療プロトコル作成には至ることができなかった。

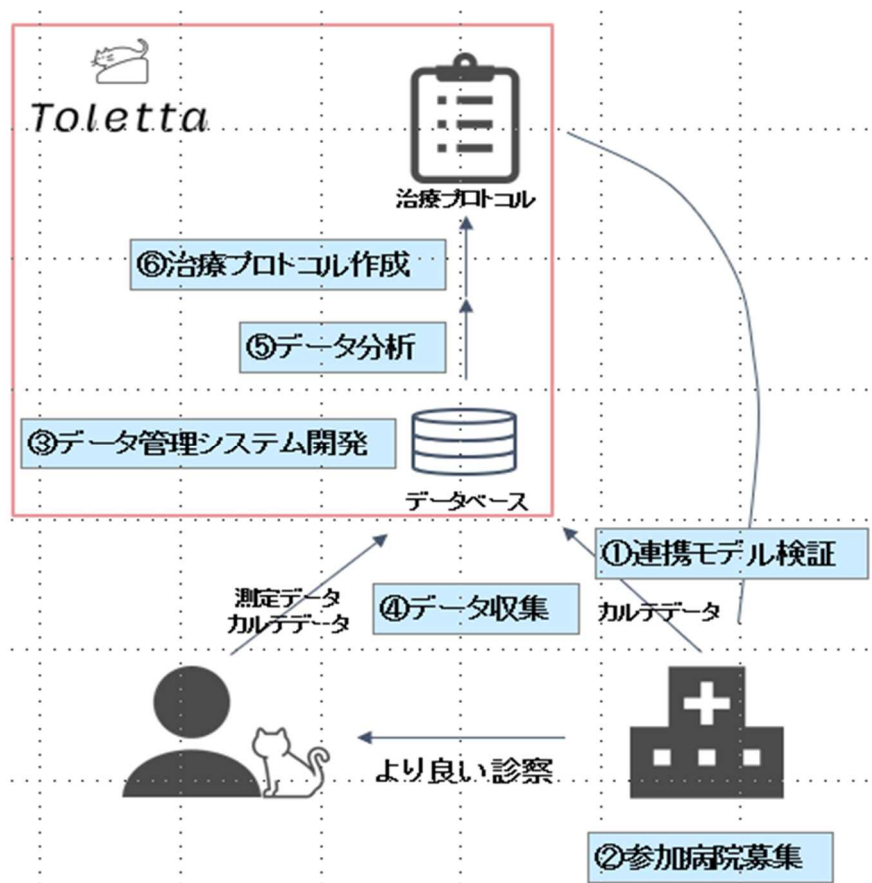


図 1-11-1. 獣医療エビデンスデータデータ連携プラットフォームのイメージ図

### 3-2-1-11-2. 研究開発の内容と目標

本プロジェクトには六つの事業項目があり、データ収集に協力してもらう病院及び猫の飼い主の募集、データを回収し分析を可能にするためのシステムの構築、データ収集とその分析、治療プロトコルの作成が含まれた。

#### 1) 動物病院との連携モデル検証

達成目標:

IoT デバイスから収集されるバイタルデータや動物病院から収集されるカルテデータを、猫の ID によって統合すること。データを動物病院・オンライン動物病院(Virtual Veterinary Care, VVC)へ連携を行うこと。

技術課題:

獣医療では、病名や治療行為がコード化されておらず、カルテへの記載において同じ病名や治療方法であっても異なった表現がされる「表記ゆれ」が存在している。例えば、慢性腎臓病、腎疾患、CKD といった同じ病名であるにもかかわらず、カルテへの記載方法が異なるということがよく起こっている。医薬品の名前についても略称が使われる場合と成分名や製品名で記入がされる場合があり、同じ医薬品でありながら異なる表現が散見される。

克服手段:

様々な動物病院から収集されたカルテデータを管理し利用可能な状態とするためには、これらの表記ゆれを整理するための入力規則を定める必要があった。代表的な病名、薬剤、検査項目について共通コードを設定することで、データフォーマットの統一を行った。

## 2) 参加動物病院の募集

達成目標:

日米合計で 150 の参加動物病院を集めること。

技術課題:

猫の病気の発症率や受診頻度を鑑みると、症例数確保のためには猫の診療を積極的に行っている動物病院を選定し参加を承諾してもらうことが必要であった。

克服手段:

International Society of Feline Medicine は猫に対する専門性や設備の観点から審査を行い「Cat Friendly Clinic (CFC)」を認定している。CFC 認定動物病院は猫の医療に特に力を入れていると考えられることから、これらの動物病院を第一候補として手紙や FAX などを用いて直接連絡を取り募集を行った。

また、目標の 150 病院を達成するため、日本獣医内科科学アカデミー学術大会(JCVIM)、獣医師専用の情報交換コミュニティである Vetpeer、JSFM 主催の獣医師・動物看護師向け勉強会「猫の集会」を通じた募集や、SNS の自社ページでの募集を行った。

米国での参加動物病院の募集は、American Association of Feline Practitioners の年次学会で行われた。また、これらの動物病院関係者に加えて、SNS や他社とのコラボレーション企画によっても募集された。

## 3) データ管理システム開発

達成目標:

当社の IoT デバイスから収集したデータとカルテデータを収集・管理するクラウドシステムを開発すること。

技術課題:

収集するデータは大量であるとともに、画像データや治療の詳細など機密性が高いデータを含むことから、国内外のデータを安全に管理し、高速で分析できる可用性の高いシステムを開発することが必要であった。

克服手段:

クラウドは AWS(Amazon Web Service)を使用した。クラウド部分の主な開発項目は(1) データベースとして、Amazon RDS (RDBMS: Relational Data Base Management System の一種)や DynamoDB(NoSQL 型的一种)などを活用した。(2) 仮想サーバとして、Amazon EC2 や Lambda、ECS、Fargate などを活用した。(3) オートスケールには AWS Auto Scaling などを活用し、ストレージとして Amazon S3 を活用した。アプリケーション部分の開発項目としては“ユーザーと猫のパーソナルデータや猫のバイタルデータ、カルテデータを簡易に・正確に・安定的に収集・管理できるシステム”というコンセプトを掲げ、これに沿うものについて実施した。

また、ユーザビリティ向上のためユーザーへのアンケート調査を実施し、リーン開発の手法を採用した。UI 部分について日本語、英語両言語に対応した。

最後に、セキュリティの 3 要素である機密性、完全性、可用性への対応として、Amazon VPC を活用しデータベースのネットワークアクセス制御を適切に行い、更に Amazon RDS のクラスター機能を活用し、データベースのリードレプリカを生成した。

#### 4) データ収集

達成目標:

日米の参加動物病院 150 病院から合計 100 症例のカルテデータを集めること。

技術課題:

病気の猫のデータを分析するためには健康な猫のデータと比較をする必要があることから、両方のケースの猫のデータが必要であった。

克服手段:

研究期間中に病気が疑われる症状が現れた猫についてはその時点での動物病院受診を依頼し、健康な猫については期間終盤に健康診断を受けてもらうこととした。検査にかかる実費を負担した。

#### 5) データ分析

達成目標:

収集したバイタルデータとカルテデータに対して基本分析、時系列分析などを実施し、様々な角度からの知見を得ること。

技術課題:

収集した大量のデータを解析するためにはビッグデータの解析技術を要する人材と、獣医療学的知識を有する人材が必要であった。

克服手段:

当社にすでに所属していた獣医師とデータサイエンティストに加え、本研究のために新たに数名の獣医師やデータサイエンティストを採用した。また、IoT デバイスの測定精度の検証方法、データの関連性等の分析、正常な健康状態の猫の定義についての指導・助言を仰ぐため、これらの知見を有する東京大学大学院農学生命科学研究科の加藤大貴・特任研究員に監修いただいた。

## 6) 治療プロトコル作成

達成目標:

治療プロトコルとは、同じ疾患名、例えば慢性腎臓病において、治療のために第一に選択する薬剤、投与量、投与日数といった投薬計画、さらに、食事療法の計画(いつ、どのような食事を、どのくらい与えるか)、そして、経過観察項目とその閾値など「治療計画の手順」を表す。ターゲット疾患は猫における主要疾患である CKD(慢性腎臓病)、FLUTD(下部尿路疾患)、USD(尿結石)とした。データの収集状況によって少なくともこれらのうち主要 1 疾患に対して標準治療プロトコルを作製することが目標であった。

技術課題:

獣医学的視点を以てベンチマーク分析を実施すること。

克服手段:

収集したバイタルデータとカルテデータから治療評価を行い、治療効果が高かった治療方法を導き出す必要があった。当社代表の堀宏治は、人間の医療業界において DPC ベンチマーク分析の第一人者でありその経験を獣医療に活かすとともに、東京大学大学院農学生命科学研究科の加藤大貴・特任研究員をはじめとして社内外の獣医師により論文検索、治療プロトコルとの照らし合わせを実施し、検証を行う計画であった。

### 3-2-1-11-3. 研究開発の成果

主に動物病院からのカルテデータ共有の難しさと新型コロナウイルス流行による国際物流遅延により、最終目標であった治療プロトコルの確立までは至らなかった。一方で、本プロジェクトを通してこの目標達成の障壁や課題となる点(飼い主からのカルテデータ回収の難しさ、治療法の多様性など)を明らかとすることができ、カルテデータ回収後からのデータ管理・保存やデータ分析までのフローの確立やデバイス自体の機能・精度向上、処理速度の向上など多くの基礎を築くことができた。また、米国での販売に向けた知見や課題(地域性、米国国内輸送方法確立、ユーザーの嗜好性やユーザーとの関係構築方法など)を得ることができた。

今後は、今回得られた知見を活かしながら一つ一つの課題を解決していくことにより、目標の達成と事業拡大を目指していく。

#### 1) 動物病院との連携モデル検証



バイタルデータとカルテデータの紐づけを可能にするキーとして cat id を採用し、カルテデータに常に cat id を付与することで正確で効率的な管理が可能な設計とした。また、カルテデータ保管のための項目設定と、受診理由、診断名、治療方法のコード化を実施し、複数病院間での表記方法を共通化しカルテデータ収納方法の設計を完了した。

ただし、カルテデータの回収はユーザーから直接実施することとなったため、データを実際に動物病院と連携するためのこれ以上の施策は中止したため、達成度は 50%程度と考える。今回は時間的制約からユーザーからの回収となったが、動物病院からカルテデータを共有してもらいデータを連携させるため、病院、飼い主、弊社の三者間での合意を取るシステムを作製する必要がある。

## 2) 参加動物病院の募集

日本では、CFC 認定動物病院への直接的なアプローチと、獣医師向けの学会やコミュニティ、勉強会を通して、また、SNS での募集を行い、累計 109 病院の契約となった。米国では、獣医師向け学会にて募集を行った。時間的制約から病院との契約には至らなかったが、45 名の獣医師・動物看護師が参加し、目標であった日米で 150 病院の参加を達成した。

## 3) データ管理システム開発

研究対象者専用の会員登録システムを開発し、研究対象者のみに特別な識別子を登録情報に付加することで研究対象者とそれ以外を分類してデータ管理することができた。また、研究対象者へのアンケート調査を簡易に行う環境を開発し、研究対象者にいつでもアンケート調査が自由に行えるようになった。これを活用し、ユーザビリティ調査を行ったところ、IoT デバイスの Wi-Fi 設定がわかりにくいということが判明した。そこで、Wi-Fi 設定フローについてスクロールのない固定長画面にする・ボタンの位置を固定化する・文字を極力減らしイラストを活用する形で簡略化を行った。

二つ目の目標であったアラート対象率は、アラートをシステム化することで対象率を 2%から 5%に向上させ目標を達成することができた。

三つ目の目標であった測定データとカルテデータの統合管理については、IoT デバイスデータと血液・尿検査結果データを統合して管理・表示できるシステムを検討し、獣医師用ダッシュボードシステム上で実現が可能となった。ただし、統合管理システム上で実データを流し込んでの分析などの実運用ができなかった。また、血液・尿検査結果以外のデータの管理方法の定義ができていないため、今後の検討項目としたい。

## 4) データ収集

プロジェクト終了時の猫登録数（NEDO 予算での新規配布分と既存・新規での販売分での合計）は目標の約 47%であったが、プロジェクト開始前と比較すると、2.8 倍の登録数となった。

カルテデータは時間的制約から、病院からではなくユーザーからの回収を行った。検査結果データの収集フォームを作成し、プロジェクト参加者に対してオンラインでの提出を促した。健康な猫を含む 82 件の検査結果データが回収されたが、ターゲット疾患のデータが不足していたために、既存ユーザーを含む全ユーザーを対象としてターゲット疾患に限定して症例募集を行い、32 件のカルテデータを回収した。以上により、合計で 114 症例となり、目標数を達成した。

### 5) データ分析

泌尿器疾患になった猫とならなかった猫の性別や年齢などの特徴について分析を行い、病気の種類と性別、年齢、避妊/去勢手術の有無、猫種との相関が確認された。また、泌尿器疾患の有無と IoT データとの関係を分析した。膀胱炎の猫では受診日の数日前から尿回数、入室回数、滞在時間に変化が現れることがわかった。CKD の猫では、泌尿器疾患のない猫、膀胱炎の猫、尿石症の猫と比較して、尿回数、入室回数、体重に対する尿量、滞在時間、静止時間の項目について異なる分布を持っていることが明らかとなった。本項目については、以上により達成度は 100%であったと考えている。

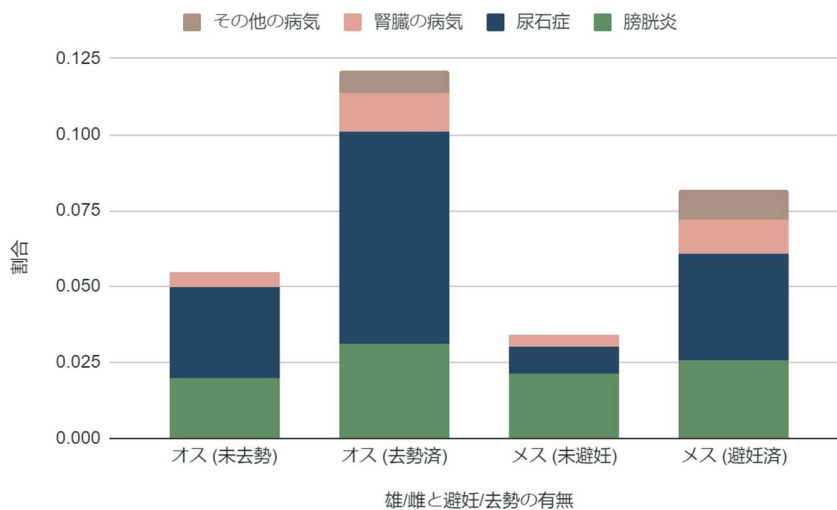


図 1-11-2. 泌尿器疾患と性別、避妊/去勢手術の有無

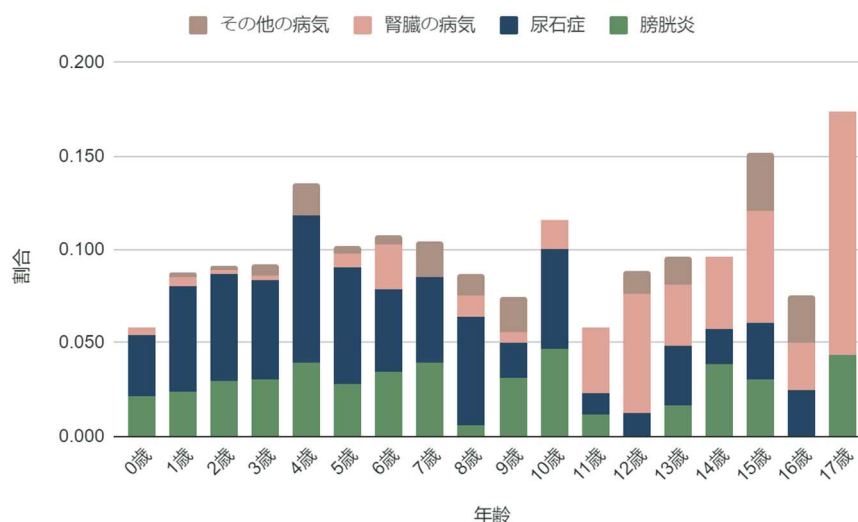


図 1-11-3. 泌尿器疾患と年齢

## 6) 治療プロトコル作成

収集したデータを元に標準治療プロトコル作成を目指していたが、病気ごとに収集することができたカルテデータの数不十分であったため、残念ながら標準治療プロトコル作成には至ることができなかった。治療プロトコル作成のためには、より多くの症例数が必要であることがわかった。実際にサイクルを回したことで、病院連携や回収方法の課題や治療方法の多様性など、目標達成の障壁や課題となる点が明らかとなった。

例えば、ターゲット疾患であった膀胱炎や尿石症はそれぞれより小さなカテゴリーを持っており、各カテゴリーごとに原因や治療方法が異なる。今回集められたデータをこれらの小さなカテゴリーに分けることで症例数が分散してしまい、それぞれの治療プロトコルを作成することが困難となってしまった。また、院内治療、家庭での投薬、療養食の組み合わせが多岐に渡ったため、より多くの症例を回収する必要があることがわかった。

一方で、今回は比較的報告件数が多かった特発性膀胱炎とストルバイト結石について、治療方法の分析と治療後の経過分析を行うことができた。なお治療後の経過分析では、処方薬の処方期間より、短期的な治療評価指標として一週間後の症状の有無、長期的な評価指標として初回の診察日から二週間後～一か月後の症状の有無、の二つの指標を採用することとした。

特発性膀胱炎では、炎症や細菌感染に対する薬剤とともに精神的な緩和ケアに使われる薬剤が使用されている点が特徴的であり、治療効果を得るためには一週間から一か月の時間が必要であった。ストルバイト結石の経過分析では、症状の種類により三つのグループに分けて分析が行われ、院内での処置、処方薬の有無が異なっていた。また、短期での治療効果が有効であってもその後再発が見られることも特徴として確認された。

本項目については、主要3疾患のうち、2つ疾患の小さなカテゴリでの治療方法分析と経過分析を行ったこと、病院連携や回収方法の課題および治療方法の多様性が明らかになったこと、により達成度は50%であったと考えている。

疾患の細分化や治療方法の多様性により組み合わせが多岐に渡ったため、治療プロトコル作成のためには非常に多くの症例を回収する必要があるとわかった。今後は、症例確保のため、ユーザー数の増加に向けた取り組みを行っていく。

## 3-2-2. 研究開発項目② 業界共用データ基盤の開発

### 3-2-2-1. 運輸データオープンプラットフォーム構想(MOVOプラットフォーム構想)

(実施先:株式会社 Hacobu)

#### 3-2-2-1-1. 研究開発の概要と実施計画

日本の物流業界は、ドライバーの人手不足・高齢化をはじめ、トラックの長時間待機や積載効率の低さなど、多くの深刻な課題に直面しており、それらを解決するために「サプライチェーン全体の効率化」「物流の透明化・効率化」が必要とされている。そのためには、(1)どのような荷物が、(2)どこからどの場所に、(3)いつ、(4)どのような運搬手段で運ばれているのか、といったデータを業界や会社の枠を超えて蓄積・分析し、複数のステークホルダーを巻き込んで物流を効率化することが求められている。それを実現するために、株式会社 Hacobu は物流業務の位置情報をはじめとする輸配送データを蓄積・活用するための物流情報プラットフォームの構築及びプラットフォームの活用促進に必要なアプリケーションの開発を行う。

研究開発においては、要件定義、設計、製造、ユーザ評価のサイクルを繰り返すアジャイル型開発を採用する。ユーザに利用されてこそ価値のあるものになることから、研究開発中においてもサービスを公開し、利用企業からフィードバックを受けて、追加開発・機能改善を繰り返し、提供価値の向上に努める。

本事業により、輸配送データが本プラットフォームを通じてやり取りされた場合には、当該プラットフォーム上で稼働する各種アプリケーションや他社アプリケーションを通じて、物流業界におけるデジタル化やデータに基づく業務改善が進むことで、物流は大幅に効率化されることが期待される。

#### 3-2-2-1-2. 研究開発の内容と目標

本事業においては、主に3つの研究開発を実施する。

##### ① 物流情報プラットフォームにおける各種物流情報を蓄積するデータ共有基盤の構築及びAPI開発

位置情報をはじめとする輸配送データを蓄積・活用するためのマイクロサービス化されたデータ共有基盤とプラットフォームとアプリケーションを接続するためのAPIを開発する。APIの一部は外部にも公開し、他社アプリケーションとの接続を可能とする。

##### ② プラットフォーム上で稼働するアプリケーションの開発

プラットフォームが利用されるためには、当該プラットフォームを使った便利なサービス、アプリが提供されることが必要である一方、当該プラットフォームの必要性については認識しているものの、具体的なユースケースとなるサービスが提供されないと実用化が進まないという意見も各種事業において出ていた。このことから、プラットフォーム利用を促進するために、プラットフォーム上で稼働するユーザの業務改善に直結する各種アプリケーションサービスの開発も併せて行う。

##### ③ 協議会の開催によるプラットフォームAPI仕様・データ利用ルール等の標準化検討

プラットフォームが技術的・業務的に先進的なものであっても、有効且つ広く利用される

ためには共有されるデータの利活用の仕様やルールが適性に定められる必要がある。これらのルール設定については、一義的には運営企業が定めるものであるが、当該仕様・ルールの設定においては、プラットフォームの利用促進の観点から、協議会を開催し多数の事業者の意見を聴取・議論したうえで検討する。

#### ①物流情報プラットフォームにおける各種物流情報を蓄積するデータ共有基盤の構築及び API 開発

##### 【目標】

- 1) マイクロサービス化された物流データ共有基盤を構築する
- 2) 他社とのデータ連携に必要な API 仕様を定義する
- 3) 他社とデータ連携したサービスを開発する

#### ②プラットフォーム上で稼働するアプリケーションの開発

##### 【目標】

- 4) トラック予約受付アプリケーションを開発する
- 5) 動態管理アプリケーションを開発する
- 6) 配送案件管理アプリケーションを開発する
- 7) 流通資材管理アプリケーションを開発する

#### ③協議会の開催によるプラットフォーム API 仕様・データ利用ルール等の標準化検討

##### 【目標】

- 8) API 仕様及びデータ共有・活用ルールを定義する

### 3-2-2-1-3. 研究開発の成果

物流情報を蓄積するためのプラットフォームの構築、キラーアプリケーションの開発、協議会による API 仕様・データ共有ルールの策定は当初の計画通り達成した。一方で、物流業界に大きな変革をもたらすために必要なプラットフォームを活用した企業間のダイナミックな物流改革推進やプラットフォームビジネスの事業化においていくつかの課題も見えた。

- 1) マイクロサービスやクリーンアーキテクチャを採用し、スケーラブル且つ柔軟なデータのやりとりを実現する設計とし、データベースの構築は完了した。
- 2) API は 5 つ以上の API 開発を完了し、中でも位置情報連携 API は仕様書を Web サイトで公開している。
- 3) API を通じた他社とのデータ連携を実現した。公表可能な具体事例としては、日野自動車株式会社と車両の位置情報データの API 連携により新たなユーザ向けサービスの公開を行った。
- 4) 旧サービスにおいて定義されたユースケースをもとに、プラットフォームと接続した新たなアプリケーションの開発を完了した。利用事業者は 50 社を超えており、ドライバーの待機削減や倉庫内業務の効率化を実現するアプリケーションとして高く評価されている。

- 5) 旧サービスにおいて定義されたユースケースをもとに、プラットフォームと接続した新たなアプリケーションの開発を完了した。利用事業者は 50 社を超えており、配送業務における工数削減、効率化、コスト削減を実現するアプリケーションとして高く評価されている。
- 6) 新たなプラットフォームに接続する新アプリケーションとして開発を完了した。利用事業者は 10 社を超えており、荷主・元請・運行会社等の事業者間の円滑なコミュニケーションを実現するアプリケーションとして評価が高まりつつある。
- 7) 新たなプラットフォームに接続する新アプリケーションとして開発を完了した。利用事業者は 5 社を超えており、低コストで物流資材管理を効率化してコスト削減を支援するアプリケーションとして評価が高まりつつある。
- 8) API 仕様標準化方針は定義され、それに基づき作成された API 仕様書は Web で公開している。データ共有・活用のルールは各種論点を協議会で検討したうえで、Hacobu の API 利用規約及び Hacobu データガバナンスモデルとして定義した。

#### 【今後の課題】

当初設定した目標は達成したが、本事業で開発したプラットフォームの普及やデータ利活用による物流業界全体の効率化を図るにあたり、いくつかの課題が見えてきた。大きく 3 つの課題があると考えている。①蓄積されたデータを利用事業者内で活用するだけでなく、事業者間で活用し企業横断での物流改革を実行すること、②データ接続のユースケースが多岐にわたりデータ利用・連携に時間・リソースがかかること、③より広くデータが利活用されるためにはアプリケーション利用だけでなくデータ連携を前提としたプラットフォーム利用が必要であること。本事業で開発したものを早急に事業として広く活用されるよう努めるとともに、上記の課題を克服するために様々な手段を検討する。

### 3-2-2-2. 厨房機器共通 IoT プラットフォームの開発

(実施先:一般社団法人日本エレクトロヒートセンター)

#### 3-2-2-2-1. 研究開発の概要と実施計画

厨房機器共通 IoT プラットフォームの開発については、以下の研究開発体制にて実施した。

#### ○ 主任研究員

社 名 一般社団法人日本エレクトロヒートセンター

担当者所属 企画部

役職・氏名 部長 黒田 泰嗣 (2019年9月12日～2020年6月30日)

部長 高木 茂 (2020年7月1日～2021年2月28日)

#### ○ 体 制

助成先:(一社)日本エレクトロヒートセンター  
(システム開発・WG運営管理)  
実施場所:日本エレクトロヒートセンター(東京都)

連携先

(WGメンバーとしてシステム開発や普及促進に協力)

株式会社アイホー (厨房メーカー)

一社)日本厨房工業会 (普及促進)

エレクター株式会社 (厨房メーカー)

一社)日本ガス協会 (普及促進)

株式会社コメットカトウ (厨房メーカー)

一社)オープン・フードサービス・システム・  
コンソーシアム (普及促進)

タニコー株式会社 (厨房メーカー)

株式会社中西製作所 (厨房メーカー)

ウイングアーク1st株式会社  
(マーケットプレイスシステム構築)

ニチワ電機株式会社 (厨房メーカー)

日本調理機株式会社 (厨房メーカー)

フクシマガリレイ株式会社 (厨房メーカー)

ホシザキ株式会社 (厨房メーカー)

株式会社マルゼン (厨房メーカー)



## ○ 研究開発の日程

事業項目	2019年度			2020年度				2021年度			
	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期
■プラットフォーム											
① 要求仕様・妥当性 検証	仕様検証		修正	一般公開用API仕様書作成	および機能追加						
② システム構築作業 及び動作確認	システム化と動作確認			テスト運用・内容改善							
③ フィールドテスト	実施場所選定			テスト実施		ヒアリング+テスト					
④ 運営手順書・利用 規約・仕様書改善		作成	検証		修正						
■集中管理装置											
⑤ 要求仕様・妥当性 検証	仕様検証		修正	公開用仕様書の検証 (本件は交付申請対象外)							
⑥ 動作確認		動作確認		テスト運用・内容改善 (本件は交付申請対象外)							
⑦ フィールドテスト		実施場所選定		テスト実施 (本件は交付申請対象外)							

### 3-2-2-2. 研究開発の内容と目標

厨房機器共通IoTプラットフォームの開発については、一般社団法人日本エレクトロヒートセンターが食品衛生法改正に伴うHACCP制度化に対応する「厨房機器運転データのオープンデータベース」の構築についてワーキンググループを立ち上げ、必要とされるデータの形式や内容・APIなどの研究開発を行う。また、開発したデータベースを用いて厨房施設内の厨房機器のデータを収集する「集中管理装置」、および集中管理装置が発信するデータを収集・配布する「共通IoTプラットフォーム」を構築後その試験運用を行い、実際の厨房機器のデータ収集とデータ利活用方法について研究開発を行う。

#### ①プラットフォーム:要求仕様・妥当性検証

##### 【目標】

- 1-1) 要求仕様妥当性の検証
- 1-2) 要求仕様書の完成

#### ②プラットフォーム:システム構築作業および動作確認

##### 【目標】

- 2-1) システム構築作業および動作確認の完了

③プラットフォーム:フィールドテスト

【目標】

3-1) フィールドテストの完了

④プラットフォーム:運営手順書・利用規約・仕様書改善

【目標】

4-1) プラットフォーム運営手順書の完成

4-2) プラットフォーム利用規約の完成

4-3) プラットフォーム仕様書の完成

⑤集中管理装置:要求仕様・妥当性検証

【目標】

5-1) 要求仕様妥当性の検証

5-2) 要求仕様書の完成

⑥集中管理装置:動作確認

【目標】

6-1) 動作確認の完了

⑦集中管理装置:フィールドテスト

【目標】

7-1) フィールドテストの完了

3-2-2-2-3. 研究開発の成果

厨房機器共通 IoT プラットフォームの開発については、全ての研究開発目標を達成した。

【成果】

1) プラットフォーム:要求仕様書の完成

2) プラットフォーム:システム開発の完了

3) プラットフォーム:フィールドテストの完了

4) プラットフォーム:利用規約・標準通信仕様書改訂版の作成

5)集中管理装置:要求仕様書の完成

6)集中管理装置:動作確認の完了

7)集中管理装置:フィールドテストの完了

【成果の意義】

① 食品事業者等エンドユーザー

ユーザーはクラウドに蓄積されたデータを自ら加工して、HACCPデータに基づく衛生管理状態の把握や厨房機器の運転データから厨房機器の警報発報時の対応に活用する。

## ② 厨房機器メーカー

自らが共通 IoT プラットフォームシステムを利用し、厨房機器の稼働状況を監視することで、厨房機器の早期故障診断といった予防・予知保全に加え厨房機器の省エネに活用することも可能である。特に、厨房機器は食品事業者の業態によっては 24 時間稼働を必要とするため、予防・予知保全のニーズは高い。これにより、厨房機器の故障予測が可能となることから、故障サービス担当員の効率的な配置が可能となる。

## ③ Sier

本事業で開発された共通 IoT プラットフォームシステムは、厨房機器より発信されるリアルデータの蓄積が可能となるため、自動調理を一例とした AI・ロボティクスといった事業への実現化とする Sier も参画者の対象となる。具体的には、コロナ禍を踏まえた自動調理＋非接触配膳手法の確立がある。

### 3-2-2-3. 設備情報活用プラットフォーム開発

(実施先: 旭化成株式会社)

#### 3-2-2-3-1. 研究開発の概要と実施計画

保温材下腐食(以下、CUIと略す)等の設備の外面からの損傷は、高経年化した化学プラントに共通で、その発生を把握し予防する必要がある重要な材料損傷である。CUIの場合に、その発生予測方法は、米国石油学会(API)等から技術標準が公開されているが、その推定精度が十分でないと認識されている。また、保温材を剥がさないでCUIを検査する方法も種々提案され一部適用されているが、検査に足場が必要であるとか検出精度と効率が低い課題が残されている。このため、CUIの場合に保温材を剥離しての検査に国内だけでも最低年間100億円以上と多大な費用が費やされ、プラントの維持管理の費用としても重要な課題となっている。

また、CUI以外にも保温材施工されたステンレス鋼外表面の応力腐食割れ(以下、ESCCと略す)や、保温材を施工されていない炭素鋼製配管の架台接触部腐食(以下、CUPSと略す)についても、CUI同様、適切な発生推定モデルがない等の課題がある。

本事業では、CUIなど高経年化した化学プラントで共通性の高い材料損傷現象について、検査データ提供を含む共同検討に賛同した化学会社より構成されるコンソシアム各社(この時点で9社)の検査や設備データを収集し、それを基に発生予測するモデルを開発する。そのモデルをソフト化し、開発するプラットフォームを介してコンソシアム各社へ公開し、各社にてモデルやプラットフォームのユーザビリティ評価とそれを基にモデルもしくはプラットフォームの改良を行う。以上の活動を通して化学プラント信頼性向上と化学企業の競争力強化を目指す。また、本事業終了後にコンソシアム参加会社以外への診断サービスの事業化を目指した検討も行う。

#### 3-2-2-3-2. 研究開発の内容と目標

本事業においては、コンソシアム参加している化学会社各社より収集する設備関連データを基に、以下に示すとおり現象の予測アルゴリズムの改良および開発を行うと共に、それを利活用するためのプラットフォームを構築し、コンソシアム各社へ公開する。その過程で、以下の各項目について検討を行う。

- ① 2018 年度までのNEDO委託事業で開発した現状のCUI予測モデルでは、装置の位置まで特定したCUI診断はできないが、中性子水分計での測定など非破壊検査結果と統合することによりCUI発生位置を特定した診断を可能とできるよう改良する。
- ② CUI同様に共通性の高いESCCおよびCUPSに関して、コンソシアム各社から検査結果および関連設備情報を収集して解析し、発生予測モデルを開発する。
- ③ これら3種の予測モデルを、開発するプラットフォームを介してコンソシアム各社へ公開し活用できるようにする。これにより各社で開発した各モデルの検証およびプラットフォームのユーザビリティ評価を行い、それを基にモデルやプラットフォームの実用性の向上を図る。
- ④ 本事業終了後のコンソシアム以外の会社を対象とした予測サービスの事業化を検討し事業計画を策定する。
- ⑤ CUIを中心にモニタリング手法に関して調査および実際に実機でデータを採取する。そのデータを解析し、CUI管理システム構築を目指す。

以下に各項目の具体的な目標を示す。

#### 【研究開発の内容(研究開発課題)】

##### ①CUI 予測モデルの改良

これまで設備の設計および使用条件から開発したモデルに、中性子水分計による保温材中の水分測定および保温外面のサーモカメラによる温度測定の結果のデータを説明変数として加えることにより、これらの測定を行った位置においてCUI発生可能性を評価できるモデルを開発する。

##### ②ESCC および CUPS 予測モデルの開発

化学プラントでCUI同様に共通性の高い、ESCCおよびCUPSについて、コンソシアム各社から検査結果および関連する設備情報を収集する。そのデータを基に解析し、これらの現象の発生予測モデルを開発する。

##### ③開発した予測モデルのプラットフォームでのコンソシアム各社への公開

開発改良したCUI、ESCCおよびCUPSについて、サーバ上のプラットフォームでコンソシアム各社へ公開し、それらのモデルの推定検証やユーザビリティを確認する。その結果を受けて、プラットフォームの改良を行う。

##### ④CUI 等の予測サービスの事業化検討

以上の検討結果を受けて、コンソシアム以外の会社にCUI、ESCCおよびCUPSの発生可能性を予測する事業の実施可能性を検討し、事業計画を策定する。

### ⑤CUI モニタリング適用検討

CUIを予測するために実機モニタリングの適用が有効と考えられる。このため実機適用可能性のあるモニタリング手法の調査検討を行い、その結果を受けて実機でCUI検査の予定されている設備にモニタリングを行なう。そのモニタリングデータを採取するとともに、当該部のCUI検査データを合わせて採取する。両者のデータを比較検討することにより、CUIのモニタリングによる予測可能性を明らかにする。その結果、CUI予測にモニタリング技術の有効性が明らかになれば、モニタリング技術を活用したCUI予測や管理方法の検討を行う。

### 3-2-2-3-3. 研究開発の成果

本事業においては、各開発項目について、以下の成果を得た。

#### ①CUI 予測モデル改良

##### i. 改良(非破壊検査統合)CUI 予測モデルの開発

2018年度までのNEDO委託事業にて開発したCUI発生予測モデルは、配管を例に図2-3-1.bおよび表2-3-1中間行に示す様に直管や曲管(エルボ)等の「部位」まで限定して、発生可能性を診断することが可能となった。しかし、それ以上の「位置」まで絞り込んで診断することは、このモデルでは不可能であった。

この様に「部位」までCUI発生可能性を診断できることは、図2-3-1.aおよび表2-3-1最上行に示す様に、これまで公開されていた米国石油学会(API)等のCUI予測方法より検査「部位」を絞り込むことが可能であり有用である。更に、図2-3-1.cおよび表1最下行に示す様に「位置」まで限定してCUI発生可能性を診断できれば、足場の設置範囲を限定してCUI検査が行えることになる。このため「位置」まで絞り込んでCUI発生可能性を診断できる手法の開発を行った。

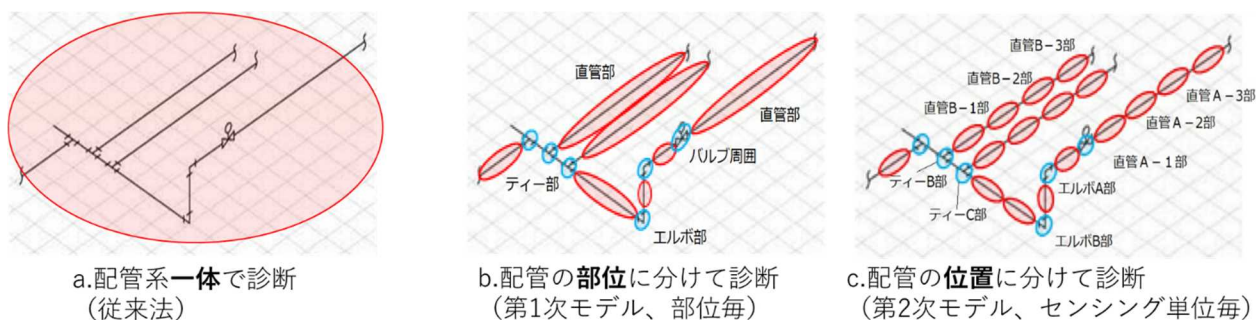


図 2-3-1. 配管を例に CUI 発生予測モデルの対象範囲の模式図

表 2-3-1. CUI 予測モデルとその診断単位およびそれらの特徴

診断方法	単位	精度	検査保温剥離	費用	段階
------	----	----	--------	----	----

CUI 予測モデル	従来法 (API581 等、図 2-3-1.a)	一体	低	系全体	大	既存
	使用条件から診断 (図 2-3-1.b)	部位	高	部位単位	中	開発
	使用条件と非破壊検査から診断 (図 2-3-1.c)	位置	高	位置単位	小	開発

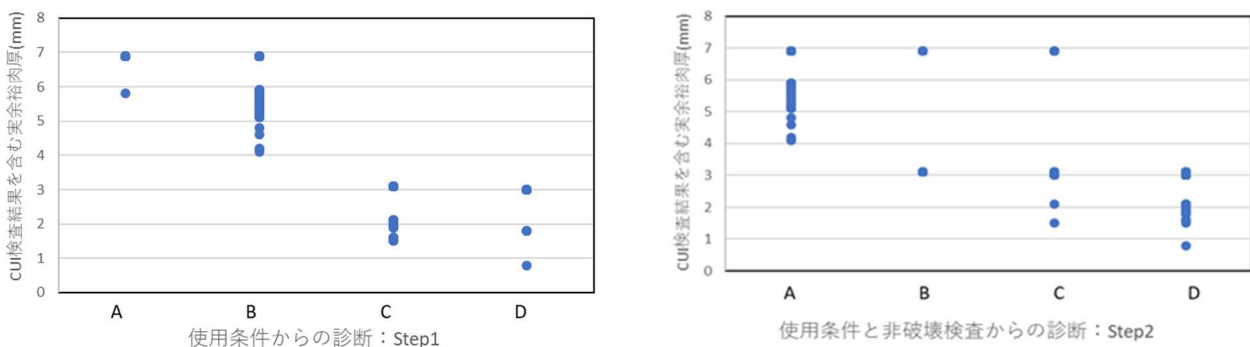
これまでの NEDO 委託事業検討で中性子水分計での保温材中水分測定結果や、サーモカメラでの外装板温度測定の結果と、それらの測定を行った「位置」での CUI 検査結果のデータ解析より、測定結果と CUI 発生状況には良い相関のあることが明らかになった。

このため、従来の使用条件から診断を行うモデル (1 次モデル) にサーモカメラ測定等の非破壊検査の結果を加え、その測定を行った「位置」まで限定して CUI 発生可能性を診断するモデルを開発した。

### ii. 改良 CUI 予測モデルの検証

改良した CUI 予測モデル (2 次モデル) で、新たに収集した検証データで、従来の使用条件のみからのモデルでの診断結果 (図 2-3-2.a) と、非破壊検査結果を含むモデルで検証を行った結果 (図 2-3-2.b) の比較を行った。その結果、非破壊検査を行うことで、非破壊評価を行った位置で CUI 発生予測ランクの変動していることが明らかになった。

このように非破壊検査を行うことで、その評価を行った「位置」まで限定して CUI 発生可能性を診断できることが確認された。



a. 使用条件のみから診断 (1 次モデル)    b. 使用条件と非破壊検査結果から診断 (2 次モデル)

図 2-3-2. CUI 予測モデルの使用条件からの診断結果と使用条件に非破壊検査結果を含めた診断結果と CUI 検査結果 (縦軸の実余裕肉厚) の比較

### iii. 改良 CUI 予測モデルのソフト化と公開

開発した改良版 CUI 予測モデルについては、ソフト化してプラットフォーム上に公開し、コンソシアム各社に公開した。そのソフトを用いて、一部の会社で改良モデルの検証が行われ、上記同様の結果が得られた。

### iv. 今後の検討と適用効果

改良した CUI 予測モデルの推定精度等について、今後 CUI 検査結果を含むデータを蓄積し、モデル検証や改良を継続的とする。

また、中性子水分計やサーモカメラ以外の非破壊的なスクリーニング方法についてもデータ蓄積を行い、それらの評価を行った「位置」まで CUI 発生可能性を診断するソフトの改良と検証を継続する。

その結果をプラットフォームで公開し、「位置」まで予測可能なモデルの普及を図る。これにより、足場を設置して保温材剥離検査を実施する範囲を限定することが可能となり、検査費用の低減と検査有効性(保温材剥離検査の検出確率向上)を目指す。

## ②CUI 以外の共通現象モデル開発

### i. ステンレス鋼外面応力腐食割れ(ESCC)予測モデルの開発

ESCC の検査結果に関しては、ESCC 発生有無と使用条件についてのデータを約 1,500 点収集することができた。これを基に解析を行い、ESCC の発生可能性を 4 ランク(表 2-3-2 参照)に診断するアルゴリズムを開発し、ソフト化した。これをプラットフォームに掲載し、コンソシアム各社に公開した。

ESCC 検査結果を含む検証データを 27 点収集し、それを開発したソフトでの診断結果と比較し表 2-3-2 に示す。この結果より、開発したソフトは ESCC 発生可能性を適切に評価していることが検証された。

ただ現状では検査データ数が少なく、その推定精度の診断が困難である。継続してデータ収集を行い診断モデルの改良と精度向上を行う予定である。

表 2-3-2. ESCC 検査結果を含むデータの開発した ESCC 予測モデルでの検証結果

診断 ランク	設定確率	診断件数	ESCC 発生件数	ESCC 発生率	検証結果
A	<0.1	0	0	0	(判定不可)
B	0.03~0.1	5	0	0	判定通り
C	0.1~0.3	11	3	0.3	判定通り
D	>0.3	11	6	0.6	判定通り

### ii. 架台接触部腐食(CUPS)予測モデルの開発

架台接触部の検査結果と使用条件に関するデータを 4 社より約 6,600 点収集した。それを解析し、架台接触部腐食発生を 6 ランク(表 2-3-3 参照)に診断するモデルを開発した。

このモデルをソフト化して、プラットフォームを介しコンソシアム各社に公開した。

その後、実機の検査データを検証データ(約 920 点)として収集し、開発した CUPS 予測ソフトでその診断精度の検証を行った。その結果を図 2-3-3 および表 2-3-3 に示す。

この結果より、CUPS 予測モデルは、適切にその発生可能性を評価していることが検証された。

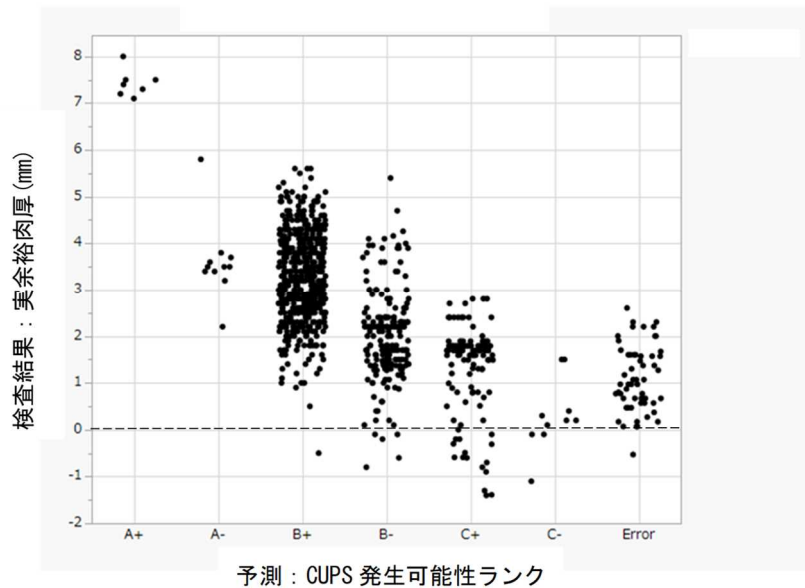


図 2-3-3. 検証データでの CUPS 予測モデルの推定精度検証  
 (図で”Error”とされた点は、入力項目の記載なく診断が行えなかったケースである)

表 2-3-3. 検証データ(約 920 点)を用いた CUPS モデルの推定精度検証

診断ランク	ランク点数①	実余裕肉厚 0 以下点数②	割合 ③=②/ ①	設定④	検証結果 ③と④比較
A+	7	0	0	<0.0003	判定通り
A-	11	0	0	0.0003-0.001	判定通り
B+	523	1	0.002	0.001-0.003	判定通り
B-	198	5	0.03	0.003-0.01	判定より多い
C+	117	15	0.13	0.01-0.03	判定より多い
C-	10	3	0.3	>0.03	判定通り

### ③試作版プラットフォーム(PF)構築

プラットフォームでは、以下の検討と対応を行った。

- a. セキュリティを確保するために、クライアント証明書の利用端末へのインストール、およびクライアント ID とパスワード管理を行った。
- b. 各社の診断の便益をはかるため、診断ソフトへエクセルフォーマットを用いる方法と、Web 画面上で入力する方法の 2 つを並列で利用できる様に、それぞれのソフトを開発した。それをプラットフォームへ掲載し、公開した。

以上の考え方で試作プラットフォームを構築し、コンソシアム各社に、開発した 3 種のソフトを公開した。



また、今後診断サービスを事業化した場合には、システム会社等にプラットフォームの管理を委託する場合等も想定されるため、それら場合のデータセキュリティの確保方法についても検討を行った。

### iii. 今後の検討と適用効果

これまで ESCC に関しては、API581 の中に発生予測モデルは公開されているが、その予測精度は高くないとされている。また、CUPS については、API581 を含め、これまで発生予測モデルは公表されていない。このため、これらの現象について発生予測モデルが開発され、予測精度が検証されたので、これらのモデルをリスク評価や検査計画立案に適用することにより、管理の合理化を図ることが期待される。

## ④事業化検討

コンソシアム各社のプラットフォームでの CUI モデルの利用状況を評価しつつ、CUI 等の診断サービスの事業化を検討した。

現状で CUI 等の管理にリスク評価を行っている会社では、各社独自の診断方法が既に適用されており、今回開発した CUI 等の診断方法への変更が容易でない場合のあることも明らかになった。ただし、これらの会社でも診断精度のより高い予測モデルへの関心やニーズは高いとのことであり、コンソシアム方式での検討継続を希望するとのことであった。

また、コンソシアム以外の幾つかの化学会社より開発している CUI 等モデル活用に関して問い合わせが来ている。

このため、2022 年度からは、コンソシアム 8 社でモデル開発・改良検討の費用やプラットフォームのためのサーバ維持費の一部負担する方式として検討を継続することとした。また、並行して CUI 等の予測モデルに関心のある会社には、検討内容を紹介し検討グループへの参加を促し、モデル活用の普及を目指すこととする。

## ⑤CUI 等のモニタリング技術検討

CUI 等の現象の発生をモニタリングできれば、CUI 等の管理の高精度化や合理化が図れる可能性があるので実機でのデータ採取等を含めて検討を行った。

### i. CUI のモニタリングデバイスに関して調査

直接腐食を検出するセンサーには、電気抵抗法や分極抵抗法など幾つかの方法が実用化されているが、センサーを保温材系の内部、設備の外表面に設置する必要があり、既存の設備のモニタリングに適用することは現実的でないと判断した。

CUI の発生を非破壊的に評価する手法として超音波探傷法を用いたガイドウェーブ法や、パルス渦流探傷法を用いた方法等も提案されている。しかし、これらも長期間のモニタリング法ではなく、適用不可と判断した。

CUI は、保温材系の内部に水分が浸入し、湿潤な環境が維持されることが発生の条件である。このため、保温材系内部の湿度を測定できれば、CUI を予測できることになる。また、保温材が湿潤な状態となると保温材の伝熱係数が変化し、保温材外部(外装板)表面の温

度が変化することが想定される。このため、保温材外部の湿度や温度をモニタリングできれば CUI 発生を検出できる可能性が高いと考えられた。

このため温湿度センサーを調査した。その結果、温湿度を同時にモニタリングできる現場設置型のデータロガー型のセンサーや、同様に温湿度を検出できるセンサーでそのデータを無線で収集できるシステムが上市されていることが知られた。しかし、これらのセンサーは現状防爆基準を満たしていないとのことであった。

## ii. 実機での温湿度データや CUI 検査データの収集

以上の調査、検討を受けて、実際に保温材剥離検査の予定されている防爆制限のない配管を数系列選定し、データロガー型での温湿度モニタリングを行った。

その結果、両センサーで保温外面の温湿度データが採取でき、その値は日変動、季節変動のあることが明らかになった。

今回の検討では、センサーを設置した配管について保温材を剥離しての検査を行ったが、何れの配管でも測定できる程度の CUI の発生は認められなかった。このため、得られたモニタリング程度の変動では、CUI は発生しないことは明らかになったが、モニタリングの結果と CUI 発生との相関は、明確にできなかった。

## iii. 今後の検討

今後も保温材剥離検査の予定されている設備についてモニタリングを継続し、CUI 発生との関係を明確化する予定である。それらの相関が明らかにし、モニタリングの CUI 診断への適用可能性を検討する予定である。

### 3-2-2-4. 倉庫運営プラットフォームの開発

(実施先: Rapyuta Robotics 株式会社)

#### 3-2-2-4-1. 研究開発の概要と実施計画

##### 概要

倉庫作業を行うことができる多種類のロボットを必要に応じて必要な台数だけ接続させて、複数台のロボットを制御することができる倉庫運営プラットフォームを開発する。本事業において開発されたプラットフォームは、各倉庫の倉庫管理システムと連携して、倉庫管理システムが発した入庫、出庫等のワークを受けて、各ロボットにタスクを割り当て、ワークを完了させることができる。

## 実施計画

事業項目	2020 年度		2021 年度			
	10～12月	1～3月	4～6月	7～9月	10～12月	1～2月
<u>Intelligence Layer</u> (1)倉庫オーダー調整機能の開発						
<u>Computation Layer</u> (2)ナビゲーション機能、ローカライゼーション機能、マニピュレーション機能の汎用化						
(3)ソフトウェア開発環境の改善						
<u>Communication Layer</u> (4)ROS2.0 の規格への対応機能の開発						
(5)OPC-UA の規格への対応機能の開発						
(6)ORiN の規格への対応機能の開発						
<u>Machine Layer</u> (7)より多種類のロボットを接続するための開発						
<u>倉庫管理システムとの連携</u> (8)本システムと倉庫管理システムとの連携するためのインターフェースの開発						

### 3-2-2-4-2 研究開発の内容と目標

1)倉庫オーダー調整機能の開発(実施先 Rapyuta Robotics 株式会社)

#### 目標

注文の順番及び配置を最適化することで、作業効率を上げる。

## 成果

- ・クラスタリングという計算手法を用いて、オーダーの対象となる商品の分布状況をクラスター化することにより、ピッキングするロボットの最適ルートを算出することが可能になり、ピッキング作業の生産性向上に寄与した。
  - ・オーダーの順番等の調整を行い、検証を繰り返すこと等により、複数の現場で、ピッキング作業の生産性向上や、ピッキング人員の削減を達成した。
- 上記の成果により、ピッキングアシスト AMR による作業効率は大きく改善した。

## 2)ナビゲーション機能、ローカライゼーション機能、マニピュレーション機能の汎用化(実施先 Rapyuta Robotics 株式会社)

### 目標

ロボットを抽象化することで、ナビゲーション機能、ローカライゼーション機能、マニピュレーション機能を利用できるようにする。

### 成果

#### ナビゲーション機能

- ・抽象化された ROS のコントロール機能を用いることにより、個々のロボットの機構によらない抽象化したコンローラレイヤとナビゲーションレイヤを実現した。

現在サポートできているロボット: ディファレンシャルドライブロボット、アッカーマンタイプ、オムニディレクショナル、双ディファレンシャル、三輪ロボット

#### マニピュレーション機能

- ・検出位置までの移動、対象物体の検出、対象物体のピックアップ、ピックアップした物体の搬送、搬送した物体のアンロードを行う抽象化された対象物体検出と搬送機能を実装したが、現在申請者は、AMR、フォークリフトの拡張に注力しているため、ロボットアームへの適用は実現されていない。今後、倉庫内作業を全体最適化する上で、ロボットアーム機能の開発は大きな役割を果たすため、そのステージにおいて、重点的に開発を進めていく。

#### ローカライゼーション機能

- ・モーションキャプチャシステムでロボットの位置をリアルタイムでモニターし、出力したロボットポーズとローカライゼーション機能によるロボットポーズを比較し、ローカライゼーション機能を cm 単位で評価することが可能になった。これにより、パラメータチューニングが可能になった。

→ 上記の成果により、ハードウェアの種類を問わず、ナビゲーション機能及びローカライゼーション機能を利用することができる。

## 3)ソフトウェア開発環境の改善(実施先 Rapyuta Robotics Private Limited)

### 目標

開発環境において、作業効率を向上させる。

## 成果

- ・開発者のソースコントロールコードリポジトリから直接プロダクションレディの Docker イメージを作成するシステムを構築した。このシステムは、git リポジトリに対応している。ROS1 開発者のために、ROS ネイティブの catkin をサポートしている。
  - ・デバック環境において、UI アプリケーションをリモートで起動することができるデスクトップ環境、及びプログラミングをしたりそれを変更したりできる統合開発環境を開発した。
  - ・rapyuta.io の機能をコマンドラインから利用できるように、コマンドラインインターフェースを開発した。
- 上記の成果により、プラットフォーム上で開発者がソフトウェア開発を行う作業効率は向上している。

## 4)ROS2.0 の規格への対応機能の開発(実施先 Rapyuta Robotics Private Limited)

### 目標

ROS 2.0 規格でネットワーク通信する機能を開発する。

### 成果

- ・通信パターン及びネットワークを選択できるようにしたことで、ROS1/ROS2 規格に対応可能になった。
  - ・ROS2 用のルーティングネットワークの設計のバックボーンとなる DDS ルータを実装した。
  - ・ROS2 用のネイティブネットワークで通信するための PoC を実施した。
- 上記の成果により、ROS1 だけでなく ROS2 にも対応することができるようになり、ROS2 特有の分散処理、リアルタイム処理を実施することが可能になっている。

## 5)OPC-UA の規格への対応機能の開発(実施先 Rapyuta Robotics Private Limited)

### 目標

OPC-UA 規格でネットワーク通信する機能を開発する。

### 成果

- ・OPC-UA をサポートする公開パッケージを開発し、マーケットプレイスでも利用できるようにした。
- 上記の成果により、産業オートメーションの業界の標準である OPC-UA の規格に対応することで、産業オートメーションのロボットとの接続が加速化される。

## 6)ORiN の規格への対応機能の開発(実施先 Rapyuta Robotics Private Limited)

### 目標

ORiN 規格でネットワーク通信する機能を開発する。

### 成果

- ・OPC-UA の規格と比較して、ORiN の規格の必要性は低かったため、OPC-UA の規格対応に注力した。今後、ORiN の規格の必要性を見極めたうえで、ORiN の規格対応の開発を実施する。

→ 今後、工場内の通信標準である ORiN の規格に対応すれば、工場内のロボットとの接続が加速化される。

7)より多種類のロボットを接続するための開発(実施先 Rapyuta Robotics 株式会社、Rapyuta Robotics Private Limited)

#### 目標

プラットフォームに接続できるロボットの数を増やすためのソフトウェアを開発する。

#### 成果

- ・ドライバーを実装することで、以下のロボットを接続できるようにした(ピッキングアシストロボット ver. 2、ピッキングアシストロボット ver. 3、無人搬送車、小型搬送車、パレットピッカー)。
- ・今後、接続台数を増加させるプロセスを可能にすることを目的として、ソフトウェアパッケージ(ロボットのハードウェア・センサーのドライバー、ナビゲーション・ローカライゼーション、パーセプションのソフトウェア)を外部ベンダーが簡単に配布できるように、マーケットプレイスを構築した。

→ 上記の成果により、プラットフォームにロボットを接続するプロセスが簡易化される。

8)倉庫管理システム(実施先 Rapyuta Robotics 株式会社)

#### 目標

倉庫管理システムと連携するためのアダプターを開発し、連携できる倉庫管理システムの数を増やす

#### 成果

- ・REST 型 API だけでなく、FTP にも対応できるインターフェースを開発した。
- ・処理状況を可視化する UI 表示改善の機能を開発した。
- ・倉庫管理システムの違いがある部分をコーディングせず、設定値として入力する方式にすることで、倉庫管理システム毎のカスタマイズを極小化した。

→ 上記の成果により、プラットフォームと倉庫管理システムを連携するプロセスが簡易化される。

### 3-2-2-5. サプライチェーン組換えや全体最適評価可能な原価企画／見積シミュレーション開発事業

(実施先:ビジネスエンジニアリング株式会社)

#### 3-2-2-5-1. 研究開発の概要と実施計画

製造工程間のデータと連携する原価企画/見積システムの開発提供を行い、サプライチェーンの組換え等のシミュレーション及び経営判断を支援すると共に、新製品開発(製品企画/製品設計)や設計変更時におけるサプライチェーン実態を踏まえた経営上の実現性検討を支援し、製造企業の迅速かつ全体最適な意思決定の促進を図る。原価構成のシミュレーション機能を活用して、製品企画/設計初期段階や製品のラインナップ変更時に精度の高い原価企画を実現するとともに、想定販売量や利益、設備稼働率、設備の投資回収状況等を割り出し、製品ごとの投資回収進捗や見通しを管理する等、サプライチェーン実態を踏まえたコスト削減効果や利益創出の観点で経営意思決定を迅速に実施できるようにする。

エンジニアリングチェーンとサプライチェーンのデータ連携基盤に組み込み可能な原価企画/見積機能の開発提供を、生産販売原価システム mcframe 7 および工程間データ連携システム mcframe PLM EM-Bridge の開発提供の実績により獲得した知見を統合して実施する。将来的に、製造業のエンジニアリングチェーンとサプライチェーンの全体最適を原価視点でシミュレーション評価するサイバー・フィジカル・システムへの展開を目指す。

mcframe ファミリー製品内でのデータ連携性を確保するとともに、外部システムとの連携が可能な API 機能を用意し、導入の容易性(利用システム組合せの柔軟性)も確保してエコシステムとしての市場展開を可能とする。また、一般にシミュレーション用のデータ準備が運用上の課題となることが多いが、API 機能を含む工程間のデータ連携の仕組みの中で、連携するデータ粒度の調整やデータ作成自体を自動化していくための支援機能も開発提供することにより、本課題の解決を図る。

#### 3-2-2-5-2. 研究開発の内容と目標

mcframe PLM EM-Bridge および mcframe 7 の開発提供により獲得した経験と知見およびノウハウを統合して、エンジニアリングチェーンとサプライチェーンのデータ連携基盤に組み込み可能な原価企画/見積のシミュレーション評価ができるシステムの開発提供を行う。mcframe ファミリー製品内でのデータ連携性を確保するとともに、外部システムとの連携が可能な API 機能を用意し、利用システム組合せの柔軟性と導入の容易性も確保してエコシステムとしての市場展開も可能とする。また、一般にシミュレーション用のデータ準備が運用上の課題となることが多いが、API 機能を含む工程間のデータ連携の仕組みの中で、連携するデータ粒度の調整やデータ作成自体を自動化していくための支援機能も開発提供することにより、本課題の解決を目指す。

製造工程間で連携するデータに原価情報も加えたサプライチェーンの組換え等のシミュレーションによって経営判断を支援すると共に、新製品開発(製品企画/製品設計)や設計変更時におけるサプライチェーン実態を踏まえた経営上の実現性検討も支援し、製造企業の迅速かつ全体最適な意思決定を促進できる仕組みの開発を目標とする。

## 【目標】

### 【調査要件定義】

- 1) 運用シナリオの対象整理と機能範囲の特定
- 2) 具体的な開発項目内容の決定

### 【設計開発】

- 3) 原価企画/見積シミュレーション機能と工程間データとの連携機能の実現

### 【検査テスト】

- 4) 動作確認およびインストール確認による不具合解消
- 5) 使用性向上

#### 3-2-2-5-3. 研究開発の成果

事業目標として設定したエンジニアリングチェーンとサプライチェーンのデータ連携基盤に組み込み可能な原価企画/見積のシミュレーション評価ができるシステムの開発を実施できた。

工程間データ連携システム (mcframe PLM EM-Bridge) と連携可能な原価企画/見積シミュレーション評価機能ユニットを mcframe 7 に追加し、mcframe ファミリー製品内でのデータ連携性を確保するとともに、外部システムとの連携が可能な API 機能を用意して導入の容易性 (利用システム組合せの柔軟性) も確保した。工程間のデータ連携の仕組みの中でシミュレーションのためのデータ粒度の調整やデータ作成自体を自動化していくための支援機能は、市場の評価をうけながら今後改善していくことを検討する。また、より広く普及を行うために、開発機能を更にコンパクトかつリーズナブルな構成で提供可能にしていくことについても、今後改善していくことを検討する。

## 【成果】

### 【調査要件定義】

- 1) 運用シナリオの対象整理と機能範囲の特定

製品事業収益管理のための製品見積原価シミュレーション領域と事業収益シミュレーション領域を対象範囲とした。過去案件事例と関連ソフトウェアパッケージを調査研究し、実現すべき要件ポイントを抽出して整理した。市場提供されているソフトウェアパッケージは業務モデルとして、それぞれ製品原価企画シミュレーション、製品見積原価シミュレーション、事業計画シミュレーションをカバーしているが、それらのデータを連携して導き出される事業収益シミュレーション部分が不足している。そこで、当社のエンジニアリングチェーンデータとの連携知見やノウハウを活かせる領域を特定した。

この領域のシミュレーション機能を実現することにより、原価情報を活用した経営指標を生成してトップダウンの意思決定を強化するとともに、活動指標を現場に浸透させて全体最適につながる改善や改革を促し、製造業のデジタル技術を活用したビジネスモデル変革を支援することが可能となる。



## 2)具体的な開発項目内容の決定

2つのメイン開発課題テーマ(原単位シミュレーション/原単位管理および、原単位を利用した見積/収益シミュレーション)と、4つの補足課題テーマ(実力原価確認:最新マスタ情報に基づく見積原価シミュレーション、原価低減活動や生産地切替による見積/収益シミュレーション、エンジニアリングチェーンデータ(BOM/BOP情報)連携、為替などの変動要素の変更/変化傾向による見積/収益シミュレーション)に絞り込んだ。

製品事業収益管理のための製品見積原価シミュレーション領域と事業収益シミュレーション領域における業務と運用シナリオの整理行い、保有技術やノウハウを活かすことのできるシステム化の対象業務機能を「事業予算計画立案、事業予算進捗確認、収益見込確認および変更影響確認、事業予算計画改訂」に設定した。また、システム支援が有効な対象業務機能項目を特定し、業務フローを作成し、業務フローと開発項目内容の検討を行い、機能概要書を作成し、開発項目を定義した。

### 【設計開発】

#### 3)原価企画/見積シミュレーション機能と工程間データとの連携機能の実現

mcframe 7 と組み合わせて利用可能な原価企画/見積シミュレーション機能とエンジニアリングチェーンとサプライチェーンの工程間データとの連携機能を実現した。

主要機能となるサプライチェーンの迅速かつ柔軟な組換えのためのシミュレーションを利用する動機として、産地替え・ディスコン検討・変動費変更・固定費変更・コストアップ要請・コストダウン要請・戦略的コストダウン提示・戦略的経費削減提示・新製品原価企画・設計変更など定義し、その実現検討にあたり、自動化と意思入れ、統制管理と自由度や柔軟性という背反する要求のバランスをとり昇華させることを中心に調査研究を行い実装した。

実現においては、開発課題テーマと設定した対象業務の内容を踏まえ、システム化のメリットや既提供システムなどのエンジニアリングチェーンとサプライチェーンのデータ連携を検討し、システム支援が有効な対象業務機能を特定する業務フローと機能概要書を統合整理して開発項目機能一覧を定義し実施した。

なお、早期の市場投入を行うために、主要機能となるサプライチェーンの迅速かつ柔軟な組換えのためのシミュレーションとその評価機能の実現を優先した。当初計画の工程間のデータ連携の仕組みの中でシミュレーションのためのデータ粒度の調整やデータ作成自体を自動化していくための支援機能は、早期に市場投入して市場の評価をうけながら改善検討していく方針とした。

### 【検査テスト】

#### 4)動作確認およびインストール確認による不具合解消

動作確認およびインストール確認による不具合解消と、重大な残課題がないことを確認した。開発機能範囲を網羅するテストシナリオを定義し、テストシナリオ・ケースを充足するテストデータを準備して、業務観点での検査テストを行い、テストシナリオ通りの動作となることを確認した。また、最後にインストールテストを行い、設計開発成果物の全体構成確認を行った。

#### 5)使用性向上

パフォーマンス上の重点機能を含むパフォーマンステストケースを計画し、当社製品 mcframe のパフォーマンス基準にもとづくテストを行った。また、当社製品ドキュメント体系に沿ったマニュアルなどのドキュメントを作成し、当社製品 mcframe 基準の品質レビュー検査を行った。検査の結果、いくつかの不具合を発見し、その修正を行った。

### 3-2-2-6. 『一気通貫型』輸配送管理システム(TMS)プラットフォームの構築 (実施先:株式会社パスコ)

#### 3-2-2-6-1. 研究開発の概要と実施計画

『一気通貫型』輸配送管理システム(TMS)プラットフォームの構築の研究開発については、株式会社パスコにおいて、18年に渡って200社を超える企業様に提供してきたラストワンマイルや店舗配送など地場配送向けのTMSであるLogiSTARのノウハウ、経験をベースに調達、幹線を繋ぐ一気通貫型のTMS構築を目的として、必要なエンジン、機能、画面、システム連携、サービス環境等の研究開発を行う。既存ユーザからヒアリングを行い、荷主、3PL、運送事業者などの各ステークホルダーそれぞれが必要とするサービスを整理し、使いやすく、現場で継続的に利用できるユーザビリティ性の高いサービス構築を図る。

#### 3-2-2-6-2. 研究開発の内容と目標

『一気通貫型』輸配送管理システム(TMS)プラットフォームの構築の研究開発については、以下の開発内容が必要と考える。

- ・エンジン: ルート最適化エンジン、組み合わせ適正化エンジン、ナビゲーション
- ・機能: オーダー取り込み、オーダー自動/手動割り当て、労務管理、配車表出力、  
動的な管理、配送ステータス管理、貨物追跡、納品証跡取得
- ・画面: 配車画面、オーダー取り込み画面、コースMAP画面、配送車両確認画面
- ・システム連携: WMS連携、バース予約システム連携、求貨求車システム連携
- ・サービス環境: クラウド環境選定、構築方法

これらについて、既存ユーザに対して業務ヒアリング、要求ニーズなどを行い要件定義を実施、ステークホルダーごとの運用フロー、機能要件、非機能要件、サービス運用効果、業務改善効果などを整理して開発を行う。

#### 【研究開発の内容(必要要件の検討)】

調達先、荷主、運送会社間で輸配送情報連携する際の現状の業務分析を実施する。特に調達・幹線・販売物流を一元管理するという目的に対して、各業務を整理し、それぞれの業務における必要要件の洗い出しを実施する。

#### 【目標】

- 1) サプライチェーンの全体を網羅した必要要件の洗い出し

#### 【研究開発の内容(プラットフォームの基本設計)】

基本設計実施の際に、インフラ及びアプリケーション含めてのシステムにおけるセキュリティポリシーと、運用に際しての運用ポリシーを整理した上で、セキュリティ要件を策定し、各設計を実施する。

##### 【目標】

2) プラットフォームの基本設計実施

#### 【研究開発の内容(プラットフォームの開発・製造)】

主要な機能、エンジン、アルゴリズム、データ等について並行開発をするため、各機能単位の整合性及び結合性を意識する必要がある。アジャイル開発方式を採用し、設計～開発～テストを繰り返し実施して実現する。

##### 【目標】

3) プラットフォームの開発・製造

#### 【研究開発の内容(プラットフォームのシステム試験)】

主要な機能、エンジン、アルゴリズム、データ等について並行開発をするため、各機能単位の整合性及び結合性を意識する必要がある。アジャイル開発方式を採用し、設計～開発～テストを繰り返し実施して実現する。

##### 【目標】

4) プラットフォームのシステム試験完了

#### 【研究開発の内容(プラットフォームの環境構築)】

試験環境をクラウド上に構築し、同等の環境下とする。また、IaC(Infrastructure as Code)を採用することで環境不一致が発生しないよう運用上のポリシーを設ける。また、本番環境構築後も環境変更が随時行えるような手法を構築する。

##### 【目標】

5) プラットフォームの環境構築完了

#### 【研究開発の内容(プラットフォーム評価)】

試験環境をクラウド上に構築し、同等の環境下とする。また、IaC(Infrastructure as Code)を採用することで環境不一致が発生しないよう運用上のポリシーを設ける。また、本番環境構築後も環境変更が随時行えるような手法を構築する。

##### 【目標】

6) プラットフォーム評価実施

### 3-2-2-6-3. 研究開発の成果

図 2-6-1. に示す通り、現在の輸配送は、調達先、荷主、運送会社間で注文・荷物・車両情報が分断され、部分最適で終わっているため、サプライチェーンの全体における最適化が図れていない。そのため、配送車両の稼働率・積載率の偏りや、アナログ作業による長時間業務の発生、納品リードタイムの長期化などの問題に繋がっている。

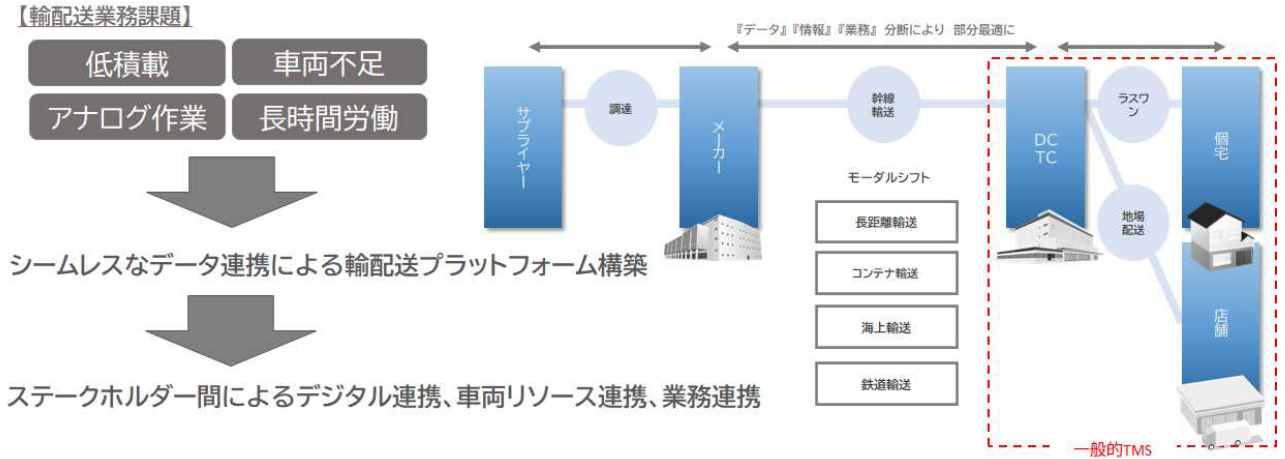


図 2-6-1

『一気通貫型』輸配送管理システム(TMS)プラットフォームの構築の研究開発については、下図の通り各輸送領域を繋げ必要なタイミングで必要な情報を共有できるプラットフォームで「データ」「情報」「業務」を連携し、一気通貫での業務最適へ寄与できるシステムが構築できたと考える。

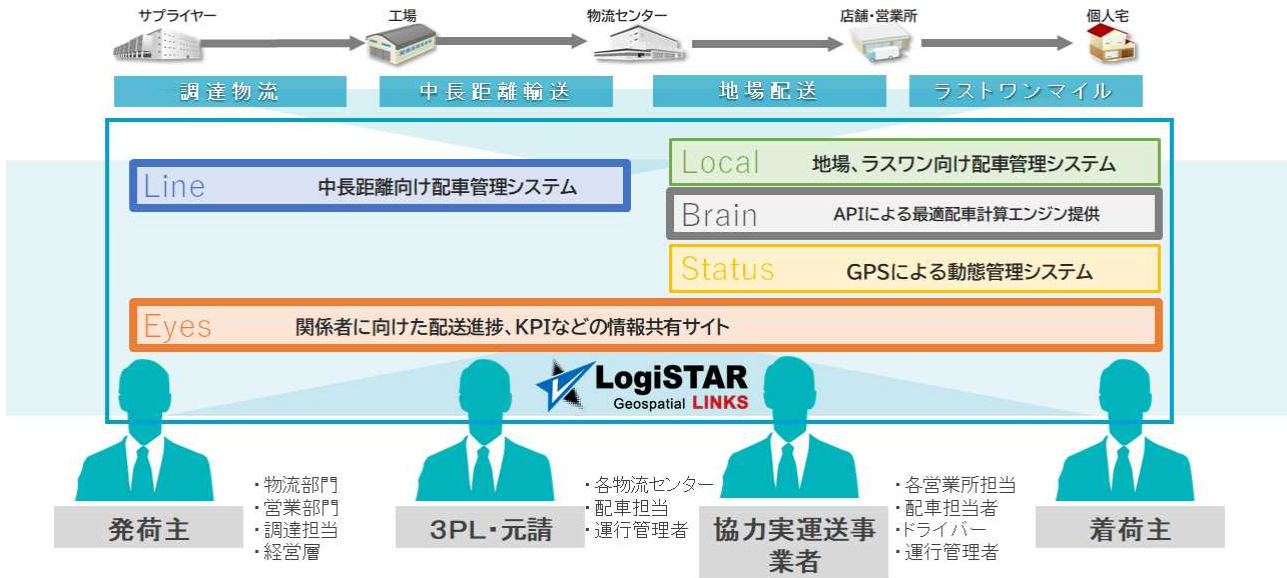


図 2-6-2

## 【成果】

### 1) サプライチェーンの全体を網羅した必要要件の洗い出し

既存ユーザへ対して、要求機能に関するヒアリングを実施し課題に対する解決を行った。ヒアリング結果から現在の配車システムが抱える課題、問題点、そして目指すべき姿が浮き彫りになった。また、荷主、3PL、運送事業者によって、必要な機能、情報は異なるが、業界の構造問題などにより、同一 PF 上で情報、データの連携が必要であることも明確になった。

### 《配車システムに求められる重要事項》

- ・配車指示のデジタル化: 運送事業者 99% が中小企業のため IT 投資力、リテラシーが低くアナログ作業が前提となり配車システムへのデータ取込が課題。3PL からの配送指示も依然として「Tel, FAX, メール」であるため、同一 PF 上での配車指示送受信、および配車組みが求められる。
- ・配車ロジック: 昨今の配車システムは効率化を求めたアルゴリズム偏重となっているが、現場が求めるロジックは、①委託会社との関係性、②労務管理が最優先である。経験や勘に依存する判断を「いかにロジックに組み込むか?」、「手動操作性に任せるか?」が重要となる。
- ・稼働工数減: 配車効率向上だけでなく、配車業務に関わる周辺作業の効率化が重要である。
  - ① 法定帳票や依頼書のデジタル化、②手打ち作業の撲滅、③配送ステータスの共有(荷主、3PL、運送会社、お客様)、④請求・支払確認作業の撲滅
- ・配車管理: 配車組みだけでなく、点呼、荷積荷下ろし、委託会社管理、帰り荷手配、請求支払管理までの一連の流れの管理が求められる。

### 2) プラットフォームの基本設計実施

「信頼性」「可用性」「保守性」「完全性」「気密性」の高いシステムにすべく、設計を行った。あわせて、マイクロサービスアーキテクチャを採用することとした。

- ・障害の影響を局所化で、障害発生時に迅速な対応が可能
- ・柔軟な技術選択が可能
- ・システムリソースを効率よく利用できる
- ・今後更にシステムを拡張していくため、新規機能やバグ修正を迅速にシステムに反映できるインフラ・システム構成のレビューを繰り返し実施。運用ポリシーについて上がった
- ・課題に対する解決策の検討を行い、サービス構成・機能を決定した。セキュリティ要件、コーディング規約や AWS の各サービスの利用、OSS の利用方針など開発規定の策定も実施した。

### 3) プラットフォームの開発・製造

アジャイル開発方式を採用し、各機能単位で設計～開発～テストを繰り返し実施して開発を行った。

### 4) プラットフォームのシステム試験完了

アジャイル開発をしていく上で品質を高めるため、「再テストの効率化」「テストケースのブラッシュアップ」を基本方針としてテスト活動を実施した。

#### ・再テストの効率化

ツール(jmeter)を導入することで毎回同じ条件でテストができるため、繰り返し実行を可能とした。繰り返し実行が可能となることで、機能追加において前回までの開発分も含めてテストが実施できるため、機能劣化を防ぐことができる。

#### ・テストケースのブラッシュアップ

開発サイクル毎に発生する追加分や第3者による新たな試験観点、バグ発生に伴う考慮不足などによってテストケースが増加していく。増加したテストケースを試験書に追記しブラッシュアップさせることで機能品質を高めることができる。開発サイクル毎にテストを行うことで早い段階でバグ検出することができ、不足していたテストケースをブラッシュアップさせた試験書、ツール設定に反映して実施していくことで当初機能からの乖離がないことを担保した。

### 5)プラットフォームの環境構築完了

プラットフォームの環境構築については、IaC(Infrastructure as Code)を採用して、サービスモジュールのビルド、及びインフラ構築、モジュールデプロイを自動化した。ビルド～インフラ構築～デプロイの流れを全て自動化することで、クラウド本番環境と試験環境との不一致をなくすことが可能となった。また、環境構築時の設定漏れ、設定ミスといったヒューマンエラーが発生しない環境構築・リリースが可能な手法を構築した。

### 6)プラットフォームの評価

荷主企業、3PL企業、運送会社に協力いただき、以下の基準で評価を実施した。

#### 評価①

開発機能全般について、「操作性、機能の内容」「SCM全体を見据えた業務への適用性」・「将来要望」についてそれぞれ評価を実施。

#### 評価②

(1) 調達先、荷主、運送会社間におけるシームレスな輸配送データの統合・連携

(2) 一気通貫型での輸配送計画の立案、車両・荷物確保

について、今後の将来開発計画も含んだ上で、実現可能・期待できるあるいは実現が難しいかの評価を実施

評価の結果、評価①、評価②ともに業務の観点で著しい機能乖離がないことが確認できた。

今後の機能強化や取り入れていくべき要望はあるが、本事業によって開発したプラットフォームにて、サプライチェーンの調達・幹線・販売物流の全体を一気通貫でつなげるという目標が達成できたと考える。

本研究開発の成果として、荷主・3PL会社・運送会社に対して以下のメリットを提供できることが確認できた。

○荷主のメリット

- ・3PL 事業者との情報の共有や連絡をデジタル化することでの業務効率化
- ・輸配送情報の見える化による、納期遅延など配送状況下のトラブル要因の早期把握と対応力強化
- ・SCM 全体の把握による配送日程を考慮した調達・生産計画の実現

○荷主のメリット

- ・荷主や協力運送会社までの保有データをデジタルでつなぎ、効率的な情報共有を実現
- ・SCM 内での車両リソースの共有による稼働率の最適化
- ・輸送手段や輸送コストを考慮したリードタイムの最適化

○運送会社のメリット

- ・3PL 事業者との情報共有と連絡やりとりの効率化
- ・アナログな配送指示の廃止によるデータ入力業務工数の削減
- ・車両のマッチングによる車両リソースの有効活用

### 3-2-2-7. タイムベース戦略型サイバー・フィジカル・システムの開発

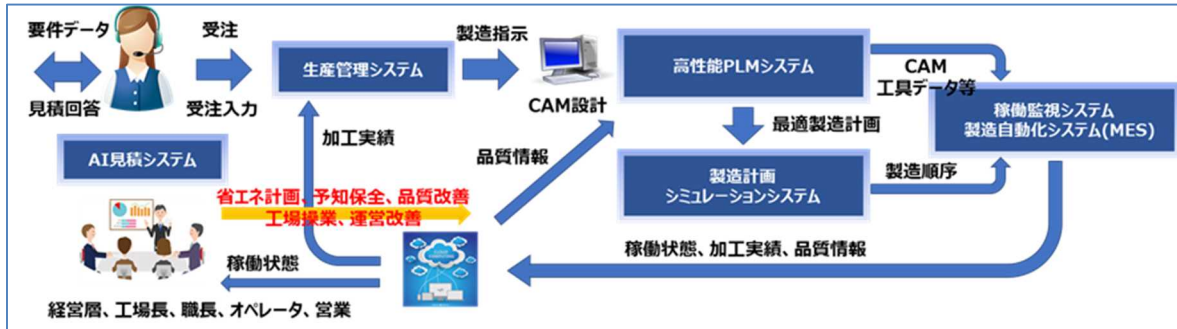
(実施先:ロボコム・アンド・エフエイコム株式会社)

#### 3-2-2-7-1. 研究開発の概要と実施計画

弊社が属する少量多品種の受注生産業者の顧客は、主にメーカー品を製造する開発者である。現在、メーカー品の開発者は変化しやすい消費者ニーズ、日進月歩の技術革新などを取り込むべく、開発サイクルを短縮化せよというプレッシャーを日々受けている。さらに、新型コロナウイルスなどによるサプライチェーン分断やサプライヤーの急な営業停止などにより、すぐに部品の製造を見積、請け負ってくれる外注業者を必要としている。一方、少量多品種製造業者は、顧客の幅広い要望に柔軟に対応できるように経験を積んだ熟練者が属人的に対応してきたため、少量多品種の受注生産業者では見積から納品まで含めた短納期がいまだに実現されていない。弊社は本研究開発により、今まで部門間、製造工程間で分断されていたデータを一元管理し、工場全体のリアルタイムでかつシームレスなデータ連携を行う。具体的には、

- ・AI 自動見積システム開発と生産管理システム連携による営業と工場間
- ・加工業界向け高性能 PLM(Product Lifecycle Management)システム構築による製造工程間
- ・製造計画シミュレーションシステム構築と稼働監視・製造自動化システム開発による工場全体

のデータ連携を行い、これらの実現によりタイムベースを最大の提供価値とした、中小企業でも導入可能なタイムベース戦略型サイバー・フィジカル・システムの開発を実施する。



＜サイバー・フィジカル・システム運用モデル図＞

### 3-2-2-7-2. 研究開発の内容と目標

サイバー・フィジカル・システム構築を目的に、以下の4項目のシステム開発・連携を目標として設定した。

#### 【AI 自動見積システム開発と生産管理システム連携】

##### AI 自動見積システム開発…

Web上で顧客に提示された3Dデータに対して、独自開発の『形状分析・最適加工法推測アルゴリズム』を活用して、母材寸法・体積確定、必要加工面の特定、加工数量と穴開け数量算出、公差情報取得、加工機選定、その他特殊条件推定、などを算定することと、『類似加工品検索アルゴリズム』を活用して、弊社の図面データベースより最も形状の近い図面候補を推定表示すること、を併せて実施することにより、自動的に見積結果を表示するシステムを開発し、見積回答1時間以内を目標とする。

##### 生産管理システムとの連携…

AI自動見積により受注した受注データを、生産管理システムの製造計画データに落とし込み、このデータを他のシステムと連動していく仕組みを構築し、生産管理システムへの受注データ自動入力によるオペレータ2名の省人化を目標とする

#### 【高性能 PLM システム構築】

生産現場で別システムとして存在するCAD、CAM、工具、測定データ、組立手順などをデジタル化し一元管理するデータベースの構築と、各工程の加工機が当該データベースにアクセスし、かつ、横連携するためのAPIおよびネットワークの構築を実施し、製造工程のデジタル化による熟練技能に依存しない製造体制確保を目的とする。

#### 【製造計画シミュレーションシステム】

『生産管理システム』から出力された受注オーダーに対して、加工時間、段取り替え、二次加工、仕上げ作業、検査等の製造パラメータをベースに製造計画のシミュレーション(以下「SIM」と表記する。)を実施、導き出された最適な製造計画をリアルタイムで提供することを目標とする。

#### 【稼働監視・製造自動化システム】

##### 稼働監視システム…

加工機、ロボットシステム、照明、空調などの稼働データを集計、データを経営層・部門長・担当者など視認者ごとに必要な形で選択表示する「製造現場の見える化」を実現するシステム



構築を目標とする。各設備とのやりとりにおいて、「データ通信規格」と「プログラム言語」を通信インターフェイス『ORiN2』を活用しシステム統合を図る。

#### 製造自動化システム…

『生産管理システム』から排出された生産計画取り込んだ『製造計画 SIM システム』が最適化計算をした製造スケジュールに基づいて製造を実行するシステム開発を目的とする。自動化検証の工程として、一連の動作が有人作業と同等の作業時間で実施することを目標とする。

#### 会津大学との連携対象…

稼働監視システム、製造自動化システムのデータ解析

### 3-2-2-7-3. 研究開発の成果

#### 【AI 自動見積システム開発と生産管理システム連携】

##### ◆AI 自動見積システム

##### AI 自動見積システム開発項目

###### >操作画面

①ログイン画面 ②ユーザー情報登録画面 ③CAD ファイルのアップロード画面 ④ユーザーログイン画面 ⑤(フォルダごと)形状読み取りできたファイルのリスト(削除を含む)、ステータス表示、材質入力・更新、発注ボタン画面 その他、計 10 項目

###### >ロジック

A 加工部分の抽出ロジック B NG 形状と加工方向の解析ロジック  
C 各加工部分の計測ロジック D 加工時間推計ロジック

###### >見積もりのための換算テーブル

G 材質別材料費テーブル H 公差加減倍率テーブル  
I 加工時間・使用機械から見積もり金額への換算テーブル  
J 繁忙状況による加減テーブル

##### AI 自動見積システムの特徴

・WEB上で加工依頼品の CAD 図面をアップロードし、公差情報等の詳細を入力すると、加工品イメージ画像が納期・金額とともに一覧表示される。納期は通常納期、短納期から選択が可能である。

・加工不可の場合(湾曲加工など AI 判定が不可であるもの、品質保持のためアラートが出される等)は注文を受けないのではなく、オペレータの個別対応へ誘導をし、案件の取りこぼしを防ぐ。

・注文前の見積書の発行も可能、まずは相見積先、お試し利用からスタートし、徐々に大口利用を狙うなど、現状の案件取得までの流れを勘案したシステムとしている。

##### ◆生産管理システムとのデータ連携

生産管理システムへ AI 見積が受注したデータを基に製番、受注日、得意先コード、納入場所及び住所、希望納期、受注数量、受注単価と金額など合計 18 項目の受注データを一括入力、その後のシステム連動時の開始データとして活用する。

##### ◆従来作業と本事業構築システムとの作業工数比較

当社の 2021 年度の受注件数 4,026 件の部品点数の平均は 25 点であった。熟練作業者による従来作業と AI 見積の作業時間を比較した場合、前者は 57H、後者は 36H となり、約 37% の作業効率化が図れた。熟練作業者にとって多大な時間を要する顧客との電話応接がなくなり、また簡易的な見積作業がほぼ削減が出来ることにより、難案件のみ見積作業に注力することで見積精度が上がる事が期待される。また、AI 見積では個別対応案件を特定のメールボックス等へ誘導することが可能となり、案件の取りこぼしを格段に予防できることも利点である。以上のことより、AI 見積については見積作業工数削減と見積精度向上の双方を導く想定以上の成果となった。残項目(旋盤加工・湾曲面加工についての AI 見積対象追加、アクセス速度向上のため大容量クラウドサーバ検証、など)については、継続して取り組む。

### 従来手法と AI 見積活用時の見積作成工数比較

【前提条件: 部品点数 25 点(当社の 1 件当たりの平均部品点数)、単位: 時間】

工程	熟練作業者	AI 見積	備考
電話応接	5 H	2 H	AI 見積は顧客からの確認電話のみ想定
設計・加工工程確認	10 H	なし	設計
CAD 等図面作成	32 H	32 H	顧客から CAD 図面は提供されることが大半であるが CAM 図面の作成は必要
見積作成	6 H	1 H	AI 見積は難案件のみ計上
再見積作業	4 H	なし	
総作業時間	57 H	最大 36H	CAM 図面提供の場合、AI 見積は最小 3H

### 【高性能 PLM システム構築】

#### ◆システム連携対象

- \*機械マスタ連携 (生産管理システム、PLM、製造自動化システム)
- \*作業実績情報連携 (生産管理システム、製造自動化システム)
- \*品番マスタ連携 (生産管理システム、PLM、ツール管理システム)
- \*加工・生産計画情報連携(生産管理システム、PLM、製造計画 SIM システム)
- \*担当者・品番検索(生産管理システム、製造自動化システム)
- \*ツールロケーション情報連携(製造計画 SIM システム、ツール管理システム)
- \*統合テスト (生産管理システム、PLM、製造計画 SIM システム、製造自動化システム、ツール管理システム)

#### ◆設定要件定義(5秒以内に以下の単一処理が完了すること)

- \*機械マスタ連携(工作機械の種別、ロケーション、加工可能対象、使用電力等)
- \*作業実績情報連携(加工時間、原材料使用料、廃棄物情報等)
- \*品番マスタ連携(工具種別、数量、加工可能対象、劣化情報等)
- \*加工・生産計画情報連携(受注情報、仕様材料、仕様ツール、仕様加工機の連携)
- \*担当者・品番検索(生産製品にかかる品番、加工作業・情報入力などの担当者情報)
- \*ツールロケーション情報連携(ツールの設置場所(設置数含む))
- \*統合テスト(上記6項目の情報掃き出しと受入の確認)

\*見積のための換算テーブル(AI 自動見積に準拠)

\*外部システムとの連携(生産管理システムに生産工程カレンダーを取込して連動する)

#### ◆従来作業と本事業構築システムとの作業工数比較

従前作業とPLMシステム導入時の作業時間を比較した場合、従前作業の総作業工数は88H、PLMシステム導入時の場合は49Hとなり、約44%の作業効率化が図れた。しかしながら、「生産管理策定」は後述する「製造計画SIM」による最適計算による効果によるものが大きいものの、本項目を除いた比較では、従前作業が56H、PLMシステム導入時が48Hと15%程度の効果である。複数システムに複数者が同一情報を入力することは、非効率で、入力誤謬の可能性もあり、このデータ連携は、作業効率化を図りながら現場管理の質向上にも繋がり、製造工程の最適化を図る上でも、本システムの導入は必須であることを示した。更なる効率化に向け、自動加工ゾーンの整備完了の後、ツールロケーションも含めた整備を徹底し、改めて現状作業とPLMシステム導入時の比較・検討を図る。

#### 従来手法とPLMシステム活用時の作業工数比較

【前提条件:部品点数25点(当社の1件当たりの平均部品点数)、単位:時間】

工程	従前作業	PLMシステム	備考
CAD等図面作成	32 H	32 H	AI見積は顧客からの確認電話のみ想定
工具管理	4 H	1 H	従前は作業者の主観により決定
※生産管理策定	32 H	1 H	従前は現場管理者が案件受注の都度、工程表を刷新、伝達の必要あり
データベース入力	20 H	15 H	従前は別データとしてExcel等で管理
総作業時間	88 H	49 H	CAD図面提供の場合、PLMシステム導入時は最小2H

#### 【製造計画シミュレーションシステム】

##### ◆シミュレーションソフトによる製造計画の最適化

デジタル上に南相馬工場を再現、加工機の稼働状況と材料の購入・費消、検査、物流までを含めた製造工程SIMを実施する。熟練工程設計者が設計する現状計画に新規受注案件を受注順に追加した『仮想製造計画』と、現状計画と新規受注案件を合算した全案件に『高性能PLMシステム連携』の各種連携を勘案し最適化計算を実施するSIMモデルを比較表示して作業時間の削減を図る。

##### ◆最適化計算を実施する際の各種マスタの例

\*設備マスタ(稼働対象の加工機を選定)

\*作業情報マスタ(作業対象者と作業従事率の選定)

\*AGVマスタ(作業AGV選定と作業スピードと積載容量の選定)

\*稼働マスタ(加工機毎の稼働付加(≒稼働率)の選定)

\*シフトマスタ(稼働時間の選定)

\*投入条件マスタ(加工機毎による使用材料制限や連続作業制限などの選定)

\*ツール座標マスタ(各種アタッチメントの設置場所と寿命などの制限選定)

- \*仕掛品マスタ(同一材料を使用する際の仕掛品使用の優先順位の選定)
- \*消費電力マスタ(「処理中」「待機中」「アイドル中」「スタンバイ中」「電源オフ」など)
- \*製品マスタ(完成品の計上を想定し、AGV 搬送の可否や保管状況を勘案する)

◆SIM 単体の削減効果と従来作業と本事業構築システムとの作業工数比較

SIMソフトの各種マスタへの情報入力には概ね 16H ほどの作業時間を要し、現状の受注状況を単純に受注順序の時系列通りの生産 SIM をしたところ、先方指定から 4 件の納期遅延が発生をする状況で、また、電力使用量は 916.1kw を使用する見込み結果となった。本データ結果に対して「納期期限」を設定変更し、単に『実行』ボタンをクリックすることで、生産計画の再計算がかかり、納期限内で作業が完了となるように、「仕掛品の移動」や「AGV 搬送経路」まで勘案した「加工機選定」と「加工順序変更」を AI 自動計算し、最適化生産計画を算定した結果、納期遅延が 0 となり、さらに電力使用量も 853.7kw と省力化を得られる生産結果が得られた。本 SIM の活用により、最適化計算が概ね 10 分(SIM ソフトの計算時間)で実施できる。従前作業と SIM 活用の場合は比較し、大幅な差異が見られた。

従前作業とシミュレータ活用時の作業工数比較

【前提条件:部品点数 25 点(当社の 1 件当たりの平均部品点数)、単位:時間】

工程	従前作業	シミュレータ	備考
作業人員確認	5 H	なし	
工具管理	4 H	1 H	
加工機状況確認	5 H	1 H	
加工機段取り替え	28 H	5 H	従前作業は工程管理者の主観で決定
総作業時間	42 H	7 H	通常の加工機の作業時間は含まない

【稼働監視・製造自動化システム】

◆稼働監視システム

操作画面(抜粋)

- ①システム共通画面
- ②全体ビュー(全エリアの稼働状況等を表示)
- ③エリアビュー(対象エリア内を表示)
- ④ファクトリービュー(各工場内を表示)
- ⑤空調操作ビュー(稼働状況と ON/OFF 操作)
- ⑥照明操作ビュー(同)
- ⑦加工機詳細ビュー(選択した加工機毎に情報表示)
- ⑧お知らせ一覧
- ⑨アラーム一覧、アラーム履歴
- ⑩モニタビュー(全体・エリア・工場・ゾーン・機器の電力・エア量・水量・切粉重量を表示)
- ⑪各種メンテナンス一覧、履歴 など

稼働監視システムの特徴

- ・工場フィールド内における情報通信基盤として、通信インターフェイス『ORiN2』を採用し、クラウドアプリケーションに転送する。
- ・各設備のおおよそ 30 分前の稼働状況が見える化することに成功。ニアリアルタイムでの稼働監視に成功している。
- ・製造品の最小単位での原価管理に必要な稼働時間、エア流量、水使用量なその情報の収集に貢献。

#### ◆製造自動化システム

- ・高性能 PLM システムにより構築された製造現場の連携を基に最適化計算をした製造スケジュールに基づいて製造を実行。
- ・制御については、メーカー規格による依存を可能な限り排除することを目的として通信インターフェイス『ORiN2』を用いて設備との通信を実施。
- ・自動化システム検証は、目標の一連の工程の実施を以て完了要件とする。

#### ◆稼働監視システム、製造自動化システムのもたらした成果

稼働監視システムについては事業期間内に要件を網羅した「稼働監視システム」を導入することが出来た。各設備の稼働状況を見える化することで指定する期間の稼働履歴を抽出表示することが可能となり、案件種別の細目(材質・加工方法・作業担当・作業密度等)について作業担当者の主観的なヒアリングを経ずに、本質的な予実比較検討をすることが可能となった。製造自動化システムについては、一連の自動化の検証を完了した。ただし、以下の項目については、継続して取り組む。

- ・焼嵌め洗浄工程
- ・ツール管理、工具パレット管理機能

#### ◆会津大学によるデータ検証

会津大学にて①実際の工作室の温度と湿度の計測と解析、②狭範囲型温度湿度制御手法の開発、を実施。

\*集計対象 : 温度・湿度

\*データの収集期間 : 15 日間 (10 秒毎集計、24 時間稼働)

\*対象ごと 1 日当たりのデータ件数 : 平均 99,432 件

温度と湿度を高精度に制御を行うため、工作室を複数の層からなるモデルモードを設定、①制御対象である工作室を温度と湿度を観測するセンサ、②データの入出力を行う計算機構成、③過去のデータの管理を行うデータベース部、④具体的に制御を行う制御部を計算機ネットワーク、で結合した情報システム部から一定周期でデータを取得し、複数層に対して温湿度のコントロールを図る構成にてデータ解析を実施した。本データ解析のように各加工データも個別検証を重ねていき、最適稼働条件を導き出すことに継続して取り組む。

### 3-2-2-8. 製造工程間でのシームレスな連携を実現する 3D デジタルデータ連携ツール開発 (実施先:ラティス・テクノロジー株式会社)

#### 3-2-2-8-1. 研究開発の概要と実施計画

3D デジタルデータ連携ツールの研究開発については、自動車、重工業、産業機械、造船、建機といった産業で採用されている超軽量 3D フォーマット XVL を活用するソフトウェア群の機能を最新の技術動向に合わせて大幅に拡張することで、製造工程間でのデジタル擦り合わせ力と現場力を強化し、属人的ノウハウを体系化(暗黙知である現場のノウハウをデ

デジタル情報にすることで形式知化しデータベース化)することを目指す。具体的には、下記の4つの項目を軸に、工程間のシームレス連携を実現する。

1) XVL VR システムに関する機能拡張

現場の作業者にも活用できるような操作性を持つ VR システムの開発を行う。また従来大変高価な MR システムでのみ可能であったオペレータの体の一部を仮想モデルに統合して VR の高機能化と安全性の向上を目指す。

2) セマンティック PMI に関する機能拡張

3DCAD 上に定義された PMI 情報をデジタル情報として工程設計など後工程の検討作業に活用できるようにセマンティック PMI 対応の XVL コンバータと編集ツール XVL Studio の機能拡張を行う。

3) XVL AR システムの新規開発

製造現場に流通する紙図面、紙帳票(製造手順書など)を排して、設計から製造までデジタル情報の流通を実現するため、現場で簡単に活用可能な AR システムを新規開発する。

4) XVL SDK の新規開発

XVLStudio は、様々な業種での活用に必要な共通的な汎用機能を有する IT ツールであるが、その基本機能を API 化し、簡易言語である Python のライブラリを提供することでユーザが簡単にアプリケーション開発できる SDK を開発する。

3-2-2-8-2. 研究開発の内容と目標

3D デジタルデータ連携ツールの研究開発については、設計段階で 3D データによる現場作業者とのデジタル擦り合わせやデジタル情報流通を実現するための VR システム、AR システムや 3D 図面機能(セマンティック PMI)に関わる技術開発を行い、設計～生技～製造間での 3D データ連携を可能とすることを目標とする。また、製造現場の属人的ノウハウを速やかに IT 化するための SDK をソフトウェアの専門スキルを持たないエンジニアでも開発可能とするための技術開発を行う。

【研究開発の内容(研究開発課題)】

現場のベテランの参加を促すレスポンスと操作性の良い VR 機能開発

【目標】

1) 現場のベテランの参加を促すレスポンスと操作性の良い VR 機能開発

IT ツールに不慣れな現場作業者でも簡単に VR 検証が出来る UI(ユーザインタフェース)を開発する。また、VR 酔いを引き起こす要因の1つである描画遅延を最大限小さくする。具体的には、自動車1台分のデータについて 45FPS 以上のリフレッシュレートと 30ms 程度以内の描画遅延を目指す。

## 2) 製造現場に必要な組付性検証機能開発

VRシステムを使って現場作業者が製品組立時の作業性検証を行うための機能(作業姿勢、作業視野の確保、作業用工具のアクセス性確認)やVR上で組立工程のアニメーション出力機能などを開発する。

## 3) 現物を手軽にVR空間に取りこむMR機能開発

VR体験者の体の一部を表示したり、外界が全く見えないことによる業務利用上の安全性を改善するための簡易MR機能を開発する。(VRはHMD(ヘッドマウントディスプレイ)を装着して体験するがVR空間以外の視界がないため、装着者がVRケーブルに足を取られたり何かにぶつかってしまうような危険性がある。)

### 【研究開発の内容(研究開発課題)】

設計と製造のデジタル連携を強化するための3D図面機能開発

#### 【目標】

### 1) 3DCADで定義したセマンティックPMIの情報をXVLフォーマットに変換

セマンティックPMIを含むCADデータをXVLに変換するためのコンバータを開発、またそのデータをXVL製品に取り込むためのXVL kernelの開発を行う。

### 2) 必要なPMI情報を選択的に表示、編集する機能開発

XVLフォーマットに変換されたPMI情報を、XVL製品(ビューワや編集ツール)で選択的に表示したり、PMI情報の編集や追加を可能としたりする機能を開発する。

### 3) PMI情報を活用して組立作業指示書を自動的に生成する機能開発

PMIに記述される組立に関する指示などの情報を作業指示書へ自動転記する機能を開発する。

### 【研究開発の内容(研究開発課題)】

現場力をデジタルで引き出すためのXVL AR技術開発

#### 【目標】

以下の機能をタブレット端末で実現することを目標とする。

### 1) タブレット端末での撮影画像を利用した実物と3Dモデルとの位置合わせ

一般にARでは、現物付近にマーカーを配置し、それを認識して位置合わせを行う。ここでは、マーカーがなくても現物を認識し、対応する3Dモデルをタブレット上に表示することを目指す。

### 2) タブレット実写画像上での部品指定による3Dモデルの設計・製造情報の表示

タブレット画面上の現物画像から品番を特定し、それに関わる情報を重ねて表示する機能を開発する。

### 3) タブレット端末での 3D 図面表示技術

実物に投影した設計情報を投影しただけでは、実物の中の部品の詳細な情報が取れない。このためタブレット上に実物で特定した部品の 3D 図面を閲覧できるようにする。

## 【研究開発の内容(研究開発課題)】

現場の属人的なノウハウを体系化するための SDK 開発

### 【目標】

#### 1) XVL Studio 用ソフトウェア開発キット (SDK : Software Development Kit) の開発

モノづくり現場で工程検討や製造性検証などに 3D データを活用する際に、個々の業種や業務に必要な機能をまとめたり、固有の機能を追加または他のツールとの連携が簡単に行えるソフトウェア開発キットを提供する。具体的には一般機能(ファイル操作、構成ツリー操作など)、DR 機能(計測、断面、干渉チェック)、組立検証(工程、注記、マークアップ、軌跡線)、設備検証(機構)、高度形状操作(一致形状検出、自動計測)などのライブラリを開発する。

#### 3-2-2-8-3. 研究開発の成果

3D デジタルデータ連携ツールの研究開発については、計画通り4つの項目についての技術開発を実施し、概ね当初の達成目標を達成することが出来た。また、途中段階でユーザ評価も受けながら製造業のニーズを取り込んで開発を進めることで実用性のある成果を得ることが出来、これら開発成果の製品化を進めている。一方、新型コロナウイルスの影響から製造メーカーとの接触が大きく制限され十分に要望を把握できなかった面もある。また、紙図面(2D 図面)から 3D 図面への移行速度が、当初想定していたものより遅く(製造メーカー側が手探りで進めているような状況)、一部の機能要求が明確化されなかった点もあった。この点に関しては、今後も継続してニーズの把握に努め機能の追加など行っていく必要がある。

### 【成果】

#### ①現場のベテランの参加を促すレスポンスと操作性の良い VR 機能開発

##### 1) 現場のベテランの参加を促すレスポンスと操作性の良い VR 機能開発

オクルージョンカリングの高速化を実装することにより、自動車 1 台分のデータを用いた描画フレームレートが従来の 35FPS から 58FPS (描画遅延 17msec)となり、目標値であった 45FPS(30msec)を達成することが出来た。また、複数人対応で用いている通信性能の改善を行った。通信性能改善のため従来 TCP/IP で行っていた通信を UDP に置き換えることで、通信を介した機能のパフォーマンスが 10%程度改善されることが確認で



きた。これによって、従来の一般的な VR システムで必要なデータの加工(軽量化)など準備作業を行うことなく、製品全体の大容量 3D モデルを実寸大で確認することが出来るようになった。

操作性に関しては、IT ツールに不慣れな現場作業員でも簡単に VR 検証が出来るようにデスクトップアプリケーションからの操作支援を可能としたほか、プロトタイプを用いたユーザ評価からのフィードバックを基に、検討会に於ける操作性の改善を目的として、「パート移動中に初期位置に戻す機能」、「パート移動後に前回の配置に戻す機能」、「VR 体験者の位置を GUI アプリで指定する機能」を実装した。

## 2) 製造現場に必要な組付け検証機能開発

現場の作業員が VR 上で部品を取り付ける作業を実機と同等に行える機能を開発した。具体的には事前に検討したユニット組付け軌跡にそった組付け手順を確認する機能、デスクトップアプリで工程・プロセス設計しながら気になった部分をその場で VR 検証する機能、VR システム上で組付け作業が実施できる機能を開発した。また、VR 体験者の手の姿勢をハンドモデルに反映することで、VR 体験者が疑似的に自分の手を見ることが出来るようにした。更に自分の手で「つかむ」姿勢をすると 3D モデル内のパートをつかんで動かせる機能を実装した。これにより作業員がより現実に近い感覚で組付け性を検証することが可能となった。

## 3) 現物を手軽に VR 空間に取りこむ MR 機能開発

安価な 3D センサー(Kinect センサー)を活用して操作者の身体表現や外界モデルを点群データとして VR 空間にリアルタイムに取り込むシステムのプロトタイプを開発した。通常の VR は仮想(3D)モデルだけを参照するシステムであるため、視野内の 3D モデルしか見ることができない。オペレータの姿勢や外部視野などを得ようとする、MR(Mixed Reality)のような高価な外部カメラを含む大掛かりな環境整備が必要となる。今回の開発により業務利用上の安全性を確保する安価な手段を提供することが出来るようになった。

## ②設計と製造のデジタル連携を強化するための 3D 図面機能

### 1) 3DCAD で定義したセマンティック PMI の情報を XVL フォーマットに変換

設計部門が 3DCAD で定義したセマンティック PMI(形状、製品特性、製造情報など)や形状セットツリーなど、3D 図面として必要と考えられる要素を XVL フォーマットに変換する Converter のプロトタイプを開発した。

このセマンティック PMI 要素を XVL フォーマットとして格納するために XVL Kernel を拡張し XVL Studio などアプリケーション側での活用を可能とした。

### 2) 必要な PMI 情報を選択的に表示、編集する機能開発

XVL Studio(編集ツール)や XVL Player(ビューワ)で以下の機能が可能となる開発を実施した。

- ・ セマンティック PMI の表示
- ・ セマンティック PMI と構成情報、PMI 情報の選択連携
- ・ 形状セットツリーの表示・選択連携
- ・ その他既存機能への組み込み

### 3) PMI 情報を活用して組立作業指示書を自動的に生成する機能開発

ビューワの API で形状セットツリーを扱えるように拡張を実施することにより、図面配信用にビューワを組み込んだアプリケーションで形状セットツリーを参照しながら 3D 形状を閲覧することができるようになった。従来は、部品形状などは 3D データをキャプチャして文書に貼り付け、製造指示情報は 2D(紙)図面の内容を転記する作業を繰り返して多大な時間と労力を費やして製造文書を作成していたが 3D データ内の形状情報と紐づいた製造指示情報を直接文書作成に利用できるようになり大幅な作業の効率化を見込むことが出来る。

### ③現場力をデジタルで引き出すための XVL AR 技術開発

#### 1) タブレット端末での撮像画像を利用した実物と 3D モデルの位置合わせ

タブレット端末で撮影した実物の画像と 3D モデルのグラフィック画像の解析により両者を一致させた重畳表示を可能にし、これを組み込んだ Web ブラウザーアプリを独自開発した。これにより、実物の位置情報位置合わせを行うためのマーカーの配置などの前処理を行うことなく現実世界の実物と 3D モデルの AR トラッキングが可能になった。

#### 2) 部品指定による 3D モデルの設計・製造情報の表示

開発した位置合わせ機能を利用し、実写画像上の部品指定や設計・製造情報の表示を実現した。3D モデルには様々な設計・製造情報を付加することができるため実写画像上で形状をタップすることで、3D モデル上の該当の部品を参照することが可能となる。

#### 3) 3D 図面表示技術

タブレット上でカメラ画像から実物上で特定した部品の 3D 図面を閲覧できるようにした。また現場での設計意図の容易な把握を実現するために、ビューの一覧表示、設計要求事項の表示機能の改良、計測機能の改良などを実施した。

### ④現場の属人的なノウハウを体系化するための SDK 開発

#### 1) XVL Studio 用ソフトウェア開発キット(SDK)の開発

XVL Studio の主要な機能の内、より高い効果が期待できる仮想試作・工程検討の機能について API 開発を実施した。更に、Python(汎用のプログラミング言語)で呼び出し可能なライブラリ化を行った。これにより IT ツールに関する専門的なプログラミング知識のない現場の作業員でも簡単なアプリケーションが作成できる環境の提供が可能となった。

### 3-2-2-9. SURUGA Cyber Physical Systems によるサプライチェーン強靱化の実現

(実施先: 駿河精機株式会社)

#### 3-2-2-9-1. 研究開発の概要と実施計画

サプライチェーン強靱化による「安定供給」実現に向け、次の 2 項目の開発を実施する。

##### (1)CPS 機能強化と生産管理システム

現在の CPS プラットフォームは、デジタル連携を可能とする一方で生産品目が限定され、市場要求の変化による生産品目の変更への追従が困難となっている。

現状の市況に合わせ工程を再構築し、市場要求の変化に追従可能なプラットフォームへの強化を行う。また、デジタル連携を拡張し自社拠点とサプライヤを繋ぐ生産管理システムを導入する。

##### (2)EC・CPS プラットフォーム商品搭載機能と市場予測技術開発

CPS プラットフォーム構築に合わせて開発した商品と既存商品では、EC・CPS プラットフォーム搭載に必要な製品の属性情報が異なることから、プラットフォーム搭載に相当の期間と工数を必要とする。既存商品及び新商品を容易にシステム搭載可能な機能を開発する。

また、生産リスク低減には市況を先読みし、生産計画への組み込みが重要。顧客動向や、市況情報を分析し、生産計画、調達計画へフィードバックし、生産計画の最適化を図る仕組みを構築する。

#### 実施計画

事業項目	2020 年度				2021 年度			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
①CPS 基本システム開発、実運用・展開			→		→			
②商品搭載機能開発			→					
③需要予測機能開発					→			

#### 3-2-2-9-2.研究開発の内容と目標

(1)CPS 機能強化と複数拠点生産管理システム開発は、「研究開発項目①: CPS 基本システム開発、実運用・展開」として、生産計画システム機能強化と拠点負荷状況の明確化、拠点展開と、拠点間連携を強化する生産管理システムの開発を行う。

(2)EC・CPS プラットフォーム商品搭載機能と市場予測技術開発は、2 つのテーマに分割し開発・導入を行う。

「研究開発項目②:商品搭載機能開発」として、EC化を想定していない多くの既存商品をデジタルプラットフォームへ搭載可能とするフレームワークを開発する。

「研究開発項目③:需要予測機能開発」として、AIを活用した製品の販売量予測モデルの開発と、その結果を使用した部材予測システムを開発する。

このシステムの実用化により、生産性の向上を目標とする。

#### ●研究開発項目①:CPS基本システム開発、実運用・展開

対象製品は複数拠点をまたがる生産工程で生産され、且つ同一設備に複数の製品を流す混流生産をしつつ生産LTを最適化している。この工程を複数拠点に振り分け生産LTを最適化するためには、生産拠点の特性・負荷状況を踏まえた新たな生産振り分けロジックが必要となる。

自社「拠点工場A」には生産計画システムが導入され運用している。「拠点工場B」に「拠点工場A」で生産している製品の生産工程を立上げ、生産計画システムで管理する。生産負荷状況を詳細に確認できる拠点同士の生産を振り分け、工場稼働最大化による生産LTの最適化のロジックを構築する。一方、外部サプライヤとの連携は、前述のような詳細な負荷状況の確認もできず、品質・納期・コスト・ビジネスポリシー等の違いにより、調達リスクを加味する必要がある。この課題を解決させるため、自拠点に導入している生産計画システムと連動する機能を有するサプライヤ生産振り分けシステムを開発する。これらの機能により、情報共有に制約のある拠点に生産を振り分け、生産キャパシティの増大による生産LTを担保するロジックも構築する。この2つのロジックを組み合わせ、QCT(D)を最適化する。

実運用に向けては自社拠点工場と外部サプライヤを含むサプライチェーンとシステムでトライアルを繰り返し、システムのチューニングを実施する。

#### 【目標】

サプライヤ2社を含む複数拠点自動生産振り分けシステムを開発し、運用を開始する。

#### ●研究開発項目②:商品搭載機能開発

営業・技術が顧客に対して行ってきた商品の提案、選定方法を商品ごとに分析し、いくつかのパターンに汎化。各営業行動共通の振る舞いと、商品や顧客毎に異なる振る舞いを分類し、共通モジュールとユーザー定義モジュールをWebサイト上のフレームワークとして構築する。各商品の製品構成情報をCPSプラットフォームに適用できる形式でモデル化し、ユーザーの商品選定の結果をリアルタイムに工場へ伝達し、インタラクティブなマス・カスタマイズを実現する。

#### 【目標】

戦略商品のWebサイト及びCPSラインへの搭載技術開発。

### ●研究開発項目③：需要予測機能開発

顧客ニーズを分析するため、Webサイトの顧客動向情報を収集する機能を搭載する。収集したデータや市況情報等をAI用いて製品の需要予測に使用する。製品の需要予測から必要な部材の予測を行うことで、部材調達と調整・伝達にかかる工数、コストの低減を図る。

#### 【目標】

顧客ニーズ動向を予測、需要予測等の情報をオープンGPSの生産計画生成機能に連動させる。

#### 3-2-2-9-3. 研究開発の成果

本活動の成果として加工工程の生産性指標として、設備稼働率を本活動前後で比較し、26.5%の改善を確認している。また、シミュレーションにより将来の最大生産量を導き出したところ、FY21年の最大生産量を基準として2.1倍の受注変動対応率を確認し、突発受注に対する対応力向上へ期待が持てる結果が得られた。

### ●研究開発項目①：GPS基本システム開発、実運用・展開

#### 【成果】

「拠点工場A」では一通りの機能が構築され、運用に至っている。

「拠点工場B」では、コロナ禍のロックダウン影響により、一時本活動の停止を余儀なくされ、一部では運用には至っていない状況となるが、機能の開発・構築は完了しており、通常状態に戻ったところから、導入・運用に向けて活動を再開・継続している。

加工サプライヤも立上完了し、現在は対応品目数を増やす活動を継続している。

本活動で、単一拠点内の生産計画機能の強化と詳細負荷状況の把握から、自社他拠点との連携を経て、工場稼働率の最大化と平準化を実現した。負荷オーバー時には柔軟な生産計画変更によってサプライヤにもオープンにつなぐサプライチェーンの構築を実現している。これにより、事業の高収益化・高安定化、そして、本研究テーマであるサプライチェーン強靱化による「安定供給」実現に向けた環境の基盤が構築された。

### ●研究開発項目②：商品搭載機能開発

#### 【成果】

Webサイトに戦略商品を掲載、納期を算出するためにGPSのスケジューラーと連動する商品追加フレームワークを開発した。共通モジュールとして、各種共通技術情報表示モジュール、製品情報送信ライブラリ、リアルタイムCAD生成ライブラリ、見積生成ライブラリ、工場連携ライブラリを開発。ユーザー定義モジュールとして、各製品カテゴリ毎の選定手順を形式化し、商品追加フレームワークに実装した。

マスカスタム品から、非カスタム品までカバーする選定手順の形式化、それらが見積されると、工場のスケジューラーと連動し納期がリアルタイムに表示されるという目標を達成したことで、フロントからバックエンドまでの人的コストを大幅に削減することができた。顧客への納期回答時間の短縮化は、競合への優位性を獲得できるものと考えている。

#### ●研究開発項目③：需要予測機能開発

##### 【成果】

需要予測を行うための情報として、Webサイトのアクセス情報ではなく、受注情報や株価等の公開情報を使用した。これらをAIに説明変数として与えることにより、製品の販売量を予測する手法を開発した。さらに、その販売量から将来必要となる部材を展開し、需要を予測するシステムを開発した。

本研究開発は、サプライチェーンマネジメントにAIを使用した予測モデルを導入することにより、特に長納期部材の確保に対し、供給側と消費側の双方に資するものとなっている。サプライチェーンの健全化の重要度とコストが増大し続ける昨今の状況において、本研究開発の意義は大きいと考えている。

### 3-2-2-10. 特注加工品製造領域における最適受発注マッチングプラットフォームの開発

(実施先: キャディ株式会社)

#### 3-2-2-10-1. 研究開発の概要と実施計画

本研究開発は、後述するシステム開発によって少量多品種業界における受注者・発注者間の高い取引コストを低減し、柔軟かつフラットなサプライチェーンを実現することで、日本の製造業の競争力強化と発展に資することを目的として行った。

本研究開発は下記2つのコンポーネントによって構成される。以下にそれぞれの概要及び実施計画を記載する。

##### 【研究開発① Quipu: 概要】

設計指示情報(whatの情報)から、その実現に必要な製造情報(Howの情報)への変換を行うシステムである。またそれらをinputとして、各製造工程における原価計算を行うことにより最適な見積価格を算出する。システムに対するinputを規定することの必然として、「What=製造指示情報の型化」を研究の対象範囲に含む。

【研究開発① Quipu：実施計画】

事業項目	2020 年度		2021 年度			
	第 3 四 半期	第 4 四 半期	第 1 四 半期	第 2 四 半期	第 3 四 半期	第 4 四 半期
① 主要加工領域の型化及び原価 計算アルゴリズムの構築と実 運用展開	○	○				
② データ基盤の構築		○	○			
③ 残加工領域の型化および原価 計算アルゴリズムの構築と実 運用展開		○	○	○	○	○

【研究開発② Klein：概要】

製造を担う各加工会社の製造能力をデータベースとして保持する。Quipuが変換した製造情報とそのデータベースを対照することにより、最適な加工会社を各取引ごとに低工数で選定し、サプライチェーンの構築を助ける。そのサプライチェーンを元に、製品が納品・検収を行うまでの受発注情報、検査情報など取引に付随する情報を基幹システムとして蓄積する。

【研究開発② Klein：実施計画】

事業項目	2020 年度		2021 年度			
	第 3 四 半期	第 4 四 半期	第 1 四 半期	第 2 四 半期	第 3 四 半期	第 4 四 半期
① 基幹部分の仕様検討	○					
② 基幹部分の初期スコープ実装		○				
③ 基幹部分の保守/機能追加			○	○	○	○
④ 製造能力情報データベースの 設計、人的運用		○				
⑤ 製造能力情報データベースの システム実装			○			
⑥ 製造工程情報と製造能力情報				○		

のマッチングロジックのシステム実装						
⑦ 製造能力情報データベースおよびマッチングロジックの保守運用					○	○

### 3-2-2-10-2. 研究開発の内容と目標

本研究開発の目標は、型化された設計指示情報を製造情報へと機械的に変換し、またこの製造情報と加工会社の加工能力をまとめたデータベースと突合することで、最適な加工会社の選定を、弊社の既存事業領域において機械的に処理することを実現することにあつた。

以下に、2つのコンポーネントごとに、目標実現に向けて解決すべきであった課題と実際の研究開発内容を記載する。

#### (1) 研究開発① Quipu

前段として、本システム開発を通じて解決を図る課題は以下の通り。

##### ●アナログな設計指示及び製造情報の流通:

- ・一般に設計指示情報は2D/3DのCADデータや図面によって示される。CADデータの場合は一部デジタルに形状情報を取得することが可能な場合があるが、基本的に設計指示情報・製造情報とも決まった型の存在しないアナログな情報であり、機械的な処理による変換が行えない。よって、それらの製造情報への変換は見積を行う担当者や実際に加工を行う加工者によって行われている。
- ・また、情報がアナログなために、場合によっては同じ指示内容でも顧客ごとに異なった要求が含まれているケースがあり、細やかなすり合わせによって一定吸収されてはいるものの、認識齟齬が残った場合には不良品扱いとなり、加工会社負担での再製作が発生する。

##### ●原価計算のボトルネック化:

- ・設計指示情報を元にした原価計算を難しくしている要因はアナログな設計指示情報から製造情報への変換にあつた。型とアルゴリズムをプラットフォーム上で共有することで、本来個々の経験に基づいてなされていた判断をテクノロジーによって最適化・高速化して処理することが可能となる。
- ・上述した不良品発生ケースのように、従来原価計算は仕損じると大きな赤字となる可能性があるなどリスクが高く、製造知識も必要なことから、行える人材は限られている。特に中小加工会社においては社長自らが担っていることも少なくなく、引き合いが増えても原価計算のキャパシティによって見積可能な製品量に上限が生じてしまうなど、事業運営を圧迫する要因ともなっている。また一朝一夕に身に付くスキルでもないため、担当者の固定化が起り、退職などが大きなリスクとなる。



●不十分なデータ蓄積:

- ・原価計算にまつわるデータは、アナログ情報と紐づけた計算結果としての金額などのごく限られた情報しか蓄積することができていないのが現状である。そのため、各計算結果が正確だったか、最終的に利益を確保できたかなどの分析を詳細かつ定量的に行う手段がなく、改善がしづらい構造となっている。

①主要加工領域の型化及び原価計算アルゴリズムの構築と実運用展開

(実施時期:2020年10月~2021年3月)

既に関が一定程度完了している主要加工領域における設計指示情報及び製造情報の型化、変換ロジック、原価計算アルゴリズムの構築と実運用への適用を実施。ユーザーによる評価を経て、実運用を開始することを目指した。

②データ基盤の構築

(実施時期:2021年1月~2021年6月)

設計指示情報及び製造情報、アルゴリズムによる処理結果を構造的に蓄積し、分析等に有効活用しうる基盤を構築することを目指した。処理結果を蓄積するための環境構築、データ蓄積を行う情報処理の開発を行った。

③残加工領域の型化および原価計算アルゴリズムの構築と実運用展開

(実施時期:2021年1月~2022年3月)

①の対象範囲以外の加工領域の型化及びアルゴリズム開発を行うことで、既存事業領域に占めるニーズの大半をデジタルに処理できる仕組みを構築することを目指し、製缶領域のロジック実装及び実運用への展開を実施した。

(2) 研究開発②: Klein

当コンポーネントには、各製品ごとに最適な加工会社を選定し、発注、製造、検査等のプロセスを経て、顧客に製品を納品することが求められた。それに当たり、本システム開発を通じて解決を図った課題は以下の通り。

●最適な加工会社の選定:

- ・製品の仕様情報および Quipu が各製品に対して仕様情報から変換した必要な製造工程に対して、最適な加工会社を選定する必要がある。ここでの「最適性」には品質・価格・納期などの変数が存在する。
- ・個別製品での最適性の判定に加えて、製品群における最適性の判断も必要になる。例として、同一顧客の案件において100製品の製造が必要な場合においても、100製品それぞれに対して100の各々最も最適度が高い加工会社へ発注するよりも、50製品ずつを2つのパートナーに発注する方が、材料費や共通工程の工程原価、物流費などの観点でより安価な場合が存在する。

・以上を踏まえて、個別製品・発注のグループ化・物流費などを鑑みた最適な判断が必要であり、かつそれが属人性を超え標準化された状態で行える必要がある。

●生産管理の低工数化:

・弊社において、扱う特注品かつ少量多品種の領域においては、必ずしも規模の大きくない多数の案件(製品群)に対して、最適なサプライチェーンを都度判断し、発注し納品までのオペレーションを問題なく行わなければならない。多数の同時進行する自社工場を持たないファブレス形式の生産管理を、低工数で行う必要がある。

●受発注過程で生じるデータの蓄積:

・受発注の過程、また加工会社への発注以降の輸送、検査、納入などの過程を通じて生じるデータを蓄積する必要がある。これは会計などの管理情報として必要なもの、またその他のシステム上の改善活動に生かされるものである。

具体的に実施した研究開発内容は以下の通り。

① 加工会社の製造能力情報データベースの構築:

(実施時期:2021年1月~2022年3月)

板金および切削加工と呼ばれる加工分類を対応領域として、各加工会社の製造能力に関する情報の形式化と、それらをシステム上に蓄積するデータベースの構築を実施。当該加工分類領域において、弊社の取引している加工会社のうちで、弊社からの発注量の6-7割を占めるような主要な加工会社群の製造能力の特徴がデータベース上に表現できるような状態を目指した。

② 仕様情報および製造工程情報と製造能力情報のマッチングロジックの構築:

(実施時期:2021年7月~2022年3月)

製品の仕様情報および Quipu が仕様情報より変換する製造工程情報データと、上記の加工会社の製造能力情報データを主要な input としてマッチングするロジックを構築。各製品において最適な加工会社を属人的ではなく標準化された形で選定できるようにした。板金および切削加工領域における加工会社への発注のうち、個別の製品ベースで6割以上において、適性のある加工会社を自動的に判定することが可能な状態を目指した。「適性がある」とは、弊社の希望する品質水準、価格水準を満たした状態で実際に製品を製造することができる製造能力を有した加工会社を指す。

③ 受発注情報およびサプライチェーンの情報を記録する基幹システムの構築:

(実施時期:2020年10月~2022年3月)

受発注の過程、また加工会社への発注以降の輸送、検査、納入などの過程を通じて生じるデータの蓄積を行うことができる基幹システムの構築を行った。これを通じて、入力や判断の自動化(半自動化)、入力の補完などのユーザータスクの補助などの機能をオペレー

ターに提供することにより、各タスクの負荷を低減し、生産管理の低工数化を目指した。また、弊社において発生する板金および切削加工の案件のうち、90%以上の案件が当該の基幹システム上においてオペレーションされている状態となることを目指した。

### 3-2-2-10-3. 研究開発の成果

#### (1) 研究開発の成果

事業項目	内容・成果
【Quipu】①主要加工領域の型化及び原価計算アルゴリズムの構築と実運用展開	板金・切削・製缶の3加工領域の型化および原価計算アルゴリズムの構築が完了。当該領域における Quipu の利用率 100%を達成
【Quipu】②データ基盤の構築	実運用可能なデータ基盤の構築が完了。3加工領域の INPUT および原価計算結果データが連携され、基盤上での分析業務を安定的に運用
【Quipu】③残加工領域の型化および原価計算アルゴリズムの構築と実運用展開	残加工領域としていた製缶加工領域の型化および原価計算アルゴリズムが完了（プラント事業領域については、事業状況を鑑みて現段階でのアルゴリズム構築を断念）
【Klein】①基幹部分のシステム構築	初期スコープの実装の完了と実業務への展開が完了し、弊社において発生する板金および切削加工の案件は全て基幹システム上にデータを記録している。
【Klein】②製造能力情報データベースの構築	板金および切削加工の領域において、弊社の取引している加工会社のうちで、弊社からの発注量の 100%がデータベース化されている状態となった。現在も新規サプライヤーが追加されるたびに直ちにデータベース化が行われる状態を実現している。
【Klein】③製造工程情報と製造能力情報のマッチングシステム	初期スコープの実装及び実業務への展開が完了。

### 3-2-2-11. 多品種少量生産向けオンデマンド・サプライチェーン・プラットフォームの開発

(実施先: 株式会社カブク)

#### 3-2-2-11-1. 研究開発の概要と実施計画

本研究開発は、製造業(おもに特注部品製造メーカーとサプライヤー)を対象に、加工製品の見積書作成から製造までの業務を IT・デジタル化によって一貫して支援するサービスを開発提供することを目的とする。開発の概要であるが、変動要因の多い特注部品(多品種少量生産)の製造において、加工要件付き図面データをメーカー(発注者)とサプライヤー間で共有が可能なプラットフォームの提供、および加工図面を基に製造費用を自動算出するモジュールの開発がメインとなる。製品の加工要件は2D 図面の他、3D 図面にも拡充し、形状認識技術や機械学習技術を駆使し、自動もしくは半自動で加工要件を付与できる要素技術の開発を行うことで、利用者の工数や作業者の学習コストを削減し、より使いやすいシステムとする。本研究開発の効果として、昨今需要が増加傾向となっている少量多品種の製造業界において、少子高齢化などにより、就労者人口が減少していくなか、設計、調達、見積作成、製造加工作業などの属人化した業務をいかに減らし、労働生産性を高めることができるかが課題となっているが、本研究開発により、製造業の業務効率が向上し、日本のものづくりの基盤である中小製造事業者を一層強固にすることに貢献する。

各年度のごとの開発の概要は、2020 年度及び 2021 年度第一四半期で 2D 加工要件指定機能の開発と評価を実施し、2021 年度は 3D 加工要件指定機能の開発と評価および NC データ生成の調査・設計・開発・評価を実施する。実施計画は以下の項目となる。

- ① 2D 加工要件指定機能の開発
- ② 2D 加工原価見積機能の開発
- ③ 2D 加工要件指定機能/加工原価見積機能の評価
- ④ 3D 加工要件指定機能の開発
- ⑤ 3D 加工原価見積機能の開発
- ⑥ 3D 加工要件指定機能/加工原価見積機能の評価
- ⑦ 3D 図面の NC データ生成機能の調査・設計・開発・評価

#### 3-2-2-11-2. 研究開発の内容と目標

加工原価自動算出の対象は、設備機械における特注部品加工の中で部品数・市場規模が最も大きい切削加工を主対象とした。切削加工は他の加工方法に比べ見積や加工の難易度が高く、本研究開発の成果を他加工方法へも展開できることが期待できる。取り扱うデータ形式は 2D 図面と 3D 図面の両方とすし、加工要件付き図面データとして標準化することで、設計から製造まで製造情報をシームレスに流通させることを目指すことを目標とした。

本研究で提供するプラットフォームにより、メーカーの設計工程の途中から製造見積を確認することで非機能要件による設計手戻り回数、見積・発注管理工数を大幅に削減する効果を発揮し、製造業の生産性向上への貢献へとつなぐ。

- ① 2D 加工要件指定機能の開発

◇ 達成目標:切削加工の 2D 図面において 34 種の加工形状と公差を指定し加工要件付き図面を出力できるようにする

◇ 課題:

1-1:2D 図面を参考に加工要件を指定できるようにする

1-2:加工形状の指定を効率化する

◇ 解決手段:

(課題 1-1)Web ブラウザに 2D 図面を表示する。利用者はその図面を参考にしながら加工形状の種類、寸法、公差などを入力し加工要件付き図面を作成できる UI を提供する。加工形状がどの加工面に存在するのかが指定する必要があるが、加工形状を指定する矩形と面の位置関係から矩形選択と自動的に加工形状が配置される加工面を特定できる。加工形状や寸法は入力パネルで簡単に選択・入力できるようにする。

(課題 1-2)本機能ではユーザが画面左の図面から加工形状を矩形選択し加工形状の種類や加工条件を入力する必要がある。さらに同一形状である場合はグループにまとめるなどの操作も必要になる(同一形状を連続加工することで加工時間が短くなり加工原価は少なくなる)。この入力効率を改善するため、2D 図面に機械学習を適用し加工形状の自動認識と自動グループ化する技術を開発する。加工形状にラベル付けをした図面を数百~数千枚準備し加工形状を自動認識する機械学習モデルを生成する。ユーザが 2D 図面を本システムに入力した際に機械学習モデルを実行し、自動で形状を認識し矩形選択とグループ化を行う。これによりユーザは自動で認識・グループ化された加工形状に対する加工条件を右パネルから入力するだけで加工原価を算出できるようになる。2D 図面の加工要件は加工形状とその加工条件、個数、加工面で表される。これらの情報は全て図面内に記載されているため加工業務に関する経験やノウハウは必要ない。

## ② 2D 加工原価見積機能の開発

◇ 達成目標:本研究開発の目標となっている 34 種の加工形状で構成された 2D 図面に対して、正しく加工原価を見積ることができる

◇ 課題:34 種の加工形状に対する加工条件を標準化する

◇ 解決手段:

34 種類の加工形状について、素材別に標準的な使用工具やその加工経路、切削条件などを定義する。対象加工形状の加工に必要な工具や工具サイズ(Φ)を加工形状のサイズごとに事前に準備した DB を参照して決定する。また、各加工形状ごとに定義した加工経路の計算プログラムにより、加工形状のサイズを考慮した加工経路長を算出する。このとき、事前に準備した各工具ごとの送り速度や切込み量を定義した DB を用いて、加工経路長を正確化し、加工時間を算出する。なお、本機能は外部(例:CAD ソフトウェアなど)と容易に連携できるように Web API を前提としたシステムとして開発する。API の入力は加工要件であり、出力はその加工時間とする。

## ③ 2D 加工要件指定機能/加工原価見積機能の評価

◇ 達成目標:受託製造事業者の見積り業務を十分に実施可能かつ効率化でき、さらに技能レベルが比較的低い利用者でも簡単に使いこなせるシステムになっている。

◇ 課題:

3-1:2D 図面に対し加工要件指定機能を適用し実運用できるレベルか

3-2:誰でも、簡単に使いこなせるユーザビリティを確保できているか

◇ 解決手段:

(課題 3-1)2D 図面に対し加工要件指定機能を適用し各社の見積り担当者が従来の製造原価見積りを十分に行えるか、また効率的かつ正確に加工原価見積りを実施できるかを評価する。具体的には、難易度の異なる 2D 図面を 10 枚準備し、それぞれに対して本システムが提供する見積項目(加工費、段取り費、工具段取り費、プログラム制作費、工具費、バリ取り・検査費)に関する原価見積りを実施できるかを確認し、本システムによる工数削減効果を評価する。最長工数と最短工数の 2 つの結果を除いた 8 つの平均工数をシステム見積工数とする。同じ図面に対して各社の見積り担当者が加工原価を見積る工数を計測し、最長工数と最短工数の 2 つの結果を除いた 8 つの平均工数を手動見積工数とする。システム見積工数を手動見積工数の 1/4 以下にすることが目標となる。また本システムにより算出した加工原価の正確性を評価するため、本システムで算出した加工原価が各社の手動見積り結果に比べて 5%以内の誤差になることを目指す。

(課題 3-2)図面は読めるが見積り業務を担当した経験のない各社の従業員を対象に加工要件指定機能がわかりやすく誰でも使えるような操作性を備えているかを評価する。具体的には製品説明を 1 時間実施したのち、3-1 で準備した 2D 図面を用いて正確に加工原価を見積る事ができるかを評価する。すべての評価は事務職や営業職が利用するような一般的な性能の PC を用いる。上記の達成目標として定義された評価(効果)が得られたことが確認でき次第、34 種類の加工形状における 2D 加工要件指定機能と 2D 加工原価見積機能を、バージョンアップにて既存システムに盛り込み、サービスの事業化を開始する。

#### ④ 3D 加工要件指定機能の開発

◇ 達成目標:切削加工の 3D 図面において 34 種の加工形状と公差を指定し加工要件付き図面を出力できるようにする。

◇ 課題:

4-1: 3D 図面データの加工形状を自動認識する

4-2: 3D 図面に加工要件を指定できるようにする

◇ 解決手段:

(課題 4-1)3D 図面の読み込みライブラリを活用し 3D 図面データを、加工要件付き図面データフォーマットに変換する。3D 図面データ、特に中間 3D には加工形状は含まれていないため、加工形状を認識する技術が必要になる。加工形状は単純形状の組み合わせになっていることが殆どである。例えば、座ぐり穴は筒形状の組み合わせで構成されており、その組み合わせパターンを認識することで加工形状の種類を特定する。認識した加工形状を加工要件付き図面データとして出力する。加工要件のフォーマット

は 2D 図面用のそれを基本とし、各加工形状の加工位置座標を加えたものとする。3D 図面データ内には加工条件や加工位置座標が含まれているため、3D 図面データを解析することで加工要件をほぼ自動で作成できる。中間 3D データは加工形状や公差情報が欠落している場合があり、その場合は(課題 4-2)の機能により加工要件付き図面データを完成させる。加工位置座標は NC データ生成機能で利用するためのものである。

(課題 4-2) Web ブラウザに 3D モデルを表示し、利用者はその 3D モデルを参考にしながら加工形状の種類、寸法、公差などを入力できるシステムを提供する。中間 3D データは加工形状の種類が特定できなかつたり、公差情報も欠落しているため、①2D 加工要件指定機能を活用し、画面上に 2D 図面も同時に確認できるようにする。ユーザ、特にメーカー側の設計者は手元に完全な加工情報を持っているため、2D 図面は必ずしも必要ない。(課題 4-1)の加工形状の自動認識機能により、加工形状の種類やその寸法・グループを自動入力し、ユーザの入力効率を向上する。

#### ⑤ 3D 加工原価見積機能の開発

◇ 達成目標:本研究開発の目標となっている 34 種の加工形状で構成された 3D 図面に対して、正しく加工原価を見積ることができる

◇ 課題:34 種の加工形状に対する加工条件を標準化する

◇ 解決手段

34 種類の加工形状について、素材別に標準的な使用工具やその加工経路、切削条件などを定義する。対象加工形状の加工に必要な工具や工具サイズ(Φ)を加工形状のサイズごとに事前に準備した DB を参照して決定する。また、各加工形状ごとに定義した加工経路の計算プログラムにより、加工形状のサイズを考慮した加工経路長を算出する。このとき、事前に準備した各工具ごとの送り速度や切込み量を定義した DB を用いて、加工経路長を正確化し、加工時間を算出する。なお、本機能は外部(例: CAD ソフトウェアなど)と容易に連携できるように Web API を前提としたシステムとして開発する。API の入力は加工要件であり、出力はその加工時間とする。本機能の評価は(課題 4-1)の加工原価に関する評価に同じであるため、本課題に対する評価は省略する。

#### ⑥ 3D 加工要件指定機能/加工原価見積機能の評価

◇ 達成目標:受託製造事業者の見積り業務を十分に実施可能かつ効率化でき、さらに技能レベルが比較的低い利用者でも簡単に使いこなせるシステムになっている。

◇ 課題:

6-1: 3D 図面に対し加工要件指定機能を適用し実運用できるレベルか

6-2: 誰でも、簡単に使いこなせるユーザビリティを確保できているか

◇ 解決手段:

(課題 6-1) 3D 図面に対し加工要件指定機能を適用し各社の見積り担当者が従来の製造原価見積りを十分に行えるか、また効率的かつ正確に加工原価見積りを実施できるかを評価する。具体的には、難易度の異なる 3D 図面を 10 枚準備し、それぞれに対して本システムが提供する見積項目(加工費、段取り費、工具段取り費、プログラム制

作費、工具費、バリ取り・検査費)に関する原価見積りを実施できるかを確認し、本システムによる工数削減効果を評価する。最長工数と最短工数の2つの結果を除いた8つの平均工数をシステム見積工数とする。同じ図面に対して各社の見積り担当者が加工原価を見積る工数を計測し、最長工数と最短工数の2つの結果を除いた8つの平均工数を手動見積工数とする。システム見積工数を手動見積工数の1/4以下にすることが目標となる。また本システムにより算出した加工原価の正確性を評価するため、本システムで算出した加工原価が各社の手動見積り結果に比べて5%以内の誤差になることを目指す。

(課題 6-2)図面は読めるが見積り業務を担当した経験のない各社の従業員を対象に加工要件指定機能がわかりやすく誰でも使えるような操作性を備えているかを評価する。具体的には製品説明を1時間実施したのち、6-1で準備した3D図面を用いて正確に加工原価を見積る事ができるかを評価する。すべての評価は事務職や営業職が利用するような一般的な性能のPCを用いる。

#### ⑦ 3D図面のNCデータ生成機能の調査・設計・開発・評価

◇ 達成目標:3D図面を基にした加工要件付き図面においてCAD/CAM操作なしで自動生成したNCデータで加工できるようになる

◇ 課題:

(課題 7-1)CAD/CAM操作なしにNCデータ生成が対応できる加工機や加工形状や素材などの製造条件を調査・選定する。

(課題 7-2)加工形状に対応する標準的な加工条件の定義とそれに対応するNCデータを作成する。

(課題 7-3)3D図面を基にした加工要件付き図面から全てを加工できるNCデータを自動生成する。

(課題 7-4)生成したNCデータを実際の加工機に設定し加工できることを確認する。

(課題 7-5)NCデータ生成機能の効果を評価する。

◇ 解決手段:顧客から提供された3D図面から抽出した加工要件を入力とし、各加工面用のNCデータを自動生成する。

(課題 7-1)加工機とそこで一般的に加工される加工形状、素材を対象を絞り製造条件を調査。工具や加工条件を限定できる加工機と加工形状を選定する。

(課題 7-2)6-1で選定した加工機と加工形状に対応する標準的な加工条件をCAM上で定義し、各加工形状ごとに位置やサイズなどを変更できるNCデータのテンプレートを作成する。

(課題 7-3)入力する加工要件付き図面を基に5で構築したDBから加工形状に関連したNCデータテンプレートを特定する。テンプレートの変数となっているサイズや位置などから各加工面ごとのNCデータを生成する機能を開発する。

(課題 7-4)単一の加工面に対し加工形状が1つ含まれる3D図面をNCデータ生成機能に入力し得られたNCデータを実際に加工機に設定し安全に加工できるかを確認する。安全性が確認されたら、複数面に複数の加工形状を持つ3D図面をNCデータ



生成機能に入力し得られた各加工面用の NC データをそれぞれ加工機に設定し全ての面で所望の加工が完了できるかを確認する。

(課題 7-5) NC データ生成機能の対象となる実案件の割合を評価する。全案件の 20% が目標値となる。また、この割合を拡大するために必要な課題の抽出と改善案の策定も評価とする。

### 3-2-2-11-3. 研究開発の成果

事業項目	達成度
	内容・成果
①2D 加工要件指定機能の開発	加工原価見積りに必要となる 34 種の加工形状と公差の指定するアプリは開発完了。3 種類を追加で開発でき、目標以上の水準で達成。
②2D 加工原価見積機能の開発	目標としていた 34 種の加工形状に対する加工原価算出ロジック(加工時間算出、各種賃率の設定など)の開発を完了でき、目標以上の水準で達成。
③2D 加工要件指定機能/加工原価見積機能の評価	加工経験がなく図面の読み方が分かる人員が対象 34 種の加工形状をブラウザ上で指定でき、加工原価見積り業務を十分遂行可能であることを確認。
④3D 加工原価見積機能の開発	3D 図面の加工形状認識機能の開発完了。認識した加工形状を表示する 3D 図面表示アプリの開発も完了。2D 加工要件と同様に 34 種類の加工形状と公差を自動認識でき、目標水準を達成。
⑤3D 加工原価見積機能の開発	目標としていた 34 種の加工形状に対する加工原価算出ロジック(加工時間算出、各種賃率の設定など)の開発を完了でき、目標以上の水準で達成。
⑥3D 加工要件指定機能/加工原価見積機能の評価	加工経験がなく図面の読み方が分かる人員が対象 34 種の加工形状をブラウザ上で指定でき、加工原価見積り業務を十分遂行可能であることを確認。
⑦NC データ生成機能の調査・設計・開発・評価	NC プログラムを自動生成するための、出力データ(加工要素リスト)および製造工場における出力データを基にした自動 NC プログラム生成の基本スキームの開発および、その NC プログラムを使い部品加工できることを確認できた。また協力工場と製造連携している 100%の加工形状の加工要素リストの生成機能の開発を完了でき、目標水準を達成。

### 3-2-2-12. デバイス製造に関するダイナミックエンジニアリングチェーンの構築

(実施先: 株式会社ロジック・リサーチ)

#### 3-2-2-12-1. 研究開発の概要と実施計画

半導体産業で課題となってきた、EC(エンジニアリングチェーン)及びSC(サプライチェーン)のオンデマンドな切替を実現するDC(ダイナミックチェーン)化と、迅速な設計、製造を実現するために、本事業では、ファブシステムの規模が小さいために、元来試作と製造が極めて速いミニマルファブを用いる。ミニマルファブは現時点では、個々の商品毎に固定されたECとSCを有しているが、それだけでは、企業群をチェーンの途中で入れ替えるDEC/DSCには対応出来ない。実際には、ミニマルファブ内ではウェハ、製造装置、設計情報など多くの重要な点で既に標準化がなされている。そこで、ミニマルファブが実際にDEC/DSC化に対応出来るように、チェーンに参加する企業が利用可能な、データベースの整備とシステム開発を行うのが本事業の目的である。実際に、複数のミニマルファブと、複数の商社(受注企業)、それに複数の設計ハウスを用意する。これらの複数企業群が相互に仕事を切り替えて分担できるように、その共通商品DB、共通設計仕様、共通製造レシピのDBを構築する。さらに、実際にこれらを運用して、デバイスを設計、試作し、さらにSC/ECを切り替えて試作、製造を行い、このダイナミックシステムが構築できたことを検証する。

#### 3-2-2-12-2. 研究開発の内容と目標

本研究開発では、デバイス製造に関するDEC/DSCを実現するシステムを構築し、システムを利用してデバイス試作を行う。

##### 【研究開発の内容([1]ダイナミック エンジニアリングチェーンの構築)】

ECのシステム構築と、EC実現のために必要な、工場を構成するミニマル製造装置群としてのウェハ洗浄などのキーとなるプロセス装置が個々のファブで異なった種類の装置を用いており、共通化が必須。受注、設計、製造、品質をデータベースと連動させて行うシステムが未開発。

##### 【目標】

- ① トランジスタデバイス製造のためのプロセス装置群の準備
- ② 管理システムの開発

##### 【研究開発の内容([2]ミニマルファブ工場間実装によるサプライチェーンの構築)】

異なる工場間を連携させ、データを共有・統合するシステムとセキュアデータ管理が未開発。

##### 【目標】

- ③ 工場を組み替えたデバイス製作のためのデータベースの整備

##### 【研究開発の内容([3]デバイス試作実証)】

エンジニアリングチェーン及び工場を組替えても同じ製品(デバイス)が製造できること

## 【目標】

- ④ 異なる設計ハウス、工場を使って、EC を組み替えたデバイス試作事例を 3 件作製。

### 3-2-2-12-3. 研究開発の成果

[1][2]で構築したシステムと装置を用いて、実際にデバイス製造実証を行い、組み替えが基本的に可能であることを確認した。特に前工程の組み替えについては、既存ファブの組み替えに対しては、仮想 PDK を導入することで同じ回路データから異なるファブの回路データに変換し、機能的に同じ動作ができるデバイスを製造した。ミニマルファブ組み替えについては、ミニマル装置で使用する製造レシピのデータ形式とデータ構造を標準化したため、同じ回路データを使用して異なる委託先のミニマルファブ装置で使用できる仕組みが構築できた。

## 【成果】

- ① トランジスタデバイス製造のためのプロセス装置群の準備

暗号化された製造レシピ受け取り、復号化できるミニマル洗浄装置を整備した。装置評価、機能改善は、産業技術総合研究所様にて実施した。

本成果により、製造レシピを秘匿化したまま製造装置へのデータ転送可能となり、同じ製造装置群を使用する委託先へ変更する場合、同じ製造レシピを使うことで同じデバイスを製造可能となる。

- ② 管理システムの開発

受発注システムと生産管理システムの 2 つを「管理システム」として、ポータルサイトとしてクラウド(AWS)上に構築し、WEB ブラウザ経由で顧客・委託先がそれぞれアクセスし、デバイス試作ができることを確認した。

本成果により、管理システムに登録する委託先が追加可能となり、代替の製造委託先を増やすことで EC/SC の組合せを容易に増やすことが可能となる。

- ③ 工場を組み替えたデバイス製作のためのデータベースの整備

設計ルール(仮想PDK)と変換プログラムを作成し、1つの回路データから異なるファブ向けの回路データを生成できることを確認した。設計ツール/変換プログラム作成は金沢大様にて実施した。またミニマル装置の製造レシピ(製造パラメータと経路パラメータ)のデータ形式とデータ構造の仕様を策定した。仕様策定は、産業技術総合研究所様にて実施した。

本成果により、仮想PDKが対応するファブがあれば、同じ回路データを使用したまま委託先の変更が可能となる。また製造レシピの仕様に対応したミニマル装置間であれば、異なる委託先でも同じ製造レシピでデバイス製造が可能となる。

- ④ 異なる設計ハウス、工場を使って、EC を組み替えたデバイス試作事例を 3 件作製。

前工程として異なる2つのFAB(既存FAB、ミニマルファブ(横河ソリューションサービス様))でOPアンプ回路を試作し、コンパレータ動作ができることで論理的に同じ機能であることを確認した。

ミニマルファブ(産総研様)でのデバイス試作は装置不具合によりできなかったため、2022年度も試作継続中である。

また、設計ハウス(金沢大様、ロジックリサーチ)、後工程のFAB(産総研様、PMT様)についても、組み替えが可能であることが確認できた。

### 3-2-2-13. 3Dシステム間のデータ連携の円滑化とシミュレーション技術の活用促進

(実施先:株式会社コアコンセプト・テクノロジー)

#### 3-2-2-13-1. 研究開発の概要と実施計画

本研究開発は図2-13-1に示すように、製品設計→金型設計→NCデータ作成→シミュレーション→機械加工における一連の工程において、円滑なデータ変換を可能とするデータ変換形式を考案し、データ変換を円滑にするための周辺ソフトウェアの整備を行う。周辺ソフトウェアの開発においては、茨城大学の乾教授との共同研究が重要であり、GPUを活用したSTLによる3DCAMカーネルの活用を行う。GPUとはグラフィックプロセッサのことで、コンピュータに搭載される半導体チップの一種で、画面表示や画像処理に特化した演算装置のことである。特に、3次元グラフィックス描画や動画の圧縮・展開などに必要な演算を高速化する並列処理に優れており、この特性を利用して汎用の高速な数値計算装置として様々な分野で利用されるようになっている。

また、金型設計工程においてCGソフトウェアを利用することが可能であることの実証が重要であるため、外注先の金型企業と共同で評価を行う。

この仕組みが成立することを実証するため、複数の製品において上記工程の実証試験を通して、データ変換形式へのフィードバックと周辺ソフトウェアの整備を行い、データ変換コスト0を実現し、生産性の目標を達成する。3Dシステムの導入に熱心で、導入できる資本力がある金型企業との共同作業が必要になるため、本事業の目的と意義を共有することが重要になる。

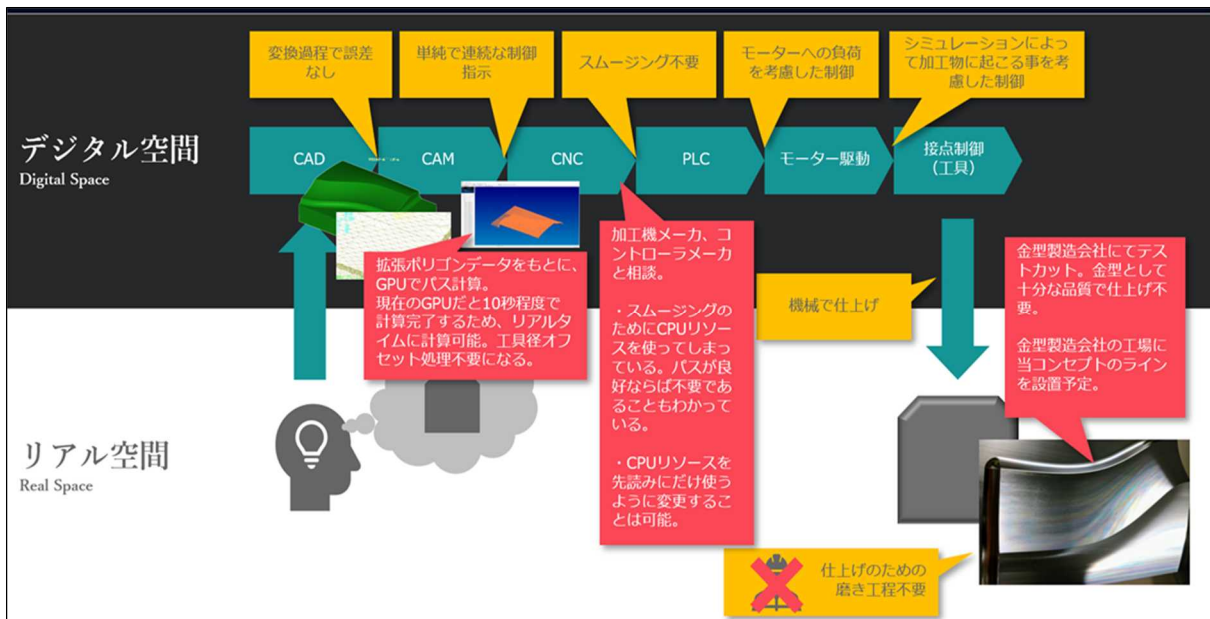


図 2-13-1. 製造工程とデジタル支援の構図

追加事業として、このシステム構成上に歯科医療分野で困難とされているモデリング機能と5軸加工部分を開発し、評価することで歯科医療分野への適用可能性を検証する。

図 2-13-2 に開発の構造について図解する。

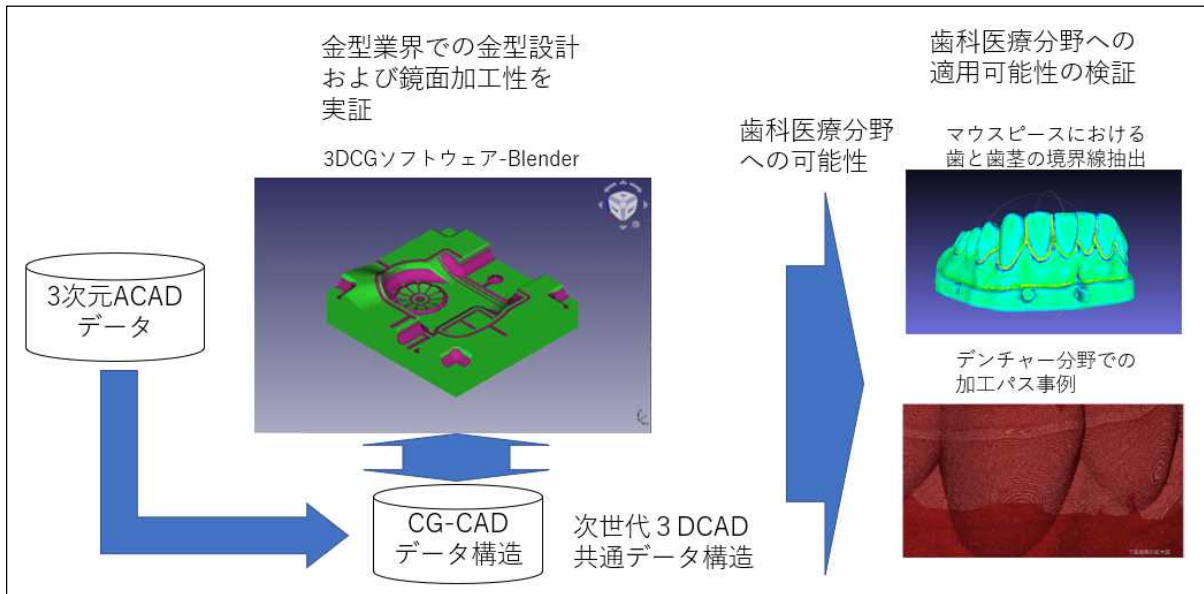


図 2-13-2. 基本事業と追加事業との関係

以下に実施計画についてスケジュールを掲載する。

事業項目	2020年度		2021年度			
	第3 四半期	第4 四半期	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期
① 拡張ポリゴンデータの検討と3DCAD からの変換プログラムの開発	■					
② 拡張ポリゴンデータによる3DCAM の開発	■	■	■	■		
③ CG ソフトウェアによる金型設計機能の検証の研究		■	■	■		
④ 加工面評価シミュレータの開発	■	■	■	■		
⑤ 加工負荷シミュレータの開発			■	■	■	■
⑥ 加工負荷シミュレータと IoT との融合研究					■	■
⑦ 実証試験とフィードバック	■	■	■	■	■	■

図 2-13-3. 基本事業の開発項目とスケジュール

テーマ	機能	開発項目	2021年11月	2021年12月	2022年1月	2022年2月
デン チャー	形状処理 機能	咬合平面作図機能一方式検討、設計	■	■		
		咬合平面作図機能一プログラム開発		■	■	■
	加工機能	義歯モデルの5軸加工一方式検討、設計、試作	■	■	■	
		義歯モデルの5軸加工一プログラム開発		■	■	■
	加工実験	加工機購入	■	■		
		加工実験			■	■
マウス ピース	形状処理 機能	歯茎・歯の境界線の抽出一方式検討および設計	■	■		
		歯茎・歯の境界線の抽出一プログラム開発		■	■	■
	加工機能	境界線に沿った5軸加工一方式検討、設計、試作	■	■	■	■
		境界線に沿った5軸加工一プログラム開発		■	■	■

図 2-13-4. 追加事業の開発項目とスケジュール

### 3-2-2-13-2. 研究開発の内容と目標

基本事業を達成するための具体的な開発項目を以下の7項目で構成する。

- ① 拡張ポリゴンデータの検討と3DCAD からの変換プログラムの開発
- ② 拡張ポリゴンデータによる3DCAM の開発

- ③CG ソフトウェアによる金型設計機能の検証の研究
- ④加工面評価シミュレータの開発
- ⑤加工負荷シミュレータの開発
- ⑥加工負荷シミュレータとIoT との融合研究
- ⑦実証試験とフィードバック

注：①②における拡張ポリゴンデータは、新規に提案するデータ変換形式の仕様のことである。

また、追加事業を達成するための具体的な開発項目は以下の 5 項目の構成になる。

- ⑧患者の咬合平面抽出機能
- ⑨5軸加工機能
- ⑩5軸加工機による加工実験
- ⑪矯正用マウスピース製作における、歯と歯茎の境界線を半自動生成する機能の開発
- ⑫矯正用マウスピースの加工

#### 【研究開発の内容(研究開発課題)】

各開発項目について内容を記載する。

- ①拡張ポリゴンデータの検討と3DCAD からの変換プログラムの開発(担当:株式会社コアコンセプト・テクノロジー)(実施期間:2020年10月~2020年12月)

達成目標:

3DCAD で扱う曲面を指定の精度で細分割可能なポリゴンで近似することができることを検証する。

課題:

細分割可能なポリゴンの表現方法の研究

解決手段:

提案者および共同研究者は、3D システムで標準的に使用されているスプライン曲面に代替できる曲面表現の研究を進めてきた。その研究で、三角形の頂点に法線ベクトルを付加し、三角形を細分割する方法を実現することができた。図 2-13-5 の三角形の各辺を空間測地線という方法で曲線を生成する。空間測地線は三角形の頂点において、付加された法線ベクトルに垂直であって、曲線の各点における曲率方向と法線ベクトルを補間したベクトルが平行になるような曲線である。図 2-13-6 に示すような、パラメトリック曲面における測地線と同じ概念であるが、元になる曲面が存在しないので、最初に2つの頂点に付加された法線ベクトルを補間することで曲面の法線ベクトルの代わりにして測地線を求める。

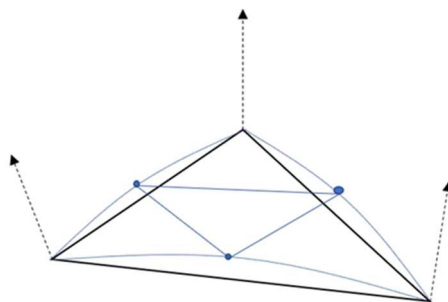


図 2-13-5. 三角形の頂点法線ベクトルを使った細分割

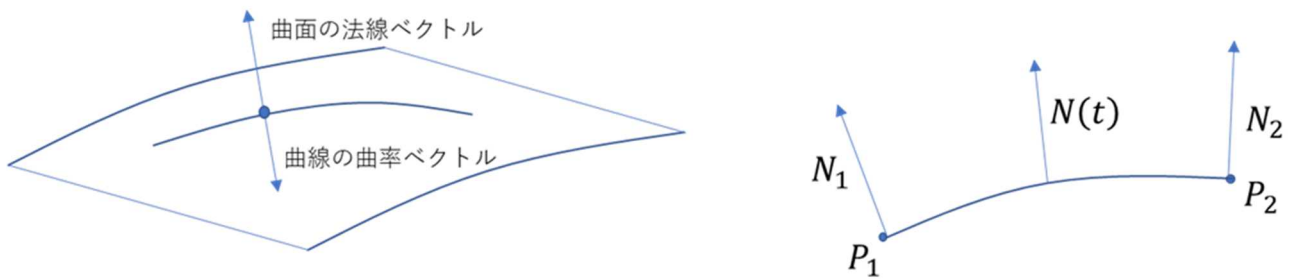
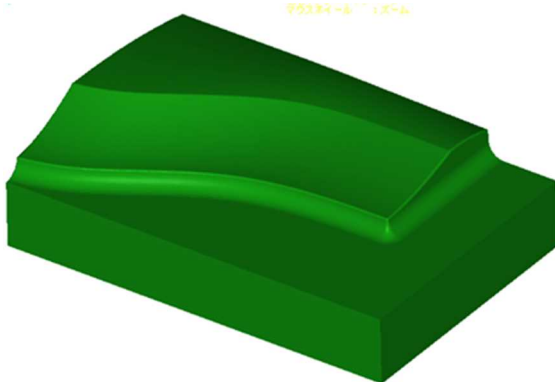


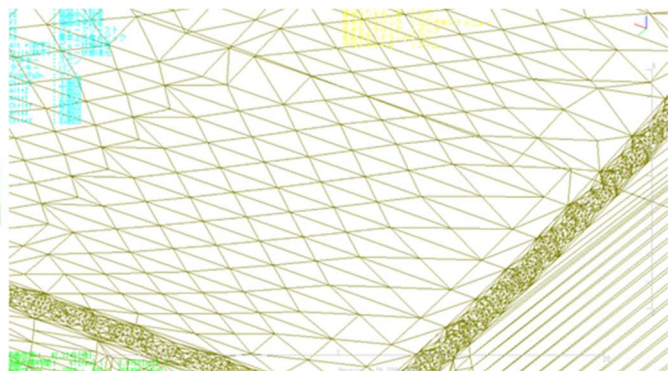
図 2-13-6. パラメトリック曲面における測地線と空間測地線

三角形の2点を結ぶ空間測地線の中間点を求めその位置における法線ベクトルを使うと、細分割を再帰的に実行することができる。3DCAD から STL を出力するプログラムを改造し、STL を構成する三角形の頂点において元の3DCAD における曲面の法線ベクトルを付加したデータを生成する。法線ベクトルを付加したデータをもとに、細分割を実行した結果が図 2-13-7 である。

図 2-13-7. A の3DCAD モデルを許容誤差 0.01 mm で三角形に近似して STL で出力したものが、図 2-13-7. B である。この時、STL を構成する三角形の頂点は正確に元の3DCAD モデルの面上の点である。三角形の各頂点において、元の3DCAD モデルを構成する曲面の法線ベクトルを付加し、それを使って3回細分割したものが図 2-13-7. C である。また、図 2-13-7. D は STL をフラットシェーディングで表示したものである。隣接する三角形との角度が見た目で分かるが、細分割したものでは三角形間の角度は見た目ではわからない。フラットシェーディングとは三角形に対して設定された光源との角度から、三角形の面全体の輝度(明るさ)を決める方法で、光源からの光線方向のベクトルと三角形に垂直な法線ベクトルとの角度差をもとに明るさを決定するので、高速な処理が可能であるが、境界部分の表現が角張ったものになり、リアルさには欠ける。

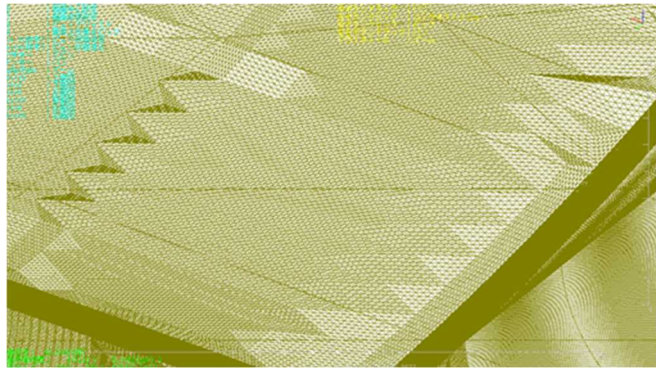


A.3DCAD モデル

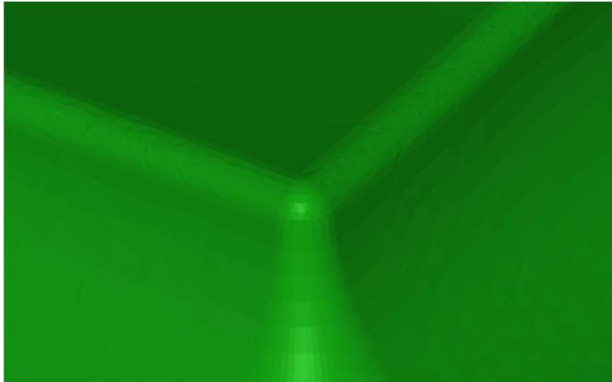


B.STL を構成する三角形

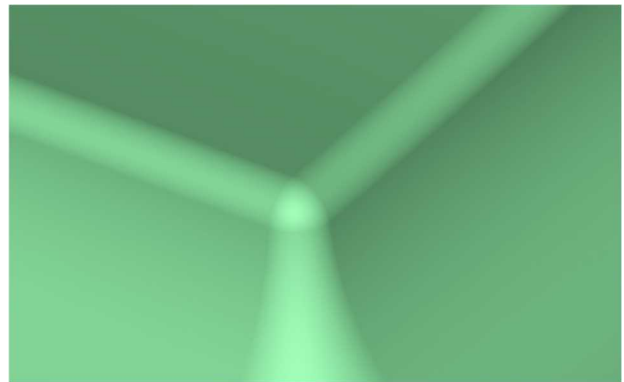




C.三角形を法線ベクトルで3回細分割



D.STL をフラットシェーディングで表示



E.細分割した三角形をフラットシェーディングで表示

図 2-13-7. STL および STL を頂点の法線ベクトルで細分割

次に、細分割したポリゴンの精度について評価する。図 2-13-8 は双曲二次曲面を  $x, y$  に関して  $0.05$  格子状の点で分割してポリゴン近似したものである。このポリゴンを法線ベクトルを使って3回細分割したものが図 2-13-8 上側右の図である。細分割したポリゴンに対して元の双曲二次曲面との誤差を評価したものが図 2-13-8 下段のグラフである。このグラフを見ると誤差が、 $0.00002$  以下になっていて、3 桁以上小さい誤差になっていることがわかる。

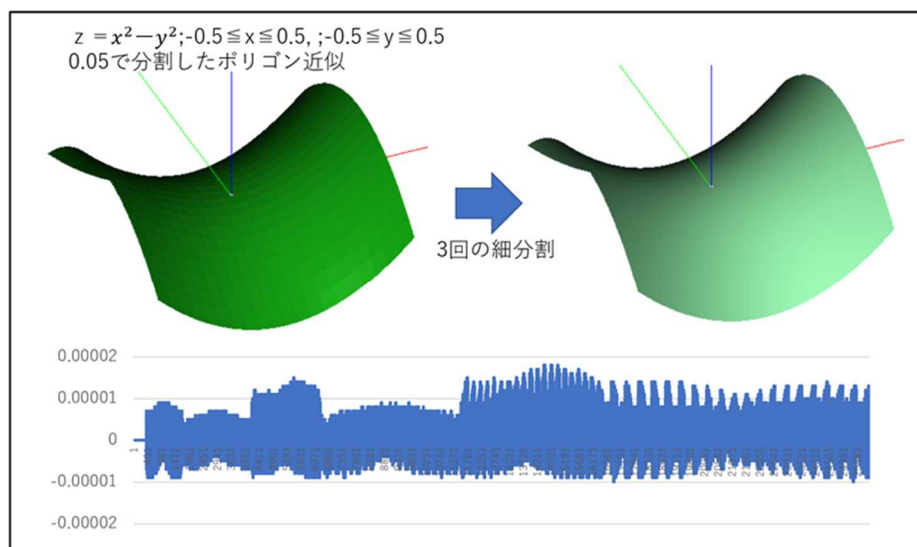


図 2-13-8. 多項式曲面の細分割ポリゴンによる誤差評価

細分割ポリゴンの近似精度についてはもう少し検討する必要があるものの、3DCAD における曲面をある程度の許容誤差で三角形に近似し、複数回細分割をくりかえすことによって近似精度を向上できることがわかった。この成果を使って、ポリゴン近似に対して法線ベクトルを付加したデータ変換形式を考案することができる。

以上の考察をもとに、拡張ポリゴンデータとして図 2-13-9 のような構造を提案する。ソリッドモデルのデータ構造である、ウイングドエッジを参考にしている。

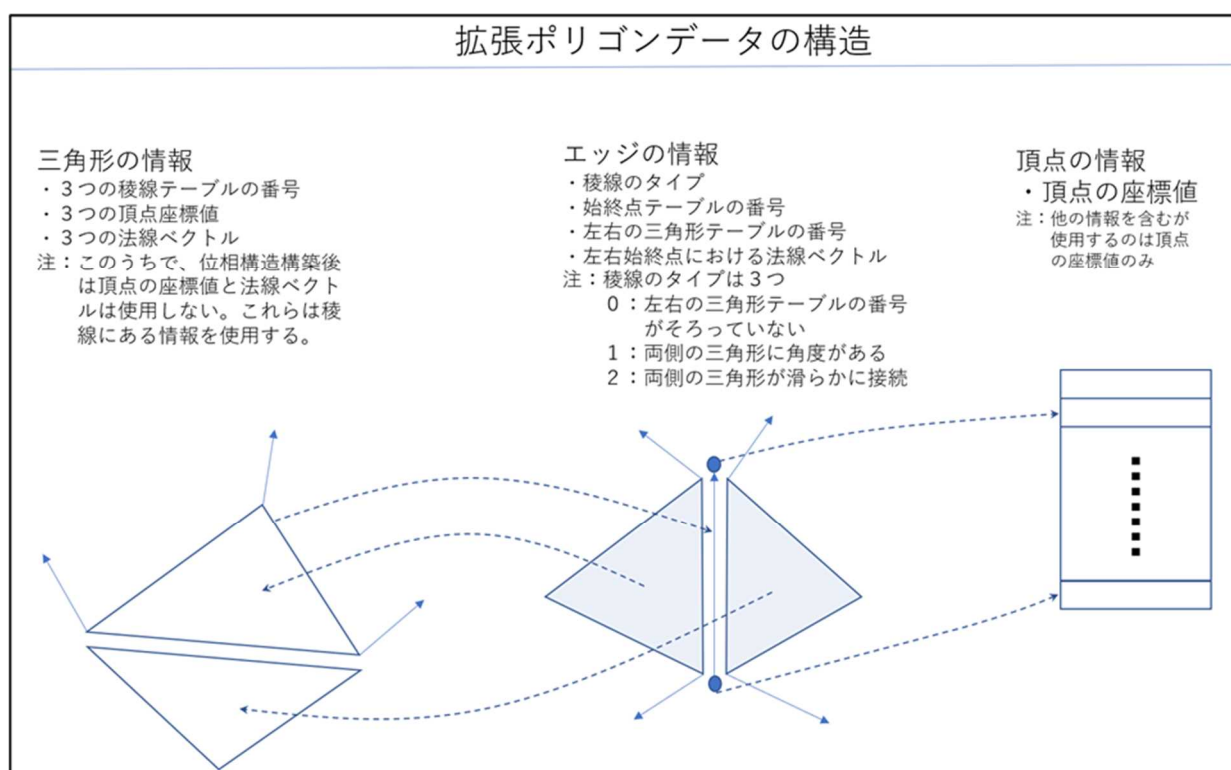


図 2-13-9. 拡張ポリゴンデータ

3DCAD から拡張ポリゴンデータ変換形式を出力するプログラムでは、特殊な技術である 3DCAD のカスタマイズのノウハウを持つ企業に外注する。

②拡張ポリゴンデータによる3DCAM の開発(担当:茨城大学、株式会社コアコンセプト・テクノロジー)(実施期間:2020年10月~2021年9月)

達成目標:

拡張ポリゴンデータによるデータ変換形式を読み込んで上記の方法で細分割した精度と滑らかさで NC データを出力できることを目標とする。

課題:

金型製作や部品加工に必要な最低限の NC データのパターンを網羅する必要がある。

既存の3DCAMでの使い方は曲面単位でNCデータを作成する方法であるが、対象となるデータ形式が細分割されたポリゴンであるため、加工方法の検討が必要になる。また、膨大な細分割されたポリゴンを自動で計算するため、高速で安定した処理方法が必要である。解決手段：

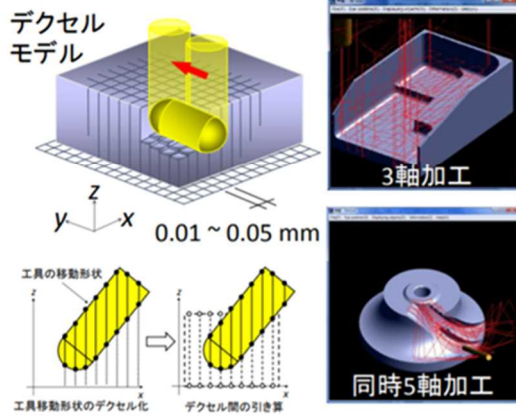
加工実験を担当する外注の金型企業の協力によって、鏡面加工が可能な加工パスのパターンを探索する。処理の安定化と高速化のために、茨城大学の乾教授の研究成果であるGPUによる3DCAMカーネルを活用する(図2-13-10)。図2-13-10はGPUによる3DCAMカーネルである。3DCAMにおいてもっとも計算時間がかかり安定化が難しい処理はオフセット処理である。この3DCAMカーネルは、形状をSTLで読み込んで処理することができ、GPUによる高速計算処理を実現し、デクセルデータ形式を使ってオフセット処理を安定して行うことが可能である。

また、プログラムの構造が簡素になっていることが特徴である。この3DCAMカーネルは多くの企業に技術導入されているが、企業機密扱いになっていて、仕上げ加工で使用できるかどうか不明であった。この3DCAMカーネルに対して細分割したポリゴンをSTLにしてNCデータを作成し、図2-13-7. AのモデルをSTLにして、倣い加工方法による仕上げ加工を行ってみた。倣い加工とは、図2-13-11のように形状全体を往復して加工する方法である。図2-13-12. AはSTLを使ってNCデータを計算して加工した結果であるが、帯状の加工面が発生した。これは実務で使用している3DCAMでは発生しないものであり、このレベルでは実務で使えない。一方、図2-13-12. Bは、細分割したポリゴンを使って同様の加工条件でNCデータを計算して加工したものである。帯状の加工面は消えている。これが実務で使えるものであるかどうかを判定するために、面粗さ計測を実施した結果、良好であると判断された(図2-13-13)。

この結果、GPUによる3DCAMカーネルは今回の開発に十分活用可能であり、入力データの工夫をすればよいことがわかった。3DCAMのカーネル側を茨城大学が担当し、アプリケーション側をコアコンセプト・テクノロジーが担当する。

## ・切削加工シミュレーション・アニメーション

- 工作物形状をデクセルで表現.
- 工具による工作物の除去を, 3次元コンピュータ・グラフィックスの隠面消去処理に置換.
- GPUのデプスバッファ機能を利用して実装(特許済). 目的に応じてCUDAも利用.



## ・金型加工の工程設計支援

- 金型形状, 工作物形状, 工具形状, 加工条件から, 得られる加工結果を推定(特許済).
- 全自動で工具経路を生成し, 続けて加工シミュレーションを実施.

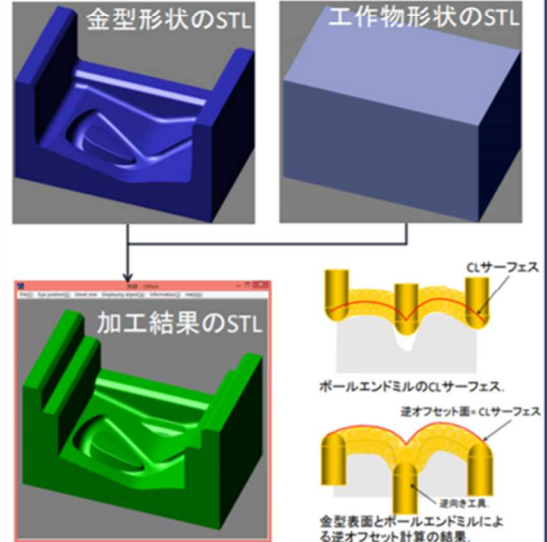


図 2-13-10. GPU による3DCAM カーネル(茨城大学乾研究室)

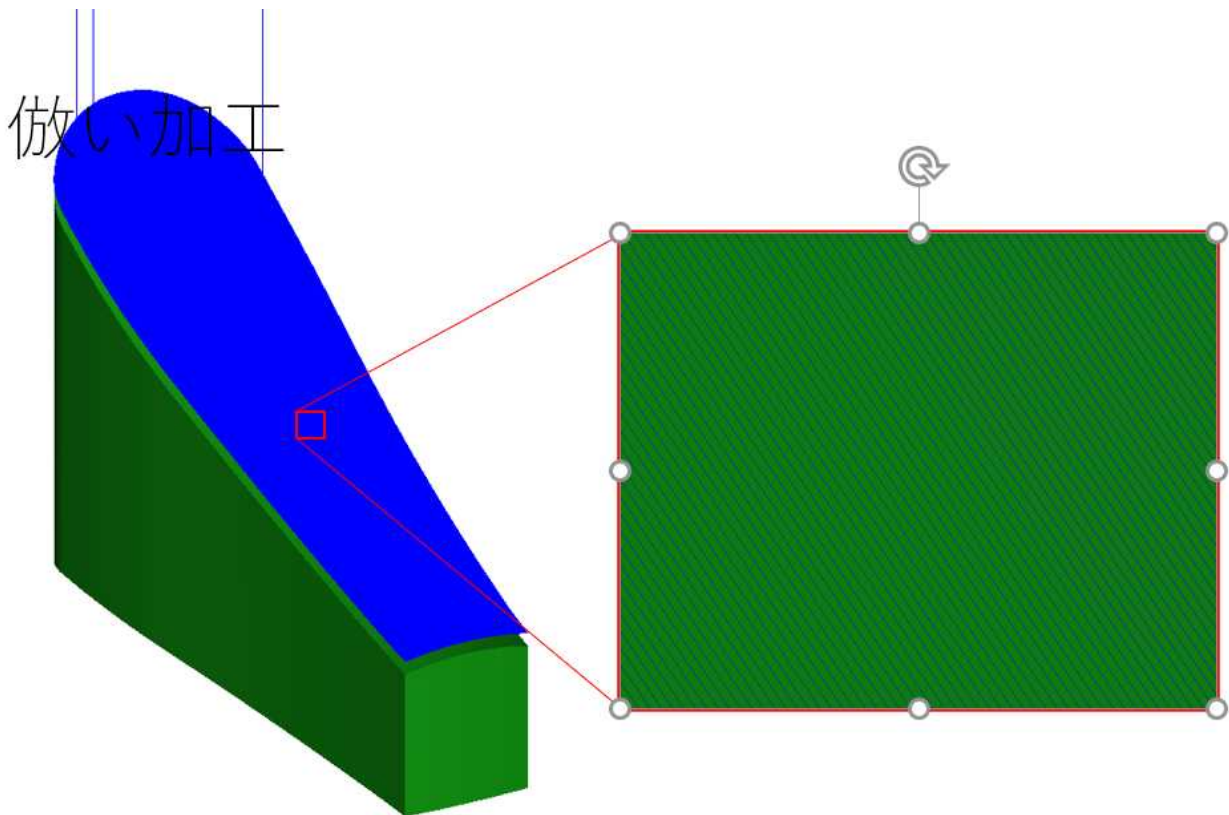
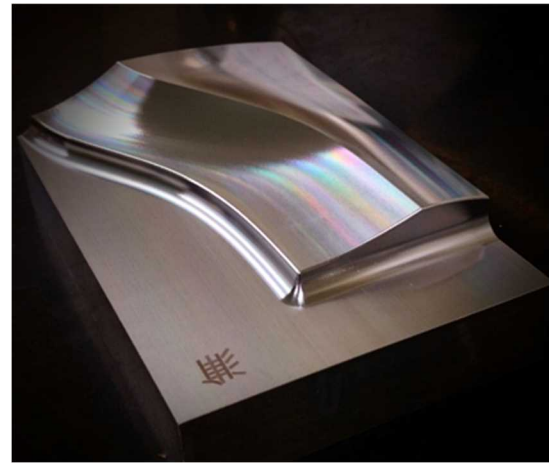
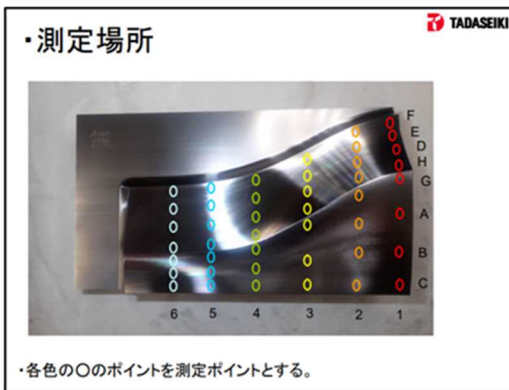


図 2-13-11. 倣い加工



A. STL で NC データを作成して加工      B. 細分割ポリゴンで NC データを作成して加工  
 図 2-13-12. CAM カーネルによる加工



・測定結果

・面粗度の比較 - Ra

Ra		1	2	3	4	5	6
有	A	0.412	0.383				
無		0.35	0.302				
有	B	0.239	0.273	0.333	0.339	0.34	0.313
無		0.157	0.2	0.258	0.24	0.246	0.28
有	C	0.178	0.198	0.143	0.184	0.164	0.177
無		0.16	0.16	0.172	0.157	0.169	0.156
有	D	0.16	0.193	0.227	0.257	0.205	0.168
無		0.173	0.251	0.234	0.219	0.213	0.172
有	E	0.225	0.261	0.229	0.225	0.195	0.229
無		0.186	0.278	0.254	0.186	0.225	0.143
有	F	0.257	0.299	0.274	0.16	0.23	0.255
無		0.219	0.309	0.26	0.173	0.262	0.175
有	G	0.383	0.41	0.402	0.337	0.321	0.284
無		0.355	0.297	0.244	0.216	0.252	0.234
有	H	0.165	0.185	0.194	0.229	0.237	0.179
無		0.177	0.194	0.215	0.19	0.194	0.185

・面粗度の比較 - Rz

Rz		1	2	3	4	5	6
有	A	2.503	2.393				
無		2.246	1.769				
有	B	1.721	1.963	2.03	2.142	2.076	1.968
無		1.157	1.293	1.554	1.507	1.577	1.699
有	C	1.067	1.46	0.994	1.3	1.265	1.194
無		1.078	1.126	1.174	1.11	1.081	1.084
有	D	1.096	1.306	1.405	1.719	1.469	1.28
無		1.178	1.513	1.389	1.363	1.449	1.155
有	E	1.395	1.462	1.304	1.395	1.293	1.63
無		1.26	1.561	1.507	1.28	1.391	1.233
有	F	1.719	1.751	1.446	1.098	1.496	1.647
無		1.363	1.745	1.473	1.178	1.643	1.284
有	G	2.379	2.298	2.278	1.969	1.905	1.936
無		1.872	1.68	1.424	1.218	1.475	1.513
有	H	1.041	1.105	1.354	1.389	1.353	1.173
無		1.22	1.186	1.386	1.29	1.223	1.101

図 2-13-13. 面粗さ計測結果

加工方法には削り加工以外にも、等高線加工や面沿い加工などの方法がある。これらの加工方法はもともと形状が曲面を張り合わせたものであるという考え方で作成されたものであって、微小なポリゴンの集まりで構成されたデータに関しては、最適な仕上げ加工方法を考案し、3DCAM の機能として開発する必要がある。

③CG ソフトウェアによる金型設計機能の検証の研究(担当:株式会社コアコンセプト・テ

テクノロジー)(実施期間:2021年1月~2021年9月)

達成目標:

拡張ポリゴンデータ変換形式からCGソフトウェアの標準データ形式であるobj形式に変換しCGソフトウェアで読み込みが可能であること、CGソフトウェアで金型設計が可能であることを検証する。

課題:

拡張ポリゴンデータ形式を既存の3DCADで読み込むことはできない。既存の3DCADにおける曲面の表現方法はスプライン曲面であるため、ポリゴンデータからスプライン曲面に変換することはできない。このため拡張ポリゴンデータ変換形式を読み込んで金型設計用のモデリングができる3DCADが必要となる。

解決手段:

拡張ポリゴンデータ変換形式は、CG用のデータ変換形式であるobj形式には変換可能である。そこでCGソフトウェアで金型設計に必要な機能があるか、さらに必要な精度を保證できることを検証する必要がある。さらに、CGソフトウェアでモデリングしたモデルを再度、拡張ポリゴンデータ変換形式に変換することで、②で開発する3DCAMにデータを変換する。CGソフトウェアの内部表現で倍精度浮動小数点数を使っているものがあり、精度的には通常の3DCADと同じレベルであり、さらにモデリングが3DCADに比べて柔軟性がある。CGソフトウェアからobj形式のデータで出力し、obj形式から拡張ポリゴンデータによるデータ変換形式に変換する。obj形式と拡張ポリゴンデータとは親和性があるため、データ変換におけるトラブルは発生しない。CGソフトウェアが設計製造で普及していないのはスプライン曲面を扱えないからであると思われるが、そのスプライン曲面を細分割ポリゴンで代替可能であるとすれば、CGソフトウェアは設計製造に使うことができると考えられる。

3DCAD間のデータ変換が必要である場合は、たとえば、3DCADで製品設計を行い、金型企業に3Dデータ送り、金型設計を行うようなケースである(図2-13-14)。そこで金型設計に必要な機能を抽出し、CGソフトウェアで設計可能であるかを検証する。

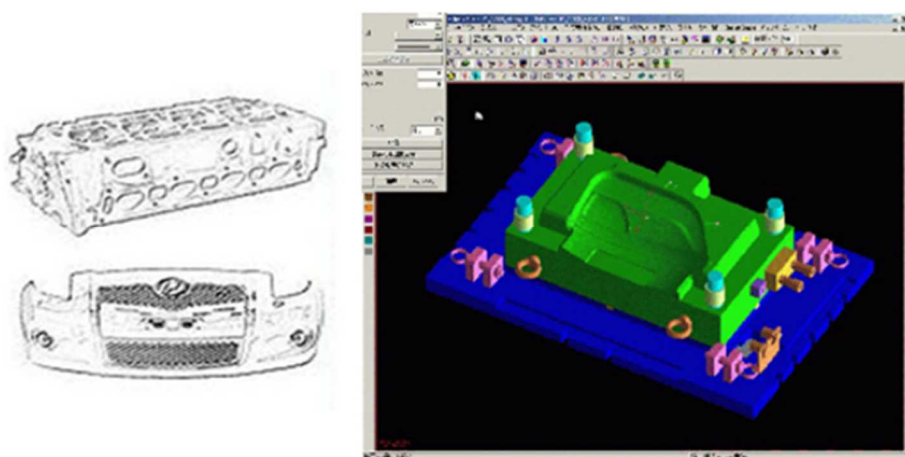


図 2-13-14. 製品モデルから金型設計

④加工面評価シミュレータの開発(担当:株式会社コアコンセプト・テクノロジー)(実施期間:2020年10月~2021年3月)

達成目標:

3DCAM から出力される NC データで鏡面加工が可能であるかどうかをコンピュータ上で判定することが可能な、加工面を評価するシミュレータを開発する。図 2-13-12. A,B のような加工面の品質をコンピュータで評価できるレベルを目標とする。

課題:

従来の加工シミュレータの目的は削り残しや削り込みを発見するために利用することを想定した処理になっている。図 2-13-15 は図 2-13-10 にあるデクセルを使って加工シミュレーションを行う方法を図示したものである。3D グラフィックスにおける Z バッファとおなじように、ワークを針山とみなして針を工具で切り取るという方法を採用する。ワークに対して工具が除去したあとの形を見ることができるが、切削面の法線ベクトルを求めることができないため、フラットシェーディングは可能であるが、レイトレーシングやフォーンシェーディングによるリアルな CG を作成することができない。

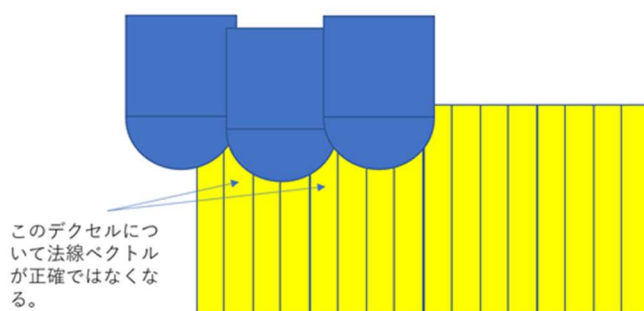


図 2-13-15. デクセルによる加工シミュレータ

注 1: Z バッファ法とは、3 次元グラフィックスの描画処理で視点から見て隠れている部分を除外する手法の一つで、各画素に奥行きに関する情報を持たせ、重なり合う位置にある画素同士の奥行きを比較して手前のものだけを描画する手法である。奥行き情報を保持するメモリ領域を「Z バッファ」という。

注 2: フォーンシェーディングとは、3 次元グラフィックスにおける陰影計算の補間技法である。ポリゴンの頂点に付加された法線ベクトルの補間によってピクセルの色を推測する技法であり、「ピクセル単位照明」を実現するための補間技法として利用される。フラットシェーディングに比べてリアルな描画が可能である。図 2-13-16 の左側がフラットシェーディング、右側がフォーンシェーディングである。

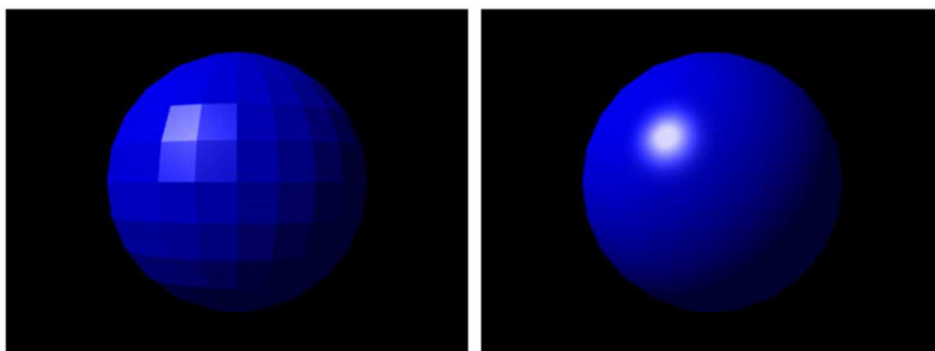
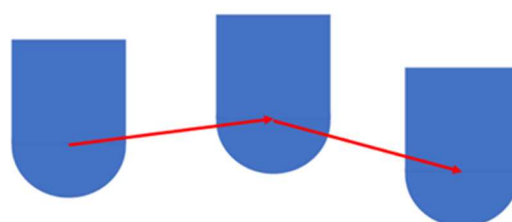


図 2-13-16. フラットシェーディングとフォーンシェーディングの比較

注3:レイトレーシングとは、3次元グラフィックスの描画手法の一つで、視点に届く光線を物体や光源まで逆にたどり、途中の描画面における各画素の色を決定する方式である。もっとも画質の良い描画ができる。

解決手段:

加工面評価シミュレータではワーク側ではなく、工具側を見ることでこの問題を解決することができる。この加工面評価シミュレータは従来のような加工シミュレータの機能はなく、切削痕を見るためのものである。工具は図 2-13-17. A のように微小な直線に沿って移動していく。一つの工具移動についてボールエンドミルが動いたときの形状は、図 2-13-17. B のような包絡面になる。工具の先端部分のみの動きとこれをポリゴンに分割したときの形状を図18に示す。このポリゴンの各頂点には正確な法線ベクトルを付けることができるので、フォーンシェーディングでリアルに表示することができる。図 2-13-20 は図 2-13-12. A の帯状の加工面を3次元グラフィックスでフォーンシェーディングの方法で表示したものである。この表示レベルではまだ視認性が悪いので、レイトレーシングを適用するか、あるいは法線ベクトルの変化を強調して表示できるような新しい3次元グラフィックスの表示方法を考案することで、実際の加工面の滑らかさを見た目以上に協調して表示できる3次元グラフィックスソフトウェアの開発を行う。この機能の開発においては3次元グラフィックスに関する知識が必要であるため、ノウハウを持つ企業に外注する。



A. ボールエンドミルの動き



B. 工具移動によって生じる形状

図 2-13-17. ボールエンドの移動による包絡面



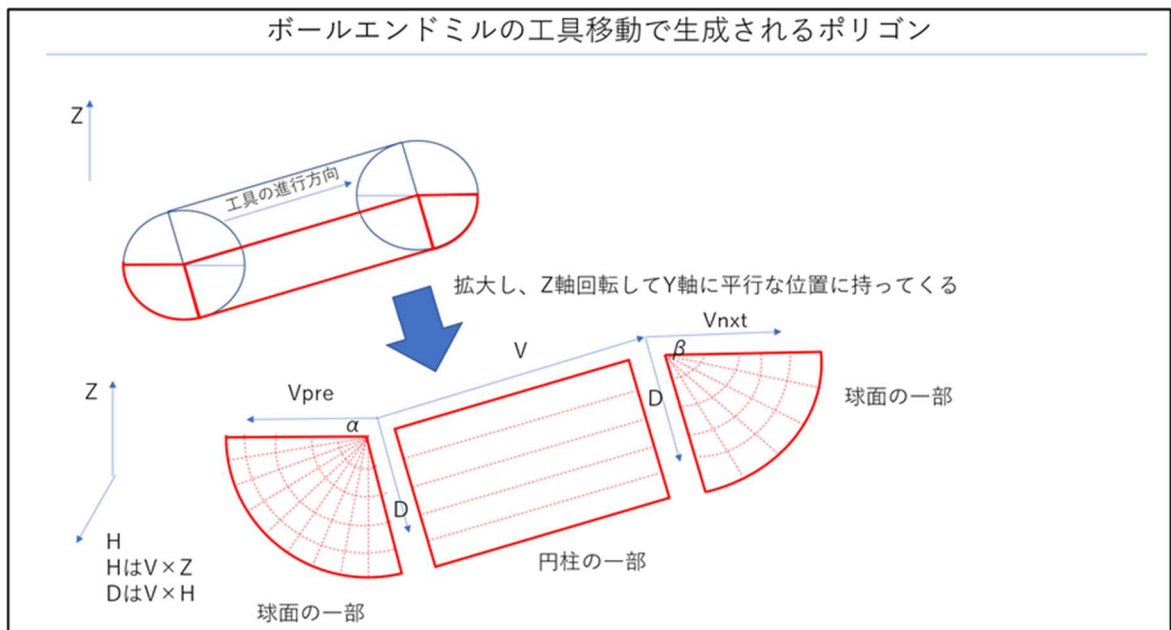


図 2-13-18. ボールエンドミルの移動単位で生成されるポリゴン

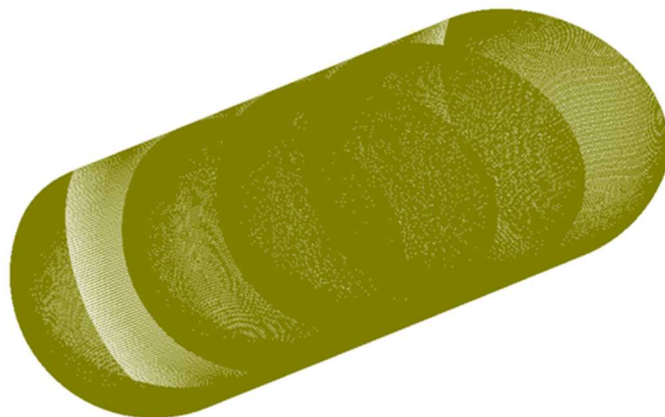


図 2-13-19. 工具先端部分が構成するポリゴン

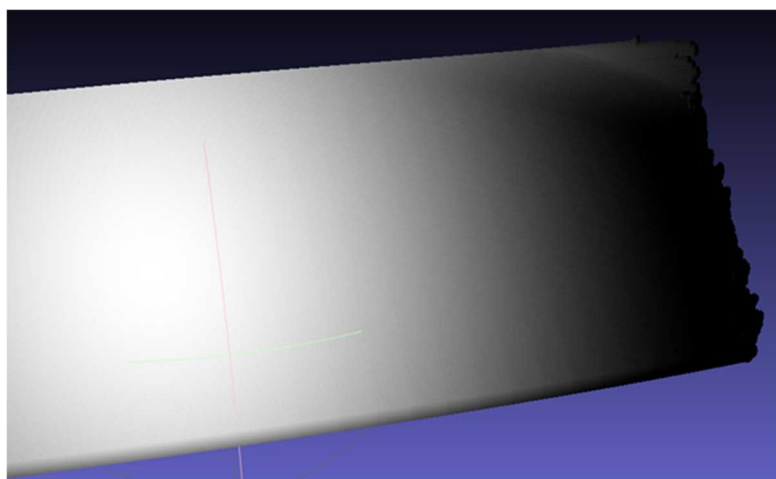


図 2-13-20. 帯状の加工面をフォーンシェーディングで表示

⑤加工負荷シミュレータの開発(担当:茨城大学、株式会社コアコンセプト・テクノロジー)(実施期間:2021年4月~2021年9月)

達成目標:

工具の刃の形状やワークの設置方法も含め、回転数、送り速度を含めた加工負荷シミュレータを開発する。工具欠損やビビリ状態および工具摩耗を検知できることを目標とする。

課題:

いままでに工具の刃や回転数を含めた加工シミュレーションはできていない。図 2-13-15 で示すように、通常の加工シミュレータではワークを針状のデクセルにして工具が各デクセルを切り取った高さを求めるものである。工具全体にかかる負荷は計算できるが、工具の各部位にかかる負荷はわからない。

解決手段:

ワークと工具を積層データ構造で扱う方法を考える。積層データ構造とは、3D プリント技術を参考にしたデータ構造である。形状を断面の積み重ねで表現する方法である。各断面は2次元の要素に分解する。切削状況を表現するときは、各断面において画像に変換し、画像処理を行う。このため、GPU を使って高速に計算することができる。

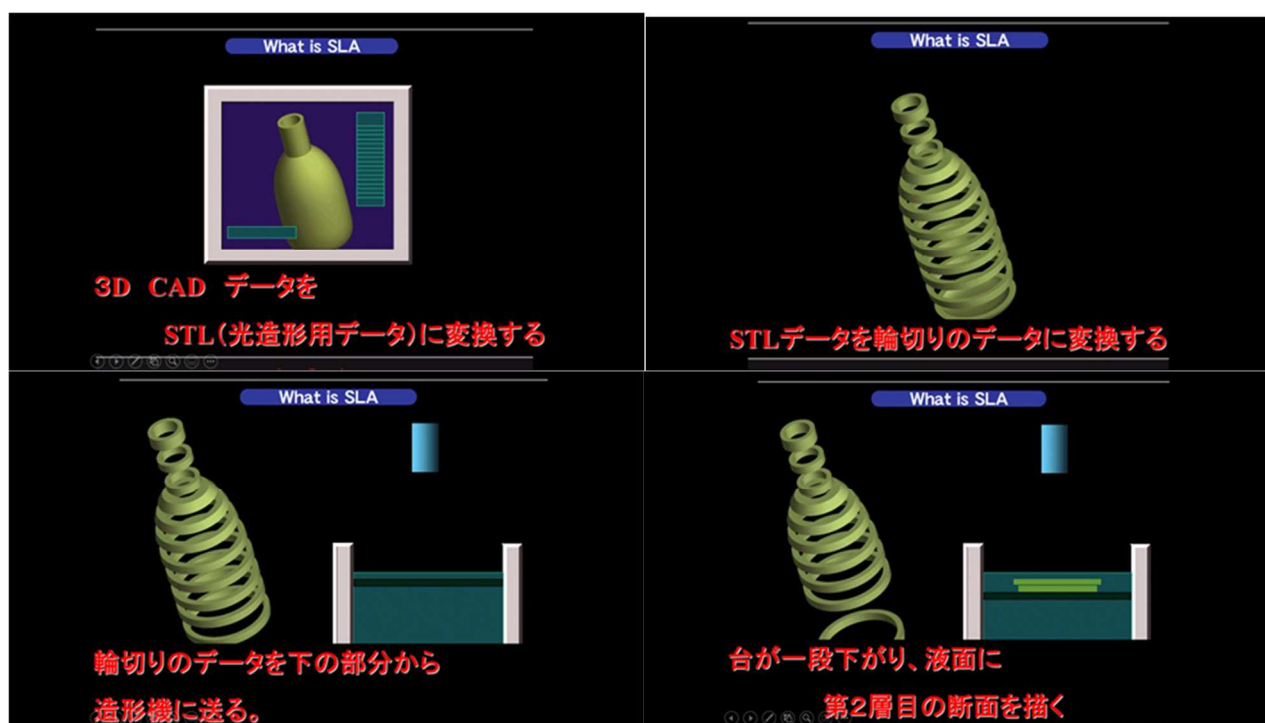


図 2-13-21. 3D プリンタの形状表現方法

工具の断面における個々の力を総合して、3次元的な工具の構造解析を行ことで工具欠損やビビリ現象や工具摩耗を解析することができる。以上見てきたように、工具の個々の部位に対する力や力積を求め、3次元的な工具に対する負荷状況の履歴を記録する。このようにして工具の刃のモデルも含め、回転数なども考慮し、刃や工具の部分に対して負荷履歴を記録する仕組みを構築する。この処理の実現性を検証する。工具の個々の部位におけ

る力や力積を求める処理を、GPU を使って計算する処理は茨城大学が担当し、工具全体の負荷計算をコアコンセプト・テクノロジーで行う。

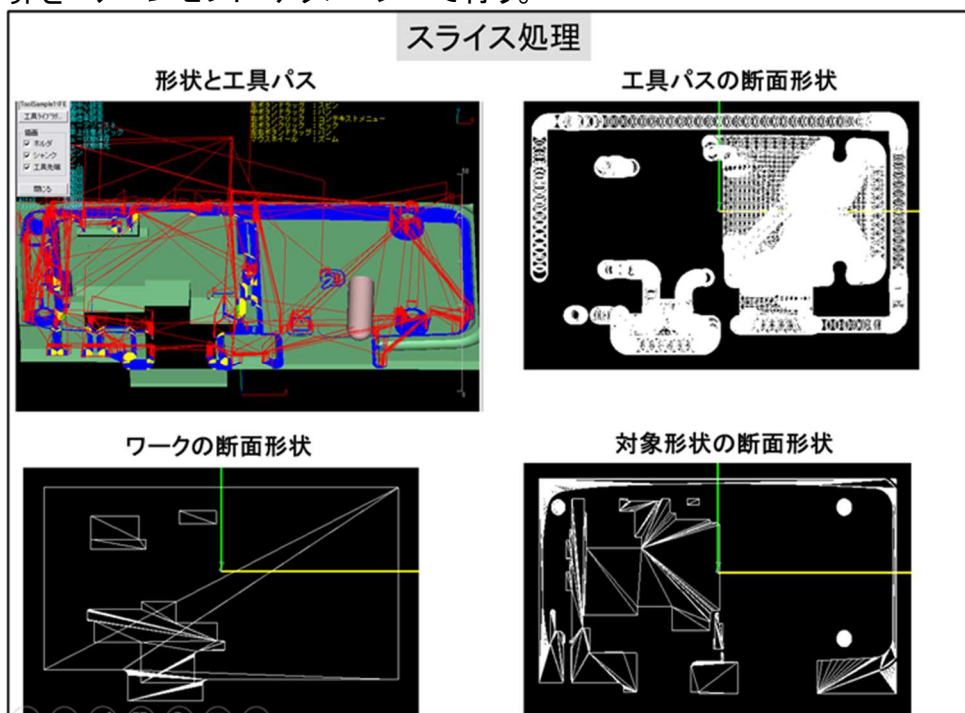


図 2-13-22. 積層データを計算する処理

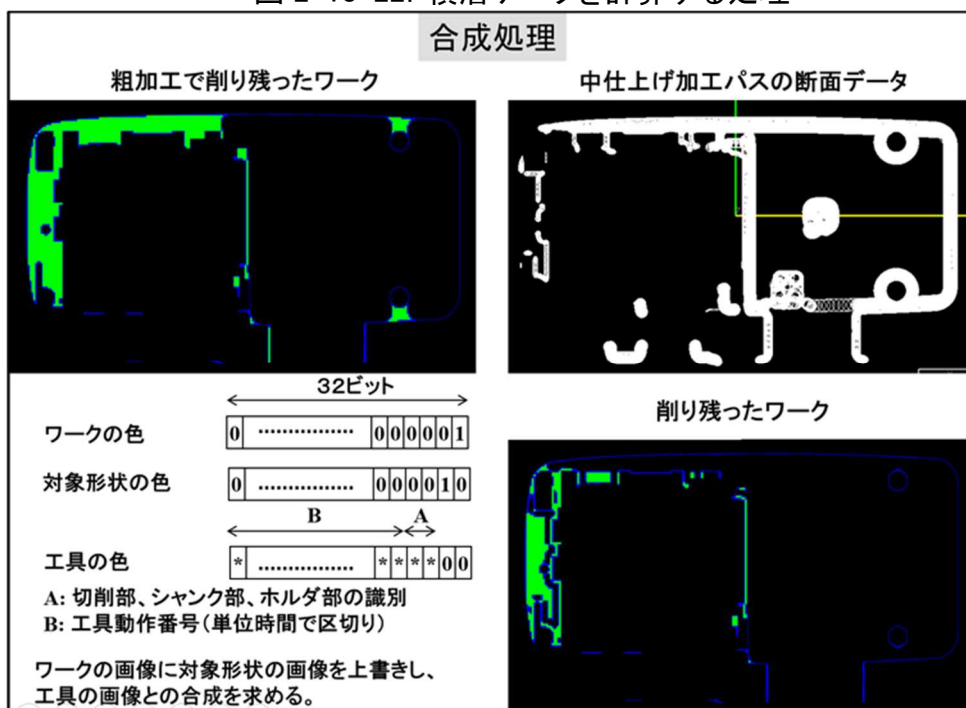


図 2-13-23. 各層における切削状態を求める画像処理

⑥加工負荷シミュレータとIoTとの融合研究(担当:株式会社コアコンセプト・テクノロジー)  
(実施期間:2021年10月~2022年3月)

達成目標:

加工負荷シミュレータによって加工状態が把握できることを目標とする。特に、工具欠損、工具のビビリ状態、工具摩耗が加工負荷シミュレータで検知できることを目標とする。

課題:

加工負荷シミュレータでは刃や工具およびワークにかかる負荷はわかるものの、計算で求めた負荷と、物理的な状態との関係が判断できない。

解決手段:

IoTによる加工状態の予兆検知解析を利用する。この研究は工作機械メーカーと共同で研究している成果を利用するものである。加工機の主軸やワークにセンサー類を取り付ける。センサーの種類としては、主軸の振動を検知する3軸の加速度センサー、切削音を検知するマイクを取り付けている。これらのセンサー類の時系列データから工具欠損の予兆検知を行ったものが図 2-13-24 である。加速度や音のデータから工具欠損の発生を検知することができることを確認できた。工具のビビリ状態と工具摩耗に関しては現在進行中である。

IoTによるセンサー類の時系列データの解析から、工具欠損、ビビリ状態、工具摩耗が発生したときの特徴を得ることはできると考えてよいが、このような現象が発生する原因までは得ることができない。加工負荷シミュレータで算出される負荷とセンサー情報の相関関係を機械学習によって調べることで、現象の原因を解明することができる。

この目的のために加工負荷シミュレータで算出された負荷から工具欠損やビビリ状態、および工具摩耗を検知し、回避する方法の研究を行う。この研究の結果から、コンピュータ上で工具欠損、ビビリ現象、工具摩耗を検出できるため、加工における不具合を削減することに貢献する。

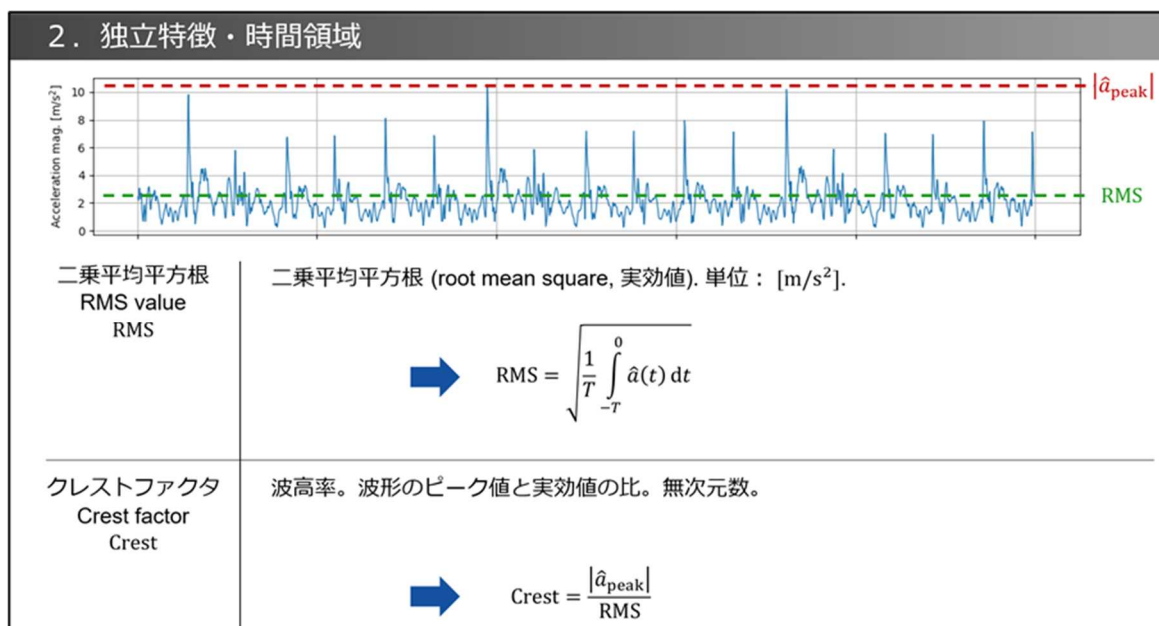


図 2-13-24. センサーデータの解析による加工状態の解析

⑦実証試験とフィードバック(担当:株式会社コアコンセプト・テクノロジー)(実施期間:2020年10月~2022年3月)

達成目標:

製品設計から機械加工までの工程においてデータ変換コストゼロを達成し、金型設計以降の工数半減を目標とする。

課題：

金型設計製造において3Dシステムの活用に積極的であり、かつ資本力がある金型企業との連携が必要である。

解決手段：

岐阜県にある株式会社岐阜多田精機はこの条件に適合しており、外注先として検討する。

図 2-13-7 の3DCAD モデルの選定、図 2-13-12 の加工、および図 2-13-13 の面粗さ計測、切削結果の評価は株式会社岐阜多田精機が実施している。この実験を通して、データ変換形式へのフィードバックや周辺ソフトウェアの改善をおこない、汎用的に使用可能なものとしていく作業を行う。

工数削減の見積りの詳細を以下に述べる。

#### ( i )金型設計工程における工数削減

この工程では、3DCAD から拡張ポリゴンデータの変換形式によりデータ変換コストを0にする。また3DCAD ではなくCG ソフトウェアを使うことで操作性を改善することで設計におけるモデリング工数において30%程度削減を目指す。

#### ( ii )NC データ作成工程における工数削減

CG ソフトウェアから出力される obj 形式データを拡張ポリゴンデータの変換形式を経由して新しく開発する3DCAM にデータ変換するコストを0にする。また、NC データ作成工数を従来のサーフェスモデルによる対話式の操作から、拡張ポリゴンデータによる自動計算に移行することで、作業工数を半減する。

#### ( iii)加工条件および切削条件の検討工数削減

加工面評価シミュレーションによって、鏡面加工を実現する切削条件をコンピュータ上で検討することができる。鏡面加工の効果により金型仕上げ工数を半減できる。

加工負荷シミュレーションによって切削条件をコンピュータ上で検討することで、加工機による補正加工の回数を削減することができる。この削減目標として、補正加工回数の半減を目指す。

追加事業である歯科医療分野への応用に関する内容を下記に説明する。

図 2-13-2 の左側が基本事業で進める開発部分である。この仕組みに歯科医療分野で困難とされているモデリング機能と5軸加工部分を開発し、評価することで歯科医療分野への適用可能性を検証することを目的とする。

具体的な開発項目について以下に述べる。

### ⑧患者の咬合平面抽出機能

図 2-13-25 に示すような、歯科医師による患者の口蓋スキャンデータから、微分多面体による曲面と CSG 方式によるソリッドモデリング表現技術により上顎と下顎の噛合わせる平面を自動抽出する機能の開発を行う。

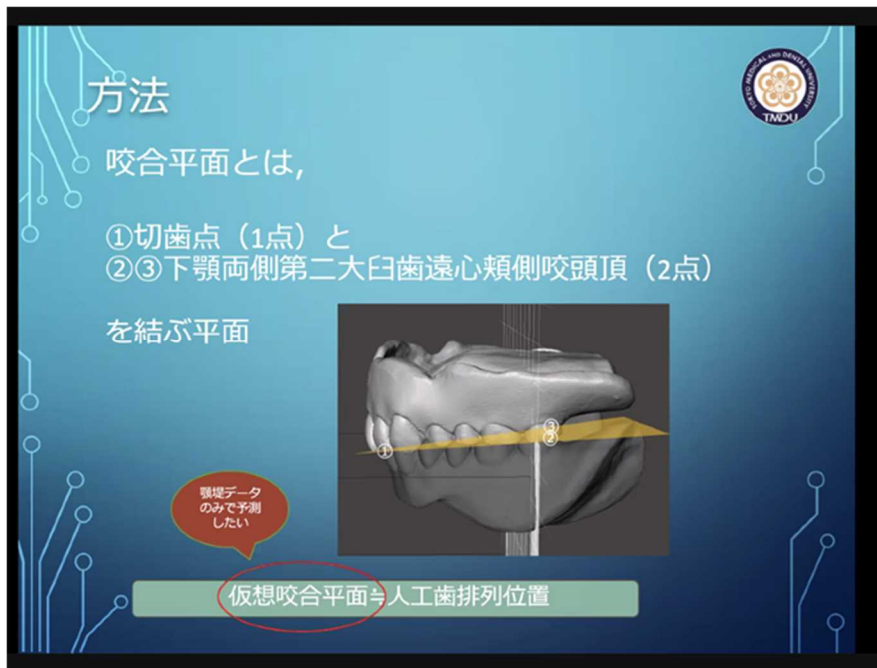
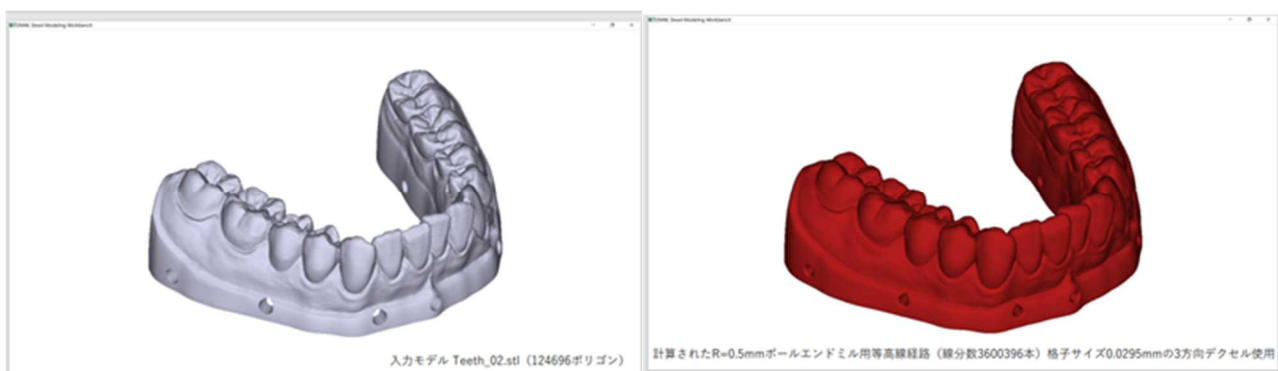


図 2-13-25. 咬合平面の抽出機能  
(東京医科歯科大学 金澤教授より資料提供)

### ⑨5軸加工機能

図 2-13-26 に示すような、3次元のデンチャーモデルに対して、5軸加工パスを生成する機能を開発する。現在の GPU-CAM は3軸加工用のパスを生成する機能であり、主軸の姿勢制御によって工具軸が干渉しない姿勢を自動計算する機能を追加開発する。



デンチャー用モデル

3軸加工パスによるシミュレーション

図 2-13-26. デンチャー用5軸加工パス生成機能

### ⑩5軸加工機による加工実験

歯科医療分野で実績のある5軸加工機を使って②で開発する5軸加工用 NC データを使って実証試験を行う。



図 2-13-27. 株式会社松風製 DWX-52D

- ⑪矯正用マウスピース製作における、歯と歯茎の境界線を半自動生成する機能の開発  
図 2-13-28 に示すような、赤色で示した部分を抽出する機能を開発する。

歯茎の境界線の半自動抽出

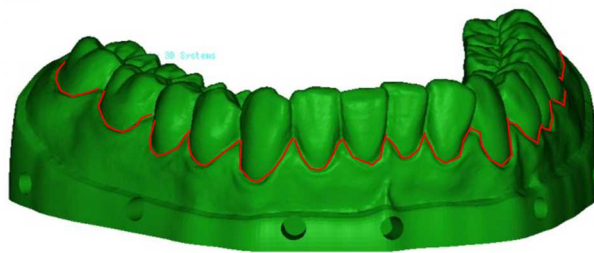


図 2-13-28. 歯と歯茎の境界線を抽出する機能

- ⑫矯正用マウスピースの加工

光造形装置で下顎骨モデルを作成し真空注型装置でマウスピースの原型を作成する。

- ⑪で抽出した境界に沿って、⑨で開発する 5 軸加工機能でマウスピース原型の不要な部分をカットして除去する。

**【目標】**

開発項目ごとの目標を列挙する。

1) 拡張ポリゴンデータの検討と 3DCAD からの変換プログラムの開発において、3DCAD で扱う曲面を指定の精度で細分割可能なポリゴンで近似することができることを検証する。

2) 拡張ポリゴンデータによる 3DCAM の開発において、拡張ポリゴンデータによるデータ変換形式を読み込んで上記の方法で細分割して精度と滑らかさで NC データを出力できることを目標とする。

3)CG ソフトウェアによる金型設計機能の検証の研究において、拡張ポリゴンデータ変換形式から CG ソフトウェアの標準データ形式である obj 形式に変換し CG ソフトウェアで読み込みが可能であること、CG ソフトウェアで金型設計が可能であることを検証する。

4)加工面評価シミュレータの開発において、3DCAM から出力される NC データで鏡面加工が可能であるかどうかをコンピュータ上で判定することが可能な、加工面を評価するシミュレータを開発する。図 2-13-8. A,B のような加工面の品質をコンピュータで評価できるレベルを目標とする。

5)加工負荷シミュレータの開発において、工具の刃の形状やワークの設置方法も含め、回転数、送り速度を含めた加工負荷シミュレータを開発する。工具欠損やビビリ状態および工具摩耗を検知できることを目標とする。

6)加工負荷シミュレータと IoT との融合研究において、加工負荷シミュレータによって加工状態が把握できることを目標とする。特に、工具欠損、工具のビビリ状態、工具摩耗が加工負荷シミュレータで検知できることを目標とする。

7)実証試験とフィードバックにおいて、製品設計から機械加工までの工程においてデータ変換コスト0を達成し、金型設計以降の工数半減を目標とする。

8)患者の咬合平面抽出機能の開発において、正常な下顎骨モデルに対して咬合平面が抽出でき、CG ソフトウェアで表示できることを目標とする。

9)5軸加工機能の開発において、デンチャー向けに下顎骨モデルの加工パスを生成できること、およびマウスピース製作向けに、歯と歯茎の境界線にそって5軸加工パスを生成できることを目標とする。

10)5軸加工機による加工実験において、株式会社松風製 DWX-52D の歯科医療向け5軸加工機で下顎骨モデルを切削できることを目標とする。

11) 矯正用マウスピース製作における、歯と歯茎の境界線を半自動生成する機能の開発において、CG ソフトウェアで自動抽出できることを目標とする。

12) 矯正用マウスピースの加工において、株式会社松風製 DWX-52D の歯科医療向け5軸加工機でマウスピースの加工ができることを目標とする。

### 3-2-2-13-3. 研究開発の成果



事業成果の総括と結論について述べる。

#### (1)基本事業における成果

基本事業の開発目標の背景となった技術的コンセプトを下記に示す。一部の目標は未達であったが、継続的な改善に必要となる基盤技術と品質を達成できた。今後は改善・機能拡充を進めながら事業化を目指す。

- ・加工パス生成時にパス不良を起こすような形状誤差を生じさせない高精度なデータ変換
- ・加工機およびコントローラがスムージングを必要としない高品質な加工パス生成
- ・単純で連続した制御指示により、コントローラの CPU リソースを先読みによりフォーカス
- ・シミュレーションによる加工物予測および NC データへのフィードバック

拡張ポリゴンのデータ構造および細分割手法の開発により高精度データ変換および高品質加工パス生成を加工実験により実証した。また今回実施した一連の加工実験で作成した NC データの切削パスは G01 のみで構成している。これによりコントローラの CPU リソースは先読みだけに利用することが可能となっている。CAD データから切削に至るまで、鏡面加工、金型設計工程および NC データ作成工程における工数削減を実現するための技術を開発できた。

シミュレーションについては CAD/CAM 開発と比較して多くの継続開発が必要となっている。この問題は、今回開発したデータ構造、加工パス構成および加工パス精度が、既存技術と比べてチャレンジングであったことに起因すると考える。加工パス生成の技術は既に確立したので、今後は様々な形状に対して NC データを作成し、これをシミュレーション改善に活用していく。

今回開発したプログラム群に対して高品質のパス計算、シミュレーションを現実的な時間で実行するために GPU を活用した。GPU は CPU と比較して圧倒的な並列計算性能を持っているため今後もその性能向上を見込める。本プログラム群は継続的な実行時間を改善できる基盤を有しており、今後は事業化に向けた開発リソースを改善・機能拡充に集中することができる。

#### (2)追加事業における成果－歯科医療用の機能開発

5 軸加工パス生成機能および矯正用マウスピースのカット/仕上げ用パス生成機能の開発を通じて、拡張ポリゴンデータ形式の形状表現技術および加工技術の歯科医療分野への拡張性を確認できた。実用的な加工を実現するためには荒加工パス生成などの追加開発が必要ではあるが、本事業の目的である技術的な検証は成功した。加工技術に関わる追加開発については、製造業向けの事業で今後予定している開発内容とも共通している部分が多いため、同時並行で開発を進めて事業化を目指す。

また有床義歯製作作業の入り口でもある咬合平面抽出については基礎的な開発が完了した。歯列形状および欠損パターンは患者毎に異なり膨大なパターンが存在し、機能拡充には実的な形状データが必要となる。今後は歯科医療研究者との共同研究も視野に入れて、様々なパターンへの対応・適用を進める。

また、本事業では歯科医療向けの 5 軸加工機を導入し、5 軸加工パス生成機能や矯正用マウスピース製作機能開発のための予備的な加工実験を実施し機能検討に活用した。荒加工パス生成機能開発完了後にはこの加工機を利用して加工実験を実施する予定である。



図 2-13-29. 購入した歯科医療向け 5 軸加工機およびテスト加工物

さらに、本事業の協力企業である株式会社岐阜多田精機様と共同で「医療と介護の総合展大阪 2022」に出展し、歯科医療向け加工技術の展示を行った。出展の目的は歯科医療向けの市場調査および潜在顧客、パートナー探しである。今回は開催時期が良好でなかったため来場者数は多くなかったが、関西に拠点を置く歯科技工所関連企業と繋がりを得ることができた。これまで関西の歯科医療関連企業と接点を持つ機会は多くなかったため、この点において今回の出展は意義あるものとなった。

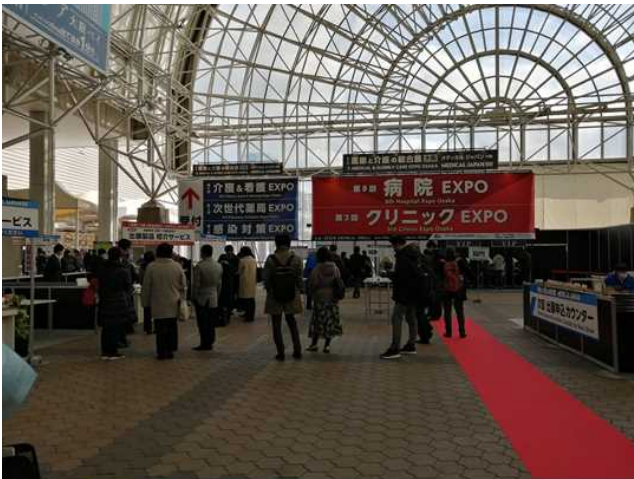


図 2-13-30. 展示会(医療と介護の総合展 大阪 2022)の様子

**Orizuru**  
**Dental DX**  
Orizuru 3D CAM for Dentistry

**精密加工技術 × 3Dソフトウェア技術**

Orizuru 3D CAM は高品質な NC データ加工データの作成を行う CAM ソフトウェアです。高精度 NC データの活用と高負荷作業の自動化により作業性と生産性の向上を可能にします。

**高精度5軸加工 NCデータ作成**

独自の高精度 3D 形状表現を活用した滑らかな歯面境界抽出

**矯正用マウスピース自動成形**

高精度・低工具負荷を実現する滑らかな加工軌跡を実現

5軸加工 NC データ

歯茎境界の自動抽出

**CORE CONCEPT TECHNOLOGIES INC.**

歯科用 CAD/CAM システム **Orizuru 3D CAM for Dentistry**

**Orizuru**

**精密加工技術 × 3Dソフトウェア技術**

Orizuru 3D CAM は高品質な NC データ加工データの作成を行う CAM ソフトウェアです。高精度 NC データの活用と高負荷作業の自動化により作業性と生産性の向上を可能にします。

**高精度5軸加工 NCデータ作成**

調整・研磨の生産性を向上させる高精度 NC データが作成可能

独自の高精度 3D 形状表現により歯面加工が可能な高精度の 5 軸加工用 NC データを作成できます。GPU を活用した並列演算処理によって高精度 NC データを高速作成を可能にします。製造業で培った精密加工技術と 3D ソフトウェア技術により高精度加工のための機能を実現しました。

現在、咬合採得を含む技工操作の効率化のための機能強化により全部床義歯製作へ応用を進めています。

**矯正用マウスピース自動成形**

歯茎境界の自動抽出

独自の高精度 3D 形状表現を活用した滑らかな歯面境界抽出

5軸加工による切断・研磨

切断・研磨を自動化する専用加工治具により製作工程を短縮

株式会社コアコンセプト・テクノロジー  
<https://cct-inc.co.jp>

図 2-13-31. 展示会で提示したポスター(左)と配布したパンフレット(右)

## 【基本事業における成果】

個別の開発項目ごとについて成果を述べる。

### 1) 拡張ポリゴンデータの検討と3DCAD からの変換プログラムの開発

細分割可能なポリゴンデータを検討し、具体的な3DCAD からの変換プログラムを開発する。

(実績)

拡張ポリゴンデータのファイルフォーマットおよび細分割手法の開発を実施した。拡張ポリゴンデータは三角形の頂点に対して、各頂点に法線ベクトルを付加し、三角形を再帰的に細分割する方法により曲面とする。細分割の回数は有限であるから、正確には微小な三角形の集まりの多面体である。

スプライン曲面を三角形のポリゴンで近似し、各頂点にスプライン曲面の法線ベクトルを与えて拡張ポリゴンデータにすると、スプライン曲面を要求される精度と滑らかさで近似することができるので、スプライン曲面を拡張ポリゴンデータで置き換えることができる。

細分割時に生成する分割された三角形を構成する曲線は、空間測地線という手法で実現することで、滑らかな細分割を実現している。空間測地線とは、2つの離れた点を結ぶ最短な線であり曲がった空間に対しても定義される。例として、地球上の2点間の最短ルート(大円の一部)がある。この概念を離散形状に対して拡張し、細分割処理アルゴリズムに適用した。

また、ソリッドモデルの表現方法として、現在の主流である B-Rep 法から CSG 法を参考にして純粋 CSG 法を考案し、拡張ポリゴンデータと組み合わせることで既存の立体モデル表現方法では解消できなかった幾何計算誤差を排除することができた。

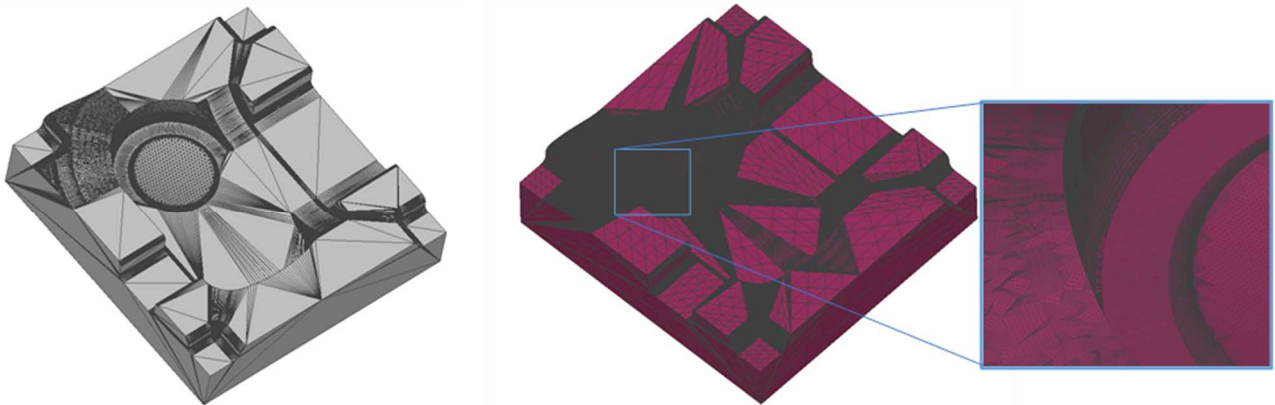


図 2-13-32. 拡張ポリゴン(左: 0.015mm 精度)と細分割した拡張ポリゴン (右: 細分割 2 回)

また、3DCAD データから拡張ポリゴンデータへ変換する機能の開発を実施した。この開発により3D システム間の中間データ表現形式として一般的に活用されている STEP 形式を拡張ポリゴンに変換することを可能とした。拡張ポリゴン内の頂点が保持すべき法線は、入力データである3DCAD の形状情報から取得し、適切に拡張ポリゴン内の法線に付加している。本機能の利用シーンは他社からデータを受領する場合を想定している。

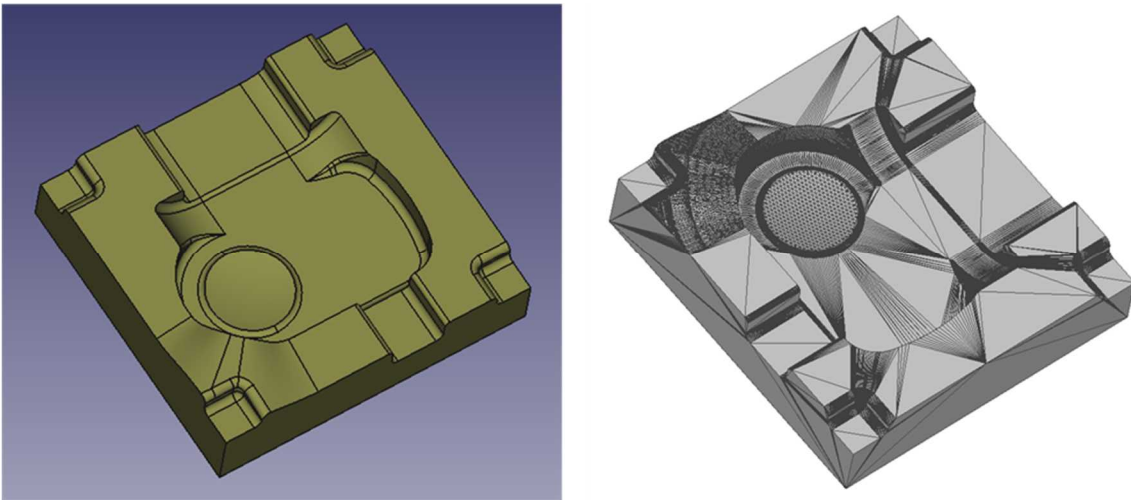


図 2-13-33. STEP 形式(左)と変換後の拡張ポリゴン形式(右)

## 2) 拡張ポリゴンデータによる3DCAMの開発

拡張ポリゴンデータによる NC データ作成用の3DCAMを開発する。

(実績)

拡張ポリゴンのデータ形式および GPU 計算をベースにした3DCAM カーネルを活用して、3DCAM ソフトウェア(以後、GPU-CAM)を開発した。加工方法としては、等高線加工パス、等高投影加工パス、倣い加工パス生成機能の開発を実施した。金型形状の入力データ形式を拡張ポリゴンとし、等高線加工パスにより縦壁形状、等高投影加工パスにより平面および緩斜面形状に対する高品位な仕上げ加工を実現し、倣い加工により鏡面加工を実現した。

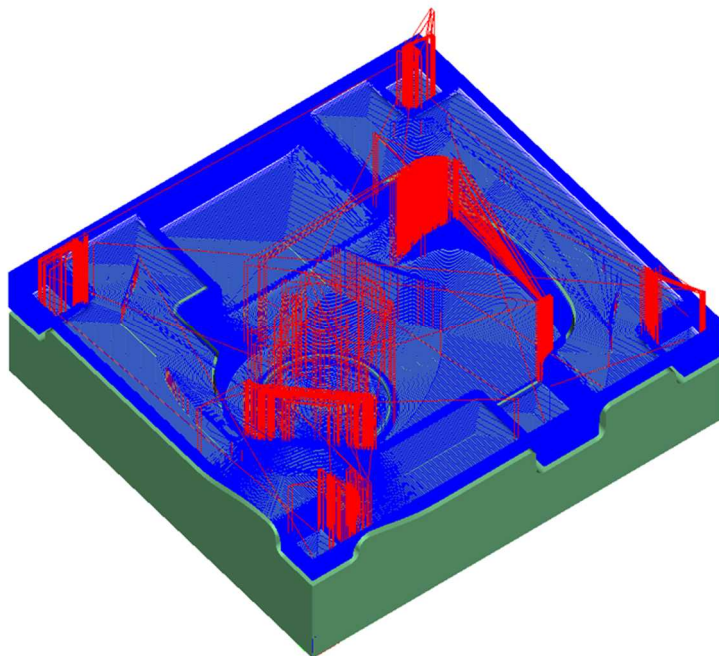


図 2-13-34. 拡張ポリゴンデータと GPU-CAM を利用して生成した加工パス

実装では GPU による並列計算手法を採用した。CPU、GPU ともにコンピュータに搭載される演算装置であるが物理的な構成が大きく異なる。GPU が持つ演算コアの数は、CPU が持つ演算コアの数に比べて数十倍～数百倍と多い。演算コアの数が増えるほど同時に並列計算可能な処理の数を増やすことが可能である。GPU を活用したアルゴリズムを採用する事で、大量のポリゴンに対して高速な CAM 計算を実現することができた。高精度な加工パス生成には、非常に細かく接続性がしっかりしているポリゴン表現が不可欠である。これは拡張ポリゴンデータによって実現されるが、同時に高精度な加工パスを生成するためには拡張ポリゴンデータを十分に細かくする必要がある。GPU が持つ大量の演算コアによる大規模並列計算、並列計算のためのアルゴリズムの採用によって高速計算を可能としている。また演算中の計算不良を防止するための工夫もしており、安定な計算も実現している。

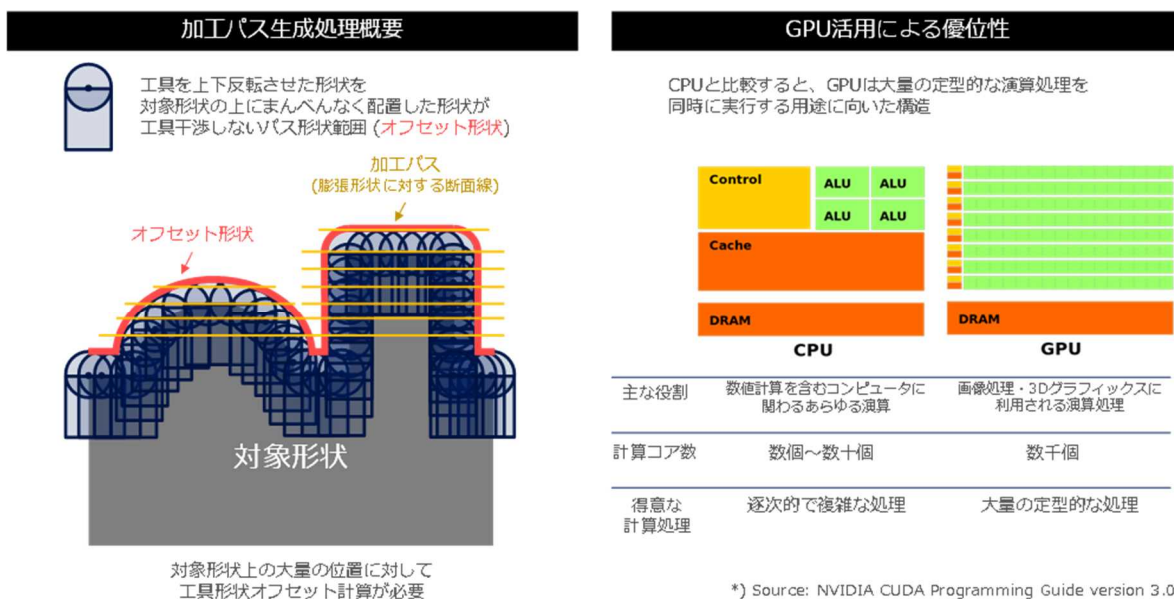


図 2-13-35. 加工パスの生成処理概要と GPU の必要性

### 3)CG ソフトウェアによる金型設計機能の検証の研究

市販の CG ソフトウェアを使った金型設計の検証を行う。

(実績)

金型設計時に実施される加工工程モデリングの省力化を行う機能群の開発を行った。加工後のエッジを鋭角に保つためのエッジ保護処理および穴埋め処理の自動生成を開発した。

エッジ保護処理は 3DCAM の機能として実装しており、3DCAM の入力である加工領域に対して保護すべきエッジを付加することで、工具が金型のエッジ形状を回り込まないような加工パスを計算する。穴埋め処理は CG ソフトウェアの金型設計機能として実装しており、ユーザが事前に指定した穴形状を滑らかに埋める形状を生成する。

開発した機能により、金型設計工程で必要とされる加工物の品質を向上させるための形状生成作業の半動自動化を実現する。これらは CAD データ構造ではなく拡張ポリゴンデータのデータ構造に対する機能として実装することで CG ソフトウェアでも実行可能な基盤を有している。

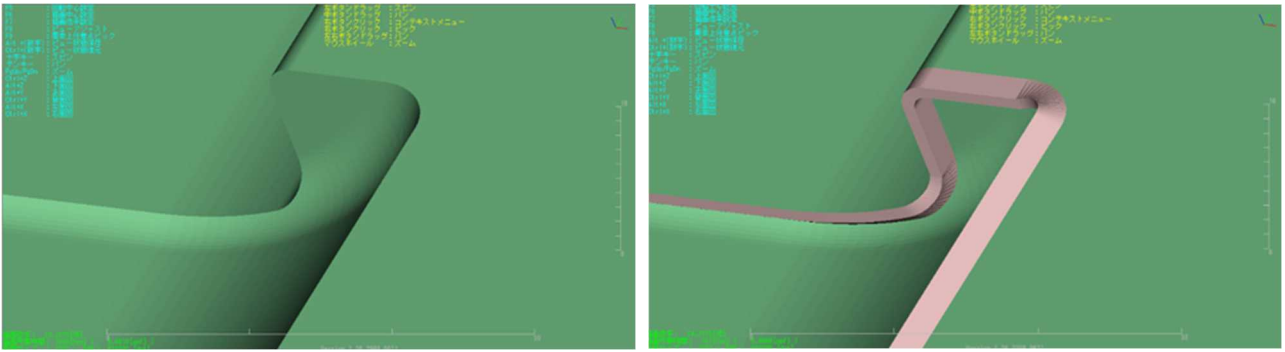


図 2-13-36. エッジ保護ソリッド (左: 入力形状、右: 生成された保護ソリッド)

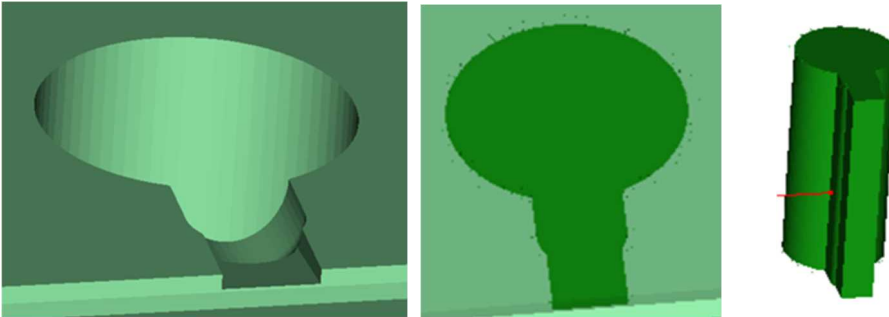


図 2-13-37. 穴埋めソリッド (左: 入力形状、右: 生成された保護ソリッド)

#### 4)加工面評価シミュレータの開発

加工面品質を評価して、NC データを作成する際のパラメータを決定するシミュレーションプログラムを開発する。

(実績)

工具先端形状の移動面生成機能の開発を実施し、コンピュータ上で確認可能な加工表面の可視化による加工評価シミュレータを実現した。これは NC データをもとに、工具先端形状の移動によって生じる形状をポリゴンとして生成して可視化する。

本事業で評価を行った NC ファイルに記録され加工パスの座標値は小数点 4~6 桁の精度を持っており、この精度以下で発生していると思われる工具の振動については、加工パスの各点における曲率を算出し、加工パスの滑らかさを考慮することで、加工面評価精度の向上を図っている。鏡面加工向けの加工実験毎に本プログラムを利用し、加工パス品質に問題ないか評価を行った。

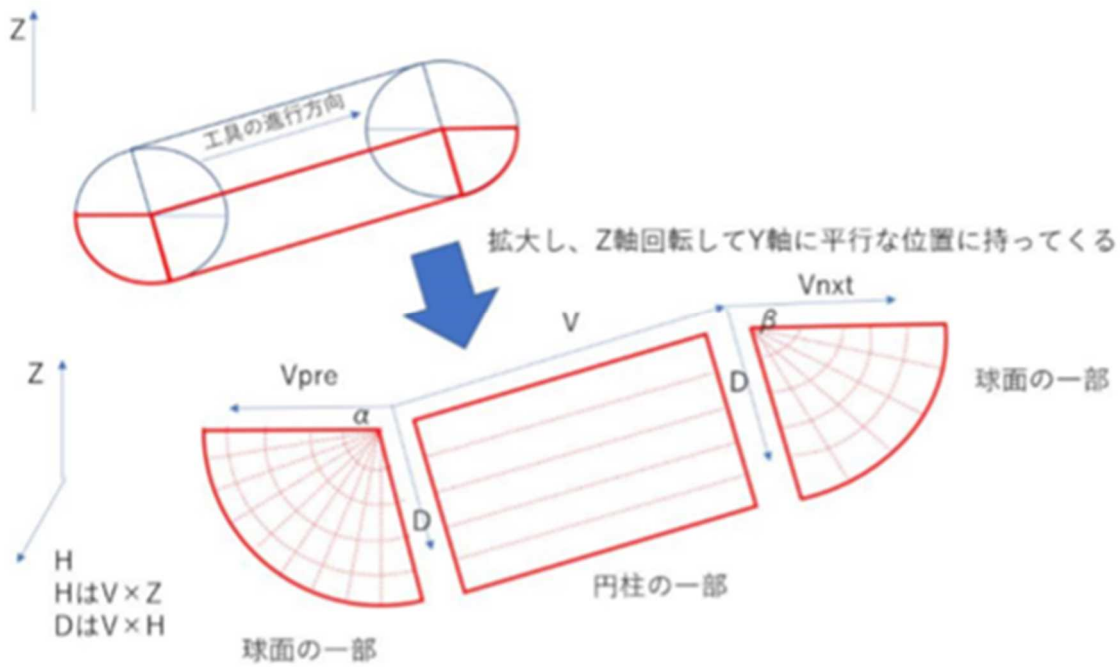


図 2-13-38. 工具(ボールエンドミル)の移動単位で生成されるポリゴン

	加工パスに-Z方向のズレがある場合	加工パスにズレがない場合
側面斜視図		
上面斜視図		

図 2-13-39. 工具先端形状の移動面生成機能(スカラープ 100 倍拡大表示)



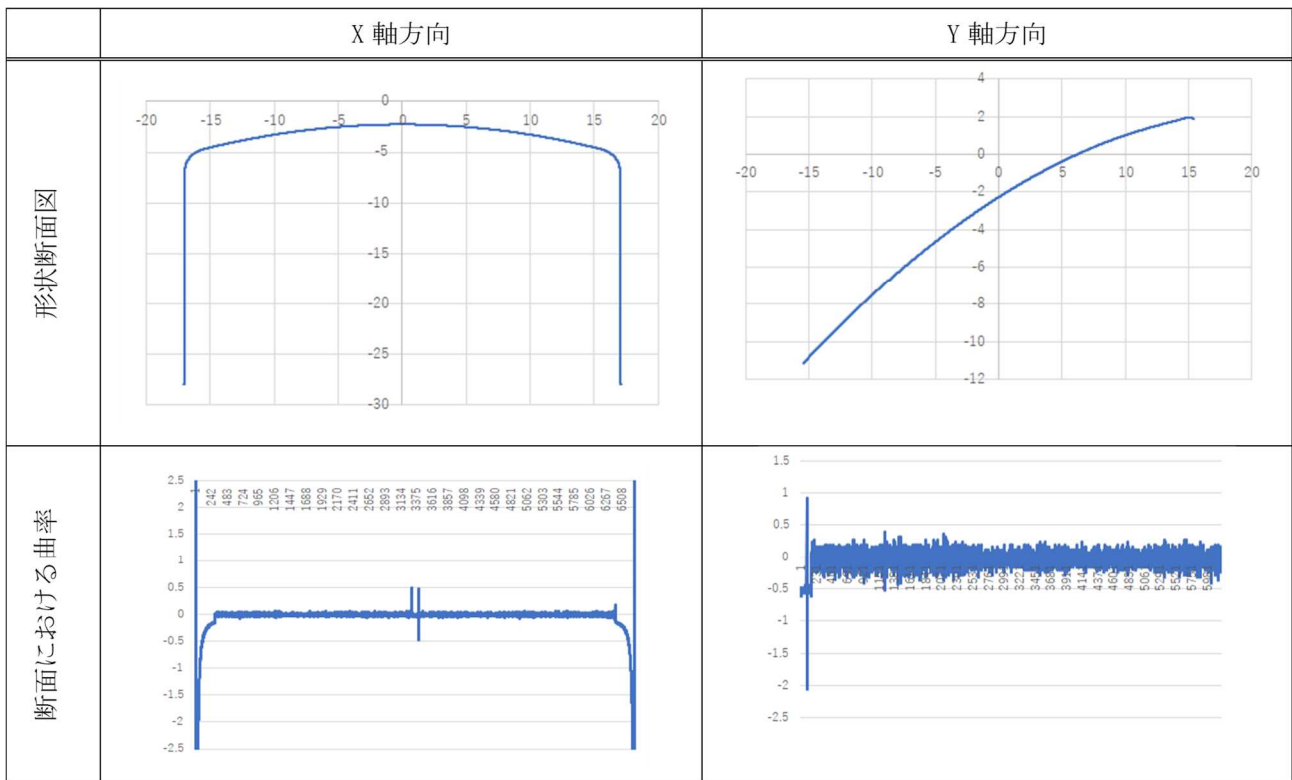


図 2-13-40. 加工面断面とその位置における曲率

### 5)加工負荷シミュレータの開発

加工機に対する状態のシミュレーションプログラムを開発し、加工品質を向上する。“加工機に対する状態”とは、加工機が正常に稼働しているか異常が発生しているかを判断する状態のことであり、異常とは、工具の刃が欠損する、工具のビビリが発生することを示している。(実績)

NC ファイルとワーク形状を入力とした加工負荷シミュレータを開発した。このシミュレータでは加工時間予測および加工負荷の予測が可能である。

加工時間予測機能は、NC ファイルを入力として G コードには現れない工具移動の加減速を考慮して高精度な加工時間の予測を行う。加工負荷予測は GPU を活用した高速な切削シミュレーションを行い、工具の単位移動毎に切削体積を算出し、この結果、刃数および工具回転数を基に工具にかかる負荷を予測する。

加工負荷予測機能は切削シミュレータ機能と工具負荷予測機能で構成される。切削シミュレータ機能は、GPU を活用することでワーク形状の切削状況を形状として高速に計算することを実現した。切削シミュレータ機能を利用して加工パスの微小移動毎における切削体積を算出・工具にかかる負荷予測を可能とするプログラムを実装した。シミュレーションで利用した物理モデルは、工具の刃数、切削体積に対して係数を用いている。係数は加工実験の結果と一致するように調整する必要があるが、係数は一度定めれば他の加工にも流用可能である。

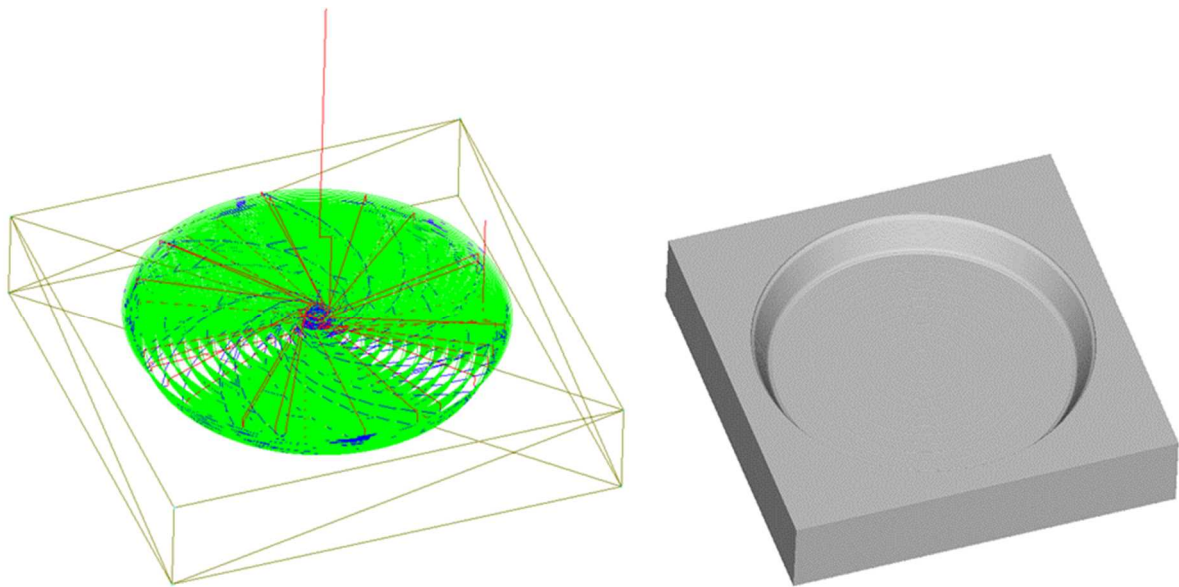


図 2-13-41. 加工パス(左)と切削シミュレーション結果形状(右)

#### 6)加工負荷シミュレータとIoT との融合研究

開発する加工負荷シミュレーションプログラムと実験結果とのコリレーションを行い、シミュレーションプログラムの結果を実際の加工と一致させる作業を行う。

(実績)

実際の加工データを利用して加工時間予測および加工負荷予測の評価を行った。既存プログラムと比較して予測精度を向上させることができた。特にグラフィイト加工における予測精度では、既存プログラムに対して本プログラムが大きく上回る事ができた。

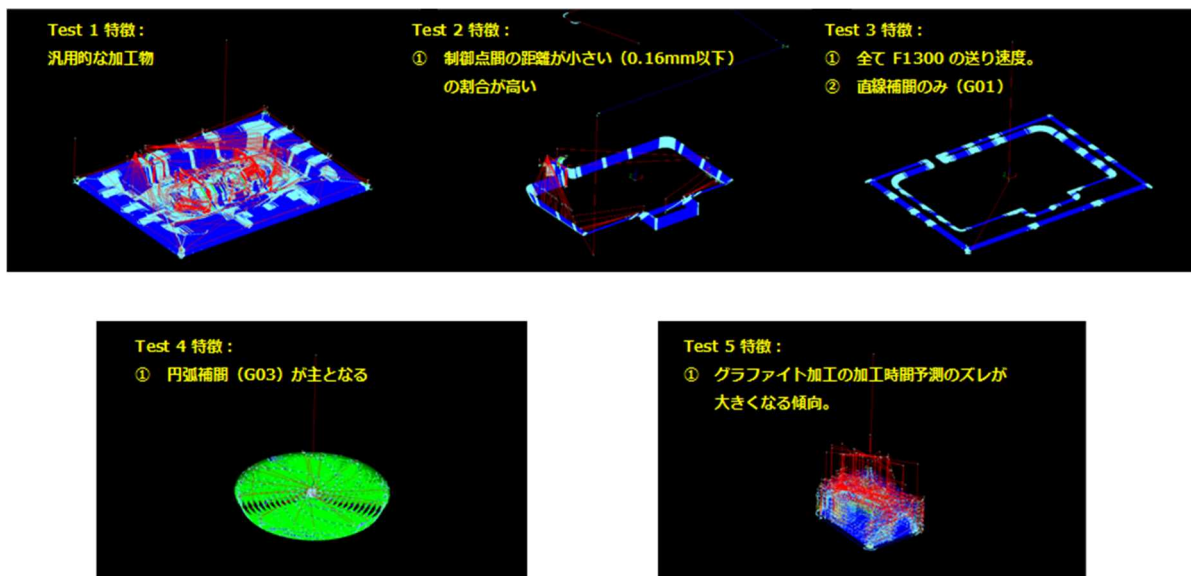


図 2-13-42. 加工時間予測評価を行った加工パス

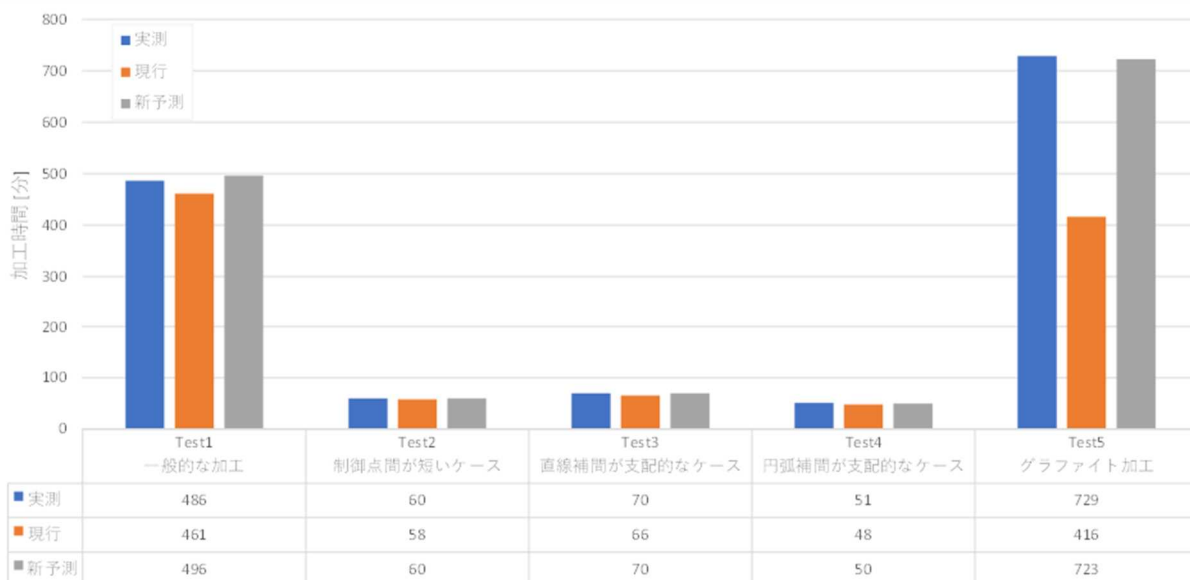


図 2-13-43. 加工時間予測の評価結果（橙：既存プログラム、青：本事業で開発したプログラム、灰：実加工時間）

加工実験では、三菱電機株式会社製「iQ Monozukuri 工作機械工具摩耗診断」システムを加工機に設置し、加工機の動作状況を電流値として測定し加工負荷とした。測定される電流値は、主轴の XYZ の各軸方向の移動に伴い発生する電流およびスピンドルの回転に伴い発生する電流があり、スピンドルの回転状態は加工負荷に相関を持つ前提で、シミュレーションと一致させるためのコリレーションを実施した。

実際の加工実験とのコリレーションは良好ではなかった。課題としては、シミュレーションに用いたモデル精度、NC ファイルに記録される円弧補間命令 (G02、G03) や CAM 側で円弧補間した精度の向上が課題として残った。

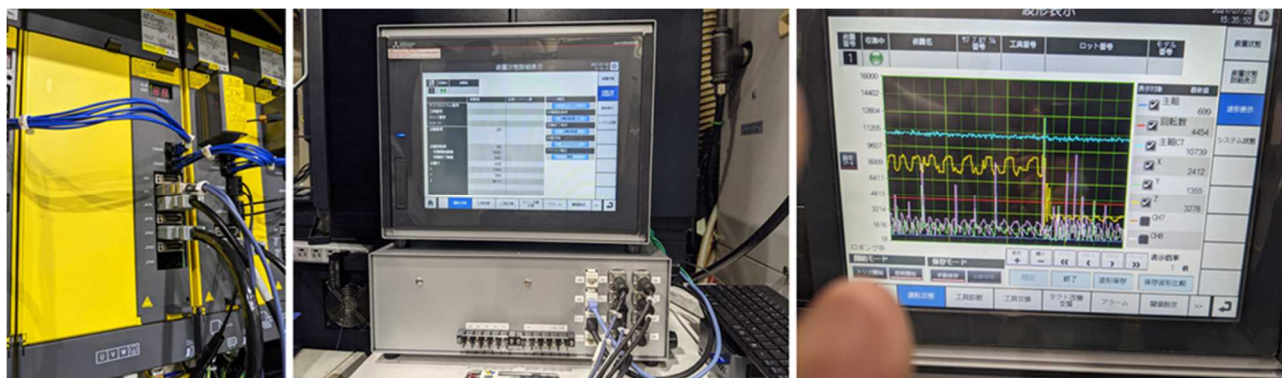


図 2-13-44. 測定装置の加工機への接続と測定作業

## 7) 実証試験とフィードバック

①～⑥における成果を実際の金型設計から機械加工までの工程に適用して目標を達成できるかどうかを検証する。

(実績)

今回開発した、拡張ポリゴンデータをベースとした GPU-CAM、金型設計機能および加工面評価シミュレータを加工実験により評価を実施した。

仕上げ加工（投影を含む等高線加工および倣い加工）の評価および金型設計機能の評価として金型の加工実験を実施した。

この実験にて金型加工の NC データ作成時間を目標である 30% に対して、33% 削減を達成可能であることを確認した（従来約 60 分、実証試験約 40 分）。また加工品質としては金型部品の要求精度を満たす加工が可能であることを確認した。特に製品意匠面に利用した倣い加工については既存 CAM プログラムを上回る品質であるとの評価を金型製造外注先の株式会社岐阜多田精機から得ることができた。加工条件の自動設定や金型をゼロから加工するための荒加工については、全自動 CAM を目指すための今後の取り組みとして実施する予定である。

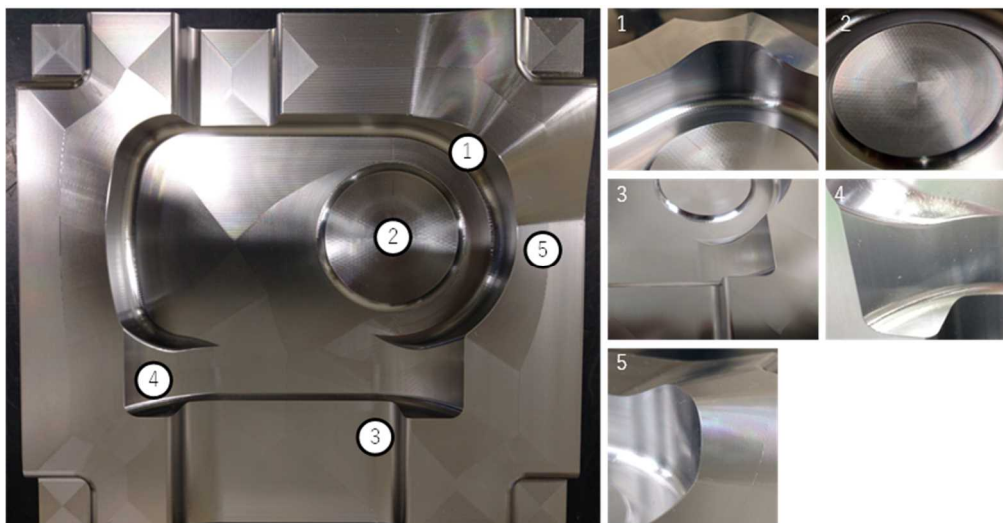


図 2-13-45. 金型加工実験結果 1



図 2-13-46. 金型加工実験結果 2 (意匠面あり)

鏡面加工の評価については、加工表面の滑らかさを評価するための特別な形状に対して加工実験を実施した。NC ファイルで指定可能な精度を向上させて加工機コントローラを使用した

(通常は小数点 4 桁のところ 6 桁を指定可能にした)。面粗度(Ra)としては 30nm 台を実現したが、鏡面と見なせる値である目標 20nm 台に及ばなかった。

加工面評価シミュレータによる NC ファイルの机上検証では算出された加工パスの位置精度については十分であった。開発した GPU-CAM の計算精度は目標値を達成できる精度を持っているため、コントローラで指定可能な精度では現れてこない工具振動などを考慮する機能強化が必要であると想定している。

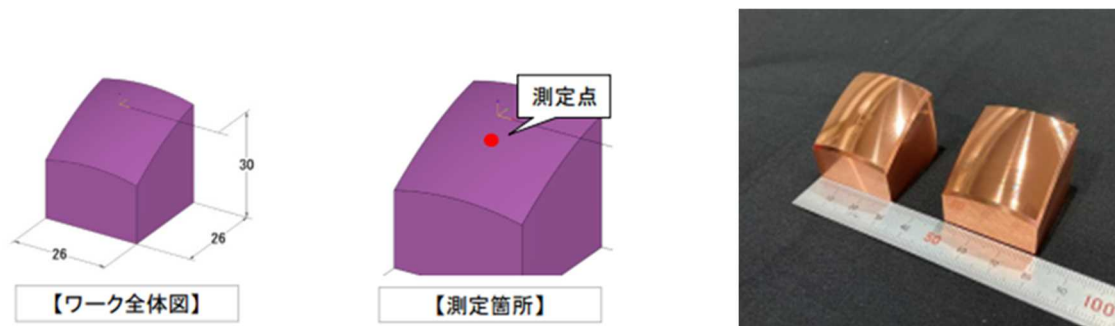


図 2-13-47. 鏡面加工評価用ワーク

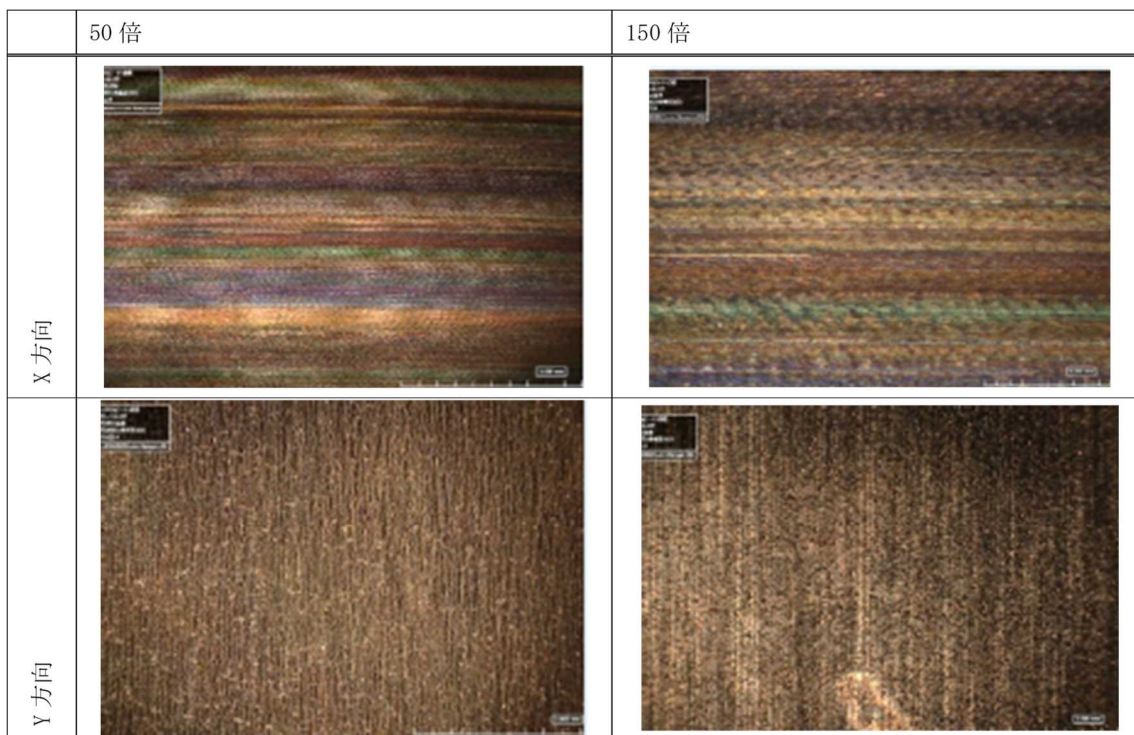


図 2-13-48. 加工面の拡大図

表 2-13-1. 面粗度測定結果

加工方向	表面粗さ (Ra) 測定値 [nm]
X 方向	40.031
Y 方向	128.147

## 【追加事業における成果】

製造業向けの3D システム間のデータ連携のための形状表現方法、特に拡張ポリゴンデータによる曲面と純粋 CSG 方式によるソリッドモデル表現技術と加工技術を歯科医療分野に拡張が可能であることを検証することを目的に対する成果について述べる。

### 8)患者の咬合平面抽出機能

歯科医師による患者の口蓋スキャンデータから、拡張ポリゴンデータによる曲面と純粋 CSG 方式によるソリッドモデリング表現技術により上顎と下顎の噛み合わせ平面を自動抽出する機能を作成する。

(実績)

3D 形状としてカンペル氏平面と上下歯列形状を入力として咬合平面を出力するプログラムを開発した。このプログラムは咬合を持つ歯列に対してフィットするカンペル氏平面の回転が最も少なくなる咬合平面を出力する。今後は、無歯顎を含む歯列欠損および下顎運動を考慮したアルゴリズムの開発を行う。

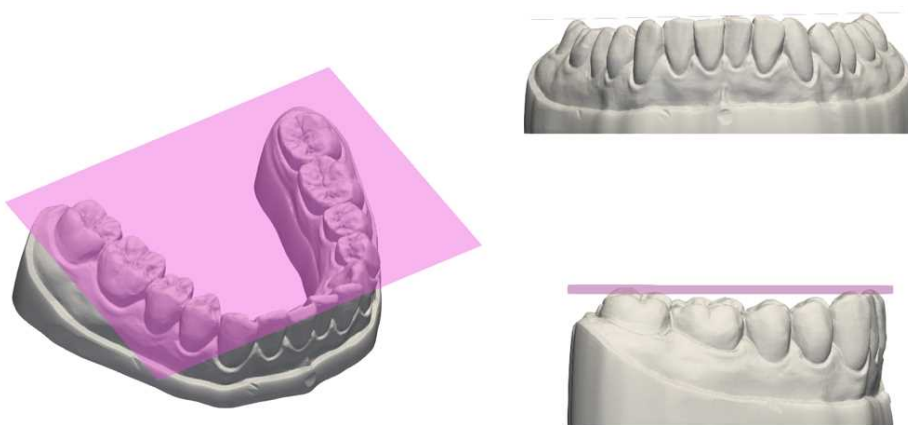


図 2-13-49. 咬合平面の結果

### 9)5軸加工パス生成機能

3次元のデンチャーモデルに対して、5軸加工パスを生成する機能を開発する。現在の GPU-CAM は3軸加工用のパスを生成する機能だが、これに姿勢制御により工具軸が干渉しない姿勢を自動計算する機能を追加開発する。

(実績)

デンチャーモデルに対する5軸加工パス生成プログラムを開発した。このプログラムでは歯科領域用5軸加工機を想定している。プログラム中のパス生成手順は下記となっている。

1. 3軸加工パス生成
2. 工具姿勢領域生成
3. 工具姿勢決定

3軸加工パス生成処理では、歯科領域用5軸加工機向けにアンダー形状を無視して加工パスを生成するようにカスタマイズした。工具姿勢領域生成処理では、3軸加工パス中の各加工点において、工具がとりうる向きを円錐形状の領域として算出した。この円錐形状のうちに工

具進行方向に指定角度分だけ傾けた姿勢を最終的な工具姿勢とし、これらを繋げたパスを5軸加工パスとして出力する。工具進行方向に傾けるのは、素材と接する工具の部位が工具中心先端にならないようにするためであり、これにより十分な回転速度を持った工具部位で加工できる。

図 2-13-50、図 2-13-51 は本プログラムで生成した工具姿勢領域と5軸加工パスである。工具姿勢領域は、各加工点における円錐形状の頂角度の大～小を青～赤で色分けして同時に表示している。

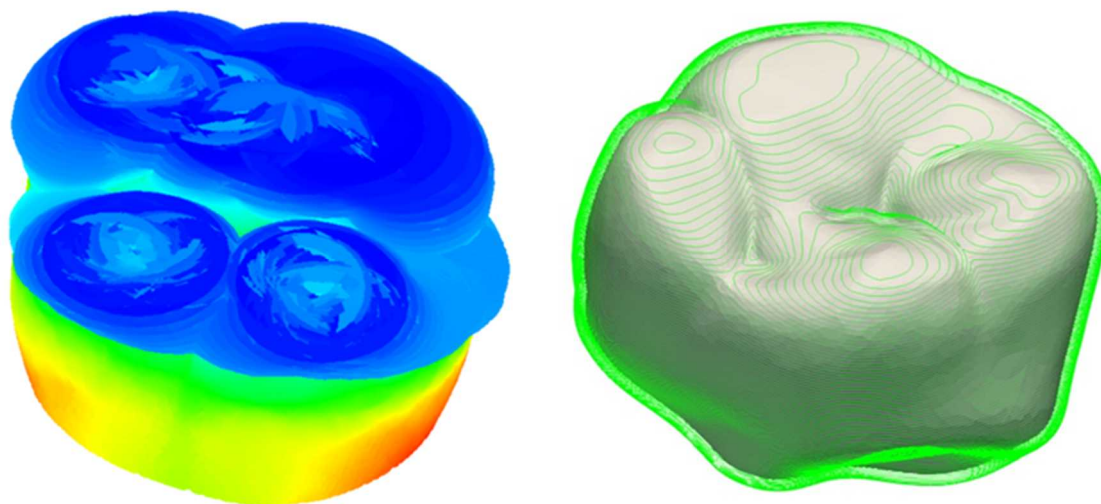


図 2-13-50. 工具姿勢領域と5軸加工パス（歯一本）

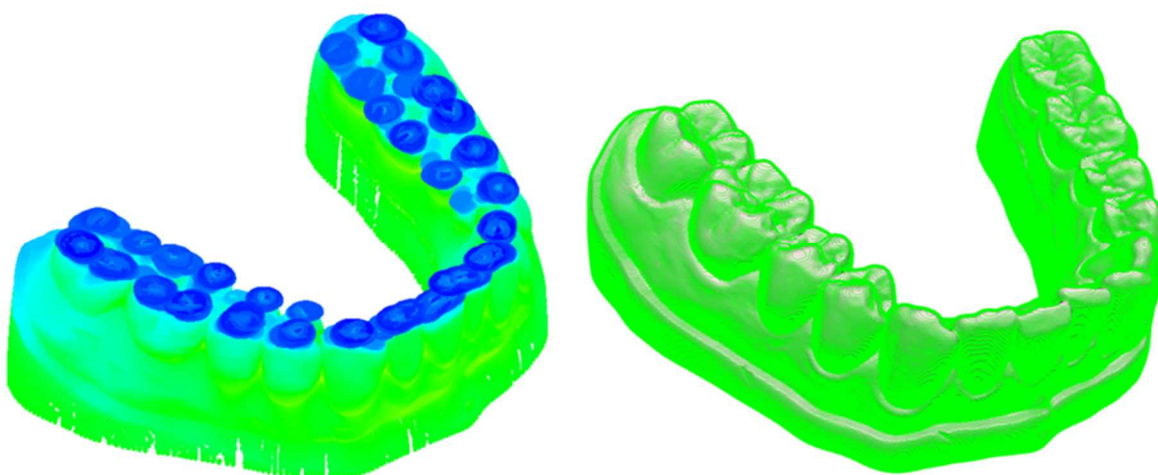


図 2-13-51. 工具姿勢領域と5軸加工パス

#### 10)5軸加工機による加工実験

(実績)

開発した5軸加工パス生成機能を使って5軸加工パスを生成した。その結果を使って株式会社松風製 DWX-52D の歯科医療向け5軸加工機で下顎骨モデルを切削することに成功した。図 2-13-52 ではまだ加工面がなめらかではないので、加工条件を含めて改善する計画である。



図 2-13-52. 下顎骨の加工事例

11) 歯科矯正用マウスピース製作における、歯と歯茎の境界線を半自動生成する機能  
 3次元の下顎、上顎のデータから歯と歯頸の境界線を半自動生成する機能を開発する。  
 (実績)

GPU の活用により形状の曲率を高速に計算し、境界判定のためのシード位置を入力することにより歯と歯茎の境界線列を自動的に抽出するプログラムを開発した。また抽出された境界線列をスムーズ化し、マウスピースが滑らかな断面を持つようにした。

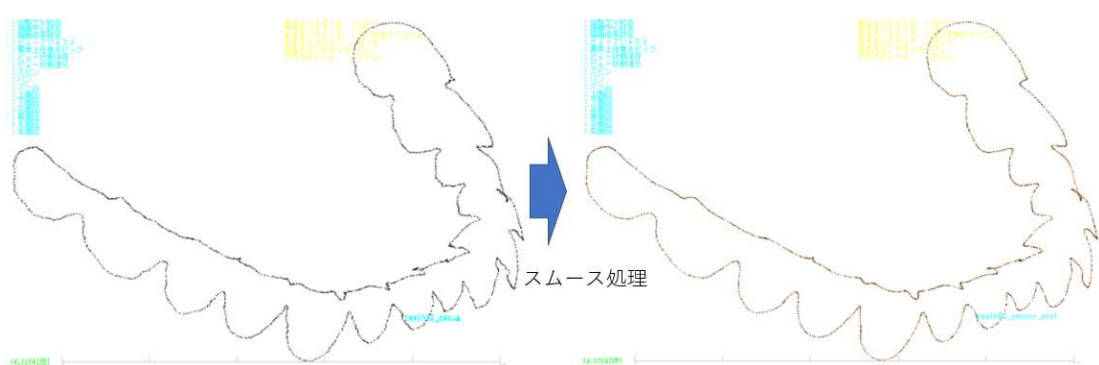


図 2-13-53. スムーズ化処理

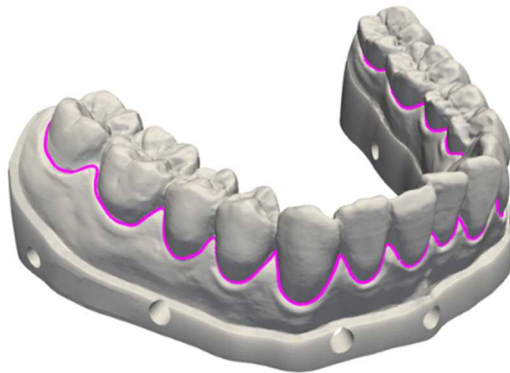


図 2-13-54. 抽出した歯と歯茎の境界線



## 12) 矯正用マウスピースの加工

(実績)

マウスピースの製造工程について図54を使って説明する。図 2-13-55-A の下顎骨モデルを使って、図 2-13-55-B で3D プリンタを使って樹脂モデルを作成する。図 2-13-55-C で真空注型技術によりマウスピースの材料の四角い平板を樹脂モデルに張り付ける。図 2-13-55-D で図 2-13-54 の境界線に沿って、歯科医療用の5軸加工機を使い、モデルに垂直に工具を当てながら工具先端でカットしてできたものが図 2-13-56 のマウスピースである。図 2-13-55-D を手動で行うのは困難であるが、この部分を自動化することができた。

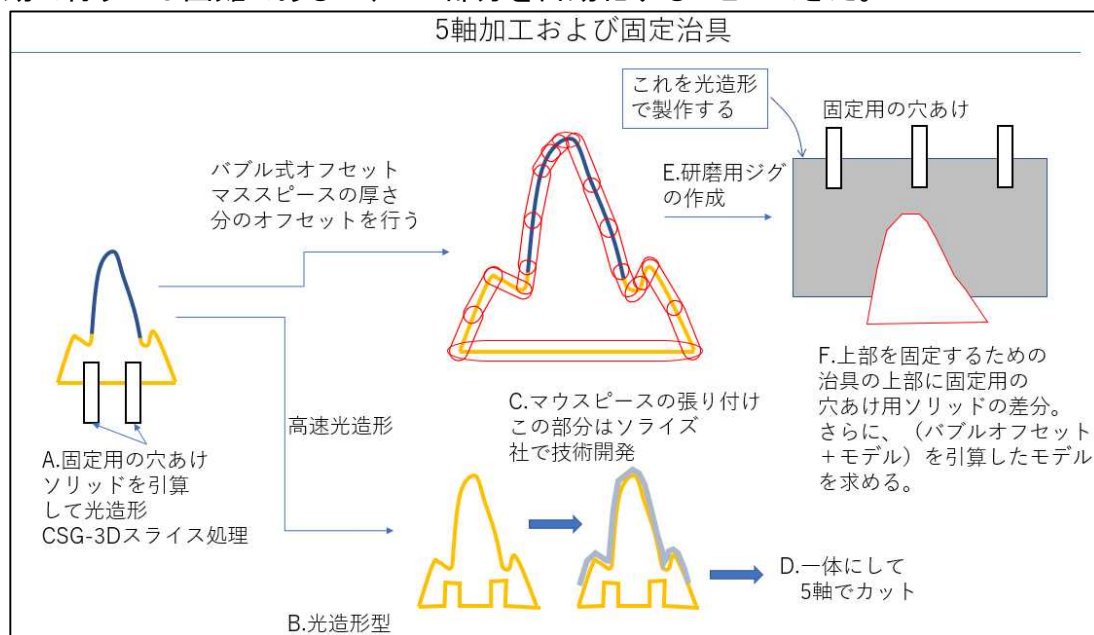


図 2-13-55. マウスピースの製造工程



図 2-13-56. マウスピース

### 3-2-2-14. 「シミュレーション統合生産 SIM」のシステム構築と適用

(実施先: 株式会社レクサー・リサーチ、鴻池運輸株式会社、KPMG コンサルティング株式会社)

#### 3-2-2-14-1. 研究開発の概要と実施計画

本事業の背景は、変動の時代に突入した今日、日本が得意とした方式を見直して DX 化を進める必要に迫られていることにある。日本的な擦り合わせでは生産現場の複雑性を人間系活動で対応してきたため、原理的に量産立ち上げやカイゼン活動に時間を要し、手戻りを起こす。この生産現場の手戻りにより、流通加工現場や物流現場の設計に必要な外部条件が定まるのが遅れ、流通加工現場や物流現場の設計期間はかなり圧縮される。そのため、流通加工現場や物流現場では、機械化、自動化を進めつつ、同時に、外部環境変化に対して最も柔軟に対応できる、作業者を上手く活用することが必須で、人的リソースの最適な管理と運用が重要となる。しかしながら、IT 化、デジタル化を活かす方法論が確立されておらず、結果、市場変動に対する柔軟性が乏しくなり、サプライチェーンの再構築を迅速に進めることができない問題がある。ここでは人間系活動ゆえにブラックボックス化されて透明性が得られず、各組織間で情報・知見を相互利用できないことが課題である。現状、カイゼン、擦り合わせ等の日本的な強みを活かすデジタル・ツールがないために生産現場は苦戦中である。

本事業ではサプライチェーンでのデータ共有基盤を構築し、エンジニアリングフローの最上流からシミュレーション等のデジタル技術を駆使し、アジャイルに全体再構成を可能とすることで、組織活動の広範な連携を目指す。その際、概略設計の段階からシミュレーションを活用するために、未確定な設備諸元が多い段階において、取り得る諸元値の幅や確率分布を加味した、変動幅を持った評価結果を出力する概略シミュレーション技術を開発する。上記データ共有基盤では、生産工程情報を連携のキーとして採用し、共通データモデルをシェアして各組織活動を同期させるとともに、生産シミュレーションで曖昧な現場活動を透明化するアプローチで対応する。この理由は、非確定で複雑な振り舞いを持つ生産活動とすべての上流活動が関係するので、生産工程情報をキーとすることで上流から下流までの組織活動全体を円滑に推進させることができるからである。

このモデルは生産工程を著わす要素コンポーネントに分解できる構造を採ることで、各組織が作成したモデルを部分利用して構想設計を仮説定義できる。この機能を活用し、サプライチェーン業務における相互干渉やパフォーマンス影響を計画時点で評価できるようにして課題に対応する。さらに、共通データモデルを取り扱うプラットフォームを開発し、各組織の相互参照・利用や戦略的な統合マネジメントを行う環境を構築する。応用例として、生産・人的リソースに着目し、現状の作業性や限界処理能力を可視化し、サプライチェーンの変化に応じて、人的スキルを考慮しながら、最適に、リソースを再配置することを可能とするリソース管理・再構築技術を開発する。これにより、コロナ禍等の不測の事態に対応するための組織的な対応能力の強化(ダイナミック・ケイパビリティの獲得)に資する。

さらにこのプラットフォームをオープン化して、エンジニアリング・ツール、プラットフォームを連携 API で相互接続する。日本のサプライチェーン再構築を支援する DX ネットワークを提供することで、再度、世界的な競争力を取り戻すことに挑戦する。

### 3-2-2-14-2. 研究開発の内容と目標

本事業では「課題 1:各企業における製造工程間のシームレスなデータ連携・活用」を対象として技術開発を行う。先に掲げた技術開発を進め、協力企業へ適用する。

一方、デジタル化だけでは日本の編み出した知見の蓄積を失うことになる。DX 環境に移行した場合でも、従来と同様、日本人エンジニアの考える力や生真面目さを活かす必要があり、併せてこの対応も実施する。本事業では以下の連携運用モデルへ対応する。

- ・本事業ではレクサー・リサーチの持つ生産シミュレーション技術やエンジニアの意思決定を支援する最適化技術等の基盤技術を活用し、以下の方針で技術開発を進める。
- ・国際特許を取得した生産シミュレーション用データモデルを活用して生産現場を共通データモデル化し、組織間で相互利用できる SIM プラットフォームを構築する。
- ・業務間の相互干渉や各組織の戦略矛盾を総合判断する非決定型最適化技術(モデルベースの位相ポートレートによる俯瞰的意思決定)により、フィードフォワード型の経営戦略を推進する。
- ・本事業で開発する SIM プラットフォームをベースに上流⇄下流、下流⇄下流を接続するサイバー・フィジカル生産システムを構築し、ダイナミック・ケイパビリティを獲得する DX 基盤を構築する。

これらのアプローチを通じてエンジニアリング基盤の構築を行ない、日本の強みを DX の上でも発揮できるように支援する。

#### 【研究開発の内容(研究開発課題)】

「シミュレーション統合生産 SIM」のシステム構築と適用」

#### 【目標】

##### 1)共通データモデル化技術の開発

S/C 再構築に対応した共通データモデル化についてモデル粒度の決定方式を確立

##### 2)戦略的統合最適化

S/C 再構築に対応し、トレードオフ問題に対して解候補を自動抽出

##### 3)概略設計段階での生産 ENG モデル化・評価技術の確立

3-1) 概略設計段階においては、個々の設備諸元は概略値であり、取り得る値の幅を持つ。一旦、代表値を諸元としたシミュレーションモデルを構築したうえで、各諸元値の幅に応じたパフォーマンス評価処理を、1 時間以内に可能とする技術について、実問題を事例にて検証すること。

3-2)上記の幅を持った評価においても、感度解析の下、クリティカルな諸元を明らかにする技術について、実問題を事例にて検証すること。

##### 4)エンジニアリング・マネジメントを行うオープン・プラットフォームの構築

基本エンジン群を SaaS プラットフォーム化、アプリケーション開発環境を構築

##### 5)応用開発1 / エンジニアリング・チェーンのフレキシビリティ化への対応

需要変動に柔軟に対応するための工程設計を行う計画期間を短縮

6)応用開発2／ロジスティックス・サプライチェーンの統合型再構築への対応

サプライチェーンの再構築を行う計画策定について計画期間を圧縮

7)応用開発3／グローバル・サプライチェーンの統合型再構築への対応

製造拠点での生産工程の統廃合計画策定について計画期間を圧縮

8)応用開発4／エンジニアリング・チェーン・生産準備期間短縮への対応

8-1) 設計完了後から技試・量試・量産開始までの期間の 20%短縮できる技術を開発すること。

8-2) 製造リードタイム短縮による効率化効果とその為の投資・経費増を可視化した経営意思決定を可能とし、製造リードタイムの 5%削減できる技術を開発すること。

8-3) 経営の意思決定をするために、効率化・コストに加え、環境影響を踏まえた意思決定支援ができる指標定義を行うこと。

9)応用開発5／生産リソース再配置問題への対応

9-1)流通加工や物流の現場において、サプライチェーンや取扱量の劇的な変化に対し、即座に人的・生産リソースを再配分して、2 時間以内に最適なリソース・バランス計画を生成する方式を確立すること。

9-2)季節性等の需要変動の波と、市場嗜好性変化による不連続な需要変動の波の両方を考慮し、過剰投資を抑えつつ、市場変動への追従不足による機会損失を10%、削減する方式を確立すること。

10)相互接続による連携スキームの体系化

各応用開発や適用実証の成果を相互接続するための連携スキームを作成

3-1-1-1-3.研究開発の成果

これまでの工程設計は人的活動に依存しており、手戻り発生やスキル依存で長い生産準備時間とコストを要するとともに、工程設計の品質にばらつきが生じていた。また、工程設計においてカーボンニュートラルに関する評価は実施できておらず、脱炭素社会を目指した工程設計の品質として十分とは言えない状況であった。

これに対して、本事業を通じてサプライチェーン、エンジニアリング・チェーンでの生産準備をデジタル基盤で運用し、現状から活動期間、コスト圧縮を実現する方式を確立した。また、生産性やコスト効果に加えて、従来、組み込めていなかったカーボンフットプリント評価指標を追加することで生産準備業務のカバー範囲を拡げて付加価値を与える技術を開発した。

1)～4)に抱えたシステム基盤開発については予定通り、開発を完了。5)～9)の応用開発については、それぞれのテーマについて適用を進め、ある一定の成果を得ることができた。10)の活動で 1)～9)を総括として S/C 最適化を進める連携スキームを作成できた。

【成果】

共通データモデル化技術の開発

製造業における各組織は、各々の役割とともに最終的な生産ラインへの適用想定を仮説として持つ(実施できていない場合も多いが、エンジニアは何らかの仮説想定や前提条件を経験

値として持っている)。この組織毎に想定する工程設計情報について、上流側(製品構造、調達)と下流側(生産ライン、編成、配置、物流等)を連携させる技術を確立した。

### 戦略的統合最適化

サプライチェーンを再構築するために、生産 ENG 共通モデルで記述した由来の異なる生産工程情報を組み合わせたうえで、接続後の KPI がより良くなるように工程情報のパラメータを調整する。ここで、生産工程には相反する多様な特性を内在するため、これらの関係を評価しながら適切なパラメータに設定するようにした。ここでは、高い生産性と少ない在庫量は相反する要素であり、トレードオフの関係にある。また、短いリードタイムの獲得と生産設備の投資最小化はトレードオフの関係にある。つまり、これらの関係にある生産工程の設計においては唯一の最適解は存在せず、多様な優良な解が存在することになる。

このため、本技術開発では、唯一の最適解を求めるのではなく、あらゆるパラメータセットの組み合わせをシミュレータで評価し、各種 KPI のバランスを見ながら優良な解候補のグループを抽出するようにした。

ところがこれらの組み合わせは膨大な解空間となるため、当社が持つ超並列シミュレーションを活用して解候補を抽出する「非決定型最適化技術」を適用することで対応した。

### 概略設計段階での生産 ENG モデル化・評価技術の確立

2020 年度、シミュレーション演算用装置を導入し立ち上げ。シミュレーションモデルの仕様を検討し、実業務として行われている器材の回収、洗浄業務を題材としてテストモデルを構築し、シミュレーション装置による演算結果の評価方法を検討。テストモデルでは、器材の処理数量と、処理にあたる人員数、および、設備台数について、概略値を設定し、取りうる幅に応じたパフォーマンス結果をシミュレーション演算用装置で算出。シミュレーション装置による算出結果を 3 次元、2 次元のグラフで可視化し、パフォーマンス評価視点の検証を実施。検証対象としたテストモデルにて、1 時間以内での演算処理実現を確認できた。

### エンジニアリング・マネジメントを行うオープン・プラットフォームの構築

共通データモデルで記述された生産工程データを流通・管理し、それらの戦略的な接続を最適化設計するプラットフォームを構築し、編集履歴、Reasoning ナレッジの管理を組み込み、本事業での実証活動に向けた各種サービスを構築する環境を開発した。サプライチェーン再構築のためのアプリケーション開発に当たっては、従来のようなプログラミングやアルゴリズム開発を必要とせず、予め準備したプリミティブを組み合わせることでアプリケーション開発を行う環境を準備した。これを実現するためには、サプライチェーン再構築プロジェクトの基盤となる共通データモデルの取得や、生産工程データ間の組み換えや接続、また、それらの接続を最適に編集するための機能等を提供する様々な種類のプリミティブを予め開発した。

また、本プラットフォームにおいて、カーボンニュートラルへむけての評価指標を組み込んだ。このためには、生産シミュレーション機能を拡張してカーボンフットプリントを算出するためのマテリアルフローに関する情報を出力する機能、カーボンフットプリント原単位を取り扱うマ

スターデータベースの開発、生産シミュレーション出力のパラメータがどのカーボンフットプリント原単位に対応するかを定義するマッピングマスターを開発した。

#### 応用開発1／エンジニアリング・チェーンのフレキシビリティ化への対応

複数の異なった特性を持つ製品と、複数の異なった特性を持つ生産ラインの組み合わせに起因する問題であるために、これらの組み合わせを評価することにより、問題を解くことで対応した。

多くの製品の需要変動予測を膨大な数の仮説として準備し、それに対する生産ラインの特性(どのような条件セットが生産性や在庫に影響するか)を分析できるようにした。さらに生産ライン設計(各種製品に対応するための工程設計要素)のバリエーションを準備し、それらの組み合わせを総合的に評価し、多様性と低コストを併せ持つ生産ラインを設計した。

#### 応用開発2／ロジスティックス・サプライチェーンの統合型再構築への対応

調達先、ロジスティックス、工場在庫管理、生産工程の一連の流れを生産 ENG 共通モデル化した。上記に関わるモノの流れをプロセスとして、調達先、デポ、工場の配置をレイアウトとして、各拠点での振る舞い(計画生産、プル生産、定期便、非定期便)等を生産 ENG 共通モデルにおける独立コンポーネントとして記述。モデル化する対象はサプライチェーンの再編対象として想定する調達先、生産拠点をピックアップし、各拠点が持つ基本原単位を活用した。

次に、共通モデル化された各組織のモジュールを再構成したうえで、それぞれに対して生産シミュレーションを施すことができる機構を開発し、調達先／ロジスティックス／在庫管理／生産工程の最適設計を行うためのサプライチェーン再構築システムとした。ここでは、本プロジェクトで構築する SIM プラットフォームを活用して最適設計システムを構築した。

#### 応用開発3／グローバル・サプライチェーンの統合型再構築への対応

グローバル・サプライチェーンの再構築を行うための課題のひとつとして、顧客需要に対して、在庫／仕掛かり／歩留まり等を考慮して手配を行う必要があるが、セルや部材のトータルな手配状況が見えないという課題があった。

本テーマでは、各生産拠点の生産工程を生産 ENG 共通モデル化した。生産工程の生産プロセス、設備レイアウト、モノの流し方(ルーティング)、搬送設備の振る舞い等を生産 ENG 共通モデルにおける独立したコンポーネントとして記述した。ここでは、レクサー・リサーチが提供する生産シミュレータを用いてモデル化を行った。モデル化する対象はサプライチェーンの再編対象として想定する生産拠点をピックアップし、各拠点が持つ基本原単位を活用して実施した。

#### 応用開発4／エンジニアリング・チェーン・生産準備期間短縮への対応

複数のシナリオ検証を短期間で行えるプロセス・インフラを確立することができた。

レクサー・リサーチ社の提供するインフラを用い、実証実験協力会社の特性とレクサー・リサーチ社の技術展開指針を踏まえて、実現の可能性合いを実証実験した。研究開発の目標と

して掲げていた3点について、今回の実証実験を通じたケースにおいて達成することが可能であると確認した。

8-1)実証実験のケースで 23.3～26.7%の期間短縮が期待できることを確認。

8-2)実証実験のケースでは最大で約 8.4%の削減が可能であることを確認。

8-3)環境指標の評価と、CO2 実績報告や削減に向けたアプローチを整理。CO2 算定に必要なデータモデルを整理。

#### 応用開発5／生産リソース再配置問題への対応

2020 年度では、リソースのバランス検討等現場のエンジニアリングフローを定義し、現状リソースの問題点等、現状業務状態を可視化するための業務フロー記述方法について検討。業務フローにおいて、各工程での情報発生内容の違いから段階的に詳細化される業務フロー体系の素案を構築。現場の実作業を題材にケーススタディを実施して各レイヤーにおける記述方法、記載粒度、記載項目の定義を検証。2021 年度では、2020 年度検討した業務フロー体系に基づき、業務エンジニアリング手法を検討。エンジニアリング時の必要業務を整理し、システム化にあたり必要となる機能を定義。エンジニアリングシステムとして各機能のシステム仕様を整備。定義したエンジニアリング手法において、もっとも重要なエンジニアリング結果を管理するデータの構造化に関する機能実装と評価を最優先事項とし、データ構造をモデリングする機能部分において、システム化を実施。従来手法でエンジニアリングした実績のある 6 事業 21シナリオの業務に対して、今回開発したシステムを用いて、リバースエンジニアリングを実施し、対象業務内容のデータ構造化を実施。目標としていた、2時間以内でのリソース計画策定の定量評価は実施できなかったものの、エンジニアリング時に記録、記載すべき必要事項を検討した仕様にそって、データ構造化できることを確認。本結果と、シミュレーション装置と連携することで、目標時間内での計画策定を実現する目途つけができた。

#### 相互接続による連携スキームの体系化

本事業で実施される活動を単に実証事業に終わらせないで、ここでの経験値を何らかの枠組みで整えることで一般性を得るだけでなく、その効果や価値を広く発信させることである。この目的に対して本事業が推進する「ダイナミック・ケイパビリティ」とは一体、どのようなものなのか、どのような機構で実現できるのか、そこでの効果はどのようなものなのか。また、この考え方や方式を適用、導入しようとする場合にどのような要件や準備を行っておかなければならないのかを取りまとめた。また、事業の運用方式において各組織でどのような業務プロセス変革を想定しておかなければならないのかを明らかにして、広く発信するための取りまとめを行った。具体的には、達成目標である各応用開発や適用実証の成果を相互接続するための、サプライチェーンのネットワークングのために標準化された連携スキームを作成した。

### 3-2-2-14-3. 研究開発の成果

事業内容	達成目標	成果（実施内容）	達成度	今後の課題と解決方針
① 共通データモデル化技術の開発	生産現場の活動を共通データモデルで記述するとき、S/C再構築の目的に対応したモデル粒度の決定方式を確立	データモデル粒度を評価するための感度分析基盤の開発が完了。多次元変量解析を通じて決定方式を確立。	◎	残課題は無し。
② 戦略的統合最適化	S/Cの再構築案をモデルパラメータの組み合わせで最適化するとき、トレードオフ問題に対して解候補を自動抽出	トレードオフ問題における解候補を選び出す手法を開発してプラットフォームに実装、適応を進めている。	◎	残課題は無し。
③ 概略設計モデル化技術	概略設計段階における、代表値を諸元とし、各諸元値の幅に応じたパフォーマンス評価処理を行い、感度解析の下、クリティカルな諸元を明らかにするシミュレーションモデル化方式の構築。	シミュレーション装置導入、及びモデルの構築。現場を題材としたシミュレーションの実施によるモデルの適用性の検証。テストモデルでは、処理数量と、人員数、設備台数について、概略値を設定し、取りうる幅に応じたパフォーマンス結果をシミュレーション演算装置で算出。モデルによる評価が実現できることを確認。	○	シミュレーションモデルと、エンジニアリングシステムとのシームレスなデータ連携のためのIF開発。
④ エンジニアリング・マネジメントを行うオープン・プラットフォームの構築	基本エンジン群をSaaSプラットフォーム化、サプライチェーンの再構築アプリケーション開発を行う環境を構築	プラットフォーム基盤の開発を終えて、アプリケーション開発用のコンポーネントを逐次開発して提供できる段階に到達。	◎	残課題は無し。



事業内容	達成目標	成果（実施内容）	達成度	今後の課題と解決方針
⑤ 応用開発1 / エンジニアリング・チェーンのフレキシビリティ化への対応	需要変動に柔軟に対応するための工程設計を行う計画期間を短縮、生産リードタイムを短縮、工程間在庫を短縮	サプライチェーン全体のライアンス設計の方式を開発することに成功、従来の人で作業を革新する新しい方式を確立。	○	一定の成果を得たが、今後はロジスティックスの変動要素等を組み込みみたい。
⑥ 応用開発2 / ロジスティックス・サプライチェーンの統合型再構築への対応	製造拠点の周辺サプライチェーンの再構築を行う計画策定について、計画期間を圧縮	ロジのミルクラン化の計画策定方式を確立、リードタイムとロジコストの総合バランスを得た計画を立案可能とした。	○	ロジでの交通渋滞等の変動要素を組み込んでいくことを今後、検討。
⑦ 応用開発3 / グローバル・サプライチェーンの統合型再構築への対応	製造拠点での生産工程の統廃合計画策定について計画期間を圧縮する	生産工程の統廃合に関する計画策定の方式を開発、多様な統廃合プランの検討を可能とした。	△	CPS の構築までには至らなかったが、その基本方針は策定完了

事業内容	達成目標	成果（実施内容）	達成度	今後の課題と解決方針
<p>⑧ 応用開発4 / エンジニアリング・チェーン・生産準備期間短縮への対応</p>	<p>1) 設計完了後から試験・量試・量産開始までの期間の20%短縮できる技術を開発すること。</p> <p>2) 製造リードタイム短縮による効率化効果とその為の投資・経費増を可視化した経営意思決定を可能とし、製造リードタイムの5%削減できる技術を開発すること。</p> <p>3) 経営の意思決定をするために、効率化・コストに加え、環境影響を踏まえた意思決定支援ができる指標定義を行うこと。</p>	<p>1)実証実験のケースで23.3～26.7%の期間短縮が期待できることを確認</p> <p>2)実証実験のケースでは最大で約8.4%の削減が可能であることを確認。</p> <p>3)環境指標の評価と、CO2実績報告や削減に向けたアプローチを整理。CO2算定に必要なデータモデルを整理。</p>	○	特になし
<p>⑨ 応用開発5 / 生産リソース再配置</p>	<p>流通加工や物流の現場において、サプライチェーンや取扱量の劇的な変化及び、即座に人的・生産リソース再配分検討を実施するための業務エンジニアリング方式の確立。</p>	<p>物流におけるエンジニアリング業務の体系化と現場可視化のための業務フロー記述内容の定義。定義した記述にもとづくエンジニアリングシステムの開発。開発したシステムに対し、過去の事例をリバースエンジニアリングすることで、データ構造の妥当性を検証しシステムの基幹部分の構築完了。</p>	△	<p>実運用に向けての、先行運用と並行して、ユーザーが分かりやすく入力できるユーザーインターフェースの開発、及び多機能との連携 I/F の開発を継続実施。</p>

事業内容	達成目標	成果（実施内容）	達成度	今後の課題と解決方針
⑩ 相互接続による連携スキームの体系化、および委員会への開催	各応用開発や適用実証の成果を相互接続するための、標準化された連携スキームを作成	本事業の様々な活動を総括して一般化するための体系を策定、今後の事業展開や拡張へ向けての整備を完了した。	○	残課題はないが、今後、製造業における広範なテーマへ展開していきたい。

### 3-2-3. 研究開発項目①+② 業界横断型 AI システムと業界共用データ基盤の連携開発

#### 3-2-3-1. 自動走行用HDマップ整備の低コスト化などに係る外部連携システムとAIシステムの検討・開発

(実施先:ダイナミックマップ基盤株式会社:以下 DMP)

##### 3-2-3-1-1. 研究開発の概要と実施計画

自動走行用 HD マップ整備の低コスト化などに係る外部連携システムと AI システムの検討・開発(以下、本開発と呼ぶ)についての概要および計画について説明する。

##### ① 本開発の目的

高精度 3 次元地図(以下、HD マップという)を搭載した自動運転車両(安全支援機能を含む)は、2020 年より徐々に本格的な市場投入が始まり、2025 年に全世界で 1,000 万台、2030 年には 2,800 万台の市場規模が予想されている。

DMP は、国内外の各自動車メーカーの自動運転車両が利用できる HD マップの協調領域のデータ整備を目的としている。現在、日本国内の高速道路/自動車専用道路約 29,205km(リンク長)の初期整備が完了しており、今後は維持・更新事業へ移行していく。また、一般道の初期整備として 30 万 km(高速道路/自動車専用道路の約 10 倍規模)を段階的に整備することを計画している。

本開発では、データ提供(共有)システム開発及びプラットフォームの構築、AI 機能を活用した SaaS 型の HD マップツール開発を行い、HD マップの一般道展開に向け HD マップ製作上の工程短縮(地図の鮮度確保)、原価低減策を実現することを目的とした要素技術の開発を行う。

##### ② 本開発の概要

本開発では、HD マップ製作上の工程短縮および原価低減をはかるため、パートナー企業が有する社外データとの連携を効率化するための外部連携機能の開発と、HD マップとして作成される地物の自動情報抽出による作業効率化のための AI 機能を活用した SaaS 型の HD マップツール開発に取り組む。

##### a) 外部連携機能(外部連携システム)

外部連携機能として、パートナー企業等との間で安全・効率・品質を確保したデータ提供(共有)システム開発及びプラットフォームの構築を実施する。

- ・HD マップ製作・更新のために国内外のパートナー企業からのデータの収集・提供を安全かつ効果的な仕組みの構築を目指す。
- ・データ提供プラットフォーム上でユーザの必要機能(点群接合、図化用データ提供など)を提供できる仕組みの実現を目指す。
- ・HD マップ製作工程上の測位、計測に係る作業効率化(低価格化)のためのシステム開発を目指す。

本開発では、上記目的達成のための技術要素として以下の要素技術開発を実施する。

- (ア) データセキュリティ機能(通番①)
- (イ) リアルタイムデータ収集装置(通番②)
- (ウ) 位置精度向上機能(通番③)
- (エ) 外部データを用いた GCP 化機能(通番④)
- (オ) 外部データ受渡機能(通番⑤)

b) AI 機能を活用した SaaS 型の HD マップツール開発(AI システム)

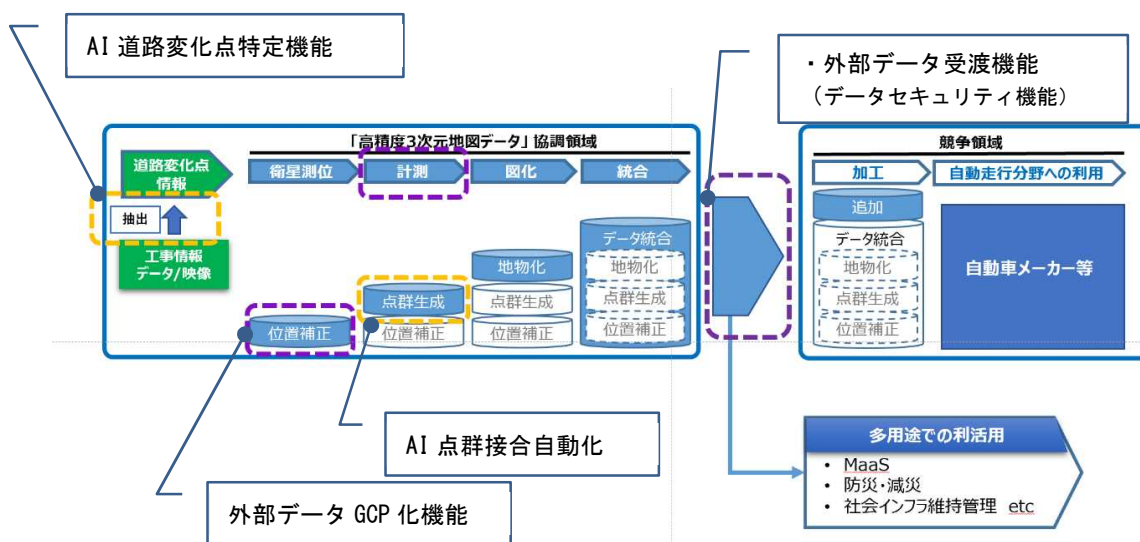
HD マップの製造作業工程では、人による確認、判断に頼っている項目があり高いコスト配分となっている。特に、データ更新のための道路変化箇所の抽出は大きな課題となっており、AI 技術による自動抽出ツールの導入が非常に重要である。

また、HD マップ作成のソースデータとなる点群計測では、モバイルマッピングシステム(以下 MMS と呼ぶ)による計測シーン間の接合が HD マップの精度確保の観点で非常に重要であり、AI 技術による接合工程の自動化に取り組む。

本開発では、上記目的達成のための技術要素として以下の開発を実施する。

- (ア) 道路変化差分特定機能(通番⑥)
- (イ) 自動点群接合機能(通番⑦)

HD マップの工程と本助成事業項目の関係を以下に示す。



③ 本開発の計画

本開発は、2019 年度 2020 年度の 2 年(実質 21 か月)での実施を計画した。

本開発では、HD マップ製作上の工程短縮および原価低減をはかるため、パートナー企業が有する社外データとの連携を効率化するための外部連携機能(外部連携システム)の開発と、HD マップとして作成される地物の自動情報抽出による作業効率化のための AI 機能を活用した SaaS 型の HD マップツール(AI システム)の開発を行う。



外部連携システムに係る項目は、2019 年度各項目において要件定義、機能実証、性能評価を行い、2020 年度に外部データ受渡機能、セキュリティ機能、外部データ GCP 機能の製品化に向けた実証、システム実装を行い、2021 年度からの各機能の運用開始を目標としている。

AI システムは、道路変化点特定機能及び点群データ自動接合機能においては、AI(DL) アルゴリズム評価を実際のデータを用いて最適性評価を行い、2020 年度に運用ツール開発、評価を行い、2021 年度からの実運用を目指す計画とし、一般道の HD マップ展開へ活用して行く計画である。

### 3-2-3-1-2. 研究開発の内容と目標

本開発は、前述の通り、2つのテーマ(外部連携システム、AI システム)に関して必要となる要素技術開発となる。よって、一部の要素技術開発項目を除いて、それぞれが独立した開発である。

#### 【研究開発の内容(外部連携システム)】

本開発に含まれる5つの開発要素毎の内容と目標を以下に示す。

##### 通番① データセキュリティ機能検討

外部に対するデータ共有プラットフォームにおいて懸念されるデータ不正利用(不正アクセスを含む)を防止するための対策システムの評価を行う。

	2019 年度
項目詳細	<ul style="list-style-type: none"> <li>・POC のテストユースケースの決定</li> <li>・DMP 社内、関連会社及び第 3 者(想定)からのテストデータ統合</li> <li>・データにデータ権利、ポリシーなどの割当て</li> </ul>
達成目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基本機能の確認</li> </ul>

#### 通番② リアルタイムデータ収集装置

MMS を使用して、HD マップ作成のための測定データ(点群データ)が取得される。本研究では、次期 MMS の要件として、現行機種に比べ小型化・軽量化・低価格化を目指し、リアルタイムデータ収集装置用センサ(LiDAR)を購入し、次期 MMS 搭載センサとしての評価を行う。

	2019 年度
項目詳細	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小型 LiDAR のシステム購入、システム構築</li> <li>・国内車両への搭載(取付フレームの設計/試作)</li> <li>・上記システム機能・性能評価の実証実験を行う。</li> </ul>
達成目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移動体でのシステム構築と機能・性能評価の完了</li> </ul>

#### 通番③ 位置精度向上機能

HD マップ製作工程上の測位・計測に係る作業効率化(低価格化)に向けて、パートナー企業等で収集したデータの位置精度を所要の精度に変換することにより、位置精度の向上を図ることを目的とする。

2017 年度補正予算事業で行った実証実験において顕在化した都市部における高層ビルなどの影響によるマルチパス現象を抑制するため、本事業では 2 周波タイプの特性・性能を把握するとともに、マルチパスの軽減(改善)策の実証実験を行う。

	2019 年度
項目詳細	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2017 年度補正予算事業実施事項の機能改善として、受信機について 1 周波タイプから 2 周波タイプへ変更し推定時間のデータ処理の機能改善の実証実験の実施</li> </ul>
達成目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>・測位データ検証:遮蔽、マルチパス状態からの復帰時間の短縮(現行時間の 50%以内)</li> </ul>

#### 通番④ 外部データを用いた GCP 化機能

一般道の HD マップ全長は、高速・自専道の約 10 倍程度の距離が試算されている。従来の測量方式は、現地で HD マップの精度検証用の GCP(Ground Control Point)を数十m から数百m で設定しながら計測作業を実施しているため、一般道での HD マップ製作時には計測作業として高コストの要因の 1 つとなっている。

本開発では、広範な空撮画像/衛星画像等に対して歪み等を補正し GCP 情報を設定することで HD マップ作成に必要な精度確保が可能か検証を行う。

更に、HD マップの図化工程の省力化のために、衛星画像から作成したオルソ画像から道路の地物(白線、横断歩道等)を自動抽出する処理を検討する。

	2019 年度	2020 年度
項目詳細	・衛星画像データによる GCP 実証実験	・画像からの地物抽出結果と図化データ真値との比較評価 ・精度を保証可能な GCP 配置及び取得手段の整理
達成目標	・エリアサイズ、GCP 数量による精度検証(目標精度レベル 500)	・衛星画像から図化用データ抽出 ・GCP 配置と取得手段のルール化

#### 通番⑤ 外部データ受渡機能

パートナー企業等から入手した情報は、複数のソース(取得日が異なる計測データ)から集めたデータとなる。これらのデータは、同一の場所においても計測機材や条件が異なるためデータの属性関連付けなどを効率的に行う必要があり、データの「蓄積」・「管理」・「分析」を行うツールの開発と共に、公開(=見える化)するための機能の開発を行う。

DMP の保有する既存システムのデータ及びパートナー企業等から入手した共有データからユーザが必要なデータを選択し、業務アプリにより処理・加工・分析を行うことができるシステムを 2019 年度に要件定義・方式設計、2020 年度に、試作・評価を実施する。

本システム試作では、共有データの DB 登録する機能、ユーザが必要なデータを DB から選択する機能とデータのセキュリティを確保するセキュリティ機能を開発する。

	2019 年度	2020 年度
項目詳細	データ受渡に関するシステム要件定義	システム設計/ソフトウェア設計 ソフトウェア製作
達成目標	システム要件定義	システム試作・評価

#### 【研究開発の内容(AI システム)】

本開発に含まれる2つの開発要素毎の内容と目標を以下に示す。

#### 通番⑥ 道路変化差分特定機能



道路変化差分特定の従来技術は、熟練技術者の経験値に頼る部分が大きいため、時間とコストが大きくなっている現状がある。本研究開発で、作業の半自動化、自動化による効率化を図り、道路変化差分特定の時間短縮及びコスト削減を目指す。

2019年度はMMSで取得した時系列の異なる画像データ、点群データに対してアノテーションを行ったうえで、変化前後の画像または点群データを対象にDeep Learning技術を活用して「物体検出」・「照合・内容認識」・「変化検出」による地物変化の抽出を可能とする技術の開発を行う。2020年度は、その結果より、技術的に最も優れた手法を選定しそのAI技術を活用した実用ツールの開発を実施する。

	2019年度	2020年度
項目詳細	画像データ、点群データによる道路変化点特定機能方式の検証	道路変化点特定機能のツール開発と機能試験・運用試験によるブラッシュアップ
達成目標	道路変化点特定機能 ・変化検出率70% 誤検知(過検出含む)20%以下にする機能の実現	運用ツール動作確認完了

#### 通番⑦ 点群データ自動接合機能

現在、点群データは計測シーン毎に取得しているが、異なる衛星配置状況やマルチパス状況に起因し、同じ場所で計測した場合でも日々・時間毎に計測精度に誤差が生じている。このような中で、シーン毎に点群データを接合する場合には熟練者による作業が必要となり、多大な労力を要している。この課題を解決するために、AI技術や各種アルゴリズムの適用を検討・評価し、自動点群接合ツール開発を行い、点群接合の作業効率化を目指す。

	2019年度	2020年度
項目詳細	・サンプル点群データによる自動アノテーションと自動接合アルゴリズム検証	運用ツール開発 全国高速・自動車専用道路データにおける点群データ自動接合機能確認
達成目標	点群自動接合アルゴリズム検証完了 点群接合の自動化率70%	運用ツール動作確認完了 自動化率の向上、実運用ツール完成

### 3-1-1-1-3.研究開発の成果

本開発各項目の成果一覧を以下に示す。

研究項目	達成度		未達の場合の理由と今後の対処方針
	水準	内容・成果	
⑪ データセキュリティ機能／外部データ受渡機能(通番①⑤)	○	データセキュリティ機能検討 2019 年度に Modulus を用いた機能検証を実施し、基本機能を確認した。	—
	○	外部データ受渡機能 2019 年度に要件定義及びシステム方式設計を実施した。 2020 年度にシステム構築及び Viewer、業務アプリの実装・開発を実施し、システム動作の確認を実施した。また、暗復号化機能を開発し、動作確認を完了した。	—
⑫ リアルタイムデータ収集装置(通番②)	○	次期 MMS の要件として、現行機種に比べ小型化・軽量化・低価格化を目指し、MMS の構成部品であるセンサ(LiDAR)で小型化が見込まれる LiDAR の機能性能評価を実施した。 直ちに HD マップ製造に適用することは難しいが、変化情報検出に活用できる可能性があることが示唆された。	—
⑬ 位置精度向上機能(通番③)	○	都市部において、2 周波タイプ受信機も含めた測位デバイスの特性・性能を把握すると共に、マルチパスの軽減策の実証実験を行った。実証実験の結果から、デバイス選定などからマルチパスの改善傾向を確認できた。	—
⑭ 外部データを用いた GCP 化機能(通番④)	○	衛星画像から抽出した地物を GCP として活用することで、実際に GCP として測量する地点数を削減する技術を開発した。	—
	○	白線等の地物抽出に関しては、区画線に対して最大で 41[%]の適合率と 66[%]の再現率が得られた。	—
⑮ 道路変化差分特定機能(通番⑥)	○	道路変化点特定機能 変化検出率 70% 誤検知(過検出含む)20%以下にする機能を実現した。	—
	○	運用ツール動作確認を完了した。	—
⑯ 自動点群接合	○	2019 年度に AI 技術を用いた自動接合ツールを	—

(通番⑦)	<p>試作し、評価を行い、課題を確認した。</p> <p>2020 年度に自動接合ツールを選定し、全国高速・自動車専用道路データにおいて自動化が可能であることを確認した。</p> <p>今後の展開が想定される一般道路において、自動接合の検証を実施し、課題を確認した。</p>	
-------	---	--

## 【研究開発の個別成果(外部連携システム)】

### 通番①データセキュリティ機能

外部に対するデータ共有プラットフォームにおいて懸念されるデータ不正利用(不正アクセスを含む)を防止するための対策システムを購入し評価検証を行い、以下の成果を得た。

- (ア) 許可ユーザに限定したデータアクセス制限機能の確認
- (イ) 格納データ保護機能(閲覧に限定し、データのダウンロード禁止)の確認
- (ウ) ユーザ APP との連携機能の確認

実用化に向けては、本開発として試作した外部データ受渡システムによるデータ閲覧・利用サービスの事業化時のセキュリティポリシー、条件を精査し、今回評価した製品の適用を判断する。

また、当該製品を適用することで、セキュリティ機能の実装・検証コストを抑えることが期待される。

### 通番⑤外部データ受渡機能

外部に対する外部データ受渡システムの設計及び試作を行い、評価を実施した。また、運用・事業化に向けて必要な Viewer や業務アプリ、セキュリティ機能についても試作・評価を行い、以下の成果を得た。

- (ア) 想定ユーザの想定ユースケースを満たす DMP データの閲覧、利用が可能なシステムを構築し、動作検証を完了。
- (イ) データ閲覧用の Viewer を選定、機能追加開発を実施し、DMP データの閲覧機能確認を完了。
- (ウ) データを閲覧・利用する業務アプリについて、既存アプリの実装、動作確認及び新規開発を実施しアプリ連携機能の確認を完了。
- (エ) コンテンツ保護策として暗復号機能を開発し、動作検証を完了した。

今回試作したシステムの事業化を推進し、HD マップ及び HD マップの源泉となる点群データ・画像データを自動走行・自動車分野以外の分野での活用を進めていく。具体的にはインフラ維持管理や測量、建設系における効率化、省力化及び高付加価値化を目指す。

### 通番②リアルタイムデータ収集装置

候補となる Lidar を活用したリアルタイムデータ収集装置の評価システムを構築し、データ取得・評価を実施した。既存の MMS の LiDAR との比較検証を行い、以下の成果を得た。

- (ア) 搭載性の観点では、MEMS 式であるため、機器が小型化できる。またモーターなどの回転装置を使わないために故障率が低い点を評価した。
- (イ) 同じ所を複数回異なる時刻に照射できるため遮蔽に強いというメリットがあることを確認した。(対向車線を走行している車両などによる遮蔽はこの原理によって大幅に軽減される)
- (ウ) 高価な IMU や GPS が不要にできる可能性がある。
- (エ) 測量用 LiDAR に比べて距離精度が劣るものの 10cm 程度の精度があり、HD マップの地物の存在、変化の確認には適用できる可能性がある。

今後の車載センサの量産が進むことで実用化できる機器が入手可能となることが想定され、HD マップの製造及び更新のための計測装置である MMS の小型化・軽量化・低価格化を実現していくことで DMP 事業の収益性の改善が見込めるものと考えられる。

### 通番③位置精度向上機能

2018 年度に補正予算事業で行った実証実験の結果として、自己位置測位精度は、車線レーン単位の精度を確保することができたが、都市部においては、高層ビルなどの影響で発生するマルチパス現象が頻繁に起こる場所も多く存在していた。2019 年度にデバイスの組合せ、2 周波タイプの特性・性能を把握すると共に、マルチパスの軽減(改善)策の実証実験を行ったことにより、以下の成果を得た。

- (ア) 後処理 RTK 方式に比較しリアルタイム RTK 方式の方が、測位率および Fix 率が高いことが確認された。
- (イ) RTK 方式、VRS 方式、GLAS 方式の高精度測位が望ましいことが確認できた。
- (ウ) 1 周波に比較し 2 周波の方が測位結果のばらつきが小さいことが確認できた。
- (エ) 基準局から近い場所では RTK 方式は VRS 方式より Fix 率が高いことが確認できた。
- (オ) マルチ GNSS を活用することで、測位精度が改善することが確認できた。
- (カ) BeiDou(中国測位衛星)利用により、測位に利用可能な衛星数が増え、測位可能な箇所が大幅に増えることが確認できた。
- (キ) コードキャリア差分(CCD)技術により、マルチパスが発生している箇所をある程度特定できることが確認できた。

これらより、多周波利用およびマルチ GNSS 利用の観点でデバイスを選定し、RTK 方式、VRS 方式、GLAS 方式での測位処理を行うことにより、マルチパスの改善傾向が見られるため、製品要件となることが確認できた。このマルチパスの改善により Fix 率も向上しており、遮蔽やマルチパス状態からの復帰時間の短縮に効果があると考え、また、コードキャリア差分(CCD)によりマルチパスが発生している箇所をある程度特定することにより、測位品質低下時の他センサへの移行などシステムでの改善も考えられる。

課題としては、マルチパスの対策は、多周波での RTK 方式、VRS 方式、CLAS 方式の Fix 解のみ利用することで、マルチパスの除去は確認できたが、保証できるものまでは到達していない。準リアルタイムとなるが、CCD を用いてマルチパスを認識し、IMU や他のセンサー類、IoT を利用した複合的なシステムによるマルチパスの低減も有効と考える。

また、Galileo の実用化や準天頂衛星の増加など衛星システムの高度化が期待され、これに伴う可用性や測位精度の向上が期待される。

今後、受信機メーカーの最新デバイスの製品化状況、衛星システムの高度化への対応状況に合わせて、事業適用を検討していく。

#### 通番④外部データを用いた GCP 化機能

衛星画像を利用して歪み補正等を行うことにより、HD マップ作成に必要な精度確保や地物抽出が可能かの検証を行い、以下の成果を得た。

##### (ア) 衛星画像の GCP 化技術

衛星画像における歪を補正することで画像全体の位置精度を向上させる技術の開発を実施した。

技術評価として、位置精度が保証できる面積、高低差による影響、山間部等の補正用 GCP 設置に制限がある地域における評価を行った。

これらの評価に基づき、少ない GCP 点の選び方(分布、地物)と実現精度の関係の詳細な解析を実施し、補正用 GCP 配置のルールを設定し、2020 年度の評価エリアで RPC 誤差 (RMSE)25cm 以下の精度を実現できることを確認した。

##### (イ) 衛星画像から地物抽出技術

オルソ補正画像から道路上の区画線および停止線(地物)を自動抽出する技術の検討を実施し、処理フローを設計した。

衛星画像を用いて検出精度の検証を行い、区画線に対して最大で 41[%]の適合率と 66[%]の再現率が得られ、停止線に対して最大で 6[%]の適合率と 60[%]の再現率が得られた。

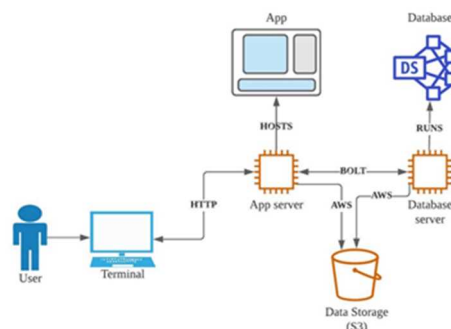
衛星画像から抽出した地物を GCP として活用する技術について、一般道地図データ整備において技術実装評価を行った上で、整備プロセスへの組み込み検討を行う予定である。

#### 通番⑥道路変化差分特定機能

AI 技術を活用して「物体検出」・「照合・内容認識」・「変化検出」による地物変化の抽出を可能とする技術の開発を行い、道路変化差分抽出ツールを開発した。

本ツールのシステムアーキテクチャを右図に示す。道路変化サブ抽出ツールの機能は以下の通りである。

##### (ア) 地物ハイライト機能



画面上に表示されている撮影画像内に写る地物に対して、Semantic Segmentation によって分類された地物をハイライトして表現する。

- (イ) 地物特定機能  
予め画像データを解析し特定の地物が含まれる画像データのみを抽出する。
- (ウ) 道路変化差分検出機能  
地物の特定結果から、同一地点の画像を比較した際に差分がある場合、特定結果と照合することで差分箇所を抽出する。
- (エ) フィードバック機能  
自動検出した結果が誤っていた場合、その地点を記録する。同様に、外部から提供される道路変化差分結果を確認する。
- (オ) 道路変化差分記録機能  
抽出した変化箇所に対して、道路整備を行うための始点と終点を記録するために道路変化差分があった地点を記録する。

目標であった実運用ツールの開発及び動作確認は完了し、本目的に到達した。当初の目的であった作業の半自動化、自動化による効率化の観点では、AIシステムによって地物や道路変化差分を自動検出できるようになったため、熟練者でなくとも効率よく作業できるようになった。また、ツールを活用することで変化箇所に対してのみ確認をすることができるので、人間がすべて確認する場合と比較して、作業負荷が軽減する役割も果たせる見込みである。検知率の観点からも、人間の作業する際と同等以上の地物検出率を出しているため、性能面においても人間が実施する場合と遜色なく、本ツールが作業の効率化に寄与するものとする。

今後の道路変化差分作業の実運用に向けては、まずはツールの運用テストも兼ねて社内でも実施している検取作業の工程のうち、道路変化差分検出作業を委託している企業から納品される検知結果の検取作業に開発した道路変化差分検出ツールを用いて実施予定である。

## 通番⑦自動点群接合

AI技術を用いた自動接合ツールを試作し、評価を行い、課題を確認した。全国高速・自動車専用道路データ及び将来展開を想定し、一般道路データについてデータ取得・検証を実施し、以下の成果を得た。

- (ア) 全国高速・自動車専用道路データにおいて自動接合ツールにより、10cm以下の精度で接合できることを確認した。
- (イ) 今後の一般道路への展開を想定し、一般道路データでの自動接合の基礎評価結果を得た。
- (ウ) 幹線道路における上下線の接合については高速道路とほぼ同様の成果が得られたが、一部課題が見られ、一般道路への適用を今後進めていく必要がある。
- (エ) 一般道路における交差点交差計測の接合においては特徴点が抽出できず接合が行えないケースが見られ、今後の重要課題として確認した。

現在、DMPが行っている全国高速・自動車専用道路のHDマップの製造・販売事業において、今回検証した自動接合ツールを適用することで整備コストの削減を検討する。計測会社に委託している計測作業のに伴う接合作業についてのコスト削減効果が期待される。

### 3-2-3-2. 移動情報統合データ基盤の構築

(実施先:株式会社 MaaS Tech Japan)

#### 3-2-3-2-1. 研究開発の概要と実施計画

モビリティデータの利活用により、都市における渋滞・混雑、過疎地域の交通維持、高齢者の免許返納などの課題解決の他、モビリティとモビリティの周辺産業との連携による新たなイノベーション創出が期待されている。しかし、データの利活用には、個々の事業者が保有している交通データを連携させ、分析・予測などの解析技術により、交通等のオペレーションを逐次最適化していくことが必要となる。

本研究開発では、各交通事業者の交通システムを改修することなく、データ連携・接続を可能とするとともに、交通事業者横断でのデータ分析・予測を実現するための「移動情報統合データ基盤」(以下、統合データ基盤)を構築し、様々な事業者(交通事業者以外も含む)が活用可能な環境を作る。更には統合データ基盤を移動周辺の交通以外の事業者が活用することで、人の移動予測をリアルタイムで把握できるようになり、移動先での新たな需要創出の基盤構築を目指す。これにより、モビリティ・交通分野における MaaS の実現と、移動を核とした周辺市場の活性化の実現の推進を目的とする

#### 3-2-3-2-2. 研究開発の内容と目標

様々な形式で保持されている交通事業者のデータを統一したインターフェースで横断的に収集・蓄積し、一元的に統計分析、機械学習処理を実現する統合データ基盤を開発する。この統合データ基盤は、交通輸送情報を統一したインターフェースで処理できるデータ連携共通基盤(TraISARE: Transport Information Store with Aggregator, Receiver and Encoder)および、データ連携共通基盤上でデータ統計分析や機械学習処理を行うAIシステムを構成要素とする。また、交通事業者以外も含む様々な事業者が活用可能な統合データ基盤とするためには、各交通会社のデータに幅広く対応可能で、同時に、汎用的に使用可能な1つのインターフェースを持つシステムを構築することが必要である。そのため、本事業では、複数の交通データ取扱いが可能であること、および汎用的に使用可能なインターフェースを持つシステムを構築することを目標とした。汎用的に使用可能な1つのインターフェースを持つシステムとは、「1.各社から提供されるRAWデータをそのまま受取・保持」「2.提供されたRAWデータを正規化・抽象化した中間表現に変換」「3. 中間表現に変換したデータのアグリゲーション(AIシス

テムによる分析を含む)」「4.アグリゲートされた情報の提供」の4つの機能を持つシステムを指す。

また、事業進捗と共に技術開発が進むに連れ、人口減少などの顕在的な課題に直面している自治体においては、都市運営に交通データの利活用の他、交通インフラ周辺の人口データ連携による、高度な予測解析機能などにより、自治体運営の効率化の道筋が見えてきた。そこで、新たなニーズに合致した拡張機能開発により、移動データ基盤の市場拡大を目的に、自治体など交通計画の策定を行う団体、事業者向けに人口・統計データ連携機能および可視化・解析ダッシュボード機能を構築することを目標とした。

#### 【研究開発の内容(仕様策定)】

移動データ基盤の構築にあたり、G20 参加国で流通している交通データの形式を調査し、データの詳細仕様を策定する。

#### 【目標】

- 1) 国内および G20 主要交通データの仕様調査を完了し、中間表現仕様の策定を完了する

#### 【研究開発の内容(システム構築:交通データ1種によるプロトタイピング)】

公共交通オープンデータ協議会(ODPT)が提供するデータを使用し、データの取り込み、変換、保存、出力の一連の処理を実装する。

#### 【目標】

- 2) プロトタイピングシステムにて、1種の交通データを用い、Receiver, Raw Store, Encoder, Common Store の4レイヤーそれぞれでの単体検証(正常動作確認)を完了するとともに、4レイヤを跨ぐデータ連携検証を完了する。

#### 【研究開発の内容(システム構築:交通データ4種および人流データへのデータ取扱い幅拡大)】

前項に引続き、データ取扱い幅拡大を実施。更に、新型コロナウイルス感染症対策のための人流データ(位置情報データ)の利用需要の高まりを受け、人流データへの対応を実施する。

#### 【目標】

- 3) 構築したシステムにおいて、4種の交通データ(うち1種は大手データ)および人流データを用い、Receiver, Raw Store, Encoder, Common Store の4レイヤーそれぞれでの単体試験(正常動作確認)を完了するとともに、4レイヤを跨ぐデータ連携検証を完了する。

#### 【研究開発の内容(システム構築:交通データ9種へのデータ取扱い幅拡大)】

前項に引続き、更なるデータ取扱い幅拡大を実施する。

#### 【目標】

- 4) 構築したシステムにおいて、9種の交通データ(うち2種は大手データ)および人口・統計データを用い、各レイヤごとの単体試験(正常動作確認)を完了させるとともに、各レイヤを跨ぐデータ連携試験(正常動作確認)を完了する。

#### 【研究開発の内容(システム構築:統計処理機能・ダッシュボード実装)】



各 Store に保持されたデータを対象に統計値を算出するための機能を実装する。また、非交通データとして、人流データとの連携拡張を行い、混雑情報の地図表示などの機構を開発する。

【目標】

- 5) 基盤の Aggregator レイヤにて「Query 処理機能」「API 連携機能」「統計分析機能」の3機能実装を完了
- 6)  $\beta$  版可視化分析ダッシュボードとして、人流データを用いた混雑情報の地図表示および数値・グラフ表示の機能構築を完了する。

【研究開発の内容(システム構築:予測機能実装)】

人流滞在量予測、列車遅延状態類似度判定、鉄道遅延予測などの予測機能を実装する。

【目標】

- 7) 基盤の Aggregator レイヤにて「機械学習 ML 機能」を実装し、統合データ基盤の取り扱いデータを用いて、機械学習により未来の混雑の予測が可能となることを目指す。
- 8) 基盤の Aggregator レイヤにて「機械学習 ML 機能」を拡張実装し、統合データ基盤の取り扱いデータを用いて、機械学習により未来の遅延の予測が可能となることを目指す

【研究開発の内容(システム構築:外部連携実装)】

経路探索サービスにおける TraISARE の活用、経路探索ログデータの取り込み等、TraISARE が外部のシステムへのデータ授受の機能を実装する。

【目標】

- 9) 本基盤統合データ基盤で取得・変換したデータを実際に経路検索サービスに渡し、そのデータを用いた経路検索サービスのプロトタイプを構築する。
- 10) 構築したシステムにおいて、交通外の2種データを用い、交通データとの連携試験(交通データと交通外データとを組み合わせた分析等)を完了する。
- 11) コロナ禍で連携リソースを捻出困難な交通事業者について、1社以上を題材に、データ連携に向けた受渡方法の設計を完了する。

【研究開発の内容(ユーザビリティ評価)】

基盤上で遅延予測機能、構築した $\beta$ 版可視化分析ダッシュボード、人口・統計データを組み合わせたデータの可視化・分析機能等について、ユーザビリティ評価を実施し、実業務での利用可能性や行動変容提案の可能性について評価を実施する。

【目標】

- 12) 本基盤統合データ基盤上で、有効に(正確かつ完全に) Query 処理に拠るデータ指標や統計処理による分析結果の表示ができるかを確認する
- 13) 本基盤統合データ基盤上で、遅延予測機能の分析結果の表示ができるかを確認する
- 14) 構築した $\beta$ 版可視化・分析ダッシュボードについて、パブリックに公開を行い、行動変容提案に繋がる可能性について確認を行う

15) 人口・統計データと交通データを組み合わせたデータの可視化・分析機能を備えたダッシュボードをユーザー候補自治体に展開してヒアリングを実施し、今後の実業務での利用可能性について確認を行い、事業化を見据えた有効性と課題の明確化を完了する

### 3-2-3-2-3. 研究開発の成果

本事業を通じて、すべての実施項目を達成することで、各交通事業者の交通データの連携・接続を可能とするとともに、交通事業者横断でのデータ分析・予測を実現する移動情報統合データ基盤の構築を完了した。同時に、期間中の事業進捗やコロナ禍等の外部環境の変化に伴って発生した、各プレイヤーの新規ニーズに対応するため、新たな外部データ(人流データ、人口・統計データ等)についても連携を行い、それらのデータを組み合わせた可視化・分析・予測を行うダッシュボードや機械学習機能を構築し、ユーザビリティの検証を行うことで、交通事業者や自治体、その他民間事業者が活用可能な汎用的なデータ連携基盤の構築を達成した。

移動情報統合データ基盤の構築を完了したことで、統一的に移動情報を扱えるようになり、事業者やモビリティを横断した集計や分析が行えるようになった。また移動情報に結びつく非移動情報(人口、購買情報など)も扱うことで、従来困難であった移動を軸とした分野横断的な集計・分析が行えるようになったことで、次世代の都市計画やEBPMなどを支える基盤となり得ると考える。

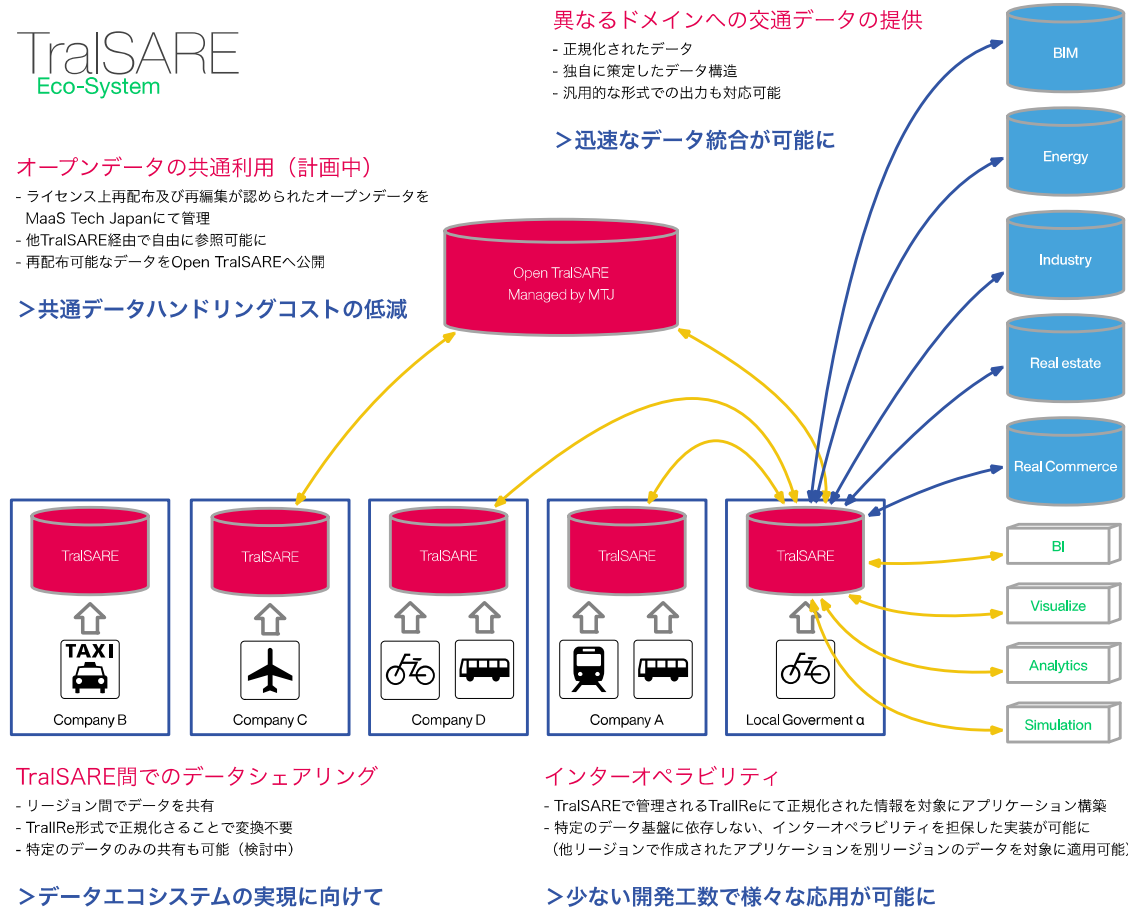


図 3-2-1 TraISARE Eco-System

## 【成果】

1) 移動を扱うデータ基盤を構築するにあたり、最初に着手したのが内部で使用するデータ仕様策定である。まず G20 に属する国家内で流通している交通データの形式を調査し、データ表現の考え方や粒度などを調査した。この調査の結果を踏まえ、扱うデータの意味(セマンティック)を突き詰めた結果、「移動」を「物体が、ある時間における場所(位置)から、ある経路を經由して、別の場所(位置)に動くこと」と定義し、それ基底としてデータ構造として表現した。

本仕様を移動情報中間表現 TraIIRe(Transport Information Intermediate Representation)と名付け、全ての移動情報表現に対応する中間表現の実現を目指した。

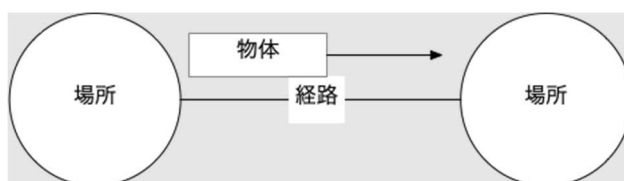


図 3-2-2 TraIIRe ベースモデル

各事業者から提供される移動データを統一した中間表現で取り扱うことで、処理・分析のロジックを共通できるだけでなく、他事業者へ情報提供する際のコンバーターとしての役割を果たすこともできる。

また本仕様は移動が持つセマンティックを究極的に単純化したものであり、仮に新たな移動手段(モビリティ)が登場したとしても表現可能であると考えている。

- 移動情報統合データ基盤で扱うモビリティデータ種別の仕様調査および分類を完了
- すべてのモビリティデータに対して、グラフ構造をベースとして抽象化する中間表現仕様の策定を完了

2) 1)にて検討したデータ仕様を元にプロトタイピングシステムを構築した。

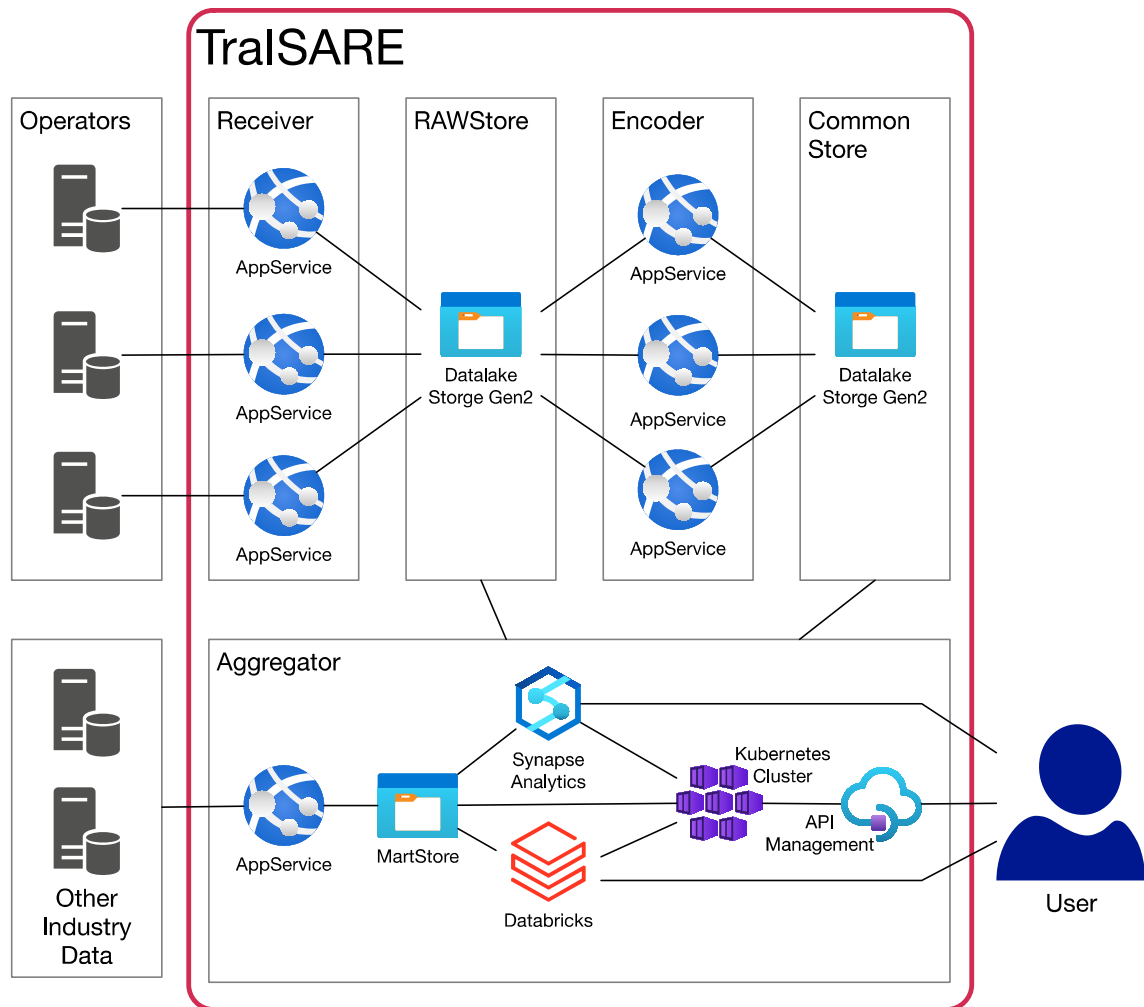


図 3-2-3 TraISARE システム概略図

このシステム構成並びにデータフローの考え方は、一般的なデータ基盤の構成(ELT: Extract, Load, Transform)として考えられるものである。しかしながら考え方は同じであれ、実際に実装・運用するとなるとその要件に合致した作り方をそれぞれのユースケース(本件では移動情報)で検討する必要がある。本研究開発では、高レスポンス・低コスト・ユーザビリティを追求し、Microsoft Azure 上で独自に評価、選定した上で本データ基盤を構築した。

2) 公共交通オープンデータ協議会(ODPT)が提供するデータを使用し、データの取り込み、変換、保存、出力の一連の処理を実装した。

- クラウド(Microsoft Azure)でのプロトタイピング環境構築を完了
- 鉄道のデータを対象に、4レイヤーそれぞれでの単体検証を完了
- レイヤを跨ぐデータ連携検証を完了

3) 2)から継続してデータ取り扱い幅拡大を実施し、加えて新型コロナウイルス感染症対策のための人流データ(位置情報データ)の利用需要の高まりを受け、人流データの取り扱いを可能とするための対応を追加で実施した。

- 取扱データ 4 種以上への拡大の対応を完了
- 人流データについての対応を完了
- 4レイヤーそれぞれでの単体検証を完了
- レイヤを跨ぐデータ連携検証を完了

4) 従前取り扱ったデータに加え、9 種類のデータ追加を実施した。従来通りモビリティ運行に関するデータ(シェアサイクル、小型電動モビリティ、域内シャトルバス、通勤シャトルバス)に加えて、政府統計情報、PLATEAU データ、携帯電話基地局ベースの域内滞在量など俯瞰的に情報を閲覧するためのデータを扱えるよう作業を実施した。

- 取扱データ 9 種以上への拡大の対応を完了
- 合わせて、人口・統計データの対応を完了
- 4レイヤーそれぞれでの単体検証を完了
- レイヤを跨ぐデータ連携検証を完了

5) 各 Store に保持されたデータを対象に統計値を算出するための機能を実装した。各 Store を直接参照して処理を行える OLAP 環境を構築し、それをを用いて本機能を実装した。またダッシュボード実装に関しては、フルスクラッチは行わず既存のダッシュボードシステムの比較を行い、最も本システムとの連携に適すと考えられるシステムの検討を行い、選定したダッシュボードシステムを使用してダッシュボード環境を実現した。

- 「クエリ処理機能」「API 連携」「統計処理機能」の 3 機能について実装を完了

6) 基盤で取り扱うデータを可視化・分析するための「ダッシュボード」を構築し、人流データを用いた混雑情報の地図表示および数値・グラフ表示の機能構築を完了

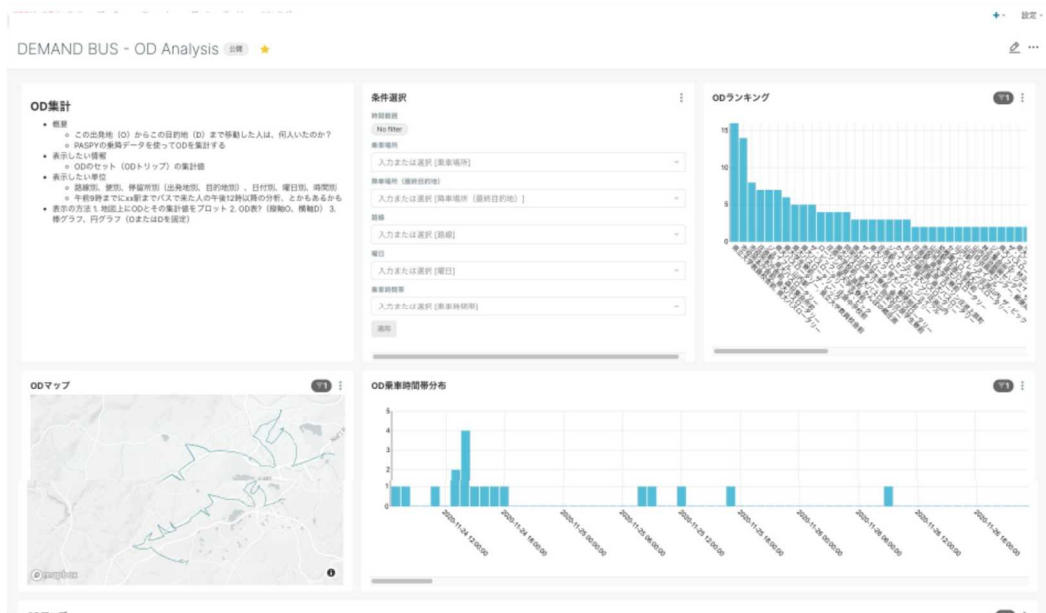


図 3-2-4 ダッシュボード

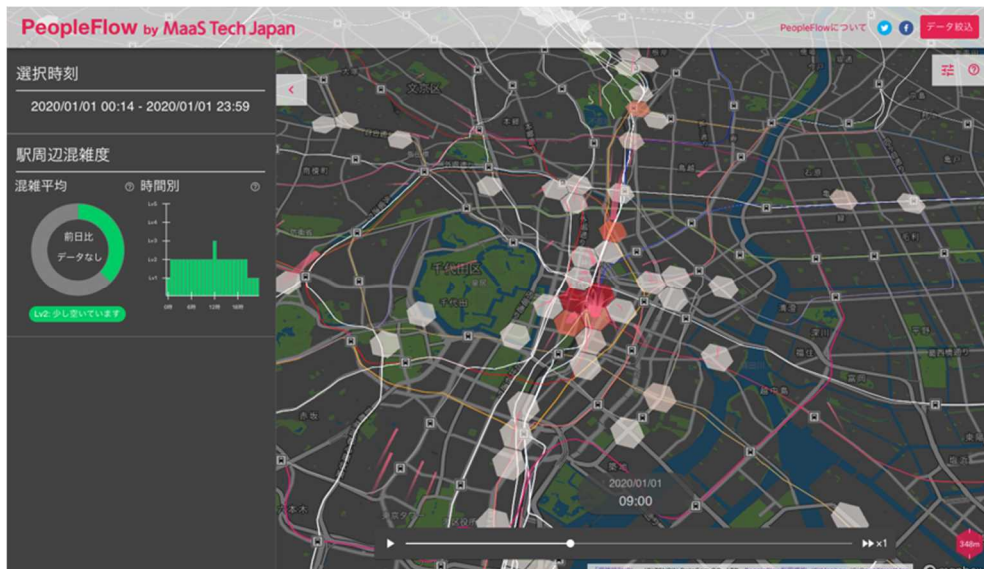


図 3-2-5 PeopleFlow: 人流データを用いた混雑情報の地図表示

7) 人流滞在量予測、列車遅延状態類似度判定、鉄道遅延予測、経路探索ログを用いた分析を実施した。本機能は TraISARE にて整備したデータのユースケースとして実施し、TraISARE が提供する仕組みが機械学習に用いることができることを確認した。

- 統合データ基盤で扱う過去データをもとに、機械学習により、混雑予測を行う機能の開発を完了

8) 統合データ基盤で扱う過去データをもとに、機械学習により、鉄道データによる遅延予測機能の開発を完了

9) 経路探索サービスにおける TraISARE の活用、経路探索ログデータの取り込み、政府統計(e-Stat)データの取り込み、外部 Data Lake からの受信などを実施し、TraISARE が外部のシステムへのデータ提供及び受領を行えることを確認した。また TraISARE が提供するデータが実サービス(経路探索サービス)と組み合わせられることを確認し、外部のシステムと連携して動作が行えることを確認した。

● 経路検索サービスで統合データ基盤のデータを利用するためのデータ変換機能の構築を行い、統合データ基盤で扱う列車データを用いた経路検索プロトタイプ構築を完了

10) 3D 都市データや施設利用データ、人口統計データと組み合わせた分析をダッシュボードで実施

11) コロナ禍により新規対応リソース捻出の難しい交通事業者を対象にヒアリングを行い、対応リソースを減らすため、SQL インターフェースを外部に提供できる環境の構築を完了

### 3.ユーザビリティ評価

12) 人流データを組み合わせたデータの可視化・分析・予測が可能なβ版ダッシュボード PeopleFlow について、混雑予測情報提供を通じた行動変容提案の可能性に関する評価検証の調査を実施し、行動変容の可能性について検証を行った。検証により、利用者は PeopleFlow で提供したような混雑情報サービスを必要としていること、及び、混雑予測情報により、利用者の意識・行動変容を促すことができることを確認した。

また、交通・人口・統計データを用いたダッシュボードについて、実際に鉄道事業者や自治体に展開してヒアリングを実施し、今後の実業務での利用可能性について確認を行った。結果、実業務での利用について一定の期待があることを確認した。

● ダッシュボードにおいて、正確かつ完全にクエリ処理によるデータ指標や統計処理による分析結果の表示ができることを確認

13)ダッシュボードにおいて、遅延予測結果を表示できることを確認

14)構築したβ版ダッシュボード(コロナ対応ダッシュボード)の公開を行い、行動変容効果の検証を完了

15)ユーザー候補となる企業、自治体にダッシュボードを展開してヒアリングを実施し、利用可能性の検証を完了

### 3-2-3-3. モビリティセンシングデータプラットフォームの構築と Connected Car サービス特化型 AI SaaS の開発事業

(実施先: 株式会社スマートドライブ)

#### 3-2-3-3-1. 研究開発の概要と実施計画

Connected Car 関連市場は 2025 年には 2 兆円規模に達し、そのうち B2B 市場は 9,360 億円、B2C 市場は 4,870 億円まで成長すると予測される(矢野経済研究所の調査結果による)。

しかし、このマクロ予測の一方で、既存のコネクテッド機器やプラットフォームの多くは、各メーカーやベンダー独自の仕様や自社サービスに限定した閉鎖的な仕組となっており、モビリティデータの横断的な利活用による、新たなコネクテッドサービス創出の阻害要因となっている。

そこで、本事業では、当該市場成長の重要な鍵は、オープンで横断的な業界共用データ基盤や、データ基盤利用者による業界共用データを活用した Connected Car 関連事業の早期立上げを実現する AI システムなどをはじめとした、イノベーション創出環境の整備普及であると考え、モビリティセンシングデータプラットフォームの構築と Connected Car サービス特化型 AI SaaS の開発に取り組む。

#### 【研究開発の概要: モビリティセンシングデータプラットフォームの構築】

業界・メーカー横断でモビリティ関連の様々なコネクテッド機器や各種データを統合し、データ利活用を促進させるオープンなデータプラットフォームを開発する。ドライブレコーダ、デジタコ等の各種車載機器及びスマートフォンの移動データや、速度、加速度等の各種センサーデータとの横断的な接続連携が可能で、かつ汎用的な API を揃えた、モビリティセンシングデータプラットフォームを開発する。開発に当たっては、市場シェアや将来性の観点で、将来的に広く展開が期待される機器を中心に、基幹プラットフォームの根幹の基本設計を明確化した上で、国内外の市場動向などを加味しつつ段階的な機能拡充を進める。

#### 【Connected Car サービス特化型 AI SaaS の開発】

様々な事業者が Connected Car サービスを提供する際に活用可能な安全運転評価等をはじめとした AI 技術を、SaaS として事業展開可能な仕組みを構築する。本データプラットフォーム上の収集・蓄積データ(移動データ、センサーデータ、動画データ等)を使用し、業界横断でのノウハウ・仕組みを利活用した 1:N 型サービスの利便性を容易に享受でき、かつ、Connected Car サービスの早期立上げが可能な AI SaaS を開発する。

また、事業化の段階では、国内の他、東南アジア等の海外でも展開する。そのため、現地における市場調査を助成事業の早期段階から継続的に実施する。助成事業の期間で国内のみならず、海外での連携や実証検証の機会の創出を積極的に図り、海外での実地検証を目指す。



### 3-2-3-3-2. 研究開発の内容と目標

モビリティセンシングデータプラットフォームの構築と Connected Car サービス特化型 AI SaaS の開発について、各々の実施計画を遂行するために、以下の研究開発の内容と目標を設定する。

#### ～モビリティセンシングデータプラットフォームの構築～

##### 【研究開発の内容(データ連携プラットフォームの検討・国内市場調査)】

データプラットフォーム基盤と接続するセンサーや車載機器類の調査、並びに当該車載機器等から集積可能なデータの形式・種別を調査する。

##### 【目標】

1) データ連携基盤の初期開発要件に必要な調査:2020年3月完了

##### 【研究開発の内容(基幹プラットフォーム開発)】

基幹プラットフォームへ接続する車載機器のデータ入力標準化に向けた API、並びにデータ出力様式の標準化に向けた API の基本設計を行う。

##### 【目標】

2) データ連携基盤の初期開発に必要な API の基本設計:2020年3月完了

##### 【研究開発の内容(ユーザー向け適用開発(データ接続モジュール))】

基幹プラットフォームの基本設計をベースに、各連携先のデータが接続できるよう、データ接続モジュールを開発する。市場規模の大きい大手企業や、その後の連携効率の高い事業者をターゲットに開発を進め、最終的に9社の機器との連携を目指す。

##### 【目標】

3) 計3社連携完了:2020年9月、計6社連携完了:2021年3月、計9社連携完了:2022年1月

##### 【研究開発の内容(データ連携プラットフォームの海外調査)】

事業化の段階での東南アジア等の海外での展開を見据え、現地市場調査を助成事業の早期段階から継続的に実施する。

##### 【目標】

4) 海外市場の技術調査完了:2021年9月完了、海外市場での実地検証:2021年9月完了

#### ～Connected Car サービス特化型 AI SaaS の開発～

##### 【研究開発の内容(Phase-1 開発(新型車載端末基本設計・要素検討))】

データ連携プラットフォームと接続し、AI SaaS の開発に必要な移動データ等のビッグデータを収集するための車載機器やアプリケーション等の仕組みを開発する。その為、初期開発要件を

明らかにし、端末やアプリケーションについて、必要な基本設計、試作ボードの制作・評価、要素検討を行う。

【目標】

1) 基本設計・試作ボード評価:2020年5月完了、要素検討完了:2020年5月完了

【研究開発の内容(Phase-2 開発(要素検討に基づくプロトタイプ制作等))】

Phase-1での検討結果に基づき、新型車載端末やアプリケーションのプロトタイプ製作並びにQAを含む試験評価を行う。

【目標】

2) Phase2版プロトタイプ制作:2020年8月完了、ユーザビリティ評価(プロトタイプ版の実地利用による評価):2020年9月完了、開発課題の抽出:2020年10月完了

【研究開発の内容(Phase-3 開発(初期不具合等の課題への対応))】

Phase-2の結果から設計方針を策定し、機器やアプリケーションのプロトタイプの製作並びにQAを含む試験評価をする。

【目標】

3) Phase3基本設計・評価:2020年11月完了、Phase3版プロトタイプ制作:2021年1月完了、ユーザビリティ評価:2021年2月完了、開発課題の抽出:2021年3月完了

【研究開発の内容(AI SaaS 用データ取得用車載端末等の製作・配布)】

ビッグデータ取得用の車載端末等を製作し、協力者に配布する。

【目標】

4) Phase2 データ取得用車載端末等配布開始:2020年10月

【研究開発の内容(AI SaaS 用データの収集作業)】

データ取得用車載端末等を協力者に配布し、車載端末等を介して得られる車両等に関する計測・移動データ等の他、AI SaaS 開発のために必要なその他のデータも必要に応じて収集・蓄積する。

【目標】

5) AI SaaS 用データ収集作業の開始:2020年1月

【研究開発の内容(データ提供者向けアプリ・ソフトウェアの設計・評価・開発・機能追加)】

データ収集過程に加えて、将来の事業化後のサービス運用時においても、データ提供者であるエンドユーザーによる継続的な車載端末の利用並びに継続的なデータ取得を担保・促進するためのツールとして、ドライバー向けアプリ等のソフトウェアを開発する。

【目標】

6) アプリ等の基本機能部分の要件定義:2020年3月、アプリ等(基本機能)のプロトタイプ開発および提供開始:2020年4月、アプリ等の機能追加:2020年4月以降随時実施

【研究開発の内容(業界横断型 AI SaaS の検討・国内市場調査)】

本データプラットフォーム上に収集・蓄積されたデータの中から、ターゲット顧客となる事業者の事業展開に資する情報の形式・種別を調査・特定する。

【目標】

7) 国内市場の調査:2020年3月完了

【研究開発の内容(データ収集環境整備・特徴量検証)】

AI SaaS 開発に必要となるデータ収集・解析が可能な環境を整備し、データのクレンジングや機械学習モデル開発に必要となる特徴量の検証に着手する。

【目標】

8) データ収集・解析環境の整備完了:2020年3月完了、特徴量の検証:2020年6月完了

【研究開発の内容(業界横断型 AI SaaS のユーザー向け適用開発)】

国内市場調査結果を踏まえて、1:1型の個別事例の取り組みを進め、AIのプロトタイプ開発を行う。助成事業の期間内で個別事例での経験を積み上げ、当該複数の個別事例開発を通じて汎用的かつ業界横断的なコンポーネントを抽出・識別し、それらを活用した1:N型で独自の業界横断型のAI SaaSを完成させる。協力が得られる複数の事業者を対象にユーザビリティ評価を行い、AI SaaSがニーズを満たす水準となっていることを確認する。

【目標】

9) 複数の個別事例での1:1型のプロトタイプAI開発完了:2022年1月、業界横断の1:N型のAI SaaS完成:2022年2月

【研究開発の内容(AI SaaS の海外調査)】

事業業化の段階での東南アジア等の海外での展開を見据え、現地における市場調査を助成事業の早期段階から継続的に実施する。助成事業の過程で国内のみならず、海外での連携や実証検証の機会の創出を積極的に図り、海外での実地検証を目指す。

【目標】

10) 海外市場の技術調査完了:2021年9月完了、海外市場の実地検証:2021年9月完了

3-2-3-3-3. 研究開発の成果

本プラットフォームの開発において、各種車載器、IoTプラットフォーム、国土交通省の整備するITSスポットから収集される様々なメーカーのETC2.0データとの連携等を中心に、本プラットフォームへの連携候補先の開拓を一つ一つ進めた。また、その一方で、異なるメーカーの車載器等であっても、横断的かつ汎用的にデータ接続できるようAPIドキュメントを公開することで、広く解析結果を取得することも可能になった。その結果、当初の計画以上のデータ連携規模を達成できた。

また、本研究開発の過程を通じて、本データプラットフォームへの複数の車載機器の連携を実現し、本プラットフォームに対する市場ニーズの高さが見られた。車載器等のIoT機器メー

カーの視点では、モノ売りビジネスだけでなく、コト売りビジネスへの拡張への効果が期待できる価値に繋がることが分かった。更に、それらのIoT機器がコネクテッド化された先の領域でのビジネスを展開に関心の高いサービス事業者の視点では、上述のAPIを利用するだけで、IoT周りのことは特段気にする必要なく、自社のサービスの開発、運営等のコア分野にリソースを集中投下しながら新たなソリューションを創出できる基盤を整備することができた。

以上より、当社想定を上回る成果が達成でき、事業目的における実用化・事業化の目処が立ったと考える。

各々の研究開発の個別の成果は以下のとおり。

## ～モビリティセンシングデータプラットフォームの構築～

### 1) データ連携プラットフォームの検討・国内市場調査：達成度 ◎

データプラットフォームと接続するセンサーやドライブレコーダ等の車載機器類を製造販売する事業者と連携し、当該車載機器等から集積可能なデータの形式・種別の調査を行った。

その結果、汎用的なデータ連携の仕組みを開発する上での要点を整理し、モビリティセンシングデータプラットフォームの本格開発が着手可能な十分な素地としての基礎検討情報の調査が完了した。

### 2) 基幹プラットフォーム開発：達成度 ◎

モビリティセンシングデータプラットフォームを構成する要素、(i)データ入力領域、(ii)データ解析領域、(iii)データアウトプット領域の3領域での整備を進めた。(i)データ入力領域に関して、汎用的なデータ入力のフォーマット等の仕様を策定し、当該仕様に基づきデータをアップロードすることで、他社製の車載器等のデータであっても、(ii)汎用的なデータ解析及び(iii)データ活用をしやすい仕組みの提供まで、一貫通貫で利用可能な仕組みを構築した。

さらに、APIドキュメントを公開により、異なるメーカーの車載器等であっても、横断的かつ汎用的な解析結果をAPI経由にて取得することが可能になった。

### 3) ユーザー向け適用開発(データ接続モジュール)：達成度 ◎

2020年9月までに、自社製造のデバイスに加えて、ドライブレコーダー等の他社製デバイスである車載器についても、上記にて構築した汎用的な基幹プラットフォーム上で正常に動作することを確認した。

2021年3月までにおいては、国内外での3社の他社製デバイスとの連携を行い、本基幹プラットフォームでの正常動作を確認した。また、ユーザー向け適用開発を進める過程において、他社のIoTプラットフォーム自体との連携に着目した。当該プラットフォームとの連携として、既に複数のIoTデバイスを対応しており、また、多くのユーザーの利用実績のある他社IoTプラットフォームとの連携を実現し、本基幹プラットフォームでの正常動作を確認した。こ

れにより、個社毎の個別の連携開拓することなく、早期に複数のデバイスとの同時接続により連携拡大することができた。

最終年度の2022年2月までには、ユーザー向けの適用の汎用性をさらに高める要素として、一般財団法人道路新産業開発機構(HIDO)の配信する、国土交通省管轄の全国のITSスポットから集積されるETC2.0のデータについて、本基幹プラットフォームでの正常動作を確認し、さらに連携効率が高い仕組みとの連携が実現した。

ETC2.0車載器は、2022年現在約10社の主要メーカーが提供している。既に約763万台(2022年3月時点)一般向けに普及しており、移動に関するIoT機器としても国内最大規模の車載器データを管理・配信する仕組みとの連携を実現した。

さらに、他社製デバイスとの連携実績として、JVC KENWOOD社のドライブレコーダー(走行及び動画データ)との連携を実現したことに加えて、Wi-Fiスポット機能を有する車載デバイスとの連携にも成功した。Wi-Fi経由でクラウドへのデータのアップロードが可能となった結果、様々なIoTソリューション(例えば、温度センサー、タイヤ空気圧センサーによるモニタリングサービス等)を有する事業者とのコラボレーションが可能になり、さらに適用の幅が広がった。

#### 4) データ連携プラットフォームの海外調査:達成度 ○

上記の通り、海外での販売実績のあるIoTデバイスメーカー2社との連携に成功し、国内での検証に加えて、マレーシアでの実地検証を行い、本データプラットフォームでの正常動作を確認した。

### ～Connected Car サービス特化型 AI SaaS の開発～

#### 1) Phase-1 開発(新型車載端末基本設計・要素検討):達成度 ○

データプラットフォームと接続し、移動データ等が収集可能な車載機器等の基本設計に加えて、機能検証サンプルとして試作ボードの制作を行った。車載機器等の製造単価上の工夫として、スマートフォンとBLEにてデータ連携することで、車載器自体にはSIM通信機能を持たずに、スマートフォンのSIM通信により、データ収集が可能な仕組みを採用した。当該試作機搭載のBLEと、スマートフォンとの接続テストを行い、初期開発としての評価を実施した結果、正常に動作することを確認した。

#### 2) Phase-2 開発(要素検討に基づくプロトタイプ制作等):達成度 ー(市場の変化に対応し、より経済的かつ効率的な方法の気づきがあったための変更)

パートナー事業者の開拓を進める中で、コロナ禍での景気の先行きに不透明感が高まった影響を受けて、多くの事業者にて大規模な事業への投資意欲が減退し、コストヘビーなビジネスモデルよりも、安価で簡易な方法により事業化を求める方向へとニーズが急激に変化していることが判明した。そこで、当初計画での車載機器の製作・配布ではなく、AI SaaSの開発に必要なデータ収集できる方法を模索した。

その結果、スマートフォンを活用し、既販のカーナビやカーオーディオから発信される Bluetooth を検知し、自動車に搭乗中であることを自動的に判別の上、データ計測が実現できれば、車載機器が無くても、当初の想定と同様のデータ収集が可能であることを明らかにし、専用のデータ収集用スマートフォンアプリを開発すると共に、軌道修正した。

3) Phase-3 開発(初期不具合の解消対応) : 達成度 -

Phase-2 開発に同じ。

4) AI SaaS 用データ取得用車載端末等の製作・配布 : 達成度 -

Phase-2 開発に同じ。

5) AI SaaS 用データの収集作業 : 達成度 ○

協力企業と連携し、一般ユーザーへのスマートフォンアプリの提供を行った。カーナビ等と連携するスマートフォンアプリを活用した走行データの収集が可能であることを確認すると共に、AI SaaS の開発に必要なデータ収集を完了させた。

6) データ提供者向けアプリ・ソフトウェアの設計・評価・開発・機能追加 : 達成度 ○

走行データを計測する機能に加えて、継続的なデータ収集を担保・促進するためのツールとして、安全運転のフィードバックを行うゲーミフィケーション機能を追加し、一般のドライバーであるユーザーにとっても、利用を継続するメリットを感じるユーザー体験を実現するスマートフォンアプリを開発した。

協力企業と連携し、一般のユーザーへのスマートフォンアプリの提供を通じて実用性検証を行い、当初開発予定だった車載端末が無くても、必要なデータの継続的な収集並びに、その後の事業化に活用できることを確認した。

7) 業界横断型 AI SaaS の検討・国内市場調査 : 達成度 ○

本データプラットフォーム上に収集・蓄積されたデータの中でも、様々な車載機器やスマートフォンであっても横断で取得可能な汎用的なデータとして、GPS や速度の情報をインプットデータとした AI SaaS が業界横断型の提供にフィットしやすいことがわかった。また、自動車保険関連の事業者に加えて、その他サービスの事業者等、本格的な事業化後に利用事業者としてのパートナー候補を開拓する中で、それらの汎用性の高いインプットデータをもとに、安全運転評価を行う AI SaaS について、業界横断でのニーズが特段高く、1:N 型での提供にフィットし、その活用の幅があることから、当該領域にフォーカスし、AI SaaS 開発の要件定義が可能な素地としての市場調査ができた。

8) データ収集環境整備・特徴量検証 : 達成度 ○

AI SaaS 開発で必要となるデータ収集・解析が可能なデータ分析基盤の環境整備を行うと共に、当該分析基盤を活用し、車載器やスマートフォン等にて、汎用的に取得可能な GPS

等のデータから安全運転評価を行う際の重要なファクターとなり得る特徴量の設計を行った。

実際の走行データを用いた評価の結果、GPS 等の汎用データのみで、運転挙動を評価する AI SaaS の特徴量の構築は可能であることが分かった。即ち、本データプラットフォームに連携されるスマートフォン含む様々な車載機器横断での提供可能な適用の広さが確認できた。

#### 9) 業界横断型 AI SaaS のユーザー向け適用開発:達成度 ○

車載器やスマートフォン等にて汎用的に取得可能な GPS 等のデータから特徴量を構築し、運転評価結果を算出する AI システムを構築した。

なお、当該 AI システムは、インプットデータの汎用性の高さから、本データプラットフォームのデータと連携することで、本データプラットフォーム上で連携可能となった様々な車載器やスマートフォン等のデータをインプットデータとして、利用可能となった。

国内市場調査を通じて広くニーズのあった、汎用性の高いインプットデータをもとに、安全運転評価を行う AI SaaS については、業界横断での様々なパートナーに対して、1:N 型の AI SaaS の提供が可能であるということに加えて、インプットデータという視点でも、本データプラットフォームの連携機器について、業界横断での 1:N 型の AI SaaS の構築ができた。

また、サービス事業者へのユーザビリティ評価については、専用の車載器やスマートフォンのみといった、特定のデバイスをベースにサービスを提供する事業者に加えて、複数の異なるメーカー等の数種の車載器を取り扱い、サービスを提供する事業者に対して実施した。

その結果、前者からは、データ収集含む開発期間を大幅に短縮し、スピーディにサービス提供をすることができる点が評価され、後者からは、様々な機器を活用したサービス展開を行う上で、現在だけでなく将来的に機器のラインナップが変わりうるといったモビリティサービス展開の将来の不確実性にも柔軟に対応可能な AI SaaS のインプットデータの汎用性の高さが評価された。

#### 10) AI SaaS の海外調査:達成度 ○

東南アジア等でも事業化展開することを想定し、現地の市場調査を開始した。その結果、一部の国では、保険料率の自由化がなされ、安全運転度合に応じたインセンティブ付与の自由度も高いことから、先行する日本国内での開発成果を活用し、テレマティクス保険向けのサービス等を展開する際にも、柔軟かつ早期のサービス化を目指しやすいという気づきがあった。

さらに、当該 AI システムは、本データプラットフォームと連携した様々な車載器やスマートフォン等のデータをインプットデータとして利用可能であることから、マレーシアにて実地検証済みのデバイス含めて海外にて利用可能な機器が本データプラットフォームに連携されたことで、同 AI システムについても、具体的な事業案件さえあれば、海外での利用が可能な目処がたった。

### 3-2-3-4. 製造業オープン連携フレームワークによるデータ取引ビジネスモデル開発事業

(実施先: 一般社団法人インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ、株式会社DMG森精機、三菱電機株式会社、株式会社安川電機、株式会社ジェイテクト、SCSK株式会社、ビジネスエンジニアリング株式会社、株式会社アプストウェブ)

#### 3-2-3-4-1. 製造データ取引のためのシステムアーキテクチャーの開発(実施先: 一般社団法人インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ)

##### 3-2-3-4-1-1. 研究開発の概要と実施計画

製造業の現場データを、他の工場や工場以外の部門、あるいは他の企業との間で流通させるために、データ取引のしくみをシステムとして取り込むためのフレームワークを開発し、より実際的な業務シナリオに対応したユースケースによってその有効性を実証する。また、異なる現場のコンテキストのギャップを埋めるために複数の個別辞書と辞書間の変換機能を設け、コネクテッドインダストリーズの基盤技術を明らかにする。

#### ・データ取引エコシステムの基本設計

##### ■解決すべき技術課題

データ取引を行うエンドユーザーとしての製造業のみでなく、ステークホルダー別ビジネスモデル要件の定義として、デバイス／装置メーカー、ソフトウェアベンダー、インテグレーター、データアナライザー、そしてデータプロバイダーに分け、それぞれの立ち位置に対応したビジネスモデルを定義し、ビジネス・エコシステムの基本構造を設計する。

##### ■取り組み方法

データをインターネットを介して外部の組織に送る場合に、あらかじめデータ取引契約として相手と合意した内容でデータの生成およびデータの利用を行うしくみを用いることで、従来の製造業のデータ流通がどのように変化し、どのようなステークホルダーによるビジネス・エコシステムが形成されるかをグランドデザインし、基本設計書としてまとめる。

##### ■目標とする技術水準

データ取引によるエコシステムを評価するために、抽象的、概念的などとして定義するのみではなく、具体的な業務シナリオを設定し、収益や事業戦略の視点も加えたモデルとする。

##### ■水準の評価方法

水準を評価するための業務シナリオのカテゴリとして、生産技術、品質保証、中小企業、そしてAI活用とし、生産現場をもつ製造業にとって、組織間のデータ取引のしくみを活かす業務シナリオとなっているかを評価する。

#### ・ビジネスシステムアーキテクチャーの開発

##### ■解決すべき技術課題

製造業オープン連携フレームワークを中核となるアーキテクチャーを明らかにし、構成するオブジェクトの機能と、それぞれのオブジェクト間の構造を示す。

##### ■取り組み方法



製造業オープン連携フレームワークの基本設計として、組織間、企業間のデータ取引のためのシステムアーキテクチャーの基本設計を行う。1年目は、連携ターミナルにより、各組織内部の個別の状況に対応するエッジ側と、インターネット側とのインターフェースに重点を置く。

#### ■目標とする技術水準

データ取引フレームワークは、技術的な構成としてデータ通信ができるレベルに加え、ビジネスモデルとして、データ取引による権利や義務、そして価値(通貨)の移動も想定したモデルとする。

#### ■水準の評価方法

アーキテクチャーは、パブリックレビューを行い、関係する専門家や団体からのフィードバックを得ることでその内容の妥当性を評価する。また、将来的には国際標準化も視野にいたれた内容として評価を行う。

### ・連携のための共通辞書コンテンツの開発

#### ■解決すべき技術課題

データ取引を異なる企業の異なる現場間で行うにあたって、各現場のことばである個別辞書を定義づけるための共通辞書を設定し整理する。

#### ■取り組み方法

個別辞書およびIVI業務シナリオからの抽出のために、データ取引を行う各現場単位の個別辞書を、コンソーシアムメンバーがもつ装置や業務アプリの実際のデータモデルを基に抽出するのと合わせて、IVIの活動として行っている業務シナリオにもとづくシステム実証実験の取り組みから抽出する。

#### ■目標とする技術水準

定義される共通辞書は、データモデル、サービスモデルなど、何種類かのメタモデルに対応しており、デジタルコンテンツとして検索、利用、修正、削除などの操作が可能とする。また、他の既存システムとの連携が可能な設計とする。

#### ■水準の評価方法

標準辞書の整備とモデル実装を通して、データ取引のための共通辞書が、製造業オープン連携フレームワーク上で利用可能とする。その1つとして、PSLX標準辞書が整備され、データモデルは、エンティティ-リレーションシップ型(E-R型)により他のモデルと連携可能であることを確認する。

### ・ビジネス・ユースケースの開発

#### ■解決すべき技術課題

データ取引を行う業務連携のシナリオについて、ビジネス・ユースケースとしてモデル化し、その記述要件を定義することで、ユースケースのライブラリ化を可能とする。

#### ■取り組み方法

データ取引による業務連携がより効果を得るビジネス・ユースケースとして、加工技術に関するデータ取引、品質保証に関するデータ取引、中小企業のためのデータ取引、そしてAI活

用のためのデータ取引に分類し、それぞれについてリアルな実施例として実証実験ができるよう環境を整え支援する。

#### ■目標とする技術水準

ビジネス・ユースケース開発手順の定義として、生産現場のリアルな課題を、あるべき業務シナリオを示し、その中で解決するためのITシステムを示し、その内容を現場に実装するまでのステップも含めて、ビジネス・ユースケース開発手順を明らかにする。

#### ■水準の評価方法

IVIの業務シナリオワーキンググループが、現在の活動の中で行っている業務シナリオの開発および検証作業の中で、データ取引を活用したビジネス・ユースケースを企画し開発する取り組みに本手法を適用し、それによる支援効果を検証する。

### ・データ取引サービス体制の構築

#### ■解決すべき技術課題

データ取引サービスを、モデリングフェーズ、インテグレーションフェーズ、取引契約フェーズ、取引実施フェーズ、そして取引確認フェーズに分け、業務オペレーションレベルでのサービス体制をシステム化する。

#### ■取り組み方法

データ取引を介した“つながるものづくり”を実現するためのしくみをサービスとして提供するために、どのような運用手順が必要であるかを整理し、サービス運用マニュアルを作成する。また、作成したマニュアルを基にサービス提供を行いその内容を検証可能とする。

#### ■目標とする技術水準

サービスのマニュアル化は、サービスの基本要件と基本構造を踏まえた最小限の記述にとどめ、マニュアルによって逆にサービスの形態が制約されないようにする。運用しながら、サービス内容がよりよいものにカイゼンしていくしくみを内包したものとする。

#### ■水準の評価方法

データ取引エコシステムにおいて、製造業ユーザーが業務に必要なデータを取引先に送信する場合のデータ転送の事例を設定し、それが“つながるものづくり”を可能とするサービス体制となっているかを検証する。さらにこれを、データ取引を担うデバイスや業務アプリを提供する事業者、データそのものを提供する事業者なども含め、データに関するトータルなサービスとしてもその効果を検証する。

### ・CIOF 推進委員会の設置と開催による市場性の確保

#### ■解決すべき課題

プラットフォームおよびビジネスモデルが、中小企業を含む製造業の各社およびシステムを提供するベンダーにとってメリットがあるものとし、参入意欲持てるものとする必要がある。

#### ■取り組み方法

参加各社に加えて外部有識者を交えて、ユースケースの有効性や実施方針及び内容について、ビジネスモデルレベルの議論を継続的に行い、適切に事業開発を導くものとする。また、併せて外部へ参入を呼びかける、アピール方法検討の場とする。

## ■具体的な実施方法

外部有識者(アドバイザー)4名程度を加え、プロジェクト参加各社の主任研究員が出席する委員会を、4回/年間前後を目途にプロジェクト期間を通してIVIが主催する。

### 3-2-3-4-1-2. 研究開発の内容と目標

#### 【2019年度】

データ取引エコシステムの基本設計が完了している。  
ビジネスシステムアーキテクチャーの仕様書が公開されている。  
連携のための共通辞書コンテンツが提供され利用されている。

#### 【2020年度】

ビジネス・ユースケースのサンプルを国内および海外に公開する。  
データ取引サービス体制の構築しマニュアル化し円滑な運用を可能とする。  
ビジネスモデルとして製品またはサービスの事例を4件公開する。

#### 【2021年度】

個別辞書コンテンツを100種類、共通辞書として5種類をデータベース化する。  
データ取引を活用したユースケースを国内で公開する。  
海外の関連団体との連携のためにCIOF仕様を英語で公開する。  
CIOFを中小企業や海外へ普及させるための上期に立案した戦略を具体化する。  
2022年4月以降のCIOFの運用およびサポート体制を整備する。

#### ・データ取引エコシステムの基本設計

製造業オープン連携フレームワークとして、あらかじめデータ取引契約として相手と合意した内容でデータの生成およびデータの利用を行うしくみをまとめた基本設計書により、その具体的な適用分野をさだめその内容を検証する。また、データオーナーシップ(データ主権)に配慮した海外のデータ流通のためのアーキテクチャーおよびシステムユースケースを調査し、本事業との共通点、相違点を明らかにする。

製造業オープン連携プラットフォームがデータ取引のためのエコシステムのとして機能するための基本要件をまとめた基本設計書をもとに、海外プラットフォームのビジネスモデルも調査し、データオーナーシップ(データ主権)に配慮した海外のデータ流通のためのアーキテクチャーとの共通点、相違点をもとにアーキテクチャーを再考し、将来的な相互運用の可能性を探る。

#### ・ビジネスシステムアーキテクチャーの開発

製造業オープン連携フレームワークのアーキテクチャーの一部としてデータ取引に関するトレーサビリティのために記録をブロックチェーンによって分散管理する機能、およびデータ取引時の意味解釈のギャップを埋めるための辞書をより効率よく利用するための機能も設計する。複数サーバーによる分散アーキテクチャーの基本設計としては、インターネット側にあるトレー

サビリティ散化したアーキテクチャーを設計し、データ取引の履歴をブロックチェーン技術を用いた分散台帳管理を具体化し、その効果を検証する。

アーキテクチャーの展開として、辞書インデックスの自動生成ロジックの基本設計を行い、取引されるデータおよびデータを利用するサービスの意味(セマンティクス)を管理するための辞書サーバー上で、任意に登録された辞書コンテンツに対して、インデックス自動生成などの機能により、辞書メンテナンスの利便性を高める。

#### ・連携のための共通辞書コンテンツの開発

各現場のことばである個別辞書および共通辞書を設定し整理するにあたって、IVIの活動として行っている業務シナリオにもとづくシステム実証実験の取り組みから抽出する手法の利便性を高め、辞書の内容を量的に増やす。また、EDIなどの分野において、すでに標準辞書をもつ国内の団体とも連携し、それらの内容を製造業オープン連携フレームワークにおいて利用可能とするための調整を行う。

データ取引を異なる企業の異なる現場間で行うのと合わせて、企業間や地域間、さらには国が異なる場合においても変換可能となるように、個別辞書およびIVI業務シナリオからの抽出を行う。データ取引を行う各現場単位の個別辞書を、コンソーシアムメンバーがもつ装置や業務アプリの実際のデータモデルを基に抽出するのと合わせて、すでに標準辞書に関しては、海外の関連する標準も対象とし、連携可能性を具体化する。

#### ・ビジネス・ユースケースの開発

現在の活動の中で行っている業務シナリオの開発および検証作業の中で、データ取引を活用したビジネス・ユースケースを企画し開発する取り組みを支援する。必要に応じてテンプレート等を提供することで、ビジネス・ユースケースの効果を検証する。コンソーシアムメンバーおよびIVI活動内部で実施したデータ取引関連のビジネス・ユースケースの実証実験およびその効果検証において、一定の枠組みを設定することでその活動を支援する。

データ取引による業務連携がより効果を得るための手法を開発を議論し、ビジネス・ユースケースの効果検証を支援する。具体的には、コンソーシアムメンバーおよびIVI活動内部で実施したデータ取引関連のビジネス・ユースケースの実証実験およびその効果検証において、一定の枠組みを設定することでその活動を支援するとともに、成果の外部発表によるフィードバックの機会を設ける。

#### ・データ取引サービス体制の構築

データ取引エコシステムにおいて、“つながるものづくり”を可能とするために構築したサービス体制を維持し効果を発揮するために、データ取引を担うデバイスや業務アプリを提供する事業者、データそのものを提供する事業者なども含めて、データに関するトータルなサービス体制を目指す。2年目としては、データ取引のエコシステム展開を加速するために、エンドユーザーのみではなく、システムを提供する側も含めたステークホルダーにとってよりインセンティブが働くビジネス要件を整理し規約としてまとめる。

## ■海外展開に向けた市場調査と標準化対応

ビジネス展開における市場を、当初から国内のみでなく、海外の市場を含めて検討するために、海外の市場動向やニーズを調査し、早い段階から本プロジェクトの意義を訴求することを目的とし、ハノーバーメッセなどの海外の展示会やシンポジウムなどに積極的に参加する。また国際標準化の面では、同じ製造業のデータを対象とした IDS を提唱するドイツと、協調と競合の両面を意識しながら交流・情報収集に努め、普及と継続につなげる。

## ・CIOF 推進委員会の設置と開催による市場性の確保

推進委員会を設置し推進と普及のための活動を行う。特に、プロジェクト参加企業以外からの意見のヒアリングも実施しながら、他の規格類(セキュリティガイドライン NIST SP800-171 などを含む)との整合性/棲み分けなどについて議論し、サプライチェーン全体のデータ連携に活用できる仕組みとする。特に継続的な事業運営をするための条件整備をテーマとして議論する。

## ■プロジェクト総括と課題の整理

製造業オープン連携フレームワークとして、ものづくりを行う製造業が、これまで以上にデジタル技術を活用してつながることで得られるメリットを事例を通して明らかにするとともに、さらなる発展に向けて、そこで明らかになった課題を整理する。具体的な利用シーンや用途、CIOF 導入による便益等を整理し、CIOF を普及させるための戦略を立案する。

## 3-1-3-4-1-3. 研究開発の成果

### ・データ取引エコシステムの基本設計

#### 【成果(実施内容)】

データ取引という概念がまだ海外も含めて一般の企業に浸透していない中で、その基本的な構成とよび手順を明らかにし、仕様書としてまとめることができた。

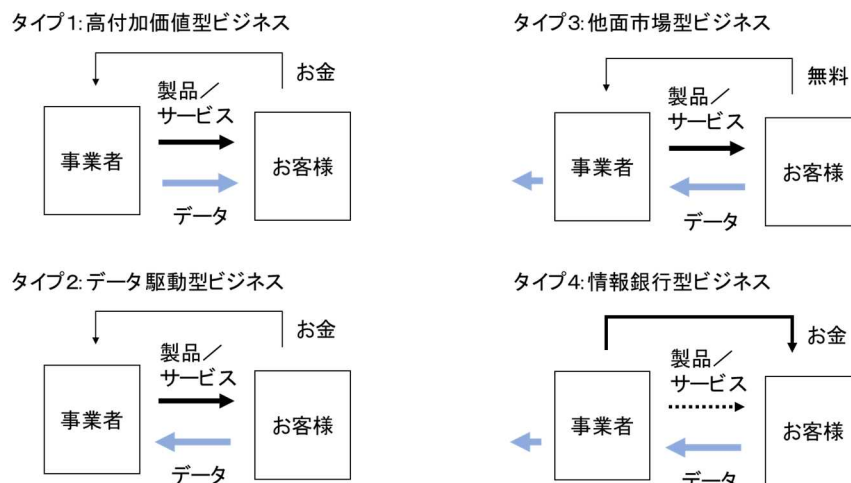
2019 年度は、データ取引契約として相手と合意した内容でデータの生成およびデータの利用を行うしくみを用いることで、従来の製造業のデータ流通がどのように変化し、どのようなステークホルダーによるビジネス・エコシステムが形成されるかをグランドデザインし、基本設計書としてまとめた。

2020 年度は、製造業オープン連携フレームワークとして、データ取引を実際に行うユーザー側の市場と、データ取引を行うそれぞれの工場に実装された IT ツール(デバイスやアプリ)提供者側の市場の2面を想定したエコシステムとして基本的な構成が確定した。データ取引のための法的な側面、あるいは契約ガイドライン等のソフトロー的な側面についても検討を行った。

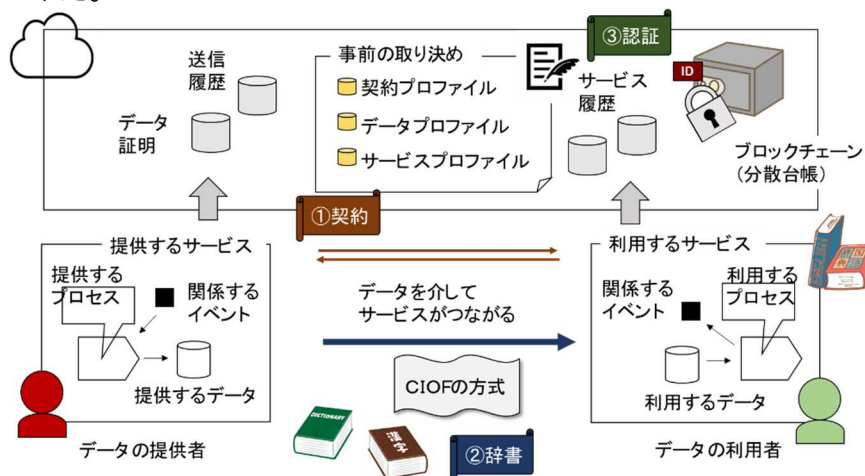
2021 年度は、製造業オープン連携プラットフォームがデータ取引のためのエコシステムのとして機能するための基本要件をまとめた基本設計書をもとに、海外プラットフォーマーのビジネ

スモデルも調査し、データオーナーシップ(データ主権)に配慮した海外のデータ流通のためのアーキテクチャーとの共通点、相違点をもとにアーキテクチャーを再考し、将来的な相互運用の可能性を検討した。

データ流通をターゲットとするビジネスモデルが注目されるなかで、それらの構造の特徴から以下の4つに分類し、本事業の成果を位置づけることができた。以下の図において、本事業は、タイプ1の高付加価値型のビジネス、あるいはタイプ2のデータ駆動型のビジネスに分類されると整理できた。これにより、製造業のデータを活用したビジネス展開の基本設計を行う上での指針を策定することが容易となった。



また、本事業における特徴を、以下の図に示すように、①契約、②辞書、そして③認証という3つのキーワードで説明することとし、データ取引のユースケースをより理解しやすい形でまとめることができた。これらの内容は、シンポジウム等での講演や雑誌のインタビュー記事などで照会されるとともに、実際に動作する具体的なシステムとあわせて示すことができた。これにより、データ取引による製造業のビジネスの展開シナリオを、より一般の企業においても展開するための道筋をつけた。



・ビジネスシステムアーキテクチャーの開発  
【成果(実施内容)】

データ取引による企業間のデータ流通のためのアーキテクチャーを設計し、国内および海外で発表した。内容は国際団体からも参照されるなど高い評価を得た。

2019年度は、連携ターミナルにより、各組織内部の個別の状況に対応するエッジ側と、インターネット側とのインターフェースに重点を置き、データ取引フレームワークとしてデータ取引による権利や義務、そして価値(通貨)の移動も想定したビジネスシステムアーキテクチャーの仕様書を公開した。

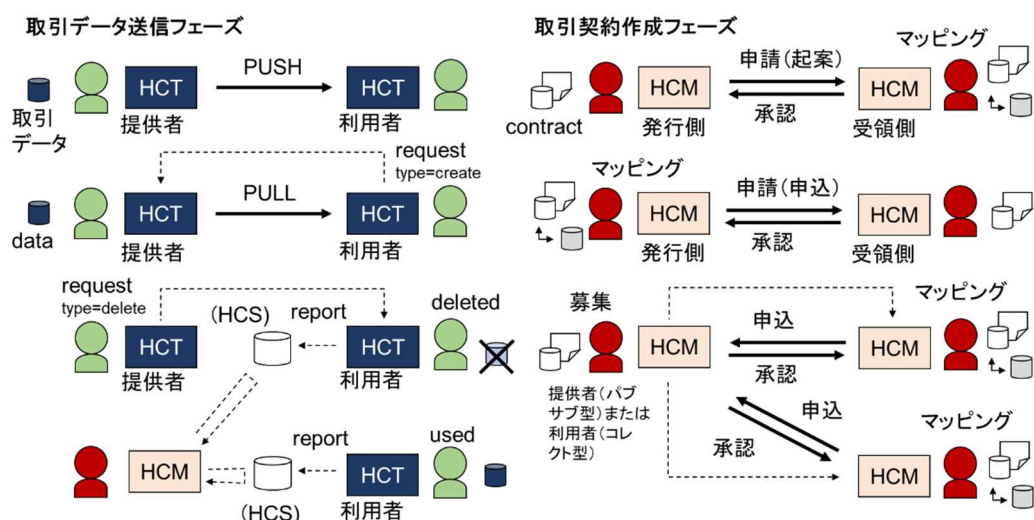
2020年度は、分散型のアーキテクチャーを実現するために、統括サーバ、辞書サーバ、連携サーバの構成とし、それらの実装のための設計を行った。実際に実証実験の中で、企業単位でIDを発行し、さらに個別のコントローラごとに認証を行うなど、実践的なシーンを前提とした動作検証も行った。

2021年度は、アーキテクチャーの展開として、辞書インデックスの自動生成ロジックの基本設計を行い、取引されるデータおよびデータを利用するサービスの意味(セマンティクス)を管理するための辞書サーバ上で、任意に登録された辞書コンテンツに対して、インデックス自動生成などの機能により、辞書メンテナンスの利便性を向上させた。

完成したドキュメントは以下となる。これらの成果物は普及に向けて公開していく。

名称	説明
CIOF システム操作手順書	CIOF システムを用いてデータ取引を行うための操作について解説する。操作方法とあわせて、重要な概念の解説も行います。CIOF を利用するユーザ企業の担当者が対象となる。
CIOF システム API 利用手順書	CIOF システムに接続するコントローラを開発する技術者を対象として、システム開発の手順と、そのために必要となる技術的な用語や構成について解説する。
CIOF システム API リファレンスマニュアル	CIOF 連携ターミナルに接続するコントローラの開発で必要となる API の仕様とその解説、および開発例などを示す。
CIOF システム SDK 利用手順書	CIOF コントローラおよびコントローラを介してデータ取引を行う業務アプリケーションソフトウェアを開発するための SDK の仕様を示し、利用方法についてもあわせて解説する。
CIOF コントローラ作成スタートアップガイド	CIOF システムに接続するコントローラを開発するために、ゼロからスタートする場合に、どのような手順で行うかについてガイドするための資料となる。

実際の企業間、工場間でのデータ流通は、以下のように、対象データの流通と、データ流通のための取引契約の作成のためのやりとりがある。本事業の結果、それらは以下の図に示すように、分類し整理することができた。



#### ・連携のための共通辞書コンテンツの開発

##### 【成果(実施内容)】

共通辞書としてプロジェクトメンバー各社からの登録に加え、IVI が 200 社以上のメンバー企業を対象とした PSLX 標準モデルを共通辞書化として登録し利用を開始した。

2019 年度は、データ取引を行う各現場単位の個別辞書を、コンソーシアムメンバーがもつ装置や業務アプリの実際のデータモデルを基に抽出し、標準辞書の基礎づくりを行うとともに、PSLX 標準辞書との連携を確認した。

2020 年度は、辞書サーバにおいて、共通辞書と個別辞書の定義をクラウド上で可能とするシステムを実装し、各メンバー企業による辞書定義を行うことでその有効性を確認した。各現場のことばである個別辞書および共通辞書を設定し整理するにあたって、IVI の共通辞書を設定し、それをもちいた個別辞書の定義が行えることも確認できた。

2021 年度は、データ取引を異なる企業の異なる現場間で行うのと合わせて、企業間や地域間、さらには国が異なる場合においても変換可能となるように、個別辞書および IVI 業務シナリオから抽出した。データ取引を行う各現場単位の個別辞書を、コンソーシアムメンバーがもつ装置や業務アプリの実際のデータモデルを基に抽出するのと合わせて、すでに標準辞書に関しては、海外の関連する標準も対象とし、連携可能性を具体化した。

共通辞書としては、以下に示す PSLX 共通辞書をまとめ利用可能とした。データ構成モデルとして、119 件、データ項目定義として 802 件となる。



データ構成モデル					データ項目						
データID	データ名	説明	辞書ヘッダ		項目ID	No	データID	項目名	説明	データ型	必須
10001	工場	生産を行う場所であり、拠点として一か所にまとまった単位	10001		10001	1	10001	工場ID	工場を識別する	主キー	TRUE
10002	作業区	工場のなかを機能や場所の観点から分けたもの。作業区単位で、生産	10001		10002	2	10001	工場名	工場を識別する	文字列	TRUE
10003	ワークシタ	作業区を構成する単位であり、生産管理の側面からすれば、作業指示	10001		10003	1	10002	作業区ID	作業区を識別する	主キー	TRUE
10004	倉庫	倉庫は製品や生産品目を保管する場所である。工場に属する場合とそ	10001		10004	2	10002	工場ID	工場を識別する	外部キー	FALSE
10005	製品	自社からみて顧客である得意先に販売する品目。製品は同時に生産品	10001		10005	3	10002	作業区名	作業区を識別する	文字列	TRUE
10006	製品仕様	製品がもつ機能や構造上の仕様。顧客はこの内容をみて製品の価値を	10001		10006	1	10003	ワークシタID	ワークシタを識別する	主キー	TRUE
10007	生産品目	生産の対象となるあらゆるものは生産品目として設定できる。生産品目	10001		10007	2	10003	作業区ID	作業区を識別する	外部キー	FALSE
10008	品目仕様	品目がもつ形状や特性やその他の機能などを表したものの、簡単な仕様	10001		10008	3	10003	工場ID	工場を識別する	外部キー	FALSE
10009	品目構成	生産品目間の親子関係を表したものの、親品目に対して子品目（構成品	10001		10009	4	10003	ワークシタ名	ワークシタの名称	文字列	TRUE
10010	仕様変更	製品仕様を変更する場合に、その内容と実績を設定したもの。現時点	10001		10010	1	10004	倉庫ID	倉庫を識別する	主キー	TRUE
10011	設計変更	生産品目の仕様の変更の依頼および実績を設定する。仕様変更が製	10001		10011	2	10004	工場ID	工場を識別する	外部キー	FALSE
10012	設計変更通知	設計変更の内容を該当部署に通知し、その対応を仰ぐためのもの	10001		10012	3	10004	倉庫名	倉庫の名称	文字列	TRUE
10013	生産手順	生産手順は、生産品目を生産するための複数ステップの1つを表現する	10001		10013	1	10005	製品ID	製品を識別する	主キー	TRUE
10014	生産工程	生産工程は、生産手順が実施すべき技術的な意味での工程である。	10001		10014	2	10005	生産品目ID	生産品目を識別する	外部キー	FALSE
10015	作業手順	作業手順は、ワークシタ内で作業者が作業を行う手順を表したもの。	10001		10015	3	10005	製品名	製品の名称	文字列	TRUE
10016	作業工程	作業工程は、作業手順の個々のステップを定義したもの。生産工程より	10001		10016	4	10005	製品図面	製品の図面または	外部キー	FALSE
10017	作業標準	作業標準は、あらかじめ該当する作業を標準的な形で定義したもの。要	10001		10017	1	10006	製品仕様ID	製品仕様を識別する	主キー	TRUE
10018	要素作業	要素作業は、生産を行ううえで作業の基本要素となっているもので、あら	10001		10018	2	10006	製品ID	製品を識別する	外部キー	TRUE
10019	分析構造	分析構造は、さまざまな分析を行う場合の分析項目をまとめたもの。この	10001		10019	3	10006	製品仕様名	製品仕様の名称	文字列	TRUE
10020	分析項目	分析項目は分析する際に明らかにすべき項目。この単位で分析基準に	10001		10020	4	10006	仕様値	仕様が数値で表す	数値	FALSE
10021	分析基準	分析項目に対する分析の基準。この基準によって、分析項目の内容を	10001		10021	5	10006	単位	値の単位	文字列	FALSE
10022	分析結果	分析項目に対応する分析結果。ひとつの分析項目に対して複数の結果	10001		10022	6	10006	摘要	仕様の内容	文字列	FALSE
10023	計測項目	センサ等で特定の値を継続的に計測する場合に、その項目を設定する	10001		10023	1	10007	生産品目ID	生産品目を識別する	主キー	TRUE
10024	計測結果	計測項目に対する計測結果。ひとつの計測項目に対して、時系列的に	10001		10024	2	10007	生産品目名	生産品目の名称	文字列	TRUE
10025	課題項目	生産管理や品質管理、設備管理などさまざまな活動であきらかになっ	10001								

## ・ビジネス・ユースケースの開発

### 【成果(実施内容)】

ビジネス・ユースケースとして、プロジェクトメンバー6社が5種類の実証実験を行い、データ取引パターンとしては10以上のシナリオにもとづき実証を行った。これらはIVI公開シンポジウムおよび海外のワークショップで発表し専門誌や雑誌等でも取り上げられた。

2019年度は、加工技術に関するデータ取引、品質保証に関するデータ取引、中小企業のためのデータ取引、そしてAI活用のためのデータ取引について、それぞれリアルな実施例として実証実験ができるよう環境を整え支援した。

2020年度は、4つのビジネス・ユースケースのカテゴリを、各メンバー企業のそれぞれの問題意識や想定する利用シーンに応じて展開し、より実践的なユースケースとして実証実験を行った。そこで得られたユースケースは、IVI公開シンポジウムにて発表し高い評価を得た。

2021年度は、データ取引による業務連携がより効果を得るための手法の開発を議論し、ビジネス・ユースケースの効果検証を支援した。具体的には、コンソーシアムメンバーおよびIVI活動内部で実施したデータ取引関連のビジネス・ユースケースの実証実験およびその効果検証において、一定の枠組みを設定することでその活動を支援するとともに、成果の外部発表によるフィードバックの機会を設けた。

カテゴリ	説明
製造ノウハウを含むデータの知財管理	加工に関するノウハウやNCプログラムなど、営業秘密として価値が高い情報をデータとして外部の取引先と共有する場合には、技術漏洩のリスクがある。知財としてのデータの送信先において、データの保存、修正、削除を、CIOFが取引契約にもとづき監視し、かつ利用の実績を必要に応じて照会することで、取引先との高い信頼関係に裏付けられた生産プロセスの共有を可能とする。
品質データ管理によ	高度な品質管理では、工程内のさまざまな箇所で適切な検査

<p>る高付加価値経営</p>	<p>が要求される。こうした検査結果をデータ化し、CIOFにより関連する複数拠点で共有し、問題発見に活用することで、適正な品質管理を現場サイドと経営サイドが一体となって管理できるしくみとする。また、ブロックチェーン技術を利用して、品質データの正当性を保証し、高品質を強みとして製造業を高付加価値化する。</p>
<p>つながる中小製造業の競争力強化問題</p>	<p>生産プロセスの一部を担う中小製造業は、比較的規模が小さく、現場のオペレーションと経営とが一体である場合が多い。注文内容や在庫、出荷品の検収などのデータを、取引先と共有する場合に、中小企業が不利な立場とならないように CIOF によって管理することで、中小企業の管理レベルの向上と経営力向上につなげ、同時に発注側であるメーカーの生産性向上にもつなげる。</p>
<p>AI によるエッジデータ収集と価値の共有</p>	<p>設備から得られる膨大なデータを、AI を用いて価値あるデータとするには、生産管理や品質管理などのデータと関連づけて学習させる必要がある。現場のデータをクラウド上に置くことには抵抗があるなかで、CIOF により、エッジサイドで分散管理された一次データを、AI による学習モデルに応じて収集し、それによって得られた成果を契約にもとづき共有する。</p>

#### ・データ取引サービス体制の構築

##### 【成果(実施内容)】

CIOF サービスをユーザー企業が開始するにあたって必要となる手順書をまとめ公開した。また、コンポーネントを開発する企業向けの開発キットや技術ドキュメントも手順書としてまとめ利便性を高めた。

2019 年度は、データ取引サービスを、モデリングフェーズ、インテグレーションフェーズ、取引契約フェーズ、取引実施フェーズ、そして取引確認フェーズに分け、業務オペレーションレベルでのサービス体制をシステム化し、サービス運用マニュアル化した。

2020 年度は、プロジェクト運用において、システム提供者側へのサービスモデルとして、CIOF 基盤利用におけるサポート窓口を想定した掲示板を設定し、メンバー企業によって利用することでその運用ノウハウの蓄積を開始した。また、セキュリティについて、NIST SP800-171 に関するドキュメントを精査し、準拠できる内容について検討を行った。

NIST SP800-171 のキーポイントは、非格付け情報 CUI のセキュリティ保護である。CIOF は、産業データの流通を目的としており、流通対象の産業データは、CUI のように、セキュリティ保護される対象である。従って、NIST SP800-171 における CUI を、CIOF の想定する、流通する産業データと読み替え、契約プロファイル、データプロファイル、サービスプロファイルや、その取引により取引されるデータ群を、CUI と定義する事とした。この方針にもとづき、

3.4.1 考慮すべき主要なセキュリティ要件を設定し、対策を実施した。

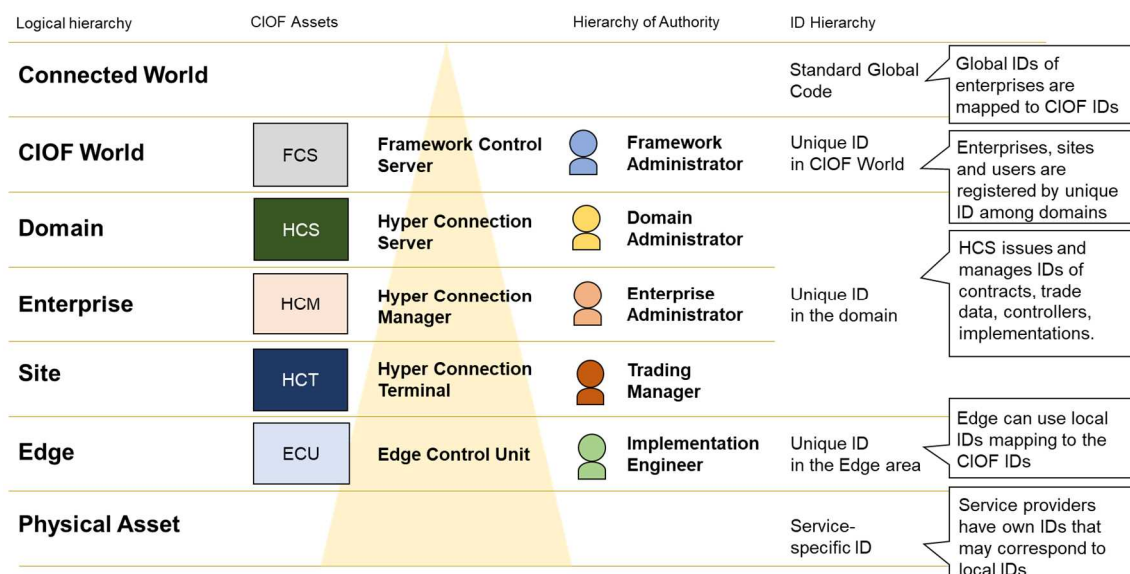
・海外展開に向けた市場調査と標準化対応

【成果(実施内容)】

海外発表を行いその資料を公開した。また、CIOF の紹介記事を投稿し、外部の団体が発行するホワイトペーパーの中で公開された。

2021 年度は、ビジネス展開における市場を、当初から国内のみでなく、海外の市場を含めて検討するために、海外の市場動向やニーズを調査し、早い段階から本プロジェクトの意義を訴求することを目的とし、海外の展示会やシンポジウムなどに積極的に参加した。また国際標準化の面では、同じ製造業のデータを対象とした IDS を提唱するドイツと、協調と競合の両面を意識しながら交流・情報収集に努め、普及と継続につなげた。

具体的には、IIC (Industry IoT Consortium)、および GIO (Global Industry Organizations) という国際的な2つの団体が発行する報告書およびホワイトペーパーにて CIOF の紹介が 10 ページ以上にわたって掲載された。これにより、海外展開へ向けた準備が整い、同時にこの分野における標準化の一部をリードすることも可能となった。以下は、CIOF が提案した階層モデルである。



・プロジェクト総括と課題の整理

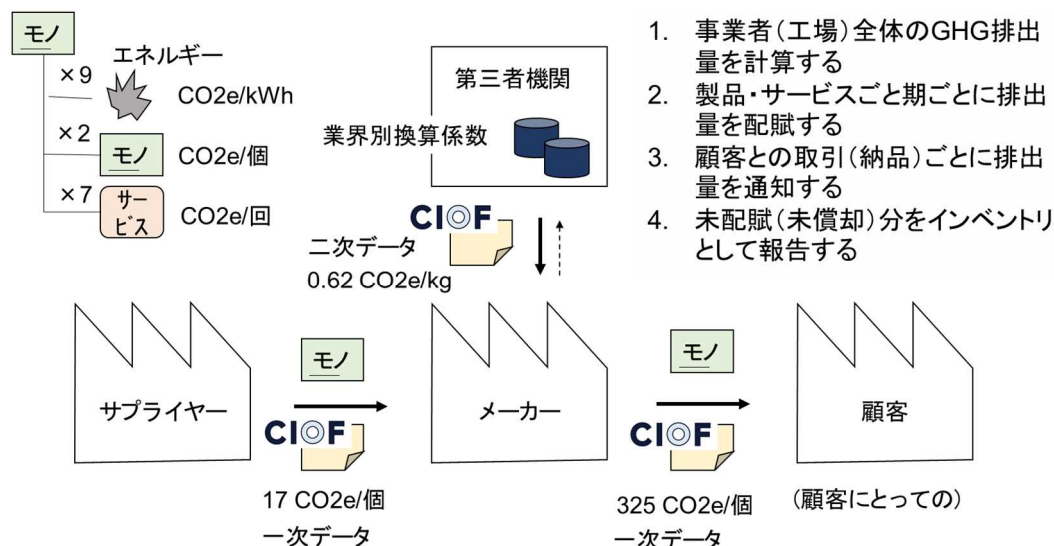
【成果(実施内容)】

CIOF の事業展開として、中小企業が利用し普及するための方策として、サービスメニューを整備し、さらに利用価格などについてまとめた。2022 年 4 月以降のサポート体制についても方針を定め、実行可能性を高めた。

2021 年度は、製造業オープン連携フレームワークとして、ものづくりを行う製造業が、これまで以上にデジタル技術を活用してつながることで得られるメリットを事例を通して明らかにする

ともに、さらなる発展に向けて、そこで明らかになった課題を整理する。具体的な利用シーンや用途、CIOF 導入による便益等を整理し、CIOF を普及させるための戦略を立案した。

CIOF を普及させるための新たな利用シーンとして、カーボンニュートラルへの対応が挙げられる。具体的には、以下の図に示すように、企業間でスコープ3、カテゴリ1の数値指標をCIOF で交換することで、2050 年の実現へ向けての具体的かつ実効性のある取組に展開できると予想した。



上記のとおり、本研究開発において、計画した内容を実施し、予定した成果をあげることができた。事業成果の総括および結論として、製造業におけるデータ流通を促進するためのフレームワークである CIOF の開発を行い、実証実験を通してその有効性を確認できたといえる。具体的には、本事業で提案したアーキテクチャーが、分散環境におけるデータ流通の実装例として機能し、複数の拠点間で契約行為を前提としたデータ送信が有効であることを4つのカテゴリからなるシナリオによって示した。この成果は、2022 年春の時点では、国内では初めてのものである。海外では、たとえば欧州では、GAIA-X 等の取り組みがあるが、具体的な実装事例としての報告は多くない。

今後の課題は普及のスピードにある。データがこれからの経済活動において必須となることは疑う余地がなく、欧州でもデータ法が 2022 年 2 月に公布され、産業データを基軸としたビジネスのインフラが進められているが、我が国におけるこの問題に関する関心は低く、普及へむけての社会的な意識の変化は極端に遅れている。企業におけるデジタルトランスフォーメーション(DX)の認識が、効率化などの既存の議論に終始せず、データの企業間での流通によるあらたなビジネスモデルの構築に向かうように、今後もさらに意識改革を図っていく必要がある。

#### ■研究発表・講演(口頭発表も含む)

- ・西岡 靖之、「企業間データ流通の基本 OS としての CIOF」、CIOF 実践セミナー2020、2020/10/1

- ・西岡 靖之、「CIOF アーキテクチャ概要とシステム実装手順」、CIOF 実践セミナー2020、2020/10/1
- ・渡部 裕二、「企業間オープン連携フレームワーク事業紹介」、IVI 公開シンポジウム 2021-Spring-、2021/3/11
- ・渡部 裕二 ほか、「企業間オープン連携フレームワーク(CIOF)実用版～ものづくりのSNS、はじまる！～(デモあり)」、IVI 公開シンポジウム 2021-Autumn-、2021/10/7

### 3-2-3-4-2. 加工データの拠点間流通と利活用(実施先:DMG 森精機株式会社)

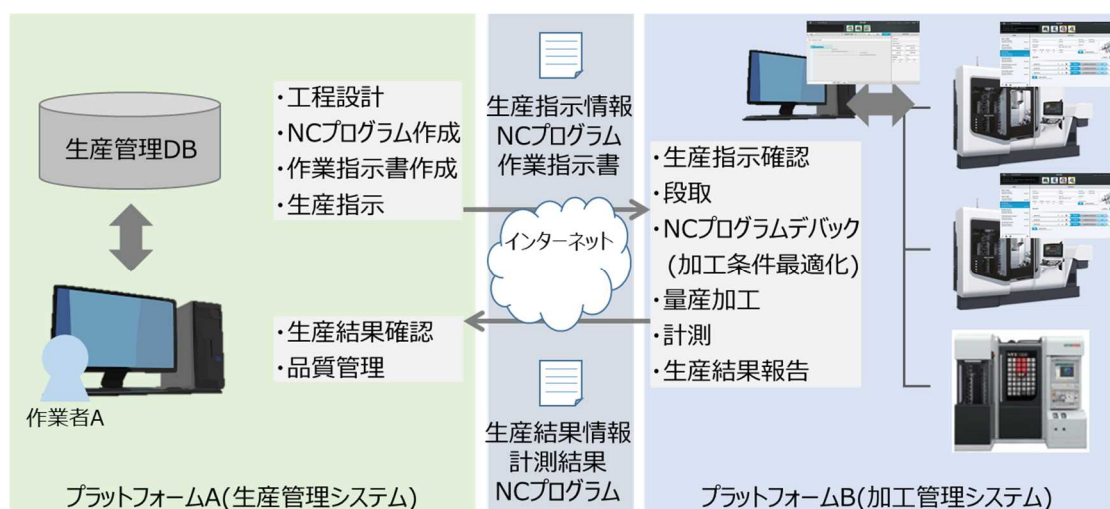
#### 3-2-3-4-2-1. 研究開発の概要と実施計画

当社では、一般社団法人インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ(IVI)主幹の製造業オープン連携フレームワーク(Connected Industries Open Framework、CIOF)によるシステム開発環境提供事業(個々の製造プラットフォーム間をオープンで共通的な枠組みによってつなぐことによる、製造業の生産現場に存在するさまざまな価値あるデータの利活用の推進)で課題とされている複数のユースケースのうち、「製造ノウハウを含むデータの知財管理」に着目した加工データの拠点間流通と利活用に関して、次の2点を有した仕組みを開発した。

- ・生産管理にとって資産である加工データを他の地域にある加工現場へ提供する場合、拠点間で結ばれた契約に基づいてデータを加工現場に残さず、適切に削除できる
- ・生産管理が発注する際、加工現場の機械状況等を把握できる

なお、拠点間流通にあたっては次の2つのプラットフォームを設定し、双方でデータ連携を行うことを想定している。

- ・「生産管理システム」:加工製品の生産計画や各種加工データを統括するシステム
- ・「加工管理システム」:生産管理からの発注を受け、加工を実施するシステム



開発されたシステムの概要図

また、NEDO プロジェクト以前には生産管理が発する生産指示を加工現場で受信する仕組み、生産管理から発された生産指示を以て加工現場で加工を行った後、作業結果を生産管理に報告する仕組みの開発を完了しており、今回のプロジェクトではさらに実情に近い仕組みへと発展させることを目指した。つまり以下の2点の開発である。

- ・生産管理と加工現場にある単体機との間で、必要となる加工に関するデータの拡充
  - ・生産現場と加工現場にある複数機との間でデータがやりとりできる仕組みへの発展
- さらにはこの仕組みが適用可能な当社機の対象範囲を広げ、すべての当社機とデータ連携を可能にさせることも目標の一つとし、様々な企業の実例に即した汎用的なシステムとなるよう演繹的に研究開発を行っていった。

### 3-2-3-4-2-2. 研究開発の内容と目標

- ・生産管理と加工現場にある単体機の間での加工データ送受信機能の開発

#### 【研究開発の内容(研究開発課題)】

生産管理と加工現場にある機械(単体機)との間で、加工指示から加工完了までの流れにおいてやりとりされる情報全て(ただし、計測に関する情報のやりとりは2021年度の開発対象とする)がやりとりできる仕組みを開発する。また、開発された仕組みが、特定の企業のシナリオに即していることを確認する。具体的には以下の通り。

1.1 ジョブ(加工指示やNCプログラム等の加工に必要なデータを纏めたDMG森精機独自のフォーマット)やNCプログラム等の加工データを生産管理から加工現場にある単体機へ発信し、加工の実施後に加工現場から生産管理へ生産結果を返却する仕組み

生産管理が加工を発注する際、加工現場にある機械の情報を把握した上で生産指示を出せるようにする仕組み、工程設計、NCプログラム、作業指示書データを生産管理から加工現場へ適切に送信させ、加工実施後に生産管理から生産結果へ返却される仕組みを開発する。

発注時に生産管理が把握すべき情報は以下とする。

- ・発注時点で加工現場にある単体機がどのような状況にあるか
- ・どのようなスケジュールで加工指示を出すことができるか

1.2 生産管理から受信した加工データを、加工後に加工現場から削除する仕組み

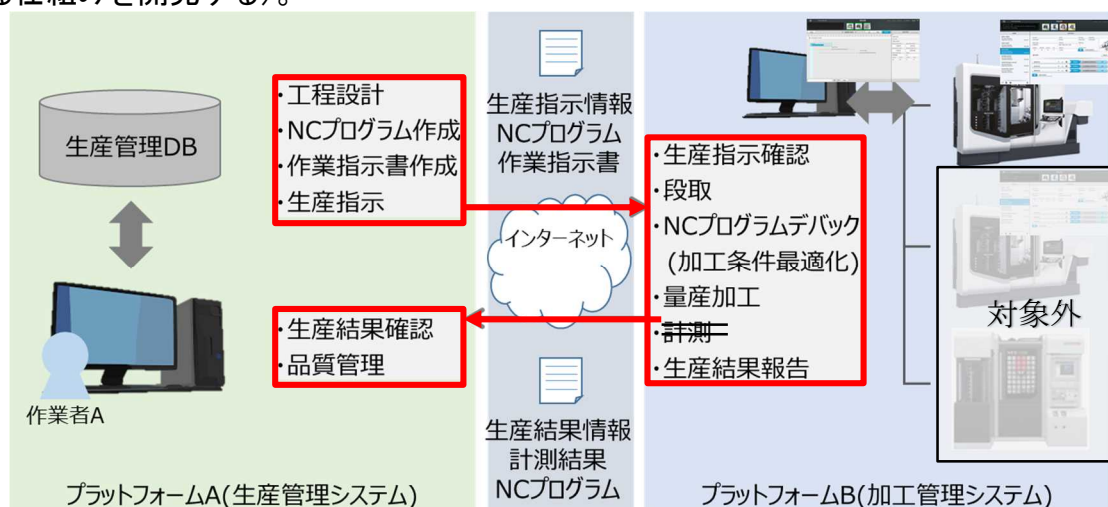
加工現場が生産管理から受信した加工データを、加工を終えて生産管理に結果を返却した後に加工現場から削除される仕組みを開発する。

1.3 特定の企業での実証実験

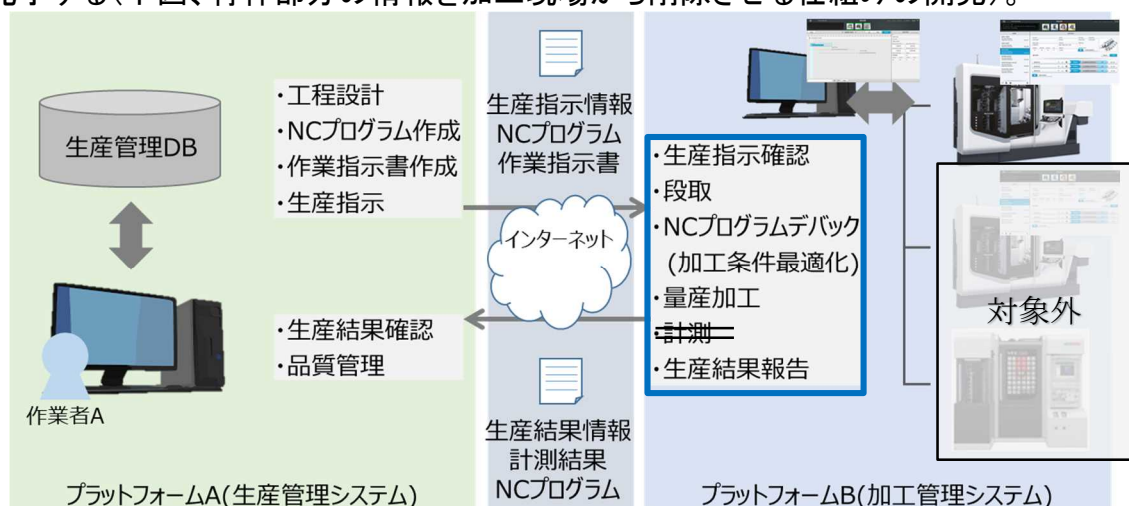
1.1、1.2で開発された仕組みに関する実証実験を行い、実用的であることを確認する。

#### 【目標】

- (1) ジョブ(加工指示)や NC プログラム等の加工データを生産管理から加工現場にある単体機へ発信し、加工を実施した後に生産管理へ生産結果を返却する仕組みの開発を完了する(下図、赤枠の情報が生産管理から加工現場の単体機へと矢印の方向に送られる仕組みを開発する)。



- (2) 生産管理から受信した加工データを、加工後に加工現場から削除する仕組みの開発を完了する(下図、青枠部分の情報を加工現場から削除させる仕組みの開発)。



- (3) ユーザー企業での実証実験を実施し、ジョブ(加工指示)や NC プログラム等の加工データを生産管理から加工現場にある単体機へ発信し、加工を実施した後に生産管理へ生産結果を返却する仕組み(1-1)、生産管理から受信した加工データを、加工後に加工現場から削除する仕組み(1-2)が開発できたことを確認する。

・生産管理と加工現場にある複数機の間での加工データ送受信機能の開発  
【研究開発の内容(研究開発課題)】

2019年度の成果を基に、対象を単体機から複数機に発展させ、実情により近い仕組みとする。具体的には以下の通り。

## 2.1 工程設計・スケジュールを管理する機能の開発

1.1 で開発された、単体機の情報が発注時に生産管理が把握できる仕組みを発展させ、加工現場にある複数機の情報把握・管理できる仕組みにする。

発注時に生産管理が把握すべき情報は以下とする。

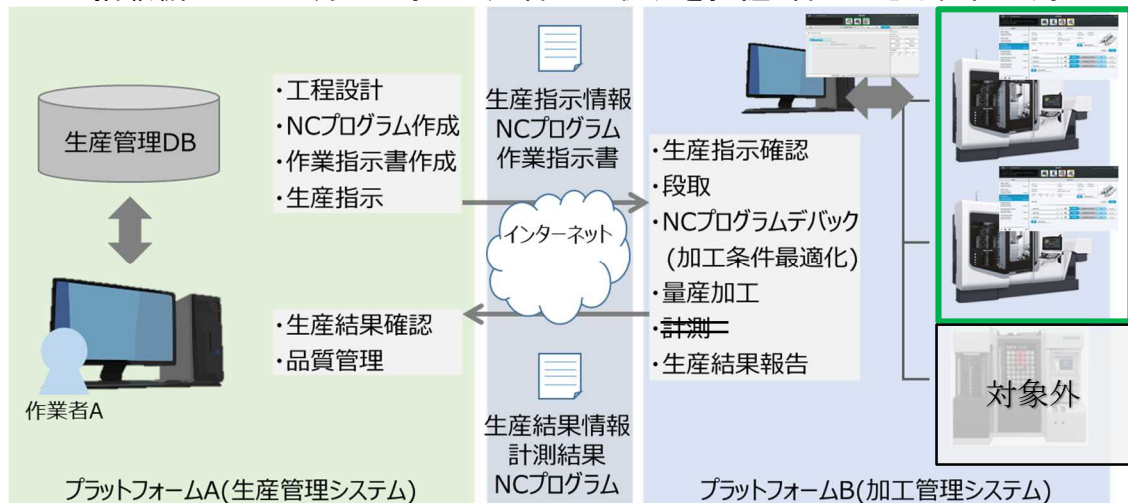
- ・発注時点で加工現場にある複数の機械がそれぞれどのような状況にあるか
- ・どのようなスケジュールで加工指示を出すことができるか

## 2.2 社内での実証実験

2.1 で開発された仕組みに関する実証実験を社内実施し、実用性を確認する。

### 【目標】

- (1) 工程設計・スケジュールを管理する機能の開発を完了する(下図、緑枠にある複数の CELOS 搭載機について、発注時に生産管理が状況を把握・管理できる仕組み)。



- (2) 社内での実証実験を実施し、生産管理と加工現場にある複数機の間での加工データ送受信機能が開発できたことを確認する。

・汎用化に向けた開発

### 【研究開発の内容(研究開発課題)】

2019年度、2020年度の成果を基に、様々なユーザー企業が個別に有する多様な状況に適用しうる、汎用的なシステムの開発を行う。具体的には以下の通り。

## 3.1 工程設計・スケジュールを管理する機能の開発

2.1 で開発された、加工現場にある複数機の情報把握・管理できる仕組みを発展させ、以下の性質を備えた汎用的なシステムにする。

- ・生産管理が加工現場にある CELOS(当社の加工機に搭載されている最新オペレーティングシステム)を搭載しない工作機(以下、Non CELOS-machine)を含む複数機へ、NCプログラムの発信・取得・削除ができる仕組み。



なお、Non CELOS-machine は当社が CELOS 開発以前から製造/販売していた既設機を対象とする。

- ・生産管理が加工現場にある複数機の計測結果データを取得・管理できる仕組み。計測結果としては机上計測機能にて出力される計測結果ファイルを想定しており、ジョブのデータ取得機能と合わせて動作する。
- ・生産管理が機械側の利用履歴を管理・閲覧可能とする仕組み。これは CIOF の連携マネージャを使用することで閲覧を可能とする。

### 3.2 複数企業での実証実験

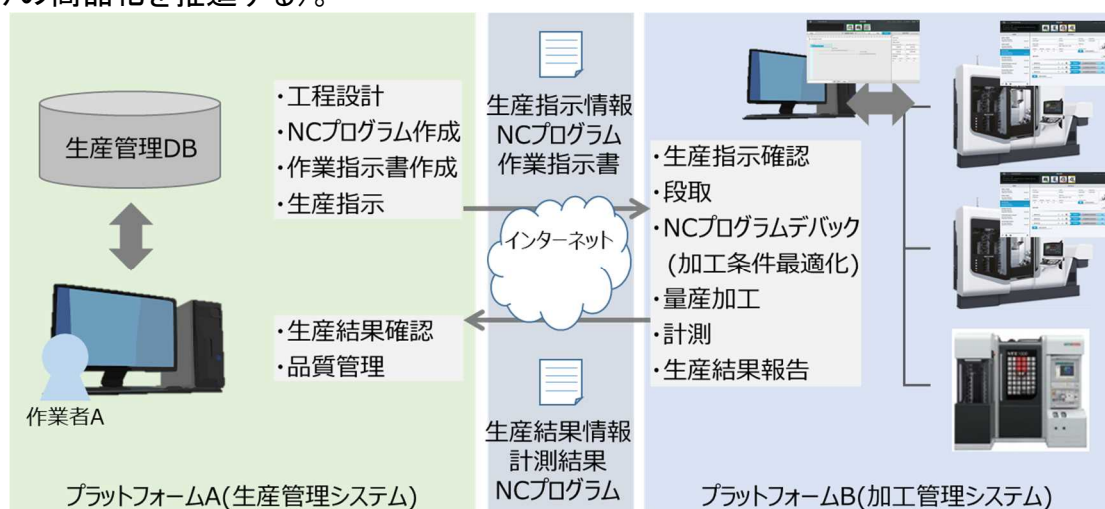
3.1 で開発された仕組みに関する実証実験を実施し、実用性を確認する。

### 3.3 CIOF 導入の整理

当社で開発したシステムにおける CIOF の具体的な利用シーンや用途、CIOF 導入による便益等を整理する。

#### 【目標】

- (1) 計測に関する情報をやり取りする仕組みを開発した上で、Non CELOS-machine も含めたすべての当社機に対応しうる、汎用化されたシステムの開発を完了する(下図の仕組みの商品化を推進する)。



- (2) 複数企業での実証実験を実施し、汎用化されたシステムが開発できたことを確認する。

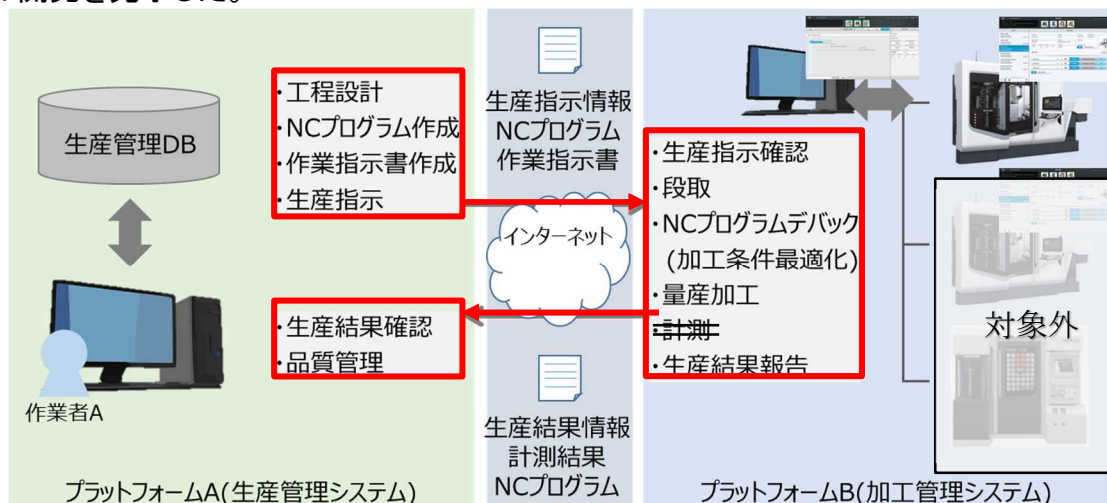
- (3) 当社で開発したシステムにおける CIOF の具体的な利用シーンや用途、CIOF 導入による便益等が整理できたことを確認する。

#### 3-2-3-4-2-3. 研究開発の成果

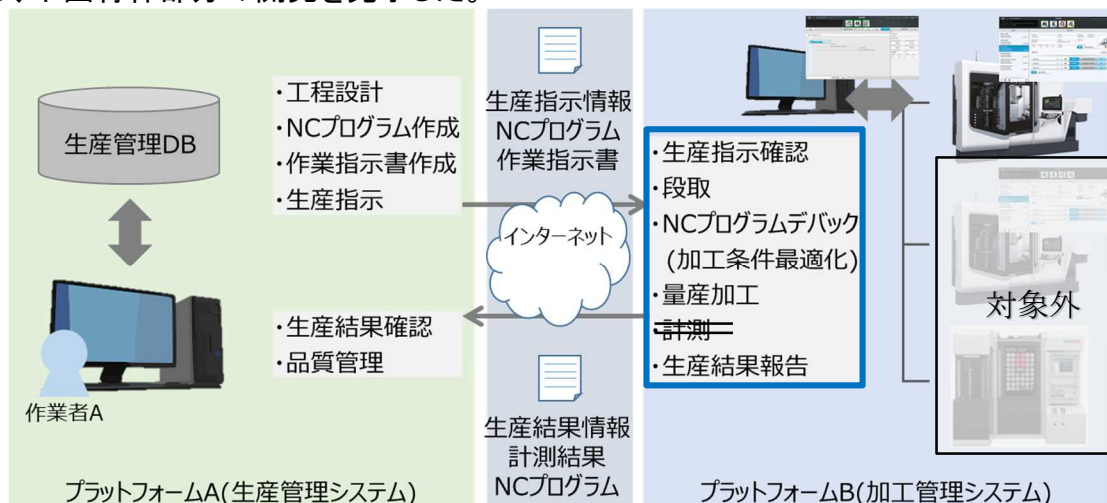
COVID-19の影響により他社を交えた実証実験の実施が難しく、自社での実験に切り替えたものの、加工データの拠点間流通の仕組みは計画通りに完了した。

・2019年度の成果

- (1) ジョブやNCプログラム等の加工データを生産管理から加工現場にある単体機へ発信し、加工を実施した後に生産管理へ生産結果を返却する仕組みを開発し、下図赤枠部分の開発を完了した。

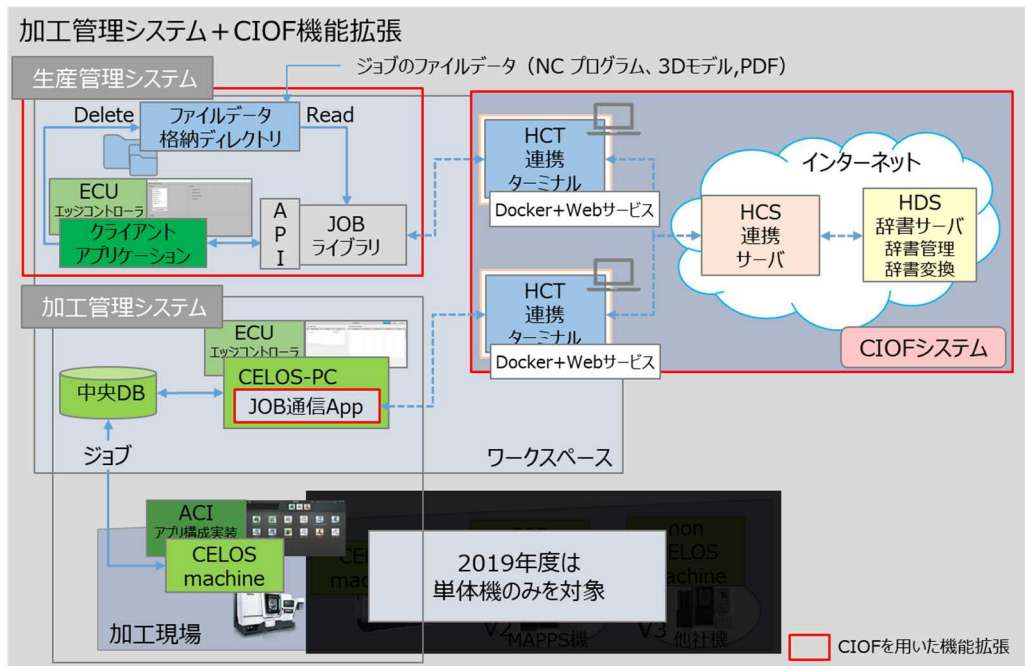


- (2) 生産管理から受信した加工データを、加工後に加工現場から削除する仕組みを開発し、下図青枠部分の開発を完了した。



- (3) 社内での実証実験を実施し、ジョブやNCプログラム等の加工データを生産管理から加工現場にある単体機へ発信し、加工を実施した後に生産管理へ生産結果を返却する仕組み(1-1)、生産管理から受信した加工データを、加工後に加工現場から削除する仕組み(1-2)が開発できたことを確認する。

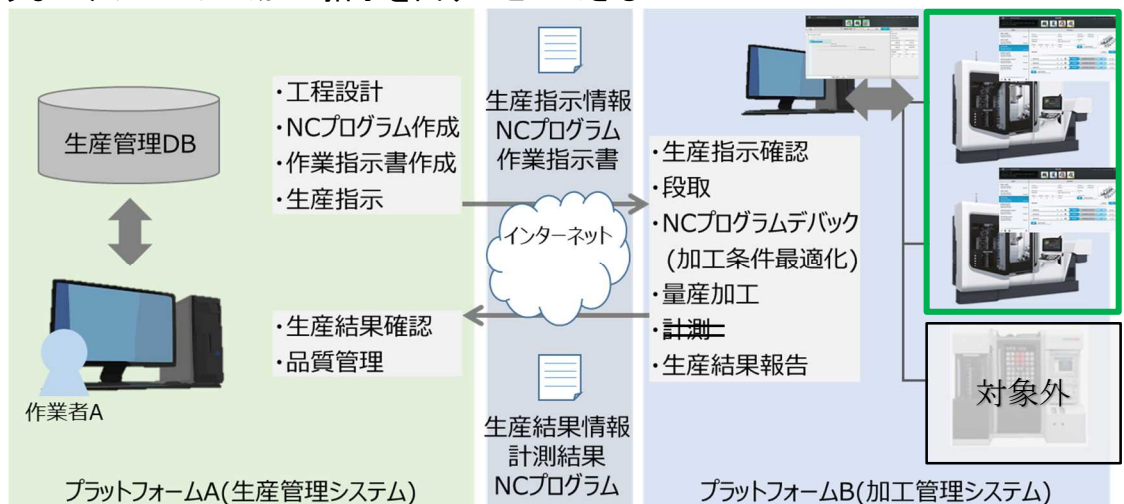
なお、2019年度に開発完了したシステム構成図は下図の通り。



## ・2020 年度の成果

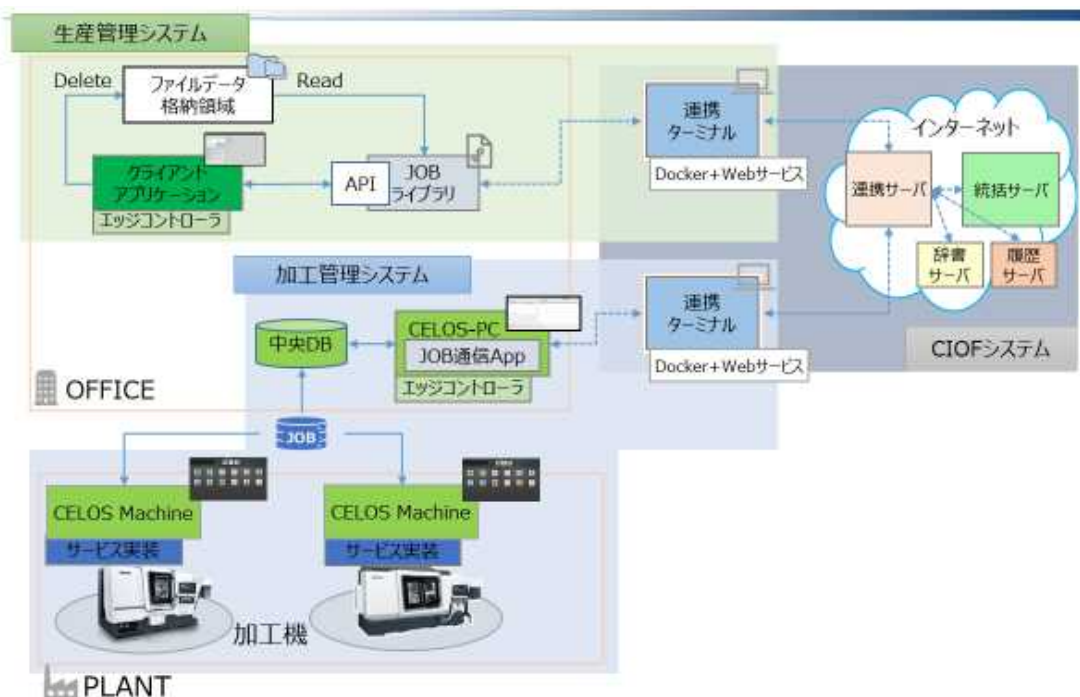
(1) 工程設計・スケジュールを管理する機能の開発を完了した。下図緑枠部分にある複数の CELOS 搭載機について、発注時に生産管理が状況を把握・管理できるよう、以下の項目に取り組んだ。

- ・ジョブを生産管理から加工現場にある複数機へ発信する仕組み
- ・生産管理から受信したジョブを、加工後に加工現場から削除する仕組み
- ・生産管理が加工現場にある複数機の実績を確認する仕組み
- ・生産管理が加工現場にある複数機の状態を把握・管理できる仕組み
- 発注時点で加工現場にある複数の機械がそれぞれどのような状況にあるか
- どのようなスケジュールで加工指示を出すことができるか



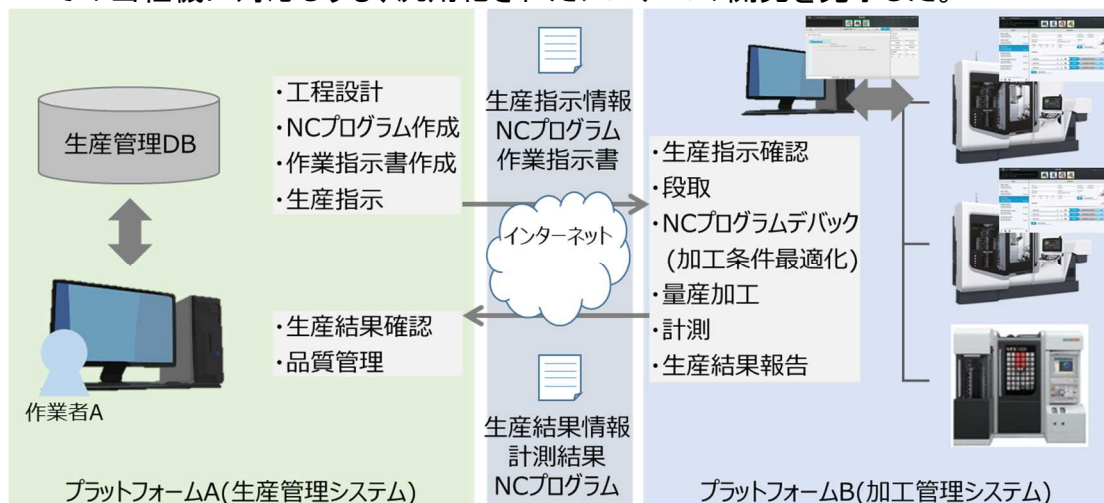
(2) 社内での実証実験を実施し、生産管理と加工現場にある複数機の間での加工データ送受信機能が開発できたことを確認した。

なお、2020 年度に開発完了したシステム構成図を以下に示す。加工管理システムにインターフェースを設け、外部プラットフォームと連携したシステム化案件に対応できるようにし、また、「生産管理システム」「加工管理システム」間のデータ連携を複数機で実現した。なお、インターネットを超えたプラットフォーム間のデータ流通に対しては「CIOF システム」と連携することで、より効率的な開発を実現している。



・2021 年度の成果

(1) 計測に関する情報をやり取りする仕組みを開発した上で、Non CELOS-machine を含むすべての当社機に対応しうる、汎用化されたシステムの開発を完了した。



具体的には、Non CELOS-machine との加工データ連携機能、計測結果データの連携機能の開発を目標として以下の項目に取り組んだ。

- ・生産管理が加工現場にある複数機の Non CELOS-machine へ NC プログラムの発信・取得・削除ができる仕組み。
- ・生産管理が加工現場にある複数機の計測結果データを取得・管理できる仕組み。計測結果としては机上計測機能にて出力される計測結果ファイルを想定とする。ジョブのデータ取得機能と合わせて動作する。

(2) COVID-19 の影響により複数企業との実証実験はできなかったものの、社内生産管理システム(クライアント)と加工管理システム(サーバ)の 2 拠点間でのジョブ生成並びに削除におけるデータ流通の実験を行った。

本実証実験でターゲットとなったのは、CIOF の仕組みによってデータの流通先を拠点間で締結した契約内容に限定すること、そしてデータの登録/照会/削除といった利用を監視し、不正利用を防ぐことである。また、生産管理に対して発注時などの加工現場の機械状況等を把握できる仕組みとなることも目指す。

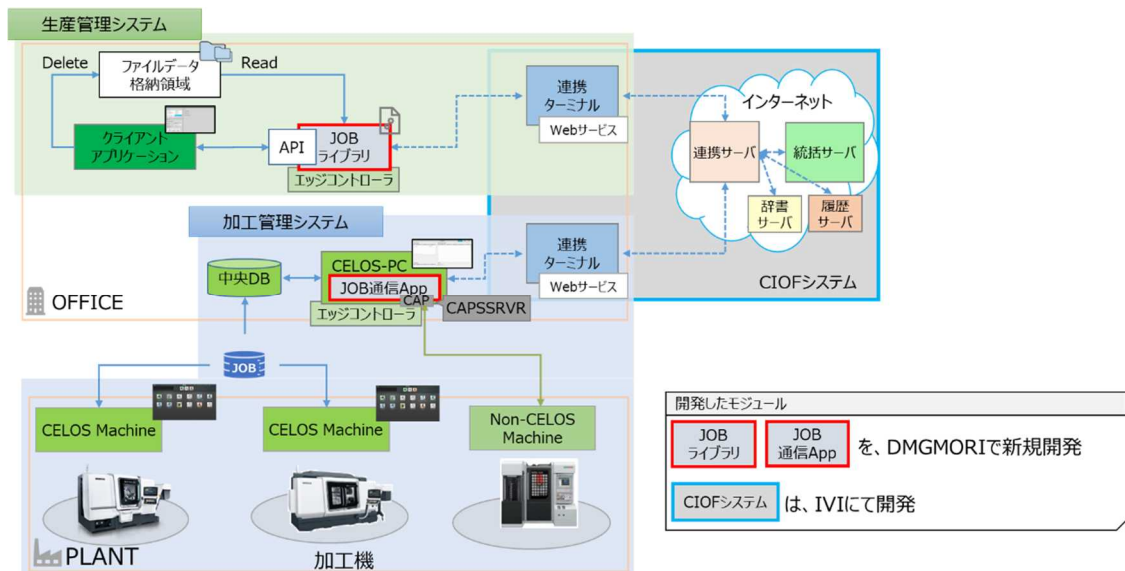
データ流通の実験において、加工現場にある複数機のジョブデータを取得し現在のスケジュール状況を把握できること確認した。ジョブ生成では、スケジュールに空きがある機械と加工に必要なデータをクライアントから送信し、サーバで受信・検査してジョブとして登録、登録の成否とデータの検査結果をクライアントへ返すまでの流れを実証した。そして、ジョブ削除では、クライアントから送信される削除対象の機械と加工データの ID をサーバで受信・検査して対象のジョブを削除、削除の結果をクライアントへ返すまでの流れを実証した。

以上の実験を通じて、汎用化されたシステムが開発できたことを確認した。

ただし、当初の計画としていた複数企業との実証実験は遂行できなかったため、助成期間終了後の課題とする。

(3) IMI 主催で行われる月次の CIOF プロジェクト会議並びに CIOF 推進普及委員会を通じて、CIOF 導入による便益の整理を実施した。

なお、2021 年度に開発完了したシステム構成図を以下に示す。JOB ライブラリと JOB 通信アプリケーションの新規開発を通じ、「生産管理システム」「加工管理システム」間のデータ連携を Non CELOS-machine を含む複数機で実現した。



### 3-2-3-4-3. 製造業オープン連携フレームワークによるデータ取引ビジネスモデル開発事業(実施先:三菱電機株式会社)

#### 3-2-3-4-3-1. 研究開発の概要と実施計画

三菱電機の研究開発については、カテゴリ3 中小企業のためのデータ取引ビジネスモデルの開発(データ取引のためのエッジコントローラー構築支援ツール開発)を選択し、エンジニアリングフェーズでのシステム構築を容易とすることを目的とし下記を開発する。また、事業概要を「図 事業概要」に示す。

- ① エンジニアリングフェーズ: IVI モデラーのプロジェクト情報からランタイム環境の構成情報を生成するソフトウェア(開発環境)のプロトタイプ
- ② ランタイムフェーズ: 開発環境で生成された構成情報に従いシステム立上げ/稼働管理を行う管理機構のプロトタイプ
- ③ ライブラリ: CIOF 通信などを支援するソフトウェア群のプロトタイプ

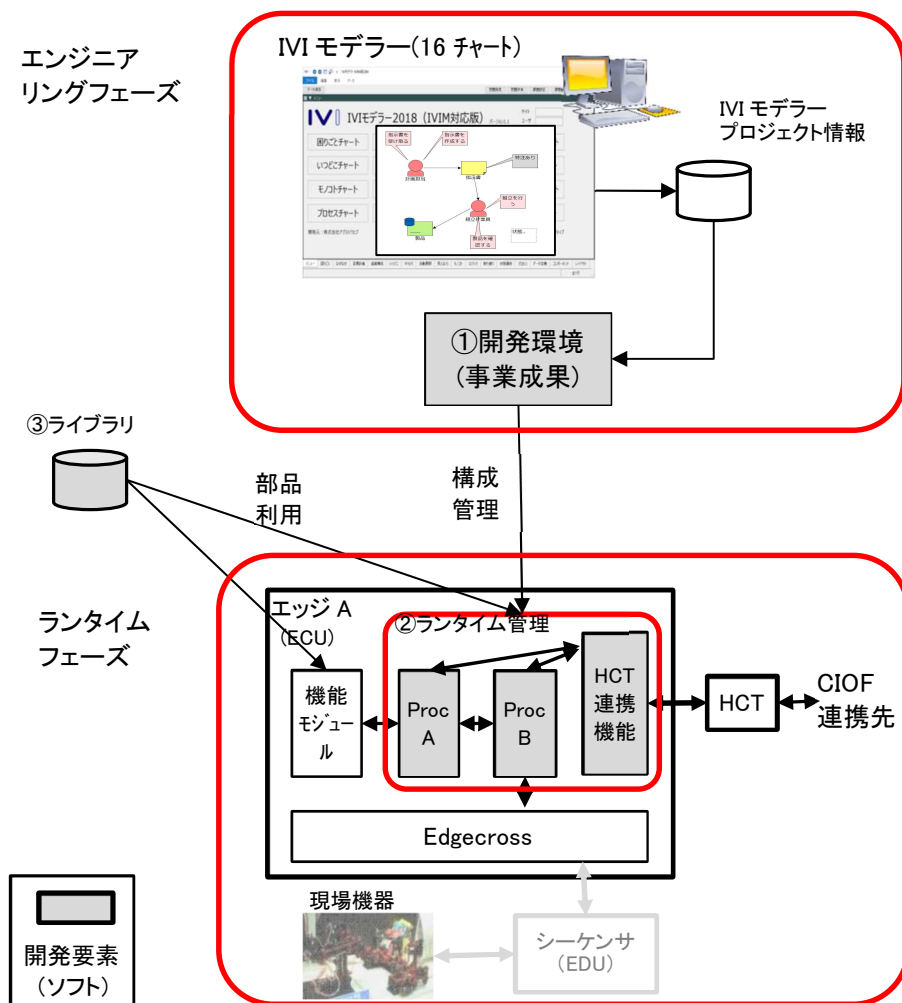


図 3-4-1 事業概要

【2019 年度実施計画】プロトタイプ試作と評価

エンジニアリング環境「ソフトウェア開発キット (SDK)」の基礎技術の有効性実証のためのプロトタイプを構築する。また、中小企業のためのデータ取引ビジネスモデルを対象として実証を行い、その有効性を確認する。

【2020 年度実施計画】第二次試作と評価

2019 年度に開発した基礎技術実証のための SDK プロトタイプに関して、2019 年度の評価により判明した点を改修し、実運用のための SDK プロトタイプを開発する。さらに、改修された部分の効果を実証するため、再び、中小企業のためのデータ取引ビジネスモデルを対象として実証を行う。

【2021 年度実施計画】実環境評価

実運用のための SDK プロトタイプの評価で不足しているとされた安定性や機能等の充実に目指して改修する。また、CIOF メンバー以外の第三者のプロジェクトに於いて、実工場に適用し、その効果を確認する。

3-2-3-4-3-2. 研究開発の内容と目標

#### 【2019 年度開発内容】

プロトタイプ試作として、エンジニアリング環境「ソフトウェア開発キット」と CIOF 通信機能の基礎技術の検証のためのプロトタイプを構築。

エンジニアリング環境「ソフトウェア開発キット」の開発としては、IVI モデラーによりシステム設計を行うことにより Edgecross 上でシステム稼働が可能となることを目指し、そのエンジニアリングシステムの基礎技術を開発。

また、CIOF 通信機能関連基礎技術としては、実証実験システムに必須である CIOF の PUSH、PULL への対応機能を開発。

#### 【2020 年度開発内容】

2019 年度に確立した基礎技術を応用し、エンジニアリング環境「ソフトウェア開発キット」と CIOF 通信機能の有効性実証のためのプロトタイプを構築。

エンジニアリング環境「ソフトウェア開発キット」の開発としては、システム構築負荷の軽減の為に、IVI モデラーによるシステム構築の際に個別辞書を活用可能とする機能の基礎技術を開発。

また、CIOF 通信機能関連としては、2019 年度実証実験に対象としたメーカとサプライヤの 2 拠点に加え、3 拠点目としてテストハウスを想定した実験を行うために、CIOF の 4 つの通信パターンである PUSH、PULL、COLLECT、PUBSUB の全てへの対応機能を開発。

#### 【2021 年度開発内容】

実運用のための SDK プロトタイプの評価で不足しているとされた安定性や機能等の充実を目指して改修した。また、CIOF メンバー以外の第三者の方々にご利用いただくため、インストールをはじめとする操作方法や取り扱いに関する改修及び取り扱い説明を作成し、整備。そのうえで、IVI の業務シナリオ WG である 7E03 における実証実験にあわせ、製造進捗データ登録用のアプリケーションを開発。

#### 【2019 年度目標】

- (1)-1 エンジニアリング環境「ソフトウェア開発キット(SDK)」の基礎技術実証のためのプロトタイプを構築する。なお、構築した SDK を(1)-2 に投入し、構築できたことを実証する。
- (1)-2 開発した SDK により(1)-3 のシステム開発を実施し、SDK 開発前である昨年度の開発工数を基準として想定した開発負荷と比較することにより、本 SDK が開発負荷の軽減に効果的であることを確認する。
- (1)-3 中小企業のためのデータ取引ビジネスモデルを対象として実証を行い、シナリオ通りに動作することを実証することにより、CIOF によるデータ取引ビジネスの有効性を確認する。

#### 【2020 年度目標】

- (2)-1 基礎技術実証のための SDK プロトタイプに関して、2019 年度の評価により判明した点を改修し、実運用のための SDK プロトタイプを開発する。なお、改修した SDK (2)-2 に投入し、改修できたことを実証する。



- (2)-2 改修された部分の効果を実証するため、再び、中小企業のためのデータ取引ビジネスモデルを対象として実証を行う。なお、効果の実証方法は、2019 年度の評価内容によって異なると予想している。

**【2021 年度目標】**

- (3)-1 実運用のための SDK プロトタイプを改修し、CIOF メンバー以外の第三者複数のソフトウェア開発ベンダに使用していただき、SDK を使用しない想定開発負荷と比較することにより、有効性を確認する。
- (3)-2 CIOF の具体的な利用シーンや用途、CIOF 導入による便益等を整理し、適切な実証環境に於いて、実製造データに適用し、シナリオ通りに動作することを実証することにより、その効果を確認する。

3-2-3-4-3-3. 研究開発の成果

三菱電機については、技術開発および、アプリケーション事例として中小企業の競争力強化に CIOF が有効であることの実証を行った。2019 年度は基礎実験により技術的な見通しをつけ、2020 年度に技術を確立してその有効性を確認、2021 年度は製造現場への適用事例構築のために IVI 業務シナリオ WG-7E03 に参画いただき、有効性を検証した。

**【2019 年度成果】**

- (1)IVI モデラーで記述した CIOF のシステム構成から辞書等の設定情報と Edgexcross 用のロジックの生成、HCT コマンドテストの実施などを行うエンジニアリング支援環境のプロトタイプを構築した。これにより、エッジコンピュータ上で CIOF を容易に利用できる環境を提供する基礎技術の目途をつけた。
- (2)中小企業の競争力強化を目的とした実証のためのシステムを構築し、CIOF がその目的に有効であることの実証ができた。

**【2020 年度成果】**

- (1)CIOF を利用するエッジソフトウェアを容易に開発可能とするためのソフトウェアの開発。①エンジニアリングフェーズ対応:IVI モデラーで構築したモデル構成を CIOF のサービス実装構成として動作可能とするエンジニアリング環境(SDK)を開発した。②ランタイムフェーズ対応:上記 SDK で構築したシステム構成でソフトウェア部品を構成し、CIOF を利用可能とする実行環境(CIOF コントローラ)を開発した。
- (2)-上記開発内容が、中小製造業の競争力強化に有効であることを実証した。そのため、「製造外注」を念頭に置いた実証システムを構築し、実証による確認を行った。(メーカ(大企業)とサプライヤ(中小企業:外注先)、テストハウスとの複数拠点間でのデータのやり取り)

**【2021 年度成果】**

- (1)CIOF を利用するエッジソフトウェアを容易に開発可能とするためのソフトウェアの開発。20 年度に開発したソフトウェアの安定性や機能向上を目的とした開発、および、CIOF 関係者以外の第三者が利用可能とするための整備を実施。

(2)上記開発内容が、中小製造業の競争力強化に有効であることを実証した。そのため、CIOF 関係者ではない IVI 業務シナリオ WG の 7E03「中小製造業が安価にできるデータ連携」のメンバー方々の協力のもと、進捗管理を対象とした実際のメーカーとサプライヤを念頭に置いた実証システムの構築および実証実験を実施し、参加された方々に対して有効であることを確認した。

#### 3-2-3-4-4. AI 活用のためのデータ取引ビジネスモデルの開発(実施先:株式会社安川電機)

##### 3-2-3-4-4-1. 研究開発の概要と実施計画

###### 《研究開発の概要》

データ取引ビジネスモデルの具体化として、AI を活用した設備保全に関するデータを対象とした業務連携シナリオを開発し、生産現場のデータを収集・蓄積し、そのデータを必要に応じて上位システムへ配信する役割を持つソフトウェア(エッジプラットフォーム)である YASKAWA Cockpit(以降、YCP)を、製造業オープン連携フレームワーク(CIOF)に対応可能とするために、YCP のアドオン機能(機能追加の仕組み)を利用して拡張する。そして YCP を、データ取引を加味した業務シナリオにおいて利用することで得られる付加価値を検証し、新たなデータ流通に資する商品として必要な機能を開発する。

###### 《実施計画》

	2019年度	2020年度	2021年度
AI活用のためのデータ取引ビジネスモデルの開発	業務連携シナリオの開発 最小実行可能モデルの実装	サービス提供のための実証システム実装	実証サービスの提供 業務シナリオによるユースケース検証

##### 3-2-3-4-4-2. 研究開発の内容と目標

###### 【2019年度の目標】

- ・ビジネスモデル開発の土台となる業務連携シナリオの開発を完了する。
- ・ビジネスモデルを実証するための最小実行可能モデルを開発し、CIOF の枠組みで AI を活用した設備保全のためのデータのやりとりができることを確認する。

###### 【2020年度の目標】

- ・業務連携シナリオを元に想定したビジネス・ユースケースの妥当性を、実証システムを用いて確認する。

###### 【2021年度の目標】

- ・2020年度までに開発した実証システムを、CIOF を利用した実際のサービスを提供できるレベルにブラッシュアップする。

###### ・業務連携シナリオの開発(2019年度)

設備から得られる膨大なデータを、価値データとするには、作業員、材料、方法、そして環境などのデータと関連づけて管理する必要があるが、こうしたビッグデータの保管場所や保管方

法は経営戦略上とても重要であり、特に現場のノウハウを含む膨大なデータを社外に置くことには抵抗がある。この課題に対応するには、CIOF が提供する安全なデータ取引の仕組みを有効に活用できる業務連携シナリオを開発する必要がある。AI を活用した設備保全に関するデータ取引を CIOF の機能を踏まえた業務連携シナリオの形に落とし込み、シナリオを実現する個々の機能やデータを定義し、ビジネスモデル開発の基礎とする。

#### AI を活用した設備保全に関するデータ取引シナリオの定義

前記の業務連携シナリオを具体化し、登場人物（業務担当者）、活動（作業）の内容、対象とする設備や機械の機能、対象とする情報の形式および内容、個々の場面（シーン）における課題と目的、現状（AS-IS）と望ましい姿（TO-BE）をモデルとして定義する。

#### シナリオに対応する業務アプリの機能の定義

データ取引シナリオに対応して、データを生成する側、データを利用する側が持つべき機能を定義し、実在するハードウェア、ソフトウェアと対応付ける。実在するハードウェア、ソフトウェアが存在しないか、一部存在しない場合は、新たに開発すべき機能として定義する。

#### データ取引で扱うサンプルデータの生成

データ取引シナリオにおいて、データ生成側のソフトウェアから、データ利用側のソフトウェアに対して送信されるデータを、業務シナリオの内容に適合する形で作成する。

#### 個別辞書コンテンツのプロトタイプ定義

定義したシナリオにおけるデータ取引に用いられる個別辞書のプロトタイプを定義する。

#### ・最小実行可能モデルの実装（2019 年度）

業務連携シナリオや、シナリオを元に想定したビジネスモデルを実現可能なものにするためには、実機によるフィジビリティ・スタディが必要になる。その結果をフィードバックすることにより、シナリオやモデルを、より現実的なものとするができる。そこで、業務連携シナリオを実証するための最小実行可能モデルを実装する。CIOF を介して学習データとなる装置データを提供する仕組み、学習データをもとに作成された学習モデルを提供する仕組み、および学習モデルを使用した故障診断データを提供する仕組みを開発する。まずは、小規模なモデル（最小実行可能モデル）を実装し、より現実のものづくりに近い複雑さや規模を持ったモデルへ拡張するための基盤とする。

#### 模擬製造システムの開発

AI による設備保全のビジネスモデル開発のためのテスト環境として、小規模な模擬製造システムを開発する。産業用ロボット等の機器、機器の稼働データ等を収集する YCP を搭載した産業用コンピュータ等の必要な機材等を組み合わせて実現する。

#### 学習モデル作成のためのデータ取引の実装

YCP で収集した装置データを、CIOF を介して外部(工場外)に提供する仕組み、および、学習モデルを作成する計算機に対し、工場内に保管した装置データへのアクセス権を付与するためのデータ取引の仕組みを開発する。

#### 学習モデルを利用した故障診断を実行するためのデータ取引の実装

CIOF を介して、故障診断を行うユーザに学習モデルを提供し、提供された学習モデルを使用して YCP が出力する故障診断データを提供するデータ取引の仕組みを開発する。

#### ・サービス提供のための実証システム実装(2020 年度)

現実的なビジネスモデルの実現のために、最小実行可能モデルによる基本的な検証を経て、実際のサービス提供に向けて、最小実行可能モデルを拡張した実装を行う。複数のビジネス・ユースケースを想定し、より実際に近い実証システムを構築し、それぞれのユースケースについて、設備保全の智能化のためのデータ取引の実証実験を行う。

#### 最小実行可能モデルによる業務連携シナリオの検証

最小実行可能モデルを用いて、YCP による装置データ収集、CIOF を介した装置データの提供、学習モデルの提供、故障診断データの提供までの一連の処理を実行し、業務連携シナリオで定義した機能やデータの妥当性を検証する。

#### 最小実行可能モデルの拡張

デバイスメーカー(装置やデバイスなどデータで外部と接続する製品を提供する事業者)、エンドユーザ(デバイスメーカーから提供される産業用ロボットや製造装置により製品を製造する事業者)、データアナライザ(業務データを所有するエンドユーザに対し、業務データを用いたサービス(データ解析等)を提供する事業者)などの「ものづくりデータ取引」のステークホルダの関係や、サービスの提供方法などによって、異なるビジネス・ユースケースを想定し、それぞれのビジネス・ユースケースにおいて、AI による設備保全の智能化を実現するためのデータ取引を実現するシステムを構築する。「最小実行可能モデルによる業務連携シナリオの検証」の検証結果を踏まえて、最小実行可能モデルをベースに構築する。

#### AI による設備保全のためのデータ取引の試験運用

AI を用いた故障診断のための学習モデルとして、装置データから得られる実際の学習モデルを使用し、CIOF を用いたデータ取引を行える環境を構築し、実証環境における試験運用を行う。

#### ・業務シナリオによるユースケース検証(2021 年度)

小規模な実証実験で問題が無いように見えても、実際にサービスを提供する際に想定していなかった課題が発生し、ビジネス展開できないことがある。そこで、独自の実証のフィールドあるいは IVI の業務シナリオ実装のためのワーキンググループ等を活用し、開発したデータ取引対応業務アプリを、実際のユースケースに対応させた実証実験を行い、その有効性を検証

する。また、実証実験を通して得られた結果をもとに、データ取引を基としたサービスモデルを具体的にビジネス展開可能とする。ビジネス展開においては CIOF 導入による便益を明確に打ち出す。

#### 実機を用いたシステムユースケースの動作検証

業務シナリオに対応した実データを設定し、実際の設備や機械に対応したデータを用いたユースケースを実装する。より現実に対応したユースケースをいくつかのパターンに分けて実験することでシステムの動作を検証する。

#### 実企業の業務での運用を通じたシステムの効果検証

検証されたユースケースを含む実際の企業における業務の中で、データ取引を介したシナリオを運用し、製造業オープン連携フレームワークとしてシステムの効果を検証する。また、そこから得られた課題を整理し、さらなるビジネス展開のための要件をまとめる。

#### データ取引を基としたサービスモデル開発検討

データ取引を基としたサービスモデルについて、エッジ側で稼働するシステムである YCP と連携してデータ取引を行う CIOF 連携ソフト(2020 年度開発ソフト)の機能を拡張(2021 年度版 CIOF への対応を含む)し、これを製造業のサービスモデルとして展開する場合のビジネスモデルを検討する。ここで得られたモデルをベースに、あらたな商品企画に反映させ今後の展開につなげる。

### 3-2-3-4-4-3. 研究開発の成果

#### ・業務連携シナリオの開発(2019 年度)

基本となる業務連携シナリオを定義した。

#### 業務連携シナリオの開発

設備(装置)データを予知保全に活用する業務シナリオを記述し、これを実現する CIOF の辞書の定義、辞書のデータ項目に基づく取引データの定義を行った。安川電機の YASKAWA Cockpit(YCP)は、下図のエッジプラットフォームに相当する。

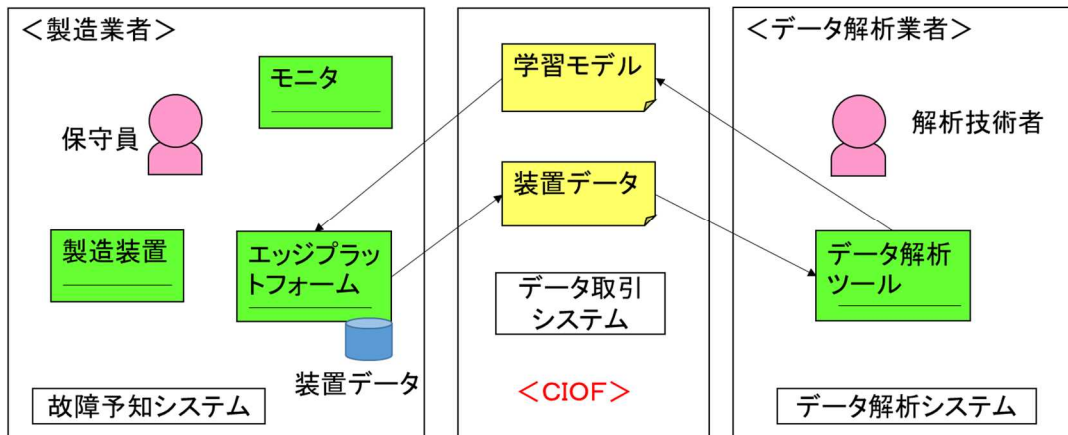


図 3-4-2. 業務連携シナリオに関するレイアウトチャート

## 業務シナリオ

- ・ステークホルダ：製造業者、データ解析業者
- ・データ取引システム：CIOF によるデータ取引
- ・装置データの提供

製造業者は製造装置の予知保全に必要な学習モデル(学習モデルデータ)を得るためにデータ解析業者に装置データを手供する。提供する装置データのデータ項目は、予め CIOF における契約データのやりとりによって規定しておく。

データ解析業者は、製造業者から提供された装置データを解析し学習モデルを生成する。

### ・学習モデルの提供

データ解析業者は、製造業者から提供された装置データから生成した学習モデルを提供する。提供する学習モデルのデータ項目は、予め CIOF における契約データのやりとりによって規定しておく。

### ・学習モデルによる予知保全

製造業者は、データ解析業者から提供された学習モデルをエッジプラットフォームに登録し、エッジプラットフォームは収集した装置データと学習モデルから故障の予兆を検出し、検出結果を出力する。

## 辞書等の定義

CIOF の辞書として次のデータ構成モデルを定義し、これらに基づくデータを定義した。

	データ構成モデル	データ項目
1	設備データ	工場、ライン、セル、ステータス(正常、異常等)
2	ロボットデータ	ロボットの関節データ(位置、速度、トルク)
3	時間管理データ	タイムスタンプ
4	JOB データ	JOB(ロボットの動作プログラム)名称、ステップ
5	教示データ(装置データ)	1~4 の項目を連結
6	学習済みパラメータ(学習モデル)	1~4 の項目を連結(④はトルクのみ)

### ・最小実行可能モデルの実装(2019 年度)

基本となる業務連携シナリオを実証するための最小実行可能モデルを実装した。

### 最小実行可能モデルの実装

業務連携シナリオを実証するための最小実行可能モデルを実装した。最小実行可能モデルとは、本開発項目において、CIOF による最小限のデータのやりとりを行うための実証システムである。最小実行可能モデルは模擬製造システムを含む実証環境(ハードウェア環境)、および実証環境においてデータ取引を実行するソフトウェア環境で構成される。

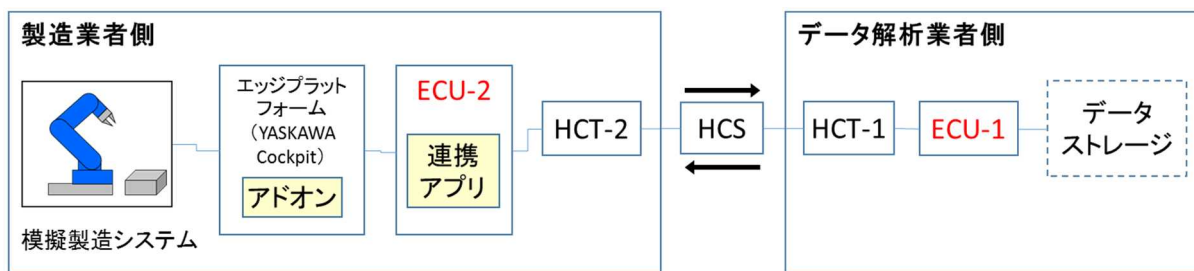


図 3-4-3. 最小実行可能システムの構成

- ・模擬製造システムの開発(実証環境(ハードウェア環境)の構築)  
安川電機製小型ロボットを使用した組立システムを構築した。



図 3-4-4. 実証環境(ハードウェア環境)

- ・データ取引の実装(データ取引を実行するためのソフトウェア環境の構築)  
ECU(エッジコントローラ)ソフト

以下の機能を持つ試験用ソフトを実装した。

- ・CIOF の HCT(連携ターミナル)と直接データのやり取りを行うソフト。  
YASKAWA Cockpit 連携アプリ

以下の連携アプリを試作した。

- ・YCP 収集データ取得アプリ: YCP で収集された装置データを外部 PC (ECU 側 PC) に取得する
- ・学習モデル YCP 登録アプリ: ECU 側 PC に格納された学習モデルを YCP 内に登録する  
YASKAWA Cockpit アドオンソフト(追加オプションソフト)

以下のアドオンソフトを試作した。

- ・モニタデータ解析アドオン: YCP 内で装置データを解析し、学習モデルによって故障検出を行うソフト
- ・モニタデータ解析結果表示アドオン: モニタデータ解析アドオンの解析結果を表示する

・サービス提供のための実証システム実装(2020年度)

2019年度に構築した最小実行可能モデルをベースに工場側と解析側(データ解析業者側)でデータをやりとりする形の実証システム(模擬環境)を構築した。

サービス提供のための実証システム実装

現実的なビジネスモデルの実現のために、最小実行可能モデルによる基本的な検証を経て、実際のサービス提供に向けて、最小実行可能モデルを拡張した実装を行った。

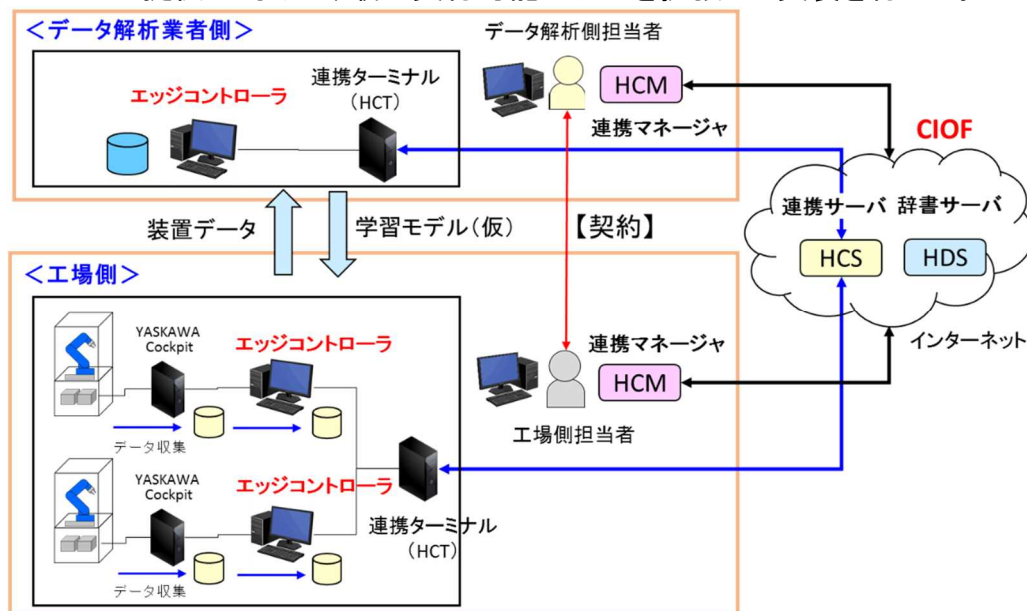


図 3-4-5. 実証システム構成

・最小実行可能モデルによる業務連携シナリオの検証

最小実行可能モデルを用いて、YCPによる装置データ収集、CIOFを介した装置データの提供、学習モデルの提供、故障診断データの提供までの一連の処理を実行し、業務連携シナリオで定義した機能やデータの妥当性を検証した。CIOFの辞書で定義したデータ項目をもつデータファイルを工場側と解析側で交換することで、CIOFのデータ取引を予知保全システムの構築に活用できることを確認した。

・最小実行可能モデルの拡張

2019年度の最小実行可能モデルを拡張した実証システムを構築した。

2019年度の小型ロボットを使用した組立システムと同じシステムを追加し、2つのセルを有する工場を模擬したシステムとして拡張した(図 3-4-6)。





図 3-4-6 拡張システム

CIOF(2020年度版)の連携ターミナル(HCT)のAPIを呼び出してデータ取引に必要な動作を行うエッジコントローラソフト、および、エッジコントローラソフトと連携するサービス実装(アプリ)を開発し、実際のロボットデータを工場側からデータ解析側へ送る実証実験を行った(図3-4-7)。また、データ解析側から工場側に仮の学習モデルを取引データとして提供できることを確認した。

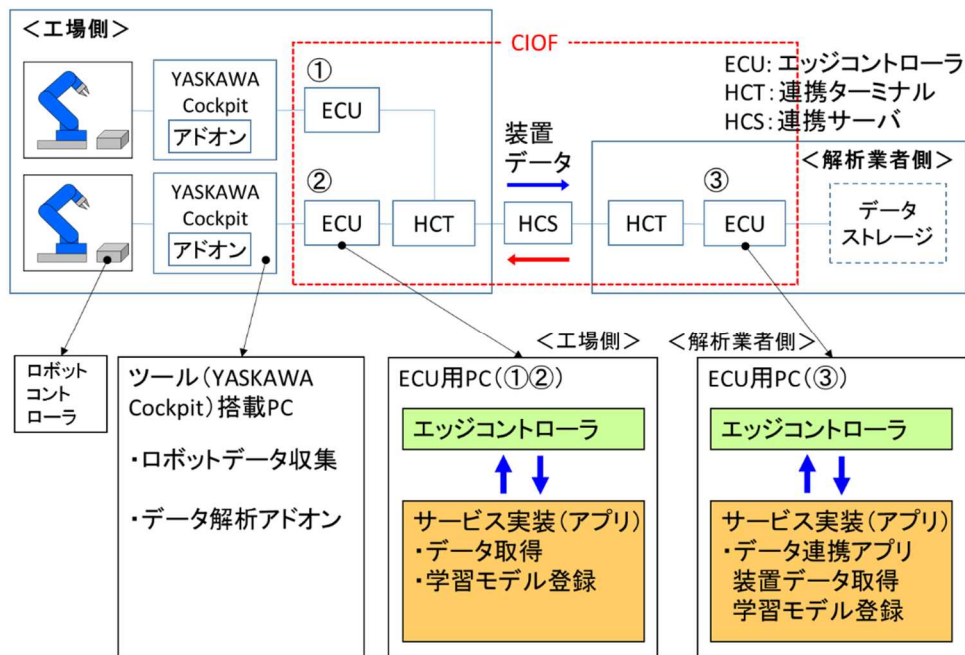


図 3-4-7 エッジコントローラ(ソフト)サービス実装(アプリ)

・AIによる設備保全のためのデータ取引の試験運用

実際の AI を用いた故障診断のための学習モデルの利用には至らなかったが、仮の学習モデルを CIOF のエッジコントローラとサービス実装(アプリ)を開発し、工場側にモデルを提供できることを確認した。

・業務シナリオによるユースケース検証(2021年度)

予知保全のためのデータ取引のユースケースについて検討を進め、2020年度までに開発した実証システムを、CIOFのデータ取引を利用した予知保全をより広いカスタマにソリューションとして提供可能とするために、「CIOF連携ソフト」の設計を見直し、装置データの収集方法と装置データの送受信の機能を切り離す形に改版した。

#### ■実機を用いたシステムユースケースの動作検証

IVIの業務シナリオワーキンググループ(AIデータ流通基盤による企業間連携WG)に参加し、実際の現場でのCIOFを用いたデータのやりとりについて、ヒアリング、意見交換を行った結果、予知保全のための装置データの提供方法は、以下の2つの方法に大別されることを改めて確認した。

パターン1) CIOFを介して、直接、装置データを工場側から解析側に提供する。

パターン2) 装置データをCIOFとは別のクラウド上に蓄積してから、そのデータをクラウド上から取得するため必要な情報(データ)をCIOFでやりとりする。

パターン2)については、2020年度までの開発ソフト(「CIOF連携ソフト」)の枠組みとは大きく異なること、他社で開発/実証実験を進めていることから、参考にするにとどめ、パターン1について検証した。CIOFの共通辞書に定義された収集可能な装置データのうち、必要なデータ項目(個別辞書に設定するデータ項目は)は、データの解析結果に応じて変わることが考えられるため、データ項目を様々に変更したデータ取引を行った。

#### ■実企業の業務での運用を通したシステムの効果検証

社内の事業部での実証体制が整わなかったことや、IVIメンバ企業の中での実証パートナーの選定が進まなかったことから、実際の企業における業務の中でシナリオを運用するには至らなかったが、CIOFを用いた予知保全のための装置データの提供のあり方について検討し、ビジネス展開のための要件のひとつとして、1) 装置データを収集する機能と、2) 収集したデータをCIOFで送受信する機能は、密に結合しないこと、即ち、1)と2)は独立に動作する構成とすることが望ましい(CIOFを用いたビジネス拡大の効果が期待できる)と結論づけて、そのような構成を採用した。

#### ■データ取引を基としたサービスモデル開発検討

検討結果に基づき最終的な「CIOF連携ソフト」の要求仕様を策定し、2021年度版CIOF連携ソフトを開発した(図3-4-8)。CIOF連携ソフトは、データ送信アプリ、データ受信アプリ、エッジコントローラ(ECU)で構成される。

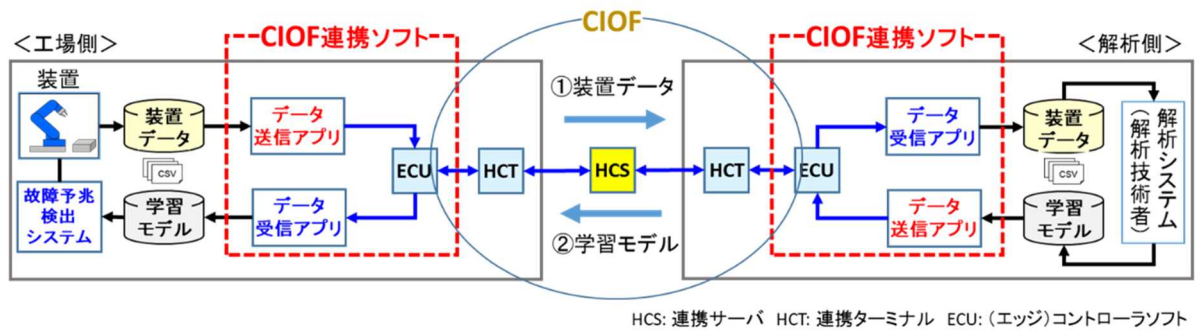


図 3-4-8. CIOF 連携ソフトによるデータ送受信の概要

装置データ(①)は、装置の診断に必要な時系列データ(稼働データ等)を格納した CSV ファイル、学習モデル(②)は、装置データを解析した結果の(複数のパラメータ)を格納した CSV ファイルの送受信により送信側から受信側に提供される。

それぞれの CSV ファイルに対応する個別辞書のデータ項目の例は以下の通り。

No.1~No.4 までの項目は複数の CSV ファイルを送受信するのに必要なデータ項目である。

装置データ(例)				学習モデル			
No.	名称	データ型	説明	No.	名称	データ型	説明
1	AllSplitNum	整数	全分割数	1	AllSplitNum	整数	全分割数
2	CurrentSplitNum	整数	現在処理数	2	CurrentSplitNum	整数	現在処理数
3	FileNum	整数	CSV ファイル数	3	FileNum	整数	CSV ファイル数
4	FileName	文字列	ファイル名	4	FileName	文字列	ファイル名
5	Target	文字列	対象とする装置等を特定する情報	5	Target	文字列	対象とする装置等を特定する情報
6	TimeStamp	文字列	タイムスタンプ	6	Model	文字列	学習モデルのタイプ
7	JbNm	文字列	JOB 名	7	Variable	文字列	変数名
8	StpNo	整数	ステップ番号	8	Value	浮動小数	変数の値
9	FbPls-S	浮動小数	パルス-S 軸				
10	FbPls-L	浮動小数	パルス-L 軸				
11	FbPls-U	浮動小数	パルス-U 軸				
12	FbPls-R	浮動小数	パルス-R 軸				
13	FbPls-B	浮動小数	パルス-B 軸				
14	FbPls-T	浮動小数	パルス-T 軸				

工場側で収集した装置データを、データ送信アプリがデータを読み出す送信用フォルダに格納しておく、CIOF で定めたカレンダー情報に従って指定の時間(日時)に送信開始される機能を実装した。また、解析側からのリクエストをトリガーとして、送信用フォルダに格納されたデータの送信を行う機能も実装している。検証では、装置データは YCP(YASKAWA Cockpit)で収集したデータを用いたが、装置データが所定のデータ項目の CSV ファイルであれば、CIOF 連携ソフトで送受信可能であり、サービスモデルに柔軟性を持たせることができる。

「CIOF 連携ソフト」の各要素のユーザインターフェースは以下の通り。



図 3-4-9. エッジコントローラの起動画面



図 3-4-10. 工場側と解析側のエッジコントローラの画面(図 3-4-9 から遷移)

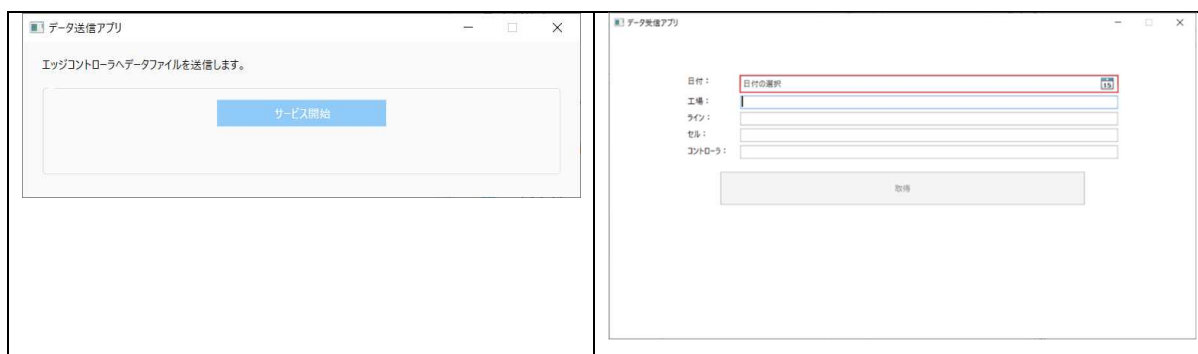


図 3-4-11. データ送信アプリの画面(左)、およびデータ受信アプリの画面(右)

### 3-2-3-4-5. 品質保証に関するデータ取引ビジネスモデルの開発(実施先:株式会社ジェイテクト)

#### 3-2-3-4-5-1. 研究開発の概要と実施計画

中小企業ではまだまだ手書きでデータ化されていない管理項目が多い。また、データ化していたとしても、自らが必要なデータを収集・選別して、関係者に安全に送付することは容易ではない。一方でデータはユーザの貴重な財産と考えると、これらのデータマネジメントを他社に任せることは望まれていない。そこで、製造現場に点在する複数のエッジデバイスに接続し、自動でデータを収集・結合・蓄積し、お客様自身が意図を持って、必要な時に必要なデータを必要な分だけ簡単に切出してデータを送付するシステムの構築を行う。そしてデータ取引を加味した業務シナリオにおいて利用することで得られる付加価値を検証し、新たなデータ流通に資する商品としての必要十分な機能を開発する。

#### 3-2-3-4-5-2. 研究開発の内容と目標

品質保証に関するデータ取引ビジネスモデルの研究開発については、製造業の品質の管理は各社独自で行っているに留まり企業間でのデータ流通は未だ行われていない現状を鑑み、まずは各企業で行われている検査結果をデータ化し、CIOF 経由で複数拠点にセキュアに流通させることで、高品質を強みとする製造業に対し高付加価値化することを行う。次に高い品質に支えられた企業に製造を委託する企業が増加すると想定し、品質データに加え製造実績データを加えることで、納期に対する信頼性も更なる価値となるため、企業競争力向上につながる基盤を構築する。

#### 【研究開発の内容(研究開発課題)】

##### 【2019 年度】

製品に関する品質データが作成され、リアルタイムに製品毎に保管され、CIOF を経由して遠隔地から製品毎に加工・検査結果等が閲覧できるシステム製作、及び実証実験工場によるトライ。

##### 【2020 年度】

品質データトレサビリティの製品化に向け、既存の見える化ソリューション(稼働アップ Navi シリーズ)との融合。及び生産実績データの CIOF 経由による見える化実現のためのシステム構築。

##### 【2021 年度】

複数拠点間でのデータ流通の実証実験。及び生産計画を立案する他社製アプリケーションと連携し、予実の見える化～計画のシミュレーション～生産指示～実績収集のサイクルを廻すことによる生産性向上の実証実験。

#### 【目標】

- 1) 商品化
- 2) CIOF コネクタ開発

### 3) 品質・生産実績データ流通

#### 【研究開発の内容(研究開発課題)】

品質トレサビリティ機能の開発  
既存製品「稼働アップ Navi」との連携機能開発  
データ流通実証

#### 3-2-3-4-5-3. 研究開発の成果

品質保証に関するデータ取引ビジネスモデルの開発については、収集したデータを改ざん出来ない個体管理、品質管理を可能とし、蓄積された多くの情報の中から契約に基づき選択されたデータのみ CIOF を経由して送受信が可能になった。更に収集した生産実績や稼働状況も、CIOF を経由して閲覧が可能になった。

- 1) 品質トレサビリティ機能商品化完了
- 2) 既存製品「稼働アップ Navi」との連携機能開発完了
- 3) 3社間での品質・生産データ流通確認

#### 3-2-3-4-6. 製造業オープン連携フレームワークによるデータ取引ビジネスモデル開発事業(実施先:SCSK株式会社)

##### 3-2-3-4-6-1. 研究開発の概要と実施計画

業界横断型 AI システムの研究開発については、製造メーカー(切断機及びプレス機等)の工場において、AE センサーから時系列データを高速にサンプリングし、稼働時のデータをエッジコンピュータに収集する。収集した膨大なデータを Falkonry の AI システムで解析するためのフォーマット変換やデータ加工などの前処理作業を行ったうえで、特徴的な波形パターンを抽出し、いくつかのパターンにクラスタリングする。AI システムで分類された波形パターンから正常、予兆、異常時などのラベル付けを行い、最適な予測モデルを生成する作業を行う。

AI システムで生成された予測モデルをエッジコンピュータに展開・実装するためのアプリ開発を行い、設備が設置されている工場で利用できるエッジ AI システムを構築する。エッジ AI システムに実装した予測モデルと収集するセンサーからのデータを比較し、判定結果を取り込むための開発を行う。異常時と同じ波形パターンを検出した時にアラートを上げるなどの仕組みを構築することで、設備の品質改善や予防保全に結びつける実証検証を行う。

なお、実証検証を行った上で、予測モデルと異なる波形パターンが抽出された場合には、再度 AI システムによりモデル構築を行い、最適な予測モデルを再生成するプロセスを進める。

次に CIOF の連携および役割として、製造メーカーと AI ベンダー間で AI モデルのデータ取引において、単にデータ授受するのではなく、CIOF 契約基準に則り双方の契約申請やサービ

スプロファイル・契約プロファイル等を作成し、共通辞書を実装することで円滑な取引が実現可能となる。

また、契約履歴や送受信履歴も参照・利活用でき、利用拡大に繋がる CIOF システムとなる。

そこで、予測モデルと合わせて設備に付随するメタ情報(メーカー名、設備型番、データ収集タイミングなど)を追加しデータセットを作成し、CIOF の業界横断型の共有データ基盤と連携した新たなエッジ AI システムの展開を構築・検証する。

### 3-2-3-4-6-2. 研究開発の内容と目標

業界横断型 AI システムの研究開発についての内容と目標を下記に示す。

エッジ AI 仕様検討、データ収集と分析モデル生成

- ・エッジ AI 仕様
- ・製造設備からの時系列データ収集
- ・AI システムの分析モデル生成

エッジ AI 実装評価

- ・エッジ AI システムとしてリアルタイムに判定

CIOF 共有データ基盤との連携検証

- ・エッジ AI システムのデータと CIOF 基盤の連携

システム総合実装評価

- ・上記の一連の実装評価

エッジ AI モデルの展開

- ・AI モデルカタログの作成およびクラウドへの公開検証

#### 【研究開発の内容(研究開発課題)】

エッジ AI 仕様検討、データ収集と分析モデル生成

- ・製造現場において、センサーから収集するデータは膨大なデータ量となるため、クラウドストレージ(Dropbox)と連携したシステムを構築し、データ収集・データ変換・データ蓄積などの一連のプロセスを自動で行えるシステムを構築した。
- ・AI ソフトウェア(Falkonry)を利用し収集した時系列データから AI モデルを生成し、製造現場のエッジコンピュータ(HP 製 EL300)に展開し、実装したエッジ AI と稼働データの比較判定を行い、異常時アラート通知する仕組みを実証検証し製造メーカーに設置のエッジコンピュータに AI モデルをダウンロードし異常を検知するシナリオを構築・検証した。

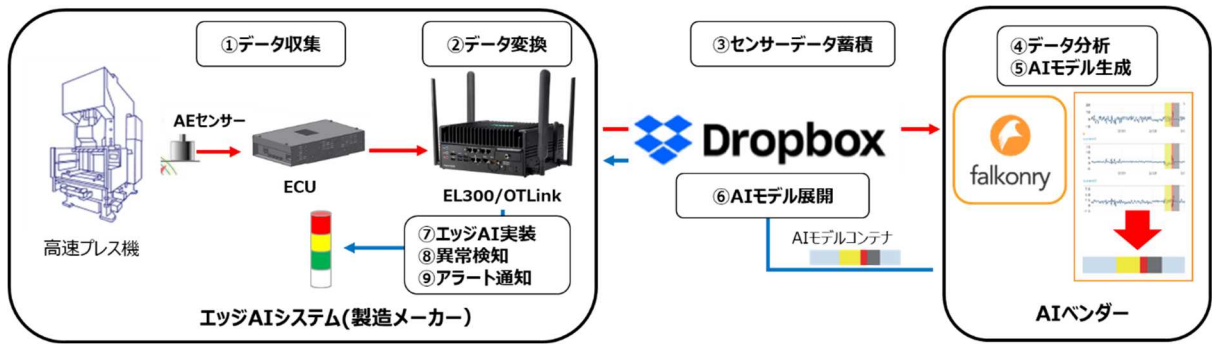


図 3-4-12. エッジ AI 実証評価システム構成

### エッジ AI 実装評価

- ・製造メーカー(AI モデル利用者)と AI ベンダー(AI モデル提供者)間で、異常検知用の AI モデルの取引を行う PULL 型取引パターンを設定した。

### CIOF 共有データ基盤との連携検証

- ・CIOF のエッジコントローラ(ECU)に実装したデータプロファイル、サービスプロファイル、契約プロファイル、共通・個別辞書などの機能を実装し、製造メーカーに設置のエッジコンピュータに AI モデルをダウンロードし異常を検知するシナリオを実証検証した。

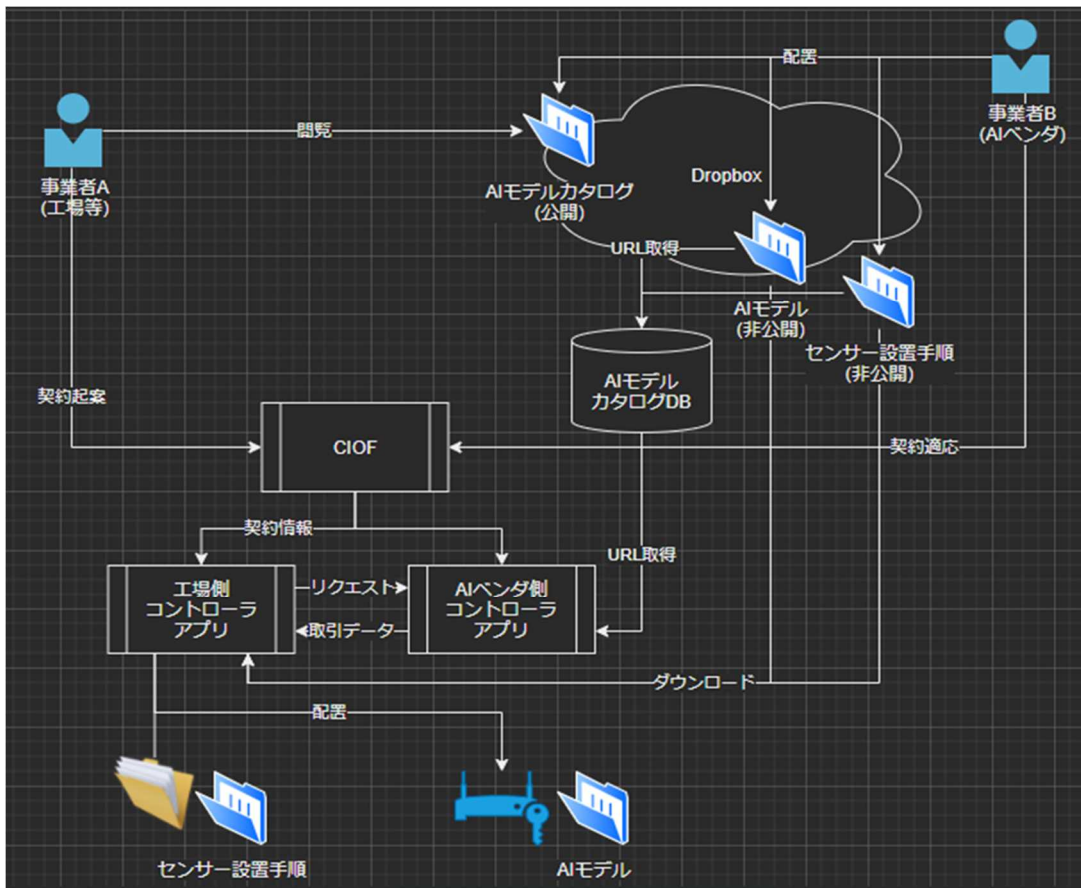


図 3-4-13. エッジ AI と CIOF 連携システムのデータ取引フロー

### システム総合実装評価



エッジ AI システムのデータ蓄積とクラウドストレージ (Dropbox) へのデータ転送から、CIOF システムの契約フローの取引における一連の実装評価を実証した (図 3-4-14)

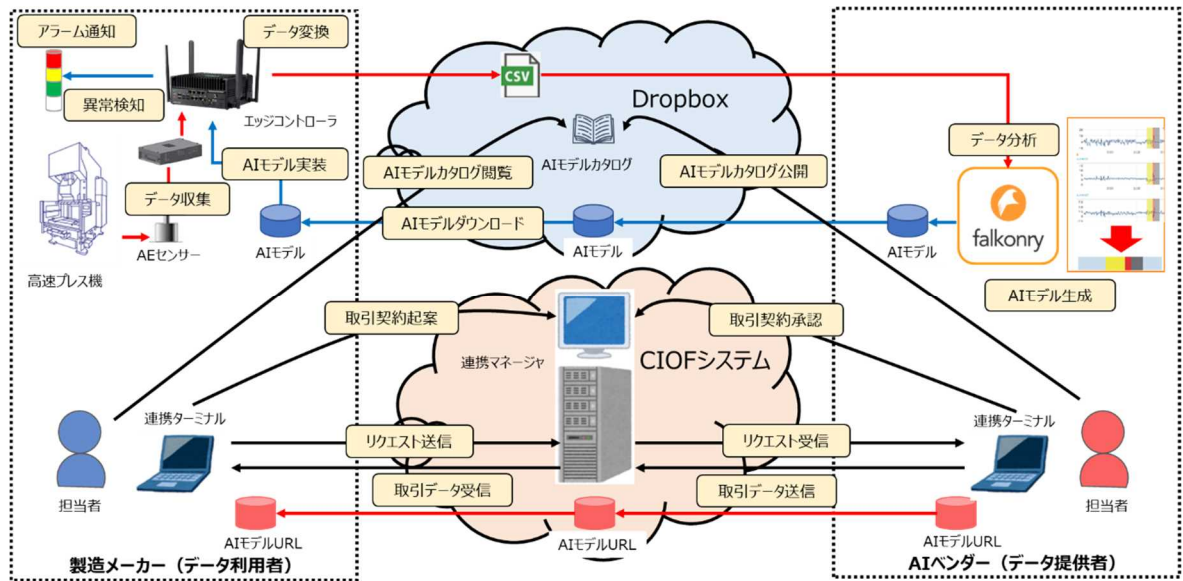


図 3-4-14. エッジ AI と CIOF 連携システムの全体図

### エッジ AI モデルの展開

図4に示す AI モデルカタログを構築し、製造メーカーが閲覧できるように、クラウドストレージ (Dropbox) 上に公開し検証した。

カタログ番号	SCSK-000001	SCSK-000002	SCSK-000003
概要	ABC-3000 金型摩耗検知	ABCD-10 良品判定	XYZ-40 異常振動検知
AIモデル作成日	2020年12月20日	2021年5月14日	2021年8月1日
AIソフトウェア	Falkonry LRS	Falkonry LRS	Falkonry LRS
用途	金型交換の判定	良品・不良品の判定	異常振動の検知
判定サンプル数(個)	10000	300	4000
判定精度(%)	84.50	95.00	95.00
AIモデル年間利用料(円)	80,000	100,000	50,000
観測対象の製品	精密部品	精密部品	精密部品
装置メーカー名	ABC精機	ABCD工機	XYZ機械
装置名	高速プレス機	高速プレス機	スポット溶接機
型番	ABC-3000	ABCD-10	XYZ-40
センサー数	3	4	2
センサー名	1:AE 2:振動 3:AE(ピコ)	1:AE 2:振動 3:AE(ピコ) 4:カス上がり	1:振動(アーム) 2:振動(筐体)
データ収集開始	2020年10月1日	2021年3月1日	2021年4月1日
データ収集終了	2020年11月30日	2021年5月10日	2021年4月30日
サンプリング間隔(MHz)	5.00	10.00	2.50
利用期限		2021年12月31日	2022年3月31日
利用可能回数	100000	20	
提供可能状況	可	可	可

図 3-4-15. AI モデルカタログ(事例)

### 3-2-3-4-6-3. 研究開発の成果

業界横断型 AI システムの研究開発の成果について下記に示す。

#### 【成果】

事業内容	達成目標	成果(実施内容)	達成度	今後の課題と解決方針
エッジ AI 仕様検討、データ収集 & 分析モデル生成	・エッジ AI 仕様 ・製造設備からの時系列データ収集 ・AI システムの分析モデル生成	・エッジ AI システムとして、製造設備からのデータ収集・変換・解析など一連のプロセスを自動で実施できるシステム構築 ・プレス機の正常・異常データを時系列にて収集 ・時系列データを解析し、AI モデルを生成し、異常時にアラート通知する仕組みを構築	○	なし
エッジ AI 実装評価	・エッジ AI システムとしてリアルタイムに判定	上記①の AI モデルから、異常時のデータが出た際にエッジ AI システムとしてリアルタイムに異常検知(パトライト点灯)するシステムを実証	○	なし
共有データ基盤連携検証	・エッジ AI システムのデータと CIOF 基盤の連携	エッジ AI システムデータを CIOF の各種プロファイルや共通・個別辞書を実装し、その AI モデルをクラウドストレージ(Dropbox)からダウンロードしたデータ連携の実証を実施	○	課題：大容量データ(例:テラバイト以上)の連携不備
システム総合実装評価	・上記①②③の一連の実装評価	エッジ AI モデル生成から、そのデータを CIOF の契約や共通辞書に展開し、契約完了後のデータダウンロードまでの一連のシステム実装の検証	○	なし
エッジ AI モデルの展開	・AI モデルカタログの作成およびクラウドへの公開検証	・AI モデルカタログの作成 ・その AI モデルカタログをクラウド上にリンクして公開した検証を実施	○	なし

### 3-2-3-4-7. 中小企業のためのデータ取引ビジネスモデルの開発(実施先:ビジネスエンジニアリング株式会社)

#### 3-2-3-4-7-1. 研究開発の概要と実施計画

中小企業のためのデータ取引ビジネスモデルの開発については、生産プロセスの一部を担う中小製造業は、比較的規模が小さく、現場のオペレーションと経営とが一体である場合が多い。そのため、デジタル化を行う人材も少なく、また、元受けの大企業との格差から弱い立場となっていることが多い。製造プラットフォームオープンフレームワーク(CIFO)を利用することによって中小企業が不利な立場とならないように企業を超えて、注文の内示や、出荷品の検収などを共有することで、デジタル化による中小企業の管理レベルの向上と経営力向上につなげ、同時に発注側であるメーカーの生産性向上にもつなげる。

現場データと取引先の業務プロセスとの統合による中小企業強化のビジネスシナリオを実現するため、CIFO を経由して、関係各社の基幹システムの取引データや製造などの現場データを相互にやり取りできる仕組みの実現に向け、①CIFO 経由したビジネスシナリオベースでのデータ連携、②実ビジネスでの利用に向けた運用およびシステム負荷、③実ビジネスから要望される新たな業務プロセスへの対応、に関して順次検証した。



### 3-2-3-4-7-2. 研究開発の内容と目標

製造プラットフォームオープンフレームワーク(CIFO)を經由して、関係各社の基幹システムの取引データや製造などの現場データを相互にやり取りできる仕組みの実現に向け、基幹システムに存在する取引データの送受信元として自社 ERP 製品 mcframe7 を既存システムとして、

2019 年度 CIFO 経由したビジネスシナリオベースでのデータ連携

2020 年度 実ビジネスでの利用に向けたデータ連携

2021 年度 実ビジネスで新規業務プロセスへの展開に向けたデータ連携  
の検証と並行して CIFO エッジコントローラーの試作開発を実施した。

#### 【CIFO 経由したビジネスシナリオベースでのデータ連携】

現場データと取引先の業務プロセスとの統合による中小企業強化のビジネスシナリオを実現するため、CIFO を経由した取引相手とのデータ連携機能の評価を実施する。CIFO を経由したデータ連携業務シナリオによるユースケース検証に必要なプロトタイプ試作および実ビジネスでの利用に向けた課題の洗出しを完了する。

#### 【目標】

##### 1) CIFO を経由したデータ連携課題

現場データと取引先の業務プロセスとの統合による中小企業強化のビジネスシナリオを実現するため、CIFO を経由した取引相手とのデータ連携機能の評価を実施する。

##### 2) データ連携方法確立

現場データと取引先の業務プロセスとの統合による中小企業強化に向け、部品加工の外注または一部工程作業の委託を題材として、データ連携方法を確立する。

##### 3) プロトタイプ試作

現場データと取引先の業務プロセスとの統合による中小企業強化のビジネスシナリオで想定されるシステム構成を使ったデータ連携評価により実ビジネスでの利用に向けた CIFO

基盤および自社 CIOF コネクタのシステムの機能的な機能評価および課題の洗い出しを行うため、プロトタイプ試作を行う。

#### 4) ビジネスシナリオベースの評価

現場データと取引先の業務プロセスとの統合による中小企業強化シナリオでのインターオペラビリティの検証を実施する。

#### 【実ビジネスで利用される取引データを使った評価】

機能改修された CIOF 仕様への対応および自社 CIOF コネクタの機能を強化し二次プロト作成、実ビジネスでの利用へ対応を完了する。

#### 【目標】

##### 1) 実ビジネスでの利用に向けたデータ連携課題

実ビジネスでの利用を想定した拡張モジュールの CIOF コネクタの機能強化および 1 年目のフィードバックにより改修された CIOF との連携と実ビジネスでの利用で想定されるビジネスシナリオへの対応。

##### 2) 実ビジネスでの利用に向けたデータ連携方法確立

現場データと取引先の業務プロセスとの統合による中小企業強化に向け、部品加工の外注または一部工程作業の委託を題材として、データ連携方法を確立する。

##### 3) 機能強化による二次試作

2019 年度のフィードバックにより改修された CIOF と実ビジネスでの利用を想定して機能強化した CIOF コネクタとの実ビジネスで利用される取引データを用いた検証を行うため、二次試作を実施する。

##### 4) 実ビジネスで利用される取引データを使った評価

実ビジネスで利用される取引データを用いて、現場データと取引先の業務プロセスとの統合による中小企業強化シナリオでのデータの相互運用及びシステムの負荷検証を実施する。

#### 【新規業務プロセスへの展開に向けたデータ連携】

新規業務プロセスへの対応作業効率の改善を実現する CIOF コネクタ機能の汎用化を実現する。運用に関わる手順を含めた検証を完了する。

#### 【目標】

##### 1) 新規ビジネスプロセスへの展開に向けたデータ連携

現場データと取引先の業務プロセスとの統合による中小企業強化シナリオにおいて実ビジネスより新たに要求される新規業務プロセスへの展開に関わる機能強化およびセキュリティ強化される CIOF へ対応する。CIOF コネクタの汎用化に向けた課題の対応が必要になる。

##### 2) 新規業務プロセスへの展開にデータ連携方法確立

現場データと取引先の業務プロセスとの統合による中小企業強化に向け、新規業務プロセスを題材とした、データ連携方法を確立する。

### 3) 新規業務プロセスへの展開に伴う三次試作

新規業務プロセス展開を実現するため CIOF コネクタの一部機能の汎用化とセキュリティ強化される CIOF 対応した機能検証を行うため、三次試作を実施する。

### 4) 実ビジネスでの利用ベースの評価

新規業務プロセスへの展開に関して、三次プロトタイプを使用し、実ビジネスでの利用をベースとした検証を実施する。

## 3-2-3-4-7-3. 研究開発の成果

研究期間機関を通して、現場データと取引先の業務プロセスの統合による中小企業競争力強化を目的として、製造業オープン連携フレームワーク(CIOF)を活用したデータ連携基盤実現に向け、

#### ・業務プロセスへの展開に向けたデータ連携として

CIOF が提唱する電子的な取引契約・辞書機能を用いて実ビジネスで利用可能なビジネスプロセスを設計し、CIOF 機能を前提としてデータ連携プロセスの設計が可能なが検証できた。

#### ・業務プロセスへの展開にデータ連携の確立として

CIOF 機能が提供する契約・辞書機能などを利用して実ビジネスで利用可能なデータ連携を構築し、データ送受信が実装可能であることが検証できた。

#### ・プロセスへの展開に伴うプロトタイプ試作として

CIOF を利用したデータ連携を行う上で、CIOF のシステムとしての接続仕様、CIOF の電子的な契約に基づくトランザクションの定義、CIOF で定義した辞書(データ連携カタログ)に対応した、エッジコントローラーの開発が完了した。

#### ・実ビジネスでの利用ベースの評価として

疎通レベルでのデータ連携からエンドユーザーの業務利用での評価を行い、CIOF を利用することで、スクラッチ開発に比較して短時間で企業活動に有効な情報共有が実現できることが検証できた。電子的なデータ取引契約・辞書機能を使うことで、比較的柔軟にビジネスプロセスに対応でき、プロセスが再利用可能であることも検証できた。実証実験では前年度作成した辞書をベースとして検証ができています。

これらから、CIOF が目指したシステムアーキテクチャーが実現され、データ流通のフレームワークを用いたサービスがシステム機能的に提供可能であると評価できる。CIOF が広く顧客に普及していくことを前提として本研究で試作された CIOF コネクタもビジネス利用可能であると言える。

## 【成果】

### 1) CIOF を経由したデータ連携課題

CIOF の機能評価を実施するにあたり、ビジネスシナリオを発注元と製造外注先間の製造外注プロセスとした。CIOF コネクターの機能要求定義を実施した

2) データ連携方法確立

部品加工の外注または一部工程作業の委託を題材としたデータ連携フローを確立した。CIOF 機能強化に伴う連携パターンの検証も同時に実施した。

3) プロトタイプ試作

データフローを実現するため、エッジコントローラー(EDU)として COIF コネクターおよび EDU と連携するための CIOF サービスを開発した。

4) ビジネスシナリオベースの評価

実証実験において、HCT を介して CIOF と接続可能とする CIOF コネクターを利用して他社(三菱電機社)の EDU との連携が確認された。製造外注シナリオを CIOF および既存システムを連携することで実現した。実稼働実績がある既存システムを利用した検証結果から実ビジネスへの展開可能性を確認できた。CIOF が提唱する辞書機能(データ連携カタログ)が実現可能なことが確認できた。

5) 実ビジネスでの利用に向けたデータ連携課題

2019 年度の製造外注プロセスを実ビジネスに近づけ、テスト工程の再委託を考慮したビジネスシナリオを採用した。

6) 実ビジネスでの利用に向けたデータ連携方法確立

現場データと取引先の業務プロセスとの統合による中小企業強化に向け、部品加工の外注または一部工程作業の委託を題材として、データ連携フローを確立した。CIOF 機能強化に伴う連携パターンの検証も同時に実施した。

7) 機能強化による二次試作

2019 年度に開発したエッジコントローラー(EDU)であるの COIF コネクターに対して、CIOF 辞書(データ連携カタログ)に対応したサービス構成の呼び出しマッピング機能、マッピング機能に従ったサービス機能処理、CIOF のデータ連携パターンへのトランザクション制御対応の機能強化を実施した。

8) 実ビジネスで利用される取引データを使った評価

実証実験において、2020 年度版の CIOF のデータ連携パターンに対応した CIOF コネクターと CIOF 連携サービスにより、他社(三菱電機社)の EDU との連携が確認された。製造外注さらに再委託を含め製造シナリオが CIOF での契約を中心としたシステム構成により実現可能なことが確認された。実ビジネスでの利用を想定した、サービスのマッピング機能強化により、システムの実運用への柔軟性を強化できた。

9) 新規ビジネスプロセスへの展開に向けたデータ連携

エンドユーザー要望のメーカーと複数サプライヤとの拠点間の CIOF による、支給品提供プロセスを含めた部品加工シナリオでの連携方法、機能要求整理を実施した。発注品目毎に異なる製造工程や支給品準備工程に対応することが必須となった。

10) 新規業務プロセスへの展開にデータ連携方法確立

支給品提供プロセスを含めたビジネスシナリオをデータフローにて実現した。品目毎に変更される製造工程プロセスへの対応方法として、マスタ設定の自由度をユーザーに持た

せるためエクセルのインターフェースを採用した。また、トランザクションのインサート処理への変更することで例外処理対応することとした。

#### 11) 新規業務プロセスへの展開に伴う三次試作

エンドユーザーのシステム利用のハードルを下げることを目的として、マスタ設定の自由度をユーザーに持たせるためエクセルのインターフェースと例外処理対応が可能となるよう、トランザクションをインサートオンリーの処理へ変更する機能強化を含む CIOF コネクタの三次プロトタイプ開発の完了した。

#### 12) 実ビジネスでの利用ベースの評価

IVI 業務 WG 7E03(中小製造業が安価にできるデータ連携)において、実ビジネスでの利用を想定した実証実験を実施した。エンドユーザーにシステム利用いただき実証実験を行った。エクセルを利用した品目・工程の登録、支給品提供・製造の進捗報告でき、支給品提供を含め作業工程の進捗が可視化できた。

### 3-2-3-4-8. 製造データ取引のためのネットワーク基盤開発(実施先:株式会社アプストウェブ)

#### 3-2-3-4-8-1. 研究開発の概要と実施計画

製造データ取引のためのネットワーク基盤開発の研究開発については、製造データ取引のためのネットワーク基盤開発については、製造業オープン連携フレームワークのアーキテクチャー設計仕様に従い、その中核となる以下に挙げるサーバシステム等を開発する。

具体的には、外部のインターネット環境との間でのデータ中継を行う「連携ターミナル」、複数の異なる生産現場の連携ターミナル間をインターネット上で接続し、取引対象となるデータ中継を行う「連携サーバー」、異なる生産現場の個別の用語を個別辞書とそれらを仲介する共通辞書を管理する「辞書サーバー」、それぞれの生産現場の個別の事情に対応してシステムのインテグレーションを行いまた個別のデータ取引の契約やその後の管理を行う「連携マネージャー」、を開発する。

また、製造業オープン連携フレームワークに対応したデータ取引を活用した実証実験を行うにあたってデータの生成側あるいはデータの利用側の業務アプリを簡易的に構築するための「テスト用コンポーネント」を試作すると共に、中小企業のデジタル化・つながる化を支援する中小企業でも容易に実装が可能で安価な「業務アプリケーションのテンプレート」を開発する。

#### ・研究開発の内容と目標

製造データ取引のためのネットワーク基盤開発については、主要アーキテクチャーとなる、「連携サーバー」「辞書サーバー」「連携ターミナル」「連携マネージャー」の基本機能を完成させ、実証実験によってその有効性を検証する。

普及に向けては、連携サーバーと辞書サーバーの連携を強化によるパフォーマンス向上、わかりやすさと操作性の向上、中小企業でも容易に実装可能なテンプレート開発等を実施する。

最終的には、商用での利用を前提として、サービスメニューやサポート体制の確立し、CIOFサービスのサポートやメンテナンスをマニュアル化し、IVIへ移管する。

#### ・連携ターミナルの開発

連携ターミナルを経由して外部と接続することで、エッジ内部のセキュリティ管理を強化することを目的として、不正なアクセスを遮断する機能や、エッジ内部の各ハードウェア、ソフトウェア等の認証機能など、よりセキュリティレベルの向上につながる機能を拡充する。

#### ・連携サーバーの開発

将来的な履歴データなどの改ざんの検知検視等も視野に、インターネット上に分散型アーキテクチャーとして実装可能とすることを目的として、セキュリティ認証やその他の対策などにより連携サーバーの信頼性を高め、サーバーの保守管理のマニュアル等を充実させる。

#### ・辞書サーバーの開発

複数の共通辞書、個別辞書が、全体を管理するIVIが個別に対応することなく、各エッジサイドの自律的な管理によりスケールアップできる構造とすることを目的として、辞書コンテンツのボリュームが大きくなり、辞書内容がひとが判断して選択できる範囲を超える場合に、あらかじめインデックス等の技術を用いることでユーザー側に辞書管理を容易とする機能を実装する。

#### ・連携マネージャーの開発

データ取引の各ステージに対応して担当するユーザーが、自然な流れでデータを設定でき、取引が活性化するような仕掛け構築を目的として、新規取引時のマッチング機能を実装する。マッチング機能では、取引相手が提供可能なデータの詳細は、利用者側のデータ利用サービス等を照会することで、より信頼性の高いデータ取引を可能とする。

#### ・コントローラ用プラグインの開発

製造業オープン連携フレームワークに対応したデータ取引を活用した実証実験を行うにあたって、データの生成側あるいはデータの利用側の業務アプリを簡易的に構築するための汎用ローカルコンポーネントの仕様を検討する。

#### ・連携アプリ用テンプレートの開発

中小企業でも容易に実装が可能で安価な業務アプリケーションのテンプレートを開発し、無償で提供することで、中小企業のデジタル化、つながる化を支援する。

### 3-2-3-4-8-3. 研究開発の成果

製造データ取引のためのネットワーク基盤開発については製造業における価値あるデータを相互に流通させるためのデータ流通基盤を開発することを目標として、3年間開発を進めた。そ



の間、事業環境は大きく変わり、特にコロナ禍による影響で、製造業のデジタル化やつながる化に対する意識が高まってきた。ただし、その一方、企業間でのデータ交換のために契約を締結するという習慣がこれまでにない。本開発では、こうした新しい価値創造のためのしくみ作りというチャレンジに対して、まずは確実に動作し機能するという要求はもちろんのこと、より分かりやすく平易に操作でき、中小企業でも利用可能なしくみとすることができた。これにより、当初の目論見通り、製造業におけるデータ流通のためのツールとして今後も事業展開できると結論づけることができる。

#### ・連携ターミナルの開発

連携ターミナルの API を最終リリース版として機能検証し、開発者向けのドキュメント等を整備した。また、エンドユーザとなる各工場や事業所においてインストールを容易にし、日々の運用の負荷を低減するために、ランチャーソフトを開発し Windows 用と Raspberry Pi 用をリリースした。

連携ターミナルは、プロジェクトメンバーが開発するコントローラとのインターフェースを API として提供する。API は以下の仕様とした。

表：連携ターミナルの API 仕様

No	接続アドレス	内容	メソッド
1	/hct/api/v2/controller	コントローラの状態を通知します	PUT
2	/hct/api/v2/service_implementations	サービス実装の内容を取得します	GET
3	/hct/api/v2/service_implementations	サービス実装の状態を通知します	PUT
4	/hct/api/v2/data_implementations	データ実装の内容を取得します	GET
5	/hct/api/v2/data_implementations	データ実装の状態を通知します	PUT
6	/hct/api/v2/trade_contracts	取引契約の内容を取得します	GET
7	/hct/api/v2/calendars	カレンダーの内容を取得します	GET
8	/hct/api/v2/messages	取引データを取得します	GET
9	/hct/api/v2/messages	取引データを送信します	POST
10	/hct/api/v2/requests	リクエストパラメータを取得します	GET
11	/hct/api/v2/requests	リクエストパラメータを送信します	POST
12	/hct/api/v2/service_record	サービス記録を通知します	POST

#### ・連携サーバーの開発

連携サーバーおよび統括サーバーを階層化した形で管理し、事業者、ユーザーの登録および変更などをセキュリティを高めた上で操作可能であることを確認した。連携サーバーについては、外部のセキュリティ専門会社と連携し、指摘事項に対応する形でセキュリティレベルを向上させた。開発した CIOF アーキテクチャーでは、分散管理を有効とするために、それぞれの階層における対象世界を以下のような ID を用いた方式とした。

階層ごとの ID	説明
標準グローバルコード	あらゆる世界でユニークな ID は、理論的には存在しないが、特定の分野や標準などを指定することで、一意に定めることは可能となる。CIOF では、CIOF 世界でのユニーク ID と、こうした外部のグローバル ID とを対応づけることで、あらゆる外部のシステムとつなげる。
CIOF 世界内のユニーク ID	CIOF は異なる事業者が管理するプラットフォームをつなげる分散システムとし、それぞれのプラットフォームが自律的に機能するような共通的な ID 管理は必要最小限定義した。ドメイン ID、事業者 ID、サイト ID、ユーザー ID がある。
ドメイン内のユニーク ID	ドメイン内、つまり複数の事業者が参加するひとつのプラットフォームは共通の ID で管理される。これらは連携サーバーが担当する。1つのドメインに属するサイトやコントローラは、他のドメインでは別途 ID を取得する必要がある。
コントローラ内部の管理 ID	エッジ内部でローカルな ID は、エッジコントローラ内部でユニークであればよい。したがって、CIOF が管理する ID とは別に、独自に発行し管理することとした。コントローラは、CIOF が管理する ID と、この独自の内部 ID との対応づけを行う。
サービス固有の ID	現場において実際に利用されるさまざまなアセットは、それぞれのメーカーやサービス提供者が設定した独自の ID が設定される。こうした ID は、コントローラ内部の管理 ID として、そのまま利用する。

連携サーバーは連携ターミナル間のデータ連携を仲介する。また、本プロジェクトの実証実験では、複数の連携サーバーを用いてユースケースは実施しなかったが、連携サーバー間でのデータの交換も合わせて行う。システム全体のアーキテクチャーは以下の図の通りとした。

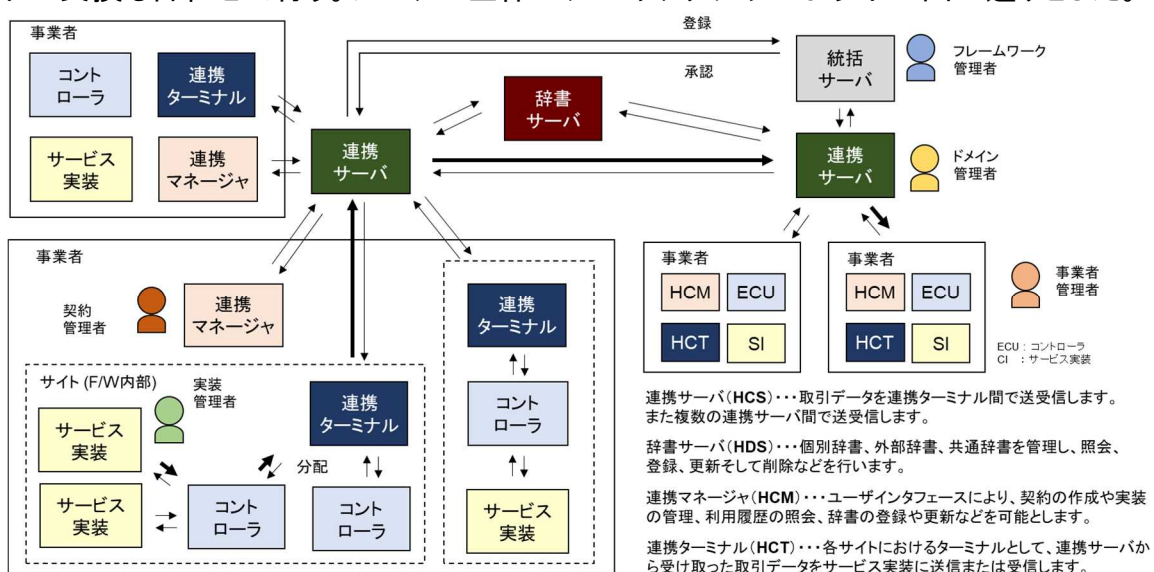


図 3-4-16. システムアーキテクチャー

### 3-2-1-8-3-3. 辞書サーバーの開発

辞書サーバーにおいて、共通辞書、個別辞書、外部辞書の機能を実装し、これらをプラットフォーム企業やコンポーネント企業が利用可能とするために外部インタフェースを合わせて開発した。また、実践的な辞書として PSLX 共通辞書を定義し、具体的な運用を開始した。

辞書サーバーでは、共通辞書、外部辞書、個別辞書を登録可能とした。以下の表に辞書を定義するためのスキーマ構成を示す。

表: 辞書定義のためのスキーマ構成

項目名	スキーマ名	説明
辞書ヘッダ	dictionary	辞書を定義します。
カテゴリ	category	分類のためのカテゴリです。
サービス構成カテゴリ	service_component_category	サービスのカテゴリを定義します。
データ構成カテゴリ	data_component_category	データのカテゴリを定義します。
データ構成モデル	data_component_model	データを定義します。
データ項目定義	date_property_definition	データがもつ項目を示します。
サービス構成モデル	service_component_model	サービスを定義します。
プロセス構成モデル	process_component_model	サービスがもつプロセスを示します。
プロセス手順定義	process_operation	プロセスの詳細手順を示します。
データ連結モデル	data_relation_model	データ間の連結関係を示します。
データ項目連結モデル	data_property_relation_model	データ項目間の関係を示します。
データ変換マップ	data_translation_map	データの辞書間の関係を示します。
データ項目変換マップ	data_property_translation_map	項目の辞書間の関係を示します。
サービス変換マップ	service_translation_map	サービスの辞書間の関係を示します。

#### ・連携マネージャーの開発

連携マネージャーの操作性を大幅に高めるとともに、辞書登録、実装登録、そして契約作成と取引結果の照会に至るすべてのワークフローを再点検し、操作上の違和感や理解が困難な点を総点検した。また、初心者が操作する場合の簡単なガイドとなる画面フローを追加した。

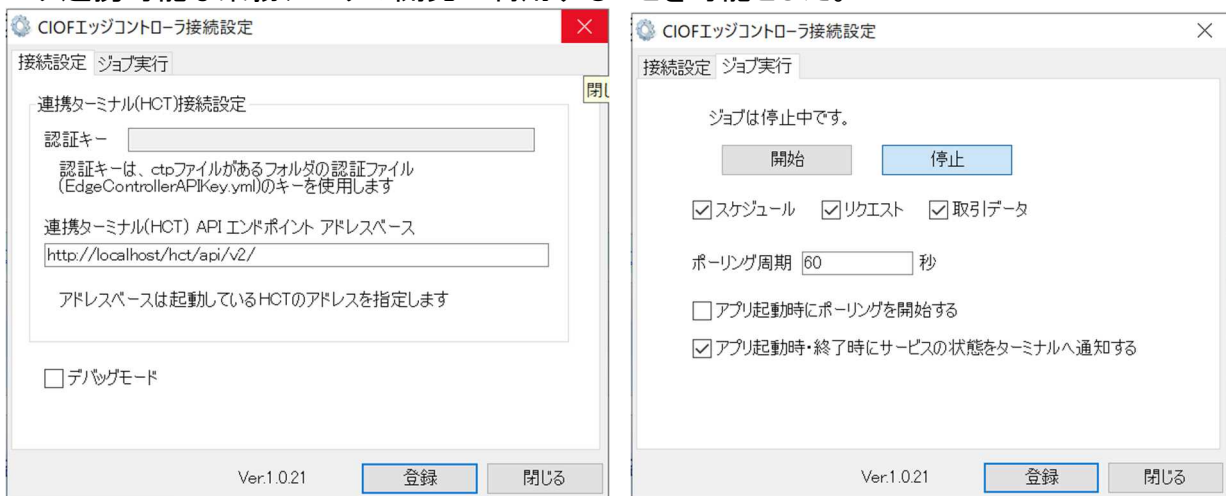
以下の図は、連携マネージャーの操作画面である。操作手順については、300 ページからなる操作手順書を作成し公開した。



### ・コントローラ用プラグインの開発

コンテキサーを用いて開発した業務アプリが連携ターミナルと通信し CIOF 上でデータの送受信ができるようにするためのプラグインを開発した。基本的なデータの送信、受信とあわせて、リクエストによる個別要求に対応したデータ提供や削除、そして利用報告などすべての機能の利用を可能とした。

コンテキサーでは、以下のような画面により、プラグインの機能を設定可能とした。コンテキサーは CIOF におけるコントローラとして定義され、業務アプリがひとつのサービス実装となる。このプラグインにより、ノーコード開発ツールとしてのコンテキサーの機能を、CIOF によってデータ連携可能な業務アプリの開発に利用することを可能とした。



## ・連携アプリ用テンプレートの開発

CIOF を活用した業務アプリの開発を容易にするためのテンプレートとして、中小製造業でよく利用される業務を選び、それらを統合的に管理することが可能なテンプレートを開発した。また、開発したテンプレートをベースに実際の中小製造業にて実証実験を行い、その効果を検証した。

以下に連携アプリ用テンプレートの画面を示す。ここでは、中小製造業が一般的に利用可能な機能として、受注一覧、工程展開、生産手配、内示管理、在庫管理、工程進捗、仕入管理、仕入手配、そして受注管理を用意した。これらは、すべて CIOF により、企業間でデータ連携可能であることを確認した。



実証実験として、中小製造業の連携をテーマとして、実際に業務を行っている2組の企業を対象として CIOF の適用を試みた。一例目では、医療機器製造を行う武州工業株式会社とその材料メーカーとの連携を調査し適用した。二例目は、板金製品を製造する今野製作所とサプライヤーであるエー・アイ・エスとのデータ連携を実装した。結果として、大きく以下4点の成果が上げられた。

- ✓ 現在利用しているシステムの操作感や業務フローを変更せずとも、連携発注の仕組みを構築できることが好評である旨のコメントを頂けた。
- ✓ CIOF を利用することで、データの書き換えや改竄の心配のない、安心・安全のデータ連携を実現することができた。
- ✓ 工程進捗のデータ連携は、事前の契約でオープンにする工程の粒度を決められるので、機密保持やノウハウ流出に対する不安の払拭が可能となった。
- ✓ 複数企業の現場と現場がつながる工程進捗情報の共有は、納期管理上、大きな武器になるとのコメントを頂けた。

### 3-2-3-5. 建設業界特化型の各種データ収集型連携基盤と独自与信システムの開発 (実施先: 株式会社ランドデータバンク)

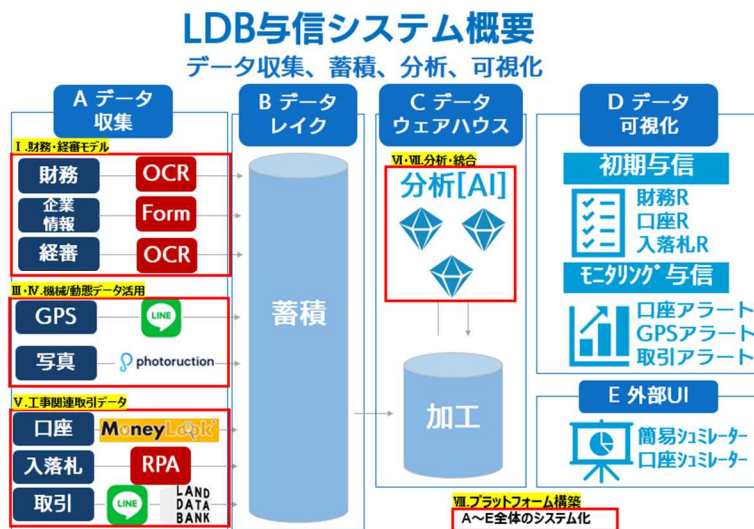
#### 3-2-3-5-1. 研究開発の概要と実施計画

我が国の建設投資額は微増の状況にある。しかし、その一方で、労働力不足に加え、ICT化が遅れた事業環境などにより、中小規模の建設事業者における生産性の向上、それを支える財務体質の改善が課題となっている。また、建設事業者は資本金1億円未満の事業者が全体の99.6%を占めていること、元請企業のもと、1次、2次の下請企業から形成される重層下請構造となっていること、完工後に施主等から全ての支払が行われる慣行になっていることなど、資金不足や資金調達に柔軟性がないことも、中小建設事業者の経営課題になっている。

そこで、これまで個社での利用に留まっている建設現場や業界特有のデータを包括的に統合し、機械学習にて課題解決に資するかソリューションを提供するAIを開発することで、売り手(建設資材会社や1次2次下請け建設会社)による買い手(元請け建設会社)間の与信審査や管理に関するリスク評価業務の負担軽減、債権回収リスクの低減に繋げる。

#### 3-2-3-5-2. 研究開発の内容と目標

従来の金融機関による一般的な財務データによる与信ではなく、建設業界に特化した要素や日常の業務が生み出す3大データ(建機データ、受発注取引データ、現場作業員データ)を積極的に活用した、建設業界に特化した与信モデルを構築した。また、上記記載の各種データ活用において、財務データに加えて、建設業界の様々な情報を蓄積するためのプラットフォームを構築した。具体的なシステムの全体像は右図の通り。



事業項目	2020年度		2021年度			
	第3 四半期	第4 四半期	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期
初期与信モデル改善	←	←	←	←	←	←
①プロト版財務・経審モデルチューニング	←	→				
途上与信モデルの基礎研究	←	←	←	←	←	←
②机上検討	←	←	←	←	←	←
③機械等IoTデータ活用与信基礎研究(モノのデータ)	←	→				
④その他動態情報与信基礎研究(ヒト、工程管理のデータ)	←	→				
⑤工事関連取引データ与信基礎研究(カネのデータ)	←	→				
⑥発注者と元請間のトラブル予測モデル				→		
モデル統合	←	←	←	←	←	←
⑦初期与信モデルと途上与信モデルの統合	←	→				
プラットフォーム開発	←	←	←	←	←	←
⑧LDB与信プラットフォーム構築	←	→				

【研究開発の内容(①プロト版財務・経審モデルチューニング)】

財務モデルおよび経営事項審査モデルを作成し、実用に十分な精度を確保する。

【目標】

- 1) 倒産推定確率(AUC)財務:90%、経審 75%

【研究開発の内容(②机上検討)】

「データ入手可能性」「証拠力の高さ」「与信情報との相関性」等を分析し、与信モデルを開発上での重要項目を検討する。

【目標】

- 2) 実証実験の対象範囲の絞りこみ

【研究開発の内容(③機械等IoTデータ活用与信基礎研究(モノのデータ))】

機械等IoTデータを活用したモデルの開発を検討する。

【目標】

- 3) 4個程度のIoTデバイスによるソースの抽出と実証

【研究開発の内容(④その他動態情報与信基礎研究(ヒト、工程管理のデータ))】

ヒトや工事の工程管理に関するアプリから、与信に関する情報の抽出を検討する。

【目標】

- 4) 実用可能性の高い工程管理アプリの抽出と実証

【研究開発の内容(⑤工事関連取引データ与信基礎研究(カネのデータ))】

工事に関する入札、支払い等に関する取引データからの与信モデルを作成する。

## 【目標】

5) 機労材取引データの内、有用な取引種類の1つが抽出されている

## 【研究開発の内容(⑥発注者と元請間のトラブル予測モデル)】

財務以外の非財務的な企業情報を用いることで、企業の属性情報だけで信用リスクを評価するモデルを検討する。

## 【目標】

6) トラブル予測について民間発注者でも理解可能なデータ提供機能の構築

## 【研究開発の内容(⑦初期与信モデルと途上与信モデルの統合)】

初期与信と途上与信を統合し、リアルタイムでの現在の施工会社の与信力を定量化、および妥当性を評価する。

## 【目標】

7) 初期/途上与信の統合による施工会社の与信力定量化と妥当性の評価

## 【研究開発の内容(⑧LDB 与信プラットフォーム構築)】

以上の①～⑦の成果により全体のシステム化を行う。

## 【目標】

8) ①～⑦による研究開発のシステム化

### 3-2-3-5-3. 研究開発の成果

事業全体での目標としていた「これまでの一般的な財務データだけでなく、建設業特有のデータを活用することで得られた新たなアルゴリズムも含めた統合与信モデルが実用に結びつく可能性があることの実証する」ことについて、建設業特有のデータを活用して実用可能な統合与信モデルの開発を行うことができた。また、「当社が本事業を通じて収集・分析をする情報を応用することで、民間発注者でも理解可能なデータ提供機能」という目標に対しても、問題なくシステムの構築を完了できた。

なお、新型コロナ蔓延の影響により、データ取得が難航した側面はあったものの、概ね当初想定していた各目標を達成することができた。(「③機械等 IoT データ活用与信基礎研究」は代替案として「④その他動態情報与信基礎研究」に包含して研究を継続)

## 【成果】

- 1) モデルの課題改善と新規データの取り込みによる機械学習の精度向上を追求し、財務:88%、経審:85%を達成した。財務単体では目標精度に僅かに到達していないが、2つのモデルの平均では当初の目標を上回ることができた。
- 2) 途上与信(含む初期与信)に資する対象データを網羅的に検討することで、モデル開発の設計方針を明確化した。



- 3) カメラやドローン、フリーデバイスによるデータ取得の可能性を検討した。その中から選定したデバイスについて、実際にトライアルを実施し、工事現場での十分なデータ収集性を確認した。しかし、コロナ禍での工事現場への立ち入り制限により、本格的なデータ取得まで至らなかった。そこで、代替手段を検討し、現場の人の動きを示す GPS 情報からも当初の目標を達成できることを突き止め、(④ヒト、工程管理のデータ)と合わせて同時に研究を進める。
- 4) コロナ禍の状況において、IoT データ取得が難航。工事現場の人の動きを示す GPS 情報からも、倒産率の関連性を実証できることから、以下④(ヒト、工程管理のデータ)と合わせて同時に研究を進める。
- 5) 工程管理アプリからデータを抽出するよりも、GPS 情報を独自に取得・販売している会社からデータを購入することでより精度の高い研究が行えると判断。GPS データの解析により、ある工事現場において、工事期間内の人数の推移を観測することができ、工事実態の把握において、GPS 情報が有効な手段になることを実証できた。
- 6) 入落札情報、銀行口座情報を解析することで有用な与信情報を得られることが分かった。また、入落札情報について、AUC 66%のモデルも完成した。銀行口座情報について、AUC 79%のモデルも完成した。また、受発注や請求などの取引データを取得/解析してモデル精度を高めるため、建設業向けの受発注や出来高管理を行う環境を構築できた。
- 7) AUC71%程度で企業情報を基に倒産リスクを推測するモデルを開発できた。また、与信の内容や与信の結果を、外部機関も簡便に確認できるような形として提供するためのシステム化を行った。
- 8) 財務モデル、企業情報モデル、銀行口座モデル、経審モデル、入落札モデルを組み合わせによる統合モデルを構築した。また、外部指標との突合を行い、妥当性を確認できた。
- 9) 当初の予定通り①～⑦の研究開発成果のシステム化を行うことができた

### 3-2-3-6. コンボリューショナルデータを活用したバイオ生産マネジメント

(実施先: 株式会社ちとせ研究所)

#### 3-2-3-6-1. 業界共用データ基盤の開発

##### 3-2-3-6-1-1. 研究開発の概要と実施計画

微生物を培養する培養技術を向上させるために、従来バイオ生産現場では活用されていない複数のセンサを組み合わせ、微生物培養系中の状態をあらゆる角度から(光学的、電気化学的、力学的、化学的に)、リアルタイム且つ詳細に記述できるコンボリューショナルデータを収集する。取得されたデータは、バイオ生産プロセスエンジニアもデータサイエンティストも使用する。通常、バイオ生産プロセスエンジニアが扱いやすいデータセット(実験ノートのようなもの)を、学習用データセットに変換するには大きな手間がかかる。一方、学習用プログラムに学習させることだけに特化した場合、バイオ生産プロセスエンジニアには開けない形式にもなり得る。我々は、データサイエンティストにとって使いやすい形式であり且つバイオ生産プロセスエンジニアでもごく簡単な処理によって理解できるデータ形式で出力可能な共用データ基盤を整備することを目指した。

##### 3-2-3-6-1-2. 研究開発の内容と目標

通常バイオ生産現場では、温度、pH、溶存酸素、排気 CO<sub>2</sub>、排気 O<sub>2</sub> (場合によって酸化還元電位:ORP)など、培養する上で重要であることが明らかなデータを取得している。我々は、これらに加えて光学系、電気系、化学系の従来活用されてこなかったセンサデータを取得する。いずれもバイオ生産プロセスへの適用実績のないセンサを導入することから、その 100%動作を保証するデータ取得基盤を開発することを目標として設定した。

従来の培養データ取得から格納までのシステムは、バイオ生産プロセスエンジニアがデータを整理するために都合の良いシステムとなっている。一方、今回開発するデータ基盤は、下記の要件を満たす必要があり、これまでにバイオ生産プロセスへの適用実績はないことから、そのシステム化とシステムエラー絶無を目標として設定した。

以下、2019 年～2021 年までの3カ年において実施する研究開発項目と目標について記載する。

#### <2019 年度>

##### 【5 原理以上のデータ取得デバイスの試作】

##### 【目標】

5 原理以上のデータ取得基盤 100%動作

微生物による物質生産では、不均一な原料を微生物に変換させる。その培養中の挙動を網羅的に解析するために、LC-MS/MS などを活用したメタボローム解析(網羅的代謝物解析)を実施することもある。メタボローム解析では数百種類の代謝物の増減を網羅的に解析するが、1 検体のデータ取得に数万円の費用がかかることから、学習用の時系列データとして LC-MS/MS のデータを活用することは現実的ではない。そこで、培養系内を連続的に非侵襲・非

破壊で測定可能な複数種類のデバイスを組み合わせることで、機械学習に適した連続測定可能な多変量データを取得するシステムを構築する。

具体的には、光学系では、C-H や N-H、O-H 結合が関与する振動モードが多く現れる近赤外分光法、赤外分光法では検出が困難な S-S や C-C 結合に関する情報が得られるラマン分光法、特定波長の励起光源に対して蛍光を発する化合物を検出できる蛍光分光分析を中心に検討する。電気化学系としては、既存の酸化還元電位センサ(ORP センサ)では得られなかった酸化還元反応の情報を取得するために、一般的 ORP センサに用いられる白金電極に加えて、複数種類の導電体を活用したマルチ ORP センサを開発している。電極種によって電極表面で起こる酸化還元反応は異なることから、開発中のセンサは、従来の白金電極のみでは得られなかった情報を取得することができる。電極種の種類や本数を検討し、機械学習に適した多変量データとなる組合せを検討する。さらに、揮発性成分(匂い)の情報を多角的に得るために、多種の分子種に応答する匂い感応膜センサおよび VOC センサを検討する。また、培養の状態を振動で捉えるために、音響センサも検討する。さらに、これら培養系をマクロに計測する系に加えて、バイオ生産過程の微生物の生理状態を 1 細胞レベルで可視化することができる CalMorph(微生物細胞情報として微生物形態を含む多数のパラメーターによって微生物の生理状態を評価する解析ソフトウェア) と細胞ラマン分光装置の多変量データを取り入れた新しいこれまでにないレベルの多角的なセンシングシステムを構築する。

試作したデバイスについて、同デバイスの取り扱いに関する契約を締結した参画企業においてユーザビリティ評価を実施する。

## 【各デバイスからサーバへのデータ格納自動化システムの開発】

### 【目標】

データ格納までのシステムエラー率 5%以下

2019 年度に試作するデバイスは、それぞれ独立したデータ取得システムとなっていることから、複数種類の取得データをその後の解析に用いるために、解析用サーバに自動的に格納・統合するシステムを開発する必要がある。

この時、タイムスタンプを合わせること、欠損データを適切に補うこと、統一フォーマットでサーバに格納されることなどがシステムの要件となる。

なお、この時点では、センサデータがサーバの指定フォルダに一定時間間隔毎に格納されることを目指す。

導入するセンサは 100%動作を保証するデータ取得基盤であることが重要であるため、データ取得を通して、システムエラーやヒューマンエラーが起きた場合にはその原因を精査し、デバイスシステムの改良や動作マニュアルの更新を実施していく。

従来の培養データ取得から格納までの基盤システムは、バイオ生産プロセスエンジニアがデータを整理するために都合の良いシステムとなっている。今回開発するシステムは、データサイエンティストも扱いやすく、予測モデルへ直接入力でき、複数事業者間で共有可能なシス

テムである必要がある。そのため、取得したデータを下記要件を満たしたデータセットとして前処理し、格納する共用データ基盤システムを開発する。

- 予測モデルを作成する学習用プログラムへの導入(データサイエンティスト用)
- 格納したデータの指定形式での出力(バイオ生産プロセスエンジニア用)
- 予測モデルへの直接の入力(AIシステム用)
- 各データの複数事業者間での共有

各データの複数事業者間での共有については、参画機関より提供された培養データ(産業用微生物が提供された場合には、ちとせ研究所で取得した培養データ)について、統一フォーマットで事業者間共有が円滑になされることについてのユーザビリティ評価を実施する。なお、このシステム化とシステムエラー絶無を最終目標として、より詳細な要件定義については事業期間中随時検討を行なっていく。

<2020 年度>

【デバイスの取捨・改良・追加】

【目標】

7 原理以上のデータ取得基盤 100%動作

2019 年度に試作したデバイスでの検討結果を踏まえ、デバイスを改良するとともに、良好な結果が得られたデバイスについては、培養器と合わせて増設する。費用対効果を見込めないデバイスについては、以降実装を見送る。

なお、光学系では、テラヘルツ分光や光導波路分光、分布型光ファイバーセンサ、電気化学系や匂いセンサ系では、それまでに検討していない電極や感応膜を新たに実装し、それぞれ 100 次元程度の並列データ取得系にまで拡張する可能性がある。

生命現象をより詳細に記述できるデータを AI に学習させることで既存の予測モデルの精度の向上や新規の予測モデルの作成が期待されるため、実装するデバイスの取捨選択は継続する。

2019 年度中に、データ取得が不安定なプローブ型小型分光器については、検出部及び計測部を見直した。また、機器(原理 E)については、より安価な計測器(原理 E)へ切り替えた。このように費用対効果を見ながら随時見直しを実施してきた。

光学機器(原理 G)に関してはデバイス購入が必要となるため、ちとせ研究所での検討を中止する。ユーザー企業候補である参画企業にて、本事業のために民間投資により光学機器(原理 G)を導入しており、その検討結果を待って検討継続か終了の判断をする。

センシングデバイスの数が少なく再現性評価や解析検討をするためには検討回数が現時点では十分でない匂い感応膜センサと FFT 振動モジュールに関しては、引き続き検討を実施する。計測器(原理 H)は 2020 年 11 月まで、計測機器(原理 I)については 2020 年 7 月までに蓄積したデータで、効果検証し、効果が認められないと判断できた時点で運用を中止するなどの見直しを実施していく。

なお、光学機器(原理 A)や光学機器(原理 B)、計測器(原理 C)、計測器(原理 D)、計測器(原理 E)、光学機器(原理 F)は、2019 年度の検討の結果、有効性が確認できたため、実装評価へと移行する。光学機器(原理 F)と計測器(原理 C)に関しては検討項目の拡大も並行して進めている。上記効果が認められないセンシングデバイスがあった場合、その導入予定の予算分で導入可能な実装評価中のセンシングデバイスを追加し、実装評価のデータ数を増やすなどの見直しを実施していく。増設したセンサーデバイスの効果検証は引き続き実施し、効果が認められたもののみ実装評価へ進める。

改良・追加したデバイスについて、同デバイスの取り扱いに関する契約を締結した参画企業においてユーザビリティ評価を実施する。

### 【各デバイスからサーバへのデータ格納自動化およびリアルタイム化システムの開発・改良】

#### 【目標】

共用データ基盤のシステムエラー率 1%以下(本目標は下記、「参画機関への共用データ基盤実装」と共通)

各デバイスから定期的を取得されるデータをリアルタイムにサーバに送信・統合・保存するためのシステムを開発する。2019 年度時点では、培養中リアルタイムにファイルを同期するシステムとしていたが、2020 年度は、リアルタイムに取得データをサーバに送信、統合し、予測モデルへの入力値として使用する。各デバイスでデータの取得間隔や既存のフォーマットが異なることから、各デバイスで異なるプログラム作成が必要となる。また、リアルタイム予測をするためには遅延や欠損なくデータがサーバに転送されることが重要であると共に、遅延や欠損に対してフェイルセーフの観点からリカバーをするシステムの構築をする必要がある。

取得したデータがリアルタイム且つ自動的にサーバに格納され、複数デバイス由来のデータセットを予測モデルの入力値として活用できることが、共用データ基盤の要件となる。

### 【参画機関への共用データ基盤実装】

#### 【目標】

共用データ基盤のシステムエラー率 1%以下(本目標は上記、「各デバイスからサーバへのデータ格納自動化およびリアルタイム化システムの開発・改良」と共通)

開発した共用データ基盤と同一仕様のデータ基盤を参画機関へ実装する。コンボリューショナルデータを取得するデバイスの仕様は揃えることができるが、各社で使用する培養器の仕様が異なることから、培養器から得られるデータとデバイスから得られるデータを統合するためのシステム設計をカスタムする必要がある。また、詳細な要件は参画機関の培養環境や通信環境に応じて異なる可能性が高い。そのため、2020 年度は参画機関と共用データ基盤の詳細な要件定義をすることから始める。

また、これまで各社独自の培養方法で運用しているため、統一したデータ基盤を構築する必要がある。基礎となる共用データ基盤をもとに各参画機関とのヒアリング内容を反映させ、常に共用データ基盤をアップデートさせる体制を進めていく。

共用データ基盤の実装が完了した参画機関においては、そのユーザビリティ評価を実施する。

現在本取り組みのメンバーでもあり、ユーザー企業候補である、複数の参画企業の担当者とは、個別に訪問し、打ち合わせを行ってきたが、2020年度は、さらに頻度を増やし(3カ月に一度程度を目安)、事業の進捗等のディスカッションを重ねていく予定である。

その際には、実際に使用するユーザー側での研究担当者だけでなく、各企業の決裁権をもつ担当者とも議論するような事業推進型の会議を開催する。また、当社の培養担当の研究員やAI開発担当の研究員も同席し、各ユーザー企業の事業上の要望に応じて、システム設計やモデル設計を変更するなど、フィードバックを行いながら、事業を進めていくこととする。

## <2021年度>

### 【追加デバイスの試作・改良】

引き続き、試作したデバイスでの検討結果を踏まえ、デバイスを改良するとともに、良好な結果が得られたデバイスについては、培養器と合わせて増設する。また、試作機から安価で汎用性のある実装機への改良も進めていく。

データを取得するシステムにおいて、マシン負荷が大きい、使い勝手が悪いなどの課題が見られた場合、データのレイテンシの発生や測定誤差の増加などの問題が生じる可能性がある。そのため、それらを改善するためのシステム開発を実施する。また、できる限り統一したインターフェースで、複数のデバイスを操作できるようにすることによる利便性向上も目指す。

デバイスの発展は日進月歩であり、それまでに検討していないデバイスの新規実装も継続を検討している。

改良・追加したデバイスについて、同デバイスの取り扱いに関する契約を締結した参画企業においてユーザビリティ評価を実施する。

### 【各デバイスからサーバへのデータ格納の自動化およびリアルタイム化システムの改良】

#### 【目標】

予測値のリアルタイム出力(100%)

引き続き、リアルタイムにデータを格納し、予測モデルへの入力値として使用するためのシステム開発を継続する。また、ユーザビリティ評価結果も踏まえ、安定性と利便性向上に努める。

新規デバイスの追加、データ取得システムの仕様変更などに合わせて、デバイスからサーバへのデータ格納システムも改良する。

格納されたデータの表示・検索についても、データサイエンティスト及びバイオ生産プロセスエンジニアの両者にとって利便性の高いシステムになるよう改良を加える。

### 【参画機関における共用データ基盤実装評価】

開発した共用データ基盤と同一仕様のデータ基盤を参画機関に実装し、ユーザビリティ評価に供する。顧客(ユーザー)候補となる参画機関の技術者に実際に使用していただくことで、より利便性の高いシステムへと洗練するための課題を抽出し、その後の開発に活かす。また、実装評価を通じて、その後のサービス提供に関わる諸条件を取り決め、開発期間終了後速やかに事業として立ち上げ、サービスを提供できる体制を整える。

### 【新たに追加したデータ取得基盤を適宜アップデートできる体制構築】

#### 【目標】

新たに追加したデータ取得基盤を適宜アップデートできる体制構築完了

開発する共用データ基盤は、本開発期間で開発が終了するというわけではなく、今後もさらに開発するために投資を継続する必要がある。顧客に納品後も適宜アップデートしつづけることをサービスとして提供し、対価を受け取ることにより、さらに開発を加速できる体制を構築する。

なお、デバイスのメンテナンスと合わせて現地を定期的に訪問し、システムをアップデートすると共に、それまでに取得したデータを回収し、ちとせ研究所内で、新たな予測モデルを作成する。予測モデルは、システムアップデート時に更新する。

### 3-2-3-6-1-3. 研究開発の成果

微生物による物質生産では、不均一な原料を元に微生物の代謝反応を利用して目的物質に変換させる。これまでは pH センサや DO センサなどの少ない培養情報と培養管理者の勘やノウハウを元に管理していたが、頭打ちの状態である。誰しものが管理でき、生産効率を高めるためには、培養中の挙動をリアルタイムかつ非侵襲に網羅的な解析ができるセンサを導入することが重要である。そこで 2019 年度では前記の条件を満たすものとして光学機器(原理 A・原理 B・原理 F・原理 G)・計測器(原理 C・原理 D・原理 E・原理 H・原理 I)の試作検討を実施した。その結果、pH センサ、DO センサ、排気ガスセンサといった既存のセンサと異なるパターンのデータを得ることができた。特に光学機器(原理 A・原理 B・原理 F)、計測器(原理 C・原理 D・原理 E)に関しては学習用データに用いるデータ取得デバイスであると評価でき、2019 年度の目標を達成した。

2020 年度は前年度に引きつづき、新規センサの開発を実施した。具体的には培養から出力される成分を取得する計測器(原理 J)の開発、前培養用計測器(原理 E)、培養液の状態をモニターする測定器(原理 K)の評価を実施した。長岡技大とニコンソリューションズ、東大のチームではリアルタイムに微生物の情報を取得するシステム(原理 L)を作製した。

2021 年度も前年度に引きつづきセンサの開発を進めた。21 年度はユーザーの評価を踏まえたセンサのユーザビリティの向上を目的とし、センサーの IoT 化など改良を進めた。長岡技大とニコンソリューションズ、東大のチームではリアルタイム微生物の情報を取得するシステム

の改良を実施した。同時に共有データ基盤の開発フローの整理を行い、共有データ基盤をアップデートできる体制を構築した。

## 【成果】

以下、年度毎に成果を記載する。

### <2019 年度>

#### 1) 5 原理以上のデータ取得デバイスの試作

2019 年度は光学機器(原理 A・原理 B・原理 F・原理 G)計測器(原理 C・原理 D・原理 E・原理 H・原理 I)のデータ取得デバイスの試作を実施した。さらに、完成した各種デバイスを用いて、測定が可能かの確認をした。また、いずれのセンサも測定したデータがデバイス管理用 PC に格納されることを確認した。

デバイスによっては、想定される真の値に対してノイズが混ざることがあり、そのままの状態ではデータ解析や AI の学習に使えないため、本事業ではノイズの影響を取り除くプログラムをデバイスごとに開発した。その結果、データ解析や AI の学習に足るデータを取得できるようになった。

実際にデータ解析や AI の学習を進めていくと、貢献度が高いパラメータは、わずかの違いでモデルを大きく変動させてしまうため、重要なパラメータに関しては特に精度よくデータ取得を行うことが重要であることが明らかになった。試作とデータ処理の検討が終了したセンサ類は参画企業と共同で実装評価を進めた。また、別の参画企業とは実装評価に向けたデバイスの選定と評価にかかわる議論を進めている。

長岡技大と東大はそれぞれ微生物の情報を取得を支援するデバイスの開発を実施した。酵母の ATCC24702 株の撮影を行い、それぞれ動作が良好であることが確認することができた。以降はこれらの仕組みを培養槽と結合するシステムを構築を目指す。

#### 2) 各デバイスからサーバへのデータ格納自動化システムの開発

各デバイスで取得されたデータはデバイス管理用 PC の中に蓄積されていく。データがデバイス管理用 PC に蓄積された状態では、データ解析や AI の学習・推論に用いることが難しい。そのため、これらのデータがスムーズにデータ解析や AI への入力に用いることができるよう、サーバへデータを自動的に格納するシステムを開発した。

具体的には各デバイスで取得したデータにタイムスタンプを付与し、欠損データの補完を行った上でファイルのフォーマットを CSV ファイルもしくはテキストファイルに変更した。

一方、デバイスによってはデータサイズが大きく、既存のネットワークではデータを格納するために時間がかかることが事業を進めていく中で明らかになった。そこで、高速通信が行えるよう社内ネットワーク環境を整備すると同時に、デバイス管理用 PC サイドでデータのチョップを行うことで、トランザクションあたりのデータサイズの削減を実施した。

また 2020 年度以降、上記のシステムをさらにブラッシュアップするため API やデータベース設計にかかわる要件定義を本年度、NRI システムテクノと共同で進めている。同様に、東大や



長岡技大で開発されたデバイスによって取得されたデータを共有する手法について、ちとせ研究所・長岡技大・東大・ニコンインステックの4者で議論し、データの共有手法を確立した。

## <2020 年度>

### 1) 7 原理以上のデータ取得基盤 100%動作

2019 年度に引き続き、培養槽から直接コンボリユーショナルデータを取得するデバイスとして計測器(原理 H・原理 I)の評価を継続した。計測器(原理 I)は培養との相関がみられないため評価を終了した。計測器(原理 H)に関しては特徴のあるデータ系列が見出されたため、計測・解析手法の改良を継続する。また、計測器(原理 C)の改良、培養から多様な情報が取得できる計測器(原理 J)の開発、前培養の状態を取得する計測器(原理 E)、培養液の状態をモニターする測定器(原理 K)の評価を実施した。長岡技大とニコンソリューションズ、東大のチームではリアルタイムに微生物の情報を取得するシステムを作製した。その結果、情報を抽出することに成功した。昨年度の実績である 6 原理のセンサに加えて、計測器(原理 K・原理 J)が新たに動作することが確認できたため、目標を達成した。

### 2) 共用データ基盤のシステムエラー率 1%以下

ちとせ・NRI システムテクノ・参画企業が共同で各デバイスからクラウド上にあるサーバにデータを自動的にアップロードするシステムの開発を実施した。開発においては上記が中心メンバーとして開発しつつ、他のコンソーシアム参画企業にもヒアリングを実施することで培養業界全体にとって有用なシステムにすることを目指している。リアルタイムにデータアップロードする機能は実際の培養データを用いてのアップロードテストを実施した。各種センサをつないだ複数の培養装置からデータのリアルタイムアップロードを行った。その結果全てのデータをクラウド上の DB に格納することができるようになり、AI モデルとの連携が容易になった。システムエラーが起こらなかったため、システムエラー率の目標を達成した。

同時にユーザーが培養データや予測値や最適制御入力をリアルタイムで一覧できるようにモニタリングアプリの開発を実施した。モニタリングアプリは上記データ格納システムと連携しており、ユーザーの効率的な実験をサポートする予定である。

## <2021 年度>

### 1) 予測値のリアルタイム出力(100%)

2021 年度は、参画企業での介入試験を通して、ソフトセンサの予測値がリアルタイム出力されるかどうかの検証を実施した。その結果、全検討条件・全試験バッチで培養期間を通じてリアルタイムで出力・記録することができた。そのため本目的は達成できたと考えられる。

### 2) 新たに追加したデータ取得基盤を適宜アップデートできる体制構築完了

CI 実装傘下の各参画機関はこれまで多くのデータ取得基盤(センサーデバイス)の開発・評価・改良を行ってきた。しかしながら、開発されたセンサーデバイスの数や各企業における導入済みセンサーデバイスの数が増えるにつれ、それらを適切に管理・アップデートさせていくことが大変になってきた。そこで本年度はセンサーデバイスの評価・実装していく手順について整

理を行い、適宜、適切にアップデートをさせていける体制の構築をした。このことにより、今後は新規に開発されるセンサーデバイスの数が増加したり、個別の企業に導入されているセンサーデバイスの数が増加しても適切に管理できることが期待される。

### 3-2-3-6-2. AI システムとしてのバイオ生産マネジメントシステムの開発

#### 3-2-3-6-2-1. 研究開発の概要と実施計画

培養中の現象を詳細に記述できるデータを学習し、介入すべきパラメーターの探索と見出されたパラメーターを評価するプログラムがセットになった学習用プログラムを開発する。開発した学習用プログラムをプロトタイプとして、世界中のバイオ生産現場で取得される培養データを集積し、より高度な予測を可能とする予測モデルを生成し続けることが可能なフレームワークを構築する。生成した予測モデルに、各バイオ生産現場で取得される培養データをリアルタイムに入力し、その場で介入すべきパラメーターを出力するバイオ生産マネジメントシステムを開発する。そして、生産現場のマネジメントシステムに実装された予測モデルをより高度化されたモデルへと定期的にアップデートできる体制を整える。

バイオ生産プロセスにおける介入可能なパラメーターとして、温度や pH、溶存酸素などがある。そこで通常はなされないレベルの細やかな調節がリアルタイムに実行できれば、バイオ生産のパフォーマンスは飛躍的に向上すると期待される。なお、将来的にはいわゆる自動運転を目指す。本PJにて開発するものは、予測モデルからの出力値に基づいてバイオ生産プロセスエンジニアが状況を判断し、実行に移すという形式を目指す。また、データ基盤およびAIシステムを安定的に運用することを重視し、小規模の培養設備にて出来る限り数多く培養を繰り返すことを優先する。

#### 3-2-3-6-2-2. 研究開発の内容と目標

我々が実現しようとしているAIシステムは、従来活用されてこなかったセンサデータを活用し、培養中の現象をより詳細に記述することにより、介入すべきパラメータの種類と内容をより精緻に推論できる予測モデルを実装する。バイオ生産プロセスエンジニアが参照できる予測値を出力するAIシステムを開発することを目標として設定した。

培養プロセスに、機械学習のシステムを適用した事例はいくつか報告されているが、SaaS型AIシステムとして、各バイオ生産現場でのバイオ生産マネジメントに資するAIシステムが社会実装されている事例は世界を見渡してもまだない。そのようなAIシステムについて、リアルタイムでのデータ入力から予測値出力までのシステムエラー絶無を目標として設定した。

なお、いずれのシステムも、目標達成以降も、さらなる高度化を目指して開発は継続する。そして、プロジェクト終了後も、民間資金を呼び込んで開発を加速するために必要なラインとして、数値目標を設定している。

以下、2019年～2021年までの3カ年において実施する研究開発項目と目標について記載する。

<2019年度>

## 【バイオ生産マネジメントに資する予測モデルの作成】

### 【目標】

予測モデル作成 1 つ以上 100%動作確認

バイオ生産をマネジメントするために、1. 目的生産物の最高到達濃度(titer)、2. 生産速度(production rate)、3. 収率(yield)が重要な指標となる(これらを最終目標とする)。また、それらを良好に保つためには、物質を生産する微生物の数に直結する成長速度や、物質生産に必要なエネルギーを生み出すために必要なエネルギー代謝、目的とする物質を生成する代謝系、不必要な物質を生成する代謝系などを最適化する必要がある(これらを中間目標とする)。また、最終目標や中間目標に影響を与えるパラメーター(介入可能なパラメーター)として、温度、pH、酸素供給、培地成分の濃度(炭素源の濃度、窒素源の濃度など)、初期の微生物の仕込み濃度などが挙げられる。ここでは、バイオ生産マネジメントに資する予測モデルとして、最終目標もしくはそれに影響を与える中間目標を最適化するためのパラメーターを目的変数、培養状態をリアルタイム且つ詳細に記述するデータを説明変数とした予測モデルを作成する。なお、説明変数に用いるデータには、従来バイオ生産現場では活用されてこなかった多角的なセンサデータも活用する。これらのデータを加えることで培養状態をより詳細に記述できる可能性がある。予測モデルの作成に関しては、バイオ生産に適した機械学習アルゴリズムの選択も重要である。一方、機械学習アルゴリズムは日進月歩で進化している。そのため最新の開発状況をウオッチし、バイオ生産に適した機械学習アルゴリズムの実装に取り組んでいく。

参画機関より提供された産業用微生物を用いてちとせ研究所で取得した培養データ(もしくは参画機関より提供された培養データ)を用いて生成した予測モデルについて、提供元の参画機関によりその妥当性評価を実施する。

## 【予測モデルからの予測値の出力と予測値に基づく介入試験の実施】

### 【目標】

予測モデル作成 1 つ以上 100%動作確認

作成した予測モデルを用いてシミュレーションを実施し、最適な培養条件として介入可能なパラメーターの制御値を予測値として出力する。出力された予測値に基づき、介入試験を実施し、予測モデルの実運用での精度を検証する。さらに介入試験時に得られたデータも学習用データとして、予測モデルの高度化に活用する。作成した予測モデルで実現可能な最高レベルのバイオ生産マネジメントを実現した後、培養中に添加する物質など段階的に介入するパラメーター数を増やし、より高度なバイオ生産マネジメントに資する予測モデル作成へと移行する。

<2020 年度>

## 【バイオ生産マネジメントに資する予測モデルの作成】

### 【目標】

予測モデル作成 2 つ以上 100%動作確認

介入試験などの実施や新規デバイスの追加などにより得られた追加データを用いて、より多くの介入可能なパラメーターを活用したバイオ生産マネジメントシステムに資する予測モデルを作成する。なお、ここでは2019年度中には適用していない目的変数や説明変数も設定する。より当てはまりの良いモデルの追加実装も検討する。コンボリユーショナルデータにはノイズ的な要素に加えて、多くの交絡因子も含まれることが想定される。そのため予測モデルを高度化するために、ドメイン知識を生かした統計的因果推論を実施することでデータの取捨選択と絞り込みを実施する。

#### 【予測モデルへリアルタイムに入力、予測値の出力】

##### 【目標】

予測モデル作成 2つ以上 100%動作確認

予測モデルからリアルタイムに予測値を出力するシステムを開発する。2019年度に開発する共用データ基盤では、デバイスから取得されたデータがリアルタイムにサーバへ格納される。よってここでは、リアルタイムに格納された測定データをリアルタイムに予測モデルに入力し、予測値を出力するシステムを開発する。本システムでは、非常に多くの独立したデバイスから同時にデータが格納されるため、一部データの格納の遅延や欠損が生じた場合などに、どのように対処するかがシステム設計のポイントとなる。

#### 【リアルタイムに出力される予測値に基づく介入試験の実施】

##### 【目標】

予測モデル作成 2つ以上 100%動作確認

リアルタイムに出力される予測値に基づく介入試験により、より緻密なバイオ生産マネジメントを実現する。なお、出力された予測値通りに制御値を変更するか否かは、バイオ生産プロセスエンジニアの判断を上位に位置づけることとし、自動的に制御値を変更する自動運転システムにはしない。参画機関より提供された産業用微生物を用いてちとせ研究所で取得した培養データ(もしくは参画機関より提供された培養データ)を用いて生成した予測モデルより生成した予測値に基づき実施した介入試験について、提供元の参画機関によりその妥当性評価を実施する。

#### 【参画機関へのバイオ生産マネジメントシステム(AIシステム)実装】

##### 【目標】

バイオ生産マネジメントシステムエラー率 1%以下

リアルタイムに出力される予測値に基づいて制御値を変更できるようにするバイオ生産マネジメントシステムの参画機関への実装を開始する。実装する予測モデルは、予め作成した参画

機関個社特有のモデルを適用する。参画機関ごとに特有のモデルを適用することで、対象となる培養に最適化された予測を実行することができる。

<2021 年度>

【リアルタイムに出力される予測値に基づく介入試験の実施】

【目標】

予測値のリアルタイム出力(100%)

リアルタイムに出力される予測値に基づく介入試験を継続する。改良された予測モデルを活用し、複数種類の培養制御パラメーターの設定値を同時かつ高頻度に微調整することで、より高度なバイオ生産マネジメントの実現を目指す。また、同時に開始する複数台の培養器を独立してマネジメントするプロセスの実現も目指す。

【参画機関におけるバイオ生産マネジメントシステム(AI システム)実装評価】

【目標】

予測値のリアルタイム出力(100%)

参画機関のバイオ生産現場に実装したリアルタイムに出力される予測値に基づいて制御値を変更するまでの一連のバイオ生産マネジメントシステムのユーザビリティ評価を行う。顧客(ユーザー)候補と関わる参画機関の技術者に実際に使用していただくことで、より利便性の高いシステムへと洗練するための課題を抽出し、その後の開発に活かす。また、実装評価を通じて、その後のサービス提供に関わる諸条件を取り決め、開発期間終了後速やかに事業としてサービスを提供できる体制を整える。

【新たに追加した予測モデルを適宜アップデートできる体制構築】

【目標】

新たに追加した予測モデルを適宜アップデートできる体制構築完了

システム実装先には、デバイス及びサーバーのメンテナンスのために、定期的に訪問する。訪問時には、予測モデルも適宜アップデートすると共に、それまでに取得されたデータは回収し、さらなる予測モデルの高度化のために活用する。予測モデルのアップデートをサービスとして提供し、その対価を受け取ることにより、バイオ生産マネジメントシステムの開発が加速できる体制を構築する。

### 3-2-3-6-2-3. 研究開発の成果

AI がセンサから得たデータを学習・推論に用いるためには、データがセンサ制御用 PC

からサーバにリアルタイムに格納される必要がある。そこで2019年度はセンサデバイスごとにデータを整形・分割して格納するシステムを構築した。同時にデータ格納に遅延が生じないように、高速イントラネットをちとせ研究所内に構築した。構築したシステムが想定通りの動作をするかオーバーナイトでのデータ転送試験を実施したところ、目標としていたシステムエラー率5%以下を達成した。

2020年度はオンプレサーバの評価を踏まえて、クラウド上で動作するデータ格納自動化システムの設計と構築を実施した。AIモデルと組み合わせた「Mi-MAP AI システム(現 Mi-MAP Recommends)」をパッケージとしてちとせ研究所と参画企業に導入し、実装評価を行なった。

2021年度はちとせ研究所と参画企業に導入されたシステムの実装評価の結果を受け、Mi-MAP シリーズを拡大した。また、蓄積されたデータより新しいAIモデルを作った際には、システム上に新しいAIモデルを登録する必要がある。その際のモデル登録のフローを整理し、新規AIモデルに常にアップデートできる体制を構築した。

## 【成果】

以下に年度ごとに成果を記載する。

### <2019年度>

#### 1) バイオ生産マネジメントに資する予測モデルの作成

本事業では、バイオ生産マネジメントに資する予測モデルとして、最終目標もしくはそれに影響を与える中間目標を最適化するためのパラメーターを目的変数として3つのモデル、すなわち「機械学習に基づく培養予測モデル(以下、機械学習モデル)」、「状態空間モデルに基づく培養予測モデル(以下、状態空間モデル)」、「数理計算による培養予測モデル」の開発を実施し、そのうち介入試験用として、生産物Aの生産量を目的変数とする機械学習および状態空間モデルを参画企業と共同で作成した。そのうち機械学習では、グループK分割クロスバリデーションで $R^2=0.99$ 以上の高い精度をもつ予測モデルが得られた。両モデルともデータセットの更新に伴い、モデルから出力される最適制御入力が大きく異なるケースがみられた。このことから良質な培養データセットを取得し続け、モデルの更新と介入試験を繰り返し、予測モデルの精度向上に努めていくことが、よりよいAIシステムの開発に重要と考えられた。また、介入試験の結果、生産時間の短縮と対糖収率はトレードオフの関係にあり、そのトレードオフを考慮したモデルの開発を進める必要があると考えられた。2019年度に作成したAIシステムをベースにして、より広い範囲に適用できるAIシステムを作成することを2020年度以降の目標にしている。そのため、センサ類の実装評価やその検討を行っている参画企業においても、実装評価が終了次第、本格的なデータ蓄積とAIシステムの適用拡大を進めるための仕様の協議をすすめた。

#### 2) 予測モデルからの予測値の出力と予測値に基づく介入試験の実施

作成した機械学習モデルおよび状態空間モデルに基づき最適制御入力を出力した。機械学習モデルでは、標準的な培養と同様の静的な最適制御入力(培養期間中一定制御)と、アルカリ添加量の増加に伴って変化する2種の動的な最適制御入力を出力し、それに基づく介入試験を実施した。その結果、いずれの介入試験でも培養中盤以降の生産物A生産量が学習用

データセットの実測値より有意に高く、また生産時間が学習用データセットの実測値より有意に短かったことから、最適制御による培養改善効果が認められた。また機械学習モデルに基づく動的な最適制御、状態空間モデルに基づく最適な制御、標準培養の三者の同時比較を行なった介入試験では、機械学習モデルでは標準培養に比べて、生産物 A 生産量が1%程度増加し、1時間程度の生産時間の短縮がみられた。一方、状態空間モデルでは標準培養に比べて、若干の生産量の増加と2時間程度の生産時間の短縮がみられた。以上のことから、AIシステムは培養の改善に資することができると考えられる。一方、どのモデルを採用するかによって、指し示す培養指示が少なからず異なり、最終的な生産量や培養時間の長さの違いにつながった。そのため、2019年度時点ではモデルの候補を絞らず、複数の手法を並行して開発すべきだと考えられた。

## <2020年度>

### 1) 予測モデル作成 2つ以上 100%動作確認

ある参画企業の菌株 A と他の参画企業の菌株 B に由来するデータを用いた予測モデルの作成を実施した。昨年までの菌株 A 由来のモデルは温度と pH のみを制御するものであったが、2020年度は流加培養のデータを取得することで、流加量と温度と pH の三条件を制御するものを作成できた。どのようなモデルが求められるかといったヒアリングを進めていくと、最終的な主生成物生産に繋がるようなモデルだけでなく、測定しづらいデータを推定するようなソフトセンサにも需要が存在することが明らかになった。そのため主生成物の量を予測し、温度と pH の最適制御入力を入力するモデルに加えて、原料量、OD、副生成物量など培養中にリアルタイムに測定できないものを推定するソフトセンサを作成した。また、予測モデルを作成する際に、説明変数にコンボリユーショナルデータを追加することで予測モデルの予測精度が有意に向上することが明らかになった。

同様に菌株 B 由来データを用いて、主生成物、副生成物の生産量を目的変数とした制御用の予測モデルを作成した。作成されたモデルをもとに介入試験を実施し、モデルが 100%動作することが確認できた。菌株 A と菌株 C がいずれも 100%動作したので、2020年度の目標は達成できた。

### 2) バイオ生産マネジメントシステムエラー率 1%以下

菌株 A 由来のデータを用いて作成した予測モデルのデータ入力と予測値出力のリアルタイムでの動作を確認した。また菌株 B 由来のデータを用いて作成した予測モデルもダミーデータを用いてリアルタイムにデータを入力し、予測値が出力されることを確認した。システムエラーはおこらなかったため、目標を達成した。

## <2021年度>

### 1) 予測値のリアルタイム出力(100%)

2021度は2020年度と異なる参画企業での実装評価試験において、実装された AI システムを用いた制御試験を実施した。制御モデルからはリアルタイムに提案条件が生成されることが確認された。その結果、培養試験実施者は UI に時刻経過に沿って更新される提案条

件に基づいて培養の制御を実際に行うことができた。また、目的生産物の量に関してもリアルタイムに推定できていることが確認され、当該データからは6時間おきに制御を加えたバッチにおいて、制御を加えなかったバッチよりも副生産物を抑えられていることが示唆された。このことから、AIシステムにおける予測値のリアルタイム出力、及び予測値に基づいたリアルタイムな制御試験に成功したと結論した。これらのことから予測値リアルタイム出力という目標は達成できたと考えられる。

## 2) 新たに追加した予測モデルを適宜アップデートできる体制構築完了

昨年度までの取り組みの毛結果データを自動的に収集し、予測モデルが定期的にアップデートできる状態になった。しかしながら、予測モデルが定期的にアップデートされるようになって、それが必要に応じて評価され、システムに登録される状態にならなければ産業で用いられるようにならない。そこで本年度はMi-MAPシリーズ導入企業・Mi-MAPシリーズ未導入企業ごとに、モデルアップデートフローの整理を行い、体制として構築した。これにより目標を達成した。

### 3-2-3-6-3. AI人材育成プログラム教材開発・教育基盤の整備・開発

#### 3-2-3-6-3-1. 研究開発の概要と実施計画

将来のバイオ産業を支える人材育成を見据えて、バイオ×データサイエンス人材教育を支援する問題解決型学習教材の開発を実施する。開発した教育教材の経験を糧に、次世代のバイオ産業を支える人材を育成し、本事業を通じて開発するバイオ生産の共用データ基盤及びAIシステムを扱えるユーザーを増やすことに貢献する。

#### 3-2-3-6-3-2. 研究開発の内容と目標

我々が実現しようとしている教育基盤は、生産システムと共通点のあるシンプルな制御実験を実施できる教材と、教材から取得した計測データをデータ共有し、データ分析・データサイエンスを支援する教育基盤を作成する。利用者が、ハードウェア・ソフトウェアの一連の流れを学習する際に、効率よく用いることができること、そして自分自身の課題だけではなく、他の利用者の課題を参考にして、現場での実践力・応用力を積めることを目標として設定した。

なお、目標達成以降も、教育効果を高められる工夫、新規ユーザー追加を目指して開発は継続する。そして、プロジェクト終了後も、民間資金を呼び込んで開発を加速するために必要なラインとして、数値目標を設定している。

また、教育基盤の見込み利用者へのヒアリングを通じて、教育基盤及び、共用データ基盤・AIシステムそのものに対する課題・期待を深掘り調査し、事業立ち上げに貢献することから、目標として設定した。

以下、2019年～2021年までの3カ年において実施する研究開発項目と目標について記載する。



<2020 年度>

**【人材育成プログラム教材開発】**

**【目標】**

教育基盤におけるデータ共有システムでのデータアップロードシステムエラー率 1%以下  
教育基盤の見込み利用者へのヒアリング 20 人以上

機械学習アルゴリズムを用いたバイオ生産を本格的に導入検討している企業の多くは、自社において予測モデルを継続的に開発していく人材育成も重要な検討要素となっている。また、実際の現場で用いる生産システムと共通点のあるシンプルな制御実験を実施できる環境があることで、試行錯誤をする場を教育基盤としても必要である。ここでは、本事業を通じて開発する共用データ基盤及び AI システムの見込みユーザー企業の社員の中で、同基盤を活用するために必要なスキルをどの程度保有しているかヒアリングする。さらに、必要なスキルの習得を促すために、バイオ生産マネジメントに資する人材育成プログラムとして、生産システムと共通点のあるシンプルな制御実験を実施できる教材と、教材から取得した計測データをデータ共有し、データ分析・データサイエンスを支援する教育基盤を作成する。ハードウェアの組み立て教材およびデータ共有用のプラットフォームを開発することで、IoT やクラウド連携を支援するプログラムを開発する。

<2021 年度>

**【協力機関における教育基盤の実装評価】**

**【目標】**

教育基盤におけるデータ共有システムの登録オープンデータ 5 種類以上

本基盤を活用するために必要なスキルレベルについてのヒアリングを継続することで、見込みユーザーを発掘する。さらに、作成した教育基盤を協力機関に利用してもらい、教育基盤としての評価を実施する。ユーザーからのフィードバックを受けて、ハードウェアの観点、ソフトウェアの観点の高度化に活用する知見を抽出する。なお、教育基盤では単一のテーマのみを想定しているのではなく、利用者が独自に課題を設定することができるように開発しておくことで、教育効果を高める工夫を行う。

**【協力機関との情報および知見を集約しやすくする体制の構築】**

**【目標】**

教育基盤の見込み利用者へのヒアリング 50 人以上

協力機関には、教育基盤の活用をフォローアップし、教育効果を高めるために、グループウェアやコミュニケーションツールを導入する。協力機関との情報および知見を集約しやすくする体制を整える。

### 3-2-3-6-3-3. 研究開発の成果

機械学習アルゴリズムを用いたバイオ生産を本格的に導入検討している企業の多くは、自社において予測モデルを継続的に開発していく人材育成も重要な検討要素となっている。また、実際の現場で用いる生産システムと共通点のあるシンプルな制御実験を実施できる環境があることで、試行錯誤をする場を教育基盤としても必要である。そのため 2020 年度はそのような目的に使用することができるデバイスとデータ共有システムの開発を実施した。デバイスは動作テストまで行い、データ共有システムも最低限の仕組みは構築できた。続く 2021 年度は前年度の教育基盤の整備を踏まえて協力機関での実装評価(ヒアリングの実施)ならびに知見を収集しやすくするための体制(データ共有サービスと Github の連携)構築を実施した。

#### 【成果】

以下、年度ごとに成果を記載する。

##### <2020 年度>

#### 1) 教育基盤におけるデータ共有システムでのデータアップロードシステムエラー率 1%以下

企業への AI システム導入を促進するために、AI システムの開発と並行して、AI 人材育成プログラムの教材を開発していく。ちとせでは企業に対してオンラインハッカソンを実施するためにクラウド上でデータを取り扱えるシステムを開発した。このシステム上で共有可能なデータを用いて人材教育を行うことで、ユーザー企業の AI 人材の育成を目指す。

見込みユーザー企業からのアンケートを参考にして、AI 人材育成プログラムとして活用を検討している簡易培養装置の開発およびデータ共有プラットフォームの開発を実施した。簡易培養装置は、実際に時系列のセンサーデータを取得することができており、データ分析に利用可能になっている。そのセンサーデータを、AI 人材育成プログラムの参加者でデータ共有を実施するプラットフォームについては設計を終え、開発を実施した。その後、システムのチェックなどは実施し、開発は終了した。開発終了後、1000 回のデータアップロードを実施し、その際にエラーが発生するかを測定した。その結果、今回の実験においてエラーは発生せず、2 回ほどデータアップロードに時間がかかる事例が発生したため、システムエラー率は 0.2%となり目標を達成した。

#### 2) 教育基盤の見込み利用者へのヒアリング 20 人以上

京大では、見込みユーザー企業であるバイオ関連・飲食品メーカーなどを中心に 21 名に対して、ヒアリングを実施し、社内での AI システムで解決したい課題・アイデア、教育基盤を利用する参加者のリテラシー・スキル、期待、利用ケースなどを調査した。21 名にヒアリングが完了し、目標を達成した。21 名に調査の結果、AI システムへの導入には興味があることが分かった。しかし実際の利用へ至る前に、教育基盤等を用いて、社内の事例において、実際に予測モデルを動かすことができることが期待されていることがわかった。

##### <2021 年度>

#### 1) 教育基盤におけるデータ共有システムの登録オープンデータ 5 種類以上

2021年度は教育基盤におけるデータ共有システムに、研究活動に利用可能な登録オープンデータを5種類、登録する準備をした。自然からサンプルした土壌微生物のコロニー写真、回分培養および流加培養の数理モデルによる予測結果、食品のメタボロームのピーク値、土壌微生物のメタゲノムなどをオープンデータとして登録準備した。上記により目標は達成した。今回登録準備をした回分培養および流加培養の数理モデルの予測結果は、期待感の高いプロセス最適化などのトライアルなどに利用可能なデータセットである。また同時に登録したメタボローム データ等も典型的なバイオ領域におけるデータサイエンスの対象である。

## 2) 教育基盤の見込み利用者へのヒアリング 50人以上

京大では、見込みユーザー企業であるバイオ関連・飲食品メーカーなどを中心に今回、教育基盤の見込み利用者へのヒアリングを実施し、約30組織・64名の方にヒアリングおよびアンケートを実施した。アンケートでは、企業内でAI活用の期待感や、利用状況・準備状況、教育的な活動へのお考えなどを記述してもらった。その後、アンケート結果に基づき個別のヒアリングを実施した。

### 3-2-3-7. 大規模ゲノムヘルスプラットフォームの構築

(実施先:アウェイクンジャパン株式会社)

#### 3-2-3-7-1. 研究開発の概要と実施計画

##### 【これまでの事業の経緯】

現在(2020年11月時点)、米国を中心に約5000万人の一般消費者向け遺伝子検査ユーザーがあり、その数は2025-2030年には全世界で5億人以上になると予測されています。また、GDPR等のデータポータビリティを重視したデータプライバシーの普及によって、これらのユーザーの多くが自身のDNAデータをダウンロードし、様々な用途に再利用できるようになります。

Genomelinkは「誰もが自身のDNAデータをアップロード/管理し、様々な解析、サービス、医療研究にアクセスするパーソナルDNAクラウド」です。これまでは「楽しく自分を知る」というユーザーのコアニーズに合致したキラアプリに注力することで、世界中から数十万人以上のユーザーがDNAデータをアップロードするプラットフォームに成長してきました。

##### 【マーケットの現状】

###### a.大規模ゲノムデータプラットフォームの旗振り役が不在

治験産業で最も大きな課題の一つは患者リクルーティングであり、1日の遅れが数億円規模の機会損失になります。さらに、今後の創薬ではGenetic markerの活用は不可欠となり、既存のリクルーティングチャンネルや治験サイトに蓄積されたデータだけでは不十分になると考えられています。

こうした課題を解決するための大規模ゲノムデータプラットフォームの旗振り役となるはずだったのが米国の23andMeです。米国の代表的な遺伝子検査サービスであり、米国を中心にすでに1500万人が利用しています。しかし、GSK(グラクソスミスクライン)から\$300Mの出資を受けた後、クローズなプラットフォームに方針転換し、現在は検査受検者のDNAデータの積極的な外部連携に消極的になっています。

###### b.非ゲノム企業が利用できるSaaS的な解析サービスが存在しない

また、ゲノムデータを活用した未病社会の実現のハードルとなっているのが、精度の高い疾患リスクアルゴリズムの開発とアクセシビリティの確保です。精度の高い疾患リスク予測には大規模な学習データが必要です。また、一つの遺伝子検査会社が検査キットを販売するというモデルではスケーラビリティに限界があります。ユーザー目線で精度の高いリスク解析が医療施設や他のサービスなどを介して受けられるチャンネルの多角が求められています。

##### 【本研究開発の概要】

上記の背景を踏まえ、本研究開発では、数億人規模に成長する一般消費者向け遺伝子検査ユーザーをターゲット市場として、ヘルスデータバンクの構築(Genomelink Databank)、データバンクの外部連携・セキュリティ機能の開発(Genomelink Connect)、蓄積されたデータを活

用した疾患リスク予測アルゴリズムの開発および SaaS 化 (Genomelink AI) を通じて、大規模医療データインフラと接続するパーソナル DNA クラウド事業を実現します。また、Carlos Bustamante スタンフォード大学教授の助言の下、データプラットフォームおよびアルゴリズムの評価を行うことで、信頼性の担保を目指します。

### 3-2-3-7-2. 研究開発の内容と目標

本研究開発では、以下の 3 つの柱を掲げていた：

- ① Genomelink Databank として、Genomelink プラットフォームを利用するユーザーから様々なヘルスデータ (疾患歴など) を取得する
- ② Genomelink Connect として、外部とのデータ連携を促進、特に外部の研究者 (将来的には製薬企業向けも想定) が安全にデータアクセスして解析ができる研究開発環境の POC を実施、ユーザーフィードバックを得て改善する
- ③ Genomelink AI として、取得したデータを活用して慢性疾患のリスク予測アルゴリズムを開発、その信頼性を検証する

#### 【研究開発の内容①】: Genomelink Databank

既存の Genomelink プラットフォーム上でヘルスデータを取得するための仕組みの開発および取得データ数を増やすための継続的な改善を行う。具体的には以下のとおり。

- a. 家族歴、罹患歴、現在の生活習慣などを登録できるヘルスデータベースシステムの構築
  - ・取得するデータの選定、そのためのベンチマーク分析
  - ・ヘルスデータ取得方法の検討およびテストページ制作、実装、分析
  - ・ヘルスデータ取得の本番ページ制作、実装、分析
  - ・ヘルスデータを管理するバックエンドソフトウェア制作、実装、改善
- b. 既存プラットフォームからヘルスデータ取得ページへの導線改善
- c. データが集まるためのインセンティブとなるユーザー価値とエンゲージメントの向上
  - ・メールシステムの刷新によるプラットフォーム内のエンゲージメント改善
  - ・SMS 通知実装によるプラットフォーム内のエンゲージメント改善
  - ・データ提供のインセンティブシステムの設計、実装、分析、継続改善
- d. その他アカデミア/製薬企業/CRO へのリクルーティングプラットフォームとしての開放

#### 【目標】

DNA データ以外のヘルスデータ登録数を約 2 種から 30 種以上に増やす

#### 【研究開発の内容②】: Genomelink Connect

外部研究者がアクセスできる研究開発環境を用意、その継続的な改善を行う。具体的には以下のとおり。

- a. 取得データに外部研究者が安全にアクセスできる研究環境および API の開発、特に COVID-19 に関するユーザーデータおよび研究機関連携での POC の実施
- b. ユーザーフィードバックを踏まえた継続改善
- c. 外部パートナーとデータ連携を行う際のデータプライバシーおよびセキュリティに関する包括的な法務レビューの実施、特に GDPR (General Data Protection Regulation、欧州のプライバシー規制) や CCPA (California Consumer Privacy Act、カリフォルニア州のプライバシー規制) などに対応したデータ共有の同意取得プロセスの仕様確定と反映およびカリフォルニア州の遺伝子検査関連法案や CFIUS (The Committee on Foreign Investment in the United States、米国のバイオテックなどを含む特定産業に関する規制) などに対応したデータ共有の同意取得プロセスの仕様確定と反映
- d. ユーザーが自身の DNA データ連携先を一括管理でデータトレーサビリティの実現するための最新セキュリティの導入

#### 【目標】

少数のパートナーと密度の高い POC を実施し、フィードバックを取得する

#### 【研究開発の内容③】: Genomelink AI

Polygenic Risk Score (以下、PRS) を活用した疾患リスク予測アルゴリズムの開発を行う。具体的には以下のとおり。

- a. 研究計画の策定および倫理審査委員会への提出
- b. 先行研究のベンチマーク分析
- c. 取得したヘルスデータの統計分析
- d. 取得したヘルスデータの Genome-wide association study (以下、GWAS) 分析
- e. 選定したヘルスデータの PRS 分析
- f. 同 PRS 結果とベンチマークとの比較分析
- g. American Society of Human Genomics (ASHG) での学会ポスター発表
- h. マニユスクリプト論文の作成および bioRxiv (プレプリントリポジトリ) への論文提出

#### 【目標】

リスク予測アルゴリズムの予測精度として C Statistics 0.8% 以上を目標とする

#### 3-2-3-7-3. 研究開発の成果

上記の取組の結果、以下の成果が得られた。

- Genomelink Databank について、Genomelink プラットフォームを通じて最終的に 2 万人超のユーザーから 50 種のヘルスデータを取得。

- Genomelink Connect について、スタンフォード大学 Carlos Bustamante の研究グループと POC を実施、外部パートナーが簡単にデータアクセスかつ分析できる研究環境を構築。ユーザーフィードバックを踏まえて改善を実施。
- Genomelink AI について、様々な統計解析を行った結果、2 型糖尿病と高血圧についてのリスク予測モデルの開発検証にフォーカス(2 型糖尿病:対象者 4550 人(389 cases / 4,161 controls)、高血圧:対象者 4528 人(1,027 cases / 3,501 controls))。取得データをベースに作成した PRS のリスク予測精度(AUC)は 2 型糖尿病と高血圧に関する先行研究の予測精度に相当する結果が得られた(2 型糖尿病で 0.69、高血圧で 0.66)。
- 以上の成果から、今後一層データ数を増やすことで同プラットフォームを活用して高精度のリスク予測アルゴリズムを継続開発できることを証明、今後のサービス開発に活用していく予定。
- これらの成果をスタンフォード大学教授 Carlos Bustamante およびそのチームとの共著で論文として発表。(https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2022.03.01.22271722v1)
- 以下に解析結果の抜粋を引用。

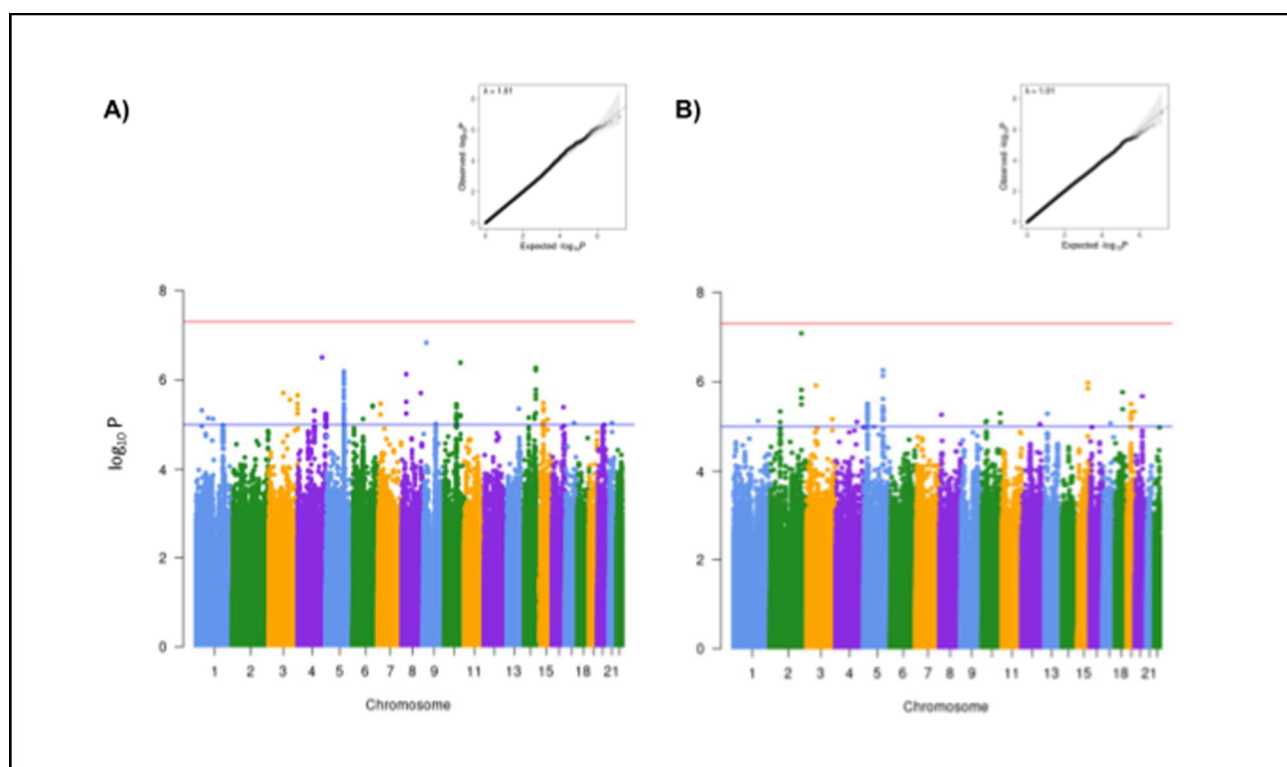


図 3-7-1. Genome-wide association study (GWAS)分析の結果(マンハッタンプロット)。左が2型糖尿病、右が高血圧。同図では左から染色体番号 1 から 23 までの遺伝子多型(SNPs)を並べ、それぞれの2型糖尿病の有無と高血圧の数値との相関度を並べたものである。青い線が p 値 0.5 以上で、統計的に一定の有意水準を満たしていると判断できる SNPs マーカーといえる。

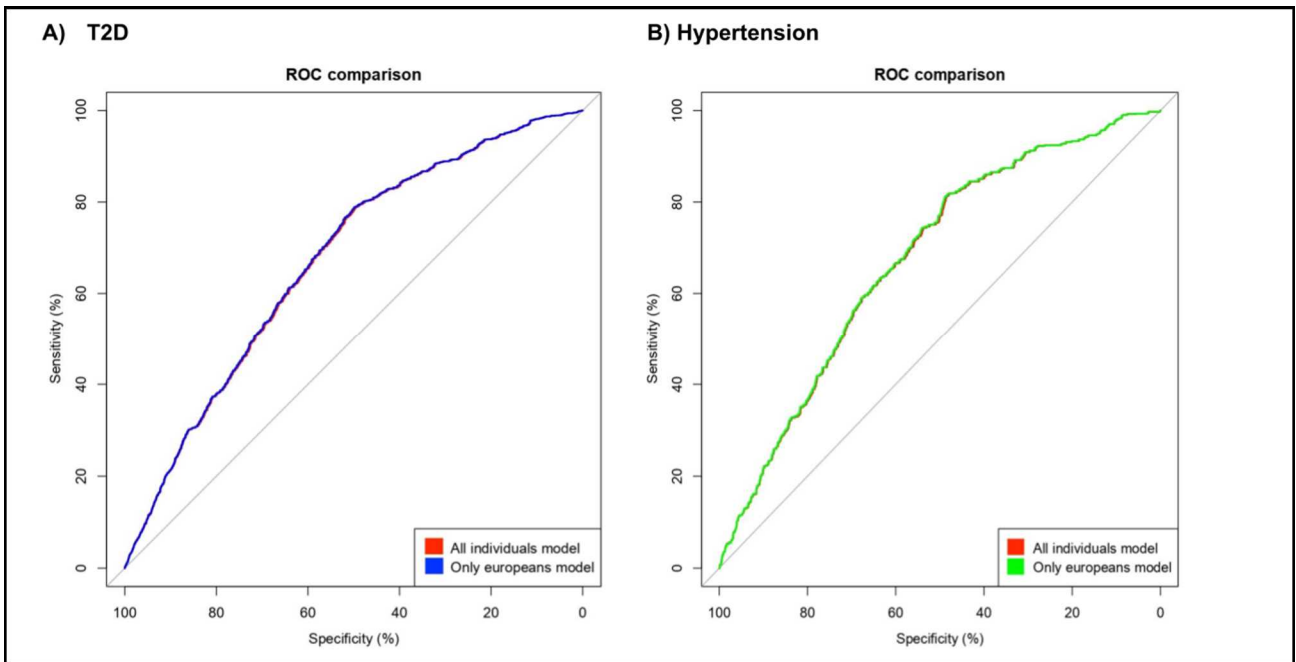


図 3-7-2. PRS の Area under the curve (AUC)分析の結果. 左が2型糖尿病、右が高血圧。AUCとはグラフの曲線より下の部分の面積であり、この数値が1に近いほど、判別能、つまり疾患の有無などの予測能力が高い。面積部分を求めると2型糖尿病は AUC 0.69、高血圧は AUC 0.66を示しており、十分に高い水準といえる。

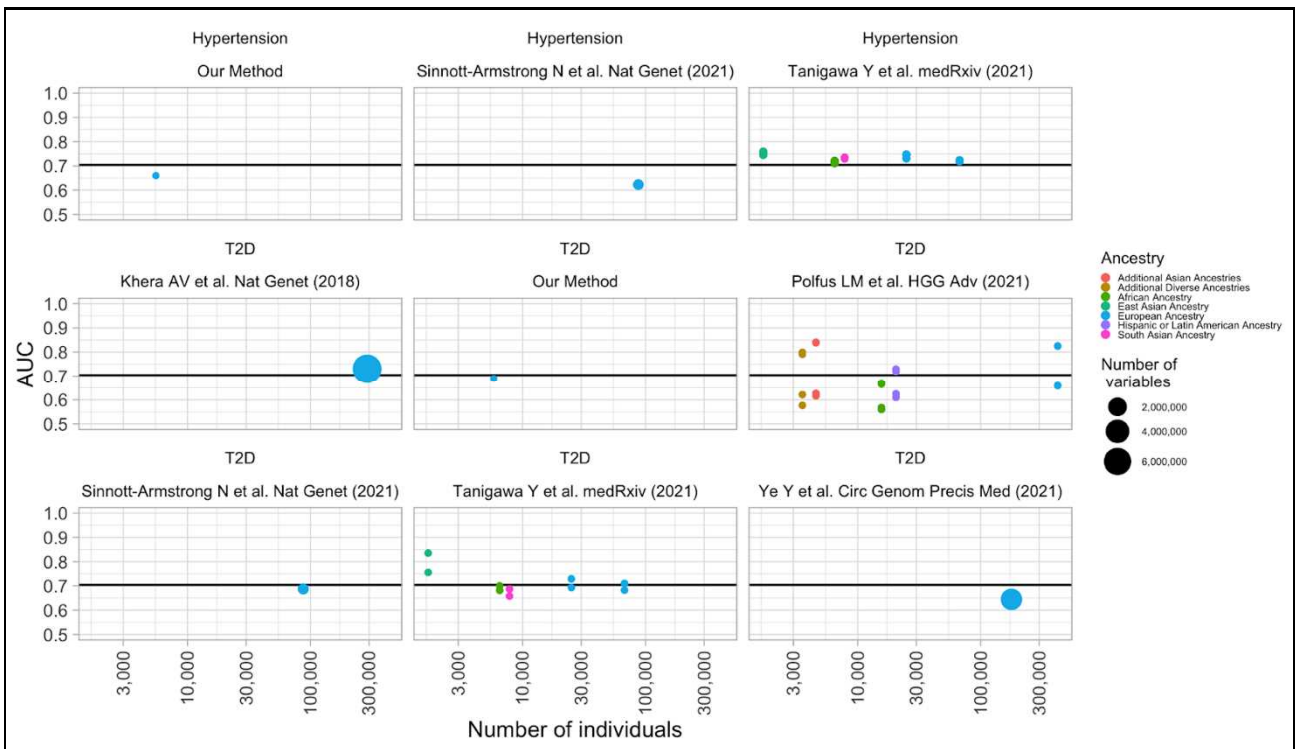


図 3-7-3. PRS 分析結果および AUC の先行研究との比較分析。左上 (Hypertension / Our Method) が本事業における高血圧の結果、中央 (T2D / Our Method) が2型糖尿病の結果、それ以外が先行研究の結果。先行研究に遜色ない結果が得られている。例えば2型糖尿病については、ヨーロッパ人種 (青色) において、先行研究ではおおよそ AUC 0.7-0.8 (中央左図と中央右図の青い点) であるのに対して、本事業 (中央真ん中) では 0.69 であった。



以下、事業内容毎の達成目標に対する成果と成果の意義および今後の課題と解決方針をまとめる。

事業内容	達成目標	成果と成果の意義	達成度	今後の課題と解決方針
⑮ Genomelink Databank	DNA データ以外のヘルスデータ登録数を約 2 種から 30 種以上に増やす	<p>【成果】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2 万人以上のユーザーから 50 種類のヘルスデータの取得に成功</li> </ul> <p>【成果の意義】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・プラットフォームから価値あるデータを大規模かつ迅速に集められることを証明。これによってデータを活用した様々な事業モデルへの展開が可能になる。</li> </ul>	◎	<p>【今後の課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・サービス化のためにはリスク予測アルゴリズムの予測精度を高めることが必要、そのためには、現状の 5-10 倍のヘルスデータを提供するユーザー数が必要である。</li> </ul> <p>【解決方針】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・プラットフォーム全体のユーザー規模の拡大および Biobank 参加者数率の改善を行う。</li> </ul>
⑯ Genomelink Connect	少数パートナーと密度の高い POC を実施し、フィードバックを取得する	<p>【成果】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・スタンフォード大学 Carlos Bustamante の研究グループ CDB Consulting をパートナーとして、POC を実施、インターフェイスや解析処理スピード等に関するフィードバックを得ながら改善を行い、外部研究者が安全にデータアクセスできるデータ連携 API ツールを開発し、③の成果の達成ができた</li> </ul> <p>【成果の意義】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・集めたデータを外部研究者と利用できることを証明。これによって外部研究者や製薬企業を巻き込んだ研究や事業モデルへの横展開が可能になる。</li> </ul>	◎	<p>【今後の課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・Databank としての価値を対研究者や製薬企業向けに発信していくためには、今後、より多くの外部事業者及び研究機関がデータ連携 API ツールにアクセス出来るように改善が必要である。</li> </ul> <p>【解決方針】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・スタンフォード大学 Carlos Bustamante の研究グループとともに最新の Global Biobank Meta-Analysis コンソーシアムに参加、アカデミア内での認知拡大を進めるとともにフィードバックを得て継続改善を行う。</li> </ul>
⑰ Genomelink AI	リスク予測アルゴリズムの予測精度として C Statistics	<p>【成果】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2型糖尿病で AUC 0.69、高血圧で 0.66 を達成、目標としていた 0.8 以上は達成出来なかったがベンチマークとした既存の</li> </ul>	×	<p>【今後の課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・サービス化のためにはリスク予測アルゴリズムの予測精度を高めることが必要、そのためには、現状の 5-10 倍のヘルスデータ</li> </ul>

	0.8%以上を目標とする	<p>PRSの研究成果が0.7程度であることを踏まえると、十分に高い成果が得られたと考える。</p> <p>【成果の意義】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・まだ初期段階であるが、自社で取得したデータをベースに、国が手動するバイオバンクプロジェクト等のデータをベースに作成したリスク予測モデルに劣らない精度のモデルを構築可能であることを証明した。これによって、B2B2Cモデルを含む新たな事業モデルでのユーザー提供の可能性が広がった。</li> </ul> <p>補足：当初ターゲットにしていた心疾患（CAD など）は十分な罹患歴保有者が集められず、2型糖尿病と高血圧と比較して期待する成果が得られないと判断し、今回のPRS分析からは除外することとした。</p> <p>補足：C Statistics と AUC は理論上同じ数字となる。事業計画作成時には C Statistics としたが、先行研究との比較を明確にするために実際の事業期間中は AUC を用いた。</p>	<p>を提供するユーザー数が必要である。</p> <p>【解決方針】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・プラットフォーム全体のユーザー規模の拡大および Biobank 参加者数率の改善を行う。</li> </ul>
--	--------------	--	--

総評としては、期待以上の成果を実現できたと考える。2万人というデータ取得ユーザー数の規模は今後数十万人規模に増やしていくことが十分可能である。その上で、すでに2型糖尿病や高血圧といった予防医療につながる項目について先行する学術研究に追随する成果を得ることができた。

この2年間に PRS に関する研究は一層進み、また PRS 分析の開発に特化したスタートアップが大型の資金調達を行うなど、引き続きアカデミアとビジネスの双方から高い関心を得ている。一方で、臨床有用性については学会などで議論が継続されている段階であり、大規模な導入推奨(例えば、かかりつけ医が血液検査と同じ用に発注できるなど)まではまだ時間がかかると思われる。

今回の結果および、そういった市況を踏まえると PRS を活用したリスク予測のユーザー提供についてはまだ慎重になる必要があることから、SaaS サービス化についてはタイミングを見直している。本助成事業後もヘルスデータの追加取得およびアルゴリズム開発は継続するものの、B2B2C モデルでのユーザー提供のタイミングについては総合的な判断が必要である。

### 3-2-3-8. AI を活用したゲノム編集データベースの開発

(実施先:凸版印刷株式会社、プラチナバイオ株式会社)

#### 3-2-3-8-1. 研究開発の概要と実施計画

本事業では、日本のゲノム編集のトップランナーである、山本卓教授が設立したスタートアップ(プラチナバイオ)と、我が国の情報コミュニケーション技術のリーディングカンパニー(凸版印刷)が強力なタッグを組み、バイオ×デジタルの新たな価値創造に向けて、AI を活用したゲノム編集データベースの開発を行う。

#### 3-2-3-8-2. 研究開発の内容と目標

ゲノム編集の成功確率を向上させるための AI 予測エンジンのプロトタイプとゲノム編集研究支援のためのデータ管理基盤のプロトタイプを開発し、それらを元に製品化に向けた取り組みを行う。

#### 【AI プロトタイプ基本機能開発】

ゲノム情報の中で正確に編集できる場所(配列)を予測する AI システムの基本機能の開発をおこなう。(実施期間:2020年1月~2020年3月)

具体的には、下記の手順で機械学習アルゴリズム検証を行い、AI プロトタイプ基本機能を開発する。

検証手順:

- (1) ヒトゲノムのオープンデータベースからゲノム・エピゲノムデータをダウンロード
- (2) ゲノム・エピゲノムデータの分割・抽出・加工
- (3) 市販の機械学習エンジンのソフトウェアを用い、重回帰分析やサポートベクターマシンなど複数のアルゴリズムでクロマチン・アクセシビリティ(ノックイン正確性)を予測
- (4) 広島大学で実施したウェット実験(ノックイン)の結果と相関関係を比較
- (5) 相関関係の上位のアルゴリズムを選定

- (6) 追加実験を行い、アルゴリズムのパラメータ検証など精度向上を実施

### 【目標】

- 1) 膨大なゲノム情報から効率的に編集できる箇所を予測する AI アルゴリズムの確立
- 2) 60%以上の予測率(相関係数 0.6 以上)

### 【AI プロトタイプ応用開発】

ゲノム情報の中で正確に編集できる場所(配列)を予測する AI システムの応用開発をおこなう。(実施期間:2020 年 4 月~2021 年 3 月)

具体的には、下記の手順で AI 予測エンジンの開発および WEB インターフェイスの開発を行う。

AI 予測エンジンの開発:

#### (1)設計

前工程で確立した機械学習のアルゴリズムをもとに独自の予測エンジンとして設計する。市販ソフトウェアの仕様で対応できなかったアルゴリズムのチューニングなどを組み込む。

#### (2)実装

Python などの機械学習用のプログラミング言語で実装する。サーバは、クラウドを想定。

#### (3)テスト

前工程と同じデータを入力し、同等以上の予測精度ができていないかを検証する

WEB インターフェイスの開発:

#### (1) 設計

予測エンジンにアクセスしやすい WEB インターフェイスの設計を行う。ゲノム編集の周辺箇所のゲノムデータを WEB からデータアップロードすると、AI 予測エンジンが裏側で実行され、アクセシビリティ予測とゲノム編集の成功確率(ノックイン正確性)を表示する仕様を想定。

#### (2) 実装

PHP や Ruby などの WEB プログラミング言語と MySQL などのデータベースで実装する。Python で実装した予測エンジンとは API でデータを連携する

#### (3) ユーザテスト・評価

広島大学におけるウェット実験の予測に活用し、有効性の確認を行う。システムテストに加え、ユーザビリティテストやアンケートを実施し、実際にゲノム編集のコスト・期間などの作業効率にインパクトがあるか確認する。

### 【目標】

- 3) 機械学習アルゴリズムの予測エンジン開発
- 4) 70%以上の予測率(相関係数 0.7 以上)

### 【データ管理基盤のプロトタイプ基本機能開発】

バイオ研究者を支援するデータ管理基盤プロトタイプの基本機能の開発をおこなう。

(実施期間:2020年1月~2020年3月)

データ管理基盤の開発:

(1) 要件定義

広島大学の研究者にヒアリングし、既存の業務フローを整理する。現状の問題点を洗い出し、課題を抽出する。新しい業務フローを定義し、必要最低限の機能を決定する。

(2) 設計

新しい業務フローから、システムのユーザーインターフェースや内部処理、外部システムとの連携インターフェースを設計する。開発する機能は、下記を想定。

- ・研究者もしくは遺伝子解析会社から提供されるデータの効率的な管理機能
- ・既存の遺伝子解析会社の解析サービスメニューにないゲノム編集特有の分析機能、indel解析など

(3) アジャイル開発

WEBシステムで実装を想定。一部機能はオープンソースの機能も活用して効率的に実装する。広島大学、凸版の限定ユーザーのみでアクセスできる仕様とする。ウォーターフォール型開発ではなく、アジャイル型の開発で行う。AIエンジンの組み込みは行わない想定。

データ管理基盤の評価・実証:

新しい業務フローに沿った形で、テスト・評価を行う。機能の過不足やインターフェースの使いやすさなどを検証する。目的であるバイオ研究者の情報系処理の運用負荷が軽減されているか、データ活用の利便性が高いか確認する。

サービス要件調査:

JST-OPERA「ゲノム編集」産学共創コンソーシアムの参画機関を対象にして、ゲノム編集データ管理基盤に求められるサービス要件について、ニーズ調査を行う。

【目標】

- 5) 共同研究内で利用するデータ管理基盤のプロトタイプ開発
- 6) ユーザー数:1(広島大学)

【データ管理基盤の応用機能開発】

データ管理基盤プロトタイプの応用機能の開発をおこなう。

(実施期間:2020年4月~2021年3月)

「ゲノム編集」産学共創コンソーシアムの研究機関が必要とする必要最低限の機能の洗い出しをおこない、データのオープン化と機密性を両立したデータ管理基盤を構築する。

データ管理基盤の開発:

(1) 要件定義

研究機関やユーザー企業の研究者とのヒアリングを通して、既存の業務フローの整理と問題点の洗い出し、課題の抽出を行う。共通の課題解決となる標準業務フローとシステム機能を定義する。AI予測機能の実装とデータをオープン化し、グローバルな研究を推

進・発展する動きと企業が新商品を開発するための機密性を維持したデータ管理を両立する必要がある。

(2) 設計

新しい標準業務フローから、システムのユーザーインターフェースや内部処理、外部システムとの連携インターフェースを設計する。AI 予測エンジンを組み込み、データ管理基盤と一体化する。研究を加速する機能として、オープンデータベースへのゲノム実験データの自動登録、データ検索機能を想定。企業データの機密性を守る機能として、ICカード等の認証を使用した会員ログイン機能を追加する。

(3)開発

複数の研究機関が共同で利用するセキュリティ性の高い開発を行う。クラウドで利用するが、バックアップや冗長構成を考慮した設計にする。

(4)テスト

AI 予測機能、オープンデータベースへの接続機能、セキュリティ機能を提供し、脆弱性診断やアクセステストも行い、SaaS サービスとしてのセキュリティ、耐久性テストも行う。

データ管理基盤の評価・実証：

コンソーシアムの参画機関が SaaS を利用し、評価を行う。コンソーシアムの参画機関のバイオ研究者にアカウントを発行する。機能の過不足やインターフェースの使いやすさなどを検証する。目的であるバイオ研究者の AI 予測やデータ管理機能により、情報系処理の運用負荷が軽減されているか、データ活用のセキュリティ性が妥当かを確認する。

【目標】

- 7) コンソーシアムの研究機関が共通利用できるデータ管理基盤のプロトタイプを開発
- 8) ユーザー数:5(コンソーシアム参画機関)

【AI 予測エンジンを搭載したデータ管理基盤の製品化に向けた機能向上】

サービス化に向けて①AI 予測エンジン、②データ管理基盤で開発した機能の拡張を図る。(実施期間:2021年4月~2022年1月)

データ管理基盤の対応可能なゲノム編集ツールの拡張と海外研究機関との連携機能開発を図る。

(1)対応ゲノム編集ツールの拡張

サービス化にむけて、対応ゲノム編集ツール(CRISPR-CAS9・Platinum TALEN)を拡張できるか検証する。国産ゲノム編集ツールを提供するスタートアップ・研究機関と連携し、AI 予測エンジンの検証を行う。編集ツールごとの特性に応じて、エンジンのパラメータ・設定を調整し、予測精度を維持できるかテストを行う。

(2)海外研究機関との連携機能開発

国際的なゲノム編集研究を加速するため、海外データホルダー(米国 NCBI、欧州 EBI)が提供するオープンデータベースとの連携機能を開発する。必要なサービス要件を洗い出し、データ管理基盤に実装する。

**【目標】**

- 9) 国際的に提供できる SaaS サービスの製品化に向けた機能向上
- 10) AI アルゴリズムに関しては 85%以上の予測率
- 11) ユーザー数:8(コンソーシアム参画機関)

3-2-3-8-3. 研究開発の成果

**【AI プロトタイプ基本機能開発】**

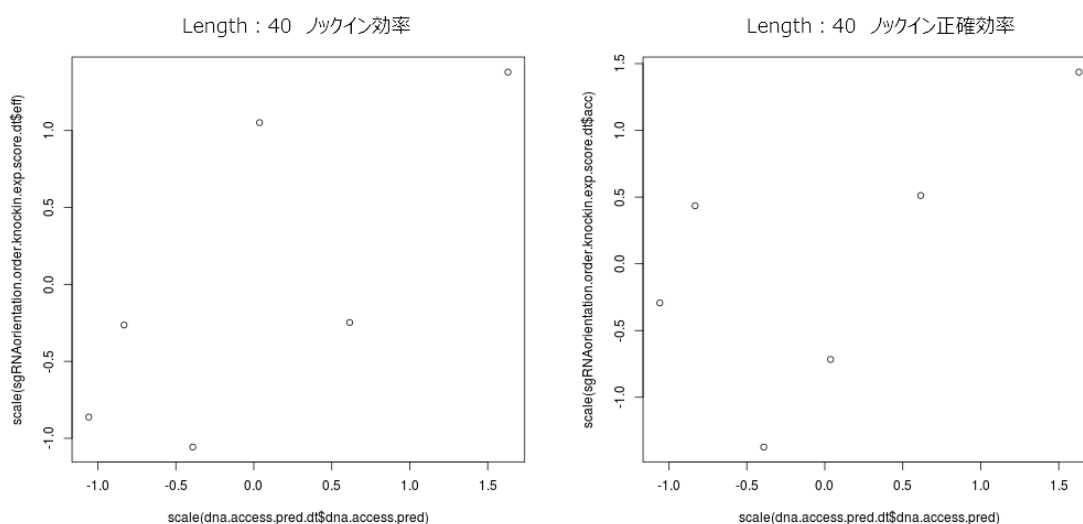
クロマチン・アクセシビリティ(ノックイン正確性)の予測値とゲノム編集の成功確率(ノックイン正確性)との相関係数は 0.6 以上を達成した。

**【成果】**

クロマチン・アクセシビリティの予測値とウェット実験(ノックイン)の結果(ノックイン効率・ノックイン正確効率)の相関係数を算出。目標値である 0.6 以上が算出された。

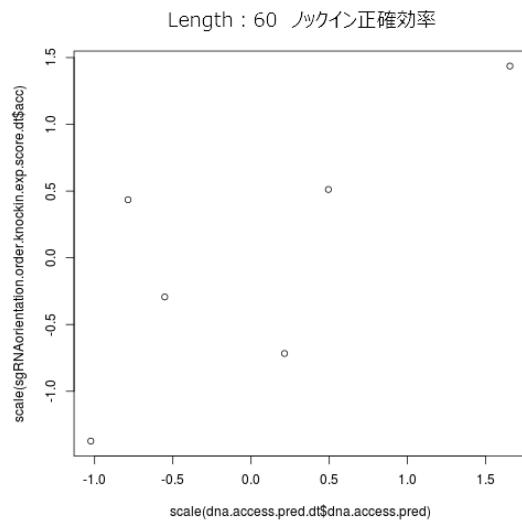
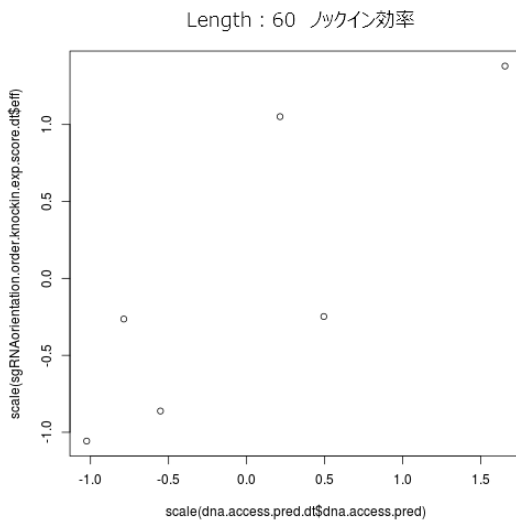
学習に使うクロマチン・アクセシビリティデータを 40bp 単位で分割したモデルの場合

指標	ノックイン効率	ノックイン正確効率
ピアソン相関係数	0.7360997	0.6230559
ケンドール相関係数	0.6	0.4666666
スピアマン相関係数	0.7714285	0.5428571



学習に使うクロマチン・アクセシビリティデータを 60bp 単位で分割したモデルの場合

指標	ノックイン効率	ノックイン正確効率
ピアソン相関係数	0.8303073	0.7405243
ケンドール相関係数	0.7333333	0.6
スピアマン相関係数	0.8857142	0.7714285



この結果を踏まえて引き続き AI プロトタイプ応用開発で実験数を増やし、データ解析をおこなった。

### 【AI プロトタイプ応用開発】

機械学習アルゴリズムの予測率は 70%以上(相関係数 0.7 以上)を達成した。  
また、確立したアルゴリズムを基に予測エンジンを開発した。

### 【成果】

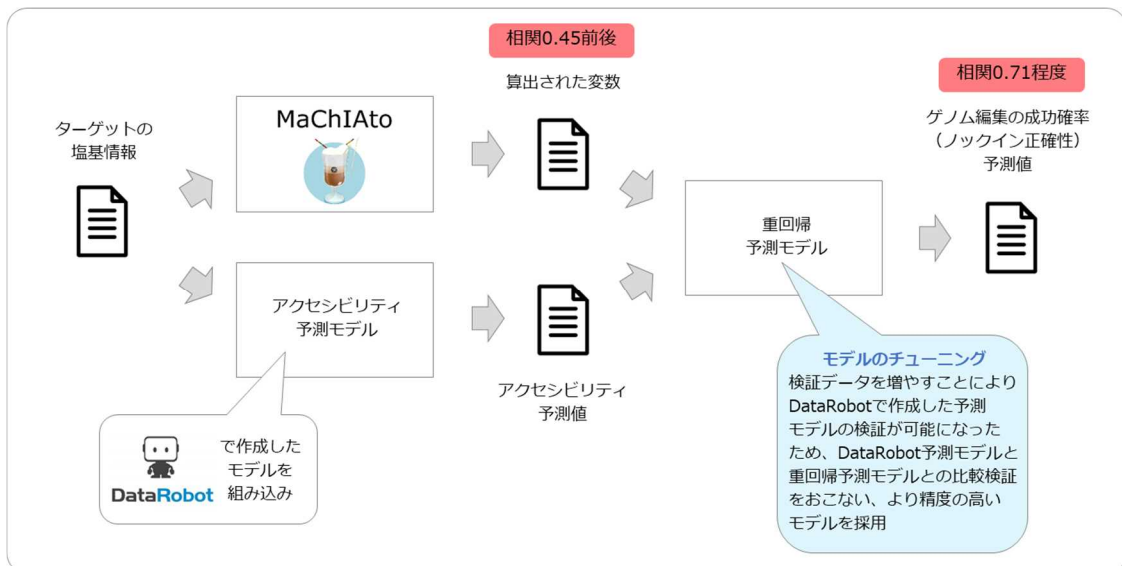
AI 予測エンジンの開発：

#### (1)設計

AI プロトタイプ基本機能(アクセシビリティ予測)と MaChIAta(※1)を組み合わせ、ゲノム編集の成功確率を予測する AI 予測エンジンの設計を行った。また、ゲノム編集の成功確率の予測に有効な変数を洗い出し、最も相関が高くなる説明変数を使用した重回帰モデルを組み合わせることにより、相関係数 0.7 を超える予測エンジンの設計を行った。さらに、よりユーザーの需要に応じた予測指標としてノックイン効率の予測エンジンを設計するための指標の絞り込み等を行った。

(※1)MaChIAta は、広島大学で開発したゲノム編集解析ソフトウェア





AI 予測エンジン概要図

(2)実装

AWS のサーバを使用し、機械学習用のプログラミング言語 (Python/R) で実装。

(3)検証

下記手順に従って AI のアルゴリズム検証とチューニングを行った。

1. MaChIAto を使用し、ウェット実験 (ノックイン) で使用した塩基情報に関連する変数を算出。
2. 1. の変数と AI プロトタイプ基本機能で開発したアクセシビリティ予測モデルで予測した値を組み合わせ、重回帰の予測モデルを作成。1. の変数の組み合わせを変えることにより、相関の高いモデルを導き出した。

重相関 R	0.700385941	0.703503893	0.71046286	0.712297278
変数	mean.DNA.bending.stiffness mean.propeller.twist LeftRevKI.MP.Score mean.DNA.denaturation Tm PseKNC.11.GG G GG	Accessibility(1000bp) mean.DNA.bending.stiffness mean.propeller.twist LeftRevKI.MP.Score mean.DNA.denaturation Tm PseKNC.11.GG G GG	mean.DNA.bending.stiffness mean.propeller.twist LeftRevKI.MP.Score mean.DNA.denaturation Tm PseKNC.11.GG G GG mean.duplex.disrupt.energy mean.tetranuc.E	Accessibility(1000bp) mean.DNA.bending.stiffness mean.propeller.twist LeftRevKI.MP.Score mean.DNA.denaturation Tm PseKNC.11.GG G GG mean.duplex.disrupt.energy mean.tetranuc.E

変数の組み合わせによる相関の変化

3. ウェット追加実験により検証データをさらに取得。AI プロトタイプ基本機能開発時のウェット実験 (ノックイン) と同様の塩基配列デザインを使って別の細胞種でのノックイン実験データの取得を実施。得られたデータを MaChIAto で解析して成功確率、および塩基情報に関連する変数を算出。
4. ウェット追加実験により増やした検証データを用い、アルゴリズムのパラメータ検証など精度向上を実施。
5. 3. の検証データの増加により DataRobot でのモデル検証が可能となったため、検証を実施。

- ・検証アルゴリズム: 勾配ブースティング、ランダムフォレスト、リッジ回帰
- ・データの特徴量: 126 個 (モデルに応じて必要な特徴量を自動抽出)
- ・検定指標: RMSE

検定指標 RMSE の最も優れたアルゴリズムは勾配ブースティングであったが、指標を誤差率 (MAPE) でみた場合はどのモデルも精度が高くなかったため、重回帰の予測モデルを採用することとした。

サービス化のための WEB インターフェイス開発:

#### (1)設計

ノックイン実験におけるターゲットのホモロジーアーム塩基配列情報が WEB 上にアップロードされると、MaChIAto 内にある塩基情報に関連する変数の計算プログラムが実行され、これと並行して DataRobot で作製したモデルでのアクセシビリティ予測が実行される。これらから得られた変数を入力として重回帰モデルを実行し、ゲノム編集の成功確率 (ノックイン正確性) が予測される仕様を設計した。また、AI 予測エンジンの開発(3)の重回帰モデルを DataRobot でのモデルと置き換えられる仕様も設計。

#### (2)実装

フロントサイド開発は HTML/CSS/JS、バックエンド開発は Python/R のプログラミング言語と MySQL のデータベースで実装。また、予測エンジンと連携するための API を実装した。

#### (3)ユーザーテスト・評価

3 月下旬～広島大学で実証実施。予測エンジンが期待通りの予測を算出しているかを検証。

### 【データ管理基盤のプロトタイプ基本機能開発】

indel 解析、ユーザー管理、実験管理機能等を実装したプロトタイプを開発し、広島大学でのユーザー実証を実施した。

### 【成果】

データ管理基盤の開発:

- (1) 広島大学の研究者にヒアリングし、バイオ研究者のドライ関連スキル不足を補うため、プロトタイプ開発 1.0 の仕様書・要件定義書を作成
- (2) プロトタイプ開発の機能要件のうち、最も要望が高い indel 解析の WEB 実行機能を設計。ユーザ管理、プロジェクト管理、実験管理、バッチ実行管理機能を設計。
- (3) WEB システムとし、Indel 解析のエンジンは CRISPResso2 を利用。広島大学、トッパン、開発会社で IP アドレス制限。アジャイル開発で実施、脆弱性診断実施。

データ管理基盤の評価・実証:

広島大学の研究者で検証実施 (2020 年 3 月末から 6 月末まで)。GUI の改善点の指摘が多くあったが、ドライの経験がない方でも簡単な操作で解析を実施できたとの評価もいただいた。

サービス要件調査:

データ管理基盤の評価をいただいた広島大学の研究者にアンケートを実施。

・ゲノム編集研究のドライ実験の課題

定石と言える手法の共有がない、またそれを策定する専門家が少ない

・ゲノムデータ加工、管理、分析の課題

解析に時間が要する／管理するデータの大きさとデータ数の多さ

／分析の際のパラメータ設定の複雑さ

・上記課題において、データ管理基盤に欲しい機能

解析データのストレージ機能／教科書的マニュアル

・データ管理基盤で懸念すること

部外秘のデータが外部に漏れること等の意見をいただいた。

### 【データ管理基盤の応用機能開発】

データ管理基盤プロトタイプ基本機能開発でのユーザー調査をもとに(A)初心者向けのスターターサイトとログイン機能を持つ(B)中上級者向けサイトを開発し、広島大学、熊本大学にてユーザーテスト実施。

### 【成果】

データ管理基盤の開発:

(A)初心者向けスターターサイト開発

ゲノム編集支援オープンプラットフォーム「Genome Editing Cloud」のベータ版開発

対象ユーザ:

ゲノム編集を始めようとするバイオ企業や研究機関

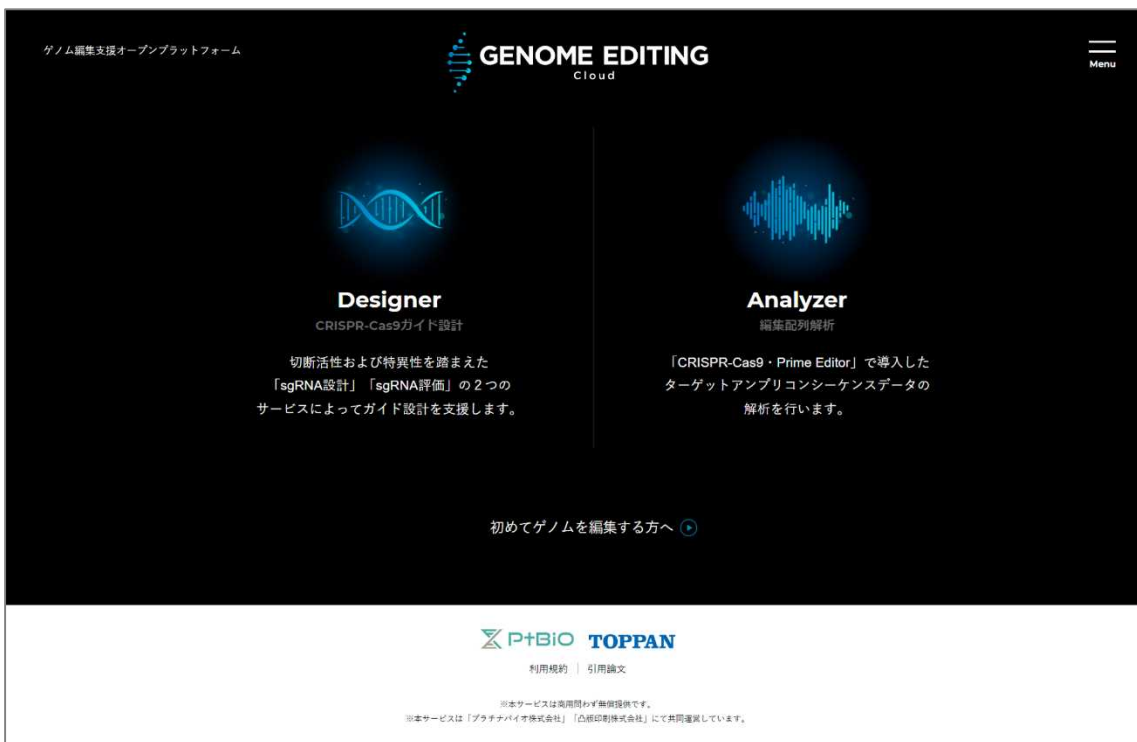
2021年3月下旬から順次、広島大学、熊本大学に限定公開

複数の異なるレイヤーのユーザーでの検証実施

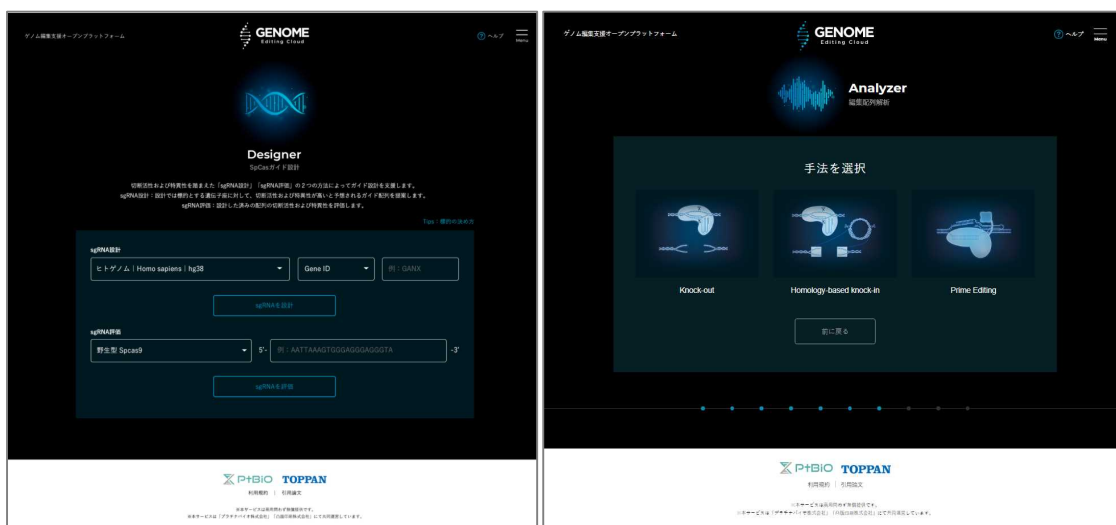
提供機能:

CRISPR-Cas9 ガイド設計機能 (sgRNA 設計、sgRNA 評価によるガイド設計支援)

編集解析機能 (「CRISPR-Cas9、Prime Editor」で導入した変異アンプリコンシーケンスデータ解析)



ゲノム編集支援オープンプラットフォーム「Genome Editing Cloud」ベータ版のトップ画面



ゲノム編集支援オープンプラットフォーム「Genome Editing Cloud」ベータ版の画面イメージ

必要最小限の入力項目となる対話側インターフェイスで画面設計を行い、初心者が利用しやすい操作性を実現した。Designer (CRISPR-Cas9 ガイド設計)・Analyzer (編集配列解析)の2つの基本機能を実装。

Designer: GGenome(※2)に連携し、「sgRNA 設計」「sgRNA 評価」を行うことが可能  
 Analyzer: CRISPResso2(※3)、MaChIAto に連携し、「Knock-out」「Homology-based knock-in」「Prime Editing」の3つの手法でデータを解析することが可能

(※2)GGenome は、DBCLS が開発した塩基配列検索のオープンソース

設計当初は CRISPRdirect (DBCLS が開発したゲノム編集のガイド設計のオープンソース) との連携を予定していたが、API 機能等の比較により、GGGenome を採用 (※3) CRISPResso2 は、Massachusetts General Hospital が提供する変異解析ソフトウェア (研究用途は無償)

(B) 中上級者向け会員サイト開発

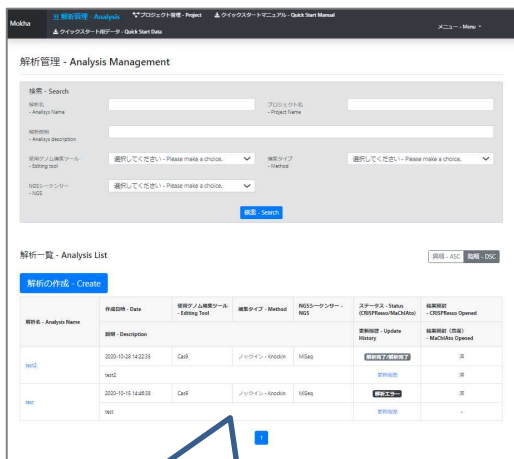
ゲノム編集支援プラットフォーム「Genome Editing Cloud Pro (仮)」のベータ版開発対象ユーザ:

ゲノム編集を実施しているが、データ管理が不得手とするバイオ企業や研究機関  
2021 年 3 月下旬から順次、広島大学 (細胞)、熊本大学 (マウス胚) に限定公開  
先進ユーザーでの検証を実施

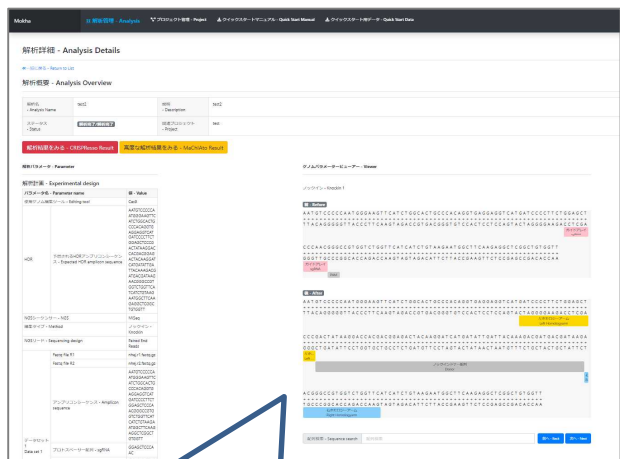
提供機能:

編集解析機能 (「CRISPR-Cas9、Prime Editor」で導入した変異アンプリコンシーケンスデータ解析)、ユーザ管理機能、プロジェクト管理機能、解析管理機能、ゲノム編集パラメータビューア機能

対象ゲノム編集ツール: Cas9、Prime Editor、Base Editor、Cpf1

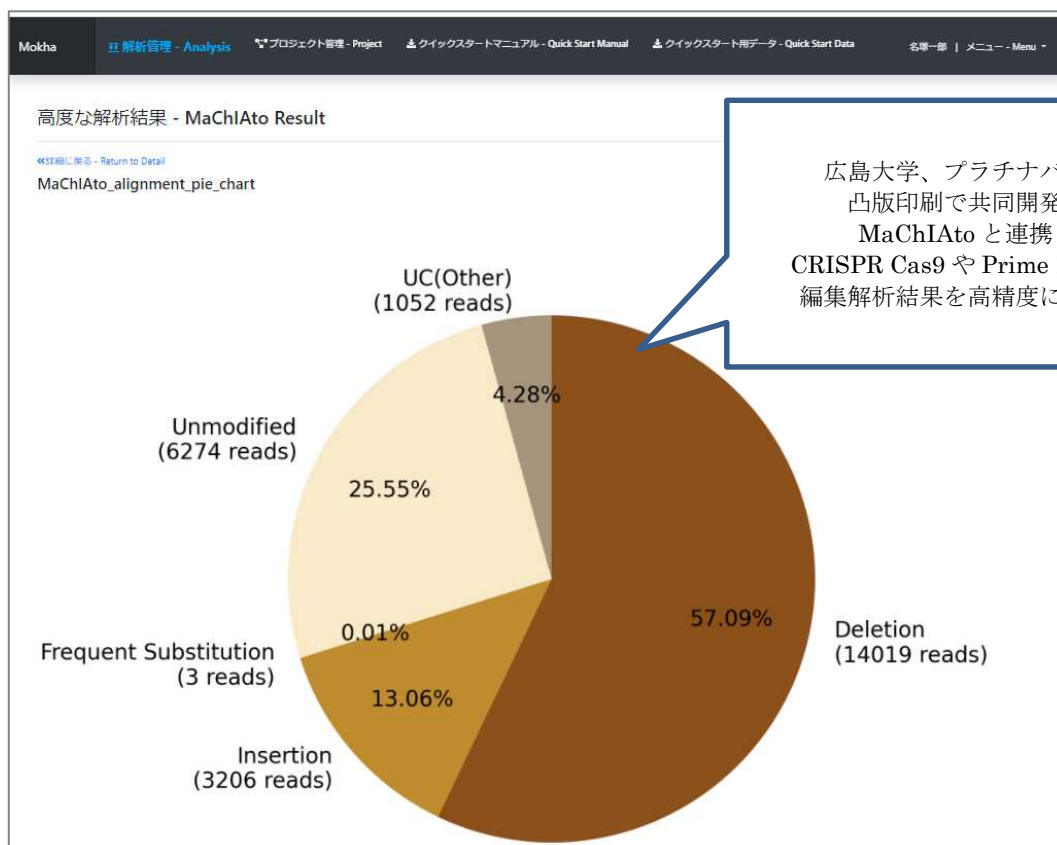


解析条件などを DB で管理



ゲノム編集の各種パラメータの関係性をビューアで確認可能

ゲノム編集支援プラットフォーム「Genome Editing Cloud Pro (仮)」のベータ版の画面イメージ



ゲノム編集支援プラットフォーム「Genome Editing Cloud Pro(仮)」のベータ版の高度な解析結果の例

#### データ管理基盤の評価・実証:

広島大学、熊本大学、理研ジェネシス、インプラントイノベーションズ、DBCLS での実証を予定していたが、研究者へのヒアリングにより「Genome Editing Cloud Pro(仮)」よりも初心者向けのスターターサイト「Genome Editing Cloud」の方が望まれていることが分かったため、一旦実証を停止し、スターターサイトを中心に開発を進めるように計画を変更した。

#### 【AI 予測エンジンを搭載したデータ管理基盤の製品化に向けた機能向上】

当初計画を見直しつつ、市場ニーズや研究者の方々の意見を取り入れ、データ管理基盤の機能拡張 CRISPR-Cas9 の切断活性予測アルゴリズム確定、エンジン開発を進めることができた。

#### 【成果】

サービス化に向けて、初心者向けのスターターサイトを中心に開発。ゲノム編集に関わる研究者との議論と 8 月行った広島大学と熊本大学の研究者に対してヒアリング、また BioJapan2021 のブースでの 27 社 6 機関(35 名)との意見交換を通じて、ニーズを把握した上でより高いユーザビリティを実現するべく開発を行った。具体的には(A)AI 予測エンジンの開発の見直しと改良、そして(B)CRISPR-Cas9 ガイド設計が対応するゲノム編集ツール・ゲノムの拡張や(C)編集解析機能の増強を図った。また(D)サンガーシーケンス法を利用したゲノム編集解析機能(TIDE)の実装も行った。また、海外研究機関との連携機能の実装へ向けて、(E)公共データベースの情報に

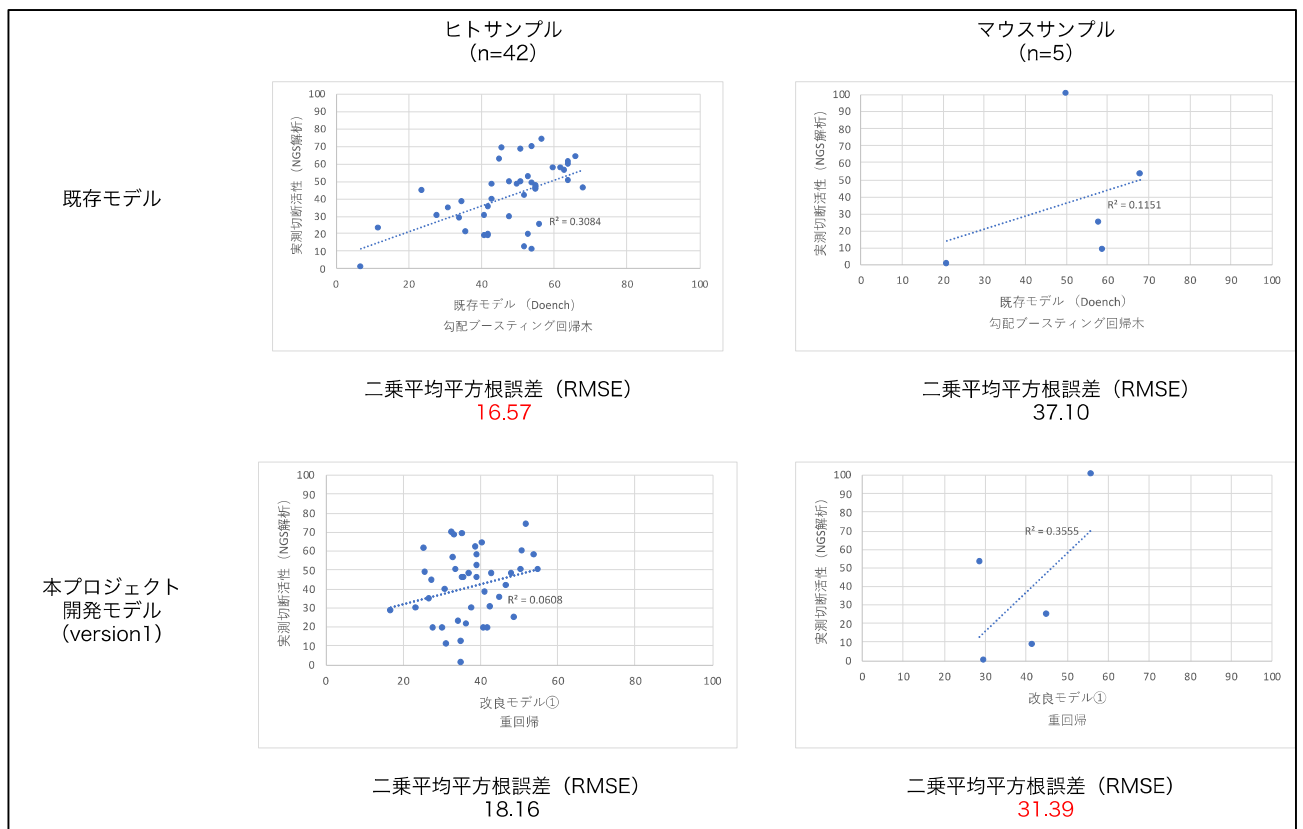
基づいたゲノムプロファイリングを実施した。これによってゲノム編集の産業利用にむけたゲノム編集ツールの標的デザインがはるかに容易になると期待される。今回は農業生物(ミツバチ)のRNA-seq データからゲノムプロファイリングを構築することで、その手法の確立し、成果を論文としてまとめた。これとともにプロファイリングに利用したプログラムを編纂し、実装に向けて開発検討を進めている。また、国立研究開発法人科学技術振興機構バイオサイエンスデータベースセンター(NBDC)主催のオンラインセミナー『AJACS オンライン8』の中でアカデミア・企業研究者を中心とした受講者 184 名に対してスターターサイト開発の紹介も行うなどアウトリーチ活動も並行して実施している。

#### (1)対応ゲノム編集ツールの拡張

##### (A) AI 予測エンジンの開発の見直しと改良

これまでノックインの成功確率を予測する AI エンジンの開発に取り組んできたが、ノックインよりも前のフェーズに存在するゲノム編集ツール(CRISPR-Cas9)による切断反応については予測の範疇になかった。このことについてゲノム編集実験に関わる研究員から、その可用性の低さが指摘されたため、CRISPR-Cas9 の切断活性を予測するための AI エンジンの開発に着手した。

公共データベース上で公開されている 1,000 種以上のゲノム編集活性データセットに基づいて予測モデル(version1)を構築し、さらにフェーズ④から収集していた広島大学のヒト培養細胞実験データ(ヒトサンプル)、熊本大学のマウス胚データ(マウスサンプル)を利用して、そのモデルの精度について検討を行った。その結果、少数のマウスサンプルにおいて米国マイクロソフトとブロード研究所が開発した既存の予測モデル(既存モデル; Doench *et al.*, 2016.)よりも優れた精度で予測できることを明らかにした。

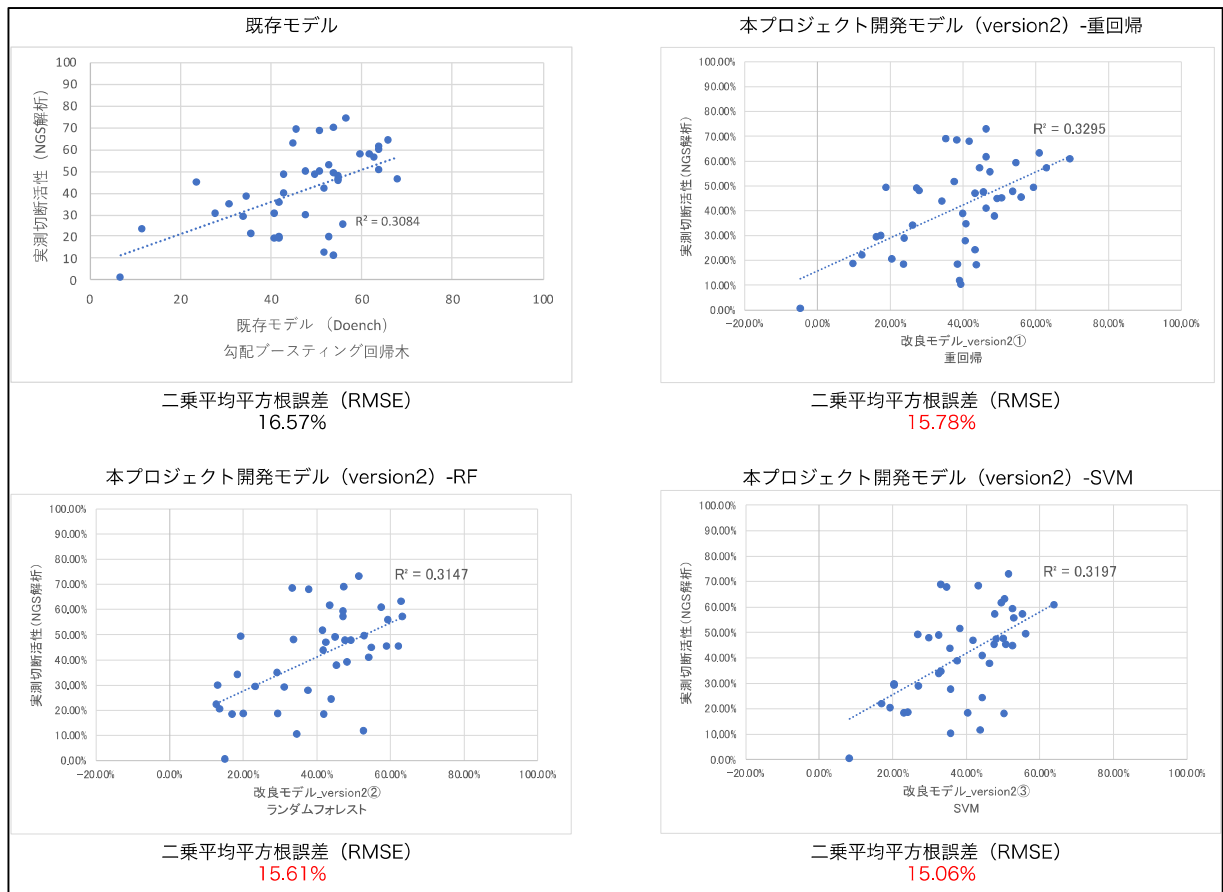


**既存の予測モデルと本プロジェクトが開発したモデル(version1)の精度比較**

※一方のモデルよりも優れた精度が確認された場合に赤字で示す。

しかしながら、ヒトサンプルでは精度面で既存モデルに劣っており、全面的に性能を上回ったとは断定することができなかった。そのため更なる精度向上を目指して、海外データベースを通じて1万件以上の実験データを収集し、予測モデル(version2)の構築に供することで精度の向上を図った。その結果、作成した4つの予測モデル(version2)のうちの3種がヒトサンプルにおいて、既存モデルよりも高い精度と相関が確認された。

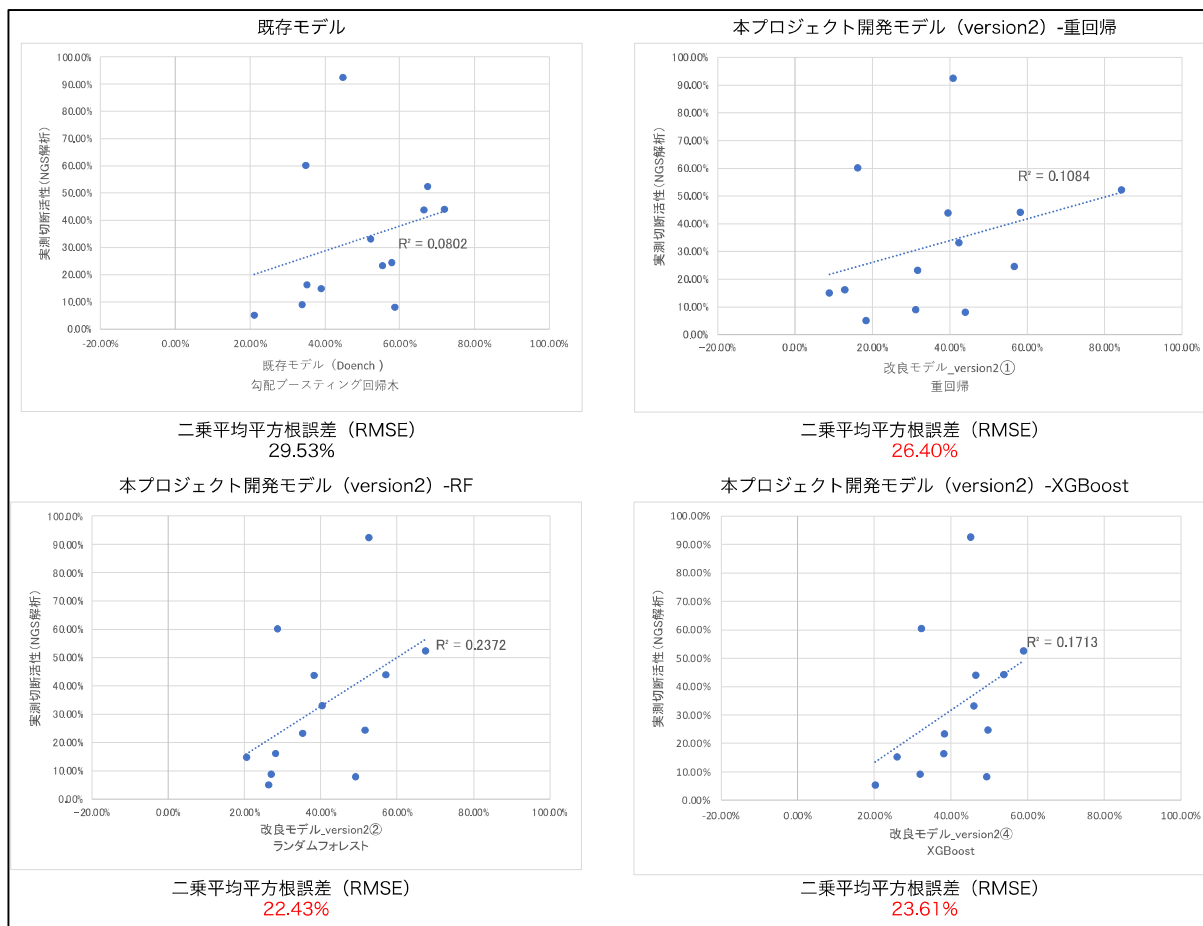




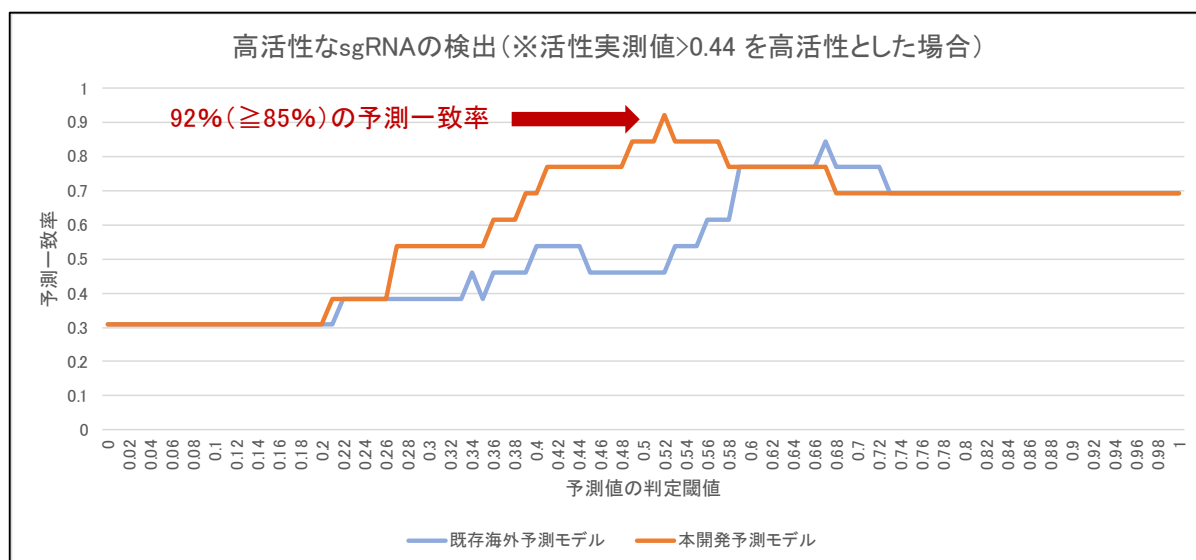
### 既存モデルと本プロジェクト開発したモデル(version2)のヒトサンプル(n=42)での精度比較

※既存モデルよりも優れた精度が確認された場合に赤字で示す。

またマウスサンプル対しても開発した予測モデル(version2)の検証をおこなった。マウスサンプルのように培養細胞ベースでないゲノム編集活性はさまざまな要因が絡むため予測が難しいと考えられる。今回、追実験によりマウスサンプルを拡張し、そのゲノム編集活性を予測値と比較した。その結果、既存モデルで予測を行った場合、信頼性の高いデータのみ絞り込んでも決定係数にして0.0802しか精度を得られなかった。一方、本プロジェクトで開発した予測モデル(version2)のうちのランダムフォレスト(RF)モデルでは決定係数にして0.2372となり、既存モデルの2倍以上の精度が確認された。さらにこのモデルの予測値0.52を閾値として、高活性(ゲノム編集活性>0.44)なゲノム編集ターゲットであるかどうか分類する試験をマウスサンプルで実施したところ、約85%以上の予測一致率で判別できることを明らかにした。この結果は既存の海外予測モデル(Doench et al., 2016.)よりも高い予測一致率である。以上のことから従来活性予測が難しい培養細胞以外でのゲノム編集活性も精度良く予測できる可能性が高いと考えられる。



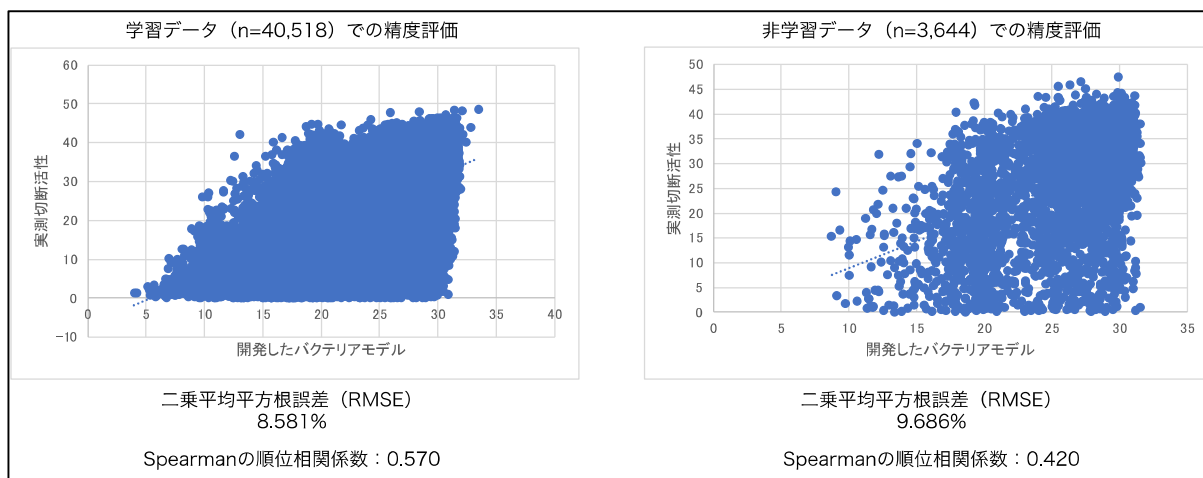
既存モデルと開発したモデル(version2)のマウスサンプル(n=13)での精度比較  
 ※既存モデルよりも優れた精度が確認された場合に赤字で示す



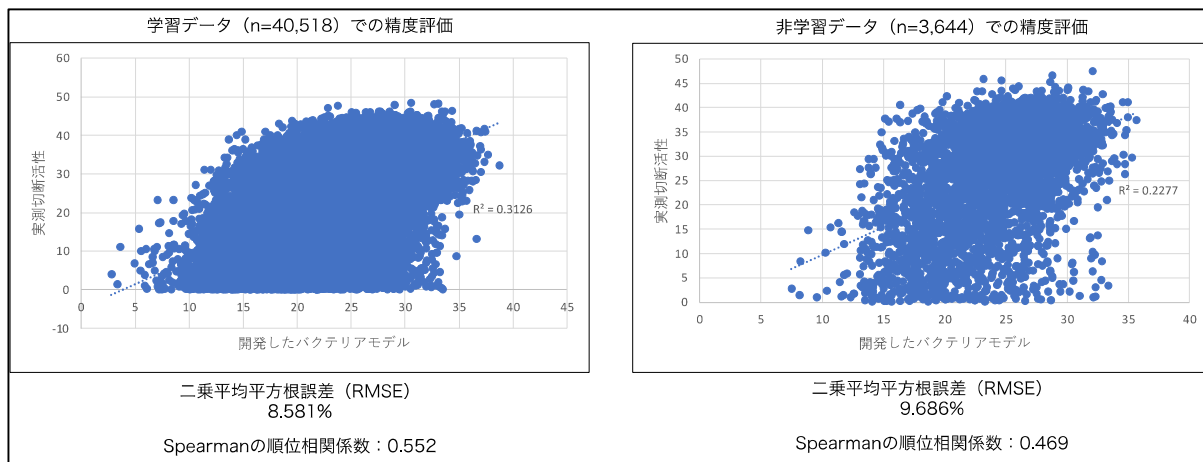
ゲノム編集活性>0.44を高活性とみなした際の、閾値と予測一致率の関係性

また、さらなる可用性の向上を目指すために、ヒトやマウスのような哺乳類ではなく、バクテリアを対象としたCRISPR-Cas9の切断活性を予測モデルの構築も実施した。こちらも公共

データベースからバクテリア(大腸菌)でのゲノム編集活性データを取得し、学習モデル(バクテリアモデル)の構築をおこなった。構築したバクテリアモデルは先行研究(Guo *et al.*, 2018.)にて報告された予測モデルの予測精度(学習データとの Spearman の順位相関係数:0.542)よりも優れた予測精度(ランダムフォレストモデル:学習データとの Spearman の順位相関係数:0.570, 非学習データとの Spearman の順位相関係数:0.420/SVM モデル:学習データとの Spearman の順位相関係数:0.552 非学習データとの Spearman の順位相関係数:0.469)を確認できた。以上より、今回開発した種々の予測モデルによって、バクテリアからヒトにいたるまでの様々な生物種の国内のゲノム編集活性を予測することができ、これによって国内の開発をより効率化できるものと考えられる。



### 本プロジェクト開発したバクテリアモデル(ランダムフォレスト)の精度検証結果



### 本プロジェクト開発したバクテリアモデル(SVM)の精度検証結果

## (B) CRISPR-Cas9 ガイド設計が対応するゲノム編集ツール・ゲノムの拡張

これまでゲノム編集において中心的な SpCas9 一種のみの設計を意図していたが、ヒアリング等での指摘を整理し、42 種のバリエーションを含むゲノム編集ツールに対応させるよう機能拡張を行った。

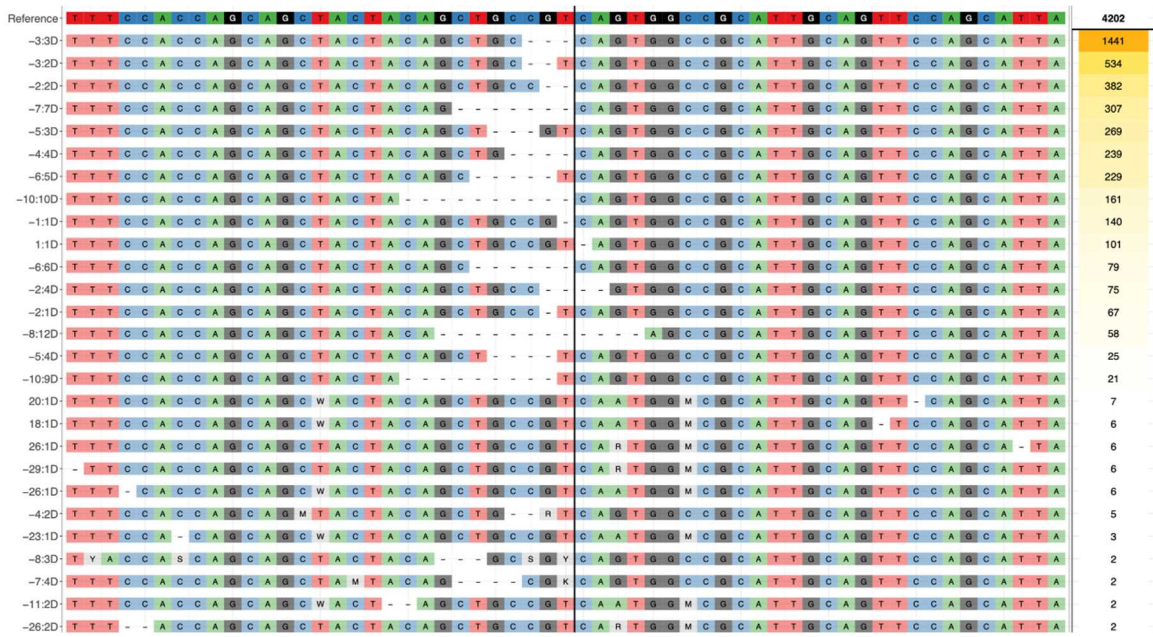
tool	protospacer	5PAM	3PAM	variant	Cas9
SpCas9	20	no	NGG	WT	NGG-SpCas9-WT
SpCas9	20	no	NGG	Other	NGG-SpCas9-Other
SpCas9	20	no	NGAM,NGNG	VQR variant / VRQR variants	NGANorNGNG-SpCas9:VQRvariant/VRQRvariants
SpCas9	20	no	NGAG	EQR variant	NGAG-SpCas9:EQR variant
SpCas9	20	no	NGCG	VRER variant	NGCG-SpCas9:VRER variant
SpCas9	20	no	NAAG	QQR1 variant	NAAG-SpCas9:QQR1 variant
SpCas9	20	no	NRRH	SpCas9-NRRH	NRRH-SpCas9:SpCas9-NRRH
SpCas9	20	no	NRTH	SpCas9-NRTH	NRTH-SpCas9:SpCas9-NRTH
SpCas9	20	no	NRCH	SpCas9-NRCH	NRCH-SpCas9:SpCas9-NRCH
SpCas9	20	no	NG	SpCas9-NG / xCas9-3.7	NG-SpCas9:SpCas9-NG / xCas9-3.7
SpCas9	20	no	NGN	SpG	NGN-SpCas9:SpG
SpCas9	20	no	NRN	SpRY	NRN-SpCas9:SpRY
SaCas9	21	no	NNGRRN	WT	NNGRRN-SaCas9:WT
SaCas9	21	no	NNNRRT	SaCas9-KKH	NNNRRT-SaCas9:SaCas9-KKH
SaCas9	21	no	NNVRRV	SaCas9-KKH R991K or SaCas9-KKH R991K/D987N	NNVRRV-SaCas9:SaCas9-KKH R991K or SaCas9-KKH R991K/D987N
SaCas9	21	no	NNVRRN	cCas9 v42 / cCas9 v17-L	NNVRRN-SaCas9:cCas9 v42 / cCas9 v17-L
SaCas9	21	no	NNVACT,NNVATG,NNVATT,NNVGCT,NNVGTG,NNVGT	cCas9 v16 or cCas9 v21	NNVACT or NNVATG or NNVATT or NNVGCT or NNVGTG or NNVGT -SaCas9:cCas9 v16 or cCas9 v21
NmCas9	24	no	NNNGATT	WT	NNNGATT-NmCas9:WT
Nme2Cas9	24	no	NNNCCC	WT	NNNCCC-Nme2Cas9:WT
Nme3Cas9	24	no	NNNCAAA	WT	NNNCAAA-Nme3Cas9:WT
St1Cas9	20	no	NNAGAAG	WT	NNAGAAG-St1Cas9:WT
St3Cas9	20	no	NGGNG	WT	NGGNG-St3Cas9:WT
CjCas9	22	no	NNNVRYM,NNNRYAC	WT	NNNVRYM or NNNRYAC-CjCas9:WT
TdCas9	20	no	NAAAAC	WT	NAAAAC-TdCas9:WT
SmaCas9	20	no	NAAN	WT	NAAN-SmaCas9:WT
SpyMac	20	no	NAAN	Chimera	NAAN-SpyMac:Chimera
SpyMac	20	no	NAAN	iSpyMac	NAAN-SpyMac:iSpyMac
ScCas9	20	no	NNG	WT	NNG-ScCas9:WT
FncCas9	22	no	NGG	WT	NGG-FncCas9:WT
FncCas9	22	no	YG	RHA FncCas9	YG-FncCas9:RHA FncCas9
GeoCas9	21	no	NNNCRRAA	WT from G. st	NNNCRRAA:GeoCas9:WT from G. st
GeoCas9	21	no	NNNNGMAA	WT from G. LC300	NNNNGMAA:GeoCas9:WT from G. LC300
SauriCas9	21	no	NNGG	WT	NNGG-SauriCas9:WT
SauriCas9	21	no	NNRG	SauriCas9-KKH	NNRG-SauriCas9:SauriCas9-KKH
eSa-SauriCas9	21	no	NNGG	Chimera	NNGG:eSa-SauriCas9:Chimera
SlugCas9	21	no	NNGG	WT	NNGG-SlugCas9:WT
Sa-SlugCas9	21	no	NNGG	Chimera	NNGG-Sa-SlugCas9:Chimera
ShaCas9	21	no	NNGGV	WT	NNGGV-ShaCas9:WT
ShaCas9	21	no	NNRRC	ShaCas9-KKH	NNRRC:ShaCas9:ShaCas9-KKH
SlutrCas9	21	no	NNGRR	WT	NNGRR-SlutrCas9:WT
SlutrCas9	21	no	NNRRR	SlutrCas9-KKH	NNRRR-SlutrCas9:SlutrCas9-KKH
AceCas9	20	no	NNNCC	WT	NNNCC-AceCas9:WT

### CRISPR-Cas9 ガイド設計が対応するゲノム編集ツール(バリエーション含む)一覧

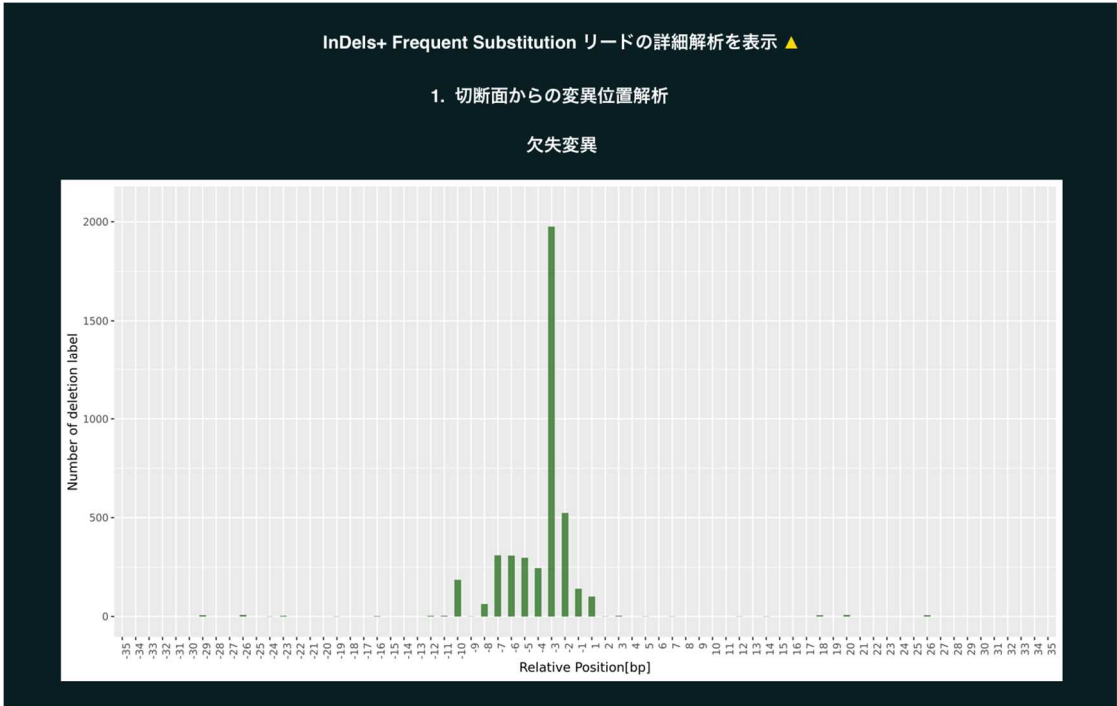
また、対応させるゲノムについても DBCLS が公開する GGGenome に準拠し、100 種以上のゲノムに対応させるように改良を進めた。またそれと並行して、企業がもつ独自の品種のゲノムについてもツールを適用させるために GGGenome のパッケージソフトを提供する株式会社レトリバと契約を結び、独自ゲノムの適用を行える環境を整備するための試験を行うことで合意した。

## (C) 編集解析機能の増強

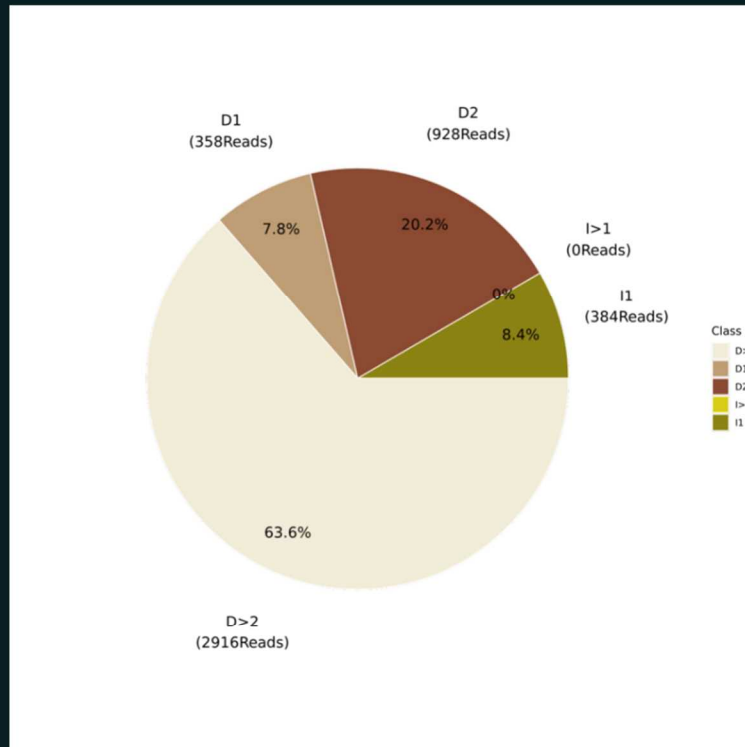
Analyzer の編集解析機能についても、8 月行った広島大学と熊本大学の研究者に対してヒアリングから、より出力データを拡張することが要望された。このことから広島大学が開発し、プラチナバイオが改良を施した MaChIAto Aligner を実装した。これによって拡張前は出力する解析プロファイルデータが 2 点のみだったのに対し、50 点以上を表示する形に改善され、あらゆる観点からゲノム編集データを観察することが可能となった。



Analyzer が提供する図表例: 欠失変異配列のアライメント情報



Analyzer が提供する図表例: 欠失位置の集計

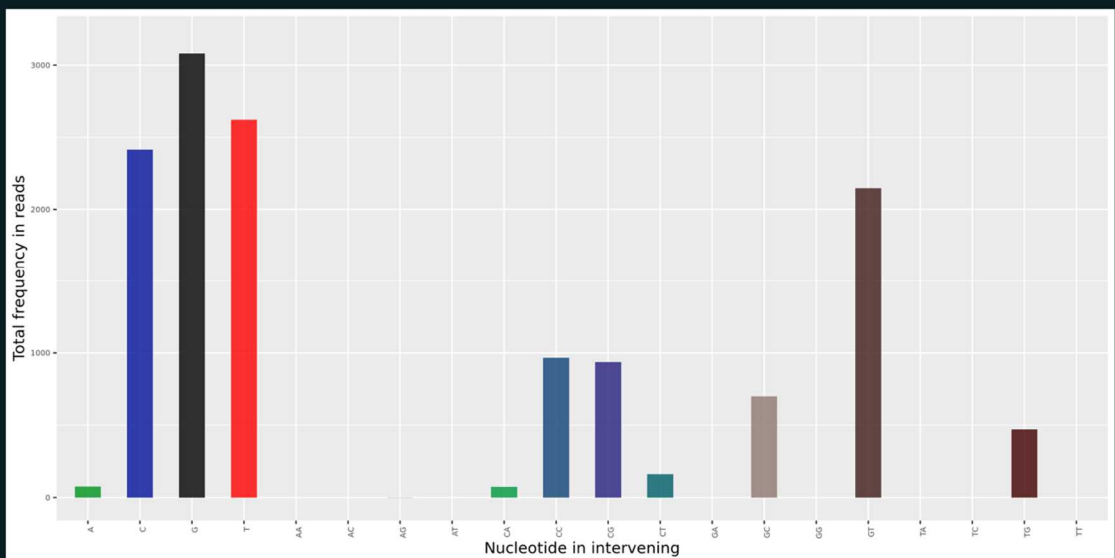


数值データをDL

D>2 : 3塩基以上の欠失 / D2 : 2塩基の欠失 / D1 : 1塩基の欠失 / I1 : 1塩基の挿入 / I>1 : 2塩基以上の挿入

Analyzer が提供する図表例: 欠失サイズの種類

17. MMEJを誘起したマイクロホモロジーに含まれる一塩基/二塩基種集計



Analyzer が提供する図表例: MMEJ を起こしたマイクロホモロジーの塩基集計

#### (D) サンガーシーケンス法を利用したゲノム編集解析機能(TIDE)の実装

サンガーシーケンス法を利用したゲノム編集解析機能(TIDE)として新たに「Genome Editing Cloud Separator」を設計し、入力画面と出力画面を実装した。

また、バックサイドで動作してゲノム編集データを処理するツール「PtTIDE」をプラチナバイオ社が開発し、その第一版を AWS 上で動作させることを確認した。入出力画面と PtTIDE の処理系を接続し、正常に動作することを確認した。

GENOME EDITING  
Cloud

Separator  
TIDE解析

ポピュレーションゲノムをシーケンスしたサンガーシーケンスデータ(.ab1)を分離解析してゲノム編集の結果を評価します。

サンプルデータをセットする Tips: TIDE解析について

サンプル名 (任意) Cas9

プロトスペーサ配列を入力  
5'- 例: AATTAAGTGGGAGGGAGGGGTA -3'

+ プロトスペーサを追加

シーケンスデータ (1) シーケンスデータ (2)

コントロールのab1ファイルをドロップ ゲノム編集したab1ファイルをドロップ

解析開始

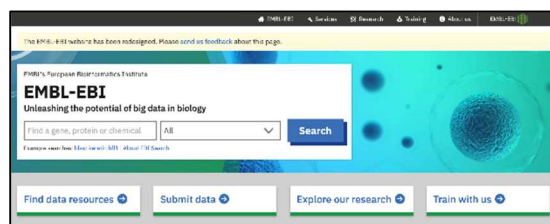
Genome Editing Cloud Separator メイン画面

## (E) 公共データベースの情報に基づいたゲノムプロファイリング

ゲノム編集の産業利用に向けた効率的な標的デザインを実現するためには、詳細なゲノムプロファイルの発展が重要である。しかしながら、生物種ごとのゲノム情報の整備段階は一律ではなく、十分なクオリティのゲノムプロファイルが利用可能でない種も多数存在する。一方で、海外データホルダー（米国 NCBI、欧州 EBI）が提供する公共データベースとそれと連携する国内データホルダー（日本 DDBJ）には、大規模かつ多様なゲノム情報の元データが登録されている。我々は、これらの大規模の公共データを再利用するゲノムプロファイリング技術を確立することで、ゲノム情報の整備が十分でない生物種においても、ゲノム編集の標的デザインの効率化が可能となると考えた。



海外データホルダー：米国 NCBI



海外データホルダー：欧州 EMBL-EBI

今回はゲノム編集の事例が既に存在する有用昆虫であるセイヨウミツバチを対象に、新規のゲノムプロファイリング技術(ツール)の開発を試みた。はじめに、公共データベースに登録されている遺伝子発現データ(RNA-seq データ)の登録状況を精査すると同時に、デモデータを用いたコンピュータ解析のフロー構築を行った。次に、実際にダウンロードした大規模の公共データに対して構築した解析フローを適用し、セイヨウミツバチの強化版遺伝子リストを構築した。作成できた強化版の遺伝子リストに関しては、既存の遺伝子モデルとの比較を進め、強化点を分析した。最終的には、ここまでで得られたセイヨウミツバチにおけるゲノムプロファイリングの検証結果に関する論文原稿の作成を進めており、今後、学術誌へと投稿予定である。また、確立したプログラムの最適化を進め、セイヨウミツバチ以外の種へのゲノムプロファイリング技術の実装に向けた開発検討を進めている。

(A)-(D)の改良が完了したのちに広島大学と熊本大学と他の研究機関・企業(iPS 研究所・グランドグリーン・セツロテック・理研ジェネシス・インプラントイノベーションズ・DBCLS) 総計 8 機関に利用してもらう予定で調整を行なっている。



### 3-2-3-9. 音データを基にした製造業パイプラインのつまり予知・予兆診断システムの開発

(実施先: 横河ソリューションサービス株式会社、Hmcomm 株式会社)

#### 3-2-3-9-1. 研究開発の概要と実施計画

プラントパイプラインの「つまり」に起因する計画外のダウンタイム(生産プロセスの停止)による生産性の低下や経済損失が問題となっているが、このパイプラインの「つまり」を機械的・技術的に検知する有効な手法は確立されていない。

この課題を解決するために、本研究開発においては、プラントにおける計測と制御に強みを持つ横河ソリューションサービス株式会社と音の AI 解析に強みを持つ Hmcomm 株式会社が連携し、工場のプロセスデータとパイプライン近傍の音データを活用することにより、パイプライン内の状態変化を検知可能な技術を開発・システム化し、同様の生産プロセスを持つ企業が利用可能な業界横断型のプラットフォームとなる、AI 解析によるパイプライン「つまり」予兆検知サービスの基盤を構築することを目指した。

#### 3-2-3-9-2. 研究開発の内容と目標

AI システムの開発は主として Hmcomm が担当し、実験設備等において、流量、流速等の条件を変えながら、パイプのつまりに近い状態を擬似的に作り出し収集した音データを基に、正常音／異常音判定モデル開発とクラウド AI システムの開発を目指した。

データ収集、データライブラリなどの業界共用データ基盤の開発は主として横河ソリューションサービスが担当し、音データ収集機能やクラウドとの連携機能を有する効率的で汎用性の高いシステム開発を目指した。

【研究開発の内容(研究開発課題)】※実施項目毎の記入もお願いします。

業界共用データ基盤の開発

【目標】

- 1) 音診断エッジパッケージの開発: 無線等のローカルネットワークによる音データの授受、音モデルの実装、データライブラリ活用基盤との連携。
- 2) データライブラリ活用基盤システムの開発: クラウド上に音データライブラリ、非公開ライブラリ、モデルマーケットプレイスを備え、音診断エッジパッケージおよび AI システムと連携したプラットフォーム開発。
- 3) ロボティクスに関する機能検討: 屋外を含めた実際のプラント現場におけるロボットによる自立歩行と音データ収集への活用可能性検証。

【研究開発の内容(研究開発課題)】

AI システムの開発

【目標】

- 4) 正常音／異常音判定モデルの開発: 実験設備にてモデルの正答率(つまりを模擬していない状態とつまりを模擬した状態で集音した音響データをモデルで推論した際の正当率) 80%以上

- 5) 正常音／異常音判定モデルの適用範囲を提示／実サイトの特定場所に特化したチューニング：(4)で開発したモデルを実サイトのパイプに導入できるかどうかをスクリーニングする ための指標を作成。実サイトで試行した(異常が収集できた)際に、圧力計などの計器の数値変化よりも早く(4)のモデルによりパイプ径の閉塞を検知し、異常度(0, 1だけでなく推移が数値化できる情報)を経時的にモニタリングできるようにする。
- 6) AIシステムの開発：モデル開発機能と音診断エッジパッケージ、データライブラリ活用基盤システムとの連携機能を提供し、複数社、複数個所に対応可能な AI システムを開発する。

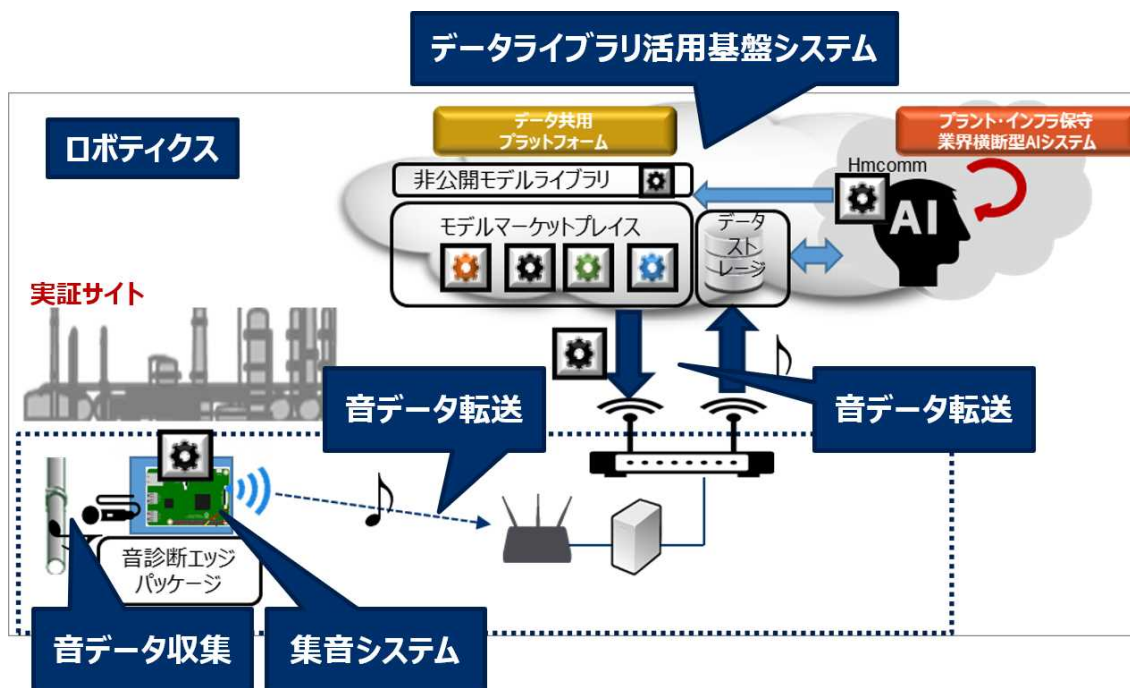


図 3-9-1. 本テーマ概要図

### 3-2-3-9-3. 研究開発の成果

データ収集、データライブラリなどの業界共用データ基盤の開発については、リモートでの集音、データ格納およびデータライブラリ活用基盤システム連携した AI モデルのエッジ判定処理などを実装し、今後のビジネス化に向けての基盤を構築した。

上記システムと連携する AI システムの開発については、データライブラリ活用基盤システムから連携された集音データを元に正常音／異常音判定モデルが自動で作成される仕組みを開発、エッジへ搭載後、判定処理が行えることを確認した。

#### 【成果】

- 1) 音診断エッジパッケージの開発：ローカルネットワーク P-LTE を活用した遠隔指示による音データ収集、データライブラリ活用基盤システムと連携したエッジシステムでの AI 判定機能

を構築、確認した。本開発により、セキュアなシステムが求められるプラントにおけるデータ管理への活用検討に繋げることができる。

- 2) データライブラリ活用基盤システムの開発:クラウド上に音データや AI モデルライブラリなどを実装したデータライブラリ活用基盤システムを構築し、上記1)の音診断エッジパッケージとの連携機能などを確認した。本開発により、AI システムとエッジシステムを連携させる基盤システムのベースを確立することができた。
- 3) ロボティクスに関する機能検討:移動可能でかつ再現性のある、エッジシステム運用を目指し、四足歩行ロボットでの巡回集音処理について実施確認した。将来、サービスでの活用に向けて実現できている点と今後、精査が必要な点について把握することができた。
- 4) 正常音／異常音判定モデルの開発:
  - ・模擬実験設備オリフィス  $\Phi 80$  に対する異常検知の精度は目標精度に達成
  - ・模擬実験設備ピンチバルブ閉塞率 80% に対する異常検知の精度も目標精度を達成
- 5) 正常音／異常音判定モデルの適用範囲を提示／実サイトの特定場所に特化したチューニング:
  - ・実機プラントに適用するための課題をまとめ、学習範囲認識モデルの導入により複雑なプラント配管にも対応できる正常/異常判定モデルの構築を実施した。
  - ・実機プラントにて安定した集音を行うために集音治具を作成した。
  - ・モデル適用できる配管音/環境音ノイズの SN 比を検証し、示唆を得た。
  - ・集音位置によらない推論をするための条件の検証を行い、示唆を得た。
- 6) AI システムの開発:

モデル開発機能と音診断エッジパッケージ、データライブラリ活用基盤システムとの連携機能を提供する AI システムの開発を行い、連携を確立することができた。

### 3-2-3-10. 定量RBM用分散型データ基盤とAI開発

(実施先: 株式会社ベストマテリア、株式会社 IMC)

#### 3-2-3-10-1. 研究開発の概要と実施計画

リスク(破損確率×破損の影響度)を基準とするプラント保全方法である RBM(リスクベースメンテナンス)は、リスク評価ソフトを用いてリスクを算定し、リスクによる優先度を基準に保全(検査、補修、更新など)を行う方法である。設備管理の追跡性、説明性を担保し、保全コストの最適化をもたらす方法として世界的に普及が進んでいる。

現状、世界では欧米のコンサルティング会社が独自の RBM ソフトを用いて RBM 実施事業を行っている。国内では、(一社)日本高圧力技術協会(以下 HPI と記す)が RBM 規格 HPIS Z106,Z107 (API RP 581 を基準)を発行しており、これに準拠した RBM ソフトを用いた RBM が石油精製、石油化学プラントで実施され始めたところである。2017 年に高圧設備の開放検査間隔を最大 8 年に延長できる法改正(スーパー認定)がなされた際、認定のために RBM の実施が推奨されたことにより、RBM 実施への機運が急激に高まっている。また、国内には、高度経済成長期からプラントの安全操業を支えたプラント保全の熟練技術者が多数いてプラントの安全を支えているが、高齢化が進んでいる。一方、コンピュータの急激な進歩によって、熟練技術者の暗黙知を AI し、実装することが可能となってきた。

本事業における開発のイメージを図 3-10-1 に示す。RBM 実施事業者は、予兆保全 AI を搭載した RBM SaaS にクラウドを介してアクセスし、必要データをソフトに入力し、リスク評価を行い、リスクを基準とするメンテナンス(RBM)を実施する。RBM 実施に必要な(SaaS に入力された)データは、分散型データベースに安全に格納され、予兆保全 AI の開発および予測精度向上のデータとして活用される。AI 搭載 RBM SaaS の利用が増えると、データが増え、予兆保全 AI の精度が向上し、信頼性がまずことで、AI 搭載 RBM SaaS の利用がさらに増えるという好循環がもたらされる。

#### 3-2-3-10-2. 研究開発の内容と目標

本事業では、以下の開発を行い、安全な国日本の技術と経験を取り込んだ RBM システムを構築し、世界的な RBM 事業展開を行うことを目的とする。

- ① RBM に使用するデータを安全に共有するための分散型データベースの開発
- ② RBM に使用する損傷データによる予兆保全 AI の開発
- ③ 予兆保全 AI を搭載したクラウド RBM ソフト(以下「AI 搭載 RBM SaaS」と記す)の開発

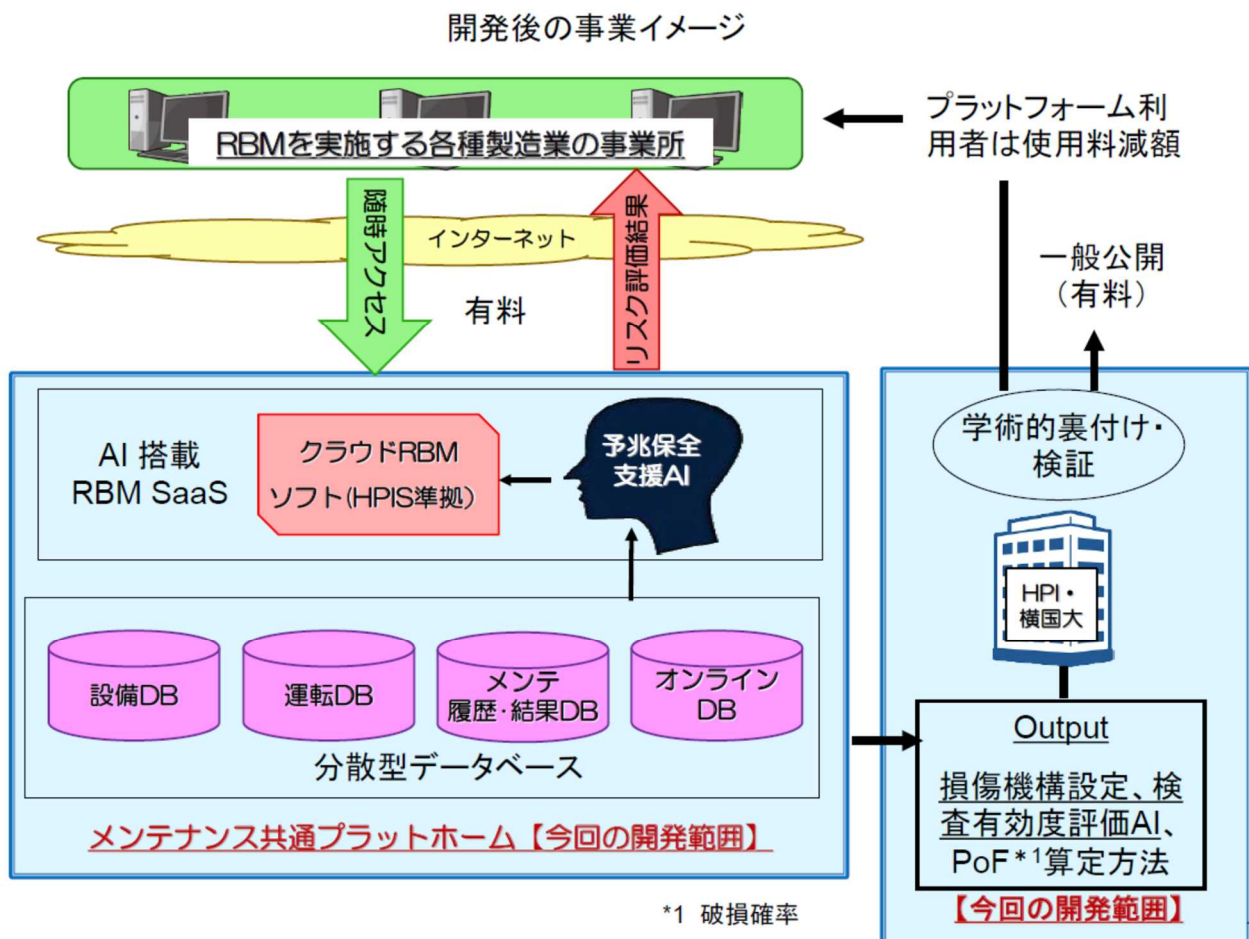


図 3-10-1. 事業最終イメージ

事業所からインターネットを介して、随時ソフトを利用できるようになり、RBMの普及→共有データ増→予兆保全AIの精度向上のサイクルを回せるエコシステム構築を目指す。

【研究開発の内容(研究開発課題)】

【目標】

下記3つの研究開発課題を設定し、それぞれ目標を定めた。

- ① 分散型データベースの開発  
プラントオーナー保有の保全データの他社、他事業所との安全な共有とデータ活用
- ② 予兆保全AIエンジンの開発  
損傷機構設定AIの開発と実使用
- ③ AI搭載RBM SaaSの開発  
AI搭載RBM SaaSと分散型データベースの実プラントでの適用

3-2-3-10-3. 研究開発の成果

図 3-10-1 のイメージとは少し異なるが、図 3-10-2 に示すような AI 搭載 RBM SaaS によるクラウド RBM システムが完成した。主な利点は以下の通りである。

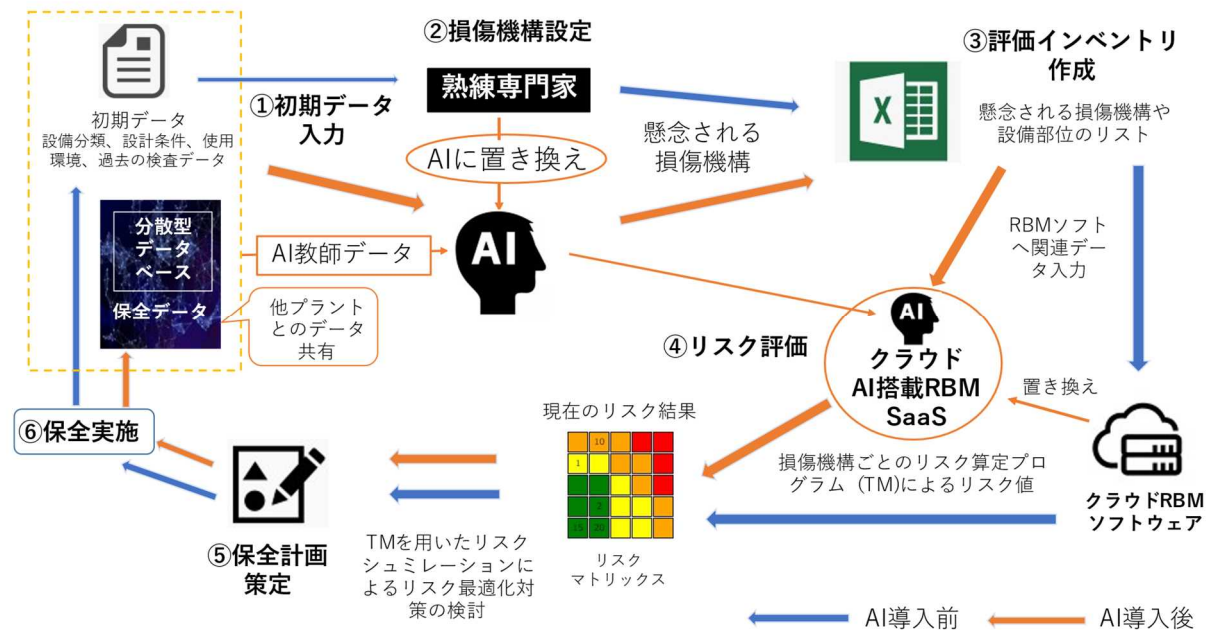


図 3-10-2. AI 搭載 RBM SaaS 導入による RBM 手順の変化

- 1) RBM 実施手順〔①初期データ入力、②損傷機構設定、③評価インベントリ作成、④リスク評価、⑤保全計画策定、⑥保全実施〕において②損傷機構設定を AI に置き換えることによって熟練専門家の関与を少なくした RBM システムが完成した。
- 2) 既存のリスク算定用 RBM ソフトは、世界で最も信頼されている API RP581(Risk Based Inspection Technology) 3rd ed(最新)版に準拠しており、AI を搭載することで、熟練専門家の関与を減らした信頼性の高い RBM ソフトが完成したと言える。
- 3) プラントオーナーが、この AI 搭載 RBM SaaS を全社統一ソフトとすることでプラント信頼性が向上し、保全人材の互換性、技術伝承の効率化が図れる。
- 4) 分散型データベースによって他事業所および他社のデータを安全に共有し、蓄積されるデータを AI の教師データとして活用することで、AI の信頼性を向上させるエコシステムが完成できた。
- 5) 最近の DX(Digital Transformation)運動の中で、AI 搭載 RBM SaaS を用いた保全 DX の可能性が示された。(図 3-10-3 参照)

## 保全DXの効果

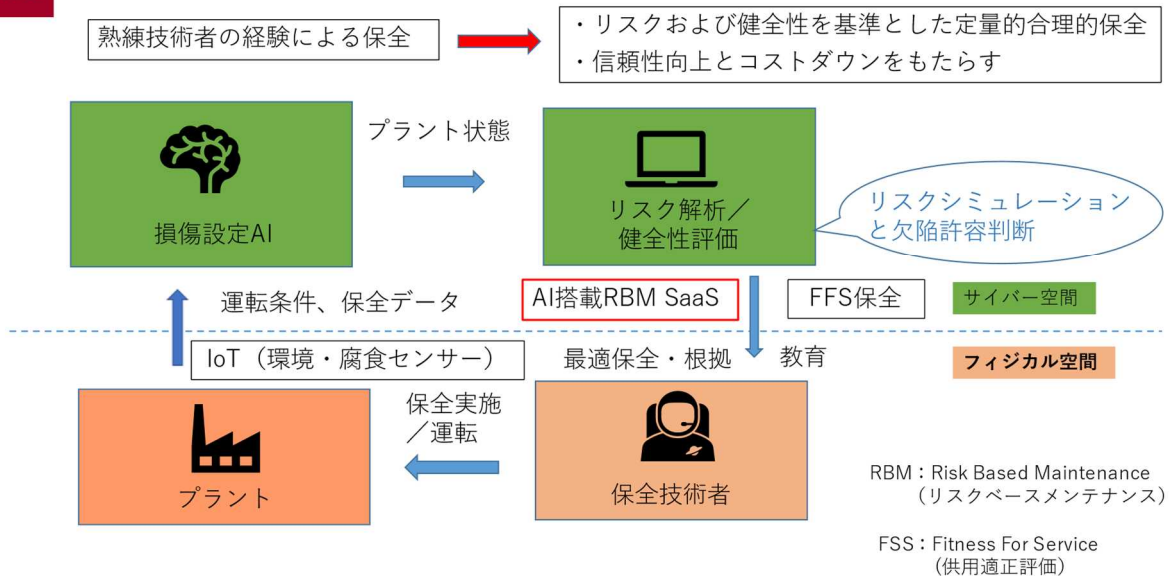


図 3-10-3. 保全 DX

## 【実施項目ごとの成果】

## ① 分散型データベースの開発

分散型データベース構築に際して、以下の機能・サービスが必要となる。

- a) Private Tangle: Tangle とは、分散型台帳技術(広義のブロックチェーン)の1つである有向非巡回グラフ(DAG)を利用した P2P 型決済及びデータ共有(通信)網。セキュアなシステム構築の1つの要素(データ保管)の一環として、導入されることが多い。

Private Tangle は、運用者が構築・管理する、仮想環境で稼働する独立したネットワークであり、そのため、外部からの影響を受けない。

- b) Chronicle: Tangle に格納されたデータを完全性のある状態で永久保存可能にするためのフレームワーク。保存されたデータは Chronicle を経由して取り出すことが可能。

- c) Scylla: Chronicle から受け取ったデータを保存するデータベース。

複数のノードで一つのクラスターを構成している。

上記を AWS 上に設置・設定を行い、分散型データベースの構築を完了した。図4のような構成になった。

＞既存 RBM データの入力

IMC が保有している過去に実施した RBM データ(約 600 件)を、分散型データベースに投入して、正常に保存され、データ抽出も行えることを確認した。

＞データベース安全性の検証方法確立

分散型データベースの安全性および動作試験を行うために、検証事項を整理したリストを作成した。また、そのリストに仕上がって、動作試験を実施し、問題無いことを確認した。

＞安全性の検証、改善、完成

AI 搭載 RBM SaaS の実証試験で得られた RBM データを、分散型データベースに投入して、正常動作することを確認した。使い勝手に対する意見として、データの投入・抽出の処

理速度が遅いとコメントを得たため、IOTA に問題点をフィードバックして、分散型データベースの各種パラメータ設定の調整を行い、処理速度の改善を行い、分散型データベースを完成させた。

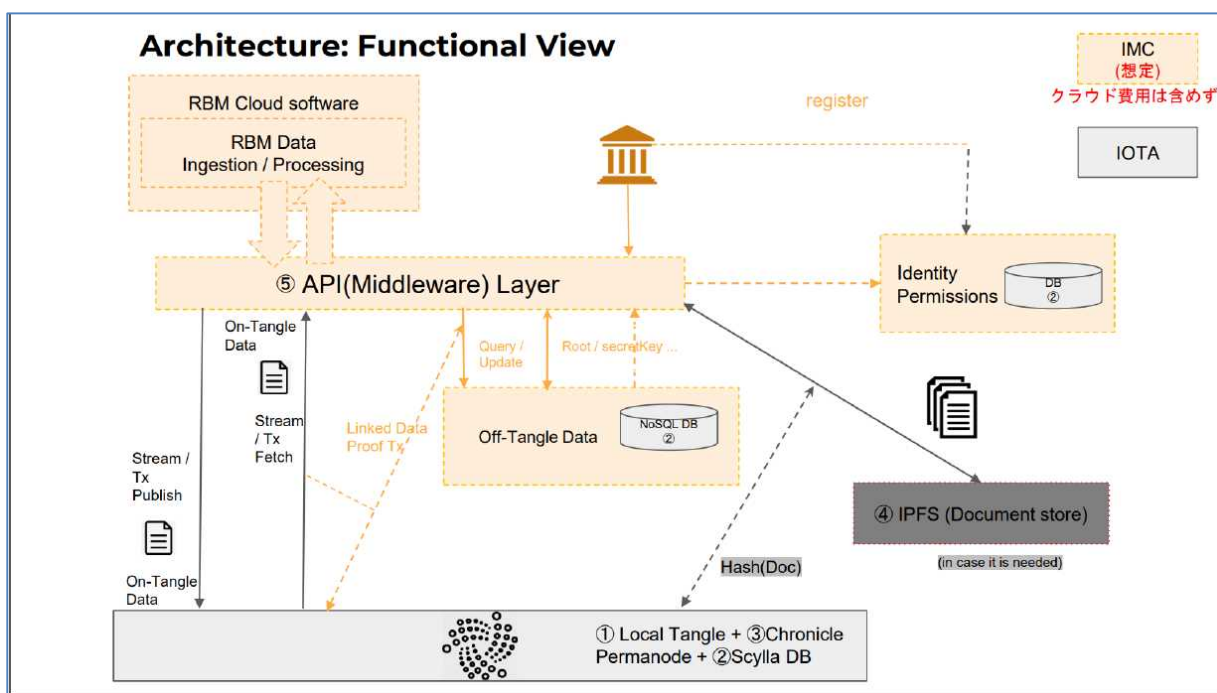


図 3-10-4. 分散型 DB の機能図

## ② 予兆保全 AI エンジンの開発

### 1) 損傷機構設定 AI

・ベストマテリア、SCE-Net および日大が産業設備・機器および社会インフラにおける使用材料（金属、高分子）の損傷機構を網羅した一覧表（ドラフト）を作成し、HPI および SCE-Net の有識者に確認し、追加機構などのアドバイスを得て、完成させた。さらに、AI 開発の過程で機構の追加を行った。損傷機構は、金属材料で 173(表 3-10-1)、高分子材料で 37(表 3-10-2)となった。

・ベストマテリア、HPI および SCE-Net が、プラント保全経験 20 年以上の熟練技術者 10 人の判断事例を基として、損傷機構一覧表から対象物で懸念される損傷機構を設定するためのアルゴリズムを解明し、フローチャートを作成した。図 3-10-5 にフローチャートの例（流れ加速型腐食）を示す。

・ベストマテリアが、過去の RBM 実施によって得られた破損確率データ、熟練者判断事例、一般的な破損データベースおよび熟練技術者の解析事例を収集し、上記アルゴリズムによる整理（データクレンジング）を行い、専門家が設定する論理をルール化してルールベースシステム、また下記のデータを教師データとして決定木およびサポートベクタマシン（SVM）解析を行って損傷機構設定 AI 推論エンジンを開発した。以下のデータを教師データとして使用した。

a)プラント損傷事例集(20 年かけて専門家が収集解析した 650 事例)

b)過去の RBM 実施において使用した保全データ(600 事例)



表 3-10-1. 金属材料の損傷機構一覧

大分類	疲労	クリープ	腐食				磨耗	エロージョン	冶金的变化	その他
中分類			乾食	湿食		応力腐食割れ (SCC)				
小分類	疲労破壊	クリープ変形	乾食	淡水腐食	フェノール腐食	硫化物応力腐食割れ (SSC)	摩耗	エロージョン	水素脆化	脆性破壊
	低サイクル疲労	クリープ破壊	酸化	海水腐食	リン酸塩腐食	H <sub>2</sub> S中水素誘起割れ	凝着磨耗	エロージョン・コロージョン	水素脆化 (チタン)	産屈
	高サイクル疲労	長時間クリープ破壊	高温酸化	汚染海水腐食	液体金属腐食	水素助長割れ	滑り磨耗	キャビテーションエロージョン	水素化物脆化	応力緩和 (リラクゼーション)
	接触疲労	短時間クリープ破壊	大気腐食	流れ加速型腐食 (FAC)	孔食	水素誘起割れ (HIC)	腐食磨耗	キャビテーション	水素侵食	ラチェッティング
	振動疲労	クリープ脆化	外面腐食	溶存酸素腐食 酸素濃淡電池腐食	すきま腐食	応力方向性水素誘起割れ (SOHIC)	インレットアタック	フライアッシュエロージョン	脱炭	再熱割れ (SR割れ)
	フレッチング疲労	クリープ疲労破壊	水蒸気酸化	酸露点腐食 硫酸露点腐食 塩酸露点腐食	ガルバニック腐食	アルカリ割れ	フレッチングコロージョン (擦過腐食)	スートブローエロージョン	侵炭 (浸炭)	クラッド割離
	腐食疲労	異材溶接割れ (DMW)	浸炭酸化	保温材下腐食	異種金属接触腐食	苛性ソーダ割れ	インピンジメントアタック	橋下スラッグエロージョン	窒化	クラッド下割れ
	熱疲労	クリープ変形、リラクゼーション	メタルダスティング	微生物腐食	デボジット腐食	アミン割れ	疲労磨耗	石炭粒子エロージョン	液体金属脆化	
	熱衝撃	Type IV クラッキング	ハロゲン化腐食	土壌腐食	堆積物下腐食	カーボネート割れ			黒鉛化	
			高温ハロゲン腐食	無機酸腐食	付着物下腐食	炭酸SCC			等温時効脆化	
			硫化	有機酸腐食	水絡腐食	CO-CO <sub>2</sub> -H <sub>2</sub> O SCC			硫化物脆化	
			高温硫化	塩酸腐食	ナイフラインアタック (腐食)	ポリチオン酸SCC			鋭敏化	
			高温硫化物腐食	湿潤塩素・次亜塩素酸腐食	迷走電流腐食	塩化物SCC			シグマ相脆化	
			高温硫化水素腐食	硫酸腐食	酸素濃淡電池腐食	フッ酸中水素誘起割れ			ガンマブライム (γ'相) 脆化	
			溶融塩腐食	リン酸腐食	溝状腐食	フッ酸中SOHIC			歪時効	
			バナジウムアタック	硝酸腐食	粒界腐食	シアンSCC			焼戻し脆化	
			燃料灰腐食	ナフテン酸腐食	線状腐食	アンモニアSCC			475℃脆化	
			石灰灰腐食	フッ酸腐食	層状腐食	硝酸塩SCC			軟化 (過時効)	
			黒液スメルト腐食	アミン腐食	剥離腐食	鋭敏化割れ			シグマ相とカイ相脆化	
			高温塩化物腐食	炭酸腐食	選択腐食 (脱アロイ) 脱成分腐食	高温水割れ			炭化物球状化	
			高温炭酸塩腐食	ほう酸腐食	靨色皮膜破壊	粒界型応力腐食割れ (IGSCC)			照射脆化	
				酸性サフウウォーター腐食	応力腐食	粒内型応力腐食割れ (ITSCC)			体積膨張 (スウェリング)	
				サフウウォーター腐食	黒鉛化腐食	照射誘起応力腐食割れ (IASCC)				
				アルカリ腐食 苛性ガウジ腐食	蟻の巣状腐食	粒界腐食割れ				
				キレート腐食	凝縮腐食	外面応力腐食割れ (ESCC)				
				湿性塩化物腐食 湿潤酸化水素腐食	Down-Time Corrosion (訳: 停止時腐食)					
				湿性塩化物腐食 湿潤HCl-H <sub>2</sub> S腐食	冷却水腐食					
				塩化アンモニウム腐食	ボイラ水凝縮腐食					
				水酸化アンモニウム腐食	酸素腐食					
				アンモニアアタック	化学洗浄腐食					
				HCl-H <sub>2</sub> S-H <sub>2</sub> Oによる腐食	大気圧タンク底板腐食					
				CO <sub>2</sub> 腐食						

表 3-10-2. 高分子材料の損傷機構一覧

中分類	分解・架橋	膨潤・溶解	浸透・透過	腐食	応力損傷	熱損傷	クリープ	疲労	エロージョン	劣化	その他
小分類	分解	膨潤	浸透	腐食	応力	熱衝撃	クリープ	疲労	スラリーエロージョン	劣化	静電気
	軟化	溶出	透過	応力腐食割れ	応力集中	熱膨張			キャビテーションエロージョン	脆化	酸衝撃
				スキャブ腐食	破壊	熱応力			キャビテーション		ブリード
					荷重	熱硬化			レインエロージョン		耐候性不足
					残留応力						反応不十分
					減圧						密着
					過剰圧力						接着不良
					環境応力割れ						施工不良

機械学習のひとつである決定木解析では、損傷機構を支配する因子が示唆される。図 3-10-6 には、腐食疲労についての解析結果を示す。173 の損傷機構について決定木解析を行い、専門家の判断との違いをロジックの修正によって調整し、推論エンジンを開発した。

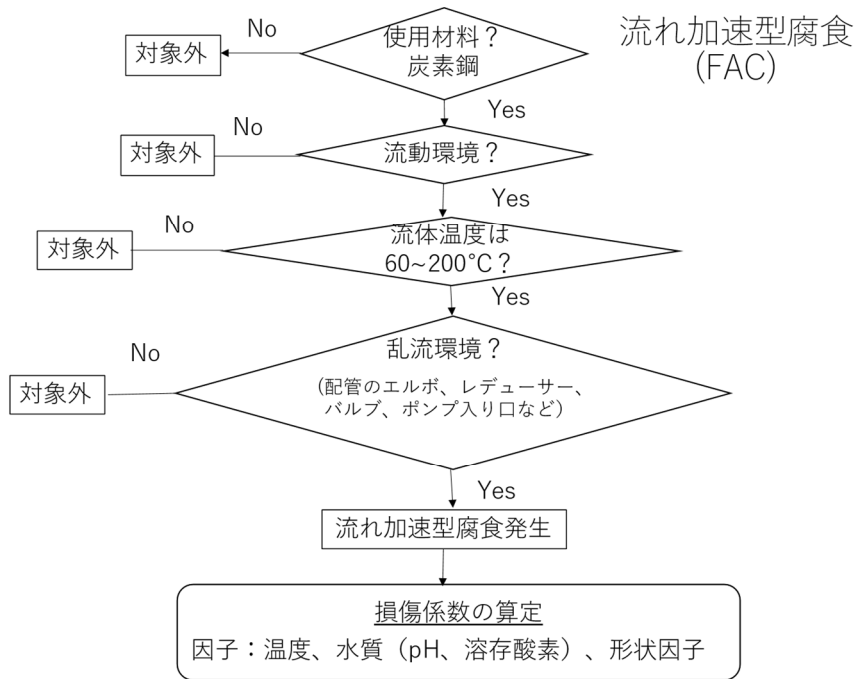
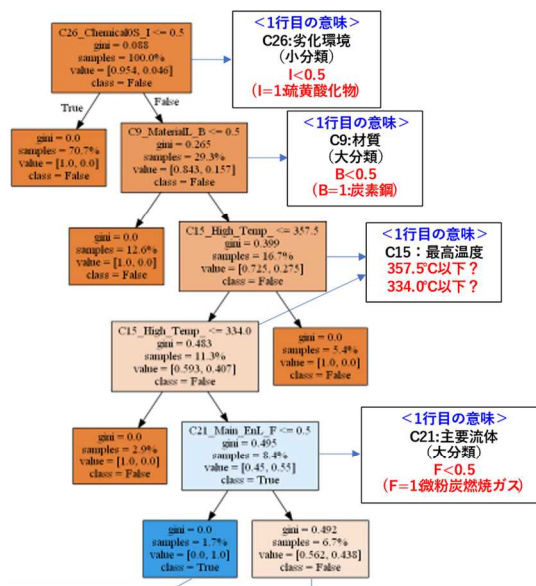


図 3-10-5. フローチャートの例(流れ加速型腐食)

DM26：腐食疲労

**決定木解析結果**

- 解析したボイラの239部位において11部位で腐食疲労が発生すると予測した。  
 $239 \times (0.067 \times 0.438 + 0.017) = 7+4 = 11$   
 予測した部位および部位数について専門家の判断と一致した。
- 腐食疲労の判定に使っている入力項目は以下の4つと判定した。  
 C9(材質)、C15(最高温度)、C21(燃烧ガスの種類)、C26(劣化環境; 硫酸酸化物)  
 判定ロジックについて専門家の同意得られた



$239 \times 0.017 = 4$   
 炭素鋼、334.0°C以上、微粉炭燃烧ガス以外=重油燃烧ガスに該当するのは 火炉壁蒸发管の4部位

$239 \times 0.067 \times 0.438 = 7$   
 炭素鋼、334.0°C以上、微粉炭燃烧ガスに該当するのは 火炉壁蒸发管の7部位

図 3-10-6. 決定木解析の例

最終的に完成した損傷機構設定 AI は、決定木 Ai 及びルールベースシステムによって、対象設備の使用条件から 29 損傷因子に対するデータを入力すると、対象設備で懸念される損傷機構(複数の場合もある)が出力されるものである。専門家の判断を正解とした場合の AI による正解率は 90%となった。最終の判断は専門家が行う必要がある。また、サポートベクタマシン

(SVM) 解析による情報の感度分析結果を、損傷機構設定 AI に適用し、入力項目のスクリーニングに活用できることが示された。

損傷機構設定 AI 推論エンジンの開発過程と結果の要約を図 3-10-7 に示す。

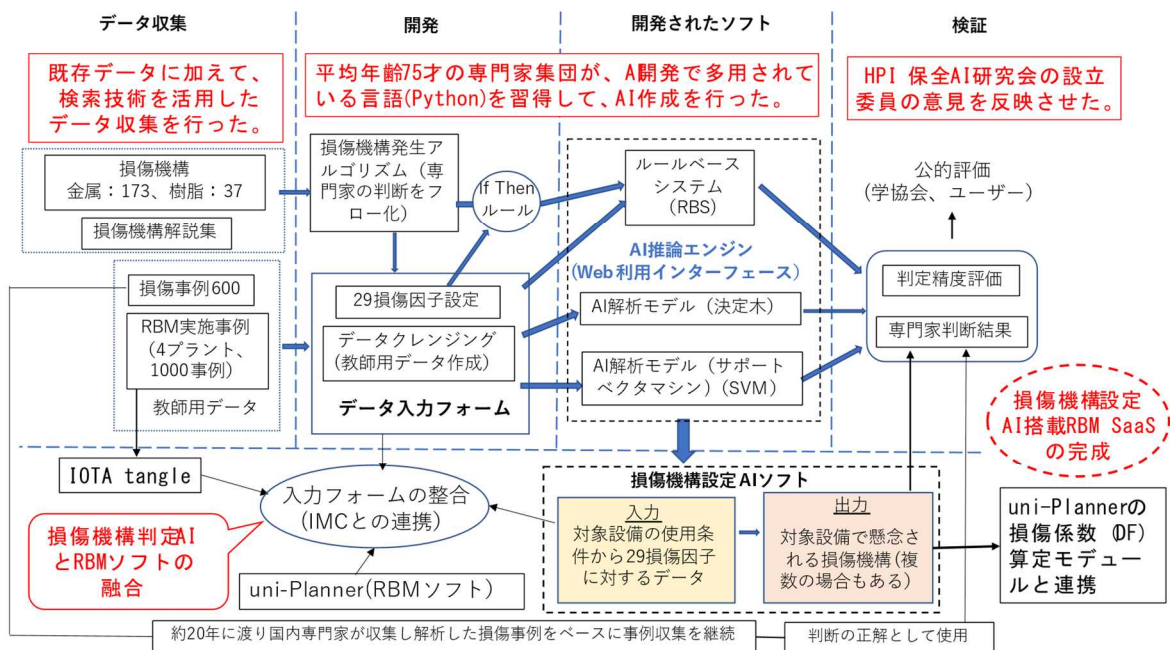


図 3-10-7. 損傷機構設定 AI 推論エンジンの開発過程と結果の要約

本プロジェクトでの AI 開発は、平均年齢 75 才の専門家集団が、AI 開発で多用されている言語(Python)を習得して、AI 作成を行った。熟練者自身で蓄積した知識を AI 化することが可能であることが判明し、今後の AI 開発への示唆を得た。

本プロジェクト終了後も継続的に損傷事例データを収集するため、Google の規定に違反しない検索方法によるソフトを開発し、一部の損傷機構についてデータ収集を行った。

・HPI に保全 AI 研究委員会が設置され、本委員会、WG 会合を計8回開催し、以下が得られた。

- a) 開発された推論エンジンを公開し、委員会メンバーに推論エンジンの内容についての要望を確認するとともに、利用希望者へのエンジン提供について検討し、ユーザーの保有するデータの AI 教師データとしての利用を確認した。
- b) 経済産業省発行の AI 評価ガイドラインを基に AI の検証を行う方法を検討した。
- c) Google 等の文献検索手法および文章解析 AI を用いて会員会社の保有する報告書などにある有用データを AI 教師データにする可能性を確認した。
- d) 提供されるデータと作成された AI の著作権について、横浜国大の専門家(弁理士)を中心に検討し、AI の利用においては利用したデータの著作権に配慮することを確認した。本プロジェクトで使用したデータは公開データで問題がない事も確認した。

・分散型データベースからのデータによる AI 機能改善の流れにおける問題点(データプロファイルの不適合など)を検討したが、特に問題はないことを確認した。

## 2) 検査有効度評価 AI

現在、RBM 規格に示されているガイドラインを参考に判断している有効度を、判断論理をルール化し、ルールベース AI を完成し、AI 搭載 RBM SaaS において利用できるに至っている。今後、検査データの集積によって AI の改良を進める。

### 3) 破損確率算定 AI

既存の RBM ソフト (uni-Planner) における破損確率算定テクニカルモジュールで必要なデータと損傷機構設定 AI に必要なデータの整合を図り、破損確率算定テクニカルモジュールの AI 化への基礎を構築した。また、局部減肉についてサポートベクタマシン (SVM) による破損確率算定を行い、破損予知が可能であることを示した。

### ③ AI 搭載 RBM SaaS の開発

開発された損傷機構設定 AI および分散型データベースが、クラウド AI 搭載 RBM SaaS 内で、問題なく稼働することを確認した。

国内石油化学プラント 2 か所で AI 搭載 RBM SaaS による RBM を実施している。従来の方法との比較によって、AI 搭載 RBM SaaS の使い勝手、評価結果の信頼性について確認している。

HPI の保全 AI 研究会で国内保全事業所担当者へのアンケート、ヒアリングなどで評価を行った。利用者の保全実施における信頼性 (会社のステータス) の向上、コスト削減 (人件費含む) などから改善を続けることが必要であることを確認した。

新型コロナウイルス感染拡大によって、海外出張を取りやめたため、海外製油所での適用はできなかったが、欧州の RBM コンサル会社 (英国 ETD, ドイツ R-Tech) と情報交換し、今後、海外での評価に資することとした。

国内石油化学プラント 2 か所での AI 搭載 RBM SaaS 実施によって得られたデータを分散型データベースに投入し、共有したデータを予兆保全 AI 改善のために利用する準備が整った。

今後、ベストマテリアが、共有データによって損傷機構設定 AI の精度が向上したことを、②で検討した AI 検証方法を用いて確認する。

AI 搭載 RBM SaaS (クラウド版) は試用希望者に提供を開始した。最近の DX (Digital Transformation) への注目の高まりの中、保全 DX として、今回の開発システムへの関心が高く、また、問い合わせも多く、今後の活用への期待が高い。

### 3-2-4. 調査事業

#### 3-2-4-1. 信頼をベースとした社会を創出するための制度等のあるべき姿に関する調査事業 (実施先: 株式会社電通)

##### 3-2-4-1-1. 調査の概要と実施計画

本調査では、データ連携及びデータの利活用の推進や AI 活用に関して、信頼をベースとした社会を創出するための「あるべき姿」について検討を行うとともに、併せて、AI・データエコシステムが広く定着するためには信頼をベースとした社会そのものが人々に信頼され、受け入れられることが必要であるため、日本が目指す経済・社会のコンセプトを分かりやすく広報するための手法についても検討を行い、持続的な経済成長と社会課題解決のためのデジタルの活用・発展を促し、AI・データエコシステムの形成の実現に寄与することを目的として実施した。

なお、実施にあたっては、「Connected Industries」施策の推進主体である経済産業省とも連携の上で実施した。

##### 3-2-4-1-2. 調査の内容と目標

以下の2つの項目に関して調査及び検討を実施した。

- (1) 信頼をベースとした社会を創出するための制度等
- (2) 広報手法及び効果分析

#### 【調査の内容(調査課題)】

- (1) 信頼をベースとした社会を創出するための制度等

データ連携及びデータの利活用の推進並びに AI 活用に関して、信頼をベースとした社会を創出していくため、どのような経済的または社会的な懸念が考えうるか、その懸念を解消し、信頼を担保するために必要な制度等について調査及び検討を実施した。

- (2) 広報手法及び効果分析

AI・データエコシステムが広く定着するためには、信頼をベースとした社会が人々に受け入れられることが必要である。そこで、上記①の項目に関する調査及び検討を踏まえ、信頼をベースとした社会を創出するための「あるべき姿」を含む、日本が目指す社会のコンセプトや取組等を国内外に分かりやすく発信し、目指すべき経済・社会についての共通認識を醸成するための広報手法について検討を行い、情報発信による社会的・経済的効果を測定する広報効果分析に関する調査を実施した。

#### 【目標】

- (1) 信頼をベースとした社会を創出するための制度等

- 1) データ連携及びデータの利活用
- 2) AI 活用(特に、倫理原則)

1) 2) ともに、文献調査及びヒアリング調査をもとに、信頼をベースとした社会を創出していく上での懸念としての現状課題及び解決の方向性を導き出す。

## (2) 広報手法及び効果分析

### 1) 広報手法(動画)に対する検証

コミュニケーションコンセプトを伝えるのに最も効果的な広報手法として、「動画」による情報発信を選択して検証。

### 2) 動画表現に対する検証

2つの表現内容の方向性(①ビジョン提示型、②恐怖訴求型)に基づき動画を制作してより効果的な広報手法を検証。

### 3) 発信タイミング検証

コミュニケーションコンセプトと親和性の高いイベントや時節に合わせることで相乗効果を生み、より効果的な情報発信が可能になるという仮説を検証。

## 3-2-4-1-3. 調査の成果

### (1) 信頼をベースとした社会を創出するための制度等

調査に当たっては、文献調査から仮説を構築し、有識者によるヒアリング調査にてその仮説の妥当性や方向性を導き出した。

(ヒアリング調査対象)

- ・一般財団法人日本情報経済社会推進協会(JIPDEC) 常務理事 坂下哲也氏
- ・株式会社黒鳥社・若林恵氏

上記調査により導き出された、各調査項目に対する現状課題とその解決の方向性は以下の通り。

#### 1) データ連携及びデータの利活用

現状課題	解決の方向性
データ連携・流通の共通基盤が実現途上である	・データ連携共通基盤施策の推進やガイドラインの整備
データを共有したくない(インセンティブがない、リスクがある等)	・成功事例やユースケースづくり等による個人インセンティブの明確化
データを活用できない	・データ人材の育成

#### 2) AI 活用(特に、倫理原則)

現状課題	解決の方向性
AI への無理解・知識不足、漠然とした不安	・「Trusted AI」の啓蒙
利用原則を具現化することの難しさ(総論賛成、各論反対になりがち)	・AI 倫理委員会の設立
実行することの難しさ(骨抜きになりがち)	・情報空間における代理人制度の構築
「AI 利用」とひと括りにされていることに無理がある	・AI 監視ツールの整備
	・悪意あるプレイヤーへの対処

AI・データエコシステムを創出し、社会に定着させるためには、データ連携及びデータの利活用や AI 活用それぞれに、現状では経済的または社会的な懸念も多く、その解消のためには「信頼性を担保するための制度・基準・技術などの共通基盤の整備」、「データ連携及び AI 利用に関する個々人のマインド醸成をしていく啓発活動」、さらには「各プレイヤーが AI・データエコシステムを利用する第一歩を後押しするような活用支援」の三本柱で取り組むことが重要であり、その具体的な取り組みを進めていくことが信頼をベースとした社会のための「あるべき姿」の実現につながっていくと考えられる。

## (2) 広報手法及び効果分析

「あるべき姿」や Connected Industries、Society5.0 などに盛り込まれている日本のコンセプトや各種の取組み等を国内外に発信する上で効果的と考えられる広報手法及び広報内容を検討して広報活動を行い、その結果について、社会的・経済的効果がどの程度のものであったか、広報手法ごとの効果を分析する広報効果分析に関する調査を実施した。

本調査では、設計したコミュニケーションコンセプトを伝えるのに最も効果的な広報手法として「動画」による情報発信を選択し、アンケート調査(サンプル 200 名)を実施して効果的な動画表現を検証した。

これらの動画は、国内外から注目を集める G20 貿易・デジタル経済大臣会合が実施される 2019 年 6 月のタイミングでローンチを行い、経済産業省が設置する Web サイトへの動画掲載及び経済産業大臣によるツイッター発信などにより発信し、関連する報道記事露出調査やユーザー動向に関するヒアリング調査を実施して広報効果を測定・分析した。

調査の結果、(1)において重要とされた啓発活動において、よりターゲットの間口を広げて効果的な広報活動を実施していくためには、様々な不信や不安を抱えている一般生活者が多くある状況の中では、動画などの広く様々な層が情報に触れやすい広報手法を活用し、インパクトのある表現を入り口にターゲットの日常に親和性が高いリアルな体験として自分ゴト化を喚起することでより深い情報内容に誘導し、行動喚起につなげていくことが重要である。また、親和性の高いイベントや時節に合わせたタイミングを的確に捉え、積極的に情報発信を行っていくことも重要である。

### 【成果】

#### (1) 信頼をベースとした社会を創出するための制度等

##### 1) データ連携及びデータの利活用

データ連携及びデータの利活用に関しては、EU 等の先進事例等を参照しながら前提となるデータ連携・共通基盤の整備施策を推進し、あわせて、データ共有を促していくために、個人の所有権を起点としたデータ共有や個人インセンティブの明確化を図り、データ連携を進める企業を支援し健全な競争環境を整備する制度や国際的な連携によるガイドラインを整備することでリスクを排除していく必要がある。さらに、具体的な成功事例や活用事例を創出しこれを広げていくことが求められる。また、データ人材育成やデータ関連サービ

ス事業者の育成、大手企業の海外進出支援や中小企業の成長支援により、データ利活用を促進していくことが重要である。

## 2) AI 活用(特に、倫理原則)

AI 利用において信頼性を担保していくためには、“Trusted AI”の考え方や基準を明確にし、制度整備を推進するとともに、知識不足や漠然とした不安を払しょくするためのわかりやすい啓発活動を実施していくことが必要である。さらに、独立した強い権限を持つ AI 倫理委員会等の設立や情報空間における「代理人」制度、監視ツールの開発・整備などの信頼性を担保する環境整備を行い、新技術等を活用して悪意のあるプレイヤーへの対処方法などを明確にしていくことが重要である。

## (2) 広報手法及び効果分析

### 1) 広報手法(動画)に対する検証

PDF やインタビュー記事等の文字を中心とした情報に比べて、動画を視聴したユーザーの方が約6倍も多い結果となり、さらに動画を見たユーザーがサイト内を回遊して他の記事を読覧する率も高かったという結果になったことから、コンセプトへの関心を喚起する上でも、より深い情報へのアクセスを誘引する上でも「動画」が効果的な手法であるといえる。

さらに、「動画」による情報発信とあわせて文字情報の発信も組み合わせることが理解増進につながると考えられる結果となった。

### 2) 動画表現に対する検証

生活者に近い日常生活の延長線上でより良い未来を想像させ共感を獲得する「ビジョン提示型」よりも、身の回りに迫る不安を具現化しリアルな体験として訴求する「恐怖訴求型」で見る人にインパクトを与える方がより印象に残り、問題意識を高め、学びや情報収集などの行動喚起につながるといった結果となった。ただし、「恐怖訴求型」の場合はポジティブ／ネガティブ両面の意見もあったことから、信頼をベースとした社会の創出という観点では、単に恐怖をあおる表現だけではなく、その背後にあるコンセプトがしっかりと伝わるような表現に留意する必要がある。

また、情報収集時に情報源を重視しているなど情報感度が高い人の方が、動画により伝えたいメッセージを理解し行動喚起にもつながりやすいという結果も見られたことから、様々な表現による継続的なアプローチにより、リテラシーを高めていくようなコミュニケーションを行っていくことも重要である。

### 3) 発信タイミング検証

コミュニケーションコンセプトと親和性の高いイベントや時節に合わせることで相乗効果を生み、より効果的な情報発信が可能になるという仮説のもと、国内外から注目を集める G20 貿易・デジタル経済大臣会合が実施される 2019 年 6 月のタイミングでローンチを行った。その結果、通常は当該事業の情報発信がないメディアも含めて、G20 会期前後に集中して露出が確認できたことから、親和性の高いイベントの開催時や、首相外交時や政策発



表のタイミングなど時節に合わせたタイミングでの情報発信が効果的である。また、関連する事故・事案の発生時など注目の集まるタイミングを捉えて発信することも重要である。IT 関連メディアとの戦略的な連携による共同発信も効果的と考えられる。

また、サイトの流入元についてみると、広告経由が 45%、非広告経由が 55%と、広告以外での流入が多くなった。ソーシャル経由の流入は全体の2割強を占め、SNS の拡散力に世の中の注目が高まるタイミングをあわせることで、広告に頼らず自発的・効率的な情報の波及が期待できる。

### 3-2-4-2. クラウドサービスの安全性を評価する仕組みの構築に向けた検討

(実施先: 株式会社野村総合研究所)

#### 3-2-4-2-1. クラウドの安全性評価の構築に向けた基礎調査の実施

##### ○諸外国のクラウドサービスの安全性を評価する仕組みに関する調査

###### ・調査の概要と実施計画

英国 G-Cloud、米国 FedRAMP、豪州 IRAP といった諸外国のクラウドサービスの安全性を評価する仕組みについて調査を行った。

調査方法として、諸外国のクラウドサービスの安全性を評価する仕組みに関するホームページ、運用主体等が公開している文書等、その他の団体が実施した調査結果(2018 年度において、「クラウドサービスの安全性評価に関する検討会」及びその下部組織であるワーキンググループ等の活動の一環として実施された、クラウドサービスの安全性評価に関わる国内外の諸制度に関する調査結果)等を入手し、調査を行った。

###### ・調査の内容と目標

調査内容として、諸外国のクラウドサービスの安全性を評価する仕組みに関する特徴、評価主体、制度の課題、見直しの動き等について調査を行い、その結果を整理した。

また、上記の諸外国のクラウドサービスの安全性を評価する仕組みと、我が国における制度の比較検討を行うため、我が国の ISMS 適合性評価制度や ISMS クラウドセキュリティ認証、クラウド情報セキュリティ監査制度についても、調査対象に加えて、上記と同様の調査を行い、その結果を整理した。

###### ・調査の成果

上記に関して調査し、必要となる情報を収集し整理した。

##### ○日本のクラウドサービスの安全性評価制度を整備、実装するにあたっての留意点の抽出と対応策の検討

###### ・調査の概要と実施計画

日本のクラウドサービスの安全性評価制度の実装における留意点や今後必要となる対応策について検討した。

・調査の内容と目標

「諸外国のクラウドサービスの安全性を評価する仕組みに関する調査」の結果をもとに、諸外国のクラウドサービスの安全性を評価する仕組みと、我が国における制度の特徴等の比較検討を行い、日本のクラウドサービスの安全性評価制度を整備、実装するにあたっての留意点を抽出するとともに、後述する「クラウドサービスの安全性評価に関する検討会」における有識者の意見等をもとに、今後必要となる対応策の検討結果を取りまとめた。

・調査の成果

日本のクラウドサービスの安全性評価制度を整備、実装するにあたっての留意点として、既存の国内外における制度の適用可否や、適用可能な領域を整理するとともに、今後必要となる対応策として、日本のクラウドサービスの安全性評価制度において検討すべき事項を整理した。

### 3-2-4-2-2. クラウドサービスの安全性評価に必要となる各種基準に関する調査

#### ○クラウドサービスや監査に関する国内外の各種基準等に関する調査

・調査の概要と実施計画

クラウドサービスの安全性を確保するための管理策(主に情報セキュリティに関する管理策)を規定した以下の各種基準・ガイドラインについて調査を行った。

○ISO/IEC 27001

○ISO/IEC 27002

○ISO/IEC 27017

○クラウド情報セキュリティ管理基準(経済産業省)

○政府機関等のサイバーセキュリティ対策のための統一基準群(内閣サイバーセキュリティセンター)

○NIST SP800-53

また、クラウドサービスの安全性を評価する際に参考となる、監査または審査等に関する要件や手続き等を規定した以下の各種基準・指針について調査を行った。

○監査基準(企業会計審議会)

○情報セキュリティ監査基準(経済産業省)

○金融機関等のシステム監査基準(金融情報システムセンター(FISC))

○専門業務実務指針 4400 合意された手続業務に関する実務指針(日本公認会計士協会)

○IT 委員会実務指針第7号(日本公認会計士協会)

○監査・保証実務委員会実務指針第 86 号(日本公認会計士協会)

○JIS Q 17020

- JIS Q 17021
- JIS Q 17065
- JIS Q 27006

#### ・調査の内容と目標

調査内容として、クラウドサービスの安全性を確保するための各種基準について、観点・項目に関する傾向やその基準間の差異について整理した。

また、クラウドサービスの安全性を評価する際に参考となる、監査または審査等に関する要件や手続き等を規定した各種基準・指針について、比較分析可能な対照表を作成し、それぞれの基準・指針における規定内容の差分を整理した。

#### ・調査の成果

クラウド情報セキュリティ管理基準をベースとしつつ、政府機関等のサイバーセキュリティ対策のための統一基準群や、NIST SP800-53 との比較分析を行い、クラウド情報セキュリティ管理基準に含まれない内容で、かつ日本のクラウドサービスの安全性評価制度に必要と考えられる内容を追加する形で取りまとめ、管理基準案を策定した。

また、情報セキュリティ監査基準に準拠することを前提に、日本のクラウドサービスの安全性評価制度における以下の要件等を含めつつ、審査・監査基準案を策定した。

- 審査・監査に関する基本的な考え方(目的、役割、責任)
- 監査業務の実施者に関する要件
- 監査を実施するための、監査計画書の立案、監査の実施、監査報告書の作成に関する要件

### ○標準監査手続案の策定

#### ・調査の概要と実施計画

別調査として実施された監査シミュレーション(管理基準案及び審査・監査基準案に関する試行運用)の結果より、各クラウドサービスプロバイダー及び監査主体から、具体的にどのように、どの程度の粒度で管理策が整備・実装されていることを確認するべきかの判断が難しく、クラウドサービスプロバイダーが管理策を遵守していることを評価するための標準監査手続の策定を求める要望が提出されたことを受け、クラウドサービスの安全性評価を行う際に必要となる各種基準に係る標準監査手続について検討を行い、管理基準案の更新によって新設・修正された管理策に対する標準監査手続案を作成した。

#### ・調査の内容と目標

後述する「クラウドサービスの安全性評価に関する検討会」及びその下部組織であるワーキンググループ、作業会での議論の内容や、別調査として実施された監査シミュレーション(管理基準案及び審査・監査基準案に関する試行運用)の結果をもとに、クラウドサービスプロバイダーが何をもって管理基準案を遵守していると判断するか、監査主体はどのようにその遵守

状況を確認すべきかといった不明瞭な項目にも対応する形で、管理対象、監査対象、監査のフェーズ、監査技法、定型監査手続を検討し、監査手続分類表として取りまとめ、整理した。

#### ・調査の成果

監査手続分類表をベースとし、管理基準案として規定する各詳細管理策との整合性を確保する形で、定型監査手続の記載内容の表現調整や追加の文章化を行い、それらを標準監査手続案として取りまとめた。

### 3-2-4-2-3. 関連省庁(経済産業省・総務省等)で共同開催する有識者検討会の運営等

#### ○有識者検討会及びワーキンググループにおける会議の運営

##### ・調査の概要と実施計画

有識者検討会として、「クラウドサービスの安全性評価に関する検討会」を、事業期間内に3回開催した。

また、ワーキンググループとして、「管理基準 WG」、「監査 WG」の合同会合を、事業期間内に3回開催した。

##### ・調査の内容と目標

「クラウドサービスの安全性評価に関する検討会」の運営においては、検討会の開催にあたり、各委員と委員就任に関する委嘱手続きを実施したほか、各会合の開催前には、各会合・各委員への事前資料説明の日程調整を行い、開催案内の通知や出欠の確認を行うとともに、各委員への事前資料説明に参加し、打ち合わせメモの作成を行った。また、会合運営に必要な業務として、ネームプレートの作成や案内情報の作成、会合資料の印刷、飲料水の手配等を行った。さらに、各会合の開催後には、議事録及び議事要旨の作成を行うとともに、各委員への謝金支払いの手続きを実施した。

また、「管理基準 WG」及び「監査 WG」の運営においては、ワーキンググループの開催にあたり、各委員と委員就任に関する委嘱手続きを実施したほか、会合運営に必要な業務として、ネームプレートの作成や案内情報の作成、会合資料の印刷、飲料水の手配等を行った。なお、本事業においては、契約期間を延長したため、それに伴い、委員就任に関する委嘱手続きを2回実施した。各会合の開催後には、議事要旨の作成を行うとともに、各委員への謝金支払いの手続きを実施した。

##### ・調査の成果

「クラウドサービスの安全性評価に関する検討会」においては、以下の課題について、検討を実施するとともに、検討・議論の中から示された重要な意見等を整理した。

- クラウドサービスの安全性評価制度の位置づけ・使い方
- 情報システムの調達者／利用者が留意すべき点
- 制度運営に求められる体制
- 監査の対象期間、申請期限等の考え方

- 言明書・監査報告書の主な記載事項と情報の扱い
- 発見事項と登録の基本的考え方
- 登録されたサービスの変更時の扱い
- 他のクラウドサービスを活用したクラウドサービスの登録の考え方
- 各種基準等(管理基準、監査関連基準等)
- 既存の認証・監査結果の援用の考え方 等

また、「管理基準 WG」、「監査 WG」の合同会合においては、以下の課題について、検討を実施するとともに、検討・議論の中から示された重要な意見等を整理した。

- 管理基準
- 監査基準
- 標準監査手続
- 監査主体の選定
- 監査の枠組みと具体的なプロセス
- 登録簿への登録情報 等

#### ○有識者検討会及びワーキンググループの議論を受けた調査等

##### ・調査の概要と実施計画

「クラウドサービスの安全性評価に関する検討会」、「管理基準 WG」、「監査 WG」における議論を受け、今後議論を進めるうえで検討が必要と考えられる内容について、追加調査を実施した。

##### ・調査の内容と目標

セキュリティ上のリスクが低い SaaS に対して、承認する機関の時間、費用及び労力の削減しつつ、迅速に承認して使用できるように新設された「FedRAMP Tailored for LI-SaaS」について、具体的な取組内容や、FedRAMP の Low、Moderate、High との違いを把握するため、FedRAMP が公開する情報をもとに調査を行った。

##### ・調査の成果

「FedRAMP Tailored for LI-SaaS」の対象となる製品・サービスの条件や、「FedRAMP Tailored for LI-SaaS」のセキュリティ要件、申請プロセス等の設定方法について整理した。

また、「FedRAMP Tailored for LI-SaaS」と FedRAMP の Low のセキュリティ要件の比較を行い、それらの差分について整理した。

さらに、「FedRAMP Tailored for LI-SaaS」と FedRAMP の Low、Moderate、High のモニタリングプロセスの比較を行い、「FedRAMP Tailored for LI-SaaS」のモニタリングプロセス上でレビューしなくてはならない項目と、FedRAMP の Low、Moderate、High のモニタリングプロセス上でレビューしなくてはならない項目を整理した。

### 3-2-4-3. データ利活用推進のための新たなガバナンスモデル策定に関する検討

(実施先: 株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所)

#### 3-2-4-3-1. 調査の概要と実施計画

##### 【実施項目】

新たなガバナンスモデルの策定を目的として、以下の調査を実施した。

(ア) 新たなガバナンスモデルの全体像の提示

- ・ 公知情報調査により各種ユースケースを収集するとともに、有識者検討会における討議により、イ〜カに示す項目の検討を行った上で、ガバナンスモデル全体として、どのようなモデルが想定されるか整理を行う。

(イ) デジタル技術の発展に伴う既存業法の見直し

- ・ 既存のガバナンス体制では適切に対応できない等、近年生じつつある課題を挙げたうえで、Society5.0における既存業法の在り方について有識者検討会における討議結果を踏まえ、検討を行うとともに、具体的に制度改革が見込まれる分野についても、近年の各省庁の動向等の公知情報調査結果から整理を行う。

(ウ) デジタル社会のトラスト確保に関する検討

- ・ Society5.0の社会における新たなガバナンスモデルにおいて、どのようなトラストの確保の方法があるか、ユースケースや論文等を参考に整理を行う。例えば、ルールベースの規制によるのではなく、企業の自主的なガバナンスを促進していく場合の信頼確保の方法等について、制度面での対応と、企業側、その他の対応について検討する。

(エ) デジタル社会の取引ルールに関する検討

- ・ 主にAIシステム等によって、精度や効率の向上が期待される一方で、従来の責任や保証の在り方では適合しない状況が生じているため、自律的なシステムから生じる事故について、ユースケース等を参考としながら、有識者検討会における討議を踏まえ、原因の究明および責任・エンフォースメントの在り方、紛争解決の在り方等について新たな仕組みを検討する。

(オ) デジタル時代のコーポレートガバナンスに関する検討

- ・ Society5.0の社会では、変化が速く企業に情報が集中することから、法規制と自主規制に委ねる部分の再設計が必要となると考えられる。そのため、制度設計上の対応と、企業側の対応において、どのような変化が必要とされるか、公知情報調査によるユースケースの収集と、有識者検討会における討議結果を踏まえ、整理する。

(カ) 上記ア〜オの見直しが社会に与える影響の評価

- ・ ガバナンスに係る、行政、企業・コミュニティ、個人について、どのような変化が必要となるか、ア〜オの結果を踏まえ、有識者検討会における討議を踏まえ、整理を行う。

なお、有識者検討会については、「Society5.0における新たなガバナンスモデル検討会」を設置し、5回開催して討議・検討を行った。

〈委員〉

座長 柳川 範之 東京大学大学院経済学研究科教授

副座長 宍戸常寿 東京大学大学院法学政治学研究科教授  
稲谷龍彦 京都大学大学院法学研究科准教授  
岩田太地 日本電気株式会社 デジタルインテグレーション本部ディレクター  
上野山勝也 株式会社 PKSHA Technology 代表取締役  
落合孝文 渥美坂井法律事務所・外国法共同事業 弁護士  
加毛明 東京大学大学院法学政治学研究科 教授  
鬼頭武嗣 株式会社クラウドリアルティ 代表取締役  
久禮由敬 PwC あらた有限責任監査法人 パートナー  
坂井豊貴 慶應義塾大学経済学部 教授  
白坂成功 慶應義塾大学大学院システムデザインマネジメント研究科 教授  
寺本振透 九州大学大学院法学研究院 教授  
増島雅和 森・濱田松本法律事務所 弁護士

〈 オブザーバー 〉

市川芳明 多摩大学 ルール形成戦略研究所 客員教授  
須賀千鶴 一般社団法人世界経済フォーラム第四次産業革命日本センター長

〈 事務局 〉

経済産業省

西山圭太 商務情報政策局長  
松田洋平 商務情報政策局 情報経済課 課長  
羽深宏樹 同 課長補佐 主担当  
尾坂北斗 同 課長補佐  
商務情報政策局 情報経済課  
株式会社 NTT データ経営研究所

### 3-2-4-3-2. 調査の内容と目標

#### 【調査の内容】

デジタル社会のガバナンスモデルの参照となるユースケースの収集(実施項目(ア))を図りつつ、デジタル技術の発展に伴う既存業法の見直しが求められる事項(実施項目(イ))、デジタル社会の取引ルールに関する検討(実施項目(エ))、デジタル時代のコーポレートガバナンスに関する検討(実施項目(オ))を行い、それらの見直しを図る場合のトラスト確保(実施項目(ウ))に関する検討を行う。その上で、そうした見直しが社会に与える影響の評価(実施項目(カ))、新たなガバナンスモデルの全体像の提示(実施項目(ア))を行うもの。

#### 【目標(実施項目共通)】

①既存の法制度が新たな技術やアーキテクチャの変化に追いつけず、データ利活用を阻害してしまう問題、②既存の法制度やその法を執行する規制当局において、デジタル空間の変化に対応した仕組みや能力が不足し、保護すべき法益を確保できないといった、想定されるガバナンスギャップを把握し、それに対して、新たなデジタル技術やビジネスモデルに対応した形でガバナンスモデルを見直し、策定する。

### 3-2-4-3. 実施項目ごとの成果

本件調査においては、各実施項目について、Society5.0の社会に移行していく過程において、現状の制度・体制では適切に対処することが困難な状況が生じつつある点を整理したうえで、実施項目(エ)に記載のユースケース等を参考としながら、Society5.0において変化が求められている事項、新たなフレームワークや具体的対応例等を整理した。

なお、実施項目については全て遂行されており、その成果については、国内に留まらず、英訳し、諸外国にも展開を図っている。個別の達成とは別に、本件調査の意義として、2-6 実施成果にその内容を示す。

#### 3-2-4-3-1 実施項目(ア)新たなガバナンスモデルの全体像の提示

新たなガバナンスモデルの在り方については、既存のガバナンスモデルの概要、Society5.0が既存のガバナンスモデルが前提としていた社会にもたらした変化、および、既存のガバナンスモデルの課題について整理した上で、それら課題を克服し得る「改革の方向性」を示し、それに基づき、新たなガバナンスモデルのフレームワークを整理した。なお、本項は、ガバナンスモデルの全体像部分を示すものとし、実施項目(ア)のうち、ユースケースの収集については、3-2-4-3-7にまとめて掲載する。

##### (1) 既存のガバナンスモデルの概要

これまで我が国では、多くの分野において、以下のように、国家の定める法律と、法律の執行を担う政府の規制当局が、ガバナンスの中心的な役割を担ってきた。

###### ①ルール形成

- ・ 国家が法規制を制定し、特定の規制対象(業)を定め、当該規制対象に対してどのような行為をすべきか(行為義務)を規定する。

###### ②モニタリング

- ・ 規制当局が、法令違反の有無を含むオペレーションの状況を、年に一度、四半期に一度、といった一定期間ごとに監督する。データは、検査官等が実地に赴くことで収集する。

###### ③エンフォースメント

- ・ 規制当局や裁判所は、企業に法令違反や権利侵害行為があった場合に、典型的には行為者に故意又は過失があったかどうかを判断し、それが認められる場合に法的制裁(一定の刑事罰・行政罰や許認可の剥奪等)を科す。

こうしたガバナンスモデルの下では、自然言語で記述された法律上の義務の履行を、コンピュータで実施可能なプログラミング言語で記載されたコードやアーキテクチャに変換する作業は、もっぱら企業が行うこととなる。その過程において、あるルールをどのように遵守するか、遵守状況をどこまで「見える化」するかは、企業自身が判断する。

コミュニティや個人は、企業の提供する情報にしたがって、商品やサービスを利用するかどうか判断する。何らかの問題が生じた場合には、企業と直接交渉したり、商品やサービスの利用を



停止したりすることができるが、いずれも単独で企業に与える影響は大きくない。また、訴訟やADR(裁判外紛争処理手続)も、基本的にはオフラインで行われるため、利便性やコストの観点から、利用できる場面が限定される。これらの関係を整理すると、図4-3-1及び表4-3-1のようになる。

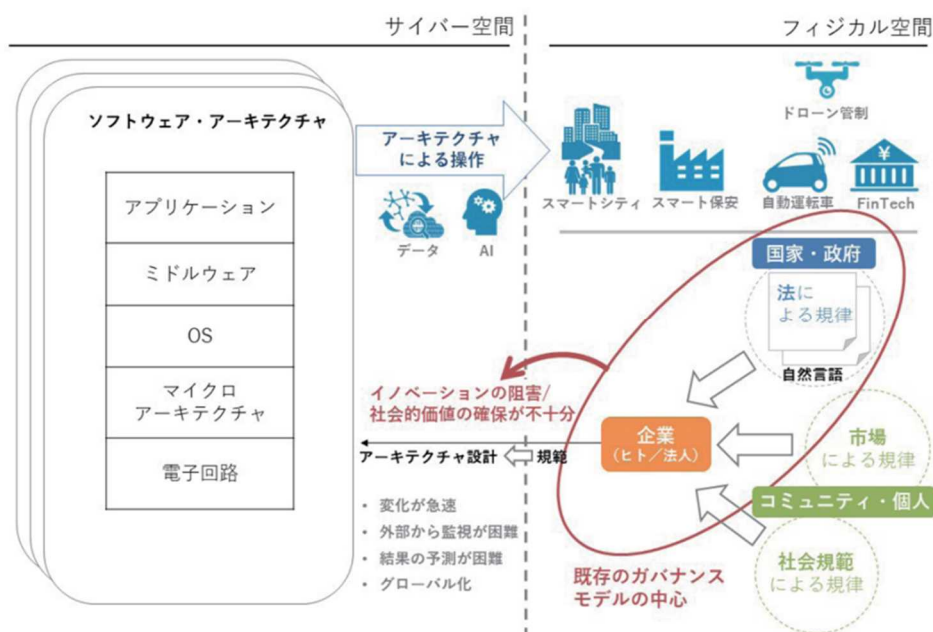


図4-3-1. 法規制を中心とするガバナンスモデルが直面する課題

表4-3-1. 法規制を中心とするガバナンスモデルのフレームワーク

プロセス	主体	国家・政府	企業	個人・コミュニティ
ルール形成		<ul style="list-style-type: none"> <li>ルールベースの法律</li> <li>行為義務の賦課</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アーキテクチャ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>市場メカニズム</li> <li>社会規範</li> </ul>
モニタリング		<ul style="list-style-type: none"> <li>定期検査</li> <li>実地でのデータ収集</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>検査への受動的な対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>企業が発信する情報に基づく評価</li> </ul>
エンフォースメント		<ul style="list-style-type: none"> <li>一定額の行政罰</li> <li>一方的な制裁</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>捜査・調査への受動的な対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>直接交渉</li> <li>サービス利用の停止</li> </ul>
訴訟・ADR(オフライン)				

このようなガバナンスモデルは、事前に一定の行為規範を制定し、その履行態様を規制当局が外形的にモニタリングし、必要に応じて制裁を科すという方法が有効である社会を前提としている。そのような社会とは、フィジカル空間中心の社会、すなわち、静的で変化が遅く、データの収集やそれに基づく判断がフィジカル空間においてヒトによって行われ、その活動範囲が国境の範囲内に限定されるような社会である。

しかし、サイバー空間を中心とする Society5.0 においては、これらの社会の前提は崩れていく。すなわち、技術やビジネスモデルの変化は常に行われる動的なものとなり、データ収集やそれに基づく判断も、センサや高速通信、アルゴリズムによって自動的に行うことが可能となり、その活動は容易に国境を越えるようになる。

このような社会構造の変化によって、既存のガバナンスモデルは、表 4-3-2 に示すような限界に直面している。

表 4-3-2. Society5.0 における社会構造の変化

	既存のガバナンスが前提とする社会	現実の社会
ルール形成	社会的構造が静的であるために、最適な行為義務を設定できる。ルールの形成に必要な情報を、政府が保有している。	社会の複雑化と急速な変化により、行為義務を事前に設定することが困難。ルールの制定に必要な情報が民間主体に非対称的に築盛。
モニタリング	コンプライアンスの状況を外形的に観察することが比較的容易。常時継続してデータ収集、分析することは困難であり、情報が断片的。	フィジカル空間に比べ、オペレーションを外形的に観察することが困難。リアルタイムでデータを収集し、瞬時に分析することが可能。
エンフォースメント	動作の背後には、人間の自律的な判断や関与が介在。特定の行為者に帰責することが可能。	AI等のシステムによる自律的な判断が人間による判断に代替。特定の行為者に帰責することが困難。
地理的範囲	自国内の法益を侵害する者は、原則として国内の企業。	国外企業が、ネットワークを通じて用意に国内向けに商品やサービスを提供できる。

## (2)改革の方向性

政府による法規範を中心とするガバナンスモデルは、様々な限界に直面している。これらの課題を克服するための仮説として、以下のようなガバナンスモデルの改革を行うことが考えられる。

### ①ルール形成

- ・ 社会のスピードや複雑さに法が追いつけない問題を克服するために、細かな行為義務を示すルールベースの規制から、最終的に達成されるべき価値を示すゴールベースの規制にする。さらに、法規制の実効性と影響について、継続的にフィードバックを受け、見直しができるようにする。

### ②モニタリング

- ・ 企業がソフトウェア・アーキテクチャを用いて実装するサービスが、どのように法令を遵守し、どのように人々の行動に影響を及ぼしているのか、政府において網羅的かつ詳細に把握することは困難であることから、企業による開示・説明を促す。また、モニタリングの困難性を克服するための方策の一つとして、政府、企業、コミュニティ・個人が、リアルタイムデータを活用したリスクのモニタリングや、場合によっては、それを実現するためのAPI 開放やソフトウェア・アーキテクチャ自体の導入を企業に促すような制度設計を行うことも考えられる。

### ③エンフォースメント

- ・ AI 等を搭載した複雑なシステムを念頭に、「人への帰責」を重視するのではなく、将来のより良い社会状態の実現を目指して、エンフォースメントのプロセスに企業が協力するインセンティブが働くようなルールやモニタリング体系の設計を行う。また、Society5.0 の時代に対応できる利便性の高い実効的な紛争解決手段の構築も進める。

- ・ 企業や個人の活動のグローバル化を踏まえ、域外適用の整理、国際的なルール形成や執行協力を行う。

これらの改革は、いずれも、政府が単独で実現できるものではない。すなわち、規制の示すゴールを達成するためのアーキテクチャの設計や、モニタリングに必要なリアルタイムデータの収集、エンフォースメント段階での情報提供等、様々な場面で、企業やコミュニティ・個人による積極的な協力が不可欠である。

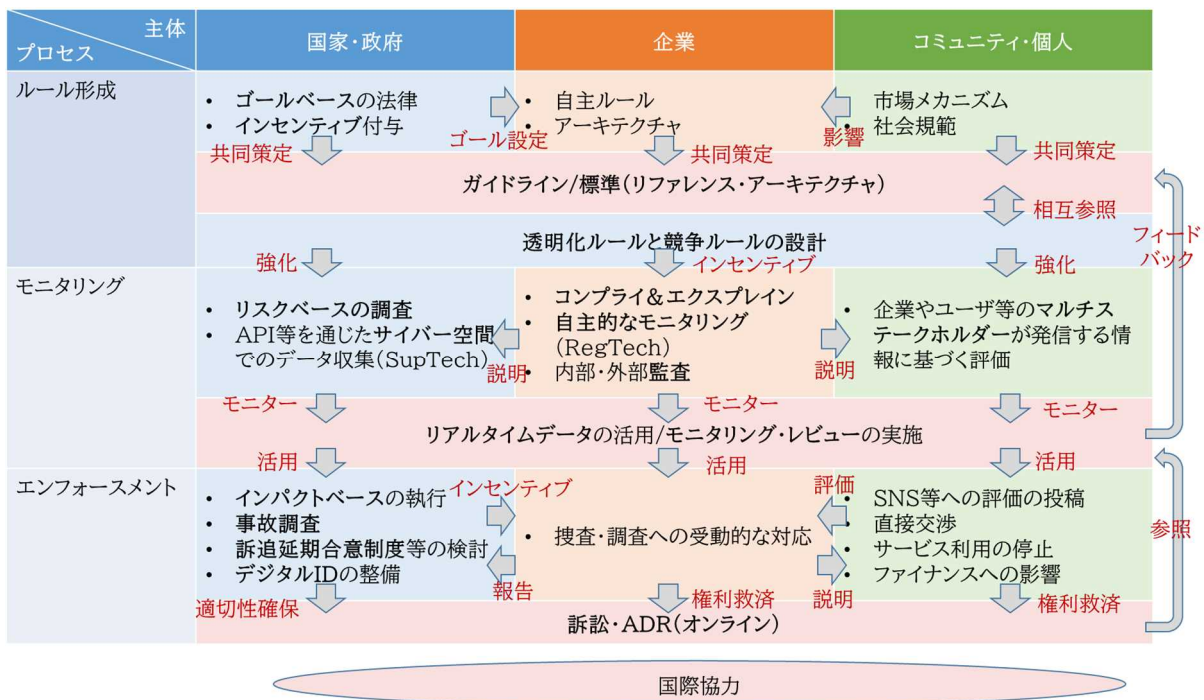
さらに、次章で述べるように、デジタル技術の発達や、ネットワークによるコミュニティ・個人の発信力強化により、法によらず、アーキテクチャや市場・社会規範によってガバナンスの目的を達成できる場面も増えていると考えられる。

このように、Society5.0においては、国家が一律にルールを定め、監督・執行を行うモデルではなく、ステークホルダー間の水平的な関係を重視した、柔軟なガバナンスモデルが必要になってきているといえる。

### (3) 新たなガバナンスモデルのフレームワーク

Society5.0を実現するための新たなガバナンスモデルのフレームワークは、ルール形成・モニタリング・エンフォースメントのガバナンスの各プロセスにおいて、サイバー空間及びフィジカル空間を融合したアーキテクチャを設計・運用している企業や、これらを利用するコミュニティ・個人によるガバナンスへの積極的な関与を確保したものとなることが考えられる。

表 4-3-3. 新たなガバナンスモデルのフレームワーク



以下、ガバナンスのプロセス別に説明する。

## (1) ルール形成

- ・ 社会のスピードや複雑さに法が追いつけない問題を克服するために、法規制を、細かい行為義務を示すルールベースから、最終的に達成されるべき価値を示すゴールベースにする。
- ・ 法律が自然言語によって示したゴールを、サイバー空間のプログラム言語を通じて達成するにあたり、企業がアーキテクチャの設計又はコードの記述において参照できるような非拘束的なガイドラインや標準を、マルチステークホルダーの関与によって策定する。

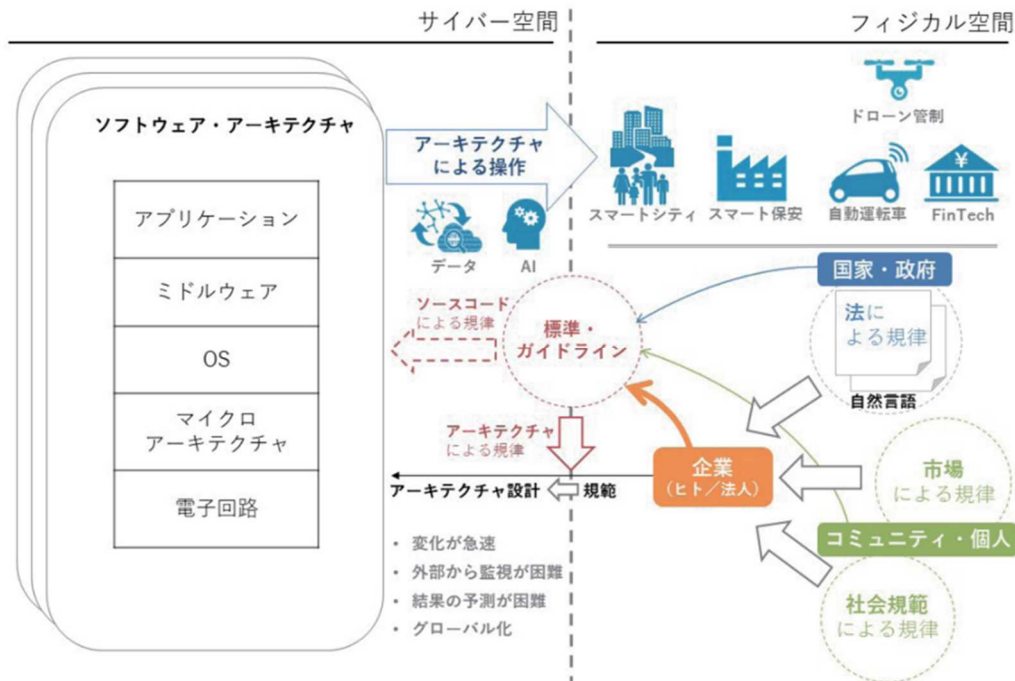


図 4-3-2. マルチステークホルダーで策定する中間的規範によるガバナンス

- ・ 制定された法規制や、ガイドライン・標準については、その効果や影響の評価を継続的に行い、頻繁に見直しの機会を設ける。その際は、モニタリング段階で収集されたデータや、エンフォースメント段階における当事者の主張等を参照し、証拠に基づいた評価を行う。
- ・ ガバナンスに必要な情報が民間主体に集中していること(情報の非対称性)を踏まえ、企業自身による自主規制を促すため、企業が保有する情報をガバナンスに活用するようなインセンティブ設計を行う。
- ・ 市場や社会規範による規律を有効に機能させるため、情報開示に関する義務付けやインセンティブ設計(透明化ルール)を充実させる。また、需要者側からの競争圧力を確保するため、デジタル時代に合わせた競争ルールの整備・運用を行う。
- ・ どこまでを法規制で規律し、どこまでを自主ルールに委ね、どのような情報を誰に開示することを求めるか等を検討するため、産業構造に対する専門家によるアーキテクチャ分析を行う。

## (2) コンプライアンス・モニタリング

- ・ 企業による革新的な手法による法目的達成を促進すると共に、自社の取組みに関する

説明責任を重視する(コンプライ&エクスプレイン)。また、社会からの信頼を確保するために、自己チェック、ピアレビュー、内部監査、合意された手続、第三者によるレビューや監査等といった、リスクに応じた様々なアシュアランス(保証)の態様を活用する。

- ・ 企業、政府、個人といった各ステークホルダーが、リアルタイムデータへアクセスして効率的かつ実効的なモニタリングを実施できるような技術や仕組みについて検討する。
- ・ ステークホルダー間でモニタリングの結果を報告・評価し、今後のルール改正やシステム改善に繋がられるような、定期的なモニタリング・レビューを行う。

### (3)エンフォースメント

- ・ 政府は、企業の行為の社会的影響に応じた法執行を行う。
- ・ 動作の予測が困難な AI 等の判断により生じた事故について、特定の個人に帰責するのではなく、企業が事案の究明に積極的に協力するようなインセンティブを付与する。
- ・ 企業、自主規制団体、外部監査法人等、民間主体による事実上のエンフォースメントを活用すると共に、その適切性を確保する。
- ・ 企業・個人・政府の間で生じ得る紛争の解決を迅速かつ実効的にするため、訴や ADR のオンライン化(ODR: Online Dispute Resolution)を進める。
- ・ サイバー空間での行為に対するエンフォースメントを確実にするため、共通の個人・法人 ID 基盤を整備する

### (4)国際協力

- ・ 容易に国境を越えるデジタル技術やビジネスについて、国内企業と海外企業のイコールフットィングを達成する観点から、域外適用規定の整備、国際的な執行協力や、ルールの標準化・相互互換性の確保を推進する。

## 3-2-4-3-2. 実施項目(イ)デジタル技術の発展に伴う既存業法の見直し

既存業法の見直しについては、既存のガバナンス体制において生じつつある課題を挙げたうえで、Society5.0における業法のガバナンスの在り方について検討を行った。

### (1)従来の業法のガバナンス体制における課題

#### (i)ルール形成に係る課題

##### ①行為義務の特定の困難性

- ・ フィジカル空間を中心とする世界では、技術やビジネスモデルの変化のスピードが遅く、また民間主体の情報収集能力に限界があったために、政府が事前に詳細な法規制を定めることが合理的であった。
- ・ しかし、サイバー空間を起点として日々複雑な技術やビジネスモデルが開発され、それらがフィジカル空間へフィードバックされていく Society5.0 では、どこにリスクが存在するかを特定することや、どのようにリスクをコントロールすべきかを予め規定することが、極めて困難となる。そのため、事前に細かな法規制を課すことは、リスクの低い行

為に過剰な義務を課したり、イノベティブな方法での社会的価値の実現を妨げたりすることになり、リスクコントロールの観点からも、イノベーション促進の観点からも適切ではない。また、民間主体の情報収集能力の向上に伴い、ルール形成に必要な情報も、民間主体の側により多く蓄積されることが多くなってきている。

- ・ 例えば、一定のプラントやインフラ設備は、安全性を確保するために、定期検査を行うことが法律上規定されている。その際の検査は、目視や打音、専門家の立合いなど、人間による作業が前提とされていることが多い。しかし、センサやカメラ等の技術を使って、継続的にインフラの状態に関するデータを収集すれば、人には認識できない機微な問題まで、正確かつリアルタイムにリスクを特定することが可能である。こうした技術を利用することによって、より精緻かつ効率的な保安を実現できると考えられる。
- ・ もう一つの例として、割賦販売法は、クレジットカード会社による与信に関し、収入や世帯人数等に応じて、一律の貸出額上限を定めている。しかし、近時は、個人の同意に基づいて収集した購買履歴等から、一定のアルゴリズムにより個人の信用力を評価し、パーソナライズされた与信サービスを提供する信用スコアリングの技術が発達し始めている。個人に関する多様な情報に基づき信用を判断することで、貸倒れや延滞のリスクを一定の範囲に抑えつつ、より利用者にとって利便性の高い金融サービスを実現することも可能になると考えられる。公知情報調査結果デジタル技術の発展により、既存の業法において前提とされていた事項が変化し、業法が実態に適合しなくなる、もしくは、業法が技術革新の便益享受の妨げとなってしまう状況が生じている。本件調査では、そのような中で、技術変化に既存業法が対応したケースとして、プラント保安における定期検査に係る法制度の見直しの議論について取り上げ、整理した。
- ・ このように、データや AI を用いて安全・安心といった社会的価値を実現する場面において、実際にどのような仕組みやシステムを用いるかは、政府が画一的に決定できることではなく、各企業の創意工夫が発揮されるべき場面である。すなわち、法によって特定の技術や方法の使用を義務付けることは、困難であるばかりでなく、適切とはいえない場合が増えていると考えられる。

## ②規制対象の画定の困難性

- ・ 伝統的な法規制は、一定の行為を反復継続して行うことを一つの「業」と定義し、規制対象としている場合が多い。しかし、ビジネスモデルが動的であり、全体として機能ごとにレイヤー化・モジュール化が進んでいく Society5.0 においては、このようなひとまとまりの「業」を定義することは困難になっていくと考えられる。例えば、金融の決済法制では、現行の制度が銀行業、資金移動業等の業態ごとに分かれている中、利用者ニーズに対応した柔軟なビジネスに配慮しつつ、規模や取引の態様などによるリスクに応じたルールを確保していくために、決済分野の機能別・横断法制をいかに設計していくかについて議論が行われている。このように、流動的なビジネスモデルに規制が対応するためには、従来のビジネスモデルを前提とする「業」ではなく、企業の行為に伴うリスクに応じた規制を行う必要があると考えられる。

### ③AIによる判断の予測困難性

- ・ Society5.0では、機械学習技術の発展に伴い、AIによる自律的な(人を介さない)判断が、直接、フィジカル空間における人々の生活や産業活動に影響を与えるようになってきている。これらの中には、例えば自動運転車、工業製品の品質検査、金融取引のための与信審査のように、人の生命・身体や財産に直接的な影響を与えるものも多い。
- ・ 従来、一定のシステムの安全性・信頼性を評価、確保するにあたっては、最初に一度だけルール通りに動作するかどうかを確認することで品質保証が行われる場合も多かった。このような手法が可能だった理由は、アルゴリズムが一定のルールとして記述され、その後、ヒトが直接アルゴリズムに手を加えるまでは、その内容が変更されることがなかったためと考えられる。
- ・ しかし、機械学習を用いた AI については、ルールベースで記述されるシステムとは異なり、与えられたデータに基づく統計的な処理を行うものであることから、予測可能性や安全性の確保を達成することが従来のシステムに比して、必ずしも容易ではない。また、AI はデータの入力によって学習を積み重ねることによって継続的に品質向上を図るものであり、随時アルゴリズムの内容が変わっていくことにより、その技術的特性が発揮されるものである。そのため、アルゴリズムが更新される度、その内容を審査し続けることは現実的ではない。さらに、ディープラーニングを用いた AI については、どのような要素が影響して一定の判断が下されたかを事後的に検証することが、事実上困難であるという問題(アルゴリズムのブラックボックス化)もある。
- ・ こうした AI 技術の特性によって、従来のルールベースのシステムを前提としたシステム・ソフトウェアの品質保証の手法では、システムの予測可能性や説明可能性を確保することが困難になっている。

## (ii) モニタリングに関する課題

### ①モニタリングの困難性

- ・ フィジカル空間では、コンプライアンスの状況を企業自身又は第三者が外形的に判断することが、比較的容易であった。しかし、サイバー空間は外形的に不可視であり、仮にソースコードが開示されたとしても、それをヒトが直ちに読み解くことは困難である。そのため、事前に一定の法や規範を定めたとしても、実際に企業がそれらを遵守しているかを、規制当局が外部から監督することは困難になってきている。

### ②モニタリングの非効率性

- ・ 規制当局による財務状況、業務状況、設備保安状況等の監督は、定期検査や定期報告など、断面的かつ画一的な情報により行われることが一般的である。
- ・ しかし、こうした検査は、十分な安全性や健全性が確保されている場合であっても、定期的に検査・報告を行わなければならない非効率を生む一方で、本来直ちに改善を要する問題があった場合でも定期検査のタイミングまでは発覚しないという遅れを生

む。センサやカメラ等の情報収集技術の発達や、API23 を介した直接的なデータへのアクセス可能性、さらにこれらを瞬時に分析できる高度な技術が発達していることを踏まえると、フィジカル空間からリアルタイムで収集したデータを活用することで、より効果的かつ効率的な安全性や企業活動の健全性等の社会的価値の確保が可能になると考えられる。

### (iii) 法執行(エンフォースメント)に関する課題

#### ① 自律的なシステムの判断に関する法的責任分配原理の不明確性

- ・ 安定した社会状態においては、各人の行為の結果は比較的予見しやすいため、故意や過失によって社会的に望ましくない結果を引き起こした者に制裁を与えることによって、同様の事故の発生を防止しようとするのが、伝統的な法制度の考え方であった。
- ・ こうした観点から、現行の法体系は、民事責任・刑事責任共に、原則として行為者の故意又は過失を責任の根拠としており、社会状態が比較的安定している場合には、合理的なものであった。
- ・ しかし、フィジカル空間とサイバー空間とが融合し、ローカルなアクターの行為が、予見困難な形でグローバルに多大な影響を及ぼすという事態が生起しつつある。リアルとサイバーの融合が一層進み、さらに AI を組み込んだ様々なデータが統合・分析される複雑なシステムが現実世界に働きかけ、あるいは人間と協調動作した場合に、個々のシステムの判断の影響を予見することが一層困難になることは確実である。このような状況下では、望ましくない結果が生じた場合にも、その法的責任の所在を特定することは容易ではなく、また、誰か特定の主体に制裁を加えることが、今後の事故の予防効果を発揮するともいえない場合が増加すると考えられる。
- ・ 情報技術の発展がもたらす社会状態の流動化を考慮せずに、自律的なシステムが引き起こし得る事故に関する責任を、「人の過失」に着目して判断・分配する限り、システムの開発者や利用者は、予測できない責任を負うリスクがあることから、イノベーションが阻害されてしまうおそれがある。また、責任の所在が明らかでない場合、システム開発者や利用者には、問題を隠蔽するインセンティブが生じる。サイバー空間は外部から容易に把握できないことから、このような隠蔽のインセンティブは今後のシステム全体の改善にとって大きな障害となる。

#### ② 執行対象の特定の困難性

- ・ サイバー空間は、その特性として、匿名性が高いため、法執行の確保に問題が生じている。また、仮に行為者を特定できたとしても、その者が自国の領域外にいる場合は、その国の法を執行することに一定の限界がある。
- ・ フィジカル空間を中心とする社会では、ある国で法益侵害を行う者は、原則としてその国の領域中に存在することが一般的であった。そのため、その国の法を適用・執行することによって、領域内での法益を保護することができていた。
- ・ しかし、Society5.0 におけるサイバー空間の拡張によって、国内外企業のサービスの融合はさらに進むことになる。その結果として、一国の政府がルールを定め、それを執



行するだけでは、グローバル化するビジネスに対して十分に自国の社会的価値を実現することが難しくなっている。

- ・ 国家の立法管轄権が及ぶ範囲は、原則としてその国の領域内か(属地主義)、その国の領域内に効果を生じる領域外の行為であって、その効果が実質的であること等の一定の要件を満たすものに限られるとする見解が有力である(効果理論)<sup>27</sup>。また、法の執行力が及ぶ執行管轄権については、原則として、自国でのみ公権力を行使することができることとされている。
- ・ このように、立法管轄権と執行管轄権に一定の限界があることを踏まえると、グローバルに活動する企業とローカルな企業との間の規制のイコールフットイングを確保するためには、立法・執行の両面において、国際的な協力を行っていく必要がある。
- ・ また、複数の国家がそれぞれ異なるルールを定めると、とりわけ中小企業にとって、グローバルな活動を行うことが困難になる。こうした観点からも、各国のルールの調和(harmonization)や互換性(Interoperability)を確保することがより重要になってきている。

## (2) 新たな業法の在り方

Society5.0における既存業法の課題を踏まえ、今後どのような業法が求められるかについて、ルール形成、モニタリング、エンフォースメントの観点から整理した。

### (i) ルール形成

#### ① ルールベースの法規制からゴールベースの法規制へ

- ・ 前述のとおり、技術やビジネスモデルの変化が急速な Society5.0において、フィジカル空間を前提とする従来型の法規制がこれらの変化に追いつくことは、一層困難になっていくと考えられる。
- ・ 他方、技術やビジネスモデルが急速に変化するとしても、法が最終的に確保すべき財産・生命・心身の安全、プライバシー、民主主義、公正な競争といった目的(ゴール)は大きく変化しない。技術やビジネスモデルは、これらの価値を実現又は毀損する要素にすぎず、法がこうした技術やビジネスモデルについて細かにルールを規定する必要性や妥当性は低いばかりでなく、一定の技術を他の技術より優遇してしまう点で、イノベーションを害する可能性もある。
- ・ したがって、法は、最終的に保護されるべき目的(ゴール)を技術中立的に策定する役割を担い、それをどのような技術的手段やビジネスモデルで達成するかについては、政府ではなく民間主体の自主的な取組みに委ねることが望ましいと考えられる。
- ・ 法が事前規制的に具体的な行為や義務を記述する「ルールベース」の規制と、法が保護すべきゴールについて記述しその具体的な履行方法についてはオープンな記述とする「ゴールベース」の規制の特徴の比較については、従来様々な研究がなされてきており、その概要は、以下の通りである。

表 4-3-4. ゴールベースの規制とルールベースの規制の比較

項目	ゴールベース規制	ルールベース規制
ルールの記述方法	オープンな記述で解釈の余地が広い	具体的な行為や義務を詳細に記述
イノベーションへの影響	法目的を達成する限りアプローチは自由なので、イノベーションを阻害するおそれが小さい	イノベーションがコンプライアンス違反となる場合、イノベーションを阻害するおそれ
被規制者ごとの対応	被規制者の過去のコンプライアンス情報やその他の特徴ごとに異なる取り扱いが可能	全ての被規制者を形式的に同様に扱う
技術・市場の変化への適応可能性	技術や環境の変化により柔軟に適応できる	変化に適応しにくく、ルールが陳腐化しやすい
行政裁量の範囲と予見可能性	行政裁量の範囲が大きく、予見可能性が比較的低い	規制者の裁量を制約するため、予見可能性が高い
説明責任	事業者の説明責任を負わせるが、専門的能力がない事業者は説明責任を果たすことができない可能性	ルールに従えば説明責任が生じないため。チェックボックス式メンタリティをもたらす可能性
コンプライアンスの態様	過剰コンプライアンスや過少コンプライアンスが生じる可能性	形式的には違反ではないが法の主旨に反する行為をもたらす可能性

- ・ このように、法目的達成という結果に着目する規制とすることで、技術やビジネスモデルの変化に、より柔軟に適応することができ、規制の陳腐化を防ぐことができると考えられる。また、法益の達成方法について企業による自由な裁量を認めることから、企業によるイノベーションを促進しやすいと考えられる。
- ・ ゴールベースの規制には、リスクに応じた柔軟な政策決定が可能になるという利点もある。すなわち、企業に対し、事業の性質・規模や消費者へ与える影響に応じた合理的な措置の履行を求めることによって、社会への影響力が大きい企業に対しては、より慎重な法益保護を求め、逆に影響の小さい企業には、より負担の少ないコンプライアンス手法を認める、という柔軟な対応が可能となる。
- ・ 変化が速く、画期的なイノベーションの必要性が高まっている現代においては、事前にルールを設定することにより弊害が生じることが多くなると考えられるため、ゴールベースの規制を基本的な方針とすることが好ましい。
- ・ 他方で、このようなゴールベースの規制には、規制とオペレーションとの間にギャップが生まれてしまうという問題がある。すなわち、法がゴールのみを示すことで、①行政裁量の範囲が大きくなり、企業にとって、どのような行為が禁止の対象となるのか判断し難くなる、②専門的知見がない企業が説明責任を果たすことが困難となる、③結果として、過剰又は過少なコンプライアンスが生じる可能性がある、といった課題が生じ得る。

#### ②民間主導のガイドライン・基準の策定

- ・ 技術やビジネスモデルの変化に一層、柔軟に適応することができるというゴールベースの規制の長所を維持しつつ、上述のようなオペレーションのギャップを克服するためには、ゴールを達成するために参照できる非拘束的なガイドラインや標準を策定することが重要であると考えられる。これによって、被規制者にとっての予見可能性を高

め、とりわけコンプライアンスに十分な予算を単独では確保することが難しい中小企業等にとって、法目的の達成が容易になることが考えられる。

- ・ こうしたガイドラインや標準は、デジタル社会において極めて重要である。なぜなら、法律は自然言語で記述されるものであるところ、これらの規律をサイバー空間でプログラム言語によって実現するためには、フィジカル空間の規範とサイバー空間のアーキテクチャの間を橋渡しする中間的な規範(リファレンス・アーキテクチャ)を策定することが有益だからである。こうした中間的な規範の内容は、自然言語に限らず、サイバー空間のアーキテクチャや具体的なソースコード、又はそれらの組み合わせによって記述されることが想定される。
- ・ このようなガイドラインや標準の意義を考えると、その形式的な策定主体が政府であれ、民間団体等であれ、実質的には、サイバー空間とフィジカル空間を融合したアーキテクチャを設計・管理している企業を中心に、利用者・企業・技術者・アカデミア・法律や監査の専門家といった幅広いステークホルダーによって議論されるべきである。政府は、そうした議論のファシリテーターとして機能することや、策定されたガイドライン・標準を企業が満たしていることにつき一定の場合に認証を与えることで、当該企業に対する社会の信頼を醸成する役割を担うことが望ましいと考えられる
- ・ このような規制の在り方は、法律により設定される目標の遵守に向かって企業等の民間主体(規制対象となる企業だけでなく、消費者団体等の市場参加者や、各分野の専門家)が積極的にルール形成を行うという点で、法律による規制と自主規制の中間形態である「共同規制」と位置付けることができる。
- ・ もっとも、法律より頻繁かつ柔軟に改訂できるガイドラインや標準は、企業にとっての予見可能性を向上させるが、技術やビジネスモデルの変化のスピードに追いつかないという問題を根本的に解決できるわけではない。また、策定されたガイドラインや基準が、法令と同様に、事実上の拘束力を有するような運用をしてしまうと、結局はイノベーションを妨げてしまう可能性がある。
- ・ ゴールベースの規制の本来の趣旨である、イノベーションの促進と社会価値の保護の両立を実現するためには、ガイドラインや標準に一致しない場合であっても、あるいはそもそもそれらが存在しない場合であっても、企業自らが創意工夫により法目的を達成し、これを積極的に対外的に説明していくことが求められる。

### ③ルールの継続的な見直しと規制のサンドボックス

- ・ 技術やビジネスモデルの変化が急速な Society5.0 においては、制度が陳腐化するスピードが速い。そのため、法規制や、ガイドライン・標準等について、その効果や影響の評価を継続的に行い、見直しの機会を設けるべきである。
- ・ とりわけ、フィジカル空間だけの世界を前提として制定された既存の法規制、ガイドライン、標準等については、前提となる社会環境が異なっており、イノベーションの障壁となっている可能性もある。このような場合、改めて当初予定された法目的に立ち返り、そもそもその法目的が現在でも価値を有しているか、その場合、どのような規律手法(法規制によるのか、ガイドラインや標準によるのか、自主ルールに委ねるのか等)が最も効率的かつ効果的かを、継続的に検討することが重要となる。

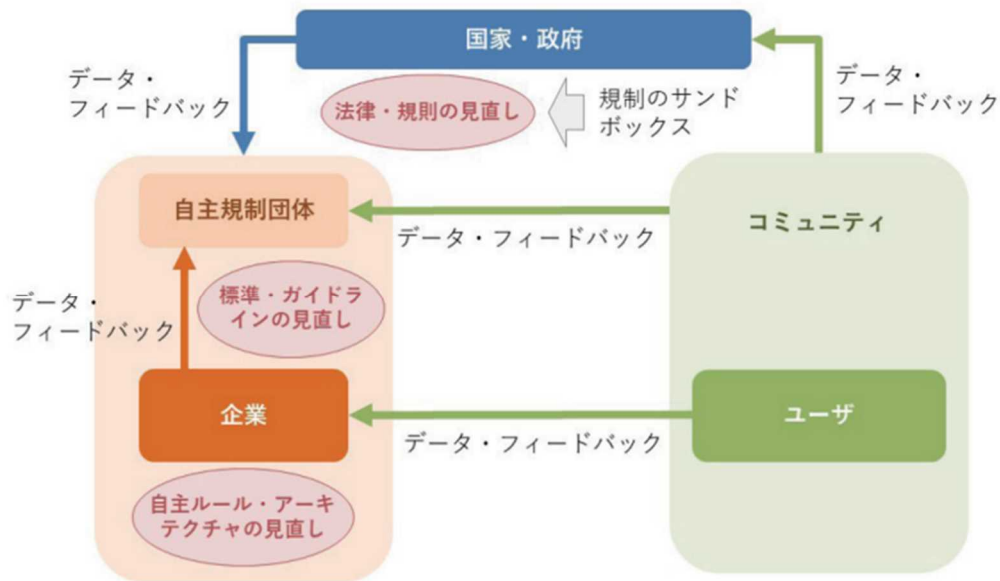


図 4-3-3. フィードバックとルールの見直しの例

- ・ 見直しの際は、モニタリング段階で収集されデータ等を用いて、証拠に基づいた評価をできる限り行うべきである。また、エンフォースメント段階で当事者が規制の妥当性を争う場合には、司法が、必要に応じて専門家の意見も聴取しつつ規制の見直しの必要性を判断すると共に、規制当局や民間主体の側でも、そのような紛争に応じてガイドライン・標準の見直しを行っていくことが重要である。
- ・ 規制を実証的に検討する場として、規制のサンドボックス制度の活用も今後重要になる。同制度は、参加者や期間を限定すること等により、既存の規制の範囲又は特例措置を設けた範囲において、新しい技術等の実証を行うことができる環境を整えるものである。我が国では、2018年6月に施行された生産性向上特別措置法に基づき、同年8月運用が開始された。今後、同制度の利用を国内外で促進し、新技術等に係る実証データを積み上げ、具体的な法改正などの成果に繋げていくと共に、同制度の利便性向上に向けた見直しや、諸外国の規制のサンドボックスとの情報共有等についても検討することが重要である。

(ii) モニタリング

① 企業・政府・個人によるリアルタイムデータの活用(RegTech/SupTech)

- ・ Society5.0では、大量、高精度、安価なセンサやカメラ等のデバイスによるデータ取得や、あらゆるモノをネットワークにつなげるIoT(Internet of Things)の推進によって、モニタリングに利用できるデータの質は、断片的なものからリアルタイムのものに変わっていく。こうしたリアルタイムでのデータモニタリングは、企業はもとより、政府やコミュニティ・個人がそれぞれに、または力を合わせる形で、実施され得る。リアルタイムでのデータモニタリングを行うことで、より効率的かつ精度の高いモニタリングを行うことができ、前述のゴールベース規制の達成の有無についても随時判断することが可能

になる。

- 一般的に、データモニタリングは、下図のように進化していくと考えられる。

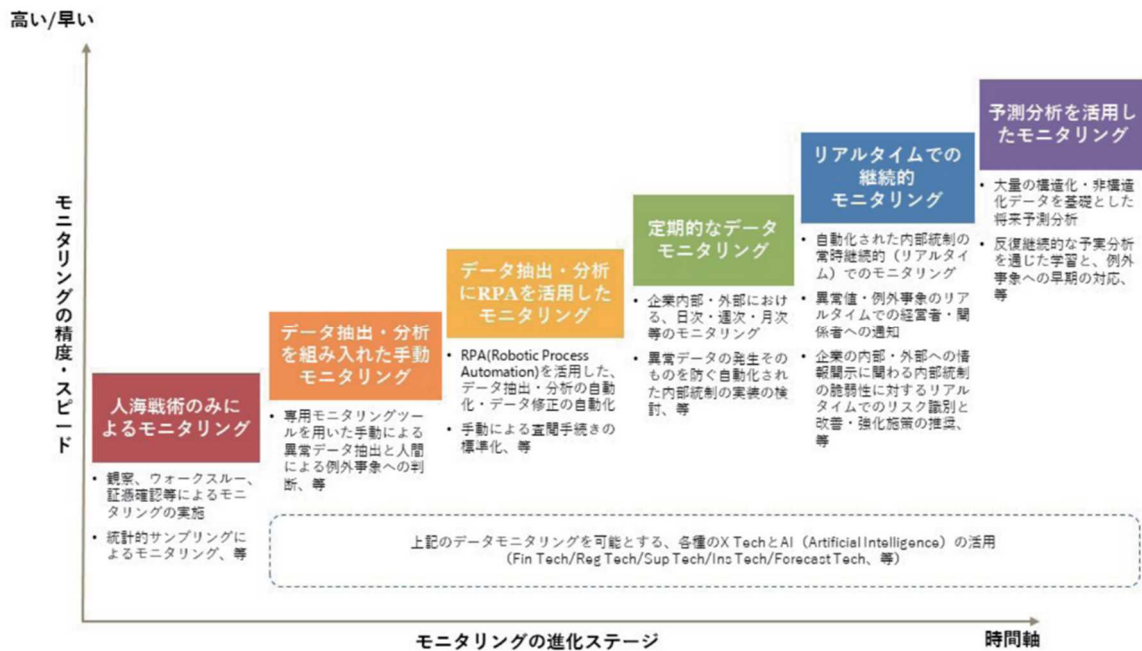


図 4-3-4. 一般的なデータモニタリングの進化ステージのイメージ図

- 企業にとっては、様々なリアルタイムデータの入手・分析が可能になってきたことにより、内部における個々の取引のデータモニタリングにとどまらず、サプライチェーン全体を俯瞰した分析や市場全体の安定性をモニタリングすることが可能となっている。さらに、過去や今時点のデータのみならず、将来を予測したうえで、バックカスティングを通じてフィードバックを行うモニタリング手法も利用可能である。従来、企業は、会計・経理業務や内部監査等にデータ分析を利用してきていたが、今後、インフラや建物等のハードウェアのメンテナンスや、金融における貸倒率や延滞率等のオペレーション状況の管理、モビリティにおける交通状況や気象情報の把握等、リスク管理やコンプライアンスに関するあらゆる場面でリアルタイムデータの収集と分析を行い、それを対外的に説明することが、社会から信頼を確保するために重要となる。このように、企業のコンプライアンスをサポートする革新的な技術は、RegTech (Regulatory technology) とよばれる。
- 政府にとっても、リアルタイムデータを用いたモニタリングは、効率的かつ実効的な監督を行うための重要なツールとなる。例えば、金融機関のシステムと規制当局のシステムとの間を API により連携することによって、各種報告について金融機関から報告してもらうのではなく、規制当局が適時にシステムを通じて確認する仕組みを構築することが考えられる。これによって、金融機関の報告負担を軽減できると共に、リスクの大きな箇所を重点的に検査することで、規制当局のモニタリングの実効性を向上させることができる。このように、規制当局によって利用される、規制業務を支援するイノベーティブな技術は、SupTech (Supervisory Technology) とよばれる。

- ・ さらに、昨今では、ブロックチェーンを用いた暗号資産のモニタリングにあたって、企業や規制当局だけでなく、利用者や市場参加者が、様々なデータモニタリング手法を活用することで、市場の安定性・監視機能の担保に寄与している。
- ・ 総じて、企業だけでなく政府も個人・コミュニティも含め、また、人間だけでなく機械やAIを含めて様々な形で、どの主体がどのようなタイミングで何をどのようにモニタリングしているのかを共有し、社会全体でモニタリングの精度とスピードとを協創し持続的に高めていくことが求められる。その前提として、様々な技術の実装と活用にあたっては、API活用によるデータ連携や標準の策定により、組織間・異業種間での連携を促進し、協創を可能にしていくことが重要となる。

### (iii) エンフォースメント

#### ① インパクトベースの法執行

- ・ 企業にコンプライアンスのインセンティブを発生させるためには、法令違反があった場合の制裁や賠償責任が十分に効果的なものであることが必要である。そのため、行為類型に応じた画一的な制裁を科すのではなく、行為がもたらした社会的影響やリスクの程度を考慮しつつ、対象企業にとって十分なインセンティブとなるような制裁を科せるような環境を整備すべきである。
- ・ ここでの制裁は、必ずしも行政罰や資格剥奪といった法的な制裁に限られるわけではない。近年では、企業に法令違反や社会規範に反する行為があった場合、インターネット上でのニュース記事やレビュー記事の投稿・共有により、迅速に商品やサービスの価値、企業にとってのファイナンスの可能性や、それらを通じた企業価値に影響が出るようになってきている。そのため、企業にとっては、法令や社会規範を遵守することが市場との関係で重要なインセンティブとなる(コンプライアンスーガバナンスーファイナンスの一体化)。政府としては、企業による違反の事実を公表することで、こうした経済的インセンティブを活用した実効的な制裁(及びそれを背景とする違反抑止効果)を与えることができると考えられる。
- ・ 但し、こうした市場や社会規範による判断が正常に機能するためには、市場参加者が十分な情報を入手でき、かつ市場において自由かつ公正な競争が確保されていることが必要である。そのため、政府は、透明化ルールや競争法の適用・執行の在り方を検討する必要がある。
- ・ また、政府・公共調達基準において、例えば、法令違反をした者を入札に参加させないとするのも、一定の分野においては効果的な経済的インセンティブになると考えられる。
- ・ こうした経済的インセンティブを背景とした制裁は、国家の執行管轄権が及ばない外国企業に対しても有効に機能する場合が多い。
- ・ 制裁の妥当性や責任の有無の判断においては、従来以上に、サイバー空間のアーキテクチャに関する理解が不可欠になる。そのため、エンフォースメントの主体である規制当局や独立行政委員会、検察庁、裁判所等は、自身のデジタル関連知識のキャパシティ・ビルディングを行うと共に、必要に応じて専門家の意見を取り入れられる体制

を整備すること等によって、公平かつ確実な法執行を行えるようにすることが望ましい。

## ②共通の個人・法人 ID 基盤の構築

- ・ 外形的に行為主体を特定することが困難なサイバー空間において、実効的な法執行（規制の執行だけではなく、補助金の支給などの給付行政に係る処分も含む。）を行うためには、サイバー空間での行為の主体を特定 (Identification) できることが重要になってくる。そのため、共通の個人・法人 ID 基盤を構築することが有益である。
- ・ 他方、必ずしも主体である個人の特定 (personally identifiable information) が必要ではなく、仮名化 (pseudonymization) や匿名化 (anonymization) された情報でも法執行を実現できる場合もあると考えられる。今後、どのような場合にどの程度の主体の特定が必要となるか等を整理することが、企業や個人の自由の確保の観点から望ましいと考えられる。

## (3)域外適用・執行協力と国際的なルール形成

国際的なルール展開については、ルールのインターオペラビリティを確保するために、国際的なフォーラムや国家間の対話を通じた取組み及び標準化を進めていくと共に、日本法の域外適用の実効性を確保するために、執行協力の取組みを進めることが重要である。

### ①法令の域外適用の整理と情報共有・執行協力

- ・ 海外事業者と国内事業者との間の規制のイコールフットイングを実現するため、国内法の域外適用の範囲について見直しを行うことが考えられる。また、前述の訴追延期合意、条件付起訴猶予制度のように、外国事業者に対して協力へのインセンティブを付与するような仕組みの検討も重要である。
- ・ 外国当局との情報共有や執行協力も、今後ますます重要性を増す。従来の租税条約や刑事共助条約における執行協力のほか、近年は、外国のサーバにおける自国事業者のデータについて政府がアクセスできる権利を定める立法例もあり、今後このような制度についてどのように外国政府と協力を進めていくかが重要な課題となっている。

### ②標準化を含むインターオペラブルなルール形成

- ・ ネットワークの力によりグローバル化が急速に進む現在、ルールの相互互換性 (インターオペラビリティ) を確保することが、企業のビジネスの国際展開の観点から非常に重要である。そのため、様々な国際フォーラムにおける対話を通じて、国際的な協力を行っていく必要がある。例えば、OECD や WTO 等の国際機関では、デジタル時代のガバナンスに関するガイドラインの作成や、ルール形成に向けた議論が行われている。また、民間主導のマルチステークホルダー団体によるルール形成に向けた議論や国際交流も盛んであり、我が国としてもこれらの議論に積極的に参加していくことが重要である。
- ・ 他方、ソフトウェア・アーキテクチャを中心に発展していくと考えられる Society5.0 においては、そのようなアーキテクチャ設計の際に参照される標準が極めて重要な意味を持つ。そのため、国際的な標準形成に積極的に貢献することも、インターオペラビリ

ティの確保の上で極めて重要である。

- ・ 例えば、ISO(国際標準化機構)、IEC(国際電気標準会議)、ITU(国際電気通信連合)は、国際規格 6 原則を満たす代表的なデジュール標準化機構である。TBT 協定加盟各国は「法制度に関わる国内規格が国際規格と整合すること」を約束していることから、国際展開上の効果が高い。これらの場で、様々な分野における標準化を推進することが考えられる。

#### (4) 新たな業法の在り方(例示)

##### (i) 制度改革が考えられる分野

(2)で整理した業法の在り方について、今後、以下のような分野において制度改革を図っていくことが考えられる。

##### ① 横断的分野

フィジカル空間のみに着目すると異なるビジネスであっても、サイバー空間におけるオペレーションに着目すると、業種横断的な共通事項が多く存在し得る。

例えば、データの管理(プライバシー、サイバーセキュリティ)、ID 基盤の構築、AI の品質評価、継続的なデータ収集の方法などについては、業種横断的なゴールの設定やガイドライン・標準の策定が可能と考えられる。

機械学習を行う AI を始めソフトウェアを中核とする複雑なシステムの社会実装に際しては、従来のルールベースのソフトウェア品質保証の手法によって、システムのパフォーマンス・アウトプットの予測可能性や説明可能性を確保することが困難になっていることから、機械学習を行う AI 等を一定のレベルで市場に投入し、アップデートによって性能を改善させていくことを許容するような、より柔軟な評価基準や評価のための技術基盤を構築することが考えられる。また、AI システム等の挙動に関しては、企業によるインセンティブを確保した事故調査制度、訴追延期合意制度、社会としての危険負担を行うための保険制度の構築等についても、今後、検討を行っていくことが考えられる。

##### ② 個別分野

以上のような横断的分野に加えて、個別分野についても、規制・制度改革を行っていく必要がある。例えば、以下のような例が考えられる。

##### (1) 自動運転車

- ・ 従来の運転者(ヒト)の運転行為による安全性確保とハードウェアとしての車両による安全性確保の組み合わせから、制御用ソフトウェアによる安全性確保と、他の自動運転車および有人運転車等との相互通信を含む走行環境(インフラ)による安全性確保へとシフトしていくことが考えられる。このような変化へ対応するための規制・制度改革の検討が行われているところである。



## (2)与信審査

- ・ クレジットカードの発行に際した支払可能見込額の調査において、信用スコアリングなど、ビッグデータ、AI 等の技術・データを活用した与信審査手法を認めるべく、割賦販売法制の在り方に関する議論が進んでいる。このような技術・データを用いた与信審査手法の代替を許容する際の事前・事後のチェックの在り方としては、「プレッジ・アンド・レビュー」の考え方を基本とし、「技術・データを用いた与信審査手法」と「適正運用のための内部管理体制の整備」について確認し、事後チェックとして、定期的なレポートを通じて、延滞率によるチェックを行い、著しく不適正な与信審査を行っている場合には、改善命令や認定取消しといった行政上の措置を行うこととされている。

## (3)インフラ・建築物の保守点検

- ・ 今後、リアルタイムデータを活用した効率的かつ実効的な保安が進んでいくと考えられる。例えば、高圧ガス保安法が適用される通常の事業所では、1年に1度、運転を停止して保安検査を行わなければいけない。一方、高圧ガス保安法上のスーパー認定事業所制度では、①IoT、リアルタイムデータ等の新技術の導入と、②高度なリスクマネジメント体制の構築といった要件を満たした事業所(「スーパー認定事業所」)、最大8年間連続して運転が可能となる(保安検査自体は行う必要があるが、運転を止める必要はない)。こうした方法は、建築やインフラ等の分野において、幅広く応用することができると考えられる。

上記の他、モニタリング・エンフォースメントに係る今後の業法の在り方の参考として、自動運転車中の運転者の義務に係る規制が挙げられる。

### <モニタリング>

- ・ レベル3の自動運転中の運転者の義務について、①整備不良車両に該当しないこと、②ODDを満たしていること、③これらに該当しなくなった場合に直ちに適切に対処することができる態勢であるなどの場合に限り、携帯電話等の無線電話装置を保持して使用することや画像表示用装置の画像を注視することの禁止が適用除外とされた。すなわち、従来、運転者(ヒト)に求められていた運転中の常時の安全管理義務を、一部、自動運転システムで代替することを認めた例と評価することができる。今後、自動運転システムの発展、自動車のコネクティッド化により、リアルタイムで車両の運行データが取得でき、システムが常時監視を担っていくことが想定される。
- ・ また、自動車メーカー等が、使用過程にある自動車に対し、制御用ソフトウェアを配信し、運転支援機能の追加を始めとする性能変更や機能追加を大規模かつ容易に行うことを可能とするため、①一定のプログラムの改変による自動車の改造を電気通信回線の使用等により行う場合、及び②当該改造をさせる目的をもって電気通信回線の使用等により使用者等に対してプログラムを提供する場合、プログラムごとにあらかじめ国土交通大臣の許可を受ける制度が導入された。同制度改正も自動運転システムの制御ソフトウェアのアップデートが、スマートフォンのアプリのように随時行われる近い未来に向けた、制度改正と評価することができる。

〈エンフォースメント〉

- 日常生活に近く、人の生命や身体の完全性に直接影響するリアル・シリアスな場面で運用されることが想定される自動運転システムに関し、仮に事故などの問題が生じた場合は、社会として冷静に、その原因を技術的に究明し、次の開発に活かしていくような安全性向上のサイクルが回るよう制度整備を行うことが必要となる。米国では実証実験中の自動運転も航空機等と同様、運輸安全委員会の事故調査制度の対象とされている。我が国においても、国土交通省、警察庁が連携し、自動運転車等に関する総合的な事故調査・分析を速やかに行える体制を 2020 年度から構築するべく、必要な予算要求及び検討が行われており、そのような制度整備の一環と評価することができる。米国においては、企業が関係する犯罪に関して、企業が当局の捜査に協力し、コンプライアンス体制を改善したり、被害の回復を行うなどの措置をとることを約束することと引き換えに、企業の存続に甚大な影響をもたらす可能性ある刑事訴追を延期する制度（訴追延期合意制度）が存在している。自動運転車の文脈においても、当局への事故等に関するデータの開示等を含む捜査協力や開発体制の改善などによって、企業がこの制度の恩恵を受けられる可能性があり、企業が政府へ情報を提供する強いインセンティブが存在する。一方、我が国の現行刑法では、自動運転車・システムの運用中に事故が生じた場合、企業内での開発者・製造担当の責任者個人に業務上過失致死等の刑事責任が問われるか、反対に、捜査上の困難等により刑事責任が事実上機能しない可能性がある。各国の法制度やその背景となる思想の違い等を考慮に入れる必要があるが、例えば、自動運転車の文脈に即した訴追延期合意制度の導入など、事故等に関するデータの開示や、製品の開発体制ないし製品自体の改善を促すインセンティブ付与制度の在り方について、今後、検討していくことが必要と考えられる。

(ii) 新たなガバナンスシステムの全体像

上述した例を含む、様々な分野におけるガバナンス改革を実施した後の規制体系の全体像は、図 4-3-5 のようになると考えられる

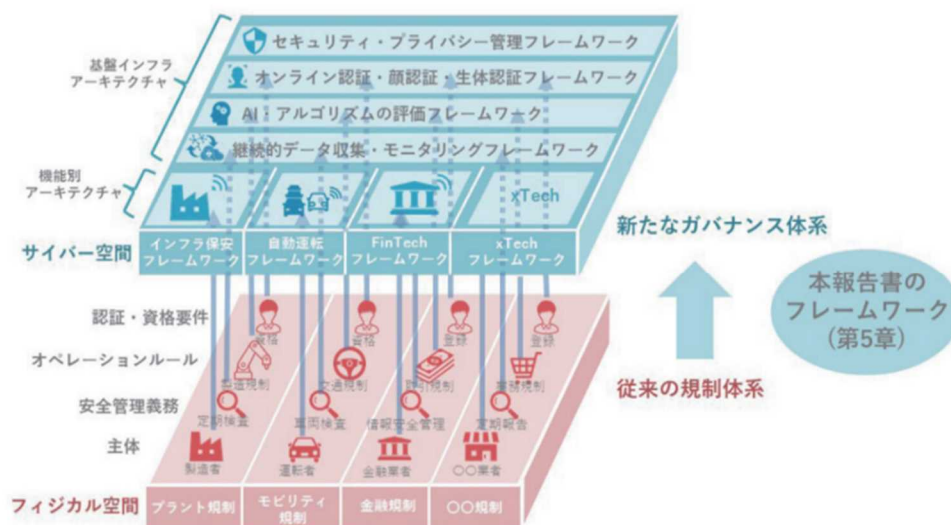


図 4-3-5. 新たなガバナンスシステムの全体像のイメージ

### 3-2-4-3-3. 実施項目(ウ)デジタル社会のトラスト確保に関する検討

トラスト確保については、Society5.0の社会では、政府が一方向的に規制を課すのではなく、企業による自主的な取組みを促す方法も有効である(実施項目(カ)参照)。そこで、そうした企業の自主的取組みについて、如何に信頼を確保することができるか、また、企業がそうした活動に取り組むようなインセンティブ如何に設計するか、企業のモニタリング結果の確からしさを如何に確保するかといった観点で検討する必要がある。

#### (1) 多様な信頼の確保の在り方

Society5.0の社会における企業側の体制としては、「コンプライ・アンド・エクスプレイン」が求められるようになる(2-5実施項目(カ)参照)。その実施にあたっては、エクスプレインされた内容が正しいことについて、社会からの信頼が得られることが重要である。Society5.0においては、信頼強化の方法や、信頼確保の方法もまた多様化する。

信頼を強化するために、業務プロセスやビジネスモデルそのものを変えるという選択肢もあれば、信頼確保に対する姿勢やプロセス、その実態や成果、加えて企業の主張・言明の確からしさについて、何らかの保証(アシュアランス)を得るといった選択肢もある。

これらの選択肢は、必要とされる信頼のレベルに応じて調整・決定され得る。一般的には、企業の主張・言明の確からしさを得るための方法として、自己チェック、ピアレビュー、内部監査、合意された手続、第三者によるレビューや監査等といった様々なアシュアランスの態様がある。例えば、企業内での定期的なモニタリングでステークホルダーが満足できるのであれば、必ずしも独立した第三者を関与させる必要はなく、自己チェックで目的を達成できるであろう。他方で、規制当局等の外部のステークホルダーに対してルールへの適合性を説明することが重要である場合には、評価を行う際に準拠する規準等について、第三者が関与するようなアシュアランスの様態が望ましいと考えられる。ステークホルダーとの間で必要とされる信頼への期待のレベル、社会的な重要性に応じて、信頼確保の仕組みを柔軟に適用していくことが望ましいと考えられる。

コンプライ・アンド・エクスプレインの考え方を前提とすると、企業の主張・言明の確からしさや一貫性、開示と対話の継続性等が、今まで以上に非常に重要な役割を果たす。信頼確保の手段としてのアシュアランスへの期待が高まると、(多くの国ですでに導入されている上場企業の財務報告に関わる外部監査制度のように)制度的・強制的に実施・提供されるアシュアランスにとどまらず、企業が任意で実施し開示するアシュアランスの態様もまた、より一層多様化する。アシュアランスの意義をステークホルダーが正しく理解し、さらには、より適切な信頼確保の手段としてのアシュアランスの態様を継続的に模索・進化させることが重要である。

#### (2) 法と市場・社会規範によるインセンティブ付け

以上のような、企業によるコンプライ・アンド・エクスプレインや信頼確保を尊重するモデルへの移行にあたっては、企業がこれらを実施することに関するインセンティブ付けが重要となる。

第一に、既に上場会社の財務状況等について実施されているように、一定程度の重要な事項については、法によって開示を義務付けたり、外部監査人の監査を経ることを義務付けたりする

ことが考えられる。但し、あらゆる事実について開示を求めるとすると、コンプライアンスコストを増加させ、イノベーションを阻害してしまうおそれがある。

そこで、第二に、義務付けではないが、企業による積極的な信頼の確保や情報開示が市場による評価につながるような制度についても検討すべきである。例えば、信頼の確保が企業価値や資金調達に直結するような指標を設定することで、市場の評価を喚起することや、信頼の確保に長けた経営者のスコアリング等の方法が考えられる。

また、政府内部又は中立の第三者である専門家を通じて、企業のシステムを審査し、必要に応じて認証を与えることも考えられる。

### (3) マルチステークホルダーによるモニタリング・レビューの実施

企業が自身のビジネスの運用状況をモニターした結果、及び政府やコミュニティが企業の活動をモニタリングした結果は、定期的に外部に報告され、それをもとに、当事者を含むビジネス、技術、法律、政策等の専門家による評価(モニタリング・レビュー)が行われることが望ましい。こうした評価を行うことで、企業はアーキテクチャの設計や運用を改善し、政府は必要に応じて法規制やガイドライン・標準等の内容を見直し、利用者はアーキテクチャによる自身のデータや行動への影響を知った上で、市場での行動を決定することができる。こうした評価は、必ずしも企業による取組みを批判的に分析する目的で行うものではなく、むしろ企業による取組みを積極的に評価する目的で行うことで、社会における企業・利用者・政府間の信頼を強めることができると考えられる。

### 3-2-4-3-4. 実施項目(エ) デジタル社会の取引ルールに関する検討

デジタル社会の取引ルールについては、主に AI 等を搭載した複雑なシステム(以下、「AI システム等」という。)によって、精度や効率の向上が期待される一方で、従来の責任や保証の在り方では適合しない状況が生じている。

そこで、自律的なシステムから生じる事故について、原因の究明および責任・エンフォースメントの在り方、紛争解決の在り方等について新たな仕組みが必要とされている。また、企業と利用者間取引における適切なリスク管理のため取引ルールのガイドライン等を提供していくことも重要である。

#### (1) 取引ルールのガイドラインの提供

企業と利用者との間の取引における適切なリスク管理を促すため、取引ルールの基本である民法や商法の解釈指針や(例えば、AI によって生じた損害に関する「過失」の判断の在り方の整理等)、先端技術に関する契約のガイドラインなど、取引関係を明確化・円滑化するようなツールを政府が提供していくことも重要である。

#### (2) 自律的なシステムから生じる事故に関する原因の究明と改善の重視

前述のとおり、AI システム等の自律的判断によって生じる損害について、従来の「人への帰責」モデルが機能しなくなっている。今後、従来型以上の安全確保とイノベーションの促進を両立する観点から、「人への帰責」モデルから脱却して、全体としての最適を達成できるようなメ

カニズム、すなわち、必要と認められる場合には、開発・製造者と協働して、製品の改善や、製品の開発体制を直接改善するための法制度を含めた仕組みが必要であると考えられる。

法的責任の所在を明確にし、開発体制を合理的なものにすることは、製品の信頼性を向上させると共に、企業の市場における価値を向上させ、その国際競争力を高めることにつながる。

#### (i) 原因究明：事故調査

AIシステム等が生じさせた(あるいは、AIシステム等が回避することができなかった)重大な不正や事故の原因を解明することが必要な事項について、高度な専門知識が必要とされる場合には、原因究明とそれを踏まえた今後の予防の目的に特化した事故調査委員会を設置することが考えられる。事故調査委員会の設置や調査にあたっては、後掲の訴追延期制度・条件付起訴猶予制度を導入することにより、関係者及び関係会社から確実に必要な情報を提出させるようにすることができる。

事故調査への企業の確実な協力を通じて、新しい情報技術についての知見を規制当局側が蓄積することは、規制側と企業との情報ギャップを埋め、規制当局のキャパシティを向上させると共に、共同規制の実効性をより高めることになる。

#### (ii) 企業の刑事責任：訴追延期合意・条件付起訴猶予制度

AIシステム等のもたらすリスクを最大限に回避しつつ、他方でその開発を委縮させないようにするためには、企業が事前に十分な予防措置を講じ、事故発生時には当局に速やかに報告・調査協力し、必要な場合には、製品及び開発体制の改善を約束することで、関係者及び企業が刑事制裁を免れることができる訴追延期合意制度(DPA:Deferred Prosecution Agreement)及び条件付起訴猶予制度を導入することも検討に値すると考えられる。もっともそのためには、企業の適切な行動を誘引するためのインセンティブストラクチャを設計する必要があるため、関連する刑事実体法や刑事手続法等の整備が必要である。

訴追延期合意・条件付起訴猶予制度の双方とも、企業自らの事故調査への協力が制度による受益の前提となっているため、法律の域外適用の規定と組み合わせることにより、従来型の法執行の主権による限界を突破し、自国企業と外国企業の双方に平等に規制を及ぼすことができるという強みを持つ。

#### (iii) 企業の民事責任

AIシステム等が生じさせた損害に関する過失の所在が明らかでない場合、過失責任を原則とする民法の不法行為責任のもとでは、被害者の救済を確保することができない。被害者の立証責任の負担を軽減した製造物責任法が適用される範囲にも限界があり、また、AIシステム等の提供者に資力がなければいずれにせよ被害者は救済されない。そこで、例えば自動運転のように個人に重大な損害を与え得るシステムについては、保険制度を整備すること等により、社会全体でAIシステム等のリスクを負担することも考えられる。

#### (iv) 民間主体によるエンフォースメント

ルール形成やモニタリングにおいて企業の役割が増加するように、エンフォースメントにおいても、企業・自主規制団体・外部専門家といった民間主体による役割は増加すると考えられる。企業によるエンフォースメントとしては、デジタル・プラットフォーマーによる利用者の投稿削除やアカウント停止が、自主規制団体によるエンフォースメントとしては、会員に与えた認証の取消や会員資格の剥奪が、第三者によるエンフォースメントとしては、監査法人による企業会計の不適正意見の公表等が挙げられる。こうした民間主体によるエンフォースメントは、専門的知見に基づく柔軟な対応を可能にするものとして、デジタル時代において、その重要性を増していくと考えられる。

もっとも、こうしたエンフォースメントは、民間主体による自主的な判断に基づき行われるため、その手続的な公正性が制度的に担保されていない場合もある。そのため、判断過程の適切性及び結果の妥当性について、第三者の評価が及ぶような態勢を確保する必要がある。また、最終的には、こうした民間主体によるエンフォースメントに不服な当事者が、中立かつ事案に応じた専門的知識や経験を有する第三者による紛争解決を受けられるよう、社会における紛争解決インフラを整備することが重要である。

#### (v) 紛争解決制度の近代化(オンライン紛争解決)

社会において、公正で利便性が高く、実効的な紛争解決手段が用意されていることは、少なくとも以下の理由から極めて重要である。

第一に、コミュニティや個人によるガバナンスが有効に機能するためには、市場参加者に、法的な救済(民事損害賠償)を実現するための紛争解決制度が用意されていることが重要である。このような救済手段が整備されているからこそ、個人は安心してイノベーティブな技術やビジネスを利用することができる。

第二に、既存の法規制やガイドライン・標準等の見直しについて、紛争解決手続における問題点の抽出が重要な契機となる。

第三に、企業や自主規制団体等の民間主体によるエンフォースメントに対する救済手段として、中立な紛争解決機関による解決が重要である。

現状、裁判やADR(裁判外紛争処理手続)は原則としてオフラインで行われており、手続の利便性が高くないことに加え、相当な費用や時間もかかる。そのため、社会の紛争の多くを占める小規模紛争において、事実上活用困難な場合が多い。そこで、裁判やADRをオンライン化し、迅速かつ低コストで執行までの手続を遂行できるような、オンライン紛争解決(ODR: Online Dispute Resolution)の社会実装を後押しすることが重要である。

#### 3-2-4-3-5. 実施項目(オ) デジタル時代のコーポレートガバナンスに関する検討

Society5.0の社会では、変化が速く企業に情報が集中することから、法規制と自主規制に委ねる部分の再設計が必要となる。そうした中で、コーポレートガバナンスについては、企業側がリアルタイムデータ等を活用しつつ、自主的な取組みを行うことが期待される。制度設計において

は、そうした企業側の取組みを推進するよう、インセンティブ設計を行うとともに、契約ガイドラインを発行するなどの取組みが期待される。

## (1) 制度設計上の在り方

### (i) 企業の自主的な取組みを促すインセンティブ設計

企業の活動が複雑化している現代では、法目的の達成に必要な手段やそのためのコストに関する情報が、政府よりも企業に蓄積されている場合が多い。そのような情報の非対称性を前提として、政府が一方的に規制を課すのではなく、企業に一定のオプションを示すことで、企業による自主的な取組みを促す方法も有効である。

伝統的な規制と経済学の議論では、例えば、環境保護のために、特定の技術の使用を義務付けるのではなく環境汚染に対する税を課す方法や、公共事業にあたって、いくつかの契約形態の選択肢(固定価格契約、実費精算契約等)を提示して事業者を選択させること等が提唱されてきた。こうした方法は、ゴールベースの規制と同様に、企業の自由な取組みを促しつつ、目的達成に向けた誘導を行う点で、変化が速く企業に情報が集中する Society5.0 において一層重要になると考えられる。

もっとも、これらのインセンティブ設計は、企業が自身の事業について十分な情報を有している場合に有効に機能するものである。これに対し、Society5.0 においては、企業にとっても、自身の構築したシステムがどのような動作をするか、それによって社会にどのような影響が及ぶかを完全には予測できないことが多い。そのため、事前のインセンティブ設計だけでなく、事故が生じた際の調査・改善に関する事後的なインセンティブ設計も重要になる。

### (ii) 透明化ルールと競争法の整備によるコミュニティ・個人の強化

市場や社会規範によるガバナンスが有効に機能するためには、その担い手であるコミュニティや個人が商品やサービスに関する情報を入手できることが重要である。そのため、企業に対して一定の重要な事項の開示や説明を義務付けることや、開示に向けたインセンティブの設計を行うことが必要である。

また、市場が独占又は寡占されてしまったり、複数のサービスを行き来すること(マルチホームिंग)ができなくなったりすると、需要者側からの競争圧力が働き難くなるため、そのような公正な競争が働かなくなるような状況を生まないように、デジタル時代に合わせた競争ルールの整備・運用を行う必要がある。さらに、公正な競争環境を実現するためのデータポータビリティや API 開放によるデータアクセスの在り方についても検討を行うことが重要である。

コミュニティや個人のガバナンス参加を促進するため、政府が保有する情報を積極的に発信していくことも重要である。また、企業と利用者との間の取引における適切なリスク管理を促すため、取引ルールの基本である民法や商法の解釈指針や(例えば、AIによって生じた損害に関する「過失」の判断の在り方の整理等)、先端技術に関する契約のガイドラインなど、取引関係を明確化・円滑化するようなツールを政府が提供していくことも重要である。

### (iii) 産業構造のアーキテクチャの設計

以上のように、Society5.0 時代における規制は、ゴールベースの規制、ゴールを達成するために参照できるガイドライン・標準の策定、自主規制を促すためのインセンティブ設計、市場・社会規範による規律を強化する透明化・競争ルールの整備等、様々な観点から規律を行っていくことが考えられる。その際、どこまでを法規制で規律し、どこまでを自主ルールに委ね、どのような情報を誰に開示することを求めるか等を検討するにあたっては、法律、技術、ビジネス、そしてシステムデザインの専門家等の知見を踏まえた、産業構造のアーキテクチャ分析・設計を行っていくことが重要である。

## (2) 企業側の体制:「コンプライ・アンド・エクスプレイン」の重視とリアルタイムデータの活用

### (i) 企業による法目的達成と情報開示・説明責任の重要性の高まり

従来のようなルールベースのガバナンスモデルの下では、法の定める行為を企業が履行しているか否かを、政府がモニタリングすることが想定されていた。これに対し、上述のようなゴールベースの法規制の下では、企業が遵守すべき行為を法が特定しないことが前提とされる。そのため、各企業が、法の定める目的を達成する方法を設計し、目的が実際に達成できているかどうかをモニタリングし、それを対外的に開示し説明することが重要になる。

法目的を達成する仕組みやシステムは企業によって異なる上、サイバー空間は外形上不可視であり、その評価に必要な情報も民間企業側に非対称的に蓄積されていることから、実際に企業がどのような方法でコンプライアンスを行っているのかを、第三者が外部から判断することは難しい。そのため、企業による持続的なイノベーションの促進と、法が定める社会的な価値の保護を両立するためには、サイバー空間とフィジカル空間を融合したアーキテクチャの設計者・管理者である企業自身が、自らのコンプライアンスの方法や考え方を設計し、規制当局あるいは市場に対して開示・説明を行い、それぞれから適時にフィードバックを受け、持続的に進化する協創モデルが適切であると考えられる(イメージ図参照)。以下、そのような仕組みについて詳述する。



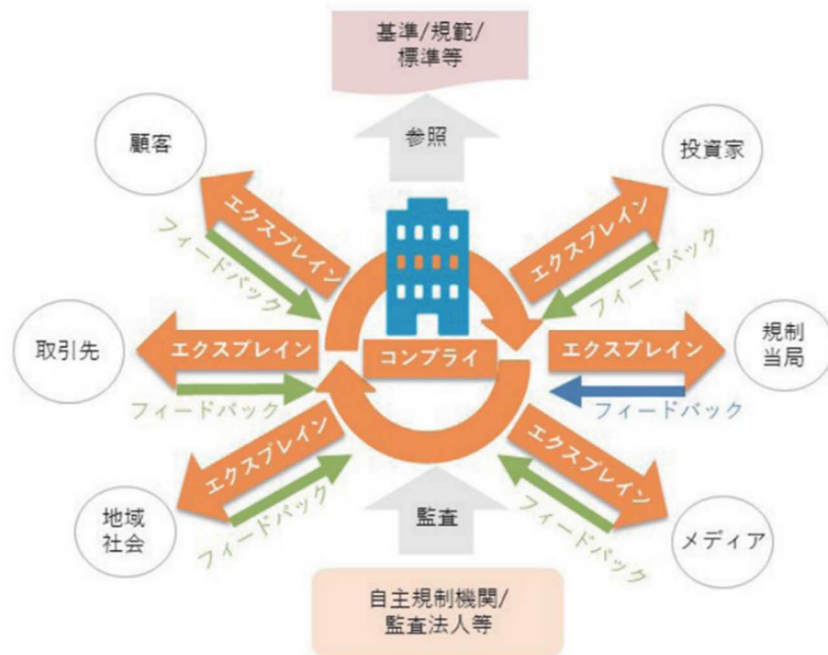


図 4-3-6. 様々なステークホルダーへの説明とフィードバック(イメージ図)

#### 企業による革新的な手法による法目的の達成

- ・ 各企業は、ゴールベースの規制の下、従来のハードウェア中心の手法に拘ることなく、ビッグデータや AI 等の先端技術も取り込んだ方法によって、より効果的かつ効率的に法目的を達成することが期待される。
- ・ こうした先端的手法によるコンプライアンスを実現するためには、単に既存のコンプライアンス手法をデジタル化するのではなく、法目的を達成するためにどのような技術やプロセスが必要であるかを各企業が根本的に分析し、最適なアーキテクチャを有するシステムを設計することが重要となる。その際、システムの構造は、組織のコミュニケーション構造の影響を強く受けるとする考えもあることから 46、組織自体の構造変革についても継続的に検討を行うことが重要であろう。

#### 「コンプライ・アンド・説明」の重視

- ・ 企業がどのようなアーキテクチャを有するシステムによって法目的を達成しているかは、ステークホルダーに適切に開示されるべきである。
- ・ 企業による情報開示については、主にコーポレートガバナンス等の分野において、コンプライ・オア・説明という考え方がある。これは、法やガイドラインによってプリンシプル(原則)が定められていることを前提として、「原則を実施するか、実施しない場合には、その理由を説明するか」のいずれかを求める考え方である。
- ・ しかし、法の定めるゴールや原則を実施するための方法が多様化し、安全・安心に対する考え方も多岐にわたる Society5.0 においては、単に企業がプリンシプルを実施していると宣言するだけでは、信頼確保の方法として十分ではない場合も増えると考えられる。

- そのため、企業は、一定の法目的や社会的価値を実現していること(コンプライ)を前提としつつ、どのようなアーキテクチャによってそれを実現しているのかという点や、どのようにリスクを把握、評価し、コントロールしているかという点について、ステークホルダーに対して説明(エクスプレイン)を行い、対話を通じて継続的にフィードバックを得ることが重要となる。このように、企業には、「法令や原則を遵守しているか否か」という従来の方法とは異なるレベルでの、ステークホルダーとの協創を前提としたエンタープライズ・リスク・マネジメント(ERM)が求められている。

### 3-2-4-3-6. 実施項目(カ)上記ア～オの見直しが社会に与える影響の評価

新たなガバナンスモデルの下で、国家・政府、企業、コミュニティ・個人の役割は、以下のように変化していくと考えられる。

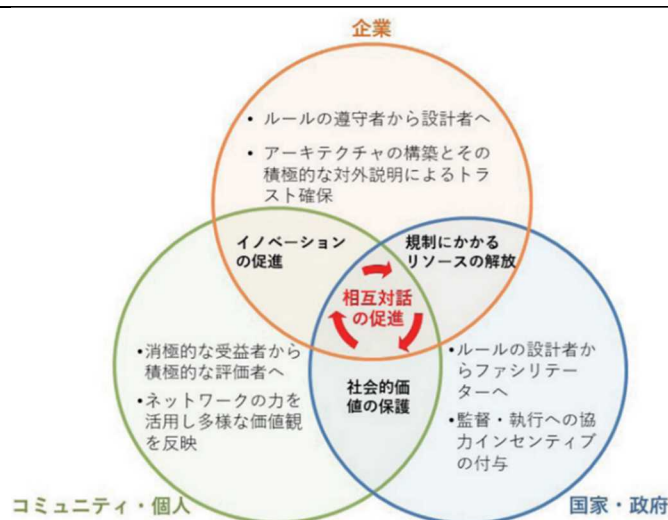


図 4-3-7. ガバナンス・イノベーションにおける各主体の役割の変化

- 国家・政府**は、自身が全てのルールを設計するのではなく、マルチステークホルダーによるルール設計のファシリテーターとなる。また、モニタリングとエンフォースメントにあたっては、企業やコミュニティ・個人が積極的にガバナンスに参加するようなインセンティブ設計を行う。
- 企業**は、定められたルールを遵守する受動的な存在ではなく、積極的にルールを設計していく主体となる。また、自らが設計したルールやアーキテクチャを対外的に説明することで、新たな技術やビジネスモデルに対するトラスト形成の中心的存在となる。
- コミュニティ・個人**は、情報の乏しい脆弱な存在ではなく、社会に向けて積極的に自らの価値観や評価を発信できる主体となる。こうした影響力は、情報開示ルールや競争ルールの適切な整備・執行によって強化される。

以下、主体別に、「ルール形成」「モニタリング」「エンフォースメント」のそれぞれにおいて、どのような役割変化が想定されるかについて説明する。

### (1) 政府：ルールの設計者からインセンティブの設計者へ

これまでに述べてきたような、企業の自主的な取組みやコミュニティ・個人の評価を重視するガバナンスモデルを採用する場合、政府の役割は以下のように変化していくと考えられる。

ルール形成にあたっては、従来のように特定の業態に対する特定の行為義務を設定することが有効でなくなってくることから、より本質に立ち返り、特定のリスクに対して達成されるべき法目的(ゴール)を規定することを原則とすることになる。その達成方法については、各企業の自主的な取組みに委ねるが、典型的にリスクが生じる可能性が高い点や、経済的価値とは独立して保護されるべき価値については、ガイドライン・標準の策定を、ファシリテーターとして後押しすることが重要である。また、政府内部又は中立の第三者である専門家を通じて、企業のシステムを審査し、必要に応じて認証を与えることも考えられる。

また、政府は、典型的には市場の失敗など、公的機関の関与により社会的価値を確保する必要がある分野において、どこまでを法律で義務付け、どこまでを企業の自主性や市場の判断に委ねるかという産業のアーキテクチャのデザインを主導する役割も担う。

コミュニティや個人によるガバナンスが有効に機能するように、市場ルールの整備を行うことも重要である。すなわち、(i)企業に対して一定の重要な事項の開示や説明を義務付けること、(ii)消費者に不利益となる独占・寡占が生じないよう適切な競争ルールの整備と執行を行うこと等が考えられる。また、コミュニティや個人のガバナンス参加を促進するため、政府が保有する情報を積極的に発信していくことも重要である。さらに、取引ルールの基本である民法や商法に関する解釈指針を示すことや、先端技術に関する契約のガイドラインを示すことといった、取引関係の明確化・円滑化を向上させる取組みも重要である。

モニタリングについては、透明性の向上とコミュニティ・個人による多様な評価を確保するために、一定の情報開示を義務付けたり、情報開示に対するインセンティブを企業に付与したりすることが考えられる。また、自らも積極的にテクノロジーを活用して監督を行うこと(SupTech)も重要である。これらの実装過程では、企業との密接な対話が重要になると考えられる。さらに、定期的なモニタリング・レビューを通じて、法律やガイドライン・標準の実効性や見直しの要否について検討する。

エンフォースメントについては、問題となる企業の行為の社会的影響力に応じて適切な制裁を行うべきである。この場合の制裁とは、行政処分に限らない。企業による法令違反や社会規範の事実が市場に周知され、企業価値やファイナンスに影響が出ることは、企業の存続を左右することともなるため、政府による違反事実の公表は、市場を介して、企業に対する強力な制裁(及びその効果を背景とする強力な違反防止措置)となり得る。また、政府調達基準において、法令違反をした者を入札に参加させないとするのも、一定の分野において効果的な経済的インセンティブになると考えられる。

他方、複雑で外部から見えにくいサイバー空間において、問題の原因究明を行い、今後の改善につなげるためには、企業による協力が不可欠である。そのため、企業が事実調査や今後の改善措置について積極的な協力を行った場合には、制裁を加えないこととする刑事訴追延期合意等、民間企業に対する協力へのインセンティブを与えることも重要である。

こうしたモニタリングやエンフォースメントを通じて得られた情報が、新たなゴールやルールの策定のために活用されることにより、インセンティブストラクチャが精緻化されることで制度の進化が促され、流動化する社会に適合的な新しいガバナンスが可能となる。

なお、これらの仕組みについては、国内外の企業のイコールフットイングが確保されるよう、国内法の域外適用の整理や外国政府との執行協力を行うと共に、国際的なルールの相互互換性確保に向けた議論や、標準化の推進を政府が積極的に後押しすることも重要である。

## (2) 企業：被規制者からルールの共同設計・実施者へ

社会システムの変化を決定づけているサイバー空間を中心とするアーキテクチャは、主に企業により設計され、運営されている。サイバー空間のアーキテクチャは変化が速く、複雑で、外部から把握することが困難であるため、その中で社会的価値を確保するためのガバナンスモデルには、民間企業の主体的な参加が不可欠である。

まず、ルール形成については、法規制や社会的価値を実際のオペレーションに反映させるため、企業が積極的にガイドラインや標準の策定を行っていくことが求められる。その上で、各企業が、前述のガイドラインや基準も参考にしながら、柔軟にサイバー空間・フィジカル空間のアーキテクチャを設計し、法目的を達成することが重要である。

モニタリングについては、自身がどのような方法で法目的を達成し、リスクをコントロールしているかを、企業自らが対外的に発信することが求められる(コンプライ・アンド・エクスプレイン)。この際、必要に応じて、内部の監査部門や、外部の専門家による監査を受けることで、信頼を確保することも考えられる。モニタリングの手法としては、リアルタイムデータの収集や AI による分析等を活用しつつ、実効的かつ効率的なリスクコントロールを行うことが重要である。企業がそのようなモニタリングの結果を積極的に開示し、政府や利用者の評価を受けることは、企業に対する社会からの信頼を高めることにつながるだけでなく、法規制やガイドライン・標準の見直しにとっても有益である。

エンフォースメントの場面でも、企業による主体的な協力が不可欠である。AI 等を組み込んだ複雑なシステムが事故をもたらした場合、規制当局がその原因を民間企業の協力なく究明し、今後の改善につなげることは困難である。民間企業は、事故や不正が発覚した場合には自主的に規制当局に報告し、原因究明に協力し、事後の改善措置を採るべきであり、政府には、そのような企業の参画へのインセンティブを設計することが求められる。

このように、Society5.0 においては、サイバー空間及びフィジカル空間を融合したアーキテクチャを設計・管理している企業自身が、ルール形成・モニタリング・エンフォースメントのあらゆるガバナンス過程において、中心的な担い手となることが期待される。

## (3) コミュニティ・個人：消極的受益者から積極的評価者へ

デジタル技術とネットワークの発達によって、社会の構成員である個人やその集合であるコミュニティがガバナンスに与える影響が大きくなってきている。SNS やレビューサイトなどを通じて適切なエンパワーメントがなされることにより、個人も、もはや情報の乏しい脆弱な存在ではなく、社会に向けて積極的に自らの価値観や評価を発信できる主体となり得る。こうした個人の評価

は、企業による社会的価値実現のインセンティブを高めると共に、自主的なルール形成を後押しすることにもつながる。

価値観が多様化する現代において、政府の定める一方的な価値観ではなく、個々人の意見がガバナンスに反映されることは重要であるから、政府としては、こうした市場や社会規範を通じたガバナンスを積極的に後押しすべきであると考えられる。その方法としては、情報開示ルールの充実により社会により多くの情報が開示されるような環境を作ることや、競争ルールの適切な運用により需要者に複数の選択肢が用意されるような環境を作ることが考えられる。法やガイドライン・基準策定の手続に、利用者・消費者等やその代表者の関与を組み込むこともあり得る。

他方で、企業による法令違反や不適切な行動がインターネット上で指摘された場合には、仮にそれが事実とは異なっていたとしても直ちに拡散し(いわゆる「炎上」)、企業価値が著しく棄損されたり、ファイナンスに大きな影響が及んだりする可能性もある。そのため、個人には、誤った情報の拡散・炎上や、特定の第三者を害する目的での誹謗中傷を行わないようリテラシーやモラルが求められる。

#### 3-2-4-3-7. 実施項目(ア)' デジタル社会のガバナンスモデルの参照となるユースケースの収集

デジタル社会のガバナンスモデルの参照となるユースケースとして、特に Society5.0 の社会において、既存のガバナンス体制では適合が難しいと考えられる「AI」について、国内省庁における取組み、および世界各国の政府、民間企業、団体等における事例を収集した。

##### (1) 日本における AI に係る議論の状況(分野横断型)

日本国内において、分野横断で取り組まれている AI に係る主な政策は以下の通りである。

表 4-3-5. 主要な AI 関連政策(分野横断)

府省庁	会議名称	開催期間	概要	報告書/成果物
内閣府	統合イノベーション戦略推進会議	2018.7 - 現在	<ul style="list-style-type: none"> <li>イノベーション政策の横断的かつ実質的な調整を図るとともに、「統合イノベーション戦略」の推進に関する専門の事項を調査することを目的として、「イノベーション政策強化推進のための有識者会議」を課題毎に設置</li> </ul>	「AI戦略2019」(2019.6) 「統合イノベーション戦略2019」(2019.6)
	イノベーション政策強化のための有識者会議「AI戦略」	2018.9 -現在	<ul style="list-style-type: none"> <li>人間中心のAI原則のとりまとめと産業構造・社会構造を踏まえた実世界に展開されるサービス・製品へのAI戦略を討議</li> <li>直近のAIに関する討議は、2019.9：AI戦略進捗状況、2019.10：AIステアリングコミティーの開催</li> </ul>	※「AI戦略2019」の実質的な討議体
	総合科学技術・イノベーション会議	2001 -現在	<ul style="list-style-type: none"> <li>各省より一段高い立場から、総合的・基本的な科学技術・イノベーション政策の企画立案及び総合調整を行うことを目的とした「重要政策に関する会議」の一つ</li> <li>直近のAIに関する討議は、2019.4：AI戦略（人材育成関連）、2019.6：統合イノベーション戦略2019の討議</li> </ul>	-
	人間中心のAI社会原則検討会議	2018.5 -現在	<ul style="list-style-type: none"> <li>AI-Readyな社会として、人/社会システム/産業構造/イノベーションシステム/ガバナンスの変革に言及</li> <li>国内外のAI原則に関する動向を検討した上で、人間中心のAI社会原則のとりまとめを行う</li> </ul>	「人間中心のAI社会原則」(2018.12)
総務省	AIネットワーク社会推進会議	2016.10 -現在	<ul style="list-style-type: none"> <li>AIネットワーク化が社会・経済の各分野にもたらす影響とリスクの評価社会全体におけるAIネットワーク化の推進に向けた社会的・経済的・倫理的・法的課題に関連する事項の検討</li> <li>AI利活用ガイドラインのとりまとめ、直近では、AIガバナンス検討会との合同開催</li> </ul>	「報告書2019」(2019.8)

(2) 日本における AI に係る議論の状況(個別分野)

国内省庁における分野別の AI に係る主な討議状況は以下の通りであり、開発、推進、教育、性能評価について、議論が進められている。

表 4-3-6. 主要な AI 関連政策(個別分野)

府省庁	討議分野	会議名称	開催期間	概要	報告書/成果物
内閣府	教育・データサイエンス	統合イノベーション戦略推進会議 数理・データサイエンス AI教育プログラム認定制度検討会議	2019.10 -現在	<ul style="list-style-type: none"> <li>「AI戦略2019」において教育改革の具体的目標の一つとして「数理・データサイエンス・AI教育プログラム認定制度」の構築普及促進</li> </ul>	-
総務省	多文化・地方創生	AIインクルージョン推進会議	2019.2 -現在	<ul style="list-style-type: none"> <li>AIの社会実装に向けた取組を加速とさせるため、「外国人」「地域・地方」をケーススタディとしてとりまとめ</li> </ul>	「インクルージョン・テクノロジーの体系化」(2019.9)
厚生労働省	保健・医療 ※重点分野の選定	保健医療分野におけるAI活用推進懇談会	2017.1 -6	<ul style="list-style-type: none"> <li>AI開発を進めるべき重点6領域を選定(ゲノム医療、画像診断支援、診断・治療支援、医薬品開発、介護・認知症、手術支援)</li> </ul>	「保健医療分野におけるAI活用推進懇談会報告書」(2017.6)
	保健・医療 ※重点分野を踏まえた開発・利活用を討議	保健医療分野 AI開発加速コンソーシアム	2018.7 -現在	<ul style="list-style-type: none"> <li>保健・医療分野のAI開発に向けた課題対策を検討</li> <li>医用画像では患者単位のデータ連結/民間企業等へ広く提供する仕組みの構築</li> <li>現場ヒアリングからAIの活用が期待される領域の俯瞰図を作成</li> </ul>	「議論の整理と今後の方向性」(2019.6)
国土交通省	インフラ点検	AI開発支援プラットフォーム開設準備ワーキンググループ	2019.8 -現在	<ul style="list-style-type: none"> <li>AIを活用した構造物点検などを旨とし、AIの研究開発を促進するために、土木技術者の正しい判断を基にした良質な「教師データ」を国が整備・提供し、開発されたAIの性能評価</li> </ul>	-

### (3) AI の活用に関する世界の取組みの概要

世界における AI に係る議論の状況は以下の図の通りである。



図 4-3-8. 世界における AI に係る議論

対応としては原則レベルのものと、社会実装を推進していく上での内容に分かれ、社会実装には、ガバナンス方法に係る議論と技術的対応に軸足を置いた議論がなされている。

国際フォーラムや日本、欧州等主要国においては、AI 原則レベルの対応は終了し、事業者が、国等の策定した原則に基づき個別の原則を策定している状況である。また、具体的なガバナンス対応、技術的対応に係る検討も進められつつある状況である。

原則レベルでは、国際フォーラム、国単位での取組みも多いが、社会実装レベルでは、民間団体や学会、標準化団体等、政府以外の取組みが多く見受けられる。

以下、「原則レベルの対応」、「社会実装の際の具体的な対応」に分け、それぞれ、取組み主体別に事例を整理する。

#### (i) 原則レベルの対応

##### ① 国際フォーラム

#### G20「AI 原則」

2019年6月8日、9日に20カ国・地域(G20)の貿易・デジタル経済大臣会合が開催さ

れ、G20 の貿易大臣とデジタル経済大臣が初めて一堂に会し、閣僚声明<sup>2</sup>をまとめた。

「デジタル経済」分野においては、①人間中心の未来社会、②データフリーフローウィズトラスト（信頼性のある自由なデータ流通）、③人間中心の人工知能（AI）、④ガバナンス・イノベーション—デジタル経済の機動的で柔軟な政策アプローチ—、⑤デジタル経済におけるセキュリティ、⑥SDGsと包摂性が挙げられ、AIについては、付属書として、AI原則が公表された。

G20 の AI 原則は、「信頼できるAIのための責任あるステュワードシップに関する原則」「信頼できるAIのための国内政策と国際協力」から構成されており、前者について、以下の5点を原則として掲げている。

- 包摂的な成長、持続可能な開発及び幸福
- 人間中心の価値観及び公平性
- 透明性及び説明可能性
- 頑健性、セキュリティ及び安全性
- アカウンタビリティ

## OECD: AI に関する OECD 原則

2016 年 4 月に開催された G7 香川・高松情報通信大臣会合において、AI ネットワーク化の進展を見据えた AI の研究開発に関するガイドラインの策定が提唱され、経済協力開発機構（OECD: Organization for Economic Co-operation and Development）は、2016 年より AI に関する国際的なガイドラインの策定を視野に入れた調査研究等の取組が開始された。その後、2018 年 5 月より、OECD は AI に関する理事会勧告の策定に向けた検討に着手、AI についての最初の政府間のスタンダードとなる「AI に関する理事会勧告<sup>3</sup>」を策定し、2019 年 5 月にフランス・パリで開催された OECD の閣僚理事会において採択・公表した。この勧告は、AI の関係者が共有すべき 5 つの価値観に関する原則と国際協力の推進を含む 5 つの加盟国政府等が取り組むべき政策で構成されている。

（技術的な事項）

- 包摂的な成長、持続可能な開発及び幸福
- 人間中心の価値観及び公平性

（非技術的な事項）

- 透明性及び説明可能性
- 頑健性、セキュリティ及び安全性
- アカウンタビリティ

なお、本ガイドラインは、各国の個人情報保護制度が、これを基礎として策定されたものとされている。

<sup>2</sup> [https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000625755.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000625755.pdf)

<sup>3</sup> [https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000642217.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000642217.pdf)



## ②国・地域レベルの取組み

### (a)日本:人間中心の AI 社会原則

2019年3月29日、統合イノベーション戦略推進会議において、「人間中心の AI 社会原則」が決定された。同原則は、下図のような構成となっている。

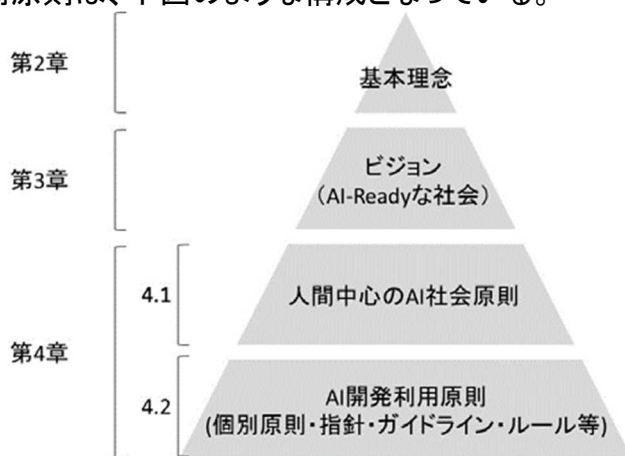


図 4-3-9. 「人間中心の AI 社会原則」の構成

資料:人間中心の AI 社会原則

このうち、「人間中心の AI 社会原則」は、AI が社会に受け入れられ適正に利用されるため、社会(特に、国などの立法・行政機関)が留意すべき「AI 社会原則」について記載しており、同社会原則を踏まえて AI の研究開発と社会実装に従事する開発・事業者側が留意すべき「AI 開発利用原則」を体系化している。

AI 社会原則は、下記7つの原則から構成されている。

- 人間中心
- 教育・リテラシー
- プライバシー確保
- セキュリティ確保
- 公正競争確保
- 公平性・説明責任及び透明性
- イノベーション

### (b) EU: AI に関する倫理ガイドライン

欧州委員会は、2018年4月に発表した政策指針で、個人のデータ保護や透明性などの基本原則を考慮した倫理ガイドライン策定の意向を表明した。その後、産学官の学識経験者からなる「AIに関するハイレベル専門家グループ」などによる検討を進め、2019年4月8日、信頼可能な AI を達成するためのフレームワークを定めるガイドラインを発行した。

欧州委員会では、信頼可能な AI は、①適法性、②倫理性、③堅牢性といった要素が含まれるとしているが、本ガイドラインでは、②と③について、AIシステムがライフサイクル全体

で満たすべき、以下の7つの要件に変換して説明している<sup>4</sup>。

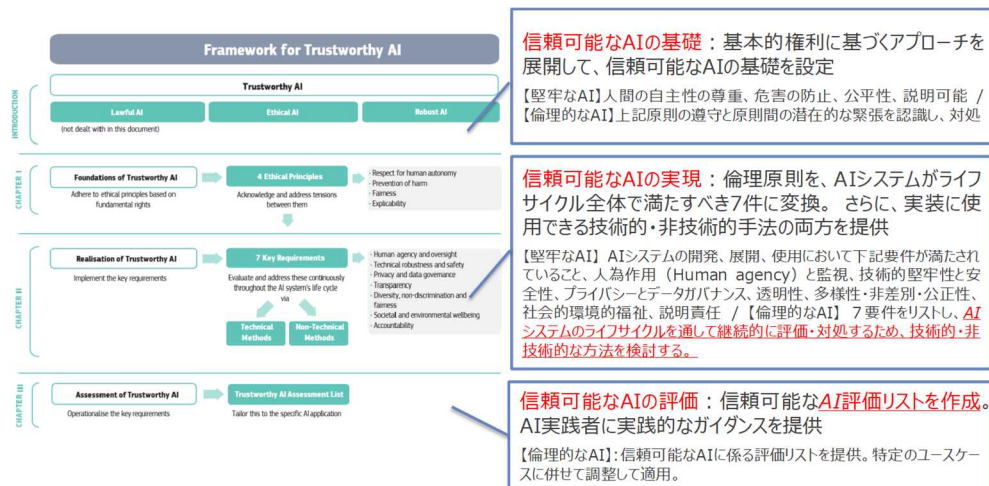


図 4-3-10. 信頼可能な AI に係るフレームワーク

7つの要件

- ・ 人間の活動(human agency)と監視: AIは、人間の活動と基本的人権を支援することで公平な社会を可能とすべきで、人間の主体性を低下させたり、限定・誤導したりすべきではない
- ・ 堅固性と安全性: 信頼できる AI には、全ライフサイクルを通じて、エラーや矛盾に対処し得る安全かつ確実、堅固なアルゴリズムが必要
- ・ プライバシーとデータのガバナンス: 市民が自身に関するデータを完全に管理し、これらのデータが市民を害し、差別するために用いられることがないようにすべき
- ・ 透明性: AI システムのデータの処理のされ方などの追跡可能性の実現
- ・ 多様性・非差別・公平性: AI は、人間の能力・技能・要求の全分野を考慮し、アクセスしやすいものとするべき
- ・ 社会・環境福祉: AI は、社会をより良くし、持続可能性と環境に対する責任を向上するために利用すべき
- ・ 説明責任: AI と AI により得られる結果について、責任と説明責任を果たすための仕組みを導入すべき

また、これらの7要件に関しては、ライフサイクル全体で技術的・非技術的にどのような方法で満たされ得るかについて記載があるが、「社会実装における対応」において、説明する。また、評価ガイドラインについても同様に後述する。

③民間団体・研究機関等

アシロマ会議:アシロマ AI23原則

2017年1月、カリフォルニア州アシロマに、全世界から AI の研究者と経済学、法律、倫理、哲学の専門家が集まり、「人類にとって有益な AI とは何か」を議論、その成果として2

<sup>4</sup> <https://ec.europa.eu/futurium/en/ai-alliance-consultation/guidelines#Top>

017年2月3日に「アシロマ AI 23原則」(Asilomar AI Principles)が公表された。

「研究課題」、「倫理と価値」、「長期的な課題」の分類別に、以下の通り合計23の原則を設けている。

#### 研究課題

- ◇ **研究目標**: 研究の目標となる人工知能は、無秩序な知能ではなく、有益な知能とすべきである。
- ◇ **研究資金**: コンピュータサイエンスだけでなく、経済、法律、倫理、および社会学における困難な問題を孕む有益な人工知能研究にも投資すべきである。
- ◇ **科学と政策の連携**: 人工知能研究者と政策立案者の間では、建設的かつ健全な交流がなされるべきである。
- ◇ **研究文化**: 人工知能の研究者と開発者の間では、協力、信頼、透明性の文化を育むべきである。
- ◇ **競争の回避**: 安全基準が軽視されないように、人工知能システムを開発するチーム同士は積極的に協力するべきである。

#### 倫理と価値

- ◇ **安全性**: 人工知能システムは、運用寿命を通じて安全かつロバストであるべきで、適用可能かつ現実的な範囲で検証されるべきである。
- ◇ **障害の透明性**: 人工知能システムが何らかの被害を生じさせた場合に、その理由を確認できるべきである。
- ◇ **司法の透明性**: 司法の場においては、意思決定における自律システムのいかなる関与についても、権限を持つ人間によって監査を可能とする十分な説明を提供すべきである。
- ◇ **責任**: 高度な人工知能システムの設計者および構築者は、その利用、悪用、結果がもたらす道徳的影響に責任を負い、そうした影響の形成に関わるステークホルダーである。
- ◇ **価値観の調和**: 高度な自律的人工知能システムは、その目的と振る舞いが確実に人間の価値観と調和するよう設計されるべきである。
- ◇ **人間の価値観**: 人工知能システムは、人間の尊厳、権利、自由、そして文化的多様性に適合するように設計され、運用されるべきである。
- ◇ **個人のプライバシー**: 人々は、人工知能システムが個人のデータ分析し利用して生み出したデータに対し、自らアクセスし、管理し、制御する権利を持つべきである。
- ◇ **自由とプライバシー**: 個人のデータに対する人工知能の適用を通じて、個人が本来持つまたは持つはずの自由を不合理に侵害してはならない。
- ◇ **利益の共有**: 人工知能技術は、できる限り多くの人々に利益をもたらす、また力を与えるべきである。
- ◇ **繁栄の共有**: 人工知能によって作り出される経済的繁栄は、広く共有され、人類すべての利益となるべきである。
- ◇ **人間による制御**: 人間が実現しようとする目的の達成を人工知能システムに任せようとする場合、その方法と、それ以前に判断を委ねるか否かについての判断を人間が行うべきである。
- ◇ **非破壊**: 高度な人工知能システムがもたらす制御の力は、既存の健全な社会の基盤となっ

ている社会的および市民的プロセスを尊重した形での改善に資するべきであり、既存のプロセスを覆すものであってはならない。

◇ **人工知能軍拡競争**: 自律型致死兵器の軍拡競争は避けるべきである。

#### 長期的な課題

◇ **能力に対する警戒**: コンセンサスが存在しない以上、将来の人工知能が持ちうる能力の上限について強い仮定をおくことは避けるべきである。

◇ **重要性**: 高度な人工知能は、地球上の生命の歴史に重大な変化をもたらす可能性があるため、相応の配慮や資源によって計画され、管理されるべきである。

◇ **リスク**: 人工知能システムによって人類を壊滅もしくは絶滅させるリスクに対しては、夫々の影響の程度に応じたリスク緩和の努力を計画的に行う必要がある。

◇ **再帰的に自己改善する人工知能**: 再帰的に自己改善もしくは自己複製を行える人工知能システムは、進歩や増殖が急進しうるため、安全管理を厳格化すべきである。

◇ **公益**: 広く共有される倫理的理想のため、および、特定の組織ではなく全人類の利益のために超知能は開発されるべきである。

#### IEEE: Ethically aligned design

知的な機械システム (Autonomous and Intelligent System) に対する恐怖や過度な期待を払拭すること、倫理的に調和や配慮された技術をつくることによってイノベーションを促進することを目的として公表された文書であり、その分析と推奨事項は、法的小および技術的な両方に対応している。

同文書において、自律システムおよびインテリジェントシステム (AIS) の倫理的および価値ベースの設計、開発、および実装は、次の8つの一般原則に基づいて行う必要がある。

- **人権**: AIS (AI システム) は、国際的に認められた人権を尊重、促進、保護するために作成および運用される
- **幸福**: AIS クリエイターは、開発の主要な成功基準として人間の幸福の増加を採用する
- **データエージェンシー**: AIS クリエイターは、個人がデータにアクセスして安全に共有できるようにし、人々が持つ能力を維持可能とする
- **有効性**: AIS の作成者および運営者は、AIS の目的に対する有効性と適合性の証拠を提供する
- **透明性**: 特定の AIS 決定の基礎は常に発見可能でなければならない
- **説明責任**: AIS は、行われたすべての決定の明確な根拠を提供するために作成および運用される
- **誤用の認識**: AIS 作成者は、動作中の AIS のすべての潜在的な誤用およびリスクから保護する
- **コンピテンス**: AIS 作成者は、安全で効果的な操作に必要な知識とスキルを指定し、オペレーターが遵守する

なお、「推奨事項」については、「社会実装における AI 対応」の項目で解説する。

#### 米国商工会議所 AI 原則

2019年9月23日、米国商工会議所は、AIの使用と規制を統制するための10の政策原則を発表した。同原則は、連邦、州、および地方の政策立案者のためのAIに関連する政策問題に対処するための包括的なガイドとして役立つものだとしている。

10の原則は以下の通りである。

- 信頼できるAIはパートナーシップであることを認識する
- 既存の規則や規制に注意する
- AIガバナンスへのリスクベースのアプローチの採用
- AIの研究開発への民間および公共投資のサポート
- AI対応の労働力を構築する
- オープンでアクセス可能な政府データを促進する
- 堅牢で柔軟なプライバシー体制を追求する
- イノベーションを保護および促進する先進的な知的財産フレームワーク
- 国境を越えたデータフローへのコミット
- 国際基準を遵守

### 人工知能学会:倫理指針

日本では、2017年2月28日に人工知能学会が、同学会会員の倫理的な価値判断の基礎となる「人工知能学会 倫理指針」を作成・公表している。

同指針は、以下の9項目から構成されている。

- 人類への貢献
- 法規制の遵守
- 他者のプライバシーの尊重
- 公正性
- 安全性
- 誠実なふるまい
- 社会に対する責任
- 社会との対話と自己研鑽
- 人工知能への倫理遵守の要請

### 日本経済団体連合:AI活用戦略～AI-Readyな社会の実現に向けて～

2019年2月、「AI活用戦略～AI-Readyな社会の実現に向けて～」を公表。

AIをSociety5.0における中核技術と位置付け、AI活用の指針として「AI活用原則」、AI活用を進めるための「AI-Ready化ガイドライン」、個別産業分野でAI活用を進める際の「AI活用戦略フレームワーク」を提案。

そのうち、AI活用原則については、以下の5項目を挙げている。

- 原則Ⅰ: AIによるSociety 5.0 for SDGsの実現
- 原則Ⅱ: 多様性を内包する社会のためのAI
- 原則Ⅲ: 社会・産業・企業のAI-Ready化を

- 原則Ⅳ:信頼できる高品質 AI(Trusted Quality AI)の開発を行う
- 原則Ⅴ:AIに関する適切な理解を促進する

#### ④個別企業によるAI原則

世界では、以下の通り、2016年頃から、企業の「原則」策定の動きが始まっている。日本では、2019年に入って、民間企業におけるAI原則の公表が始まっている。

企業・文書名	AI原則の概要
Microsoft 「人間中心の原則」 2016年	<p>2016年、AIの倫理的な作成と使用を導く「人間中心の原則」を公表した。同原則は、以下の6つから構成されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 公平性 :AIシステムはすべての人を公平に扱う必要があります</li> <li>・ 包括性:AIシステムはあらゆる人に力を与え、人々を結びつける必要があります</li> <li>・ 信頼性と安全性:AIシステムは信頼でき安全に実行する必要があります</li> <li>・ 透明性 :AIシステムを理解しやすい必要があります</li> <li>・ プライバシーとセキュリティ:AIシステムは安全であり、プライバシーを尊重する必要があります</li> <li>・ 説明責任:AIシステムには説明責任が課せられる必要があります</li> </ul> <p>上記原則の後、2018年1月には、AIを利用する企業として、AI倫理に関する社会的責任をまとめた基本方針「The Future Computed」を公表した。</p> <p>また、同年4月、AIの開発と活用の際に重視すべき6つの倫理的要件(プライバシーとセキュリティ、透明性、公平性、信頼性、多様性、説明責任)を公表している。</p>
Google Artificial Intelligence at Google: Our Principles 2018年6月	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ AI利用における基本方針               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 社会にとって有益である</li> <li>2. 不公平なバイアスの発生、助長を防ぐ</li> <li>3. 安全性確保を念頭においた開発と試験</li> <li>4. 人々への説明責任</li> <li>5. プライバシー・デザイン原則の適用</li> <li>6. 科学的卓越性の探求</li> <li>7. これらの基本理念に沿った利用への技術提供</li> </ol> </li> <li>・ 主な目的と用途: テクノロジーやその利用方法の主な目的と想定される用途。</li> <li>・ 技術の性格や独自性: Googleが提供する技術が独自性のあるものか、または一般に広く提供されているものであるか</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ スケール: 当該テクノロジーの利用が重要な影響を持つかどうか</li> <li>・ Google の関与のあり方: どのような目的にも使える汎用的なツールの提供なのか、特定の顧客のためにツールを組み込むのか、もしくはカスタムソリューションの開発なのか</li> <li>・ 私たちが追求しない AI 利用       <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 総合的にみて有害または有害な可能性があるテクノロジー。 重大なリスクが認められる場合、利点が大幅にリスクを上回る場合にのみ関与し、その場合も適切な安全上の制約を組み込みます。</li> <li>2. 人々に危害を与える、または人々への危害の直接的な助長を主目的とした、武器またはその他の技術。</li> <li>3. 国際的に認められた規範に反するような監視のために、情報を収集、利用するためのテクノロジー。</li> <li>4. 広く一般的に認められた国際法の理念や人権に反する用途のための技術。</li> </ol> </li> </ul>
<p>Sony グループ「ソニーグループ AI 倫理ガイドライン」 2018 年 9 月 25 日</p>	<p>Sony グループは、ソニーの全ての役員および従業員が AI の活用や研究開発を行う際の指針として、「ソニーグループ AI 倫理ガイドライン」を公表した。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 豊かな生活とより良い社会の実現:ソニーは、AI の力を、地球規模の問題解決への貢献や平和で持続可能な社会の発展のために活用するよう努めます。</li> <li>2. ステークホルダーとの対話:AI を活用する上で生じる課題の解決のために、お客様やクリエイターの方々をはじめ多様なステークホルダーの関心に配慮し、関連する企業、団体および学術コミュニティ等と積極的に対話を進めます</li> <li>3. 安心して使える商品・サービスの提供:AI を活用した商品・サービスの安全性を目指すとともに、不正なアクセス等 セキュリティリスクに継続的に対応</li> <li>4. プライバシーの保護:法令および関連する社内規則に従い、AI を活用した商品・サービスに関連して把握するお客様の個人情報保護に関するセキュリティを強化し、お客様の意思を尊重して個人情報を取り扱う環境を築き、お客様からの信頼を確保するよう努める</li> <li>5. 公平性の尊重:AI の活用において、不当な差別を起こさないよう、多様性やお客様をはじめ様々なステークホルダーの人権を尊重する</li> <li>6. 透明性の追求:AI による判断の理由が捕捉可能となるような 仕組みを、当該商品・サービスの企画・設計段階において予め導入する可能性を追求していく</li> <li>7. AI の発展と人材の育成:AI を活用した商品・サービスが社会に与える影響を認識した上で、より良い社会を実現するAI の発展に貢献し、AI の活用や研究開発を通じて明るい未来を形創ることができる人材の育成に取り組む</li> </ol>
<p>IBM「Everyday Ethics for Artificial Intelligence」(2018 年 9 月)</p>	<p>2018年9月、IBM は、個人でもチームでもすぐに実践に移せる AI 倫理のための枠組みとして、「Everyday Ethics for Artificial Intelligence」を公表。</p> <p>同文書では、以下の5項目を重点分野として挙げている。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Accountability(説明責任): AI の設計者と開発者は、AI の設計、開発、意思決</li> </ol>

	<p>定プロセス、結果に対して熟慮する責任を負う。</p> <p>2.Value Alignment (価値観の一致): AI の設計は、対象とするユーザー・グループが有する規範や価値観を考慮して行うべきである。</p> <p>3.Explainability(説明可能性): AI の決定プロセスが人間にも容易に認知、感知、理解ができるように、AI を設計すべきである。</p> <p>4.User Data Rights(ユーザー・データの権利): ユーザー・データを保護し、アクセスや利用に関するユーザーの権利を保持できるように、AI を設計すべきである。</p> <p>5.Fairness(公平性): 偏見を最小限に抑え、誰もが参加できる社会を後押しするように、AI を設計すべきである。</p>																																											
<p>富士通グループ 「富士通グループ AIコミットメント」 2019年3月</p>	<p>2019年3月、AI倫理を含め、守るべき項目をまとめた「富士通グループ AIコミットメント」を公表。</p> <p>欧州有識者会議 AI4People と連携し、ここが提唱する AI 倫理原則にのっとり、富士通の主要ステークホルダーに向けたメッセージとしている。</p> <p>富士通グループの AIコミットメントは、以下の5項目から構成される。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ AIによってお客様と社会に価値を提供します</li> <li>・ 人を中心に考えた AIを目指します</li> <li>・ AIで持続可能な社会を目指します</li> <li>・ 人の意思決定を尊重し、支援する AIを目指します</li> <li>・ 企業の社会的責任として AIの透明性と説明責任を重視します</li> </ul> <p>また、以上の5つのコミットメントについて、AI4People の AI 倫理原則との関係について、以下の通り説明している。</p> <p><b>表 4-3-7. AIコミットメントと AI4People の AI 倫理 5 原則との関係</b></p> <table border="1" data-bbox="531 1417 1321 1697"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2"></th> <th colspan="5">AI4PeopleのAI倫理5原則</th> </tr> <tr> <th>与益</th> <th>無危害</th> <th>自律</th> <th>正義</th> <th>説明可能</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5" style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: mixed;">ステークホルダー</td> <td>お客様</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓ (1)</td> </tr> <tr> <td>人</td> <td>✓</td> <td>✓ (2)</td> <td>✓ (4)</td> <td>✓ (2)</td> <td>✓ (5)</td> </tr> <tr> <td>社会</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>(3)</td> <td>✓</td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>株主</td> <td colspan="5">適切なAI倫理指針を発行することで貢献</td> </tr> <tr> <td>社員</td> <td colspan="5">AI倫理規則・細則でカバー (2019年度中)</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">※表中の(1)～(5)は、当該領域をカバーするAIコミットメントを示す。</p> <p>なお、これら5つのコミットメントについては、すぐに実現できるものではなく、「信頼できる AI」を構築するための技術的・制度的検討が不可欠であり、その第1歩、基盤として、このコミットメントを位置付けている。そして、このコミットメントは固定されたものではなく、技術動向や、社会における AI の受容状況、AI 倫理の議論の深まりに応じて、随時見直されるべきものであるとしている。</p>			AI4PeopleのAI倫理5原則					与益	無危害	自律	正義	説明可能	ステークホルダー	お客様	✓	✓	✓	✓	✓ (1)	人	✓	✓ (2)	✓ (4)	✓ (2)	✓ (5)	社会	✓	✓	(3)	✓	✓	株主	適切なAI倫理指針を発行することで貢献					社員	AI倫理規則・細則でカバー (2019年度中)				
				AI4PeopleのAI倫理5原則																																								
		与益	無危害	自律	正義	説明可能																																						
ステークホルダー	お客様	✓	✓	✓	✓	✓ (1)																																						
	人	✓	✓ (2)	✓ (4)	✓ (2)	✓ (5)																																						
	社会	✓	✓	(3)	✓	✓																																						
	株主	適切なAI倫理指針を発行することで貢献																																										
	社員	AI倫理規則・細則でカバー (2019年度中)																																										
<p>NEC「 NEC グループ</p>	<p>AI の利活用によって生じうる人権課題を予防・解決するために本ポリシーとして、</p>																																											



<p>「AIと人権に関するポリシー」 (2019年4月制定)</p>	<p>以下の7項目に係る指針を公表した。</p> <p>①公平性:NECは、AIの利活用において、判断結果に偏りが生じる可能性を常に認識し、個人が不当な差別を受けないように努めます。</p> <p>②プライバシー:NECは、AIの利活用において個人のプライバシーに配慮し保護するよう努めます。</p> <p>③透明性:NECは、私たちのAIの利活用において、判断結果の説明が可能となる仕組みの構築を目指します。</p> <p>④説明する責任:NECは、AIの利活用による効果・価値・影響について、適切な説明を行い、全てのステークホルダーから理解が得られるよう努めます。</p> <p>⑤適正利用:NECは、AIの利活用において人権を尊重した適正な用途で利用するよう努めます。お客さまやパートナーのAIの利活用において、NECは、私たちの製品・サービスを提供する際には、人権を尊重した適正な用途で利用されるよう努めます。</p> <p>⑥AIの発展と人材育成:NECは、AIの利活用促進に向けて、有用で最先端の技術開発と、人材の育成に努めます。</p> <p>⑦マルチステークホルダーとの対話:NECは、私たちのAIが人権課題を発生させることがないよう、自社だけでなく第三者の視点や意見を取り入れるため、外部有識者を含めた様々なステークホルダーとの連携・協働を促進します</p>
<p>NTTデータ「NTTデータグループAI指針」 2019年5月29日</p>	<p>NTTデータがAI社会の実現に向けてさまざまな技術開発、およびサービス提供を実施する際に参考とする指針として、以下の5つから成る指針を策定した。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.持続可能な幸福社会の実現</li> <li>2.共創による新しいAI価値の創出</li> <li>3.公正で信頼できる説明可能なAI</li> <li>4.安心安全なデータの流通</li> <li>5.AIを健全に普及させる活動の推進</li> </ol>

### ⑤原則レベルの対応—まとめ

AI倫理については、2017年頃から議論が始まり、近年では、国内においても複数の企業が既にAI原則を発行、もしくは発行の準備を進めている。

中川裕志氏は、代表的なAI原則やガイドラインについて研究し、その傾向をとりまとめ、発表した。

表 4-3-8. 原則・ガイドラインの比較

公表時期	2017年2月	2017年2月	2018年10月	2016年12月 2017年12月	2019年3月	2019年3月	2019年4月	2019年5月
人権		○	○		○	○	○	
公平性、差別	○	○	○	○	○	○	○	○
法令遵守		○	○	△			○	
透明性			○	○	○		○	○
アカウントビリティ			○	○	○	○	○	○
トラスト		○				○	○	○
自律的AI,自由意志	○		○	○				
悪用・誤用					○	○		
プライバシー	○	○	○	○	○	○	○	○
AIエージェント				○	○	○	○	
安全性	○	○		○	○			○
SDGs								○
教育				○	○	○		
独占禁止、協調						○		○
軍事利用	○			○				
幸福	○	○		○	○	○		○

	普遍的に常に重要なテーマ
	普遍的なテーマだが、ケースによるもの
	過去におけるテーマ
	近年特に重要とされているテーマ
	近年におけるテーマ

資料: 中川裕志「最近の AI 倫理指針からの考察」を参考に、中川氏の説明内容及び調査結果を踏まえ、NTT データ経営研究所にて加工したもの

同氏は、情報通信法学研究会 AI 分科会において、AI 原則に定められる項目として、ある程度共通的なものが挙げられるが、それらの中でも、過去において話題となったが、近年はあまり話題となっていない事項、過去から現在にわたり常に重要視されている普遍的な事項、近年特に問題になっている事項があると指摘した。

例えば、「人権」、「公平性」、「差別」、「プライバシー」といった項目はアシロマ AI 原則の頃から常に話題に上がり続けているテーマであり、極めて重要である。

「法令遵守」「安全性」については、上記ほど普遍的に登場している訳ではないが、テーマにより過去から登場しているテーマである。

最近の傾向としては、「透明性」、「アカウントビリティ<sup>5</sup>」、「トラスト<sup>6</sup>」がトレンドとなり、強く取り上げられるようになってきた。何か問題を起こした場合に責任関係はどうなるかまで含め、情報開示が求められつつある。

また、その中でも、比較的新しい議論が「AI エージェント」である。プライベートな情報がどのように使われるかに関しては、データエージェントや、AI エージェントが重要な提供者となっていくと考えられる。

一方で、「自律的 AI・自由意志」といった議論については、シンギュラリティの話が盛んになった頃 (ICDP、IEEE のバージョン2の途中まで) には議論されていたものの、近年では殆ど取り上げられることがなくなっており、「ムーブメント」としての議論と捉えられる<sup>7</sup>。

「人工知能の悪用・誤用」は、IEEE EAD Version1,2 の頃からあたりから真正面から採りあげられるようになったテーマであり、問題が生じたことの言い訳に AI が使われるようになったことに対す

<sup>5</sup> 中川氏の説明においても、また他の後述する「AI 評価のガバナンスモデルに係るワーキンググループ」構成員からも指摘されたところではあるが、「アカウントビリティ」を「説明責任」と訳すことには問題があり、「誰が説明するか、保証まで含め、説明者を出す」というところまでの責任を意味する。

<sup>6</sup> 社会科学の意味でのトラストを指す。

<sup>7</sup> ただし、情報通信法学研究会 AI 分科会において、中川氏は「懸念がなくなった訳ではなく、複数の AI が共通言語を持つ等により、想定外の事象、共謀等が起こりうる可能性はあり、注意は必要である」と指摘。

るものである。また、「誤用の認識」を図るという意味において、運用者には、安全かつ効果的な運用に必要な知識とスキルが必要となり、「教育」へとつながっている。

独占禁止法に関しては、皆で AI を育てていくべきといわれるようになった。

軍事利用については、IEEE EAD V1,2 の頃、AI 兵器の定義において、自動的にトリガーを引く等という点で議論が起きたが、ムーブメントとしてのテーマと整理される<sup>8</sup>。

以上の通り、AI の原則レベルの議論は、非常に似た傾向が見られる状況になっており、中心となる論点は固まってきたと考えられる。即ち、どこに着目する必要があるかについて、コンセンサスが整ってきた段階と考えられ、企業や運用側がこれらの倫理概念をどうするか、企業レベルの課題の話になっている状況と考えられる。

一方で、企業における AI 倫理ガイドライン等も国内の主要企業や団体等において発行されつつあり、おおむね、上述の、国際フォーラム、国・地域、団体における議論に沿ったガイドラインが制定されている。

今後、更に多くの企業で AI 倫理ガイドラインが策定されていくと想定されるものの、ガイドラインの策定が目的化し、形骸化することを懸念する声もある<sup>9</sup>。

そうした状況において、如何に AI 倫理ガイドラインを実質的な意義のあるものとして実社会（実装）につなげていくか、企業におけるガバナンスシステムへの反映や、技術的な対応可能性、また或いは法規制による方法等が想定される。次項においては、こうした AI の社会実装について、これまで、および現在進行、計画されている検討内容について説明する。

---

<sup>8</sup>IEEE ETHICALLY ALIGNED DESIGN には、AUTONOMOUS WEAPON SYSTEM という記載があったが、V2 では、最終版では消えた。また、スーパーインテリジェンスという言葉も V2 まではあった。

<sup>9</sup> 情報通信法学研究会における新保史生氏の発表等

(ii) 社会実装に向けた対応(総論)

① 対応状況の全体像

社会実装に向けた総論としての対応は、ガバナンス方法に軸足を置いた議論も技術的対応に軸足を置いた議論についても進行しつつある。

ただし、技術的対応については、説明可能性等について、対応可能な方法がある程度整理されつつある状況だが、ガバナンスに関する対応については、検討のフレームワークや指針レベルでの整理が中心となっており、具体的な対応として整理されているものはあまり見受けられない。



図 4-3-11. 社会実装に向けた対応状況(総論)の全体像

② 主にガバナンスに軸足を置いた対応

(a) 欧州の動向

a-1: 欧州委員会

欧州委員会では、「第 2 項 原則レベルの対応」で説明した通り、「AI に関する倫理原則」において、AI システムがライフサイクル全体で満たすべき 7 つの要件を定義した。

同原則においては、更に、倫理原則を実装するための技術的・非技術的手法が示されるとともに、7要件に対して、「信頼可能な AI 評価リスト」を作成、公表している。

以下、倫理原則実装のための非技術的手法と AI 評価リストについて紹介する。

欧州委員会	
ETHICS GUIDELINE FOR TRUSTWORTHY AI	
概要	信頼可能な AI の実現のため、AI システムの設計、開発、および使用段階に組

	み込むことができる非技術的な方法 <sup>10</sup> について、以下の通り紹介されている
倫理原則実装のための非技術的手法	
規制	AI の信頼性をサポートする規制は既に存在する(製品安全法、責任に関する規定)。これらの改訂、適応、導入の可能性はある
行動規範	組織は、基本的権利、透明性、危害の回避など、特定の望ましい価値の基準でその意図を文書化し、信頼可能な AI に向けた努力を規定することができる。
標準化	標準は、倫理的行動を認識し、奨励する機能を提供することにより、AI ユーザー、消費者、組織、研究機関、政府の品質管理システムとして機能することが可能である。(例:ISO 規格、IEEE P7000 規格シリーズ)  将来的には、特定の技術規格を参照して、「信頼可能な AI」ラベルが適切になる可能性がある。
認証	AI システムが透明で説明責任があり、公正であることをより多くの人々に証明できる組織を検討することが可能。
ガバナンスフレームワークによる説明責任	組織は、内部および外部のガバナンスフレームワークを設定し、AI システムの開発、展開、および使用に関連する意思決定の倫理的側面に対する説明責任を確保する必要がある。( AI システムに関連する倫理問題の担当者の指名、または内部/外部の倫理パネルまたは役員会の指名を含む)  但し、こうしたメカニズムは、法的監視を補完可能だが、置き換えは不可能。
利害関係者の参加と社会的対話	ステークホルダーに AI システムの使用と影響に関する参加と対話を積極的に求めることは、結果とアプローチの評価を支援し、特に複雑な場合に役立つ
多様性と包括的な設計チーム	AI システムが独自に多くのタスクを実行するため、これらのシステムを設計、開発、テスト、保守、展開、および調達するチームが、ユーザーおよび社会全般の多様性を反映することが重要です。これは、客観性とさまざまな視点、ニーズ、目的の検討に貢献する

欧州委員会	
信頼可能な AI の評価: 信頼可能な AI 評価リスト(パイロット版)	
概要	AI 倫理原則7要件に対応した評価リストを策定、2020 年初頭まで、試験運用し、その結果を受けて評価リストの改訂する予定とされている。
AI 評価リスト(一部抜粋)	

<sup>10</sup> 技術的な方法については、「主に技術に軸足を置いた議論」にて紹介する。

人間の活動と監視	<p>基本的権利</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ あなたは、基本的権利にネガティブな影響を与え得る場合に、基本的権利の影響評価を実施しましたか？あなたは、異なる原則や権利との間で生じる潜在的なトレードオフを特定し、文書化しましたか？</li> <li>・ AI システムは人間の(エンド)ユーザーによる意思決定とやりとりがありますか？(例:活動や取るべき意思決定の推奨、オプションの提示)</li> <li>➤ AI システムは、(エンド)ユーザーの意思決定プロセスに意図しない方法で介在することによって人間の自治に影響を与える可能性がありますか？</li> <li>➤ AI システムは、(エンド)ユーザーに、意思決定、内容、アドバイスもしくは結果がアルゴリズムの決定であることを伝えるべきか否かについて検討しましたか？</li> <li>・ チャットボットやその他の会話を行うシステムにおいて、人間のエンドユーザーは、自分らが人間ではない代理人とやりとりしていることに気づいていますか？</li> </ul> <p>Human Agency(人間の活動)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ AI システムが、作業もしくは労働プロセスに導入されましたか？もし導入されたならば、有意義なインタラクション、適切な人の監督と統制のためにAIシステムと人のタスク分配を考えましたか？</li> <li>➤ AI システムは人間の能力を高度化し、もしくは蓄積しますか？</li> <li>・ あなたは業務プロセスのために AI システムを過信したり過剰に依存したりすることを避けるための安全策をとりましたか？</li> </ul> <p>人間の監督</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ あなたは特定の AI システムとユースケースのために、適切な人の統制レベルを検討しましたか？</li> <li>➤ あなたは、人間の統制もしくは関与のレベルについて述べることができますか？</li> <li>➤ 誰が「統制下にある人間」であり、何が人間の介在の時であり、ツールですか？</li> <li>➤ あなたは、人間の統制や監督を確保するための構造や措置をとりましたか？</li> <li>➤ あなたは、AIの自律性の監督に係る、監査を可能とし、問題を修正するために何等かの措置をとりましたか？</li> </ul>
----------	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自己学習もしくは自律的な AI システム、ユースケースがありますか？もしあるならば、より特定の統制・監督の構造を設定しましたか？</li> <li>➤ あなたは、何かが良くない方向に向かっていないかを評価するために、何等かの検知・応答構造を構築しましたか？</li> <li>・ あなたは、必要な場合に安全に中断するために、停止ボタンもしくは手続きを確保しましたか？この手続きはプロセス全体、一部を中断しますか？もしくは人にこの統制を委任しますか？</li> </ul>
透明性	<p>トレーサビリティ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ あなたは、トレーサビリティを確保可能な措置を確立しましたか？これは以下の文書化を伴いますか？</li> <li>✓ アルゴリズムシステムの設計・開発に使用された方法</li> <li>・ ルールベースの AI システム：プログラミングの方法もしくは如何にモデルが構築されたか</li> <li>・ 学習ベースの AI システム：どのようなデータが収集され選択されたか、如何にそれが起こったかを含む、アルゴリズムのトレーニングの方法</li> <li>✓ アルゴリズムシステムをテストし有効化するために使用される方法</li> <li>・ ルールベースの AI システム：試験・認証するために使用されるシナリオもしくはケース</li> <li>・ 学習ベースの AI システム：試験。認証に使用されたデータに関する情報</li> <li>✓ アルゴリズムシステムの結果</li> <li>・ 異なるケースから生じ得る潜在的な他の意思決定（例：ユーザーの別のサブグループ等）と同様、アルゴリズムの結果もしくはそれによってとられた決定</li> </ul> <p>説明可能性</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ あなたは次の事項を評価しましたか？</li> <li>✓ どの程度、AI システムによりなされる意思決定やその結果が理解され得るか</li> <li>✓ どの程度システムの決定が組織の意思決定プロセスに影響するか</li> </ul>

- ✓ 何故この特定のシステムが特定の領域に配備されたか
- ✓ システムのビジネスモデルは何か(例:いかにそれは組織の価値を創造するか)
- あなたは何故システムが、全ユーザーが理解可能なある結果を生じる、ある選択を選んだかについての説明を確保しましたか?
- あなたは最初から相互運用可能性を念頭において AI システムを設計しましたか?
- ✓ あなたは、最も単純で最も解釈可能な、適用可能なモデルを研究し、使用しようとしたか?
- ✓ あなたはデータの学習(Training)・テストを分析可能か否か評価しましたか?
- あなたは、モデルの訓練、開発、の相互運用可能性の試験が可能か否か、もしくはモデルの内部ワークフローへのアクセスを得るか否かについて評価しましたか?

#### 伝達

- あなたは、エンドユーザーと-免責事項もしくは他の方法で-彼らが AI システムとやりとりしており、他の人間ではないことを伝えましたか?あなたはあなたの AI システムにそのようにラベル付けしましたか?
- あなたは、ユーザーらに AI システムの結果の背後にある理由や要件に関して、ユーザーに情報提供する構造を構築しましたか?
- ✓ あなたはこれを明確にわかり易く対象者に伝達しましたか?
- ✓ あなたは、システムを採用するために、ユーザーのフィードバックを検討するプロセスを構築し、これを使用しましたか?
- ✓ あなたは、潜在的なもしくは認識される、バイアス等のリスクに関して伝達しましたか?
- ✓ ユースケースに基づいて、あなたはあの聞き手、第三者もしくは一般公衆への伝達や透明性について検討しましたか?
- ✓ あなたは AI システムの目的を明確化しましたか。また、誰もしくは何が商品・サービスから便益を受ける可能性がありますか?
- ✓ あなたは、対象者に理解可能で適切であることを確保するために、商品の利用シナリオを特定し、明確にそれらを伝えましたか?



	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ユースケースに基づき、あなたは、例えば、混乱リスク・確認バイアス・認知疲労等の人間の心理的潜在的な限界について考慮しましたか？</li> <li>• あなたは、明確に、AI の特性、限界、潜在的な欠点について明確に伝達しましたか？</li> <li>✓ システム開発の場合：商品・サービスに廃部する者全てに対して</li> <li>✓ システム配備の場合：(エンド)ユーザーもしくは消費者に対して</li> </ul>
<p>多様性・非差別・公平性</p>	<p>不公平なバイアスの回避</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• あなたは、AI システム内で、アルゴリズム設計についてと同様インプットデータの仕様に関しても、不公平なバイアスが創造・強化されることを避けるための戦略を構築し、または手続きを設定しましたか？</li> <li>✓ あなたは、使用されたデータセットの構成から、生じ得る制約を通知しましたか？</li> <li>✓ あなたは、データにおけるユーザーの多様性や代表性を検討しましたか？あなたは特定の人口もしくは問題のあるユースケースについてテストしましたか？</li> <li>✓ あなたは、データ、モデル、パフォーマンスの理解を改善するための、利用可能な技術ツールを研究・使用しましたか？</li> <li>✓ あなたは、AI システムの開発・配備・使用フェーズにおいて、潜在的なバイアスをテストし、監視するための手続きを設定しましたか？</li> <li>• ユースケースに基づき、あなたは、他の者に、AI システムのバイアス、差別、パフォーマンスの低さに係る問題にフラグ付けすることを可能としましたか？</li> <li>✓ あなたは、如何に、そうした問題がどのようにして、誰に起こり得るかについて伝えるための明確なステップ・方法を構築しましたか？</li> <li>✓ あなたは、(エンド)ユーザーに加えて、AI システムによって間接的に影響を受ける可能性のある他者について検討しましたか？</li> <li>• あなたは、同じ状況下で生じ得る、如何なる潜在的な決定の変動性についても評価しましたか？</li> <li>✓ 評価した場合には、あなたはこの原因である可能性のある事項について検討しましたか？</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 変動性のある場合において、あなたは基本的権利に対して、対策を構築し、そうした変動性の潜在的な影響の構造を評価しましたか？</li> <li>• あなたは、AI システムの設計に適用する「公平性」の適切な業務定義をしましたか？</li> <li>✓ あなたの定義は一般に使用されているものですか？あなたはその定義を選ぶ前に他の定義を検討しましたか？</li> <li>✓ あなたは、公平性の定義を計測もしくはテストするために、数量的分析もしくは指標を確保しましたか？</li> <li>✓ あなたは、AI システムに公平性を確保する構造を構築しましたか？あなたは他の可能性ある構造について検討しましたか？</li> </ul> <p>アクセス可能性及びユニバーサルデザイン</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• あなたは AI システムが広範な個人の試行や能力を扱うことを確保しましたか？</li> <li>✓ あなたは AI システムがそれらの特定のニーズや障がい者、排除のリスクのある人も利用可能であることを評価しましたか？</li> <li>✓ あなたは AI システムに係る情報が補助技術の利用者にもアクセス可能であることを確保しましたか？</li> <li>✓ あなたは、AI システムの開発フェーズ期間中にこのコミュニティに関与もしくは相談しましたか？</li> <li>• あなたは AI システムのユーザーオーディエンスへの影響を考慮しましたか？</li> <li>✓ あなたは、AI システム構築に関与したチームが対象ユーザーオーディエンスを代表するものか否かを評価しましたか？それは、暗に影響を受け得る他のグループも考慮して、広範な人口を代表するものですか？</li> <li>✓ あなたは、他の人やグループがネガティブな示唆によって、不均衡に影響を受けるかもしれないことについて評価しましたか？</li> <li>• あなたは、異なる背景や経験を代表する他のチームやグループからフィードバックを得ましたか？</li> </ul>
--	---

欧州委員会では、更に、2019年11月に就任した新委員長 Ursula Von der Leyen 氏が、就任後100日以内にAIの倫理的側面に係る法規制を提案することを公約、欧州委員会の法務担当委員である Didier Reinders もこれを支持し、AIの規制と開発は連携して進めねばならず社会的

受容とトラストを確立することが、正当なイノベーションに不可欠であると論じ、それが欧州の競争優位になるとした。

上記を受けて、2020年2月、欧州委員会は、規制枠組の主要要素を示した白書を公表したため、その概要を示す。

欧州委員会	
White Paper on Artificial Intelligence: a European approach to excellence and trust	
背景	<p>2020年2月19日、Ursula Von der Leyen 新委員長の公約「人工知能に係る規制」について、「卓越したエコシステム」を実現するための政策と「信頼のエコシステム」を創造する規制枠組の主要要素を示した白書を公表したもの。</p> <p>※同日、「欧州のデジタルの将来の形成」、「欧州データ戦略 COM(2020)」の政策文書も公表</p>
目的	<p>欧州委員会では、①AIに係る理解の促進、②新たな技術用に関連するリスクへの対応といった目的を有する規制上および投資の取組を行うこととしている。同白書は、その目的達成のための手段につき、政策オプションを提示するもの。</p>
規制フレームワークに係る記載	
問題の特定	<p>AI利用の主要なリスクは、基本的な権利(個人データとプライバシーの保護と非差別を含む)の保護のために設計された規則の適用、及び、責任と安全の問題に関するものである。</p>
AIに関する既存のEU法制枠組の調整の可能性	<p>既存のEUの法制度は、潜在的には多くのAI活用に関連しており適用可能としつつ、以下のような問題を踏まえ、既存の法制度の調整に加え、現在および今後想定される技術的かつ商業的な発展に適合したEUの法令枠組の策定のため、AIに特化した新たな法制度が必要かもしれない。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ AIの不透明性は、法令違反の特定、証明が困難になっている側面もあり、責任等の一定の分野について既存の法制度を調整または明確化することが必要かもしれない</li> <li>・ 欧州の製品安全法は製品を対象とした法制であるため、原則としてAI技術(たとえば、ヘルスサービス、金融サービス、交通サービス)に基づくサービスに適用されない</li> <li>・ 既存の法制度は製品を市場に出す時点に焦点を当てているがAIを含む製品では製品ライフサイクルの中で製品・システムの機能を変更し、新たなリスクを生じる可能性がある。</li> <li>・ 既存の製品安全法制は、市場に製品を出した製造者の責任を規定しているものの、他の関係者(製造者以外が当該製品にAIを搭載した場合等)の責任については規定されていない。</li> </ul> <p>AI活用に関連する潜在的リスクに関する証拠の収集を進めることが必要。</p>

将来のEU規制枠組の範囲	リスクベースアプローチに従うべきとし、「ハイリスク」とは①AI適用が、典型的な活動の特徴を踏まえて重大なリスクが生じる分野で使用されていること②当該分野でのAI適用が重大なリスクを生じさせる可能性がある形で使用されていることの両方を満たす場合としている。
法的要件	遵守すべき法的要件項目：①訓練データ、②データと記録保管、③情報提供、④ 堅牢性と正確性、⑤人間による監視、⑥遠隔の生体認証目的での利用等特定のAI適用のための特別の要件
適用対象	法的要件の適用対象の検討において、①関与する経済主体間における義務の分担方法、②法制度の介入の地理的範囲 が課題である旨指摘。
コンプライアンスとエンフォースメント	AI の適合評価は、既存の適合評価メカニズムの一部であるべきだが、既存のメカニズムが信頼できない場合には同様のメカニズムを開発する必要性に触れ、その際の配慮事項を挙げている。(事前評価の限界、繰り返し評価の必要性、訓練データ・関連プログラム・訓練方法・手続や技術等の特定)
その他	ハイリスクではないAIの適用における自主的なラベリングや、ガバナンス体制として、各国当局の協力フレームワークと利害関係人(消費者団体、社会パートナー、企業、研究者、市民社会組織)へのコンサルテーション。またこのガバナンスの選択肢を追求する場合には、加盟国の指定組織に適合評価の実施を委託可能である旨の記載。

上記白書は、2020年5月31日まで意見募集期間とされており、収集された意見を踏まえて今後の規制の在り方について検討を進めていくものと想定される。

#### a-2: 欧州議会の動向

欧州議会では、2019年4月に、欧州議会研究サービスにおいて、アルゴリズムの透明性と説明責任に関連する社会的、技術的、規制上の課題の分析を提示する研究報告を公表した。

2019年9月、欧州委員会が策定したAI倫理ガイドラインを実導入していくに際しての課題を指摘している。以下、それぞれについて記載された文書について概要を説明する。

<p>欧州議会</p> <p>「アルゴリズムの説明責任(アカウントビリティ)と透明性に係るガバナンスフレームワーク」 (2019年4月)</p>	
概要	人工知能(AI)や機械学習を含むアルゴリズムシステムは、適切に使用し、人々の生活への影響を十分に注意して分析すると人権と民主社会を改善する大きな可能性を秘めている。しかし、これを達成するには、アルゴリズムの透明性と説明責任に関する明確なガバナンスフレームワークを確立して、リスクと

	<p>利益が社会の特定の部門に過度に負担をかけたり利益を与えたりしない方法で公平に分配されるようにすることが不可欠である。</p> <p>そこで、アルゴリズムシステムによる社会的便益を実現するためには、アルゴリズムの透明性と責任に関する明確なガバナンスフレームワーク確立が必要として、アルゴリズムの透明性と説明責任に関連する社会的、技術的、規制上の課題を分析した調査報告書を公表した。</p>
<p>調査結果に係る記述</p>	
<p>アルゴリズムシステムのガバナンス検討における課題</p>	<p>以下の4点を指摘している。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① サブシステムとデータソースが同組織内には無い可能性</li> <li>② 想定される全条件をテストすることが不可能</li> <li>③ アルゴリズムによる概念を人間が理解できる概念に変換することの困難さ</li> <li>④ 問題となるデータが注入されたことを検出する困難さ</li> </ul>
<p>ガバナンスフレームワーク</p>	<p>アルゴリズムの透明性と説明責任のガバナンスフレームワークを階層構造として示しており、技術ガバナンスの基本的なアプローチに関する高レベルの観点と、ガバナンスメカニズムレベルがあるとして、それぞれについて考察を行っている。</p> <p>&lt;技術ガバナンスの基本的なアプローチ&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 「原則とルールベースのアプローチ」</li> <li>・ 既に、リスク指向の原則ベースのアプローチに関する既存の文献/実践アプローチ等が存在しており、適切なレベルの制御を確立するために、影響自体とそれらが発生する可能性の両方を考慮して、社会へのリスクに比例してリソースを割り当てることにより、利益を最大化し、技術の使用から生じるリスクを最小化することが強調されている。</li> <li>・ サポートツールとしては、「影響評価」が一般的である。</li> <li>➢ 評価に際しては、アルゴリズムを「単一の規制カテゴリー」と見なすべきか、「他の種類のテクノロジーのコンポーネント」と見なすべきか、の検討が必要となる。</li> <li>➢ 少なくとも、1組のアルゴリズムの規制ソリューションの開発で学んだ教訓を、同一または非常に類似したアルゴリズムのソリューションを開発している他の機関がすぐに利用できるような等、規制する際には機関間の強力な調整が必要である。</li> </ul> <p>&lt;ガバナンスメカニズム&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 5つのガバナンスカテゴリ(①需要側の市場ソリューション②供給側の市場ソリューション③企業の自己組織化と自主規制④共同規制⑤国の介入)ごとに分析が行われている。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 需要と供給の両方の市場ソリューションは、アルゴリズムの透明性または説明責任の規制メカニズムとしてほとんど効果的ではない。</li> <li>➤ 自己組織化と自主規制への動きがあり、また、業界標準設定のレベルでの自主規制が具体化され始めている。まだ開発段階ではあるが、完了すると、業界標準は共同規制に役立つ手段を提供する場合がある。</li> <li>・ 国レベルの介入としては、パブリックアルゴリズムリテラシー、アルゴリズム研究への戦略投資等を増すための資金調達や税制でのインセンティブ、立法措置、規制機関の可能な役割等が例示されている。</li> </ul>
<p>アルゴリズムの透明性と説明責任に対処する政策オプション</p>	<p>アルゴリズムの透明性と説明責任に対処する政策として、意識向上、公共部門のアルゴリズム使用における説明責任、規制監督と法的責任、アルゴリズムガバナンスのグローバル展開といったオプションが提案されている<sup>11</sup></p> <p>意識向上:教育、ウォッチドッグ、内部告発者</p> <p><b>【推奨事項】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 計算思考、データの役割、最適化基準の重要性などのコアコンセプトを教える「アルゴリズムリテラシー」の提供</li> <li>・ 意思決定に関係するアルゴリズム処理の種類と程度を伝えるための標準化された通知方法の導入</li> <li>・ 「アルゴリズムの説明責任ジャーナリスト」のデータ分析とアルゴリズムリバースエンジニアリングの取り組みをサポートするための、計算インフラストラクチャの提供と技術専門家へのアクセス。</li> <li>・ 内部告発者の保護(現在の EC 提案に人権侵害を含めるように拡大)および著作権または利用規約違反を理由とした訴追に対する保護</li> </ul> <p>アルゴリズムによる意思決定の公共部門での使用における説明責任</p> <p><b>【推奨事項】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 公的機関による「アルゴリズムシステム」の定義の公開</li> <li>・ 加盟国が、本報告で概説されているプロセスに従ってアルゴリ</li> </ul>

<sup>11</sup> 同文書では、技術的解決策についても述べられているが、その内容については、「3.主に技術に軸足を置いた議論」で説明する。

ズムの影響評価を採用すること

加盟国が、全ての利害関係者がアルゴリズム影響評価に参加できる様にするため、各機関が有意義な公教育および関与プロセスを開発する。そのために、公的機関と協力すること。

- ・ 加盟国が、アルゴリズムシステムの取得に関する説明責任と透明性の調達要件を作成し、実装すること。これにより、公的機関は、必要な技術情報やその他の情報にアクセス可能となる
  - ・ 公的機関による「アルゴリズムシステム」の定義の公開
  - ・ 加盟国が、本報告で概説されているプロセスに従ってアルゴリズム的影響評価を採用すること
- 加盟国が、全ての利害関係者がアルゴリズム影響評価に参加できる様にするため、各機関が有意義な公教育および関与プロセスを開発する。そのために、公的機関と協力すること。
- ・ 加盟国が、アルゴリズムシステムの取得に関する説明責任と透明性の調達要件を作成し、実装すること。これにより、公的機関は、必要な技術情報やその他の情報にアクセス可能となる

#### 規制の監督と民間部門の法的責任

##### 【推奨事項】

- ・ 以下を所掌するアルゴリズム意思決定に係る規制機関の設置
- ①アルゴリズムタイプとアプリケーションドメインを分類するためのリスク評価マトリックスを確立する
  - ②人権侵害の疑いがある場合（内部告発者から提供された証拠など）のアルゴリズムシステムの使用の調査
  - ③それらの機関の権限に適用されるアルゴリズムシステムに関する他の規制機関への助言。
- ・ アルゴリズム的影響評価を作成するには、潜在的に深刻な非可逆的影響を引き起こすと分類されたシステム
  - ・ 重大度が中程度の非可逆的影響のあるシステムでは、サービス提供者が厳格な不法行為責任を負担する必要があるが、システムがベストプラクティス標準（未定）に準拠している場合には責任軽減の可能性があること

	<p>アルゴリズムガバナンスのグローバルディメンション</p> <p>【推奨事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ アルゴリズムシステムおよび関連技術に関連する複数の利害関係者との対話および専門知識のための永続的なグローバルアルゴリズムガバナンスフォーラム (AGF) の設立。AGF は、アルゴリズムの意思決定に関連するガバナンスのベストプラクティスを調整および交換するためのフォーラムを提供する。</li> <li>・ アルゴリズムシステム調査、欧州法規制・人権違反に係る規制能力保護のため、貿易交渉上の強力な地位</li> </ul>
--	---

<p>欧州議会</p> <p>EU の AI 倫理ガイドラインに対する意見(2019 年 9 月)</p> <p>“EU guidelines on ethics in artificial intelligence: Context and implementation ”</p>	
概要	<p>EU の倫理原則を、AI の設計・開発・配備・導入・使用において適用するに際しての課題を特定し、今後の取組の方向性(ガイダンス等のソフトローから法制化まで)を示唆。</p>
指摘事項	
欧州委員会「AI 倫理ガイドライン」導入上の課題	<p>①欧州委員会の AI 倫理ガイドラインの不明確さの指摘</p> <p>ガイドラインに記載された文言が明確性に欠けることが多く指摘されていること、および、欧州委員会の AI 専門家グループのメンバーが近視眼的かつ曖昧であり、長期的なリスクを考慮していないことを警告</p> <p>②規制監督の不足</p> <p>AI 倫理ガイドラインが法的拘束力のあるものではないため、これに準拠するインセンティブにかけることを指摘</p> <p>③EU と各国レベルの活動の調整の必要性</p>
EU における更なる行動の可能性	<p>欧州委員会新委員長による法制度委提案の公約を受けた動き</p> <p>ソフトローのガイダンス、ハードローの法制度、標準化にわたる倫理的問題にかかわる活動 等</p>

## (b)英国の動向

英国では、業界や行政の複数の文書において、AI 促進におけるガイダンスの必要性が指摘されている。特に、ICO (英国個人情報保護監督機関)からは、2019年10月に AI 監査フレームワーク(案)が公表されている。

以下、関連する文書の概要について説明する。

<p>ビジネス・エネルギー・産業戦略省・デジタル・文化・メディア・スポーツ省</p> <p>Growing the Artificial Intelligence Industry in the UK (2017 年)</p>
---



概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 業界と政府が如何に AI の成長を続ける環境を作りうるかを検討した文書。18 の推奨事項を掲げているが、義務ではない。</li> <li>・ ただし、「推奨事項」の1つとして、AI に係るガイダンスやフレームワーク等の必要性が指摘されている。</li> <li>・ 学識者が執筆したものだが、検討には複数の事業者が参加しており、日本からは富士通が参加。</li> </ul>
推奨事項(例)	
データへのアクセス改善	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 政府・業界によるデータ保有者・AI 開発者間のデータ交換の「信頼できるフレームワークと契約」提供。</li> <li>・ 政府による機械可読な基礎データの公開の保証</li> </ul>
AI の取り込みサポート	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 政府は、業界・専門家と協力して AI 評議会を設置</li> <li>・ ICO とアランチュERING研究所は、透明性と説明責任を改善するため、AI によるプロセス、サービス、決定を説明するためのフレームワークを開発</li> <li>・ TechUK は、王立工学アカデミー、デジタルカタパルト(産学連携拠点)、主要企業と連携し、英国全体で AI を成功に導く実践的ガイダンス策定</li> </ul>

ICO(英国個人情報保護監督機関) AI 監査フレームワーク(案)(2019 年 10 月)	
概要	2019 年 10 月、ICO は AI 技術に係る監査フレームワーク(案)を公表し、意見募集を開始。同文書は AI に起因するリスク識別・管理実務ガイドラインにより AI 利活用を支援する目的で、主に民間企業を利用対象として策定されたものである。意見募集の結果を踏まえた改訂版について、2020 年 1 月に改めて意見募集を実施予定としていたものの、2020 年 3 月時点で未発行である。
ガイドラインの構成(以下の項目について、ガイドラインが策定されている)	
ガバナンスと説明責任	リスク選好、管理報告構造、デザイン・デフォルトによるデータ保護、文書化と監査証跡、リーダーの関与と監督、方針と手続き、コンプライアンスとアシュアランス能力、訓練・啓蒙
AI 固有のリスク領域	正確性、プロファイリングの公平性と透明性、完全自動意思決定モデル、完全自動意思決定モデル、トレードオフ、データの最小化と目的制限、権利失効、広範な公共の権利への影響

デジタル・文化・メディア・スポーツ省 データ倫理フレームワーク(2018 年 8 月)およびその関連文書	
概要	公共部門におけるデータの使用方法に関する明確な原則を規定。データ倫

	理原則、各原則の追加ガイダンス、ワークブックから構成される。 原則は、①明確なユーザーニーズと公共の利益から開始、②関連法・行動規範に対する留意点、③ユーザーニーズに比例したデータの使用、④データ制約を理解、その他の7原則を規定
上記文書に関連して発行された文書とその概要	
A guide to using artificial intelligence in the public sector(2019年6月)	政府が AI を構築・使用するプロジェクトにおける考慮事項について、商業部門と公共部門のベストプラクティスを活用して具体的ガイダンスを提供。
Assessing if artificial intelligence is the right solution(2019年6月)	政府の AI 活用において、AI がユーザーニーズを満たすために適切な技術であるかの評価に資するガイダンス。ユーザーニーズに資するか、適切なソリューションか、データが十分な品質か、等の考慮事項を整理している
Understanding artificial intelligence ethics and safety (2019年6月)	人工知能局(OAI)、政府デジタルサービス(GDS)がアランチューリング研究所と協力して左記の Data Ethics Framework を補完・補足するよう策定した文書。AI プロジェクトの設計、生産、展開に係る人を対象とし、公共部門における AI の開発・使用につき、考慮すべき倫理事項と手法を整理。

### (c)米国の動向

トランプ政権への交代以降、米国では AI に係る具体的な政策が示されてこなかったが、2019年の大統領令発令以降、AI 研究開発計画が更新される等、大統領令で示された取組も進められつつある。

AI 分野の米国のリーダーシップ維持に係る大統領令 (2019年2月)	
概要	2017年のトランプ政権への交代以降 AI に係る具体的戦略は示されてこなかったが、AI の取組推進を表明したし上記大統領令に、2019年2月署名した。
上記文書に関連して発行された文書とその概要	
5つの原則	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 技術的ブレークスルーの推進</li> <li>・ 適切な技術標準の開発の推進</li> <li>・ AI 技術を開発・適用するスキルを持つ労働者の訓練</li> <li>・ 市民の自由とプライバシーを含むアメリカの価値を保護し、AI 技術に対する国民の信頼の醸成</li> <li>・ 米国の AI における技術的優位性を保護しつつ、イノベーションをサポートする国際的な環境の促進</li> </ul>
具体的取組(例)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国家科学技術会議(NTSC)に「AI 特別委員会」設置</li> <li>・ AI 研究開発への政府投資</li> <li>・ AI 応用に係る規制のガイダンス</li> <li>➤ OMB:規制改善に係るメモランダム発行(180日以内)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ NIST:技術標準の政府利用計画発行(180 日以内)</li> <li>・ 米国の優位性保護のためのアクションプラン(国家安全保障に係るアクションプラン)</li> </ul>
--	--

<p>国家科学技術会議(NSTC)の AI 特別委員会 「国家 AI 研究開発戦略計画(2019 年更新版)」(2019 年 6 月)</p>	
概要	AI 分野に係る上述の大統領令の「取組」としても記載された、NSTC の「AI 特別委員会」が、2016 年国家 AI 開発戦略計画を更新。「業界」独自には対応困難な AI の研究開発領域を示し、連邦政府がそれらを前進させるための戦略を提供。
研究開発戦略として示された事項	
AI 研究開発戦略	<p>戦略①AI 研究への長期的投資</p> <p>戦略②人間と AI が協調するための効果的手法の開発</p> <p>戦略③AI の倫理的・法的・社会的関係の理解と明確化</p> <p>戦略④AI システムの安全性とセキュリティの確保</p> <p>戦略⑤共有用公共データセットと AI 訓練・試験環境の整備</p> <p>戦略⑥標準・ベンチマークによる AI 技術の計測・評価</p> <p>戦略⑦国家の AI 研究開発人材のニーズのより良い理解</p> <p>戦略⑧AI の進展を加速するための官民連携の拡充</p>

<p>連邦政府機関が AI 規制を策定する際の 10 大原則(2020 年 1 月) ” White House Guidance for Regulation of AI applications”</p>	
概要	AI の開発と展開に対する不要な障壁を減らすためには、規制・非規制のアクションが必要であるとしつつ、その際の連邦政府機関としての考慮事項をまとめたものである。科学技術政策局(OSTP)が公表し、意見募集中である。
提示された考慮事項	
AI アプリケーションのステュワードシップ原則	<ol style="list-style-type: none"> <li>① AI のパブリックトラスト</li> <li>② 市民参加</li> <li>③ 科学的完全性と情報の品質</li> <li>④ リスク評価と管理</li> <li>⑤ 費用便益</li> <li>⑥ 柔軟性</li> <li>⑦ 公平性と非差別</li> <li>⑧ 開示と透明性</li> <li>⑨ 安全性とセキュリティ</li> <li>⑩ 機関間の調整</li> </ol>
非規制アプローチ(例)	<ol style="list-style-type: none"> <li>① セクター固有の政策ガイダンス・フレームワーク</li> <li>② パイロットプログラムと実証</li> </ol>

## (d)その他国における動向

## d-1:中国における動向

中国では、2018年1月、AI開発に係る専門行政組織として、「国家AI標準化グループ」および「AI専門家アドバイザリーグループ」が設置された。

また、同年同月、中国電子標準化協会より「AI標準化フレームワーク」が公表され、①基本標準、②プラットフォームおよびサポート標準、③主要技術、④製品・サービス、⑤アプリケーション、⑥セキュリティ、プライバシー、倫理問題から成るフレームワークが示された。

2019年6月には、科学技術省が「中国AI原則」を策定し、公表しており、①調和と親しみやすさ、②公正と正義、③包括性と共有、④プライバシー尊重、⑤セキュリティと制御性、⑥責任分担、⑦オープンな協力、⑧アジャイルガバナンスを原則として掲げている。

## d-2:シンガポールにおける動向

2019年1月、個人情報保護委員会より自主的なモデルとして「AIガバナンスフレームワークの提案モデル」の第1版が公表された。その後、2020年1月に第2版公表。第2版では、セクション毎に関連するAIガバナンスの実装事例を追加した。

このガバナンスフレームワークの提案モデルでは、①組織の責任ある技術使用による、リスク軽減し消費者の信頼構築、②データ管理・保護における説明責任の実務と整合した内部方針やプロセス等の実証を目的とするもので、以下の4つの領域を対象としている。

- ①アルゴリズムの決定に関連するリスク・責任に係る内部ガバナンス構造と手段
- ②AIの使用に対するリスク選好の設定に係る方法論について
- ③AIモデルの開発、選択、および保守の際に考慮すべき問題について
- ④消費者・顧客とのコミュニケーション戦略、および顧客関係管理について

## d-3:インドにおける動向

2018年6月、インド政府より、政府としての役割や取組を示す「AI国家戦略 #AI for All」が公表された。

AIの重点5分野を、①農業、②教育、③都市/スマートシティ、④インフラストラクチャ、⑤輸送およびモビリティと指定し、また、「対処すべき障壁」として、以下の5項目を挙げている。

- ・ 専門知識の欠如
- ・ データエコシステムの有効性欠如
- ・ 高コストと低いAI採用の認識
- ・ プライバシー・セキュリティに関する規制の欠如
- ・ 協調的なアプローチの欠如

その上で、推奨事項ごとに、政府の役割を、「ファシリテーター」、「積極的推進者」、「所有者」のいずれかを設定し、記述している。

(e)多国間の取組みに係る動向

e-1: IEEE

「第二項 原則レベルの対応」で説明した通り、IEEE は、“Ethically aligned design”において、知的な機械システム (Autonomous and Intelligent System) に対する恐怖や過度な期待を払拭し、倫理的に調和や配慮された技術をつくることによってイノベーションを促進するために、知的な機械システムによる影響分野の分析と、導入段階の対応策を提示している。

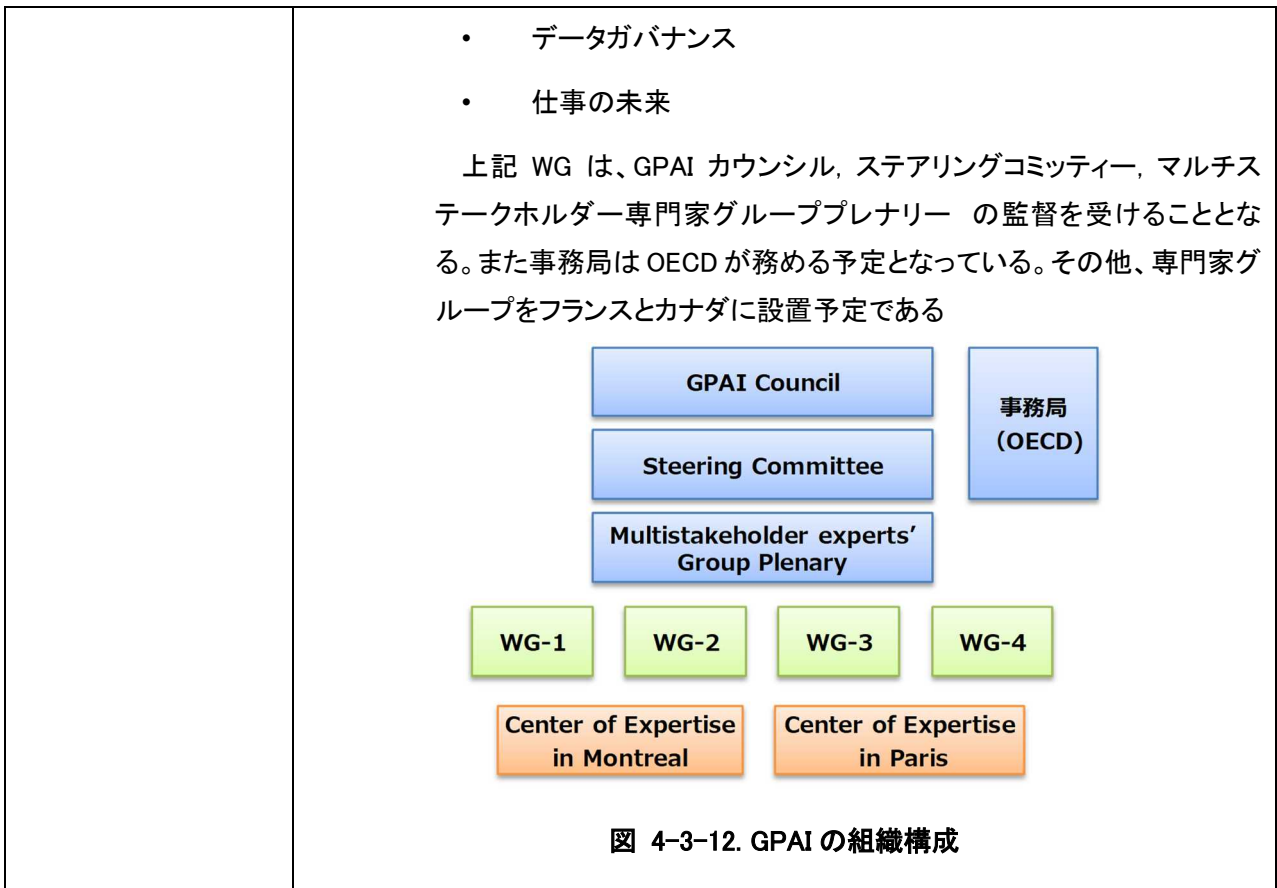
IEEE ” Ethically aligned design”	
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>倫理的基盤とは、自律性とオントロジーを定義する有線物理学の基礎をレビューすることによって、インテリジェント技術システムの自律能力、非道徳システムの道徳の疑いのある可能性に対処し、倫理システムによって下された決定が倫理的な結果をもたらすかどうかを問うものである。</li> <li>倫理的基盤の影響分野と、導入段階の対応策を提示。</li> </ul>
取組みと計画概要	
影響分野	<p>持続可能な開発のための AIS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>通信ネットワークとインターネットへの手頃な価格でユニバーサルなアクセスを通じて、自律的でインテリジェントなシステムを利用できるようにし、あらゆる場所の人々に利益をもたらす。</li> </ul> <p>説明責任の法的枠組み</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>複雑な自律システムおよびインテリジェントシステムの法的地位の問題は、そのようなシステムが害を及ぼす場合に説明責任を確保し、責任を割り当てる方法に関するより広範な法的問題と絡む</li> </ul> <p>デジタルアイデンティティに関する個人データの権利と代理店</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>個人は、ID および個人データへのアクセスに関する契約条件を作成・管理し、その安全な制御メカニズムを必要とする。また、個人が、個人情報集約・転売に係る結果を明示的に知る方針・実践も必要。</li> </ul> <p>教育・認知に係る政策</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>国際的に認められた法規範を支援/促進/可能とする。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 関連技術に関する政府の専門知識を開発する。</li> <li>・ ガバナンスと倫理が研究、開発、買収、および中核となるコンポーネントであることを確保する。</li> <li>・ 公共の安全と責任あるシステム設計を確保するための規制。</li> <li>・ 関連技術の社会的影響に係る市民教育</li> </ul>
導入段階の対応	<p><u>幸福指標</u>      自律的でインテリジェントなシステムが人類の特定の利益を証明できるような明確な指標が必要。</p> <p>幸福度の指標には心理的、社会的、経済的公平性、および環境要因を含み、技術の進歩から生じる利益をより包括的に評価する機会を提供する。</p> <p>AIS は、適切なデータの取得と分析を改善することができ、これにより、これらのシステムが人間の幸福を増す場所を特定し、社会的および技術的革新への新しいルートを提供することが可能である。</p> <p><u>自律システムおよびインテリジェントシステムへの価値の埋め込み</u>      機械が準自律的なエージェントとして人間のコミュニティに参加する場合、コミュニティの社会的および道徳的な規範に従うことが期待されなければならない。</p> <p>準自律システムに「規範」を組み込むための最初のステップは、システムが展開される特定のコミュニティの規範、特に実行するように設計されたタスクの種類に関連する規範を識別することである</p> <p><u>倫理的な研究と設計方法</u>      人間の幸福と自由を向上させるためには、システム開発者は、組織に経済的価値を提供するだけでなく、より広範な社会的コストと利益の観点から評価できる持続可能なシステムを作成するために、価値ベースの設計手法を採用する必要があります</p> <p><u>アフェクティブコンピューティング</u>      人間社会に参加または促進する自律的でインテリジェントなシステムは、人間の感情的経験を増幅または減衰させることによって害を及ぼすべきではない</p>

e-2:Global Partnership on AI

カナダ・フランスが中心となって、AI の問題とベストプラクティスを理解・共有し、国際的な取組みを進めるためのパネル(Global Partnership on AI:GPAI)を設置する準備が進められている。

連邦政府機関が AI 規制を策定する際の 10 大原則(2020 年 1 月)	
” White House Guidance for Regulation of AI applications ”	
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>背景:2018 年 6 月 7 日、カナダ/トルドー首相とフランス/マクロン大統領による『人工知能に関する声明』にて「人間中心の人工知能のビジョンを促進する」という目的のため、カナダとフランスは、<u>AI の問題とベストプラクティスに関する研究結果を理解・共有し、国際的な AI の取組を進める「国際パネル」を設置する旨</u>発表し、GPAI の設置に向けて準備が進められている。</li> <li>目的:人権、包摂、多様性、革新、経済成長に根ざした AI の責任ある採用を支援し、導くこと</li> <li>組織概要:科学界、業界、市民社会、関連する国際機関、政府とのマルチステークホルダーの方法での国際協力を促進</li> <li>他の取組との関連:AI の分野で国内、および国際的に行われている活動を監視し、活用し、それらの差異を特定し、調整し、国際協力を促進するよう努める。</li> </ul>
取組みと計画概要	
これまでの取組	<p>GFAIH(Humanity のための AI-グローバルフォーラム)(2019.10.28-30)は、今後設立される GPAI の文脈で開催されたフォーラムであり、GPAI の出発点と位置付けられている。</p> <p>GFAIH は、下記事項を目的として、AI、社会科学、人文科学、工学の専門家、革新者、経済主体、政策立案者、市民社会の代表者を集めたフォーラムである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>AI によってもたらされる視点、対処すべき課題、およびそれらに対処するための方法とツールについて共通の理解醸成</li> <li>共有された知識の蓄積につながり、R&amp;D アジェンダを形成する可能性のあるプロジェクト、研究、および社会実験に係る検討</li> <li>AI の進歩を人類の利益のために導くためのグローバルパートナーシップイニシアチブの検討</li> </ul>
GPAI の活動計画・組織概要	<p>GPAI では、下記のテーマで4つのワーキンググループ(WG)を立ち上げる計画である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>イノベーションと商業化</li> <li>責任ある AI</li> </ul>



(f)民間企業・団体における取組み (AI のガバナンス一般に関する取組み)

f-1:日本経済団体連合

AI 活用戦略～AI-Ready な社会の実現に向けて～公表	
概要	AI を Society5.0 における中核技術と位置付け、AI 活用の指針として「AI 活用原則」、AI 活用を進めるための「AI-Ready 化ガイドライン」、個別産業分野で AI 活用を進める際の「AI 活用戦略フレームワーク」を提案。
原則・ガイドラインの概要	
AI 活用原則	原則Ⅰ: AI による Society 5.0 for SDGs の実現 原則Ⅱ: 多様性を内包する社会のための AI 原則Ⅲ:社会・産業・企業の AI-Ready 化を 原則Ⅳ:信頼できる高品質 AI(Trusted Quality AI)の開発を行う 原則Ⅴ:AI に関する適切な理解を促進する
AI-Ready 化ガイドライン(原則Ⅲ関連)	制度・基盤における AI の品質、信頼性等について「AI-Ready な制度・基盤に向けたガイドライン」として提示 「企業」、「個人」、「社会制度・産業基盤」ごとに、AI-Ready 化のためのレベルと指針を提示。

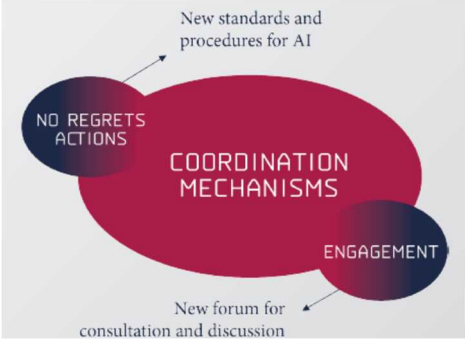


	<p>①データ・AIの品質確保、高品質の持続化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>わが国の「すりあわせ」「現場力」「総合力」に加えて、「公的データのオープン化・標準化」「業種、官民の壁を越えて多様なデータの共有・連携、活用」「学習済みモデルの流通・再利用の促進」により、高品質の持続を図る。</li> </ul> <p>②データやAIに関する信頼性、安心感</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>「AI活用の目的設定」「データやAIに係る信頼感醸成※」「AIの実装、運用時のトラブルや事故に対する安心感の担保」により信頼可能なAIを構築。</li> </ul> <p>※「データやAIに係る信頼感醸成」については、「データの信頼性・品質水準確保」、「公正,アカウンタブル,透明性を確保したAI」、「説明可能なAIの研究開発」、「利用者とのコミュニケーション」、「パーソナルデータに関わる活用と保護のバランスを確保したルール整備」が必要であるとされている。</p>
AI活用戦略フレームワーク	<p>実世界の領域知識とリアルデータを活かせる領域※において、AI展開の際に踏まえるべき3つのフレームワーク(社会・技術・事業)を提示。</p> <p>※「ヘルスケア」「エネルギー」「移動」「ものづくり・サービス」「金融」等</p> <div data-bbox="571 824 1327 1265" data-label="Diagram"> </div> <p style="text-align: center;"><b>図 4-3-13. AI活用戦略フレームワーク</b></p>

f-2:AI4People<sup>12</sup>

ホワイトペーパー	
概要	AIの社会的影響に関心を有する関係者による国際的なマルチステークホルダーフォーラム「AI4People」は、2019年にホワイトペーパーを発行し、AIのガバナンスモデルと具体的で実行可能な優先的活動を提案した。
取組みと計画概要	
優先的活動(例)  (即座に取り組むべき事項としてアプローチ)	<p>トップダウンアプローチ(ハードロー、ソフトロー等の法規制)によるもの</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>AIの影響に関する教育カリキュラムと啓発活動の作成</li> <li>AI研究プロジェクトにおける倫理的、法的、社会的考慮事項の統合的な、持続的・一貫性ある欧州の研究。およびAIとその応用に関する認識・理解向上</li> </ul>

<sup>12</sup> Microsoft, Facebook, Elsevier, Johnson and Johnson, intel, HUAWEI, 富士通, BEUC(欧州消費者団体)等が参加している。

<p>別に合計 14 項目を提示。右に一部項目を紹介)</p>	<p>の取組</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 人間中心、および人間間のインタラクションを可とする設計を維持しつつ、新たな職業への円滑な移行</li> </ul> <p>ミドルアウトアプローチ(調整メカニズム:トップダウンの法的枠組とボトムアップの個人活動のエンパワーメント)によるもの</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ マルチステークホルダー構造</li> <li>・ 製品・サービスへの信頼、透明性を確保する AI 製品のベンチマーク</li> <li>・ 学際・部門間の協力・討議</li> <li>・ 複数あるエンゲージメントの間を調整・統合する、欧州のオブザーバトリー</li> </ul>  <p>図 4-3-14. ミドルアウトアプローチ</p> <p>ボトムアップアプローチ(エンゲージメント:自主規制(例:行為規範等))によるもの</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 利害関係者間の継続的な対話を通じて、社会的価値と世論の理解との整合性を確保するための「参加型メカニズム」の活用</li> <li>・ 技術、社会問題、法的研究、倫理をめぐる、学際的および部門横断的な協力と協議</li> <li>・ 規制緩和特別区域や AI の実証的なテストと開発のためのリビングラボにおける科学者と一般の人のインタラクション</li> </ul>
<p>ガバナンスモデル</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ AI に係る問題に適切に取り組むための政府・企業双方による「<b>SMART ガバナンスモデル</b>」を提唱        ※S=スケーラブル, M=モジュラー, A=順応性のある, R=反射的な, T=技術に精通した</li> <li>・ トップダウンとボトムアップのアプローチの中間、および共同規制と自主規制のモデルの中間的な解決策—つまり、「<b>監視を受ける自主規制</b>」を推奨</li> </ul>

f-3: Partnership on AI

Partnership on AI の取組み	
概要	<p>設立経緯</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2016 年、Eric Horvitz 氏 (Microsoft Research) と Mustafa Suleyman 氏</li> </ul>

	<p>(DeepMind)が中心となり、企業 6 社(Apple、Amazon、DeepMind、Google、Facebook、IBM、Microsoft)を代表とする AI 研究者グループによって設立</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2017 年、6 人の非営利理事会メンバーの追加により、マルチステークホルダー組織へと拡大</li> </ul> <p>組織概要</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>現在、13 か国から 90 以上の営利企業及び非営利組織が参加</li> <li>協力的、建設的なパートナーシップを構築し、オープンな連携を実現する為に、多様なステークホルダーによるガバナンスを確立。研究者、学識者、企業、政策立案者等、関心のあるすべての人が集まるよう設計</li> </ul>
取組み概要	
活動目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>AI 技術の研究・開発・テスト、およびフィールド化におけるベストプラクティスの手法・アプローチを開発・共有</li> <li>AI に係る一般的な理解の促進(コア技術、潜在的メリット、コストなど)</li> <li>AI の将来に関する議論と関与のためのオープンで包括的なプラットフォームの提供</li> <li>社会的に有益な目的のための AI の取組みを特定・促進</li> </ul>
活動内容・発刊物	<p><b>【ケーススタディ集】</b>「人と AI のコラボレーションフレームワーク」「AI、労働、および経済のケーススタディ」</p> <p><b>【報告書】</b>「『人と AI のコラボレーション』トラストの文献レビュー-重要な洞察と参考文献」</p> <p><b>【政策文書】</b>「ビザの法律、ポリシー、および実践:グローバル AI / ML 人材のモビリティを加速するための推奨事項」</p> <p><b>【継続中PJ】</b>「ML について-機械学習のライフサイクルの理解と透明性に関する注釈とベンチマーク」</p>

#### f-4: Google (政策提言)

Perspectives on Issues in AI Governance	
概要	<p>政府と市民社会グループの AI ガバナンスの議論への貢献を求めるホワイトペーパー発行</p> <p>Google は、2019 年、「Perspectives on Issues in AI Governance」を公表。自主規制・共同規制のアプローチが、不適切な AI 使用の抑制に貢献していると評価した上で、更に世界中の政府と市民社会グループの AI ガバナンスの議論への貢献を提言している。</p>
取組み概要	
政府および市民社会からのガイダンスが役立つ特定領域	<ul style="list-style-type: none"> <li>説明可能性の基準</li> <li>公平性評価</li> <li>安全性に関する考慮事項</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Human-AI コラボレーション</li> <li>・ 責任フレームワーク</li> </ul>
推奨事項	エンドユーザーのリスクが増加している分野(医療・健康、金融、道路交通、航空等)に関し、政府に対して、AI システムの責任問題に慎重なアプローチを推奨しつつ、セクターごとに新たな規制の検討を推奨。

#### f-5: その他団体

AI に関連する各種団体において、AI のガバナンスについて検討を進めている。

企業・文書名	取組みの概要
AI データ活用コンソーシアム	AI 活用のためのデータ基盤整備 AI 活用のためのデータ基盤の観点を中心として、AI 活用のためのデータ基盤の観点を中心として、AI 倫理に対するガバナンスおよび製造物責任の対応に関する検討を開始。
AI ビジネス推進コンソーシアム	AI 開発時における AI 倫理のガバナンス検討 2019 年 5 月、AI×倫理 WG を設置。AI 開発・活用において生じ得る倫理課題に関して、AI 開発におけるアカウントビリティ確立と、企業が AI 開発をガバナンスする為の仕組みを構築するため、AI 倫理課題に取り組むステップ、AI 開発の原則や、ガバナンス・コンプライアンスのルール等の策定を目指す。
AI プロダクト品質保証コンソーシアム	AI プロダクト品質保証ガイドラインを公表 AI 技術の活用・進化のさらなる促進と、AI プロダクトと社会との安心できる共生の実現を、社会全体で目指した活動を進めており、2019 年 5 月 AI プロダクト品質保証ガイドラインを公表(2020 年 2 月に改訂)
日本ディープラーニング協会	ユースケース紹介に係る書籍監修 「ディープラーニング活用の教科書」、「同(実践編)」監修。ディープラーニングが与えるインパクトについて、事例を基に解説し、DL の活用に向けた理解向上を図る取組等を推進。

#### (g)個別民間企業における取組み(個別企業におけるガバナンスの取組み)

AI の開発、利活用の当事者となる企業においても、AI に係るガバナンスの在り方の検討が進んでいるものの、ガバナンス体制を全社として整備している企業はあまり見受けられず、外部委員会の設置等の取組みが中心となっている。

企業・文書名	取組みの概要
ABEJA	AI 倫理に係る委員会設置 ABEJA は、2019 年 7 月 30 日、外部の有識者(研究者、弁護士、ジャーナリスト、技術者等)が倫理や法務的観点から討議する委員会「Ethical Approach to AI」を設立した。(ABEJA の)個別案件への助言や提言、社内の AI 利用原則・行動指針の策定を行う。
富士通	AI 倫理第三者委員会設置

	2019年9月30日、富士通グループは「AI倫理外部委員会」設置。2019年3月に策定した、AI倫理を含め、守るべき項目をまとめた「富士通グループAIコミットメント」に基づき、グループのAI倫理に関する第三者の客観的な評価を与える役割。
Yahoo	プライバシーに関する有識者会議(アドバイザリーボード)設置 2019年8月、プライバシーに関する施策やその透明性確保のための取組みをより良くしていくために、消費者保護やセキュリティなど、様々な分野の有識者から成る会議を設置。第1回会議では、プライバシーポリシー改定、Yahoo!スコアの今後の対応等について確認。
パナソニック	AI倫理委員会設置 パナソニックは社内専門家から構成されるAI倫理委員会を設置しAI導入に際しての配慮事項等をアドバイスできる仕組みを構築。また2020年AI原則策定予定。
Microsoft	AIの開発と活用の際の倫理的要件の公表 2016年4月、AIの開発と活用の際に重視すべき6つの倫理的要件(プライバシーとセキュリティ、透明性、公平性、信頼性、多様性、説明責任)を公表。

#### (h) 社会実装に向けた対応(総論)ガバナンスのまとめ

社会実装に向けた対応とは言え、まだ、指針レベルの内容が多いが、ガバナンスモデルについてある程度具体的に触れていた文書について、概要を再掲する。

ただし、欧州委員会では、AI倫理ガイドラインにおいて、倫理原則実装のための非技術的方法として、①規制、②行動規範、③標準化、④認証があることを示し、利害関係者とのAIシステムの仕様と影響に関する対話を求めることを推奨する。また、信頼可能なAIの評価に関しては、原則の項目別に、プロセスに係るチェックリストを整備し、公表、試行している。

更に、2020年2月に公表されたホワイトペーパーでは、AIへの規制対応を、リスクベースアプローチに従うべきとし、「ハイリスク」な分野で、重大なリスクを生じさせる可能性がある方法で使用されている場合に規制を検討する旨が述べられ、規定すべき事項として、教師データ、データと記録保管、情報提供、堅牢性と正確性、人間による監視、遠隔の生体認証目的での利用等特定のAI適用のための要件を挙げている。

欧州議会でも、ガバナンスフレームワークについて言及があり、原則ベースのガバナンスフレームワークとし、そのサポートツールとして影響評価があるとしている。ガバナンス構造は、いくつかの構造が挙げられるが、そのうち、自主規制、共同規制、国の介入が効果的な場合があるとしている。

AI Peopleでは、ガバナンスモデルとして、「SMARTな(スケーラブル、モジュラーで順応性があり技術に精通した)ガバナンスモデル」を提唱している。また、「監視を受ける自主規制」のアプローチを推奨している。

Partnership on AIでは、ケーススタディ集を発行したり、調査報告を発行したりするなどしている。Googleも政策提言として、政府や市民社会からのガイダンスが役立つ特定領域として、説明可能性の基準、公平性評価、安全性に関する考慮事項、Human-AIコラボレーション、責任フレームワークがあると述べている。また、エンドユーザーのリスクが増加している分野(医療・健

康、金融、道路、交通、航空など)については、AIシステムの責任問題に慎重なアプローチを推奨しつつ、分野ごとに新たな規制を検討することを推奨している。

以上の内容をまとめた表のとおりである。

ガバナンスを軸足とした対応では法規制の介入による範囲の検討、行動規範(共同規制・自主規制)の推奨、原則ベースのフレームワークと影響評価、柔軟性あるガバナンスモデル等が挙げられている。

ガバナンスタイプ	説明内容
法規制(国)の介入によるガバナンス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 「ハイリスク」な分野で、重大なリスクを生じさせる可能性がある方法で使用されている場合</li> <li>・ エンドユーザーのリスクが増加している分野(医療・健康、金融、道路、交通、航空など)で検討</li> </ul>
行動規範	共同規制・自主規制(監視を受ける自主規制)
標準	(技術的対応の項目に一部言及あり)
認証	具体的な記載なし
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原則ベースのガバナンスフレームワークとし、そのサポートツールとして影響評価</li> <li>・ SMARTな(スケーラブル、モジュラーで順応性があり技術に精通した)ガバナンスモデル</li> </ul>

### (iii) 主に技術に軸足を置いた対応

#### ① AIの特性と技術的課題

AIは、大量データから学習し、高精度の予測・認識を可能とする一方で、以下の課題があることが各種文献等で示されている。

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ディープラーニングについては、判断過程をヒトが完全に理解することはほぼ不可能であること。</li> <li>・ 説明可能性と精度にトレードオフの関係があり、説明可能性と精度の両立が困難であること。</li> </ul> |
|--|

しかし、一方で、AIを利用する事業者は、説明責任を果たすためにAIの判断の根拠を把握する必要となる場合がある。(例:医療診断で発見された疾病に対する治療方法を決定する場合等のAI判断結果を受けて対処を行う必要がある場合、その根拠を把握する必要がある。)

そこで、AIの判断結果に対する根拠把握や説明可能性のニーズに応えるため、「説明可能なAI(ホワイトボックスAI)」について、技術的アプローチの研究開発が進められており、以下、具体的な検討内容について説明する。

## ②説明可能な AI に係る検討

### (a) DARPA(アメリカ国防高等研究計画局)によるプロジェクト

DARPA(アメリカ国防高等研究計画局)では、高レベルの学習パフォーマンスを維持しながら、より説明可能なモデルを生成するとともに、最新の HCI 技術によってモデルをエンドユーザーが理解可能で有用な説明に翻訳する機会学習モデルの開発プロジェクトを推進している。

はじめに、DARPA では、AI の説明可能性について、ディープラーニングの様な自律システムを扱う場合と、特定の物体を抽出するような分類学習のようなケースに分け、前者については、アクション後のふるまいの説明が、後者については推奨された/されない理由の説明が必要であると整理している。

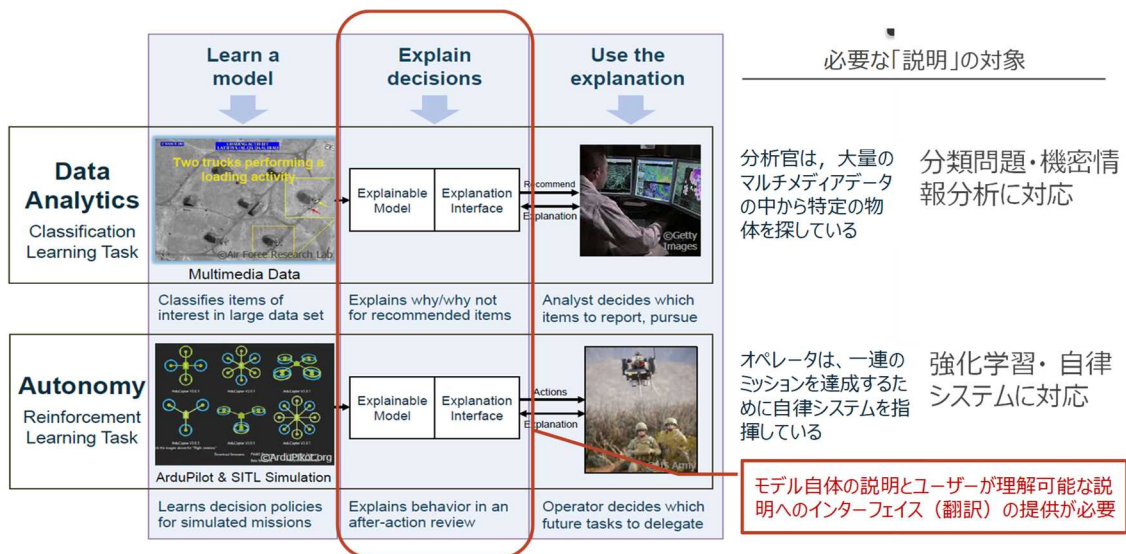


図 4-3-15. DARPA における AI の「説明可能性」の対象

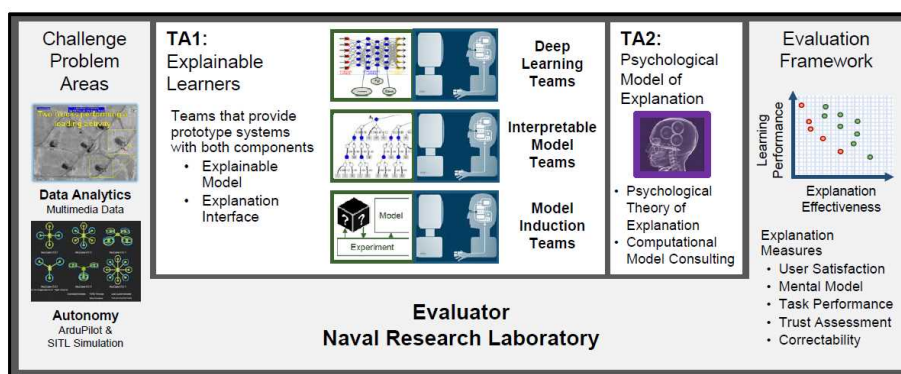
資料: DARPA の資料に NTT データ経営研究所加筆

その上で、機械学習に解釈性を与える具体的な技術的アプローチとして、3つのアプローチを提唱して、研究を進めている。

- Deep Explanation: 深層学習の状態解析によるアテンションヒートマップや自然言語説明生成等 Deep Learning 向け
  - ◇ 判断に影響を与えた要因を示すことでヒトの理解を助けるものの、完全に説明可能とするものではない。
- Interpretable Models: もともと解釈性の高いモデルを用いた機械学習(ホワイトボックス型の機械学習の精度を向上させる)
  - ◇ 必ずしもディープラーニングを用いないため精度が下がるものの、モデルや入出力の相関関係理解が容易
- Model Induction: ブラックボックス型の機械学習の振る舞いを近似する解釈性の高いモデルを外付けで作る
  - ◇ モデル非依存(モデルをブラックボックスとし、その根拠の透明化を図るものではない)手法

- モデルの入出力をより簡単で解析可能なモデルで再現する (additive feature attribution methods など). あるいは, 別のモデルで説明を生成する (caption generation) など

DARPA のプロジェクトは、「説明可能な AI」の他、「心理学的な説明モデル」についての検討も並行して進められている。また、説明可能な AI についても単一の手法の試行に留まらず、複数のアプローチを並行して検証している。



- **TA1: Explainable Learners**
  - Multiple TA1 teams will develop prototype explainable learning systems that include both an explainable model and an explanation interface
- **TA2: Psychological Model of Explanation**
  - At least one TA2 team will summarize current psychological theories of explanation and develop a computational model of explanation from those theories

図 4-3-16. DARPA プロジェクト全体像

資料: DARPA

DARPA が公表しているスケジュールによれば、既に上述のような AI については開発、および評価・結果分析を終え、二度目の試行フェーズに入っている。2020 年～2021 年に試行結果の分析結果に基づき、ツールの採用を開始する予定である。

#### (b) 理化学研究所革新知能統合研究センター

国内でも、理化学研究所が、一部領域にて、ブラックボックスといわれる AI の解析根拠をひも解き得る技術を開発している。また、AI が浸透する社会での倫理的・法的・社会的課題等に対応するため、人間社会に及ぼす影響の分析と対策の検討を進めている。

#### (c) 民間企業における取組み

民間企業では、パナソニック、Microsoft、NEC、富士通、日立製作所、NTT DATA、電通国際情報サービス等が、透明性や説明可能性を技術的に確保するための研究開発を推進。これらの技術は実際の事業においても採用。



### ③標準化活動

#### (a) NIST(米国国立標準技術研究所)

2019年8月に技術標準および関連ツールの開発への連邦政府の関与計画を公表。AI標準のフォーカス領域として以下の9領域を挙げている。

①コンセプトとターミノロジー、②データと知識、③人間とのやりとり、④メトリクス、⑤ネットワーキング、⑥パフォーマンステストとレポート方法論、⑦安全性、⑧リスクマネジメント、⑨信頼性

また、推奨される連邦政府の活動として、以下の4点を挙げている。

- 連邦機関間のAI標準関連の知識、リーダーシップ、調整を強化。
- 広範な信頼性が実務的に標準や標準関連のツールに取り込まれる方法の理解と広範な探査の推進を加速するため、フォーカスした研究を促進。
- 信頼可能な堅牢なAI開発へ向けて、AI標準及び関連ツールの開発と普及のための官民連携を拡大。
- 米国経済と国家セキュリティニーズの充足へ向けて、AI標準を国際的に進展させるために、戦略的に関与。

その他、以下に例示するような関連ツールの提供も行っている。

- AIトレーニング・適用に活用可能なデータセット:60,000例のトレーニングセットと10,000例のテストセットを提供
- 評価:参照データ配布やメトリクスの設計等、オープンな評価とベンチマークを提供
- メトリクス(指標):AIの評価指標(精度とリコール、平均精度、ミス率)の確立を支援

#### (b) ISOにおける取組み

ISOでは、2017年10月、AIに係る委員会(SC42)を設置、次のようなワーキンググループが設けられている。

WG1 基盤的標準/WG2 ビッグデータ/WG3信頼性/WG4 ユースケース/WG5 計算アプローチ/WG6AI ガバナンス

#### (c) IEEEにおける取組み

2016年4月よりテーマの洗い出しを開始し、合意したものから具体的な標準化活動を開始している。

<検討テーマ例>

倫理的設計のモデルプロセス/自律システムの透明性/データプライバシーのプロセス/アルゴリズムバイアス(差別)/子供と学生データのガバナンス/従業員データのガバナンス/パーソナルデータ AI エージェント/用語/人を倫理的につき動かす AI/AI のフェールセーフ設計/AI時代の幸福の指標/ニュース源の信頼性の特定と信頼性評価/機械可読な個人情報の合意

#### ④技術マネジメント

##### (a) 欧州委員会\_ETHICS GUIDELINE FOR TRUSTWORTHY AI

既に照会した欧州委員会の倫理原則においては、信頼可能な AI に関わる技術的な対応についても説明されている。

項目	技術的対応
信頼可能な AI	システムの動作に関して、システムが常に遵守すべき一連の「ホワイトリスト」ルール、システムが違反してはならない「ブラックリスト」制限、およびそれらの組み合わせ等により実現可能
学習機能を備えた AI システムへの対応（予想外の行動を示す可能性）	<p>“sense-plan-act”サイクルの全ステップで要件の考慮が必要</p> <p>(i) sense・・・要件遵守の確保に必要な全ての環境要素を認識できる様、開発する必要</p> <p>(ii) plan・・・システムは要件を遵守する計画のみを考慮する</p> <p>(iii) act・・・システムの行動は要件を実現する行動に制限される</p>
設計による倫理と法の支配（X-by-design）	<ul style="list-style-type: none"> <li>システムが尊重する必要のある抽象的な原則と実装との間で正確で明示的なリンクを設定。</li> <li>企業には、AI システムが負の影響を回避するために遵守すべき規範を特定する責任がある。</li> <li>AI は、プロセス、データ、結果のいずれのレベルでも安全である必要があり、敵の攻撃に対して堅牢に設計せねばならない。</li> <li>フェイルセーフシャットダウンのメカニズムを実装し、強制シャットダウン（攻撃など）後の再開操作を有効にする必要がある。</li> </ul>
説明方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>システムが特定の方法で動作し、特定の解釈を提供した理由を理解できる必要がある。</li> <li>技術的に未解決の課題だが、システムの動作をユーザーに説明するだけでなく、信頼できる技術を展開するためにも不可欠である。</li> </ul>
テストと検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>システムのテストと検証は可能な限り早期に行われ、全てのコンポーネントを含める必要がある。</li> <li>データ処理の検証のためには、十分に理解され予測可能な範囲内で安定性、堅牢性、動作を確保するために、トレーニングと展開の両方で、基礎となるモデルを監視する必要がある。</li> <li>意図的にシステムを「破って」脆弱性を見つけようとする信頼できる多様な「レッドチーム」による攻撃テスト、およびシステムエラーと弱点を検出して責任を持って報告する外部者を動機付ける「バグバウンティ」等を検討することが考えられる。</li> </ul>
サービス品質指標	<ul style="list-style-type: none"> <li>AI システムに対して適切なサービス品質指標を定義して、セキュリティと安全性を考慮してテストおよび開発されているかどうかをベースラインで理解できるようにする。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>これらの指標には、アルゴリズムのテストとトレーニング、および機能、パフォーマンス、使いやすさ、信頼性、セキュリティ、保守性の従来のソフトウェアメトリックを評価するための手段が含まれる。</li> </ul>
--	--

## ⑤AI の品質保証に関する取組み

### (a) 産業総合研究所

産業総合研究所では、機械学習ソフトウェアの品質保証の体系化・社会システム化を目指した取組を推進している。品質評価ガイドラインの作成や評価テストベッドの開発を進める予定である。

**品質評価ガイドライン**は、AI の品質を管理するための革新的技術の開発と手続きを確立すべく策定を図っているもの。

さらに、品質評価ガイドラインを参照として応用分野別の品質を定義するとともに、各分野特性を考慮し、品質評価プロセスをシステム化する**評価テストベッド**を開発する予定である。また、テストベッドで使用する品質評価技術についても同時に開発する予定である。

## ⑥社会実装に向けた対応(総論)技術のまとめ

技術に軸足を置いた検討では、主に説明可能性についての検討が進められ、米国 DARPA による研究結果等を中心に完全な説明可能性ではないものの、一定の説明可能性を付与する取組みが中心となりつつあるように見受けられる。

但し、どこまでのテストが必要か、どのようにサービス品質を定義し、評価するか、といった事項については、検討がされており、更に検討を進める、あるいは、検討結果を広めていくことが必要と考えられる。

### (iv)社会実装に向けた対応(各論・分野別)

社会実装に向けた対応のうち、分野別の検討は、まだ十分に進められている状況ではない。工業分野、医療分野、金融分野等で一部議論されているものの、多くは問題指摘にとどまり、実装の具体的対応にまでは至っている状況ではない。技術的対応に関しては、ホワイトボックス型 AI 等の対応が見受けられるものの、ガバナンスに関しては、今後の整理が必要な状況にある。

		ガバナンス方法に軸足を置いた議論	技術的対応に軸足を置いた議論
分業別の 対応検討 一部の 議論開始	工業分野	特筆すべき議論なし	<b>民間企業</b> <b>NEC</b> 石油化学プラント向けに、 <b>ホワイトボックス型AIにより復旧手順を示すソリューション開発。</b> <b>SKYDISC</b> 不良品発生の予測AIにおいてその判断根拠を示す <b>「説明可能なAI」の実装を試行。</b>
	医療分野	<b>行政機関</b> <b>FDA</b> 米国食品医薬局は、診断結果が想定外の答えを出すリスクを回避するため、自己学習によるアルゴリズム変更が制限された製品のみを許可。 <b>Fda</b> 医薬品医療機器総合機構は、AI診断システムの継続的性能変化の特性を踏まえ、AIに対する <b>医師の理解・活用能力の必要性を指摘。</b>	<b>民間企業</b> <b>HITACHI</b> AIの判断過程で投薬・病歴等の因子がどの程度重視されたかを表示するソリューションを開発し、患者に対するインフォームドコンセントに活用。
	金融分野	<b>国際機関</b> <b>FSB</b> 金融安定理事会は、与信決定におけるバイアス、審査透明性等の課題を指摘。 <b>研究機関</b> <b>日本銀行金融研究所</b> アルゴリズム取引の監査・解釈可能性の欠如の課題を指摘。アルゴリズム取引の責任については金商法で一定の法的対応措置を実施。	<b>行政機関</b> <b>FCA</b> 英国金融行動監督庁は、スコアリングモデルに係る <b>顧客へ説明可能性への解決策として、ホワイトボックス型ではなく、リバースエンジニアリングによることを方針とする旨の言及。</b>

図 4-3-17. 分業別の対応状況

①主にガバナンスに軸足を置いた議論

(a)医療分野

a-1: FDA

米国食品医薬局は、診断結果が想定外の答えを出すリスクを回避するため、自己学習によるアルゴリズム変更が制限された製品のみを許可している。

a-2: 医薬品医療機器総合機構

AI診断システムの継続的性能変化の特性を踏まえ、AIに対する**医師の理解・活用能力の必要性を指摘。**

(b)金融分野

b-1: 金融安定理事会

与信決定におけるバイアス、審査透明性等の課題を指摘。

b-2: 日本銀行金融研究所

アルゴリズム取引の監査・解釈可能性の欠如の課題を指摘。アルゴリズム取引の責任については金商法で一定の法的対応措置を実施。

②主に技術に軸足を置いた議論

(a)工業分野

a-1: 日本電気

石油化学プラント向けに、ホワイトボックス型 AI により復旧手順を示すソリューションを開発している。

a-2: SKYDISC

不良品発生の予測 AI においてその判断根拠を示す「説明可能な AI」の実装を試行している。

(b) 医療分野

b-1: 日立製作所

AI の判断過程で投薬・病歴等の因子がどの程度重視されたかを表示するソリューションを開発し、患者に対するインフォームドコンセントに活用。

(c) 金融分野

c-1: 英国 FCA(金融行動監督庁)<sup>①</sup>FCA Insight\_The Explaining why the computer says ‘no’

2019 年 3 月、FCA は、「FCA Insight\_The Explaining why the computer says ‘no’」において、アルゴリズムに係る説明可能性に関して、技術的な対応可能性や、主体やケースごとの説明の要求レベルを踏まえ、「解釈可能性」に焦点を当てて現実的な対応策をとることを提案している

<sup>13</sup>。

現状認識	<ul style="list-style-type: none"><li>金融業界はビッグデータと AI の革命期にあり、将来、我々は機械学習を使用して、より情報に基づく意思決定をしていくと期待される。最も有力な機械学習のモデルは定義された構造に欠けており、それらは「ブラックボックス」として述べられる。</li><li>一方で、顧客から、ローン等の採否に係る説明の要求も増している。</li></ul>
課題	<ul style="list-style-type: none"><li>インプット(データ)を観察でき、アウトプット(予測もしくは決定)を見ることができるものの、それらが導出された構造について完全には説明することができないかもしれない。</li><li>見込まれる説明の必要性を満足させつつ、より効果的な決定をするために機械学習の力を活かすことは可能か？</li></ul>
現状の説明可能性	<ul style="list-style-type: none"><li>説明を改良する努力は可能である。</li><li>ただし、「説明の要求を満たす能力」と、「妥当な時間とコストでより正確な予測を提供する能力」との間にトレードオフがある可能性がある。</li></ul>
筆者の案	<ul style="list-style-type: none"><li>「十分な解釈可能性」に焦点を当てるべき。</li><li>需要と供給が一致し、社会が機械学習の利点と AI の一般的なバランスと、その予測と決定を理解する必要性との間の適切なバランスを見つけること。</li><li>このバランスがどこにあるかは、透明性と AI の進歩に対する要求が加</li></ul>

<sup>13</sup> FCA のウェブサイト上、インサイトとして示されたものであり、FCA の課題意識等を示すものであるが、FCA の今後の方針を示すものではない。

	速するにつれて、激しい議論の対象となるだろうし、説明が必要な主体やユースケースにも大きく依存する場合がある。
--	--

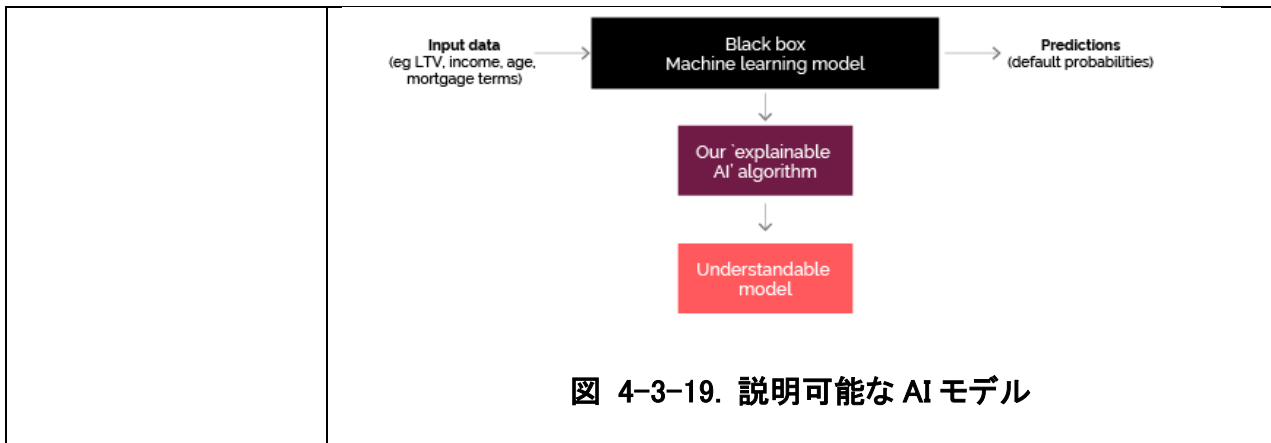
また、アルゴリズムに係る望ましい説明の程度は、①アルゴリズムにより行った「決定」のタイプ、②関係する利害関係者という要因に依存する可能性がある。

分類	説明
(a) 決定の種類	<p>決定が個人にとって重要であり、自らの行動を変えることによって結果に影響を与える範囲がある場合、説明に対する関心は特に高くなる。(例: 採用アルゴリズム)</p> <p>説明は、決定が公平であると安心させる、もしくは後続のアプリケーションを改善するのに役立つ。</p> <p>場合によっては、法律自体がある程度の説明可能性を規定することがある。米国では、クレジットスコアとクレジットアクションは、「Equal Credit Opportunity Act」の対象となっているため、信用格付け会社と貸し手は、否決の場合に借り手に特定の理由を提供することが求められる。</p> <p>そのため、一部のモデル駆動型の決定には、正当化に対する大きな要求が伴うこととなる。ただし、他の重要なアプリケーションでは、説明可能性はそれほど重要ではなく、パフォーマンスが主な関心事となっている。</p> <p>ブラックボックスの内部動作を特定することは、優先事項ではない。</p>
(b) 関係する利害関係者	<p>特定の決定であっても、説明可能性は、利害関係者によって、全く異なる「説明」を期待する場合がある。</p> <p>○融資の借入希望者の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ リテラシーの高い人でも、アルゴリズムの複雑で高度に非線形なシステムの本格的な説明よりも、彼女の特定のケースで決定を下した理由の短い要約を好む可能性がある。</li> <li>・ 推定デフォルトリスクを高めた主な要因は何か？ 次回承認されるには何を更改する必要があるのか？ 等の「解釈可能性」が焦点になる。</li> <li>・ 即ち、それは、一般的に、関心のある利害関係者がモデル駆動型の意思決定の主な要因を理解できることを意味する。</li> </ul> <p>○モデルの決定に責任を負う金融機関の上級管理者の場合</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>モデルに係る、より多くの理解を要求し、適切なテストとコントロールが実装されていることを確認する必要がある。</li> </ul> <p>○規制当局</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>効果的な説明責任自体がシステム全体に適用されているという証拠、つまり、「ユースケースと、それに関係する利害関係者に適切であるということ」を意味するかもしれない。</li> </ul>
--	---

また、説明可能性に係る技術的アプローチとして、(a)「設計による解釈可能性」と(b)「リバースエンジニアリングの説明機能」の2つの方法を説明している。後者の方が予測精度は低下するものの、解釈可能性を実現することができる。但し、説明可能性アルゴリズムには制約があり、最終的な説明ではなく、ブラックボックスプロセスに対する示唆的または例示的な洞察のみを提供できる可能性があることに注意が必要である。

技術的アプローチ	方法
(a) 設計による解釈可能性	<p>最初から簡単なモデルを作成する。 例：線形モデルまたはロジットモデル、複雑ではない決定木</p> <p>このアプローチは、説明可能な出力を保証するものの、多くの場合は、予測精度の低下につながる。 例：深層学習は、一部の設定では予測上の大きな利点の原因となるが、これにはあてはまらない。</p> <pre> graph TD     A[Weight of car &gt;2000kg?] -- True --&gt; B[Low fuel consumption]     A -- False --&gt; C[Engine power &gt;100bhp?]     C -- True --&gt; D[High fuel consumption]     C -- False --&gt; E[Low fuel consumption]   </pre> <p style="text-align: center;"><b>図 4-3-18. 決定木モデルによる予測設計</b></p>
(b) リバースエンジニアリングの説明要因	<p>機械学習モデルの複雑さを制限せず、アルゴリズムを適用して、それらがどのように機能するかを解釈する。</p> <p>多数の決定ツリーを同時に構築し、これらのツリーの集約に基づいて予測を作成するもの。</p> <p>このモデルは予測精度の点では優れているが、その結果を簡単に説明することは困難。そこで、説明可能性アルゴリズムを使用して、機械学習モデルの個々の予測を駆動した「要因」を特定する。</p>



このインサイトの結論として、「FCA とイングランド銀行のチームによる今後の共同作業は、この(リバースエンジニアリングの説明)アプローチを示していく」とされている。(借り手の延滞予測等)

最後に、FCA は、AI が生活のあらゆる側面に浸透し、モデルを説明できるようにすることが求められていることを受け、説明可能性の需要と供給が満たされる「十分な解釈可能性」に焦点を当てることを提案している。

「十分」とは、説明可能性には、コストを伴うという事実を反映しており、絶対的ではなく、一部の設定(および一部の利害関係者)では他の設定よりも高く評価されるものである。また、「解釈可能性」とは、意思決定を説明するための最も有用で実用的な方法の 1 つが、多くの場合、単に主要なドライバーを明確にすることであるという考えを捉えている。

異なる設定において期待される解釈可能性のレベルと、これを達成するためにどのようにトレードオフを考慮していくかを徐々に明らかにしていくことになる。

c-2: 英国 FCA②\_FCA Insight\_The advent of AI is not just a matter for the technicians, those at the very top of firms must take responsibility for the big issues

2019 年 8 月、FCA は、「FCA Insight\_The advent of AI is not just a matter for the technicians, those at the very top of firms must take responsibility for the big issues」において、AI によりもたらされる問題を、倫理、説明可能性、透明性、責任に分類し、それぞれに係る事業者側に求められる対応を提示している。

項目	対応案
倫理	<p>倫理的な決定はビジネスでは新しいものではないが、AI によって複雑さという新たな側面がもたらされる。--機械ができるからといって、そうすべきか？ マシンは過去の人間の決定から不適切な行動を学習してしまわないか？</p> <p>モデルとアルゴリズムの時代に機械を監督することで、新たな責任と役割が生まれた。</p> <p>特に、AI の倫理的使用とは何かについて合意に達していないため、AI における正しいことと間違っていることの差異は、より微妙なものである可能性がある。</p>



	<p>AI を採用するには、より多くのユーザー調査が必要になる場合があり、難しい議論が必要である。</p> <p>他の業界では、倫理委員会は、この種の議論において、「弱者」の人々に貢献したが、有力な人々には説明責任が課されている。</p>
説明可能性	<p>AI で使用されるコーディングアプローチのうち、いくつかのものは、結果の説明を困難にする可能性がある。</p> <p>FCA の過去の Insight の記事では、この問題に対処し、「十分な」説明可能性が最終的なターゲットであるべきだと提案した。しかし、もちろんこれは、人間が「十分な量」を決定する必要があることを意味する。</p> <p>そのタスクは最終的に取締役会に委ねられるべきであり、取締役会メンバーは彼らにとって「十分な」とはどういう意味なのか、またそれが消費者にとって何を意味するのかについて定義すべきである。</p> <p>企業が AI の使用のあらゆる側面を完全に理解していないことを認め、説明を求めるため、自信と誠実さが必要となる。</p>
透明性	<p>透明性は説明可能性とは大きく異なるものである。</p> <p>企業が AI の使用に関して透明性を保つには、顧客が意思決定に関与している時期、関与方法、関与の主体を知る必要がある。また、顧客は AI に入力されている個人データについて、明確かつ明示的に通知する必要があり、その同意は絶対的要件である。</p> <p>AI システムのみを使用して意思決定することが可能か否かについてはさらに疑問が生じる。--消費者が個人データの AI 分析を拒否した場合の対応(代替手段がない場合、顧客を不当にその商品から除外することになるか否か?)</p> <p>透明性のある同意の提供は、開発中のトピックである。しかし、顧客は、事業会社がこれらの問題をどのように処理するかに基づいて判断するため、その重要性は「管理」の問題から、「取締役会の意見を必要とする重要なビジネス上の決定」へと移行している。取締役会が関与しなければならないのは、透明性に関与するアプローチと、その詳細レベルを設定することであり、それらに、組織の価値が反映される。</p>
責任	<p>取締役会は、AI 使用によって、従来のビジネスモデルにおける責任の遂行方法が変わる可能性があることに留意する必要がある。</p> <p>取締役会は、AI を含むサービスに対する責任が、AI を使用してサービスの有用性を高めることにより、企業は意図しない大きな責任を負うことにならないか等、潜在的に変化する性質を有する点に注意を払う必要がある。</p> <p>AI システムの到来には、ビジネスの最上位での真の理解と真の関与が必要になる。最高の取締役会は、倫理、説明可能性、透明性、責任のこれらの問題に対する彼らの立場とアプローチを意識的かつ公然と議論し決定する。</p>

### ③社会実装に向けた対応(各論・分野別)のまとめ

分野別の社会実装に向けた検討は、まだ十分になされている状況ではない。

技術分野では、実証等を含め、既にサービスとして既に提供開始されている部分があるものの、ガバナンスに軸足を置いた対応については、分野別ではあるものの、まだ分野における課題認識を整理するなどにとどまっている。

#### 3-2-4-3-8. 実施成果

本件調査の結果は、「GOVERNANCE INNOVATION Society5.0 の実現に向けた 法とアーキテクチャのリ・デザイン」としてとりまとめられ、調査実施期間中に、OECD カンファレンスにて同報告書について経済産業省より説明を行う等、国際的にも成果の訴求を図っている。

#### (1)OECD カンファレンスにおける発表

2020年1月13日から14日にパリで開催された「OECD Global Conference on Governance Innovation: Towards Agile Regulatory Frameworks in the Fourth Industrial Revolution」<sup>14</sup>において、経済産業省担当官が報告書(案)「GOVERNANCE INNOVATION: Society5.0 の時代における法とアーキテクチャのリ・デザイン」のプレゼンテーションを行った。新たなガバナンスモデルと新技術の関係性や、規制のみではなく、市場や個人との対話を含む相互作用のメカニズムによるガバナンスの在り方等の検討が必要である旨が説明された。当日のアジェンダは以下の通りである。当該プレゼンテーションは DAY2 の Session 5.において実施された。

表 4-3-9. OECD カンファレンス議事次第

DAY 1 (1月13日)		AGILE REGULATORY FRAMEWORKS
09:00- 10:00		Opening Session  <b>Presenters:</b> Paola Pisano, Minister for Technological Innovation and Digitization, Italy & Keita Nishiyama, Director-General for Commerce and Information Policy Bureau, Ministry of Economy, Trade, and Industry, Japan
10:00- 11:30		Session 1. Anticipatory regulatory policy and governance approaches How are governments identifying the regulatory implications of emerging technologies and driving reforms? How can governments break regulatory silos and align their institutions to meet the challenges raised by emerging technologies?  <b>Moderator:</b> Dirk Pilat (Deputy Director, OECD Directorate for Science, Technology and Innovation)  <b>Panelists:</b> - David Winickoff (Senior Policy Analyst, Science and Technology Policy Division, STI, OECD) - Nikolai Malyshev (Head of

<sup>14</sup> <https://www.oecd.org/innovation/oecd-global-conference-on-governance-innovation.htm>

	<p>Regulatory Policy Division, GOV, OECD) – Masakazu Masujima (Attorney &amp; Partner, Mori Hamada &amp; Matsumoto) – Jaee Samant (Director General for Market Frameworks, Department for Business, Energy &amp; Industrial Strategy, United Kingdom) – Asa Johansson (Assistant Director, Structural Surveillance Division, ECO, OECD)</p>
12.00– 13.30	<p>Session 2. Outcome-focused governance and regulatory approaches How can governments develop more principles-based regulation, matched with sectoral oversight? What can be expected from co- and self-regulation?</p> <p><b>Moderator:</b> Miguel Amaral (Senior Policy Analyst, Regulatory Policy Division, GOV, OECD)</p> <p><b>Panelists:</b> – Sébastien Soriano (Chairman, French Telecom Regulator) – Ruth Steinholtz (Managing Partner, AretéWork) – Pierre Habbard (General Secretary, Trade Union Advisory Committee of the OECD)</p>
15.00– 16.30	<p>Session 3. Experimental governance and regulatory approaches How are governments supporting the testing and trialling of emerging technologies with innovative approaches? How should risk based approaches evolve with new technological risks and challenges?</p> <p><b>Moderator:</b> Audrey Plonk (Head of Digital Economy Policy Division, STI, OECD) <b>Panelists:</b> – Molly Leshner (Senior Policy Analyst, Digital Economy Policy Division, STI, OECD) – Professor Gary Coglianese (Edward B. Shils Professor of Law and Professor of Political Science, United States) – Geoff Mulgan (Former Chief Executive Officer, Nesta) – Lorenzo Allio (Senior Policy Analyst, European Risk Forum)</p>
17.00– 18.30	<p>Session 4. Addressing the transboundary challenges raised by emerging technologies How can governments pursue international regulatory cooperation to support the adaptation of regulatory frameworks?</p> <p><b>Moderator:</b> Céline Kauffmann (Deputy Head of Regulatory Policy Division, GOV, OECD)</p> <p><b>Panelists:</b> – Belinda Cleeland (Head of Research and Innovation, International Organization for Standardization) – Professor Theodore Christakis (Professor of International and European Law, University Grenoble Alpes, France) – Laura Navaratnam (Manager, Innovation Hub, Financial Conduct Authority, United Kingdom) – Bruce Randall (Senior Director, Centre for Regulatory Innovation at the Treasury Board of Canada Secretariat)</p>

DAY 2 (1 月 14 日)

USING NEW TECHNOLOGIES TO ACHIEVE BETTER OUTCOMES AND ACCOUNTABILITY

9.30–  
11.00

Session 5. Improving compliance through data and AI

What are the values of data and algorithms in compliance? What risks should be monitored in what time scale and how? How can governments seize the opportunities offered by digital technologies such as real-time monitoring and AI-driven decision making to improve enforcement activities?

**Moderator:** Barbara Ubaldi (Deputy Head of Division, Public Sector Reform Division, GOV, OECD)

**Panelists:** – Hiroki Habuka (Attorney & Deputy Director, Ministry of Economy, Trade, and Industry, Japan) – Srikanth Mangalam (President, Public Risk Management Institute) – Anne Yvrande-Billon (Vice-President, French Transport Regulatory Body) – David Sadek (Vice-President, Research, Technology & Innovation, Thales)

11.30–13.00

Session 6. How do we manage liability and accountability in an AI-driven world?

What is the liability risk from algorithmic decision-making? To what extent can the liability risk of algorithmic decision-making be reduced? How can it be achieved?

**Moderator:** Professor Georg Borges (Professor, Saarland University, Germany) **Panelists:** – Tatsuhiko Inatani (Associate Professor in Criminal Law, Kyoto University, Japan) – Mona Chammas (Attorney & Integrity Director, Govern & Law) – Christoph Steck (Director Public Policy & Internet, Telefonica) – Katja Schechtner (Advisor for Innovation and Technology, International Transport Forum, OECD)



図 4-3-20. OECD Global Conference on Governance Innovation の様子<sup>15</sup>

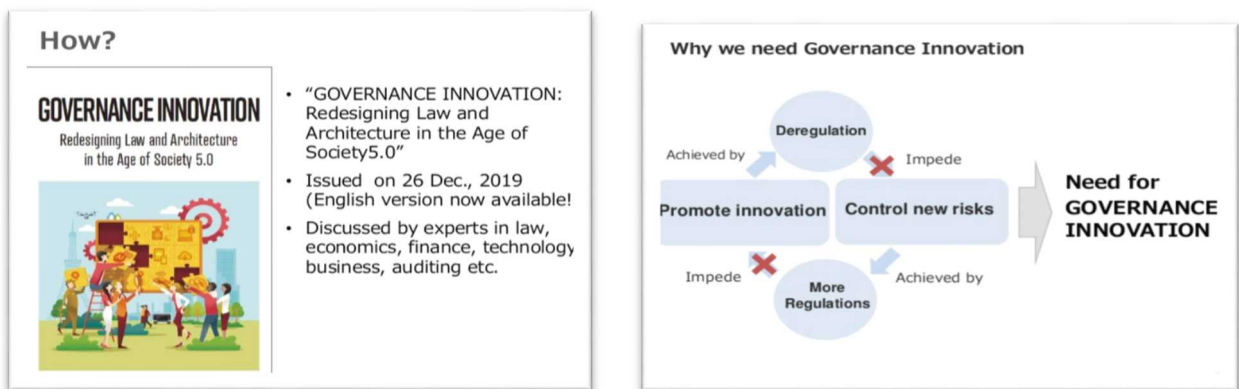


図 4-3-21. 報告書(案)「GOVERNANCE INNOVATION: Society5.0 の時代における法とアーキテクチャのリ・デザイン」の発表資料(一部)<sup>16</sup>

<sup>15</sup> <https://www.flickr.com/photos/157634354@N07/sets/72157713238667766/>

<sup>16</sup> <https://www.slideshare.net/OECD-GOV/hiroki-habuka-session-5>

### 3-2-4-4. 円滑なデータ流通促進のための事業環境整備に関する検討

(実施先：一般財団法人日本情報経済社会推進協会)

#### 3-2-4-4-1. 調査の概要と実施計画

「Connected Industries 推進のための協調領域データ共有・AI システム開発促進事業」はデータ共有等の協調領域の最大化と、最先端の AI 技術を用いたデータ利活用の拡大により、AI・データエコシステムを創出し、Connected Industries 施策を加速させることを目的としている。こうしたエコシステムの形成のために、2016 年度から IoT 推進コンソーシアムのもとに設置されたデータ流通促進ワーキンググループ(以下、データ流通促進 WG)において、具体的なユースケースに基づくデータ利活用の課題解決のための議論が継続して行われてきた。データ流通促進 WG の議論を基にカメラ画像利活用ガイドブック等が策定された。また、2018 年 5 月には個人情報保護法が改正されるとともに、2019 年 1 月には、日本と EU 間の相互の円滑な個人データ移転を図る枠組みが発効されるなど、個人情報やプライバシー等に配慮した、国内外横断したデータ利活用等についての制度面の整備が進んでいる。

本調査事業では、以上のような背景を踏まえ、データ共有・AI システムをはじめとしたデータ活用ビジネスの拡大に向けて、円滑なデータ活用流通促進のための事業環境整備を推進することを目的に、データ利活用促進等に関する調査、個人情報やプライバシー等保護の技術に関する調査、カメラ画像利活用ガイドブックの普及に関する調査、安全なデータ流通促進における国内外動向調査の、4 つの調査事業を実施することとした。

#### 3-2-4-4-2. 調査の内容と目標

本調査事業では、データ利活用促進等に関する調査、個人情報やプライバシー等保護の技術に関する調査、カメラ画像利活用ガイドブックの普及に関する調査、安全なデータ流通促進における国内外動向調査の、4 つの調査事業を、以下の通り実施することとした。

##### 【検討の内容】

##### 1) データ利活用促進等に関する調査

データ流通促進 WG 等を活用し、事業者からのヒアリングにより、データを保有する事業者がデータの利用を希望する事業者にデータを提供する際の課題の抽出、整理および課題解決に向けた施策について議論を行い、議論の結果を報告書にまとめる。

##### 2) 個人情報やプライバシー等保護の技術に関する調査

安全なデータ流通を促進することを目的とした個人情報やプライバシー等保護(技術含む)に着目した会議体を設置し、現状の課題等を抽出するとともに、我が国において、遵守すべき制度を踏まえ、個人情報やプライバシー保護等の技術や手法を適用する際に必要となる事項、及び普及・定着させるための方法等を明らかにする。

##### 3) カメラ画像利活用ガイドブックの普及に関する調査

2018(平成 30)年 3 月 30 日に IoT 推進コンソーシアムから公表された「カメラ画像利活用ガイドブック ver2.0」の普及促進を目的とした「カメラ画像利活用普及セミナー(仮称)」を都内近郊で 1 回程度開催する。

#### 4)安全なデータ流通促進における国内外動向調査

上記 1)~3)を実施するにあたり、国内外の関連する事例、法制度、技術、標準化等についての動向を調査する。

##### 3-2-4-4-3. 調査の成果

本調査事業では、データ利活用促進等に関する調査、個人情報やプライバシー等保護の技術に関する調査、カメラ画像利活用ガイドブックの普及に関する調査、安全なデータ流通促進における国内外動向調査の、4 つの調査事業を、以下の通り実施した。

#### 【成果】

##### 1)データ利活用促進等に関する調査

データ流通促進 WG 等を活用し、事業者からのヒアリングにより、データ流通・利活用の際の課題の抽出、整理および課題解決に向けた施策について議論を行い、議論の結果をまとめた。具体的には、「カメラ画像のマルチユース」「カメラ画像を用いたポイント付与とサービス提供」のケースについて議論を行い、報告書に取りまとめると共に、「新たなデータ流通取引に関する検討事例集 ver2.0 第一分冊」(総務省、経済産業省、2020 年 9 月 30 日公表:

<https://www.meti.go.jp/press/2020/09/20200930006/20200930006.html>)の中にも掲載し、検討内容を事業者に広く参照いただけるように努めた。

##### 2)個人情報やプライバシー等保護の技術に関する調査

「企業のプライバシーガバナンスモデル検討会」を設置し、計 4 回の検討会を実施した。Society5.0 にむけてイノベーションが加速する中で、プライバシーの分野においても企業のプライバシー保護への要請が高まっている状況を踏まえ、新たな事業にチャレンジしようとする企業が、プライバシー問題について能動的にマネジメントし、ひいては新たな事業の円滑な実施に不可欠な信頼の獲得に繋がるプライバシーガバナンスの構築に向けて、まず取り組むべきことを、「DX 企業のプライバシーガバナンスガイドブック ver1.0(案)」として取りまとめた。こちらの案を基に、2020 年度、経済産業省において更なる意見交換を行った上で、パブリックコメントが実施され、2020 年 8 月 28 日に「DX 時代における企業のプライバシーガバナンスガイドブック ver1.0」としてリリースされた

(<https://www.meti.go.jp/press/2020/08/20200828012/20200828012.html>)。

##### 3)カメラ画像利活用ガイドブックの普及に関する調査

「カメラ画像利活用ガイドブック ver2.0」の普及促進を目的とした「カメラ画像利活用セミナー」を、2019 年 9 月 17 日にベルサール東京日本橋にて開催した。当日は IT ベンダー、小売、不動産、メディア等、130 名を超える参加者に来場いただいた。

## カメラ画像利活用セミナー 当日のプログラム

① 開会挨拶
総務省 総合通信基盤局 電気通信事業部 消費者行政第二課 経済産業省 商務情報政策局 情報経済課
② カメラ画像利活用ガイドブック・事例集のご紹介
事務局より、カメラ画像利活用ガイドブック及び事例集の紹介
③ 【企業プレゼンテーション】カメラ画像等データ活用で変わる生活
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 『リアルストアにおけるカメラ活用事例』 古賀輝幸氏(トライアルグループ 株式会社ティー・アール・イー 代表取締役社長)</li> <li>● 『ファミリーマート佐江戸店におけるカメラ・センサー取得データの利活用の可能性』 宮下卓也氏 (パナソニック システムソリューションズ ジャパン株式会社 ストアビジネスソリューションズ株式会社 代表取締役社長)</li> <li>● 『カメラを活用した街のセンシング』 徳島 大介 氏 (日本電気株式会社 デジタルトラスト推進本部 マネージャー)</li> </ul>
④ 【セッション】生活者との相互理解構築のために配慮すべきこと
<p>(モデレータ)</p> <p>菊池 浩明氏(明治大学 総合数理学部 先端メディアサイエンス学科 教授)</p> <p>(登壇者)</p> <p>板倉 陽一郎氏(ひかり総合法律事務所 弁護士)</p> <p>古谷 由紀子氏 (公益社団法人日本消費生活アドバイザー・コンサルタント・相談員協会 監事)</p> <p>若目田 光生氏(一般社団法人データ流通推進協議会 理事、 株式会社日本総合研究所 上席主任研究員)</p> <p>古賀 輝幸氏(トライアルグループ 株式会社ティー・アール・イー 代表取締役社長)</p> <p>宮津 俊弘氏(パナソニック株式会社 コネクティッドソリューションズ社 IT 革新推進部 パーソナルデータ利活用推進担当 主幹)</p> <p>徳島 大介氏(日本電気株式会社 デジタルトラスト推進本部 マネージャー)</p>

開催後に、カメラ画像利活用ガイドブックの説明資料や、パネルディスカッションの様子のレポートを、IoT 推進コンソーシアムホームページ上から公表し、広く啓発を図った。

( <http://www.ilotac.jp/wg/data/camera/> )

#### 4)安全なデータ流通促進における国内外動向調査

NIST のプライバシーフレームワークの調査、要約を行うとともに、関連する ISO の標準化状況等、諸外国におけるプライバシー保護に関する議論の状況を調査し、報告書に取りまとめた。



### 3-2-4-5. AI Quest(課題解決型 AI 人材育成事業)に関する調査事業

(実施先:株式会社ボストン・コンサルティング・グループ、株式会社 SIGNATE、株式会社 zero to one)

#### 3-2-4-5-1. 調査の概要と実施計画

(概要)

- 本事業では、ビジネスの知識を備え AI 技術などを用いて、企業の抱える課題を解決することのできる人材(課題解決型 AI 人材)の育成方法として、実践的な学習形式(Project-Based Learning(以下、PBL))が有効か、実証実験を通して調査・検証した。

(実施計画)

- 調査テーマ① AI 技術等の実践的スキル習得に効果的な教材のあるべき姿についての調査にあたっては、以下の実施計画を基に調査を行った。
  - あるべき「教材」の要件定義に関しては、国内外の先進事例調査や「未来の教室」創出事業からの示唆抽出等、多面的に調査を行う。
  - 教材テーマ(案)に関しては、弊社に在籍する各産業のエキスパートや中小企業へのインタビューを行い、可能な限りリアルなものを作成する。
  - 教材(案)は、地方企業・地方自治体等との緻密な議論を経て作成する。また、以上 3 つの論点すべては、実証事業の結果、WG/検討会/評価委員会における有識者他との議論から得られた示唆を踏まえてアップデートする。
- 調査テーマ② 実践的な学習形式を通じた AI 技術等を活用する人材の育成に効果的な PBL 手法及び運営メソッドのあるべき姿についての調査では、以下の実施計画を基に調査を行った。
  - あるべき姿に関しては、国内外の先進事例調査や「未来の教室」創出事業からの示唆抽出等、多面的に調査を行う。
  - 調査から明らかになったあるべき論を、実証事業での結果や、WG/検討会/評価委員会で有識者他との議論を踏まえてアップデートする。
- 調査テーマ③ 実践的な学習形式を通じた AI 技術等を活用する人材の育成に効果的な PBL 運営の場(オンライン)のあるべき姿についての調査では、以下の実施計画を基に調査を行った。
  - あるべき「PBL 運営の場(オンライン)」の要件定義に関しては、調査テーマ①②採択事業者と連携しながら、国内外の先進事例調査や弊社が提供している AI・データ分析コンペティションプラットフォーム「SIGNATE」及び AI・データ分析学習プラットフォーム「SIGNATE Quest」の運営からの示唆抽出等、多面的に調査を行い、仮説を整理する。整理した仮説の通り、PBL 運営の場(オンライン)を構築する。その際、「SIGNATE」及び「SIGNATE Quest」の機能やシステムをベースとすることで開発工数を最小限に抑えつつ、実証事業に耐えうるクオリティを担保する。

- 実証事業の結果、調査テーマ①②採択事業者からのフィードバック等を踏まえて課題等を抽出し、アップデートに向けて要件整理を行う。

### 3-2-4-5-2. 調査の内容と目標

#### (概要)

- 国内外の先行事例調査から得られた示唆を教材、教育手法、オンライン環境の3つの観点で整理したものを、ワーキンググループで議論し、検証すべき仮説をまとめた。
- 実証実験では、実践的な教材を9本準備、プログラミング初学者を含む約200名の受講生をグループ(個人、チーム)、コース(1.5か月×2回、3か月×1回)に分け、約4か月の期間中、それぞれが3~4本の教材を学習。
- 並行して、受講生のコミュニティデザインのあり方について、ヒアリング、デスクリサーチを通じて調査した。受講生へのアンケート、行動分析などから変容データを取集し、教育効果の検証を行った。

#### (テーマ別)

#### テーマ① AI技術等の実践的スキル習得に効果的な教材のあるべき姿についての調査

##### (目標)

- 先行事例等に基づき、あるべき「教材」の要件を定義する。
  - 各産業のトレンドや地方/中小企業の課題を捉えたテーマにする。
  - AIスキルを加味し柔軟に難易度調整できるようにする。
  - 必要なデータは準備しつつ、主体的な情報収集の余地も残す。

##### (内容)

- 上記要件をベースに、教材テーマ(案)を作成したのち、受講生向け資料、データセット、運営向けガイド等、実証事業で用いる教材を作成した。
  - 教材テーマ(案)はBCGが把握する各産業のメガトレンドや、各テーマで用いられているAI技術を踏まえて、リアルなものとした。
  - 教材は、提携企業様の提供データやオープンデータ等、実社会でのリアルなデータを用いて、実際にAIの実装が行えるようにした。

#### テーマ② 実践的な学習形式を通じたAI技術等を活用する人材の育成に効果的なPBL手法及び運営メソッドのあるべき姿についての調査

##### (目標)

- 効果的なPBL手法及び運営メソッドに加えて、その前提となる「『教育手法』の全体設計」のあるべき姿も明らかにする必要がある。
- 教育手法の全体設計では、先行事例等に基づいて要件を設定したのち、本事業の人材像の整理、コース設計や効果検証設計を行う。
- PBL手法及び運営メソッドのあるべき姿に関しても、先行事例等に基づいて要件を設定したのち、PBL手法及び運営メソッドを具体化する。

- 実証事業としてPBLを運営し、150名程度のAI人材を輩出すると共に、AI人材育成への示唆を抽出する。

(内容)

- あるべき姿に関しては、国内外の先進事例調査や「未来の教室」創出事業からの示唆抽出等、多面的に調査を行った。
- 教育手法の全体設計では、上記調査結果に基づいて要件を設定したのち、本事業の人材像の整理、コース設計や効果検証設計を行った。
  - ◇ リアルな課題の提供元となり得る外部機関と積極的に連携
  - ◇ 受講生のレベルに応じ、最適なコースを複数用意
  - ◇ 「教材作成」と「PBL」と「効果検証」とを一気通貫で設計
- 実証事業としてPBLを運営し、200名程度のAI人材を輩出すると共に、AI人材育成への示唆を抽出した。
- 調査から明らかになったあるべき論を、実証事業での結果や、WG/検討会/評価委員会で有識者他との議論を踏まえてアップデートをした。

### テーマ③ 実践的な学習形式を通じたAI技術等を活用する人材の育成に効果的なPBL運営の場(オンライン)のあるべき姿についての調査

(目標)

- PBL運営の場(オンライン)のあるべき姿を明らかにする

(内容)

- 海外先行事例調査では、弊社のAI・データ分析学習プラットフォーム「SIGNATE Quest」の提供実績から得られた知見と事前の比較研究を踏まえて、8社・団体に絞って重点的に調査を行なった。
- AI人材育成講座の提供実績から得られた知見と先行事例調査を踏まえ、実証実験におけるオンライン環境を設計した。
  - 受講生の学びをサポートする
  - 受講生のモチベーションを上げ、学びを促進する
  - PBL運営者の管理をサポートする
- 実証実験のために、以下の機能からなるオンライン環境を構築した。
  - 受講生ポータル
  - 事前アセスメント受検及び基礎学習教材受講環境
  - 教材受講環境(コンペティション、チーミング、計算資源、相互レビュー)
  - コミュニケーション環境(テレビ会議、チャット、掲示板)
  - 管理画面(受講生管理、成績評価及びフィードバック)
- オンライン環境にて参加者の動向をチェックしつつ、構築したオンライン環境の効果や課題を抽出した。

#### 3-2-4-5-3. 調査の成果

(全体)

- 本教育プログラムでは、ビジネスの課題を自ら設定し、AI 技術などを用いて課題解決に導くことのできる人材を育成できることが明らかとなった。
  - 実践的な課題やリアルデータを提供してくださった企業関係者からの評価でも「受講生がビジネスにおける課題解決を意識できるようになった」ことが認められ、実践的な学習形式による教育プログラムの有効性が証明された。
  - 教材にはビジネス課題から AI 実装を一気通貫して学べる実践的な教材が効果的であることが分かった。
  - 受講生同士による学び合いの教育効果をより高めるには、コミュニティデザインが重要であることも分かった。
- さらに、以下のような押さえるべき要素、改善の方向性も明らかにすることができた。
  - 実践的な教材を作成するには、企業からのデータ受け入れの仕組みを構築する必要がある。
  - プログラミング初学者が、短期間で AI スキル、ビジネススキル両方の学びを得るのは難しいことが分かり、一定以上の AI スキルを有するエンジニアを対象を絞り込むことでより効果的な教育プログラムとなる。
  - 受講生のコミュニティー形成において、目指すべき学習後の姿や、取り組む姿勢（目標の提示、意識づけ）を明確にすることで、受講生同士の学び合いを促進することが可能。そうすることで、AI スキルはオンライン学習のみで十分な教育効果を得ることが可能となり、ビジネススキルは少人数の講師で教育効果が得られる。結果、運営負荷を軽減し効率的に人材を輩出することが可能となる。
- 最後に、本調査で得られた教材、教育手法、オンライン環境におけるあるべき姿に重要となる 5 つの要素を提言としまとめた。

(テーマ別)

#### テーマ① AI 技術等の実践的スキル習得に効果的な教材のあるべき姿についての調査

- 教材にはビジネス課題から AI 実装を一気通貫して学べる実践的な教材が効果的であることが分かった。
- 実践的な教材を作成するには、企業からのデータ受け入れの仕組みを構築する必要がある。

#### テーマ② 実践的な学習形式を通じた AI 技術等を活用する人材の育成に効果的な PBL 手法及び運営メソッドのあるべき姿についての調査

- 実践的な課題やリアルデータを提供してくださった企業関係者からの評価でも「受講生がビジネスにおける課題解決を意識できるようになった」ことが認められ、実践的な学習形式による教育プログラムの有効性が証明された。
- プログラミング初学者が、短期間で AI スキル、ビジネススキル両方の学びを得るのは難しいことが分かり、一定以上の AI スキルを有するエンジニアを対象を絞り込むことでより効果的な教育プログラムとなる。

- 受講生のコミュニティー形成において、目指すべき学習後の姿や、取り組む姿勢（目標の提示、意識づけ）を明確にすることで、受講生同士の学び合いを促進することが可能。そうすることで、AI スキルはオンライン学習のみで十分な教育効果を得ることが可能、ビジネススキルは少人数の講師で教育効果が得られる。結果、運営負荷を軽減し効率的に人材を輩出することが可能となる。

### テーマ③ 実践的な学習形式を通じた AI 技術等を活用する人材の育成に効果的な PBL 運営の場(オンライン)のあるべき姿についての調査

- 受講生のコミュニティー形成において、目指すべき学習後の姿や、取り組む姿勢（目標の提示、意識づけ）を明確にすることで、受講生同士の学び合いを促進することが可能。そうすることで、AI スキルはオンライン学習のみで十分な教育効果を得ることができ、ビジネススキルは少人数の講師で教育効果が得られる。結果、運営負荷を軽減し効率的に人材を輩出することができる。
  - 基礎学習教材は、一部受講生にとっては不可欠なものであり、結果運営負荷軽減にも貢献。ラインナップについては今回の受講生意見を取り入れつつ現存教材をキュレーションして揃えることで更なる拡大生産性担保につながる可能性がある。
  - 計算資源は、利用する人にとってメリットが大きく、PBL の教材次第では必須の提供ツールになり得る。一方、コストパフォーマンスの良い構築・提供方法を再検討しなければ拡大生産性を担保することが難しい。

### 3-2-4-6. クラウドサービスを活用したシステム構築に関する調査 (実施先: アクセンチュア株式会社)

#### 3-2-4-6-1. 調査の概要と実施計画

「Connected Industries 推進のための協調領域データ共有・AI システム開発促進事業」では、Connected Industries 重点取組分野(自動運転・モビリティサービス、ものづくり・ロボティクス、プラント・インフラ保安、バイオ・素材、スマートライフ)において、汎用的に使える、かつ国際競争力のある AI システムの開発に向けた取組がなされることを目標としている。これを実現するため、数多くの事業者がデータを共有・共用し協調領域を拡大させ、そのデータを AI 等の先端技術を用いて利活用し新たなサービスを開発すること、及びそうした開発が持続的に行われる環境の構築が求められる。

データを実際に共有・活用していく上では、そのデータ共有基盤となるデータベースが必要であり、また、AI システムにおいては、その分析基盤となるプラットフォームが必要となる。こうしたデータベースやプラットフォームには、従来のオンプレミスに加えて、クラウド等の技術を取り入れたオープンかつ汎用性の高い基盤が望まれる一方、オンプレミスとクラウド、あるいはプライベートクラウドとパブリッククラウドなど、ハイブリッドクラウドシステムの構築におけるセキュリティ、データ連携性についての整理が必要不可欠である。また、クラ

クラウドサービスを積極的に活用した Connected Industries 政策を進め、普及促進していくためには、政府が積極的にクラウドサービスを活用し、その活用方法を示すことが重要である。

クラウドサービス導入において重要な視点である「セキュリティ」と「費用削減効果」について、具体的には、政府の情報システムにおけるクラウドサービスの活用方法を例としながら、複数のユースケースについてクラウドサービスを活用したシステムの構築方法を整理するとともに、これらシステムを構築する際の留意点等を整理する。また、クラウドサービス活用の是非を検討する上で重要な視点の一つである費用削減効果についても、その特徴を整理する。

本調査事業では、次のような項目に関し、実施する。

- (1) ユースケース別システム構築における留意点の検討
- (2) クラウドサービス導入の際の注意点の整理
- (3) クラウドサービス導入による費用削減効果に関する調査

#### 3-2-4-6-2. 調査の内容と目標

##### 【調査の内容】

##### 1. ユースケース別システム構築における留意点の検討

セキュリティを確保した上で、オンプレミスにとどまらないシステムを構築し活用する際の留意点について検討する。

システムの構築例を示す際には、下記の観点について明らかにする。

- ①システム連携部分のセキュリティ
- ②クラウド部分のシステムの構築方法
- ③情報の流れ

##### 2. クラウドサービス導入の際の注意点の整理

既存のクラウドサービス活用事例を参考に、クラウドサービス導入の際の注意点について下記の観点で整理を行う。

- ① 仕様書及び要件定義書における、クラウドサービス活用時に特に注意すべきセキュリティ要件
- ② 調達プロセスにおけるクラウド安全性評価制度と整合性をとるべき内容
- ③ 契約における留意点とその仕様書への反映方法
- ④ オンプレミスのシステムからクラウドサービスを活用したシステムに移行する際、及びクラウド サービスを活用したシステムからクラウドサービスを活用した別のシステムに移行する際の手順及び要する期間

##### 3. クラウドサービス導入による費用削減効果に関する調査

クラウドサービスは、適したシステムに使用することで、セキュリティの確保のみならず費用削減 を可能にすると考えられるため、どのようなサービスで用いた場合に費用削減効

果が期待されるのか、そのポイントを整理する。国内外の既存のクラウドサービス活用事例から費用削減が達成された例を整理する。

### 3-2-4-6-3. 調査の成果

#### 【成果】

#### 1. ユースケース別システム構築における留意点の検討

- クラウドサービスを活用する際の留意点を整理し、またクラウドサービスの活用の方向性に応じた構築例を作成する。

#### ✓ 得られた成果

現行システムを IaaS 及び PaaS を活用してクラウド環境に移行するケースを想定し、クラウドサービス利用時の構築上の留意点を抽出。

観点	分類	主な構築上の留意点
ネットワーク接続	利用者環境との接続	不特定多数の外部利用者に情報公開システム機能提供する場合、ドメインや SSL 証明書の設定等による外部ネットワーク上の脅威からの保護対策を考慮
	運用環境との接続	現行システムにおいて、インターネット接続経路が無い場合、システムに対する閉域接続(VPN/専用線等)の確立に加え、プロバイダーが提供するコンソールへのアクセス経路としてのインターネットへの接続経路上の確保が必要
	連携サービス/連携システム間の接続	システム間連携や運用管理サービスを活用する場合、仮想プライベートネットワーク上のコンピュータリソースが運用管理に係るサービスや外部連携システムと通信可能となるようなアクセス経路の確保やシステム連携経路上の冗長化が必要
クラウド環境構築	IaaS(Infrastructure as a Service)レイヤ	現行システムと移行先間の OS 種別/バージョンの整合性確認(OS アップデート) 冗長仕様確認(利用者側冗長化)
	PaaS ( Platform as a Service)レイヤ	現行システムと移行先間のアプリケーションやミドルウェアの仕様確認(システム側の構成変更)
	Network レイヤ	複数のサブシステムがある場合やセグメント分割がある場合、ルーティングやファームウェア等の適切な設計必要
情報の取り扱い	情報の保有先	現行システムと移行先間の保持するデータの特性及び料金体形を考慮し、それぞれの情報の保有先の適切な選択が必要
	情報の暗号化	情報の機密性レベルや規制等に応じた利用者側での適切な鍵管理方式の選択が必要。

#### 2. クラウドサービス導入の際の注意点の整理

- クラウドサービスの利用実態を考慮しながら、クラウドサービス導入の際の注意点を

以下の項目において整理する。

- 仕様書及び要件定義書における、クラウドサービス活用時に特に注意すべきセキュリティ要件

✓ 得られた成果

クラウドサービス利用時のセキュリティ上の留意点を抽出。

対策区分	対策方針	主なセキュリティ上の留意点
侵害対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 通信回線対策</li> <li>● 不正プログラム対策</li> <li>● 脆弱性対策</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ セグメント間の環境の分離を考慮した仮想プライベートネットワーク内のアクセス制御</li> <li>✓ パッチ適応によるマネージドサービスを含めた不正プログラム対策</li> </ul>
不正監視・追跡	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ログ管理</li> <li>● 不正監視</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ クラウドコンソール操作におけるログ管理及び、不正監視</li> </ul>
アクセス・利用制限	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 主体認証</li> <li>● アカウント管理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 多要素認証機能の利用、必要最小権限、アクセス元制限を考慮し、クラウドコンソール操作における主体認証及び、権限制御及び、アクセス制限</li> </ul>
データ保護	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 機密性・完全性の確保</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 鍵管理サービスを活用した情報暗号化/電子署名対応のため、プロバイダー提供サービスを活用した鍵管理及び、通信時の機密性の確保</li> </ul>
障害対策(事業継続対応)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 構成管理</li> <li>● 可用性確保</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ネットワーク環境の可用性(冗長性)確保</li> <li>✓ インフラ環境の可用性(冗長性)確保</li> </ul>
利用者保護	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 情報セキュリティ水準低下の防止</li> <li>● プライバシー保護</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ インターネット経由でアクセスされる不特定多数の利用者の端末保護及び、プライバシー保護</li> </ul>

- 調達プロセスにおけるクラウド安全性評価制度と整合性をとるべき内容

✓ 得られた成果

項目	留意事項
通信セキュリティ	クラウドサービス上における通信のセキュリティを考慮する際、プロバイダーにおいてはマルチテナントを前提としたネットワーク環境の分離に係わる対策を行うため、利用者は提供されるネットワーク自体の安全性を監査レポート上で確認可能であるが、提供されたネットワーク環境上におけるネットワークセキュリティの確保は利用者側の責任となるため、プロバイダーが提供するネットワークサービスに係わる機能や情報をあわせて確認し、利用者側の責任において設計・設定を行う必要がある。



情報セキュリティ	クラウドサービス上における障害対策を利用者側が考慮する際、プロバイダーが定める障害に係わる対応方針の把握が重要であるが、運用の自動化を推進する観点においては、プロバイダーの障害情報の提供方式の把握が特に重要となる。
----------	---

● 契約・調達時における留意点とその仕様書への反映方法

✓ 得られた成果

項目	留意事項
調達の概要	クラウドサービスの調達背景、採用方針を明示
調達単位	プロバイダー提供サービス部分の調達について、一括／分割調達の利点及び課題を踏まえた検討が必要
情報システムに求める要件	安全性評価制度が定める基準や、クラウド利用時の留意点を踏まえた要件検討が必要
作業の内容	中間事業者を求める作業として、最低限プロバイダーとの契約及びその管理を含めることが必要
作業実施体制	プロバイダーの管理体制と明示することが必要であり、プロバイダーに係わる資格要件を定めることが望ましい

● オンプレミスのシステムからクラウドサービスを活用したシステムに移行する際、及びクラウドサービスを活用したシステムからクラウドサービスを活用した別のシステムに移行する際の手順及び要する期間

✓ 得られた成果

移行方式	主な留意事項
買い換え	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ プロバイダーの仕様制約に従って、既存業務の変更、画面レイアウト等のユーザビリティの変更が必要となる場合がある。</li> <li>✓ 既存情報資産の再利用に際しても同様に仕様制約に従ってデータフォーマット変更等の対応が必要となる場合がある。</li> <li>✓ PoCとして、模擬データを使ったデータ変換/移行を行う。</li> </ul>
再構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 業務が求める要件や特性に応じた設計・構築が必要</li> <li>✓ クラウドネイティブアーキテクチャの採用に伴い、アプリケーションの大幅な構成変更が必要</li> <li>✓ 採用規定の新規技術における機能及び非機能要件の充足性を見極めが困難</li> <li>✓ PoCでは、仮想マシン環境で動作するアプリケーションのコンテナ環境上でのビルド・挙動確認実施</li> </ul>
置き換え	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ OS/ミドルウェア/ソフトウェアでプロバイダーがサービス提供していないまたはサポートが適用されていないものについては移行または代替手段の検討が必要</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 同様に、物理機器は通常クラウドサービス上へ持ち込み不可のため代替手段の検討が必要</li> <li>✓ PoC としては、OS/ミドルウェアプロバイダー対応バージョンへのアップデート、物理機器の仮想アプライアンスへの置き換えを実施。</li> </ul>
--	--

### 3. クラウドサービス導入による費用削減効果に関する調査

- クラウドサービス活用事例から、クラウド移行時における費用削減効果及びその要諦を整理する。

#### ✓ 得られた成果

項目	要点
体制や制度・プロセスの整備	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 複数システムを抱える企業や組織におけるクラウド移行においては、システム単体の観点のみならず、全体最適の観点から組織横断的な検討及び実行が可能となるようにする</li> </ul>
Lift&Shift	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 既存システムをそのままクラウドに持ち込み(Lift)、漸進的にクラウド環境に最適化(Shift)していく方式を採用</li> <li>✓ 効果が得がたい戦略の反面、プロバイダーの採用を全社として決定移行することにより、開発や運用面のコスト集約効果を得られ、結果として、費用削減を得られる。</li> </ul>
その他費用	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 移行推進費用、並行稼働費用の増加費用を考慮する必要がある。</li> <li>✓ アプリケーションの開発及び運用保守に係わる削減効果があることを留意。</li> </ul>

#### ✓ 更なる費用削減の可能性

項目	要点
Scrap&Build	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ クラウド活用の戦略を当初から採用し、マネージドサービスの活用による構築・運用経費とライセンス費用の削減、インフラ設計構築・運用費用の削減を見込める。</li> <li>✓ 企業や組織が抱えるシステム課題や開発に必要なスキルの充足度等、複数の要因に鑑み、ビジネス戦略やシステムを取り巻く背景事情に沿った戦略の検討が必要</li> </ul>

クラウドサービスの活用推進に向けて取り組むべき検討事項としては、

項番	検討事項
1	安全性評価制度の整備が進む中、仕組みの実行性を向上させるため現状の情報システムの実態を踏まえた利用者側の観点における監査レポートの活用に係る検討が必要
2	システム固有の業務やアプリケーション領域における、採用可能性のあるアーキテクチャや技術製品が多岐に渡ることを踏まえたクラウドの効果をより大きくするための利用策の検討が必要
3	AI や IoT といった特定技術領域の活用にあたっては、提供されるサービス内容や技術仕様がプ

	ロバイダーによって大きく異なる点を踏まえたクラウドサービスの活用検討が必要
4	システム単体のみならず、複数システムを横断的に対象とした、組織・団体を跨っての費用対効果を追求したクラウド化方針及び全体アーキテクチャの検討が必要
5	新たなサイバー攻撃やセキュリティ上の脅威に対抗するための既存の枠組みとの整合性を踏まえた次世代のセキュリティアーキテクチャの検討が必要
6	クラウドサービスの利用者側における、利活用に際して必要な体制やプロセスの整備に向けた検討が必要

である。

### 3-2-4-7. データ利活用推進のためのシステム構築促進に向けた方策の検討

(実施先: 独立行政法人情報処理推進機構、株式会社三菱総合研究所)

#### 3-2-4-7-1. 調査の概要と実施計画

本事業では、Connected Industries 推進に向けて、まず企業のデジタルトランスフォーメーションを確実に推進していくために、経営層が自社の情報関連資産や体制の状況を把握する方策や、各企業が適切にシステムを構築するために参照するシステムのあるべき姿の検討や先進事例の調査、また、これらをまとめた実践手引書の策定、そしてこれを補足する IT システムに特化した診断指標の策定等について検討を行った。

加えて、「Connected Industries 推進のための協調領域データ共有・AI システム開発促進事業」におけるデータ連携基盤構築事業である「研究開発項目②業界共用データ基盤の開発」の事業効果最大化のため、Connected Industries 重点 5 分野を対象として、非競争領域におけるシステム構築のコストやリスク低減を目的にシステムの共通化ニーズやシステム構築を行う上での課題の整理、システム構築を行う上での必要な支援機能等について検討を行った。

検討にあたっては、国際的な知見、ユーザ企業やベンダー企業、IT や OT 等の分野についての専門的な知見を踏まえた。

#### 3-2-4-7-2. 調査の内容と目標

企業のデジタルトランスフォーメーションを確実に推進していくために、経営層が自社の情報関連資産や体制の状況を把握する方策や、各企業が適切にシステムを構築するために参照するシステムのあるべき姿の検討や先進事例の調査、また、これらをまとめた実践手引書の策定、そしてこれを補足する IT システムに特化した診断指標の策定等について検討を行った。

また、非競争領域におけるシステム構築のコストやリスク低減を目的に、下水道分野、医療・介護分野、合繊分野を対象として、システムの共通化ニーズやシステム構築を行う上での課題の整理、システム構築を行う上での必要な支援機能等について検討を行った。

本調査事業を実施することで、「Connected Industries 推進のための協調領域データ共有・AI システム開発促進事業」の成果物の社会実装の効果が高まるだけでなく、我が国産業全体のデジタルトランスフォーメーションを促進し、Connected Industries 実現の加速を目指した。

##### 1) 「DX 推進指標」の運用方法についての検討(担当: 独立行政法人情報処理推進機構)

各企業の DX の取組状況を自己診断することを可能にする「DX 推進指標」について、各企業の自己診断結果を集約する方策を検討し、構築する。また、効果的な普及方法の検討を行う。加えて、ベンチマーク結果を自己診断した企業に提供する等、自己診断の付加価値や利用メリットの開発についての検討を行う。また、ベンチマーク策定後に国内外事例の紹介や診断結果を活用するための資料を公開する。

- 2) 各企業に対して「DX 推進指標」の活用を促すベンチマークの策定(担当:独立行政法人情報処理推進機構)

上記 1)で検討した方策に基づいて、ベンダー企業・ユーザ企業等の自己診断結果を約 300 件目途に集約し、各企業から提出される結果を集約するための中立性を必ず確立しつつ、国際的な知見、ユーザ企業やベンダー企業、IT や OT 等の分野についての専門的な知見を踏まえ、業界別または企業規模別等の観点について創意工夫しベンチマークを策定する。その際、国内企業のみで比較するのではなく、グローバルとの比較を可能とするために、特に外資系企業が保持しているグローバルで利用されている経営指標との連携も考慮し策定する。また、作成したベンチマークを用いて、自己診断の結果を提供した企業からヒアリング等によりフィードバックを得る等することで、ベンチマークの実用性を評価する。

- 3) 具体的ゴールイメージの共有のための先進事例の調査および発信方法の検討(担当:独立行政法人情報処理推進機構)

各企業にとって参考となる国内外の先進的な事例を調査し、上記 2)のベンチマークとの関連付けに加え効果的な情報発信の方策について検討を行う。経済産業省が実施している「攻めの IT 経営銘柄」をはじめとした国内企業や、海外の先進的な取り組みを行っている企業に対して、システム投資や経営の観点からヒアリングや書籍等により企業調査を実施し、指標との対応関係の調査を行う。また、調査対象企業に可能な限り自己診断を実施してもらい、ベンチマークの改善に反映するとともに、自己診断そのものの改善につなげる。一連の検討結果については資料を公開する。さらにベンチマーク策定のインプットとするため、企業内のデジタル化の評価手法や競合と比較したい項目等を調査し、本事業において設置する有識者検討委員会にて議論する。

- 4) IT 担当者がシステム構築の際に参照する、システム構築の効果的な方法論や構築するシステムのあり方等をまとめたガイダンス(実践手引書)の検討及び案の策定(担当:独立行政法人情報処理推進機構)

各企業が DX を推進する上では、基盤となる IT システムが、データをリアルタイムで活用でき、環境変化に迅速に対応できるデリバリースピードを実現し、データを部門・企業を超えて全体最適で活用できることが求められる。しかしながら、多くの日本企業は、部門ごとに個別最適なシステムを構築し、しかも過剰にカスタマイズすることにより、IT システムがブラックボックス化する傾向にある。このようなシステムを上述の要素を満たすシステムへと移行する際の方法論を検討し、実践手引書(案)を策定する。加えて、各企業が個別にシステム構築を進めていく場合、企業毎に異なる仕様となり、協調領域におけるデータ連携、利活用を将来的に阻害する要因となりかねない。そのため、実践手引書の中において、上記 3)で調査する国内外の先進事例等を踏まえて、DX を実現するための IT システムに求められる共通項を検討し「DX を実現するための IT システムのあるべき姿」として整理する。

- 5) 「DX 推進指標」を補完する形で IT システムの技術的負債を明らかにする指標等の策定(担当:独立行政法人情報処理推進機構)

ITシステムの現状を把握し、上記4)で検討した「DXを実現するためのITシステムのあるべき姿」を構築するために必要なIT成熟度、データの利活用状況を可視化する等の指標を策定するため、「見える化指標」検討会の参加ベンダー企業の協力を得て指標の収集とそれぞれの考え方の把握を行い、整理統合、取捨選択を行い、指標素案を作成する。これと上記4)における「ITシステムのあるべき姿」との整合性を整理した上で、技術的負債を明らかにする基本的な指標を策定する。

まずはシステムの基礎的な項目(信頼性、機能適合性、保守性、使用性等)を整理し、基礎的な項目を満たしたうえで、データをリアルタイムで活用でき、環境変化に迅速に対応できるデリバリースピードを実現し、データを部門・企業を超えて全体最適で活用できることを評価するための主要な指標を策定する。なお、主要な指標の策定にあたっては、グローバルを含めたベンダー企業の指標等を調査の上で、検討する。

- 6) 「DX 推進ガイドライン」や「DX 推進指標」等の改善点についての検討(担当:独立行政法人情報処理推進機構)

経済産業省が作成した「DX 推進ガイドライン」や「DX 推進指標」について、上記1)~5)の事業の中で得た企業からの意見や要望、IPAの気付き、事業を実施していく中での発見に加え、下記7)~9)の内容を踏まえて追記・修正すべき事項等について検討する。

- 7) 非競争領域における共通的なシステム構築ニーズの調査(担当:株式会社三菱総合研究所)

具体的に検討を行う3分野を特定し、非競争領域における共通的なシステム構築のニーズを調査する。また、文献調査、関係者等へのヒアリング調査等によるニーズの詳細調査、ニーズを満たす共通的なシステムの要件等について検討を行う。

- 8) 非競争領域における共通的なシステムを構築する際の課題整理(担当:株式会社三菱総合研究所)

上記7)で特定した3分野について、関係者へのヒアリング調査等により、非競争領域における共通的なシステムを構築する際の課題を整理する。

- 9) 非競争領域における共通的なシステム構築を促進する支援機能等についての検討(担当:株式会社三菱総合研究所)

非競争領域における共通的なシステム構築等の検討に際して、企業、業界や団体、関係省庁等の関係者を利害の枠を超えて調整を行う中立的な支援機能等の在り方について、調査、検討を行い、成果を取りまとめる。

### 3-2-4-7-3. 調査の成果

企業のデジタルトランスフォーメーションを確実に推進していくために、経営層が自社の情報関連資産や体制の状況を把握する方策や、各企業が適切にシステムを構築するために参照するシステムのあるべき姿の検討や先進事例の調査、また、これらをまとめた実践手

引書の策定、そしてこれを補足するITシステムに特化した診断指標の策定等について検討を行った。今後に向けて、DX推進ガイドラインやDX推進指標の改善、PFデジタル化指標の運用方法の検討・普及、PF変革手引書の完成・普及等の取組を行い、DXの加速と実現を目指す必要がある。

また、非競争領域におけるシステム構築のコストやリスク低減を目的に、下水道分野、医療・介護分野、合繊分野を対象として、システムの共通化ニーズやシステム構築を行う上での課題の整理、システム構築を行う上での必要な支援機能等について検討を行った。

今後の検討プロセス及び求められる中立的な支援機能等としては、共通的なシステムの構築方針・検討体制・プロセスの検討、標準仕様の開発・利用に係る設計・運用保守に係る設計、共通的なシステム導入に伴うサイバーセキュリティ対策の検討・効果の検討、普及・広報等の検討が必要である。

#### 1) 「DX推進指標」の運用方法についての検討(担当:独立行政法人情報処理推進機構)

各企業から自己診断結果を提出してもらうため、IPAが自己診断結果を分析しベンチマークを策定し、自己診断結果を提出していただいた企業にベンチマークを返送することで企業が自社の位置づけを把握できるよう運用スキームを設計した。

また、各企業の自己診断結果を収集するため2019年10月25日に「DX推進指標自己診断結果入力サイト」を公開し、さらなる自己診断を促すためDX推進指標の分析結果の全体傾向を含む資料を2020年3月9日に公開した。結果、各企業から約300件の自己診断結果を集約した。

The image shows a screenshot of the 'DX Promotion Index Self-Diagnosis Result Input Site'. It is divided into two main sections.

**Left Section: Site Overview**

- Header:** DX推進指標 自己診断結果入力サイト
- Update Info:** 最終更新日: 2019年12月6日, 2019年10月25日公開, 独立行政法人情報処理推進機構 社会基盤センター
- Section:** DX推進指標 自己診断結果入力サイトについて
- Text:** IPAは、2019年7月に経済産業省が公開した「DX推進指標」に対し、各企業の自己診断結果を収集・分析することを目的に「DX推進指標自己診断結果入力サイト」を公開しました。
- Text:** DX推進指標の自己診断結果を入力いただいた企業には、後日、自己診断結果と全体データとの比較を可能にするベンチマークなどによる分析結果を提供します。この分析結果を活用することにより、各企業が全体との差を把握し、次のアクションを検討することなどができます。自己診断結果の入力へのご理解とご協力をお願いします。
- Diagram:** A flow diagram showing '自己診断する企業' (Company performing self-diagnosis) submitting '診断結果提出' (Diagnosis result submission) to 'IPA'. IPA then provides 'ベンチマーク提供' (Benchmark provision) back to the company.
  - 自己診断する企業 (Company performing self-diagnosis):**
    - 関係者が議論しながら診断を実施
    - ベンチマーク活用による他社との比較
    - 課題認識、対応策検討
    - 今後の計画を立案
  - IPA:**
    - 診断結果の分析
    - ベンチマーク策定、提供
    - 先行事例の提供・指標の改善
- Footnote:** ※ベンチマークの提供は、2020年2月頃を予定しています。 ※本入力サイトは暫定的なものであり、今後正式なサイトを公開する予定です。

**Right Section: Input Process**

- Section:** 自己診断結果の入力手順
- STEP1: DX推進指標による自己診断**
  - DX推進指標は、経営者や社内の関係者がデジタルトランスフォーメーション（DX）の推進に向けた現状や課題に対する認識を共有し、アクションにつなげるための取付きの機会を提供するものです。
  - 本指標は、各企業が簡単に自己診断を行うことを可能とするものであり、各項目について、経営幹部、事業部門、DX部門、IT部門などが議論をしながら回答することを想定しています。
  - 自己診断は、以下の「DX推進指標とそのガイダンス」をご確認の上、「自己診断フォーマット」をご利用ください。
    - DX推進指標とそのガイダンス【経済産業省】
    - DX推進指標自己診断フォーマット
- STEP2: 自己診断結果の入力**
  - 自社内で議論した診断結果を「自己診断結果の入力（1/4）」から「自己診断結果の入力（4/4）」まで順に入力してください。
  - 「DX推進指標自己診断結果」の入力には、会員ID（IPA会員登録）が必要です。
  - IPA会員登録サービスをはじめて利用される場合は、会員登録（無料）をお願いします。詳しくは、「IPA会員登録手順」をご参照ください。
  - IPA会員登録がお済みの方は、自己診断結果の入力にお進みください。
  - ※IPA会員登録サービスで取得する情報は、後日、分析結果をメールでご連絡するために利用します。会員IDを誤って入力した場合、分析結果を受け取れない場合がありますのでご注意ください。
- Flowchart:**
  - 自己診断結果の入力 (1/4)
  - ↓
  - 自己診断結果の入力 (2/4)
  - ↓
  - 自己診断結果の入力 (3/4)
  - ↓
  - 自己診断結果の入力 (4/4)

図 4-7-1. DX 推進指標自己診断結果入力サイト

2) 各企業に対して「DX 推進指標」の活用を促すベンチマークの策定(担当:独立行政法人情報処理推進機構)

各企業から収集した約 300 件の自己診断結果をもとに、WG・委員会での有識者からの専門的な知見・意見や国内外の各指標との比較、診断済み企業からのヒアリング等を踏まえ、業界・産業別、成熟度別等の観点についてベンチマークを策定した。作成したベンチマークを用いて、自己診断の結果を提供した企業やWG・委員会での有識者からの意見・ヒアリング等によりフィードバックを行い、ベンチマークの実用性を評価した。評価の総括としては、自社のDX推進状況を客観的に推し量れるため、実用性としては一部好評をいただいている一方、新たな分析軸/分析観点の要望やベンチマーク送付に対する即時性を求める改善等のコメントもいただいた。



図 4-7-2. ベンチマークレポート詳細イメージ

3) 具体的ゴールイメージの共有のための先進事例の調査および発信方法の検討(担当:独立行政法人情報処理推進機構)

国内外の事業者と社会の二つの先進事例、そして、社会全体としてデジタルトランスフォーメーションを推進する組織的枠組みに関する先行事例に関する調査を行った。

国内企業については、DX 関連の文献ベースの調査及び DX 推進指標実施企業の中から成熟度が高いと思われる企業のうちいくつかに実地調査を行った。先進的な例と思われる企業についてかなり共通な特徴的として認められたことは、DX やシステム刷新が自己目的的に取り扱われず、あくまで事業活動や業務プロセスの革新が明確な目的として認識されていたことである。

また、米国においてデジタルトランスフォーメーションの先進例と見られている2つの企業について現地調査を行った。共通に見られる特徴としては、DX は結果であって目的ではないという点である。どちらの企業も、ユーザに提供するネットサービスの品質向上、機能強化を行うために、高速な開発・リリースを行う必要に駆られ、社内の業務のあり方、そ



してそのシステムの対応を行っていた。そのための改革が、後に DX と見做されたと思われる。

さらに、インドにおける DX を誘発する試みの調査として、インド中央政府の UIDAI(the Unique IDentification Authority of India)の事実上指揮下にある NPO である iSpirt によって開発管理、運営されている「India Stack」の調査を実施した。India Stack の出発点は、銀行サービスが十分に普及していない環境下で、信頼できない中間事業者等を通さず、如何に農民に補助金を配布するかという問題意識にあり、生体認証による個人認証基盤「Aadhaar」が金融機関の口座サービスと紐付くことで、金融産業の DX を体現する存在となった。

加えて、米国における DX を促す試みの調査として、NIST(国立標準技術研究所)を訪問し、サイバーフィジカルフレームワーク(CPS FW)についてのヒアリングを行った。CPS FW は専門領域の異なる関係者が協働して開発を進めるサイバーフィジカルシステムにおいて、共通理解を促し開発を支援することを目的に国の機関である NIST が中心となり構築したもので、DX の活動の実践手引書に記載予定の企業が目指すべき「あるべき姿」と極めて近い関係にある。NIST の同 FW 策定方法は、産官学総勢 500 名以上からなるパブリックワーキンググループ(PWG)を設置し、各企業の貢献が錯綜する中、それぞれが自らの技術を主張する懸念があったため、「コンセンサス」、「オープン」、「テクノロジーニュートラル」という 3 つのコンセプトを掲げ、これを貫いて活動を進めていた。

一連の調査結果については効果的な情報発信の方策について検討を行い、各企業が具体的なゴールイメージを共有するため、2020 年 3 月 9 日に資料公開を行い、「新たな IT システムのあるべき姿」の先進事例として Amazon Web Services の AWS Well-Architected フレームワークを紹介した。

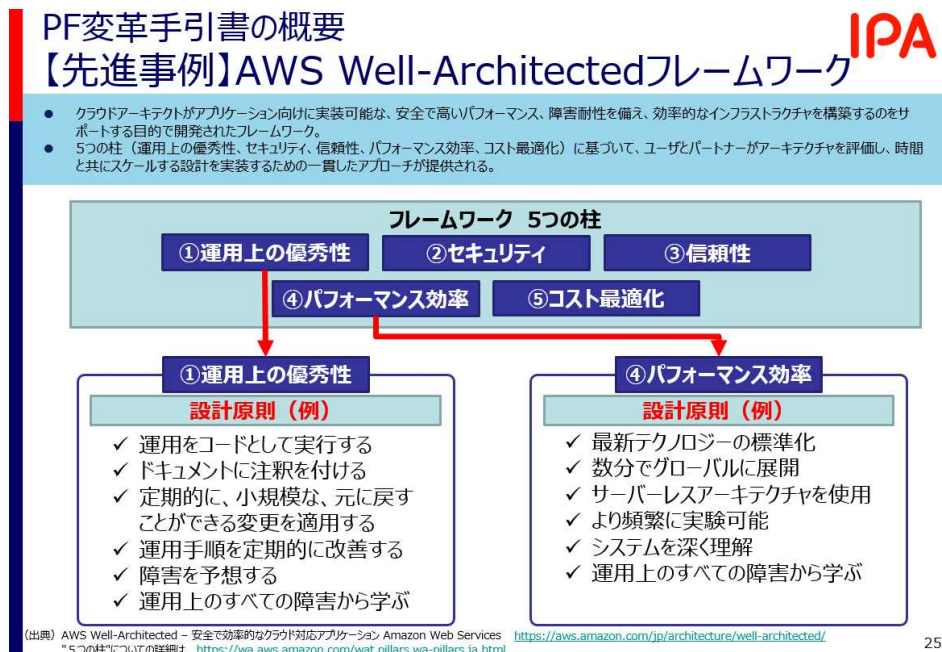


図 4-7-3. AWS Well-Architected フレームワーク

出所)DX の実現に向けた取り組み、IPA、令和 2 年、p.25

(<https://www.ipa.go.jp/files/000080851.pdf>)

また、国内外の評価指標や書籍、WG・委員会での有識者からの意見、ヒアリングによる複数企業の取組等をインプットとして、DX 推進指標と他指標との対応関係、及び企業取組の実態との対応関係を調査した。他指標との対応関係については、広義の経営/IT システムに対する観点は概ね相似的である一方、各指標それぞれの目的に沿った特異観点は差異として存在し、より具体的な内容を問う項目が設けられていたことより、DX 推進指標については広義な観点で経営/IT システムに対する状況を測る指標としては妥当性があると考えられた。また、企業取組の実態との対応関係については、各企業で取組中の DX 推進関連に対する既存のアプローチ、及び検討段階のアプローチ計画に活用されていた(例:中期計画、等)。一方で、各企業の事業特性に応じた $\alpha$ となる独自のアプローチも各企業で実施されていたことより、企業取組実態との対応関係においても、共通項となる DX 推進指標の観点は活用されており、妥当性があると考えられる。

- 4) IT 担当者がシステム構築の際に参照する、システム構築の効果的な方法論や構築するシステムのあり方等をまとめたガイダンス(実践手引書)の検討及び案の策定(担当:独立行政法人情報処理推進機構)

IT 担当者が IT システムの PF 変革構築の際に参照する、ガイダンス「PF 変革手引書」の案を作成した。構成については以下の通り。

目次
はじめに
1 章 プラットフォーム変革プログラムマネジメント手法
1.0 全体の関連、目的
1.1 現状システムの全体把握
1.2 あるべきシステム像の明確化
1.3 新しいプログラムマネジメント
2 章 現状システムの分析整理手法
2.1 サブシステムタイプ別に分析再整理するべき設計情報 【前半】
2.1.1 Web 型での分析再整理するべき設計情報
2.1.2 オンライン型での分析再整理するべき設計情報
2.1.3 バッチ型での分析再整理するべき設計情報
2.1.4 ゲートウェイ型での分析再整理するべき設計情報
2.1.5 概要設計での分析再整理方法
2.2 設計手法、テスト手法の整理 【後半】
3 章 新たな IT システムのあるべき姿
3.1 あるべきシステムの機能要件の整理
3.2 機能要件を満たすためのあるべきアーキテクチャの整理
3.3 現行システムからの移行方法の整理
4 章 新たな IT システムの設計開発手法
4.1 新たな開発手法に求められるシステム要件の整理 (アプリ・ミドル・運用など)
4.2 新たな設計開発に求められる標準化

図 4-7-4. PF 変革手引書の目次

また、DX 推進指標では、IT システムに求められる要素として「データ活用」「スピード・アジリティ」「全体最適」の3つを挙げている。各要素を IT システムが実現すべき要件やそれによる期待や効果にブレイクダウンしたものを IT システムのあるべき姿の実装例として示した。

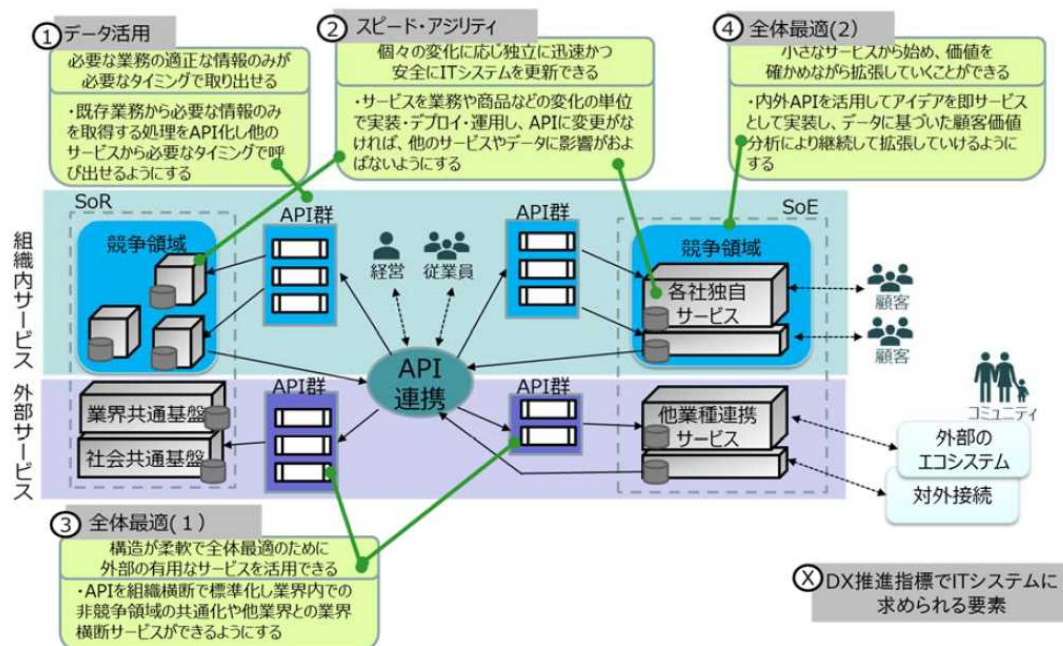


図 4-7-5. IT システムのあるべき姿の実装例

- 5) 「DX 推進指標」を補完する形で IT システムの技術的負債を明らかにする指標等の策定 (担当: 独立行政法人情報処理推進機構)

DX 推進指標による自己診断で、「IT システムに問題があり対策が必要と考えられる」結果となった場合に、より詳しく評価するための指標(以下「PF デジタル化指標」)を策定した。そのために、国内外の団体、コンサル、IT ベンダーからの協力を得て、指標策定に有用な公開情報／非公開情報を収集し、これらを参考に PF デジタル化指標について、内容の検討、それぞれの情報の考え方の理解、取捨選択、内容の拡張、関連項目の追加、整理統合を実施した。

PF デジタル化指標による評価の粒度としては、企業の全体 IT システム(トータルシステム)を構成する業務・部門レベルのシステムを「機能システム」とし、企業の現行 IT システム全体を「機能システム」単位で評価する。再構築または廃止を検討すべき機能システムと引き続き活用する機能システムを明確にするとともに、IT システム全体に関する内容の評価も実施する。

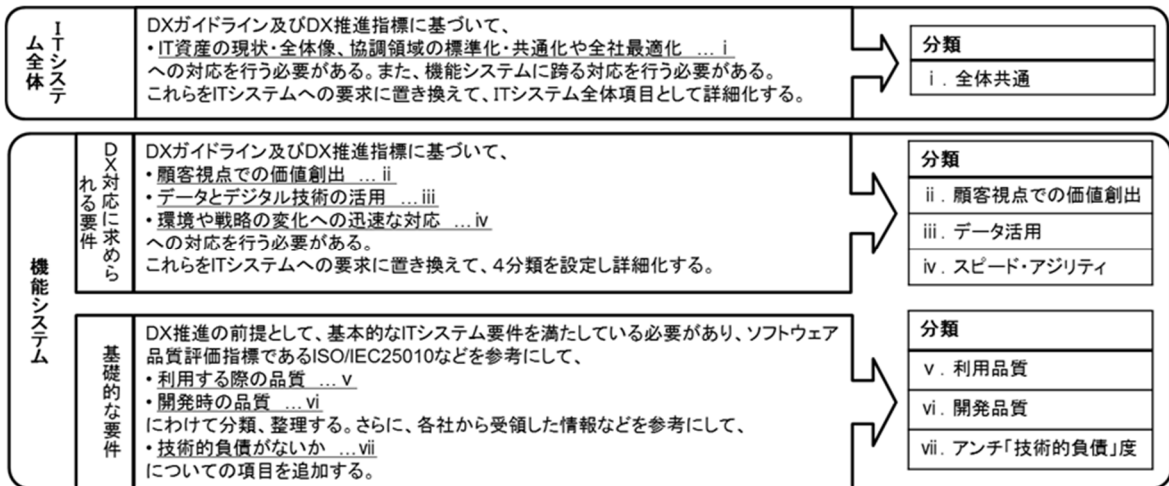


図 4-7-6. PF デジタル化指標の構成

6) 「DX 推進ガイドライン」や「DX 推進指標」等の改善点についての検討(担当:独立行政法人情報処理推進機構)


本調査事業の中では、PF デジタル化指標および PF 変革手引書(案)の策定を検討した。この検討結果を踏まえ、DX 推進ガイドラインにおいても各企業の経営者が DX を実現するためのドキュメントとして、PF デジタル化指標および PF 変革手引書の内容・活用方法を追記し、各企業が更なる DX の実現に向けた取り組みを加速させることが期待される。

**DX推進ガイドラインの目的**

- ・DXの実現やその基盤となるITシステムの構築を行っていく上で経営者が押さえるべき事項を明確にすること。
- ・取締役会や株主がDXの取組をチェックする上で活用できるものとする。

**【現行】DX推進ガイドライン記載事項**

- DX実現のためのアプローチや必要なアクション、先行事例や失敗ケースを説明。
- DX推進指標のキーエスジョンに相当する構成。




**【改善案】DX推進ガイドライン記載事項の追加**

- PFデジタル化指標、PF変革手引書の内容・活用方針を記載。
- ドキュメントとドキュメントの間に経営判断を伴うことを記載。

※あくまでも改善案であり、実際の改善・改訂は経済産業省と調整のうえ別途行う




図 4-7-7. 「DX 推進ガイドライン」に追加修正すべき事項

また、DX 推進指標の自己診断結果を提出した企業のうち、DX 推進指標・IT 指標 WG に参加している企業の委員に DX 推進指標の改善点のヒアリングを行った。また、IPA 自身が自己診断していく中で感じた改善点に加え、各企業から収集した自己診断結果を分析する中で気づいた改善点を改善項目ごとにまとめた。

7) 非競争領域における共通的なシステム構築ニーズの調査(担当:株式会社三菱総合研究所)

Connected Industries の重点 5 分野や IT 政策大綱等を踏まえて、本調査の対象とする 3 分野(下水道分野、医療・介護(病院)分野、及び合繊(繊維・染色加工)分野)を特定した上で、各分野について、ニーズの詳細、ニーズを満たす共通的なシステムの要件等について検討を行った。

この 3 分野を選んだ理由として、「下水道」及び「病院(特に医療・介護の地域包括連携に着目)」については、IT 政策大綱において社会インフラ部門等(水道等)のシステム共通化の推進の取り組み先として示されたこと、「合繊(繊維・染色加工)」は地方・地域の産業振興や大企業・中小企業間の連携強化という観点で検討が有効と思われたことである。

以下、各分野で明らかとなった現状の課題を示す。

7-1)下水道

下水道業界では、人口減少・少子高齢化の進行、老朽化施設の増大、下水道担当職員の減少、下水道事業の経営悪化などに伴い、持続可能な下水道事業の構築に向けた維持管理等の効率化が重要課題として認識されている。

特に、広域化・共同化、修繕・改築の効率化、集中監視の導入などにより、汚水処理システムの最適化、マネジメントサイクルの確立を実現することが望まれている。

国土交通省が発行する「新下水道ビジョン加速戦略」には、下水道業界に求められる対応が示されているが、中でも、「持続可能な下水道運営に向けた維持管理等の効率化」では、広域化・共同化、集中監視、修繕・改築の効率化などが重点項目とされ、最も ICT 活用が望まれる分野である。

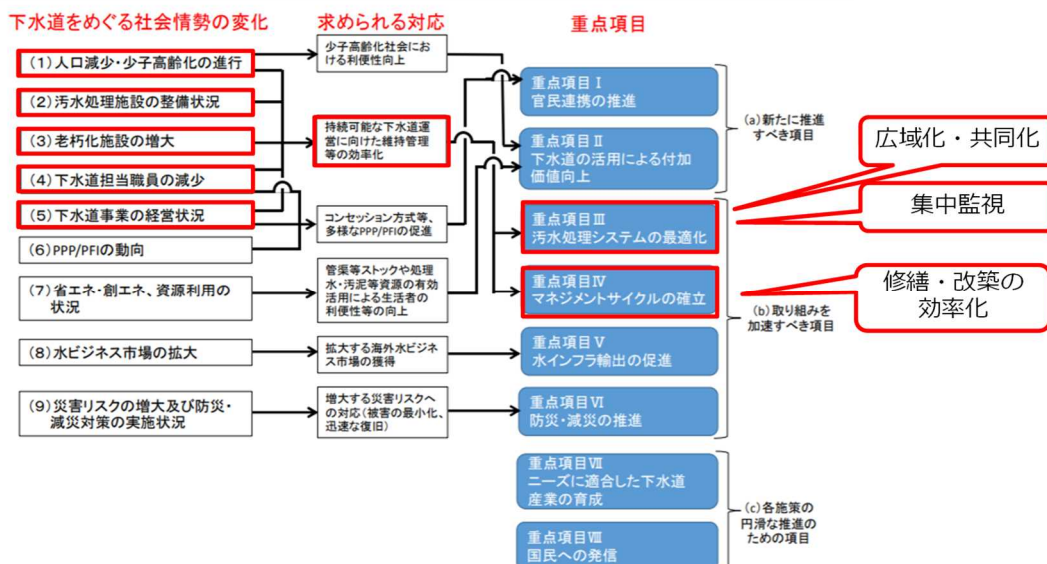


図 4-7-8. 「新下水道ビジョン加速戦略」の重点項目とその背景

出所)新下水道ビジョン加速戦略、国土交通省、平成 29 年、p.7

赤枠は本事業において着目する部分として、MRI にて加筆したもの。

(<http://www.mlit.go.jp/common/001197678.pdf>、閲覧日:2020/3/10)

## 7-2)医療・介護

厚生労働省が進める地域包括ケアシステムは、「団塊の世代が75歳以上となる2025年を目処に、重度な要介護状態になっても住み慣れた地域で自分らしい暮らしを人生の最後まで続けることができるよう、住まい・医療・介護・予防・生活支援が一体的に提供される」ことを目標としている。

本調査を通じて、医療及び介護従事者間で互いの必要な情報が適切に共有されておらず、適切な医療・介護の提供が実施できていない課題が挙げられた。

医療・介護分野を構成するステークホルダは、医療機関、介護施設、自治体、企業等から構成されるが、個々のステークホルダが相互に情報を共有し協力・連携することにより、患者価値向上はもとより、各プレイヤーの事業・ビジネスが成立し安定成長できる仕組みが必要となる。

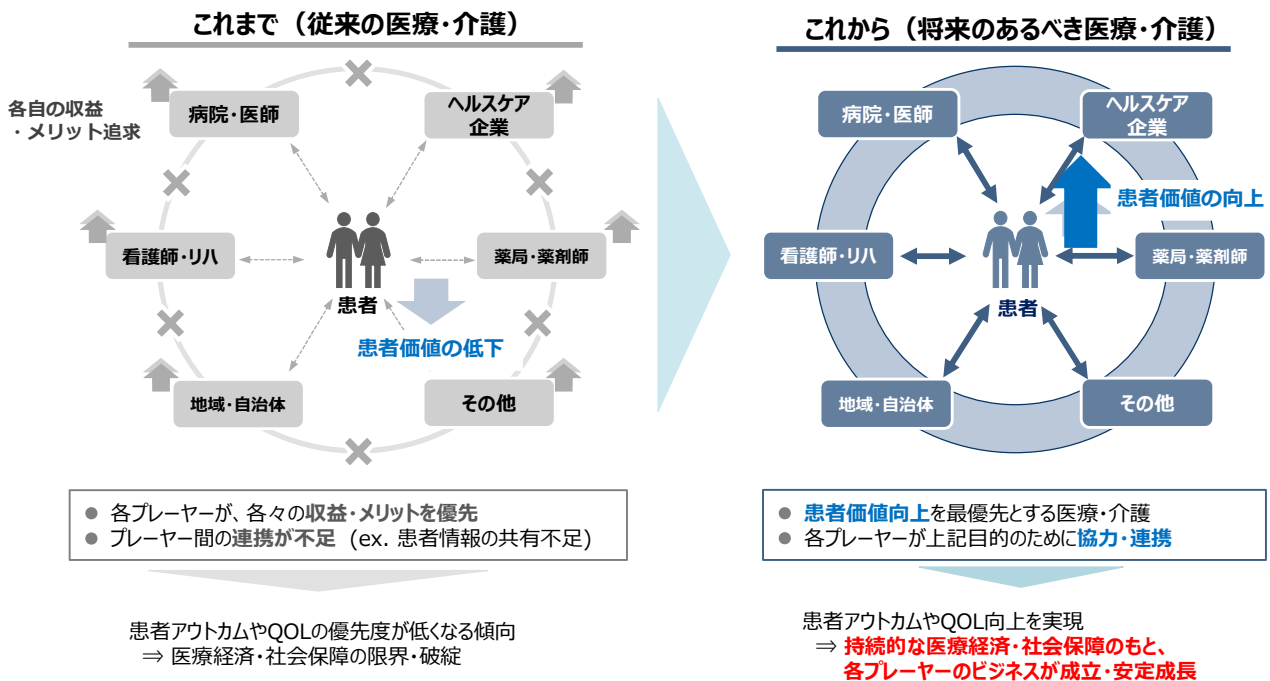


図 4-7-9. 将来あるべき医療エコシステムの方向性

## 7-3)合繊

現在、我が国の合繊産業等では、グローバル競争の激化等より、商品開発力、品質向上、リードタイム短縮等において、より一層の高度化、効率化が求められている。

特に、一貫生産を行う海外(主に中国)に対して、分業生産を行う我が国の体制ではリードタイム短縮においてハンデがあり、これを補うために企業間(縦・横)で連携し、企業を越えた全体最適化(時間軸、空間軸)を実現することが必要と考えられる。

下表に、業界を取り巻く環境と今後の取り組みの方向性を整理した。

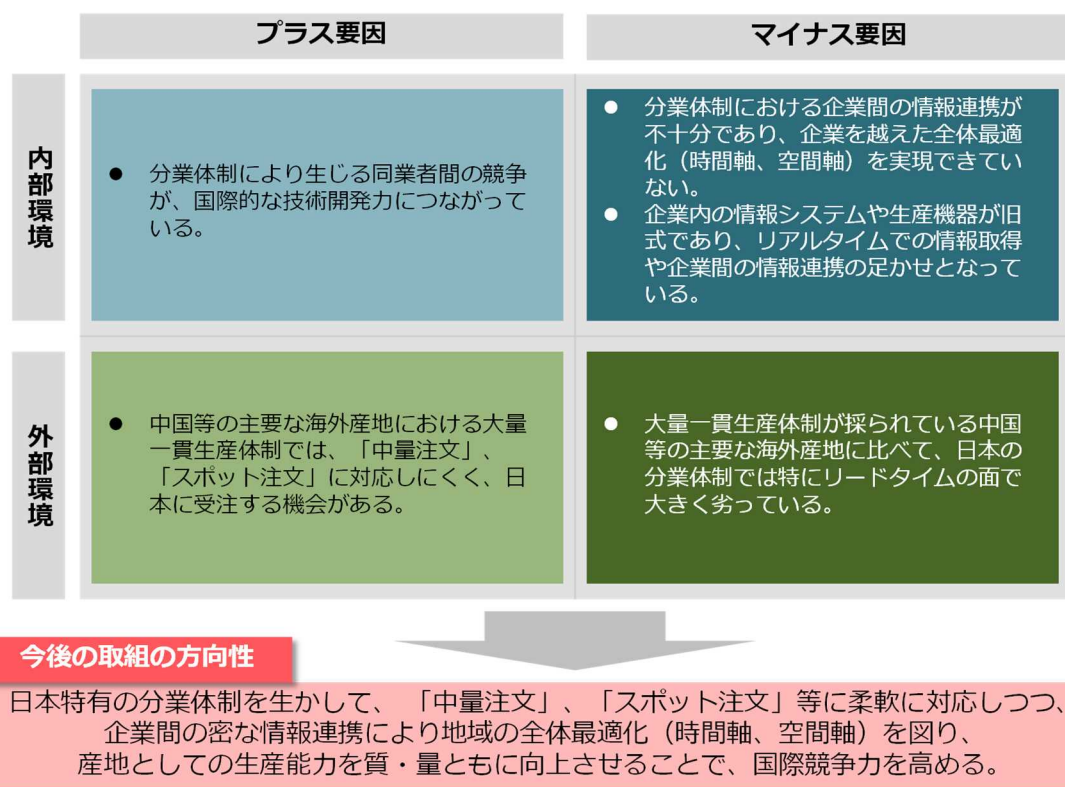


図 4-7-10. 業界を取り巻く環境と今後の取り組みの方向性

8) 非競争領域における共通的なシステムを構築する際の課題整理(担当:株式会社三菱総合研究所)

本調査で特定した3分野について、解決すべき課題・解決の方向性、及び非競争領域における共通的なシステムの概要(イメージ)の整理を行った。

7-1) 下水道

広域化・共同化、修繕・改築の効率化、集中監視の導入を実現するための取組みは、ICTの活用により加速させられると考え、本調査では、管路ストックマネジメント計画策定の共同発注等の場面を設定し、現状を整理したうえで共通PF導入の効果を検討した。

修繕・改築の効率化のため、各自治体において管路ストックマネジメント計画を策定することが求められる。近年、幹事自治体が先頭に立ち、周辺の中規模自治体と共同で管路ストックマネジメントをコンサルに発注するという動きがみられるようになってきたが、現状ではデータのやり取りに多くの時間を要している。

これを解決する共通PFのシステムイメージ(下図参照)として、下水道事業に従事する自治体の職員(又は下水道事業者と契約するベンダ)は、共通PFと接続する各種データベースに管路の修繕・保全・点検記録や現行のストックマネジメント計画など、業務に付随する情報を格納するものとし、共通PFには政策決定支援ツール、ストックマネジメント計画支援ツール、遠隔監視・制御ツールなどが接続されており、それぞれを下水道事業に従事する自治体の職員(又は管理業務を受託したコンサルタント)が利用することで、管路SM業務に限らず、広域化・共同化、修繕・改築の効率化、集中監視などの取組みを加速させることができる。

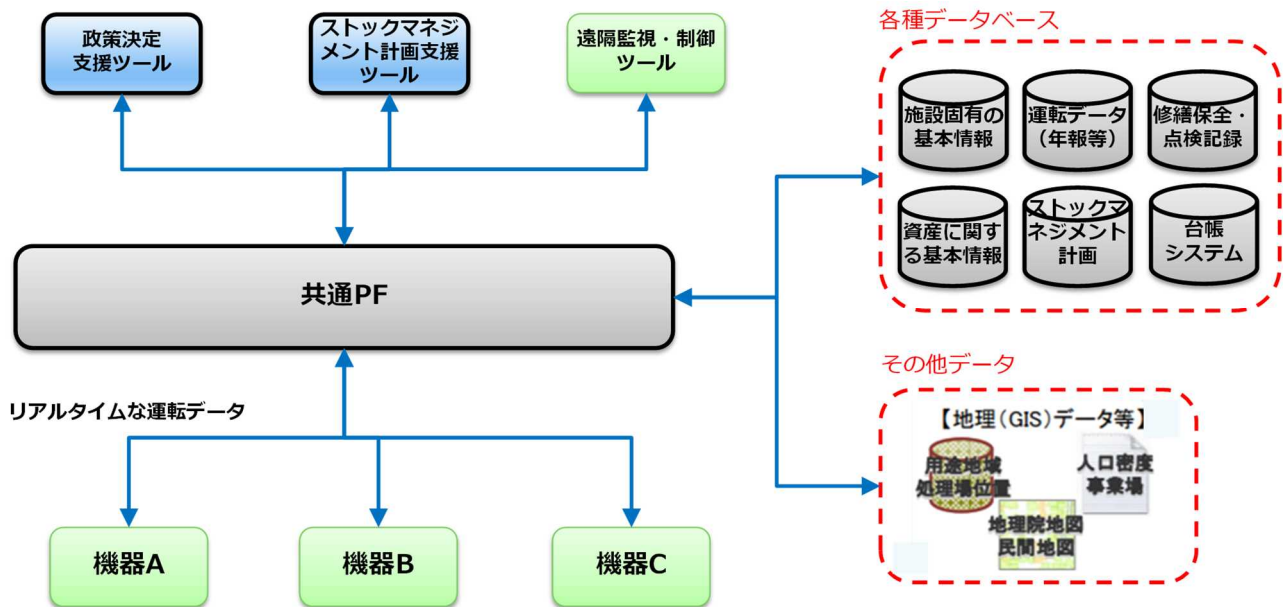


図 4-7-11. 下水道分野における共通的なシステムイメージ

### 7-2)医療・介護

地域包括ケアシステムの推進に向けては、介護従事者や施設不足等のハード面での充実のほか、医療従事者と介護従事者間の情報ギャップを埋める等ソフト面での充実が求められるが、一方で、医療従事者間では問題なく共有できる事項(例. 投与に伴う副作用発生リスク等)が、介護従事者は医療知識を有していないため、共有しにくいとの指摘があった。また、医療従事者、介護従事者が互いに何が重要な情報なのかを共有できていない現状が判明した。

これを解決する共通 PF のシステムイメージを下図に示す。医療・介護分野における各ステークホルダ間のデータ交換を行う PF であり、PF 上で交換される医療及び介護等の情報から、医療従事者、介護従事者の互いの情報ギャップを埋め、必要なときに必要な情報が通知されるリスクアラートを行うエンジンを有する。また、介護従事者の記録事務負担を抑制する音声入力エンジンも有し、対象者の症状や介護状況により、定型的な要素を音声入力により、文章として構造化する機能のほか、非定型な口述をそのまま文書化することにより、介護従事者の記録負担の軽減が期待できる。



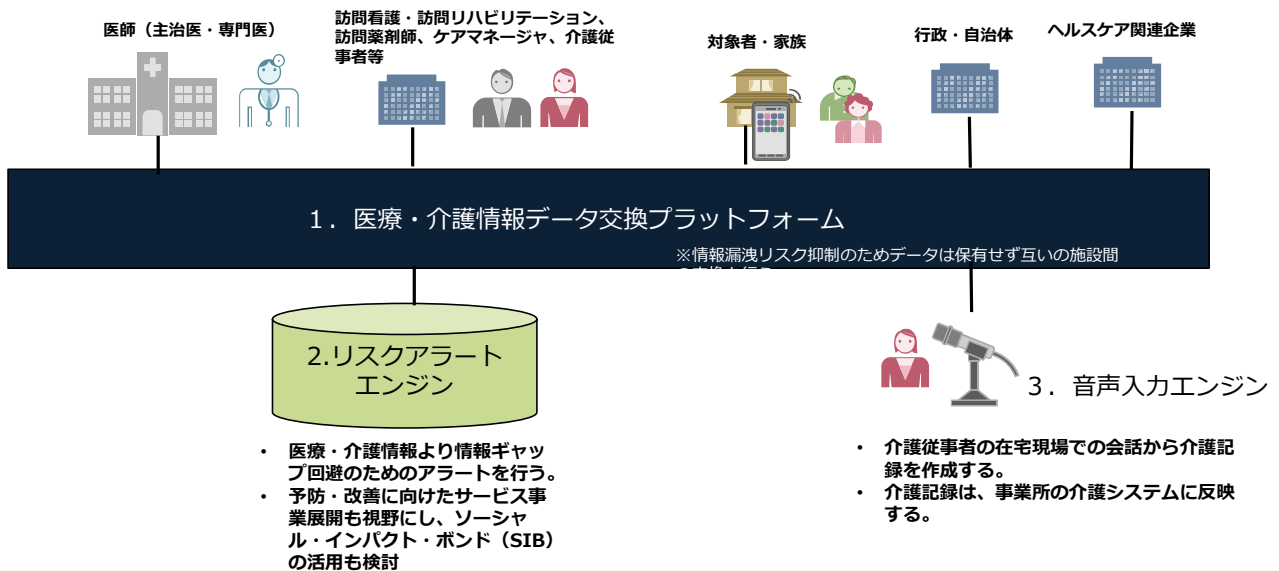


図 4-7-12. 医療・介護分野における共通的なシステムイメージ

### 7-3)合織

合織業界における課題を踏まえて、今後の具体的な取り組みとして、次の3点を想定した。①系列等を越えた同業種間横連携による地域としての生産能力の向上、②計画データの工程間での縦連携による生産計画の全体最適化（＝リードタイム短縮）、③サプライチェーン全体での計画等データの共有による中長期的な生産能力の向上。

これら想定を実現する共通PFのシステムイメージを下図に示す。系列横断、地域横断等での、横連携、縦連携を強化するために必要なデータを共有化し、共有データの活用により、サプライチェーン全体の情報を把握でき、時間軸、空間軸での全体最適化を実現する。社外秘の情報（製造原価、ノウハウ等）のための固有データ領域を設けることで、社内基幹システムをPF上に構築することを可能とさせ、社内基幹システムのレガシー化の防止、並びに社内データと共有データの連携性を向上させる。アプリケーションの共同利用により、データ共有のためのシステム構築に係る負担を軽減させる。IoT等の活用により、製作現場から稼働状況、進捗状況、品質管理等の情報をリアルタイムに取得させる。

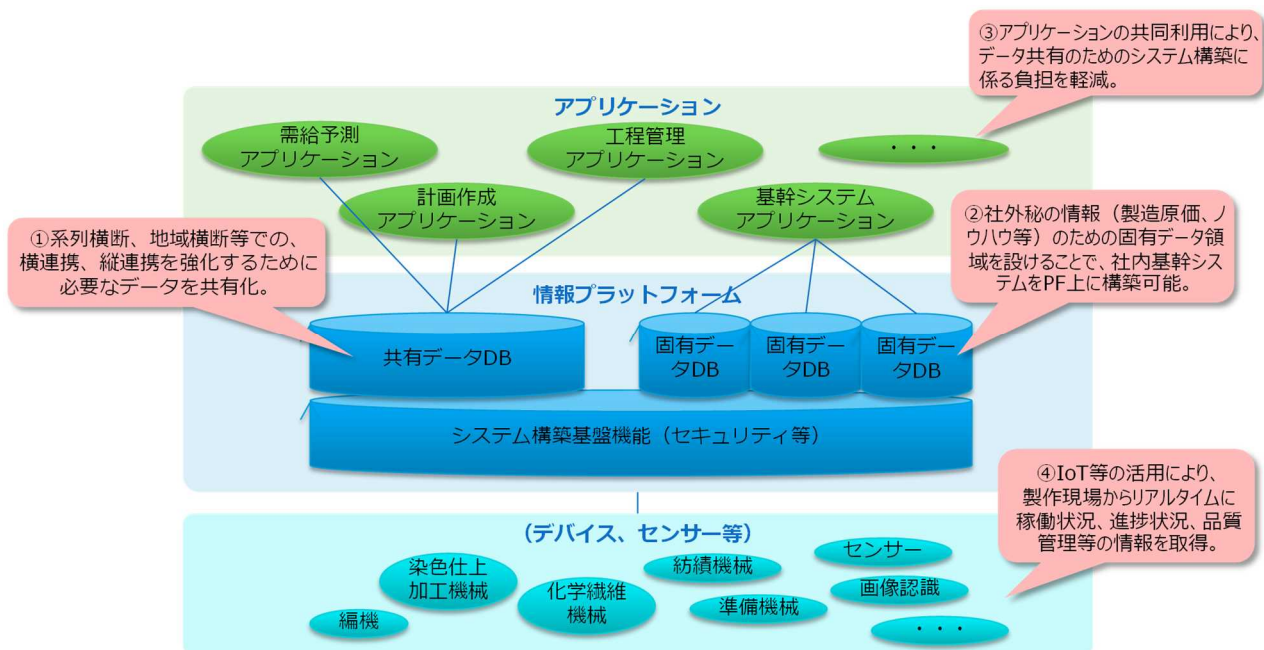


図 4-7-13. 合繊分野における共通的なシステムイメージ

9) 非競争領域における共通的なシステム構築を促進する支援機能等についての検討(担当: 株式会社三菱総合研究所)

本調査では、分野別共通プラットフォームのニーズがあると考えられる分野において、今後の構築に向けて実施が求められる中立的な支援機能等に関する検討プロセス、支援機能等の体系化(下表)を行った。

検討に際しては、2019年6月に策定された「IT 政策大綱」において例示されている「NEDO 水道事業」において実際に実施された検討・実証プロセスを参考にした。

表 4-7-1. 検討プロセス及び支援機能等の体系

非競争領域における共通的なシステム構築に向けた標準的な検討プロセス		中立的な支援機能等(例)	
1	共通的なシステム構築方針、検討体制、プロセスの検討	(a)	業界構造(主要プレーヤ、サプライチェーン等)の調査、分析
		(b)	業界全体の課題・ニーズに係るユーザ側、サプライ側の意見集約
		(c)	業界全体の課題・ニーズの整理およびその対応策の検討
		(d)	検討体制の検討
		(e)	非競争領域と競争領域の切り分け検討
		(f)	非競争領域における共通的なシステム構築方針の作成
		(g)	共通的なシステム構築方針に関する関係者間(ユーザ側、サプライ側、行政機関、業界団体等)の合意形成
		(h)	検討プロセスの計画
2		(a)	非競争領域における共通的なシステム(標準仕様)に係るコンセプト設計

	非競争領域における共通的なシステム構築に向けた標準的な検討プロセス		中立的な支援機能等(例)
	非競争領域における共通的なシステム(標準仕様)の開発	(b)	共通的なシステム(標準仕様)に係る要件定義、アーキテクチャ設計、標準仕様の体系整理
		(c)	標準仕様書(案)の作成
		(d)	実証実験等による標準仕様の検証
		(e)	標準仕様書の策定
		(f)	共通的なシステム(標準仕様)の開発に係る会議体等のファシリテーション
3		共通的なシステム(標準仕様)の利用に係る設計	(a)
	(b)		共通的なシステム(標準仕様)のプラットフォームサービス等の利用条件(データ主権等)等の整理
	(c)		共通的なシステム(標準仕様)のプラットフォームサービス等における利用規約(雛形)の作成
	(d)		共通的なシステム(標準仕様)への適合性評価基準の作成
	(e)		標準仕様への準拠に係る認証制度の作成
4	共通的なシステム(標準仕様)の運用・保守に係る設計	(a)	共通的なシステム(標準仕様)の管理業務・管理体制に求められる要件整理
		(b)	共通的なシステム(標準仕様)の管理業務仕様の作成
		(c)	標準仕様管理者候補者等との協議、合意
5	共通的なシステム導入に伴うサイバーセキュリティ対策の検討	(a)	リスクベースアプローチに基づく脅威分析等
		(b)	セキュリティ対策シナリオの作成
		(c)	セキュリティ対応フローの作成
		(d)	その他
6	共通的なシステム導入による効果の検討	(a)	システム導入による業務の変革イメージ検討
		(b)	業務の効率化等に係る定性、定量効果の試算
		(c)	システム構築費、運用費等の削減効果試算
		(d)	その他
7	共通的なシステムの普及、広報等の検討	(a)	普及、広報計画の作成
		(b)	共通的なシステム(標準仕様)に係る調達仕様書(雛形)の作成、提供
		(c)	セミナー、シンポジウム等の開催、参加
		(d)	テストベッドイベント等の開催、参加
		(e)	ユーザ組織内向け等の導入説明資料(雛形)の作成、提供
		(f)	その他の業界及び関連業界に対する普及、広報メニューの検討

### 3-2-4-8. Society 5.0 の実現に向けたアーキテクチャに関する検討

(実施先: 独立行政法人情報処理推進機構、アーサー・ディ・リトル・ジャパン株式会社、株式会社三菱総合研究所、株式会社電通名鉄コミュニケーションズ)

#### 3-2-4-8-1. 調査の概要と実施計画

Society5.0 の実現に向け、多様な人、機械、技術が国境を越えてつながり、新たな付加価値を創出し、社会課題を解決していく必要がある。このような課題や問題を解決するためには、ステークホルダーやあらゆる専門家の中で、議論の前提として、システムの全体構造についての共通認識・共通理解を図ることが不可欠であり、そのためにシステム全体についての見取り図となる「アーキテクチャ」が求められる。

本事業では、Connected Industries 重点 5 分野において、個別分野内あるいは分野横断的にデータ連携を進める際に必要となるアーキテクチャの設計を進めるため、独立行政法人情報処理推進機構(以降、「IPA」)、アーサー・ディ・リトル・ジャパン株式会社(以降、「ADL」)、株式会社三菱総合研究所(以降、「MRI」)、株式会社電通名鉄コミュニケーションズ(以降、「DMC」)にて以下の 1)~5)による取組みを実施した。

#### 3-2-4-8-2. 調査の内容と目標

Connected Industries 重点 5 分野において、個別分野内あるいは分野横断的にデータ連携を進める際に必要となるアーキテクチャの設計を進めるため、その前提となる分野横断的なアーキテクチャに関する国内外の動向の調査を行った。

加えて、Connected Industries 重点 5 分野を中心に、特に①ステークホルダーが非常に多い、②安全性が厳に求められる、③関係者の共通認識を図ることが難しい複雑なシステムやルールがあるなどといった、アーキテクチャが求められる分野(「自動走行・モビリティサービス」分野や「プラント・インフラ保安」分野)において求められるアーキテクチャのあるべき姿の検討、およびアーキテクチャから必要と判断される標準化、ルールモデルの在り方、技術開発等について検討を行い、実際にアーキテクチャの設計の試行を行った。

更に、上述の個別分野におけるステークホルダーとアーキテクチャに関する議論を行うための分野別委員会や、分野横断的な共通課題の検討や分野間での相互連携性、海外のアーキテクチャ設計に関する動向の知見の共有等を図るための有識者による委員会を開催した。また、国内にアーキテクチャ設計を担える人材が極端に少ないことを踏まえ、アーキテクチャ人材の育成及び普及展開についても検討を行った。

Connected Industries 推進に向けては、その見取り図としてのアーキテクチャを明らかにし、具体的な施策につなげていくことが必要であり、本調査事業を実施することでアーキテクチャの有用性について明らかにし、Connected Industries 実現の加速を目指した。

#### 1) アーキテクチャに関する国内外調査(担当:IPA)

IoT・CPS(Cyber-Physical System)・ビッグデータに関する分野横断的なリファレンスアーキテクチャやフレームワークに関して、各国や国際標準化団体等から公表されているもの(議論

中のものも含む)について、各国主要団体への訪問ヒアリング、机上調査を通じて調査し、ユースケースや活用状況等を整理し、国際標準化の議論の場における我が国の関与の必要性の検討及び国内産業への適用に向けた課題の整理等の観点から、それぞれの特徴や関係性等について分析、またその活用について検討を行う。

また、併せて日本国内においても、公表されているリファレンスアーキテクチャやフレームワークについて構築の目的と背景、特徴、期待効果等の観点から調査・分析を行う。

#### 2) 「自律走行・モビリティサービス」分野におけるアーキテクチャ設計(担当:ADL)

アーキテクチャ設計を行うにあたり、有識者へのヒアリング、机上調査等を通じて国内外におけるモビリティ関連の市場・事業・技術動向について調査を行う。また、モビリティサービス等に関する政策論点を整理し、アーキテクチャ描出目的の明確化、及びアーキテクチャ設計において検討すべきユースケースやその前提条件について整理し、当該ユースケースを起点としたアーキテクチャの設計を行う。アーキテクチャの設計にあたっては、有識者を交えた委員会にて議論を行い、フィードバックを得るとともに、最終的に作成されたアーキテクチャを踏まえて、標準化やルールモデルのあり方等の観点で政策示唆等について整理する。

#### 3) 「プラント・インフラ保安」分野におけるアーキテクチャ設計及び新たなルールモデルの検討・提言(担当:MRI)

プラント保安において、「プラント産業全体の国際競争力強化」、「プラント保安における安全性・信頼性確保」に係るユースケースを選定する。

その後、選定したユースケースに係る既存の法規制に求められる安全確保のための機能の整理、機能要求と物理空間における要件の対応関係整理、法規制と先進的な取組(リスクベース推進及びデジタル技術活用)の体系化を行う。

そのうえで、既存の法規制から新たなガバナンスモデルへの転換に向けたロードマップ、業界及び事業者が必要となるアクション、デジタル技術・サービス活用に向けたエコシステム創出に必要な新たな社会的機能の検討・整理を行う。

上記アーキテクチャの可視化と設計については、プラント保安関係者を中心に組織した委員会でアーキテクチャ専門家の協力のもと、検討テーマを設定したうえでディスカッションを実施し、行うものとする。

#### 4) 有識者によるアーキテクチャ検討委員会等の運営(担当:DMC)

アーキテクチャ設計に関して分野横断的な共通課題の検討や分野間での相互連携性、海外のアーキテクチャ設計に関する動向の知見の共有等を図るため、有識者による「アーキテクチャ検討委員会」の開催・運営に必要な業務を実施する。

加えて、個別分野においてステークホルダーとアーキテクチャに関する議論を行うため、当該分野に関する有識者や関係企業・団体、研究機関による「分野別委員会(モビリティサービス分野、プラント保安分野)」の開催・運営に必要な業務を実施するとともに、当該委員会の検討状況について適宜「アーキテクチャ検討委員会」に報告し、情報共有を図る。

#### 5) アーキテクチャ人材育成のための検討、及び普及啓発の検討(担当:IPA)

Society5.0 時代に求められる高いレベルのアーキテクトの育成のため、当該アーキテクトに必要な要素について、問題意識を持っている産業界団体等と意見交換を実施し、調査・検討を行い人材像について整理する。また、著名な有識者を講師として招聘し、アーキテクト育成に向けたセミナーを開催する。

普及啓発の取り組みとして、アーキテクチャの重要性理解に寄与する資料等、普及啓発用の資料、コンテンツ類の作成、各種団体講演会等を活用した講演、経営層向けや地域・中小企業をそれぞれ対象としたセミナーを実施し、当該取り組みに関してアンケート等を通して効果の検証を図る。

また、上記活動から得た結果をもとに、今後の行動計画を立案する。

その他、アーキテクティングに関する知見を有する慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科(SDM)と協力し、スキル保有メンバーを確保して試行に参加し、個別分野(「自動走行・モビリティサービス」、「プラント・インフラ」並びに別途実施している「Connected Industries 推進のための協調領域データ共有・AIシステム開発促進事業／自律移動システム分野のアーキテクチャに関する検討」)のアーキテクチャ検討のケースを蓄積し教育プログラムの検討および普及啓発の検討に役立てる。

#### 3-2-4-8-3. 調査の成果

アーキテクチャに関する国内外の動向の調査については、各団体の活動に関するヒアリングや机上調査等を通じて、国内外のリファレンスアーキテクチャやアーキテクチャフレームワークなどに関して 15 種類、各団体や企業の活動として 6 つの取組みについて調査・分析を行った。

次に、Connected Industries 重点 5 分野のうち、「自動走行・モビリティサービス」分野や「プラント・インフラ保安」分野において、実際にアーキテクチャの設計を試行し、そこから得られる知見を取りまとめた。

また、アーキテクチャ人材の育成に関する検討と普及展開の活動を行い、前者では人材像を明確化するとともに、その人材を育成するためのセミナーの試行を行った。後者では経営層向けのセミナー実施、各種団体・地域向けの講演、啓発用ビデオシナリオの作成などを行った。

以上の検討結果は、有識者がメンバーとなっている各種委員会に報告し、前向きなコメントを得たとともに、検討結果及び有識者からのコメントを踏まえ、今後の取組みに関しての提言を行った。

#### 1) アーキテクチャに関する国内外調査(担当:IPA)

各団体の活動に関するヒアリングや机上調査等を通じて、国内外のリファレンスアーキテクチャやアーキテクチャフレームワークなどに関して、下表 4-8-1 に示す 15 種類、各団体や企業の活動として 6 つの取組みについて調査・分析を行った。なお、各リファレンスアーキテクチャやフレームワークの調査は以下の観点で実施した。

- 当該リファレンスアーキテクチャやフレームワークの構築の目的と背景、同リファレンスアーキテクチャなどの概要、考え方、特徴
- 当該リファレンスアーキテクチャやフレームワークなどに基づき具体的なアーキテクチャ設計に至ったプロセスや体制
- 当該リファレンスアーキテクチャやフレームワークなどの活用状況(規制や調達ルールへの反映有無を含む)

固有のリファレンスアーキテクチャやフレームワークを持たない団体・企業については、上記観点以外のアーキテクチャに関する取組みについて調査を実施した。

表 4-8-1: 調査対象及び調査手段

大分類	小分類	調査先	調査対象	調査手段	備考
RA やAF 等を 保有	国際	米・NIST(国立標準技術研究所)	Framework for Cyber-Physical System	机上調査・訪問ヒアリング	
		米・IIC(Industrial Internet Consortium)	IIRA(Industrial Internet Reference Architecture)	机上調査・訪問ヒアリング	「米国 IIC への中小企業の活動関与」を含む
		独・Plattform Industrie 4.0	RAMI4.0(Reference Architecture Model Industrie 4.0)	机上調査・訪問ヒアリング	「独国 LNI における中小企業展開の取組み」を含む
		米・NIST(国立標準技術研究所)	NIST Big Data Interoperability Framework	机上調査・訪問ヒアリング	ITL、Big Data R&D Initiative の関連情報を含む
		-	安全アーキテクチャ	机上調査	STAMP, Resilience Engineering を含む
	国内	内閣府	Society 5.0 参照モデル	机上調査・訪問ヒアリング	
		JEITA(電子情報技術産業協会)	JEITA モデル	机上調査・訪問ヒアリング	
		IVI(Industrial Value Chain Initiative)	IVRA(Industrial Value Chain Reference Architecture)	机上調査・訪問ヒアリング	
		日本ロボット工業会 ORiN 協議会	ORiN	机上調査・訪問ヒアリング	

		経済産業省	サイバー・フィジカル・セキュリティ対策フレームワーク	机上調査・訪問ヒアリング	
		NTT データ	NTT データ ビッグデータ・リファレンス・アーキテクチャー	机上調査・訪問ヒアリング	
		東芝	東芝 IoT リファレンスアーキテクチャー	机上調査・訪問ヒアリング	
		日本電気	NEC the WISE IoT Platform アーキテクチャ	机上調査・訪問ヒアリング	
		パナソニック	Panasonic Digital Platform	机上調査・訪問ヒアリング	
		日立製作所	Lumada	机上調査・訪問ヒアリング	
活動のみ	国内	RRI(ロボット革命イニシアティブ協議会)	-	訪問ヒアリング	
		JASPAR(Japan Automotive Software Platform and Architecture)	-	机上調査・訪問ヒアリング	
		JASA(組込みシステム技術協会)	-	訪問ヒアリング	
		SMA(スキルマネージメント協会)	-	訪問ヒアリング	
		慶應 SDM(慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科)	-	訪問ヒアリング	
その他	国内	富士通	-	訪問ヒアリング	

上記の調査を実施した結果、リファレンスアーキテクチャやアーキテクチャフレームワークなどに関するコンセンサスを得ることが必要であり、策定過程において参画者との合意形成やオープンな議論を行う環境作りが必要であると言える。少数の識者で土台を作り、それをオープンに議論してまとめるというプロセスが多く、これに倣うとすれば、公的かつ中立的な組織が



開催する検討委員会のような会議体で策定し、広くステークホルダーとの間で合意をもらうような形式が現実的である。

また、海外の事例では、リファレンスアーキテクチャなどを作成した後は、産業界の各企業の活動に委ねている場合が多く、効果的な適用が進んでいない。我が国では多くの業界団体があり、これらが産業界での各種普及展開の役割を担っているため、業界団体と協力して、ここを通じた普及展開を行っていくのが望ましい。

産業界への普及を促進するためには、アーキテクチャを策定するのみでなく、企業のインセンティブとなる具体的な活用効果の提示が必要であり、事例や効果測定値等を蓄積し、提示していくことが必要である。

## 2) 「自律走行・モビリティサービス」分野におけるアーキテクチャ設計(担当:ADL)

新たなモビリティサービス産業の創出・拡大を促すことを目的として、アーキテクチャ設計を試行し、アーキテクチャ手法活用の有効性・有用性を検証した。

今回の目的及び検討内容について図 4-8-1 に示す。

目的	検討内容
<p>産業政策として、アーキテクチャの手法を用い、<u>新たなモビリティサービス産業と分野横断での新産業の創出・拡大を促すこと</u></p> <p>・産業としてモビリティ単体(移動事業者間での相互接続性向上のみ)では大きな収益化が難しい現状。新たなモビリティサービスを立ち上げながら、エネルギー・不動産や介護医療などとの掛け合わせによる分野横断が必須</p>	<p>モビリティサービスのアーキテクチャ設計の試行を通じて、アーキテクチャ手法活用の有効性・有用性を検証した</p> <p>また、上記検討を通じて</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 今後必要となるサービスや機能を見据えたデータ必要性、及び、その上で共通の技術標準や、法やルールの整備などの必要性を検討</li><li>・ 多くのステークホルダーが関係するモビリティの特性を踏まえたステークホルダー間におけるアーキテクチャ活用の方向性を検討</li></ul>

図 4-8-1: 目的及び検討内容

フォアキャスト・バックキャスト両面から幅広い領域のサービスを探求し、“乗合い系”サービス及び、マルチモーダサービスに着目し、今回は乗合いを中心に検討を実施した(図 4-8-2)。

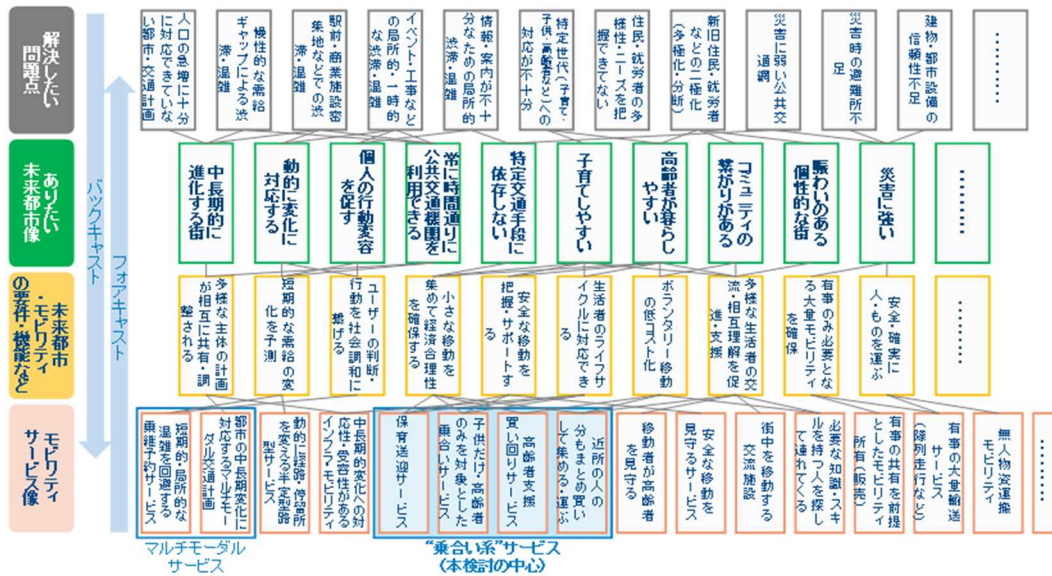


図 4-8-2: ユースケース選定

また、検討対象とするモビリティサービス領域を設定した上で、アーキテクチャを検討し、モビリティサービス事業の論点を抽出するとともに、アーキテクチャの活用方法を検討した(図 4-8-3)。

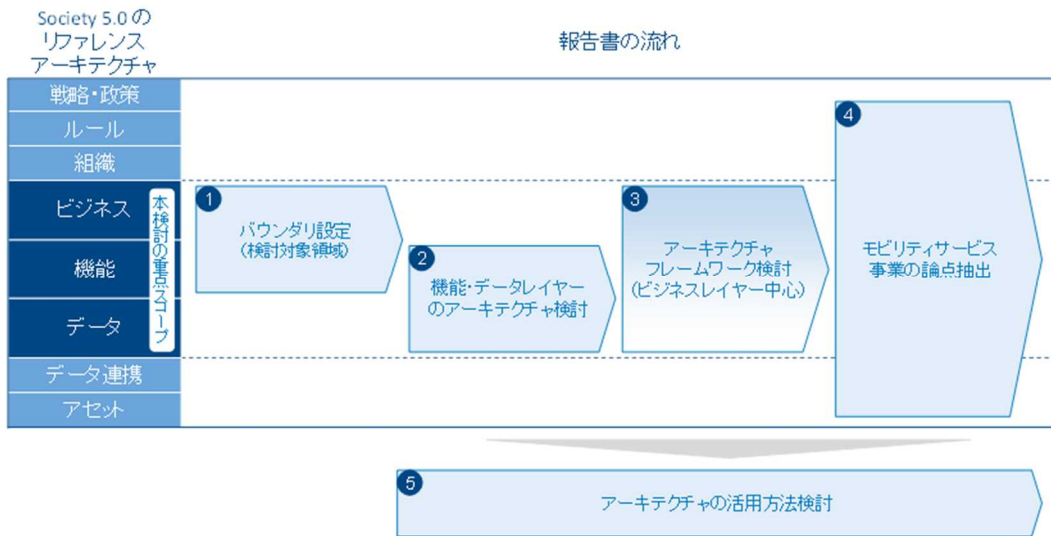


図 4-8-3: 検討の全体像

また、本検討に当たっては、ヒアリングと有識者委員会を通じて幅広い意見を収集しながら、下図 4-8-4 のエキスパートによる WG を中心とする体制で検討を進めた。

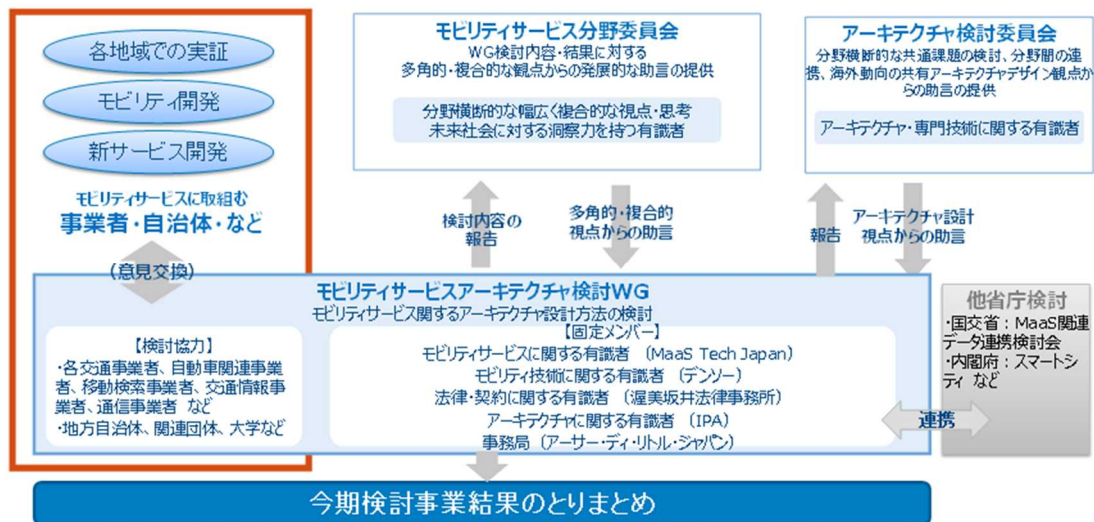


図 4-8-4: 実施体制

上記取り組みを実施することにより、事業者に通ずる機能や連携すべきデータが多くあり、標準化や制度整備に対する期待が存在することが分かった。

また、モビリティサービスが成熟する過程においては、既存交通との共存共栄、異業種との連携など、個別事業者による解決が難しい事業・産業全体で解決すべき難所がある。その解決に際しては、共通要素や課題を見出し、ステークホルダー間で調整を図るためには、アーキテクチャフレームワークの活用が有効である。

### 3) 「プラント・インフラ保安」分野におけるアーキテクチャ設計及び新たなルールモデルの検討・提言(担当: MRI)

プラント・インフラ保安分野では、選定したユースケースに係る既存の法規制に求められる安全確保のための機能の整理、機能要求と物理空間における要件の対応関係整理、法規制と先進的な取組み(リスクベース推進及びデジタル技術活用)を検討した。(AS IS 整理)

そのうえで、既存の法規制から新たなガバナンスモデルへの転換に向けた保安の在り方、デジタル技術・サービス活用に向けた新たなガバナンスモデルの検討・整理を行った。(TO BE 整理)

プラント保安の AS IS 整理に際しては、「①プラント産業全体の国際競争力強化」、「②プラント保安における安全性・信頼性確保」に係るユースケースとして、スーパー認定事業所制度、またその前提となる高圧ガス保安法を選定した。

ユースケースの AS IS を、具体的にはシステム図、Goal Structuring Notation(GSN)、ガバナンス対象に対する保安ガバナンスの在り方のアーキテクチャの設計を試みた。



AS IS の整理を基本に、最新デジタル技術を整理し、それらがプラント保安で活用される姿を AS IS と同様の保安ガバナンスの在り方としてアーキテクチャを設計し、どのような新たなガバナンスモデルに変化しうるのか、TO BE を整理した。

上記の検討を踏まえ、デジタル技術等を活用した保安ガバナンスの在り方や、他分野へのガバナンスモデル展開における示唆を検討し、今後の検討方向性についても整理した。

各実施項目は、アーキテクチャ専門家を交えたWG等を通してアーキテクチャを設計し、プラント保安及び最新デジタル技術等の関係者へのヒアリング等を通して事実を確認しながら可視化を進めた。また、アーキテクチャは分野別委員会で適宜報告し意見を頂戴し、その結果も反映した。

上記取り組みを実施し、保守(安全)ガバナンスモデルをアーキテクチャとして可視化することにより、日米比較などを含む現状の構造を明らかにできた(表 4-8-2)。

表 4-8-2: 日本とアメリカのプラント保安の違いまとめ

		日本 	米国 
安全の考え方	対処方法	①事故の再発防止を徹底する ②事故要因(ハザード)に対処する	①「危険性はゼロにはならない(常にリスクは存在する)」 ②リスクとその影響範囲を管理する
	規制対象	③設備・物質(ハード)およびその取扱(プロセス)について規制する ④それだけでは対処できない部分も多いため、民間の自主保安を促進する (自主保安といってもハード・プロセスは規制されている) ⑤完成時・運用時(ライフサイクル)に分けて規制を設ける	③マネジメントシステム及び留意すべきハザードについて規制する ④リスクが顕在化した場合の被害を最小限に抑えるための仕組みを設ける ⑤保有するリスク、適切な管理方法は組織によって違うので、民間の自主保安に任せる(民間によるライフサイクルを通じたリスク管理の実施)
	DXへの対応力(仮説)	<p style="text-align: center;"><b>新技術を用いた検査方法の登場、それに関連するハザードの出現への対応</b></p> 新手法、新たなハザードごとに新たに規制体系の変更・要件の検討が必要 <p style="text-align: center;"><b>常時状態監視が可能になった場合の、ライフサイクルを通じたリスク管理への対応</b></p> ライフサイクルのフェーズ毎に分断された現状の規制体系の大幅な変更が必要	<p style="text-align: center;"><b>新技術によるリスクを管理する組織能力を担保するための規制要件の検討が必要</b></p> 新技術によるリスクを管理する組織能力を担保するための規制要件の検討が必要 <p style="text-align: center;"><b>ライフサイクルに沿ったリスク管理は民間事業者に一任されているため、規制体系の変更なし</b></p> ライフサイクルに沿ったリスク管理は民間事業者に一任されているため、規制体系の変更なし
【参考】ガバナンス(設備の検査に関する例)	技術基準	・ 学協会が定めた国際規格等を参考に行政が定める(トップダウン的に定めるのは難しい)	・ 学協会が定めた国際規格等を参考に行政が定める(リスクベースとトップダウンに定まる)
	検査方法	・ 専門的な機関に任せる(事業者任せると形骸化する恐れがある)	・ 基本的には事業者任せ(これができる事業者であることを担保する)
	検査実施	・ 行政もしくは専門的な機関に任せる(事業者任せると形骸化する恐れがある)	・ 基本的には事業者任せ(これができる事業者であることを担保する)

また、プラント保安のみならず、安全に係る先進技術活用が進む分野についての有識者ヒアリング、簡易調査を行った結果から、今後の分野横断的な先進技術を活用した保安のガバナンスを検討するための重要な論点として、「官主導のガバナンスから官民連携のガバナンスへのパラダイムシフト」、「競争力の維持強化・保安力の維持向上のためのリスクベースの移行拡大」、「社会における複数のリスクガバナンス併存の許容」、「ガバナンスアーキテクチャ設計におけるインターオペラビリティ確保」等について更なる検討が必要である。参考として、論点のうちの一つを図 4-8-5 に示す。

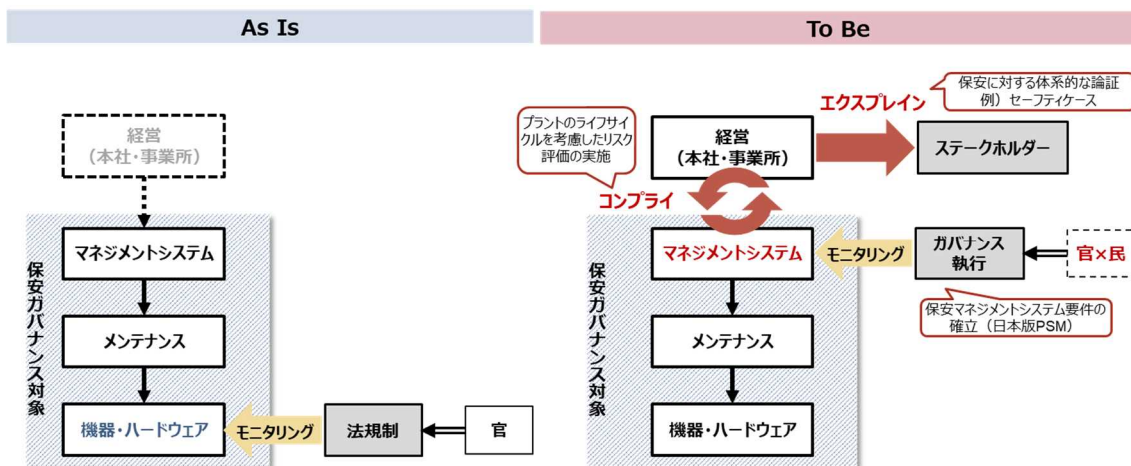


図 4-8-5: 官主導のガバナンスから官民連携のガバナンスへのパラダイムシフトのイメージ

4) 有識者によるアーキテクチャ検討委員会等の運営(担当:DMC)

アーキテクチャ設計に関して分野横断的な共通課題の検討や分野間での相互連携性、海外のアーキテクチャ設計に関する動向の知見の共有等を図るため、下表 4-8-3 の有識者による「アーキテクチャ検討委員会」の開催・運営に必要な業務を実施した。

表 4-8-3: アーキテクチャ検討委員会開催概要

委員会名	構成人数	開催日時
第 1 回アーキテクチャ検討委員会	委員 14 名	2020 年 2 月 14 日(金)
第 2 回アーキテクチャ検討委員会	委員 8 名	2020 年 2 月 27 日(金)

また、個別分野においてステークホルダーとアーキテクチャに関する議論を行うため、下表 4-8-4 の当該分野に関する有識者や関係企業・団体、研究機関による「分野別委員会(モビリティサービス分野、プラント保安分野)」の開催・運営に必要な業務を実施するとともに、当該委員会の検討状況について適宜「アーキテクチャ検討委員会」に報告し、情報共有を図った。

表 4-8-4: 分野別委員会開催概要

委員会名	構成人数	開催日時
第 1 回プラント保安分野委員会	委員等 19 名	2019 年 10 月 23 日(水)
第 2 回プラント保安分野委員会	委員等 18 名	2019 年 12 月 11 日(水)
第 1 回モビリティサービス分野委員会	委員等 13 名	2019 年 12 月 26 日(水)
第 3 回プラント保安分野委員会	委員等 17 名	2020 年 1 月 28 日(火)
第 4 回プラント保安分野委員会	委員等 16 名	2020 年 2 月 26 日(水)
第 2 回モビリティサービス分野委員会	委員等 12 名	2020 年 3 月 6 日(金)

5) アーキテクチャ人材育成のための検討、及び普及啓発の検討(担当:IPA)

人材育成の取組みは下図 4-8-6 に示すような四つのステップで実施する。このうち、今回はステップ 1 とステップ 3 の試行を実施した。ステップ 2、ステップ 3 の本格実施、ステップ 4 は今後の活動としている。

以下に、ステップ 1 の人材像の明確化と、ステップ 3 の教育のうち短期講座の試行実施について報告する。

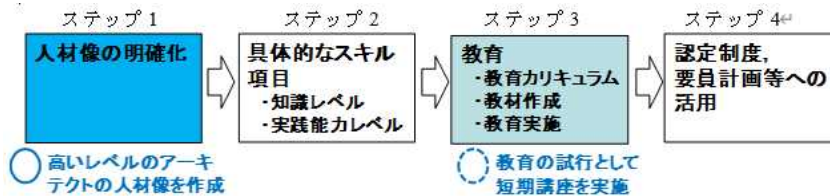


図 4-8-6: 人材育成の 4 ステップ

人材像の明確化は下記の流れで行う。なお、本事業では下記 1、2 を対象として検討を行った。

1. 今回育成したい人材に対する要求の定義
2. 人材に求められる要素の抽出
3. 人材育成に必要なとなる機能の抽出
4. 育成機能を割当て

既存のいくつかのシステムズエンジニアリングのスキルフレームワークの事例調査等の結果を踏まえ、アーキテクトが役割を満たすうえで必要な要素を検討し、下図 4-8-7 のとおり整理した。図中の左側には育成対象となるアーキテクトの役割、図中の右側には役割を満たすために必要となる要素を示しており、結果として求められる人材像として重要な要素は、価値連鎖の理解、進め方・思考の流れをデザインするスキル、オーケストレイトする力であると考えた。

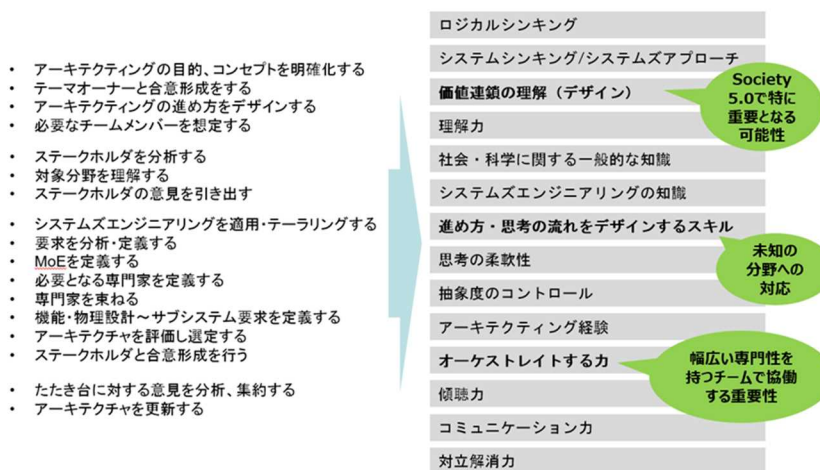


図 4-8-7: 育成対象の役割遂行において求められる要素

また、教育については短期講座の試行として、社会システムのアーキテクチャ構築に有効とされるシステムズエンジニアリングに精通し、その推進団体である INCOSE の元会長である David A.Long 氏、及び慶應義塾大学大学院 システムデザイン・マネジメント研究科白坂成功

教授を招聘し、4日間の「アーキテクト人材育成セミナー」を開催した。参加者64名に対し、アーキテクチャの重要性、フレームワーク構築・活用事例などを中心に、アーキテクチャの考え方などの解説・演習等を実施、アンケート結果を集計したところ「役に立つ」と「概ね役に立つ」の合計が95%という回答を得たとともに、以下のような有意義だという感想が寄せられた。

- 方法論よりもコミュニケーションの確立といったソフトスキルや、目的指向ということが、アーキテクティングにおいて重要であるという認識が得られた。
- 法律にまで言及することを考慮する視点がこれまでなかったので、大きな気づきを得られた。

一方で、人材育成に取り組んでいく上での、以下のような課題認識が示された。

- 視点を広げ全体を見ようとしたり、そもそもの課題に立ち返って思考しようとする mindset が重要だが、組織の中でやりにくく(発揮しにくく)感じている人が多いように思う。組織の変革が求められる。
- 多くのスキルを持った人、又はチームが必要で、かつ、コミュニケーションのスキルも必要であり、そこが難しい点と思う。

普及啓発の取組みは下図4-8-8に示すような四つのステップで実施することとしている。これは、アーキテクチャ検討の進展に応じて活動をブラッシュアップしながら継続的に実施していくものである。今回はアーキテクチャ検討が緒に就いたばかりの段階として、取組みの意義を広く理解してもらうことを主眼として実施した。

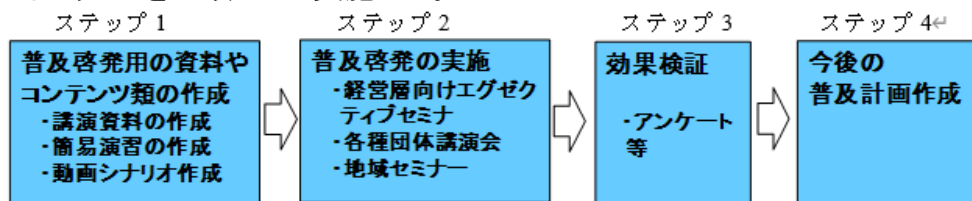


図 4-8-8: 普及啓発の4ステップ

普及啓発用の資料やコンテンツ類の作成については、以下のように実施した。

1. アーキテクチャの重要性理解に寄与する講演資料

アーキテクチャに関する取組みについて紹介するための資料を作成し、団体、地域中小向けの講演で活用した。

2. アーキテクチャ設計のための簡易演習

アーキテクチャ設計の簡易演習については、アーキテクト人材育成セミナーの中で2.5日にわたり実施した。

3. 普及啓発のための動画シナリオ

普及啓発の動画作成に向け、アーキテクチャ関連の取組みの重要性を訴えるプロモーション等を目的とし、動画シナリオを作成した。

続いて、普及啓発の取組みとして、経営層向けのエグゼクティブセミナーの開催、各種団体講演会、地域セミナーでの講演を実施した。

アーキテクチャに関する取組みを一丸となって推進してゆくためには、経営層の理解とリーダーシップが重要と考え、経営層向けに下表 4-8-5 のセミナーを開催した。

表 4-8-5: セミナー一覧

セミナー名	聴講者数	開催日時
Society5.0 を目指したアーキテクチャセミナー～今後の経営層に求められる発想～エグゼクティブセミナー	105 名	2020 年 1 月 16 日(木)

また、下表 4-8-6 の 5 件の講演を実施し、その中でアーキテクチャに関する取組みについて紹介した。

表 4-8-6: 講演一覧

講演先	聴講者数	実施日
一般社団法人 企業研究会主催のソフトウェア開発マネジメント交流会	約 50 名	2019 年 9 月 13 日(金)
組込みソフトウェア技術コンソーシアム (HEPT) 主催の第 1 回研究会	約 10 名	2019 年 11 月 6 日(水)
国立情報学研究所(NII)主催の AI/IoT セミナー	約 100 名	2019 年 11 月 28 日(木)
日本プロジェクトマネジメント協会 (PMAJ)主催の会員交流会「新 P2M クラブ」	8 名	2020 年 1 月 31 日(金)
国際協力機構(JICA)主催の ASEAN サイバーセキュリティ研修	19 名	2020 年 1 月 31 日(金)

地域・中小企業向けのセミナーとして、地域団体に協力をいただき、下表 4-8-7 についても実施した。

表 4-8-7: 地域・中小企業向けセミナー一覧

講演先	聴講者数	実施日
電子情報技術産業協会(JEITA) 主催の地域連携セミナー(浜松)	24 名	2019 年 9 月 20 日(金)
関西情報センター(KIIS)主催の会員向けセミナー	25 名	2020 年 2 月 7 日(金)

上記の普及啓発活動を通じて寄せられた意見を総合すると、時代の変化に追随していかなければならないという課題意識に対して、アーキテクチャの取組みが役立つという認識が共有



されるとともに、企業風土改革への必要性が訴えられており、今後も経営層を含めた啓発が必要である。

また、実務経験がある方への普及に際しては、実務場面に照らし合わせてアーキテクチャの有用性を訴えるのが効果的である。

アーキテクティングに関する知見を有する慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科(SDM)と協力し、スキル保有メンバーを確保して試行に参加した。その際、個別分野(「プラント・インフラ保安」、「自動走行・モビリティサービス」、「自律移動システム(ドローン)」)ごとに「設計試行におけるアドバイス」や「教育プログラムや普及啓発への提言」を実施した。

#### 6) 調査事業全体を通しての提言・見解

##### ① 「アーキテクチャ」という言葉の意味の共通理解に向けた解説の充実

「アーキテクチャ」という言葉の定義は世の中に存在するが、抽象的であるため、一般の理解や対象範囲の捉え方が人それぞれ異なる。参加意識や取組み意欲を高めるために、言葉の定義の理解と合わせて、用途や意義を理解してもらうための解説を充実していく必要がある。

##### ② アーキテクトの育成対象について

今回の検討では「高いレベルのアーキテクト」の育成を目指した検討を行ってきた。しかし、それは教育のみによって育成されるものではなく、経験などを経て自律的に「高いレベルのアーキテクト」に進化していくものとも考えられる。したがって、ある程度の経験を積んだ人に向けた教育カリキュラムを整備してゆく中で、あわせて「高いレベル」に育つ候補の発掘も考えていく必要がある。

##### ③ リファレンスアーキテクチャやアーキテクチャフレームワークが効果をもたらす時期を想定した取組み

ある時点でリファレンスアーキテクチャやアーキテクチャフレームワークが効果をもたらすと想定したとしても、時間の変化に伴って価値観やテクノロジーが変化し、効果の度合いが異なってくる。よって、価値観の変化やテクノロジーの進化を見据えて取組みを見直していく必要がある。

最後に、Society 5.0の実現を進めるに当たり、アーキテクチャを見取り図として捉え、各種施策の具現化を進めることになるが、最終的には、Society 5.0の目指すところである「国民生活の利便性向上」、「国民生活の安全性確保」、及び「産業競争力の強化」につなげていく必要があると考える。

### 3-2-4-9. 研究開発型スタートアップのための研究資金利用支援方策に関する検討

(実施先:PwC あらた有限責任監査法人)

#### 3-2-4-9-1. 調査の概要と実施計画

##### (1) 背景

「Connected Industries 推進のための協調領域データ共有・AI システム開発促進事業」では、Connected Industries 重点 5 分野を中心に、海外や他分野に横展開可能であり、新規プレーヤーに開放的なデータエコシステムの構築に資する、業界横断型 AI システムの開発と業界共用データ基盤の開発を助成事業として実施している。これにより、データの共有と活用の好循環の成功事例を創出し、国内企業にとどまらない幅広いデータ連携による価値の創出促進を目指す。研究開発の実施にあたっては、スタートアップが保有する AI 等の革新的技術の活用により、社会課題の解決や新たな価値創造に繋がることを期待している。

一方で、公的資金を活用した研究開発資金マネジメントには特有の問題や対応すべき課題が数多くある。例えばスタートアップの経営者や研究者自らが経費執行・管理を行うことによる研究時間の減少及び研究資金マネジメントの不備による精算額の減額のリスクは公的研究開発予算を効率的・効果的に活用する際の大きな障害となっている。また、そのほかにも、補助金等に係る予算の執行の適正化に関する法律や知的財産関連法等の法律に習熟していないことから、予期せぬ法令違反を行い、最悪の場合には研究者や起業家としてのキャリアを喪失する事態にも発展しかねない。

こうした背景のもと、本調査事業は、上記の助成事業実施者の中でも公的研究資金の取り扱いに不慣れなスタートアップ(以下、「事業実施者」とする)が、助成事業において、研究開発で成果を出すことに可能な限り集中できるようにしつつ、研究資金を利用するための支援の方策について検討することを目的とする。

##### (2) 概要

本調査事業の概要は以下の通りである。

###### ① NEDO における研究資金の管理方法のあるべき姿の提言

助成事業において、研究開発で成果を出すことに可能な限り集中できるようにしつつ、研究資金を利用するための支援の方策について検討する。

あるべき姿の検討にあたっては、公的機関や金融機関等の先進的な事例を調査の上で実施するものとする。

あるべき姿の提言の内容は、具体的な内容とし、例えば、あるべき姿に対応した業務フローの作成、判断水準の明確化、NEDO の各種様式やマニュアルの改定案の作成、業務効率化や高度化に資するシステムやツール等の導入等を想定している。

###### ② 事業実施者の類型化

あるべき姿の検討にあたっては、事業実施者の事業規模、会計監査人の有無、財務状況等を踏まえ、類型化をして整理する。

### ③ 経理業務支援を通じた実課題等の把握

あるべき姿の検討と並行して、2019年度におけるNEDO事業実施者のうち、希望があった者に対して、計画に沿った助成金の適正な支出に関する助言や、概算払い業務及び検査業務の円滑な遂行のための経理業務を支援する。本活動を通じて、事業実施者が抱える問題意識や内在する課題を明らかにし、①の検討に役立てることを目的とする。

### (3) 実施計画

事業項目	2019年度						2020年度					
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
1. NEDOにおける研究資金の管理方法のあるべき姿の提言												
1-1. 事業開始前における各種ルール（様式・マニュアル等）及び業務フロー整備状況												
1-2. 事業期間中における進捗管理及び経理業務支援（システム等の導入を含む）												
1-3. 事業期間末における事業管理手続き												
1-4. 報告書等作成												
2. 事業実施者の類型化												
2-1. 類型化における基準の検討												
2-2. 小規模な事業体に配慮した簡略化の方向性に関する提案												
3. 経理業務支援を通じた実課題等の把握												
3-1. 最大18社程度への支援実施												
3-2. 月次の確認実施												
3-3. 実地検査対応の実施												
3-4. 貴機構への報告の実施												
4. 全体報告書作成												

#### 3-2-4-9-2. 調査の内容と目標

本調査事業の具体的な実施内容は以下のとおりである。

##### (1) 実施項目①:NEDOにおける研究資金の管理方法のあるべき姿の提言

##### (ア) 事業開始前における各種ルール(様式・マニュアル等)及び業務フロー整備状況

- ・ 政府、官公庁及び地方公共団体等が行う助成事業(補助事業)のみならず、委託研究事業についても調査対象に含め、母集団の中から優良・先進的事例を抽出したうえで、業務フローや経理処理等における判断水準、様式・マニュアル及びシステム・ツール等の導入事例の分析を行った。
- ・ 必要に応じて、本事業と関連の深い官公庁やIT企業/ベンチャー企業等との独自ネットワークからヒアリング調査の実施を検討した。

##### (イ) 事業期間中における進捗管理及び経理業務支援

- ・ 公的研究資金の管理におけるシステム・ツールの導入による効率化だけでなく、紙面による管理を残した場合の効率化について検討した。

##### (ウ) 事業期間末における事業管理手続き

- ・ 政府、官公庁及び地方公共団体等が行う助成事業(補助事業)のみならず、委託研究事業についても調査対象に含め、母集団の中から優良・先進的事例を抽出したうえで、事業期間末における管理手続きの分析を行った。

##### (エ) 報告書等作成

- ・ あるべき姿に対応した業務フローの作成、判断水準の明確化、貴機構の各種様式やマニュアルの改定案の作成、業務効率化や高度化に資するシステムやツール等の導入等について確認し、あるべき姿の提言として報告書にまとめた。

## 【目標】

スタートアップが研究開発で成果を出すことに可能な限り集中できるようにしつつ、研究資金を利用するための支援の方策の提言

### (2) 実施項目②: 事業実施者の類型化

#### (ア) 類型化における基準の検討

- ・ 事業実施者の財務状況や規模等に応じて内部統制の整備状況を簡易評価し、依拠することが可能な内部統制が存在する場合には一定程度、簡易的な経理処理及び様式の適用を認めうるか検討を行った。

#### (イ) 小規模な事業体に配慮した簡略化の方向性に関する提案

- ・ 小規模な事業体の参加を促進するためには、受託者の経理業務についてより一層の簡略化を進めることで受託者の負担を軽減することが必要である。一方で、小規模な事業体においては財務面・資金面で余裕がない場合も多く、少しでも多くの経費を計上するために恣意的な経理処理や不正な請求を行うことも想定される。そのため不正リスクに配慮して検討を行った上で簡略化方針を提案した。

## 【目標】

小規模な事業体に配慮した簡略化の方向性に関する提案

### (3) 実施項目③: 経理業務支援を通じた実課題等の把握

#### (ア) 8社への支援実施

- ・ 経理計上に関する説明会を希望する実施者に対して説明会を実施した。また、説明会への参加を希望するが参加できない事業者に対しては、当日の内容の動画を作成、活用することで経理計上に関する認識・理解を深めるように配慮した。

#### (イ) 月次の確認実施

- ・ 月次の確認として、仕様書に記載のとおり以下の業務を行った。
  - 電話、メール、事業実施者訪問等で主要な発注から支払いのスケジュールを確認し、適切な時期における予算執行や事務処理の対応を行うよう助言を行った。
  - 事業実施者の帳票及び NEDO に対する届け出や申請書等の作成・ファイリングについて助言を行った。
  - 帳票等のファイリング状況について、助言した内容が適切に運用されているか、実地で定期的に確認した。

#### (ウ) 実地検査対応の実施

- ・ 貴機構が実施する経理指導、中間検査の立ち合いと前後のフォローを行った。

(エ) 貴機構への報告の実施

- ・ 月次の確認、実地検査対応の作業内容や課題事項等を整理した対応状況を随時報告し、貴機構と情報共有を行った。報告の方法や報告様式は、貴機構と協議のうえで定めるものとした。

【目標】

スタートアップである事業者の助成事業における実課題の把握

(4) 実施項目④:経理支援による効果の検証

- ・ (3)の経理支援により事業実施者、NEDO の双方にどの程度の効果をあげたか検証した。

【目標】

経理支援による効果の検証

3-2-4-9-3. 調査の成果

【成果】

- (1) 実施項目①:スタートアップに対するヒアリング、事業実施者に対するアンケート、経理支援業務を通じた助成事業における実課題の分析及び検証、国内及び海外事例調査を行った結果、解決すべき課題が抽出され、対応策として以下の4点を提言した。

(ア) 難解な事務処理マニュアルと煩雑な事務手続きへの対応として事業専用の簡易マニュアルの作成

NEDO 事務処理マニュアルは事業実施者が適用すべき経理処理手続きや事務処理手続きについて具体的な記載が乏しい、もしくは、具体的に記載はあるが記載箇所が分散されている等、事業実施者にとって理解し難いマニュアルとなっている。そのため、事業実施者はいちから経理処理手続き及び事務処理手続きについて理解しなければならないところ、必要な情報を迅速に取得することができず、事業実施者が経理処理手続き及び事務処理手続きを理解するまでに時間を要することとなる。これにより、事業実施者における経理処理手続き及び事務処理手続きの負担の増加につながっていると考えられる。

NEDO 事務処理マニュアルの課題に対する対応策として、NEDO 事務処理マニュアルに経理処理手続き及び事務処理手続きの様式の記載例を全て記載するとともに、事業実施者が参加している助成事業専用の簡易マニュアルを作成することが有効であると考えられる。簡易マニュアルの内容構成は、大きく経理処理手続き記載部と事務処理手続き記載部の2つからなる。また、各記載部の構成は、事業実施者が簡易マニュアルを使用する場面で必要情報が容易に検索可能な構成とする。さ

らに、事業実施者が必要な情報を迅速に取得できるよう全体の分量を削減する必要がある。例えば、記載内容について、記載項目ごとに事業実施者が確認する頻度等で優劣を定め、確認頻度が低い事項についてはその項目の詳細な説明が記載されている別資料の参照先のみを記載する。これにより、事業実施者の経理処理手続き及び事務処理手続きの負担を軽減することが可能と考える。

(イ) 他の助成事業及び競争的資金制度等との手続的不整合への対応として、他府庁所管の助成事業等への段階的なルール統一と共通化

助成事業の事業内容は、交付決定がされた時点での実施計画に沿って実施する必要があり、事業内容に変更が生じた場合、申請や届出等といった承認のために事務処理手続きが発生する。これらの手続きで使用する様式は、省庁や地方公共団体等の助成元によって様式が異なり、さらに同一の助成元であっても助成事業の種類によって様式に記載すべき事項が異なることもある。これは事務処理手続きの様式だけでなく、経理処理手続きの様式も同様である。そのため、過去に助成事業の経験がある事業実施者でもその経験を別の助成事業でそのまま活かせるとは限らない。

これまで他府庁が行う助成事業や競争的資金等においては、資金の使途として認められない経費や経費執行の際の条件などが制度ごとに異なっており、そのため複数の競争的資金等を得ている研究者や研究機関等、研究現場において取扱いを統一すべきとの指摘がなされてきた。このため、各競争的資金等の使用に関するルールについて、全府庁連絡会議等が開催され、全体的な方針として文部科学省所管の競争的資金等のルールへの収斂ないし共通化が求められている。このため、本事業においても他府省所管の競争的資金等の制度と同様に、段階的にルールの統一・共通化を図ることが求められており、その第一段階として費目構成の共通化を検討すべきである。

(ウ) 経理処理に係る検査業務の非効率への対応として、検査資料の電子化及び経理検査システムの導入

経理検査の準備で、事業実施者は検査 3 表を作成するが、検査 3 表はそれぞれ独立した Excel ファイルであり、かつ、入力には事業実施者が手動で行う必要があるため、検査準備の過程で記載不備が散見される。事業実施者は不備等がないよう NEDO 事務処理マニュアル等を確認し、入力を行うが、入力した項目の正確性及び資料間の整合性についても確認を行う必要が発生する。そのため、事業実施者は検査 3 表を作成するのに時間を要することとなる。

経理検査では、検査に必要な書類を原則紙面で提出を求めており、電子的方式による提出について対応ができていない点が課題であると考え。検査に必要な書類を紙面で提出させる場合、事業実施者は資料を印刷、製本、必要に応じて郵送等をする業務が発生する。また、一度作成した資料も経理検査を通じ修正指摘を受けた場合、再度印刷、製本、必要に応じて郵送等の業務が発生し、事業実施者が検査に必要な書類の準備に時間を要することとなる。

NEDO 助成事業は会計検査院の検査対象となる事業であり、会計検査院の検査の際は原則原本で証憑書類を提出する必要がある。一方で、課題設定型産業技術開発費助成金交付規程 第 13 条(助成金の額の確定)では検査に必要な書類の提出方式について特段定められてはいない。会計検査院の対策として原本保管は必須であるが、額の確定検査終了後に事業実施者が紙面を整備することで修正等の差し替えによる業務増加を削減することができる。また、今年度は新型コロナウイルス感染拡大の影響により、有事の対応として一部の検査では PDF による証憑書類の確認が実施されたこともあり、規程等により検査に必要な書類が必ずしも紙面に限定されるものではないことから、電子ファイルによる資料提出のあり方も今後検討することが望ましい。

NEDO 経理検査の課題に対する対応策として、検査資料を電子的方式で提出可能とし、電子証憑書類で検査を実施する。これにより、事業実施者は紙面資料作成に伴う印刷や差し替え等の作業から解放され、事業実施者が紙面資料作成でかかる工数を削減することが可能である。また、在宅勤務等の遠隔地でも検査が可能である点は NEDO にとってもメリットである。

電子化の取り組みとしてまず、検査 3 表作成の自動化を行う。発生した経費の費目、金額、検収日等を入力することで月別項目別明細、労務費積算書、経費発生調書に数値が適切な費目や検収日に自動で集計され、各様式を自動的に転記されるようツールを活用する。

さらに、検査資料の電子化に伴い、検査に必要な資料を安全にかつ調達品目ごと体系的に保存ができる経理検査専用のシステム(以下、「経理検査システム」という。)の導入が有効であると考え。事務処理手続きについては NEDO プロジェクトマネジメントシステムにより手続きの電子化が実現されている。しかし、経理検査ではシステム化ができていないため、検査資料の電子化に伴い、システム化を進めることでより事業実施者が経理検査にかかる工数を削減することが可能と考える。

(エ) 事業実施者が望む支援ニーズとの齟齬への対応として、事業実施者への支援ラインナップの充実

本事業において、当社が提供した経理支援業務と事業実施者が望む経理支援との間には若干のニーズの齟齬があったものと考えられる。1件当たりの助成金額がさほど大きくなく、スタートアップを中心とした小規模事業体を助成対象とする事業にあっては、さまざまな支援ニーズが存在し、特定の支援メニューを一律に適用すること自体がニーズとの齟齬を生じさせる要因とも考えられる。この点においては、もはや NEDO をはじめとするいわゆるファンディングエージェンシーが主体となって支援メニューをあらかじめ設定することが適切であるのか、という観点からの検討が必要である。たとえば、EU で行われているイノベーション促進のための助成事業「フレームワーク・プログラム」において導入されている「Financial Support to Third Parties」と呼ばれるプログラム運営手法にならい、制度設計や事業者支援の一部を民間の主体に委ねるなどの実験的な取り組みを検討することも視野にいれる必要がある。

この「Financial Support to Third Parties」の仕組みは助成金の配分等に関する業務を欧州委員会から委託を受けた民間の事業支援主体が担うことを認める制度である。この事業支援主体は、1事業者で構成されるものではなく、事業会社や大学等の専門性を有する主体がコンソーシアムを構成し、助成事業者に対する資金的な援助に加えてメンタリングや教育研修機会の提供など、技術面や経営面でのサポートを行っている。どのような支援を行うかについては、事業支援主体が競争原理のなかで支援メニューを洗練させることで、助成事業の運営効率化やコスト削減に貢献しているとされる。

本事業のような中小企業やスタートアップ向けの支援施策を高度化・効率化していくためには、前述の取り組みのように、民間のアイデアやノウハウを積極的に導入し、活用していくことが必要であり、そのための制度や仕組みを整備していくことが中長期的に求められるところである。

- (2) 実施項目②: 類型化における基準の検討を通じて、スタートアップである事業実施者が備える内部統制は、経理処理手続きを簡易化する手法を導入するほど成熟しておらず、助成事業を受けるためだけに内部統制システムや管理体制の導入を求めることはかえって事業実施者に対して追加の負担を求めることになることが明らかになった。既存の制度の運用面での変革を図ることや、効率化事例を蓄積すること等を通じて、制度の柔軟性や効率性を高める取り組みを推進することが現実的であると提言できる。

事業実施者が行う経理処理手続きについて、会計監査人の設置の有無、会社の事業規模や財務状況等により簡略化した対応をとることについてはこれまでも様々な場面で検討されてきた。

たとえば、資本金が5億円以上又は負債の額が200億円以上の会社で取締役会が設置されている場合、業務の適正を確保するための内部統制システムの整備が求めら



れている(会社法362条4項6号)。この場合、仮に事業実施者が経理書類を企業会計における内部統制システムに準拠して作成している場合、その基礎となる財務会計数値は会計監査人・監査役による会計監査の対象となるほか、税務調査の対象ともなるため、虚偽記載や証憑の偽造について一定の牽制が働いているといえる。したがって、事業実施者が備える内部統制システムに一定程度依拠することが可能であるならば、事業実施者の類型化による経理処理手続きの簡略化も十分可能であると考えられる。

しかしながら、NEDO 助成事業への参加事業者の多くは会社法上の内部統制システムを整備するほど規模ではない。その場合には、文部科学省「研究機関における公的研究費の管理・監査のガイドライン(実施基準)」(平成19年2月15日、平成26年2月18日改正)が示す体制整備の方針を参考として検討した。

このガイドラインは競争的資金の拡充を図るなか、研究者による競争的資金の不正使用が頻発したことに端を発して、諸研究機関に対し研究費の不正使用を防止する具体的な仕組みや体制の構築を呼びかけるものとして作成されたものである。そもそも、研究者が研究費の不正使用を行う理由・原因は一律ではなく、そもそも公的研究費の仕組みに対する理解不足に起因するものもあれば、研究機関の管理体制や公的研究費の仕組みそのものの制約が不正使用を誘発する場合もある。このように様々な原因があるなかで、特に研究機関による管理体制の未整備が原因で研究費の不正使用が起こる場合に注目して、研究機関が整備すべき研究費の管理・監査の具体的な基準を提案するものである。平成20年度には約2,300件の研究機関にガイドラインが送付され、文部科学省に対し管理体制に関する報告書の提出が求められている。そこでは、最初の報告の段階において機関が実施していることが必須である最低限の事項(必須事項)の実施状況について、「自己点検チェックシート」への記入と添付資料の提出が必要とされた。

このときに用いられた自己点検チェックシートを本事業に活用することで、事業実施者が配分された事業費を適正に管理するために必要な体制が整備されているかについて一定の確認を行うことが可能となる。その後において、事業実施者として事後の確認と評価を継続して行うことで、その体制の信頼性に一定程度依拠することで経理処理手続きの簡略化を図ることも理論的には可能である。

ここで、アメリカの競争的資金制度の制度改善に貢献してきた FDP(Federal Demonstration Partnership)の取り組みを紹介したい。FDPはアメリカの競争的資金を供給する資金配分機関と、それを受けて研究開発を行う大学等の研究機関とで設立された協議体であり、競争的資金の制度改善メカニズムとして機能している制度である。これは研究者や研究機関の事務的負担を大幅に減らし、研究時間を拡大することを目的に活動が開始された。その成果のなかには競争的資金の管理能力が高い研究機関に対しては資金配分機関がこれまで有していた権限を大幅に研究機関側に委譲するという“Expanded Authority”の実現が含まれる。これは、大学等の研究機関の競争的資金管理能力を審査して、十分な管理能力を有していると評価した場合には、その研究機

関の資金管理部署(グラントオフィス)に繰越、費目間流用、研究期間延長などの権限を委任するものである。このグラントオフィスには複数の URA (University Research Administrator) が配置されていることも、大幅な権限移譲を可能としている要因である。URA は研究者に競争的資金獲得のアドバイスを行うだけでなく、資金獲得後の資金マネジメントや不正防止管理など、競争的資金管理に関するあらゆる知識を有する専門職としての地位が確立されている。このような競争的資金管理を担う専門職の存在と内部管理体制の整備・運用があってはじめて資金配分機関は“Expanded Authority”を付与できるものと考えられる。

このように適切な人材と組織が確保されていることによって、資金の適正執行の確認方法も簡素化が図られている。具体的には、グラントオフィス等の資金管理部署に対して民間の会計事務所が監査を実施しており、資金配分機関はリスクアプローチと呼称される監査手法を採用し抜き取り調査を行うのみである。これは、すべての経費支出に対して悉皆的な検証を行うのではなく、事業実施者の特性や支出経費の特徴及び不正経理につながるリスクの程度に応じてサンプリングを基礎とした調査を行うものであり、研究機関における内部統制に依拠したモニタリングを実施していることを意味している。

日本の会社法における内部統制システムの整備義務、文部科学省が定めるガイドラインと自己点検チェックシートを通じて競争的資金に関する管理体制を評価する方法及び海外における資金配分機関のモニタリング手法を検討した。これらの取り組みはいずれも、「組織における内部統制に依拠したモニタリングの実施」という点で共通する。すなわち、それぞれの組織が事業活動に係るリスクをコントロールし事業目的を達成するための仕組みである内部統制が整備されていることを前提に、その整備運用状況を一定の規準に従って客観的に評価し、その信頼性を確認する。そののちに内部統制を前提として作成される情報に一定程度依拠して、例えばサンプリングによる検証や一定程度の権限移譲を行うこと等によりモニタリングのコストを低減する仕組みといえる。しかしながら、今回当社が経理支援を行った際の印象からすれば、事業実施者が備える内部統制(≒内部管理体制)はこれらの簡素化手法の導入を検討するほどには成熟しておらず、また助成事業を受けるためだけに上述の内部統制システムや管理体制の導入を求めることはかえって事業実施者に対して追加の負担を求める状況にあると推測される。

したがって現時点においては、事業実施者に応じた経理処理手続きの簡便化を図るのではなく、助成事業の経理処理手続きを明確にすることやシステムを導入することなど、既存の制度の運用面での変革を図ることや、効率化事例を蓄積すること等を通じて、制度の柔軟性や効率性を高める取り組みを推進することがより現状を考慮した現実的な制度改善のあり方と考えられる。

- (3) 実施項目③:8社への支援、月次の確認や実地検査対応の実施などを通じて事業実施者は経理処理手続きの中で主に経理検査対応を負担に感じており、事前準備における

手続きが効率化されていないことと、経理検査時における事務処理マニュアルに記載がない事項の検査員の判断が要因になっていることが確認できた。

また、事業実施者には、助成事業に係る事務手続きを行う財務・経理や総務といった間接部門の人材が十分に配置されていない。そのため、経理処理手続きの負担軽減のための人員の派遣や、経理システムの提供など、現在の担当者の作業工数が直接的に減るような経理支援を求めていることが判明した。

#### (ア) 中間検査における事前準備

- ・ 「中間検査の準備で時間がかかった理由」について

中間検査の準備について時間がかかった理由についてアンケートを実施したところ、図 4-9-1 が示す通り、6 割以上の事業実施者が「⑥検査 3 表(経費発生調書、労務費積算書、月別項目別明細)の作成に時間がかかった。」と回答をした。個別のコメントでは「様式が独特で、見づらい・わかりづらい印象。理解するのに時間がかかり手間である。」といった回答があった。

検査 3 表は事業実施者の予算執行内訳を記載し、額の確定の根拠となる重要な資料である。一方で、検査 3 表は NEDO 助成(補助)・委託事業の特有の様式であり、他省庁の主要な助成(補助)・委託事業とは異なった様式となっている。そのため、事業実施者は当該様式の記載例等を確認しなければ適切な記載ができず、事業実施者は検査 3 表の入力にあたり、NEDO 事務処理マニュアルではなく、様式の記載方法を説明した「NEDO 委託業務 経費計上の手引き」を熟読する必要がある。さらに、「NEDO 委託業務計上の手引き」を熟読した場合でも、入力には事業実施者が手動で行い、かつ、検査 3 表がそれぞれ独立した Excel ファイルであるため、入力した項目の正確性及び資料間の整合性について事業実施者が確認を行う必要が発生する。

このように検査 3 表は通常の会計処理と異なった NEDO 特有の様式で作成を求めため、事業実施者は入力方法の理解、入力、確認といった作業を行う必要があり、事業実施者の時間がとられていると考えられる。なお、この点については「月別項目別明細表は NEDO 様式の利用を推奨するものの、事業実施者において NEDO 様式が求める一定の情報を網羅した管理帳票が存在する場合にはそれを利用すること」も認められている。

したがって、任意様式の利用を積極的に推進し、企業会計(会計伝票・会計帳簿)の資料を直接提出させることを提案する。具体的な手法とそのメリットは以下のとおりである。

- i. 所定の経理処理様式は統一されたフォーマットであるため、検査・確定の作業が容易であるというメリットがある。しかし、前述のように事業実施者の事務処理負担も過大でとなっている。特に予算規模の小さい事業においては、経費の計上件数も少なく、検査・確定の負荷は小さいことから、一定金額未満の事業においては、人

件費以外の経理処理様式について会計伝票の提出をもって代替することを提案する。事業実施者は企業会計で使用している会計システムにおいて補助コード・部門コード等を付加することで、企業会計の処理と同時に事業実施者としての経理処理を行うことが可能となり、事務負担が大幅に軽減される。

- ii. NEDO の事務処理マニュアルでは、証憑書類として会計伝票の提出を求めている。このため、企業会計における計上額・計上日と一致しない記載を経理処理様式に記載し、経費を不正に請求することが可能である。取引業者に依頼して異なる日付・金額の証憑を作成することや、事業実施者自らによる証憑の偽造が行われれば、限られた検査・確定業務の時間の中で不正を発見することは困難である。一方で、企業会計における計上額は、会計監査人・監査役による会計監査の対象となるほか、税務調査の対象ともなるため、虚偽記載や証憑の偽造について一定の牽制が働いている。経理処理様式の任意様式化と合わせ、会計伝票の提出を求めるなど、企業会計との整合性を確保することで事務処理負担が軽減されると同時に、検査受検の負担も軽減することが期待できる。

もう一点、図1の結果に着目すべき点があるとすれば、「⑦検査において資料の修正を指摘されたため、その対応に時間がかかった」との回答であろう。中間検査において修正指摘を受けると該当の取引項目に係る数量や単価その他の事項を修正する必要がある。すると同時に検査3表のすべてを修正する必要があることとなる。一つの修正箇所に対して他の経理様式のどの部分に影響が及ぶのか、そして最終的に検査3表のどの部分の変動することになるのかといった関連個所の特定は検査3表等を含む帳簿組織の全体像の把握と理解が必要であるが、これを助成事業に取り組む事業実施者に求めることは酷であるといえる。なお、現在 NEDO プロジェクトマネジメントシステムでは、事前に登録した基本情報を各種様式に反映し、申請・届出の各種様式のダウンロードが可能である。今後当該システム活用することにより、経費発生調書の基本情報等の記載ミスの削減が期待される。

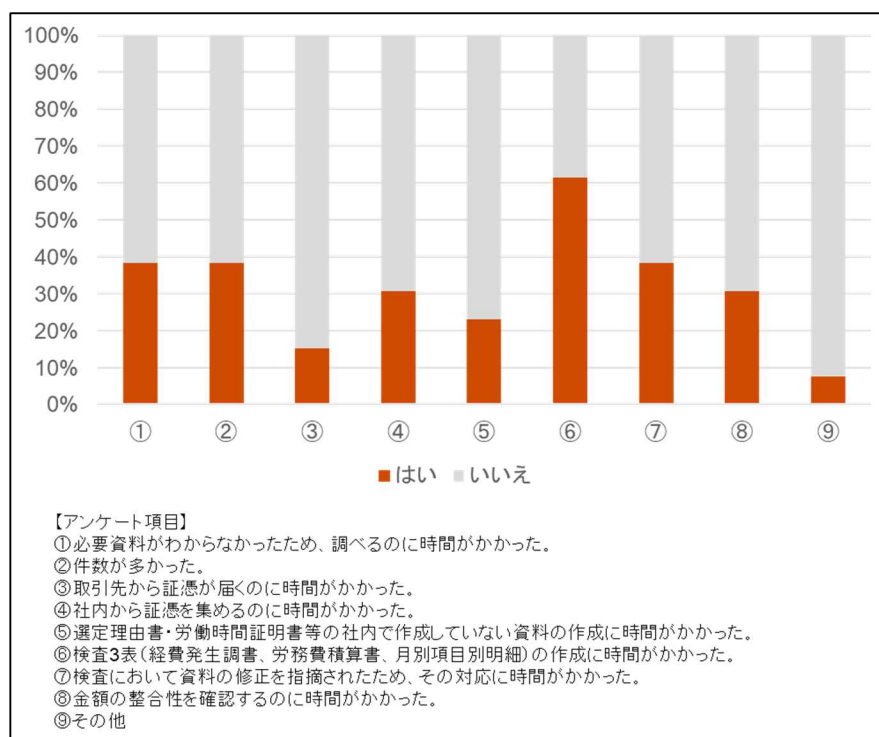


図 4-9-1 当社アンケート結果:「中間検査の準備で時間がかかった理由」

・ 「中間検査にかぎらず検査を受けた際に課題に感じた点」について

中間検査にかぎらず検査を受けた際に課題に感じた点についてアンケートを実施したところ、図 4-9-2 が示す通り7割以上の事業実施者が「紙面での経理検査資料の準備」に課題を感じていることが分かった。個別の意見としては、「提出すべき資料及び資料のまとめ方がマニュアルではわからない」や「ファイリングや捺印等の紙面による証憑管理が煩雑」といった回答があった。

紙面資料のファイリング方法については、NEDO 事務処理マニュアル等だけでは具体的な記載がないため、助成事業に係る事務手続きに不慣れな事業実施者が正しいファイリング方法を理解することが困難である。具体的には、NEDO 事務処理マニュアルの記載例に載っていない契約書や労働条件通知書のファイリング箇所、従事日誌の順番、複数の費目にまたがる証憑書類の取り扱い、証憑書類が増えがちな旅費を検査しやすくするために番号を付す等の対応がわからない。その結果、中間検査の際に紙面資料の作り直しを指摘される等、事業実施者にとっても NEDO 検査員双方に負担となっている。このため、具体的なファイリング方法を図解した資料を別途提供するなどして、ファイリングに不慣れな事業実施者でも視覚的な理解を可能とすることが重要である。

また、事業実施者には PDF 等の電子データで証憑書類を管理している企業も多く、電子データであればやり取りがスムーズに済むと考えられる。紙面での経理検査を受検する際は、電子データを中間検査用に出し、さらに指摘等を受けた場合には再度修

正して出力をする等の反復作業が発生するため、事業実施者は紙面での経理検査資料の準備に相当程度の時間と手間を要していると感じているものと考えられる。したがって、前述のファイリングした紙面資料は事後に行われる会計検査の受検時に提出資料として保管することとし、NEDO が行う額の確定検査等においては、電子ファイルによる資料提出を認めることも検討の余地がある。

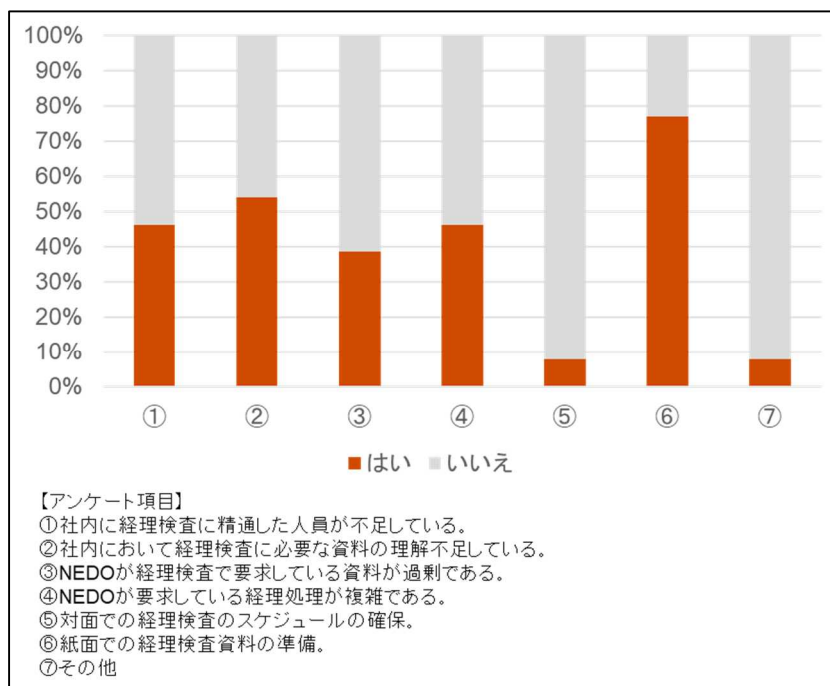


図 4-9-2 当社アンケート結果：「中間検査にかぎらず検査を受けた際に課題に感じた点」

#### (イ) 中間検査の実施方法

- ・ 経費計上可否の最終判断に関する事業実施者との認識の違い

NEDO 委託事業の経理検査について受託経験がある事業実施者にヒアリングを実施したところ、過去の NEDO 事業の経理検査では、「事前に回答を得ていた内容が検査当日に覆った」や「マニュアル上で明文化されていない箇所の指摘を受けた」等の回答があった。これは、事業実施者が経理処理方法について NEDO 事業担当者に事前相談していた場合であっても、NEDO 検査員が証憑書類と事業実施者からの説明を確認した結果、異なった経理処理方法を指導することがあるためである。

経費計上可否の最終判断は経理検査時に NEDO 検査員によって行われる。しかし、その旨が NEDO 事務処理マニュアル等に記載がされていないため、事業実施者は NEDO 事業担当者より返信があった内容について経理処理の最終判断がされたものと誤解する可能性がある。したがって、経理処理の最終判断は経理検査時に行われることについて、改めて事業実施者に周知をする必要がある。

また、NEDO 事務処理マニュアル等に記載がないような調達の場合も、NEDO 検査員が経理処理の最終判断を行うこととなる。この場合、NEDO 事務処理マニュアル等に記載がないため、NEDO 側と事業実施者側で認識の違いが生じやすく、その結果、事業実施者が NEDO の経理処理基準に対し疑念を持つ可能性がある。そのため、NEDO 検査員より事業実施者に対して十分な説明を行い、事業実施者の理解が得られるように努める必要がある。

#### (ウ) 事業実施者が求める経理支援

##### ・ 経理支援に対する関心

本年度の経理処理及び経理支援内容の説明会に参加した事業実施者は動画での閲覧を含めて 13 社中 9 社であり、そのうち 6 社は本助成事業に採択される以前に助成事業等への参加経験を有していた。また、2019 年度 3 月末時点における従業員数のアンケート結果を見ると従業員数が 5～10 人という回答が 5 社、従業員数が 31 人以上という回答が 4 社であった。

以上のことから、経理処理及び経理支援内容の説明会の参加において、従業員数や過去の助成事業等への参加経験等の要素は影響を与えていないということがわかる。この点を鑑みても事業実施者の属性に関わらず経理支援に対する関心度は高いと考えられる。

##### ・ 期待する支援内容との乖離

今年度実施した経理支援の主な内容は、「助成事業に係る事務手続きについての相談」、「経理検査資料の事前確認」、「経理検査時の同席」の 3 項目であった（※新型コロナウイルスの影響により経理検査時の同席の実施は限定的であった）。これに対し経理支援に「期待していた支援内容ではなかった」ことを理由に申し込まなかった事業実施者が、アンケートで回答した経理支援に期待する内容は以下 3 項目である。

- i. 経理検査様式の作成、証憑書類のファイリング支援
- ii. 企業に常駐し経理処理手続きを実施する人材の派遣
- iii. 必要項目を入力することで NEDO 様式を作成することができる経理システムの提供

今回支援先候補として選定した事業実施者には設立後間もない事業実施者や、従業員数が 5 人以下の事業実施者が多く存在した。そのような環境のなか、本助成事業に係る経理処理手続きを助成事業専属の事務担当者が対応している事業実施者はわずか 2 社と少なく、本助成事業以外の経理処理やその他事務作業の業務と並行して経理処理手続きをしている事業実施者が過半を占めた。なかには研究員が経理の担当者を兼任している事業実施者もあった。事業実施者の作業の補助となるような支援内容、あ

るいは事業実施者に代わり実際の経理処理手続きを任せられる人材の派遣を通して、現在の担当者の作業負担を軽減したいと望む事業実施者が多い。

(4) 実施項目④: 経理支援により事業実施者、NEDO 双方に工数削減効果が見られた

経理支援の主な効果としては以下の通り、事業実施者の作業効率化と NEDO の負担軽減があげられる。また、定量的な効果として示すことは難しいものの、当該経理支援に対する事業実施者の満足度も高く、一定の効果があったといえる。

① 事業実施者の作業効率化

事業実施者は経理支援を受けることにより、図 4-9-3 が示す通り、経理支援を受けた事業実施者は経理支援を受けなかった事業実施者と比べ、中間検査の準備に要する時間が短くなる傾向にあった。これは、経理支援を受けることで、必要証憑の確認及びファイルのとり込み等による検査資料作成のためのマニュアルの読み込みや当該作業時に判断に窮する時間が短くなったことにより、作業の効率化が図られたためと考えられる。

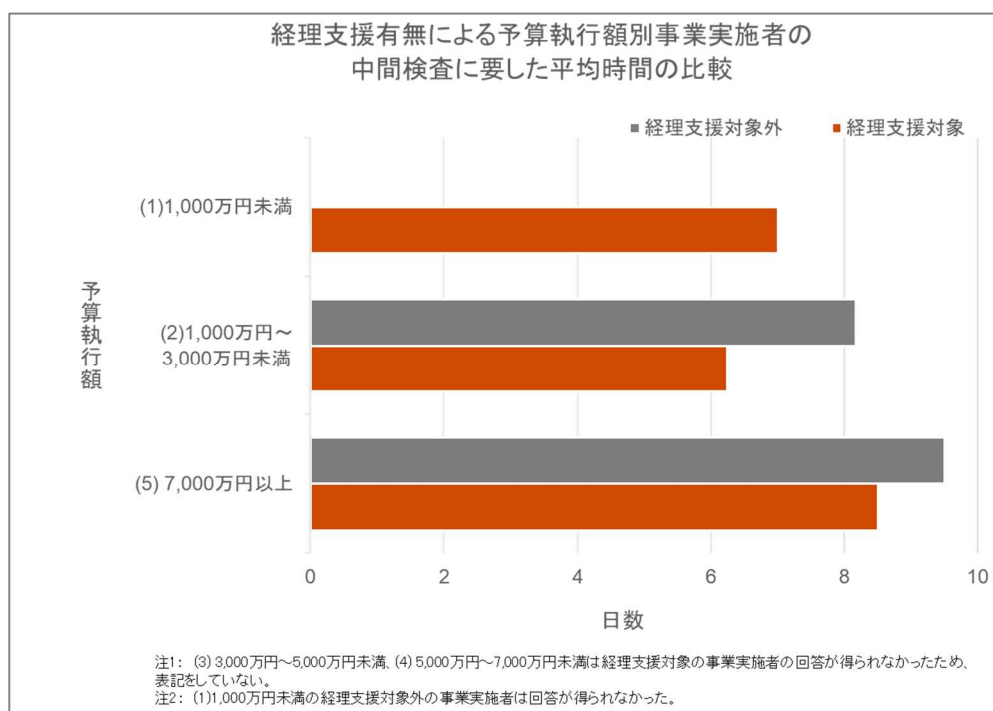


図 4-9-3 アンケート結果：「中間検査に要した時間の比較」

2020年7月に本事業の採択事業者18社に対し実施したアンケート結果(回答を得られたのは13社)を用い、経理支援を受けた事業実施者と経理支援を受けなかった事業実施者を予算執行額別に比較した結果、いずれの金額帯においても経理支援を受けた事業実施者が中間検査の準備に要した時間の平均値は、経理支援を受けなかった事業実施者に比べ1営業日以上短いことが示された。



なお、上記の比較において、経理支援を受けた事業実施者に含まれる予算執行額 1,000 万円未満の 1 社は、経理検査に対して十分な体制を整えておらず他の事業実施者に比べ多くの時間を要したため(10 営業日)、結果的に経理支援対象の 1,000 万円未満の金額帯の平均値を大幅に押し上げた。従って、仮に当事業実施者を外れ値として集計から除いた場合は、1,000 万円未満の事業実施者が中間検査の準備に要した平均時間は 4 営業日となる。

## ② NEDO の負担軽減

経理支援の実施により、NEDO 担当者及び検査員の業務負担が軽減すると考えられる。定量的に明示可能なものは当社が面談及び質問対応に要した約 84 時間であり、仮に当経理支援を NEDO が実施する場合、担当者の能力等の他の条件を一律とする前提であれば、純粋に当時間分の業務時間が必要となるといえる。当業務に加え、面談の日程調整や資料作成等の準備、質問対応に必要な簡易な調査等にかかる付随業務も求められる。また、数値化されないものとして、中間検査が滞りなく完了した場合には発生しない再検査に係る時間も、経理支援により一定程度削減されたと考える。なお、経理検査を受ける体制が十分でない事業実施者が多く存在すればするほど経理支援にかかる時間が増加するため、全体として経理支援の実施による NEDO の負担削減効果は大きくなる。

また、経理支援に関する効果には該当しないものの、当社アンケート結果より、経理支援を受けた事業実施者のうち 8 割が経理支援の継続を希望するという回答が得られ、2 社の事業実施者からは、直接当社の担当者に対し他の事業においても同様の支援を受けたいとの要請があったほどである。今回実施した経理支援の内容として、検査資料の作成及びファイリング等の実務的な作業は当社担当者ではなく事業実施者自身で実施する必要があったため、支援に対する満足度は限定的となると推測していたが、結果は想定以上のものであった。一方で、実務的な作業支援を希望する事業実施者も存在し、経理支援の内容次第で、より高い満足度の経理支援とその効果がもたらされることが想定されるため、当業務に関して継続して検討していくことが望ましいと考える。

### 3-2-4-10. 自律移動システム分野のアーキテクチャに関する検討

(実施先: 株式会社三菱総合研究所)

#### 3-2-4-10-1. 調査の概要と実施計画

##### 【概要】

本調査では、Connected Industries 重点 5 分野のうち「ものづくり・ロボティクス」および「自動走行・モビリティサービス」分野で今後最も重要な領域の一つと言える自律移動システムの安全かつ効率的な運用を実現するためのシステムについて、ステークホルダーやあらゆる専門家の間でシステムの全体構造についての共通認識・共通理解を図るための、全体的見取り図となる「アーキテクチャ」の整備に向けた検討及び関連調査を行う。

ドローン分野の中でも特に運航管理システムに焦点を当てて、アーキテクチャの検討を行う。具体的には、ドローンによるモビリティサービスの社会実装に求められるアーキテクチャの検討と、それに基づき必要と判断される標準化、ルールモデルの在り方、技術開発等について検討・調査を行い、ドローン分野における国内外動向を整理した上で現状(AS-IS)とあるべき姿(TO-BE)のアーキテクチャ検討を行う。

#### 3-2-4-10-2. 調査の内容と目標

##### 【研究開発の内容(研究開発課題)】

ドローンの運航管理システム(UTM)のアーキテクチャについて現状(AS-IS)と将来像(TO-BE)を整理した上で我が国が目指すべき UTM の将来像について専門家の意見を諮りつつ提言を行う。特に中央管理型 UTM、分散管理型 UTM についてメリット・デメリットを整理し、目指すべき方向性を示す。

##### 【目標】

実施項目ごとの目標を以下に示す。

実施項目	目標
実施項目1:ドローン分野のデータ・情報システムの利活用・連携に関する国内外調査	<ul style="list-style-type: none"><li>デジタルインフラのアーキテクチャについて整理を行い、共通のアーキテクチャを作り出す。</li><li>Society 5.0 参照モデル等の項目別に各国事例を網羅する。</li></ul>
実施項目2:ドローン分野におけるアーキテクチャの検討	<ul style="list-style-type: none"><li>運航管理システムに関して現状(AS-IS)とあるべき姿(TO-BE)のモデルを作成する。</li><li>あるべき姿(TO-BE)については、中央管理型もしくは分散管理型等のモデルが考えられることから、それぞれのメリット・デメリットを整理し、方向性を示す。</li><li>あるべき姿(TO-BE)を目指すために必要な施策および実現方法を明らかにする。</li></ul>

<p>実施項目3:有識者によるドローン分野アーキテクチャ検討委員会の運営</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• これまでの委員会運営の実績・経験を基に委員会の円滑な運営を行う。</li> <li>• アーキテクチャ検討委員会およびアーキテクチャ専門家と連携し、国内外の標準的なアーキテクチャ設計思想を反映する。</li> </ul>
<p>実施項目4:最終報告書・資料の作成</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 容易に理解できるような平易かつ構造的な報告書・資料を作成する。</li> </ul>

**【調査の内容(研究開発課題)】**

1)ドローン分野のデータ・情報システムの利活用・連携に関する国内外調査

**【実施目的】**

近年、膨大なデータを有する巨大IT企業やITベンチャー、航空機関連企業による、ドローン利活用に向けた動きが活発になっている。加えて、インドのDroneStack等、ドローンに関するシステム基盤を積極的に整備する国も出てきているところ。このような企業・各国等によるドローン利活用に係る検討状況、特に、ドローンサービスのインフラとなるデジタル上の仕組み作りについて調査を行うとともに、そのアーキテクチャについて整理を行う。

**【実施内容】**

本項目では、Society5.0等におけるリファレンス・アーキテクチャのルール、組織、機能といった対象軸(各ビューポイント)の全般を対象としてデジタルインフラの仕組みおよび法規則・標準化動向を調査・整理する。その上で、特徴的なモデルを抽出し、共通モデルを作成する。1種類に収束しない場合には複数モデル(例えば、欧州型、米国型等)を作成する。

具体的には下記について調査・整理を行う。(調査項目は図4-10-1参照。)(1)デジタルインフラの仕組みに関する調査、(2)法規則・標準化の調査、の2つの柱に分けて調査を実施する。主に文献調査、及びWGにおける議論、の2つの手法を組み合わせる。

2)ドローン分野におけるアーキテクチャの検討

**【実施目的】**

有人地帯において、ドローンの目視外・高密度運航が安全かつ効率的に実現するためには、ドローンのデジタルインフラのアーキテクチャに基づき、ドローンサービスに関わる各ステークホルダーが統合的なシステムの構築・運用・利用を行う必要がある。したがって、あらゆるステークホルダーがデジタルインフラの構成等について共通的な理解をもち参照できるようにするためのアーキテクチャを検討する。その中でも、特に重要な、飛行機体の交通管理の役割を担う「運航管理システム」については、そのアーキテクチャを明確化する。

なお、検討の成果は、多数の個体が自律移動するその他の分野(自動走行、空飛ぶクルマその他サービスロボット等)等にも応用可能なものとする。

**【実施内容】**

本項目では、運航管理システムの現状(AS IS)と理想(TO BE)に焦点を当てたアーキテクチャ検討を実施する。そのため運航管理システムの検討に特に関係してくるルール、組織、機能、データ、データ連携といったビューポイントについてアーキテクチャ検討を行う。アーキテクチャ検討では、中央管理型もしくは分散管理型等のモデルが考えられることから、それぞれのメリット・デメリットを整理し、方向性を示す。その上で理想(TO BE)を目指すために必要な施策および実現方法の提案を行う。

### 3)有識者によるドローン分野アーキテクチャ検討委員会の運営

#### 【実施目的】

ドローン 分野においてステークホルダーとアーキテクチャに関する議論を行うため、当該分野に関する有識者や関係企業・団体、研究機関による「分野別委員会」の開催・運営に必要な業務を行う。

#### 【実施内容】

事務局資料作成および有識者からの資料収集を行い、委員会開催時の諸調整を行うことで委員会の運営を行う。

#### 3-2-4-10-3. 調査の成果

Connected Industries 重点 5 分野のうち、重点5分野を跨ぐ領域の一つとして、「ものづくり・ロボティクス」及び「自動走行・モビリティサービス」分野の自律移動システム(自動走行、ドローン、空飛ぶクルマその他移動を伴うサービスロボット等)が重要になる。自律移動システムの中でも、様々なシステムが存在し、ステークホルダーが非常に多く、安全性が厳しく求められ分野であり、かつ現在国内で具体的な検討が進められているという理由からドローンを対象に検討を実施した。その中でも特に運航管理システムに焦点を当てて、アーキテクチャの検討を実施した。

検討にあたっては、情報収集のために国内外動向を整理した。また、委員会参加者を中心として関係者からアンケート・ヒアリングを行うことにより、論点抽出を行い、アーキテクチャ検討を実施し、知見をまとめた。その結果、以下のようなことがわかった。

- 国内外のドローン運航管理システムについて共通する機能や連携すべきデータが存在し、アーキテクチャの形で明確化できる。
- 分散型 UTM には、サービスの段階的導入への対応が可能となる。その結果、民間の関連技術開発や事業化投資を引き出しやすいというメリットがある。
- 一方で、集中型 UTM には運航管理面の公平性や一定の範囲内では全体最適解を算出可能というメリットがある。

以上の検討状況は、有識者がメンバとなっている各種委員会に報告し、今後の分散型 UTM の議論深化の方向性について前向きなコメントを得た。

今回の調査事業における検討結果、及び、各種委員会での有識者からのコメントをふまえ、今後さらなる取り組みとして、以下のようなことが必要である旨を提言している。

- 個別論点の深化
  - 集中型・分散型モデルのメリット・デメリット精査
  - 具体的ユースケースの検討
  - 協調領域・競争領域検討
- 他分野との連携・展開
  - 他分野との相互接続性の検討
  - ドローン分野検討の他分野への応用

調査項目毎の目標と達成状況を以下に示す。

調査項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針 (現時点での状況)
ドローン分野のデータ・情報システムの利活用・連携に関する国内外調査	デジタルインフラのアーキテクチャについて整理を行い、共通のアーキテクチャを作り出す。 Society 5.0 参照モデル等の項目別に各国事例を網羅する。	ドローンに関するデジタルインフラサービスの現状、法規則・標準化の動向、ASTM 議論概要および利活用に関する有識者アンケートの取りまとめを実施	○	ドローンの利活用促進と課題是正のためには、 <u>運航管理システム(UTM)内外の技術・制度の活用が必須</u> 。そのため、 <u>必要に応じて他省庁・他機関連携を模索することが必要</u>
ドローン分野におけるアーキテクチャの検討	運航管理システムに関して現状(AS-IS)とあるべき姿(TO-BE)のモデルを作成する。 あるべき姿(TO-BE)については、中央管理型もしくは分散管理型等のモデルが考えられることから、それぞれのメリット・デメリットを整理し、方向性を示す。 あるべき姿(TO-BE)を目指すために必要な施策および実現方法を明らかにする。	運航管理システムの必要性と諸要素を整理の上、運航管理システムのアーキテクチャ設計およびあるべき姿を必要な施策・実現方法とともに明確化	○	分権管理型にも一定のメリットが考えられるため、 <u>理想(TO BE)では分散管理の方向性となる可能性についてさらなる検討が必要</u>
有識者によるドローン分野アーキテクチャ検討	委員会の円滑な運営を行う。 アーキテクチャ検討委員会およびアーキテクチャ専門家と連携し、国内外の標準的な	問題意識・欧米の検討状況を共有し、アーキテクチャの考え方を示し、論点を議	○	<u>TO BE と AS IS のメリット・デメリットの精査、具体的なユースケースの検討、協調・競争領</u>

委員会の運営	アーキテクチャ設計思想を反映する。	論のうえ成果に反映		<u>域の明確化といった検討作業が必要</u>
最終報告書・資料の作成	容易に理解できるような平易かつ構造的な報告書・資料を作成する。	今回の調査事業における検討結果、及び、各種委員会での有識者からのコメントを効果的に集約	○	<u>具体的ユースケースの検討等の個別論点の深化と、他分野との相互接続性の検討等の他分野との連携・展開が必要。</u>

以降では、実施項目ごとの達成度および成果を示す。

#### 1) ドローン分野のデータ・情報システムの利活用・連携に関する国内外調査 デジタルインフラの仕組みに関する調査

ドローンに関するデジタルインフラサービスの現状、法規制・標準化の調査を行い、ASTMにおけるドローン関連ベンダーや関連法制度の専門家等との議論を基に、項目①で調査したサービス毎に項目②～⑦の内容をまとめた。また、Society 5.0 参照モデル(内閣府)やサイバー・フィジカル・セキュリティ対策フレームワーク(経済産業省)等が策定されているため、これら国内で公表されている分野横断的なリファレンスアーキテクチャやフレームワークと整合を図るため、各調査項目とフレームワーク等の項目を紐づけ、調査事例の整理を行った。

##### ①ドローンに関するデジタルインフラサービスの現状

##### ②基盤となるシステムの構成

##### ③取り扱うデータの種類(機体のデータ、運航)

##### ④拡張性の確保の方法

① 設計・運用・利用に関する各種法令・ルール・責任主体の関係

② デジタルインフラサービス及びドローンサービスに係る賠償方針・方法や関連保険制度等

##### ⑦ドローンに関するデジタルインフラに係るリファレンスアーキテクチャやフレームワーク

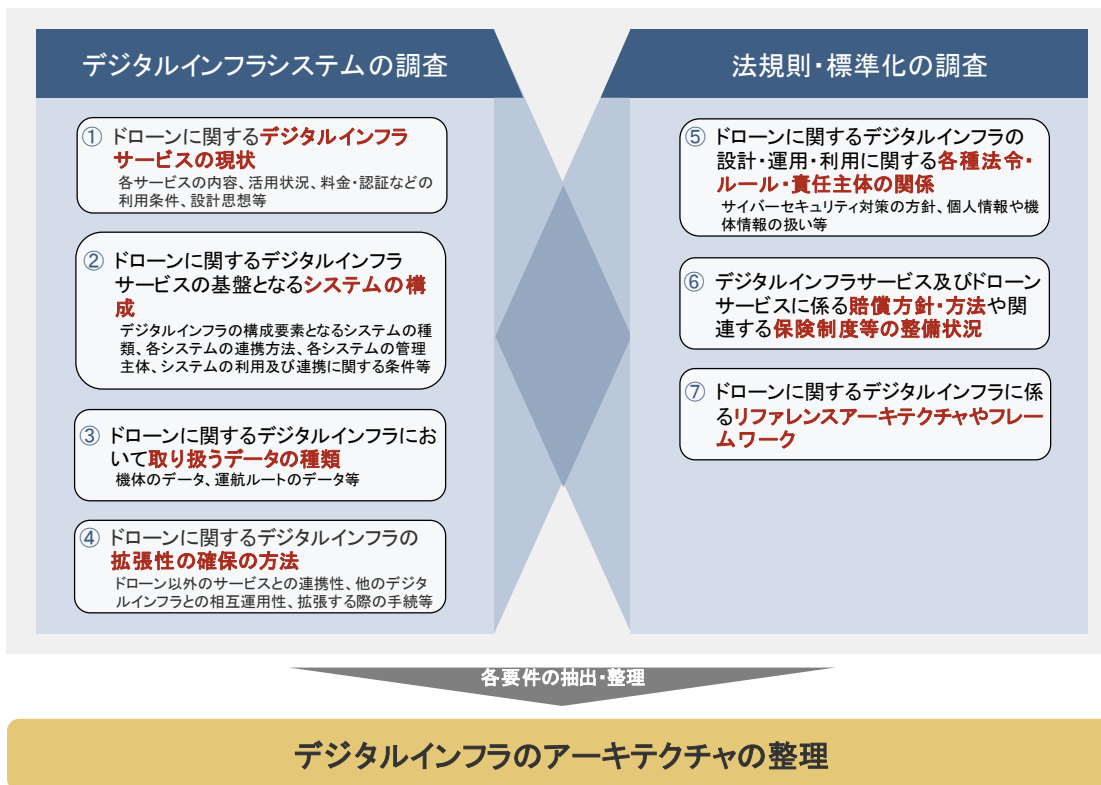


図 4-10-1. 国内外調査の調査項目

### 既存サービス

米国においては、ルールや標準に先行してビジネスを既に開始している。また、FAA 主導の UTM 実証事業と、ASTM 取組への参画状況を以下に示す。

組織名	製品・サービス名称	NIAS	NPUASTS	MAAP	ASTM
Airmap	Airmap UTM Platform	-	-	●	●
AiRXOS, A GE Venture	Air Mobility	●	●	●	-
ANRA Technologies	Drone USS	●	-	●	-
Avision Robotics	—	●	-	-	-
One Sky	One Sky UTM System	-	-	-	-
Rockwell Collins	ARINC WebUAS	-	-	-	-
Simulyze	Mission Insight	-	●	-	-
Uber	Elevate Cloud Services	●	-	-	●
Amazon Prime Air	—	●	-	-	●
Project Wing (Google)	Inter USS Platform	-	-	-	●

表 4-10-1 FAA 主導の UTM 実証事業と、STM 取組への参画状況

出所) UTM Pilot Program Information, FAA を基に MRI 作成

注) NIAS=ネバダ自律システム研究所、NPUASTS=北平原 UAS テストサイト、MAAP=ヴァージニアテック・中部大西洋沿岸の航空パートナーシップである。「●」は参画が確認された組織を示している。

### 基盤となるシステムの構成

ドローンのデジタルインフラの構成要素となるシステムの種類、各システムの連携方法、各システムの管理主体、システムの利用及び連携に関する条件等に関して整理を行った。

ドローンのデジタルインフラの構成要素を表 4-10-2 に示す。

表 4-10-2. ドローンのデジタルインフラの構成要素

構成要素	管理・運用主体
UTM 統合管理システム(FIMS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>FIMS サービスプロバイダ</li> </ul>
UTM サービス	<ul style="list-style-type: none"> <li>UTM サービスプロバイダ</li> </ul>
サブ情報提供サービス	<ul style="list-style-type: none"> <li>気象情報サービスプロバイダ</li> <li>地理情報提供サービスプロバイダ</li> </ul>
CNS インフラ提供サービス	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信サービスプロバイダ</li> <li>航法サービスプロバイダ</li> <li>監視サービスプロバイダ</li> </ul>
管制システム (ANSP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>航空局</li> </ul>
航空情報提供システム(AIMP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>航空局</li> </ul>
UAS 運用サービス	<ul style="list-style-type: none"> <li>農業</li> <li>点検</li> <li>報道</li> <li>空撮</li> <li>物資輸送</li> <li>測量</li> <li>レジャー</li> <li>警備</li> </ul>
UAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>機体メーカー</li> </ul>
保険サービス	<ul style="list-style-type: none"> <li>賠償保険</li> <li>機体保険</li> </ul>
訓練サービス	<ul style="list-style-type: none"> <li>訓練認証機関</li> </ul>
データ分析サービス	<ul style="list-style-type: none"> <li>その他民間企業</li> </ul>
ドローン人材派遣サービス	<ul style="list-style-type: none"> <li>その他民間企業</li> </ul>



基盤となるシステムの構成について、米国・欧州・日本の3つの国/地域を比較し、構成要素と国内の管理・運用主体を調査した。

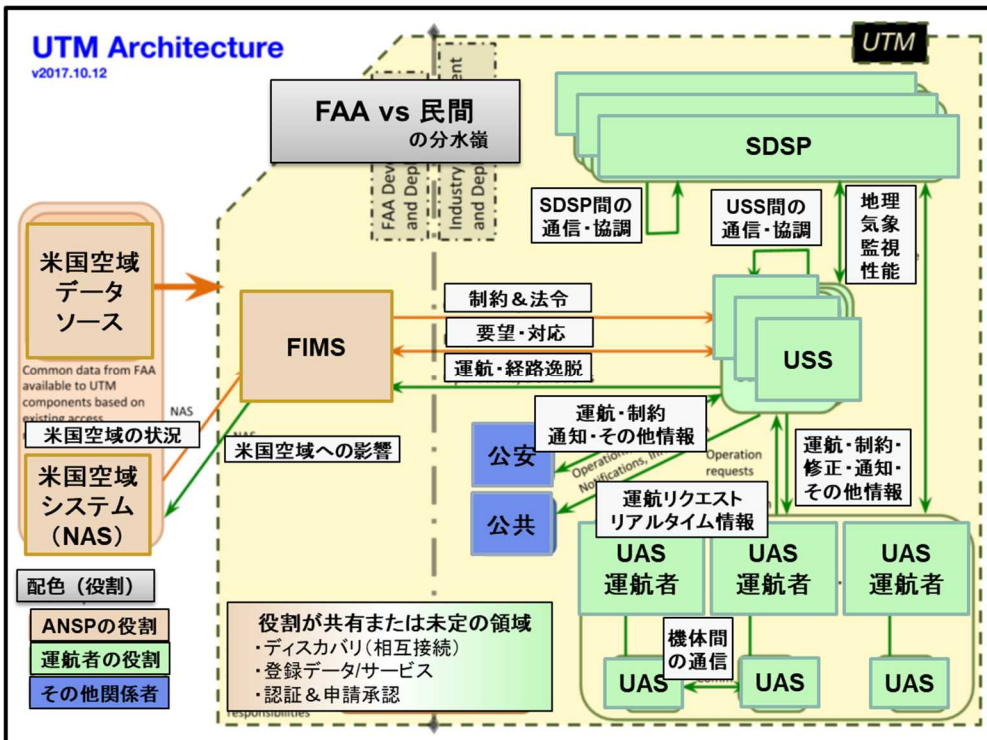


図 4-10-2. 米国(FAA・NASA)の ConOps におけるアーキテクチャ図  
出所)FAA UTM Architecture に基づき MRI 作成

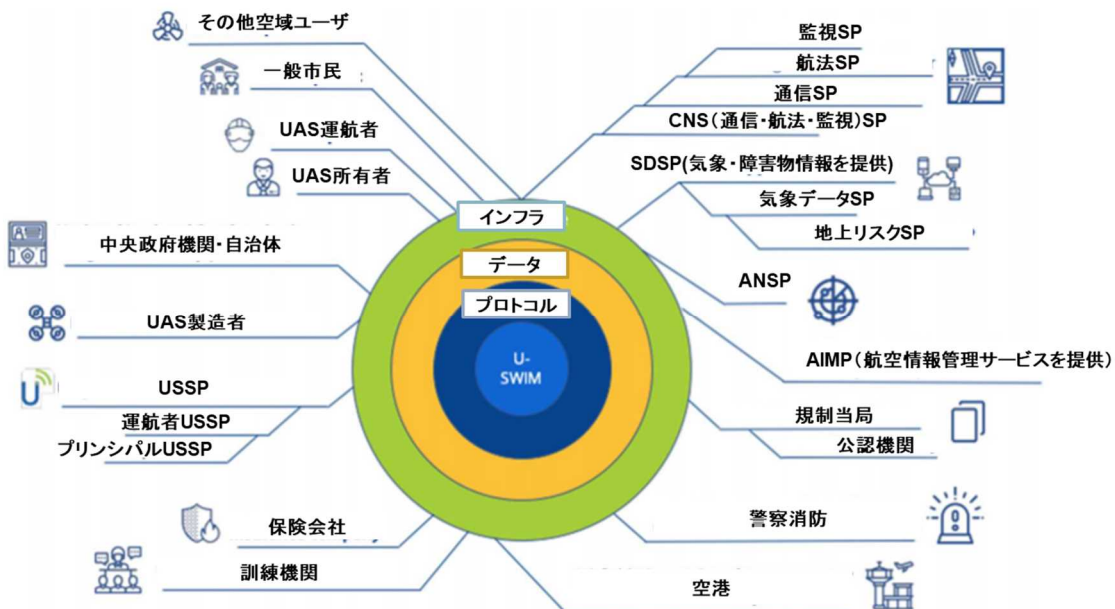


Figure 7 Stakeholders

図 4-10-3. 欧州(SESAR)の ConOps におけるアーキテクチャ図  
出所)欧州 CONOPS に基づき MRI 作成

## 「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト」における 運航管理システムの構成及び開発体制

( )は再委託先

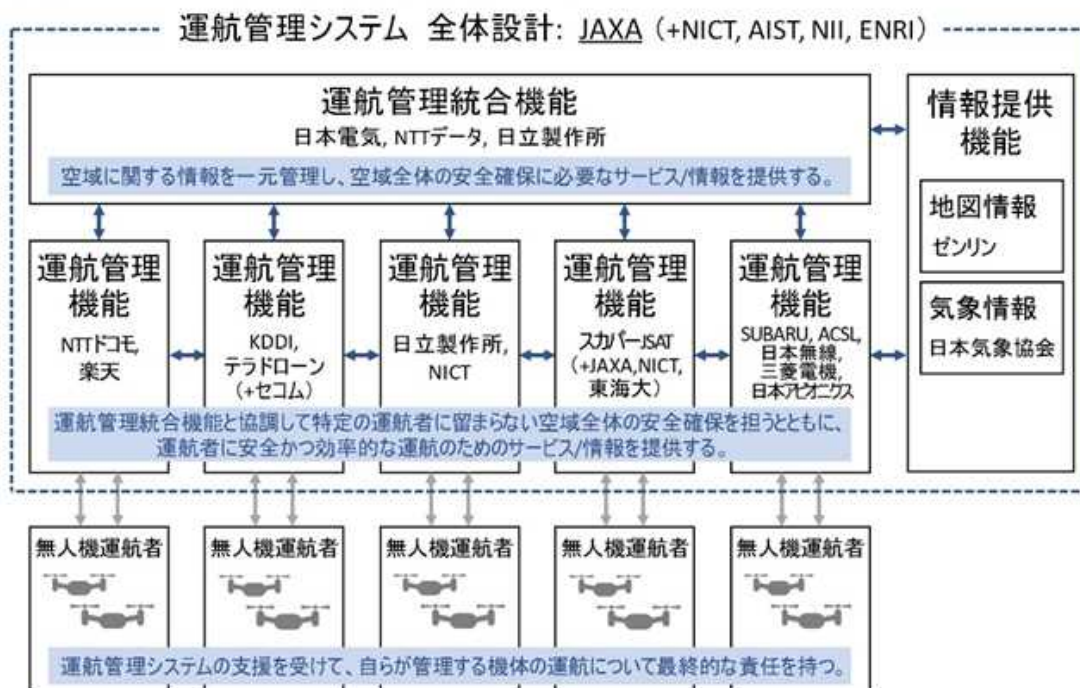


図 4-10-4. 日本におけるシステム構成

出所) JAXA 公式 HP、URL: <http://www.aero.jaxa.jp/research/star/uas/uas-safety/>

### 取り扱うデータの種類

欧米の CONOPS や国内における検討を調査し、ドローンに関するデジタルインフラにおいて取り扱うデータの種類として以下の通り整理した。

- 空域等の制約情報の伝達(飛行禁止空域、飛行制限空域等)
- 運航計画情報
- 公共機関の申請・許可を要する空域における申請・許可情報
- VFR(有人機)や UAS(無人機)の交通情報
- 運航を支援するためのサブ情報(気象情報、地理情報等)
- 通信・航法・監視インフラ(電波・LTE・レーダ等)に係る情報
- 運航計画や運航中におけるコンフリクト情報
- 運航者の登録情報

### 法規則・標準化の調査

法規則・標準化の調査については、ドローン技術が進む米国や欧州を調査対象とする。特に欧州では、欧州委員会によって 2019 年 5 月に機体の性能・運用に関する規則” COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2019/947 on the rules and procedures for the operation of unmanned aircraft”が発行され、今後 U-Space のルール案(Opinion)が EASA より発行予定であるため、当該規則・ルールを調査対象に含める。

## 各種法令・ルール・責任主体の関係

ドローンに関するデジタルインフラの設計・運用・利用に関する各種法令・ルール・責任主体の関係を調査し、サイバーセキュリティ対策の方針、個人情報や機体情報の扱い等に関して調査を行った。

米国・欧州・日本における法規制・標準化動向を以下の通り整理した。

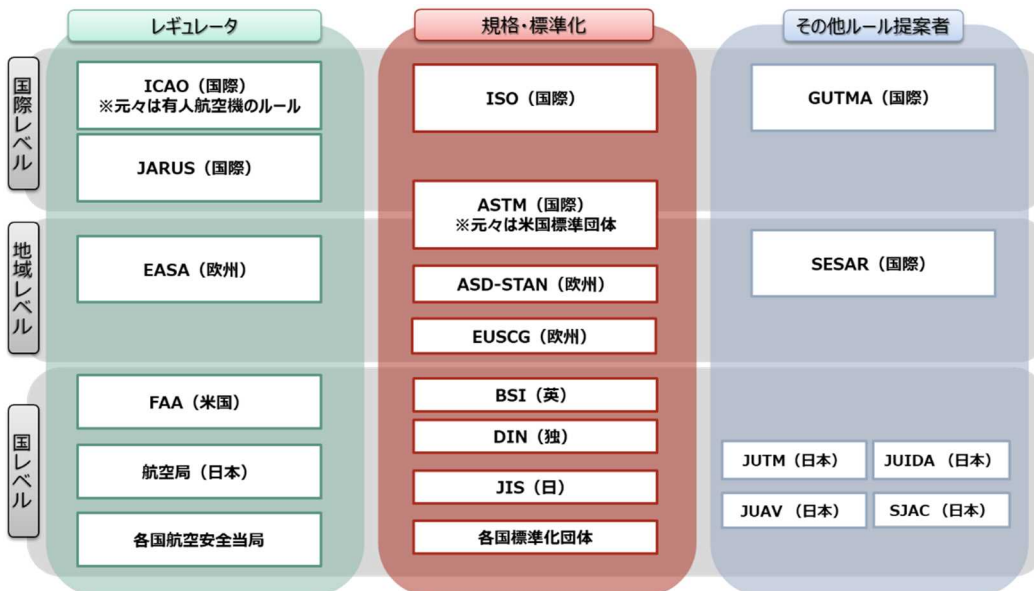


図 4-10-5 法規制・標準化に係る国際・各国機関  
出所)MRI 作成

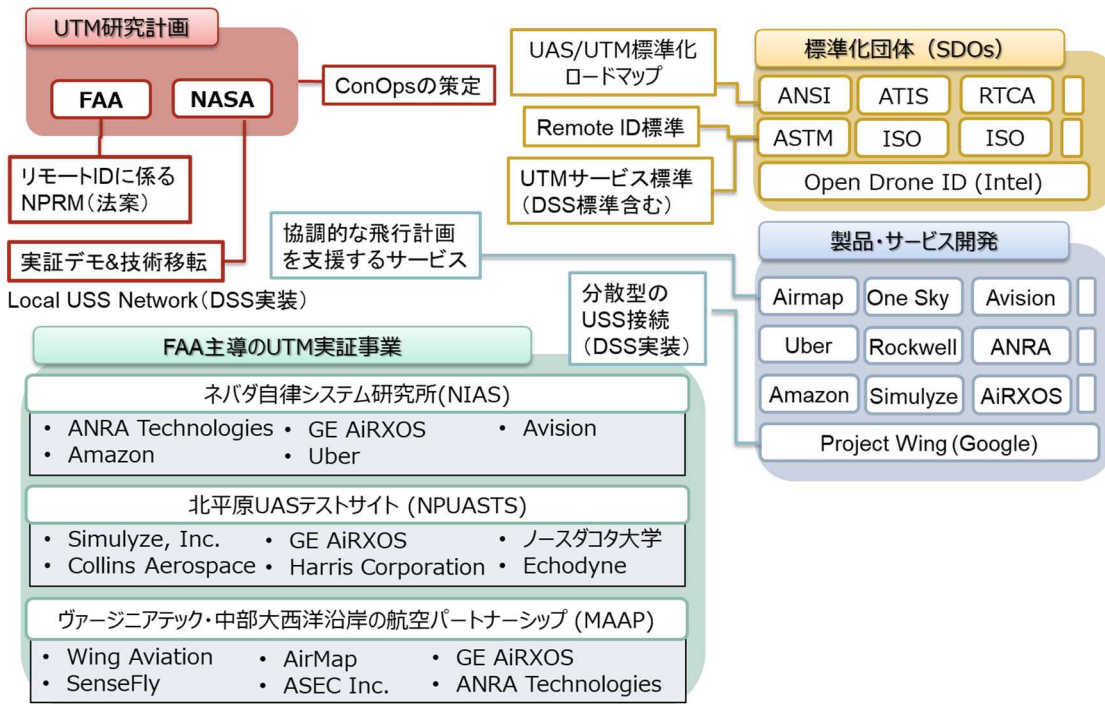


図 4-10-6. 米国のステークホルダー図  
出所)MRI 作成

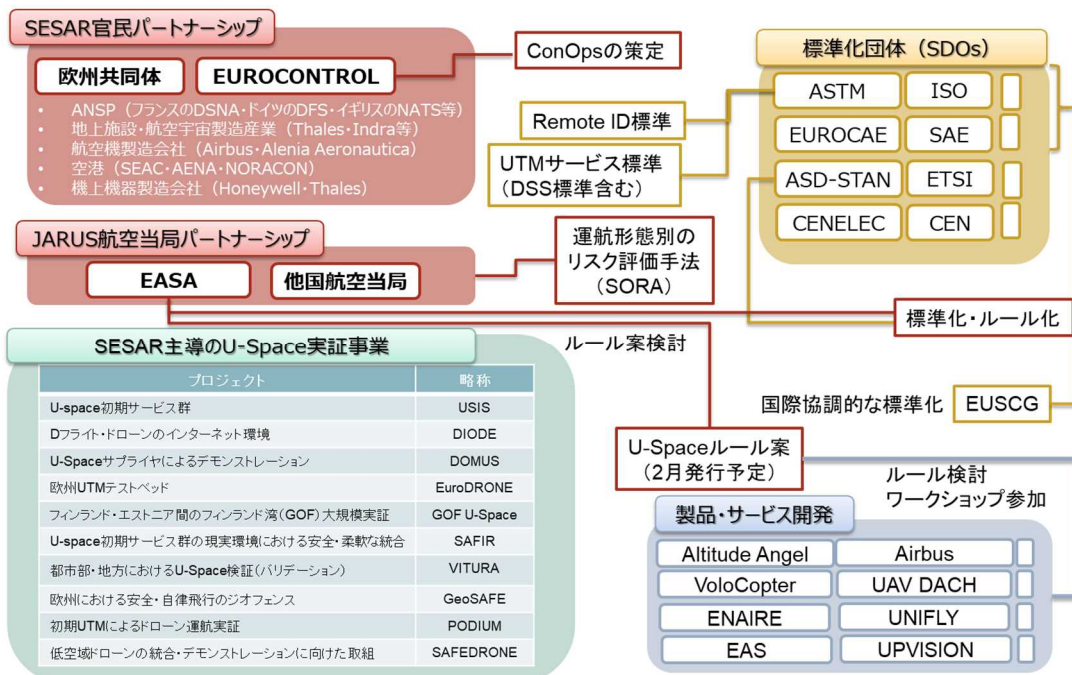


図 4-10-7. 欧州のステークホルダー図  
出所)MRI 作成

### ASTM 議論概要および利活用に関する有識者アンケートの取りまとめ

海外実地調査として、内部で検討が進められているものの、公開情報が少ない米国を選定し、ASTM 参加者およびドローン関連ベンダーによる標準化・規制検討の取組を調査した。本取組では、リモート ID、DSS、UTM の技術仕様に係る検討に留まらず、法規制における当該技

術・サービスの位置づけについても、以下の民間企業および各国の政府機関/規制当局/ANSP を交えて議論が進行中である。高可用性を実現するための DSS 技術を活用する UTM 標準が検討されている。

- 標準化に参画する主要な民間企業
  - ARNA Technologies
  - Wing
  - AiRXOS
  - Unifly
  - Nova Systems
  - Boeing NeXt
  - Airbus
  - NEC(日本電気株式会社)
  
- 政府機関/規制当局/ANSP
  - FAA(Federal Aviation Administration, 米国連邦航空局)
  - EC(European Commission, 欧州委員会)
  - ユーロコントロール(EUROCONTROL)
  - FOCA(スイス連邦航空局)
  - NATS(National Air Traffic Services, 英国航空管制機関)

#### 利活用に関する有識者アンケートの取りまとめ

Society5.0/IoT 分野の1つとしてのドローンのシステム・データの連携・利活用に注目し、その方向性を検討するためにドローン分野検討会の委員 16 名に対してドローンの利活用および運航管理の課題について意見収集を実施した。

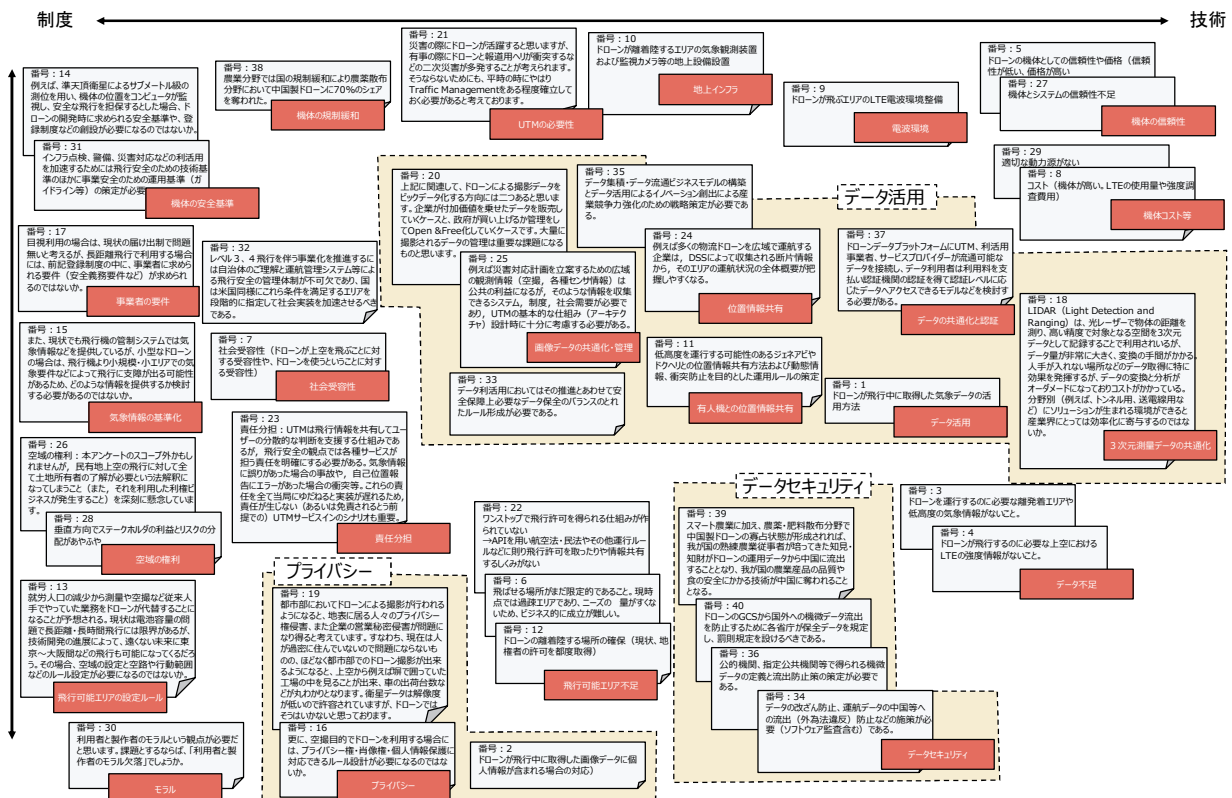


図 4-10-8. ドローンに関する意見の整理案  
出所)MRI 作成

意見を整理した結果、様々な結果が挙げられたが、ドローンの利活用促進と課題是正のためには、運航管理システム(UTM)内外の技術・制度の活用が必須となる。そのため、必要に応じて他省庁・他機関連携を模索することが必要と考えられる。

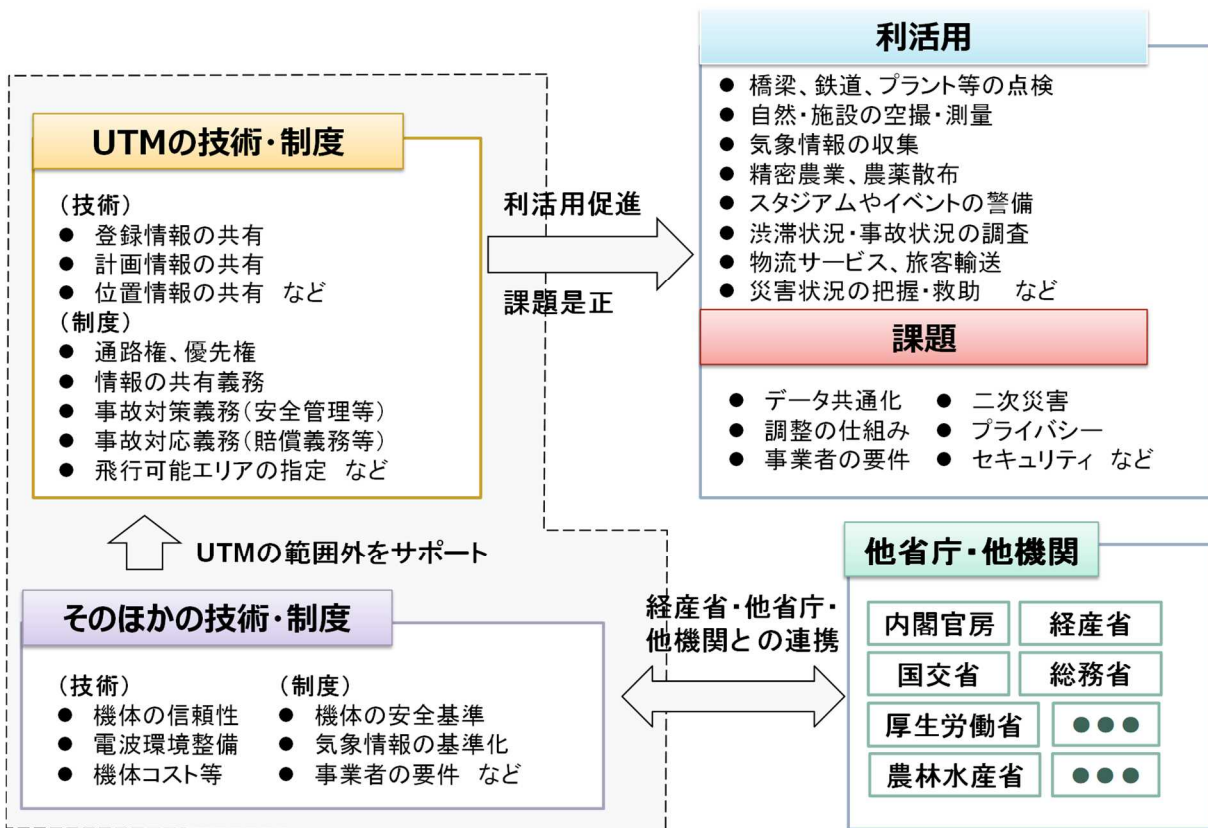


図 4-10-9. ドローン利活用に関する課題是正の枠組み(案)

■ 出所)MRI 作成

## 2) ドローン分野におけるアーキテクチャの検討

### 運航管理システムの必要性と諸要素の明確化

ドローンの飛行によるリスクの主要因は、地上の人間・建物と、空中の空域利用者との衝突である。つまり、エアリスクと地上リスクの低減が必要となる。特に両者が密集したエリア、すなわち有人地帯においてドローンの目視外・高密度運航が実施される際にはリスクが高まる。リスクを低減するためには、運航管理システムが必要となる。

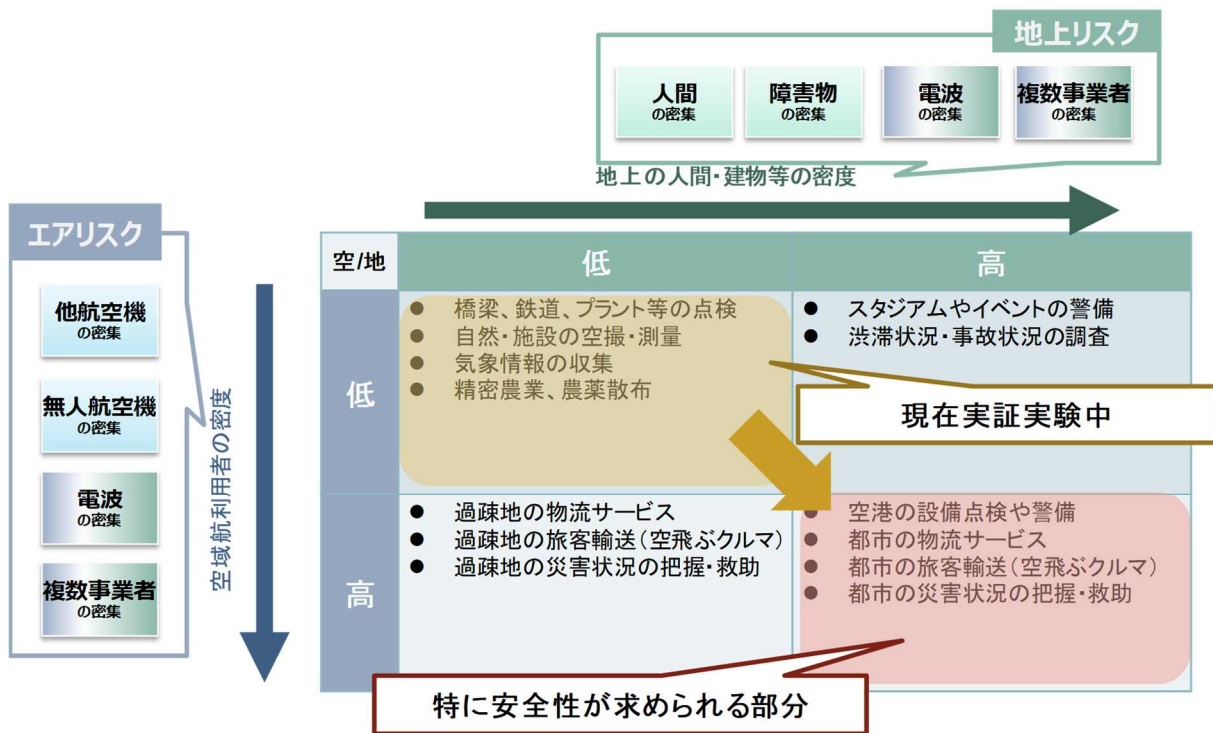


図 4-10-10. ドローンの飛行条件によるリスクの違い

■ 出所)MRI 作成

### ステークホルダーの明確化

UTM に関しては、概ね各国で様々なアーキテクチャが検討されているが、概ね以下の4者が主なステークホルダーとなる。(名称は国によって異なる場合がある。)また、求められる機能や官民の役割分担は国によって異なる。

- FIMS(運航管理統合システム):複数 UASSP 間の取りまとめ・調整を行う。
- UASSP(運航管理サービスプロバイダ):運航者に対して安全・効率性に繋がるサービスを提供するもの。
- UASO(運航者):ドローンを運航するもの。
- SDSP(情報提供者):ステークホルダーに対して、運航に必要なデータ(地理空間情報・気象情報等)を提供するもの。

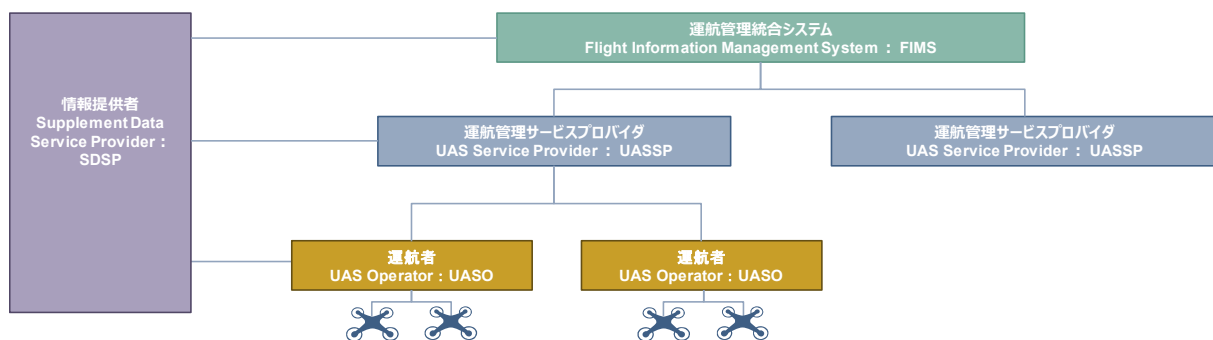


図 4-10-11. UTM 関連の主なステークホルダー構成

■ 出所)MRI 作成



## 詳細なレベルでのステークホルダーを以下に示す。

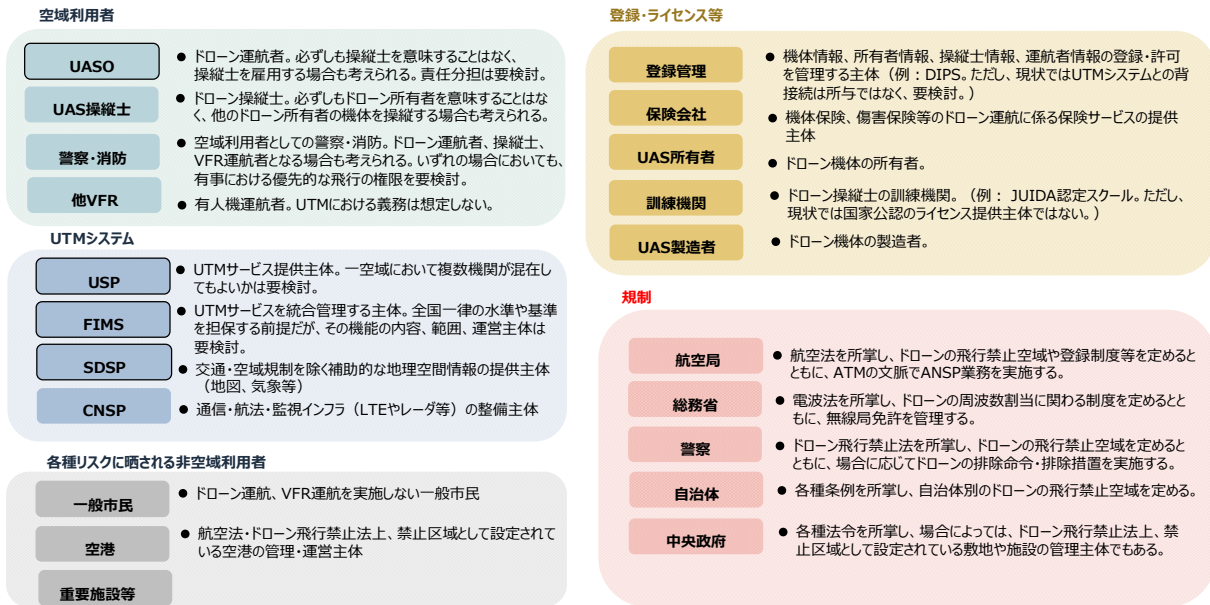


図 4-10-12. ステークホルダー一覧

■ 出所)MRI 作成

## 機能の明確化

飛行安全を担保するために最低限 UTM に必要な「機能」については、欧米 CONOPS 等に基づき一覧を検討した。ドローン業界で一定の合意が取れているが、委員会では、これらその他、飛行制御系の機能や異常時の対応機能や悪意のあるドローン対策機能について追加すべきとのコメントが挙げられた。

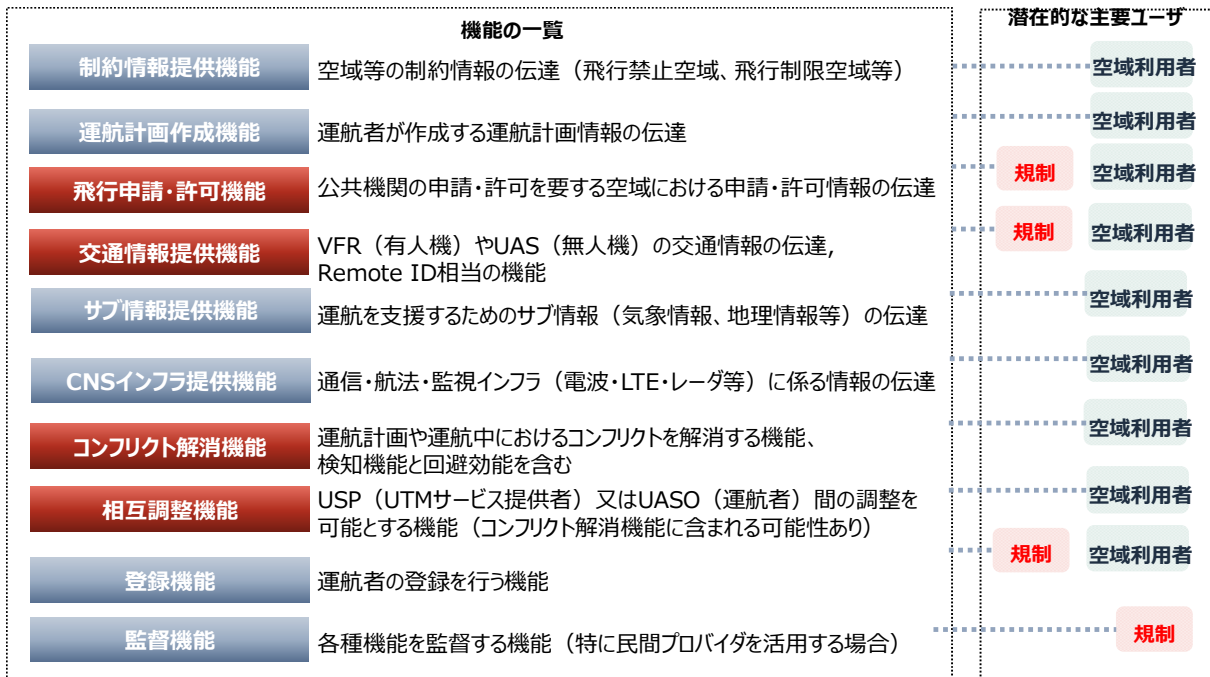


図 4-10-13. 機能一覧

■ 出所)欧米 CONOPS 等に基づき MRI 作成

### 明確化にあたって考慮すべき観点

明確化にあたって考慮すべき観点については、以下の通りである。アーキテクチャ設計の明確化後でなければ考慮できない観点が多いことからそれぞれの対応については、**エラー! 参照元が見つかりません**。項において詳細を記述する。

1. 運航管理システムに求められる機能要求とそのサブシステムへの割り当て
2. サブシステム間のインターフェースの在り方
3. 各サブシステムの管理主体、責任主体の在り方
4. 運航管理システムと機体・所有者・操縦者・運航管理者の情報共有の在り方
5. 環境変化(技術進歩、法令の変化、機体数の増加、機体の利用用途の拡大等)に応じてシステム内で対応する必要が生じうる要素
6. 飛行計画段階と飛行段階のそれぞれの時間軸における運航管理システムの役割の変化、情報のやりとりの変化
7. 理想的な情報・情報システムの連携の在り方と現状のギャップ(技術的観点、社会的受容性の観点等)

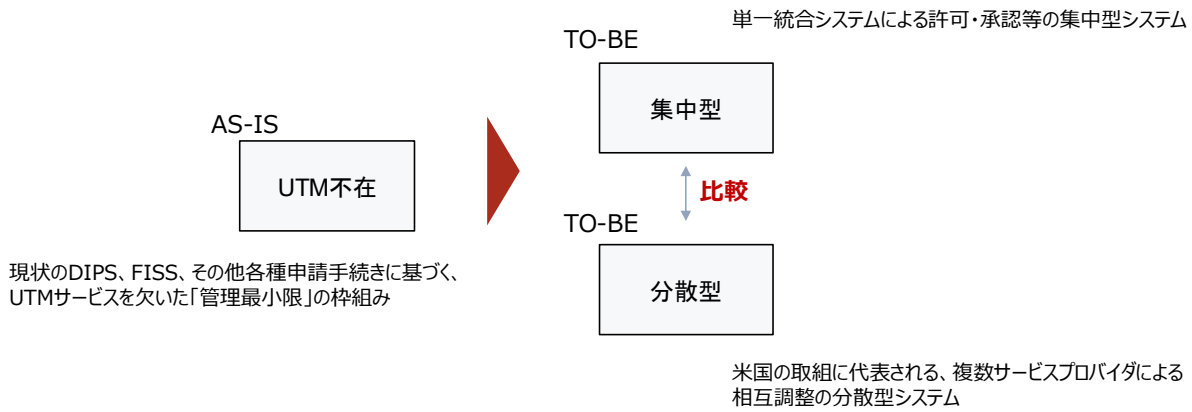
### 運航管理システムのアーキテクチャ設計およびあるべき姿の明確化.

中央管理型と分散管理型の二つの方向性に留意して現状(AS IS)と理想(TO BE)のそれぞれを明確化する。欧米や国内における NEDO や JAXA 等の取組にあるように、中央管理型の運航管理システムの検討・実証試験が標準的であるため、中央管理型が現状(AS IS)における主要な方向性となる。一方、分権管理型にも一定のメリットが考えられるため、理想(TO BE)では分散管理の方向性となる可能性についても留意し、検討を実施した。

### 検討方針

検討会においては特に下記2点の検討を実施した。特に集中型と分散型は、場所に対して使い分ることも考えられ、二者択一ではない可能性があることから定義についても検討を行った。

- ① 運航管理に必要な「機能」について**特定**する。(機能一覧の検討内容については0項を参照のこと)
- ② 運航管理の「集中型」「分散型」の**定義**、それぞれのメリット・デメリットについて**整理**する。



現状のDIPS、FISS、その他各種申請手続きに基づく、UTMサービスを欠いた「管理最小限」の枠組み

米国の取組に代表される、複数サービスプロバイダによる相互調整の分散型システム

### 図 4-10-14. 検討方針

#### ■ 出所)MRI 作成

### TO-BE 分散型と集中型の定義

検討した集中型および分散型を以下に示す。特徴としては、以下の通りである。

- 集中型:FIMS 部分が飛行許可・承認を発出する。相互調整等の多くの機能は FIMS が保有する。
- 分散型:FIMS/もしくは InterUSS 機能は UASSP からの問合せに対して調整先のみを示す。制御情報提供・交通情報提供等のみを行い、基本的に UASSP がコンフリクト解消等を行う。UASSP 間で直接調整を行う。

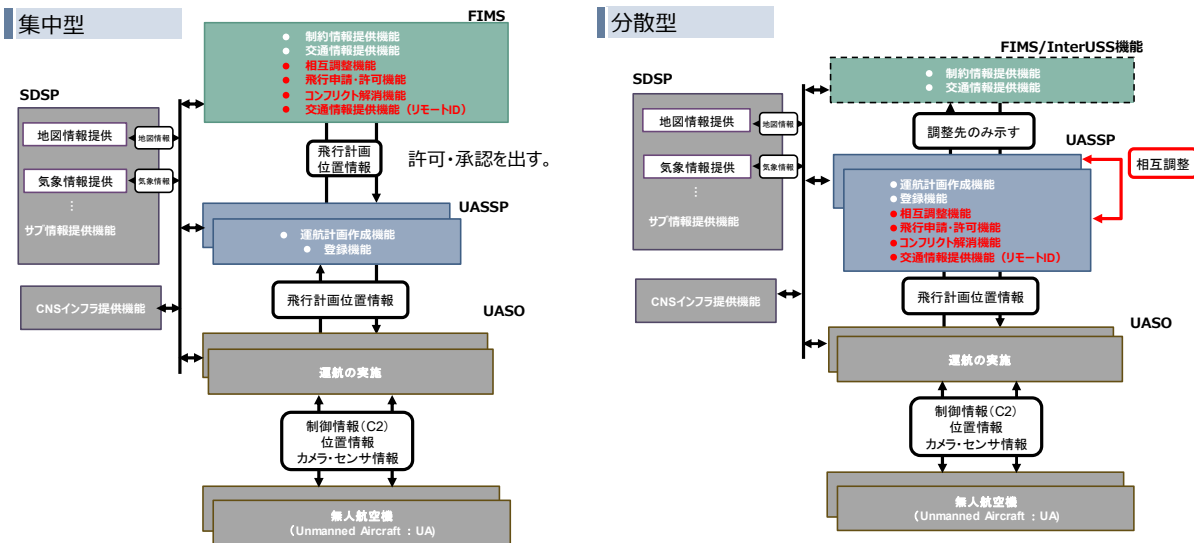


図 4-10-15. TO-BE 分散型と集中型アーキテクチャ概要

#### ■ 出所)MRI 作成

### TO-BE 分散型と集中型のメリット・デメリット

分散型 UTM モデルは個別ビジネスケース(配送、監視、点検、etc.)に合わせて最適な UTM を各事業者が構築でき、これにより民間の関連技術開発や事業化投資を引き出しやすいといったメリットが挙げられる。一方で集中型には運航管理面での公平性や機体数が多くない場合には全体最適解を出せるというメリットがある。

メリット・デメリット一覧および有識者意見一覧を以下に示す。

	内容	集中型	分散型
公平性（運航管理面）	特定事業者により有利となるようなことがないか。	○ 全体最適解を出せる。	△ 調整の方式によっては事業者間の有利・不利が出る可能性有り。
ビジネス面の促進可能性	ビジネス面で競争が促進されやすいか。	△ 枠組みを最初に定める必要がある。	○ 枠組みを最初に定める必要があるがルールは最低限のものとなる。
スケーラビリティ	取り扱い機体数が増えた場合でも対応が可能かどうか。	△ 多すぎると取り扱いができなくなる可能性がある。	○ 分散処理により対応が可能となる。
	機能追加の柔軟性があるか。	△ 柔軟性が少ない。	○ 柔軟に機能追加が可能。
障害時の対策容易性	障害時の対策容易性があるか。	× 集中サーバーが故障すると問題が発生する。	○ 集中サーバーが故障したとしても分散対応が可能。
通信量	通信量が多いかどうか。	△ 相互調整先が増えると通信量が増大。集中部分に負荷はかかる。	△ 相互調整先が増えると全体の通信量が増大。分散の場合、個別のやり取りは小さい。
開発容易性	運航管理システム各社にとって開発が容易かどうか。	△ 設計指針を定める必要がある。	○ スモールスタートが可能。ただし、トータルでの開発コストは考慮する必要有り。

図 4-10-16. TO-BE 分散型と集中型メリット・デメリット一覧

■ 出所)MRI 作成

3)有識者によるドローン分野アーキテクチャ検討委員会の運営

【実施内容】

事務局資料作成および有識者からの資料収集を行い、委員会開催時の諸調整を行うことで委員会の運営を行った。

ドローン分野委員会検討メンバー

ドローン分野における各テーマの議論を踏まえたアーキテクチャのオーソライズ機能を有する。メンバーを以下に示す。

表 4-10-3 ドローン分野検討会検討メンバー構成

名前	所属	
座長	古谷 知之	慶應義塾大学 総合政策学部 教授
対象業界の企業・専門家	鈴木 真二	東京大学大学院 未来ビジョン研究センター
	中村 裕子	東京大学スカイフロンティア社会連携講座 特任准教授
	南 政樹	慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 特任講師 ドローン社会共創コンソーシアム 副代表
	久保 大輔	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
	中台 慎二	日本電気株式会社
	柏井 康太郎	テラドローン株式会社

	杉田 博司	KDDI 株式会社 経営戦略本部 次世代基盤整備室 課長補佐
	保理江 裕己	ANA ホールディングス株式会社 デジタル・デザイン・ラボ ドローン事業化プロジェクトリーダー
	市原 和雄	株式会社プロドローン
アーキテクチャに関する有識者	白坂 成功	慶應義塾大学大学院 システムデザイン・マネジメント研究科 教授
技術専門家(セキュリティ・プライバシー・通信・標準等)	原 尚史	NTTドコモ 法人ビジネス本部 ドローンビジネス推進室
	坂下 哲也	一般財団法人 日本情報経済社会推進協会 常務理事 (担当:電子情報利活用研究部 認定個人情報保護団体事務局)
法律家	新谷 美保子	TMI 総合法律事務所 弁護士
ビジネス経営の専門家	大前 創希	Drone Fund

## 実施概要

本調査事業では、2回の検討会を開催した。第1回ドローン分野検討会の実施概要を以下に示す。

表 4-10-4 第1回ドローン分野検討会

第1回ドローン分野検討会	
開催日時	2020年2月5日(水)15:00~17:00
開催場所	経済産業省 本館 17階東5共用会議室
議事	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ドローン分野のアーキテクチャ検討の背景 <ol style="list-style-type: none"> <li>1-1) アーキテクチャに基づいた政策展開</li> <li>1-2) ドローン分野におけるアーキテクティングの意義</li> </ol> </li> <li>2) ドローン分野検討委員会の位置づけ</li> <li>2. 議題①: ドローンに関する課題の洗い出し <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ドローンの利活用に関する課題アンケート整理</li> </ol> </li> <li>3. 議題②: 運行管理のアーキテクチャについて <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ドローンの運航管理に関する課題アンケート整理</li> <li>2) 欧米日における UTM のプレイヤーと検討状況</li> <li>3) UTM アーキテクチャの海外動向</li> </ol> </li> </ol>
資料	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 議事次第</li> <li>• 【資料1】 アーキテクチャに基づいた政策展開</li> <li>• 【資料2】 ドローン分野におけるアーキテクティングの意義</li> <li>• 【資料3】 ドローン分野検討委員会について</li> <li>• 【資料4】 利活用に関するアンケートの整理</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 【資料4別添】 アンケート自由記述回答(利活用)</li> <li>• 【資料5】 運航管理に関するアンケートの整理</li> <li>• 【資料5別添】 アンケート自由記述回答(運航管理)</li> <li>• 【資料6】 欧米日における UTM のプレイヤーと検討状況</li> <li>• 【資料7】 UTM アーキテクチャの海外動向</li> </ul>
--	--

第2回ドローン分野検討会の実施概要を以下に示す。

表 4-10-5 第 2 回ドローン分野検討会

第 2 回ドローン分野検討会	
開催日時	2020 年 3 月 4 日(水)13:00～15:00
開催場所	経済産業省 別館 2 階 227 会議室
議事	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 前回の振り返りと本日の議論ポイントについて</li> <li>2. 米国での分散型 UTM 検討の状況</li> <li>3. 鉄道分野におけるアーキテクチャ</li> </ol>
資料	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 議事次第</li> <li>• 【資料1】 前回の振り返りと本日の議論ポイントについて</li> <li>• 【資料2】 分散型 UTM アーキテクチャーによる商業化促進</li> <li>• 【資料3】 鉄道システムアーキテクチャのご紹介(投影のみ)</li> <li>• 【資料4】 討議メモ</li> <li>• 参考資料1:欧米日の UTM のプレイヤーと検討状況</li> <li>• 参考資料2:UTM アーキテクチャの海外動向</li> </ul>

### ドローン分野検討委員会の検討の流れ

ドローン分野検討委員会で示した検討の流れを以下に示す。第1回では、問題意識・欧米の検討状況を共有し、アーキテクチャの考え方を示した。第2回では、第1回で出された論点について議論を行った。今後は、メリット・デメリットの精査、具体的なユースケースの検討、協調・競争領域の明確化といった検討作業が必要と考える。

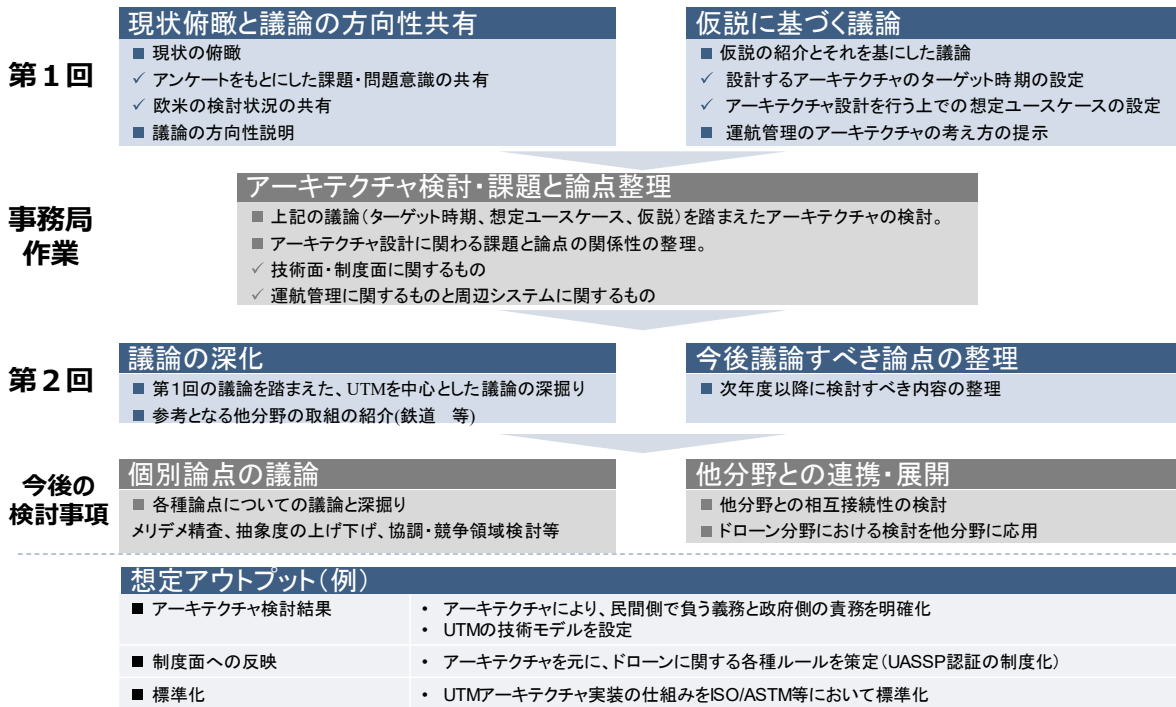


図 4-10-17. ドローン分野検討委員会の検討の流れ

出所)MRI 作成

### 3-2-4-11. オンラインサービスにおける身元確認の必要性に関する整理とAPI活用による身元確認のあり方に関する検討

(実施先:PwC コンサルティング合同会社)

#### 3-2-4-11-1. 調査の概要と実施計画

現在我が国では、データ利活用を通じたシェアリングやマッチング等を利用した様々なオンラインサービスが創出される一方で、なりすましや同一利用者による複数アカウント作成等に見られるような行為により、ユーザー、サービス提供者双方の身元が十分担保できないために、有用であるにも関わらず十分に普及していないサービスが存在することが想定される。このようなオンラインサービスは Connected Industries を実現する上で重要な役割が期待される場所であり、普及促進のため、それらにおける身元確認のあり方を明らかにする必要性が高まっている。

このような背景から、ユーザーがより安心してオンラインサービスを利用することを可能とするとともに、スタートアップ等を始めとした各サービス提供者がより信頼性の高いサービスを低いコストで実現可能とする環境の整備に繋げるため、以下の作業を実施する。

- i. オンラインサービスの身元確認の必要性に関する検討
- ii. 身元確認をオンラインで簡素化する手法に関する検討
- iii. 研究会の開催

#### iv. 検討結果を踏まえた検討報告書及びガイドラインの作成及び定期的な報告

##### 3-2-4-11-2. 調査の内容と目標

###### 【 i. オンラインサービスの身元確認の必要性に関する検討】

- ① 各種関係機関、有識者等へのヒアリングをもとに、オンラインサービスの種類の洗い出し、あわせて身元確認の保証性等を判断する厳格性等の軸の特定をする。その上で軸に従って3~4段階のレベルに分類を行う
- ② 既に法律で身元確認が義務付けられているものを洗い出し、それらがどのような規定になっているかも併せて整理することで、法が適用されていないサービス領域を特定する
- ③ 上記を通じて法定化されている領域を除いた、身元確認のレベルに応じたオンラインサービスの分類およびそれぞれのレベルで必要とされる身元確認の手法等について一覧可能な形で整理するとともに身元確認のレベル分けの考え方について整理する。

###### 【 ii. 身元確認をオンラインで簡素化する手法に関する検討】

- ① 身元確認 API の普及を通じてオンラインでの身元が完結するような仕組みを社会的に普及させる上で、現在、どのような身元確認 API サービスが市場に存在するのか、今後どのような身元確認サービスが提供されうるかを調査し、以下の項目ごとに整理する。
  - ・ 身元確認の根拠となるデータおよび確認プロセス
  - ・ API の仕様(現存するもののみ)
  - ・ 課金モデル(現存するもののみ)
  - ・ 現在の利用状況、利用業界(現存するもののみ)
  - ・ 普及および導入における課題など
- ② それぞれの身元確認 API について i で整理したどのレベルの身元確認で利用可能と考えられるかの整理を行う
  - ・ 検討に当たっては、実際に身元確認 API を提供する企業等にヒアリングを行うことで比較可能な形で整理する
  - ・ 必要に応じて国外の事例に関しても比較する

###### 【 iii. 研究会の開催】

- ① 上記 i、ii の検討と並行してヒアリング対象者も含む関係者を中心とした研究会を3月上旬までに3回程度実施する。研究会毎に都度適切な委員を選定する想定であり、選定方法については仕様書を踏まえ関係機関等から選定するが具体的な人選は NEDO および経済産業省と協議の上、決定する
- ② 本研究会での議論を通じて、i、ii の検討内容を深め、オンラインサービスにおける身元確認の必要シーンや手法の具体的な事例を整理するとともに、議論結果を活用してどのようなサービスであればどのレベルの身元確認が必要なのか、ガイドラインの策定につなげる



なお、研究会の実施にあたっては、以下の作業を実施する

- ・ 各回の資料作成(アジェンダ、参加各社資料収集、論点整理、各種基準策定作業に必要な資料作成の支援等)
- ・ 各委員への事前資料説明・打合せメモの作成
- ・ 委員への謝金支払、事務連絡、会合・事前資料説明の日程調整等
- ・ その他、研究会運営に必要な業務

#### 【iv. 検討結果を踏まえた検討報告書及びガイドラインの作成、定期的な報告】

- ① i、ii、iiiの検討結果等を取りまとめたオンラインサービスに関する身元確認の検討報告書、オンラインサービスにおける身元確認についてのガイドライン及び概要書を作成する
- ② 報告書の作成に関し、令和2年3月中旬ごろまでにガイドライン案を作成しNEDOに提出し、その後、NEDOおよび経済産業省からの指摘等も反映した上で、事業期間の終了日までに納品する
- ③ また事業の進捗状況を把握するため、週次を原則とした定例会をNEDO、経済産業省と行う

#### 3-2-4-11-3. 調査の成果

本検討会の目的は、オンラインサービスにおける身元確認のあり方を明らかにすることで、「ユーザーがより安心してサービスを利用できる」「各サービス提供者が信頼性の高いサービスを低コストで提供できる」環境の整備に繋げ、その普及を図ることである。

検討にあたっては、オンラインサービス事業者に関わる協会・団体、身元確認の情報を提供しえる事業者、その他有識者に委員として参画頂き、3回の研究会を通じて討議し、以下のアジェンダで報告書を取りまとめた。

##### (1) 身元確認の定義

現在、本人認証と身元確認の概念が区別されておらず、社会的にもこの概念を理解して頂くことが重要であるという問題意識から、NIST等の既存のガイドラインを参考にしつつ、身元確認と本人認証の概念を整理した。

##### (2) 身元確認の必要性に関する事業リスクの判断指標

オンラインサービス事業者が、身元確認の必要性を検討する際に、考慮すべき観点を整理した。これらの観点は、あくまで事業者が身元確認の必要性を「自己チェック」するために活用することを想定しており、義務的な身元確認の必要性を提言しているものではない。

研究会でも、身元確認の必要性を事業者が十分に認識していないケースがあるため、これらの観点を整理は必要である、という意見が挙げられた。一方、当初の計画では、オンラインサービスを類型化し、各類型に対して必要な身元確認を定めるレベル分けを行う予定であったが、研究会の総意をくみ、レベル分けは行っていない。これは、オンラインサービス同士を一律の基準で横比較することは困難であり、かつ、あるサービスはリスクが高

い等の誤解を招く懸念もあることから、明示的にレベル分けすべきではないと判断されたためである。

### (3) 中間強度の身元確認手法のあり方に関する整理

ユーザーの手間・コストの観点から現在の身元確認手法を一覧化した。ただし、前述(2)の通り、各オンラインサービスに対して必要な身元確認手法は規定しておらず、必要な身元確認手法は、事業者が一覧の中から選択するという形の整理に留めている。

整理の過程で、ユーザーの手間・コストと、現在の身元確認手法一覧の関係性から、簡易な身元確認手法を検討すべき領域を明らかにした。(中間強度の身元確認手法)この中間強度の身元確認手法を社会実装する上で、考えられる身元確認手法や、現状の活用状況、課題を取りまとめ、今後検討すべき事項を整理した。

### (4) 今後の方向性

身元確認の概念や、身元確認の必要性に関する事業リスクの判断指標に関しては、関連協会・団体等と協働で、今後社会に普及させるための活動を実施する予定である。

また、中間強度の身元確認手法を社会実装するためには、オンライン事業者が使いやすいようにサービス全体のアーキテクチャーをさらに具体化する必要があり、今後の研究課題として検討していく。

## 3-2-4-12. 米国における CDM(Continuous Diagnostic and Mitigation:継続的な診断とリスクの緩和)についての基礎調査

(実施先:PwC コンサルティング合同会社)

### 3-2-4-12-1. 調査の概要と実施計画

近年、サイバー攻撃が多発しており、情報資産の適切なマネジメントが必要となっている。従前から検討されてきた危機管理体制下の事業継続や働き方改革に加え、コロナウイルス感染症の影響もあり、クラウドサービスの利用やリモートワークが急速に普及する中で、従来型のオンプレミス型を前提とした情報システムの境界監視及びインシデントレスポンス体制では、セキュリティポリシーの適切な運用及びアップグレード、迅速なサイバーインシデント発生時の対応が極めて困難となることが予想される。

このような状況において、情報資産を確実にサイバー攻撃から守り、着実に事業を継続していく観点から、常時アクセス判断・許可(通称:ゼロトラスト)のコンセプトに基づいた、常時診断システムを構築する重要性が高まっている。また、従来の枠を超えて各企業の連携が進む Connected Industries の実現に向けても、各企業においてこのようなシステムの構築を進めることは連携を更に促進する上で重要であり、加えて、企業横断的なプラットフォーム開発を行う上でも、その前提として今後どのようなシステム構成になるか、その潮流を把握しておくことは、拡張性・対応性を担保する上で重要である。

このような背景から、政府システムに対して常時診断システムを導入することを目的に、米国政府の常時診断・リスク緩和プログラム(Continuous Diagnostics & Mitigation(CDM))

Program)についての基礎的な内容調査及び常時診断システムの試験研究を行うための事前準備の検討を行う。

### 3-2-4-12-2. 調査の内容と目標

#### 【(1) 米国 CDM プログラムについての内容調査】

「常時監視システムのアーキテクチャとして検討すべき項目及びシステム仕様として検討すべき項目」について、CDM プログラムの調査結果を踏まえた上でまとめることを最終目標とする。米国 CDM プログラムについて、事前に調査観点を整理した上で公開文書・文献および国内外の有識者へのインタビューを通じて調査(重要な公開文書・文献の翻訳含む)を行い、常時システムのアーキテクチャとして検討すべき項目及びシステム仕様として検討すべき項目の整理を行う。

その上で、政府及び独立行政法人情報処理推進機構のデジタルアーキテクチャ・デザインセンターで共同して進められているアーキテクチャ設計の議論と連携しながら「常時監視システムのアーキテクチャとして検討すべき項目及びシステム仕様として検討すべき項目」について CDM プログラムの調査結果を踏まえながらまとめる。

CDM プログラムについての内容調査で実施する活動は以下のとおり。

- ① 調査項目の整理
- ② 調査対象文献の選定
- ③ 文献調査
- ④ 有識者の選定
- ⑤ 有識者インタビュー
- ⑥ アーキテクチャ設計のための検討項目整理
- ⑦ 調査結果取りまとめ・報告書作成

#### 【(2) 「常時監視システム」の試験研究のための事前準備】

政府システムに対しての「常時監視システム」の実装のために必要な試験研究を実施するための計画、スコープ定義、システム仕様、導入候補製品およびサービスのリストおよび必要な運用体制の提案について、アウトプットとしてまとめることを最終目標とする。

アウトプットをまとめるにあたり、常時監視システムの対象となる政府システムへの理解が必要不可欠となるため、貴機構ならびに政府及び独立行政法人情報処理推進機構のデジタルアーキテクチャ・デザインセンターと密に連携を取り、現実的かつ有効性の高い試験研究となるような準備ができるよう進める。

「常時監視システム」の試験研究のための事前準備で実施する活動は以下のとおり。

- ① スコープ定義
- ② システム仕様の作成
- ③ 導入候補製品およびサービスのリストアップ
- ④ 試験研究サイトにおける必要な運用体制の提案

- ⑤ 計画の策定
- ⑥ 報告書作成

### 3-2-4-12-3. 調査の成果

本事業では政府システムに対して常時診断システムを導入することを目的に、米国政府の常時診断・リスク緩和プログラム(Continuous Diagnostics & Mitigation(CDM) Program)についての基礎的な内容調査及び常時診断システムの試験研究を行うための事前準備の検討を行った。

#### (1) 米国 CDM プログラムについての内容調査

常時診断システムのアーキテクチャ及びシステム仕様についての検討項目を整理すべく、文献調査を実施し、組織・体制、システム構成、各種要求事項、関連ガイドライン・フレームワーク、進行状況・課題などについて整理した。加えて、有識者へのインタビューによる調査を実施し、文献調査で確認した内容の詳細や CDM プログラム運用の実態についてまとめた。

調査内容および調査方法は以下の通り。

##### (1)-1 調査内容

政府システムに対する常時診断システムのアーキテクチャ及びシステム仕様の検討及び試験研究の事前準備を進める行う上で必要となる情報を調査項目とした。

#	調査項目	説明
1	プログラム概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ プログラムの目的・定義</li> <li>・ 各フェーズ/Capability のコンセプト・概要</li> </ul>
2	ガバナンス体制	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 組織的・人的な役割・責任範囲</li> </ul>
3	関連する指令及びガイドライン・フレームワーク	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ CDM プログラムに関連する指令やガイドライン</li> <li>・ CDM の要求事項と各種フレームワークのマッピングなど</li> </ul>
4	システムアーキテクチャ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ CDM を実現するシステム構成、連携方式</li> </ul>
5	詳細要求	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 各フェーズにおける機能面・運用面等における要求事項</li> <li>・ Federal と Agent の監視内容の棲み分けなど</li> </ul>
6	調達戦略	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ CDM プログラムに準拠する製品を調達するための戦略</li> </ul>
7	技術的実装	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ データ収集、センサー/ツール配置、監視ポイント、製品とダッシュボード連携などの実装方式</li> <li>・ 各フェーズにおける代表的製品やサービス</li> </ul>
8	進行状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 適用対象の政府機関の拡大やフェーズの進行状況</li> <li>・ 実施する中での課題や改善状況など</li> </ul>

### (1)－2 調査方法

以下の文献調査とインタビュー調査を実施した。

#### ① 文献調査

文献調査については、以下のような媒体を対象に情報収集を実施した。

- ・ 米国政府機関の公式 HP、公開文書
- ・ 米国政府系メディアサイト
- ・ 企業(主にセキュリティベンダー)の公式 HP、公開文書

#### ② インタビュー調査

インタビュー調査については文献調査を踏まえた上で、文献調査で確認した内容の詳細及び文献調査では確認できなかった内容などをもとにインタビュー項目を作成し、米国政府機関向けの業務従事経験者をインタビュー対象の有識者として選定し、ビデオ会議形式によるインタビューを実施した。

### (1)－3 報告書作成

最終報告書を作成し提出した。

## (2) 常時診断システムの試験研究のための事前準備

(1)の調査を踏まえ、政府システムに対しての「常時診断システム」の実装のために必要な試験研究の事前準備として、政府及び独立行政法人情報処理推進機構と議論・連携の上、以下の作業を実施し、常時診断システムの試験研究に係る検討を行った。

### (2)－1 スコープ定義

CDM のアプローチである「Policy Definition」、「Data Collection」、「Diagnose」、「MitigateDefects」のうち試験のメイン項目とするアプローチを定義し、実機試験の対象を整理した。

### (2)－2 計画の策定

試験研究で実施すべき作業内容を整理しスケジュール案を作成した。

### (2)－3 システム仕様の作成

試験研究で必要となる環境の全体概要、Federal Dashboard、Agency Dashboard、CMaaS、Sensor 等の仕様を整理した。

### (2)－4 導入候補製品およびサービスのリストアップ

試験研究で必要となる Federal Dashboard、Agency Dashboard、CMaaS、Sensor 等の機能要件及び米国で導入されている製品事例を整理した。

### (2)－5 試験研究 サイトにおける必要な運用体制の提案

試験研究で必要となる各 Dashboard の表示項目に関して整理した。

## (2)－6 報告書作成

(2)－1 ～ (2)－5 の内容をとりまとめ、「常時診断システムの試験研究のための事前準備資料」として整理し提出した。

### 3-2-4-13. Connected Industries の取組に関する効果測定事業

(実施先:アーサー・ディ・リトル・ジャパン株式会社)

#### 3-2-4-13-1. 調査の概要と実施計画

「Society 5.0」の実現に向けて、2017 年に経済産業省が政策として掲げたのが、データに着目した「Connected Industries(以下「CI」とする)」であり、データを軸に様々な業界、企業、人、機器がつながることで、新たな付加価値の創出や社会課題の解決をもたらすことを目指している。こうした方針を受け、NEDO は 2019 年度より「Connected Industries 推進のための協調領域データ共有・AI システム開発事業(以下、「CI 実装事業」とする)を開始し、業界横断型 AI システムや業界共用データ基盤の研究開発に関する支援を開始し、約 40 テーマの研究開発事業を進め、CI 実装事業を通じたデータの共有・活用による新たなサービスの創出を目指した。

本事業では、CI 政策が開始されてから約 3 年経過したことを踏まえ、政策全体や CI 実装事業を含む研究開発事業の効果測定を行うための情報収集や分析を実施した。また、本事業の過程で得られた内容を踏まえ、CI 実装事業の取組を中心に成果等の広報を実施した。

#### 3-2-4-13-2. 調査の内容と目標

CI 重点 5 分野(自動走行・モビリティサービス、ものづくり・ロボティクス、バイオ・素材、プラント・インフラ保安、スマートライフ)における国内外の状況を整理・分析し、CI の概念が提唱された 2017 年 3 月以降で、我が国、および CI 関連事業の実施者のプレゼンスがどの程度高まったのか、またどのような苦労や課題があったのかをまとめた。過去 CI 関連事業および CI 実装事業については、実施者や担当者へのヒアリングより得られた情報を分析・整理することで、これから取り組むべき課題や、留意すべき点、必要な支援策などを、策定するために、より論理的に考察できる調査結果を取りまとめる。

また、CI 実装事業においては、研究開発成果を効率的に周知し、活用を促進するための課題調査、ならびに研究開発の実用化・事業化を促進するための意見や課題を整理し、広報コンテンツを作成する。

#### 【TASK1:CI 政策に関する調査】

CI 政策の効果測定等を行うための情報収集を目的として、以下について調査分析および整理を行う。

#### 【目標】

- 1) CI 政策実施に至る背景や目指している政策目標等の前提情報の整理
- 2) 本政策実施後の社会的・経済的な影響の把握
- 3) 2017 年 3 月以降、CI 重点 5 分野を中心に、データ等活用によるデジタルサービスの技術面・サービス面の進展の把握
- 4) CI 政策と類似する海外のイニシアチブについての分析・整理
- 5) 本政策実施による政策目標の達成状況と見えてきた課題の整理
- 6) 「データの繋がり」の効果測定手段の仮説立て

### 【TASK2:過去 CI 関連事業に関する調査】

AI システム共同開発支援事業と産業データ共有促進事業、IoT を活用した新産業モデル創出基盤整備事業(2017 年度から 2018 年度に CI 実装事業の前身として実施)を対象に、実用化・事業化に向けた活動状況等について情報収集し、課題抽出や必要な方策を整理する。

#### 【目標】

- 1) 実用化・事業化に向けた活動内容やその状況、研究開発の継続状況、他の技術・製品への応用、波及状況等の把握
- 2) 時系列や CI 重点 5 分野ごとに状況の傾向の分析整理
- 3) 分析結果から成功要因や阻害要因(課題・苦労点)の特定と必要な方策の整理
- 4) 事業前後の売り上げ、企業規模、連携ステークホルダー、サービスの変化と CI 関連事業の貢献度の整理

### 【TASK3:CI 実装事業に関する調査】

CI 実装事業の実施者(テーマ数:38、助成先数:51)に関する基本的な情報の整理を行う。整理にあたっては、個々の情報の整理だけでなく、事業全体の傾向についても併せて整理を行う。また、以下の情報整理にあたっては、CI 実装事業の寄与分を考慮して行う。

#### 【目標】

- 1) 事業開始以降の NEDO および各実施者の広報活動実績および広報効果の整理
- 2) 事業開始以降の各実施者の売り上げ、企業規模、連携ステークホルダー、サービス(内容、規模、国内外展開事例)の変化の整理
- 3) データを軸とした異業種との連携を巧みにしている事例の選定とその優れている点の明確化
- 4) の事例についての広報コンテンツの作成を通じた NEDO のプレゼンス向上や主としてスタートアップである実施者の認知度や信頼度の向上

#### 3-2-4-13-3. 調査の成果

本調査を通じて、複数の業界大手企業とスタートアップの連携によるデータ連携事例の創出を目指した CI 政策と CI 関連・実装事業により、萌芽事例が出現しつつあることを把握した。今後、グローバルに競争力があるユニコーンといえる企業の創出のためには、事業化後ある程度の成長までを見据えた継続的かつ一貫した支援が必要であることを提案した。

## 【成果：TASK1 CI 政策に関する調査】

- 1) 我が国においては、データがバラバラに管理され、付加価値を産めていない現状を打破する政策が必要とされた。そのような状況の中、次世代社会を実現し、様々な業種の現場のリアルデータを産業横断で繋げ、新たな付加価値や製品・サービスを創出する産業コンセプトとして CI 政策が始動。
- 2) CI 概念の提唱タイミングで、特にものづくり・ロボティクス分野およびバイオ・素材分野を中心に投資件数が増加し、CI 関連政策には、Industrie4.0 で喚起された IoT やデータ連携への関心をキープし社会実装を進める効果があった。
- 3) CI 概念の提唱以降、特にものづくり・ロボティクス分野およびバイオ・素材分野を中心に急速に累計資金調達額が増加し、資金流入が進んだ。また、自動車 OEM や通信、電機といった業界の大手企業中心に CI 重点分野関連の技術が着実に蓄積された。
- 4) 外国の類似施策は大企業が取組の中心になっているのに対し、我が国は CI 政策を通じてスタートアップ主体のクロスインダストリーな先行 PJT が成果を生んだ。
- 5) 各国で、政策発表当時に掲げた概念の実証プロジェクトが実を結び始めている。一方で、各国共通の課題として、中堅・中小企業含めた業界全体への波及や、サイバーセキュリティ対策の課題が存在。
- 6) 政策効果測定には、創出利益など、産業界の業績インパクトとして測定しやすい指標を設定することが必要。また、こうした創出利益などの指標を、分野別に積み上げることで政策全体の効果測定は可能と推察される。

## 【成果：TASK2 過去 CI 関連事業に関する調査】

- 1) 過去 CI 関連事業 14 事業のうち、上市見込みが存在・もしくは上市済事業は 4 事業。6 事業は実証実験を継続。売上・従業員数は共に増加傾向ながら連携先の拡大は変化なしと大幅な増加に二分化。過半の企業がサービス内容・対象顧客を拡大した。
- 2) CI 重点 5 分野別に見ると、プラント・インフラ保安分野で実用化が進んでいる事業が存在。大半は実証実験段階にあるものの、一部研究開発段階に留まる事業も存在（プラント・インフラ分野は実用化段階と実証段階に至らない研究開発段階に二分化）。
- 3) 事業の成功要因として、初期投資費用の軽減やステークホルダー間の連携意思の疎通が図りやすくなった点が挙げられている。課題発生要因として、デジタル化速度の遅さ、データ作成側との連携、設備投資負担、競合参入、市場拡大速度の遅さ、実務人材不足、等が挙げられている。また、過去 CI 関連事業は、費用対効果が検証しにくい技術にも助成し事業化の芽に繋がった点、データ活用場を生み出した点などが評価されている。一方で、データを活用したビジネスの創出までは見据え切れていない点、助成期間の区切りが存在するという課題が挙げられている。
- 4) 過去 CI 関連事業は、売上高の成長や業界内での連携には一定の貢献を果たしている一方で、業界を跨いだ連携へはあまり貢献できていない。サービス内容や顧客の拡大には影響を与えているとした企業が半数程度存在したものの、提供地域の広がりやコスト変動にはさほど影響を与えていない。



### 【成果：TASK3 CI 実装事業に関する調査】

- 1) 各事業者が Web メディア掲載を中心に展示会出展や学会発表といった広報活動を実施し、Web ページビューの増加や引き合い数の増加といった成果が出ている。NEDO による広報活動では展示会への参加機会の提供や Web サイトへの掲載といった活動に効果が出てきている他、NEDO 名義での Web コンテンツ制作といった活動を求める声が多い。
- 2) CI 実装事業後に売上高・従業員数の高い成長と積極的なサービスの拡大を見込む企業が大半、業界内での連携に加えて、業界をまたいだ連携も増加。売上高の伸びや業界内連携には CI 実装が一定貢献。業界をまたいだ連携に関しては、貢献していると答えた企業とそうでない企業で二極化。サービス自体の変化に影響を与えたというより、開発投資や連携の加速化によりサービスの成長を早めたことが最大の効果と思料する。
- 3) 事業の成功要因としてデータ共通様式の確保や学習データ量の確保、事業化を見据えた関係者の巻き込みが挙げられている。一方、市場構築やデータ連携にあたってのルール作り、セキュリティの確保といった課題が挙げられている。また、CI 実装事業の成功要因として、初期投資としてまとまった額の助成による事業の立ち上げ支援、また受託事業者の認知度・信頼度の向上、事業化に向けた基盤固めが進んだ点が評価されている。一方、事業化の制限がかかっていること、助成期間の区切りが存在する点が課題として指摘されている。CI 関連事業の成功事例として、ちとせ研究所、スマートドライブ、LocationMind を選定した。
- 4) ちとせ研究所、スマートドライブ、LocationMind へのインタビューを通じて広報コンテンツを作成した。

### 3-2-4-14. 米国政府の CDM Program を参考にした常時診断システムの実現性調査 (実施先：国立研究開発法人産業技術総合研究所)

#### 3-2-4-14-1. 調査の概要と実施計画

本調査の目的は、米国の連邦政府機関にて導入されている、Continuous Diagnostics and Mitigation (CDM)プログラムを日本の政府機関に導入することを想定し、機能面及び運用面での実現性の検証を行い、適合性の確認、課題・改善点の抽出および考察を行うことである。そのための手段として、産業技術総合研究所(以下、「産総研」とする)が実際に業務に使用している環境上に、CDM における「Federal Dashboard」「Agency Dashboard」「CMaaS」、「Sensor」を準備し、特に常時診断機能を中心に、検証データ項目の検討と確定、実際の動作に基づく検証実施、結果の検証等を実施する。またこれと合わせて、今回行うデータ分析を含む調査事業を、政府機関等の情報セキュリティ対策のための統一基準に準拠して行うための対応そのものを検討し、手順化方針等をまとめ、自ら実践する。

### 3-2-4-14-2. 調査の内容と目標

#### 【調査の内容(課題)】

本調査においては、政府機関等が運用し、将来の CDM 機能の導入対象として考えられるネットワークのうち、まず業務用 PC 等が接続されるオンプレミスの業務ネットワークを調査対象として想定し、類似の構成・特性を持つ研究所のネットワークとして産総研の業務ネットワーク(以下、「AIST ネットワーク」とする)を選定し、CDM プログラムの試験環境を構築して検証を行う。また、近い将来 CDM プログラムの導入が政府機関に加え、独立行政法人や重要インフラにも展開されることを見据え、業務ネットワークに接続される業務処理システムやファイルサーバなどのサーバ機器群や、特定の業務に用いられる専用機器群(例えば気象観測や交通制御機器など)にも CDM による常時診断を展開することを想定して、業務ネットワークに用いるエージェントベースの手法とは異なるエージェントレスの常時診断機構を併用する技術を、専用に構成したネットワークや研究所の保有する大規模研究業務ネットワーク(以下、「サーバ環境」とする)を対象とした実験を通じて検討する。

具体的には、以下の3つの項目について検討・調査を実施する。

#### 1) 全体的な技術検討

##### ① 所内ルール等の整理

本調査事業において扱う情報の明確化、情報の利用目的および取り扱い制限の検討を行い、政府統一基準等の分析や所内ルールとの突き合わせ、必要に応じた承認プロセスの導入など、産総研において必要とされる手続きなどを整理し、自組織の情報を調査事業に用いる際に必要となる対応や手順化方針をまとめる。

##### ② リスクスコアリング方法の検討

収集可能なデータ項目を元に、リスクスコアリング方法を検討し、その結果をリスクスコアリング定義書としてまとめる。

#### 2) AIST ネットワークにおける CDM 実現方法の検討

##### ① 収集データ項目の確定

AIST ネットワークにおいて収集するデータ項目等を確定し、データ定義書としてまとめる。

##### ② 実機検証項目の確定

検証環境や選定したツールの機能や特性を踏まえ、実機検証項目を確定し、実機検証仕様書としてまとめる。

##### ③ 実機検証の実施及び考察

実機検証および必要に応じて机上検証を実施し、その結果に対して考察を行う。

#### 3) サーバ環境における CDM 実現方法と課題の検証

##### ① 収集データ項目および不足項目等の検討

サーバ環境で、エージェントに依らずに取得できるデータ項目、サーバ環境で取得しているセキュリティログ等の情報で十分に代替できているデータ項目、現在取得できている情報では不足しているデータ項目を明らかにする。

## ② 代替手段の検討

サーバ環境で、エージェントを利用しない代替の管理・監視手段で常時診断に利用できる情報を得る方法について検討する。

## ③ 一般的な既存管理機構からの情報収集試験

ファイアウォールのログや IDS 等一般的なサーバ環境の既存診断機構から、CDM で求められる常時診断に用いる情報に再構成する手法について、実現性や課題を明らかにする。

## ④ 追加的な診断機構・情報収集手段の調査検討・予備試験

②で検討した代替手段について、データ収集機構や診断機構の実装方法の検討を行い、技術の組み合わせ・新規技術の開発が望まれる項目・それにより達成できると思われる診断情報の詳細度などを整理する。

## ⑤ リスクスコアリング方法および情報統合の検討

AIST ネットワークとサーバ環境などの複数の環境における常時診断機構を統合して運用を行うために開発が必要な項目や、異なるスコアリングを統合する際の課題等を検討する。

AIST ネットワークについては、産総研が既に導入しているエージェントベースの情報収集機構等を活用して、実際に CDM に必要とされる情報を収集分析する為に必要な機構を検討し、試験的な実装・動作実験を行う事で実現性を検証する。また、サーバ環境については、エージェントレスのファイアウォールのログ等の分析をベースに、常時診断機能に不足する情報とそれを補完するために必要な構成情報等の内容を明らかにするとともに、ネットワーク等での情報収集手段や CDM への分析統合手段等の方向性を、明らかにすることを目標とする。

### 【目標】

- 1) 自組織の情報を調査事業に用いる際に必要となる対応や手順化方針をまとめる。また、リスクスコアリング定義書を作成する。
- 2) AIST ネットワークにおける収集データ項目、実機検証項目を確定し、実機検証および机上検証により機能面及び運用面での実現性の検証を行い、適合性の確認、課題・改善点の抽出および考察を行う
- 3) 常時診断機能に不足する情報とそれを補完するために必要な構成情報等の内容と、ネットワーク等での情報収集手段や CDM への分析統合手段等の方向性を明らかにする

### 3-2-4-14-3. 調査の成果

本調査では、業務用ネットワークにおける CDM 実現方法の検討と、サーバ機器等に対する CDM 実現方法と課題の検証を実施した。前者は、産総研の業務ネットワークに接続された端末を検証対象として CDM 検証環境を構築し、評価検証を実施した。後者は、業務環境で用いられるエージェントベースの手法とは異なるエージェントレスの常時診断機構を実現するために必要な技術の検討および課題の抽出を行った。

## 【成果】

- 1) 検証にあたってのルールの整理を行うとともに、リスクスコアリング方法をリスクスコアリング定義書としてまとめた。ここで定めたルールおよびリスクスコアリング方法に基づいて、実施項目2)および3)の調査を進めた。
- 2) AIST ネットワーク環境での実機検証から、以下の知見を得た。
  - ① 収集するデータ項目について、産総研環境で調査に必要なデータが収集できたことを確認するとともに、使用するツールの機能・性能に応じて管理データの更新頻度を考慮する必要があることや、製品に依存しないデータ項目の選定が必要などの知見を得た。
  - ② CDM から得られる組織の情報を、複数組織にまたがって共有するデータ連携方法について、データを共有する方法やシステムに対する性能要件に関する知見を得た。
  - ③ リスクスコアについて、産総研環境での有用性が確認できた一方で、脆弱性情報を利用するリスクスコアについては、脆弱性情報の公開後すぐには脆弱性のインパクトを表す数値が設定されず、実際にはインパクトの高い脆弱性であってもリスクスコアに反映できない問題あるなどの知見を得た。
  - ④ センサ等から得られる情報を可視化するダッシュボードについて、個別製品が同様の機能を備えている場合が多く、その機能を含むようなダッシュボードを別途作りこむことは適切でなく、CDM ダッシュボードと個別製品のダッシュボードの役割を明確にしてシステムを構築する必要があるなどの知見を得た。
- 3) サーバ環境における CDM 実現方法と課題の検証により、以下の知見を得た。
  - ① 今回検討したセンサータイプいずれかから得られる情報により、PC 端末以外についても CDM の実現性が高いことが確認できた。
  - ② 一部の情報取得については、機器へのログインが必要となること、機器から得られるソフトウェア情報の形式が統一されていないため、機器ベンダや機種ごとに対応する必要があることなどの知見を得た。
  - ③ アセット情報(正解情報)の維持管理方法、機器個体の識別子として何を採用するか、今回の方法では情報収集できない特定用途機器等への対応方法などを検討する必要があることを確認した。

## 4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

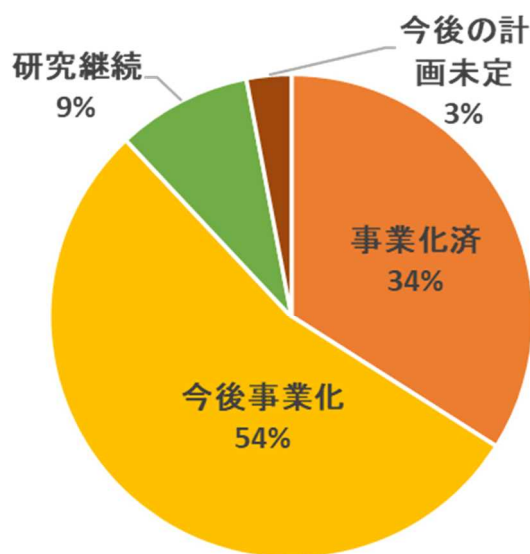
### 4-1. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

NEDO では公募・採択の段階から、実用化・事業化を考慮した設計を行った。提案書では技術的な内容だけでなく、専用の様式によりビジネスモデルの説明を求め、また、採択審査では実用化・事業化の観点重視し評価した。これにより、データの共有・活用エコシステムがうまく機能する提案を選別した。

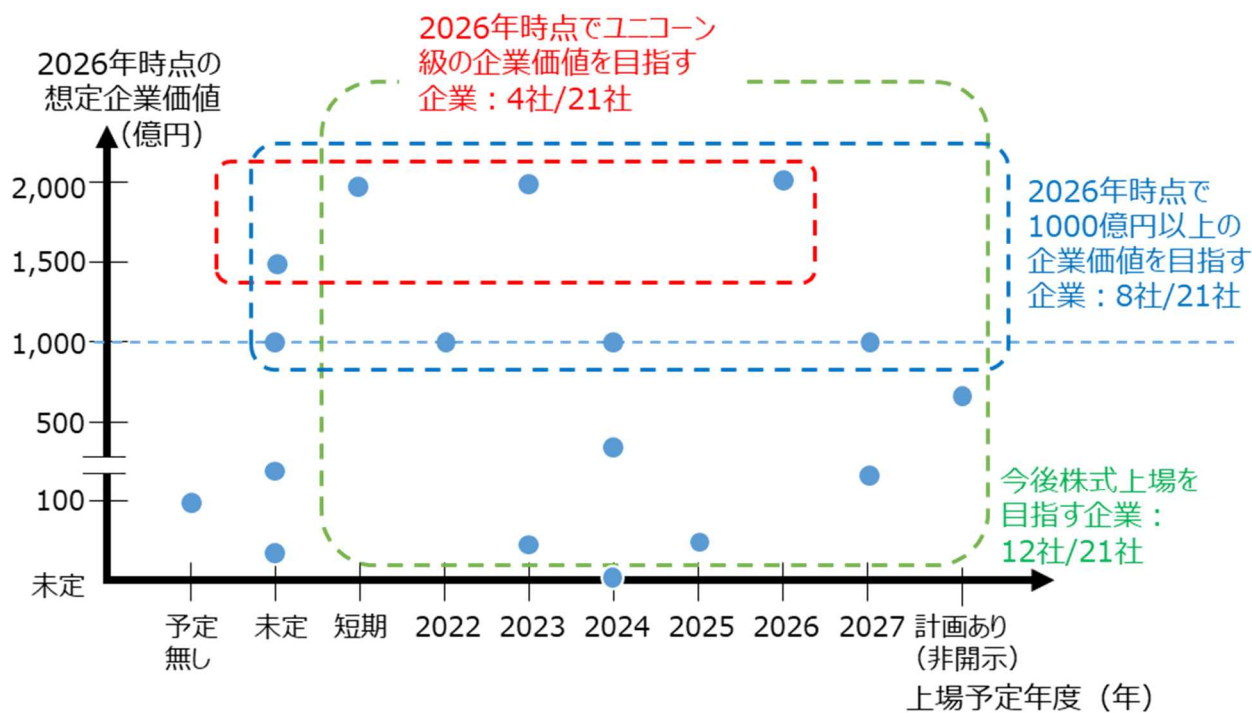
また、事業実施段階は、有識者からの助言提供、実施者のプレゼンス向上を目的とした広報、マッチング機会のアレンジ等を通じ、実施者(特に本事業の主たる実施者として想定したスタートアップ)にとって、NEDO 事業が成長の機会となるよう支援を行った。

こうした取組を経て、現時点においては、既に開発成果の事業化に着手したテーマが 34%、事業化計画を有するテーマが 54%あり、約 9 割のテーマが事業化に向けて進んでいる状況である。

また、実施者へ今後の見通しや計画をヒアリングした結果、2026 年度までの市場創出効果は 1,530 億円、実現率を 25%と仮定し確度を高めた期待値としては約 383 億円の効果(助成金比 5.8 倍)が期待できることを確認した。また、本事業を完遂したスタートアップ 21 社のうち、事業期間中の上場企業 1 社、2026 年までに株式上場を目指す企業 12 社、同年までに 1000 億円以上の企業価値を目指す企業 8 社(うち、10 億ドル以上が 4 社)という状況であることも確認できた。



(図) 本事業終了後の事業化の予定(事業期間中に中止した事業は除く)



(図) 本事業を実施したスタートアップの今後の見通し

以降のページでは、各実施テーマにおける今後の具体的な取組について説明する。

## 4-1-1. 研究開発項目① 業界横断型 AI システムの開発

### 4-1-1-1. 位置情報ビッグデータを活用したリアルタイム人流予測技術の開発と AI サービスプラットフォームの実現

(実施先 : LocationMind 株式会社)

本研究成果については、実用水準にあり、商品性として改善を重ね続けるものの商用可能な段階にあると考えている。新型コロナウイルスを契機に人流データへの認知が高まっており、このような応用的技術への需要はまずは先進的的案件や大型案件からの引き合いを感じている。アンサンブル予測は様々な場面に対して柔軟にフィッティングが出来る点で営業提案もしやすく、例えば新型コロナ・防災・サプライチェーンマネジメントなど様々な領域で、高度な現状把握・予測・シミュレーションに基づいて意思決定をする必要がある場面で代替しづらい価値提供が強みである。

LocationMind xPop という SaaS 商品を通じて高度な分析済みデータを提供することを想定しているが、これは「人流データを提供するのみ」の伝統的な販売方法とは付加価値量で差別化する戦略となる。伝統的な市場も高成長すると見込まれておりその追い風の上にさらに新規市場としてこうした応用的分析の市場が創出できると見込む。人流業界全体として「気になったときにだけ購入するデータ」から「定常的に意思決定支援に使われるデータ」となることでビジネスモデルを革新する途上にあるが、その中でも顧客の意に沿った分析まで提供できる弊社モデルは差別化されている。また、競合から高速高精度の人流予測 AI などが提供されていないなか、顧客にあわせてチューニングさえできる高速・高精度な予測 AI を持つ本成果技術は提案力が高い。

波及効果としては主に以下 3 点あると考えている

- 社会の意思決定能力向上という波及効果。新型コロナウイルスのような未曾有の危機において、世界は現実社会の動態把握ができないことが露呈した。その高度な分析についてはさらに能力不足である。こうした社会全体の、或いはそれと互換ある形で局所の情報を集めて、起きそうなシナリオを複数検討することが出来るデータとして、人流データ及び弊社の分析を国の様々な指導者に提供してその意思決定を支援した。本事業成果についてはこの能力をさらに向上させるものである。同様に公共交通・防災・など様々な場面でこうした大型の意思決定を、データに基づいた判断ができるよう向上させられると考える
- 経済的価値からの波及効果。人流データは人・モノの動きや滞在に意味をみいだすものであり、原理的にはこれと無関係でいられる事業体は考えづらい。一方で、様々な事業者にも最も親切的な形で人流データが流通することはほとんどない。多くは大手企業に眠る良質な移動体ビッグデータの発掘と流通からはじまり、本事業成果のような高精度・高付加価値な人流データとして流通させることで様々な業界で技術革新を支援できる可能性がある
- 技術研究・人材育成からの波及効果。上記経済的効果の萌芽、そして革新的技術の研究につなげるべく LocationMind では国内外の 10 以上の大学と人流分析・人流データの交流を行っており、そのテーマも多様である。

#### 4-1-1-2. マルチモーダルAI技術を用いた業界横断型AIシステムの事業開発

(実施先: 株式会社エクサウィザーズ)

本研究の実用化・事業化については、模倣学習、タスクフロー制御などを用いた熟練技能の評価と自動化、不定形物の認識・把持、粉体や液体の秤量を主な用途と想定している。

近い将来に我が国において労働人口不足が問題になることは確実視されており、とくに 3K 職場ではすでに人手不足が喫緊の課題になりつつある。本研究で取り組んだ技術の多くが、人手不足問題解消に資する技術だと考えている。

上記の秤量作業を例に挙げると、化粧品、製薬業界では国内で 42 億円/年間、海外を含めると 325 億円/年間の市場規模と想定される。ニッチな市場であることから競合は極めて限られているが、様々な対象物に対応できる汎用性や、処理速度の速さによる作業の生産性や切り替えコストの低さによる費用対効果の高さにおいて優位性があると考えており、導入の拡大が見込まれる。

不定形物の認識・把持については、専門知識のないユーザーでも簡単にグラフィックユーザーインターフェースを用いて合成データ、それを用いた AI モデルを作成できる基盤を構築した。クラウドを活用しリモートでデプロイできるシステムも試作しており、海外含む広範なエンドユーザーへの円滑なサービス提供へつながることが期待される。処理時間が短いことから食品工場など高い作業生産性が求められる現場での効果が高いと想定される。

既に現場への導入も進んでおり、検討中の導入先も複数あることから、多様なユースケースに対応できるようになっている。今後の方針としてはより広範なユースケースや前後工程も含めた自動化等を検討し、完成度の高いソリューションとすることを予定している。

事業拡大にあたっては、販売面・技術面双方でのパートナー開拓が課題となっている。前例のない、あるいは少ないサービスのため、パートナーの開拓が進んだ際には当社事業の拡大だけでなく産業のエコシステムの拡大も期待される。

パートナー及び導入先の拡大の施策の一つとして、2022 国際ロボット展に出展した。熟練技能の評価・自動化の実例としてトップシェフによるパンケーキ盛り付けをロボットで再現する展示と、不定形物認識 AI 学習基盤と GUI を活用した高速ピッキングシステムを展示した。多数の大手メディアに取り上げられ、現役の国会議員にも来訪いただいた。大手メーカー等から多数の引き合いを獲得し、導入先拡大に向けて協議を進めている。



### 4-1-1-3. 金属切削加工における精度補正システム開発

(実施先: 株式会社 LIGHTz)

#### ●企業化の実現イメージ

本研究の実用化・事業化については各ユーザ(加工メーカー)が保有する機械一台毎の固有の特性情報を登録した上で、その特性の差(機差)の情報を利用し、複数の機械で同じ加工を行う際に機差によらずに同じ品質の加工をできるようにするための補正值や補正に伴う熟達者知見情報をリコメンドするものである。これにより、例えば、発注元で加工している製品を外注先の加工メーカーに委託する場合や、海外生産拠点で加工する場合などを想定すると、発注元や本社での加工品質と同じ加工を外注先や海外生産拠点でも実現するためにこの仕組みは役立つことになる。このため、仕組みとしてはクラウド上に実装し、機能をユーザに利用してもらうことを企図している。

#### ●本事業の市場適用性および競合環境

多くの加工メーカーでは、加工ワークの加工を行う際、機械固有の機差を考慮した加工条件の設定は、熟達したオペレータの経験知に依存している。熟達者の高齢化や生産拠点の海外シフトなどを考慮すると、各加工メーカーにおいて一部の熟達オペレータが全ての保有する加工機の加工条件設定をカバーするには自ずと限界がある。従って、全ての加工機の数だけ本事業の需要があることになる。対象となる設備台数を調べると国内で21万台、海外で13万台の市場があると試算される。また、本事業と競合するサービスとしては、多くのソリューションが自動NC生成、解析、ツール破損検知の機能を持つ一方、設備機差を補正するソリューションは本取組みと切削加工精度向上サービスに限られる。切削加工精度向上サービスは、設備の剛性差による撓み量の違いの補正が可能となるが、本サービスは振動特性の差から生まれるビビりを補正する機能を有し、領域が異なる。また、切削加工精度向上サービスは、設備の剛性を実測する必要があるが、本サービスは加工物からの特性判定を可能とし、補正值算出までのプロセスにおいて、利便性が高いと想定される。

#### ●実用化に向けた課題と方針

本事業期間における成果では、サービスとして展開して収益をするためには対応する範囲が限定的であるため、直ちに収益化することはできないと考えられる。この対象とする機械の種類やツールセットの範囲を拡充する必要がある。

#### ●実用化・事業化までのシナリオ

前項の体制上の課題克服を前提として、2022年度から2024年度については準備フェーズ、および、環境構築フェーズと位置づけ、2025年度からの一部収益化を図る。各フェーズの概要は以下の通りである。

##### a.2022年度(2022年4月～2023年3月)

主として領域拡充を目的とした技術検証を行うため、本技術検証に協力いただく技術パートナーを開拓して進め、併せて、機差補正システム(本番)の仕様整備を行う。

b.2023～2024年度(2023年4月～2025年3月)

検証した結果を反映したシステムプラットフォームの実装を進めるとともに、サービス開始に向けた販促企画および顧客開拓を実施する。

c.2025年度以降(2025年4月～)

受注活動を進め、本サービスを利用するユーザ確保を行いつつ、本システムの運用管理に入る。

#### ●波及展開効果

将来的には、ユーザ企業における加工プロセス支援だけでなく、各社が保有する機械特性を踏まえた加工業務発注を企業間で行うなどのビジネスマッチングや、工作機械メーカーでの出荷した機械に対する保守サポートへの活用や機械販売への活用、大学での研究のためのサンプルデータの活用などに波及展開することも考えられる。

### 4-1-1-4. AI 並びにロボティクスを活用した材料開発の飛躍的効率化

(実施先: MI-6 株式会社)

#### ◆実用化・事業化に向けた戦略

##### ●ニーズ

産業界(ここでは主に化学などの素材産業を指す)において、マテリアルズ・インフォマティクスは関心が高いものの十分に活用しきれていないと言いがたく、解析サービス(含むソフトウェア/ロボティクス)に対するニーズや期待値は高い

##### ●成果

個別具体的な成果や事例については顧客との秘密保持契約の関係で開示することが難しいが、弊社 MI 技術の提供により目標とする物性値の達成や開発期間の短期化など飛躍的な成果が増加している

##### ●課題と戦略:

1)MI 導入のハードルが高い

弊社のコア技術である解析アルゴリズム並びに自動化技術(ロボティクス)を活用し、SaaS 並びに RaaS のビジネスモデル(月額課金制)で提供していく

2)良質なデータ数が少ない

実証～サービス提供と開発投資を回して適用分野を増やし、様々分野に展開しデータの総量を増やしていく

#### ◆実用化・事業化に向けた具体的取組

■当初計画から大きな変更はない。

・開発計画

ソフトウェアは継続的に解析機能や周辺機能をアップデートし続け、ロボティクスは直近は無機の追加投資、後半では有機の追加投資を行う

・販売計画

2023 年度より収益発生できるよう、各種準備と体制構築を実施する。ターゲット顧客は既存取引先を中心に販売活動を実施する

・提供計画

カスタマーサクセスの継続的な実施が必須である

◆**実用化・事業化の見通し**

■当初計画から大きな変更はない。

・市場規模

SaaS も RaaS も明確な調査資料は存在しないが、高い成長率で拡大していると推察される。

記事や論文数の増加状況から飛躍的に成長している市場であると推察される。

・見通し

数億円の範囲での SaaS 売上を見込んでいる。RaaS についてはまだ POC 段階であるが、数百万円～数千万程度の売り上げが 2023-2024 年頃から上がってくると見込んでいる。

◆**実用化・事業化の課題と対応方針**

■想定される課題と対応方針について

・プロダクトのアップデートに想定以上の時間とコストがかかる。

→機能追加を延期とする場合においても、それまでのコア機能のまま SaaS を提供することが可能である。

・SaaS 販売において、想定以上にデータ管理システムのセキュリティ対策が求められる。

→リリースを後ろ倒して開発することで対応が可能である。

・RaaS(無機)販売において、測定機能の追加などにより想定より検討が難航し延期する。

→その場合は SaaS の拡販に軸足を移し、短期的な収益化を進める。

・RaaS(有機)販売において、PoC 後の実用化検討の技術課題により延期する。

→SaaS もしくは RaaS(無機)の方で収益化したキャッシュで賄う。

◆**実用化・事業化の波及効果**

■明確に言及できるものはないが、間接的には以下の効果が挙げられる。

・本事業成果を活用した AI システムの提供にあたって、ソフトウェアのみではなくカスタマーサクセスが非常に重要となる。

当社ではデータサイエンスとマテリアルサイエンスそれぞれに精通したメンバーを多く有しており、カスタマーサクセスを担うことによって顧客の人材育成(マテリアルズ・インフォマティクス人材としての教育育成)に対する効果も確認できている。

#### 4-1-1-5. 質の高いビッグデータによるプラント・インフラ予防保全のための AI システム開発 (実施先: 株式会社イクシス)

本研究の実用化・事業化について、社会インフラ分野においては 2023 年より大型の公共工事は原則 BIM/CIM が全適用されることになり、BIM/CIM を活用した設計、施工、品質管理、完成検査(納品)が求められることとなっている。また産業インフラ分野においても昨今プラントデジタルツインということで BIM/CIM を活用したプラントの運用(保全、修繕)が注目を集めている。

本研究の成果は、サイバー空間である BIM/CIM と現実空間から得られるデータを双方向で連動させ、取得されるデータを AI に活用して損傷を自動検出するという技術であり、ここにロボットを活用することで、安定した高品質のデータを網羅的に取得できる点が加味され、アセットの建設 6 フェーズ(調査、設計、施工、検査、維持管理、廃棄)のすべてのフェーズにおいて有効な手法であると考えられる。この全フェーズでのデータを BIM/CIM のデジタル空間に登録できることから、今後活用が見込まれるデジタルツインが実現できる手法である。

デジタルツインの世界市場は 2026 年に 482 億ドル相当の市場規模(約 5 兆 5,000 億円)になると予測されており、今後急激に成長する領域である。(出所: Digital Twin Market)

本技術を事業化するには BIM/CIM データが必須となり、これに基づく建設 6 フェーズ全てに本技術を導入することでデジタルツインが実現できる。そのために当社では公共事業やプラントで BIM/CIM 作成推進し、かつ BIM/CIM にデータを入出力できるロボットや IoT 機器を事業者に提供できるよう全国に拠点を開設し啓蒙活動を行っていく予定である。BIM/CIM 全適用により遠隔での出来高確認、出来形計測、巡回監視、将来の劣化予測が可能となり、LCC(ライフサイクルコスト)の低減や、人手不足、コスト削減、業務の最適化が期待できる。

#### 4-1-1-6. 人工知能を用いた胃がん内視鏡画像読影支援システムの構築と海外遠隔診断への展開

(実施先: 株式会社 AI メディカルサービス)

##### ○ 実用化する製品・サービスについて

市区町村で実施している胃がん検診の 2 次読影の際に、AI によってがん等の可能性のある要注意箇所を検出して表示してくれる胃がん内視鏡画像読影支援システムとして実用化する予定である。

この内視鏡画像診断支援システムは、内視鏡検査の静止画像をクラウドサービスに読み込ませると、AI が病変の有無を判定しそれが何パーセントの確率でがんであるかを提示することができる。

また、クラウドサービスとしてソリューションを提供することで、国内の検診サポートだけではなく、海外の内視鏡画像読影サポートにも対応する。

なお、内視鏡画像診断支援システムは、医師の役割を代替するものではなく、要注意箇所を提示するだけであり、最終的な診断については医師が行うことを想定している。

## ○ 販売予定先について

内視鏡画像読影支援システムは、胃がん検診を受託している各地域の医師会及び検診センターに対して販売を行っていく予定である。マーケティング及び販売部門を設立して販売先への直販ルートを確立させることに加えて、早期に全国の医療機関をカバーするために、医薬品医療機器卸や医薬品医療機器メーカーに販売代理店として拡販してもらうことも検討している。

また、がん検診パッケージについては、地方自治体、日本医師会（JMA）や日本消化器がん検診学会（JSGCS）に対して、直販ルート及び代理店経由での販売を行うだけでなく、現在推進中の共同研究にて構築されつつある人的ネットワークや、KAISEP 経由でのネットワークを活用し販売を行っていく予定である。

そして、海外への販売にあたっては、まずは協力関係にある川崎地区の医療施設が有している海外医療機関とのネットワークや当社が有している東南アジアとのネットワークを活用して、東南アジア人の内視鏡データ収集や実証実験に海外の医療機関の参加を呼び掛けて巻き込みを図り、そこで得られた関係を起点にして、海外提携医療機関に対して販売を行うなどの方法で販路拡大を行っていく。

## ○ 事業化までのスケジュール及び課題

事業化に向けたスケジュールは以下のとおりである。

年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度
製品開発	● →				
内視鏡画像読影支援システム国内販売	● →				
内視鏡画像読影支援システム海外販売	● →				
機能追加 (部位・疾患)		● 大腸 →		● 食道 →	
運営経費発生	● →				
収益発生		● →			

続行・中断の判断

事業化までの課題としては、製品開発段階で目標とした胃がん読影精度を達成できないリスク、国内・海外販売段階で競合企業の参入によるシェアの低下、販売目標の未達が考えられるが、前者に対しては、協力施設を増やし教師データをさらに大量に準備するなど、データ追加と AI モデルの最適化を行うことで対応する予定である。また、現状は実質的な競合企業は存在していないが、販売段階では国内外のプレーヤーが参入しシェアの低下が起きる可能性があるが、ユーザー獲得に向けて費用やサービスの見直しなどを検討する。

なお、万が一これらのリスクが顕在化した場合には、事業継続可否など状況を見て適切なタイミングで判断する予定である。

## ○ 想定市場規模

内視鏡画像診断支援システムと関連性の深い内視鏡機器の市場規模は、「Worldwide Medical Market Forecasts to 2019」及び富士キメラ総研の「2018 イメージング & センシング関連市場総調査」によると、2015 年時点で国内では約 600 億円、世界全体では約 2,700 億円と推計されている。また、国内市場は年率 7.83%、世界市場全体は年率 9.59%の割合で成長すると予測されており、製品を市場に投入する予定の 2022 年には国内市場が約 1,020 億円、世界全体が約 5,100 億円となっており、販売開始から 5 年が経過した 2026 年には国内市場が約 1,380 億円、世界全体では約 7,400 億円もの市場へと拡大していることが見込まれる。

これらは内視鏡そのものの市場規模であるが、2016 年の「胃がん検診の指針」が改訂されて以降、内視鏡検診市場は急速に拡大し、検診目的の内視鏡検査は約 300 万件まで増えている。内視鏡画像診断支援システムの市場は現時点では存在していないが、1 検査 15,000 円のコストとして算出すると 450 億円の市場規模であり、そのうち 1/3 の 150 億円程度は画像診断向けの市場に置き換わると考えられることから、内視鏡市場の約 10%は内視鏡画像診断支援システムの潜在的な市場と考えている。

## ○ 売上見込

内視鏡画像診断支援システムは、導入時の初期費用と、利用する症例数にかかわらず導入後の年間利用料を回収する、月額固定サブスクリプション型のビジネスモデルを想定している。国内および海外における年間の平均利用料を 200 万円と想定した際、5 年後に約 5.5 億円の売り上げを見込む。

## ○ 競合が想定される他社の開発動向とそれに対する優位性

内視鏡画像診断支援システムに類似するものとして、超拡大内視鏡に限定した大腸腫瘍診断、大腸腫瘍の拾い上げ、大腸内視鏡病変検出・鑑別診断サポートなどの開発が進められている。

超拡大内視鏡に限定した大腸腫瘍診断は、2018 年 12 月 6 日付で医薬品医療機器等法にもとづく製造販売承認を取得するなど、すでに実用化のレベルに達しているが、適用範囲が大腸の超拡大内視鏡（現時点ではほとんど普及していない特殊な内視鏡）に限定されているため、当社のシステムに対する競合とはなりえない。

その他についても、仮に本事業に関する製品・サービスを競合企業が開発したとしても、過去に類を見ない 80 施設を超える協力研究体制、AI 開発で重要なデータ収集能力、世界で認められる AI 技術や医学エビデンスなど、他社に圧倒的な差を有していると考えられる。

#### 4-1-1-7. 異音検知 AI プラットフォーム開発

(実施先: Hmcomm 株式会社)

本研究の実用化・事業化については、中心に進めていく領域は、「小型モータ完成検査領域における、モータの異常検知」のサービス、および「インフラ・モニタリング領域における、機械室空間の異常検知」である。

この2つサービスについて国内をターゲットに PoC を開始し、並行して畜産領域、ヘルスケア領域の研究検証を継続し、2年目以降で PoC が開始できる状況を整える。

また、販売先については、弊社から顧客への直接販売に加えて、代理店による国内販売も行うこととしている。現時点においても代理店として枠組みを構築しているが、事業化スケジュールの進捗に応じて新たな代理店の開拓も進めることを検討している。

#### 4-1-1-8. テレグジスタンス技術を用いた小売・卸売・物流の業界横断的に利用可能な商品ハンドリングの自動化

(実施先: Telexistence 株式会社)

本研究の実用化・事業化については、バックヤード内で飲料補充業務を行うロボット(TX SCARA)の展開を目指す。具体的な導入先のコンビニエンスストアは日本国内だけで5万店舗以上あり、コンビニエンスストア本部へのアプローチをとおして、導入を目指す。また、製造・デプロイメント・保守メンテナンス等は、当社のリソースに加え、適切なパートナー企業との連携も検討する。なお、類似のロボットを展開する同業他社は現時点では確認できていない。

#### 4-1-1-9. 腸内環境情報を利用した生活習慣指導 AI の事業化を目指した開発事業

(実施先: 株式会社メタジェン、株式会社 MOLCURE)

本研究の実用化・事業化については、2022年度中を予定している。本研究の成果となる生活習慣指導 AI は、アンケートや健康診断、腸内環境データに基づき、肥満傾向の人に対して、その人の減量に適した「おすすめの行動」、並びに優先順位の低い「普段通りでいい行動」をランキング化して提案することが可能である。株式会社メタジェンが有する腸内環境評価技術、並びに株式会社 MOLCURE と共同開発した AI を活用することにより、個々人に適した減量ソリューションを提供可能である。

特定保健指導や健康経営、ジム、エステ、健診クリニック、代理店等が販売予定先であり、それぞれの事業領域に適した事業会社と連携し販路の開拓を行っていく。特定保健指導では、保健指導実施業者である国内大手損害保険会社との連携を進めている。同社を通じて各健保組合等へと販売を行っていく。健康経営やジム、エステ、健診クリニック、代理店等での販路では、健康経営優良法人や電力インフラ企業等との連携を進めており、開発した AI システムは腸内環境に基づく層別化ダイエットプラットフォームとして、株式会社メタジェンおよび株式会社

MOLCURE が直接エンドユーザーにサービスを提供するのではなく、B to B to C という事業形態で展開していく。

本事業では、エンドユーザーの「自分にあったヘルスケアソリューションが知りたい」という個別化ニーズをターゲットとしている。例えば、肥満の予防や減量・ダイエットを行う場合、運動や食事制限など様々な方法があるが、自分が痩せるために適した方法がわからないため、なかなか減量できず無駄な努力をしてしまっているケースが存在する。このような「自分の健康課題」と「ソリューション」のミスマッチによる健康効果の減少という課題の解決を行う。また本事業は、生活習慣病の予防による保険費・医療費の削減や労働力人口の減少抑制に寄与することから、国や地方自治体等における課題解決にもつながることが期待される。加えて、世界に目を向けると、2022 年における World Obesity Federation (WOF) による推計によると、世界の肥満成人人口は 2010 年において 5.1 億人(成人人口の 11.4%)であるが、今後有効な対策をとらなければ、2030 年までに 10.3 億人(成人人口の 17.5%)以上に増加すると予測されている。肥満は、心血管疾患や糖尿病、筋骨格障害、がん、生殖機能不全、感染症の重症化など、様々な疾患のリスク増加に繋がることが言われている。当研究成果の社会実装により増大する世界の肥満成人人口の減少、ひいては肥満に起因する多様な疾患のリスク低減につながることを期待される。これは SDGs17 の目標の内「3. すべての人に健康と福祉を」に貢献するものであり、社会的意義が大きいものと考えている。

売上見込みについて、特定保健指導の領域では、保健指導実施業者である国内大手損害保険会社と連携し、各健保組合等へと販売を行っていく。収益モデルとしては、AI の利用に係る販売費用で、1,000 円/検体を予定している。単価は小さいが原価も低いため、利益率は高くなっている。短期的に大きな収益にはならないことを予測しているが、利用者(健保)の拡大により長期的に見て安定的な収益性の高いビジネスになることを予測している。2025 年度では、8,000 人に提供し、8,000(千円)の売上高を見込んでいる。翌年度以降、10 万人程度までは毎年 2 倍の成長率を目指していく。健康経営やジム、エステ、健診クリニック、代理店等での販路では、検査を含めたパッケージとして、20,000 円/検体を予定している。単価は大きい原価も高いため、利益率は低くなっている。健康経営優良法人との連携を中心として、徐々に販路を拡大し収益を高めしていく方針としている。2025 年度では、7,500 人に提供し、150,000(千円)の売上高を見込んでいる。翌年度以降、10 万人程度までは毎年 1.5 倍程度の成長率を目指していく。

また、株式会社メタジェンでは、2020 年に海外子会社「メタジェンシンガポール」を設立しており、同社をハブに東南アジアへの本事業成果の展開を予定している。同時に、株式会社 MOLCURE では、年 5 回以上の国際ビジネスマッチングカンファレンスに参加しており、今後も海外展開パートナーとの提携を推進していく予定である。新型コロナウイルス感染症の収束状況にも依存するが、2025 年には海外での収益化を図りたいと考えている。東南アジアは近年、食の欧米化に伴い肥満などの生活習慣病が増加している。特にマレーシアは男女両方において人口の 64%以上が肥満もしくは過体重であり(WHO, 2019)、それに起因して糖尿病患者が増加している。このような社会背景もあることから、本事業成果のニーズ、並びに海外展開を行うことの社会的意義は大きいものと考えている。



#### 4-1-1-10. 医療情報を横断的に統合した診療支援AIシステムの開発

(実施先:株式会社プレシジョン)

##### 1) コロナ対策問診診療支援/多言語版

すでに実用化され、東京都が購入。今後、保健所、他の都道府県に展開をしていく。今後の課題は、HER-SYS 連携と、感染症法の報告義務との連携。4年後のビジネス規模は2億円程度。

##### 2) 電子カルテ連携 AI 問診票

富士通のパッケージとしての販売を今年から開始。現在、契約書締結。来年度の予算で名古屋医療センターは購入予定。課題は特になし。今後パッケージ内容を充実させてビジネスモデルを拡大。4年後のビジネス規模は20~100億円程度。

##### 3) 症例検索エンジン連携 AI 問診票/用語集

2022年度内に商品化予定。4年後のビジネス規模は5億円程度。

##### 4) 海外戦略

まずはインドネシアでブランドを確立し、その後米国へ進出・想定していなかった、新型コロナウイルス感染症により、医療のデジタル化は進み、私達の用意していたものはそこを埋めることができた

#### 4-1-1-11. AI 及び IoT デバイスを活用した獣医療エビデンスデータプラットフォーム開発

(実施先:株式会社トレッタキャッツ)

国内市場では、2021年11月頃より潜在顧客へのインタビューや、価格調査等のマーケティングリサーチを行い、2022年春以降実行するフェーズに入った。具体的には4月に北海道エリアでのテレビコマーシャルの放映を実施した。この取り組みにより、これまでネットを通じてしかアクセス出来なかった潜在顧客以外にも認知を広げるきっかけになるものと考えている。一方、従来採ってきたウェブ経由中心のマーケティング活動も使用する媒体を変更するなどを行い、拡販活動に力を入れていく。

米国市場では、本プロジェクトの参加者に対して、ユーザー自身や飼い猫の嗜好・行動、製品やサービスに関するアンケートを3回実施した。これらを通して、当社猫トイレを販売する上で特徴として強調すべき部分と改善・改良すべき点が明らかとなった。課題解決のためには先行投資と開発期間が必要であるため、その費用を算出するとともに各案をより具体的にデザインしたのち費用と効果を見て判断を行う必要がある。トイレ本体に先行して猫砂と尿吸収シートを2022年の4月から5月末までテスト販売した。本プロジェクトを通して製品の製造現場から米国倉庫への輸送、そして米国倉庫から各家庭への送付フローを確立したが、これをもとに販売用消耗品の

国際輸送方法を選択し、販売価格をコスト計算により決定した。米国では実質上返品を認める必要がある点が日本とは異なり、この点について知見がない。トイレ本体販売前に消耗品を通して返品に対するカスタマー対応や運送会社との連携を練習することは、本体価格や送料が高額なトイレ本体販売時にトラブルと損失を最大限に防ぐことに役立つと考えた。トイレ本体の販売では個人動物病院やアニマルシェルターとの連携が販売数増加のキーとなると考えている。本プロジェクトを通して製品を体験し、勤務先の動物病院やアニマルシェルターでの当製品の販売や紹介、パンフレットの設置に興味があると答えたユーザーがタッチポイントとなるだろう。米国ではアニマルシェルターから猫を入手する人が多いため、新規に猫を飼い始めた人へアクセスするためには非常に有効な方法であると考えられる。さらに、シェルターとの連携は、シェルターへ販売手数料を還元すること運営を助ける資金となるとともに、間接的に猫を救う手助けができる。また、アニマルコントロールにかかる費用を減らすことができることから、社会的意義が大きい。

## 4-1-2. 研究開発項目② 業界共用データ基盤の開発

### 4-1-2-1. 運輸データオープンプラットフォーム構想(MOVOプラットフォーム構想)

(実施先:株式会社 Hacobu)

本事業において開発したプラットフォーム及びアプリケーションは、それぞれプラットフォームビジネス、アプリケーションビジネスとして事業化を進める。プラットフォームビジネスは、API による外部アプリケーション接続やデータ利用を通じて事業化を目指す。但し、プラットフォームビジネスは事業連携等の中長期の事業開発やその他先行投資が必要となるため、早期の収益化は見込んでいない。

アプリケーションビジネスは、運送事業者や倉庫事業者、卸事業者、荷主事業者等の物流に関わる事業者をユーザとして、開発した各種アプリケーションの利用料を軸に収益を得る見込みである。アプリケーションビジネスは、早期に事業化を行い、事業終了後5年の収益の核とする。

アプリケーションの中でも、トラック予約受付・動態管理アプリケーションは各種メディアでの調査・記事等で取り上げられることも多く、関心度の高いサービスとして物流業界において既に広く認知されている。またこれまでの物流システムで主流であったパッケージ型アプリケーションとは異なりクラウド型アプリケーションで、大きな導入費用はかからず月額数万円から利用できるサービスとして価格優位性も高い。さらに、複数のアプリケーションを利用し、シームレスかつ統合的な物流業務を実行できることは、市場のクラウド型アプリケーションにおいては稀有な特徴と言える。これらの認知度と市場優位性をベースとして、今後は営業人員の強化や各種販売施策・マーケティングの強化に更なるリソースを投下し、更なるユーザの獲得を狙うと同時に、アプリケーションビジネス全体の事業収支について早期の黒字化を目指す。

実用化・事業化にあたっては、大きく以下の3つの課題が想定される。①プラットフォーム・アプリケーションによって提供されるサービスのユーザへの普及が進まない、②変化の激しい物流業界におけるユーザのニーズに応え続けることができない、③物流情報プラットフォームとしてデータの各種規制に対応できない。それらの課題に対し、以下の施策を実行する体制を構築し事業を推進する。①は営業・マーケティングへのリソース投下、②は導入後のユーザをサポートするカスタマーサクセス人員の強化と変化するニーズに応える機能開発を行うエンジニアのリソース投下、③当社独自のデータガバナンスガイドラインの規程と専門家レビューによる定期的な見直し。

本事業において開発したプラットフォーム・アプリケーションが物流業界に幅広く普及することで、車両待機削減や稼働率の向上といった個社個別の課題解消だけでなく、ドライバー不足をはじめとする物流クライシスと呼ばれる物流業界全体の課題解決にもつながる。またプラットフォームの普及により各事業者での物流DXが加速化されることで、更なる生産性の向上やデータ活用による新たな物流サービスの創出といった効果も期待される。

#### 4-1-2-2. 厨房機器共通 IoT プラットフォームの開発

(実施先: 一般社団法人日本エレクトロヒートセンター)

本研究の実用化・事業化については次の通り事業化済である。

##### ○ 企業化

- ① 今般、研究開発した業務用厨房機器共通 IoT プラットフォームを「インターネット オブ キッチン プラットフォーム」(以下、IoK-PF)として商標登録出願し、登録済である。
- ② 本研究開発で得られた成果物は業務用厨房分野の発展を目的としていることから、一般社団法人日本エレクトロヒートセンターはIoK-PF運営費用を運営会費収入から拠出し、余剰金が発生した場合は開発連携会社へ返還する会則ならびに会費規程を整備・運用している。なお、今後運営返還金が連携会社により拠出した金額よりも上回ることが判明した場合は、企業化を検討していく。

##### ○ サービス内容

- ① HACCPに基づく温度データや厨房機器の運転データ等を集中管理装置で一旦収集し、そのデータを集中管理装置からクラウドに上げて保管するサービス。
- ② クラウドに蓄積されたデータについては、自由競争領域としてマーケットプレイス事業者が参画し、データの活用ニーズがある厨房機器メーカーや食品事業者へ提供していくサービスを展開。

#### 4-1-2-3. 設備情報活用プラットフォーム開発

(実施先: 旭化成株式会社)

本研究の実用化・事業化については以下各項の通り考えている。

##### 1) 研究開発成果の産業界における具体的利用の形態・様式

現状では、開発した CUI 等の発生予測モデルをソフト化し、クラウド上のプラットフォームを介して顧客企業に活用いただく SaaS による事業を考えている。顧客企業としては、主に化学設備を所有するオーナー会社を主に考えているが、設備管理を請け負うエンジニアリング会社や検査業務を請け負う非破壊検査会社も顧客となる可能性があると考えている。

顧客は、コンソシアム方式で会費を支払いいただき、プラットフォームにアクセスしてもらいモデルと活用することを想定している。

##### 2) 市場やユーザーのニーズに合致しているか、売上見込み、競合技術に対する優位性、効果

CUI、ESCC および CUPS の外面腐食は、高経年化した設備を保有する化学会社での共通性の高い損傷現象であり、またその検査、補修には多くの場合に足場施工が必要となり多大な費用を費やしている。その額は、日本の石油精製、石油化学等の化学会社で低く見積もっても年間百億円を超えると想定されている。その検査費用の削減のためには、その発生を精度良く予測することが有効である。

本検討では、設備の設計、使用条件から、CUI等の発生可能性の定量的評価サービスを提供するものである。また、これまでの検討で、これまで公開されていた方法(API581等)と比較して、本開発モデルは高精度に予測できることも実証されている。

これらのモデルを適切に検査等の設備管理に活用することにより、検査費用の削減と検査効率(的中率)の向上が期待される。実際の検査結果の試算では、CUI予測モデルを適用することにより、1割以上の検査費用削減が推定された。

2022年度より化学会社8社でコンソシアムを結成し、モデルの検査への活用を検討している。それが進み各社でモデルを適用した場合の検査費用削減や検査効率向上の効果が検証されれば、更に各社でのモデル適用が拡大することが期待される。

### 3) 実用化に向けた課題と今後の方針

CUI等の予測モデルを実際の検査に適用し、検査費用削減や検査効率向上に関する実績データを収集することが重要である。また、モデル適用をより簡便にして、適用を容易にすることも必要と考える。

また、予測モデルの診断精度向上のためには、継続的なCUI等の検査データと関連設備情報の収集と蓄積が必要である。

これらをコンソシアムの中で賛同を得つつ、実績情報や検査情報等の収集を進めていくことを考えている。

モデル適用による検査費用削減等の実績データが収集し、それをコンソシアム以外の会社にも公開し、モデル適用の拡大を図る予定である。

### 4) 実用化・事業化までのシナリオおよび具体的取組

以下のステップと対応項目を考えている。

#### ①CUI等のモデル改良継続

・検査結果等データ蓄積、推定精度向上、簡易入力化等

#### ②コンソシアム各社でのモデル適用とその評価

・従来法との比較、検査費用削減もしくは検査効率向上の検証

#### ③コンソシアム各社でのモデル適用普及

・各社での適用普及範囲の情報把握

#### ④コンソシアム以外各社へのモデル適用実績の紹介

・適用可能性のある会社の把握、広報内容や手段明確化

#### ⑤コンソシアム以外各社でのモデル適用と普及

### 5) 波及効果

本開発モデルがCUI等の検査に適用されることで、設備管理へのリスク評価適用の普及が進展し、設備信頼性の向上が期待される。

また、本開発モデルが普及すれば、検査結果や関連設備情報の有効活用が実証されたことになり、その他の検査結果等の設備データの設備管理への活用が進むことが期待される。

#### 4-1-2-4. 倉庫運営プラットフォームの開発

(実施先: Rapyuta Robotics 株式会社)

本研究の実用化・事業化については、ピッキングアシストロボット等のハードウェアを制御する ROS2 規格対応の倉庫運営プラットフォームを想定している。

##### 市場規模及び課題

グローバルの物流倉庫における、ピッキングアシストロボットのマーケットサイズは、9,000 億円と見積もっている。EC マーケットは、2016 年以降毎年 5%以上ずつ増加していて、コロナウイルスパンデミックにより実店舗での購買から EC での購買にシフトしたため、EC マーケットは今後もさらに伸び続けると見込んでいる。

しかしながら、日本をはじめ、先進国では少子高齢化が進み、物流倉庫では労働力不足の懸念があり、物流会社の利益を出すために作業効率の向上が求められている。

上記の課題を解決するために、自動倉庫設備の導入が考えられるが、初期投資が非常に大きく、一度導入すると変更ができないため、荷主との契約期間が短いと、投資を回収することが難しい。

##### 競合との比較

ピッキングアシストロボットのプロバイダーの競合において、それぞれ日本における実績は 2 社ずつであるのに対して、当社は、現状のプラットフォームでも、7 拠点を稼働 (PoC を含む) した実績がある。

##### 実用化に向けた課題

本事業で開発したソフトウェアを、顧客が使用しても問題なく機能するレベルまで、作り込む必要がある。

##### 今後

本事業の成果に基づき、ROS2 規格対応、倉庫管理システムとの連携の簡易化が達成され、現状よりも、高性能な倉庫運営プラットフォームを、様々な倉庫管理システムと連携して、より簡易に利用することができるようになれば、日本をはじめ多くの国の倉庫で、倉庫運営プラットフォームが活用され、ロボットの導入が進むと期待できる。

ロボットの導入により、少子高齢化による労働力不足問題を解決することができ、またヒトはより高度な課題の解決に取り組むことが可能になる。

日本において、倉庫運営プラットフォームの導入を進めた後、米国や欧州にも導入を進めていく予定である。

#### 4-1-2-5. サプライチェーン組換えや全体最適評価可能な原価企画／見積シミュレーション開発事業

(実施先: ビジネスエンジニアリング株式会社)

本研究の実用化・事業化については、研究開発の成果を、工程間データ連携システム (mcframe PLM EM-Bridge) と連携可能な原価企画/見積シミュレーション評価機能ユニットを生産販売原価統合パッケージ mcframe 7 に組み込み、既存技術とブランド、販売チャネルを活用して事業展開を行う。製品名称を mcframe 7 PCM 予算策定シミュレーションオプションとする。また、mcframe 製品ファミリーによる標準連携提供だけでなく、各社既存の関連システム等との連携を行うエコシステムとしての単品提供の2通りの導入展開を行う。該当製品は、mcframe 製品ファミリーとして、mcframe ビジネスパートナーを通じて、既存ユーザー様および新規ユーザー様に対して、販売導入を行う。既存の mcframe 顧客基盤ならびに既存の mcframe 販売網を活かした導入展開を図る。

なお、mcframe の累計導入社数(会計のみの導入を除く)は製造業中心に 880 社(国内 680 社)を越えており、mcframe ビジネスパートナーは 45 社(国内 35 社)存在する。mcframe 製品はビジネスパートナーを通じて販売導入を行っており、2022 年 2 月に製品化を行い、2022 年 3 月に mcframe ビジネスパートナーへの新製品説明会を開催するとともに、mcframe 製品のモジュールオプションとして提供開始している。

今後の課題として、よりコンパクトな構成での提供ができるようにしてさらなる普及促進を図ることと、多属性計算・分析による評価バリエーションの拡張があげられる。特に、多属性計算・分析では、製品および事業全体の取引通貨別の原価データ化により製品や事業の各通貨別のインパクトを直接評価できるようにするとともに、二酸化炭素などの温室効果ガス排出量シミュレーション(サプライチェーン排出量の見える化と分析評価)への応用展開も期待できる。

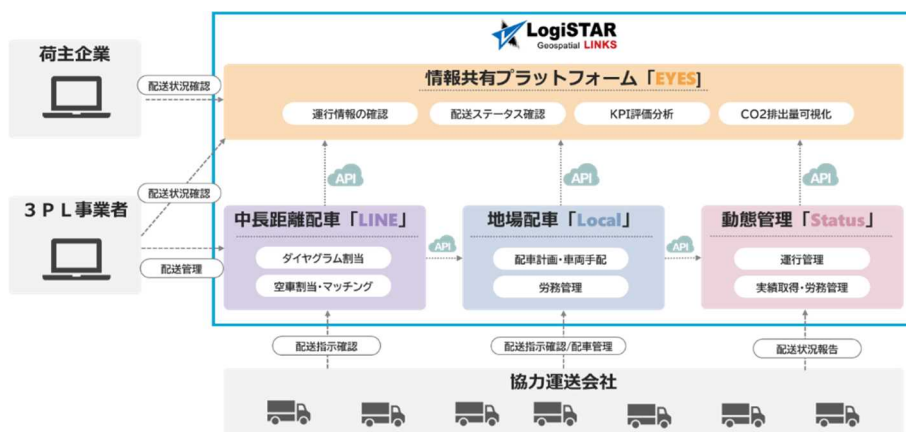
#### 4-1-2-6. 『一気通貫型』輸配送管理システム(TMS)プラットフォームの構築

(実施先: 株式会社パスコ)

本研究の実用化・事業化については、『荷主』、『3PL』、『運送事業者』が1SCM 内で輸配送状況を共有でき、継続的に効果を出し続けられるサブスクリプション型クラウドサービスとして、本事業期間終了後の 2022 年 5 月に「LogiSTAR Geospatial LINKS」をリリースした。「LogiSTAR Geospatial LINKS」は5つのサービス「Line(中長距離の幹線輸送の配車支援)」「Local(ラストワンマイルまでの地場輸配送の配車支援)」「Eyes(関係者の迅速な情報共有と分析のための情報共有プラットフォーム)」「Status(ドライバーや車両の運行管理サービス)」「Brain(配車計算エンジン)」で構成され、各 SCM で必要となるサービスを組み合わせることが出来る。

販売先候補は多岐にわたり、幹線のみ、幹線+地場、地場のみの荷主や 3PL 会社、または運送業を目論む。その中でも以下の観点に該当する業界を主要ターゲットとして見込んでいる。

- ・受注生産型: 住設、建材、家具、什器、複合機、化学、精密機器メーカー
- ・在庫型、EC、レンタル: 飲料、食品、冷食、日用品、医療機器、重機



サブスクリプション方式による売上拡大を見込んでおり、これに向けて、既存取引企業 200 社からのアップセルや展示会・セミナー（適宜）によるインサイドマーケティングによる販売経路拡販を行う。SCM の輸送全体を繋ぐことによる輸送効率向上を目的としていることから、SCM 単位（1SCM=5 社程度見込む単位）の契約方式を採用することで、乗り遅れによる機会損をなくすための加入企業を増やす。

#### 4-1-2-7. タイムベース戦略型サイバー・フィジカル・システムの開発 （実施先: ロボコム・アンド・エフエイコム株式会社）

本事業実施により、弊社南相馬工場は『自動化設備を含む製造業 DX のショーベース』の位置づけから、「早期見積提示」「短納期納品」による開発計画期間の短縮、「価格低減」による開発費用の削減、の双方を解決する、上位系システム連動による自動生産システムを体験できる『タイムベース戦略型サイバー・フィジカル・システムを体感いただけるショーベース』へと飛躍することが出来た。弊社は随時、HP 等から顧客の皆様の工場見学を受け入れているが、この見学ルートに『タイムベース戦略型サイバー・フィジカル・システム』の紹介スポットを追加し、『AI 見積システム』、『高性能 PLM システム』、『製造計画シミュレーションシステム』、『稼働監視システム』、『製造自動化システム』、それぞれの完成成果物を大型モニター画面等で確認いただき、そのシステム・API 連携のポイントとその効果、開発時の苦労した点について情報発信をしていく。特に開発に苦労した点・開発途上の点については、現状の顧客の解決したい難課題と直結をしており、情報発信の傍ら現状ヒアリングにも注力し、課題解決のアイデアをいただき、協業の可能性につき議論する等、単純な商品紹介・販売に留まらない様に工夫を凝らしていく。

販売計画については、システム導入1件につき 3,000 万円程度での販売を予定している。想定単価については、日本政策金融公庫発行の「第 122 回 中小製造業設備投資動向調査-2019 年度実績・2020 年度当初計画(4 月調査)-」を参考にしている。同調査によると、2019 年度の中小製造業 8,967 社の合計設備投資額は約 2.039 兆円となっており、1 社あたりの平均



設備投資額は約 2.27 億円程度と算出される。加えて、同調査では設備投資目的のうち「省力化・合理化」の割合が 16.2%となった。1 社の平均設備投資額(2.27 億円)と「省力化・合理化」目的の割合(16.2%)の積である約 3,600 万円と、一般的な工場向け生産管理システムの相場(約 2,500~4,000 万円)を勘案し、上記価格を設定した。「タイムベース戦略型サイバー・フィジカル・システム(CPS)」パッケージの外販 1~2 年目(2023~2024 年度)は、Team Cross FA(チームクロスエフエー)参画企業各社への販売を行う。外販 3 年目(2025 年度)は、前年(2024 年度)にロボットパッケージを納品する 36 社の半数強への販売を見込む。その後、順調に販売を拡大していく計画である。売上件数は 2023 年度中に 2 件、2027 年度までに合計 104 件の成約を目指す。

見積作成から納品までを人の手を介さず全自動化する「タイムベース戦略型サイバー・フィジカル・システム(CPS)」パッケージは、人件費の大幅な削減を可能にし、ヒューマンエラーによって発生するコストも解消される。製品は約 3,000 万円と決して安価ではないが、事業規模によっては削減できるコストだけで数年程度での回収が可能な投資金額である。加えて、短納期・省力化による生産性の大幅な向上が見込まれ、大幅な増収・増益が実現される可能性も高い。例えば、売上高 1 億円の中小企業が本システム導入により、売上高 50%増・人件費 5%削減・営業利益率が 10%から 15%に増加した場合、営業利益は約 1,150 万円増加となり、3 年目で投資金額 3,000 万円を回収することができる。正確な見積が 1 時間以内に作成され、3 日以内に製品が届く本サービスは、従前の製造業における時間感覚を破壊し、新たな業界標準を創り上げるために必要不可欠なものであり、地域一丸となって普及に努めるものである。

#### 4-1-2-8. 製造工程間でのシームレスな連携を実現する 3D デジタルデータ連携ツール開発 (実施先:ラティス・テクノロジー株式会社)

本研究の実用化・事業化については既存製品への機能追加(バージョンアップ版)並びに新製品のリリースという形で進める計画である。各研究開発項目の事業化計画は以下の通り。

##### ・デジタル擦り合わせを実現する XVL VR 技術開発

既存製品である「XVL Studio シリーズ」のオプション製品のバージョンアップ版として製品化する。MR 機能を除いた部分については 2022 年 4 月にリリース済。MR 機能については、自社開発を継続して 2022 年 10 月に機能追加(バージョンアップ)を行う計画である。また、海外向けには、2022 年 6 月と 2023 年 1 月に英語版をリリースする計画である。

##### ・設計と製造のデジタル連携を強化するための 3D 図面機能

既存製品である XVL Convertor シリーズのバージョンアップ版として製品化する。2022 年 10 月にリリースする計画である。日本語版と英語版の両方を同時にリリースする。

##### ・現場力をデジタルで引き出すための XVL AR 技術

既存製品である「XVL Web3D Manager」の新規オプションとして製品化する予定。2023年4月にリリースする計画である。英語版のリリース計画は未定。

・現場の属人的なノウハウを体系化するための SDK 開発

XVL Studio Pro のオプション製品として製品化する。2022年4月にリリース済。以降、半年毎にバージョンアップを行う。英語版のリリース計画は未定。

それぞれの製品で販売(予定)価格は異なるが、2022年度で1.5億円、2025年度で3.8億円の売り上げを見込んでいる。4年間で2.5倍程度の売り上げ増を想定している。

対象となるユーザは、自動車、重工業、産業機械、造船、建機などの製造業であるがこれらの産業への効果として以下の項目が想定される。

・設計段階での製造部門とのデジタル擦り合わせによる効果

VRシステムは、エンターテインメント領域を中心に活用・導入が進んできたが、製造業での実用業務への適用は機能・性能面の制約から浸透していない。今回の開発により製造業の大容量3Dデータを現場作業者が検証できる環境が提供出来るようになり、設計段階での現場作業者の組立検証などにより、試作や製造段階で発生する設計不具合を事前に回避することができ、不具合により発生する仕損費(後戻り工数、再製作費)を大きく削減することが期待できる。

・3D 単独図面流通をサポートする効果

国内製造業では長く2D(紙)図面+3Dデータ(参考情報)でものづくりがなされてきたが、産業界(JAMA, JEITA など)での3D図面標準化活動を経て2D(紙)図面廃止の方針を打ち出す企業が徐々に増えてきた。設計段階で使用する3D-CADシステムは3D図面を作成する機能が整備されてきたが、生産技術や製造といった後工程でこれをサポートする製品は実用化されていないのが現状である。今回の研究開発で3D図面に含まれるセマンティックPMI情報を取り込んだDMU(Digital Mock-Up)が製造現場へ提供可能となれば3D単独図面でのものづくりをサポート可能となり2D図面廃止の動きを加速することが期待できる。

・製造現場での AR 技術活用

3Dによるものづくりを進めるためには製造現場で紙図面と紙の手順書を使った従来の作業から、デジタル化された図面と手順書による作業に置き換わっていく必要がある。これをサポートするためにはAR技術の実用化が急務であり今回の研究開発結果をさらに発展させて製造現場で実用性のあるARシステムの製品化を進めていく必要がある。

実用化への課題は、製品だけでなく製造設備まで含めた大容量データの取り扱い、製造者に負担とならないスマートグラスでの利用や簡便なユーザインタフェースの提供である。これらの課題について、今回の研究開発結果をベースにさらに開発を進めていく計画である。

・SDKによる現場作業者のノウハウの体系化による効果

製造現場は各企業に固有の環境があり、標準のITツールの組み合わせだけでは最適な効率化が図れないことが多い。ツールのカスタマイズは、ツールベンダへの委託や社内の専門家による作業が必須であり、適宜改良を行っていくことが難しい。今回開発したSDKは現場作業員レベルでのカスタマイズを可能とするものであり、現場での効率化ノウハウを適宜IT化していくことが可能となる。

#### 4-1-2-9. SURUGA Cyber Physical Systemsによるサプライチェーン強靱化の実現

(実施先: 駿河精機株式会社)

本事業で開発するCPS機能強化とECプラットフォーム活用対象は、弊社既存事業である精密位置決め製品の生産・販売の効率化を図るものである。

販売予定先(顧客)は特に制約を設けておらず、国内外の精密位置決めニーズのある顧客に対し、既存製品を主に、自社ECサイトからの直接販売を予定。状況により、他社サービスや商社との連携も検討していく。

主要顧客である生産設備・検査装置メーカーはエンドユーザーから生産ラインの垂直立上げを要求され、生産対象製品が多種多様化し、設計・生産LTの短縮が大きな課題となっており、要求仕様製品を標準品の納期で提供することは、顧客の設計・生産LT短縮に大きく貢献する。

短納期、安定供給は、顧客の調整作業の削減、短縮にも寄与し、省エネ効果、CO2削減等への貢献も見込めるものと想定される。

実用化に向けてはコロナ禍の影響もあり、想定通りに立上げ・運用が進められていない工程に対しての継続立上げ及び、調整を継続することで、基盤システムの強化を図りつつ、段階的開放により運用を開始する。

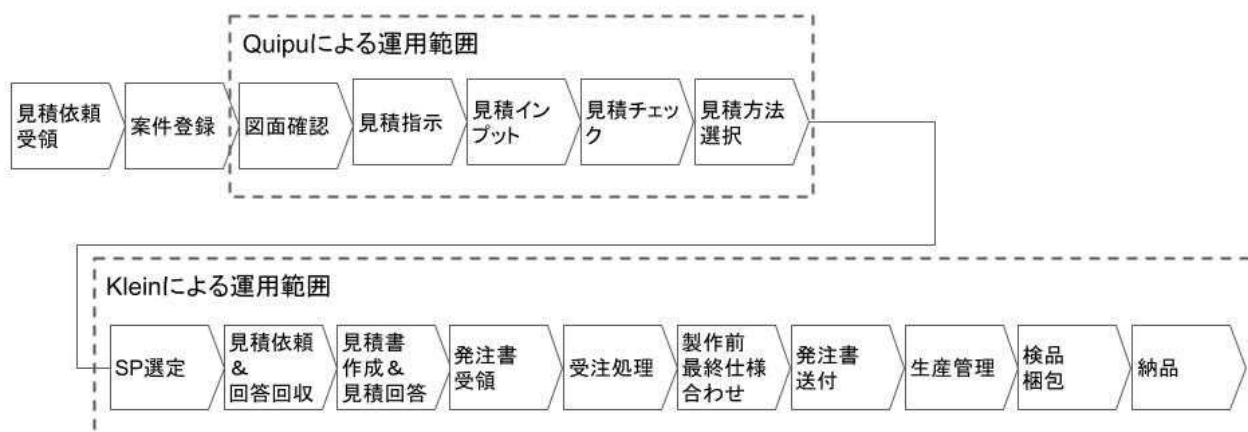
#### 4-1-2-10. 特注加工品製造領域における最適受発注マッチングプラットフォームの開発

(実施先: キャディ株式会社)

当該研究開発成果は、これ単体での事業化を目論むものではなく、弊社が当該システムを用いたオペレーションを行うことで実用し、少量多品種領域におけるサプライチェーンの強靱化とコスト削減に寄与するものである。

以下に、弊社オペレーションにおける実際のQuipu/Kleinの実用状況を図示する。

## キャディの受発注オペレーション概要



現時点で実用化は完了しており、実用化についての課題は日々の改善活動によって解決しうる範疇であり、今後は事業拡大に伴う継続的な改善活動を中心とした保守運用フェーズへと移行する。

### 4-1-2-11. 多品種少量生産向けオンデマンド・サプライチェーン・プラットフォームの開発 (実施先: 株式会社カブク)

事業終了後、着実に成果の企業化を進める予定である。34種類の加工形状における2D加工要件指定機能と2D加工原価見積機能を、バージョンアップにて既存システムに盛り込み、サービスの事業化を開始した。3D機能は、既存システムにバージョンアップのかたちで実装する予定であったが、より詳細な市場調査と投入タイミングを検討し実施する。その後、本予定技術を軸に加工方法や素材、ターゲット市場を拡大し、またパッケージとして他サービスと連携するなどして顧客セグメントを拡大展開する予定である。

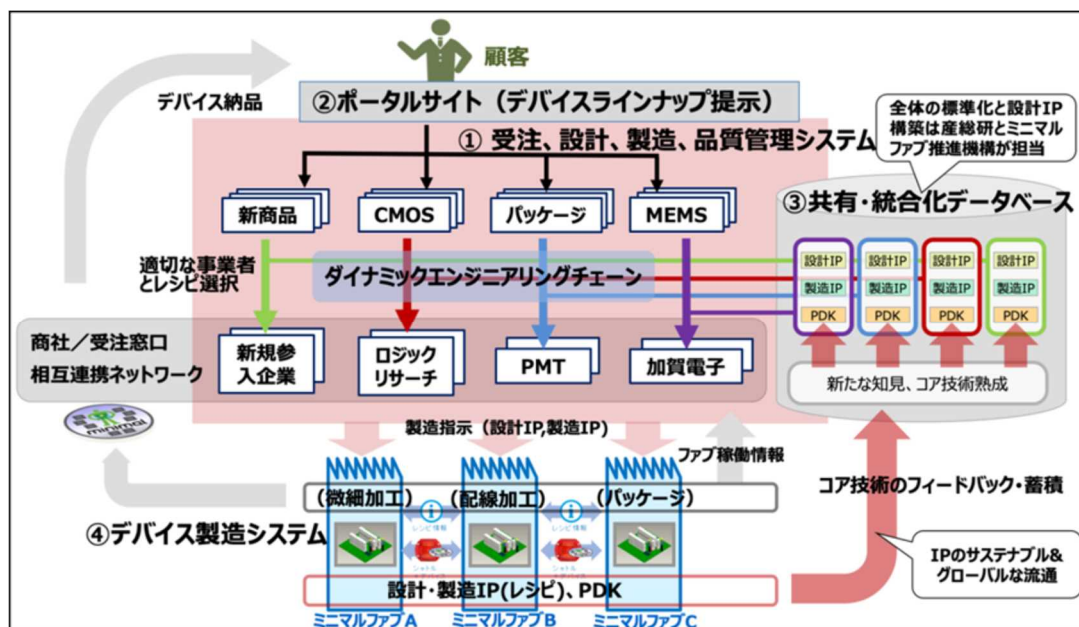
(販売予定先)

- ・ 特注設備機械を製造するメーカーおよび工場を想定。用途は、一品一様で標準化の難しい多品種少量生産の見積書作成、発注業務

#### 4-1-2-12. デバイス製造に関するダイナミックエンジニアリングチェーンの構築

(実施先: 株式会社ロジック・リサーチ)

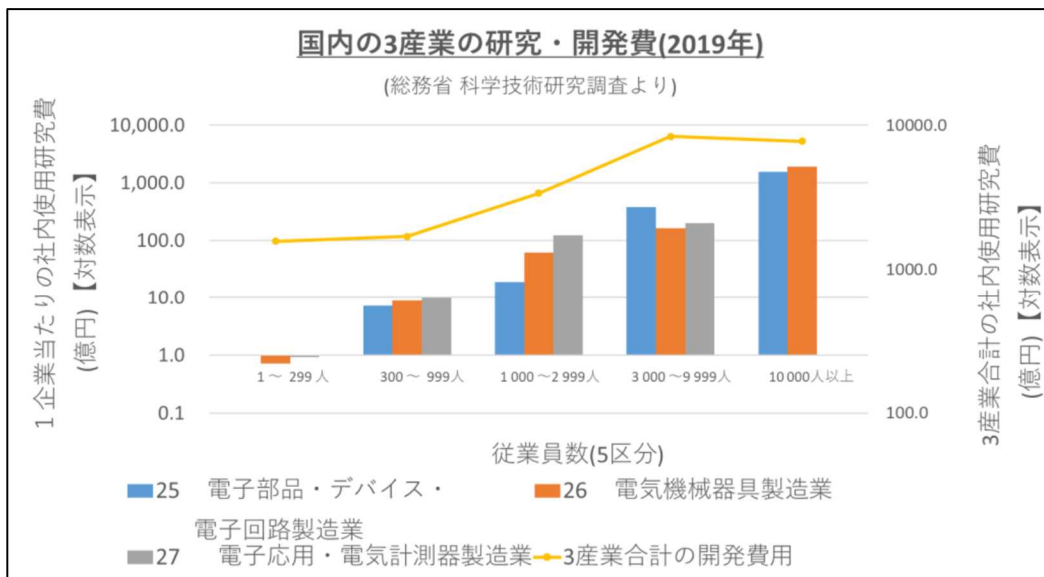
本研究成果は、多品種少量デバイスの製造に適した EC/SC システムを、ポータルサイトとして提供する。



多品種少量としては集積回路/MEMS/センサーなどの半導体デバイスが該当するが、流通実態としてユーザーの1回あたりの注文数が極めて少ない多品種少量品でありながら、その市場規模は全デバイス市場のおよそ4割と大きい。日本の半導体市場は43B(USドル)あるため、その4割として17B(USドル)の国内市場がある。

Fall 2021 Q4 Update	Amounts in US\$M			Year on Year Growth in %		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Americas	95,366	121,481	141,386	21.3	27.4	16.4
Europe	37,520	47,757	52,918	-5.8	27.3	10.8
Japan	36,471	43,687	47,928	1.3	19.8	9.7
Asia Pacific	271,032	342,967	371,291	5.1	26.5	8.3
<b>Total World - \$M</b>	<b>440,389</b>	<b>555,893</b>	<b>613,523</b>	<b>6.8</b>	<b>26.2</b>	<b>10.4</b>
Discrete Semiconductors	23,804	30,337	33,275	-0.3	27.4	9.7
Optoelectronics	40,397	43,404	46,844	-2.8	7.4	7.9
Sensors	14,962	19,149	22,442	10.7	28.0	17.2
Integrated Circuits	361,226	463,002	510,962	8.4	28.2	10.4
Analog	55,658	74,105	84,539	3.2	33.1	14.1
Micro	69,678	80,221	89,709	4.9	15.1	11.8
Logic	118,408	154,837	181,257	11.1	30.8	17.1
Memory	117,482	153,838	155,458	10.4	30.9	1.1
<b>Total Products - \$M</b>	<b>440,389</b>	<b>555,893</b>	<b>613,523</b>	<b>6.8</b>	<b>26.2</b>	<b>10.4</b>

また、国内企業従業員が100人未満のうち、電子デバイス開発を伴う3つの産業において、研究・開発費用は1社あたり10億円未満であるが企業数が約3000社もあるため、1社あたり1億円とした場合3つの産業全体として約3000億円の研究・開発の市場も見込める。



現時点で、ミニマルファブ同様に多品種少量生産に最適化されたファウンドリサービスは存在しない。そのため、単品種大量生産に最適された既存ファウンドリが競合となる。既存ファウンドリは、生産数と製造装置を全て大量生産に最適化しているため、多品種少量生産のように1回の製造だけでは開発費が回収できず、少量生産に不向きである。少量品を古い製造ラインで製造することで開発費を少なくすることも可能であるが、プロセスレシピは固定化されており、レシピのカスタマイズには多額の費用が必要である。さらに、既存ファウンドリでは設計データは他社ファウンドリと共通化されていないため、製造委託先の変更は不可能である。

デバイス製品の開発段階では、試作を何度も繰り返すため、ミニマルファブを使用することで、既存ファウンドリに対して開発期間を1/9に短縮することが可能となる。これにより顧客は製品の市場投入時期を早くすることができ、先行者利益を享受できる。また、製造プロセスのカスタマイズが必要な場合、既存ファウンドリの場合ではライン変更となるために、多額の費用が発生する。一方、ミニマルファブではもともとプロセスカスタマイズ可能な仕様であるため、簡単なパラメータ変更であれば、追加費用は発生しない。

項目	既存ファウンドリ (40nm) シャトル	既存ファウンドリ (0.5um)	ミニマルファブ (2um)
製造先の選定	1.00 ヲ月	1.00 ヲ月	0.25 ヲ月
デバイス製造期間	7.00 ヲ月	3.00 ヲ月	0.50 ヲ月
パッケージ期間	1.00 ヲ月	1.00 ヲ月	0.25 ヲ月
1回あたりのデバイス製造価格 (ファウンドリ指定プロセスを利用)	1千万円以上	2百万円程度	2百万円程度
1回あたりのデバイス製造価格 (プロセスをカスタマイズ)	数百億円程度	数千万円程度	同上

1回あたりのデバイス製造期間とデバイス製造費用(10個以下)

ポータルシステムはすでに稼働中のため、ミニマルファブ装置を使用した製造委託先の確保と、ミニマルファブ設計ルール(PDK)の拡充が必要となる。

製造委託先としては、産業技術総合研究所様(臨海副都心センター)にて提供される MOS トランジスタのファブトライアルを、ポータルシステムから利用できるように調整を進めている。また、設計ルール(PDK)も、産業技術総合研究所様と協力して開発を実施している。

#### 4-1-2-13. 3D システム間のデータ連携の円滑化とシミュレーション技術の活用促進 (実施先: 株式会社コアコンセプト・テクノロジー)

##### 【研究開発成果の産業界における具体的利用の形態・様式】

##### (1)基本事業における実用化・事業化

基本事業である拡張ポリゴンデータによる 3DCAD/CAM 及び CG ソフトウェアによる金型設計機能のシステムとしての販売は超精密加工をターゲットとして汎用的な 3DCAM が最適な選択にならないユーザを対象とし、SDK を利用したカスタマイズにて顧客支援する形で臨む予定である。2022 年度は金型加工外注先である株式会社岐阜多田精機および碌々産業株式会社において本システムの有効性の確認、必要に応じて機能強化を行う。2023 年度以降、本システムの外販により売上 4000 万円/年を目指す。

売上 4000 万円を達成した後、SDK のサブスクリプションサービス展開、クラウドサービス展開に力を入れ、販売額を上げていく計画である。これらのサービス展開のマーケティング・プロモーション構築のためにもまずはカスタマイズ需要を積極的に取込む方針である。

表 2-13-1. 基本事業の売上見通し(単位:百万円)

年度	売上	コスト	投資	営業利益	営業利益率
2023	72	58	12	14	19%
2024	120	82.5	46	37.5	31%
2025	192	131	56	61	32%
2026	310	215.5	68	94.5	30%
2027	487	300	80	187	38%

売上見通し設定の考え方について、サービスごとに述べる。

##### (i)カスタマイズサービス

販売単価及び数量についてはマーケットサイズが 500 億円という試算をしていることから、5 億円程度までは既存顧客、展示会、Webなどのリードから確保できる見込みである。

表 2-13-2. カスタマイズサービスの売上見通し(単位:百万円)

年度	社内リソース 時間	社内リソース 数	外部リソース 時間	外部リソース 数	リソース 外経費	リソース 外投資	コスト	投資	販売 単価	販売数 量	売上	利益額	利益率
2023	12	4	12	0	10	0	58	0	15	4	60	2	3%
2024	12	4	12	2	10	0	82	0	15	6	90	8	9%
2025	12	5	12	4	10	0	118	0	15	9	135	17	13%
2026	12	6	12	7	10	0	166	0	15	13.5	202.5	36.5	18%
2027	12	7	12	12	10	0	238	0	15	20.25	303.75	65.65	22%

(ii)サブスクリプションサービス

サブスクリプションサービスはカスタマイズサービスと連動しており、カスタマイズサービスの契約が入ると自動的にサブスクリプション契約も行う形をとる。サブスクリプションサービスの投資コストとしては、社内開発リソース及び営業・マーケティングに投資されるのみであり、当事業の主たる営業利益の源泉となる。カスタマイズサービス同様、マーケットサイズが500億円であることから、1%にあたる5億円までは既存顧客、展示会、Webなどのリードから確保できる見込みである。

表 2-13-3. サブスクリプションサービスの売上見通し(単位:百万円)

年度	社内リソース 時間	社内リソース 数	外部リソース 時間	外部リソース 数	リソース 外経費	リソース 外投資	コスト	投資	販売 単価	販売数 量	売上	利益額	利益率
2023	12	1	12	0	0	0	0	12	3	4	12	12	100%
2024	12	2	12	0	0	10	0	34	3	10	30	30	100%
2025	12	2	12	0	0	10	0	34	3	19	57	57	100%
2026	12	2	12	2	0	10	24	34	3	32.5	97.5	73.5	75%
2027	12	2	12	2	0	10	24	34	3	52.75	158.25	134.25	85%

(iii)クラウドサービス

クラウドサービスの展開は2024年から開始する。最初はコスト・投資が先行する形となり、2027年までは利益を見込めない完全な投資領域である。機能強化を図り十分な機能を備えることで、Autodesk Fusion 360とのコラボレーションや、精密加工に特化したサービスとして成立させることで、6年後以降の第2の営業利益の源泉として位置付ける。



表 2-13-4. クラウドサービスの売上見通し(単位:百万円)

年度	社内リソース 人編	社内リソース 数	外注リソース 人編	外注リソース 数	ソフトウェア 開発費	ソフトウェア 開発費	コスト	投資	販売単 価	販売数 量	売上	利益額	利益率
2023	12	0	12	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	-
2024	12	1	12	0	0.5	0	0.5	12	0.1	0	0	-0.5	-
2025	12	1	12	1	1	10	13	22	0.1	0	0	-13	-
2026	12	2	12	2	1.5	10	25.5	34	0.1	100	10	-15.5	-155%
2027	12	3	12	3	2	10	38	46	0.1	250	25	-13	-52%

(2)追加事業－歯科医療分野への展開における実用化・事業化

まず国内の歯科技工所、歯科医院をターゲットに、CAD/CAM のソフトウェアサービスの展開を想定している。5年をかけて40%の歯科技工士へ届けることを目標とし、提供価格を売上増分15万円の5%と設定した場合、約12.6億円売り上げる売上計画を追加する。

売上計画は以下のとおりである。

表 2-13-5. 歯科医療分野の売上見通し(単位:百万円)

年度	ユーザ数	売上	固定費	投資	営業利益	営業利益率
2023	100	9	10	20	-21	-%
2024	300	27	20	30	-23	-%
2025	1,000	90	50	40	0	-%
2026	4,000	360	100	100	160	44%
2027	14,000	1,260	200	400	660	52%

売上げ見通しの設定と考え方について述べる。

セールスは大手歯科技工所や商社を対象としたアウトバウンドと、小規模歯科技工所を対象としたインバウンドの2本立てで進める。2年間はアウトバウンドセールスのみで、サービスの有効性確認、改善を重ねる。3年目以降、システムが十分に成熟した段階でインバウンドセールス展開、マーケティング、プロモーションへの投資を実施する。

CAD/CAM のクラウドサービス展開では対象マーケットが小さい。CAD/CAM の展開を切り口とし、歯科技工の BPO サービスや、歯科技工所のセンターラボ化などを進めることで、売上を上げていくオプションを検討している。

### 【市場やユーザのニーズ】

業種に限らず DX 化の波が押し寄せている。できる限りの業務をデジタル空間で行うことによって、IT 技術の活用を最大化して生産性の向上を図ることが企業の競争力や生き残りのための戦略である。

製造業においては図1に示すように、

- ①3D システム間のデータハイウェイを構築することが DX 化の大前提
- ②操作性の改善よりも自動化
- ③各種シミュレーションによって現実にかかることを事前に評価

という戦略により生産性向上・省人化・省エネルギーを達成できる方向にあり、この流れに合致する。

さらに、CG ソフトウェアでサポートすることでコストダウンにつながるが、最終的にはクラウドサービスによって必要な機能を必要な時に調達する方式がユーザにとっては合理的である。

このような横断的な仕組みを提供することによって他社のシステムとの差別化を図ることができる。

#### ( i ) 金型企業業界について

2019 年の日本金型工業会による統計によれば、

- ・生産高約 1 兆 3,602 億円
- ・事業所数約 6,700 事業所
- ・就労者約 85,700 人

となっていて、クラウドサービス化後は全社がユーザとしてターゲットになる。

#### ( ii ) 歯科技工業界について

2015 年厚生労働省の薬事工業生産動態統計調査によれば、

- ・技工料 1,520 億円
- ・歯科技工所約 20,000 所

となっている。同様にクラウドサービス化後は全技工所がユーザとしてターゲットとなる。

### 【実用化に向けた課題と今後の方針】

実用化に向けた課題と方針について、表形式で述べる。

表 2-13-6. 実用化に向けた課題と対応方針

システム名	課題	対応方針
自動化CAMシステム(仮称)	基本事業で開発した機能の実用化	基本事業の委託先である多田精機社および碌々産業様の評価と改善を継続する
	自動CAM機能	以下の開発で自動CAMを実現する。これらの機能は既に開発した機能を組み合わせて実現できる。 ①粗加工機能の開発 ②削り残り機能の開発 ③保護ソリッドの開発
	工程設計機能	純粋CSGモデルに対応したCAMの改造で対応が可能である。
	操作性改善	CGソフトウェアのGUI改善で対応する。
	クラウドサービス化	CGソフトウェアのGUIをWebシステムにすることでクラウドサービスに対応可能になる。
歯科用3Dシステム(仮称)	追加事業で開発した機能の実用化	東京医科歯科大学との共同研究によって評価と改善を行う。
	自動5軸CAM機能	自動CAMシステム機能の開発と同じ対応で可能になる。
	操作性改善	CGソフトウェアのGUI改善で対応する。
	クラウドサービス化	CGソフトウェアのGUIをWebシステムにすることでクラウドサービスに対応可能になる。

【実用化・事業化までのシナリオ】

実用化・事業化のスケジュールを以下に記載する。

表 2-13-7. 実用化・事業化のスケジュール

	2022	2023	2024	2025	2026	2027
自動化CAMシステム (仮称)	基本事業で開発した機能の実用化開発 → 自動CAM機能・工程設計機能・操作性改善 実用化		クラウドサービス提供のための機能開発 → クラウドサービス化		設計機能の開発 → ユーザ要望機能の開発 → 上流工程進出準備・ユーザ数の増加	
歯科用3Dシステム (仮称)	追加事業で開発した機能の実用化開発 → モデリング機能・自動5軸CAM機能・操作性改善 実用化		クラウドサービス提供のための機能開発 → クラウドサービス化		ユーザ要望機能の開発 → ユーザ数の増加	

【波及効果】

●事業の開発による効果

- ①拡張ポリゴンデータと純粋 CSG による新しい立体モデル表現方法による幾何計算誤差の解消

②処理アルゴリズムをベクトル計算からデジタル計算への置き換えによる安定化と並列化以上の改善によって3Dシステムの自動化を促進することができ、業務のDX化を推進することができる。

●クラウドサービス化による効果

3DシステムをWebで使用することができることによって、在宅勤務が可能となる。製造業や歯科技工業での働き方の変革を起こすことができる。

●操作性の改善および自動化機能の充実による効果

自動化機能や操作性の改善によって熟練者ではなくでも熟練者と同程度の仕事をこなすことができる。

#### 4-1-2-14. 「シミュレーション統合生産 SIM」のシステム構築と適用

(実施先: 株式会社レクサー・リサーチ、鴻池運輸株式会社、KPMG コンサルティング株式会社)

(株式会社レクサー・リサーチ)

本研究の実用化・事業化については、本開発成果をベースに、サプライチェーンの再構築やCPS化を進めてダイナミック・ケイパビリティを実現する製品やサービスを開発し、これを販売する事業を立ち上げる。当社が既に保有する生産シミュレーション技術や最適化エンジンを活用して生産工程をバーチャル化するとともに、シミュレーションのデータモデルを高度活用するためのプラットフォームを、本事業を通じて開発する。これを利用して業界向けの様々なアプリケーションを開発し、ビジネス化を進める。

狙う市場については、サプライチェーン、エンジニアリング・チェーンにおいては、EPR、PDM等のIT適用は「部分」に留まり、多くは人間系の活動で支えられている。この理由は、これらの領域では「相互干渉や多面性が存在し、人間系が関わって意思決定、調整すること」が必要であり、「確定的な業務機能支援型」のITでは対応が困難であるからである。我々は、シミュレーション統合生産コンセプトを具現化する製品パッケージ化することでこのITブルーオーシャンでのビジネスを立ち上げ、この領域でのユニコーンを目指す。

具体的には本事業の成果を元に開発されるCPSの販売を想定している。CPSパッケージにおいては、生産計画(スケジューリング)CPS、作業要員編成CPS、工程設計CPS、サプライチェーン設計CPS、営業支援CPS等、様々な用途に対するパッケージを準備して提供する。基本機能を提供するサーバと、ユーザライセンスの拡張に対する追加料金で販売価格が体系化されている。これに加えて、導入コンサルティングや導入支援サービス等を付帯させる。エンジニアリング・ツールはクラウド・サブスクリプション、サイバー・フィジカル基幹システムはパッケージ販売型で展開するが、それらは補完関係を持って機能連携しているので、カスタマー・エクスペリエンスを通じて相乗効果でマーケットが広がる。

クラウドサービスでは、エンジニアをサポートするナレッジ支援サービスや分析サービスを提供し、また、基幹システムでは戦略コンサルを併せて提供することで、市場拡大を推進する。

一方、この分野の専門家を集めた有識者会議の必要性を議論しており、これを創設して世界にメッセージ発信する。

(鴻池運輸株式会社)

本事業期間内で残存課題となっているユーザビリティ、および機能間のデータI/Fに関する機能について、社内での技術適応を進めることで、必要要件を明確化し、機能改善を進める。社内適応活動においては、当初の計画通り、随時展開先を増やし、2026年をめどに外部事業化判断を行う。具体的には、本事業にて開発したソリューションを弊社国内7事業所へ順次展開していく。この間は、開発時に構築した装置環境を弊社各事業所で試験利用してもらい、各事業所のノウハウをシステムに蓄積していく。これによりサービスの品質、性能向上を進める。この間に、ソリューションの必要機能開発をすべて完了させる。外部事業化判断後は、弊社各事業所への拡大と同時に国内中小企業をターゲットとして、対外的なサービス展開準備を進め、2027年度に対外サービス用のシステム環境を構築し、サービスを展開。初年度は50社へのサービス展開を目標とする。サービスはサブスクリプションによる定額制のサービス形態とすることで、定期的な収入を狙う。

### 4-1-3. 研究開発項目①+② 業界横断型 AIシステムと業界共用データ基盤の連携開発

#### 4-1-3-1. 自動走行用HDマップ整備の低コスト化などに係る外部連携システムとAIシステムの検討・開発

(実施先:ダイナミックマップ基盤株式会社)

##### (1) 研究開発を行う製品・サービス等の概要

自動走行・安全運転支援システムの実現に向け、中核を担う重要な要素として、静的情報・準静的情報・準動的情報・動的情報を組み込んだデジタル地図「ダイナミックマップ」の開発が位置づけられている。DMPは、自動走行・安全運転支援システムの高度化に貢献する高精度3次元地図データの整備提供ニーズに迅速に対応するため、国内の高速道路・自動車専用道路の地図データ整備を完了し、毎年新規開通、車線数増加に伴う地図データ整備を継続している。

また国内一般道路の整備及び北米データの地図提供などの事業拡大に向けて、本開発により、当社地図データにおける生成等工程短縮およびコストダウンへ向けた技術構築が可能となり、“より早く”・“より低コスト”に製品供給が可能となる。

販売予定先としては以下を想定している。

##### ① 高精度3次元地図

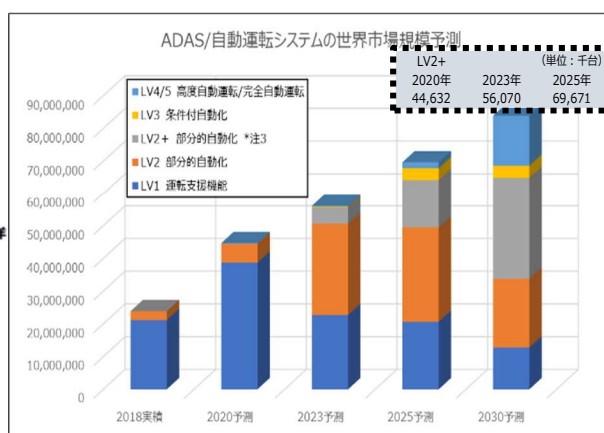
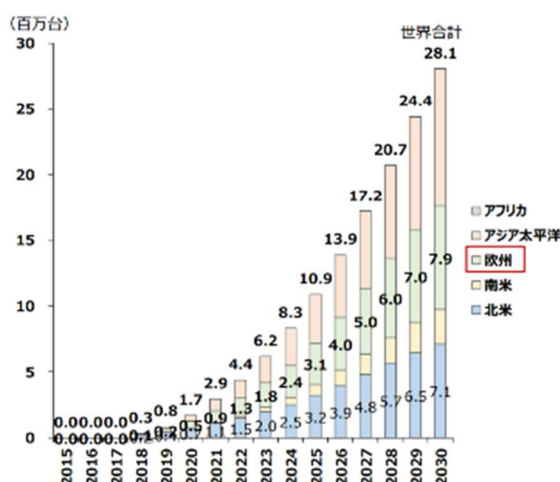
販売先:自動車会社、モビリティ製造会社、建設機器メーカー、シミュレータ製造会社等

##### ② 地図生成素材

販売先:自治体、インフラ管理会社等

##### (2) 市場規模(現状と将来見通し)／産業創出効果

高精度地図を搭載した自動運転車\*の地域別新車販売台数予測



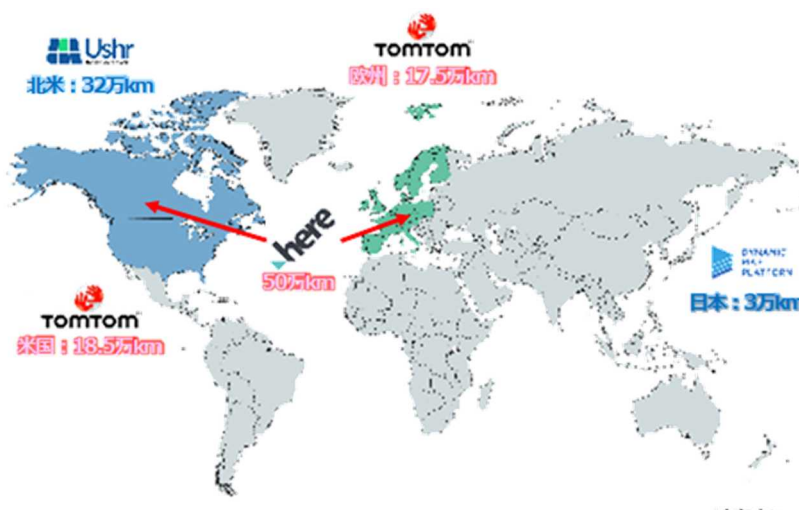
LV2+ : 運転者監視システムによるハンズオフ機能やV2X(車車間・路車間通信)と地図情報を利用

	市場規模	台数	申請者のシェア
1年目(20年度)	4,420百万円	170万台	5.3%
2年目(21年度)	7,250百万円	290万台	10.3%
～～			
5年目(24年度)	6,640百万円	830万台	41.9%

### (3) 競合が想定される他社の開発動向とそれに対する優位性

当面の主要市場は、「日本・北米・欧州・中国」であり、日本市場では、当社が協調領域として Highway:3万 km を整備完了。現時点で他社による同等データの商用提供は無い。

また北米市場では、HERE・TomTom・Ushr が類似データの整備を実施しており、参入後は競合相手となる状況下であったが、当社と同様にcm級の整備を推進していた Ushr は 2019年6月に当社傘下となった。欧州市場も、北米市場と同じく HERE、TomTom が競合となると考えられるが弊社製品の cm 級の精度が確保されていないと思われ弊社 HD マップに優位性がある。



### (4) 価格競争力

競合他社製品(海外)における1台当たりの製品価格は数万円程度で推移しているが、精度としてはm級の精度となっている。

一方、当社は cm 級精度における地図提供であり、位置情報の確からしさにおいて他社より優位である。また当社における製品価格は事業計画時において、販売想定台数により推移するが、m級精度の地図と同等程度と設定している。

本開発により、製造工程に関しておよそ 30%程度のコストカットが可能であると考えているため、当社における製品販売価格は更に低価格で販売可能となり、cm 級精度での提供とともに、競合他社との差別化が可能である。

### (5) 売上見通し

国内販売見通し	売上
1年目(20年度)	774百万円
2年目(21年度)	1,622百万円
～～	

(6) 実用化に向けた課題と今後の方針

外部連携システムに係る項目は、外部データ受渡機能のデータ共有プラットフォームの開発・試作を完了し、また、プラットフォーム上でのデータセキュリティ機能の評価検証を完了した。今回試作したプラットフォームをもとに、今後発生する商談対応での実運用化を図る見込みである。実運用にあたっては、自動車関連やそれ以外のインフラ維持管理や測量、建設等の他用途の分野に対応するため、それぞれの顧客とデータ授受に関する条件やセキュリティポリシーなどを商談対応で調整の上、適用を検討していく。また、外部データを用いたGCP 化機能については、実運用の整備プロセスへ組み込むために顧客や計測会社、図化会社と調整の上、今後の商談対応で適用を調整していく。

AI システムは、道路変化点特定機能について、ツールの開発及び動作確認が完了した。道路変化差分作業の実運用に向けては、2021 年度よりツールの運用テストも兼ねて社内でも実施している検収作業の工程のうち、道路変化差分検出作業を委託している企業から納品される検知結果の検収作業に適用しつつ、更なる機能拡充を図っていく予定である。また、自動点群接合については、自動接合ツールを評価を行い、全国高速・自動車専用道路データにおいて自動接合ツールにより、10cm 以下の精度で接合できることを確認した。全国高速・自動車専用道路データへの適用について、今後の商談対応で計測会社と整備プロセスへの組み込みの調整を行う。

(7) 実用化・事業化までのシナリオ

年度	2020 年度	2021 年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度
製品設計					
一般道仕様調整	—	—			
OEM 評価(サンプル)	—				
資金調達投資判断	—				
機器等設備投資		—	—	—	
生産					
計測工程		—	—	—	
図化構造化工程		—	—	—	
販売				整備エリア/	拡大を判断
OEM 向け販売		—	—		
他用途向け販売		—	—		
収益発生				23 年モデルへ 続行/	搭載非搭載で 中断を判断



## (8)波及効果

グリーンイノベーション基金事業「スマートモビリティ社会の構築」研究開発・社会実装事業への参画を提案中。この事業の中で、旅客・物流における電気自動車の運行効率最大化を図りカーボンニュートラルの実現を目指す。

本開発の成果として、以下の技術の適用を検討している。

- ① 位置精度向上機能にて評価した測位技術
- ② 衛星画像の高位置精度化と地物抽出技術
- ③ 道路変化差分特定機能

### 4-1-3-2. 移動情報統合データ基盤の構築

(実施先: 株式会社 MaaS Tech Japan)

#### ▼実用化を進める製品、プロセス、サービス

本研究で開発した統合データ基盤と基盤データの可視化・集計・分析を行うダッシュボードを基幹コンテンツとして実用化・事業化を進める。ビジネスモデルとしては、協力事業者のデータや統計データ等を連携・活用し、基盤および可視化・集計・分析サービスを製品として整備し、提供を行う。

#### ▼実用化・事業化までのシナリオ

2022 年度内に 3 エリアでの展開から開始し、段階的な拡大を目指す。2023 年には 5 社エリア、翌年以降は年次で 10 社エリア、15 社エリア、20 社エリアと徐々にエリア数を拡大していくことを計画中である。

#### ▼課題と対応方針

基盤・ダッシュボードの複数地域での展開を可能とするための、プロダクトパッケージおよび営業・導入体制の確立が求められる。今後の展開状況に応じ、体制整備を進めていく予定である。

#### ▼今後の波及効果

交通分野では、自治体や企業がエリアの交通によって発生している移動の全体像、分布等を詳細に把握することは容易ではない。そのため効果的な情報案内や、エリアごとの課題の特定、効果的な打ち手の検討が充分できていない等のケースが散見される。ここで、統合データ基盤の導入、移動関連のデータ活用を進めることで、国内の交通分野における交通 DX を実現し、都市・地方・観光地等における交通に関する課題解決に貢献することを目指す。

#### 4-1-3-3. モビリティセンシングデータプラットフォームの構築と Connected Car サービス特化型 AI SaaS の開発事業 (実施先: 株式会社スマートドライブ)

今後においては、本データプラットフォームの横断的な連携による提供価値が、さらに、連携するデバイスを提供するサイドとデータを利用するサイドの両サイドからの参加者を促しながら、その拡充を通じて、本データプラットフォーム及び AI SaaS の強みを醸成し続け、永続的な事業成長につなげるといった成長戦略をもとに、実用化・事業化を進める。

一方で、実用化・事業化を加速させる上での課題としては、特に、経済的なハードルとしての機器の導入コストと、心理的なハードルとしてのコネクテッドデータの活用に対する認知的な負担ないしは馴染みの無さに起因する利用者側のハードルの存在を、本研究開発の過程を通じて、強く感じた。

今後においては、これらのハードルを下げていくことで、より実用化・事業化を進展させる。

##### ・経済的なハードルへの対応

導入に伴って新たな専用機器の購入が前提となるものではなく、既に持っているものを活用することで、新たな機器の導入コストが発生しないものをベースとしたサービス設計が考えられ、スマートフォンや ETC2.0 の活用がその候補となるため、本研究開発にて、それらのデータと本データプラットフォームとの連携を実現した。他方、例えば、スマートフォンについては、移動に伴い携帯するスマートフォンアプリの状態が、データ計測できる状態に担保されている必要があり、また、ETC2.0 については、道路の脇に設置される ITS スポットからデータが吸い上げられるまでの間に、車載器のメモリに保持できる走行データのサイズがオーバーしてしまうと過去の蓄積データが消去されるため、これらについては、データの網羅性の制約もある。そのため、これらの制約があったとしても、データの活用価値が出せるようなデータの処理含む取り扱いや、活用価値が存在する用途でのユースケースを見つけていく必要があり、今後も継続的にそれらに対する取り組みを進め、新たな専用機器の購入なく導入が可能なユーザー体験を前提とした提供価値を高めていく。

##### ・心理的なハードルへの対応

通常、エンドユーザーの視点に立った場合、移動に関するデータの活用は、日常の業務や生活の中で、誰しもが当たり前の習慣として馴染みがあるレベルまでは浸透していない。そういった状況への対応として、コネクテッドデータを高度に活用するといった話に至る一歩前の段階での簡易なデータ活用のユーザー体験を通じて、移動データの活用の DX レベルを少しずつ上げながら、コネクテッド化された世界に、少しずつ導いていくような心理的なギャップを感じにくいステップアップの体験ができる仕組みを整備していく。例えば、一足飛びにコネクテッド機器を業務の中で高度に利用するには、少しハードルがあっても、まずは特別な専用機器が不要な領域から、車両にまつわる情報のデジタル化をして業務の効率改善を図っていく等の簡易な体験を通じて、移動データの活用の DX のレベルを少しずつ上げながら、コネクテッド化された世界に誘っていくような活動が必要となる。

そのため、より利用価値の高いデータプラットフォーム自体をつくり上げていくことはもちろんのこと、それに留まらず、当社自らがその先のモビリティデータを活用したユースケースづくりをリードすると共に、より裾野を広げながら自然な形でモビリティデータの活用の世界に入ってこられるような世界観の実現を目指し、成功事例となるユースケースについては、プレスリリースやカンファレンス等のイベントでの積極的な発信といった広報面での活動も継続しながら、実用化・事業化を進めていく。

#### 4-1-3-4. 製造業オープン連携フレームワークによるデータ取引ビジネスモデル開発事業

(実施先: 一般社団法人インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ、株式会社DMG森精機、三菱電機株式会社、株式会社安川電機、株式会社ジェイテクト、SCSK株式会社、ビジネスエンジニアリング株式会社、株式会社アプストウェブ)

##### 4-1-3-4-1. 製造データ取引のためのシステムアーキテクチャーの開発(実施先: 一般社団法人インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ)

本研究開発の成果は、IVIの事業の中で積極的に活用していく。IVIでは、製造業のつながる化、すなわち製造業がデータ連携によってバリューチェーンを強化するしくみを支援するための手法をもつが、本研究開発の成果はその中核として位置付けられる。

具体的に言うと、IVI会員企業が複数集まって特定の業務シナリオにもとづきデータ連携の実証実験を行う際に、本成果が活用できる。また、会員企業は、自社の取引先との間でのビジネスをより柔軟で付加価値の高いものとするために、本成果を無償で利用することができるため、IVIの会員企業のサービス向上となる。

CIOF普及のための戦略としては、IVIによる無償アプリの提供が挙げられる。特に中小企業におけるDXの普及が進んでいないという現実もあり、これを解決するための事業としてIVIが2022年度より計画している内容に、CIOFの機能を盛り込む。これにより、中小製造業のDXと並行してCIOFの普及にもつながると期待できる。

#### ・事業化のスケジュール

製造業オープン連携フレームワークを活用した事業としてのビジネスモデルとしては、実際の製造業が自身の取引先との間でデータを介した取引を実施する際に、それを可能にするシステムを提供または貸与することで収益をあげる企業がある一方で、IVIは、そうしたシステムベンダーあるいはサービスプロバイダーのビジネスモデルが成り立つように、製造業オープン連携フレームワークをシステムとして運用し、そうした企業から間接的に収益を得る。

ピア・ツー・ピア型のネットワーク構造をもつビジネスモデルの場合は、最初の立ち上がりは鈍いが、ネットワーク外部性(ネットワーク効果)により、ある一定数を超えると爆発的に顧客数が増加する傾向にある。したがって、事業化にあたっては、導入期、普及機、拡大期の3つのフェーズに分け、それぞれのフェーズごとに対応する。

■導入期(2020年度～2022年度)

本事業における研究期間内では、テストマーケティングとして、当該製品を市場に投入しつつも、そうした製品からの直接的な収益を期待せず、そこから得られるフォードバックによって製品の完成度を高める。導入期は、製品開発、サービス開発上での課題を、実際に市場での実証を繰り返しながら洗い出し、その都度解決していく。リスクとしては、セキュリティ対応や既存サービスとのコンフリクトがあり、その内容によって、最終的な製品およびサービスの形を修正する。

■普及期(2023年度～2024年度)

本事業終了後には、ここで得られた成果をもとに、データ取引対応型の製品およびサービスとして、研究成果に対応する付加価値について、市場からの収益を得る。ここでのリスクは、データ取引に対する製造業ユーザー側の意識、習慣の壁がある。こうしたリスクを回避するために、収益化する事業領域のユースケースを絞り込み、確実に効果が得られる分野を先行させるといった戦略が求められる。

■拡大期(2025年度～2026年度)

拡大期では、データ取引対応型の製品およびサービスが普及し、ソサエティ5.0の普及にのる形でビジネスが急速に拡大する。サービスを拡充させるとともに製品のラインナップを広げる。ここでのリスクは、海外のメガプラットフォーマーの参入である。市場の大きさが見えた時点で、資本力に富む海外勢の参入にも打ち勝てるためには、普及期において、オープン&クローズ戦略(すべてをオープンにせず、ビジネスモデルのコアの部分を自社で制御可能な形とするしくみ)を実装しておく必要がある。

年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度
サービス設計	<導入期>	<普及期>	<普及期>	<拡大期>	<拡大期>
サービス実装	—	—	—		
サービス提供		—	—	—	—
導入企業数(国内)	20社	100社	500社	2000社	5000社
導入企業数(海外)		10社	50社	200社	3000社

・市場の動向・競争力

市場規模(現状と将来見通し)／産業創出効果は以下のとおり。

	市場規模	申請者のシェア
1年目(2022年度)	2百万円(1百万円)	50%
2年目(2023年度)	5百万円(5百万円)	40%

3年目(2024年度)	20百万円(100百万円)	20%
4年目(2025年度)	200百万円(1000百万円)	10%
5年目(2026年度)	800百万円(4000百万円)	5%

市場規模算出の根拠: データ取引に関する市場は、データ取引サービスに関する市場と、データ取引に付随する市場がある。データ取引に付随する市場としては、データそのものを売買する市場もあるがここでは除外し、データを介した付加的なサービス、あるいはデータ取引を行う設備やシステムの市場を扱う。後者を括弧内に示す。前者のデータ取引サービスに関する市場は、基盤開発を担う企業が対象とすることになり、括弧内の後者の付加的なサービスあるいは関連する設備やシステムの市場は、コンソーシアムメンバーおよびIVI 会員企業が対象とする市場となる。

シェア見通しの根拠: 本事業で想定しているピア―ツー・ピア型のデータ取引については、高いニーズがあるものの、実際の市場が現時点では存在していない。したがって、IVIによる製造業オープン連携フレームワークが業界でも最初の事例となると考えられる。したがって、シェアは当初は非常に高く5割以上となる。しかし、製造業オープン連携フレームワークは、基本的にオープンな枠組みであるため、データ取引サービス市場への新規参入を許すことで、市場の拡大とともにシェアは低くなることを想定している。

競合が想定される他社の開発動向とそれに対する優位性の根拠は以下となる。データ流通サービスとして、機能や対象は異なるものの、すでに無償のものは多く存在する。一方で、製造業オープン連携フレームワークが提供する辞書変換機能、そしてデータ取引の契約機能を提供するサービスは現時点では存在しない。現時点では、ドイツにおいて国際データスペース・アソシエーション(IDSA)が類似したサービスを開発し実用化を進めているが、IDSAとはすでに提携の文書を締結しており競合関係とはならない。

価格競争力は以下となる。IVIでは、非営利団体として、基本的に収益を会員に還元する方式となっており、基本的には会員サービスとして無償でのサービス提供となる。

#### ・売上見直し

売上見直しとしては、会員サービスの一環として提供するため対応する売上はない。IVIとして会員サービスを飛躍的に充実させることで、会員数の増加が見込まれるため、これを収益として位置付けることができる。

#### 4-1-3-4-2. 加工データの拠点間流通と利活用(実施先:DMG 森精機株式会社)

本研究は、お客様が直面している次の社会的な課題と、それに対して必要とされるデータ流通の在り方を再考する中で推進された。

##### ・働き方の変容(働き手不足や働き方改革)

⇒加工に係るノウハウや知識を現場にとどめず、組織の財産として共有できるようにする。

##### ・他拠点との連携に必要なデータ流通の需要拡大とそれに伴うリスク対策(情報漏えい、不正利用や持ち出し)

- ⇒加工現場の進捗状況や品質管理がデータの改竄なしにやりとりでき、また、生産管理(=発注者)側でのデータ管理が可能となる。
- ⇒機械の空き状況を把握し、効率よく仕事の依頼を行える。
- ⇒企業にとって重大な資産である加工データや加工ノウハウが、加工現場(=受注者)に渡った後に流出しないよう管理できること。特に適切に削除できること。

これらの社会的課題は今後拡大の一途を辿ることが予想されるため、課題解決に寄与できるシステムを提供できれば現在問題に直面しているお客様の他、今後課題に直面するであろう潜在的なお客様に対しても貢献できると考える。

実用化に向けてはお客様に対して広く周知し、利活用いただける環境を準備する。そして多くのお客様からご意見をいただくことで長く利用いただける仕組みになるよう改良していく。

なお、当社では今回開発したシステム以外にも「つながる化」に向けた開発を多く行っている。複数システムを組みわせてご提案することにより、他社に比べてより強固なデータ連携を提供できるものと考えている。

今回の助成期間では COVID-19 の影響により、複数企業からの意見収集が実施できなかったため、今後の重要な課題の一つとして取り組みながらサービス提供に結び付けたい。

COVID-19 流行下では移動制限に伴うリモートワークの必要性が高まった。今回開発したシステムは拠点間での移動を伴わずに生産指示や生産結果の報告を可能とする仕組みであるため、計画当初には想定していなかった新たな課題・ニーズにも対応できていると考える。また、遠隔での業務をサポートする仕組みを提供することにより移動に係るエネルギーの削減にも間接的に貢献できていると思料する。

#### 4-1-3-4-3. 製造業オープン連携フレームワークによるデータ取引ビジネスモデル開発事業(実施先:三菱電機株式会社)

##### ・研究開発を行う製品・サービス等の概要

三菱電機株式会社は、Edgecross の幹事会社7社のうちの1社であり、Edgecross の普及を推進している。そこで、Edgecross 上で CIOF を利用する為、エッジソフトウェアを容易に開発可能とするためのエンジニアリング環境「ソフトウェア開発キット(SDK: Software Development Kit)」を構築した。これにより、Edgecross 上の CIOF 対応ソフトウェアが質量とも豊富となることにより、最終顧客に利便性を与えることとなる。

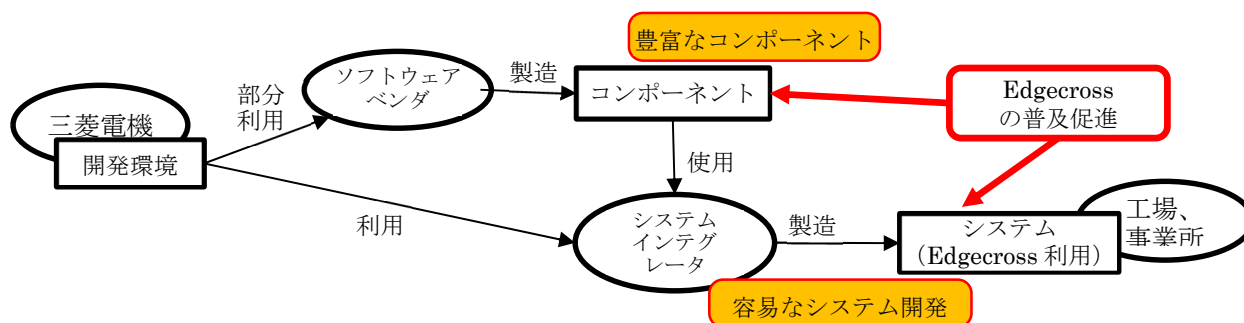


図 ステークホルダーの構成

・事業化のスケジュール

本研究開発成果には、IVI の技術である「IVI モデラー」を利用している部分がある。そのため、事業終了後にまずは2年間(2022 年度～2023 年度)にわたり IVI 内にて本研究開発成果を用いて展開を図る。さらに、そこにおける利用者のフィードバックを得たうえで 2024 年度に製品化評価を行い、ISO9000 に則った開発方法で製品版のソフトウェアを開発することにより、着実に成果の企業化を進める予定。(弊社内で、製品化は ISO9000 に則って行われなければならないことが義務付けられている為)

以下に事業化スケジュールを線表として記載する。

・事業化スケジュール(三菱電機)

年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度	2025 年度	2026 年度
	<導入期>	<普及期>	<普及期>	<拡大期>	<拡大期>
プロトタイプ 評価	IVI 内評価				
製品設計・開発			設計・開発		
サービス提供		評価版提供		製品版提供	
フィードバック		中断を判断▽	◇続行 中断を判断 2▽	◇続行	中断を判断 3▽
収益発生					

・市場の動向・競争力

・市場規模(現状と将来見通し)／産業創出効果

時期(年度)	市場規模			備考
	A 開発関連	B 設備等	C 本事業	
1～2 年目(2022～2023 年度)	0 台	0 百万円	0 百万円	CIOF 本格市場投入前
3年目(2024年度)	100台	1 百万円	31 百万円	C = 30 万円×A+1 万円×B A: 初年度 100、2 割増/年 B:IVI 推定値
4年目(2025年度)	120台	5 百万円	41 百万円	
5年目(2026年度)	144 台	100 百万円	143 百万円	

市場規模算出の根拠: 市場規模としては、下記①及び②、③を考慮している。

- ①費用構成: 開発ライセンス費(30 万円)、ランタイムライセンス費(1 万円/製品 1 台)を想定(保守費は想定外)
- ②使用数: IVI のソフトウェア関連会員数と IVI の CIOF 市場規模に関する資料より、下記を想定。

- ・ 開発ライセンス料: 初年度 100 セット、毎年 2 割の増加
- ・ ランタイムライセンス料: IVI の設備等の市場規模状況に即す
- ③IVI モデラー: 前提として、2024 年から IVI モデラーが一般展開されると予想したもとの作成している。

上記①～③の想定により、上記市場規模を想定した。

#### ・競争力

- ①競合が想定される他社の開発動向とそれに対する優位性の根拠: 弊社は、Edgecross において様々な技術的な対応を深く行っている。そのため、Edgecross 対応ソフトウェアの開発に関して、大きなアドバンテージを持つ。
- ②価格競争力: 弊社は、Edgecross 用のソフトウェアを多数開発した経験がある。そのため、Edgecross 対応ソフトウェアの開発に関して、コスト的に大きなアドバンテージを持つ。

#### ・売上見通し

##### ・売上見通し(単位:百万円)

時期(年度)	市場規模(本事業)	シェア	売上	収益	備考
1～2 年目(2022～2023 年度)	0百万円	0%	0百万円	0百万円	製品の市場投入前
3年目(2024年度)	31百万円	0%	0百万円	0百万円	
4年目(2025年度)	41百万円	10%	4百万円	3百万円	
5年目(2026年度)	143百万円	15%	21百万円	17百万円	

- ①シェア見通し: 製品販売初年度のシェアが 10%、毎年 5%アップし、最終的に 30%で落ち着くと仮定。
- ②製品原価および経費: 約 20%と仮定。

#### ・売上見通し設定の考え方

本研究成果は、エンジニアリング環境とランタイム環境に分けて販売する必要がある。両環境とも、Edgecross 会員用のソフトウェアとして、Edgecross マーケットプレイスで販売することを想定している。ただし、大量に出荷される場合のボリュームライセンス等が予想される。また、メンテナンス費用およびバージョンアップ費用等は反映していない。そのための費用は、上記の収益から充当されると想定している。

#### 4-1-3-4-4. AI 活用のためのデータ取引ビジネスモデルの開発(実施先: 株式会社安川電機)

企業化計画書に記載の通り、事業終了後、成果の企業化を進める予定である。具体的には以下の通り。

助成事業において開発した「CIOF 連携ソフト」は、弊社のエッジプラットフォーム製品である YASKAWA Cockpit(以降 YCP)で収集したデータを CSV の形で送受信する機能、および解析結



果をパラメータのリスト(学習モデルデータに対応)の CSV ファイルの形で送受信する機能を持つ。YCP は弊社の機器のオプション製品であり、「CIOF 連携ソフト」は、弊社の機器の顧客や潜在顧客に対し、弊社の機器を訴求する周辺ソフトとなる。

また、当初、装置データを収集する仕組みとして、YASKAWA Cockpit を必須とするシステム構成としていたが、IVI のメンバ企業等との議論を経て、YASKAWA Cockpit を装置データ収集の主な手段と想定しつつも、装置データの収集方法には制約のない構成に変更することにより、ビジネス展開の可能性を上げたことを受けて、弊社の機器以外を利用する顧客や潜在顧客に対して、予知保全等のソリューションを提供する際のツールとして提案していく。

### 事業化のスケジュール

年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度	2025 年度	2026 年度
実証サービス提供					
CIOF 連携ソフト実用化					
実業務向けサービス開発		◇続行中断を判断			
実業務向けサービス提供					

### 《実用化に向けた課題と今後の方針》

装置データをクラウド経由でやりとりすることに抵抗がある企業は依然として多いため、今後は、まず、IVI のメンバ企業を中心に「CIOF 連携ソフト」の利用を提案し、実証実験を通じて有用性を示すことで顧客獲得を目指す。

#### 4-1-3-4-5. 品質保証に関するデータ取引ビジネスモデルの開発(実施先:株式会社ジェイテクト)

本研究の実用化・事業化については、ジェイテクトの既存ソリューション(稼働アップ Navi シリーズ)へのオプション化を図り、既存ユーザへの拡張および近畿顧客獲得を狙う。具体的には、品質トレサビリティの機能を稼働アップ NaviPro へ組み込み、CIOF 経由で限定データを送受信できることを確認済み。製造業はエンドユーザから品質のトレサビリティを既に必要条件とされはじめおり、完成組立メーカおよびティア1を手始めに販売活動を進める。またジェイテクト製品稼働アップ Navi で収集した生産実績データを CIOF へ送信すること、及び稼働アップ NaviPro が CIOF から受信することを 3 社間で実証できたため、稼働アップ NaviPro ユーザの関係会社および稼働アップ Navi ユーザに対し販売活動を進める。

製造業の DX 化が進み、様々なメーカからデジタル化するソリューションが提供されているが、収集したデータをセキュアに他社と送受信できる機能を持っている製品は、製品単体では存在しないため優位性がある。

現時点では企業間データ流通という文化は醸成していないが、カーボンニュートラルを背景に、電力量などからCO2を算出して報告する必要性も高まっているため、市場の規模拡大および成長が見込める。

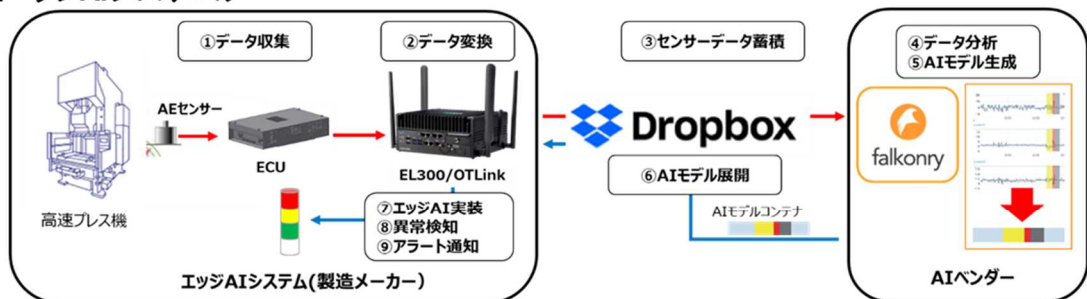
4-1-3-4-6. 製造業オープン連携フレームワークによるデータ取引ビジネスモデル開発事業(実施先:SCSK株式会社)

本研究の実用化・事業化については、製造現場の設備から得られる価値ある膨大なセンサーデータをエッジコンピュータで収集し、AIシステムによる多変量の時系列データ解析を行い、AIによる最適予測モデルを実装したエッジAIシステムの実用化を追求することで、品質改善や予防保全に結び付ける。また、設備の装置間の差異や加工条件の違いなどのメタ情報を流通させる仕組みと合わせて業界横断型共有データ基盤と連携した新たなエッジAIシステムの展開モデルを構築する。

また、製品販売・サービスは直販、代理店のルートでお客様へ提供する。自動車、機械、石油・ガス、電力、半導体、鉱業及び化学品など様々な分野の大企業・中堅企業・中小企業に展開する。

実用化・事業化に向けた戦略として、エッジAI事業モデルの展開となる。今回検証したエッジAIシステムを元に、CIOF基盤とFalkonryエッジAIシステムをベースに、「データ提供サービス」「コンサルティング」「エッジAI提供」事業モデルを展開する。

<検証したエッジAIシステム>



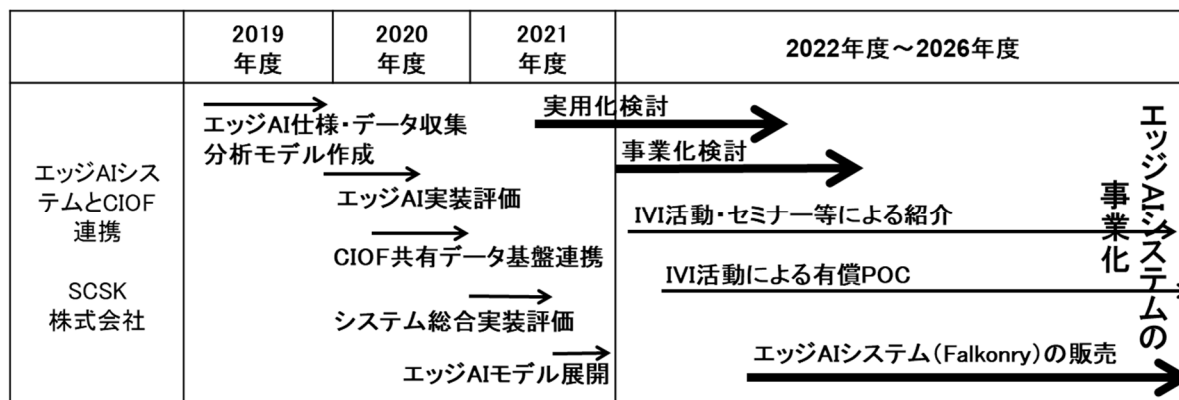
<エッジAI事業化モデル>



また、具体的な取組みとして、IVIでの活動やセミナーによる紹介から案件化を進め、活動を通して事業化プランの見直しや詳細検討を実施する。

そのうえで事業として、データ提供サービスやエッジ AI 提供の有償 PoC を取組み、エッジ AI システム (Falkonry ソフト) を販売する。

下記にエッジ AI システムと CIOF 連携の表を示す。



また、市場の動向・競争力について、市場規模、優位性、価格競争力および売上見通しを下記に示す。

### <市場規模>

市場規模(現状と将来見通し)／産業創出効果

### ○グローバル AI ビジネス市場

	市場規模	ターゲット市場
2017年度	\$150.8 billion	\$36 billion
2020年度	\$210 billion	\$56 billion

※市場規模算出の根拠: IDC 掲載

### ○国内の AI ビジネス市場

	市場規模	ターゲット市場
2018年度	5,301 億円	1,261 億円
2022年度	1 兆 2,000 億円	
2030年度	2 兆 1,286 億円	4,596 億円

※市場規模算出の根拠: 富士キメラ総研(2019年6月11日)掲載

### <優位性の根拠>

自社製品の Falkonry ソフトウェアの優位性

AI による解析を実施することで、データサイエンティスト知識がなくとも解析することが可能となり、またその AI による最適化モデルを実装したエッジ AI システム運用により、幅広く展開できる

と考えている。また、5G 環境の到来により、工場内での大量データ運用環境においても弊社他部署と連携し、顧客サービス運用を構築する。

### <価格競争力>

自社製品の Falkonry ソフトウェアの価格競争力

製造業のプロセスおよび組立製造における競合製品では、一般的に価格は年間 3 千万円以上の市場価格であるが、自社製品は年間 500 万円からの価格帯であり、価格競争力があると考ええる。また、エッジ AI については数量により価格帯を設けているが競合製品と比較して、競争力ある価格帯としている。

### <売上見通し>

売上見通し(単位:百万円)

	販売単価・販売数	売上	収益
1 年目(2022 年度)	500 万円 1 社	5 百万円	1 百万円
2 年目(2023 年度)	500 万円 3 社	15 百万円	3 百万円
3 年目(2024 年度)	500 万円 10 社	50 百万円	10 百万円
4 年目(2025 年度)	500 万円 15 社	75 百万円	16 百万円
5 年目(2026 年度)	500 万円 20 社	100 百万円	22 百万円

次に実用化・事業化の課題と対応方針については 2 つあり、大容量データのタイムリーなデータ転送方法と、設備の装置間差や加工条件の相違による課題である。

まず、前者は本事業において、AE センサーなどで高速にサンプリングされた大容量データ(例:テラバイト)のタイムリーなデータ転送方法とクラウドストレージの連携が課題である。

現状は数十ギガバイトに分割・転送するシステムを構築しているが、テラバイトの容量を一度に転送となると遅延や停滞が発生する。今後の「5G」環境の到来に期待したい。

後者はエッジ AI システムにおいて、設備の装置間による微妙な差異や、加工条件相違により、学習済のエッジデータにて判定できないケースがあり課題である。

対応として、多数の装置および加工条件のデータを取得し、AI モデルカタログとして登録を行い、特に不良品・不備が発生したデータ取得を高め、エッジ AI 判定精度を向上していく。

最後に、エッジ AI システムとしての経済的波及効果については、現在、「AI システム」が多方面で注目されており、製造設備の IoT 領域においても、「エッジ AI システム」として拡大していくものと考え、内容としても設備のダウンタイム削減や、製品・部品の良品・不良品判定において、センサー波形データや画像データなど様々な領域への展開が予想される。

また近年の製造業における IoT 領域の投資額も全般として増加傾向にあるものの、システム単価として数十万円から数百万円規模の価格帯になってきている。SCSK としても導入し易い構成・単価とし、CIOF と連携した提案・構成にて進めていき、エッジ AI システムとして製造業のニーズに応え波及効果を期待したい。

#### 4-1-3-4-7. 中小企業のためのデータ取引ビジネスモデルの開発(実施先:ビジネスエンジニアリング株式会社)

本研究の実用化・事業化については、本研究の中で検証した CIFO エッジコントローラー (CIFO コネクタ)を自社製品の IoT 関連アプリケーションの拡張モジュールとして製品販売する。

オープンなデータ連携プラットフォームと自社が提供する製品との相互接続が可能となったことで、自社パッケージ (mcframe7) の価値向上につなげ、直販および mcframe7 のビジネスパートナー様を通して、既存ユーザー様および新規ユーザーに対して販売する。

年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度
製品リリース	▽				
販売					→
収益発生					→

#### 4-1-3-4-8. 製造データ取引のためのネットワーク基盤開発(実施先:株式会社アプストウェブ)

本研究の実用化・事業化については、本事業による研究開発の成果である連携サーバー、辞書サーバーは、管理主体を IVI として、インターネット上で展開する。また、連携ターミナル、連携マネージャーは、IVI 経由で、IVI 会員および IVI 非会員である一般の製造業に対しても提供される。アプストウェブは、IVI に対してライセンス供与の形で提供し、ライセンス料および保守料を得る。一方、実際にデータ取引を行うエンドユーザからは、月額で利用料を得る。

まず、導入期である 2020 年度から 2022 年度は、テストマーケティングとして、当該製品を市場に投入しつつも、直接的な収益を期待せず、そこから得られるフォードバックによって製品の完成度を高める。普及期となる 2023 年度から 2024 年度は、データ取引対応型の製品およびサービスとして、研究成果に対応する付加価値について、市場からの収益を得る体制とする。ここでのリスクは、データ取引に対する製造業ユーザー側の意識、習慣の壁がある。こうしたリスクを回避するために、収益化する事業領域のユースケースを絞り込み、確実に効果が得られる分野を先行させる。そして、拡大期となる 2025 年度から 2026 年度は、サービスを拡充させるとともに製品のラインナップを広げる。普及期においては、オープン&クローズ戦略により、データ流通のエコシステムを展開するために、海外のステークホルダーも含めてより広範な連携を行っていく。

年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度
----	--------	--------	--------	--------	--------

	<導入期>	<普及期>	<普及期>	<拡大期>	<拡大期>
サービス設計	—	—	—		
サービス実装	—		—		
サービス販売		—	—	—	—
収益発生		—	—	—	—

売上見通し設定の考え方としては、製造業オープン連携フレームワークに対応した連携サーバー、辞書サーバーにアクセスする際に必要となるIDをIVIが発行し、利用者はそれをもとにそれぞれの企業がもつシステムを介してデータ取引を行う。IVIは、このIDの発行とあわせて利用に必要なライセンス費用をユーザーから徴収する。ここで、委託費収入はIVIからのサポート委託費を指す。売上収入は、月額5,000円のライセンス、月額50,000円のライセンス、そして一回100,000円のサポートをベースとしたサービスを2023年より開始する。また、2023年度中に金融機関等からの外部資金の調達を行う予定となっている。

単位:百万円

年度	委託費収入	売上収入	原価	利益	外部資金	CF
2022年度	3	0	5	△2		△2
2023年度	5	2	30	△23	50	25
2024年度	5	10	50	△35		△10
2025年度	5	50	50	5		△5
2026年度	5	100	50	55		50

サービスメニューとしては、以下を想定している。それぞれのサービスの課金の単位および単価は今後詳細化する予定である。

単位:千円

名称	説明	単価	備考
取引データ送信サービス	基本機能としてサイト間で契約にしたがってデータを送受信し履歴も管理します。	0	無償提供
データ契約仲介サービス	基本機能としてデータ取引の契約を締結するためのマネージャーを設定するサービス	0	無償提供、契約書は別途課金
共通辞書変換サービス	基本機能として共通辞書と個別辞書の変換を行います。	0	無償提供
取引データ証明サービス	取引データの送受信履歴を記録し、その内容を証明書として提供します。	5	証明書数での課金も可能

外部辞書配信サービス	ベンダーが自社のサービスを登録し顧客に配信するためのしくみを提供します。	50	定額または配信単位で課金
契約インテグレーションサービス	企業間のデータ連携システムを構築するインテグレーションサービスです。	50	開発案件ごとに別途売上収入
利用課金代行サービス	新たなデータ提供サービスに対応した課金を行うことを可能とします。	100	開発案件ごとに別途売上収入
辞書自動変換サービス	複数の企業間やアプリ間の連携を AI を用いて半自動で行うサービスです。	50	辞書の項目(組合せ)単位

#### 4-1-3-5. 建設業界特化型の各種データ収集型連携基盤と独自与信システムの開発 (実施先: 株式会社ランドデータバンク)

##### 1. 研究開発を行う製品・サービス等の概要

###### (1) 内容

###### ①立替決済事業について

###### ・立替・決済事業の仕組み

本サービスは会員(買い手・施工会社)と加盟店(売り手・資機材サプライヤー)の間に入り、建設資材購入費用、請負契約発注金額等を会員(買い手)に代わり立替払いすることで、会員(買い手)の支払いを工事完成後まで猶予し、一方で加盟店(売り手)の買掛金の回収を安全かつ早期化するサービスである。

当社は立替を通じて会員(買い手)と加盟店(売り手)それぞれに以下のようなメリットを提供し、その対価として料金を徴収する。

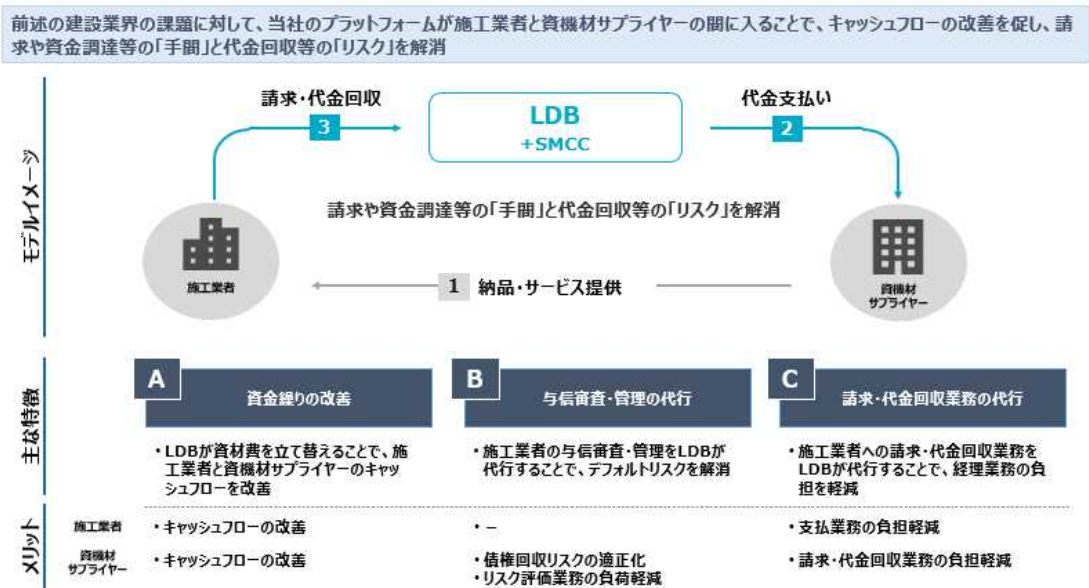
また、財務データの他に、工事案件の現場情報や過去の取引データ等を蓄積/分析することで、独自の与信モデルを構築することも独自の強みである。

利用者が享受するメリット

利用者	従来の課題	メリット
会員 (買い手・ 施工会社)	工事期間中の資金繰り負担	<p>a 資金繰り改善 工事に関わる支払いを LDB が立替え、その返済を完工日以降まで猶予することで、資金繰り負担を軽減する</p> <p>b 支払事務負担軽減 資機材サプライヤーへの支払業務を LDB が代行することで、支払事務負担を軽減する</p>

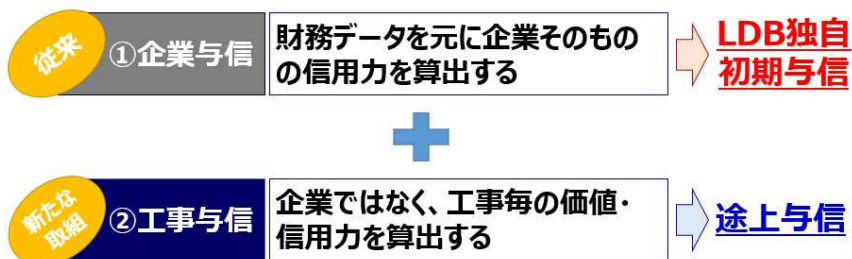
加盟店 (売り手・ 資機材サ プライ ヤー)	取引先への 与信管理の 負担	<p>a 貸倒リスク回避          本サービスを利用して販売することで、会員(買い手・施工会社)の貸倒リスクの回避が可能</p> <p>b 回収事務負担軽減          月次の請求および入金確認業務についてLDBが会員(買い手・施工会社)の代わりに立て替えることで請求回収業務負担を軽減する</p> <p>c 資金繰り改善          請求分を早期に立て替えることで、ファクタリングと同様の早期資金化のメリットを得られる</p>
------------------------------------	----------------------	--

## ②立替・決済事業イメージ図



今回の助成事業での研究開発対象である与信領域の内容をサービス時の与信精度向上及び他の金融サービスでの利用に結び付けていく。(初期与信+途上与信)  
 この研究開発の成果により、既存の金融事業者が提供できなかった顧客層(建設会社等)へのサービス提供が可能となるとともに、現在の立替・決済サービスだけでなく、今後の新たな金融サービスにおいても、他社に対して優位性のあるサービスを提供することが可能となる。





### 与信モデルのさらなる向上と新領域への活用へ



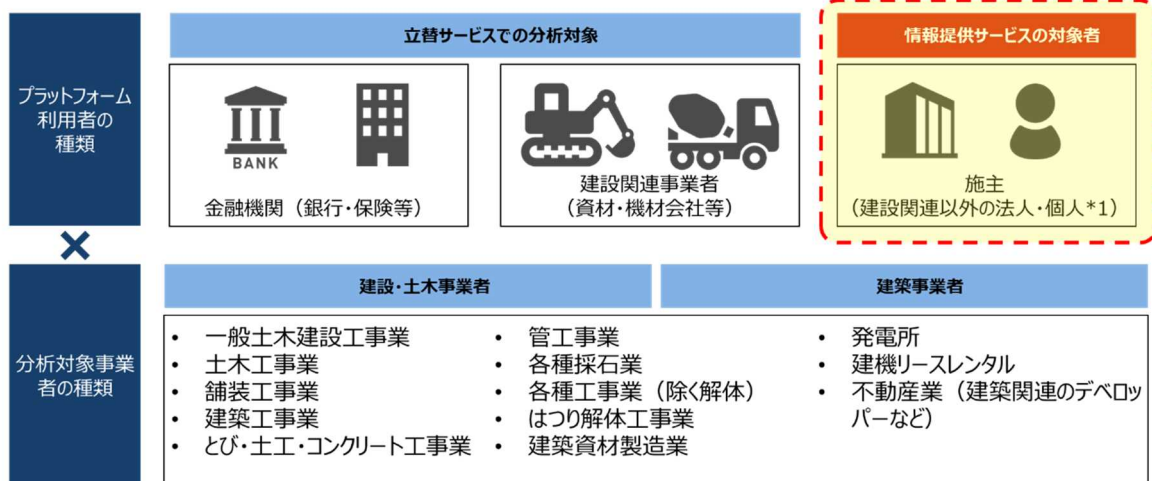
### ③情報提供サービスの概要

#### ・背景

- 建設事業者に対する発注者(施主)は公共に加え、民間の様々な種類の法人あるいは個人が存在する
- しかし、これら民間発注者は必ずしも建設業に係る専門の知見を必ずしも備えているとは限らない
- 結果として、大手デベロッパー・ゼネコン、あるいは民間リサーチ会社の財務、その他風評等を中心とした評点等をよりどころとするしかなく、必ずしも最適な投資が行われているとは言えない

#### ・提供サービス

- 建設に携わらない民間発注者でも理解可能なデータ提供機能をプラットフォーム経由で提供し、情報提供料としての対価を得る



※1：当社のターゲットとして民間戸建建築は除いているため、個人に該当する対象は投資不動産に関する個人投資家等を想定。ただし、国土交通省の統計資料上、民間施主の比率は法人が約90%を占めているため、実質的にほぼ法人が対象と想定。

## (2) 製作・実施等の制約

ヒト・モノ・カネのデータのすべてを自社で調達できるわけではないため、状況によっては調達先との様々な調整(コストや法的側面)が必要となる可能性がある。

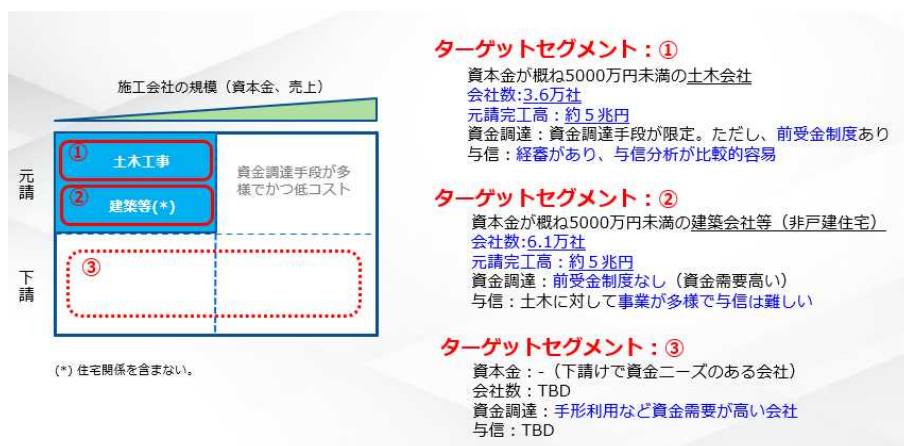
## (3) 用途(販売予定先)

### ①立替決済事業

販売対象は、資本金が5000万円以下の中堅・中小建設会社となり、土木3.6万社、建築6.1万社の合計9.7万社を当初のターゲットとしている。販売地域は全国を対象とする。

日本でのビジネスモデル確立後はアジア等の海外での展開も検討する。

また、ルートについても、元請から下請の間に入るパターンの他に、下請から孫請の間に入るパターンも今後想定していく。



### ②情報提供サービス事業

上述の通り、施主となる。

## 2. 研究開発への取組み

### (1) 研究開発を考えるに至った経緯(動機)

国内建設業界の深刻な労働力不足を解消するためには人を外部から調達するか、効率を上げるかしかない。一方で人口の減少や海外人材の調達が難しい現状を踏まえると効率を高める施策をとらざるを得なく、各メーカー、国土交通省も ICT を活用したより効率的な施工を推進している。

しかし、これらの施策を進めるためには投資のための資金が必要となるが、中小零細企業で構成されている建設事業者は、どうしても与信力が低く、このような成長性投資のための資金調達環境は厳しいものと考ええる。

そこで、事業を効率化する意思や能力を持っているが、一方で財務力が弱い会社について、その本当の能力を測ることで、従来の金融機関にはできない最適なサービスを、より最適なコストで提供する必要があるものと考え、その能力を測るための与信の研究を行うに至った。

### (2) 事業として成功すると考えた理由

現在建設業以外でも様々な与信の方法が出つつある。

具体的には財務情報以外の様々なデータ(受注情報、販売情報などのトランザクションデータ、SNS、Web サービス等の評価などを用いた新たな与信)を活用し、これまでになく早く、より正確な本業に近い情報でリスクをコントロールするためのレンディングサービスなどである。

これらを踏まえ、建設事業においても従来の財務的な手段だけでなく、現在の ICT 技術の進展より様々なデータを活用できる素地ができつつあるものと判断した。

※IoT を活用した国が主導する i-Construction 事業など

これらの活用により、より正確な与信情報の取得が可能になる⇒与信を提供できる⇒成長性投資を行い効率性を高められる⇒さらに正確な与信情報が得られる…などの好循環も生まれ、成功へ近づけるのではないかと考えた。

### (3) 事業化のスケジュール

2019年7月の会社設立後、1年間のPoCによる検証期間を経て、2020年9月1日より、立替・決済サービスを開始。2020年10月より、本サービスの与信モデルの新たな取り組みとして、初期与信モデルの改善及び途上与信モデルの開発を進めている。2022年4月からの事業活用を目指す。その後、さらに与信モデルの精度向上に向けて、必要なデータ項目の追加やアルゴリズムの改善を行い、システム実装の設備投資を行う。このサイクルを適宜繰り返していく。

合わせて、立替・決済サービスに続く、金融サービスを自社金融プラットフォーム上にて拡充し、建設業界への価値創造領域を広げることにより、建設業界全体の共通プラットフォームを目指す。

さらに、本プラットフォームの実効性が確認できた段階で、建設業界以外の農業、工業など他業界で同様の仕組みを応用したプラットフォーム展開を目指す。

	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度
サービス改善・追加検討	—————				
設備投資	—————	—————	—————		
検証		—————	—————		
販売				◇事業継続の判断	
収益発生					



#### 4-1-3-6. コンボリューショナルデータを活用したバイオ生産マネジメント (実施先: 株式会社ちとせ研究所)

本事業では「業界共用データ基盤の開発」「AI システムとしてのバイオ生産マネジメントシステムの開発」「AI 人材育成プログラム教材開発・教育基盤の整備・開発」の3つの事業を実施した。本事業では上記3つの事業から出力されるプロダクトとして、Mi-MAP というサービスを定義した。Mi-MAP は、培養槽からデータを取得したデータをクラウド上に格納し、モデル作成および推論を実施し、検証までを実施するシステム全体を含んでいる。

各種センシングデバイス(Mi-MAP Multi-sensing)によって取得されたコンボリユーショナルデータをこの Mi-MAP で処理することで、AI による予測と提案が出力される。これらの MI-MAP シリーズを Mi-MAP Multi-sensing と合わせてプロダクトとして展開していく。またプロダクトを導入する企業へのデータリテラシー教育としての Mi-MAP bootcamp もあわせて展開していく。我々がターゲットとする市場は、OECD が 2030 年までに 200 兆円に達すると予想されているバイオエコノミー市場である。バイオエコノミー市場は、現在でも 150 兆円ほどあるとも言えるが、2030 年までに 200 兆円にまで成長させるためには、製造プロセスにおけるブレイクスルーが必要になる。我々が開発した Mi-MAP を用いることで、製造プロセスにおけるブレイクスルーを実現したいと考えている。

我々が提供しようとするソリューションは、現在の化石資源を起点とした消費一辺倒のマテリアルフローを、光合成を起点とした循環型のマテリアルフローに変えるために不可欠である。つまり、産業を創出するのみならず、全ての産業をバイオ化すると言えるほどの大きなパラダイムシフトが産業全体にもたらされるものと考えている。

より具体的には下記の4領域に対して Mi-MAP を展開することを目指し、2030 年度段階で 170 億円の売り上げを目指す。

- 1) バイオ生産企業への AI システムを導入するためのカスタム開発
- 2) プロセス開発受託
- 3) バイオ生産受託
- 4) バイオ生産設備の設計、施工

#### 1) バイオ生産企業への AI システムを導入するためのカスタム開発

すでにバイオ生産設備を保有している企業に対して、サービス提供を目指す。本 PJ 内ではいくつかの企業に協力いただき、プロダクトのリリースと実装評価を繰り返した。プロダクトのリリースと実装評価の繰り返しにより Mi-MAP はブラシュアップされたが、より多くの企業に使ってもらえるサービスにするためには、さらなるブラシュアップが必要である。今後もユーザー企業の実装評価を得ながらブラシュアップを進めていく。

また、バイオ生産企業において AI システムを導入する場合は、システム運用者としての経験を積むことも非常に重要である。本 PJ 内でもシステム開発会社の協力を得て一部運用を実施していたが、より多くのバイオ生産企業にシステムを利用してもらうためには、対応できるシステム運用体制を構築することは重要である。そのため、運用体制の構築も並行して実施していく。

また、将来的には海外企業向けのインターフェースを開発し、海外企業へとサービス提供を順次拡大する。個別企業ごとのデータ基盤のカスタム開発や、AI システム開発なども積極的に請け負うことを目指す。

#### 2) プロセス開発受託

培地成分の最適濃度など、培養条件の最適化などのプロセス開発サービスは、本 AI システムやデータ基盤の開発により高度化するため、より高付加価値なサービスとすることが可能になる。本 PJ 内でのヒアリングを通じて、バイオ生産企業はプロセス開発の短縮の需要が大きいこ

とがわかってきた。そのため、Mi-MAP システムを受託プロセス開発に応用することで、多くの企業の開発プロセスの短縮に貢献したいと考えている。なお、本 PJ の期間内では、小スケールの培養試験をメインに実施した。そのため、プロセス開発の中でもスケールアップなどを支援するサービスを開始するためには、より大規模な培養設備が必要になる。そのために、民間資金を調達しプロセス開発を支援するための自社設備を整備する。

### 3) バイオ生産受託

AI システムを導入するためのカスタム開発・受託プロセス開発に引き続きバイオ生産そのものを受託するサービスの準備を進めていく。バイオ生産受託をサービスとして提供する場合も、バイオ生産設備が必要となることから、バイオ生産受託を目的とする自社設備も整備する。ベースとなる生産設備が整備できれば、さらに国内外の遊休設備の活用や、海外のバイオ生産の共用設備などとの連携も活性化し、世界中のバイオ生産に関心のある企業の新規参入を促すことも可能になる。このようにして、新規ユーザーを獲得しながらバイオエコノミー市場拡大を後押しする。

### 4) バイオ生産設備の設計、施工

バイオ生産マネジメントシステムが実装されたプロセス開発用および実生産用のバイオ生産設備の設計・施工業務の受託も順次開始する。基本的には、設計・調達・施工(EPC)をトータルで請け負うプラントエンジニアリングのゼネラルコントラクターのポジションを担う。顧客ニーズに応じて、設備を当社で保有し、設備とシステムを利用料という形で徴収するサービスも用意する。

上記の4つの領域を進めていくにあたっては、Mi-MAP が市場で優位性をもつことが重要である。優位性を議論するためには「バイオ製造設備の管理者」と「価格競争力」という2つの視点が存在する。

#### 1) バイオ製造設備の管理者

海外では、国策としてバイオ生産の共用設備を整備する動きがあるが、設備はあるが培養技術が伴っていないという現状がある。日本国内には、そのような共用設備はないが、世界有数のバイオ生産を生業とするメーカーが日本にはいる。今回の PJ では複数の企業が参画したことで、バイオ生産設備に対する知見が深まった。

Mi-MAP を各社の設備に対して整備することで、データが集まる仕組みを構築できる。我々はまず従来活用されてこなかったセンサデータが集まる仕組みと、その取得方法を押さえることができるようになったことに優位性がある。この優位性を生かし、経済活動として Mi-MAP を管理運用することで、プラットフォームを自立的に発展させ続けると共に、バイオエコノミー市場全体の発展に資する取り組みへと昇華させる

#### 2) 価格競争力

本 PJ 終了時点で、バイオ生産やプロセス開発において AI を活用する仕組みというのはプロダクトして存在しているものはない。競争が存在しないため、プロダクトの価格競争力は高いと考

えられる。コンストラクターとしてのビジネス展開が始まるまでは Mi-MAP は既存のバイオ生産設備に付加する形で提供される。そこで提供されるサービスは生産の効率化やプロセス開発のコスト低減を通じて顧客のコスト削減や新規事業創生に資するものである。その対価は、顧客の増益分の 15%を想定している。顧客の収益構造から逆算した収益構造からビジネスモデルをデザインすることから、持続的に価格競争力のあるサービスを提供することができる。

#### <2030 年の売上設定の算出根拠>

AI システムおよび共用データ基盤は、1 社 6 式を基本ユニットとして、初期費用が 5000 万円、設備の更新やサーバーの保守、更新、基本料金等で、合わせて年間 2000 万円程度の売り上げを想定している。設備の設計施工については、パイロット機や実製造設備などで 1 式を基本ユニットとして想定している。その設計費は、小型(数億円規模)のもので、~2000 万円程度、大型(最大 100 億円規模)のもので、数億円程度を見込んでいる。

また、実際の調達・施工については、設備の規模に合わせて、数億円から数十億円を見込んでいる。設備全体のゼネラルコントラクターとして受注した場合には、総額 100 億円規模になる場合もある。

プロセス開発やバイオ生産の受託の場合、1 回 2,000 万円程度が相場となっており、我々のサービスも価格帯としては同程度を見込んでいる。

以上、4つの事業領域における実用化・事業化に対しては、コアの価値となる AI のさらなる充実が課題として存在している。AI の充実のためには「幅広い培養データ・コンボリューショナルデータの蓄積」が重要である。本 PJ では多くのバイオ生産企業のご協力得て培養データ・コンボリューショナルデータの蓄積を進めた。しかしながら、本 PJ で収集することができたデータはバイオ生産に用いられる宿主・生産物の組み合わせのごく一部にすぎない。ビジネスを拡大するためには幅広い宿主・生産物の組み合わせに対応する必要がある。そこそれら課題への対応として本 PJ 終了後もプロダクト開発とは別に下記の内容を進めていく予定である。

#### 1) 培養データ・コンボリューショナルデータのさらなる収集。

さらに多くの企業との共同開発を進める。Mi-MAP DoE などを利用して効率のよいデータ取得を実現する。

#### 2) ある宿主=生産物の組み合わせを他の宿主=生産物の組み合わせに転用できる技術の開発 転移学習など、既存のデータを転用することで少ない追加データで AI を構築できる技術の開発を行う。

本事業の波及効果としてはバイオエコノミー市場の拡大に資する点だと考えている。

OECD によるとバイオエコノミー市場は 2030 年までに 200 兆円に達すると予想されている。バイオエコノミー市場の規模は、現在でも 150 兆円ほどあるとも言えるが、2030 年までに 200 兆円にまで成長させるためには、製造プロセスにおけるブレイクスルーが必要になる。我々はこの部分に貢献したいと考えている。

我々が提供しようとするソリューションは、現在の化石資源を起点とした消費一辺倒のマテリアルフローを、光合成を起点とした循環型のマテリアルフローに変えるために不可欠である。つまり、産業を創出するのみならず、全ての産業をバイオ化すると言えるほどの大きなパラダイムシフトが産業全体にもたらされるものと考えている。

#### 4-1-3-7. 大規模ゲノムヘルスプラットフォームの構築

(実施先: アウェイクンジャパン株式会社)

本研究事業を通じて企業化を目指すためには、「Genomelink AI」における疾患リスク予測アルゴリズムの SaaS 化、およびそれらを電子カルテシステム、保険会社、コンシューマーデバイスなどを通じて広く普及させることが必要である。研究開発の成果の企業化により、誰でも、どこでも、様々なチャネルを通じて自分自身の DNA データを取得/転送し、他の生活習慣や疾患履歴などの情報と組み合わせることで、より高い正確性を持つ疾患リスク予測が提供できる社会基盤の構築を目指す。

本企業化によって、現在の事業モデルではすでに遺伝子検査を受けた世界 50 万人を対象としているが、疾患リスク予測アルゴリズムの活用を既存のヘルスインフラへ統合していくことで、その市場参加者数を数十億人に拡大することが可能になる。また、SaaS 事業として横展開することと並行し、既存のコンシューマープラットフォームを活用して継続的にアルゴリズムの改善および検証をしていくことで他社に真似できないより強固な事業優位性を築くことができる。

しかし、上述したとおり、本事業を通じてポジティブな成果が得られたものの、疾患リスク予測精度はまだ改善の余地があること、この 2 年間の市況を踏まえるとリリースのタイミングは慎重に判断する必要があることから、2022 年のリリースを急がず、引き続き以下の活動を継続していく予定である。

- ヘルスデータ取得の継続: 本助成事業期間中は一定の制限下でのデータ取得を行っていたが、助成期間後はプラットフォームを通じて更に多くのユーザーからのデータ取得を行う。
- 外部研究機関とのデータ連携: スタンフォード大学の Carlos Bustamante の研究グループとともに、世界最大規模のメタバイオバンクプロジェクトである Global Biobank Meta-Analysis コンソーシアムへの参加を準備中。こうした取り組みを通じてアカデミアの中でのプラットフォーム価値の認知を獲得していくとともに、将来的な対製薬企業向けデータプラットフォーム事業構築の足がかりとしていく。
- 疾患リスク予測アルゴリズムの開発継続: 今回のポジティブな結果を踏まえ、引き続き開発および検証を続ける。今回取り上げた 2 型糖尿病および高血圧について、



データ数を増やすことで一層の予測精度を達成していくことに加えて、今回対象から外した他の慢性疾患(CAD や COPD など)についても同様の分析を拡大していく。将来的なサービス化については取り組みの中で得られる予測精度の達成度およびその時点の PRS 関連の市況および規制同行などを踏まえて総合的に判断する。

売上見通しについて、現時点では 2023 年中のリリースを想定しているが、上述したとおり学会動向や市況を踏まえた導入タイミングの決定をする必要があるため一定の柔軟性を持って考えている。リリース後の売上期待については以下の通り。

【売上げ見通し】 単位:百万円

	販売単価	販売数量	売上	コスト	収益	投資
2023	¥6.301	11,000	¥58.00	¥2.90	¥55.10	¥110.20
2024	¥6.301	50,000	¥208.00	¥10.40	¥197.60	¥296.40
2025	¥6.301	190,000	¥596.00	¥29.80	¥566.20	¥679.44
2026	¥6.301	560,000	¥1,552.00	¥77.60	¥1,474.40	¥1,474.40
2027	¥6.301	1,110,000	¥2,868.00	¥143.40	¥2,724.60	¥2,179.68

#### 4-1-3-8. AIを活用したゲノム編集データベースの開発

(実施先:凸版印刷株式会社、プラチナバイオ株式会社)

本研究開発にてゲノム編集実験をサポートするスターターサイト「Genome Editing Cloud」の開発を行ったが、ヒアリング等によりサービス提供を行うにはさらに機能を追加する必要があると考えている。特にゲノム解析では NGS データなど大容量のデータを取り扱うことが多いが、現時点ではハードディスクや USB メモリを用いたアナログな運用が行われている。本研究開発の公共データベースの情報に基づいたゲノムプロファイリングで取り扱ったデータは 3.7Tbp(塩基対)に達し、データコピー、加工、解析に多くの時間を割くこととなった。研究者の時間をもっと効率よく使えるよう一連のデータの取り扱いをクラウド内で完結できる大容量データの管理機能を 2022 年度に開発し、サービス化開始を目指す。

##### ◆サービス提供内容(予定)

「Genome Editing Cloud」の解析機能を基本機能とし、フリーミアムモデルで提供。  
大容量データの管理やカスタマイズ機能は有料で提供。

<提供機能>

・基本解析機能(開発済)

Designer CRISPR-Cas9 ガイド設計機能 ※AI 予測機能の搭載

Analyzer 編集配列解析機能

Separator TIDE 解析機能

・大容量データ管理/保管機能(追加)

・ユーザー管理機能(追加)

・セキュリティ機能(追加)

・DB 化未対応の非モデル生物のデータ登録カスタマイズ機能(サービス開始後追加)

・海外データベースとの連携(サービス開始後追加)

・英語対応 等(サービス開始後追加)

◆ターゲット

企業・研究機関のバイオ系研究者

JST 共創の場形成支援プログラム(COI-NEXT)「バイオ DX 産学共創拠点」参画機関

(大学等 19 機関、企業等 26 社)から導入

これからゲノム編集を始める企業や、ゲノム編集を始めたいが何をすればよいか

分からない企業にはプラチナバイオ社のコンサルティングも含めて提案

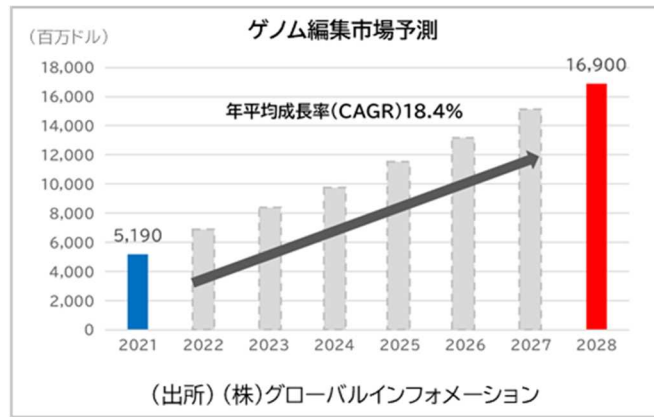
まずは国内でのデファクトを目指し、2026 年以降、海外への展開を検討

◆事業化スケジュール

	2019 年度	2020 年度	2021 年度	2022~2025年度	2026~2030年度
AI予測 エンジン	基本機能開発 応用機能開発 機能向上開発			サービス化に向けた 追加開発 リリース	国内でのデファクトを目指す 世界でのデファクトを目指す
データ 管理基盤 (解析機能)	基本機能開発 応用機能開発 機能向上開発			開発機能の バージョンアップ 英語対応	
データ保管管理 解析環境				実用化検討 PoC実施 開発 リリース	

◆市場の規模・成長性

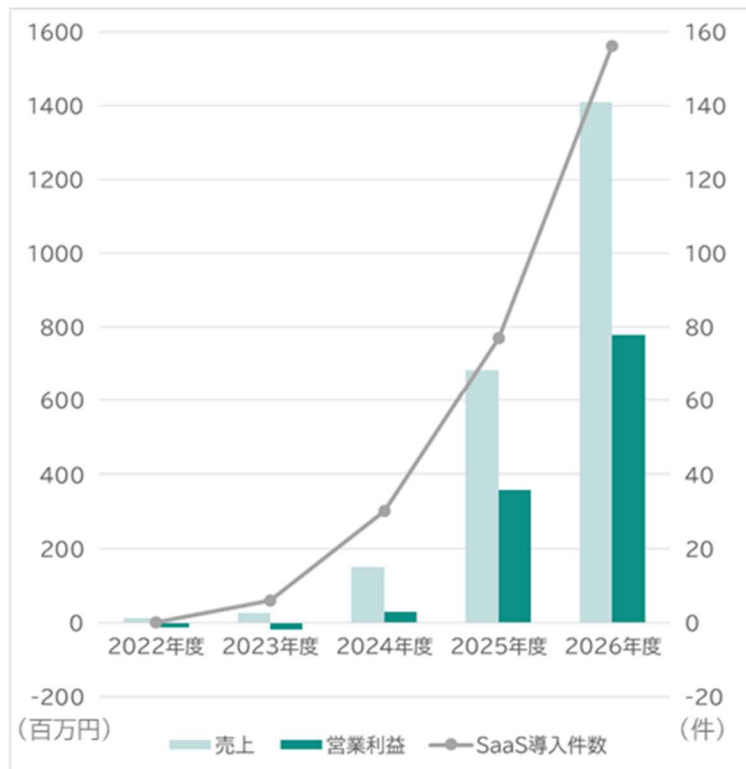
ゲノム編集市場は 2028 年には 169 億 9,000 万米ドルに成長すると予測されている。



ゲノム編集技術は日々進歩しており、各応用分野へ大きな影響をもたらしている。また、研究開発活動に対するゲノム先進国の政府機関による資金提供が増加しており、市場の成長を刺激している。

ゲノム編集市場の拡大に伴い、大量のゲノムデータの取り扱いが重要視されるようになってきているが、日本国内ではデータ解析に関わるスタンダードとなるデジタルプラットフォーム等がまだ存在しない。まずは国内の企業、研究者をターゲットにプラットフォームの普及を進めていく。

#### ◆売上見通し



売上見通し (関連サービスも含む)

凸版印刷とプラチナバイオの共同事業として 2022 年度中に SaaS サービス開始。当初は COI-NEXT「バイオ DX 産学共創拠点」参画機関から導入し、2026 年には国内バイオ系企業の 1/3 のシェアを狙う。また、SaaS サービス導入だけでなく、このサービスを窓口としてゲノム編集

に係る周辺事業(ゲノム編集コンサルティング、ゲノム編集受託、編集試薬の仲介等)も広げ、バイオ DX を推進していく。

年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度
売上	12	26	150	685	1410
営業利益	-13.2	-20.6	29	358	779
SaaS導入件数	0	6	30	77	156

		2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度
売上高(百万円)	SaaSサービス	0	0	0	385	780
	関連サービス	12	26	150	300	630
	計	12	26	150	685	1410
費用	SaaSサービス開発費	18	24	34	133	244
	SaaSサービス維持費	3	10	36	60	120
	償却費	0	4	6	6	6
	関連サービス費用	3	6	30	60	120
製造利益		-12	-18	44	426	920
	販管費	1.2	2.6	15	69	141
営業利益		-13.2	-20.6	29	358	779

#### 4-1-3-9. 音データを基にした製造業パイプラインのつまり予知・予兆診断システムの開発(実施先: 横河ソリューションサービス株式会社、Hmcomm 株式会社)

本研究の実用化・事業化について、パイプラインの「つまり」検知に関連するコンサルティング、エンジニアリング、サブスクリプションによる音 AI モデル群の提供などのサービスを提供することでプラントの最適保全、生産効率最適化に寄与することを目指しているが、本研究において、「つまり」というものが共有化された一つの事象ではなく、お客様やサイトにより、様々な事象であることを追加認識した。今回の研究で構築した基盤をベースに各プラントが抱えている「つまり」に関連する課題についての状況ヒアリング・現場アセスメントをベースに検証を行い、システム提案につなげるステップで事例の拡大を目指す。



図 計画しているビジネス（契約→受注）に至るまでのステップ  
 (U : ユーザ、Y : 横河、H : Hmcomm、@ : 場所)

この研究においては、音にフォーカスしたが、プラントの巡回点検業務においては、点検項目のチェックのみならず、視覚、聴覚、触覚、嗅覚などの五感をたよりにした異常確認をさまざまな視点で実施している。そのさまざまな五感による確認内容を数値化していくことは、プラントの最適保全、生産最適化およびその活動の根幹となる技術伝承活動にも貢献すると考えている。

#### 4-1-3-10. 定量RBM用分散型データ基盤とAI開発(実施先:株式会社ベストマテリア、株式会社IMC)

##### 1) プラント保全 DX ツール提供プラットフォーム事業

NEDO 事業の成果を活用し、FFS(供用適正評価)、腐食予測モニタリング技術などと合わせて、プラント保全 DX(Digital Transformation)のためのツールを提供するプラットフォーム(図 3-10-1)事業を展開する。

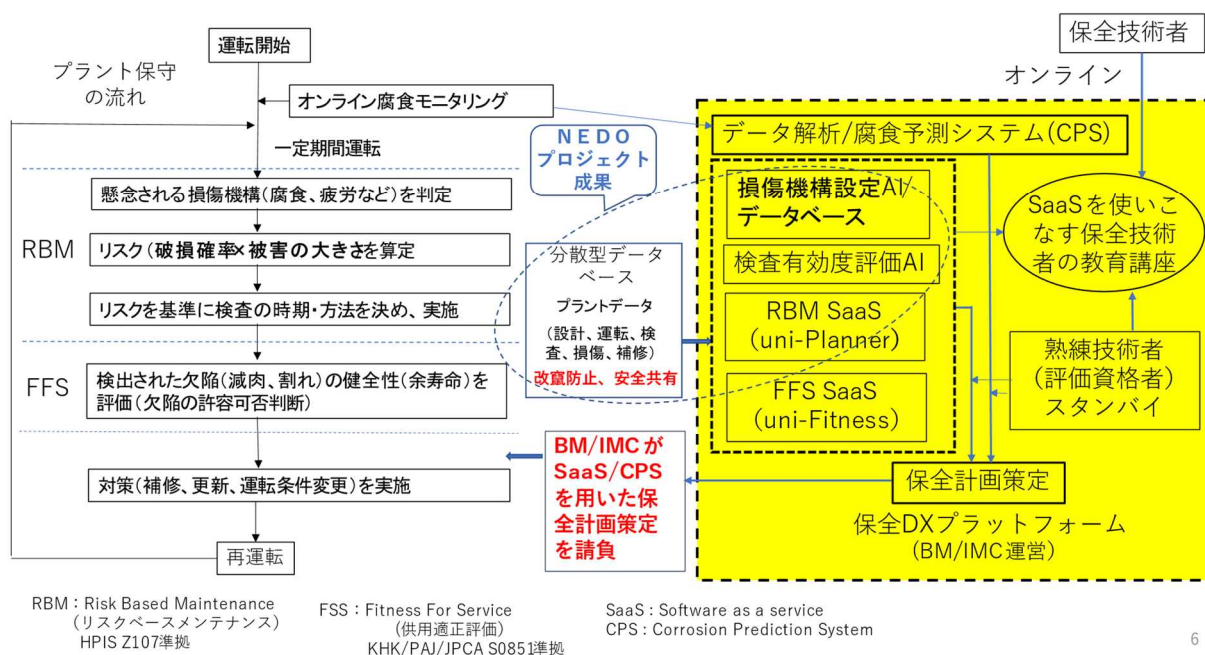


図 3-10-1. プラント保全 DX プラットフォームの概念図

表 3-10-1 にプラットフォーム事業における現状での売上計画を示す。さらに、共同事業者などを開拓し事業拡大を図る計画である。

表 3-10-1. プラント保全 DX プラットフォーム事業の売上計画

事業名	事業内容	年度別売上計画(万円)				
		2022	2023	2024	2025	2026
プラットフォーム事業	損傷機構設定 AI および教師用データの使用权(20 万円/年)	200	400	1,000	1,500	3,000
RBM 請負事業	・AI 搭載 RBM SaaS(uni-Planner) 販売(年間使用料 100 万円)	450	1,500	3,150	5,650	11,150
	・熟練技術者による RBM の初期設定および継続的コンサルティング(初期 300 万円、以降 50 万円/年)					
FFS 請負事業	・FFS SaaS(uni-Fitness) 販売(年間使用料)	200	500	1,000	1,500	2,000
	・FFS 評価資格保有者によるコンサルティングおよび教育(100 万円/件)					
腐食モニタリング	マルチクライアントプロジェクト(手法およびデータ共有)(参加費 25 万円)	125	250			
	腐食管理請負(50 万円/年)			500	1,000	2,000
計		975	2,650	5,650	9,650	18,150

また、経済産業省の海外でのスマート保安事業(下記 URL)を踏まえて、プラットフォームの海外展開を図る。

「日タイ スマート保安コンソーシアム設立」

<https://www.meti.go.jp/press/2020/02/20210225006/20210225006.html>

「インドネシア政府との間でのスマート保安に関する協力覚書に署名」

<https://www.meti.go.jp/press/2021/01/20220126002/20220126002.html>

## 2) AI 活用中小製造業技術伝承支援事業

図7に示した熟練技術者の暗黙知を AI 化する手法について、技術継承問題を抱える中小製造業から、支援の打診があり、図 3-10-2 に示す体制での事業を計画している。

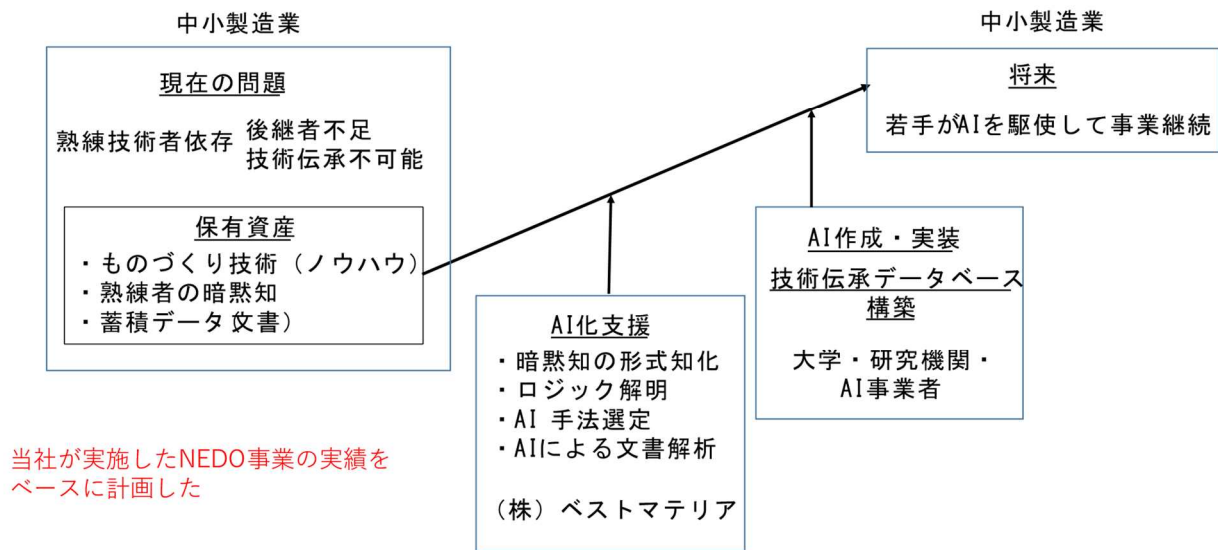


図 3-10-2. 中小製造業の技術伝承 AI 開発プロジェクト体制

<付属資料: 成果普及の取り組み、特許の状況>

(1) 論文

<論文>

所属	発表者	タイトル	発表誌名	発表年月
The University of Tokyo, Chitose Laboratory Corp. NRI System Techno Ltd., Nagaoka University of Technology	Kaori Itto-Nakama, Shun Watanabe, Naoko Kondo, Shinsuke Ohnuki, Ryota Kikuchi, Toru Nakamura, Wataru Ogasawara, Ken Kasahara, Yoshikazu Ohya	AI-based forecasting of ethanol fermentation using yeast morphological data	the Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry	2021年11月
日大、ベストマテリア、東工大	宮路瑠唯、三友信夫、松田宏康、久保内昌敬	耐食 FRP など化学プラントで用いられる有機材料の損傷機構判定評価のための人工知能(AI)に関する研究	強化プラスチック	2021年4月
横国大、ベストマテリア	酒井信介、木原重光	サポートベクターマシンを用いたプラント保全データの信頼性評価	圧力技術	2021年5月
日大、ベストマテリア、東工大	宮路瑠唯、三友信夫、松田宏康、久保内昌敬	非金属材料の腐食機構等の AI 予測システムの開発	材料と環境	2022年5月
ベストマテリア	木原重光、松田宏康	プラント保全における AI 開発 プラント保全を担う熟練専門家の設備損傷判定の暗黙知を AI 化する仕組み	化学工学	2022年6月
ベストマテリア、IMC	木原重光、松田宏康、小林大祐	損傷機構選定 AI によるリスクベースメンテナンスの省人化	高圧ガス	2022年6月
ベストマテリア、IMC	木原重光、松田宏康、富士彰夫、小林大祐	RBM,FFS およびオンラインモニタリングによる保全 DX	高圧ガス	2022年8月
ベストマテリア、日大	松田宏康、宮澤正純、川村文夫、三友信夫	金属材料の腐食機構の AI 予測システムの開発	材料と環境	2022年9月
広島大学 (助成先: 凸版印刷)	中前和恭	Detailed profiling with MaChIAta reveals various genomic and epigenomic features affecting the efficacy of knock-out, short homology-based knock-in and Prime Editing	bioRxiv(プレプリントサーバー)	2022年6月
アウェイクンジャパン株式会社、GalateaBio	沼倉 健介, 松田 裕太, 高野 誠大, Arturo Lopez-Pineda, Manvi Vernekar, Sonia Moreno Grau, Agustin Rojas-Muñoz, Babak Moatamed, Ming Ta Michael Lee, Marco A. Nava- Aguilar, Gilberto Gonzalez- Arroyo, Alexander Ioannidis, Nicholas Katsanis, Carlos D. Bustamante	Validating and automating learning of cardiometabolic polygenic risk scores from direct-to-consumer genetic and phenotypic data: implications for scaling precision health research	medrxiv.org	2022年3月



## (2) 研究発表・講演

〈研究発表・講演〉

所属	発表者	タイトル	研究会名・会議名	発表年月
株式会社ちとせ研究所	笠原堅	コンボリユーショナルデータを活用したバイオ生産 AI 制御システム	BioJapan2020(JBA のスポンサーセミナー)	2020 年 10 月
株式会社ちとせ研究所	庄野暢晃	AI の活用を前提とした多次元データを取得するセンシングデバイス	シーエムシーリサーチ "AI 技術を活用したバイオ生産システムが産業のバイオ化を加速する"	2020 年 11 月
株式会社ちとせ研究所	笠原堅	コンボリユーショナルデータを活用したバイオ生産マネジメント	バイオ医薬 EXPO	2020 年 11 月
長岡技術科学大学 (助成先:ちとせ研究所)	井谷綾花	セルラーゼ高生産糸状菌 <i>Trichoderma reesei</i> の菌糸伸長制御および形態観察にむけたマイクロ流体デバイスの開発	糸状菌分子生物学研究会若手の会 第 8 回ワークショップ@web	2020 年 11 月
京都大学 (助成先:ちとせ研究所)	菊地亮太	データサイエンスを活用した日本酒醸造工程の予測システムの実証試験	日本酒 AI 専門技術研究会	2020 年 11 月
京都大学 (助成先:ちとせ研究所)	菊地亮太	バイオ × デジタル × デバイスを学ぶ教育基盤構想について	シーエムシーリサーチ "AI 技術を活用したバイオ生産システムが産業のバイオ化を加速する"	2020 年 11 月
株式会社ちとせ研究所	笠原堅	背景～世界のバイオ戦略におけるバイオ生産システムと事業像	シーエムシーリサーチ "AI 技術を活用したバイオ生産システムが産業のバイオ化を加速する"	2020 年 11 月
株式会社ちとせ研究所	庄野暢晃、笠原堅、藤田朋宏	コンボリユーショナルデータを活用したバイオ生産マネジメント	生物工学会誌 東日本支部・温故知新	2020 年 7 月
長岡技術科学大学 (助成先:ちとせ研究所)	井谷綾花	糸状菌 <i>Trichoderma reesei</i> の菌糸伸長制御および形態観察にむけたマイクロ流体デバイスの開発	日本機械学会 2020 年度年次大会	2020 年 9 月
長岡技術科学大学 (助成先:ちとせ研究所)	尾田陽哉	酵母観察のための表面処理マイクロ流体デバイスの試作	日本機械学会 2020 年度年次大会	2020 年 9 月
京都大学 (助成先:ちとせ研究所)	菊地亮太	醸造 AI 実証試験の取り組みからデータサイエンスの活用を考える	令和 2 年度京都酒造興行研究会酒造技術講演会	2020 年 9 月
株式会社ちとせ研究所	—	ユーザー民間企業等を対象とした成果報告会	—	2021 年 2 月
長岡技術科学大学 (助成先:ちとせ研究所)	尾田陽哉	層流を利用した PDMS 管路内部の流体制御	第 12 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム	2021 年 11 月
長岡技術科学大学 (助成先:ちとせ研究所)	井谷綾花	糸状菌 <i>Trichoderma reesei</i> の形態形成とセルラーゼ生産性の相関解析にむけた菌糸伸長制御マイクロ流体システムの開発	糸状菌カンファレンス	2021 年 11 月
長岡技術科学大学 (助成先:ちとせ研究所)	井谷綾花	セルラーゼ高生産糸状菌 <i>Trichoderma reesei</i> の形態観察にむけた菌糸伸長制御マイクロ流体デバイスの開発	日本農芸化学会 2021 年度大会@web	2021 年 3 月
株式会社ちとせ研究所	笠原堅	バイオ生産マネジメント(AI 技術の活用)	【日本生物工学会 100 周年記念事業】教育セミナー「培養技術勉強会」	2021 年 3 月
東京大学 (助成先:ちとせ研究所)	一刀かおり	エタノール発酵量を細胞形態からリアルタイムに予想する AI の開発	酵母遺伝学フォーラム	2021 年 8 月
株式会社ちとせ研究所	—	AI を活用したバイオ生産マネジメントシステムの開発/株式会社ちとせ研究所	Start!ps	2022 年 3 月
旭化成株式会社	中原正大	CUI estimation modeling based on the inspection data	NACE EAPA Conference in Japan	2019 年 11 月
旭化成株式会社	中原正大	保温材下腐食発生予測モデル開発	安全工学会、安全工学	2020 年 12 月

所属	発表者	タイトル	研究会名・会議名	発表年月
旭化成株式会社	中原正大	Development and verification of Corrosion Under Insulation estimation model based on the inspection data submitted by Japanese chemical companies	MTI Symposium2020	2020年2月
旭化成株式会社	中原正大	化学プラントでの保温材下腐食検査データを基にした腐食発生予測モデルの開発	腐食防食学会、「材料と環境 2020」	2020年5月
旭化成株式会社	中原正大	設備データを基にした保温材下腐食(CUI)発生要因とその発生予測	日本材料学会、腐食防食部門委員会、例会	2020年9月
旭化成株式会社	中原正大	保温材下腐食発生予測モデル開発	KCI主催、高経年化プラントの維持管理コンファランス	2021年2月
旭化成株式会社	中原正大	各社協調による設備データ収集とそれを基にした保温材下腐食(CUI)発生予測モデルの開発	(株)技術情報協会編、プラントのDX化による生産性向上、保安の高度化	2022年4月
旭化成株式会社	中原正大	保温材下腐食(CUI)の検査データ解析による予測モデル開発	化学工学会、化学工学	2022年6月
旭化成株式会社	中原正大	プラントデータに基づく保温材下腐食(CUI)の特徴とその予測	日本工業出版(株)、CUIの管理と設計セミナー	2022年7月
旭化成株式会社	中原正大	化学プラントにおける保温材下腐食の発生予測モデルの開発	産報出版(株)、非破壊検査フォーラム	2022年7月
株式会社メタジェン	水口佳紀	「腸内フローラ情報」は生活習慣改善に役立つのか～先端技術に応用した共同研究のご紹介～	SOMPOヘルスサポート株式会社が主催するウェビナー	2021年8月
株式会社メタジェン	水口佳紀	腸内環境情報を利用した生活習慣指導 AIの開発	BioJapan2021	2021年10月
株式会社メタジェン	一	助成事業の取り組み	SPORTEC 2021	2021年12月
株式会社メタジェン	福田真嗣	次世代腸内環境評価に基づくダイエットサポート事業の構築	イノベーションリーダーズサミット 2022	2022年2月
株式会社メタジェン	山田拓司	腸内細菌データを活用したビジネスの可能性	健康博覧会 2022	2022年2月
JEHC 業務用厨房機器共通IoTプラットフォーム構築WG (助成先:一般社団法人日本エレクトロヒートセンター)	北川、吉岡、関口	「食の安全・安心」を守る業務用厨房機器の共通IoTプラットフォームの開発の進捗	第14回エレクトロヒートシンポジウム技術発表	2019年11月
JEHC 業務用厨房機器共通IoTプラットフォーム構築WG (助成先:一般社団法人日本エレクトロヒートセンター)	北川、吉岡、関口	「食の安全・安心」を守る業務用厨房機器の共通IoTプラットフォームの開発(続報)	第15回エレクトロヒートシンポジウム技術発表	2020年10月
JEHC 業務用厨房機器共通IoTプラットフォーム構築WG (助成先:一般社団法人日本エレクトロヒートセンター)	北川、吉岡、関口	「食の安全・安心」を守る業務用厨房機器の共通IoTプラットフォームの開発	HCJ2020 厨房設備機器展セミナー	2020年2月
JEHC 業務用厨房機器共通IoTプラットフォーム構築WG (助成先:一般社団法人日本エレクトロヒートセンター)	村田、北川	食品産業のDXを推進する「インターネットオブキッチンプラットフォーム」活用ガイド	第16回エレクトロヒートシンポジウム技術発表	2021年11月
JEHC 業務用厨房機器共通IoTプラットフォーム構築WG (助成先:一般社団法人日本エレクトロヒートセンター)	北川、吉岡、関口	食の安全・安心をデータ化! 厨房機器共通IoTプラットフォームの開発	HCJ2021 厨房設備機器展セミナー	2021年2月

所属	発表者	タイトル	研究会名・会議名	発表年月
JEHC 業務用厨房機器共通IoTプラットフォーム構築WG (助成先:一般社団法人日本エレクトロヒートセンター)	村田、北川	食品産業のDXを推進する「インターネットオブキッチンプラットフォーム」活用ガイド	HCJ2022 厨房設備機器展セミナー	2022年2月
株式会社 MaaS Tech Japan	CTO 渡邊 徹志	Beyond 5G と Beyond MaaS	情報通信学会・光通信システム研究会「第34回光通信システムシンポジウム」	2020年12月
株式会社 MaaS Tech Japan	CTO 渡邊 徹志	ニューノーマル時代を支える「三密」回避技術	TRON SYMPOSIUM TRONSHOW	2021年12月
株式会社 MaaS Tech Japan	—	都市全体のモビリティデータを可視化！MaaSビッグデ	NEDO チャンネル	2021年12月
横国大 ベストマテリア	酒井信介 木原重光	サポートベクタマシンを用いたプラント保全データの信頼性評価	日本高圧力技術協会年会 2020年秋季	2020年10月
ベストマテリア、日大	松田宏康、宮澤正純、川村文夫、三友信夫	金属材料の腐食機構のAI予測システムの開発	腐食防食学会 2021年秋季	2021年10月
日大、ベストマテリア、東工大	三友信夫、宮路瑠唯、松田宏康、久保内昌敬	非金属材料の腐食機構等のAI予測システムの開発	第68回材料と環境討論会	2021年10月
日大、ベストマテリア、東工大	宮路瑠唯、三友信夫、松田宏康、久保内昌敬	非金属材料の損傷機構判定評価人工知能(AI)に関する研究-過学習に関する検討-	日本大学生産工学部第54回学術講演会	2021年12月
ベストマテリア	木原重光、松田宏康	プラント保全におけるAI開発	化学工学会年会 86年会	2021年3月
日大、ベストマテリア、東工大	宮路瑠唯、三友信夫、松田宏康、久保内昌敬	非金属材料の損傷機構判定評価AI(人工知能)に関する研究	一般社団法人日本材料科学会主催 2021年度学術講演大会	2021年5月
ベストマテリア	S.Kihara, T.Yoshida	DX(digital transformation) of boiler maintenance	MIMA(Material, Inspection, Monitoring & Assessment) Conference	2022年10月
ベストマテリア	木原重光、松田宏康	保全 DX(Digital Transformation)	化学工学会年会 87年会	2022年3月
日本大学 (助成先:ベストマテリア)	三友信夫	非金属材料の損傷機構のAI予測システムの開発	化学工学会第87年会	2022年3月
日大、ベストマテリア、東工大	宮路瑠唯、三友信夫、松田宏康、久保内昌敬	非金属材料の損傷機構判定評価人工知能(AI)に関する研究-損傷事例の追加-	化学工学会第87年会	2022年3月
ベストマテリア	木原重光、松田宏康、吉田敏明	プラント保全への技術開発	日本高圧力技術協会年会 2022年春季	2022年5月
日本大学 (助成先:ベストマテリア)	三友信夫	非金属材料の損傷機構のAI予測システムの開発	化学工学会 有機材料分科会 公開講演会	2022年6月
日本大学 (助成先:ベストマテリア)	三友信夫、宮路瑠唯	非金属材料の損傷機構のAI予測システムの開発	化学工学会 腐食分科会	2022年7月
日本大学 (助成先:ベストマテリア)	三友信夫、宮路瑠唯	非金属材料の損傷機構判定評価人工知能(AI)に関する研究	化学工学会 第53回秋季大会	2022年9月
日大、ベストマテリア、東工大	宮路瑠唯、三友信夫、松田宏康、久保内昌敬	材料の損傷機構判定評価人工知能(AI)に関する研究 -非金属材料を対象として-	化学工学会 第52回秋季大会	2021年9月

所属	発表者	タイトル	研究会名・会議名	発表年月
広島大学 (助成先:凸版印刷)	中前和恭	Detailed profiling with MaChIAto reveals various genomic and epigenomic features affecting the efficacy of MMEJ-assisted knock-in	CSHL meeting: Genome Engineering: Frontiers of CRISPR/Cas	2019年10月
広島大学 (助成先:凸版印刷)	中前和恭	Analysis of genomic and epigenomic features affecting the efficacy of MMEJ-assisted knock-in using machiato	Frontiers in Genome Engineering 2019	2019年11月
広島大学 (助成先:凸版印刷)	中前和恭	MMEJ 依存的ノックインの効率に寄与するゲノム・エピゲノム要因の解析	日本ゲノム編集学会第4回大会	2019年6月
広島大学 (助成先:凸版印刷)	中前和恭	MaChIAto: detailed profiling tool for various genomic features affecting the efficacy of CRISPR-based genome editing	第43回日本分子生物学会年会	2020年12月
広島大学 (助成先:凸版印刷)	中前和恭	Extended analysis of amplicon sequencing data with MaChIAto for prime editing	CSHL meeting: GENOME ENGINEERING: CRISPR FRONTIERS	2020年8月
広島大学 (助成先:凸版印刷)	中前和恭	Sequence-based parameters contributing to the efficiency of MMEJ-assisted knock-in and Prime Editing	CSHL meetings: GENOME ENGINEERING: CRISPR FRONTIERS	2021年8月
ビジネスエンジニアリング株式会社	伊与田 克宏	サプライチェーン組換えや全体最適評価可能な原価企画/見積シミュレーション開発	モノづくり日本会議・第39回新産業技術促進検討会	2022年5月
株式会社レクサー・リサーチ	中村昌弘	サイバーフィジカル経営戦略/シミュレーション統合生産	日経ビジネスフォーラム	2021年10月
株式会社レクサー・リサーチ	中村 昌弘	環境問題と経済性を統合最適化するサプライチェーン設計	モノづくり日本会議・第39回新産業技術促進検討会	2022年5月
金沢大学 (助成先:ロジックリサーチ)	大河 亮	プロセスに依存しない PDK(vPKD)で設計・試作したオペアンプの評価	電気学会電子回路研究会	2021年12月
金沢大学 (助成先:ロジックリサーチ)	大河 亮	複数プロセスでの製造を可能とする LSI 設計フローと PDK の構築	電気学会電子回路研究会	2021年3月
金沢大学 (助成先:ロジックリサーチ)	大河 亮	プロセスに依存しない LSI 設計・製造フローのための PDK の構築	第34回 回路とシステムワークショップ論文集	2021年8月
株式会社コアコンセプト・テクノロジー	株式会社コアコンセプト・テクノロジー	3D モデルの新しい表現方法の提案とそのビジネスモデル	第39回 新産業技術促進検討会	2022年5月
Rapyuta Robotics 株式会社	ガジャモーターハンマーハンナラージャ	Making Robots More Accessible	World Robot More Accessible	2021年9月
Rapyuta Robotics 株式会社	ガジャモーターハンマーハンナラージャ	ラピュタロボティクスが提供する現場で使えるロボティクス	2022 国際ロボット展	2022年3月
プラチナバイオ株式会社	中前和恭	ゲノム編集支援オープンプラットフォームの開発	BioJapan2021	2021年10月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	JDDW 神戸	JDDW 神戸 (報告)	2019年11月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	7th US-Japan Workshop	7th US-Japan Workshop (講演)	2020年1月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	日本消化管学会	日本消化管学会 (講演)	2020年2月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	日本癌治療学会	日本癌治療学会 (講演)	2020年10月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	JDDW2020	JDDW2020 (報告)	2020年11月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	川崎講演会	川崎講演会 (講演)	2020年11月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	日本消化管学会	日本消化管学会 (講演)	2021年2月

所属	発表者	タイトル	研究会名・会議名	発表年月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	日本医師会協議会	日本医師会協議会 (講演)	2021 年 3 月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	第 107 回消化器病学会総会	消化器病学会(シンポジウム)	2021 年 4 月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	第 110 回日本病理学会総会	日本病理学会総会(特別シンポジウム)	2021 年 4 月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	第 101 回日本消化器内視鏡学会総会	日本消化器内視鏡学会総会(教育講演)	2021 年 5 月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	Arab Health 2021	ArabHealth (Online Showcase)	2021 年 6 月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	Tokyo Live Endoscopy One	Tokyo Live(講演)	2021 年 7 月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	Singapore Gastric Cancer Consortium	SGCC(講演)	2021 年 7 月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	世界経済フォーラム	世界経済フォーラム(セミナー)	2021 年 9 月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	第 26 回福島県消化器病研究会	消化器病学会(講演)	2021 年 9 月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	世界に挑戦する日本の内視鏡 AI	BioJapan2021	2021 年 10 月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	日本消化器内視鏡学会(JDDW)	JDDW(登壇)	2021 年 11 月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	日本消化器内視鏡学会九州支部例会	JGES(登壇)	2021 年 12 月
株式会社 AI メディカルサービス	—	胃がんを AI で早期発見！内視鏡医療の精度向上・均てん化へ	NEDO チャンネル	2021 年 12 月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	日本消化器病学会東北支部例会	消化器病学会(講演)	2022 年 2 月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	横浜消化器内視鏡医会	内視鏡医会(登壇)	2022 年 2 月
株式会社 AI メディカルサービス	多田 智裕	日本消化管学会	GIW(講演)	2022 年 2 月
株式会社プレジジョン	佐藤寿彦	AI によって変わる医療の未来	BioJapan2021	2021 年 10 月
Hmcomm 株式会社	高井菜佑子	生体音 × AI による疾病リスクの検知システム開発	BioJapan2021	2021 年 10 月
株式会社スマートドライブ	—	ドラレコ、ETC2.0、デジタコ等をマルチデバイスで連携可能な Mobility Data 活用基盤	NEDO チャンネル	2021 年 12 月
株式会社スマートドライブ	—	モビリティセンシングデータプラットフォームの構築と Connected Car サービス特化型 AI SaaS の開発事業 / 株式会社スマートドライブ	Start!ps	2022 年 5 月
LocationMind 株式会社	—	位置情報ビッグデータを活用したリアルタイム人流予測技術の開発と AI サービスプラットフォームの実現 / LocationMind 株式会社	Start!ps	2022 年 4 月
株式会社カブク	足立 昌彦	多品種少量生産向けオンデマンド・サプライチェーン・プラットフォームの開発	モノづくり日本会議・第 39 回新産業技術促進検討会	2022 年 5 月
ラティス・テクノロジー株式会社	鳥谷 浩志	3D デジタルツインによる製造業 DX への挑戦—ダイナミックケイバリティを引き出す DX とは？	モノづくり日本会議・第 39 回新産業技術促進検討会	2022 年 5 月
株式会社パスコ	井手 修平	配車 DX 実現に向けて～パスコが見据えるビジョンと取組～	モノづくり日本会議・第 39 回新産業技術促進検討会	2022 年 5 月
ロボコム・アンド・エフエイコム株式会社	金谷 智昭	タイムベース戦略型サイバー・フィジカル・システムの開発により導かれる製造業上位系 DX ソリューション	モノづくり日本会議・第 39 回新産業技術促進検討会	2022 年 5 月
駿河精機株式会社	太田 英介	SURUGA Cyber Physical System によるサプライチェーン強靱化の実現	モノづくり日本会議・第 39 回新産業技術促進検討会	2022 年 5 月

## (3) 受賞実績

＜受賞実績＞

受賞者	主催団体等	受賞内容	受賞日時
旭化成株式会社	国土交通省、総務省、文部科学省、厚生労働省、農林水産省、経済産業省、防衛省	第4回インフラメンテナンス大賞優秀賞	2021年1月
株式会社 AI メディカルサービス	一般社団法人 電子情報技術産業協会(JEITA)	第5回 JEIA ベンチャー賞受賞	2020年4月
株式会社 AI メディカルサービス	一般社団法人 電子情報技術産業協会(JEITA)	CEATEC AWARD Co-Creation PARK グランプリ受賞	2020年10月
株式会社 AI メディカルサービス	Google	Google for Startups Accelerator Class 3 採択	2021年1月
株式会社 AI メディカルサービス	東京都産業労働局	東京都産業労働局「未来を拓くイノベーション TOKYO プロジェクト」採択	2021年1月
株式会社 AI メディカルサービス	世界経済フォーラム	世界経済フォーラム テクノロジー・パイオニア選出	2021年6月
株式会社 AI メディカルサービス	経済産業省	J-Startup 企業採択	2021年10月
株式会社 MaaS Tech Japan	日本マイクロソフト株式会社	マイクロソフト ジャパン パートナー オブ ザ イヤー 2020	2020年7月
株式会社 MaaS Tech Japan	日本マイクロソフト株式会社	マイクロソフト ジャパン パートナー オブ ザ イヤー 2022	2022年7月
ダイナミックマップ基盤株式会社	一般社団法人 電子情報技術産業協会(JEITA)	第5回 JEITA ベンチャー賞	2020年3月

## (4) プレス発表・ニュースリリース

〈プレス発表・ニュースリリース〉

所属	タイトル	掲載媒体名	発表年月
株式会社メタジェン	AIを活用！ 腸内環境タイプを考慮した減量支援プログラム「MG ダイエットサポート」を企業向けにサービス開始	自社 web ページ・PR TIMES	2022 年 6 月
株式会社 MaaS Tech Japan	TraISARE: Transport Information Store with Aggregator, Receiver and Encoder	公益社団法人自動車技術会会誌「自動車技術」Vol.74, No.7	2020 年 7 月
株式会社 MaaS Tech Japan	取り組み事例掲載	自動運転&MaaS ビジネス参入ガイド 周辺ビジネスから事業参入まで	2020 年 11 月
株式会社 MaaS Tech Japan	MaaS Tech Japan、MaaS データ基盤「TraISARE」β 版開発完了、「交通機関」×「人流データ」による混雑情報を公開	PR TIMES	2021 年 4 月
株式会社 MaaS Tech Japan	MaaS Tech Japan、交通データ×人流データによる混雑予測情報提供を通じた行動変容効果の検証結果を公表	PR TIMES	2021 年 6 月
株式会社 MaaS Tech Japan	混雑予測で5割の人が行動変容(日経BP専門誌から)	日経産業新聞	2021 年 8 月
株式会社 MaaS Tech Japan	移動情報の統合データ基盤「TraISARE」の β 版を開発 交通・人流データに基づく混雑情報が、行動変容に与える有効性を確認	2021 年度 NEDO 活動報告書アニュアルレポート	2022 年 6 月
株式会社スマートドライブ	モビリティ分野における IoT 利活用のさらなる促進を目指し、国内外でスマートドライブとソラコムがプラットフォーム連携開始	PR TIMES	2020 年
株式会社スマートドライブ	「SmartDrive Wi-Fi Hub」の開発・提供開始について	PR TIMES	2021 年
株式会社スマートドライブ	スマートドライブと JVC ケンウッドが業務提携 AI 搭載通信型ドライブレコーダー対応 法人向けテレマティクスサービスプラットフォームを提供開始	PR TIMES	2021 年
株式会社スマートドライブ	「Vector G」に関する特許取得について	PR TIMES	2022 年
株式会社スマートドライブ	一般財団法人 道路新産業開発機構(HIDO)と連携協定を締結	PR TIMES	2022 年
株式会社IMC	IOTA Joins Project Funded by Japanese Government Entity National R&D agency NEDO	Business wire	2020 年 9 月
凸版印刷株式会社	凸版印刷、広島大学、プラチナバイオ、ゲノム編集支援オープンプラットフォームを開発	自社 web サイト	2021 年 3 月
広島大学中前和恭	ウェブツールを使ってゲノム編集の標的サイトを検索する	遺伝子発現データを解釈しゲノム編集に応用する(AJACS オンライン8)	2021 年 8 月
ラティス・テクノロジー株式会社	バーチャル検証によるデジタル擦り合わせ機能を強化した「XVL VR」最新バージョンをリリース	自社 web サイト	2022 年 4 月
アウェイクンジャパン株式会社、GalateaBio	Ancestry-aware polygenic risk scores identify host factors behind susceptibility and disease outcomes associated to SARS-CoV-2 infection from a nationwide longitudinal direct-to-consumer survey of 30,000 individuals	The American Society of Human Genetics	2021 年 10 月
株式会社パスコ	次世代の TMS「LogiSTAR Geospatial LINKS」のサービスを開始- 中長距離の幹線輸送における配車支援と輸送情報が見える化 -	株式会社パスコ HP ニュースリリース	2022 年 6 月
Telexistence 株式会社	ロボが働く未来のローソン公開。宇宙船のような店内	Impress watch	2020 年 9 月
Telexistence 株式会社	ローソンに遠隔操作ロボ 商品陳列など開始へ	交通毎日新聞	2020 年 9 月
Telexistence 株式会社	ローソン、遠隔操作ロボットがペットボトルやおにぎりを陳列 人手不足解消への一歩	IT メディアビジネス	2020 年 9 月
Telexistence 株式会社	【共同リリース】人工知能ロボット「TX SCARA」をファミリーマート 300 店舗へ導入開始	自社 web サイト他	2022 年 8 月
株式会社ランドデータバンク	「中小建設業界に特化した高精度の与信システム」について特許出願	プレスリリース	2021 年 1 月

所属	タイトル	掲載媒体名	発表年月
株式会社ランドデータバンク	ランドデータバンクが「業界特性を活用した高精度と信シテム」について5件の特許を出願 中小零細企業向けの金融サービス提供も加速—NEDO 助成を受けた研究による5件の特許出願	プレスリリース	2022年1月
株式会社 Hacobu	物流情報プラットフォーム「MOVO」最新技術を駆使しシステム基盤を刷新 2020年夏に各サービスが新基盤上で稼働開始	自社ニュース	2020年4月
株式会社 Hacobu	Hacobuと日野自動車、オープンな物流情報プラットフォームの構築に向け、データ連携を開始	自社ニュース	2020年5月
株式会社 Hacobu	紙と電話の運送業界、新興勢がデータ駆動にギアシフト	日経産業新聞	2020年7月
株式会社 Hacobu	日野自動車のコネクティッドトラックで、Hacobuの動態管理サービス「MOVO Fleet」利用可能に 専用プランを10月1日提供開始	自社ニュース	2020年9月
株式会社 Hacobu	Data-Driven Logistics™の実現を目指す株式会社 Hacobu、社会課題解決を目指し、物流ビッグデータ活用に向けた体制強化を推進するとともに総額9.4億円の資金調達を実施	自社ニュース	2021年4月
インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ	IVI 理事長 西岡靖之氏に聞く、日本の製造業が発展するために今必要なこと	IoTNEWS	2022年6月
インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ	“つながるモノづくり”目指すIVIの次なる挑戦、カーボンニュートラル推進のカギ	MONOist	2022年7月
JEHC 業務用厨房機器共通IoTプラットフォーム構築WG	特集：厨房機器共通 IoT プラットフォームの開発	機関誌：エレクトロヒート(JEHC)寄稿	2020年1月
JEHC 業務用厨房機器共通IoTプラットフォーム構築WG	厨房機器共通 IoT プラットフォームの開発	月刊誌：厨房(日本厨房工業会)寄稿	2020年5月
JEHC 業務用厨房機器共通IoTプラットフォーム構築WG	食の安全安心をデータ化！ HACCP データ共通 IoT プラットフォームの開発	月刊誌：NEXT(扶洋)寄稿	2020年7月
日本エレクトロヒートセンター	「第15回エレクトロヒートシンポジウム」脱炭素イノベーションの実現	日刊工業新聞	2020年12月
JEHC 業務用厨房機器共通IoTプラットフォーム構築WG	食品産業のDXを推進する Internet of Kitchen Platform の開発	機関誌：エレクトロヒート(JEHC)寄稿	2021年3月
JEHC 業務用厨房機器共通IoTプラットフォーム構築WG	食品産業のDXを推進する Internet of Kitchen Platform 活用ガイド	機関誌：エレクトロヒート(JEHC)寄稿	2022年1月
株式会社プレジジョン	新型コロナウイルス感染症の症例報告に特化した検索エンジンを開発	PR TIMES	2020年5月
株式会社プレジジョン	AI 診療支援「今日の間診票」無償提供についてプレスリリース	PR TIMES	2021年1月
株式会社プレジジョン	助成事業での取り組み	NEDO 活動報告書 アニュアルレポート 2020	2021年6月
株式会社プレジジョン	助成事業での取り組み	NEDO IoT 推進部 2021年度事業紹介パンフレット	2021年7月
株式会社プレジジョン	名古屋医療センター、富士通と共同で、助成事業の取組を日経新聞からプレスリリース	日本経済新聞	2021年10月
Telexistence 株式会社	ローソン店舗にて遠隔操作ロボット、Model-Tによる商品陳列を開始	PR TIMES	2020年9月
株式会社ベストマテリア	プラントにおける先進的事例集に掲載	PR TIMES	2020年11月
Rapyuta Robotics 株式会社	複数のロボットを効率的に作業させる倉庫運営プラットフォームの開発に着手	PR TIMES	2020年12月
日本パレットレンタル株式会社	農林中金 ESGローン1号案件 レンタルパレットに	日刊水産経済新聞	2021年8月



所属	タイトル	掲載媒体名	発表年月
日本パレットレンタル株式会社	荷主同士で共同輸送探索 AI活用のサービス開始 移動データの蓄積生かす	化学工業日報	2021年9月
日本パレットレンタル株式会社	日本パレットレンタル、AIで共同輸送マッチング。異業種荷主つなぐ。平均実車率93%	日本海事新聞	2021年10月
日本パレットレンタル株式会社	群大、企業と新技術 最適輸送ルート 提案 物流界の人手不足解決	上毛新聞	2021年10月
株式会社コアコンセプト・テクノロジー	サプライチェーン強靱化に資する技術開発・実証事業	令和2年度ものづくり基盤技術の振興施策(第204回国会提出)のコラム	2021年5月
株式会社レクサー・リサーチ	サプライチェーン強靱化に資する技術開発・実証事業	令和2年度ものづくり基盤技術の振興施策(第204回国会提出)のコラム	2021年5月
株式会社カブク	サプライチェーン強靱化に資する技術開発・実証事業	令和2年度ものづくり基盤技術の振興施策(第204回国会提出)のコラム	2021年5月
ロボコム・アンド・エフエイコム株式会社	サプライチェーン強靱化に資する技術開発・実証事業	令和2年度ものづくり基盤技術の振興施策(第204回国会提出)のコラム	2021年5月
株式会社 AI メディカルサービス	GEATEC AWARD Co-Creation PARK 部門賞 「人工知能による胃がん内視鏡画像読影支援システム開発」	電波新聞	2020年12月
株式会社 AI メディカルサービス	助成事業での取り組み	NEDO 活動報告書 アニュアルレポート2020	2021年6月
株式会社 AI メディカルサービス	助成事業での取り組み	NEDO IoT 推進部 2021年度事業紹介パンフレット	2021年7月
独立行政法人情報処理推進機構	DX 促進に向けた文書を公開	IPA Web サイト	2020年6月

## (5) 展示会等への出展

〈展示会への出展〉

所属	展示名称	展示会名等	展示年月
株式会社 Hacobu	「運ぶを最適化する」デジタル物流情報プラットフォーム MOVVO	CEATEC 2021 ONLINE(NEDO ブース)	2021年10月
日本エレクトロヒートセンター	厨房機器共通IoTプラットフォームの開発	中部ソリューション提案会	2019年11月
フクシマガリレイ株式会社 (助成先:日本エレクトロヒートセンター)	厨房機器共通IoTプラットフォーム開発 厨房システム分科会への概要説明	OFSC 全体会	2019年12月
フクシマガリレイ株式会社 (助成先:日本エレクトロヒートセンター)	厨房機器共通IoTプラットフォーム開発 厨房システム分科会への開発状況説明	OFSC 全体会	2020年11月
株式会社扶洋 (助成先:日本エレクトロヒートセンター)	厨房機器共通IoTプラットフォームの開発 集中管理装置・紹介パネル展示	北海道ビジネスEXPO展示	2020年11月
フクシマガリレイ株式会社 (助成先:日本エレクトロヒートセンター)	厨房機器共通IoTプラットフォーム開発 厨房システム分科会活動報告	OFSC 全体会	2020年3月
フクシマガリレイ株式会社 (助成先:日本エレクトロヒートセンター)	厨房機器共通IoTプラットフォーム開発 厨房システム分科会年度活動計画説明	OFSC 全体会・総会	2020年6月
フクシマガリレイ株式会社 (助成先:日本エレクトロヒートセンター)	厨房機器共通IoTプラットフォーム開発 の紹介	MILAB クラブセミナー(フクシマガリレイ)	2021年1月
日本エレクトロヒートセンター	食の安全・安心をデータ化 IoTプラットフォームの開発【2020年度版】	フードシステムソリューション2021展示	2021年10月
株式会社扶洋 (助成先:日本エレクトロヒートセンター)	食品産業のDXを推進するインターネット オブ キッチン プラットフォーム 活用ガイド	北海道ビジネスEXPO展示	2021年11月
日本エレクトロヒートセンター	インターネット オブ キッチン プラットフォーム 厨房システム分科会活動説明	OFSC 全体会	2021年12月
日本エレクトロヒートセンター	インターネット オブ キッチン プラットフォーム 厨房システム分科会年度活動計画説明	HCJ2021 厨房設備機器展(日本厨房工業会)展示	2021年2月
中部電力ミライズ株式会社 (助成先:日本エレクトロヒートセンター)	インターネット オブ キッチン プラットフォーム 紹介パネル・PR 動画・周辺機器展示	中部ソリューション提案会	2021年2月
フクシマガリレイ株式会社 (助成先:日本エレクトロヒートセンター)	インターネット オブ キッチン プラットフォーム 集中管理装置・紹介パネル展示	フードテックカンファレンス(OFSC)	2021年3月
フクシマガリレイ株式会社 (助成先:日本エレクトロヒートセンター)	インターネット オブ キッチン プラットフォーム 厨房システム分科会活動報告	OFSC 全体会・総会	2021年6月
日本エレクトロヒートセンター	インターネット オブ キッチン プラットフォーム 紹介パネル・PR 動画・バーチャル厨房デモ 等	HCJ2022 厨房設備機器展(日本厨房工業会)展示	2022年2月
フクシマガリレイ株式会社 (助成先:日本エレクトロヒートセンター)	インターネット オブ キッチン プラットフォーム 厨房システム分科会活動報告	OFSC カンファレンス	2022年3月
JEHC 業務用厨房機器共通IoTプラットフォーム構築WG	インターネット オブ キッチン プラットフォーム バーチャル厨房デモ、PR リーフレット配布	FUYOCOMS2022(扶洋)展示	2022年5月
フクシマガリレイ株式会社 (助成先:日本エレクトロヒートセンター)	インターネット オブ キッチン プラットフォーム 厨房システム分科会年度活動計画説明	OFSC 全体会・総会	2022年6月
JEHC インターネットオブキッチンプラットフォーム 運営WG 各委員 (助成先:日本エレクトロヒートセンター)	インターネット オブ キッチン プラットフォーム バーチャル厨房デモ、PR リーフレット配布	FOOMAJAPAN2022展示	2022年6月
金沢大学 (助成先:ロジックリサーチ)	仮想的な PDK による設計手法と実践	SEMICON Japan 2021	2021年12月
株式会社コアコンセプト・テクノロジー	Dental DX Orizuru 3DCAM for Dentistry	医療と介護の総合展 大坂 2022	2022年2月
株式会社 MaaS Tech Japan	都市全体のモビリティデータを可視化！ MaaS ビッグデータ基盤	CEATEC 2020 ONLINE NEDO ブース内	2020年10月

所属	展示名称	展示会名等	展示年月
株式会社 MaaS Tech Japan	交通・都市の DX を支援！ MaaS ビッグデータ基盤	CEATEC 2021 ONLINE NEDO ブース内	2021 年 10 月
株式会社 MaaS Tech Japan	TraISARE(MaaS 移動情報統合データ基盤)	第 14 回川崎国際環境技術展	2021 年 11 月
株式会社 AI メディカルサービス	胃がんを AI で早期発見！ 内視鏡医療の精度向上・均てん化へ	CEATEC 2020 ONLINE NEDO ブース内	2020 年 10 月
株式会社 AI メディカルサービス	世界の患者を救う 内視鏡 AI クラウド読影システムによる胃がん検診支援	CEATEC 2021 ONLINE NEDO ブース内	2021 年 10 月
株式会社 AI メディカルサービス	胃がん検診支援内視鏡 AI クラウド読影システムの開発	BioJapan2021	2021 年 10 月
株式会社 AI メディカルサービス	胃がんを AI で早期発見！ 内視鏡医療の精度向上・均てん化へ	第 14 回川崎国際環境技術展	2021 年 11 月
Telexistence 株式会社	Telexistence の取組のメディア向けお披露目会	ファミリーマート METI 店	2021 年 11 月
株式会社エクサウィザーズ	エクサウィザーズの取り組み	国際ロボット(iREX2022)	2021 年 3 月
株式会社スマートドライブ	ドラレコ、ETC2.0、デジタコ等をマルチデバイスで連携可能な Mobility Data 活用基盤	CEATEC 2021 ONLINE NEDO ブース内	2021 年 10 月
ロボコム・アンド・エフエicom株式会社	タイムベース戦略型サイバー・フィジカル・システムで生産現場を革新！	CEATEC 2021 ONLINE NEDO ブース内	2021 年 10 月
凸版印刷株式会社	ゲノム編集支援オープンプラットフォームの開発	BioJapan2021	2021 年 10 月
Hmcomm 株式会社	心肺音可視化・AI 異常検知システム開発	BioJapan2021	2021 年 10 月
株式会社ちとせ研究所	AI と共に培養を知る／培養でつくる・バイオ生産 AI 制御プラットフォーム Mi-MAP	BioJapan2021	2021 年 10 月
株式会社メタジェン	腸内環境情報を利用した生活習慣指導 AI の開発	BioJapan2021	2021 年 10 月
株式会社プレジジョン	AI 診療支援で業務効率、質の向上、データ活用の3つを同時達成	BioJapan2021	2021 年 10 月

## (6) 特許

&lt;特許 &gt;

出願者	出願番号	国内	出願日	状態	名称
株式会社エクサウィザーズ	特願 2020-199307	国内	2020年12月1日	登録	アノテーション支援装置、方法、及びプログラム
株式会社エクサウィザーズ	特願 2022-033899	国内	2022年3月4日	出願	情報処理方法、情報処理システム及びプログラム
株式会社コアコンセプト・テクノロジー、 国立大学法人茨城大学	特願 2020-181457	国内	2020年10月29日	公開	情報処理方法及び情報処理装置
株式会社スマートドライブ	PCT/JP2021/034796	PCT	2021年9月22日	出願	情報処理方法、情報処理装置及びプログラム
株式会社スマートドライブ	特願 2022-507368	国内	2021年9月22日	登録	移動体挙動情報取得方法、移動体挙動情報取得装置及びプログラム
株式会社スマートドライブ	PCT/JP2021/034707	PCT	2021年9月22日	出願	情報処理方法、情報処理装置及びプログラム
株式会社スマートドライブ	特願 2022-500789	国内	2021年9月22日	登録	情報処理方法、情報処理装置及びプログラム
日本エレクトロヒートセンター	商願 2021-13120	国内	2021年2月4日	登録	インターネットオブキッチンプラットフォーム Internet of KitchenPlatform
株式会社 MaaS TechJapan	特願 2021-110081	国内	2021年7月1日	出願	プログラム及び情報処理装置
株式会社ちとせ研究所	11202114225T	シンガポール	2022年5月20日	登録	SYSTEM FOR INFERENCE OF MEASUREMENT TARGET DYNAMICSTATE USING REDOX POTENTIAL
株式会社パスコ	商願第 2021-151428 号	国内	2021年12月6日	公開	LogiSTAR Geospatial LINKS
旭化成(株)	PCT/JP2020/021487	PCT	2020年5月29日	公開	保温材下腐食発生予測モデルおよびプラント保全支援装置
旭化成(株)	特願 2021-521918	国内	2020年5月29日	登録	保温材下腐食発生予測モデルおよびプラント検査支援装置
旭化成(株)	PCT/JP2019/021869	PCT	2019年5月31日	公開	保全支援装置、保全支援用プログラム、及び保全支援方法
旭化成(株)	特願 2020-522645	国内	2019年5月31日	登録	保全支援装置、保全支援用プログラム、及び保全支援方法
株式会社ランドデータバンク	特願 2022-002234	国内	2022年1月11日	出願	与信システム
株式会社ランドデータバンク	特願 2022-002235	国内	2022年1月11日	出願	初期与信分析装置
株式会社ランドデータバンク	特願 2022-002236	国内	2022年1月11日	出願	口座情報利用型与信分析装置
株式会社ランドデータバンク	特願 2022-002237	国内	2022年1月11日	出願	入札落札情報利用型与信分析装置
株式会社ランドデータバンク	特願 2022-002238	国内	2022年1月11日	出願	名寄せ装置

「Connected Industries 推進のための  
協調領域データ共有・AI システム開発促進事業」基本計画

IoT 推進部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

①政策的な重要性

IoT、人工知能 (AI)、ビッグデータ等の第 4 次産業革命技術の進展により、実社会のあらゆる事業・情報がデータ化され、ネットワークを通じた自由なやりとりが可能となり、これまで実現不可能と思われていた社会の実現が可能になりつつある。また、AI 技術やビッグデータ技術等の技術の掛け合わせにより、革新的な製品やサービスが生み出されることも期待できる。例えば、無人自動走行、ものづくり現場における多品種少量生産、個人に最適化された医薬品の提供、インフラ保安の高度化等の実現が期待され、産業構造や就業構造を劇的に変える可能性を秘めている。

「必要なもの・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会の様々なニーズにきめ細かに対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といった様々な違いを乗り越え、生き活きと快適に暮らすことのできる」超スマート社会 (Society 5.0) の実現には、上記のような第 4 次産業革命技術やそれらを用いて創造される製品やサービスを次々と社会実装していかなくてはならない。

経済産業省は、Society 5.0 を実現するための我が国の産業が目指すべき姿 (コンセプト) として、「Connected Industries」を提唱した (2017 年 3 月)。Connected Industries は、既存産業とデジタル技術の「つながり」をはじめとして、機械、データ、技術、ヒト、組織など様々なものの繋がりによって新たな付加価値の創出や社会課題の解決を目指すものである。また、2017 年 10 月には、「Connected Industries 東京イニシアティブ 2017」を発表、「自動走行・モビリティサービス」、「バイオ・素材」、「スマートライフ」、「プラント・インフラ保安」、「ものづくり・ロボティクス」を 5 つの重点取り組み分野 (以下、「重点 5 分野」) として特定し、政策資源を集中投入することとした。

こうした状況を踏まえて、「Connected Industries 東京イニシアティブ 2017」や「未来投資戦略 2018」では、グローバル展開やアプリケーションの充実等を促進することによる協調領域のデータ共有や連携事例の拡大、およびデータ利活用の加速を行っていく方針を示している。

## ②我が国の状況

我が国は、企業の優れた「技術力」や大学等の「研究開発力」、高い教育水準の「人材」、ものづくりや医療等の「現場」から得られる豊富な「リアルデータ」等の点で恵まれた状況にあるが、こうした強みを経済・社会システムの革新や新ビジネスの創出にスピード感を持って活用できているとは言い難い状況である。

一方、人口減少や少子高齢化等、様々な社会課題に直面する「課題先進国」として、現場の豊富なリアルデータにより課題を特定し、データと AI 等の革新的技術を活用することにより課題解決を実現できれば、社会をより良く変えることに加えて、新たな価値創造を果たす可能性がある。社会課題解決にうまくつながることができれば、他国と比較して社会的摩擦を引き起こすことなく AI 等の新技術を社会に取り込むことができるため、優位な立ち位置にある。他国よりも早くソリューションを創出することができれば、グローバルな展開も期待できる。

## ③世界の取組状況

世界では、ICT 機器の爆発的な普及や、AI、ビッグデータ、IoT 等の社会実装が進む中、社会のあらゆる場面でデジタル化が進み、米国や中国等の有力企業（Google、Amazon、Microsoft、Facebook、Baidu 等）を中心に、革新的なデジタル製品・サービス・システムが新たな市場を開拓、占有している。また、現代の新たな価値の源泉である「データ」や、データと新しいアイデアを駆使して付加価値を創出する「人材」を巡る国際的な争奪戦が繰り広げられている。米国では、米国政府が 2016 年に「THE NATIONAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE RESEARCH AND DEVELOPMENT STRATEGIC PLAN」で、次世代の AI への投資や共用公共データセットの開発等の重要性を AI 研究開発の国家戦略として示している。EU では、2014 年から 2020 年まで実施される「Horizon 2020」で、AI プラットフォームの研究開発から応用分野の開発まで、様々なプロジェクトが実施されている。中国では、2016 年から 2018 年の 3 か年計画として「インターネットプラス AI 3 年行動実施方案」を策定し、世界トップクラスの中核企業を育成する等により、1.5 兆円級の AI 活用市場の創出を目指している。このように、国際競争の潮流の中で各国が鎬を削っている状況である。

我が国は豊富なリアルデータを有する点で優位性を築いているが、GAF A はバーチャルデータの領域だけでなく、リアルデータの領域にも徐々に進出してきている。自国の強みを最大限発揮しつつ、国際競争に勝てる規模感とスピード感で取組を行うことが必要である。

## ④本事業のねらい

2017 年度～2018 年度に NEDO が実施した「IoT を活用した新産業モデル創出基盤整備事業」では、特定分野ごとにデータの様式の統一やデータ契約のガイドラインの作成等、企業が協調すべきルール策定を行い、IoT 等によるデータの活

用を促進するための環境整備を推進した。また、2017年度補正予算の Connected Industries 経済対策として、データ連携を行うプラットフォームの創出を促すための「産業データ活用促進事業」を経済産業省が実施した。本事業では、データ連携に関する先導調査や、データ連携基盤のプロトタイプ開発等を支援した。

AI 関連産業向けの取組としては、2017年度補正予算の Connected Industries 経済対策として、AI ベンチャーと大手・中堅企業の連携による AI 利活用を促すための「AI システム共同開発支援事業」を NEDO が実施した。ベンチャー企業による AI システムの開発には、大手・中堅企業が保有する大量のリアルデータが不可欠であるが、大手・中堅企業のデータが開示されない、意思決定に時間がかかる、最終的な成果物の権利が大手・中堅企業側に偏る等、AI ベンチャーの事業拡大がなかなか進まない状況である。本事業では、AI ベンチャーが開発の主導権を持つ形で、1対1での AI システム共同開発を支援し、AI システムのビジネス化を支援した。

こうした流れを受け、本プロジェクトでは、業界横断型 AI システムの開発と業界共用データ基盤の開発を行う。具体的には、重点5分野のそれぞれの分野において、1対1ではなく複数社に対して先端的なソリューションの提供を可能とする AI SaaS の開発や、国内外の複数のデータホルダーが連携する統合プラットフォーム等の開発、データプラットフォームやアプリケーションのインタフェース連携の整備に必要な支援を実施することを通じて、AI アプリケーションとデータプラットフォーム等が一体となった成功事例を創出し、国内企業にとどまらない幅広いデータ連携による価値の創出を促進する。

## (2) 研究開発の目標

### ①アウトプット目標

<最終目標 (2021年度)>

#### 研究開発項目① 業界横断型 AI システムの開発

重点5分野において、解析精度やユーザビリティ等の観点で複数の企業から一定の評価を得た業界横断型 AI システム (グローバル AI SaaS) をそれぞれ1事例以上開発する。

#### 研究開発項目② 業界共用データ基盤の開発

重点5分野においてそれぞれ1事例以上の統合プラットフォームを構築する。本統合プラットフォームは、2件以上の海外のデータホルダーとの連携を実現する。

### ②アウトカム目標

研究開発成果の普及が本格的に加速する 2026年に AI SaaS の世界市場において、約3,000億円の市場を獲得する。

AI 関連産業において、グローバルに活躍する日本発のユニコーン企業又はこれ

と同等の成長性が期待される新規上場企業を、2026年までに5社以上創出する。

### ③アウトカム目標達成に向けての取組

公募にあたっては、当該グローバル AI SaaS がビジネスの実現可能性や Connected Industries 分科会で検討したデータプロファイル等に準拠しているか等の観点に基づく、事前に外部有識者による評価を行い、より規模感があり、ビジネスとして成功する期待値が高い案件を優先的に採択する。

グローバル AI SaaS の開発にあたっては、プロジェクト期間中にステージゲート審査を実施し、事業の加速・縮小や早期終了も含めた柔軟なマネジメントを実施する。

真に競争力のある開発成果を生み出すため、開発がある程度まとまって進捗した時点で段階的にユーザーからの評価を受け、開発計画へ反映させることを目的とした、ユーザビリティ評価を実施する。

プロジェクト成果の最大化や加速に繋げる取組として、プロジェクトの各実施チームにメンターを派遣し、必要に応じて開発の方向性の見直しや新たな事業者との連携の模索等に関して、専門的な助言が得られる体制を構築する。

日本発の AI 企業が海外での市場拡大を進めるための環境整備として、海外データホルダーとのデータ協調領域の拡大を進める。そのため、重点5分野におけるデータ共有プラットフォームの構築は海外連携を視野に入れて実施する。

### (3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙1の研究開発計画及び別紙2の研究開発スケジュールに基づき研究開発を実施する。

#### 【助成事業】

研究開発項目① 業界横断型 AI システムの開発

研究開発項目② 業界共用データ基盤の開発

上記の研究開発は、実用化に向けて企業の積極的な関与により推進されるべき研究開発であり、助成事業として実施する（NEDO 負担率：大企業 1/2 助成、中堅・中小・ベンチャー企業 2/3 助成）。

## 2. 研究開発の実施方式

### (1) 研究開発の実施体制

プロジェクトマネージャー（以下「PM」という。）に NEDO IoT 推進部 工藤 祥裕を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理し、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。

NEDO は公募により研究開発実施者を選定する。必要に応じて、実施期間中に複



数回公募を行う。外部環境の変化に機動的に対応するため、必要に応じて調査事業を実施する。情報産業再興の観点から、中小・ベンチャー企業が実施体制に含まれることも重視し、必要に応じて各種専門家の派遣等による中小・ベンチャー支援を実施する。

研究開発実施者は、企業や大学等の研究機関等（以下「団体」という。）のうち、原則として日本国内に研究開発拠点を有するものを対象とし、単独又は複数で研究開発に参加するものとする。ただし、国外の団体の特別の研究開発能力や研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点から必要な場合は、当該の研究開発等に限り国外の団体と連携して実施することができるものとする。

## （２）研究開発の運営管理

NEDO は、研究開発全体の管理、執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適時に把握し、必要な措置を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

### ①研究開発の進捗把握・管理

PM は、研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、外部有識者で構成する技術検討委員会を組織し、定期的に技術的評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努める。

### ②技術分野における動向の把握・分析

PM は、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し技術の普及方策を分析、検討する。なお、調査の効率化の観点から、本プロジェクトにおいて委託事業として実施する。

### ③研究開発テーマの評価

研究開発を効率的に推進するため、ステージゲート方式を適用する。研究開発項目①の開発フェーズを、サービス提供者とユーザーが 1 対 1 関係の段階のプロトタイプフェーズと、1 対 N 関係の段階の SaaS フェーズの 2 段階に分割し、プロトタイプフェーズは原則 1 年以内（ただしサービス特性は考慮し適切に判断）の開発期間とする。プロトタイプフェーズから SaaS フェーズへの移行や、SaaS フェーズの次年度継続の判断は、ステージゲート審査により行う。研究開発項目②についても、原則として 1 年程度の開発期間を経過するごとに、継続的な事業実施の妥当性に関する判断を、ステージゲート審査により行う。

## （３）その他

グローバル AI SaaS の開発にあたっては、プロジェクト期間中にステージゲート審査を実施し、事業の加速・縮小や早期終了も含めた柔軟なマネジメントを実

施する。

開発がある程度まとまって進捗した時点で、開発成果の市場受容性についてユーザーからの評価を受けるユーザビリティ評価を段階的に実施し、開発計画へ反映させる。また、海外の企業や投資家等とのマッチングなど、プロジェクト成果のグローバル展開に資する活動を必要に応じて開発計画に取り込むこととする。

プロジェクト成果の最大化や加速に繋げる取組として、プロジェクトの各実施テーマにメンターや専門家を派遣し、開発の方向性の見直しや新たな事業者との連携の模索等に関する専門的な助言や、研究開発で成果を出すことに可能な限り集中できるようにするために必要な支援が得られる体制を必要に応じて構築する。

国際的な AI・データエコシステムを創出するために、アーキテクチャ活用、人材育成手法、データ整備や保管等の技術的観点と、研究開発のためのテスト環境整備、業界横断で共通となる機能やデータのあり方、国際的な展開を見据えたうえでデータ流通を行うためのルール・制度等含めた法的観点、具体的なデータ利活用方法についても、調査実施や検討を行う。

### 3. 研究開発の実施期間

2019 年度から 2021 年度までの 3 年間

### 4. 評価に関する事項

NEDO は技術評価実施規程に基づき、技術的及び政策的観点から研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、プロジェクト評価を実施する。

2022 年度に事後評価を実施する。評価の時期は、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

### 5. その他重要事項

#### (1) 研究開発成果の取扱い

##### ① 共通基盤技術の形成に資する成果の普及

研究開発実施者は、研究成果を広範に普及するよう努めるものとする。NEDO は、研究開発実施者による研究成果の広範な普及を促進する。

研究開発成果のうち共通基盤技術に係るものについては、プロジェクト内で速やかに共有した後、NEDO 及び実施者が協力して普及に努めるものとする。

##### ② 標準化施策等との連携

得られた研究開発成果については、標準化等との連携を図ることとし、評価手法の提案、データの提供等、国内を中心として標準化活動を積極的に行う。

(2) 「プロジェクト基本計画」の見直し

PM は、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、プロジェクト内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等、プロジェクト基本計画を見直す等の対応を行う。中間評価や日常のマネジメントをとおした基本計画の見直しの方針を説明する。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第3号および第9号に基づき実施する。

(4) その他

本事業の実施を通じて、イノベーションの担い手として重要な若手研究者及び女性研究員の育成や中堅・中小・ベンチャー企業等を支援することとする。

6. 基本計画の改訂履歴

- (1) 2019年1月、制定
- (2) 2020年1月、改定
- (3) 2020年4月、改定
- (4) 2020年12月、改訂

## （別紙1）研究開発計画

### 研究開発項目①業界横断型 AI システムの開発

#### 1. 研究開発の必要性

第4次産業革命下のグローバルビジネスで勝つためには、先端的ソリューションを持つ AI ベンチャー等とリアルデータを持つ大手・中堅企業の連携による AI システムの開発が重要である。我が国は、強みである産業現場のノウハウ（リアルデータ）を AI システム化し、グローバルに展開できるポテンシャルを有している。しかし、従前の1対1関係の共同開発では、AI システムが各社専用となり、ビジネス的な広がりが期待できず、また開発に時間を要する等の課題がある。

本研究開発項目では、AI システムの SaaS 化を行い、囲い込み型の AI システムと比較してより多くのデータを活用することで解析精度の向上を目指すとともに、SaaS 化でこれまでよりも広い利用者を獲得することで、より開発スピードが早く、安価で、スケール可能な AI システムが実現可能となる。これにより、日本の AI ベンチャーのグローバルな成長を加速させると共に、これまでのようにハードだけではない、新たなインフラ輸出の形を創出することが期待できる。

#### 2. 研究開発の具体的内容

重点5分野を対象として、1対1ではなく複数社に対してサービスの提供を可能とする業界横断型 AI SaaS の開発を行う。開発にあたっては、生産性・効率の向上、ユーザビリティ、コスト、安定運用、継続性等の観点で優れたものを目指す

開発は、サービス提供者とユーザーが1対1関係の段階のプロトタイプフェーズと、1対N関係の段階の SaaS フェーズの2段階を対象として実施する。各フェーズ原則1年の開発として、プロトタイプフェーズから SaaS フェーズへの移行や、SaaS フェーズの次年度継続の判断は、ステージゲート審査により行う。

また、開発がある程度まとまって進捗した時点で段階的にユーザーからの評価を受け、開発計画へ反映させることを目的として、ユーザビリティ評価の実施を実施計画に定めるものとする。

#### 3. 達成目標

重点5分野において、解析精度やユーザビリティ等の観点で複数の企業から一定の評価を得た業界横断型 AI システム（Global AI SaaS）をそれぞれ1事例以上開発する。

## 研究開発項目② 業界共用データ基盤の開発

### 1. 研究開発の必要性

データは規模の経済性が働くが、我が国においては、個社の自前主義や過剰な囲い込み等で競合他社を含む国内外の様々なデータホルダーとのデータの共有・共有が進んでいないことが課題である。本研究開発項目では、協調領域におけるデータ共有にとどまらない、データ活用の促進に繋がるプラットフォームの構築やデジタルツールの開発を行い、個社の囲い込みを打破し、データの継続的な利活用への変革を促すことが必要である。

### 2. 研究開発の具体的内容

重点5分野における国内外のプラットフォームを連携するためのAPI、サービス開発に繋がるデータ提供の仕組み、データ連携の促進に繋がるデジタルツール等の開発を行う。また、複数のデータホルダーが連携した統合プラットフォームの構築を行う。当該プラットフォームの有用性を検証するため、当該プラットフォームのデータを活用した具体的なサービスの開発及び効果の検証を行う。

開発の実施にあたっては、リアルタイム性、ブロックチェーンの活用等、技術的に高度な仕組みを追求する。また、過去の事業で検討を行ったデータプロファイルや標準API等の検討結果も踏まえて実施する。

また、開発がある程度まとまって進捗した時点で段階的にユーザーからの評価を受け、開発計画へ反映させることを目的として、ユーザビリティ評価の実施を実施計画に定めるものとする。

併せて、これらの取組で構築される統合プラットフォーム上の情報資産を安全に管理するためのセキュリティ手法について、試験研究を行う。

### 3. 達成目標

重点5分野においてそれぞれ1事例以上の統合プラットフォームを構築する。本統合プラットフォームは、2件以上の海外のデータホルダーとの連携を実現する。

(別紙2) 研究開発スケジュール

	2019年	2020年	2021年
研究開発項目① 業界横断型 AI システムの開発	AI システムプロトタイプ開発		
	AI SaaS 開発 (2~3 社による導入評価)	AI SaaS 開発 (2~3 社による導入評価)	AI SaaS 開発 (2~3 社による導入評価)
研究開発項目② 業界共用データ基盤の開発	統合プラットフォーム開発 (第1次公募分)		
		統合プラットフォーム開発 (第2次公募分)	
			セキュリティ手法の試験研究