

「中小企業基盤技術継承支援事業」  
事後評価報告書

平成21年10月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

研究評価委員会

平成21年10月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
理事長 村田 成二 殿

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会 委員長 西村 吉雄

NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、別添のとおり  
評価結果について報告します。

## 目 次

はじめに	1
分科会委員名簿	2
審議経過	3
評価概要	4
研究評価委員会におけるコメント	7
研究評価委員会委員名簿	8
第1章 評価	
1. プロジェクト全体に関する評価結果	1-1
1. 1 総論	
1. 2 各論	
2. 個別テーマに関する評価結果	1-19
2. 1 技術・技能の継承・共有化ツール (加工テンプレート) の開発	
2. 2 工程・製造設計支援アプリケーション 構築技術開発	
3. 評点結果	1-32
第2章 評価対象プロジェクト	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会における説明資料	2-2
参考資料1 評価の実施方法	参考資料 1-1
参考資料2 評価に係る被評価者意見	参考資料 2-1

## はじめに

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される研究評価分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「中小企業基盤技術継承支援事業」の事後評価報告書であり、第18回研究評価委員会において設置された「中小企業基盤技術継承支援事業」（事後評価）研究評価分科会において評価報告書案を策定し、第23回研究評価委員会（平成21年10月29日）に諮り、確定されたものである。

平成21年10月  
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会

「中小企業基盤技術継承支援事業」

事後評価分科会委員名簿

(平成21年7月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	さいとう よしお 齋藤 義夫	東京工業大学 大学院理工学研究科 機械制御システム専攻 教授
分科 会長 代理	さくらい だいはちろう 櫻井 大八郎	ものづくり大学 技能工芸学部 製造技能工芸学科 教授
委員	あおやま ひでき 青山 英樹	慶應義塾大学 理工学部 システムデザイン工学科 教授
	いしかわ ひでたか 石川 英孝	株式会社ヒキフネ 専務取締役
	しらせ けいいち 白瀬 敬一	神戸大学 大学院工学研究科 機械工学専攻 教授
	ひらおか ひろゆき 平岡 弘之	中央大学 理工学部 精密機械工学科 教授
	やまざき かずお 山崎 和雄	日刊工業新聞社 論説委員

敬称略、五十音順

## 審議経過

### ● 第1回 分科会（平成21年7月28日）

#### 公開セッション

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法について
4. 評価報告書の構成について
5. プロジェクトの概要説明
6. プロジェクトの詳細説明
7. 全体を通しての質疑
8. まとめ・講評
9. 今後の予定、その他、閉会

### ● 第23回研究評価委員会（平成21年10月29日）

## 評価概要

### 1. 総論

#### 1) 総合評価

日本の工業技術の基盤を構成する中小企業の熟練技能者固有の技能を次の世代に伝えることは極めて重要である。団塊世代の大量引退時代を迎える中、必要不可欠な課題にもかかわらず、その継承手法の開発については民間の中小企業レベルでの実施は困難で、具体的な継承方法が見出せずにいたが、この課題に正面から取り組み、わが国のモノづくりの国際競争力強化につなげた本研究開発は、NEDOの事業として妥当である。

中小企業の熟練者が経験的に獲得したもののづくりに関する技能・ノウハウなどの暗黙知を形式知化し、デジタル技術で簡易に活用できるシステム・仕組みを開発しており、代表例のみとはいえ、具体的な形にまとめ、高度な成果を上げた点は十分評価できる。ただ、多くの中小企業が“簡単に使いこなす”ところまで行っているかは疑問であり、技術の継承の方法論及び費用対効果の観点から評価することも必要で、この成果を多くの中小企業が“簡単に使いこなせる”ようにブラッシュアップする必要がある。また、技術情報が陳腐化しないように、維持管理を行い継続性のある運用が求められる。さらに、全国の中小企業に成果を広めるには、大企業を定年退職した技術者などを動員して、普及させる“伝道師”を育てるといった工夫も必要ではないだろうか。

#### 2) 今後に対する提言

中小企業における技術の蓄積とその有効利用は企業の存続に係る重要な課題である。テンプレートの普及やアプリケーション構築技術の利用はその課題解決のための開発で、一定の成果を上げているが、これらを実用化していくための人材育成、広報活動、また今回の成果をレベルアップするためのメンテナンス等に未だ課題を残している。

そこで、本研究の成果を普及させるためには、中小企業の技術継承の活動自体が自律的に発展し始めるレベルに達するまで、経済産業省、研究開発者、NEDO等が一体となって、その活動を支援する体制を整える必要がある。継続的なデータの更新と開発システムを活用して頂くための継続的な活動が期待される。

## 2. 各論

### 1) 事業の位置付け・必要性について

わが国のモノづくりは、産業の裾野を形成する中小企業が持つ充実した高度な製品加工技術に支えられた高性能や高信頼性が国際競争力の源泉となっており、その中小企業を熟練技能者が支えている。多くの熟練技能者が団塊の世代に属し、年齢的に職場を去っていく中で、彼ら固有の技能を次の世代に伝えて行くことは、中小企業だけでなく、わが国のモノづくり産業にとって喫緊の課題である。

一方、大企業では、本事業に比べると小規模であるが、ノウハウや企業ルールのドキュメント化あるいはデータ化を試みているのに対し、中小企業による民間活動だけでこのような仕組みを独自に構築することは難しい。

本事業により、熟練技能の伝承を支援するツール（テンプレート化とIT化）を開発したことは、モノづくり産業の技術力を維持し国際競争力強化というわが国の政策に合致するものであり、公共性は高く、NEDOの関与は妥当である。

### 2) 研究開発マネジメントについて

研究開発目標の設定、研究開発計画とも妥当である。技能の継承・共有化のため、産総研、理研を中心に、大学、公設技術センター、企業等の協力を得て、全体としての活動を取りまとめ、加工技術に関する技能の情報集積ならびに加工テンプレート、及び専門知識を必要としない業務用アプリケーションソフトを構築し、所期の目標を達成したことは高く評価できる。

しかしながら、本事業の実施過程の中で、当初計画から予算などの変更が行われ、厳しい状況変化があったことは理解できるが、取り上げた加工における技能継承のポイントをさらに明確にして頂きたかった。

### 3) 研究開発成果について

熟練技能者の技能、技術、判断の根拠、ノウハウを抽出、整理し、加工テンプレートとして蓄積するという、非常に高度で難しいテーマに挑戦し、よく努力した結果、専門知識なしにシステム開発が可能な工程・製造設計支援アプリケーション構築技術を含め、設定した目標をほとんどクリアし、完成への道筋を示し得たことは、十分な成果である。

研究開発成果が実際に意義をもつかどうかは、今後の成果の普及活動に依存するため、テンプレートやプラットフォームの将来像、あるいは技術継承の今後に関して、成果の自己分析を行うとともに、情報の発信と情報の収集などを並行して行い、中小企業の作業者が簡易に使い、より使いやすくなるように完成度を高めることが肝要である。



特許出願、論文発表、講演、解説など成果の普及活動は積極的になされているが、新聞報道がやや少ないので、新聞、テレビなどのメディアを通じて、地方の中小企業などに普及するなどの成果の広報に取り組んで欲しい。

#### 4) 実用化の見通しについて

加工テンプレートは、すでに研究開発段階で中小企業が試用し、実用化の見通しをある程度得ており、工程・製造設計支援アプリケーション構築技術は一部実用化を開始し、ソフトウェアベンダー8社と契約して技術移転を進めるということで、実用化の可能性は十分にある。

産総研では「中小企業技術・技能継承プログラム」を実施して加工テンプレートの導入、使用方法、背景にある基礎知識の講習を予定し、公設試験研究機関とのネットワークを活用して地域企業への普及していることは評価できる。理研も「技能継承支援機構」を設置し、加工テンプレートのユーザーへのサポートを始めるなど、実用化に向けた努力は感じられる。

日本には非常にたくさんの中小企業が存在し、これらの企業では、データ採取もままならぬ状況に置かれている。そこで普及のためには、中小企業へ出向いて、各企業におけるノウハウの抽出活動について、方法を教授するのみならず、できる限り中小企業や技能者の負担を軽減するために一緒に実施するなどのもう一工夫が必要であり、その継続的活動に期待する。

## 研究評価委員会におけるコメント

第23回研究評価委員会（平成21年10月29日開催）に諮り、了承された。研究評価委員会からのコメントは特になし。

## 研究評価委員会

委員名簿（敬称略、五十音順）

職 位	氏 名	所 属、役 職
委員長	西村 吉雄	学校法人早稲田大学大学院 政治学研究科 (科学技術ジャーナリスト養成プログラム) 客員教授
委員長 代理	吉原 一紘	オミクロンナノテクノロジージャパン株式会社 最高顧問
委員	安宅 龍明	オリンパス株式会社 新規中核事業企画本部 ヘルスケア事業開発部 企画グループ コーディネーター
	伊東 弘一	学校法人早稲田大学 理工学術院総合研究所 客員教授（専任）
	稲葉 陽二	日本大学 法学部 教授
	大西 優	株式会社カネカ 顧問
	尾形 仁士	三菱電機エンジニアリング株式会社 取締役社長
	小林 直人	学校法人早稲田大学 研究戦略センター 教授
	小柳 光正	国立大学法人東北大学大学院 工学研究科 バイオロボティクス専攻 教授
	佐久間一郎	国立大学法人東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学 精密機械工学専攻 教授
	菅野 純夫	国立大学法人東京大学大学院 新領域創成科学研究科 メディカルゲノム専攻 教授
	富田 房男	放送大学 北海道学習センター 所長
	架谷 昌信	愛知工業大学 工学機械学科 教授・総合技術研究所所長
宮島 篤	国立大学法人東京大学 分子細胞生物学研究所 教授	

## 第1章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の「○」「●」「・」が付された箇条書きは、評価委員のコメントを原文のまま、参考として掲載したものである。

## 1. プロジェクト全体に関する評価結果

### 1. 1 総論

#### 1) 総合評価

日本の工業技術の基盤を構成する中小企業の熟練技能者固有の技能を次の世代に伝えることは極めて重要である。団塊世代の大量引退時代を迎える中、必要不可欠な課題にもかかわらず、その継承手法の開発については民間の中小企業レベルでの実施は困難で、具体的な継承方法が見出せずにいたが、この課題に正面から取り組み、わが国のモノづくりの国際競争力強化につなげた本研究開発は、NEDOの事業として妥当である。

中小企業の熟練者が経験的に獲得したものづくりに関する技能・ノウハウなどの暗黙知を形式知化し、デジタル技術で簡易に活用できるシステム・仕組みを開発しており、代表例のみとはいえ、具体的な形にまとめ、高度な成果を上げた点は十分評価できる。ただ、多くの中小企業が“簡単に使いこなす”ところまで行っているかは疑問であり、技術の継承の方法論及び費用対効果の観点から評価することも必要で、この成果を多くの中小企業が“簡単に使いこなせる”ようにブラッシュアップする必要がある。また、技術情報が陳腐化しないように、維持管理を行い継続性のある運用が求められる。さらに、全国の中小企業に成果を広めるには、大企業を定年退職した技術者などを動員して、普及させる“伝道師”を育てるといった工夫も必要ではないだろうか。

#### <肯定的意見>

- 中小企業では技術者、技能者の育成が難しく、技術の伝承の重要性が指摘されている。この点に焦点をおいた事業として、真剣に取り組んでいることは高く評価できる。成果として具体的な形にまとめている点も努力が認められる。
- 我国は高度ものづくりによりその基盤が維持されており、縄文時代から技能・技術に対する関心は高く、弥生時代以降においても「ものづくり系豪族」とその子孫たちが力を持っていた。この傾向は第二次世界大戦後もしばらくは継続していたが、近年金銭を商品とする考えが強くなり、「ものづくり系」の人材は低減の傾向を強めている。このような中で、日本の工業技術の基盤を構成する中小企業の技術・技能の継承事業を行うことは極めて重要であり、また団塊世代の大量引退時代を迎え、この事業を実施することは時宜を得たことと評価する。

また、技能・技術のIT化という極めて困難な内容に立ち向かったことは称賛に値する。与えられた時間と予算の中でPLを初めてして構成員全体がよく努力し、代表例のみとはいえ高度な成果を上げられたことに敬意を表したい。

- 本事業は、中小企業の熟練者が経験的に獲得したものづくりに関する技能・ノウハウといった暗黙知を形式知化し、デジタル技術で活用できるようにするシステム・仕組みを開発するものであり、その仕組み（ノウハウ抽出とデータ化およびその活用）の自由度が高ければ今後の日本企業の財産を再利用できるものとなり、総論的には高く評価できる。
- 技能継承を重んじる又は将来的な課題とする中小企業にとっては必要不可欠なテーマである。しかしながら具体的な継承方法が見出せずにいた。今回の成果によって、継承のひとつの良ききっかけになるものと思う。
- 中小製造業の優れた技能・技術を次世代へ継承するために必要とされる課題に取り組み、個々の中小企業の活動では解決できない研究開発に取り組んだ。この成果が中小製造業に広く普及すれば、技能レベルの底上げに寄与できると期待できる。
- 加工の技能は日本のものづくりを支えるものでありながら、その継承手法の開発については民間企業では実施が困難である。この難しい問題に正面から取り組んで成果をあげている点は、高く評価できる。
- 中小企業の熟練技能者固有の技能を次の世代に伝えることは、当該中小企業だけでなく、わが国のモノづくりの国際競争力強化に役立つという事業の位置づけはまさに今日的課題であり、NEDO の関与で事業を遂行することは妥当である。出来ればもっと早くに取り組んで欲しかったと思うほどである。熟練技能者が場合によっては“無意識”のうちに身につけた知識や判断の根拠を抽出して図や写真、動画などの形で表現することの困難さを理解した上で、取り組んでおり、数ある技能継承ツールの中でも最も優れたツールの一つと評価できる。わが国の技能継承の標準になりうると思う。予算、期間の制約の中にもかかわらず、当初の目標をほとんど達成していることは評価できる。  
加工テンプレート作成前から中小企業にアンケートするなど、当初から実用化を念頭に置いた開発に取り組んでいる。また実用化に向けた組織づくりなどにも積極的に取り組んでおり、期待が持てる。

#### <問題点・改善すべき点>

- 成果をまとめるために行った調査、研究などに関して、コストパフォーマンスを含めた自己評価が十分なされているか、については疑問が残った。特に、技術の継承という課題を考える上では、方法論とあわせて費用対効果の観点から評価することが必要不可欠といえる。
- 技術と技能の切り分け、ものを作るための工程順と各工程の目標値を設定するための論理構造（製造標準）、異常（不良）処理方法等、具体的ものつく

りに必要となる項目に対する議論が深まるとより充実した事業となったと思う。

- ものづくりに関する技能・ノウハウといった暗黙知を形式知化する際に、形式知のテンプレート（データベースの構造）が固定化されている。このことは、固定の形式知しか抽出できないことを意味している。形式知のテンプレート（データベースの構造）は、その知識に応じてダイナミックに構造変化できるようにすることが必要であると考えられる。現実的にはダイナミックデータ構造は難しいが、その実現の可能性を追求できないだろうか。
- 中小企業も数人の零細から数百人の規模まで存在する。本当の意味での技能継承は小規模会社の職人技を持つ人の感性や経験が大きい意味を成すと考える。その意味ではいかに今回のテンプレートが小規模会社に広く展開できるかが大切と考える。
- 本研究の成果は、中小製造業に広く普及して活用されなければならない。構築された加工テンプレートやアプリケーション開発用プラットフォームの維持管理を怠ると技術情報の陳腐化が進む。継続性のある運用が求められるが、それに要する費用や人材の確保が難しい。
- 「技能」、「加工テンプレート」などは、解釈が人により異なる用語である。本研究での意味をもう少し明確に定義するか、他の用語の利用を検討して、何をどう扱うことを目指すのかを、より分かりやすく説明する必要があるように思う。
- 中小企業の現場に立脚した優れた技能継承ツールであり、工程・製造設計支援アプリケーション構築技術であると思う一方で、多くの中小企業が“簡単に使いこなす”というところまでいっているかどうかは疑問だ。この成果を多くの中小企業が“簡単に使いこなせる”ようにブラッシュアップするところにも予算を投じて欲しい。研究開発に成功した段階で終わりではなく、研究開発と同等、あるいはそれ以上の資金と労力が普及には必要ではないだろうか。

#### <その他の意見>

- ・テンプレートによる知識のデータベース化は理解できたが、その更新、維持、活用に関するモデルケースのような具体例を示し、評価することが望まれる。また、同様にアプリケーション構築技術に関しても、多くの利用例があるようだが、それらを整理して、その結果に対する評価を行う必要があると考える。
- ・今回開発されたプラットフォーム等が海外に流出し、海外が日本よりも先にIT化する可能性をなくすような仕組みが必要かも知れない。

- ・産総研、理研ともに実用化のための組織づくりを行うなど積極的に取り組んでいるが、全国津々浦々の中小企業に成果を広めるには不十分だ。大企業を定年退職した技術者や技術系・情報系の先生などを動員して加工テンプレートと工程・製造設計支援アプリケーション構築技術を全国に広める“伝道師”として育てるといった工夫も必要ではないだろうか。



## 2) 今後に対する提言

中小企業における技術の蓄積とその有効利用は企業の存続に関する重要な課題である。テンプレートの普及やアプリケーション構築技術の利用はその課題解決のための開発で、一定の成果を上げているが、これらを実用化していくための人材育成、広報活動、また今回の成果をレベルアップするためのメンテナンス等に未だ課題を残している。

そこで、本研究の成果を普及させるためには、中小企業の技術継承の活動自体が自律的に発展し始めるレベルに達するまで、経済産業省、研究開発者、NEDO等が一体となって、その活動を支援する体制を整える必要がある。継続的なデータの更新と開発システムを活用して頂くための継続的な活動が期待される。

### <今後に対する提言>

- ・ 中小企業における技術の蓄積とその有効利用は企業の存続に関する重要な部分であり、テンプレートの普及やアプリケーション構築技術の利用はその一部分に過ぎないと考えられる。技術者、技能者の育成、養成という観点から、ものづくりの体系化、習熟過程の効率化などについて、継続的な支援事業として欲しい。
- ・ これ（プラットフォーム等）を実用化していくための人材育成、広報活動、また今回の成果をレベルアップするためのメンテナンス等に課題を残している。別途継続的な活動を計画して頂きたい。
- ・ 本事業は、ものづくりに関する技能・ノウハウといった暗黙知を形式知化するものである。これまで、いくつかのプロジェクトで切削条件のデータベース化など、類似の事業が行われてきた経緯があると思われるが、いずれの事業も、その終了後、構築されたデータが有効に活用され続けることは少なかったと思う。それは、最新データの継続的な更新がなされてこなかったことが一つの大きな理由と考えられるため、継続的なデータの更新と開発システムを活用して頂くための継続的活動も重要であるため、その点について期待する。
- ・ 技能はマニュアル化しづらい感性とマニュアル化出来る経験とに分類できると思う。経験値は技術に落とし込む事により継承が進むと思うので、感性等のマニュアル化しづらい部分を如何に明文化できるかを検討頂くにより現場で使えるものとして浸透するのではと思う。
- ・ 本研究の成果を普及させるためには、構築された加工テンプレートや開発されたアプリケーションが中小製造業の企業間で広く流通することが重要と思われる。特に加工テンプレートやアプリケーションが陳腐化しないように、

これを提供するユーザーがアドバンテージを得られるビジネスモデルの構築が求められる。これに成功すれば、加工テンプレートやアプリケーションの維持管理に要する労力が激減する。

- 本事業は、継続的な開発・維持が欠かせない。中小製造業、加工関連企業でこの活動に関わることが当然とみなされ、活動自体が自律的に発展し始めるレベルに達するまで、産総研・理研としても NEDO としても本事業を継続する体制を整える必要がある。
- せっかく優れた技能継承ツールが開発できたのだから、新聞、テレビなどのマスメディアを通じて、その存在を周知することが大切である。

昔、熟練技能は「見て盗め」といわれていた。この場合、技能習得まで何十年という時間がかかる。ただ、熟練技能者は知識、判断力、動作、感性などが長い経験によって身についたわけで、これには言葉や画像で表現できない部分がたくさんあり、「見て盗め」ということもあながち間違っていない。

しかし最近の若い人は盗み終わるまでにやめてしまうという悩みがある。今回の成果はこのように表現が困難な部分に切り込み、ある程度成功しているように思う。何十年もかかった技能が、1年から数年という短期間に習得できる可能性がある。ただし習得可能な部分は 100%ではない。そこから先は技能継承を受ける人の努力にかかっている。今後は技能継承ツールの継承可能な部分をより 100%に近づけることと、このツールで技能継承を受けた人が、その上でオリジナリティを発揮できるように促すような仕組みが作れば有効性は高まると思う。

#### <その他の意見>

- 技術と技能の区別は難しいが、これらに対するしっかりした考え方を提示して、それぞれに適した継承、伝承方法について、検討をして頂きたい。
- 現実の技術者・技能者が時間的にどこまで対応可能か、オペレータの視点に立った仕組みが必要となろう。

加工テンプレートは原則的には個別企業の技能の継承が目的で、企業ごとに内容が異なるものと思える。したがって個々の企業が作成したテンプレートにはその企業の技能が詰まっているので、原則的には公開は難しいだろう。ただし、技能は個別企業の財産であると同時にわが国の財産でもある。可能な範囲で各社の技能を抽象化し、公開できるような「達人テンプレート」を作ってはどうか。

## 1. 2 各論

### 1) 事業の位置付け・必要性について

わが国のモノづくりは、産業の裾野を形成する中小企業が持つ充実した高度な製品加工技術に支えられた高性能や高信頼性が国際競争力の源泉となっており、その中小企業を熟練技能者が支えている。多くの熟練技能者が団塊の世代に属し、年齢的に職場を去っていく中で、彼ら固有の技能を次の世代に伝えて行くことは、中小企業だけでなく、わが国のモノづくり産業にとって喫緊の課題である。

一方、大企業では、本事業に比べると小規模であるが、ノウハウや企業ルールのドキュメント化あるいはデータ化を試みているのに対し、中小企業による民間活動だけでこのような仕組みを独自に構築することは難しい。

本事業により、熟練技能の伝承を支援するツール（テンプレート化とIT化）を開発したことは、モノづくり産業の技術力を維持し国際競争力強化というわが国の政策に合致するものであり、公共性は高く、NEDOの関与は妥当である。

#### <肯定的意見>

- 特に中小企業の立場では、民間活動で対応することは難しい部分であり、公共性のある事業として評価でき、技術立国を目指す日本の基盤を支えるものと言える。
- 新生 NEDO として中小企業の産業技術の維持・発展に寄与することは有益であり、本課題は民間ではお互いの秘密主義的対立が起り実行不可能であり、また技術的にも高度な判断を必要とし、中小企業レベルでは実行（発想）困難である。  
技能・技術の伝承はIT化だけではないと考えられるが、とりあえずIT化という断面で切ることが出来たと言うことと考える。  
何よりもチェックすべき項目が明らかとなった点は大いに評価したい。（本当はもっと中身まで突っ込んで欲しいと思うが、時間的・予算的制約からやむをえないと言える。）
- 大手の企業では、本事業に比べると小規模であるが、ノウハウあるいは企業ルールをドキュメントあるいはデータ化することが試みられている。本事業では、中小企業を対象としている。確かに中小企業ではこのような仕組みを自社で構築することは困難であり、その意味で中小企業（民間）では難しい事業を公共予算で実施したと考えることができる。  
日本企業の国際競争力を高めるあるいは維持する観点で、この事業は妥当であると思われる。
- 総括で述べたとおり、今までテーマとして取り上げづらい「技能継承」をテ

ンプレート化により、切り口を見出した点は現場レベルとしてはありがたいものとする。

- 技能や技術のデジタル化は、我が国の「モノづくり力」の底上げに有効であるが、中小製造業の活動だけでは解決できない課題であり、NEDO の関与が必要なプロジェクトである。
- 本事業は、中小製造業を中心に蓄えられている日本のものづくりの技能の衰退を防ぎ、その技術力を維持し国際競争力を高めるためにたいへん重要であるが、民間企業では実施できない。NEDO として実施すべき事業であり、事業目的も妥当である。
- わが国のモノづくりにとって、産業の裾野を形成する中小企業、すなわち充実したサポーターイングインダストリーが国際競争力の源泉であること、そして、その中小企業を熟練技能者が支えていることは疑いない。また多くの熟練技能者が団塊の世代に属し、年齢的に職場を去っていく中で、彼ら固有の技能を次の世代に伝えて行くことは、当該中小企業だけでなく、わが国のモノづくり産業にとって喫緊の課題である。このため中小企業の熟練技能者の技能を分析し、伝えやすい形に整理するという今回の事業はきわめて重要であると思う。

熟練技能者の技能は当該の中小企業にとっての財産であるが、熟練の技は技能者自身の長い経験から蓄積された知識にとどまらず、感性、ひらめきといった要素で構成されているため、個々の中小企業がこれを短期間で系統だっ  
て伝えられるようにすることは容易ではない。したがって熟練技能の伝承を支援するツールを開発することは、モノづくり産業の国際競争力強化というわが国の政策に合致するものであり、公共性は高い。NEDOの関与は妥当である。

#### <問題点・改善すべき点>

- 成果に対するコストパフォーマンスに関する自己評価が充分でない点、成果物の提示に主眼が置かれており、主題である技術継承支援に対する基本方針の主張が少ない点が残念である。
- 理化学研究所が機械加工部分を担当しており、理研の加工能力は認めるが、製造会社ではなく、「一貫してものを作る」という視点が欠落したと感じられた。
- 中小企業を対象とした仕組みであるならば、もう少し簡単に使えるシステムとして欲しい。中小企業の作業者がこのシステムを活用することを想定すると、ノウハウ抽出のために特別な作業をすることは望まなく、またこのシステムを使用するための特別な作業員あるいは技術者を配置することも難し

と思われる。この点は、難しい指摘かもしれませんが期待します。

- 日本のものづくりの伝統を伝えるためのものが、海外（中国、韓国、ベトナム等東南アジア）に流出しないような管理を求める。
- 当該事業の成否は、事業の成果と投じた予算の比較だけでは判断できない。事業の成果が中小製造業で広く活用されることになれば成功と言えるが、普及活動や構築した加工テンプレートとアプリケーション開発用プラットフォームの維持管理作業が今後も継続される保証がない。
- 技能の把握、蓄積、展開は、持続性の必要な事業であり、継続的な予算、人員の確保が問題である。

#### <その他の意見>

- ・ひょっとすると、テーマあるいは内容が少し高度すぎたのかもしれない。
- ・投じた予算と効果については、もう少し予算を抑えて、もう少し技術レベルを下げて、中小企業にとって有意義なシステムができたのではないかと感じる。技術レベルが高く、限られた企業にのみ有意義な機能もあるのではないだろうか。（あくまで審査者の個人的な感想です。）
- ・団塊世代の定年退職にともない技能者が職場を去ることは「2007年問題」として早くから危惧されていた。現状は定年延長や再雇用でしのぐとともに、世界同時不況による作業量の減少などで、問題は表面化していないが、今後の景気上昇局面などにおいては問題発生が危惧される。また定年延長や再雇用が終わるころには「2012年問題」が起こるかもしれない。もちろん中小企業だけでなく、多くのモノづくり企業が技能継承に取り組んでいるが、なかなか決め手がないのが現状である。今回のような事業は国が音頭を取って、もっと早く手がけるべきだったのではないだろうか。その意味で今回の事業の成果をより使いやすく改善し、できる限り早く、多くの中小企業に普及させることが重要な課題になっていると思う。

## 2) 研究開発マネジメントについて

研究開発目標の設定、研究開発計画とも妥当である。技能の継承・共有化のため、産総研、理研を中心に、大学、公設技術センター、企業等の協力を得て、全体としての活動を取りまとめ、加工技術に関する技能の情報集積ならびに加工テンプレート、及び専門知識を必要としない業務用アプリケーションソフトを構築し、所期の目標を達成したことは高く評価できる。

しかしながら、本事業の実施過程の中で、当初計画から予算などの変更が行われ、厳しい状況変化があったことは理解できるが、取り上げた加工における技能継承のポイントをさらに明確にして頂きたかった。

### <肯定的意見>

- 産総研、理研の両研究所による体制は、本事業を行う上で最適な組織であり、研究のマネジメント力も十分有している。また、地域や企業との連携にも経験が豊富であり、事業体制としては高く評価できる。
- 予算の急激な削減によく適応し、全体としての活動をまとめ得たことはマネジメントの成果として誇れると思う。
- 研究開発目標、研究開発計画、事業体制は概ね妥当と思われる。事業実施過程においても、システム開発者、システム利用想定者で適度な打ち合わせを行っている。
- 産業技術総合研究所、理化学研究所を中心に、大学、公設技術センター、企業等の協力を得て、加工技術情報の集積ならびに加工テンプレートの構築、アプリケーション開発用プラットフォームの構築を行うために、適切な実施体制が整えられている。

6種類の加工法について10以上の加工テンプレートが構築された。

- 研究開発目標の設定、研究開発計画とも妥当であり、理研を含めた研究開発実施の事業体制も適切である。限られた予算の中で概ねよくマネジメントされ、予算状況の変化にも適切に対応して所期の目標を達成している。
- わが国モノづくり産業の国際競争力の源泉が中小企業の熟練技能に存在すること、技能者の高齢化により熟練技能がうまく継承されなければ失われてしまうといった社会情勢を踏まえている。技術・技能の継承・共有化ツール「加工テンプレート」の開発、専門知識を必要とせずに業務用アプリケーションソフトを構築するための技術という研究開発目標は戦略的である。達成目標は具体的であり、テンプレートの種類や有効性の検証など定量的な目標も設定されている。

産業技術総合研究所と理化学研究所というわが国を代表する公的研究機関がチームを組んで実施。技術力と事業化能力は十分だ。実施者間の連携も問

題ないと感じた。成果の受け取り手である中小製造業をプロジェクト推進会議、加工テンプレート開発ワーキンググループに加えるなどの措置により連携が取れている。

ユーザーによる試用、評価を前倒しで進めるなど、中小企業の置かれた情勢に対して的確な対応をしている。

#### <問題点・改善すべき点>

- 当初計画から予算などの変更が行われており、厳しい状況も理解できるが、その中で重点をどこに置いたのか、技術継承の基本は何かという点に関する主張がほしい。テンプレートやプラットフォームの完成度だけでは物足りない印象である。
- 技術・技能の双方を理解できる要員を確保できなかったため、体制としての不備を生み、結果として技術項目中心の IT 化となってしまった。今求められているのは、技能項目の IT 化だと思う。(技術・技能の切り分けが企業により異なるため、多数の企業の同意を求めるのはかなり難しいと思う。)
- 本事業の中でいくつかのシステムが開発されているが、それらのシステムの関連性がどうなっているのか疑問である。すなわち、本事業が対象とする企業分野の全マップの中で、事業として実際に開発した企業分野を明らかにし、今後、継続的に開発が望まれる企業分野を示して欲しい。
- プロジェクト実施期間の短縮、研究経費の削減のため、構築された加工テンプレートの試用・評価・改良が不十分である。利用方法や普及方法も検討を要する。
- 研究開発の進展に伴い、開発・普及の活動の継続に一層重点をおいた体制の充実が望まれる。
- 研究開発マネジメントの問題はなく、きちんと管理されていると思う。ただ、前回の「ものづくり・IT 融合化推進技術の研究開発」は 5 年間で 18 億 63 百万円、今回が 3 年間で 8 億 88 百万円を投じており、これ以上、出来ればこの数倍の経済効果が期待される。

特に今回の事業の成果はこの手の技能継承ツールとしては優れており、中小企業の現場に立脚していると思うが、それでも多くの中小企業にとって“簡単に使いこなす”というところまでいっているかどうかは疑問だ。この成果を多くの中小企業が“簡単に使いこなせる”ようにブラッシュアップするところにも予算を投じて欲しい。研究開発に成功した段階で終わりではなく、研究開発と同等、あるいはそれ以上の資金と労力が普及には必要ではないだろうか。

<その他の意見>

- ・全体としては非常に良く出来ている。
- ・技能や技術の蓄積や伝承を目標としているが、技能と技術の定義が明確にされていない。



### 3) 研究開発成果について

熟練技能者の技能、技術、判断の根拠、ノウハウを抽出、整理し、加工テンプレートとして蓄積するという、非常に高度で難しいテーマに挑戦し、よく努力した結果、専門知識なしにシステム開発が可能な工程・製造設計支援アプリケーション構築技術を含め、設定した目標をほとんどクリアし、完成への道筋を示し得たことは、十分な成果である。

研究開発成果が実際に意義をもつかどうかは、今後の成果の普及活動に依存するため、テンプレートやプラットフォームの将来像、あるいは技術継承の今後に関して、成果の自己分析を行うとともに、情報の発信と情報の収集などを並行して行い、中小企業の作業者が簡易に使い、より使いやすくなるように完成度を高めることが肝要である。

特許出願、論文発表、講演、解説など成果の普及活動は積極的になされているが、新聞報道がやや少ないので、新聞、テレビなどのメディアを通じて、地方の中小企業などに普及するなどの成果の広報に取り組んで欲しい。

#### <肯定的意見>

- テンプレートやプラットフォームの具体的な成果は明確であり、成果の普及に伴い、情報の発信と合わせて情報の収集などを今後も並行して行うことにより、成果の違う観点からの評価が行えるものと期待している。
- 課題そのものが非常に高度なもので、これを完成させるのは容易ではないが、よく努力し、完成への道筋を示し得たことは、十分な成果である。一部技能のIT化が完成したことにより、今後の展開としての道筋がついたと言える。
- 研究開発の目標は、概ね達成している。仕上げのレベルで十分でないと思われるシステムもみられるが、予算削減の影響を受けたと理解した。  
成果が実際に意義をもつかどうかは、今後のシステム利用説明活動に依存するため、積極的なシステム啓蒙活動を期待する。この啓蒙活動は、成果の普及にも関連する。
- 具体的活用レベルにあると判断する。技能継承につながる現場での日常レベルの考え方、改善方法、発想にも即使える点でも意義のあるものと思う。
- 加工テンプレートの構築を通して、種々の技能の抽出方法が示され、その有効性が検討されている。
- 主要な目標についてすべて達成している。中小製造業の直面する技術的課題に応える意義のある成果とみなせる。ユーザー組織の形成など成果の普及にも力を入れており評価できる。
- 熟練技能者の技能、技術、判断の根拠、ノウハウを抽出、整理し、加工テンプレートとして蓄積するという難しいテーマに挑戦し、期間内で設定した目

標をほとんどクリアした。専門知識なしにシステム開発ができる工程・製造設計支援アプリケーション構築技術も目標を達成した。技術技能継承のツールはさまざまなものがあるが、今回の成果は非常に優れたものであり、技能継承の国内標準になりうる。中小企業が上手に使えば、競争力の強化に役立つことは間違いない。

特許出願は適切になされている。論文発表、講演、解説など成果の普及活動も積極的にこなしている。

#### <問題点・改善すべき点>

- テンプレートやプラットフォームの将来像、あるいは技術継承の今後に関して、成果の自己分析が必要と考える。
- 成果の普及を考えると、企業内高度人材の育成が急務であるが、これには現状の普及方法では無理があり、今後長期的な人材育成への取り組みが必要である。
- 成果を有意義にするため、および成果を普及するために、中小企業の作業者が、より簡易に使えるシステムにすることが肝要と思う。
- 中小企業においても ISO9001 等の品質規格を取得している所も少なくない。メーカー等の定める規格等も合わせての相関性も考慮願いたい。
- 技能と技術の定義が明確にされていないので、本プロジェクトで示された“抽出方法”が、“技能の抽出”と“技術の抽出”のいずれに相当するのか判断が難しい。
- 研究開発成果の割には新聞報道が3回というのは少ないように感じる。地方の中小企業などに普及するためには新聞、テレビなどのメディアを通じて広く知らせることも重要だ。今後、積極的に成果の広報に取り組んで欲しい。

#### <その他の意見>

- ・ 一貫管理的視点からの IT 化が検討できると、さらに良い結果が得られたのかも知れない。  
要員が技術中心であったためか、工程技術中心となったのは残念。(c2 委員)
- ・ 広く情報発信をしようとする努力は認められる。  
ユーザーが本プロジェクトで構築された加工テンプレートを使用するだけなのか、加工テンプレートを構築するののかによって、情報発信の方法を変える必要がある。
- ・ さらに技能の把握方法の研究を進め、各企業が独自に自社の技能の継承活動を進められるようになると良い。  
投じた費用と効果の検証は難しいが、いずれにしても、中小企業がより使い

やすくなるように完成度を高め、あまねく普及を図ることが効果を大きくすることにつながるだろう。

#### 4) 実用化の見通しについて

加工テンプレートは、すでに研究開発段階で中小企業が試用し、実用化の見通しをある程度得ており、工程・製造設計支援アプリケーション構築技術は一部実用化を開始し、ソフトウェアベンダー8社と契約して技術移転を進めるということで、実用化の可能性は十分にある。

産総研では「中小企業技術・技能継承プログラム」を実施して加工テンプレートの導入、使用方法、背景にある基礎知識の講習を予定し、公設試験研究機関とのネットワークを活用して地域企業への普及していることは評価できる。理研も「技能継承支援機構」を設置し、加工テンプレートのユーザーへのサポートを始めるなど、実用化に向けた努力は感じられる。

日本には非常にたくさんの中小企業が存在し、これらの企業では、データ採取もままならぬ状況に置かれている。そこで普及のためには、中小企業へ出向いて、各企業におけるノウハウの抽出活動について、方法を教授するのみならず、できる限り中小企業や技能者の負担を軽減するために一緒に実施するなどのもう一工夫が必要であり、その継続的活動に期待する。

#### <肯定的意見>

- 具体的な成果としてまとめられており、実用化の見通しはある程度評価でき、規格化は難しいが、標準としての役割を果たすものと期待できる。また、ある地域においては波及効果が既に得られている点も高く評価できる。
- 実用化に向けた努力がなされており、実用化したいという企業群もあることから実用化の可能性は十分あると言える。また本事業を通じ、少数ではあるが、使い方を理解した人々を育成することができている。
- 実用は、本システムを広報し、使い方の説明PRをし、普及に努めることが重要である。このための講習会を開催していることは評価できる。さらなる実用を普及するために、講習会のみならず、企業へ出向いての教習が必要であり、その活動に期待する。
- 技能継承支援機構を発足させるなど、加工テンプレートのサポートを行う体制を整えている。  
講演会や勉強会の開催を通して加工テンプレートの普及を試みている。  
MZプラットフォーム研究会を設立して会員にMZ Platformを配布し、ソフトウェアベンダーに技術移転を進めるなど、普及と維持のための体制を整備している。
- 開発時からの連携企業だけでなく、一般企業に向けてのWebでの公開、研究会、講習会の開催など普及の体制ができている。
- 技能継承のツールはさまざまなものがあるが、今回の成果は実用性の点でも

優れたものであると思う。あまねく普及され、中小企業の技能継承の標準になることを望みたい。

加工テンプレートは、すでに研究開発段階で、中小企業が試用し、実用化の見通しをある程度得ている。工程・製造設計支援アプリケーション構築技術は一部実用化を開始。またソフトウェアベンダー8社と契約して技術移転を進めるということで、実用化の見通しはかなりはっきりしている。

産総研では「中小企業技術・技能継承プログラム」を実施して加工テンプレートの導入、使用方法、背景にある基礎知識の講習を予定。また公設試験研究機関とのネットワークを活用して地域企業への普及で連携するという。理研も今年4月に「技能継承支援機構」を設置、加工テンプレートユーザーへのサポートを始めた。実用化に向けた努力は感じられる。

#### <問題点・改善すべき点>

- 実用化に向けた自律的な仕組みに関してはあまり言及されていないので、この点に関する検討結果を強調することが望まれる。
- 日本には数千社あるいは数万社にのぼる中小・零細企業が存在し、これら底辺の企業では、データ採取もままならぬ状況に置かれている。彼らがこのような高度な内容を必要であると理解しても、実行には直結しない可能性が高い。
- 本事業の成果を普及するには、中小企業へ出向いての教授を継続的に行うことが重要である。その継続的活動に期待する。同時に、各企業におけるノウハウの抽出活動について、方法を教授するのみならず、一緒に実施することも普及のためには重要である。
- 一般向け広報に関して、必要とする事業所が情報を得やすい方法を改めて検討して欲しいと思います。
- 加工テンプレートの利用が限定的で、実用的なレベルに達するまでにプロジェクトの継続を要する。  
MZ プラットフォーム研究会の会員が約 400 名で、研究成果の波及効果を期待するためには会員増が必須である。
- 得られた情報の国外への公開については、きちんと検討・審議して方針を明示すべきではないか。
- 技能継承のツールはさまざまなものがあるが、今回の成果は実用性の点でも優れたものであると思う。しかし数多くのモノづくり中小企業にあまねく普及するには、もっと完成度を高める必要があるとだろう。熟練技能者は意識して段取りを踏んで思考、判断しているわけではない。今回の技能継承ツールはそのことを前提にして組み立てているところが優れているといえるが、

いくら段取りを踏んで技能を抽出しようとしているとはいえ、ぎりぎりの人数で作業する中小企業が、忙しい中で加工テンプレートに入力するための手数をかけることができるだろうか。

サポーターインダストリーの裾野の隅々にまで普及させるには、技能の測定、デジタル化によるテンプレート作成に関し、できる限り中小企業や技能者の負担を少なくするためのもう一工夫が必要だと思う。そうすることによって技能伝承の国内標準になればよいと考える。

地方の試験研究機関などと連携し、指導人材の育成などの計画しているようだが、定年退職した技術者などを研修して中小企業に派遣するなど。とにかく中小企業が使いやすい環境を整えることが普及につながるだろう。

#### <その他の意見>

- ・一貫管理的視点が欠如しているため、ものづくりに直結した技能・技術になっていない。(同じ薄板の加工にしても、銅板を削る場合と軟鋼板を削る場合では切削条件が変わってくるし、その加工面がどのような使われ方をするかによっても変化し、また素材がもっと別のものになれば大きく変化していく。) このため、データ蓄積を行っても標準化への道のりがかなり長くなると予想される。

今後、現場のレベルアップを含めた長期的かつ根気強い活動が必要である。普及のためにはまず、こうした技能継承ツールがあるということを中小企業に知ってもらわなければならない。報道機関などを通じた広報もこれからの課題といえよう。

## 2. 個別テーマに関するコメント

### 2. 1 技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発

#### 1) 研究開発成果についての評価

技術・技能の継承・共有化ツールの開発により、限られた予算と期間の中で、鋳造、鍛造、切削加工など6種類の加工分野について、それぞれ10以上のノウハウを蓄積できる加工テンプレートという形で目標を達成し、IT化への道筋をつけた意義は大きい。また、中小企業では活用が難しいセンサーやシミュレーションを簡易に利用できるようにしている点は、高く評価できる。

しかしながら、加工テンプレートと総称しているが、加工テンプレートの構築を優先したため、加工法や加工分野ごとにテンプレート作成の観点が異なり、構築された加工テンプレートに一貫性が見られない部分もある。適用事例に基づく加工テンプレートについて使う人が使える状態であるか否かの自己評価が行われていない点、普及方法に関する分析が少ない点、などが課題として残っていると考える。

#### <肯定的意見>

- 鍛造、鋳造、切削加工など、それぞれの特徴を考慮した形で、加工テンプレートの開発を行っており、その成果はそれぞれ明確で理解しやすく、技術・技能の共有化に寄与するものと評価できる。また、精力的に成果の公表も行っており、普及にも貢献している。
- 技術・技能のIT化への道筋をつけた意義は大きく、テンプレートということで標準化も進んでいる。
- 技術・技能の継承・共有化ツールは日本の製造業を世界のトップに位置づけるために必須であり、本事業の重要性は認識できる。  
中小企業では活用が難しいシミュレーション（加工圧力計算、温度計算、金型設計）を簡易に利用できるようにしている点は、高く評価できる。
- テンプレートという形で表現し、今の世代に受け入れやすくしたことは非常にわかりやすく良い。
- 鋳造テンプレートでは、設計と評価の関係の導出に成功している。鍛造テンプレートでは、シミュレーション技術をうまく活用している。  
収集した加工事例から、技術（技能と呼べるかどうかは疑問）を抽出することに成功している。
- ほぼ目標のすべてを達成している。鋳造、鍛造、切削の加工分野のノウハウを蓄積できたことは評価できる。研究会、講習会、地方の公設試などによる普及体制ができている。

- 6種類の加工テンプレートは技能継承ツールの中で最も優れたものの一つと評価できる。限られた予算と期間の中で目標は十分に達成している。国内標準になりうる技術だと思う。

産総研、理研ともに実用化に向けた枠組みをつくっており、中小企業の中でも技能継承に真剣に取り組んでいる中小企業や比較的余裕のある中小企業には成果の普及が期待される。

#### <問題点・改善すべき点>

- 成果の適用事例に関してはあまり十分とはいえない点、適用事例に基づく加工テンプレートの自己評価が行われていない点、普及方法に関する分析が少ない点、などが課題として残っていると考える。
- 使う人が使える状態であるか否かをよく検討して解決策を見出すべきであろう。
- 加工テンプレート（スタティックテンプレート）という考え方は形式知とするノウハウを限定することになるため、熟練者の暗黙知を自由に形式化できる方法（ダイナミックテンプレート）に変更できないか。
- 反面、実使用におけるパソコン操作（アプリケーションの始動やテンプレートの使い勝手）が煩雑を極めると使われなくなってしまう懸念もある。  
やさしく使えるテンプレートをお願いしたい。
- 加工テンプレートと総称しているが、加工テンプレートの構築を優先したため、加工法や加工分野ごとにテンプレート作成の観点が異なる。このため、構築された加工テンプレートに一貫性がない。  
プロジェクト期間中は技術の抽出に取り組むことができたが、プロジェクト終了後に技術の抽出に継続して取り組むことができるのか疑問である。
- 捉えられるところからしっかり解明していくというやり方は間違っていないと思われるが、操作中の詳細な制御や工程全体への配慮などのより高度な技能についても順次対応していくことが望まれる。

#### <その他の意見>

- ・技術・技能の区分、一貫管理等についての検討が欲しかった。



## 2) 実用化の見通しについての評価

加工テンプレートの開発前に、ユーザーである中小企業に対し、次世代に継承すべき技能をアンケートするなど、事業開始当初から実用化を意識しており、開発中も現場の考え方を取り入れる工夫をし、完成後も中小企業に試用を依頼するというように、一貫して実用化をターゲットにしている点は評価できる。構築された加工テンプレートを供給・管理する体制を整備して来た点で、実用化の可能性が高い。

本当の実用化は、今後のサポートに依存する。モノづくりのためには最終工程までの一連のマネジメント（一貫管理）が必要であり、構築された加工テンプレートをさらに更新する体制を整備し、使い勝手のもう一段の向上を図り、ある程度のノウハウを加工テンプレートとして中小企業に提供するとともに、開発したシステムの有用性を分かりやすく教授することと、さらに、各企業独自のノウハウを加工テンプレートに記述する作業をサポートすることが今後の課題で、継続的努力が望まれる。

### <肯定的意見>

- 技術継承は、対象業種や企業規模はもちろん、個人によっても異なるので、実用化が単純な形で実現することは難しいが、テンプレートの提案と合わせて普及への方向づけを示しており、今後が期待される。
- まず代表例が示されたことは実用化できることを示している。また、本手法が標準化・教育の第一歩であることは間違いない。
- 中小企業が、自社のノウハウをデジタルデータとして作業員で共有できる仕組みを開発し、中小企業に提供することは評価できる。
- プロジェクトの中で加工テンプレートを試用しており、ユーザーが望めば利用できる。

構築された加工テンプレートを供給・管理する体制は整備されている。

- 開発の連携企業からの評価もあり、実用化の可能性が高い。
- 加工テンプレートを開発前にユーザーとなるであろう中小企業に対し、次世代に継承すべき技能をアンケートするなど、事業開始当初から実用を意識しており、開発中も中小企業の現場の考え方を取り入れる工夫をし、完成後も中小企業に試用を依頼するというように、一貫して実用化をターゲットにしている点は評価できる。

成果の実用化により、中小企業の技能継承が滞らなければ、当該中小企業はもとより、日本のモノづくり産業の国際競争力に役立ち、ひいては日本経済の発展にも寄与する。

<問題点・改善すべき点>

- 成果の実用化に関して、それを評価する方法を明確に示すことは、容易でないが、テンプレートの提案と合わせて、実用事例に関する分析と評価を行った結果について詳しく言及してほしい。
- ものを作るということは、製造計画、原材料から始まり、最終の仕上加工、組立、検査・検定までの一連のマネジメント（一貫管理）が必要であり、前後工程の関連で当該工程の仕様が決まってくるため、一工程のデータ化では実使用できない。

本格的に使用するためには、各企業の実情に合わせた改善が必要となるが、小規模企業では改善能力が十分ではない。

- 実用化の可能性は、今後のサポートに依存している。すなわち、ある程度のノウハウを加工テンプレートに記述して中小企業に提供するとともに、本事業で開発したシステムの有用性を分かりやすく教授することと、さらに、各企業独自のノウハウを加工テンプレートに記述する作業をサポートすることが今後の課題と考えられる。
- 工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発に関しては既に実用化されている説明もあったが、実際に使用する側（中小事業所）にはそのような画期的アプリケーションシステムがある事が伝わっていない（今回のようなプロジェクトとの関連や関わりがあるような所を除くと）  
どんな媒体で PR か等の告知等もわかりやすく検討願いたい。
- 構築された加工テンプレートを更新する体制が整備されているのか疑問である。加工テンプレートを更新する体制が整備できなければ、加工テンプレートが固定化して陳腐化してしまう。
- 大きな波及効果が生じるまでには至っていない。継続的努力が望まれる。

<その他の意見>

- ・とりあえず第一歩を踏み出したので、継続的改善努力を期待したい。
- ・ユーザーが加工テンプレートを自ら考案し構築するようになれば、人材育成への波及効果が期待できる。
- ・加工テンプレートのアイデア、研究開発、そして出来上がりはすばらしいが、国内中小企業の裾野まで広く普及させるには、使い勝手のもう一段の向上が必要だと思う。時間的にも資金的にも余裕がなく、とにかく技能者に仕事をこなすことを求めている中小企業は少なくない。テンプレートに記述するための計測、写真やビデオの撮影、技能を図や文書にする手間などをいかに少なくするかが課題だ。同時に地方の試験場の技術者や定年退職した技術者や技術系の先生をテンプレートの“伝道師”に仕立てて、全国の中小企業を行

脚するといった手立ても必要なのではないだろうか。

### 3) 今後に対する提言

このシステムを活用するためには、加工テンプレートにいかに関係情報を組み入れるかということが重要である。その情報は、各企業独自のノウハウでもあるが、一般的加工情報（ユーザー企業、材料・工具メーカーが提供できる程度の情報）であっても中小企業にとっては有益なので、Wikipediaのように、ユーザーによる技術情報の提供と活用が進むビジネスモデルも含め、加工テンプレートに情報を継続的に組み入れて中小企業に提供する仕組みを構築して欲しい。

また、他工程への拡大（特に技能に頼っている自由鍛造や鋼鋳物、精密鋳造等）を含め、使い勝手をさらに向上させ、“伝道師”を育て、中小企業の技術継承の活動が自律的に進む臨界点に達するまでの事業の継続などが重要である。

今後、中小製造業の平均的な技術力を底上げするための汎用加工テンプレートの整備や、競争力の維持・強化に繋がる加工テンプレートのカスタマイズを差別化することによって、技能や技術の流出を防ぎ、汎用加工テンプレートの整備・普及が進むであろう。

#### <今後に対する提言>

- テンプレートの普及方法、技術の継承方法などに関しては、長期的な計画を示し、今後の戦略や体制作りにについても検討することが望まれる。  
また、テンプレートだけでは補えないものがないか、技術継承に対する多様な回答を模索する必要があると考える。
- 多数の小規模企業のボトムアップには、時間と労力が必要であり、NEDO、産総研、理研といった定常組織での継続的フォローアップが必要であろう。  
また他の工程への拡大も必要であろう。（特に技能に頼っている、自由鍛造や鋼鋳物、精密鋳造、手溶接、クランク加工、ギア加工、長穴加工等）
- 本事業では、加工テンプレートを構築している。このシステムを活用するためには、加工テンプレートにいかに関係情報を組み入れるかということである。  
その情報は、各企業独自のノウハウでもあるが、一般的加工情報（ユーザー企業、材料・工具メーカーが提供できる程度の情報）であっても中小企業にとっては有益である。今後、加工テンプレートに情報を継続的に組み入れて中小企業に提供する仕組みを構築して欲しい。
- Wikipediaのように、ユーザーによる技術情報の提供と活用が進むような（加工テンプレートの維持管理に労力を必要としない）ビジネスモデルが必要である。  
中小製造業の平均的な技術力を底上げするための汎用加工テンプレートの整備と、競争力の維持・強化に繋がる加工テンプレートのカスタマイズを差別化

しておかないと技能や技術の流出が生じる。あるいは、技能や技術の流出を恐れて、汎用加工テンプレートの整備が進まない。

- この手法とシステムによる技能の継承が、ぜひ大きな活動に発展するよう努力して欲しい。そのために、ユーザー企業、材料・工具メーカーを巻き込むこと、手法をさらに明確で使いやすくすること、活動が自律的に進む臨界点に達するまでの事業の継続、などが重要と思われる。

- 加工テンプレートの使い勝手をさらに向上させる。

加工テンプレートの“伝道師”を育てる。

今後は加工テンプレートの存在を周知させるために、メディアを通じて積極的に広報することが望まれる。

#### <その他の意見>

- 設定目標と市場ニーズとの間に若干のずれがあるのかもしれない。成果の普及には技術情報の蓄積が必要になるが、技術情報の蓄積が進んだ時点で、陳腐化した古い技術情報の廃棄、矛盾する技術情報や特殊な技術情報の取り扱いなど、解決すべき課題が残されている。

## 2. 2 行程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発

### 1) 研究開発成果についての評価

IT化による業務の効率化は、中小企業にとって経営革新のための急務な課題である。企業内での各部署のデータを簡易な手法で共有化するアプリケーションを自動的に構成するシステムは、いろいろな作業の効率化、各タスクの流れの把握、作業の無駄の減少のために有益であるが、中小企業が自社の業務に合わせた専用のシステムを構築するのは高額のコストがかかるという課題も抱えている。それを解決するため、前回の事業で開発したMZプラットフォームを活用し、専門知識を必要とせずにシステム開発ができる技術を開発し、この端緒が開かれたことは評価できる。

タスクフロー図を作成することが本システムを活用する上でのポイントとなる。この作業を実施できる者は、企業内の各部署間のデータの関係を把握している必要があり、企業によっては該当する人物がいない場合もあるので、より簡易にタスクフロー図を作成することが可能となれば、活用が広がると考える。

#### <肯定的意見>

- MZplatform としてアプリケーション構築技術を実用化するとともに、普及方法も示し、地域での利用実績をあげており、成果として具体性のある形にまとめている。
- システム作りの合理化は中小企業にとって非常に有意義な課題であり、この端緒が開かれたことは素晴らしい。
- 企業内での各部署のデータを簡易な手法で共有化するアプリケーションを自動的に構成するシステムは、いろいろな作業を効率化するためにも、各タスクがどのように流れているかを把握するためにも、作業の無駄をなくすためにも有益であり、評価できる。
- 業務改善を主眼に置いたアプリケーションとのことで、既に導入企業もあり成果を挙げている旨の説明とおり、煩雑な業務の標準化（マニュアル化）に効果を発揮するものと思う。
- アプリケーション構築技術の普及・実用化体制が整備され、講習会の開催や技術研修などが実施されている。
- 中小製造業が困っている IT 化による業務の効率化という問題に対して、適切な解決策を提供している。

ユーザー会の設置により普及を進めている。

中小企業の IT 活用による経営革新が急務とされる。近年、ソフトウェアベンダーは基幹業務システムの中小企業向けパッケージソフトの販売にも力

を入れているが、なかなか自社の業務に合わせることが難しい。一方、専用のシステムを構築するのは費用がかかりすぎるといった悩みを抱えている。これを解決するため、前回の事業で開発したMZプラットフォームを活用し、専門知識を必要とせずにシステム開発ができる技術を開発した。

成果は目標値を達成している。

加工事例を整理したデータベースが入っていると同時に、加工テンプレートも今回開発したプラットフォーム上で運用可能なため、モノづくり中小企業にとっては自社独自の使いやすいシステムが構築できるのではないかと期待される。

#### <問題点・改善すべき点>

- 開発コストに関しては分析が難しい点もあると予想されるが、今後のためにも費用対効果に関しても評価することが望ましい。
- システムに用いる基準値／計画値そのもの又はその作り方でシステム化しておかないと、システムは十分には機能しないと考えられる。
- タスクフロー図を作成することが本システムを活用する上でポイントなり、この作業を実施できる者は、企業内の各部署間のデータの関係を把握している人物であり、場合によっては（企業によっては）、このような人物がいないう可能性があり、もっと簡易にタスクフロー図を作成することができるようになれば、より活用が広がる。
- ISOや既に標準化している企業にとっても更なるバージョンUPになるものかどうかは判断できなかったが、新規導入企業以外でも改善に使えるアプリケーションであって欲しい。
- 旧事業では現場作業によるプログラム開発の支援を目的としていたが、本事業では経営革新のためのIT利用技術の提供が目的となり、技能や技術の蓄積・伝承という趣旨から離れてしまった。
- 成功事例の蓄積、類似ソフトとの差別化などを通じて普及に努めて欲しい。普及の手段として、標準化についても検討すべきではないか。

#### <その他の意見>

- ・一貫管理と基準値（QCDに関する）作成システムが出来ると良かったなあ。
- ・専門知識を必要とせずにシステム開発ができる技術といっても、中小企業の多くは時間的余裕もなく、取り掛かるのが難しいと思う。成果の普及には加工テンプレートと同様に、使い勝手をさらに向上させると同時に、定年退職した技術者や技術・情報系の先生などを“伝道師”に育て全国行脚させるといったことが必要になるだろう。

今後は工程・製造設計支援アプリケーション構築技術の存在を周知させるために、メディアを通じて積極的に広報することが望まれる。



## 2) 実用化の見通しについての評価

MZプラットフォーム研究会への会員(ユーザー)参加企業数が増加したこと、ソフトベンダーとの連携開発が開始したこと、アプリケーション開発とコンサルティング業務を行うソフトウェアベンダーと契約して事業利用の方向も打ち出したことから、実用化に向けた見通しは得られている。

PR方法にもよるが、実用化は比較的容易であろうし、汎用性もかなり高いと推定されるので、実用化にあたっては、利用可能なコンポーネントの拡充と、本当に中小企業のITシステムの知識がない人でも取り掛かることができるような改善と支援が必要になるだろう。

その結果として、加工テンプレートを含めIT化できれば、中小企業の経営体質が強化され、それによって、わが国のモノづくり産業の国際競争力が強まると考える。

### <肯定的意見>

- すでに実用化に向けた成果が、地域的ではあるが、あげられているので、さらに広域的、長期的な方向に発展することが期待できる。
- PR方法にもよるが、実用化は比較的容易であろうし、汎用性もかなり高いと推定される。
- 本事業で開発された工程・製造設計支援アプリケーション構築技術は、大手企業でのデータの見える化、業務分析、業務の効率化のために有益なツールになることは期待できる。(大手企業用ツールとしての実用化が期待できる。)
- アプリケーション開発とコンサルティング業務を行うソフトウェアベンダーに技術移転を進めている。
- コンソーシアム参加企業数も増加しており、ソフトベンダーとの連携開発も始まっていて、ほぼ実用化がされている。  
加工テンプレートとの組合せで利用が進展することが期待できる。
- MZプラットフォームのユーザーに新バージョンとしてすでに実用化しているという。またソフトウェアベンダーと契約して事業利用の方向も打ち出しており、実用化に向けた見通しは得られている。

中小企業の業務のIT化は体質強化のために欠かせない課題である。加工テンプレートで技能のデジタル化の方法を提示し、同時に業務プロセスを工程・製造設計支援アプリケーション構築技術がIT化できれば、中小企業の経営体質が強化されよう。それによって、わが国のモノづくり産業の国際競争力が強まることになると思われる。

<問題点・改善すべき点>

- 広域的、長期的な波及を目指すためには、組織的な対応とコストパフォーマンスを考慮することが必要と考える。
- 基準値の作り方や工程順に関する配慮がない。
- 本事業で開発された工程・製造設計支援アプリケーション構築技術は、大手企業での活用が大いに期待できるが、中小企業で活用される点に関しては、限定されるのではないかとの危惧を持つ。その理由は、タスクフロー図を作成できる人物が中小企業で確保できるのかという疑問からである。

<その他の意見>

- ・着眼点は非常によいと思う。
- ・成果の普及には、利用可能なコンポーネントの拡充が不可欠であるが、コンポーネントの提供者の利益になるようなビジネスモデルでの運用が必要である。
- ・実用化にあたっては、当初、本当に IT システムの知識のない人が取り掛かることができるような支援が必要になるだろう。こうした予算措置は可能なのだろうか。

### 3) 今後に対する提言

テンプレートと MZPlatform の連携は理解できるが、その連携の具体的な適用例が少なく、中小企業での利用、普及に障害となる点は何かについてまだ十分な分析が行われていない印象である。ソフトとしてはほぼ実用の域に達しているので、現実を使う中小企業の担当者の意見も良く取り入れて、本事業で開発された工程・製造設計支援アプリケーション構築技術を、いろいろな分野のデータの見える化のツールとして提供し、ユーザーへの普及をさらに進められることを期待する。

今後、システムに用いる基準値／計画値そのもの、又はその作り方等までが求められる仕組み、すなわち技術や技能のプログラム化が支援できるようなプラットフォームの強化も進める必要があるのではないか。そうしないと、中小企業を対象とした場合、そのシステムは十分には機能しない。

#### <今後に対する提言>

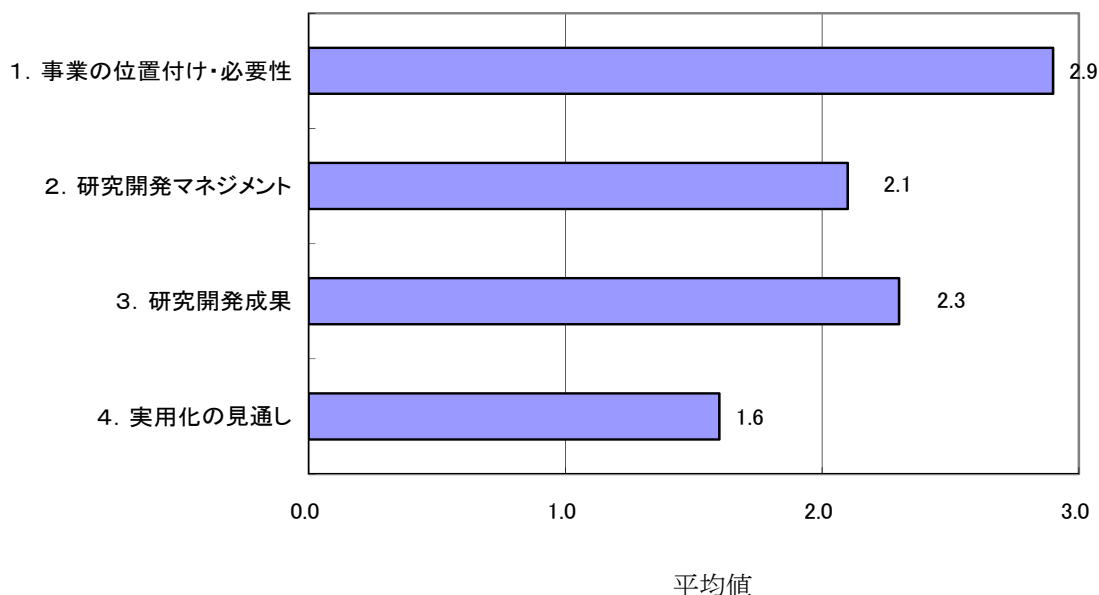
- ・テンプレートと MZPlatform の連携は理解できるが、具体的な適用例や分析例が乏しいと考える。このような事例を集めることが難しい点は何か、中小での利用、普及に障害となる点は何か、まだ十分な分析が行われていないとの印象である。技術継承の主題に立ち返っての評価と今後の対応が必要不可欠と考える。
- ・製造基本方針（例えば鋳造方向）、一貫管理に用いる基準値／計画値等を求める仕組みも開発する必要があるのではないか。
- ・本事業で開発された工程・製造設計支援アプリケーション構築技術をいろいろな分野のデータの見える化のツールとして提供されることを期待する。
- ・オープンソースのプログラム開発（例えば Linux）のような、ユーザーによるアプリケーションの開発やコンポーネントの提供が進むような（MZ Platform の維持管理に労力を必要としない）ビジネスモデルが必要である。旧事業の目的であった現場作業によるプログラム開発、すなわち技術や技能のプログラム化が支援できるようなプラットフォームの強化が望まれる。
- ・実用ソフトとしてほぼ完成の域に達していると思われるので、広報、普及を進めることに力点を置くのが望ましい。

#### <その他の意見>

- ・現実を使う担当者の意見も良く取り入れて下さい。

### 3. 評点結果

#### 3. 1 プロジェクト全体



評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	A	A	A	A	A	B	
1. 事業の位置付け・必要性について	2.9	A	A	A	A	A	A	B	
2. 研究開発マネジメントについて	2.1	A	B	B	B	B	B	B	
3. 研究開発成果について	2.3	A	A	A	B	B	C	B	
4. 実用化の見通しについて	1.6	B	B	B	B	C	C	C	

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

#### 〈判定基準〉

1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

## 第2章 評価対象プロジェクト

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

# 「中小企業基盤技術継承支援事業」

## 事業原簿

作成者	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 機械システム技術開発部 (独)産業技術総合研究所 (独)理化学研究所
-----	--

## — 目 次 —

概要.....	3
I. 事業の位置付け・必要性について	
1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性.....	15
1.1 NEDOが関与することの意義.....	15
1.2 実施の効果(費用対効果).....	15
2. 事業の背景・目的・位置づけ.....	16
II. 研究開発マネジメントについて	
1. 事業の目標.....	16
1.1 「技術・技能の継承・共有化ツール(加工テンプレート)の開発」の達成目標.....	17
1.2 「工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」の達成目標.....	17
2. 事業の計画内容.....	18
2.1 研究開発の内容.....	18
2.1.1 「技術・技能の継承・共有化ツール(加工テンプレート)の開発」の内容.....	18
2.1.2 「工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」の内容.....	19
2.2 研究開発の実施体制.....	21
2.2.1 研究組織(全体).....	21
2.2.2 研究組織及び管理体制.....	22
2.2.3 研究者氏名及び担当研究項目.....	24
2.3 研究の運営管理.....	28
3. 情勢変化への対応.....	29
4. 中間評価結果への対応.....	30
5. 評価に関する事項.....	30
5.1 評価の実施時期.....	30
5.2 評価手法.....	30
5.3 評価事務局.....	30
5.4 評価項目・基準.....	30
5.5 評価委員.....	32
III. 研究開発成果.....	33
1. 事業全体の成果.....	33
1.1 計画と比較した目標の達成度.....	33
1.2 成果の普及・広報状況.....	37



1.2.1	論文発表	37
1.2.2	依頼・招待講演	38
1.2.3	解説	42
1.2.4	口頭発表	43
1.2.5	出願特許	45
1.2.6	知的基盤関係	45
1.2.7	受賞・表彰	47
1.2.8	その他	47
2.	研究開発項目毎の成果	48
2.1	技術・技能の継承・共有化ツール(加工テンプレート)の開発	48
2.1.1	鋳造テンプレートの開発	48
2.1.2	鍛造テンプレートの開発	55
2.1.3	めっきテンプレートの開発	61
2.1.4	熱処理テンプレートの開発	69
2.1.5	切削テンプレートの開発	75
2.1.6	金属プレステンプレートの開発	81
2.1.7	研究開発項目①の成果の意義	92
2.2	工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発	94
2.2.1	業務分析&アプリケーション設計支援ツールの開発	95
2.2.2	次世代 MZ プラットフォームの開発	100
2.2.3	研究開発項目②の成果の意義	103
IV.	実用化の見通しについて	106
1.	実用化の見通し	106

**【添付資料】**

1. プログラム・プロジェクト基本計画
2. 実施方針
3. 成果報告書

## 概要

		作成日	H21.3.31
制度・プログラム名			
プロジェクト名	中小企業基盤技術継承支援事業	PJコード	P00043
事業担当推進部室・担当者	機械システム技術開発部		
0. 事業の概要	<p>中小企業の優れたものづくりの技術、技能、ノウハウ等を形式知化・システム化し、円滑に継承するための基盤整備に必要な研究開発を平成18年度からの3年計画で実施する。具体的には以下に示す二つの研究開発項目を実施する。</p> <p>研究開発項目①「技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発」では、基盤的な機械部品加工技術を対象に、加工技能者（が製造設計から完成品に至る過程で行った行為（技能・技術）、意志決定プロセス等（判断の根拠、ノウハウ等）を抽出・整理し電子データとして蓄積する手法を開発し、中小企業者に提供できるようにする。具体的には、熟練技術を伝承するための加工技術知識の記述構造（加工テンプレート）を明らかにし、具体的な知識を蓄積し、また、システムとして実現する。</p> <p>研究開発項目②「工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」では、中小製造業におけるIT化を促進するために、システム構築するための専門知識が無くても簡単に、かつ、安価でシステム構築が可能なソフトウェアを開発する。このため、「ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発」の成果である「MZ Platform」を活用し、システム設計に関わる専門知識を必要とせずに業務用アプリケーションソフトを構築するための技術を開発する。</p>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>我が国経済の活力を維持・発展させるには、先端的新産業をはじめ、質的・量的に我が国経済を支える産業、技術的に先導する産業等の、いわゆる戦略的な製造業（川下産業）が、競争力を維持することが不可欠である。</p> <p>戦略的な川下産業の競争力を支える重要な要因の一つとして、我が国に、高度な技術的基盤を持つ川上産業（部品、材料、加工サービス等を供給する産業）が存在し、性能、信頼性、柔軟性、即応性等をもって、川下産業の商品開発を支えていることがあげられる。その川上産業のうち、中小企業が担っている部分が大きなウェイトをしめている。</p> <p>中小製造業の強みは、現場で働く技術者・技能者の高い能力を活かして高度な加工・製品を作り出すことにあり、それが、我が国のものづくりの強さの根源となってきた。しかし、中小製造業で従事している技術者・技能者は、昨今高齢化しており、引退の時期を迎えつつある。中小企業が保有している技術や技能、ノウハウは、そうした技術者・技能者固有のものである場合が多く、彼らが引退すると同時に中小企業から技術・技能・ノ</p>		

	<p>ノウハウも消えてしまう可能性がある。技能・技術の喪失は、我が国の強みそのものを失うことになりかねない。そこで、次代を担う世代に、技術・技能を継承することが非常に重要である。</p> <p>このため、平成13年度から平成17年度までNEDOが実施した「中小企業技術基盤強化推進事業／ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発」の成果を活かして、中小企業の優れたものづくりの技術、技能、ノウハウ等を形式知化・システム化し、中小企業の優れた技術・技能等を円滑に継承するための基盤整備に必要となる研究開発を平成18年度からの3年計画で実施する。なお、本事業は、経済産業省中小企業庁が行う「基盤技術を担う中小企業支援（サポーティングインダストリー支援）事業」に基づく補助事業として実施する。</p> <p>本研究開発により、技能の蓄積・伝承が可能となるだけでなく、設計・製造業務の効率化や加工技術の高度化を実現することにより、我が国中小製造業の国際競争力の維持、強化に貢献することができる。</p> <p>このような研究開発は、一般機械部品に関する広範囲な加工法を対象にした技術開発が求められるため、資金や技術面において中小製造業者が単独で取り組むことは困難である。また、本研究開発は、NEDO「ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発」で開発した研究成果を前提に実施するものであり、技術開発の緊急性や共通基盤性も考慮すると、本研究開発は本質的にNEDOプロジェクトとして行うことが適当である。</p>
<p>II.研究開発マネジメントについて</p>	
<p>事業の目標</p>	<p>研究開発項目①の研究開発目標は、以下のとおりである。(1)対象加工技術について高度な技術を有する企業において、具体的な加工製品あるいは加工部材を選択し、加工技能者の加工における着眼点とその具体的内容を計測し、データ(数値等)を収集する。(2)一般性を保証するため、同一加工技術を有する異なった企業、異なった加工対象についても併せて上記(1)を実施する。(3)収集された加工技術に関する知識を、以下の(3-1)~(3-5)の内容を持つ加工テンプレートとして整理する。(3-1)計測・収集された内容が記録できる。(3-2)加工技能者の行動の判断に関する情報が具体的内容として記述できる。(3-3)後継者(若手技術者等)がその記述内容に基づいて、加工技能者と同等の作業ができる。(3-4)他の類似加工技術についても、簡易な方法で、その加工技術固有の加工テンプレートが構築可能である。(3-5)「ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発」の成果である加工技術のデータベースを有効活用する。(4)計測・収集される情報の内、特に暗黙知にフォーカスした加工技能者の着眼点を抽出し、再現性を有し定量性の高い測定量とするための計測技術を開発する。開発さ</p>

	<p>れた計測技術は当該企業において利用可能であり、かつ加工テンプレートと一体的に利用可能なものとする。</p> <p>さらに、以下の事項も満たさなければならない。(5) 対象とする加工方法は5種類以上とすること。(6) 各加工方法について10種類以上の加工テンプレートを作成すること。(7) 企業における検証として、加工テンプレートごとに2社以上において有効性を検証すること。(有効性の確認数：100件以上)</p> <p>研究開発項目②「工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」の目標は以下のとおりである。(ア) 中小企業者がIT化を推進しようとする業務プロセスの特定を支援。(イ) 業種別の業務プロセス雛形を参照して、特定された業務プロセスに対応した業務アプリケーション構造を自動生成。(ウ) その際には、研究項目①の加工テンプレートを参照し、当該中小企業者固有の作業標準を反映。(エ) 業務アプリケーション構造の自動生成に当たっては、コンポーネントを自動で組み合わせることにより実施。</p> <p>(オ) 一度作成されたシステムは、通常のプログラムと同程度の自由度で修正・改良が可能な機能を持つ。(カ) すべての操作及び取扱説明書などシステムの取り扱いが日本語の知識のみでできる。(キ) 特定企業のオペレーティングシステムやハードウェアのみに依存せず動作する。(ク) 入出力の形式は、XML など公開され、一般に流布しているシステムで用いることができる。(ケ) 「ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発」の成果である「MZ Platform」を有効利用できる。(コ) 一度構築されたシステムを、同様に業務知識だけに基づいてシステムの改良を可能とする技術を開発する。</p> <p>さらに、研究開発項目①において開発された加工テンプレート(各加工方法(5種類以上)において10種類以上)ごとに、各加工方法において2社以上検証し、当該加工業務を行う企業において、業務知識だけに基づいてシステムを構築し有効性を検証することとする。</p> <p>(有効性の確認数：100件以上)</p>					
事業の計画内容	主な実施事項	H18fy	H19fy	H20fy		
	加工テンプレートの開発	—————▶				
	アプリケーション構築技術	—————▶				
【開発予算】	(単位：百万円)	H18fy	H19fy	H20fy		総額
	一般会計	464	271	153		888
	特別会計	0	0	0		0
	総予算額	464	271	153		888
【開発体制】	経済省担当原課	中小企業庁経営支援部創業・技術課				
	プロジェクトリーダー	産業技術総合研究所 松木則夫				

	委託先	(独)産業技術総合研究所デジタルものづくり研究センター (独)理化学研究所大森研究室
【情勢変化への対応】	<p>米国投資銀行の経営破綻に端を発する急激な信用収縮、世界同時不況、さらには少子高齢化が進む中、国民の将来への不安は高まっている。こうした状況の中、経済産業省は新経済成長戦略 2008 改訂版を発表し、資源生産性競争時代における新たな経済産業構造の構築、世界市場獲得と持続的発展のためのグローバル戦略、地域・中小企業・農林水産業・サービスの未来志向の活性化を戦略の柱として掲げた。特に中小企業政策では地域におけるモノ作り中小企業の新興、中小企業の再生が重要としており、技能継承問題の解決支援、中小企業のものづくり力強化をめざす本プロジェクトの重要性はますます高まっている。このため、本プロジェクトでは、加工テンプレートの開発を促進するとともにユーザーによる試用・評価を前倒しで実施し、成果の実用化を加速している。</p>	
Ⅲ. 研究開発成果について	<p>機械部品加工を主要な業務とする中小製造業のものづくり力強化のため、企業が直面する技術課題に直接的な解決策を提示するだけでなく、解決策の根拠や説明を含めることにより中小製造業の機動的な課題対応の支援を実用レベルで実現することを目標とした研究開発を行う。本計画は、体系的な手法に基づいた加工技能の技術化に関わる情報集積と集積手法の開発を目指した「技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発」、ならび設計・製造支援に係る種々のソフトウェアシステムの連携や自社業務へのカスタマイズ機能を実現することを旨とした「工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」を行い、両テーマが相互に連携して運用される一体的な取り組みを実施した。</p> <p>本研究では、産業界、大学、公設試験研究機関からの研究員や協力者で構成する柔軟かつ機動的な研究組織を設けて、それらの緊密な連携の下で研究開発を進め、研究開発成果の中小製造業における実用化の推進を図った。その結果、研究開発項目ごとに以下の結果を得た。</p> <p><b>「技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発」</b></p> <p>加工テンプレートの技術開発について鋳造、鍛造、めっき、熱処理、切削、金属プレス等の6加工技術に対して研究開発を行った。加工法毎に10種類の技能を対象に選び技能を表現する指標の値を抽出・表現するツールとして加工テンプレートを開発した。</p> <p>(1) 鋳造テンプレートの開発</p> <p>鋳造では、技能継承支援ツールとして、鋳造方案設計、注湯技能、溶解技術、欠陥の判別と対策の技術を取り上げ、技術・技能の抽出と継承を支援する10種のテンプレートを開発した。鋳造方案設計では、方案設計のポイントの指標化と活用、注湯技能では、手注ぎの際の注湯速度の計測による技能の指標化と後継者のトレーニングツールとしての活用、溶解技術では成分調整の記録と評価、欠陥</p>	

の判別と対策では標準欠陥対策事例を基にした自社欠陥と対策事例の蓄積と評価を目的とした。複数以上の鋳造企業にて開発した全てのテンプレートの試用と評価を行い、結果を基に修正と有効性の検証を行った。図1は鋳造方案設計テンプレートのシステム概要を示す。

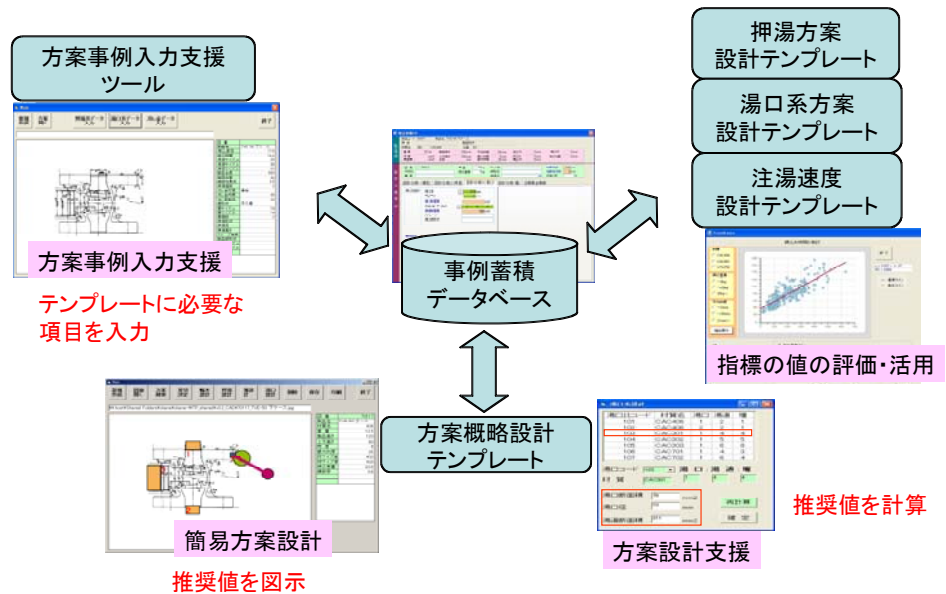


図1 鋳造方案設計テンプレート概要

## (2) 鍛造テンプレートの開発

鍛造加工される部品には高機能化や高品質化が求められており、企業は技術力を強化して国際競争力を高めなければならない。そのためには固有技術力を高めるほかない。例えば、航空機などの部品に用いられる難加工材を鍛造する技術や、ヘリカルギアに代表される複雑形状部品をネットシェイプ加工する技術などである。それらを実現するためには加工圧力を正確に予測し、割れが生じない工程設計をすることが重要となる。現場の若手技術者が、こうした高度な技術や技能を学習することを支援する目的で、電卓感覚の計算ツールをテンプレートとして作成した。操作すれば計算の順序がわかるような仕様とした。加工圧力計算テンプレートの計算フローを図2に示す。

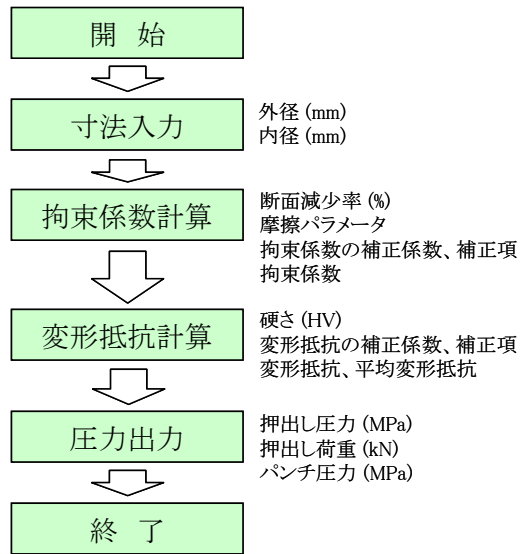


図2 加工圧力計算テンプレートの計算フロー

テンプレートの使用を重ね、データを蓄積するにつれて、変形抵抗、拘束係数の意味や計算方法などが理解できる仕組みになっている。また、理解を深めた後に、より難しい複雑形状などの計算にも用いることができる。このようにして、専門用語や計算方法の理解を助けることにより技能伝承を可能にし、また応用力も高めることができる。つぎに、高度な固有技術には、パンチやダイなどの金型の負担を把握して、より高品質な金型設計が必須となる。金型形状の意図や注意点などの設計理念を学習させる目的で、弾性有限要素法を用いた応力解析テンプレートを製作した。解析対象をパンチ及びダイに限定したため、簡便な操作で計算でき、さまざまな金型形状と内部応力との関係が理解しやすく、また、過去の図面の金型寸法を入力することで、金型設計の注意点や設計理念が理解できるようになっている。

鍛造企業数社で試用評価を実施したところ、技術者に参考になる、セミナーの教材になるなど、教育用として使えるという評価を受け、技能伝承の第一歩として有用であると考えている。

### (3) めっきテンプレートの開発

めっきテンプレートの開発では、「めっき欠陥要因」、「めっき欠陥対策」、「めっき欠陥判別」に関する熟練者の有する技能を分析し、それを「めっき加工テンプレート」として開発して、それを導入・利用した企業と議論を重ねた。その結果、めっき企業の欠陥低減を1桁下げるとともに、作業者が経験的に得た考え方や知識を数値化・可視化させながら自社内で欠陥低減過程を時系列的に蓄積・共有化できることに成功した。なお、こうした試みは、他の加工にもそのまま適用可能であり、めっきと同様のコーティング加工の一種であるPVDや、熱処理の一種であるイソナイト処理に従事する企業にとっても有効であることがわかつ

た。

同様に、複数の皮膜特性を効果的に同時に満足するための、条件パラメータ領域の簡易決定と推奨条件提示機能を有するテンプレートである「めっき推奨条件提示テンプレート」の開発や、めっき熟練者の治具作業やめっき動作を時空間的に蓄積するとともに、力覚・視覚モデル化による軌跡を習い、そして熟練者との差を比較することができる「めっき作業軌跡習熟テンプレート」など、合計10種類の「めっき加工テンプレート」を開発した。これらも、企業内で技能継承に役に立つという観点から、めっき企業との議論を重ねてソフトウェア機能の向上を図った。

#### (4) 熱処理テンプレートの開発

熱処理テンプレートの開発ではガス浸炭、ガス窒化・軟窒化、高周波処理、焼入焼戻し処理に関する10種類のテンプレートを開発した。熱処理加工は自動車、産業機械、建設機械、電子機器など多くの金属部品の製造工程に含まれる加工法であり国内の基幹産業の一つを成している。今日、熱処理に分類される材料の加工法は少なくとも30以上あり、それぞれ工程が大きく異なっている。このため熱処理テンプレートは加工法別に構築を進めた。また継承すべき技術・技能に関する企業アンケートを行い、工程設計、欠陥対策に関連した項目に回答が多かったことから、これらをテンプレート化することで社会ニーズに即したツールを目指した。熱処理加工の中でも上述の加工法は工業生産高が最も大きいものであり、この中から熟練技能を10個特定、抽出した。それぞれ数値化のしくみを考案し、ガス浸炭時間条件設計テンプレート、ガス浸炭焼入変形予測テンプレート、高周波焼入変形予測テンプレート、残留オーステナイト量予測テンプレート、ガス浸炭残留オーステナイト量予測テンプレート、赤外線分析法ガス浸炭温度・雰囲気設計テンプレート、酸素分圧測定法ガス浸炭温度・雰囲気設計テンプレート、ガス窒化時間条件設計テンプレート、欠陥対策テンプレート、ガス浸炭技術管理データベースを構築した。このうち設計の判断に関するものは図3の手順によるものであり、製品仕様、処理品性状から熱処理後の材料特性を正確に予測して、工程設計判断を行うもの、また処理品に課題が見出された場合にその原因と対策を過去事例から提示するもの、加工仕様書、品質報告書などをデータベース化するものであり、本分野において熟練技能を数値化する初めての仕組みである。



### 熱処理技能数値化の手順(設計・判断の場合)

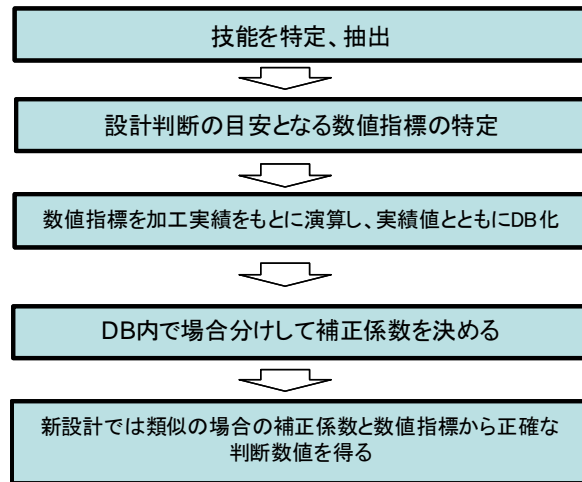


図3 設計判断における熟練技能の数値化手順

これらを「熱処理加工技能継承ツール」としてCDROM配布し、使用許諾契約書を27社1大学1地独(37名)と締結した。いずれのテンプレートも2件以上の評価を頂いており、社内で技能継承に関する使い方を見つけて頂いているものと認識できる結果を得た。

#### (5) 切削テンプレートの開発

切削加工に関する技能として、技能者の注意点発見能力に着目した。それを踏まえて、技能者がある一連の加工プロセスに取り組む際に、どのようにして注意点を見出し、それに対してどのような工夫を実践していたかという点をケーススタディ的に蓄積することを通して思考過程を視覚化することを目的としたテンプレートを作成した。具体的には、切削加工のうち技能やノウハウに依存する部分が多い段取り作業や特殊形状部材の加工、今後国内中小企業において需要が高まると考えられる難削材の加工など、10種類の具体的な作業を例として取り上げテンプレート化を図った。開発したテンプレートは図4に示すように、作業の流れを概観するためのフローチャートと、個々の工程における加工条件や技能者による勘どころ(注意点)を詳述するための表示欄の、二階層から構成されている。このような仕組みを有するテンプレートを閲覧することで、ある特定の加工プロセスに対して技能者が見出した加工上の注意点とその対処方法を可視化して表現できるようになっている。本事業で作成したテンプレートでは例えば、特殊な加工を行うための治具の設計・使用方法や、取り扱いの難しい工具を適切に使用するために必要な工夫などを、注意すべき理由とともに把握することが可能である。

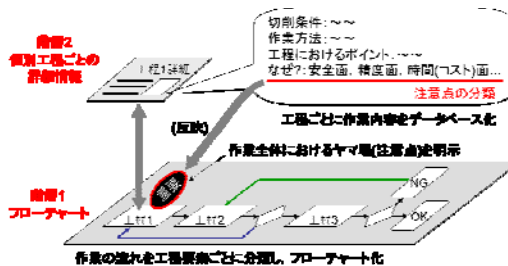


図4 切削テンプレートの基本的構造

(6) 金属プレステンプレートの開発

プレス金型設計・製作における中心的技術領域である工程設計技術に焦点を当て、熟練技術者の設計技術を搭載し、若手技術者がそれを使用することで技術習得を促進することができる、集積手法の開発を行った。具体的には、幾つかの典型的な事例を分析することで、工程設計時の主要な10フェーズを定め、熟練技術者の着眼点・判断基準をメタフローモデルにより抽出し、若手による利用・技術習得を可能とする加工テンプレートを構築した。

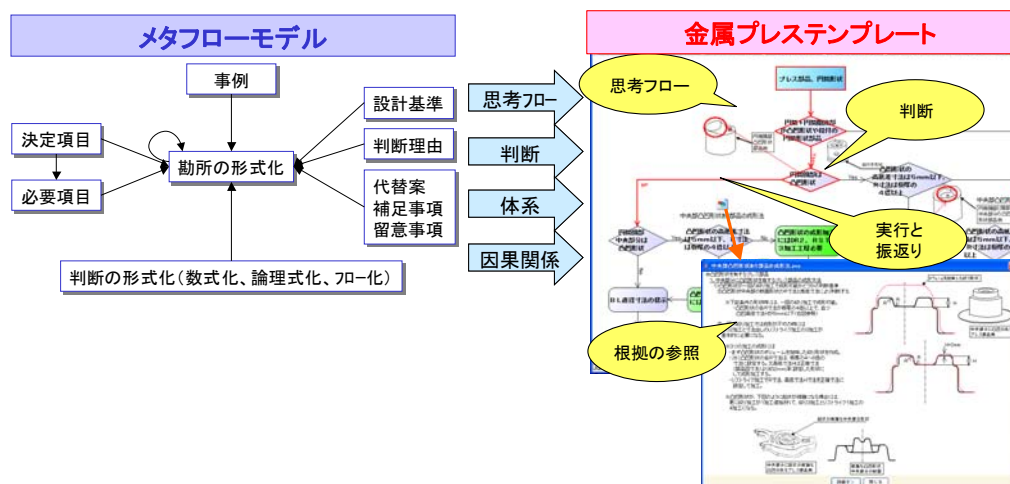


図5 金属プレステンプレートとメタフローモデル

本テンプレートでは、実務者による容易な利用（構築を含め）を実現すると共に、実行結果に対する振り返りを可能とすることにより技術習得の効果を高めている。結果として、加工テンプレート内容及びツールとしての実用性評価共に、非常に良い結果が得られた。

「工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」

高度な IT 知識を必要とせず、業務知識のみでアプリケーションを開発するための仕組みを提供ため、「業務分析&アプリケーション設計支援ツールの開発」および「次世代 MZ Platform の開発」を実施した。開発の概要を図6に示す。

構築対象のアプリケーションを定義する業務モデルは、タスクフロー図とタスク配置図という 2 種類のフロー図として記述する。タスクフロー図とは業務の処理手順を与えるものであり、企業における業務あるいは処理の相互関係を記述する。一方、タスク配置図とは行われる業務と担当部署を関連づけるものである。これらのフロー図は、それぞれの業務モデル作成ツールで記述する。

アプリケーションを構築する際には、まず、タスクフロー図の記述を行う。タスクフロー図用業務モデル作成ツールは、ユーザが記述したタスクフロー図をアプリケーション設計図へ変換して次世代 MZ Platform へ渡す。次世代 MZ Platform は受け取ったアプリケーション設計図に基づいて必要なコンポーネントを自動構成し、スタンドアロンのアプリケーションを構築する。

構築されたスタンドアロンのアプリケーションを企業内のネットワーク環境で動作する分散システムへと展開する場合には、タスク配置図用業務モデル作成ツールを用いて、アプリケーションを構成するモジュールごとにその配置先を指定する。その配置先指定に基づき、次世代 MZ Platform はスタンドアロンシステムを分散システムへ展開する。

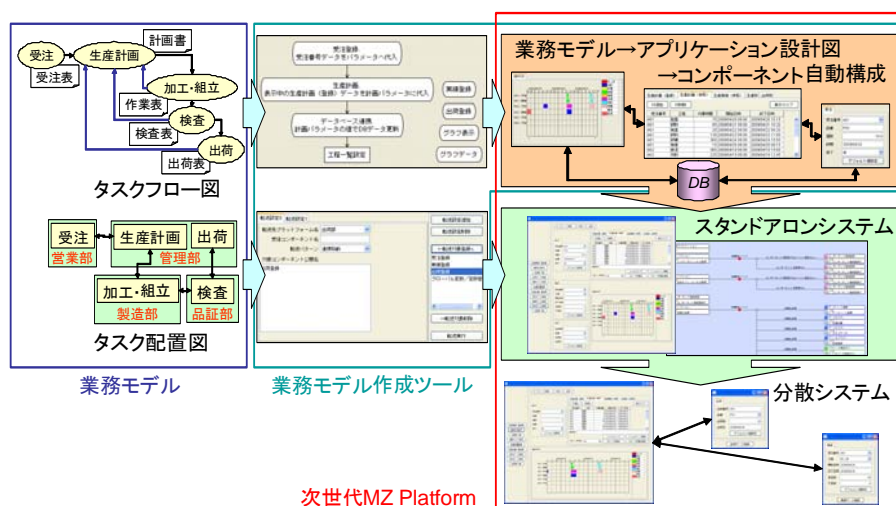


図 6 工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発概要

本研究開発成果によるアプリケーション開発においては、業務分析の結果として得られる業務モデルフロー図によりアプリケーションが自動的に構築されるため、従来の開発で必須であったシステム設計やプログラム開発に要する負担は大幅に軽減される。これにより、中小製造企業における社内 IT システム開発能力の育成に大きく貢献するものと考えられる。

なお、本研究開発においては、予算が当初の想定額から大幅に縮小されたため、資源を研究・技術開発に集中し、加工企業における評価検証は事業期間内には実施せず、今後の普及活動の中で継続的に行うこととした。

(特許・論文等について件数を記載)	特許 2件 論文 18件 解説 16件 口頭発表 33件 知的基盤 26件 受賞・表彰 3件 依頼・招待講演 76件	
IV. 実用化の見通し	<p>「技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発」</p> <p>切削テンプレートおよび金属プレステンプレートの普及を図るための取り組みとして、2009年4月より技能継承支援機構が発足されている。同機構では、情報発信型および対話指導型という二つの対称的な方法により、テンプレートユーザーへのサポートを行う。まず、情報発信型のサポートとして、「テクニスト技術研究会」の主宰運営を行っている。同研究会は、主にテンプレートユーザーを対象として募った会員を対象に、年2回開催される「技術交流会」や、年2回開催される「チュートリアルミーティング」などの活動を通じてテンプレートの使用方法や活用促進に関わる情報を提供することを目的としている。また、会員相互で技能継承の取組みについて情報交換を図る場も提供することで、ユーザーへテンプレートの使用に対するモチベーションを高揚させる効果も期待している。会員数は4月現在およそ10社程度となっているが、本年度中には30社程度まで増加することを見込んでいる。また、テンプレートの自社向けカスタマイズや、活用方法の直接指導を希望するユーザーについては、理研の研修受け入れ制度、技術指導契約制度や、共同研究契約制度などの枠組みを利用して対処を図る。</p> <p>「工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」</p> <p>本技術開発はNEDO委託事業「ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発」(H13年度～H17年度)の成果物であるMZ Platformをベースとして行われた。MZ PlatformはH16年12月より産総研コンソーシアム「MZプラットフォーム研究会」を通じて年会費1000円にて個人・法人を含む会員に配布されているほか、ソフトウェアベンダーへの技術移転も進んでおり、H20年度末現在で8社がTLO契約を締結し事業展開を図っている。</p> <p>本技術開発のうち次世代MZ Platform技術については、開発を完了した機能をMZ Platform Version 2.0 (H19年10月リリース)より順次導入しており、その意味においてすでに実用化されている。業務分析&amp;アプリケーション設計支援ツールは、MZ Platformの機能拡張アプリケーションとして現行の配布キットに含め、中小製造企業の現場における実用およびソフトウェアベンダーによる事業利用を進める予定である。</p>	
V. 評価に関する事項	事前評価	なし
	中間評価	なし
	評価予定	平成21年度 事後評価実施予定

## **I. 事業の位置付け・必要性について**

### **1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性**

#### **1.1 NEDOが関与することの意義**

わが国の製造業の国際競争力は高度な技術的基盤をもつ中小製造業に支えられている。中小製造業の強みは現場で働く技術者・技能者の高い技術や技能を生かした高度な加工にあるといえる。ところが技術者・技能者の高齢化、引退の時期を迎え、現場の高度な技術や技能、ノウハウが喪失してしまう危惧がある。技術・技能の喪失はわが国の強みそのものを失うことになりかねない。そこで次世代を担う世代への技術・技能継承が重要な課題となっている。

このため、中小企業の優れたものづくりの技術、技能、ノウハウ等を形式知化・システム化し、中小企業の優れた技術・技能等を円滑に継承するための基盤整備に必要となる研究開発を平成18年度からの3年計画で実施する。本研究開発により、技能の蓄積・伝承が可能となるだけでなく、設計・製造業務の効率化や加工技術の高度化を実現することにより、我が国中小製造業の国際競争力の維持、強化に貢献することができる。

このような研究開発は、一般機械部品に関する広範囲な加工法を対象にした技術開発が求められるため、資金や技術面において中小製造業者が単独で取り組むことは困難である。また、本研究開発は、NEDO「ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発」で開発した研究成果を前提に実施するものであり、技術開発の緊急性や共通基盤性も考慮すると、本研究開発は本質的にNEDOプロジェクトとして行うことが適当である。

#### **1.2 実施の効果（費用対効果）**

従来、技術・技能の継承は技能者の指導のもと作業を実際に行い経験を積むことにより学びとるOJT(On the Job Training)による方法が中心であった。しかし、これでは手間と時間がかかりすぎ、手遅れになってしまう危険性がある。本プロジェクトでは熟練技能者の知識や技術を抽出・データ化し、さらに可視化することにより自分と熟練者の技能を比較し学べるようになる。このことを繰り返すことにより熟練技能者の原理原則を理解することができ、他への応用も可能となる。

本プロジェクトで開発される技能継承ツールは以上の方法により技能継承を促進するものであり、使いやすく低コストで導入が可能である。協力企業による評価結果も良好で、すでに本格的な利用を開始した企業もあり、今後、中小企業で広く使われていくことが期待される。技能継承ツールが普及することにより、技能継承を促進することができ、わが国の製造業の強みである技術者・作業者の高い技術・技能を維持、発展させていくことができる。

今般の社会・経済状態を考えると、我が国製造業の競争力強化のためにはその根幹を支える中小製造業の競争力強化が急務である。ものづくりの技能は、一度喪失すれば産業の基盤を崩してしまうかけがえのないものであり、我が国の中小製造業が中心になって担っているものづくりの力が失われれば、同時に我が国製造業の基盤が失われる危険がある。本事業で取り組む研究開発は、上記のように技能を抽出・データ化・可視化することにより技能の蓄積、伝承、活用を可能とし、中小製造業の設計・製造業務の迅速化・効率化を実現すると共に、品質や加工技術の維持・向上を通じて国際競争力の維持・強化に大きく貢献するものである。本事業で開発される技能継承ツールは多くの種類があり、また適応性・汎用性が高いので、多くの中小企業で利用されていくことが期待される。以上から、本

プロジェクト実施の費用対効果は高いといえる。

## 2. 事業の背景・目的・位置付け

我が国経済の活力を維持・発展させるには、先端的新産業をはじめ、質的・量的に我が国経済を支える産業、技術的に先導する産業等の、いわゆる戦略的な製造業（川下産業）が、競争力を維持することが不可欠である。

戦略的な川下産業の競争力を支える重要な要因の一つとして、我が国に、高度な技術的基盤を持つ川上産業（部品、材料、加工サービス等を供給する産業）が存在し、性能、信頼性、柔軟性、即応性等をもって、川下産業の商品開発を支えていることがあげられる。その川上産業のうち、中小企業が担っている部分が大きなウェイトをしめている。

中小製造業の強みは、現場で働く技術者・技能者の高い能力を活かして高度な加工・製品を作り出すことにあり、それが、我が国のものづくりの強さの根源となってきた。しかし、中小製造業で従事している技術者・技能者は、昨今高齢化しており、引退の時期を迎えつつある。中小企業が保有している技術や技能、ノウハウは、そうした技術者・技能者固有のものである場合が多く、彼らが引退すると同時に中小企業から技術・技能・ノウハウも消えてしまう可能性がある。技能・技術の喪失は、我が国の強みそのものを失うことになりかねない。そこで、次代を担う世代に、技術・技能を継承することが非常に重要である。

このため、平成13年度から平成17年度までNEDOが実施した「中小企業技術基盤強化推進事業／ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発」の成果を活かして、中小企業の優れたものづくりの技術、技能、ノウハウ等を形式知化・システム化し、中小企業の優れた技術・技能等を円滑に継承するための基盤整備に必要となる研究開発を平成18年度からの3年計画で実施する。なお、本事業は、経済産業省中小企業庁が行う「基盤技術を担う中小企業支援（サポーティングインダストリー支援）事業」に基づく補助事業として実施する。

本研究開発により、技能の蓄積・伝承が可能となるだけでなく、設計・製造業務の効率化や加工技術の高度化を実現することにより、我が国中小製造業の国際競争力の維持、強化に貢献することができる。

## II. 研究開発マネジメントについて

### 1. 事業の目標

研究開発項目①「技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発」では基盤的な機械部品加工技術を対象に、加工技能者（が製造設計から完成品に至る過程で行った行為（技能・技術）、意志決定プロセス等（判断の根拠、ノウハウ等）を抽出・整理し電子データとして蓄積する手法を開発し、中小企業者に提供できるようにする。具体的には、熟練技術を伝承するための加工技術知識の記述構造（加工テンプレート）を明らかにし、具体的な知識を蓄積し、また、システムとして実現する。

研究開発項目②「工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」では、中小製造業におけるIT化を促進するために、システム構築するための専門知識が無くても簡単に、かつ、安価でシステム

構築が可能なソフトウェアを開発する。このため、「ものづくり・IT 融合化推進技術の研究開発」の成果である「MZ Platform」を活用し、システム設計に関わる専門知識を必要とせずに業務用アプリケーションソフトを構築するための技術を開発する。

以下、研究開発項目①、②それぞれの達成目標について詳しく述べる。

### 1.1 「技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発」の達成目標

加工テンプレートについては、以下を最終目標とする。

(1) 加工技術ごとに以下を実施すること。

(ア) 対象加工技術について高度な技術を有する企業において、具体的な加工製品あるいは加工部材を選択し、加工技能者の加工における着眼点とその具体的内容を計測し、データ（数値等）を収集すること。

(イ) 一般性を保証するため、同一加工技術を有する異なった企業、異なった加工対象についても併せて上記（ア）を実施すること。

(ウ) 収集された加工技術に関する知識を、以下の内容を持つ加工テンプレートとして整理すること。

- ・計測・収集された内容が記録できること。
- ・加工技能者の行動の判断に関する情報が具体的内容として記述できること。
- ・後継者（若手技術者等）がその記述内容に基づいて、加工技能者と同等の作業ができること。
- ・他の類似加工技術についても、簡易な方法で、その加工技術固有の加工テンプレートが構築可能であること。
- ・「ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発」の成果である加工技術のデータベースを有効活用すること。

(2) 上記（1）で計測・収集される情報の内、特に暗黙知にフォーカスした加工技能者の着眼点を抽出し、再現性を有し定量性の高い測定量とするための計測技術を開発すること。開発された計測技術は当該企業において利用可能であり、かつ（1）の成果と一体的に利用可能であること。

(3) 対象とする加工方法は5種類以上とすること。

(4) 各加工方法について10種類以上の加工テンプレートを作成すること。

(5) 企業における検証として、上記③で作成した加工テンプレートごとに2社以上において有効性を検証すること。（有効性の確認数：100件以上）

### 1.2 「工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」の達成目標

工程・製造設計支援アプリケーション構築技術については、以下を最終目標とする。

(1) 研究開発項目①において開発された加工テンプレート（各加工方法（5種類以上）において10種類以上）ごとに、各加工方法において2社以上検証し、当該加工業務を行う企業において、業務知識だけに基づいてシステムを構築し有効性を検証する。（有効性の確認数：100件以上）

## 2. 事業の計画内容

### 2.1 研究開発の内容

#### 2.1.1 「技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発」の内容

従来、熟練者の知識や技術の継承はOJT（On the Job Training）が中心であった。OJTでは経験者と同じ仕事場に立ち、必要な知識や技術はもちろん、取り組み姿勢や価値観なども学ぶことができる。しかし、これではあまりに手間と時間がかかり、手遅れになる危険性がある。

技能継承で大切なのは、画一的な仕事の進め方を覚えるのではなく、原理原則を理解して、応用できるようにすることである。顧客からの注文が異なっても、加工機械が異なっても、同じ品質レベルで作業できなければならない。

以上の観点から、本プロジェクトでは技能・技術の継承・共有化ツールとしての加工テンプレートを開発することとした。これは、企業特有の技術や技能を抽出・データ化し、図・グラフなどで可視化する。また必要に応じてデータを修正することにより、類似の加工に適用したり、教育に利用したりすることができるものである。加工の原理・原則の理解を主眼にしているので、応用・適用範囲が広いといえる。鋳造、鍛造、めっき、熱処理、切削、金属プレス等の6加工法を対象にそれぞれ10種類の加工テンプレートを開発し、それぞれ2社以上の企業で評価し、改良を進めた。

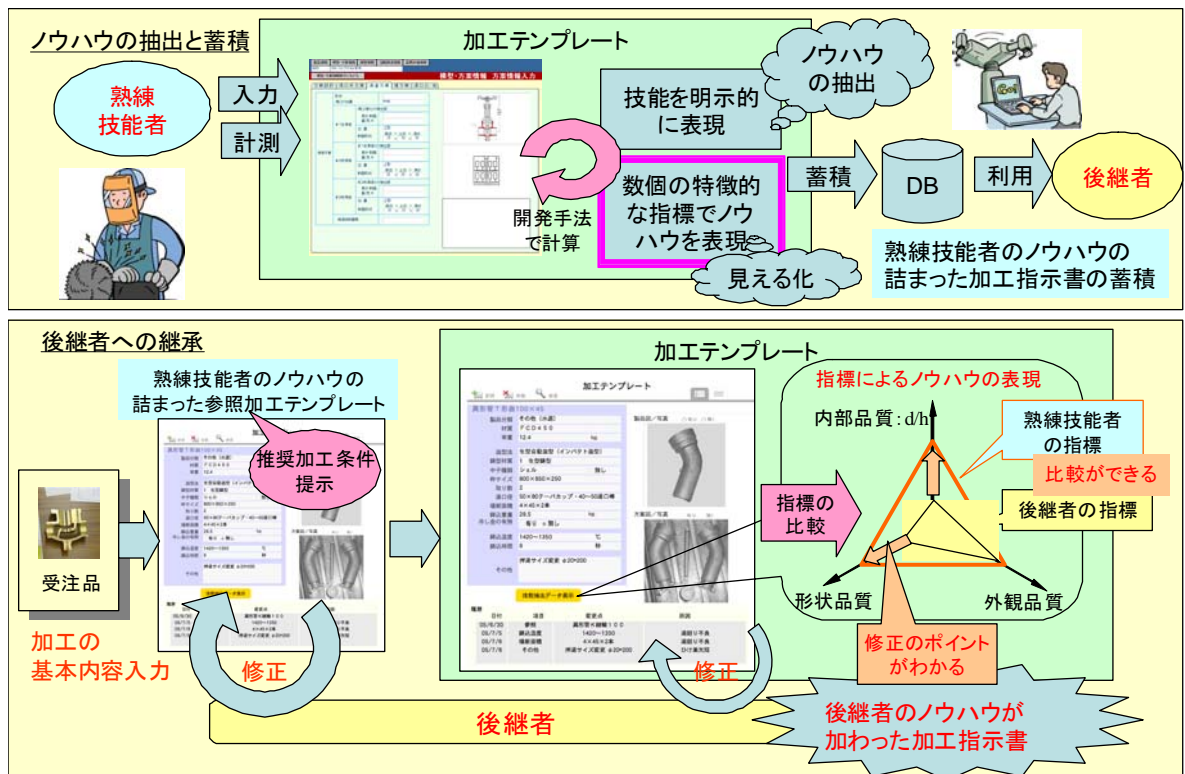


図 2.1.1 加工テンプレートによる技能継承



## 2.1.2 「工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」の内容

中小製造業の「ものづくりの力」の強化のためには、工程・製造設計の効率化・省力化が必要である。実現するための手段のひとつとしてIT化による効率化があるが、システム構築するための専門知識が無く、また、外注で対応すれば開発コストが高いためIT化が出来ない中小製造業が多い。IT化を促進するためには、システム構築するための専門知識が無くても簡単に、かつ、安価でシステム構築が可能なソフトウェアの開発が必要である。そこで、本開発項目では、工程・製造設計業務のIT化のためのシステムを構築するにあたり、アプリケーションの設計の知識およびプログラムの知識が不要で、当該企業の業務知識のみでシステムが構築できる技術を開発する。

具体的には、「業務分析&アプリケーション設計支援ツールの開発」および「次世代 MZ Platform の開発」を実施した。構築対象のアプリケーションを定義する業務モデルは、タスクフロー図とタスク配置図という2種類のフロー図として記述する。タスクフロー図とは業務の処理手順を与えるものであり、企業における業務あるいは処理の相互関係を記述する。一方、タスク配置図とは行われる業務と担当部署を関連づけるものである。これらのフロー図は、それぞれの業務モデル作成ツールで記述する。

アプリケーションを構築する際には、まず、タスクフロー図の記述を行う。タスクフロー図用業務モデル作成ツールは、ユーザが記述したタスクフロー図をアプリケーション設計図へ変換して次世代 MZ Platform へ渡す。次世代 MZ Platform は受け取ったアプリケーション設計図に基づいて必要なコンポーネントを自動構成し、スタンドアロンのアプリケーションを構築する。

構築されたスタンドアロンのアプリケーションを企業内のネットワーク環境で動作する分散システムへと展開する場合には、タスク配置図用業務モデル作成ツールを用いて、アプリケーションを構成するモジュールごとにその配置先を指定する。その配置先指定に基づき、次世代 MZ Platform はスタンドアロンシステムを分散システムへ展開する。

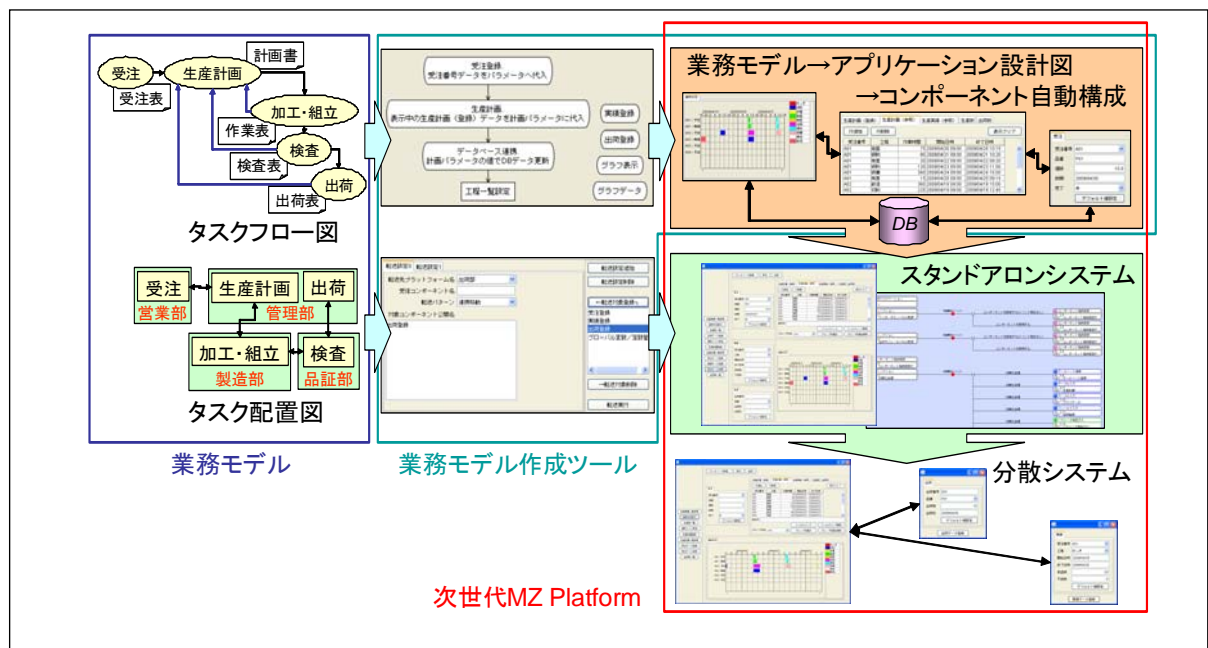


図 2.1.2 業務分析&アプリケーション設計支援ツールと次世代 MZ Platform の開発

表 2.1.2 に本プロジェクトスタート時の「技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発」および「工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」についての全体計画として3年間の研究開発項目ごとのアロー線図を示す。また、事業予算も並行して記載した。

表 2.1.2 全体計画一覧表②

研究開発項目	主な成果	平成18年度	平成19年度	平成20年度
技術・技能の継承・共有化ツール(加工テンプレート)の開発	鑄造テンプレート 鍛造テンプレート めっきテンプレート 熱処理テンプレート 切削テンプレート 金属プレステンプレート	対象とする技能、データ構造の検討、試作の開始	加工テンプレートを30種類開発、60件評価	加工テンプレートを60種類開発、120件評価
工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発	次世代MZ Platform	次世代MZ Platformのメカニズムの検討	タスクフロー処理・タスク分散処理機能の開発	タスクフロー機能、タスク分散機能、次世代MZPlatform

予算(単位100万円)

研究開発費 459.6 264.2 146.8

研究開発管理費等 4.8 6.5 6.4

-----  
合計 464.4 270.7 153.2

## 2.2 研究開発の実施体制

本研究開発は、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）による公募、審査の結果、独立行政法人産業技術総合研究所デジタルものづくり研究センターと独立行政法人理化学研究所が委託先として選定された。研究開発にあたっては、企業、大学、その他の教育研究機関との緊密な連携の下で進められた。特に、中小製造業との連携開発を重視し、協力体制を強化した。

技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発に関しては、鋳造、鍛造、めっき、熱処理分野は産総研が、切削、金属プレス分野は理化学研究所が担当した。工程・製造設計支援アプリケーション構築技術の開発に関しては産総研が担当した

平成20年度現在、産業技術総合研究所ではセンター職員32名、客員研究員5名、協力研究員1名、WG委員34名の体制で研究を進めている。理化学研究所では職員2名、協力研究員4名、業務支援員1名の体制で研究を進めている。

### 2.2.1 研究組織（全体）

研究組織を図2に示す。

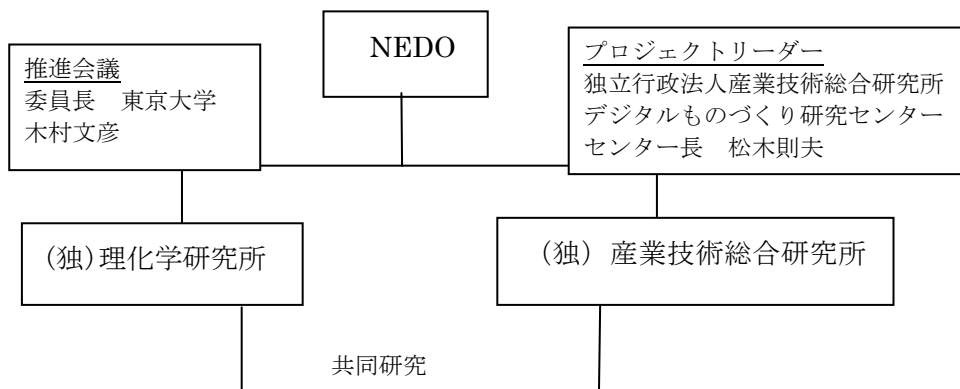


図 2.2.1 研究組織の全体

## 2.2.2 研究組織及び管理体制

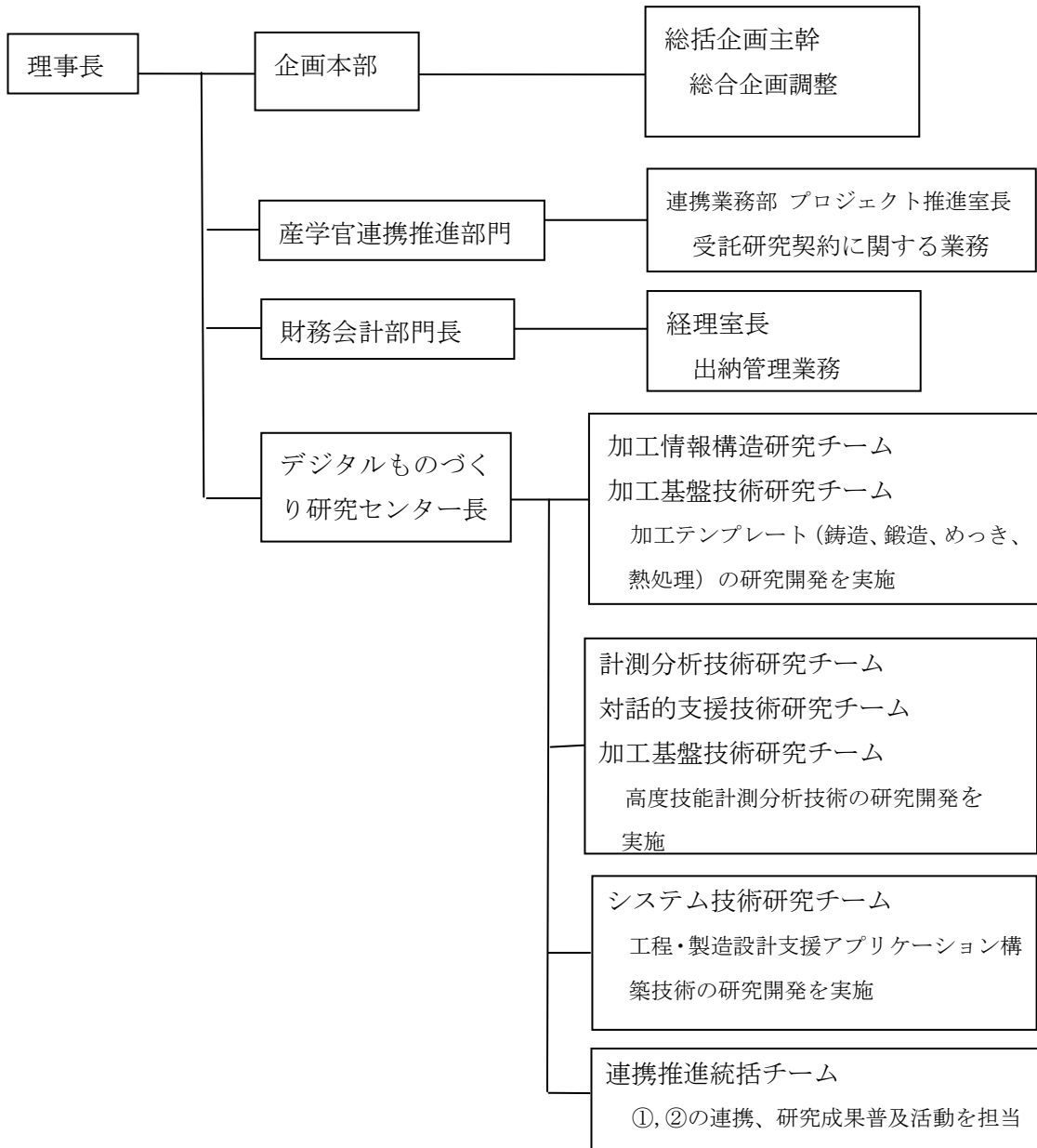


図 2.2.2-1 産業技術総合研究所の研究組織及び管理体制

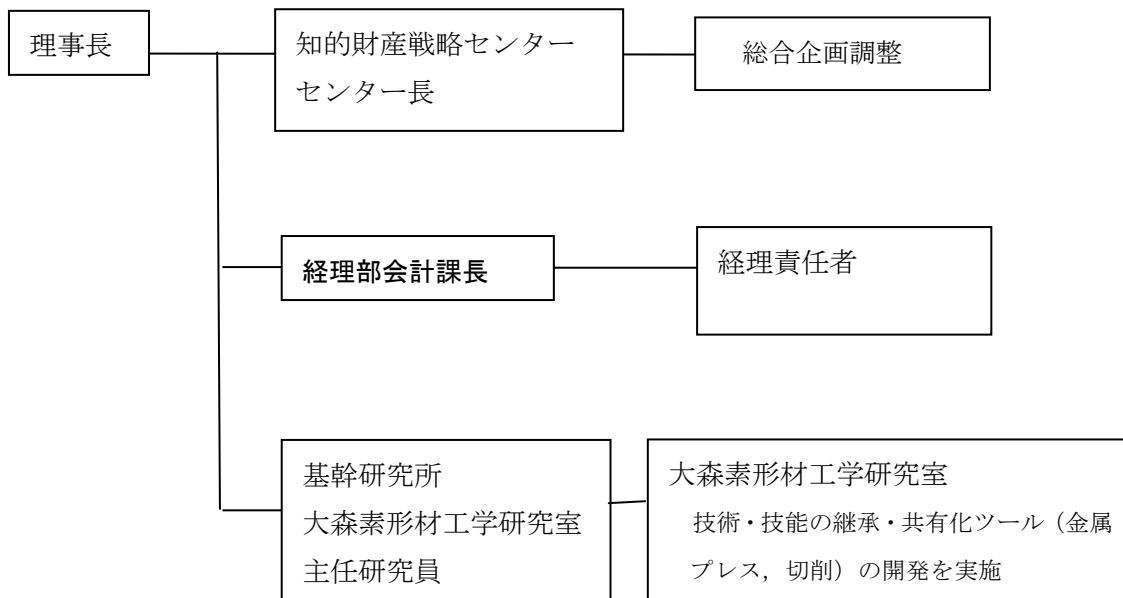


図 2.2.2-2 理化学研究所の研究組織及び管理体制

## 2.2.3 研究者氏名および担当研究項目

表 2.2.3-1 産業技術総合研究所研究員

氏名	所属・役職	研究項目
松木 則夫 (工学博士)	(独) 産業技術総合研究所 デジタルものづくり研究センター センター長	①加工テンプレート、②アプリケーション構築技術
岡根 利光 (工学博士)	(独) 産業技術総合研究所 デジタルものづくり研究センター 加工情報構造研究チームリーダー	①加工テンプレート
廣瀬 伸吾 (工学博士)	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 加工情報 構造研究チーム 主任研究員	①(1-3) 加工テンプレート (めっき)
瀬渡 直樹 (工学博士)	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 加工情報 構造研究チーム 研究員	①(1-4) 加工テンプレート (熱処理)
梶野 智史 (工学博士)	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 加工情報 構造研究チーム 研究員	①(1-2) 加工テンプレート(鍛造)
石川 純	(独) 産業技術総合研究所 デジタルものづくり研究センター 計測分析技術研究チームリーダー	①(2-1)(2-2) 高度熟練技能計測 分析技術・定量化技術
遠藤 博史	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 計測分析 技術研究チーム 主任研究員	①(2-1) 高度熟練技能計測分析 技術
梅村 浩之	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 計測分析 技術研究チーム 研究員	①(2-1) 高度熟練技能計測分析 技術
澤田 浩之 (工学博士)	(独) 産業技術総合研究所 デジタルものづくり研究センター システム技術研究チームリーダー	②アプリケーション構築技術
徳永 仁史 (工学博士)	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター システム 技術研究チーム 主任研究員	②アプリケーション構築技術
古川 慈之 (工学博士)	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター システム 技術研究チーム 研究員	②アプリケーション構築技術

手嶋 吉法 (工学博士)	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター システム 技術研究チーム 研究員	②アプリケーション構築技術
山内 真 (工学博士)	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 対話的支 援技術研究チームリーダー	①(2-2) 高度熟練技能定量化技 術
Ryabov Oleg (理学博士)	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 対話的支 援技術研究チーム 主任研究員	①(2-2) 高度熟練技能定量化技 術
岩本 和世 (工学博士)	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 対話的支 援技術研究チーム 主任研究員	①(2-2) 高度熟練技能定量化技 術
尾崎 浩一 (工学博士)	(独) 産業技術総合研究所 デジタルものづくり研究センター 加工基盤技術研究チームリーダー	①(1-2)(2-2) 加工テンプレート (鍛造)、高度熟練技能定量化技術
碓井 雄一	(独) 産業技術総合研究所 デジタ ルものづくり研究センター 加工基 盤技術研究チーム 主任研究員	①(1-2)(2-2) 加工テンプレート (鍛造)、高度熟練技能定量化技術
藤瀬 健領	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 加工基盤 技術研究チーム 主任研究員	①(1-2)(2-2) 加工テンプレート (鍛造)、高度熟練技能定量化技術
伊藤 哲	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 加工基盤 技術研究チーム 主任研究員	①(1-2) 加工テンプレート(鍛造)
花田 康行	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター副センター 長 連携推進統括チームリーダー	①、②加工テンプレート、アプリケ ーション構築技術
今村 聡 (工学博士)	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 連携推進 統括チーム 主任研究員	①、②加工テンプレート、アプリケ ーション構築技術
篠崎吉太郎 (工学博士)	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 加工情報 構造研究チーム 契約職員	①(1-2) 加工テンプレート(鍛造)
大谷 成子 (工学博士)	(独) 産業技術総合研究所 デジタ ルものづくり研究センター 加工情 報構造研究チーム 契約職員	①(1-1)～(1-4)加工テンプレート

住田 雅樹 (工学博士)	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 加工情報 構造研究チーム 契約職員	①(1-1)(1-4)加工テンプレート (鑄 造、熱処理)
江塚 幸敏	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 加工情報 構造研究チーム 契約職員	①(1-3)加工テンプレート (めっ き)
阿部健太郎	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 計測分析 技術研究チーム 契約職員	①(2-2) 高度熟練技能定量化技術
近藤 孝之	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 加工情報 構造研究チーム 契約職員	①(1-2) 加工テンプレート(鍛造)
盛 真由美	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 加工情報 構造研究チーム 契約職員	①(1-3) 加工テンプレート (め っき)
正島香央里	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 加工情報 構造研究チーム 契約職員	①(1-3) 加工テンプレート (め っき)
篠崎三千代	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 加工基盤 技術研究チーム 契約職員	①(1-2)(2-2) 加工テンプレート (鍛造)、高度熟練技能定量化技術
江端 幹夫	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 加工基盤 技術研究チーム 契約職員	①加工テンプレート
木塚 優子 (工学博士)	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 対話的支 援技術研究チーム 契約職員	①(2-2) 高度熟練技能定量化技術
松田 五明	(独) 産業技術総合研究所 デジタ ルものづくり研究センター 加工 情報構造研究チーム 客員研究員	①(1-3) 加工テンプレート (め っき)
塚原 園子	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 加工情報 構造研究チーム 客員研究員	①(1-3) 加工テンプレート(めっき)
藤木 榮 (工学博士)	(独) 産業技術総合研究所 デジタル ものづくり研究センター 加工情報 構造研究チーム 客員研究員	①(1-4) 加工テンプレート(熱処理)



岩田 一明 (工学博士)	(独) 産業技術総合研究所 デジタルものづくり研究センター システム技術研究チーム客員研究員	②アプリケーション構築技術
富澤 拓志	(独) 産業技術総合研究所 デジタルものづくり研究センター システム技術研究チーム客員研究員	②アプリケーション構築技術
城門 由人	(独) 産業技術総合研究所 デジタルものづくり研究センター システム技術研究チーム協力研究員	②アプリケーション構築技術

表 2.2.3-2 理化学研究所研究員

氏名	所属・役職	研究項目
大森 整 (工学博士)	(独) 理化学研究所 基幹研究所大森素形材工学研究室 主任研究員	①技術・技能の継承・共有化ツールの開発(金属プレス・切削)
高橋 一郎 (工学博士)	(独) 理化学研究所 基幹研究所先端技術基盤部門 ラピッド・エンジニアリングチーム チームリーダー	①技術・技能の継承・共有化ツールの開発(金属プレス・切削)
水谷 正義 (博士(工学))	(独) 理化学研究所 基幹研究所大森素形材工学研究室 協力研究員	①技術・技能の継承・共有化ツールの開発(金属プレス・切削)
小野 照子 (博士(工学))	(独) 理化学研究所 基幹研究所大森素形材工学研究室 協力研究員	①技術・技能の継承・共有化ツールの開発(金属プレス・切削)
成瀬 哲也	(独) 理化学研究所 基幹研究所大森素形材工学研究室 協力研究員	①技術・技能の継承・共有化ツールの開発(金属プレス・切削)
亀山 雄高 (博士(工学))	(独) 理化学研究所 基幹研究所大森素形材工学研究室 協力研究員	①技術・技能の継承・共有化ツールの開発(金属プレス・切削)
佐々木慶子	(独) 理化学研究所 基幹研究所大森素形材工学研究室 業務支援員	①技術・技能の継承・共有化ツールの開発(金属プレス・切削)

### 2.3 研究の運営管理

本プロジェクトは新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）からの委託により産業技術総合研究所デジタルものづくり研究センターと理化学研究所大森研究室が研究開発を実施した。産総研が担当した鋳造、鍛造、めっきの加工テンプレートの開発にあたっては、分野ごとのWGを組織し、現場のニーズの即した開発対象の選定及び開発内容の検討を行った。熱処理加工テンプレートについては、東部金属熱処理工業組合と連携して開発を行った。技術委員会において適宜成果発表を行い、特にテンプレートの試用、評価については技術委員会参加企業を中心に協力を依頼して行った。理化学研究所が担当した切削、金属プレスの加工テンプレートの開発については、協力企業メンバーを一堂に集めて意見交換会を開催し、開発内容の検討を行った。

プロジェクト推進会議は、NEDO、経済産業省中小企業庁と連携をとりながら運営され、プロジェクトの研究計画、研究体制、スケジュール、研究方針などについて審議し、決定した。中小企業の現場のニーズを熟知している中小企業、公設試験研究機関から多くの委員が参画した。また、四者会談（中小企業庁、NEDO、産業技術総合研究所、理化学研究所）を不定期に開催し、プロジェクト運営の方向性について討議した。

また、本事業の効率的なマネジメントのためには、技能継承に関する技術動向や情勢変化に目を配り、プロジェクトの方向性が適切なものとなっているかを検証する必要があることから、NEDO担当者が協力企業へ直接足を運び、加工テンプレートの使い勝手や、要望についてご意見を伺い、マネジメントの一助とした。

さらに、四半期に一回程度、プロジェクトリーダーを通じてプロジェクトの進捗について報告を受け、プロジェクトのマネジメントに役立てた。

表 2.3-1 プロジェクト推進会議（\*委員長）

*木村 文彦	東京大学教授
帯川 利之	東京大学教授
金井 理	北海道大学助教授
上野 保	東成エレクトロビーム株式会社 社長
明石 巖	株式会社明石合銅 会長
中村 勝重	三鷹光器株式会社 社長
山田英佐夫	株式会社東電工舎 社長

表 2.3-2 加工テンプレート開発ワーキンググループ [\*：主査]

鋳造 WG	
*梅田 高照	チュラロンコン大学 客員教授（東京大学名誉教授）
田淵 元兪基	株式会社 ミタックス 代表取締役
中島 一郎	中島合金 株式会社 代表取締役
橘 徹行	株式会社 日邦バルブ 松本工場次長

田中 隆之	愛知時計電機 株式会社 水道関連事業部長
村田 秀明	前沢給装工業 株式会社 執行役員生産技術部長
竹内 英昌	株式会社 カイバラ 取締役技術部長
丸 直樹	丸三工業 株式会社 代表取締役
遠藤 定良	株式会社 金門原町 代表取締役
牧野 親二	有限会社 マテック 代表取締役
藤井 孝彦	有限会社 藤井技術事務所 代表取締役
鍛造 WG	
*澤邊 弘	元冷間鍛造(株) 社長
*竹内 雅彦	愛知製鋼(株) 専務取締役
川崎 稔夫	元 (株)神戸製鋼所
小野 宗憲	大同工業大学工学部 教授
桜井 久之	社団法人日本鍛造協会 常務理事
佐藤 日出之	(株)デンソー 生産技術開発部 室長
角南 不二夫	(株)ヤマナカゴーキン 技術部 シニアマネージャー
蘇武 剛雄	宮本工業(株) 技術課長
龍野 信隆	(株)シマノ 製造部
野嶋 賢吾	鳥取県産業技術センター 機械素材研究所
初鹿野 寛一	産総研 先進製造プロセス研究部門 難加工材成形研究グループ
浜小路 正博	日立金属(株) 特殊鋼カンパニー 技術部 主管技師
丸茂 洋一	群馬精工(株) 代表取締役
間 政博	トヨタ自動車(株) 要素生技部鍛造焼結室 担当員
山本 博史	元 冷間鍛造(株)
めっき WG	
*逢坂 哲弥	早稲田大学理工学部 応用化学科 教授
尾形 幹夫	元 工業技術院 物質工学工業技術研究所
神戸 徳蔵	東京都鍍金工業組合 高等職業訓練校 教頭
久米 道之	名古屋市工業研究所 材料技術部 部長
齋藤 誠	吉野電化工業(株) 研究開発部 部長
瀧山 直之	島根県産業技術センター 生産システム科 主任研究員
日野 実	岡山県工業技術センター 金属材料研究室 室長
本間 英夫	関東学院大学工業科学科 教授

### 3. 情勢変化への対応

米国投資銀行の経営破綻に端を発する急激な信用収縮、世界同時不況、さらには世界経済の多極化、少子高齢化が進む中、国民の将来への不安は高まっている。こうした状況の中、経済産業省は新経済成長戦略 2008 改訂版を発表し、資源生産性競争時代における新たな経済産業構造の構築、世界市場獲得と持続的発展のためのグローバル戦略、地域・中小企業・農林水産業・サービスの未来志向の活性化を戦略の柱として掲げた。特に中小企業には世界同時不況の影響が直撃しており、地域におけるモノ作り中小企業の新興、中小企業の再生が重要としており、技能継承問題の解決支援、中小企業のものづくり力強化をめざす本プロジェクトの重要性はますます高まっている。このため、本プロジェクトでは、加工テンプレートの開発を促進するとともにユーザーによる試用・評価を前倒しで実施し、成果の実用化を加速している。

### 4. 中間評価結果への対応

中間評価は実施していない。

### 5. 評価に関する事項

#### 5.1 評価の実施時期

平成 21 年度（事後評価）

#### 5.2 評価手法

外部評価による（事後評価）

#### 5.3 評価事務局

研究評価部（事後評価）

#### 5.4 評価項目・基準

プロジェクト全体に係わる評価においては、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義や実用化への見通し等について評価した。各個別テーマに係る評価については、主にその目標に対する達成度等について評価した。評価項目・評価基準は以下のとおりである。

#### 1. 事業の位置付け・必要性について

##### (1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 特定の施策（プログラム）、制度の下で実施する事業の場合、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

##### (2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

## 2. 研究開発マネジメントについて

### (1)研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

### (2)研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

### (3)研究開発実施者の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか
- ・ 研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

### (4)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しは適切に実施しているか。

## 3. 研究開発成果について

### (1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

### (2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながる事が期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。

- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)特許の取得

- ・ 知的財産権等の取り扱い（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化、事業化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。

(2)事業化までのシナリオ

- ・ NEDO後継プロジェクト、NEDO実用化助成、企業内研究等、プロジェクト終了後の事業化までの道筋は明確か。
- ・ コストダウン、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

(3)波及効果

- ・ 成果は関連分野への技術的波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

5.5 評価委員

評価委員（分科会委員）は以下のとおりである。

分類	氏名	所属
分科会長	齋藤 義夫	東京工業大学大学院理工学研究科 機械制御システム専攻 教授
分科会長 代理	櫻井 大八郎	ものづくり大学 技能工芸学部 製造技能工芸学科 教授
分科会委員	青山 英樹	慶應義塾大学 理工学部 システムデザイン工学科 教授
	石川 英孝	株式会社 ヒキフネ 専務取締役
	白瀬 敬一	神戸大学 大学院理工学研究科 機械工学専攻 教授

	平岡 弘之	中央大学 工学部精密機械工学科 教授
	山崎 和雄	日刊工業新聞社 論説委員長

敬称略、五十音順

### Ⅲ. 研究開発成果

#### 1. 事業全体の成果

「①技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発」では、機械部品加工の熟練技能者が行う製造設計から完成品に至る過程で必要となる技能、技術、判断の根拠、ノウハウを抽出整理し、加工テンプレートとして蓄積する技術を研究開発した。「②工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」では、「ものづくり・IT 融合化推進技術の研究開発（FY2001～FY2005）」で開発した MZ Platform を活用し、システム技術に関わる専門知識を必要とせずにシステム開発ができる技術を開発した。具体的には、業務分析およびアプリケーション設計のユーザーインタフェースとなるタスクフロー図とタスク配置図、及びに、これらの情報をもとにアプリケーションを自動構成する機能とタスクを分散する機能を開発した。①で開発する成果の一部は②で開発するプラットフォーム上で運用を可能にすることとし、両テーマの一体的な取り組みを実施した。

本研究では、産業界、大学、公設試験研究機関からの客員研究員や委員で構成する柔軟かつ機動的な研究組織を設けて、それらの緊密な連携の下で研究開発を進め、研究開発成果の中小製造業における実用化の推進を図った。その結果、2. に示す「研究開発項目毎の成果」が得られた。

#### 1.1 計画と比較した目標の達成度

表 1.1-1、表 1.1-2 に「①技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発」における研究開発項目ごとの目標、成果、および達成度、表 1.1-3 に「②工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」における研究開発項目ごとの目標、成果および達成度を示す。



表 1.1-1 「技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発」最終成果

◎： 目標を上回る    ○：目標をほぼ達成    △：目標を部分的に達成  
 ×： 着手していない    -：該当せず

加工テンプレートに関する目標達成状況

加工方法	テンプレートの名称	目標項目							
		加工技能者の着眼点を計測し、データ収集すること	異なった企業・加工対象でデータ収集を実施すること	技能者の判断に関する情報の記録ができること	記述内容に基づいて後継者が同等の作業ができること	類似加工への転用が容易であること	加工技術データベースを有効活用すること	加工方法ごとに10種類以上作成すること	2社以上で有効性を検証すること
鋳造	鋳造方案概略設計	○	○	○	○	○	○	○	○
	押湯方案設計	○	○	○	○	○	○	○	○
	湯口系方案設計	○	○	○	○	○	○	○	○
	注湯速度設計	○	○	○	○	○	○	○	○
	高力黄銅溶解	○	○	○	○	○	○	-	○
	アルミ青銅溶解	○	○	○	○	○	○	-	○
	片状黒鉛鋳鉄溶解	○	○	○	○	○	○	-	○
	球状黒鉛鋳鉄溶解	○	○	○	○	○	○	-	○
	注湯技能	○	○	○	○	○	○	-	○
	欠陥判別・対策	○	○	○	○	○	○	-	○
鍛造	円柱の据込み加工圧力計算	○	○	○	○	○	△	○	◎
	容器の後方押し加工圧力計算	○	○	○	○	○	△	○	◎
	軸の前方押し加工圧力計算	○	○	○	○	○	△	○	◎
	軸の前方押し温度予測	-	-	-	○	△	-	○	◎
	容器の後方押し温度予測	-	-	-	○	△	-	○	◎
	組合せ押し金型設計	○	△	○	○	△	-	○	◎
	多段軸押し金型設計	○	△	○	○	△	-	○	◎
	パンチ応力設計	○	○	-	○	○	△	○	◎
	カウンタパンチ応力設計	○	○	-	○	○	△	○	◎
	ダイ設計	△	△	-	○	○	△	○	◎
めっき	欠陥要因提示	○	○	○	○	○	△	○	◎
	欠陥対策提示	○	○	○	○	○	△	○	◎
	欠陥判別	○	○	○	○	○	△	○	◎
	作業工程	△	△	○	○	○	-	○	◎
	光学特性	○	△	○	○	○	△	○	◎
	機械特性	○	△	○	○	○	△	○	◎
	磁気特性	○	△	○	○	○	△	○	◎
	腐食特性	○	△	○	○	○	△	○	◎
	電気特性	○	△	○	○	○	△	○	◎
	治具作業軌跡	○	△	○	○	○	-	○	◎
熱処理	ガス浸炭時間条件設計 平板タイプ、丸棒タイプ	○	○	○	○	○	-	○	◎
	ガス浸炭焼入変形予測	○	△	○	○	○	-	○	◎
	高周波焼入変形予測	○	△	○	○	○	-	○	◎
	残留オーステナイト量予測	○	△	○	○	○	-	○	◎
	ガス浸炭残留オーステナイト量予測	○	△	○	○	○	-	○	◎
	赤外線分析炭酸ガス法による温度・雰囲気条件設計	○	-	○	○	○	-	○	◎
	酸素分圧測定法による温度・雰囲気条件設計	○	-	○	○	○	-	○	◎
	ガス軟窒化時間条件設計	○	△	○	○	○	-	○	◎
	ガス浸炭、窒化・軟窒化、高周波処理欠陥対策	○	○	○	○	○	○	○	◎
	ガス浸炭技術管理データベース	○	△	○	○	○	-	○	◎

表 1.1-2 「技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発」最終成果（続き）

◎： 目標を上回る ○：目標をほぼ達成 △：目標を部分的に達成  
 ×： 着手していない -：該当せず

加工テンプレートに関する目標達成状況

加工方法	テンプレートの名称	目標項目							
		加工技能者の着眼点を計測し、データ収集すること	異なった企業・加工対象でデータ収集を実施すること	技能者の判断に関する情報が記録ができること	記述内容に基づいて後継者が同等の作業ができること	類似加工への転用が容易であること	加工技術データベースを有効活用すること	加工方法ごとに10種類以上作成すること	2社以上で有効性を検証すること
切削	段取り手法	○	○	○	○	○	-	○	○
	加工中の測定手法	○	○	○	○	○	-		○
	マシニングセンターを活用した加工	○	△	○	○	○	○		○
	薄肉部材の加工	○	○	○	○	○	○		○
	極微・極限的加工	○	○	○	○	○	○		○
	難削材の加工	○	△	○	○	-	○		○
	最適加工条件の探求	○	△	○	○	○	-		○
	基本加工要素の集約	○	○	○	○	○	○		○
	加工精度の向上	○	○	○	○	○	-		○
	位置決め精度向上とその手法	○	△	○	○	○	-		○
金属プレス	プレス加工工程概要検討	○	◎	◎	◎	○	○	◎	◎
	blankサイズの展開	○	◎	◎	◎	○	○		◎
	成形加工工程数の検討	◎	◎	◎	◎	○	○		◎
	成形加工工程の詳細形状設定	◎	◎	◎	◎	○	○		◎
	剪断加工工程数の検討	◎	◎	◎	◎	○	○		◎
	剪断加工工程の詳細形状設定	◎	◎	◎	◎	○	○		◎
	プレス型構造の成立性及びプレス設備仕様との整合性確認	○	◎	◎	◎	○	○		◎
	プレス生産性良否の確認	○	◎	◎	◎	○	○		◎
	成形加工工程の詳細形状設定	◎	△	◎	◎	○	○		△
	品質及び生産性不具合対策	○	◎	◎	◎	○	○		△

表 1.1-3 「工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」最終成果

◎： 目標を上回る ○：目標をほぼ達成 △：目標を部分的に達成 -：該当せず

	工程・製造設計支援アプリケーション構築技術の開発内容	成果の内容	目標達成度
技術開発項目	(ア)中小企業者がIT化を推進しようとする業務プロセスの特定を支援	業務個別のデータ項目指定とそれらの参照関係を定義するフロー図を提供	○
	(イ)業種別の業務雛形を参照して、特定された業務プロセスに対応した業務アプリケーション構造を自動生成	サンプルフロー図をもとにしたカスタマイズ機能とアプリケーション構造自動生成機能を開発	○
	(ウ)その際には、研究項目①の加工テンプレートを参照し、当該中小企業固有の作業標準を反映	加工テンプレートフロー図との組み合わせにより実現	○
	(エ)業務アプリケーション構造の自動生成に当たっては、コンポーネントを自動で組み合わせることにより実施	次世代 MZ Platform によるコンポーネント自動合成機能を開発	○
	(オ)一度作成されたシステムは、通常のプログラムと同程度の自由度で修正・改良が可能な機能を持つこと	従来の MZ Platform アプリケーションと同様、アプリケーションビルダーで編集	○
	(カ)すべての操作及び取扱説明書などシステムの取り扱いが日本語の知識のみでできること	日本語コマンドの自動生成機能により日本語のみによる操作が可能	○
	(キ)特定企業のオペレーティングシステムやハードウェアに依存せず動作すること	一般的な Windows OS で動作	○
	(ク)入出力の形式は、XML など公開され、一般に流布しているシステムで用いることができること	入出力形式は XML テキスト	○
	(ケ)「ものづくり・IT 融合化推進技術の研究開発」の成果である「MZ Platform」を有効利用できること	MZ Platform の発展形である次世代 MZ Platform 上ですべて構築	○
	(2)一度構築されたシステムを、同様に業務知識だけに基づいてシステムの改良を可能とする技術を開発する。	フロー図の編集によりシステムの改良が可能	○
評価・検証(*)	加工テンプレートごとに、当該加工業務を行う企業において業務知識だけに基づいてシステムを構築し、100 件以上有効性を検証する。	-	-

(\*) 研究開発予算の大幅な縮小により、資源は研究および技術開発に集中し、加工企業における評価検証は事業期間内には実施せず、今後の普及活動の中で行うこととした。

## 1.2 成果の普及・広報状況

### 1.2.1 論文発表（査読有）

- 1) K. Shinozaki, “An approach to simultaneous extrusion design “, Proc. 39th International Cold Forging Group Plenary Meeting, pp.141-149 (2006.9).
- 2) S. Hirose, N. Seto and K. Mori, “An Analytic Hierarchy Process (AHP) Approach to the Digitalization Process of Expert’s Knowledge and Experience for Obtaining High Quality Laser Welding Bead”, Proceedings of 2006 International Symposium on Flexible Automation (2006.11).
- 3) K.Hatsukano, Y. Murakoshi, K.Shinozaki: Deformation Behavior and Forgeability of Hot-Extruded AZ31 Chips, Proceedings of 10<sup>th</sup> ASPF, p265-274, NewDelhi (2007.11)
- 4) Shinozaki, K., Some practical approaches to improve bulk metal forming processes, Proceedings of 10th Asian Symposium on Precision Forging, National Physical Laboratory, India, pp100-109 (2007.11)
- 5) 鄭 想勲、球状黒鉛鋳鉄の発明から今日まで、鋳造工学、(社)日本鋳造工学会、Vol. 79/10, pp605-615 (2007.10)
- 6) S. Hirose and K. Mori, “Weighting Effectiveness of Growth Parameter on Film Quality for Obtaining High Quality MOVPE-GaAs Using Analytic Hierarchy Process (AHP)”, Proceedings of 17th International Vacuum Conference (IVC17), (2007.7)
- 7) K.Shinozaki: Some Aspects of Technological Trends of Forging in Japan, Proceedings of 2<sup>nd</sup> Asiaforge Meeting, p252-258 (2008.3)
- 8) 梶野智史, 浅川基男, 細田一樹, 前田康博: 伸線条件, および多パス伸線が細線伸線材の表層部付加的せん断ひずみ層に与える影響, 塑性と加工, 49-568(2008.5), 414 – 418.
- 9) 梶野智史, 浅川基男: 細線伸線材の表層部付加的せん断ひずみ層における内部組織と引張り強さ向上の関係, 塑性と加工, 49-568, 409 – 413 (2008.5)
- 10) S. Hirose, S. Kitahara, K. Sonoya, A. Ohmori and K. Mori, “An Analytic Hierarchy Process (AHP) Approach to Digitalize Expert's Knowledge and Experience for Obtaining High Quality Wear Protective Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> by APS”, Proceedings of International Thermal Spray Conference 2008 (ITSC2008), (2008.6)
- 11) M.Sumida, Microstructure development of sand-cast AZ-type magnesium alloys modified by simultaneous addition of calcium and neodymium, Journal of Alloys and Compounds, 460, 619-626 (2008.6)
- 12) Y. Furukawa, H. Tokunaga, Y. Teshima, H. Sawada, N. Matsuki, A component-based software generator for end-user development of information management systems, Proc. 5th International Conference on Product Lifecycle Management (2008.7)
- 13) S. Hirose, “Trends and Extents of Thermal Spray Applications”, Proceedings of 3rd Tsukuba International Coating Symposium, 11-12 (2008.10)
- 14) 住田雅樹、鄭想勲、岡根利光、AZ91D に 20mass%Gd 添加したマグネシウム合金の凝固組織、熱的特性と硬さ、鋳造工学、80、10 (2008) 563-570 (2008.10)

- 15) S. Hirose, S. Kitahara, K. Sonoya, A. Ohmori and K. Mori, "Relationship Between Film Quality of Wear Resistive Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Atmosphere Plasma Spraying Parameters Analyzed by Analytic Hierarchy Process", Proceedings of Asia Thermal Spray Conference 2008 (2008.11)
- 16) M. Sumida, S.H.Jung, T.Okane, Microstructure, solute partitioning and material properties of gadolinium doped magnesium alloy AZ91D, Journal of Alloys and Compounds (掲載待ち)
- 17) M. Sumida, S.H. Jung, T. Okane, Solidification microstructure, thermal properties and hardness of magnesium alloy 20 mass% Gd added AZ91D, Materials Transactions (掲載待ち)
- 18) Mizutani M., Naruse T., Kameyama Y., Koma Y., Ohmori H. And Sasaki C.: "Fabrication of Cutting Tools for Ultra-precision machining of Tantalum and Their Cutting Characteristics", Journal of Vacuum Science and Technology (JVST) B (掲載待)

### 1.2.2 依頼・招待講演

- 1) 廣瀬伸吾、PVD・CVDデータベースの構築と受託加工企業支援 -ドライコーティング企業に役に立つという観点から-、トライボコーティング技術研究会 (2006. 8)
- 2) 澤田浩之、MZプラットフォームを用いた業務アプリケーションの開発、大阪商工会議所 (2006. 8)
- 3) 篠崎吉太郎：冷間鍛造におけるネットシェイプ加工技術入門、社団法人日本塑性加工学会東北・北海道支部第11回見学会・第22回技術懇談会 (2006.9)
- 4) 澤田浩之、MZプラットフォームによる社内IT化: 導入とアプリケーション開発、ものづくりシステムIT化推進研究会 (2006. 9)
- 5) 澤田浩之、MZプラットフォーム導入事例紹介、佐賀県地域産業支援センター (2006. 9)
- 6) 服部 光郎、中小企業基盤技術継承支援事業について、産技連知的基盤部会第35回計測分科会 (2006. 10)
- 7) 澤田浩之、IT化を支援するソフト基盤MZプラットフォーム、京都商工会議所 (2006. 10)
- 8) 澤田浩之、IT化を支援するソフト基盤MZプラットフォーム、(財)東予産業創造センター (2006. 10)
- 9) 澤田浩之、IT化を支援するソフト基盤MZプラットフォーム、埼玉産業人クラブ (2006. 11)
- 10) 澤田浩之、MZプラットフォームによる社内IT化: 導入とアプリケーション開発、長崎県工業技術センター (2006. 11)
- 11) 澤田浩之、IT化を支援するソフト基盤MZプラットフォーム、徳山高専テクノ・アカデミア (2006. 11)
- 12) 服部 光郎、デジタル製造技術の動向、東大-産総研連携ナノテク・製造技術分野講演会(2006. 11)
- 13) 岡根 利光, Characteristics of lead free copper alloy castings -, Thai Foundrymen's Society, (2006. 11)
- 14) 廣瀬伸吾、表面コーティング技術のIT化による企業支援、和歌山県工業技術センター (2006. 11)
- 15) 廣瀬伸吾、IT (情報技術) による企業支援とめっき技術知識のソフトウェア化、大阪府鍍金工業

- 組合, (2006. 11).
- 16) 澤田浩之, MZプラットフォームによる社内 IT 化: 導入とアプリケーション開発, 高知県工業会 (2006. 12)
  - 17) 澤田 浩之, IT化を支援するソフト基盤MZプラットフォーム, 岡山地区生産システム懇話会, (2007. 1)
  - 18) 澤田 浩之, MZプラットフォームによる社内 IT 化: 事例およびアプリケーション開発のポイント, (財) くれ産業振興センター (2007. 1)
  - 19) 澤田 浩之, IT化を支援するソフト基盤MZプラットフォーム、つくば IT フォーラム技術交流・開発分科会,(2007.3).
  - 20) 古川 慈之、MZ Platform による中小企業の IT 化、ROBOMECH2007 地域交流ワークショップ、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門 (2007.5)
  - 21) 澤田 浩之、IT化を支援するソフト基盤MZプラットフォーム、先端技術フォーラム、(社) 日本機械学会 生産システム部門、(2007.6)
  - 22) 廣瀬 伸吾、めっき技能者に備わるべき基本知識とは、鳥取県めっき技能講習会、鳥取県産業技術センター (2007.6)
  - 23) 廣瀬伸吾、めっき技術・技能継承化ツールの開発内容と進捗 -NEDO 中小企業基盤技術継承支援事業平成 18 年度の成果を基にして産業技術連携推進会議物質工学部会第 14 回表面技術分科会 (2007.6)
  - 24) 藤木榮、損傷対策と長寿命化技術 山梨県産業技術センター (2007.6)
  - 25) 岡根 利光、加工技術データベースの開発と加工テンプレートの開発、東部金属熱処理工業組合技術委員会 (2007.7)
  - 26) 澤田 浩之、MZプラットフォームの利用による社内 IT 化の推進、MZプラットフォーム講習会、ものづくり IT 研究会 (2007.7)
  - 27) 澤田 浩之、MZプラットフォーム概要および機能紹介、産総研ものづくりフォーラム in 熊本、実環境計測・診断システム協議会 (2007.7)
  - 28) 澤田 浩之、設計・製造業務を支援する MZ プラットフォーム、第 3 回組み込みシステム研究会、JST イノベーションサテライト新潟 (2007.8)
  - 29) 澤田 浩之、MZプラットフォームの利用による社内 IT 化: 導入とアプリケーション開発、MZプラットフォーム導入事例紹介セミナー、大分県産業科学技術センター (2007.8)
  - 30) 澤田 浩之、IT化を支援するソフト基盤MZプラットフォーム、北陸技術交流テクノフェア 2007、福井商工会議所 (2007.10)
  - 31) 廣瀬 伸吾、めっきデータベースの活用法！ーものづくりと IT を融合した最新技術の活用についてー、石川県産業大学講座 技術セミナー、(財) 石川県産業創出支援機構 (2007.10)
  - 32) 廣瀬 伸吾、めっきデータベース (前処理に関連した技術知識の蓄積と活用)、社団法人表面技術協会、社団法人表面技術協会めっき部会 (2007.10)
  - 33) 澤田 浩之、IT化を支援するソフト基盤MZプラットフォーム、MZプラットフォーム導入促進セミナー in 熊本、熊本県工業連合会 (2007.12)

- 34) 澤田 浩之、MZプラットフォームを利用した業務アプリケーションの開発、モノづくり企業革新研究会 ITベース企業管理WG、大阪商工会議所 (2007.12)
- 35) 森和男、廣瀬 伸吾、ものづくりにおける技能とそのデジタル表現化、検査技術、日本工業出版、Vol. 13/1, pp13-18 (2008.1)
- 36) 大谷 成子、加工技術データベースと MZ プラットフォーム、日本設計工学会 2007 年度第 2 回講習会、日本設計工学会、東京都立産業技術研究センター (2008.2)
- 37) 廣瀬伸吾、東京都立産業技術研究センター技術研修 めっき技術の基礎講座「めっきデータベース」、東京都立産業技術研究センター (2008.2)
- 38) K. Shinozaki: Some technical approaches to improve bulk metal forming processes in Japan, Detroit International Auto Salon Forum, Detroit (2008.3)
- 39) 廣瀬伸吾、コーティング分野への IT 活用による中小企業支援 -磁気シールド効果利用製品を例にして-、社団法人日本応用磁気学会九州沖縄山口磁気セミナー (2008.5)
- 40) 廣瀬伸吾、PVD・CVD データベース -真空関連技術知識のデジタル化と企業支援- (中小製造業のための IT を活用した技術支援)、株式会社アルバック社内研修会 (2008.5)
- 41) 澤田 浩之、中小企業の工程管理、在庫管理、技術管理の IT による支援-産総研・MZ プラットフォーム-、IT&C 経営研究会第 2 回定例会、(財)川崎市産業振興財団 (2008.6)
- 42) 廣瀬伸吾、めっき技術・技能継承化ツールの開発内容と進捗 -NEEDO 中小企業基盤技術継承支援事業平成 19 年度の成果を基にして産業技術連携推進会議物質工学部会第 15 回表面技術分科会 (2008.6)
- 43) 廣瀬伸吾、溶射分野での技能・技術・ノウハウの蓄積・共有・継承に向けて、第 87 回(2008 年度春季)日本溶射協会学術講演会 (2008.6)
- 44) 廣瀬伸吾、めっき企業内で構築できるめっきデータベース (めっき加工テンプレート)、ファインプレーティング研究会 (2008.6)
- 45) 澤田 浩之、MZ プラットフォームを用いた業務アプリケーション開発、IT スキル道場、栃木県産業技術センター(2008.8)
- 46) 澤田 浩之、中小企業の加工技術および生産～在庫管理の IT 価を安価に支援する-産総研・MZ プラットフォーム-、神奈川県技術士会セミナー (2008.9)
- 47) 澤田 浩之、MZ Platform の導入による社内 IT 化、鹿児島県MZプラットフォーム導入促進セミナー、(社)鹿児島県工業倶楽部 (2008.9)
- 48) 藤木榮、金属材料の損傷対策 (独) 雇用・能力開発機構 (2008.9)
- 49) 藤木榮、破断面の見方と長寿命化技術 群馬県工業技術センター (2008.9)
- 50) 澤田 浩之、MZ Platform の導入による社内 IT 化、鹿児島県MZプラットフォーム導入促進セミナー、(社)鹿児島県情報サービス産業協会 (2008.10)
- 51) S. Hirose, “Trends and Extents of Thermal Spray Applications”, 3rd Tsukuba International Coating Symposium (2008.10)
- 52) 藤木榮、材料の損傷解析 栃木県産業技術センター (2008.10)
- 53) 澤田 浩之、MZ Platform の導入による社内 IT 化、ものづくり力向上セミナー、佐賀県 (2008.11)

- 54) 澤田 浩之、MZ Platform の導入による社内 IT 化、MZプラットフォーム導入促進セミナー、沖縄県工業技術センター (2008.11)
- 55) S. Hirose, S. Kitahara, K. Sonoya, A. Ohmori and K. Mori, "Relationship Between Film Quality of Wear Resistive Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Atmosphere Plasma Spraying Parameters Analyzed by Analytic Hierarchy Process", Asia Thermal Spray Conference 2008, Singapore (2008.11)
- 56) 廣瀬伸吾, オーガナイズドセッション「溶射 Q&A 溶射に関する質問に答える」, 第 88 回 (2008 年度秋季) 日本溶射協会学術講演会 (2008.12)
- 57) 廣瀬伸吾, IT (情報技術) を活用した公的機関による中小製造業支援 (テクノナレッジ・ネットワーク、加工技術データベース 加工テンプレートの開発内容と利用成果の観点から), 龍の子会(企業経営者会議) (2008.12)
- 58) 藤木榮、熱処理入門塾 東部熱処理工業組合 (2008.12)
- 59) 澤田 浩之、IT 化を支援するソフト基盤 MZ プラットフォーム、第 1 2 回スーパーコンピューティング・セミナー、スーパーコンピューティング技術産業応用協議会 (2009.1)
- 60) 篠崎吉太郎：最近の日本の鍛造技術動向と鍛造メタルフローの力学、会津地域雇用創造推進協議会主催 新技術・高度技術習得研修会 (2009.1)
- 61) 住田雅樹、表面熱処理加工における技能継承ツールと技術データベースの開発、(社) 日本溶接協会平成 20 年度第 3 回表面改質技術研究委員会 (2009.1)
- 62) 澤田 浩之、IT システム開発ツール MZ プラットフォーム：機能概要と普及状況、第 2 回生産シミュレーション研究会、(財)ソフトピアジャパン (2009.2)
- 63) 廣瀬伸吾、平成 19 年度高等職業訓練校特別講義「めっきデータベースと今後のめっき企業のあり方」、東京都鍍金工業組合 (2009.2)
- 64) 廣瀬伸吾、めっきに関わる技術基盤の構築と中小企業支援 - IT による 2007 年問題への対応 -、京都市産業技術研究所工業技術センター、鍍秀会 (2009.2)
- 65) 廣瀬伸吾、表面コーティング処理に関わる技術知識のデジタル化と 2007 年問題に対応するための公的機関の役割、社団法人中国地域ニュービジネス評議会ぴかまくモール研究会 (2009.3)
- 66) 篠崎吉太郎：塑性加工 DB"鍛造・塑性加工編" 最近の日本の鍛造技術の動向と鍛造テンプレート、さかきものづくりコンソーシアム、イブニングセミナー (2009.3)
- 67) 藤木榮、金属の組織現出法 材料技術教育研究会 (2009.3)
- 68) 藤木榮、金属材料の疲労強度と破面の見方 新潟県産業技術研究所 (2009.3)
- 69) 成瀬哲也：“技能継承における加工技術のデジタル化と検証--マイクロ切削現象検証システム--”，理研シンポジウム「第 20 回マイクロファブリケーション研究の最新動向：次世代レーザー、EDM、MEMS におけるマイクロファブリケーション」，和光 (2007.5)
- 70) 成瀬哲也，水谷正義，亀山雄高，安藤嘉珠，上原嘉宏，片平和俊，大森整：“加工現象のデジタル化・システム化によるマイクロファブリケーションおよび微細加工への応用”，2007 年度 XFEL バイオサイエンスシンポジウム，和光 (2007.8)
- 71) 亀山雄高，成瀬哲也，安藤嘉珠，水谷正義，狛豊，大森整：“技能継承プロジェクト ～切削加工技能の継承を目的とした理化学研究所の取組み～”，埼玉県産業技術総合センターものづくり講演会，



川口 (2007.11)

- 72) 亀山雄高: 技能継承ワーキンググループにおけるものづくり研究会と理研の連携体制構築へ向けて, 埼玉県ものづくり研究会技能継承ワーキンググループ, 川口 (2008.5)
- 73) 亀山雄高: 技能継承ワーキンググループにおけるものづくり研究会と理研の連携体制構築へ向けて, 埼玉県ものづくり研究会通常総会・講演会, さいたま (2008.5)
- 74) 亀山雄高: 切削加工テンプレート, 埼玉県ものづくり研究会技能継承ワーキンググループ, 川口 (2008.8)
- 75) 亀山雄高, 成瀬 哲也, 水谷 正義, 狛豊, 佐々木慶子, 大森整: 切削加工テンプレートの最新の開発状況とそれを利用した難加工技能継承支援への取り組み, 埼玉県ものづくり研究会「技能継承支援ツール」に関する講演会, 川口 (2008.8)
- 76) 亀山 雄高, 成瀬 哲也, 水谷 正義, 狛 豊, 佐々木 慶子, 小茂鳥 潤, 大森 整: マイクロ特殊表面加工とその技能構築への応用, 理研シンポジウム「第 23 回マイクロファブリケーション研究の最新動向」, 和光 (2008.10)

### 1.2.3 解説

- 1) 廣瀬 伸吾, 松木 則夫, 国際競争力のあるものづくり支援環境の構築を目指して, 長崎県工業技術センターだより, 長崎県工業技術センター (2006.9)
- 2) 藤木榮, 鋳鉄の疲労強度と破面 鋳造工学 Vol79. 2, 70~78 (2007.2)
- 3) 徳永 仁史, ものづくりにおける技能伝承, 平成 18 年度次世代社会構造対応型製造技術の体系化調査報告書, 製造科学技術センター (2007.4)
- 4) 松木 則夫, 産総研における技術・技能継承への取り組み, 電気協会報 997 号, pp.22~25, 社団法人日本電気協会 (2007.11)
- 5) 森和男, 廣瀬伸吾, ものづくりにおける技能とそのデジタル表現化, 検査技術, 13, 13-18 (2008.01)
- 6) 藤木榮, 50 事例でわかる表面硬化処理の疲労破壊・破断面の見方, 日刊工業新聞社 (2008.5)
- 7) 廣瀬伸吾, ITSC2008 出席報告-Wear Protection セッションを通じて-, 溶射技術, 28, 71-72 (2008.8)
- 8) 廣瀬伸吾, 適用製品から見た技術知識情報と溶射データベースによる技術支援溶接ニュース, 2776, 13 (2008.8)
- 9) 廣瀬伸吾, 「ものづくり技術インフラストラクチャー」の構築 -第 1 回-テクノナレッジ (技術知識)・ネットワーク, 真空ジャーナル, 121, 48-52 (2008.11)
- 10) 藤木榮, 展望 2007 年度わが国における熱処理研究の動向 (表面硬化処理), 日本熱処理技術協会 Vol48, 6 (2008) 363~371 (2008.12)
- 11) 廣瀬伸吾, 「ものづくり技術インフラストラクチャー」の構築 -第 2 回-加工技術データベース, 真空ジャーナル, 122, 48-52 (2009.1)
- 12) 廣瀬伸吾共著, めっき最新技術~メカニズムの考察と品質向上~, 株式会社情報機構, 293-303 (2006.5)

- 13) 廣瀬伸吾共著, 薄膜ハンドブック(第2版), 薄膜の耐熱性, オーム社, 543-546 (2008.03)
- 14) 篠崎吉太郎, 近藤孝之, 古川慈之, 野嶋賢吾, 江端幹夫, 梶野智史, 岡根利光, 鍛造テンプレートの使い方、産総研出版物 AIST02-J00007-8, 1-70 (2009.2)
- 15) 成瀬哲也, 安藤嘉珠, 水谷正義, 亀山雄高, 常木優克, 大森整: “技能継承を支援する加工テンプレートの構築—技能収集とデジタル化—”, 型技術 22, 7, 152-153 (2007.7)
- 16) 安藤嘉珠, 成瀬哲也, 亀山雄高, 水谷正義, 狛豊, 大森整, 加工テンプレート構築のための加工知識の体系化〜切削加工事例における技能継承〜, 型技術 22, 7, 154-155 (2007.7).

#### 1.2.4 口頭発表

- 1) 徳永 仁史、古川 慈之、澤田 浩之、松木 則夫、コンポーネント技術に基づく情報のモデル化とソフトウェア開発に関する研究 (第2報) -ネットワーク分散環境における生産管理システムのソフトウェア統合管理-、精密工学会秋季大会 (2006.9)
- 2) 篠崎吉太郎、江端幹夫、大橋隆弘、清水透、初鹿野寛一、容器—軸組合せ押出し加工における材料流動考、第57回塑性加工連合講演会 (2006.10)
- 3) 澤田 浩之、IT と製造技術の融合: 加工技術データベースと MZ プラットフォーム、北海道ビジネス EXPO (2006.11)
- 4) T. Okane, Characteristics of lead free copper alloy castings, Copper Alloy Casting Technology and Recent Development of Lead-free Copper Alloys, Thai Foundrymen's Society (2006.11)
- 5) 古川 慈之、徳永 仁史、澤田 浩之、松木 則夫、エンドユーザによるプロセスのモデル化に基づくソフトウェア合成、情報処理学会第69回全国大会 (2007.3)
- 6) 梶野智史, 浅川基男: 表層部付加的せん断ひずみ層が細線材の引張り強さおよび内部組織に与える影響, 第63回伸線技術分科会, 東京 (2007.6)
- 7) 松木 則夫、中小企業基盤技術継承支援の取り組み、日本機械学会関東支部ブロック合同講演会 (2007.7)
- 8) S. Hirose and K. Mori, “Weighting Effectiveness of Growth Parameter on Film Quality for Obtaining High Quality MOVPE-GaAs Using Analytic Hierarchy Process (AHP)”, Proceedings of 17th International Vacuum Conference (2007.7)
- 9) 岡根 利光、服部 光郎、松木 則夫、加工技術・技能継承支援ツール「加工テンプレート」の開発、知識・技術・技能の伝承支援研究会、人工知能学会 (2007.8)
- 10) 徳永 仁史、古川 慈之、澤田 浩之、松木 則夫、コンポーネント技術に基づく情報のモデル化とソフトウェア開発に関する研究 (第3報) -コンポーネント転送によるデータアクセス管理-、精密工学会秋季大会 (2007.9)
- 11) 野嶋賢吾、篠崎吉太郎、初鹿野寛一、清水透、尾崎文彦、澤辺弘、ベータ型チタン合金の冷間鍛造性試験、第58回塑性加工連合講演会 (2007.10)
- 12) 住田雅樹、鄭想勲、岡根利光、AZ系マグネシウム合金の凝固組織に対する希土類元素添加効果、(社)日本鑄造工学会第151回全国講演大会 (2007.10)
- 13) 梶野智史, 浅川基男、表層部付加的せん断ひずみ層が細線材の引張り強さおよび内部組織に与え

- る影響, 日本機械学会 M&P2007, 新潟 (2007.11)
- 14) 古川 慈之、徳永 仁史、手嶋 吉法、澤田 浩之、松木 則夫、エンドユーザーによるソフトウェア成のためのモデル化支援インタフェース、情報処理学会第 70 回全国大会 (2008.3)
  - 15) 住田雅樹、岡根利光、中小企業基盤技術継承支援事業 熱処理加工における技能継承ツールの開発、(社) 東部金属熱処理工業組合 5 月度技術委員会、機械工具会館 東京都 (2008.5)
  - 16) 住田雅樹、鄭想勲、岡根利光、ガドリニウム添加したマグネシウム合金 AZ91D の材料特性と溶質濃度分布、(社) 日本鑄造工学会第 152 回全国講演大会 (2008.5)
  - 17) S. Hirose, S. Kitahara, K. Sonoya, A. Ohmori and K. Mori, "An Analytic Hierarchy Process (AHP) Approach to Digitalize Expert's Knowledge and Experience for Obtaining High Quality Wear Protective Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> by APS", Proceedings of International Thermal Spray Conference 2008 (ITSC2008), Netherland (2008.6)
  - 18) 篠崎吉太郎、鍛造加工圧力計算テンプレートの設計、社団法人日本塑性加工学会鍛造分科会第 85 回研究集会 (2008.6)
  - 19) 住田雅樹、岡根利光、藤木榮、熱処理加工における技能継承ツールの開発 (ガス窒化加工)、平成 20 年第 2 回鍛造テンプレート検討会、第一日目、(株) ニチダイ第三工場、京都府、2008.7.15 第二日目 住田雅樹、岡根利光、藤木榮、"熱処理加工における技能継承ツールの開発 (ガス浸炭加工)" 於 (株) 阪村機械製作所本社工場、京都 (2008.7)
  - 20) 住田雅樹、岡根利光、藤木榮、熱処理加工における技能継承ツールの開発 (ガス浸炭加工)、平成 20 年第 3 回鍛造テンプレート検討会、於愛知製鋼株式会社、愛知県 (2008.7)
  - 21) 住田雅樹、岡根利光、藤木榮、"中小企業基盤技術継承支援事業 熱処理加工技能継承ツールの開発"、(社) 東部金属熱処理工業組合 9 月度技術委員会、於東京都産業技術研究センター 東京都 (2008.9)
  - 22) 岡根利光、住田雅樹、藤木榮、SCM415 丸棒状試験片のガス浸炭焼入れ条件と曲がりの関係、(社) 日本金属学会 2008 年秋期(第 143 回)大会 (2008.9)
  - 23) 住田雅樹、岡根利光、藤木榮、熱処理加工における技能継承ツールと技術データベースの開発、第 2 回ものづくり講演会、共催埼玉県ものづくり研究会、埼玉県熱処理技術研究会、埼玉県産業技術総合センター、於埼玉県産業技術総合センター (2008.11)
  - 24) 住田雅樹、「中小企業基盤技術継承支援事業」熱処理加工における熟練技能の数值化による継承ツール開発、鍛造ワーキンググループ委員会 (平成 20 年度第 3 回)、機会振興会館、東京都 (2009.2)
  - 25) 成瀬 哲也、安藤 嘉珠、水谷 正義、亀山 雄高、狛 豊、大森 整、常木 優克: "技能継承を支援する加工テンプレートの構築: 技能収集とデジタル化", 型技術者会議 2007, 東京 (2007.6).
  - 26) 安藤 嘉珠、成瀬 哲也、亀山 雄高、水谷 正義、狛 豊、大森 整: "加工テンプレート構築のための加工知識の体系化: 切削加工事例における技能継承", 型技術者会議 2007, 東京 (2007.6).
  - 27) 成瀬 哲也、安藤 嘉珠、亀山 雄高、水谷 正義、狛 豊、渡邊 裕、佐々木 慶子、大森 整: "技能継承の支援を目的とした技能収集システムの開発", 日本機械学会 2007 年度年次大会, 吹田 (2007.9)
  - 28) 安藤 嘉珠、成瀬 哲也、亀山 雄高、水谷 正義、狛 豊、上野 嘉之、佐々木 慶子、高橋 一郎、大

森 整, 技能継承支援における切削加工技能・知識の体系化と事例への応用, 日本機械学会 2007 年度年次大会, 吹田 (2007.9)

- 29) Mizutani M., Naruse T., Katahira K., Uehara Y., Ohmori H., and Sasaki C.: “Fabrication of Ultra-fine Micro Tools and Its Applications on Micro-Cutting Phenomena Investigation”, The 8th International Joint Workshop on Micro Fabrication, Kaohsiung, Taiwan (2008.4)
- 30) Mizutani M., Naruse T., Kameyama Y., Uehara Y., Katahira K., Sasaki C., and Ohmori H.: “Fabrication and Characteristics of Cutting Tools for Difficult-to-Machine Materials”, The 1st International ELID-Grinding Conference -Trends on High Efficiency and Essential Processing-, Changsha, China (2008.6).
- 31) Mizutani M., Naruse T., Kameyama Y., Koma Y., Ohmori H., and Sasaki C.: “Fabrication of cutting tools for ultra-precision machining of Tantalum and their cutting characteristics”, The 1st International Conference on nano Manufacturing, Singapore, Singapore (2008.7)
- 32) 水谷 正義, 成瀬 哲也, 亀山 雄高, 狛 豊, 大森 整, 佐々木 慶子, タンタル加工におけるバイト形状の最適化およびそれに基づくツールの創成, 2008 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 仙台 (2008.9)
- 33) 亀山 雄高, 成瀬 哲也, 水谷 正義, 狛 豊, 佐々木 慶子, 大森 整, 澤田 浩之, 松木 則夫, 切削加工技能の抽出・体系化ツールの開発とそれを利用した技能継承支援への取り組み, 日本機械学会 第 7 回生産加工・工作機械部門講演会「生産と加工に関する学術講演会 2008」, 岐阜 (2008.11)

### 1.2.5 出願特許

- 1) 石川 純、平面度測定装置、特願 2007-060647 (2007.3)
- 2) 住田雅樹、鄭想勲、岡根利光、高機能マグネシウム合金、特願 2008-015392 (2008.1)

### 1.2.6 知的基盤関係 (計量基準、ソフトウェア、データベースなど)

- 1) 廣瀬伸吾, 光学特性付与めっき加工条件・加工事例データベース, 登録番号 H19PRO-675 (2007.4)
- 2) 廣瀬伸吾, 元素周期表を用いた材料別めっき加工事例データベース, 登録番号 H19PRO-676 (2007.4)
- 3) 廣瀬伸吾, めっき浴特性めっき加工条件・加工事例データベース, 登録番号 H19PRO-677 (2007.4)
- 4) 篠崎 吉太郎, 江端 幹夫, 円柱の据込み加工圧力の計算シート、整理番号 2007001983 (2007.5)
- 5) 岡根 利光、住田 雅樹、熱処理データベース閲覧プログラム、整理番号 2007002642 (2007.7)
- 6) 松木 則夫、澤田 浩之、徳永 仁史、古川 慈之、コンポーネントの組み合わせによる設計製造支援ソフトウェアの実行開発用プログラムおよび基幹コンポーネント-1 修正版 e、整理番号 2008000632 (2008.2)
- 7) 松木 則夫、澤田 浩之、徳永 仁史、古川 慈之、コンポーネントの組み合わせによる設計製造支援ソフトウェアの実行開発用プログラム周辺コンポーネント-1 修正版 e、整理番号 2008000633

- (2008.2)
- 8) 松木 則夫、澤田 浩之、徳永 仁史、古川 慈之、コンポーネントの組み合わせによる設計製造支援ソフトウェアの実行開発用プログラムおよび基幹コンポーネント-2、整理番号 2008000634 (2008.2)
  - 9) 松木 則夫、澤田 浩之、徳永 仁史、古川 慈之、コンポーネントの組み合わせによる設計製造支援ソフトウェアの実行開発用プログラム周辺コンポーネント-2、整理番号 2008000635 (2008.2)
  - 10) 徳永 仁史、澤田 浩之、古川 慈之、手嶋 吉法、松木 則夫、コンポーネント転送によるデータアクセス管理プログラム、整理番号 2008000707 (2008.2)
  - 11) 岡根利光、住田雅樹、藤木榮、熱処理加工技能継承ツール、整理番号 2008001536 (2008.5)
  - 12) 篠崎吉太郎、古川慈之、江端幹夫、容器の後方押し出し圧力計算テンプレート、管理番号 2008002080 (2008.6)
  - 13) 篠崎吉太郎、古川慈之、江端幹夫、円柱の据込み圧力計算テンプレート、管理番号 2008002152 (2008.6)
  - 14) 篠崎吉太郎、古川慈之、江端幹夫、組合せ押し出し工程設計テンプレート、管理番号 2008002153 (2008.6)
  - 15) 篠崎吉太郎、古川慈之、江端幹夫、多段軸押し出し工程設計テンプレート、管理番号 2008002154 (2008.6)
  - 16) 岡根利光、住田雅樹、藤木榮、大谷成子、熱処理加工技能継承ツール、整理番号 2009000124 (2009.1)
  - 17) 篠崎吉太郎、野嶋賢吾、古川慈之、江端幹夫、梶野智史、近藤孝之、容器の後方押し出し中の温度計算テンプレート、管理番号 2009000341 (2009.2)
  - 18) 篠崎吉太郎、野嶋賢吾、古川慈之、江端幹夫、梶野智史、近藤孝之、軸の前方押し出し中の温度計算テンプレート、管理番号 2009000342 (2009.2)
  - 19) 廣瀬伸吾、めっき作業軌跡習熟テンプレート、登録番号 H21PRO-960 (2009.3)
  - 20) 廣瀬伸吾、小檜山光信、光学薄膜用光学特性計算プログラム、登録番号 H21PRO-961 (2009.3)
  - 21) 廣瀬伸吾、小檜山光信、江塚幸敏、光学薄膜用透明基板屈折率計算プログラム、管理番号 2009000912 (2009.3).
  - 22) 廣瀬伸吾、小檜山光信、江塚幸敏、光学薄膜用大気中の透明誘電体薄膜屈折率計算プログラム、管理番号 2009000913 (2009.3).
  - 23) 廣瀬伸吾、小檜山光信、江塚幸敏、光学薄膜用真空中の透明誘電体薄膜屈折率計算プログラム、管理番号 2009000931 (2009.3).
  - 24) 廣瀬伸吾、小檜山光信、江塚幸敏、光学薄膜用吸収基板の屈折率・消衰係数・内部透過率計算プログラム管理番号 2009000932 (2009.3)
  - 25) 廣瀬伸吾、小檜山光信、ドームへの基板セット枚数計算プログラム、管理番号 2009000943 (2009.3)
  - 26) 廣瀬伸吾、小檜山光信、ホルダーへの基板セット枚数計算プログラム、管理番号 2009000944 (2009.3)

### 1.2.7 受賞、表彰

- 1) 廣瀬伸吾, 中央鍍金工業協同組合賞「めっきデータベース開発と技術支援体制の構築」, 2007.8.9.
- 2) 廣瀬伸吾, 中央鍍金工業協同組合賞「めっき加工テンプレートによる技能、技術、ノウハウの効果的な継承手法の開発とその導入効果」, 2008.5.29.
- 3) 廣瀬伸吾, ファインプレーティング研究会会長賞「めっき分野における技能の技術化・デジタル化と企業支援」, 2008.7.7.

### 1.2.8 その他

(新聞発表)

- 1) “社説 モノづくり新時代 技能伝承の新ツールに期待”, 日刊工業新聞 2008年2月20日
- 2) “理研と連携 技能継承へ 埼玉・中小組織「ものづくり研」”, 日刊工業新聞 2008年6月20日
- 3) “産総研・理研が技能伝承支援ツール 熟練工の思考回路を再現”, フジサンケイビジネスアイ 2008年11月19日

## 2. 研究開発項目毎の成果

「①技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発」および「②工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」を実施した。

### 2.1 技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発

#### 2.1.1 鋳造テンプレート

##### 2.1.1.1 背景

2004年2月に近畿経済産業局において纏められた技術・技能継承に関するアンケートによれば、中小企業から挙げられた課題として、「人材育成に割く時間がない」、「効率的な人材育成システムを構築できない」が上位に挙げられている。また、中小企業が今後最も充実させたい技能人材として挙げられているものは、「製品の仕様変更・試作品製作等、幅広い製作要求に柔軟に対応できる能力」であった。

この熟練者が持っている「幅広い製作要求に柔軟に対応できる能力」とは、例えば、加工方法の考案・選択・工夫・条件設定・設計の際に現れる課題に対し幅広い知識を持って問題解決ができる・トラブルへの迅速な対応ができる・技術の高度化により解決できる技術・技能であるといえよう。多くの中小企業にとってその競争力の源泉は、「その人のみが感覚的・身体的に保有している技」いわゆる「手わざ」的な技能では無く、熟練技能者が長年の経験、作業従事から身につけた判断力、ノウハウ等の知識としての技能である、と位置づけていることが特徴的である。そこで技術・技能継承支援ツール「加工テンプレート」の開発にあたって、熟練技能者が、どのような作業ポイントで、どのようなことに着目して、どのように判断を下しているかといった知識・判断能力に対して、これを抽出して蓄積する手法を中心に研究を進めた。

加工テンプレートの開発にあたって、以下の共通機能を目標に掲げた。

- 1) 技術管理 DB システムによる作業指示書のデジタル化
- 2) 技能の指標化による加工のポイントの表現とその活用
- 3) 加工技術データベース連携による加工の基本原理と何故？の理解

各企業においては技能毎に熟練者が行った作業の結果を基に企業独自の指標の値を決めることが技能の抽出に他ならない。これらが有効に機能することにより、技術・技能の抽出と継承の支援が可能になると考える。

鋳造では、様々な技術・技能が要求されるが、特に重要とされる鋳造方案設計、溶解、欠陥判別・対策等の技術・技能を取り上げ技術・技能継承支援ツール:鋳造テンプレートとして開発を手がけた。さらに「手わざ」ではあるが注湯技能を取り上げ、計測装置を開発することにより、技能を数値化して評価することを可能にして技能継承を支援する注湯技能テンプレートの開発を行った。

作成した鋳造テンプレートのリストを表 2.1.1-1 に示す。

表 2.1.1-1 鑄造テンプレートリスト

	種類	概要
鑄造方案設計	1. 鑄造方案概略設計 2. 押湯方案設計 3. 湯口系方案設計 4. 注湯速度設計	・ 方案事例蓄積・管理データベース ・ 押湯パラメータ評価 ・ 湯口系パラメータ評価 ・ 押湯・湯口系・注湯速度の概略設計
溶解	5. 高力黄銅溶解 6. アルミ青銅溶解 7. 片状黒鉛鑄鉄溶解 8. 球状黒鉛鑄鉄溶解	・ 配合計算 ・ 成分調整計算 ・ 添加剤量の調整 ・ 各原材料の減耗を考慮
注湯	9. 注湯技能	・ 注湯速度の計測 ・ 熟練者の作業との比較 ・ ばらつき評価
欠陥対策	10. 欠陥判別・対策	・ 標準欠陥事例の参照 ・ 社内事例の登録 ・ 原因と対策の評価

### 2.1.1.2 鑄造テンプレートの概要

#### ①鑄造方案設計テンプレート

鑄造では、製品となる形状だけでなく、押湯や湯道と呼ばれる付属物を製品部に取り付けて鑄型を製作する。押湯は製品部の品質保持のため、湯道は溶解した金属を流し込むための流路を確保するためのもので、これらの配置やサイズが鑄造品の品質、歩留まり（コスト）に大きな影響を及ぼしている。

鑄造方案では、設計要素として大きく分けて押湯方案、湯口系方案がある。それぞれの設計要素に対する指標としてはまず第一に経験的、または理論的に、

押湯方案：モジュラス比

湯口系方案：湯口比（湯口断面積：湯道断面積：堰断面積）

などが挙げられる。加えて企業の協力を得て実際の鑄造方案を蓄積・解析することにより、有効と考えられる指標の検討を行った。この結果、押湯方案設計、湯口系方案設計、注湯速度設計の3要素についてテンプレートとして指標の抽出機能を開発した。

上記の3テンプレートに必要な、データ項目は互いに重複し合っている。そこで、雛型のインターフェイスとして、鑄造方案に関する情報を一括して管理するデータベースとテンプレートに必要な項目の入力支援ツール、テンプレートで評価された指標を活用して、新たな製品に対して推奨値を示し簡易方案設計を可能にする機能を開発し、方案概略設計テンプレートとし、統合的に活用可能にした。

図 2.1.1-1 に鑄造方案テンプレートのシステム図を示す。



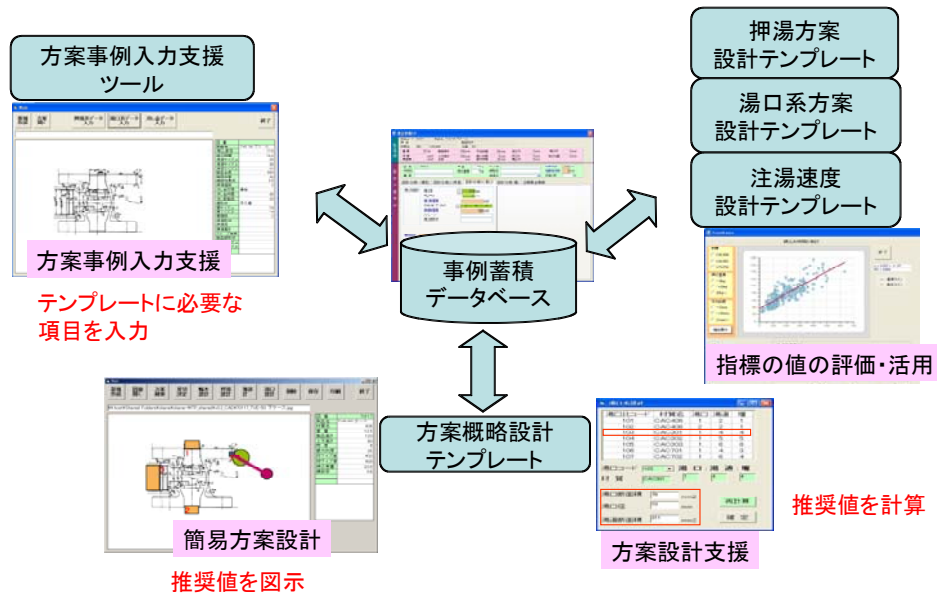


図 2.1.1-1 鋳造方案テンプレート

## ②溶解テンプレート

金属を溶解して適切な成分の清浄な溶湯を準備することは、高品質の製品を得るための鋳造の基本的な技術である。溶解時の配合、成分調整、添加剤の量については、投入する原材料の性状、それぞれの元素の減耗割合等を考慮して適切に行う必要がある。溶解テンプレートでは、溶解時の配合計算並びに炉中分析結果による成分調整のための追加配合計算を可能にした。日々の作業のなかで、電卓のようにテンプレートを使用して配合計算および成分調整計算を行い、事例を蓄積してゆくことにより、投入する原材料の各元素の減耗割合、例えば直近 1 週間間に使用した原材料の性状などが明らかになり、これらを考慮した溶解方案を立てることができるようになる。比較的成分調整の機会が多い、高力黄銅、アルミ青銅、片状黒鉛鋳鉄、球状黒鉛鋳鉄について、4 種類のテンプレートの開発を行った。特に、炉中分析結果による成分調整のための追加配合計算については、るつぼの容量、投入する原材料の最小化など個別に考慮する要素があり、方法論は未だ確立されていない。テンプレート開発にあたっては、この成分調整機能を新たに開発し、この機能についても企業の実例による評価を試みた。図 2.1.1-2 に、溶解テンプレートの追加配合計算例を示す。

追加配合計算

溶解No 090213-0042 目標組成No 3 CAC301

目標溶解量 600 kg

	Cu	Zn	Mn	Fe	Al	Sn	Ni	Pb	Si
目標組成【%】	58.06	38.47	1.25	0.75	0.83	0.15	0.15	0.35	0
【kg】	348.3	230.82	7.5	4.5	4.98	0.9	0.9	2.1	0

	Cu	Zn	Mn	Fe	Al	Sn	Ni	Pb	Si
炉前分析【%】	58.94	37.74	1.27	0.74	0.83	0.05	0.09	0.34	0
【kg】	353.64	226.44	7.62	4.44	4.98	0.3	0.54	2.04	0

組成計算

母合金	母合金1_No	2	CuMn#2	Mn	0	kg
母合金2_No	4		CuFeAl#2	Fe	0	kg
母合金3_No					0	kg

	Cu	Zn	Mn	Fe	Al	Sn	Ni	Pb	Si
調整【kg】	0	3.49	0	0	0	0	0	0	0

調整計算

	Cu	Zn	Mn	Fe	Al	Sn	Ni	Pb	Si	重給当量
調整組成【%】	58.6	38.1	1.26	0.74	0.83	0.05	0.09	0.34	0	43.27
調整溶解量	603.49 kg									

図 2.1.1-2 溶解テンプレート

### ③注湯技能テンプレート

鋳物の歩留まりは注湯技能者の技能におおきく依存しており、注湯技能者はできるだけ低温の溶湯を俗に言う「早く静かに」注湯する技術が求められる。注湯作業は危険が伴い、作業者が人手で行うためばらつきも大きい。一方、多くの中小鋳造企業では多品種小ロットのものづくりを迫られており、注湯作業は自動化になじまず、多くは未だ手作業によって行われている。

そこで注湯技能テンプレートとして、技能者が注湯する際の注湯速度変化を測定する装置を開発し、データ化を行うことにより技術の評価を行うシステムを開発した。熟練者との比較により後継者に作業のポイントを明示することが可能になり、注湯技能の習熟支援を図ることができた。開発に際し考慮した条件として、(1)ヒューム・騒音の多い作業環境でも測定が可能なこと、(2)注湯速度変化が問題になるのは、凝固までの時間が短い薄物・小物製品であり、10-20kg 程度の注湯量の速度変化が測定できること、(3)熟練技能者による注湯というプリミティブな作業の計測のため、開発装置は従来使用している器具に比べてジオメトリー、重量等の点で大きな変化が無いこと、などが挙げられる。取鍋の重量変化、角度変化から注湯速度変化が測定可能になった。データは無線 LAN により自動的にサーバーへ蓄積でき、作業者が意識することなく注湯作業が行えるようにした。得られたデータの解析より注湯量・注湯時間・速度変化が評価可能である。図 2.1.1-3 に、注湯技能テンプレートのイメージを示す。

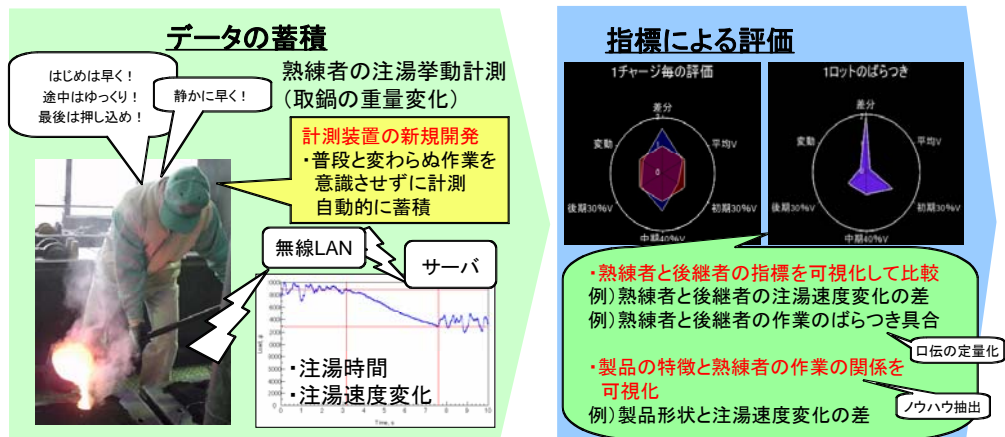


図 2.1.1-2 注湯技能テンプレート

#### ④欠陥判別・対策テンプレート

鑄造においても欠陥対策は技術者にとって重要な技術である。欠陥は、表面・内部・製品の性能に関わるものなど、様々な場所と形態で現れ、原因も鑄型、ガス、凝固収縮、酸化物・異物など様々である。技術者は適切に欠陥を判別し、対策を立てることが求められる。そこで欠陥判別・対策テンプレートでは、独自開発の検索ツールをベースに以下の機能を開発して技術の継承を支援する。

##### 1. 標準欠陥事例・標準判別事例の構築

鑄造WGを開催し、欠陥と対策の事例を収集、分類整理して解説を書き加えて標準的な欠陥事例集を構築した。これはほぼ全ての欠陥の種類を網羅する形で構築した。さらに、発生場所、形態などが類似しているが原因・対策の異なる、判別の難しい欠陥の組み合わせについては標準判別事例を作成し、元の標準欠陥事例にリンクする形で構築した。

##### 2. 自社事例の登録と表示

標準欠陥事例と類似のフォームにて自社の欠陥発生と対策の事例を登録可能にした。

##### 3. 抽出結果の表示

登録した自社の欠陥発生と対策の事例から欠陥毎の発生頻度、原因と対策の相関について抽出した結果を表示する。

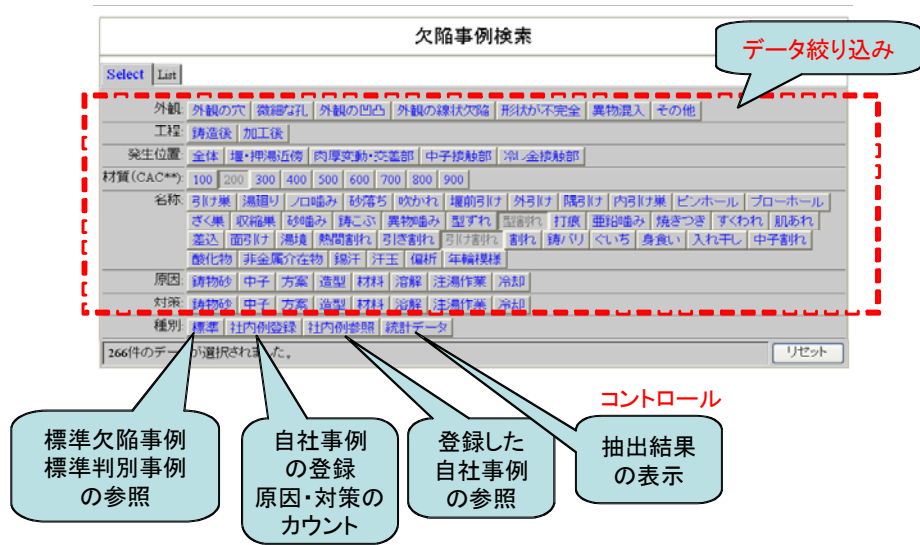


図 2.1.1-3 欠陥判別・対策テンプレート

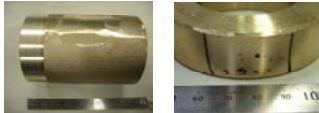
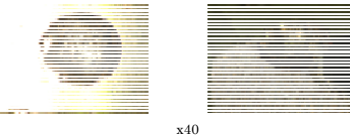
欠陥事例			
欠陥の名称: ブローホール NJ-3			
製品名	材質	製造法	中子の有無, 種類
ベアリング用素材 (φ 80 x 120L)	CAC603	生型自動造型法	Co2型
製造条件			
鋳込み温度	鋳込み速度	単重 / 鋳込み重量	取り数
		kg	
		4.4/9	1ヶ
発生状況: 機械加工後, 堰付近と思われる注部分に数mmの丸い穴が生じた			
			
破面, 顕微鏡, SEM 観察: 顕微鏡観察結果、内壁が滑らかで、破断面観察では、欠陥部直下の組織は正常である			
			
原因: ①中子からの発生ガスによる ②充填完了時の鋳型内温度分布が低く、注湯時に巻き込んだエアが抜け切らず製品内に残った			
対策: ①脱酸量を多くする ②鋳込み温度の調整			
判定の為の情報 リンク先→ガス欠陥, ブローホール			

図 2.1.1-4 標準欠陥事例の例

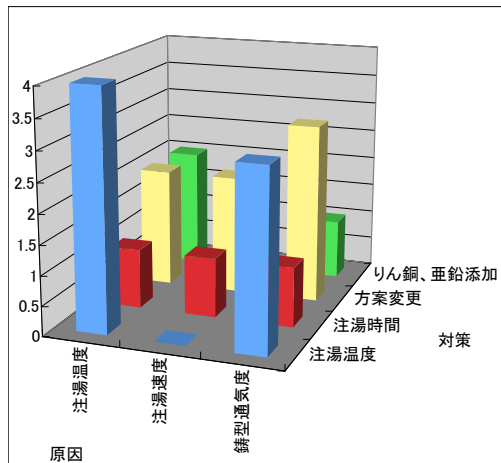


図 2.1.1-5 抽出結果の例

### 2.1.1.3 企業における評価

構築した各テンプレートについて、関連する企業において試用を行った。以下テンプレート毎に主なコメントを示す。

#### 鋳造方案設計テンプレート

- ・技術者が行った過去の方案事例の蓄積を行って、各方案設計要素の指標に関する企業独自の値が

評価され、新たな設計に生かせる。

- ・指標の値のばらつきを整理することにより、これらの相関から技術者の決定順序も明確になった。

#### 溶解テンプレート

- ・テンプレートの目的であった企業独自の減耗を考慮した配合、成分調整が可能になった。
- ・新たに開発した追加配合計算機能についても過去の実績との比較による評価を行い、ほぼ満足できる結果が得られた。

#### 注湯テンプレート

- ・熟練技能者の特徴として、取鍋残量等の条件が変化しても、何回繰り返してもその注湯速度変化・注湯時間は変化せず、安定した作業を行っている。

- ・トレーニングツールとしての他、生産管理、トラブルシューティングツールとして期待する。

#### 欠陥判別・対策テンプレート

- ・自社の欠陥の傾向が明らかになった、原因と対策の関係が明らかになった。

その他に企業から寄せられたコメントでは、各テンプレートに用いられている用語や背景にある知識について、テンプレート導入と同時にある程度の教育することが有効であり、これによりテンプレートが技能継承・人材育成のツールとして有効に活用されるようになる、という意見もあった。

## 2.1.2 鍛造テンプレートの開発

### 2.1.2.1 背景

昨今、鍛造加工中小企業は部品の機能や品質に更なる高度化が求められるとともに、海外、特にアジア地域における鍛造企業との競合が激化している。わが国の鍛造業を持続するためには固有技術力を高めて競争力を高めるほかなく、そのための最重要課題は企業現場で高品質・高精度な鍛造を迅速に行えるようにすることである。

高い固有技術は、例えば、チタンや軸受け鋼などのいわゆる難加工材を加工し、自動車だけではなく航空機などの部品にも対応できる技術や、ヘリカルギアやハイポイトギアに代表される複雑形状部品のネットシェイプ加工する技術などであり、それらを実現するには加工圧力を計算し、割れ（延性）の予測が重要となる。また、個々の加工条件により異なるパンチやダイなどの金型の負担を把握して、より高品質な金型を設計する技術が必須となる。そこで、これらの技術・技能を支援可能なテンプレートを作成した。作成したテンプレートのリストを表 2.1.2-1 に示す。

表 2.1.2-1 鍛造テンプレートリスト

種類	概要	備考
1. 容器の押し出し圧力計算	<ul style="list-style-type: none"> <li>定常変形をする軸対称押し出し圧力を計算</li> <li>拘束係数と変形抵抗との積と仮定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>適用断面減少率 25～90%</li> <li>鋼材と加工硬化特性が異なる素材への適用不可</li> </ul>
2. 軸の前方押し出し圧力	<ul style="list-style-type: none"> <li>背圧を付加した押し出し、加工硬化材に対応</li> <li>スプライン、歯形押し出しなどに応用可能</li> <li>独自の拘束係数、変形抵抗入力可能</li> </ul>	
3. 据込み圧力	<ul style="list-style-type: none"> <li>鋼材及びアルミニウムの変形抵抗をもとにビッカース硬さに比例すると仮定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>鋼材と加工硬化特性の異なる材料への適用不可</li> </ul>
4. 組合せ押し出し	<ul style="list-style-type: none"> <li>容器一軸が同時に生じるはずの寸法を算出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>底厚が薄い非定常変形に適用不可</li> </ul>
5. 多段押し出し	<ul style="list-style-type: none"> <li>クーロン摩擦を考慮して 2 段押し出し圧力を算出</li> </ul>	
6. 容器の押し出し中の温度計算	<ul style="list-style-type: none"> <li>加工熱でビレットの温度を上昇させた後、直ちに熱伝導により冷却が始まると仮定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>鍛造品と型との間の熱伝達率を入力する必要がある</li> </ul>
7. 軸の前方押し出し中の温度計算	<ul style="list-style-type: none"> <li>冷却モデルに球の熱伝導解析を採用</li> <li>加工速度及び寸法効果に対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱物性値が判明した材料のデータを応用</li> </ul>
8. パンチの応力解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>有限要素法（FEM）を用いた軸対称パンチ及びカウンタパンチに作用する応力解析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>座屈は考慮していない</li> <li>破損は別途チェックする必要がある</li> </ul>
9. カウンタパンチの応力解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>カウンタパンチの受圧板にノックアウト用パンチの穴あり</li> </ul>	
10. ダイの応力解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>有限要素法（FEM）を用いた締めりはめ軸対称ダイに作用する応力解析</li> <li>シュリンクリング 2 個、および締める順序に対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>降伏は別途チェックする必要がある</li> </ul>

### 2.1.2.2 鍛造テンプレートの概要

#### ①加工圧力計算（リストの1～5）

鍛造時の押し出し加工圧力の推定は鍛造機械の選定や金型への負荷応力の計算など鍛造工程設計時に基本となる。また鍛造における材料流動は大きく特に鍛造が室温で行われる冷間鍛造においては鍛造荷重を推定し材料割れの有無を検証することが重要である。だが、現場の若手技術者は、変形抵抗や拘束係数といった専門用語の理解が不足しており、それらを用いた加工圧力の計算方法も十分に使いこなせていない。そこで、延性材料の場合は室温における変形抵抗とビッカース硬さとに良い相関があることに着目して単位硬さ当りの変形抵抗とひずみとの関係の回帰曲線と押し出し加工の拘束係数を利用して加工圧力を推定する方法を用い、ユーザーが電卓感覚で使用できる加工圧力計算テンプレートを開発した。拘束係数は、理論的に計算された断面減少率と拘束係数の関係から、対象となる加工の断面減少率に対応する拘束係数を決定している。対象とした加工法は、軸の前方押し出し、容器の後方押し出し、円柱の据込み、軸と容器の組合せ押し出し、多段軸の前方押し出しの5種類である。開発したテンプレートの初期画面を図2.1.2-1に示す。素材と製品の寸法、および素材硬さを入力するだけで、加工圧力が計算される（図2.1.2-2参照）。テンプレートの使用を重ねるにつれて、変形抵抗、拘束係数の意味や計算方法などが理解できる仕組みになっている。加工圧力は前述のように拘束係数と素材の変形抵抗の積で計算されているが、それぞれに補正値を設定でき、複雑形状にも適用するなど多様化が可能な仕様となっている（図2.1.2-2参照）。本テンプレートを使用し、データを蓄積することによって、この補正値がある程度収束し、その値が加工圧力見積りのノウハウであると言える。熟練技能者は過去の経験により、この補正を頭の中で行って加工圧力を見積もっており、その思考を再現できていると考えており、加工圧力見積りの計算原理の理解を支援することができる。

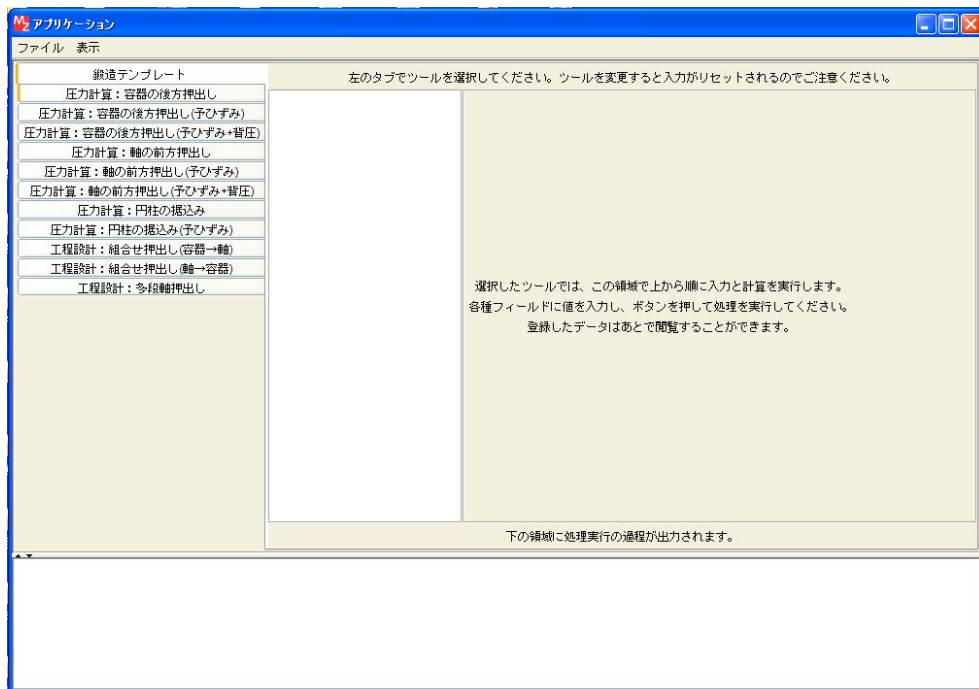


図 2.1.2-1 加工圧力計算テンプレート初期画面

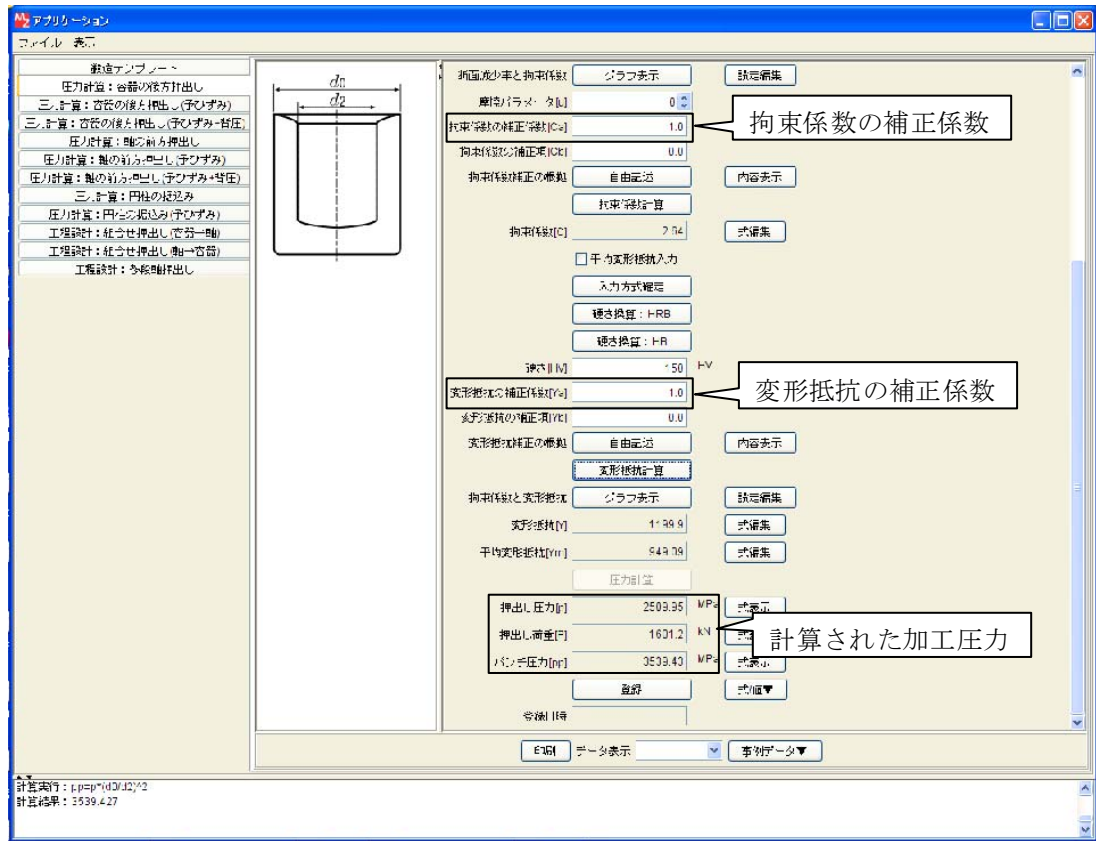


図 2.1.2-2 後方押し加工圧力計算テンプレート画面

## ②鍛造加工中の温度計算（リストの 6,7）

鍛造加工では付加された塑性変形によるエネルギーで加工品が発熱する。材料の温度が上昇すると変形抵抗が減少するなど、加工中の状況が大きく変化するため、鍛造の安定性に強く影響する。また、発熱は体積と関係があるため、製品寸法の 3 乗のオーダーであるが、伝熱は接触面積に関係するので寸法の 2 乗のオーダーである。したがって、発熱と伝熱のオーダーが異なり、大物と小物では伝熱に寸法効果がある。つまり、大物は冷めにくく、小物は冷めやすい。そのため、加工中の温度、および温度による変形抵抗への影響に差があり、同じ材質でも製品のサイズによって鍛造の可否が変化すると考えられる。実際の現場では、相似的にも同じ形状で同じ材質である場合において、大物だと成形可能だが、小物だと成形不可といった現象が確認されている。

計算モデルは塑性変形領域で熱が発生して加工品の温度が瞬間的に上昇した後、まわりの金型に伝熱し冷却する放熱問題と考えた。鍛造において、パンチ直下の塑性変形領域はほぼ球形と近似することができるので、伝熱工学における球形の放熱問題の厳密解を利用した計算プログラムを用い、温度計算テンプレートを作成した。また、計算された熱から変形抵抗を概算し、室温における変形抵抗と比較し、発熱の影響で加工圧力がどのように変化するかを把握できるようになっている。図 2.1.2-3 に本テンプレートの画面を示す。

本計算プログラムでは、上記の寸法効果に対応可能である点に特徴がある。また、加工速度を可変とし、その影響も見られるようになっている。



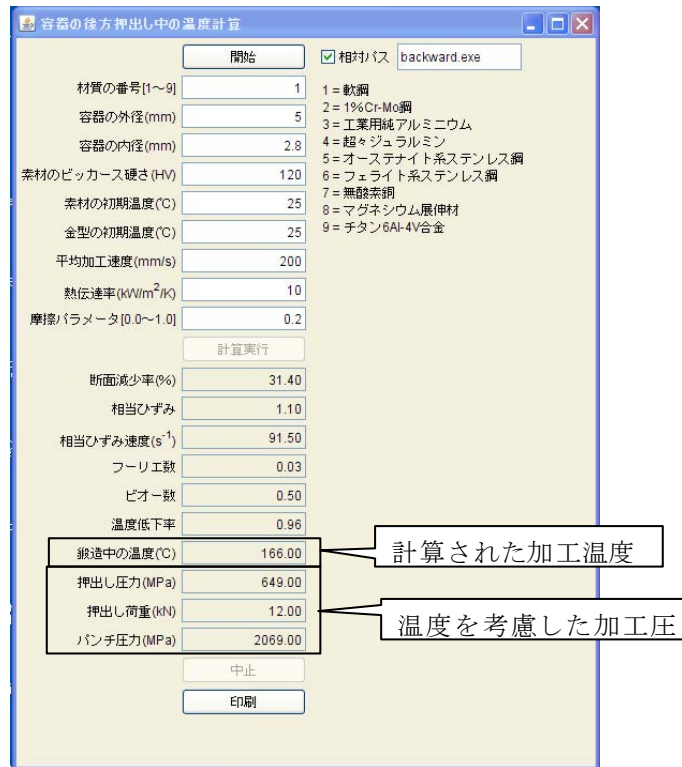


図 2.1.2-3 後方押し出し加工中の温度計算テンプレート画面

### ③金型の内部応力解析（リストの 8,9,10）

鍛造で用いられる主な金型はパンチ、カウンタパンチ、ダイである。パンチやカウンタパンチは先端が材料加工部で非常に高い応力が発生する。そこで、高い応力に耐えられる強度と、先端で発生した高い応力を低減しつつ受圧台に伝える形状が要求される。また、カウンタパンチにおいては、製品取り出し時に用いるロックアウトピン用の穴が受圧台に存在し、その穴付近での内部応力分布が激変する点を考慮する必要がある。ダイはダイインサートとシュリンクリングで構成され、その内部に素材を包括し充填させることで外形状を付与する。そのため、ダイインサートは内部から受ける高い圧力による破損を防止するため、外周部にシュリンクリングをはめて締め付け力を発生させている。しかし、そのシュリンクリングの寸法によって、締め付け力が大きく変わってしまう。そこで最も効率的な締め圧となるシュリンクリングがダイ設計の重要なポイントとなる。

このように、金型の設計では、内部応力を把握し、それを判断基準として適した工具材料を選択し、金型を最適な形状に近づけることが必要である。そこで、弾性有限要素法による解析プログラムを用いて内部応力解析テンプレートを作成した。図 2.1.2-4 および図 2.1.2-5 に本テンプレートの画面を示す。解析対象をパンチ、カウンタパンチ、ダイに絞ることによって、所定の寸法を入力するだけの操作で内部応力が計算できる。計算時間も短いため、現場において設計の可否をチェックする簡便なツールである。簡便な操作で計算でき、さまざまな金型形状と内部応力の関係が理解しやすく、また、過去の図面の金型寸法を入力することで、金型設計の注意点や設計理念が理解できるようになっている。このように、本テンプレートを使用することによって、材料力学的に金型設計を理解することが

でき、教育用ツールとしても有用である。

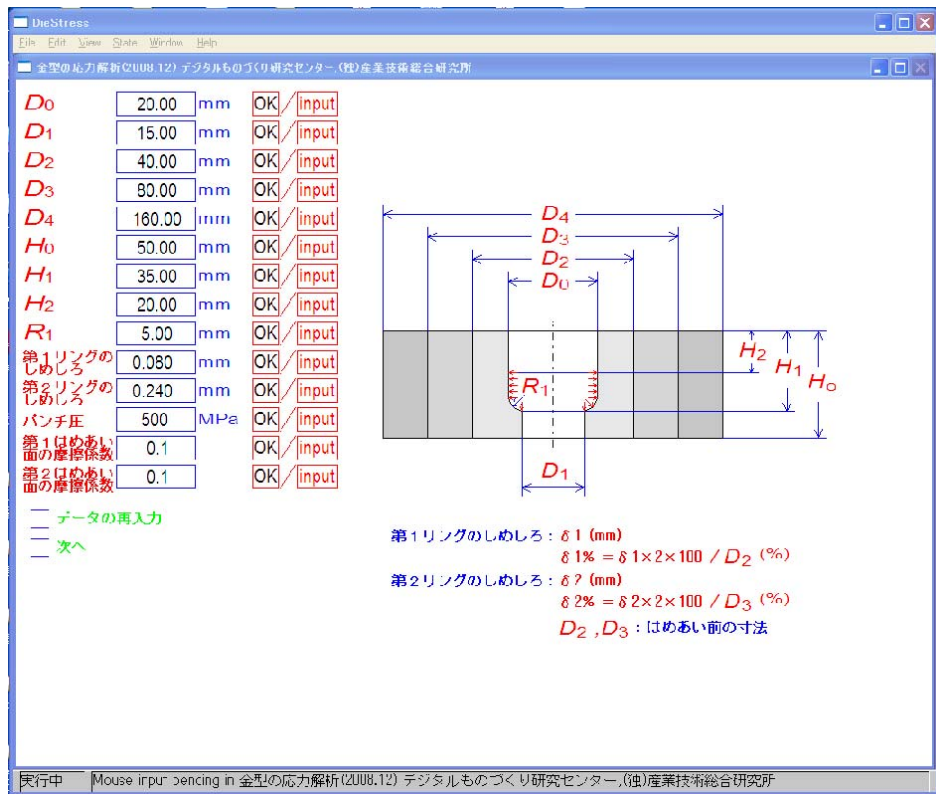


図 2.1.2-4 ダイの応力解析テンプレート 寸法入力画面

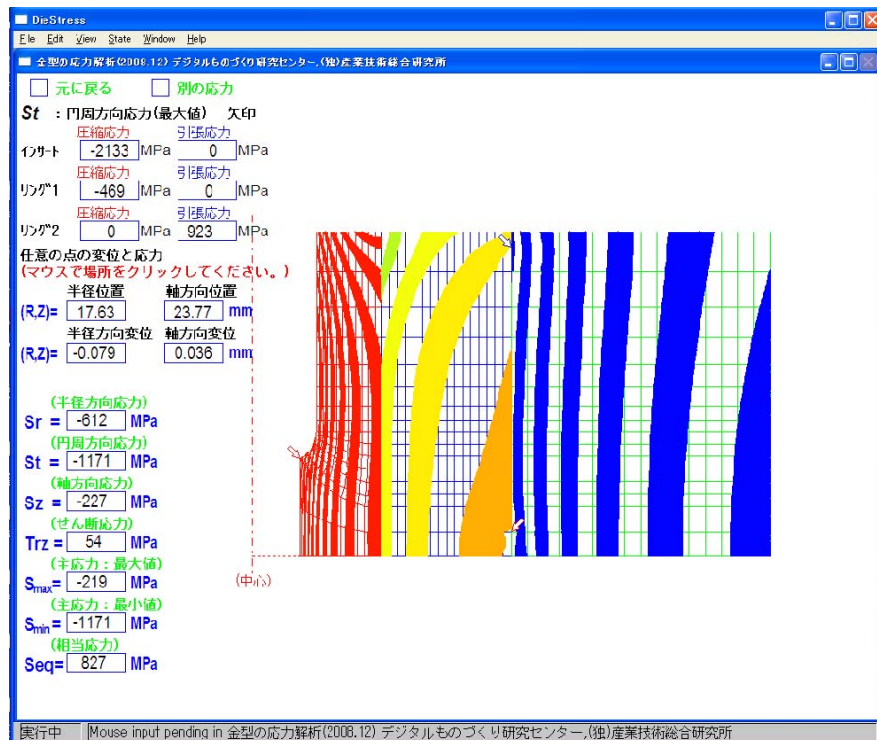


図 2.1.2-5 ダイの応力解析テンプレート 内部応力表示画面

### 2.1.2.3 企業における評価

鍛造 W・G の協力企業および、関連の鍛造専門企業数社において、実際の現場で本テンプレートを試用し、評価して頂いた。その結果、寄せられたコメントなどを以下に示す。

- －社内ですべて使っている（複数回答）。
- －セミナーなどの教材になる（複数回答）。
- －入門者の参考になる。
- －熟練者にも、初心者にも役立つ。
- －電卓のように簡単で使いやすい。
- －容易には鍛造中の温度計算はできなかったもので、参考になる。
- －客と一緒にになって工程を立ち上げられる。
- －型破損の原因追求に役立つ。
- －テンプレートの中身が明瞭ゆえ信頼できる。ブラックボックスは使い難い。
- －社内では各人各様に設計していた。内容が見えるので、改めて社内技術を見直すことになった。
- －非定常変形も扱えるとよい。
- －変形抵抗に及ぼすひずみ速度の影響を考慮してないので、対応してもらいたい。

企業から寄せられたコメントを分析すると、入門者に参考になる、セミナーの教材になるなど、教育用として使えるという評価、さらに、社内技術の見直しや統一など、知識の共有化に役立つこと、また、今までできなかった計算が可能となる、不明だった型破損の原因が把握できるなど、応用的な使用例も見受けられる。このような評価から、本テンプレートが技能伝承の第一歩として有用であり、また技術・技能の発展にも役立つツールであると考えている。

## 2.1.3 めっきテンプレートの開発

### 2.1.3.1 背景

我が国におけるめっきの歴史は古く、約1,400年前に中国から仏像や仏具に焼着めっきが行われていたことが始まりで、現在もっとも広く加工が行われている電気めっきは、江戸時代後期オランダから伝えられ、薩摩藩主である島津斉彬が金、銀めっきを最初に手掛けたといわれている。現在においても、めっき分野は家庭用品から電子部品、磁性デバイス、精密機械部品、航空宇宙関連部品などに適用されており、わが国の製造業として欠かせない技術の一つとなっている。

めっき分野において熟練技能やノウハウを継承させるためのソフトウェア（加工テンプレート）を開発するためには、企業現場で実務をこなす方々の意見を聞きながら、企業で実際に利用されるものを作製することが重要である。開発を実施するに当たって、中小めっき受託加工企業を25社に対して、アンケート調査を実施した。「自社内において、次世代に継承すべき重要なめっき技能とは何であるか、重要なものを6つ以内で選択」という質問に対する結果を図2.1.3-1に示す。

この結果から、最も回答企業数が多い継承すべき技能内容は、「現場でトラブルなど何か問題が起こった時に素早く対応ができる」（18社）であった。その次に回答が多かったものは、「適切なめっき条

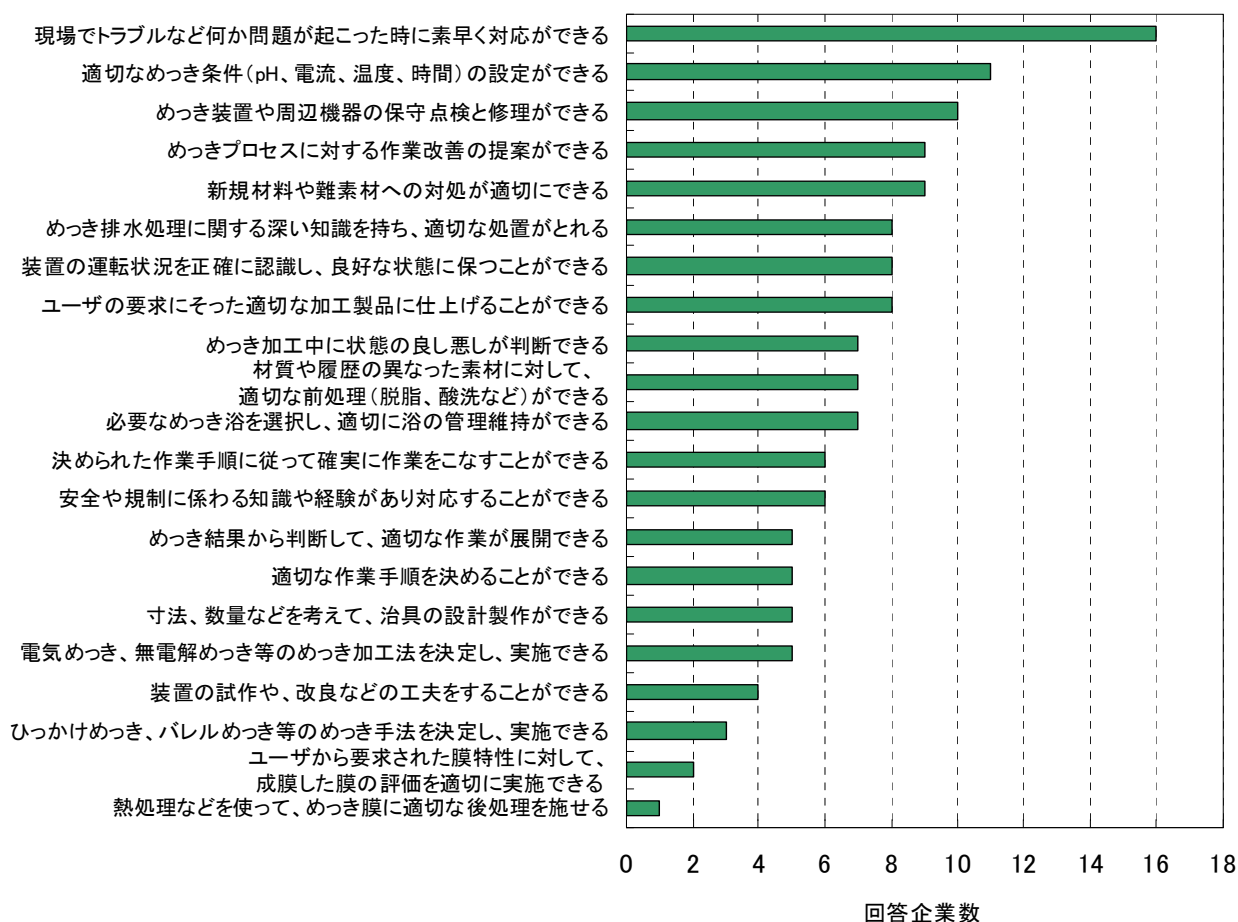


図 2.1.3-1 めっき中小受託加工企業へのアンケート調査結果

件 (pH、電流、温度、時間) の設定ができる」(11社)であり、次いで、「めっき装置や周辺機器の保

守点検と修理ができる」(10社)、「めっきプロセスに対する作業改善の提案ができる」(9社)、「新規材料や難素材への対処が適切にできる」(9社)、と続いた。

これから、1番目のトラブルへの迅速な対応や3番目の装置の保守修理、4番目の作業工程の改善など、トラブルに関わる内容への要望の高さを知ることができた。この結果を受けて、トラブル対策やめっき欠陥要因提示に役立つ「皮膜トラブル対策テンプレート」と、作業工程の設定や作業改善に利用できる「めっき作業工程フローテンプレート」の開発にいたった。

表 2.1.3-1 めっき加工テンプレートリスト

種類	概要	使用上の注意
1. 欠陥要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・時系列カウント付き特性要因図分析</li> <li>・時系列パレート図分析</li> <li>・相関系統図分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・あらかじめ各工程を自社用にカスタマイズする必要がある</li> </ul>
2. 欠陥対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・時系列フローで蓄積</li> <li>・対策事例のステップ間での重要度をAHP法により計算</li> </ul>	
3. 欠陥判別	<ul style="list-style-type: none"> <li>・画像カタログデータ化</li> <li>・経験的な欠陥発生傾向から推論</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・マイクロスコープを別途用意する必要がある</li> </ul>
4. 作業工程	<ul style="list-style-type: none"> <li>・時系列フローで蓄積</li> </ul>	
5. 光学特性 6. 機械特性 7. 磁気特性 8. 電気特性 9. 腐食特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電気めっき、無電解めっきの加工事例データシートを活用</li> <li>・4つの範囲指定方法からデータ領域を決定</li> <li>・領域間を透過型重ね合わせにより領域を決定</li> <li>・めっき推奨条件を提示</li> <li>・実験計画法を2水準、3水準で計算可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・溶融めっきは対応していない</li> <li>・単層のみで、多層めっき膜は対応していない</li> </ul>
10. 作業軌跡習熟	<ul style="list-style-type: none"> <li>・力覚の提示による熟練者のひっかけめっき治具の作業軌跡を蓄積および提示（カゴ、筆めっき、アーク溶射も対応可）</li> <li>・4つのモードによる習熟ステップ</li> <li>・熟練者と非熟練者との違いを数値化により比較可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・力覚提示デバイスを別途用意する必要がある</li> </ul>

### 2.1.3.2 めっき欠陥判別・要因・対策テンプレートの開発

#### ① めっき欠陥要因テンプレート

めっき企業では、トラブル発生時において、その原因と対策を練り、改善を日常的におこなっている。こうしたトラブルへの対応は、基本的に自社内で解決しなくてはならず、めっき熟練者がこれまでの業務で得た経験や知識を駆使して対応している。ここで、優れためっき技能者は、様々なめっ

き関連項目から、影響度が高い項目をすぐに思い浮かべることができる。これは、属人的なもので、他人が共有できるものではなく、また、あえて問いたださなければ語ってもらえないケースも多い。こうしたどの部分が発生した欠陥に対して重要な影響因子であるのかは、対象とする製品やめっき材料、めっき条件などによって異なり、各企業で異なる。これがめっき企業にとって宝となっているものである。

ここで、下記に示すような仮説を立てた。図 2.1.3-2 に示したように、優れた技能を有する熟練者は、めっきトラブル発生したときに、自らの経験や知識を活用し、さまざまトラブル要因を順位づけて絞り込みまでを行うことができる。ところが、ITを活用して、このような優れた技能者と等価なことを行うためには、次に示す3つの工程が必要で、①めっきトラブルが行ったのは、いったいどのめっき欠陥（現象）に起因するといえるのか。②めっき工程すべてについて欠陥が発生する要因を列挙し、

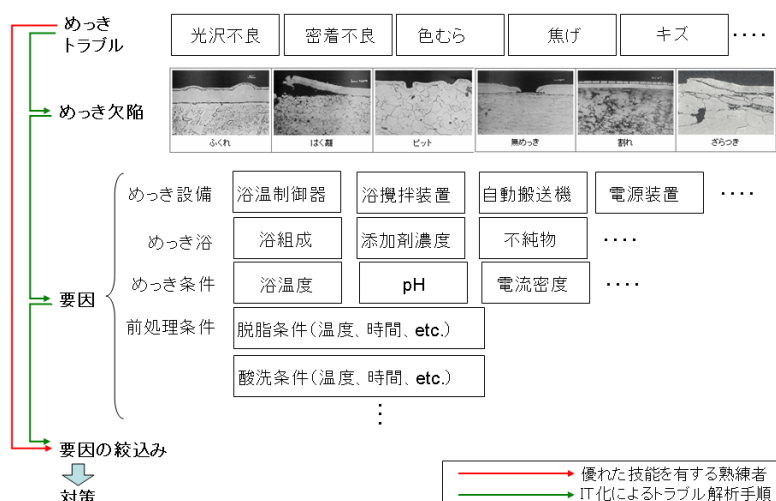


図 2.1.3-2 めっきトラブル発生・対策時の優れた技能を有する熟練者と IT 化によるトラブル解析手順

③経験などを踏まえて、どの要因がきいているのかを順位づけすることができるか、である。技術・技能の継承を自社内でおこなうためには、次のような解析手順をデータベース化して、確実に事例データを蓄積し、時間をかけて内容の精査と充実を行う仕組みを作らないといけないと考えた。

このような仮説に基づき、ここでは、特性要因図を用いて、発生した特性（めっき欠陥）に対して、予め用意した要因に対して欠陥発生数をカウントし、特性要因図に数値とともに表示する、めっき欠陥要因提示テンプレートを開発した。特性要因図を用いたのは、厚生労働省が管轄するめっき技能検定の特級試験では、特性要因図を穴埋めすることが出題されており、めっき分野にとって親しみやすい分析法であり、順位づけも紙の上だと困難であるが IT に置き換えると実現可能であるためである。これを用いることで、欠陥の発生頻度で、要因の順位付けを行うことと等価となり、技能者の頭の中にある欠陥マップが構築できる（図 2.1.3-3）。その結果、相関最優先項目（ポイント）や解決順序へ

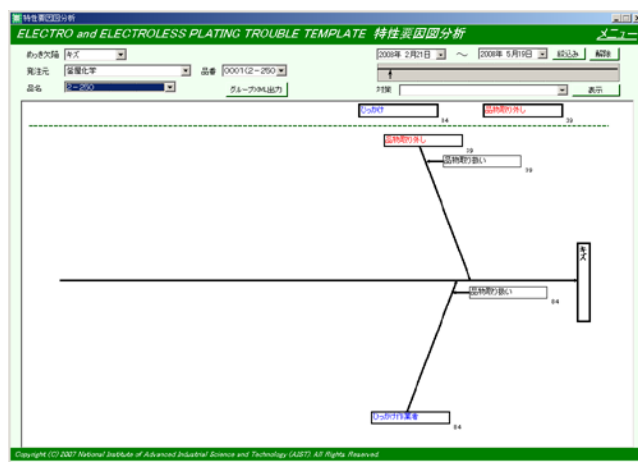


図 2.1.3-3 めっき欠陥要因テンプレート（特性要因図分析画面イメージ）

の足がかりが得られ、欠陥対策計画を立てやすくなるとともに、欠陥対策方針に対する社内コンセンサスが得られやすくなる。これは、めっき欠陥要因提示テンプレートを利用することで、前述しためっき技能者の有する優れた能力を、自社内で継承可能にできると考えている。

## ② めっき欠陥対策テンプレート

トラブル対策で培った経験やノウハウを蓄積・共有できるようにするため、トラブル対策やクレーム処理に関する事例としてデータベース化し、検索機能を活用して事例データを写真などと提示できる仕組みをめっき欠陥対策テンプレートとして作成した。また、この時のトラブル対策過程で複数の対策を行う過程を時系列的に蓄積できるようにしている(図 2.1.3-4 上図)。

さらに、欠陥低減を行うために、複数対策を実施した結果が、どれくらい欠陥低減に効果があったのかどうかを蓄積するために、階層分析法(AHP)の計算手法の一部を用いた一対比較機能を用意することで、対策を実施した技能者にしか蓄積できなかった対策間の重要度を数値化することができた(図 2.1.3-4 下図)。

これにより、トラブルの対策や工程修正に関する、自社ノウハウや、対応した熟練者の行った経験や考え方が、履歴ある技術知識情報として蓄積・共有化することができると考えている。

## ③ めっき欠陥判別テンプレート

めっき熟練作業者は、「めっき物に、どのような欠陥の種類が発生しているのかを正確に判別できる」。そしてさらに、「品物のどの部分を重点的に検査すべきか、めっき欠陥の発生を経験から予想することができる」、ことがヒアリングにより明らかになった。一般的に経験が浅い人では、目視では、めっきの欠陥種を判定しきれない。こうした目視で行っている欠陥判別能力をIT化するには、まず、計測手法の開発が必要となる。電子顕微鏡で測定するのは時間的コスト的に余裕がなく、断面を切るなどのサイズ調整も困難である。このため、目視と電子顕微鏡の中間を補完的し、欠陥の様子がわかる計測法が望まれる。めっき品を観察用の試料調整なし、低価格、簡単であれば、なお良い。

現状では、めっきの品物は写真を撮ろうとすると、焦点があわせにくく、表面光沢により品物に自分が映るなど、現象を画像にすることが困難である。また、「大きさ」や「形」は様々計測パラメータの設定が困難熟練しためっき作業者は、この欠陥判別を正確に行うことができれば、欠陥の原因究明



図 2.1.3-4 めっき欠陥対策テンプレート  
(対策事例提示および対策事例重要解析画面イメージ)

へのデータの信頼性が上がり、かつ、欠陥対策事例においても欠陥像を正しく理解し、後で活用しやすくなる。

そこで、マイクروسコープを用いて、計測パラメータ（感度、明るさ、スコープ角度、ズーム、フォーカス、予備照明、平行平板の7つの測定パラメータを様々に変化させて、「キズ」、「コゲ」、「シミ」、「ピット」など、めっき欠陥をその種類ごとに、デジタル画像として取得できる計測条件を探して決定した。これらの計測ノウハウとともに、欠陥の様子などをコメントを入力し、得られたデジタル画像化したデータを、比較検証することでめっき欠陥の判別を容易にすることが可能となった。取得しためっき欠陥画像は、開発しためっき欠陥判別テンプレートを使って、計測パラメータと欠陥の様子などを記録できる（図 2.1.3-5）。

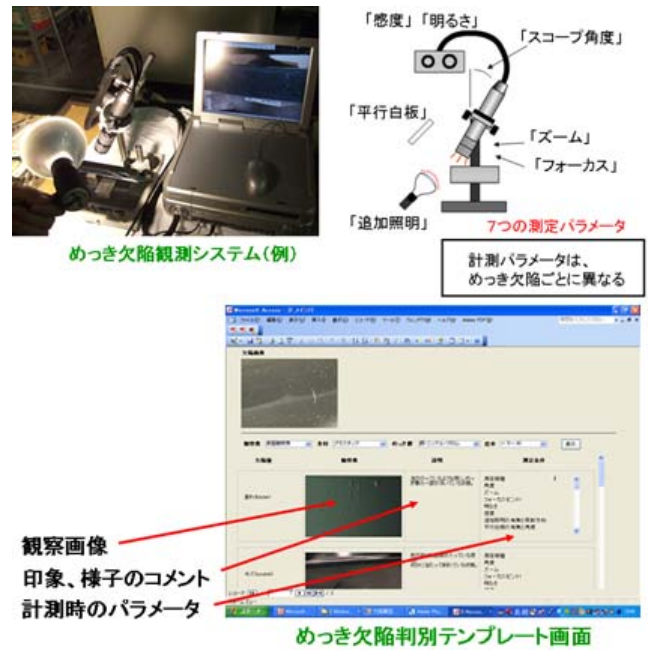


図 2.1.3-5 めっき欠陥判別テンプレート  
(欠陥像比較分析画面イメージ)

### 2.1.3.3 めっき推奨条件提示テンプレート（機械、光学、腐食、磁性、電気特性）の開発

めっき熟練者は、めっき条件パラメータと皮膜特性との因果関係を頭の中に知識として蓄積しており、必要に応じて適切に提示して、実行することができる。そこで、目標とする特性（性能）を得るためには、これらの条件パラメータを設定する必要がある。たとえば、ビッカース硬さ、光沢度、保磁力、電気抵抗率、などの皮膜特性と、浴温度、陰極電流密度、pH、浴組成、添加剤、などの条件パラメータである。こうした特性と条件パラメータの関係は、複数になるとイメージでは沸かなくなる。将来において、さらに要求特性が多様化していく中で、膨大な条件パラメータと特性の因果関係を知る必要がある。

めっき条件パラメータと皮膜特性の因果関係を調べるためには、担

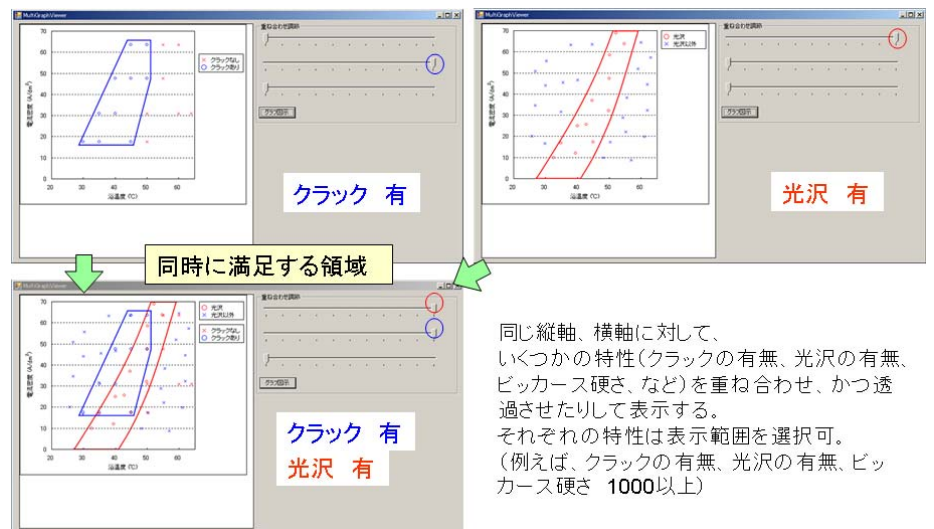


図 2.1.3-6 めっき推奨条件提示テンプレート  
(データ領域重ね合わせ分析画面イメージ)



当する人間が過去の経験や、事例データを利用して、特性と条件パラメータの傾向や物性を把握し、探索的に条件パラメータを変化させて特性との因果関係を把握し、要因と特性の因果関係を経験的に導くことが重要である。このような、めっき推奨条件を提示する技能を継承するためには、複数特性と条件パラメータとの相関を蓄積し、同時に性能を満足する条件設定が可能となることが有効であると考えて、めっき推奨条件提示テンプレートの開発を行った。

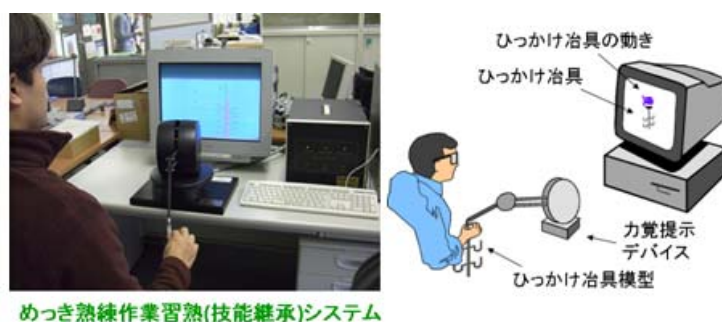
図 2.1.3-6 には、クラックの有無と光沢の有無に関して浴温度と電流密度の関係をデータ化した画面イメージである。これらは、あらかじめ用意したデータシートで、必要な皮膜特性（機械、光学、腐食、磁性、電気特性）を選択して入力を行ったものである。そこで、それぞれのデータ事例に対して同じ軸パラメータに対してグラフデータを表示させ、さらに、これらのデータ事例を透過、重ね合わせることで、複数の皮膜特性を満足するデータ領域が決定でき、必要に応じてめっき条件を推奨条件として表示できる。こうした機能を活用して、データ参照探索型のめっき条件と皮膜特性との関係を蓄積、活用できる。

#### 2.1.3.4 めっき作業軌跡習熟テンプレートの開発

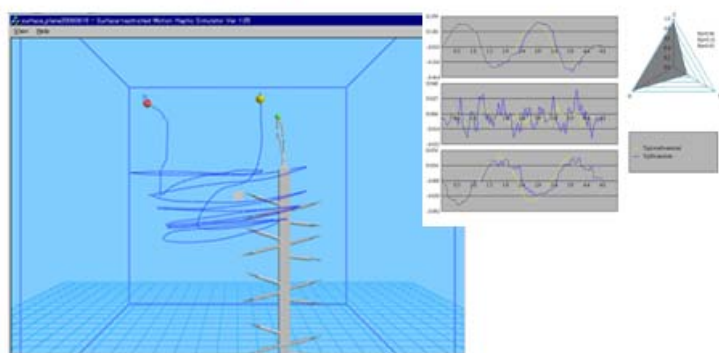
めっきでは、筆めっきやカゴめっき、ひっかけめっきなど、作業者が腕の動作を駆使して、品質の良いめっき品の作製を日常的に行っている。このような作業軌跡を蓄積し、素人でも容易に習熟できるソフトウェアを構築することが有効であると判断し、めっき作業軌跡習熟テンプレートの開発を行った（図 2.1.3-7）。

プルダウンメニューから筆めっき、カゴめっき、ひっかけめっきの中から、一つツールを選択し、あらかじめ、力覚デバイスの入力先に同じめっき法のモデルツールをセットする。次いで、熟練者の作業軌跡を蓄積するために、4つのモードから「エキスパートモード」を選択することで、熟練者の動きを3次元空間位置、速度、時間で蓄積することができる。そして、「ティーチングモード」を選択する

ことで、力覚デバイスが自動的に軌跡をなぞり、強制的な力覚デバイスの制御動作により蓄積した熟練者の軌跡を再現することができる。さらに、「ラーニングモード」を選択することで、作業を進めてよい方向だけに進め、進んでいけないところには壁のように進めない、トンネル型の力覚モデルを組み込んであり、熟練者の作業軌跡を半強制的に習熟することができる。最後の「チャレンジモード」では、フリーの状態です熟練者の軌跡を真似てみることを行う。これらの4つのモードは、すべて3次



めっき熟練作業習熟(技能継承)システム



めっき作業軌跡習熟テンプレート

図 2.1.3-7 めっき作業軌跡習熟テンプレート

元位置、速度、時系列データとして蓄積し、必要ときにデータを読み出せて、必要に応じて立体視による画面の提示も可能である。熟練者の動作を時空間的に蓄積し、力覚・視覚モデルにより作業軌跡習熟テンプレートを開発した。作業軌跡を蓄積し、めっき浴の粘性を考慮した力覚モデルのパラメータを変化させ、熟練者の動きをできるだけ忠実に再現し、学ぶことができる。また、類似度などで熟練を指標化することで、熟練者との差を数値化できる。

### 2.1.3.5 利用企業評価と検証

「めっき加工テンプレート」は、10種類を各2社以上で内容を評価していただいた。その結果、おおむね好意的であり、技能項目の蓄積と見える化に成功し、技能の継承に有効であるという意見が得られた。しかしながら、本プロジェクトにおいて、自社で本当に技能継承がなされたか、あるいは、テンプレートの導入により成功したかどうか、を評価することはとても難しく、アンケート調査やヒアリングだけでは効果を示すには不十分と考えている。そのため、利用企業の実際の現場業務に入り込み、「めっき加工テンプレート」を導入、実証評価、機能改善を行うが重要で、ここで内容を詰めていくことである程度のめっきへの共通フォーマット形成ができ、他のめっき企業への展開も容易になると考えた。そのような中で、3つの「めっき加工テンプレート」を組み合わせた「めっき欠陥判別・要因・対策テンプレート」では、企業からの要望が最も多いトラブルに関する技能継承を実施することであり、時短やコスト計算など効果を数値に落とすことが比較的容易であると考えた。ここでは、一年半にわたって、めっき企業が利用検証して得られた成果について述べる。

大田区にある中央鍍金工業協同組合(13社)に利用協力を要請したところ、プラスチック素材へのめっきを対応している中小受託加工5社が手を上げていただいたので、ここで、1週間から2週間に一度の割合で話し合いを持ちながら、「めっき欠陥判別・要因・対策テンプレート」を導入、実証評価、機能改善に、合計で1年間半をかけた。

その結果、鍍金組合の1社では、電気めっきの搭載本数を3本から4本、ブスバー一本の生産数を18枚から24枚と、本数と流す個数を増やすことで、「キズ」などの不良が増えたことに対して、めっき加工テンプレートを活用することで、不良率を20%から1%までの1桁削減に成功することができた。同時に、ラインの欠陥発生具合、ある要因に起因する欠陥の発生割合を認識でき、かつ、めっき欠陥対策を実施した過程を蓄積することで、必要時に必要な人間が閲覧できることに対して、有効であることがわかった。

また、別の企業では、「駐車場車止め」用亜鉛めっきラインの新規構築を行うことが必要になり、100個入れて良品が0個であったのが、素材の酸化膜除去や乾燥工程の調整など、最終的には歩留まり99%か100%までとほとんど欠陥を発生しないように調整が出来、十分な仕上がりを得た。企業にとっては、めっき加工テンプレートを使用することで、新規立ち上げラインの技術的ノウハウが確立できたと手ごたえを得たことが大きく、現在では、他の生産ラインに水平展開を行い、ノウハウの構築と維持、技能向上に役立っている。

こうした技術開発と業務改善の試みが、「品質向上」や「コスト低減」、そして「工程の標準化」に大きな役割を果たすとともに、熟練者の培ってきた技能や技術、ノウハウの自社内での継承に目処を付けることができたことに対して、中央鍍金工業協同組合全体から表彰を受けることになり、めっき

加工テンプレートの有用性を実証できたと考えている。

さらに、めっきで行ってきたことを他加工への展開として、全国に9工場を展開する熱処理に関わる企業に導入を図った。熱処理の品質向上にも努力した結果、クレーム発生件数も大幅に低減したが、近年顧客の要望で、部品性能が満足するだけでなく、仕上がり外観の要求が厳しくなり、外観クレームが各工場の問題点となっており、また、各事業所ごとの独自性が強く、外観クレームへの対応もバラバラで、外観クレームの撲滅には、知見やデータ、ノウハウの共有が必要と感じておられた。

そこで、まず、事業所すべてにおいて、特性要因図を9工場に作成させ、工程毎のクレーム要因の共有化を図った。同時に、不良解析実験を行うことで、イソナイト処理後の冷却時及び洗浄時の条件が外観の仕上がりに影響がある事が明らかとなってきた。特に、熱処理も専門技術者が少なくなり、十分な教育時間も取れなくなっているため、「めっき加工テンプレートを展開した熱処理加工テンプレート」は、品質向上、技術の見える化に非常に寄与するものと期待は大きいと考えられている。

## 2.1.4 熱処理テンプレートの開発

### 2.1.4.1 熱処理テンプレートの背景

熱処理加工は自動車、産業機械、建設機械、電子機器などの多くの金属部品の製造工程に含まれる加工法であり国内の基幹産業の一つを成している。今日、熱処理に分類される材料の加工プロセスは少なくとも 30 以上あり、それぞれ工程の内容が大きく異なっている。このため本プロジェクトで取り扱う材料加工に関する情報、継承すべき技術・技能は加工プロセス別に考慮すべきであり、熱処理テンプレートは加工プロセスにより分別して構築を進めた。また継承すべき技術・技能に関する企業アンケートの結果から工程設計、欠陥対策に関連した項目への回答が多かったことから、これらをテンプレート化することで社会ニーズに即したツールを開発することを目指した。そこで熱処理プロセスの中で工業生産高が高く、最も重要なガス浸炭、ガス窒化・軟窒化、高周波焼入れ、焼入れ焼戻し処理について、熟練技能を数値化するテンプレートの開発を行った。

### 2.1.4.2 熱処理テンプレートの開発内容

#### 2.1.4.2.1 対象加工技能の特定と技能数値化の手順

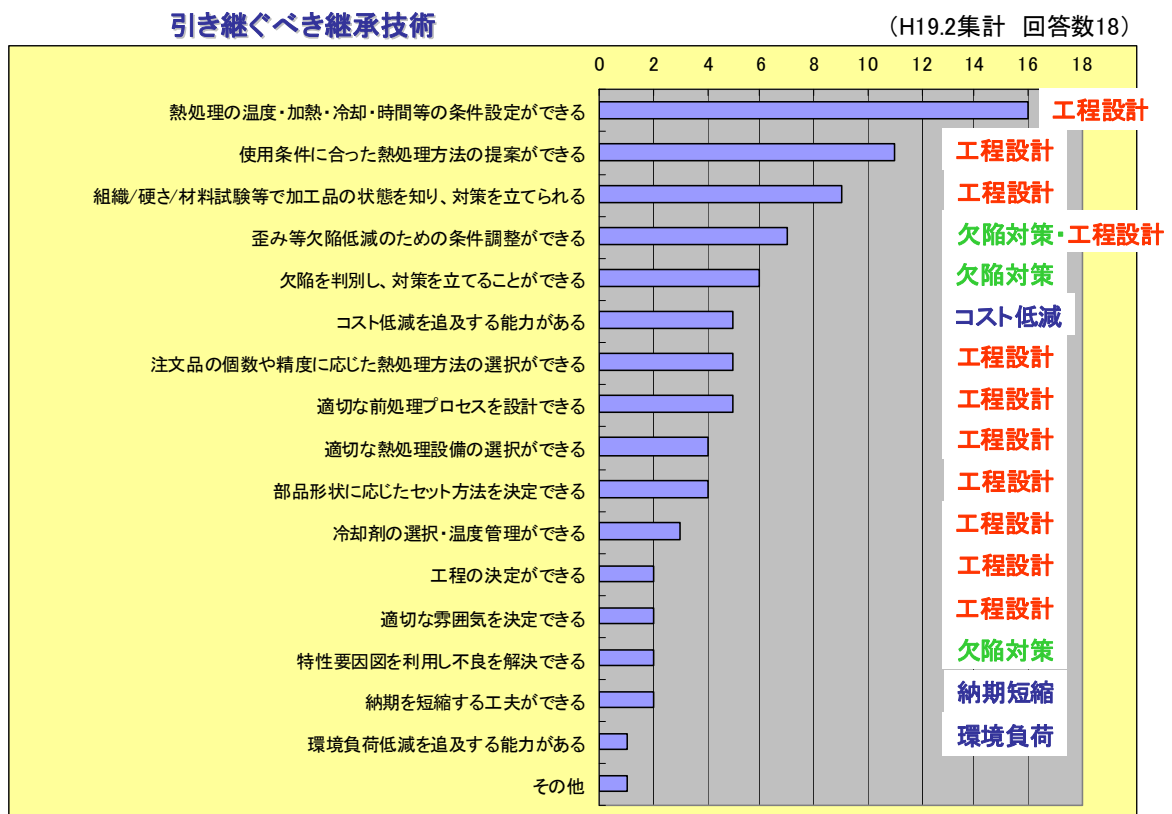


図 2.1.4-1 引き継ぐべき継承技術に関する企業調査結果

図 2.1.4-1 に企業アンケートの結果を示す。この結果から継承すべき技術として最も多かったのは処理温度、時間など条件設計に関するものであり、上位 4 件はこれを含めた工程設計に関するもので

表 2.1.4-1 熱処理テンプレートの種類

テンプレート	概要	備考
1.ガス浸炭時間条件設計 平板タイプ： 丸棒タイプ：	平板タイプ処理品の表面から垂直方向の硬さ分布、有効浸炭硬化層深さ（ECD）、全浸炭硬化層深さ(TCD)などを予測する 丸棒タイプ処理品の表面から径方向の硬さ分布、有効浸炭硬化層深さ（ECD）、全浸炭硬化層深さ(TCD)などを予測する	工程設に関わる設計判断
2.ガス浸炭焼入変形予測：	丸棒タイプ処理品の焼入条件による曲り値を予測する	処理品の欠陥発生への対策と工程設計に関わる設計判断
3.高周波焼入変形予測：	S45C 丸棒タイプ処理品の高周波処理による曲り値を予測する	
4.残留オーステナイト量予測：	焼入れ時の残留オーステナイト量を予測する	
5.ガス浸炭残留オーステナイト量予測：	ガス浸炭焼入れ時の残留オーステナイト量を予測する	工程設計に関わる設計判断
6.ガス浸炭温度・雰囲気条件設計 赤外線分析炭酸ガス法：	浸炭温度、ガス雰囲気とカーボンポテンシャル(CP)の関係をCO <sub>2</sub> 分析法（赤外線分析法）の場合について予測する	
7.酸素分圧測定法：	浸炭温度、ガス雰囲気とカーボンポテンシャル(CP)の関係をO <sub>2</sub> 分析（酸素センサー法）の場合について予測する	
8.ガス窒化時間条件設計：	ガス窒化処理における表面から垂直方向のε/γ' 2相成長様式の化合物層厚さを予測する	処理品の欠陥発生への対策
9.欠陥対策 ガス浸炭欠陥対策：	ガス浸炭欠陥の原因と対策を提示する	
窒化・軟窒化欠陥対策： 高周波焼入れ欠陥対策：	窒化・軟窒化処理欠陥の原因と対策を提示する 高周波焼入れ欠陥の原因と対策を提示する	
10.ガス浸炭技術管理データベース：	加工仕様書、品質報告書等を作成、保管する	加工全般の生産管理

あった。またその次に回答が多かったものは欠陥対策に関するものであり、工程設計、欠陥対策に関する技術・技能の継承・共有化への要求の高さとして認識される。熟練者の技能は、主にケースバイケースの判断力、またはこれに基づいた手わざであり、この結果を踏まえ、この中から具体的な技能を10個特定、抽出した。これらに対応するテンプレートを表 2.1.4-1 に列挙する。

工程設計の判断力に関わるものの数値化の手順については判断材料となる項目を数値指標（目安）とし、これを加工実績項目をもとに理論計算、またはシミュレーションにより演算する。演算値と実績値はデータベース化して蓄積する。熟練者は目安をもとに勘どころでケースバイケースの判断を行うことから、場合分けを行って目安を補正し正確な判断数値を計算する。補正はデータベース内で場合分けしたケースについて演算値と実績値が合致するよう補正係数を決定して行う。加工実績項目や数値指標、補正はテンプレート化したインターフェース上で行い、熟練者の予測値を再現する、という手順により行った。一例として、試作品のガス窒化時間条件を正確に設計、判断できるという熟練技能に対し、表面に形成する化合物層厚さを数値指標とし、企業内にある温度、ガス成分などの実績値からこの理論計算値を得る。理論計算値と実績値の間にほぼ必ず介在する差を材質、前加工、前組織別に場合分けして補正を行い、補正化合物層厚さ値を用いることにより正確な設計、判断を可能にする。入力項目などをひな型化した PC インターフェースをテンプレートと呼ぶ。

#### 2.1.4.2.2 テンプレートの仕組み

Microsoft ACCESS2003 をプラットフォームとして作成したテンプレートの例としてガス窒化時間条件設計テンプレート画面を図 2.1.4-2 に示す。この画面で事例データ入力、補正係数決定、及び時間

条件設計を行う。

### 2.1.4.2.2.1 事例データ入力

1)①の「登録番号」、「作成年月日」を記入する。2)②の処理品情報を記入する。「品名」、「材質」、「形状・寸法」、「化合物層厚さ」、「表面硬さ」、「前加工」、「前組織」を記入する。3)③のガス窒化処理を行った条件を入力する。「窒化時間」、「窒化温度」、「合金中窒素濃度」、「NH3 ガス流入量」、「NH3 ガス排出量」、「H2 ガス排出量」、「N2 ガス排出量」を記入する。「合金中窒素濃度」はミルシート等から処理品納入時に分かっているN濃度(wt%)を記入する。また、「初期化」ボタンを押すとリセットする。4)④の実績の化合物層厚さ値を記入する。5)⑤の「標準化合物層厚さ計算・データ入力」をクリックする。入力した条件により計算には数分要する場合がある。6)⑥に窒素濃度分布、⑦「標準化合物層厚さ、CL」、⑧に計算に関わる各パラメーターが表示され、データ入力される。7)⑨ CL データが図示される。縦軸が実績データ、横軸が計算による標準データ。入力したデータは⑩のデータベース最上段に表示されている。「明細」、「削除」ボタンでそれぞれデータ閲覧、削除ができる。

図 2.1.4-2 窒化時間条件設計テンプレート

#### 2.1.4.2.2 補正係数決定

1)補正によりさらに精密なCLを求める。⑩材質、前加工、焼入油温からデータを選択する。2)⑫の数字右側の上下ボタンで補正係数 $K_{CL}$ を変えて数字をクリックすると補正係数が確定し、蓄積データがシフトする。実測化合物層厚さデータと標準有効硬化層深さが適合するまで補正係数を調整する。また、⑩の左側のチェックボックスを外すとチェックのものだけ図示することができる。

#### 2.1.4.2.3 条件設計

1)データ入力の1)-3)まで同様である。但し、3は試用する窒化条件を入力する。④実測値入力を行わず、⑤の「標準化合物層厚さ計算・データ入力」をクリックする。2)「材質」、「前加工」、「前組織」を選択すると入力した事例データに基づいた補正係数 $K_{CL}$ が表示される。この数字をクリックすると⑬補正化合物層厚さ( $CL_{cal}$ )が表示される。3)所定の $CL_{cal}$ が得られるまで1)-2)を繰り返し時間条件を決定する。

#### 2.1.4.3 企業評価と技術移転

熱処理テンプレートを「熱処理加工技能継承ツール Ver. 1」というタイトルのCDROMにまとめ、平成20年5月より企業配布を開始した。その後、試用して頂いた結果から、ご指摘、ご意見に従いテンプレートを修正、改良、追加を行い、平成21年2月より「熱処理加工技能継承ツール Ver. 2」としてCDROMを配布し、評価をお願いした。これに際し、使用許諾契約書を熱処理、材料、鍛造企業を含む27社1大学1地独、(37名、H21.3.25現在)と締結した。CDROMと併せてアンケートを配布し、「熱処理加工技能継承ツール Ver. 2」に対して回答のあった4社(6名)の評価結果を表2.1.4-2~2.1.4-9にまとめる。各テンプレートは便宜上表2.1.4-2のような記号とした。表2.1.4-3の結果から回答を頂いた方は加工作業、経営者、管理職の方々であり、塩浴軟窒化を除く加工種に携わるベテランのご意見を頂いた。表2.1.4-4より試用場所は社内会議・打合せ、顧客相談、若手研修、個人使用、社内資料作成であり、企業の取り扱い業種、回答者の担当業務によりばらつきがある。表2.1.4-5より技能継承の他にも技術の向上への効果に多く回答を頂いた。表2.1.4-6より回答を頂いた全73件中、役立つ以上の評価は59件であり、いずれのテンプレートにも社内で使い方を発見して頂いているものと認識できる結果となった。表2.1.4-7に具体的なコメントをまとめるが、欠陥対策、工程設計、研修への効果、また業務効率向上、コスト低減について回答を頂いている。しかしながらさらに改良点の指摘もあり、より優れた機能追加が求められることが分かる結果となった。

また一方で熱処理テンプレートは記入項目を変更できないため、必ずしも企業の業務に完全に合わない場合がある。テンプレートのしくみのみを取り入れて自社に必要な項目を選択し、記入できるようにしたものを開発したいという企業1社に対し、NDAを結んでアドバイザーを行う形での技術移転を行っている。

表 2.1.4-2 テンプレートの種類と記号

記号	テンプレート
TP1	ガス浸炭：平板タイプ時間条件設計
TP2	丸棒タイプ時間条件設計
TP3	ガス浸炭焼入変形予測
TP4	高周波焼入変形予測
TP5	残留オーステナイト量予測
TP6	ガス浸炭残留オーステナイト量予測
TP7	温度・雰囲気条件設計炭酸ガス法
TP8	温度・雰囲気条件設計酸素センサー法
TP9	窒化時間条件設計
TP10	ガス浸炭欠陥対策
TP11	窒化・軟窒化欠陥対策
TP12	高周波処理欠陥対策
TP13	ガス浸炭技術管理データベース

表 2.1.4-3 Q.ご回答者の主たる業務、加工種、期間について教えてください。

業務		加工種		期間	
加工作業従事	1	ガス浸炭	6	1年未満	
加工作業指示	2	ガス浸炭窒化	6	1年以上～3年未満	
設計		ガス窒化	2	3年以上～7年未満	
営業		ガス軟窒化	5	7年以上～15年未満	1
経営者、管理職	3	塩浴処理		15年以上	5
技術指導		高周波処理	4		
コンサルティング		一般熱処理	6		
その他		真空熱処理	5		
		その他	1		

表 2.1.4-4 Q.どのような時に熱処理テンプレートを利用しますか？

社内会議・打合せ	3
顧客相談	2
研究会	
若手研修	4
グループ試用	
個人使用	3
社内資料作成	2
その他	

表 2.1.4-5 Q.熱処理テンプレートは技能継承のほかにどのような面に効果がありますか？

時短効果	3
コスト低減	4
品質向上	3
技術の習得	5
新ニーズへの対応、新分野への展開	1
その他	

表 2.1.4-6 Q.熱処理テンプレートは熟練者の技能の継承・共有に役立ちますか？

	大いに役立つ	役立つ	あまり役立たない	役立たない	まだわからない
TP1	3	1			1
TP2	4	2			1
TP3	2	3			1
TP4	2	2			1
TP5	4	1			1
TP6	3	1			
TP7	3	2			
TP8	3				2
TP9	2		1		3
TP10	4	1	1		
TP11	4	1	1		
TP12	4	1	1		
TP13	5	1			



表 2.1.4-7 コメント

Q.熱処理テンプレートは熟練者の技能の継承・共有に役立ちますか？	
A 社	組織見本がついている為、 $\gamma$ R 量を数字で表示した後、組織と対比できるので顧客への報告時や社員への教育時に理解してもらえる。又、実際に処理した後に、組織にて検証がある程度できる。
A 社	TP10・11・12にて徹底した管理を行い、継承していきたい。
B 社	浸炭条件設定に使用します
C 社	処理製品の安定化
C 社	新規処理条件等の選定
D 社	TP13の技術管理データベースにおいて、部品情報～図面の管理までできる良いものだと思います。
Q.熱処理テンプレートは技能継承の他にどのような面に効果がありますか。	
A 社	欠陥対策にて、問題が発生した場合に即座に過去の事例を検索し対策がとれた。又、社員教育の資料としても、実際に当社で発生した問題を欠陥種類別に説明でき、大いに役立っている。
A 社	技術の習得により、全ての面で効果が出ると思われる。
B 社	社内 OJT にて使用します
C 社	現在処理条件等の見直し
D 社	当社では生産管理システムにおいて、仕様書、作業指示書等の発行をし、図面管理はファイルで品質管理部が管理しているが、このテンプレートを使いこなせば、コスト低減に効果があると思います。
Q.熱処理テンプレートによる業務効率向上・コスト削減効果がどのくらい期待できるか教えてください。	
A 社	異常の発生や再発防止によるコスト低減（?円）。信用による売り上げへの影響大
A 社	試作処理時の成功率 UP により量産移行が早くなる。新規受注成功率 UP。
C 社	試作の短縮によるコスト費の削減
D 社	市販ソフトであれば 165~1800 万円するが、それを購入しなくてすむ。
D 社	当社で販売している浸炭シミュレーションソフトは約 15 万円
Q.熱処理テンプレートの改善点、その他ご意見、ご感想がございましたらお書きください。	
A 社	つかい方により大きなメリットがあると思われます。特に欠陥対策については当社にとって重要なものとなりそうな気がしています。
A 社	まだテンプレートを使用して日が浅いが大変役に立つと思いました。
C 社	窒化テンプレートにおいて低炭素鋼(SPCC等)やSCM材などの調質済の処理品も多いのであると思います。
C 社	炉、部品によって熱処理条件が変わってくるのでデーターを打ち込んで計算できると更に良いと思います。
D 社	TP13において加工品仕様書に1ロット当りの時間、個数が入力できる様になっており、さらに重量、熱処理の値段等が入力できると、営業の業務である見積りにも利用できると思います。

## 2.1.5 切削テンプレートの開発

### 2.1.5.1 切削加工における背景

今日、切削加工はNC制御加工機を用いて行われることが主流となっている。また、切削条件の選定、ツールパスの作成などはCAD・CAM技術などを活用して比較的容易に行うことができるようになってきている。さらに、切削加工の場合には、一部の特殊な加工を除けば加工条件の選定の自由度は概して大きい。したがって、以上に挙げたような加工機の制御・操作・条件選定は、技能やノウハウに比較的依存しにくい作業となっている。つまり、アジア諸国をはじめとする海外企業においても、既存の装置やソフトウェアを活用することによって十分に高品質な製品の生産が可能となっている。このような背景を受けて、国内の切削加工中小企業には低コスト化、短納期化や、いわゆる難削材や難加工形状の加工など、高い付加価値を有する加工を行うことが求められている。これらの実現に寄与しているのが、中小企業における熟練技能者の存在である。

テンプレート開発に先立ち、切削加工における「技能」が具体的にどのようなものであるか明らかにするために、複数の中小企業においてヒアリング調査を実施した。その結果、段取り設計や工程順序の策定、不具合対策などを行う上では、現在も熟練技能者と非熟練者とで作業の質に差異が生じやすい様子が伺われた。この場合、技能者が優位性を示す一因に、技能者は加工プロセス全体の流れを想定しながら注意点を予測して、適切な対処を実践していることが挙げられる。

そこで著者らは、技能者の注意点発見能力に着目し、切削テンプレート開発に際し注目すべき技能と位置づけた。それを踏まえて、技能者がある一連の加工プロセスに取り組む際に、どのようにして注意点を見出し、それに対してどのような工夫を実践していたかという点をケーススタディ的に蓄積することを通して思考過程を視覚化することを、切削テンプレートの必要仕様として定めた。

本事業では、切削加工のうち技能やノウハウに依存する部分が多い段取り作業や特殊形状部材の加工、今後国内中小企業において需要が高まると考えられる難削材の加工など、10種類の具体的な作業を例として取り上げ、技能者が行う作業の手順とその過程での工夫・実践(勘どころ)について蓄積・可視化を図ったテンプレートを作成した。作成した10種類の切削テンプレートを一覧として表2.1.5-1に示す。

### 2.1.5.2 切削テンプレートの概要

#### ①切削テンプレートの全体構成

切削テンプレートは図2.1.5-1に模式的に示すように2つの階層から構成されており、ある特定の加工プロセスに対して技能者が見出した加工上の注意点とその対処方法を可視化して表現できるようになっている。このような構造を有するテンプレートを作成し利用するために、専用のソフトウェア(以下では単にソフトウェアと称する)をMZ-Platformを用いて構築した。以下ではまず、切削テンプレートの全体的な構成を、ソフトウェアの画面を例示しながら述べる。

まず、第一の階層は、一連の作業手順をフローチャートによって視覚的に示すことを目的としてい

表 2.1.5-1 切削テンプレートリスト

種類	概要	備考
1. 基本加工要素の集約	・汎用旋盤, 汎用フライスを利用した基本的な加工方法について	主に初級者向き, 基本的な技能・加工知識の共有・平準化することを目的
2. 段取り手法	・装置, 加工物形状に応じた適切な段取り手順を蓄積	
3. 加工中の測定手法	・加工機上に段取りされた加工物の寸法測定作業の中でも, 特別な手順を要する測定の手順	
4. 薄肉部材の加工	・薄肉ブランク材を加工する場合や加工後の形状が薄肉となる場合の段取りや工程順序について	主に中級者向き, 高精度・難度の高い加工を行うための技能をケーススタディ的に蓄積することを目的
5. マシニングセンターを活用した加工	・マシニングセンターへの段取り設計・工程設計について	
6. 加工精度の向上	・止まり穴やポケット加工時の深さ精度向上についての注意点	
7. 位置決め精度向上とその手法	・加工物上での座標設定に関する考え方と注意点について	
8. 極微, 極限的加工	・仕上がり寸法が $\mu\text{m}$ となる部材の加工を成功させるための段取り・加工条件や注意点を蓄積	主に中上級者向き, ノウハウや経験に乏しく未知な点の多い, 極高難度の加工に関する加工現象の理解を狙い
9. 難削材の加工	・タンタル材の高精度加工を成功させるための工具選定について	
10. 最適加工条件の探求	・試行錯誤による加工条件チューニング時の判断プロセスを蓄積	

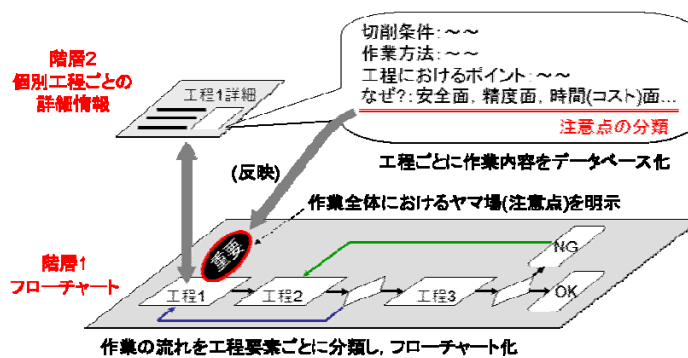


図 2.1.5-1 切削テンプレートにおける技能可視化手法の概念

る. さらにこのフローチャート上には, 後述する第二階層での記録内容に応じて自動的に作業全体の中で特に注意を払うべき部分に注意を喚起するマークが表示される仕組みとなっている. 図 2.1.5-2(a)に, ソフトウェア上での第一階層(フローチャート)画面の具体的な例を示す.

第二の階層には, フローチャート上の各工程要素について, 行うべき作業についての詳細を, 必要



(a) フローチャート  
(第一階層)

(b) 第二階層

(c) ポイント登録画面

図 2.1.5-2 切削テンプレート ソフトウェア画面

に応じて「概略」「作業内容」「ポイント」「治具・工具」「参考資料・不具合対策」の5つの欄に分類しながら記録することができる。ソフトウェア上では、この第二階層はフローチャート上のそれぞれの工程をダブルクリックすることによって表示される。図 2.1.5-2(b)は、ソフトウェア上での第二階層の画面の具体的な例である。第二階層の入力欄のうち、「作業内容」「ポイント」「治具・工具」の3項目については画面左側のボタンを押すことで入力・閲覧用の別画面が開く仕組みとなっている。

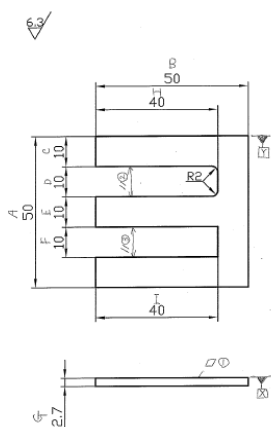
このうち「ポイント」欄(図 2.1.5-2(c))は、加工に際して技能者が注意・工夫した点を記録することを目的とする項目であり、以下に示すとおり本技能継承ツールに特有の機能が付与されている。まず一つ目の特徴として、本欄には技能者が実践した工夫を写真と文章を組み合わせることで、注意を払うべき理由を「危険」「精度」「品位」「コスト」「その他」の属性に分類できることが挙げられる。注意点を理由とともに記述することで、技能者が加工の注意点を見出す思考過程について閲覧者の理解を促すことを狙いとしている。それに加えて、この「ポイント」欄に何らかの情報が登録されると、第一階層(フローチャート)上の該当する工程の部分に、先述の属性に対応したアイコンが自動的に表示される。この機能は、技能者が特に留意した点を、加工プロセス一連の手順と関連づけて示すことによって、経験の浅い作業者に注意点についての示唆を与えることを目的としている。

以上に示した特徴を有する構造に切削加工作業に関する内容を詳述整理することにより、当該作業に関わるテンプレートが構築される。このような方法によって、作業手順が工程要素に分解され、技能者の見出した注意点という視点からそれぞれの相関性が明らかにできる。このようなテンプレートを閲覧することにより、ある一連の加工作業について、全体的な作業手順とその中で特に注意を要する作業を、経験の浅い作業者でも容易に理解できるようになるものと期待される。また、作業手順や加工条件を共有することで、作業の標準化にも寄与するものと考えられる。

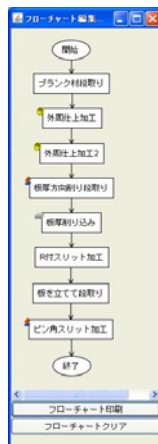
次に、2種類のテンプレートを例に取り上げ、切削テンプレートの具体的な内容を説明する。

## ②「薄肉部材の加工」テンプレート

図 2.1.5-3 に「薄肉部材の加工」テンプレートの一例を示す。本テンプレートは、板厚 3mm のアルミ合金を汎用フライス盤によって切削加工して同図(a)に示す形状を作製する作業を題材に取り上げて構築したものである。本作業では、薄板を板厚と鉛直な方向に加工(板厚を 3mm から 2.7mm に減少させる)する工程と、板厚と平行な方向に加工(角丸のスリットを作製する)する工程の双方が必要で



(a) テンプレート化対象  
とした品物



(b) フローチャート



(c) ポイント欄  
(技能者による注意点)の説明

図 2.1.5-3 「薄肉部材の加工」テンプレート

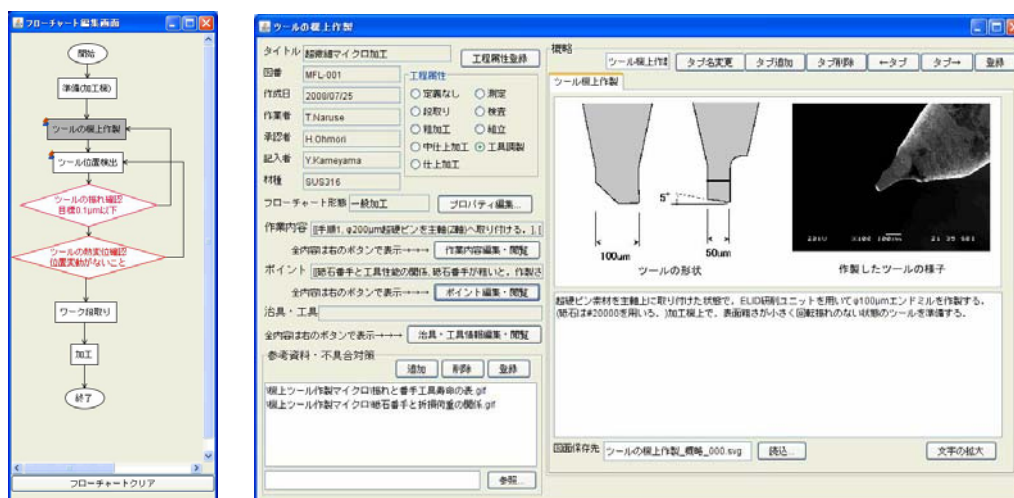
あり、これらの加工を行うためには、剛性に乏しい材料を適切な方法で保持することが重要である。すなわち、この作業では材料の保持方法が勘どころであり、技能者はその点に留意しながら全体的な作業工程を決定している。本テンプレートは中級者を対象として作成されており、以下に詳述するように、加工を行う上での技術的な課題を解決するために技能者が実践している工夫を抽出することに特に重点が置かれている。

技能者の行った作業手順を示すフローチャートを同図(b)に示す。同図中に示された工程のうち、『板厚方向削り段取り』『ピン角スリット加工』の左肩に付されたアイコンは、「精度」の属性を有する情報が、これらの工程の「ポイント」欄に登録されていることを示すものである。閲覧者はこのアイコンを見て、これらの工程が完成品の精度に大きな影響を及ぼすことを認識することができる。例えば、『板厚方向削り段取り』工程のポイント欄(同図(c))には、独自に設計した治具を用いて薄板を適切に固定するための工夫が記録されている。このように、本テンプレートの場合には、完成品の精度を確保する上で特に注意すべき工程と、そこで実践すべき工夫について視覚的に理解することができる。

本テンプレートに加えて「加工精度の向上」テンプレート、「位置決め精度向上とその手法」テンプレートおよび「マシニングセンターを活用した加工」テンプレートは、中級者を対象として作成されており、品物の要求精度が高い場合や品物の形状が特徴的な場合など、加工に際する難度が比較的高い事例を題材として取り上げている。それらの各加工において、技術的な課題を解決するために技能者が実践している工夫を抽出することに特に重点が置かれている。

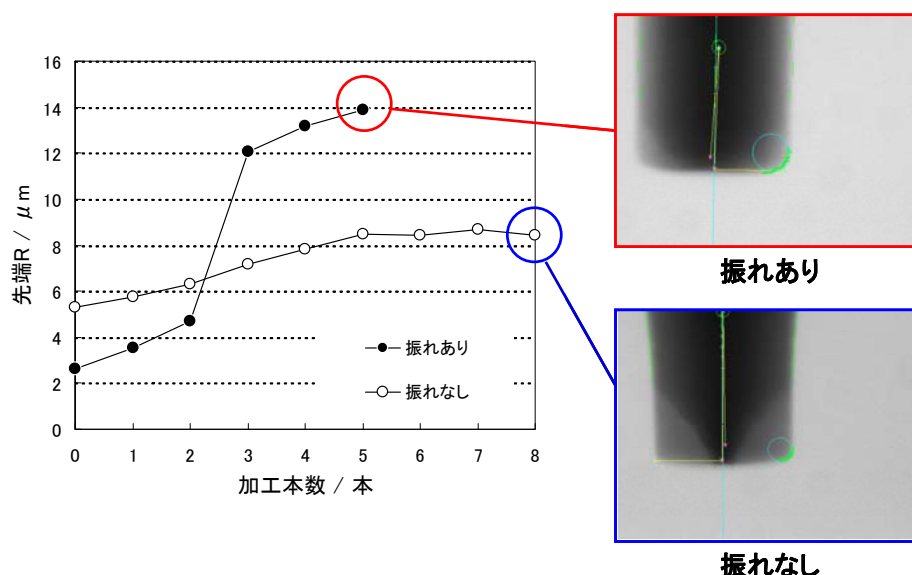
### ③ 「極微・極限的加工」テンプレート

図 2.1.5-4 に「極微・極限的加工」テンプレートの一例を示す。本テンプレートは、自作マイクロツールを用いた微細加工手法に関するノウハウに着目して作成されたものである。同図(a)は、本テンプレートの場合のフローチャートの実例であり、『ツールの機上作製』工程および『ツール位置検出』工程の左肩部に注意喚起のためのアイコンが表示されていることがわかる。つまり、これらの工程には本加工プロセスにおける注意点が含まれていることが読み取れる。本テンプレートで題材としたマ



(a) フローチャート

(b) 階層 2 (工程：ツールの機上作製)



(c) 工具摩耗の時系列変化についてのグラフ

(「ツールの機上作製」工程中 参考資料・不具合対策欄)

図 2.1.5-4 「極微・極限的加工」テンプレート

イクロツールの場合には、工具を取り付けた際のふれが工具寿命や工具摩耗と密接な関係があることが知られている。そこで『ツールの機上作製』工程の第二階層(同図(b))には、このような加工現象を理解できるよう、「参考資料・不具合対策」欄に工具摩耗の時系列的変化についてのグラフが記録されている(図 2.1.5-4(c))。このようなデータと目標とする加工長や完成品の精度とを比較することによって、ツール作製時のふれ精度などを設定する上での参考にすることができる。

### 2.1.5.3 企業における評価

作成したテンプレートについて有用性の評価を行った結果の代表的な例として、先に述べた「薄肉

部材の加工」テンプレートの検証について述べる。

表 2.1.5-2 「薄肉部材の加工」テンプレートにおける検証結果

	呼び寸法	技能者による加工	非熟練者(テンプレート閲覧)による加工
平面度(X面)		0.012mm	0.010mm
板厚	2.7mm	2.693~2.705mm	2.685~2.695mm

テンプレートの検証は、非熟練技能者にテンプレートを参照しながら加工を依頼することによって行った。非熟練者の作製した品物と技能者が作製した品物の仕上がり寸法を表 2.1.5-2 に比較して示す。なお同表中に記載の測定位置は、前出の図 2.1.5-3(a)による。本テンプレートで取り上げている品物の加工は非熟練者にとっては比較的難度の高い加工であるにも関わらず、技能者と非熟練者で品物の平面度はほぼ同等の仕上がりが見られていることがわかる。また、板厚の寸法は、非熟練者が加工した場合には呼び寸法よりもややマイナス気味の数値となっていることが読み取れるが、その寸法誤差は JISB0405-1991 に規格された加工寸法の標準許容差(当該板厚の場合、精級で $\pm 0.05\text{mm}$ )と比較すれば十分に小さい。したがって、非熟練者でも技能者と同様に、適切な加工が行えたものと判断できる。検証に参加した非熟練作業員からは、テンプレートに記載された治具の活用方法などの情報が、加工を行う上で有益だった旨のコメントが得られた。また、板厚がマイナス気味になったことに関しては、この点については、材料保持時のバイス締め付け力によって被削材に生じたたわみが原因であることを、加工・測定完了後に作業員自身が反省点として指摘していた。言い換えれば、テンプレートを用いて加工を試み、その成果を分析することによって、非熟練者が加工の勘どころに対する『気づき』を与えられた、と考えることができる。このことから、テンプレートはある作業の手順に対して、技能者の見出した注意点を非熟練者へ視覚的に示唆するのみならず、非熟練者自身の注意点発見能力を養う教育的作用も期待できることが想起される。

なお、他のテンプレートについての検証も含めて、企業から得られた意見のうち数例を、抜粋して列挙する。

- ・ 止まり穴を加工する際の基準面のとり方は非熟練者には難しいが、どのようにすればよいか明確に示されている(「加工精度の向上」テンプレート)
- ・ 仕上がり寸法、作業時間ともに非熟練者としては満足できる結果を得られた(「基本加工要素の集約」テンプレート)
- ・ 自分の知識だけではどのように手をつければよいか判らないような難しい加工でも、作業一連の流れがフローチャートから把握でき、イメージトレーニングができたため、成功させることができた(「薄肉加工」テンプレート)
- ・ どのような形状の工具を自作すればよいか明らかになり、これまで使っていた材質の工具以外でも形状さえ適切な条件を満たしていれば、加工に用いることができると、新たな発見を得られた(「難削材加工」テンプレート)
- ・ 新人研修などでも是非活用したい(「基本加工要素の集約」テンプレート)

- ・ 多くの作業者の知識・経験をストックし、データベース化することによって共有化できれば、問題解決プロセスが効率化・適切化されると思う(切削テンプレート全般に対して)

## 2.1.6 金属プレステンプレートの開発

### 2.1.6.1 背景

金属プレス金型製作技術は、日本の製造業の基盤を支える主要技術の一つとして発展してきたが、近年、アジア地区を中心とした低コストを売りとするプレス金型メーカーとの競争が激化してきている。現状ではまだ、技術面での優位性が大きいですが、技術の流出が加速していること、納期短縮、コスト低減などから現場での技術者育成が進まないことなどから、中小金型メーカーにおける国際競争力の維持が難しくなって来ている。このような状況下、今後のわが国のプレス金型産業を維持・発展させるための次世代を担う技術者育成が、喫緊の最重要課題の一つとなっている。

プレス金型製作では、加工方式そのものに加え、プレス生産方式、プレス機械、被加工材、金型の構造や材質など非常に広範囲の知識が求められるため、技術の習得には非常に長い時間と経験を要することが、技術の伝承を困難なものとしている。

そこで、現在の熟練技術者の技術を、若手技術者に効率的に伝承し、若手技術者が永続的に技術の向上、共有を図ることを支援するためのテンプレートの構築を行った。

プレス金型製作では、下図に示すとおり、対象とする製品要件に基づき、製品の加工方法を策定し、それを実現可能な金型の設計を行い、その製作・検証を行い、適切な製品が安定して出来るよう条件等の調整を計ることが必要であり、そこには多くの熟練技術分野が存在する。本件では、その中で特に技術集約が大きく全体の要となっている工程設計技術に焦点をあて、一部生産試作段階での不具合対策からのフィードバックへの対応を含めた、加工テンプレートを構築した。

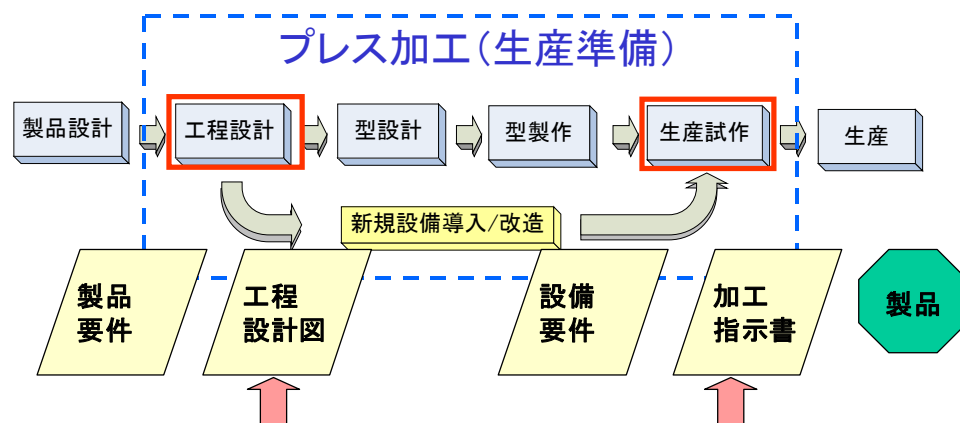


図 2.1.6-1 プレス金型製作における技術領域

また、一般にプレス加工といっても、その範囲は大変広く、領域によっては技術が異なってくる為、本件で対象とするプレス製品、加工法の範囲については、対象となる企業、適用可能な部品種別を出来るだけ広くカバーできる様、下記のように策定した。

まず、対象とするプレス製品の範囲を、自動車関連の部品とし、その中で、中小金型メーカーでの



取り扱いが少ない、ボディー・アウター／インナー・パネルなどの大物部品を除外した領域とした。

次に、プレス加工の範囲については、特殊加工を除く、切断加工、成形加工を対象とすることとした。また、順送金型固有の領域についても対象外とした。

本件で、構築した、10分野についてのテンプレートを表 2.1.6-1 に示す。

表 2.1.6-1 金属プレステンプレートリスト

種類	概要	備考
1. プレス加工工程概要の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>生産量、設備状況を考慮しプレス生産方式を設定</li> <li>形状特徴に基づくプレス加工法を抽出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自社設備の稼働状況が必要</li> <li>部品タイプ別に汎用的に利用可能</li> </ul>
2. ブランクサイズの展開	<ul style="list-style-type: none"> <li>形状を考慮して、プランサイズを展開</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CAD を利用する場合には、学習をして使用</li> </ul>
3. 成形加工工程数の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>形状に基づき、成形加工工程数を算定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>部品タイプ別に汎用的に利用可能</li> </ul>
4. 成形加工工程の詳細形状設定（一般部品）	<ul style="list-style-type: none"> <li>事例解説方式で、加工特性を考慮した各加工内容の詳細形状を設定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象部品に合わせ、各社基準に基づく追記、読替が必要</li> </ul>
5. 切断加工工程数の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>形状に基づき、成形加工工程数を算定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>部品タイプ別に汎用的に利用可能</li> </ul>
6. 切断加工工程の詳細形状設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>事例解説方式で、加工特性を考慮した各加工内容の詳細形状を設定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象部品に合わせ、各社基準に基づく追記、読替が必要</li> </ul>
7. プレス型構造の成立性及びプレス設備仕様との整合性確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>各工程別金型の強度・構造に関する確認及び、予定されているプレス設備の能力、各種寸法条件、処理方式、搬送方式に関する確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象部品に合わせ、各社基準に基づく追記、読替が必要</li> </ul>
8. プレス生産性良否の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>各工程における製品の位置決め、フィンガー掴み位置に関する確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象部品に合わせ、各社基準に基づく追記、読替が必要</li> </ul>
9. 成形加工工程の詳細形状設定（ハイテン部品）	<ul style="list-style-type: none"> <li>長形一般部品を拡張して、成形加工におけるスプリングバックへの対応策を拡張</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象部品に合わせ、各社基準に基づく追記、読替が必要</li> </ul>
10. 品質及び生産性不具合対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>円筒部品において発生する主要な不具合に対する対策を支援する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>他の形状タイプについてはこれを参考に構築する</li> </ul>

尚、本テンプレートは、それを利用することによる作業効率化が目的ではなく、最終的に、板材から、製品形状に至る加工可能な中間形状を頭の中で描くことができる技術者を育成することを目的としている。従って、広範に渡る技術領域、考え方、判断基準・根拠を頭の中に展開・習得できるように焦点を当てたものとなっている。

## 2.1.6.2 金属プレステンプレートの概要

### (1) 技術抽出の手法

プレス工程設計技術の伝承のためには、非常に広範囲にわたる設計要因を理解し、設計の手順、着眼点、判断基準、について習熟する必要がある。

このため、熟練技術者の設計技術を分析するに当たり、図 2.1.6-2 に示す「メタフローモデル」に基づき、設計の手順の抽出、決定事項の形式化を行う際に、その根拠となる情報（設計基準、判断理由を示す技術資料（不具合事例などを含む）、代替案、ノウハウなどを収集し、テンプレート化を図った。

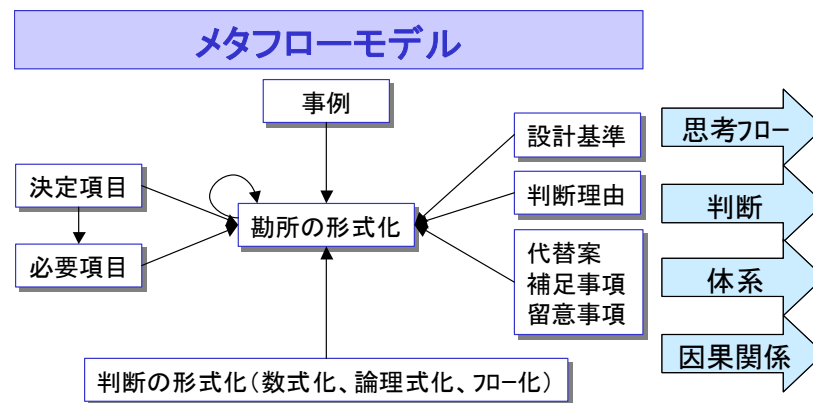


図 2.1.6-2 プレス工程設計技術の抽出手法

次に、構築した金属プレステンプレートに共通な機能概要を図 2.1.6-3 に示す。



表 2.1.6-2 金属プレステンプレートの適合領域

		標準書・基準書/マニュアル/ノウハウの共通性														
		部品A					部品B		部品C			部品D			部品E	
		部品A-1 (基本部品)	部品A-2	部品A-3	部品A-4	部品A-5	部品B-1	部品B-2	部品C-1	部品C-2	部品C-3	部品D-1	部品D-2	部品D-3	部品E-1	部品E-2
	製品サイズ	小	小	小	中	小	小	小	小	中	大	小	中	大	小	中
	製品形状	FL付円筒	円筒	FL付円筒+ 底面凸凹	円筒+底面凸 凹	円筒+外 周歯形	曲面+ フラツ	凸凹角曲面 +フラツ	角筒	角筒	角筒	長形	長形	長形	複雑形状	複雑形状
	素材材厚	1.4≦T≦5.0	1.4≦T≦5.0	1.4≦T≦5.0	1.4≦T≦5.0	2.0≦T≦5.0	0.5≦T≦5.0	0.5≦T≦5.0	0.5≦T≦2.0	0.5≦T≦5.0	0.5≦T≦1.4	1.4≦T≦5.0	1.4≦T≦5.0	1.6≦T≦5.0	1.4≦T≦5.0	2.0≦T≦5.0
	製品寸法精度	中	中	中	中	高	中	中	中	中	中	中	中	中	中	中
	製品表面品質	低	低	低	中	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低	低
	対象部品	STRUT MTG 等 <sup>1)</sup> 類	CAP類	SPRG ST	DISC R/W	1+1+1+1+1 2+2 <sup>2)</sup> 部品類	BRKT類	BRKT, ホリイ ン <sup>3)</sup> 部品類	輪滑車部品, OIL PAN(小) 類	OIL PAN, ケース類	ボディ/カバー部 品類	少部品種	ササユキム ツクム部品類	フィルム 部品類	DRKT類	7-ム類
工程計 画作 業手 順	1. プレス加工工程概要の検討	基準A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	2. ブランクサイズの展開	基準A	A	A	A	A	基準B	B	C	基準C	C	D	基準D	D	基準E	×
	3. 成形加工工程数の検討	基準A	A	A	A	A	基準B	B	C	基準C	C	D	基準D	D	基準E	×
	4. 成形加工工程の詳細形状設定	基準A	A	A	A	A	基準B	B	C	基準C	C	D	基準D	D	基準E	×
	5. 剪断加工工程数の検討	基準A	A	A	A	A	基準B	B	C	基準C	C	D	基準D	D	基準E	E
	6. 剪断加工工程の詳細形状設定	基準A	A	A	A	A	基準B	B	C	基準C	C	D	基準D	D	基準E	E
	7. プレス型構造の成立性及び プレス設備仕様との整合性確認	基準A	A	A	A	A	基準B	B	C	基準C	C	D	基準D	D	基準E	E
	8. プレス生産性良否の確認	基準A	A	A	A	A	基準B	B	C	基準C	C	D	基準D	D	基準E	E

◀凡例▶ ■：共通 ■：類似しているが、個別に設定表 ×：全く別物

本件では、表中の基準A～基準Dに対するテンプレートを構築し、それぞれのテンプレートによるカバー領域は、同記号の黄色または橙色の領域となる。複雑形状部品に対応する、基準Eについては基本的には事例形式での構築が必要となるため、事例検証レベルに止め、基本テンプレートとしては搭載していない。但し、ここで必要となる技術要素は、基本的には基準A～Dに含まれる技術要素の組合せにてカバーすることが可能である。

尚、「9. 成形加工工程の詳細形状設定（ハイテン部品）」テンプレートについては、長形部品に対する基準Dの「4. 成形加工工程の詳細形状設定（一般部品）」の部分に位置づけられる。また、「10. 品質及び生産性不具合対策」は、円筒部品の基準Aとして位置づけられるが、考え方、構成については、他の部品タイプについても適用することができる。

次に、金属プレステンプレートの全体構成、運用イメージを、図 2.1.6-4 に示す。

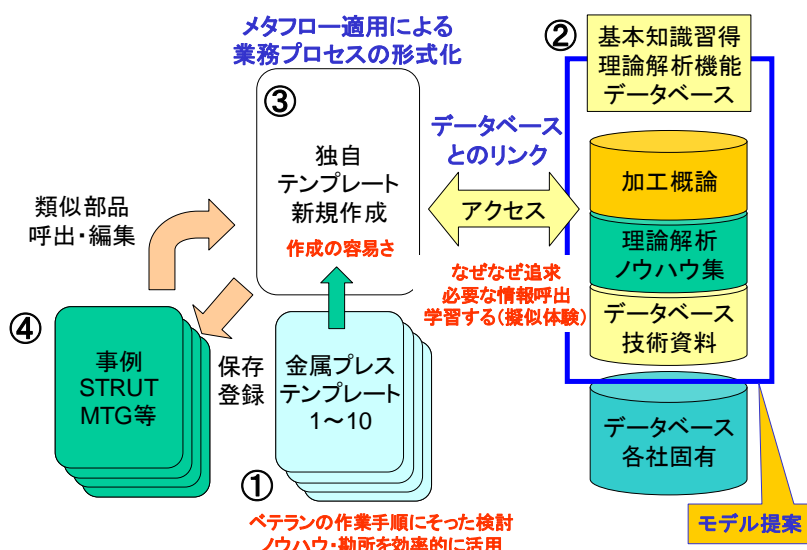


図 2.1.6-4 金属プレステンプレートの概要図

ここで、上図①が、本件で構築した金極プレステンプレート（基本テンプレート）であるが、それぞれのテンプレートからは、②に蓄積される各種記述情報へのリンクアクセスが可能となる。各社で自社独自のテンプレートを構築する場合には、通常、①の基本テンプレートを改変することで容易に独自事例を構築することが可能となる（③）。各社、独自テンプレートは④に蓄積され、類似ケースとして任意に参照、改変することができる。

（注）②の技術情報については、現時点で無償入手できるものを除き、必要となる情報名のメモ又はサンプル提示に止めている。

## （２）金属プレステンプレートの事例

以下に、幾つかの形式の異なるテンプレートについて説明する。

### （２）－１ 汎用テンプレートの例（３．成形工程数の検討）

本テンプレートは、円筒タイプの部品を対象とした、プレス成形工程における成形工程数を決定するものである。（図 2.1.6-5 参照）

対象となる部品の、頭部、開放部の形状特性を判断し、必要となる加工法（絞り、フランジ、セレクション、リストライクなど）の工程数を算定し、さらに、絞り成形については、絞り率を考慮し必要となる絞り加工数を追加する。また、要求精度（公差）の判定により、リストライク工程の要否が判定される。最後に、バーリング加工等の必要性が判断され、成形加工として必要となる、加工法と工程数が設定される。ここで、例えば頭部凸凹形状に関する加工法判定に当たっては、「頭部中央凸凹形状の加工に関する設計基準（図 2.1.6-6）」を参照し、絞り工程数の算定では、「絞り加工の限界（絞り率）」に関する設計基準」を参照する。

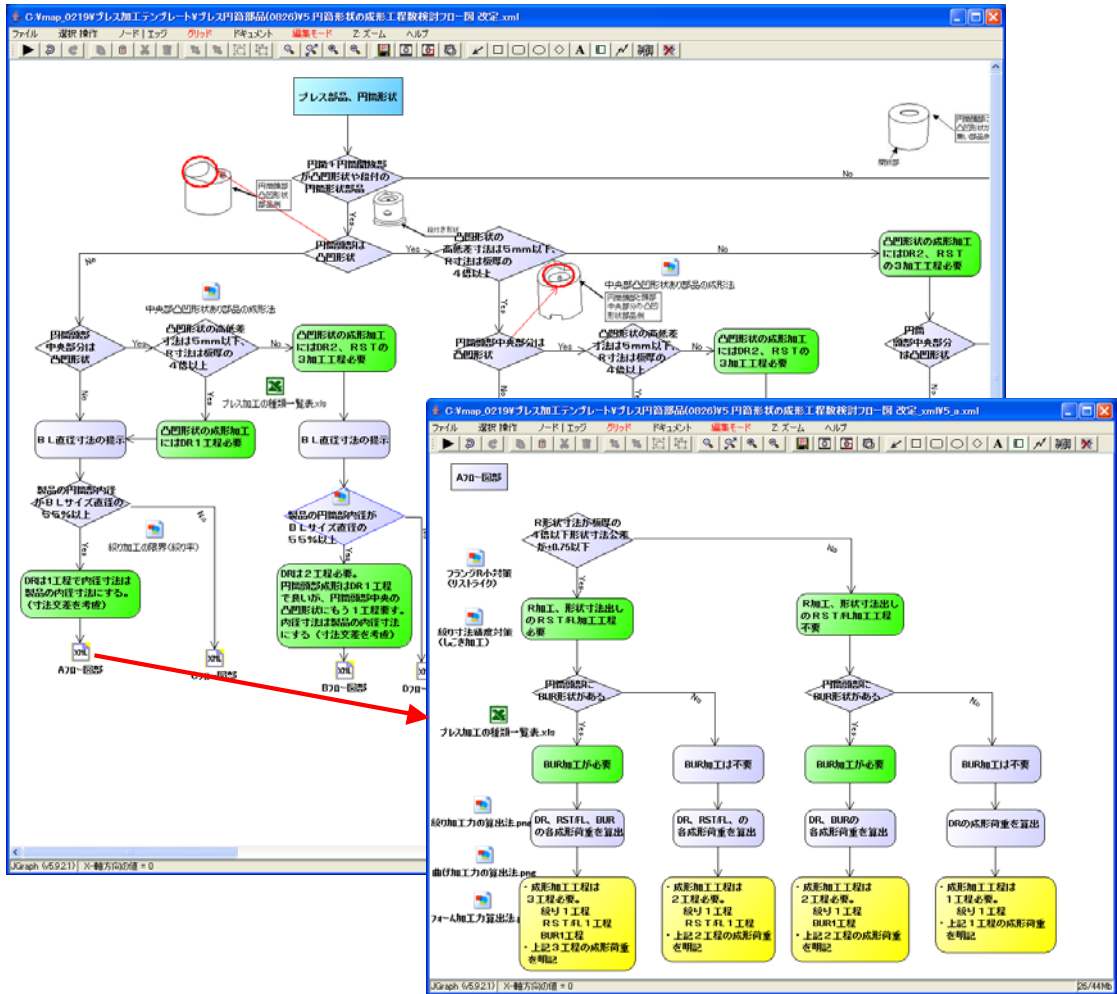


図 2.1.6-5 「3. 成形加工工程数の検討」テンプレート

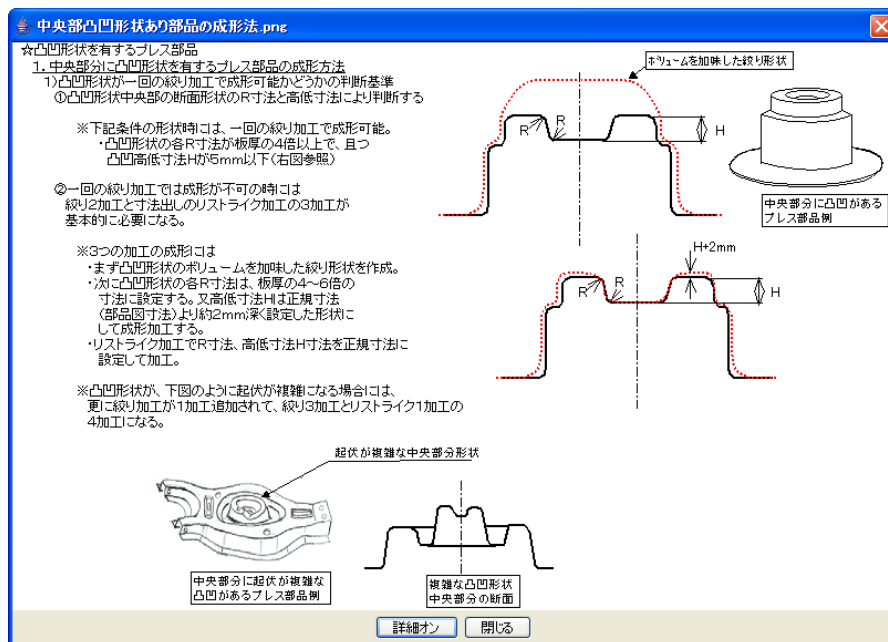


図 2.1.6-6 頭部中央凸凹形状の加工に関する設計基準

(2) - 2 技術解説の例 (4. 成形加工工程の詳細形状設定：パンチ R、ダイ R の設定)

本テンプレートは、「4. 成形加工工程の詳細形状設定」テンプレートより参照される技術解説のためのサブテンプレートである。

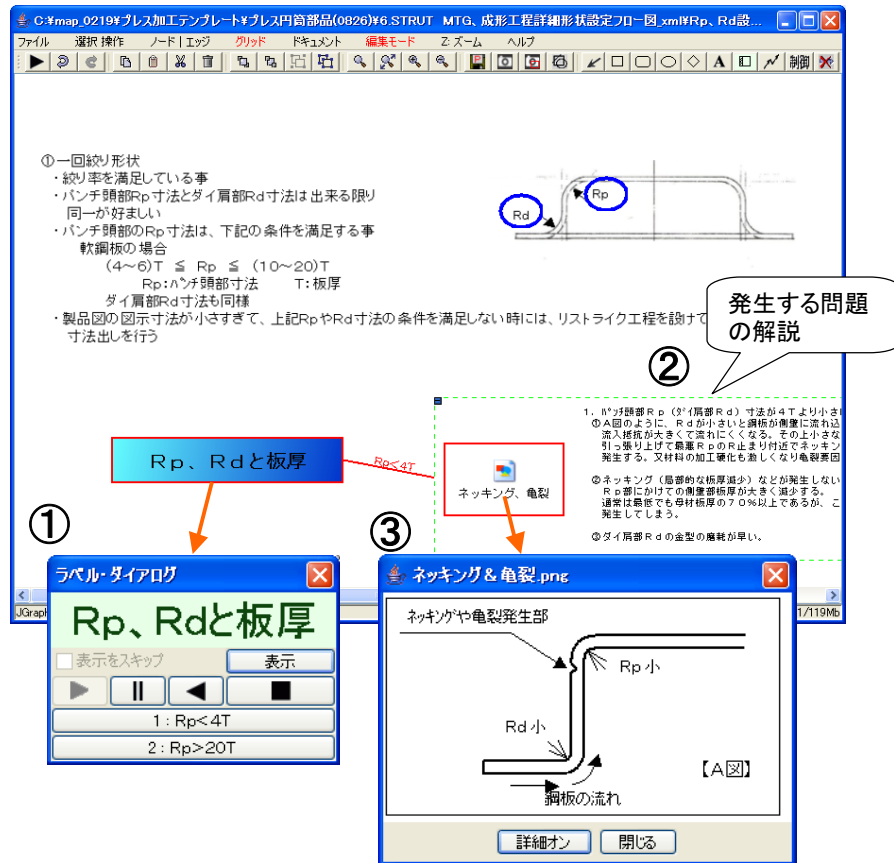


図 2.1.6-7 絞り Rp、Rd の設定基準

ここでは、成形材の板厚と、金型のパンチR、ダイRの関係について解説されており、Rを規定である  $4T \sim 20T$  (Tは板厚)の範囲外とした場合に発生が予測される問題を確認することができる。すなわち、①で、「1:  $R_p < 4T$ 」を選択した場合に、発生する問題の解説が②に表示され、さらに、③でその具体的イメージを掴むことができる。本件では、図での解説としたが、シミュレーションソフトでの解析結果のアニメーション等を添付することで、より感覚的理解を深めることが可能となる。

(2) - 3 バリエーションの例 (9. 成形加工工程の詳細形状設定 (ハイテン部品))

本テンプレートは、「4. 成形加工工程の詳細形状設定」をハイテン部品に適用するために、それを元に改変した、事例解説型のテンプレートである。

ここでは、基本的な長形部品における、成形加工工程の詳細形状設定のフローに対しハイテン部品でのスプリングバックへの対応事項として、金型見込み手法が組み込まれ、それに関連する技術資料が付加されている。また、スプリングバック対策で効果的な成形シミュレーションソフトの利用についても考慮したものとなっている。





ここで、具体的な適用内容の一部を図 2.1.6-10、図 2.1.6-11 に示す。図 2.1.6-10 では、基本テンプレートをそのまま実行し、適切な結果が得られることが確認された。

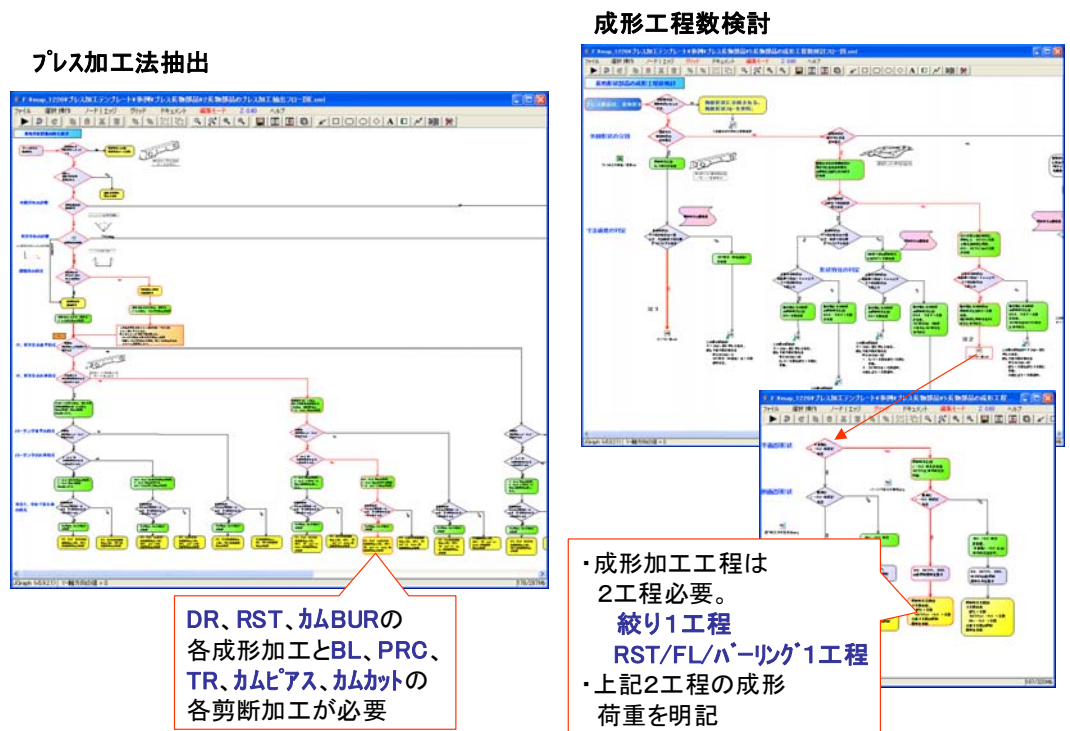


図 2.1.6-10 テンプレート実行例

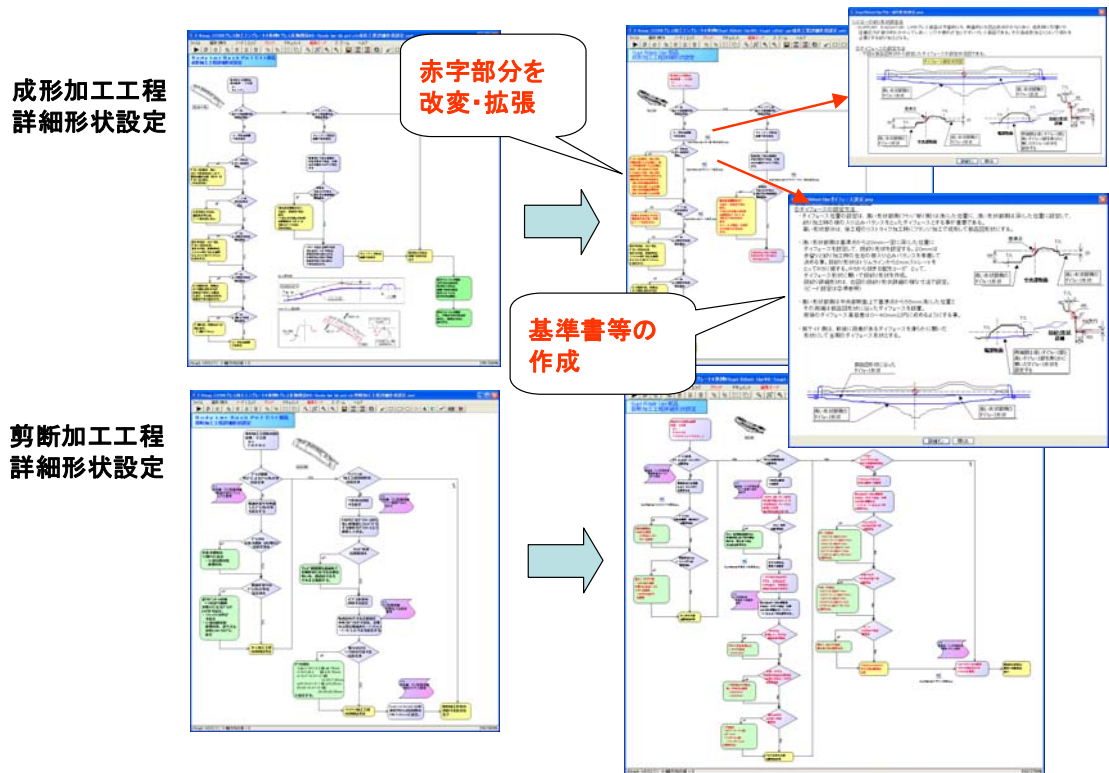


図 2.1.6-11 自社仕様へのテンプレートの改良例

次に、**図 2.1.6-11** では、対象に合わせて適切な結果が得られるよう、元の基本テンプレートを自社仕様に容易に改良することができた。他の事例でも、概ね同様の結果を得ることができた。

最後に、評価の過程において、寄せられたコメントなどを以下に示す。

- ・表現形式がフロー図であるため、思考プロセスが明確となり、教育資料、検証チェック手段としても活用できる。
- ・自社での利用を進める中での微調整も可能であり、より使い易く出来そうである。
- ・質問形式で、フローに沿って進められるのが良い。
- ・オペレーションも簡素で良い。
- ・全体的に使い勝手が良く、改良を重ねればかなり期待できる。
- ・説明が詳しく書かれ、参考資料も多く、教材的役割を担うことが可能である。
- ・思考回路がさかのぼれることは大変良い。
- ・自社でも、使用できる可能性が大きい。
- ・若手が、ポンポンと操作しているのを観察すると、基本的な所は非常に的を射ており、ほとんど（いや完璧！）に工程が合ってきていることが確認できた。
- ・色々な個所から問い詰めて見たが、どの個所からも確実な回答が得られるようである。
- ・自社において工程設定時にベテランとこのソフトを併用して、より良い金型製作に向かって行きたい。

以上の総括として、総じて直ぐに自社の技術継承に役立つとの意見を頂くことができた。

一方、事例の充実、技術資料の充実、システムの進化を要望する声も多く、今後の事業展開への期待が大きいことが確認された。

### 2.1.7 研究開発項目①の成果の意義

研究開発項目①の目標は、中小の加工関連の製造企業の現場において利用可能な技能抽出の手法を示し、それに基づいた技能継承ツールを開発することである。技能継承ツールは導入の容易性、簡便なインターフェース、利用の即効性が重要視されるとともに、業務変化に対応できる発展性が必要となる。この点において、研究開発項目①の結果は所定の成果を挙げることができた。また、異なった幾つかの技能抽出の方法論を提案することができ、技能研究に新たな一步を記したと考えられる。

後継者に技能を継承するため、技能をデジタル化可能な情報として蓄積、共有化する試みは、多くの製造現場において実施されており、現在も続けられている。また、技能蓄積を支援するツールも販売されている。これらの方法は、ビデオや写真などを利用して技能者の行動や作成物の状態を記録し、その行動を見ることで、それらと同等の作業を実施できるようになることが狙いである。これはOJTなど先輩と行動を共にすることで仕事を覚える手法の延長線上にある。これら従来の技能継承のための方法は一定の成果を挙げてはいるが問題も残されている。例えば、(1)動作の意味説明の困難さ、(2)視覚情報以外の情報の伝達の困難さ、(3)新たな製品への技能の適用の方法論の欠如、(4)市販ツールを利用した場合の開発費が高いこと、などの問題が指摘されている。また、従来の技能継承技術は、一般的な方法論を確立し、それを個々の技能継承の課題に適用する、というものがほとんどである。例えば、ビデオ撮影により作業者の手先の動作を正確に記録することで、技能を抽出するという方法論を、鍛造作業や組み立て作業に適用する、といった具合である。しかし、この手順では、対象とする技能の抽出において当該方法が最適であるかどうか疑問が残る。すなわち(5)対象技能と方法論の適合性の問題がある。

研究開発項目①の取り組みの特徴は、適切な技能継承の方法論は何かということを中心に置きながらも、その主眼は現場での要望の多い技能課題を解決することであった。また、同時に、対象とする加工現象の背後にある物理・化学的な性質を常に意識し、必要に応じて計測機器を使用工具等に装着することで、視覚以外の情報の取得も実施した。そして、加工法や業界に共通な課題であって解決策の効果が大きいと思われる課題を加工法ごとに10種類取り上げ、それに取り組むことで技能継承の方法論を確立することを目指したことである。技能抽出の方法を加工法ごとに整理したものを表2.1.7にまとめる。

これにより、上記の(1)(2)(4)(5)の課題に対して有効な成果を得られたと考えられる。また、確立された方法論を他の加工に応用可能で、(3)の課題に対しても有効であると予想される。このように、研究開発項目①の成果の、技能継承技術に関する意義は大きいと考える。

表 2.1.7 加工テンプレートと技能抽出手法

加工法	テンプレート	技能抽出手法	類似の手法が有効と想定される その他のテンプレート
鋳造	押湯方案設計 湯口系方案設計	原理・経験に基づく 評価式	多数個取り鋳造方案設計・溶解技能
	注湯技能	実環境計測と評価式	
鍛造	加工力予測	理論式と補正項	鋳造：溶解技能テンプレート
	金型形状設計	シミュレーション と補正項	熱処理： ガス浸炭：温度・雰囲気条件設計 ガス軟窒化：時間条件設計
熱処理	ガス浸炭 時間条件設計		
	変形予測	実験式と補正項	ガス軟窒化：焼入変形予測
めっき	トラブル 対策	特性要因図と発生頻度 対策重要度比較	各種加工法（熱処理・鋳造・鍛造）
	条件パラメータ設 定	領域指定と実験式	他のコーティング法（溶射、PVD、CVD）
切削	作業手順標準化 注意点発見	要素分類と 因果関係の整理	複合的な加工原理を利用した 生産の全般（切削+研削、塑性加工+切 削+熱処理, etc)
金属プ レス	工程設計 生産準備	メタフローモデルによる 思考プロセスと経験値	工程設計一般

## 2.2 工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発

「工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」の研究開発項目は、以下の2つのサブテーマおよび要素技術で構成される。

- (1) 業務分析&アプリケーション設計支援ツールの開発
  - ・業務モデル記述言語の策定
  - ・業務モデル作成ツールの開発
  - ・業務モデルからアプリケーション設計図への自動変換機能の開発
- (2) 次世代 MZ Platform の開発
  - ・アプリケーション設計図を入力としたコンポーネント自動構成機能の開発
  - ・アプリケーション構造記述言語の策定
  - ・アプリケーションのネットワーク管理機能の開発

図 2.2-1 に開発の概要を示す。構築対象のアプリケーションを定義する業務モデルは、タスクフロー図とタスク配置図という 2 種類のフロー図として記述する。タスクフロー図とは業務の処理手順を与えるものであり、企業における業務あるいは処理の相互関係を記述する。一方、タスク配置図とは行われる業務と担当部署を関連づけるものである。これらのフロー図は、それぞれの業務モデル作成ツールで記述する。

アプリケーションを構築する際には、まず、タスクフロー図の記述を行う。タスクフロー図用業務モデル作成ツールは、ユーザが記述したタスクフロー図をアプリケーション設計図へ変換して次世代 MZ Platform へ渡す。次世代 MZ Platform は受け取ったアプリケーション設計図に基づいて必要なコンポーネントを自動構成し、スタンドアロンのアプリケーションを構築する。

構築されたスタンドアロンのアプリケーションを企業内のネットワーク環境で動作する分散システムへと展開する場合には、タスク配置図用業務モデル作成ツールを用いて、アプリケーションを構成するモジュールごとにその配置先を指定する。その配置先指定に基づき、次世代 MZ Platform はスタンドアロンシステムを分散システムへ展開する。

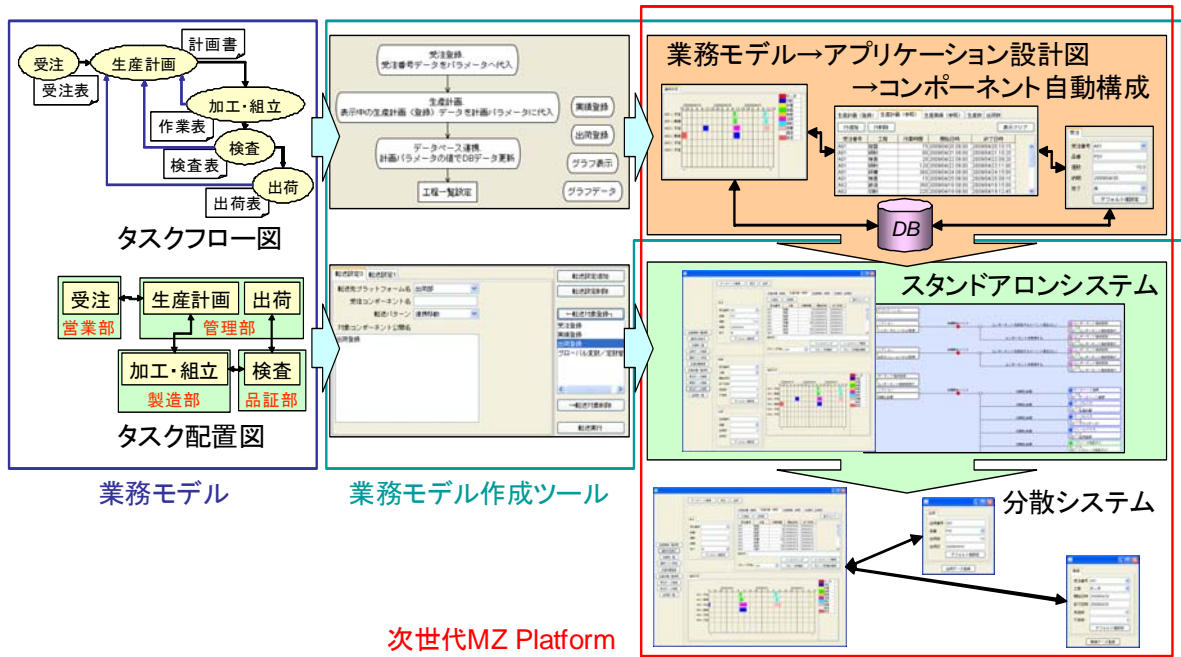


図 2.2-1 工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発概要

各研究開発項目の詳細については、次節以降で説明する。

### 2.2.1 業務分析&アプリケーション設計支援ツールの開発

業務分析&アプリケーション設計支援ツールの開発は、以下の3つの要素技術で構成される。

- ・業務モデル記述言語の策定
- ・業務モデル作成ツールの開発
- ・業務モデルからアプリケーション設計図への自動変換機能の開発

タスクフロー図に関する各要素技術の関係を図 2.2.1-1 に示す。ユーザは対象とする業務のモデルを、業務モデル記述言語による表現形式として入力する。業務モデル記述言語は、処理の手順を示すフロー図として表現するものである。業務モデル作成ツールは、そのフロー図を記述するためのユーザインタフェースと、業務モデル記述言語形式からアプリケーション設計図への変換機能を提供する。アプリケーション設計図はアプリケーションの構成をテーブル形式で表現したものである。次世代 MZ Platform は、このテーブル形式のアプリケーション設計図に基づいてコンポーネントの自動構成を行う。

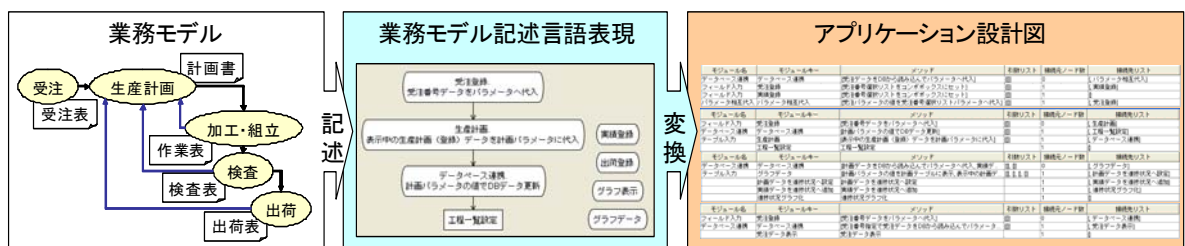


図 2.2.1-1 タスクフロー図に関する各要素技術の関係

一方、タスク配置図に関する各要素技術の関係を示したものが図 2.2.1-2 である。ユーザはアプリケーションを構成する各サブモジュールを配置する部署を指定する。その配置指定情報は次世代 MZ Platform に直接渡され、そのネットワーク連携機能により自動的に分散システムへと展開される。したがって、タスク配置図に関しては、タスクフロー図で 사용되는業務モデル記述言語表現やアプリケーション設計図に相当するものは存在しない。

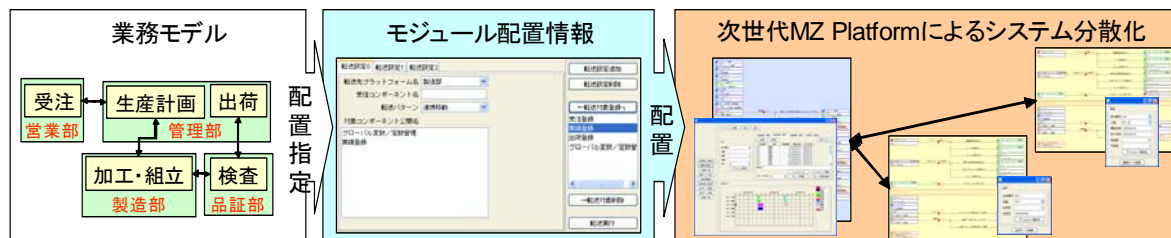


図 2.2.1-2 タスク配置図に関する各要素技術の関係

モジュール配置情報に基づくシステムの分散化については「2.2.2.3 アプリケーションのネットワーク管理機能の開発」で改めて説明することとし、本節ではこれ以降、タスクフロー図に関する各要素技術の詳細について、受注登録から生産計画登録、実績収集、進捗管理、出荷登録までを行う生産管理システムの例（図 2.2.1-3）を用いて説明する。

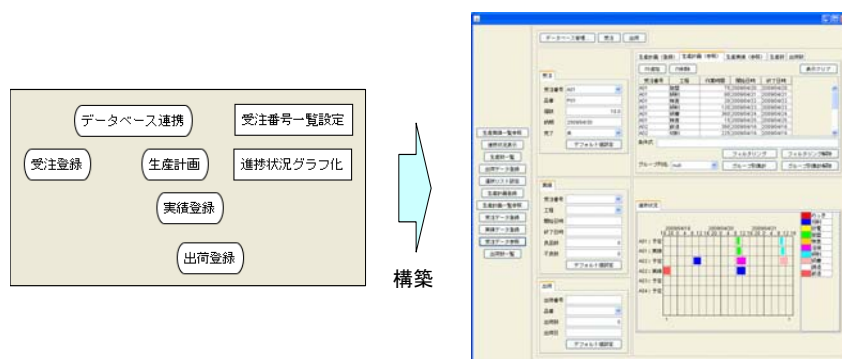


図 2.2.1-3 生産管理システム構築の例

### 2.2.1.1 業務モデル記述言語

業務モデルは処理の手順を表現するもので、処理の大枠をフロー図形式で、細部はテーブル形式で記述する。図 2.2.1-4 は、受注データ登録における処理フローと、フローを構成する各ノード内部の構成情報テーブルを示したものである。図 2.2.1-4 (a)は、受注登録インターフェースから入力された受注データによりデータベースを更新した後、受注番号の一覧を再設定する一連の処理を示している。また、図 2.2.1-4 (b)は受注登録インターフェースの構成情報を、図 2.2.1-4 (c)はデータベーステーブルの構成情報を示している。受注登録インターフェースで扱うデータとデータベーステーブルで扱うデータとは、図中の赤枠で囲まれた部分、すなわち受注登録インターフェースの「グループ名」と「名称」、データベーステーブルの「テーブル名」と「列名」によって関連付けられる。例えば、「受注」データベーステーブルの「品番」列のデータは、受注登録インターフェースにおける「受注」グループの「品

番」のデータによって更新される。

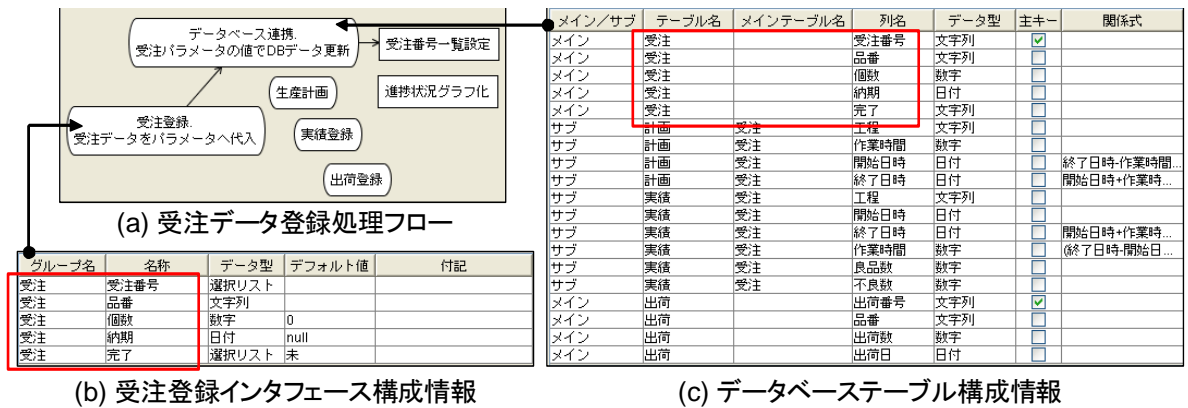


図 2.2.1-4 受注登録処理の業務モデル記述言語表現

### 2.2.1.2 業務モデル作成ツール

業務モデル作成ツールは、前節で述べた業務モデル記述のためのインターフェースと、業務モデル記述言語形式からアプリケーション設計図への変換機能を提供する。さらに、生成されたアプリケーション設計図を次世代 MZ Platform へ渡し、そのコンポーネント自動構成機能を起動する。

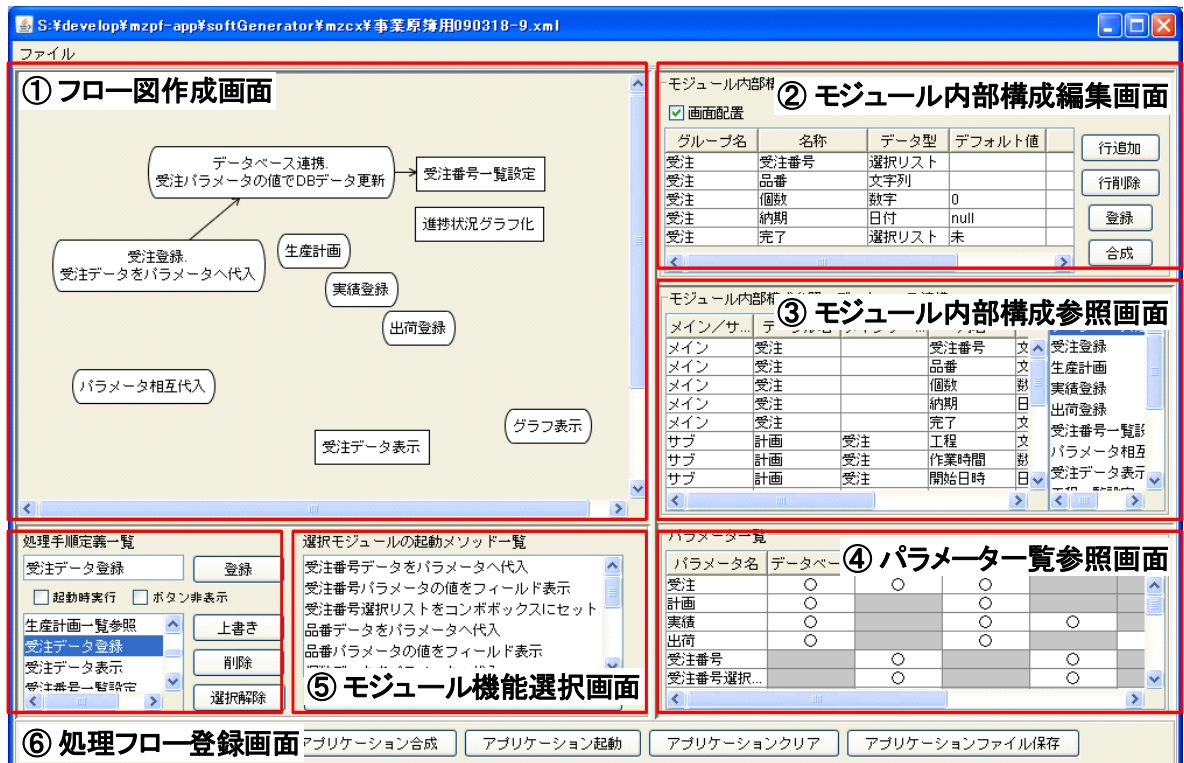


図 2.2.1-5 業務モデル作成ツール概観

図 2.2.1-5 は、業務モデル作成ツールの概観を示したものである。まず、ユーザは①のフロー図作成画面でノードの配置と処理フローの記述を行う。ノードはアプリケーションを構成するための雛形モジュールとして用意されており、必要なものを一覧から選択する。本開発では、データベース連携



やグラフ表示、計算ツール、分岐処理等 10 種類を用意した。それらはすべて MZ Platform の複合コンポーネントとして作成するようになっているため、MZ Platform を利用してモジュールを新規に追加していくことも可能である。

各雛形モジュールは自己合成機能を備えており、②のモジュール内部構成編集画面で定義された構成情報に基づいて自分の機能を合成する。一度定義された各モジュールの内部構成情報および関連するデータは、それぞれ③および④の画面で参照できる。

各モジュールで合成された機能は⑤のモジュール機能選択画面に一覧表示される。処理フローの作成に際し、ユーザは各モジュールノードで起動する機能をここから選択する。例えば、前節で例に挙げた受注登録処理フローの作成では、受注登録インタフェースで起動する機能として「受注データをパラメータへ代入」をここから選択することになる。

定義された処理フローの登録は⑥の処理フロー登録画面で行う。処理フローは複数の登録が可能であり、登録済みの処理フローをリストから選択することで表示切り替えが行われる。図 2.2.1-6 は、受注データ登録処理から出荷データ登録処理への表示切り替えを行った例である。

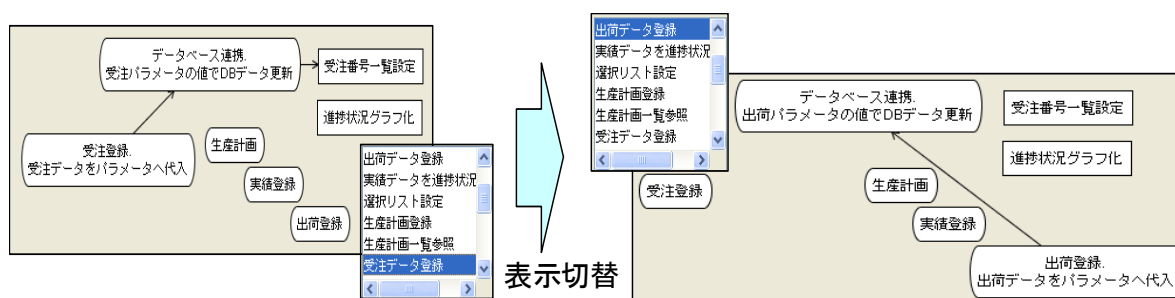


図 2.2.1-6 登録済み処理フローの表示切り替え

また、登録された処理フローは、別の処理フローから呼び出すことも可能である。例えば、図 2.2.1-6 の「受注番号一覧設定」および「進捗状況グラフ化」は図 2.2.1-7 のように別途定義された処理フローを呼び出したものである。これにより、処理を階層的に記述することが可能となっている。

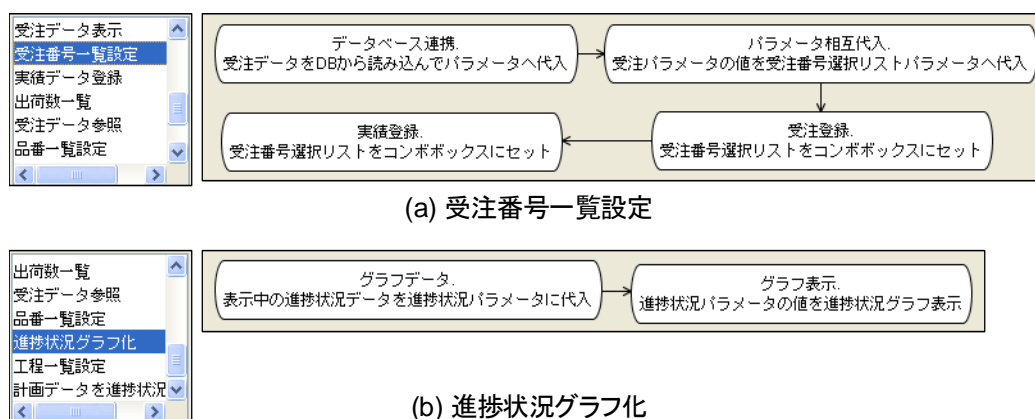


図 2.2.1-7 他の処理手順から呼び出される処理フロー

このように記述された業務モデルはアプリケーション設計図へと変換され、次世代 MZ Platform

によるコンポーネント自動構成を経てアプリケーションが構築される。また、フロー図として記述された業務モデルはXML形式でファイル保存され、再利用が可能である。

### 2.2.1.3 業務モデルからアプリケーション設計図への自動変換機能

アプリケーション設計図は、フロー図として表現された業務モデルをテーブル形式へ変換したものである。例として、受注データ登録処理に関わる部分のフロー図からアプリケーション設計図への変換を図2.2.1-8に示す。

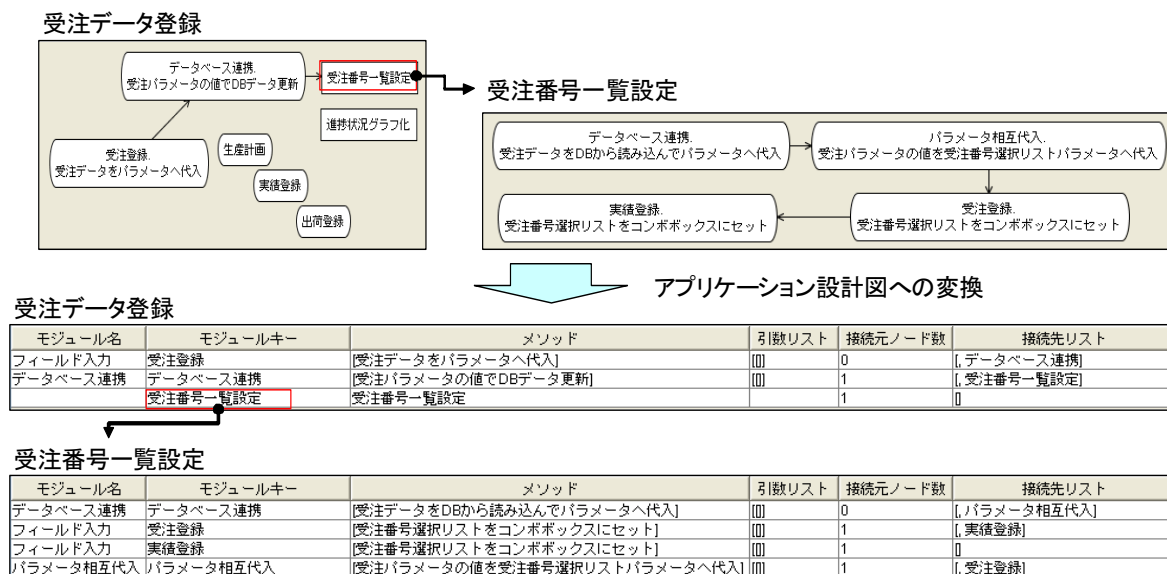


図 2.2.1-8 フロー図からアプリケーション設計図への変換

アプリケーション設計図を示すテーブルの各行はフロー図におけるノードを表し、先頭行は処理フローの起点ノードを示す。各ノードは、データとしてモジュール名、モジュールキー、メソッド、引数リスト、接続元ノード数、接続先リストを持つ。

[モジュール名] モジュールの種類を示す。現在、データベース連携やグラフ表示、分岐等 10 種類のモジュールが MZ Platform 複合コンポーネントとして用意されている。モジュール名が空欄の場合、他の処理フローへの参照を示す。図 2.2.1-8 の例では、受注データ登録処理フローから呼び出されている受注番号一覧設定がこれに該当する。

[モジュールキー] モジュールを特定する一意の固有名を示す。ノードのラベルに対応する。

[メソッド] モジュールで起動する機能を示す。複数の指定が可能である。

[引数リスト] メソッド起動時に与える引数データを示す。現時点では、各モジュールが生成するメソッドはどれも引数を必要としないので、このデータは使用されていない。

[接続元ノード数] フロー図において、このノードに向かう矢印（エッジ）の数を示す。このノードがこの処理フローにおけるループもしくは分岐処理の合流点かどうかを判断するために用いられる。

[接続先ノードリスト] このノードから先へ接続しているノードのリストを示す。分岐が発生する場合には、複数の接続先が存在する。

このアプリケーション設計図はフロー図として記述された業務モデルを過不足なく表現するものであり、前節で述べた業務モデル作成ツールによって生成される。業務モデルと同様、アプリケーション設計図もまた XML データとして保存される。

## 2.2.2 次世代 MZ Platform の開発

次世代 MZ Platform の開発は、以下の 3 つの要素技術で構成される。

- ・アプリケーション設計図を入力としたコンポーネント自動構成機能の開発
- ・アプリケーション構造記述言語の策定
- ・アプリケーションのネットワーク管理機能の開発

以降、それぞれの詳細について説明する。

### 2.2.2.1 アプリケーション設計図を入力としたコンポーネント自動構成機能

MZ Platform におけるアプリケーション構造の概要を図 2.2.2-1 に示す。

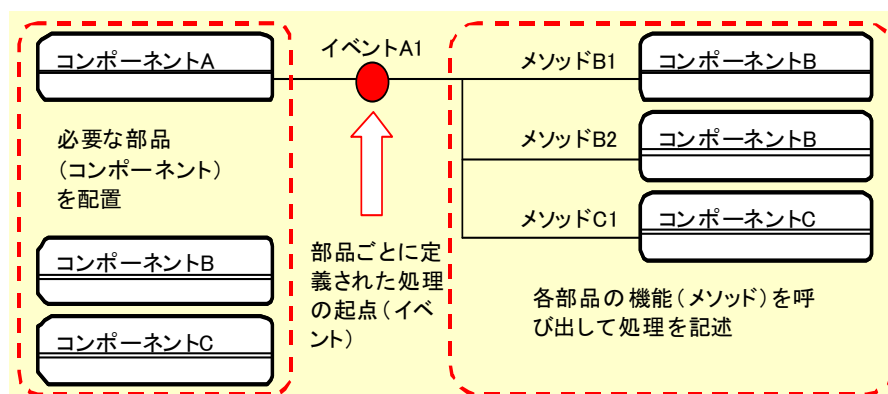


図 2.2.2-1 MZ Platform アプリケーション構造の概要

MZ Platform のコンポーネントは、自分自身が有するイベントの発生時に、そのイベントに接続された各コンポーネントのメソッド起動を順次実行する。次世代 MZ Platform によるコンポーネント自動構成機能とは、テーブル形式で表現されたアプリケーション設計図を元に、合成された各モジュール（複合コンポーネント）を接続するものである。例えば、図 2.2.1-8 に示した受注データ登録の場合、構成される接続は図 2.2.2-2 となる。

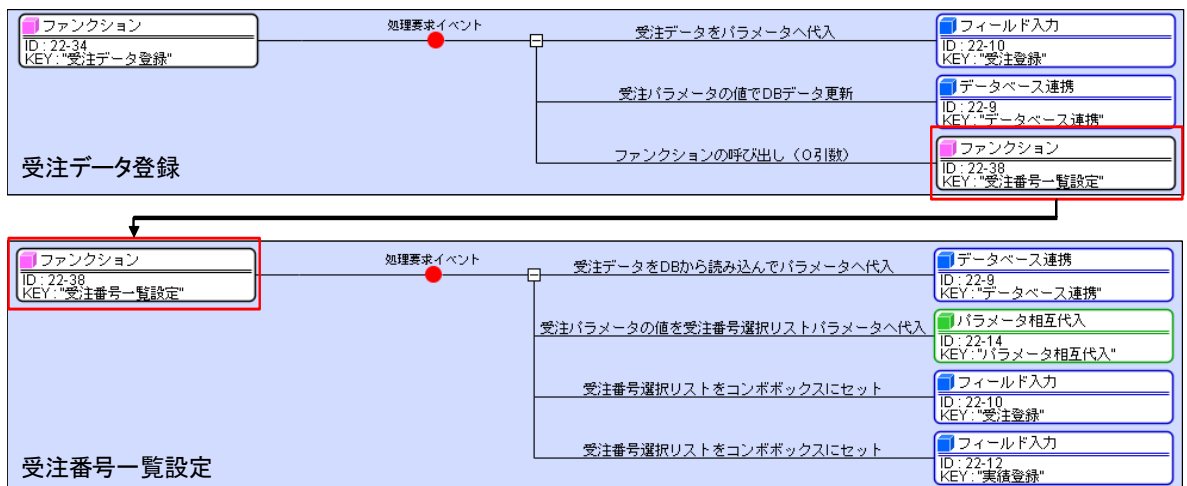


図 2.2.2-2 受注データ登録処理フローにおけるコンポーネント自動構成

すでに図 2.2.2-1 に示したように、MZ Platform アプリケーションはコンポーネントが発生するイベントによって起動し、各イベント接続先のメソッドは順次実行される。したがって、ループや分岐を含んだ処理の場合、それら一連の処理を順次実行される複数の処理群に分割して構成する必要がある。図 2.2.2-3 および図 2.2.2-4 にループおよび分岐の構成例を示す。

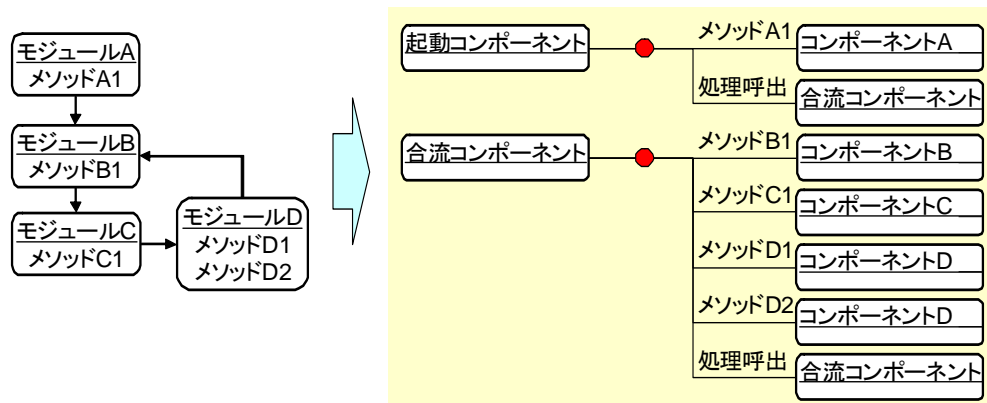


図 2.2.2-3 MZ Platform におけるループ処理の構成

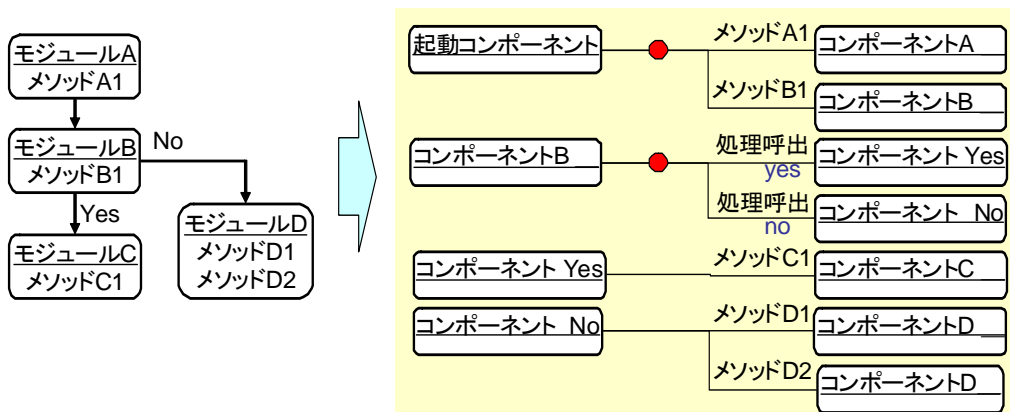


図 2.2.2-4 MZ Platform における分岐処理の構成

次世代 MZ Platform は、アプリケーション設計図を元に、ループや分岐が含まれている場合には必要なコンポーネントを適宜生成することで処理の分割および構成を行い、業務モデルで定義されたアプリケーションを自動的に構築する。

### 2.2.2.2 アプリケーション構造記述言語の策定

アプリケーションデータの汎用性および流通性を確保するため、XML 表現形式によるアプリケーション構造記述言語を策定し、これを次世代 MZ Platform の標準データ形式とした。アプリケーション構造は、コンポーネント部、起動メソッド部、画面配置部、帳票印刷部の 4 つに分けて記述される。コンポーネント部はアプリケーションで使用されている全コンポーネントのデータを記述した部分であり、各コンポーネントの詳細な属性が記述されている。起動メソッド部は、各コンポーネントから発生するイベントおよびその接続先の起動メソッド情報を記述した部分である。画面配置部は、GUI コンポーネントの画面上の位置や整列情報などが記されている。最後の帳票印刷部は、アプリケーションが持つ印刷機能に関する情報を記述したものである。

以下、本アプリケーション構造記述言語の基本であるコンポーネント属性の XML 表現形式について、その仕様概要を述べる。

- (a) コンポーネントの XML 入出力を統一的に扱うため、すべてのコンポーネントに共通インターフェースとして PFXMLSerializable を実装する。
- (b) コンポーネントの属性はその種類に関わらず統一的なタグ (<properties>タグ) の中に出力する。
- (c) コンポーネントの属性は、以下に定めるデータによって表現されるものとする。

[基本データ] プリミティブ型 (boolean、byte、char、int、long、short、float、double) およびそのラッパー型、文字列・マルチロケール文字列、サイズ情報、点情報、枠情報、アイコン、イメージ、色、フォント、日付、多倍長整数・実数、データ型情報

[構造体] リスト、テーブル、ツリー、ネットワーク構造、XML シリアライズ型 (PFXMLSerializable)

- (d) デフォルト入出力メソッドを導入する。setter/getter が揃っていて setter の引数が 1 つである全ての属性について、自動的に XML 入出力するメソッドを用意する。
- (e) ユーザが定義したデータを出力できるよう、PFXMLSerializable をデフォルトの XML 処理で対応するデータ型に含める。
- (f) XML 入出力機能にバージョン番号をつける。XML 入出力機能に修正が加えられた場合に、旧版の XML 機能で書き出した XML データと新機能で書き出した XML データの入力処理を簡単に切り分けられるように、バージョン番号を記載する。

### 2.2.2.3 アプリケーションのネットワーク管理機能の開発

タスク配置図によるシステムの分散化を実現するため、コンポーネントのネットワーク転送機能を次世代 MZ Platform の機能として開発した。その基本形態は以下の通りである。

[コンポーネントの転送形態] コピーあるいは移動

[転送後のコンポーネント間の通信形態] 一方向あるいは双方向

システム分散化の形態は、これらの組み合わせ 4 通りとなる。したがって、ユーザがシステムの分散化を行う場合には、モジュールの転送先とその分散化形態を指定する必要がある（図 2.2.2-5）。

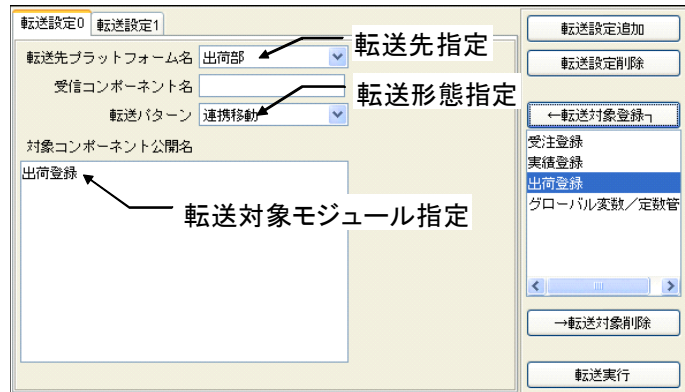


図 2.2.2-5 モジュール転送指定

例えば、スタンドアロンとして構築した生産管理システムから実績登録モジュールを生産現場へ転送する場合には、転送形態は移動で通信形態は生産現場から管理部門への一方向となる。一方、出荷登録モジュールを出荷部門へ転送する場合には、転送形態は移動だが、管理部門からの出荷指示と出荷部門からの出荷報告が発生するため、通信形態は双方向となる。あるいは、生産ラインの拡充等が行われた場合には、既存モジュールのコピー転送が必要となるものと考えられる。

このようなシステムのネットワーク展開機能に加え、作成された分散システムの維持・管理のため、認証、アクセス制御、ネットワーク連携の整合性チェック機能を開発した。

### 2.2.3 研究開発項目②の成果の意義

企業の IT システム開発における業務分析とは、情報の流れを正確に捉えることが本質となる。それは、例えば、受注時に付与された受注番号に対してどのようなデータが関連付けられ、さらにそれらが製造ロット番号を始めとする生産データとどのように関係し、そして出荷ロットとどのように対応するのかを明らかにするなどの作業である。実際、ある企業では社内の生産管理システム開発に当たり、運用しているすべての帳票を 1 枚の模造紙に貼り、部署間での情報の流れの整理を実施し、その結果に基づいて開発計画の立案を行っている（図 2.2.3-1）。

従来のシステム開発では、この情報の流れに基づいてシステムの設計を行い、システム全体を構成する各モジュールプログラムの開発を行うことが必要である。また、一度開発したシステムを修正する際、場合によっては基本的となる情報の流れから見直すことが求められることも少なくなく、そのための作業負担は非常に大きい。

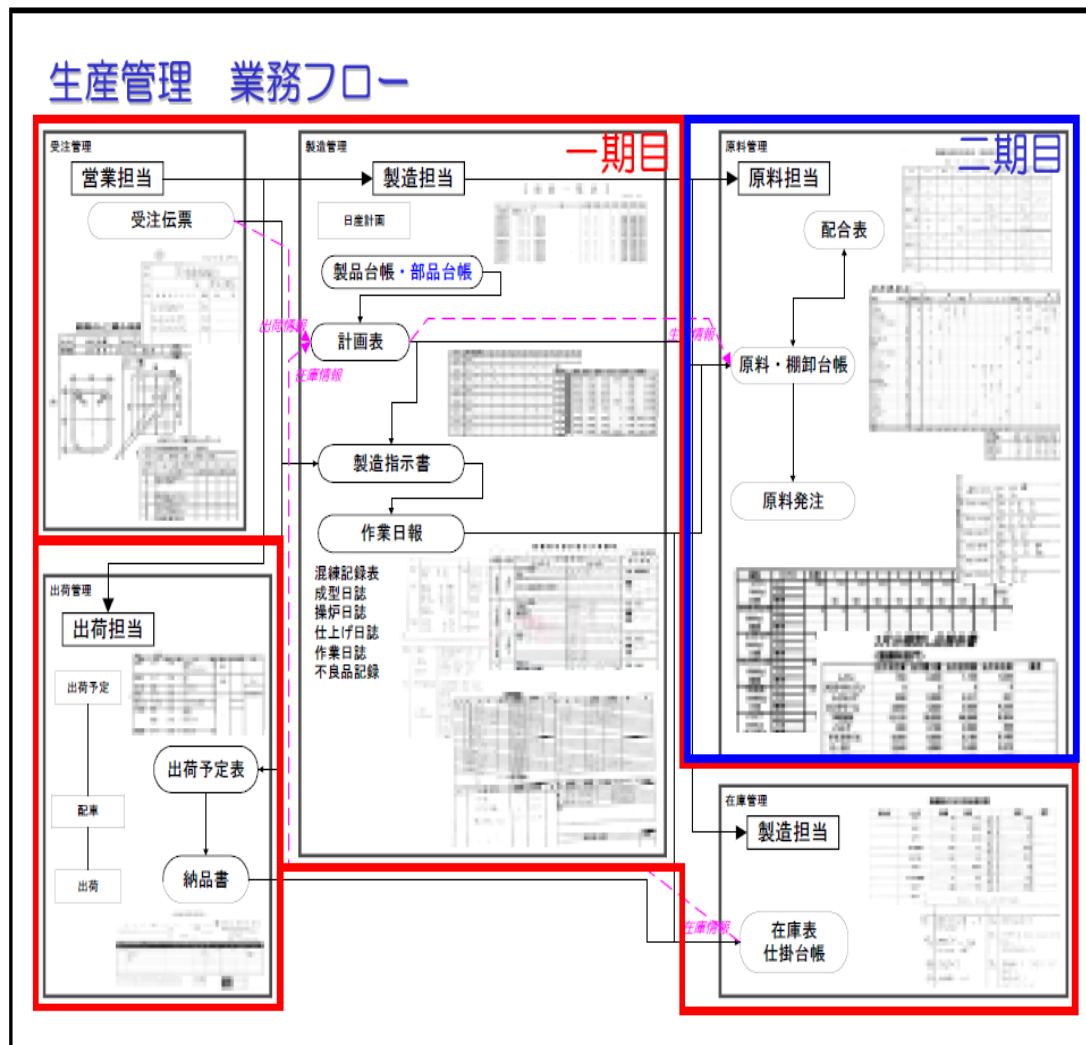


図 2.2.3-1 業務分析における情報の流れの整理の例

これに対して本研究開発における業務分析&アプリケーション設計支援ツールは、システム開発の基本となる情報の流れをシステムの各構成モジュールで扱うパラメータ相互の関連付けとして記述し、それに基づいて IT システムを自動的に構築する。そのため、システム設計やプログラム開発の負担は大きく軽減される。特に、IT の非専門家には扱いが困難なデータベースの設計や構築を自動化したことの効果は大きい。例えば、2.2.1 節および 2.2.2 節で例として取り上げた生産管理システムは、データベースを利用して受注、生産計画、作業実績、出荷に関わる各データの登録と参照を行うほか、作業予定と実績の比較をガントチャート上に表示するものであるが、データベースの構築も含めてわずか半日程度の作業で完成している。また、業務における情報の流れもすべて業務モデルフロー図の形で保存、参照、編集が可能であるため、開発したシステムの修正にも容易に対応できる。

このように、本研究開発成果は、プログラム作成工数削減ばかりでなく、システム設計効率の向上を実現することにより、企業における社内 IT システム開発能力の育成に大きく貢献するものと考えられる。

#### IV. 実用化の見通し

##### 1. 実用化の見通し

「①技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発」の実用化・事業化の見通し（産総研）

研究成果の広報については関連業界団体、(財)素形材センター、関連学会等を通じて研究成果の報告、技術委員会での紹介を積極的に進める。

また、平成21年より鍛造、鋳造、めっき、熱処理の技術継承支援技術普及のために、「中小企業技術・技能継承プログラム」を実施する。これは、年2回（10月、12月を予定）開催する技術講習で、鋳造、鍛造、めっき、熱処理の4コースを用意する。加工テンプレートそのものの導入・使用方法だけでなく、テンプレートの背景にある基礎的な知識についても併せて説明を行うようプログラムの構築を進めている。加工毎にそれぞれ初級編と中級編があり、初級編では基礎の理解と加工テンプレートの導入・使用方法を解説し、中級編では社内事例評価、技術技能継承ケーススタディの実施を計画している。表IV-1に、鍛造コースの講習内容を例示する。

表IV-1 鍛造コースプログラムの例

鍛造コース(10H)		
初級 6H	加工圧力計算TPの基礎と導入	<ul style="list-style-type: none"> <li>・拘束係数とは</li> <li>・変形抵抗とは</li> <li>・加工圧力の計算原理</li> <li>・テンプレートの導入・使用方法</li> </ul>
	工具の応力解析TPの基礎と導入	<ul style="list-style-type: none"> <li>・工具内部に発生する応力</li> <li>・シュリンクリングの役割</li> <li>・工具面取りの役割</li> <li>・テンプレートの導入・使用方法</li> </ul>
	組み合わせ鍛造TP ・温度解析TPの基礎と導入	<ul style="list-style-type: none"> <li>・複雑形状鍛造の基礎</li> <li>・難加工材鍛造の基礎</li> <li>・鍛造品の温度上昇</li> <li>・テンプレートの導入・使用方法</li> </ul>
中級 4H	事例評価・技術・技能継承ケーススタディ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鍛造工程設計ケーススタディ（機械の選択・工法の選択・素材設計・工具設計）</li> <li>・自社加工例をベースにした事例研究・グループ討議</li> </ul>

さらに、公設試験研究機関とのネットワークを活用し、地域企業に対する普及・活用のための連携体制を構築する。地域産業活性化支援事業等による公設研研究員の招聘を積極的に進め、本プロジェ



クトで開発した加工テンプレートによる技能継承支援技術の移転により、公設研研究員による地域企業の技術・技能継承支援への活用を図る。

地域企業支援においては、特に加工テンプレートを応用した自社独自モデルの開発、社内データベースとの連携など、上級ユーザへのサポート、個別ユーザニーズへの対応も可能になる。

以上の活動を通じて、加工テンプレートの活用事例、活用ノウハウを蓄積し、普及促進を図り、実用化を進める。

#### (理研)

本年度以降、切削テンプレートおよび金属プレステンプレートの普及を図るための取り組みとして、本年4月より技能継承支援機構が発足されている。同機構では、情報発信型および対話指導型という二つの対称的な方法により、テンプレートユーザーへのサポートを行う。まず、情報発信型のサポートとして、「テクニスト技術研究会」の主運営を行っている。同研究会は、主にテンプレートユーザーを対象として募った会員を対象に、年2回開催される「技術交流会」や、年2回開催される「チュートリアルミーティング」などの活動を通じてテンプレートの使用方法や活用促進に関わる情報を提供することを目的としている。また、会員相互で技能継承の取組みについて情報交換を図る場も提供することで、ユーザーへテンプレートの使用に対するモチベーションを高揚させる効果も期待している。会員数は4月現在およそ10社程度となっているが、本年度中には30社程度まで増加することを見込んでいる。

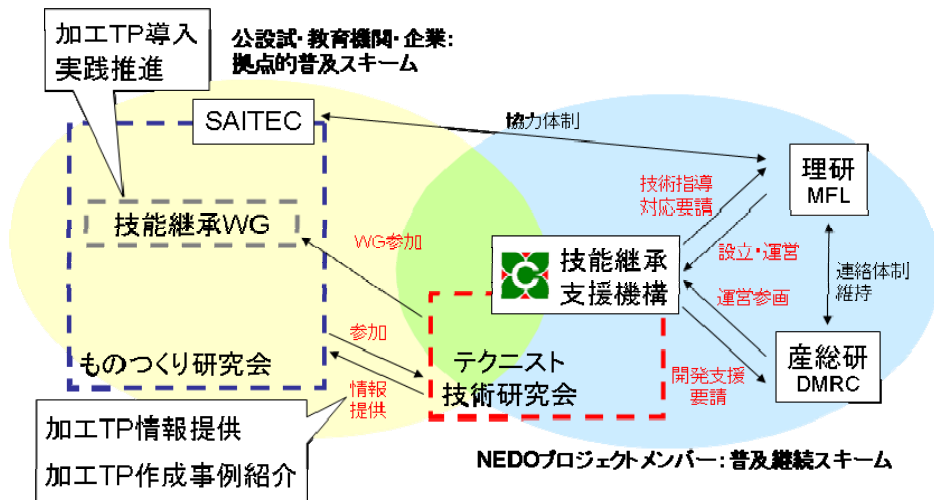
また、テンプレートの自社向けカスタマイズや、活用方法の直接指導を希望するユーザーについては、理研の研修受け入れ制度、技術指導契約制度や、共同研究契約制度などの枠組みを利用して対処を図る。具体的には、対話型のテンプレート使用方法指導を求めるユーザーより、技能継承支援機構のあっ旋のもと理研との間で直接契約を締結する。それにより、ユーザーは理研所内での1週間~1ヶ月程度の個別研修(研修受け入れ)、理研の本事業従事者がユーザーのもとに出向いてのコンサルティング(技術指導)や、ユーザーの要請に基づくテンプレートのカスタマイズ(共同研究)などを受けることができる。なおこれら理研による個別対応は、いずれも有償(金額は理研内規に拠る)にて受注する。

切削テンプレートについては、本プロジェクトの実施期間中に、およそ30社程度の中小企業をはじめ、地方自治体の運営する職業訓練学校や公設試験場、大学や民間研究機関などに、同テンプレート利用用のソフトウェアを試験的に配布した。その際、2.1.5項で詳述した10事例の開発済みテンプレートに加えて、ユーザーが独自のテンプレートを構築できるよう、テンプレート作成用雛形をソフトウェア上に実装して配布を行った。ソフトウェア配布先を表IV-2に示す。これら試験配布先の中でも特に、公設試や教育研究機関とは、先述の技能継承支援機構およびテクニスト技術研究会が窓口となって連携を継続することにより、周辺地域へのテンプレート普及のための拠点としての役割を發揮させる予定である。例えば現在すでに、埼玉県産業技術総合センターの主催する「ものづくり研究会」との間にテンプレートの活用促進に関する協力関係が築かれている。これら拠点において、テンプレートを独自に活用でき、ユーザーへの指導や情報共有を図れる人材の育成が、今後取り組むべき課題といえる。

以上に述べた切削・金属プレス両テンプレートの普及体制を、図IV-1に模式的に示す。

表IV-2 切削テンプレート試験配布先一覧

会社名	所在地
池上金型工業(株)	埼玉県久喜市
ウインデックス(株)	埼玉県川口市
(株)オガワ製作所	埼玉県小川町
(有)川口・青木テクノプレッジ	埼玉県川口市
川島金属(株)	埼玉県川口市
(株)川面製作所	
(株)久保製作所	埼玉県川口市
幸立化成工業(株)	埼玉県川島町
(有)埼玉プレーナー工業所	埼玉県川口市
(株)山城精機製作所	埼玉県川口市
三信精機(株)	東京都大田区
(株)サン精密化工研究所	埼玉県久喜市
三洋マン(株)	埼玉県春日部市
白岡冶金(株)	埼玉県白岡町
住友電エツールネット(株)	東京都港区
高橋金型(株)	埼玉県三郷市
(株)田口型範	埼玉県川口市
(株)タシロイーエル	東京都大田区
(株)チバダイス	埼玉県八潮市
(株)椿本チエイン	
東洋パーツ(株)	埼玉県長瀬町
(株)豊田中央研究所 試作開発部技術育成G	愛知県長久手町
(株)中川機器製作所	埼玉県皆野町
日型工業(株)	埼玉県鳩ヶ谷市
日進工具株	
日本金型材(株)	埼玉県戸田市
(株)日立製作所 モノづくり技術事業部モノづくり人材育成セ	東京都千代田区
(株)日立ニコトランスミッション	埼玉県さいたま市
藤田企画	埼玉県深谷市
富士電機機器制御(株)	埼玉県鴻巣市
フジノン(株)	埼玉県さいたま市
(株)ベッカー精工	埼玉県東松山市
堀越精機(株)	東京都大田区
(株)本田技術研究所	埼玉県和光市
(株)ユニテック	埼玉県桶川市
公的研究機関・大学	所在地
埼玉県産業技術総合センター 生産技術部	埼玉県川口市
群馬県立太田産業技術専門校	群馬県太田市
武蔵工業大学工学部	東京都世田谷区
京都工芸繊維大学 大学院ベンチャーラボラトリー	京都府京都市



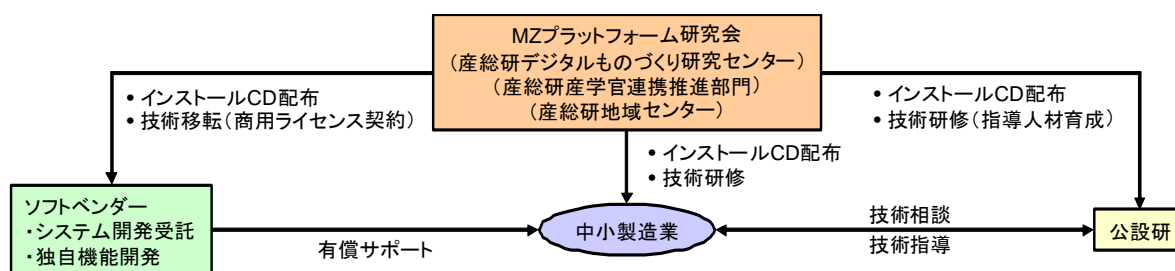
図IV-1 切削テンプレート・金属プレステンプレートの普及体制

「②工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」の実用化の見通し

本技術開発は NEDO 委託事業「ものづくり・IT 融合化推進技術の研究開発」（H13 年度～H17 年度）の成果物である MZ Platform をベースとして行われた。MZ Platform は H16 年 12 月より産総研コンソーシアム「MZ プラットフォーム研究会」を通じて年会費 1000 円にて個人・法人を含む会員に配布されているほか、ソフトウェアベンダーへの技術移転も進んでおり、H20 年度末現在で 8 社が TLO 契約を締結し事業展開を図っている。

本技術開発のうち次世代 MZ Platform 技術については、開発を完了した機能を MZ Platform Version 2.0（H19 年 10 月リリース）より順次導入しており、その意味においてすでに実用化されている。業務分析&アプリケーション設計支援ツールは、MZ Platform の機能拡張アプリケーションとして現行の配布キットに含め、中小製造企業の現場における実用およびソフトウェアベンダーによる事業利用を進める予定である。

工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発の成果普及は、現行の MZ Platform 普及体制を利用して行う。図IV-2 に普及体制図を示す。



図IV-2 工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発普及体制図

本技術開発成果は、産総研コンソーシアム「MZ プラットフォーム研究会」より配布を行っているインストール CD に収録することで普及を進める。次世代 MZ Platform 技術が H19 年より順次導入されていることはすでに前節で述べたとおりであるが、業務分析&アプリケーション設計支援ツールは、H21 年後期リリースへの収録を目標に、マニュアル作成等の作業を進める。また、現行の MZ Platform 初級・中級講習に加え、業務分析&アプリケーション設計支援ツールの講習カリキュラムを整備する。

一方、企業内で自社のシステム化を進める IT 化人材のほか、その指導を行う公設研等の IT 化指導人材、有償サービスを提供するソフトウェアベンダーの技術者育成のため、産総研の制度を利用した技術研修を実施する。

## 2. 分科会における説明資料

次ページより、プロジェクト推進・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。

# 「中小企業基盤技術継承支援事業」 事後評価分科会資料

公開版

平成21年7月28日

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
機械システム技術開発部

1/34

公開

## 目次

- |                    |   |      |
|--------------------|---|------|
| I. 事業の位置付け・必要性について | } | NEDO |
| II. 研究開発マネジメントについて |   |      |
| III. 研究開発成果        | } | PL   |
| IV. 実用化の見通し        |   |      |

2/34

# I. 事業の位置付け ・ 必要性について

3/34

## ○背景と目的

- 背景**
- ・我が国経済の活力を維持・発展のためには戦略的な製造業（川下産業）が、競争力を維持することが不可欠
  - ・高度な技術的基盤を持つ川上産業（中小企業が大きなウエイト担っている、部品、材料、加工サービス等を供給する産業、）が存在し、性能、信頼性、柔軟性、即応性等をもって、川下産業の商品開発を支えている

### 中小製造業の現状

- ・現場で働く技術者・技能者の高い能力を活かして高度な加工・製品を作り出すことが強み、我が国のものづくりの強さの根源
- ・中小製造業で従事している技術者・技能者は、昨今高齢化しており、引退の時期を迎えつつある。
- ・中小企業が保有している技術や技能、ノウハウは、そうした技術者・技能者固有のものである場合が多く、彼らが引退すると同時に中小企業から技術・技能・ノウハウも消えてしまう可能性がある。



技能・技術の喪失は、我が国の強みそのものを失うことになりかねない。

## ○背景と目的

**課題** 次世代を担う世代への技術・技能継承が重要な課題

**目的** 中小企業の優れたものづくりの技術、技能、ノウハウ等を形式知化・システム化し、中小企業の優れた技術・技能等を円滑に継承するための基盤整備に必要となる研究開発。



技能の抽出

### 実施効果

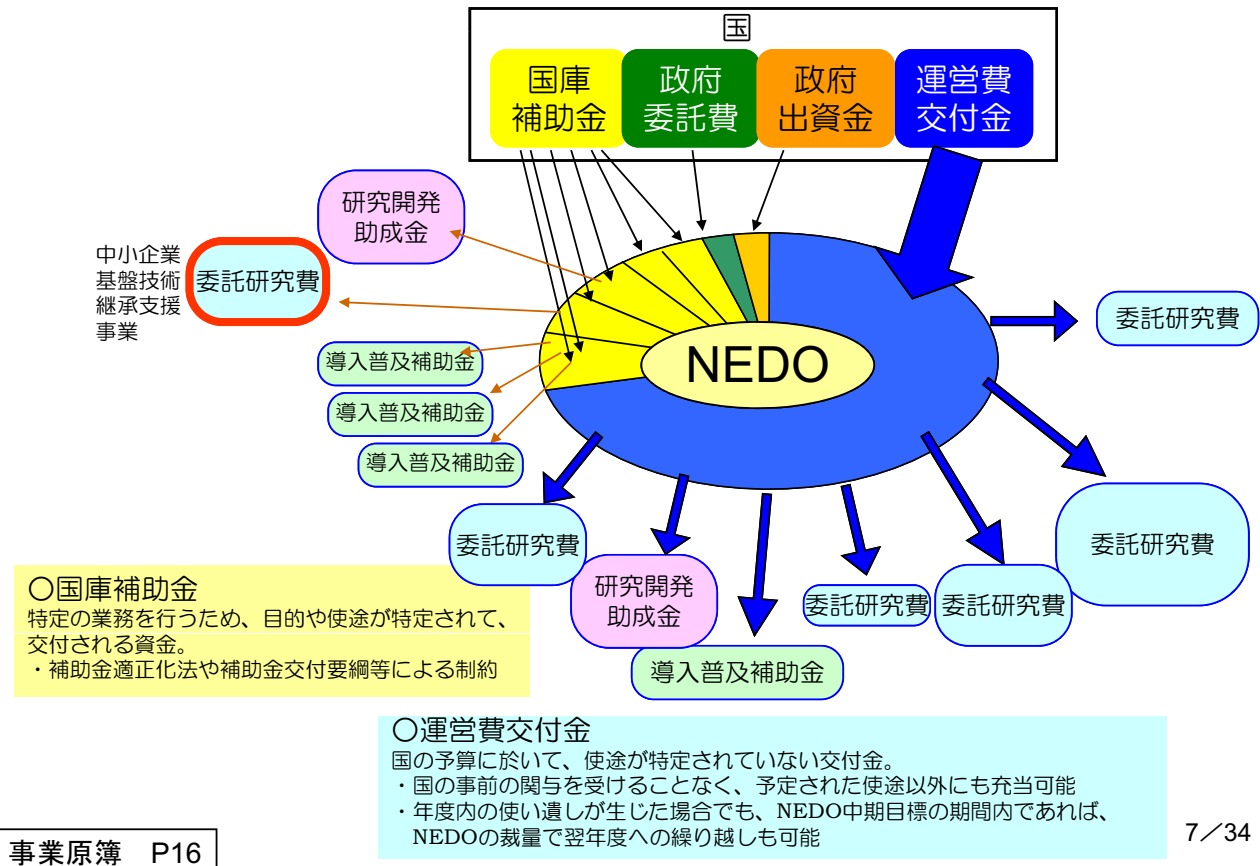
本研究開発により、技能の蓄積・伝承が可能となるだけでなく、設計・製造業務の効率化や加工技術の高度化を実現することにより、我が国中小製造業の国際競争力の維持、強化に貢献

## ○背景と目的

- ・一般機械部品に関する広範囲な加工法を対象にした技術開発が求められるため、資金や技術面において中小製造業者が単独で取り組むことは困難
- ・NEDO「ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発」で開発した研究成果を前提に実施するもの
- ・経済産業省中小企業庁が行う「基盤技術を担う中小企業支援（サポーティングインダストリー支援）事業」に基づく補助事業として実施



技術開発の緊急性や共通基盤性も考慮すると、本研究開発は本質的にNEDOプロジェクトとして行うことが適当



公開

## II. 研究開発 マネジメントについて



○研究開発の内容

事業の目標

研究開発項目①「技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の開発」

基盤的な機械部品加工技術（鍛造、鋳造、めっき、熱処理、切削、プレス）を対象に、加工技能者が製造設計から完成品に至る過程で行った行為（技能・技術）、意志決定プロセス等（判断の根拠、ノウハウ等）を抽出・整理し電子データとして蓄積する手法を開発し、中小企業者に提供できるようにする。具体的には、熟練技術を伝承するための加工技術知識の記述構造（加工テンプレート）を明らかにし、具体的な知識を蓄積し、また、システムとして実現する。

研究開発項目②「工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発」

中小製造業におけるIT化を促進するために、システム構築するための専門知識が無くても簡単に、かつ、安価でシステム構築が可能なソフトウェアを開発する。

○研究開発の内容

旧事業との比較

旧事業「ものづくり・IT融合化推進技術の研究開発」（H13-H17）では、加工技術データベースおよび新ソフトウェア開発基盤MZプラットフォームを開発した。加工技術データベースは、日々進化する加工技術をタイムリーかつ簡単に現場の技術者に提供し、その高度化を支援する技術を確認し、現在6500名以上の利用者を有している。また、新ソフトウェア開発基盤は、プログラムの簡便な開発はもちろん、業務運用の変更に現場で対応できる技術を開発した。

新旧事業の目的と成果

	旧事業（ものづくり・IT）	本事業（技能継承）
技術・技能の継承・共有化ツール	（目的） 加工技術の普及による技能の高度化 （成果） Webによるデータベース公開	（目的） 門外不出のノウハウの蓄積と継承 （成果） 社内データ蓄積活用ツール
アプリケーション構築技術開発	（目的） 現場作業によるプログラム開発 （成果） プログラム開発ツール	（目的） 経営革新のためのIT利用技術 （成果） システム構築するための専門知識が無くても簡単に、かつ、安価でシステム構築が可能な開発ツール

# ○プロジェクト予算とスケジュール

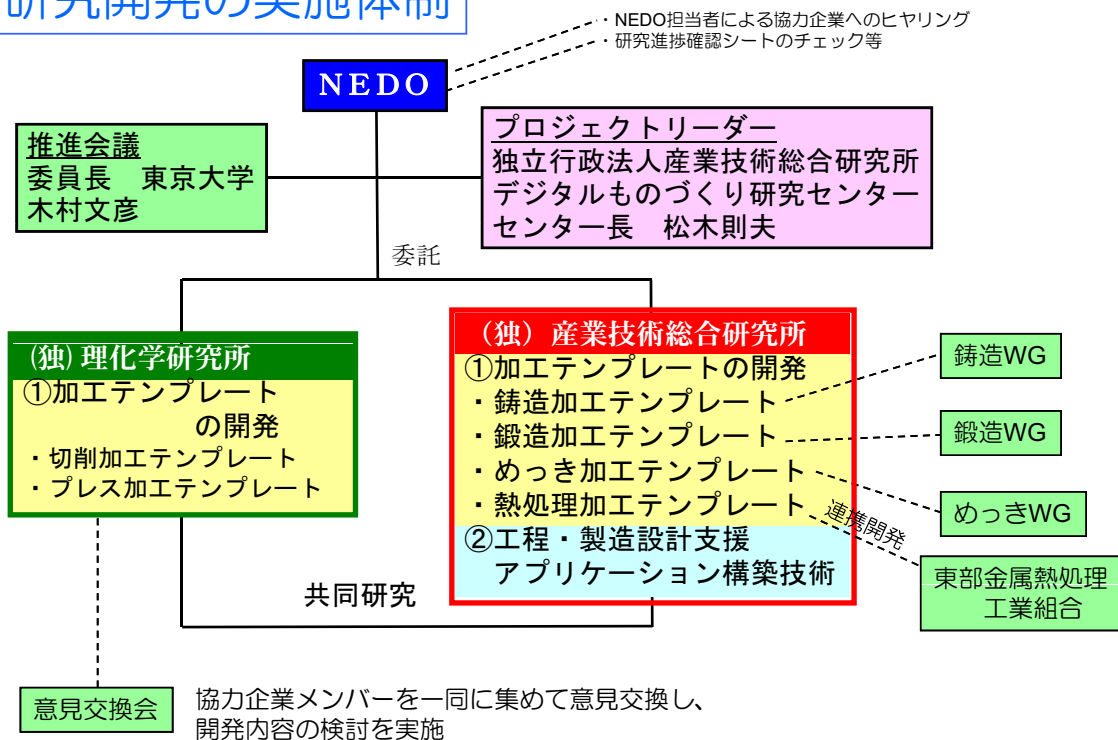
## 事業費と研究開発期間

研究開発期間：3年間（平成18年度～平成20年度）

予算実績：平成18年度 4.6億円、平成19年度 2.7億円、平成20年度 1.5億円

研究開発項目	主な成果	平成18年度	平成19年度	平成20年度
技術・技能の継承・共有化ツール(加工テンプレート)の開発	鑄造テンプレート 鍛造テンプレート めっきテンプレート 熱処理テンプレート 切削テンプレート 金属プレステンプレート	対象とする技能、データ構造の検討、試作の開始	加工テンプレートを30種類開発、60件評価	加工テンプレートを60種類開発、120件評価
工程・製造設計支援アプリケーション構築技術開発	次世代MZ Platform	次世代MZ Platformのメカニズムの検討	タスクフロー処理・タスク分散処理機能の開発	タスクフロー機能、タスク分散機能、次世代MZ Platform

# ○研究開発の実施体制



## ○研究開発の実施体制

新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）による公募、審査の結果、独立行政法人産業技術総合研究所デジタルものづくり研究センターと独立行政法人理化学研究所が委託先として選定された。研究開発にあたっては、企業、大学、その他の教育研究機関との緊密な連携の下で進められた。特に、中小製造業との連携開発を重視し、協力体制を強化した。またNEDOでは、効率的なマネージメントに供するため、技能継承に関わる課題・対策調査を独自に実施し、プロジェクトリーダー及び実施者へフィードバックした。

企業、大学、その他の教育研究機関との連携

- プロジェクト推進会議（委員長：木村文彦 東京大学教授）
- 加工テンプレート開発ワーキンググループ
  - ・ 鋳造WG（主査：梅田高照 チュラロンコン大学客員教授）
  - ・ 鍛造WG（主査：澤邊 浩 元冷間鍛造(株) 社長）  
（主査：竹内 雅彦 愛知製鋼(株) 専務取締役）
  - ・ めっきWG（主査：逢坂 哲弥 早稲田大学教授）
  - ・ 熱処理は東部金属熱処理工業組合と連携して開発
- 金属プレス、切削加工についての意見交換会

## ○プロジェクト推進会議

プロジェクト推進会議は、NEDO、経済産業省中小企業庁と連携をとりながら運営され、プロジェクトの研究計画、研究体制、スケジュール、研究方針などについて審議し、決定した。中小企業の現場のニーズを熟知している中小企業、公設試験研究機関から多くの委員が参画した。

* 木村 文彦	東京大学教授
帯川 利之	東京大学教授
金井 理	北海道大学助教授
上野 保	東成エレクトロビーム株式会社 社長
明石 巖	株式会社明石合銅 会長
中村 勝重	三鷹光器株式会社 社長
山田英佐夫	株式会社東電工舎 社長

開催状況

- 第1回：平成19年 2月13日
- 第2回：平成19年 5月16日
- 第3回：平成19年 9月 3日
- 第4回：平成19年11月26日
- 第5回：平成20年 2月22日
- 第6回：平成20年 8月 4日

\* 委員長

## 加工テンプレート開発ワーキンググループ 例 [\* : 主査]

鋳造WG	
*梅田 高照	チュラロンコン大学 客員教授 (東京大学名誉教授)
田淵 元兪基	株式会社 ミタックス 代表取締役
中島 一郎	中島合金 株式会社 代表取締役
橘 徹行	株式会社 日邦バルブ 松本工場次長
田中 隆之	愛知時計電機 株式会社 水道関連事業部長
村田 秀明	前沢給装工業 株式会社 執行役員生産技術部長
竹内 英昌	株式会社 カイバラ 取締役技術部長
丸 直樹	丸三工業 株式会社 代表取締役
遠藤 定良	株式会社 金門原町 代表取締役
牧野 親二	有限会社 マテック 代表取締役
藤井 孝彦	有限会社 藤井技術事務所 代表取締役

## III. 研究開発成果

### ○目標の達成度

- 技術・技能の継承・共有化ツール（加工テンプレート）の達成度  
6種類の加工法について10以上加工テンプレートを作成し、2社以上で評価する、という目標はすべて達成した。

加工法	テンプレートを10以上作成する	2社以上で評価する
鍛造	○	○
鋳造	○	◎
めっき	○	○
熱処理	○	○
切削	○	○
金属プレス	◎	◎

- 工程・製造設計支援アプリケーション構築技術の達成度  
10の技術開発をクリアし当初の目的の機能が実現された。なお、大幅な予算削減により、企業の評価は本年度以降に継続して実施することになった。

### ○論文等の成果

本研究開発の主たる成果は、次に述べる、加工テンプレートおよび次世代MZ Platform等の知的基盤（ソフトウェア等）であり、以下の成果が得られている。また、以下の統計には含まれないが、実際に企業での利用も開始されている。

- |               |     |       |    |
|---------------|-----|-------|----|
| 論文（査読あり）      | 18件 | 受賞、表彰 | 3件 |
| 依頼・招待講演       | 76件 | 新聞発表等 | 3件 |
| 解説            | 16件 |       |    |
| 口頭発表          | 33件 |       |    |
| 出願特許          | 2件  |       |    |
| 知的基盤（ソフトウェア等） | 26件 |       |    |

## ○技術・技能の継承・共有化ツールの開発

### 加工テンプレートとは

加工テンプレートとは、技能を抽出し保存するための記述構造を持った特定の技能に対するツールの総称であり、本研究開発項目では、鋳造、鍛造、めっき、熱処理、切削、金属プレス等の6加工法について、それぞれ10種類以上、合計60以上の加工テンプレートを開発することを目指した。

対象とする技能が異なれば、対応する加工テンプレートも異なったインターフェースと機能を持つ。本研究開発項目では、対応する技能に適合した加工テンプレートを設計、開発した。例えば、

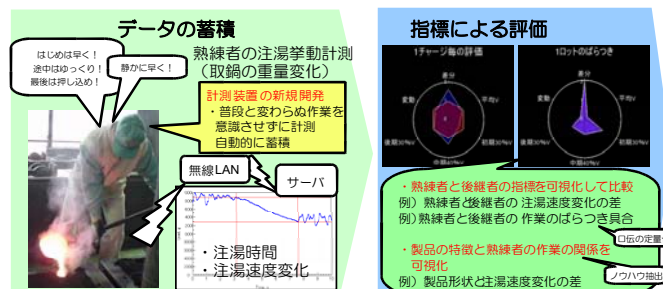
- 技能者の運動を記録する計測装置（注湯テンプレート等）
- データの蓄積活用手法（欠陥判別・対策テンプレート等）
- シミュレーションと補正值保存手法（ダイ応力解析テンプレート等）
- 作業のメタフローモデル手法（金属プレステンプレート等）

などである。以下、各加工法についてその概要を説明する

## ○鋳造テンプレート

	種類	概要
鋳造方案设计	1. 鋳造方案概略設計 2. 押湯方案设计 3. 湯口系方案设计 4. 注湯速度設計	・ 方案事例蓄積・管理データベース ・ 押湯パラメータ評価 ・ 湯口系パラメータ評価 ・ 押湯・湯口系・注湯速度の概略設計
溶解	5. 高力黄銅溶解 6. アルミ青銅溶解 7. 片状黒鉛鑄鉄溶解 8. 球状黒鉛鑄鉄溶解	・ 配合計算 ・ 成分調整計算 ・ 添加剤量の調整 ・ 各原材料の減耗を考慮
注湯	9. 注湯技能	・ 注湯速度の計測 ・ 熟練者の作業との比較 ・ ばらつき評価
欠陥対策	10. 欠陥判別・対策	・ 標準欠陥事例の参照 ・ 社内事例の登録 ・ 原因と対策の評価

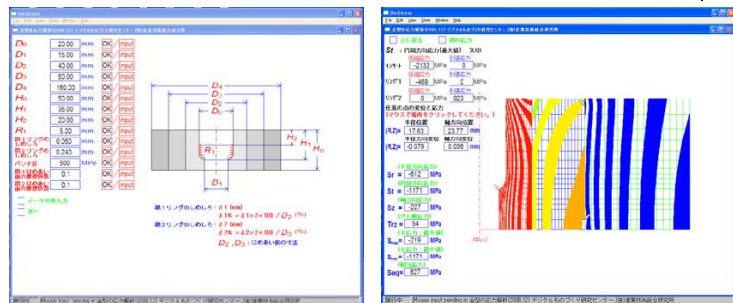
注湯技能テンプレートでは、取鍋（とりべ）に力センサーを取り付けることで、注湯時間や注湯の速度を記録・可視化することにより、熟練者が製品ごとに注湯速度を的確に制御する様子が明らかになった。



## ○鍛造テンプレート

種類	概要
1. 容器の押し出し圧力計算 2. 軸の前方押し出し圧力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 定常変形をする軸対称押し出し圧力を計算</li> <li>・ 拘束係数と変形抵抗との積と仮定</li> <li>・ 背圧を付加した押し出し、加工硬化材に対応</li> <li>・ スプライン、歯形押し出しなどに応用可能</li> <li>・ 独自の拘束係数、変形抵抗入力可能</li> </ul>
3. 掘込み圧力	・ 鋼材及びアルミニウムの変形抵抗をもとにピッカース硬さに比例すると仮定
4. 組合せ押し出し	・ 容器一軸が同時に生じるはずの寸法を算出
5. 多段押し出し	・ クーロン摩擦を考慮して2段押し出し圧力を算出
6. 容器の押し出し中の温度計算 7. 軸の前方押し出し中の温度計算	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 加工熱でピレットの温度を上昇させた後、直ちに熱伝導により冷却が始まると仮定</li> <li>・ 冷却モデルに球の熱伝導解析解を採用</li> <li>・ 加工速度及び寸法効果に対応</li> </ul>
8. パンチの応力解析 9. カウンタパンチの応力解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 有限要素法（FEM）を用いた軸対称パンチ及びカウンタパンチに作用する応力解析</li> <li>・ カウンタパンチの受圧板にノックアウト用パンチの穴あり</li> </ul>
10. ダイの応力解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 有限要素法（FEM）を用いた締めりはめ軸対称ダイに作用する応力解析</li> <li>・ シュリンクリング2個、および締める順序に対応</li> </ul>

ダイの応力解析テンプレートでは、解析対象を絞り込むことで、簡便なインターフェースで必要な情報を早く得ることができるとともに、従来の勘と経験に頼っていた金型設計のポイントが明確に理解され保存・活用が可能となった。



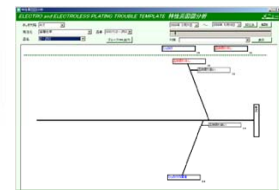
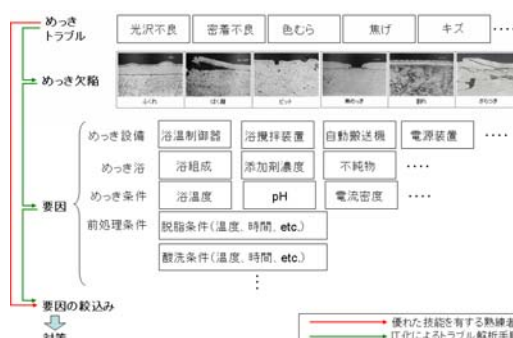
事業原簿 P55 ~P60

ダイの応力解析テンプレート

## ○めっきテンプレート

種類	概要
1. 欠陥要因	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 時系列カウント付き特性要因図分析</li> <li>・ 時系列パレート図分析</li> <li>・ 相関系統図分析</li> </ul>
2. 欠陥対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 時系列フローで蓄積</li> <li>・ 対策事例のステップ間での重要度をAHP法により計算</li> </ul>
3. 欠陥判別	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 画像カタログデータ化</li> <li>・ 経験的な欠陥発生傾向から推論</li> </ul>
4. 作業工程	・ 時系列フローで蓄積
5. 光学特性 6. 機械特性 7. 磁気特性 8. 電気特性 9. 腐食特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電気めっき、無電解めっきの加工事例データシートを活用</li> <li>・ 4つの範囲指定方法からデータ領域を決定</li> <li>・ 領域間を透過型重ね合わせにより領域を決定</li> <li>・ めっき推奨条件を提示</li> <li>・ 実験計画法を2水準、3水準で計算可能</li> </ul>
10. 作業軌跡習熟	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 力覚の提示による熟練者のひっかけめっき治具の作業軌跡を蓄積および提示</li> <li>・ 4つのモードによる習熟ステップ</li> <li>・ 熟練者と非熟練者との違いを数値化により比較可能</li> </ul>

めっきでは、トラブルの解析の手順を明確化し、欠陥要因や欠陥対策のための様々なテンプレートを開発し、企業での利用によりその有効性を検証した。



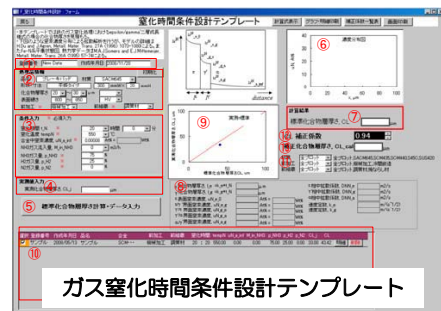
めっき欠陥要因テンプレート

事業原簿 P61 ~P68

## ○熱処理テンプレート

テンプレート	概要
1.ガス浸炭時間条件設計 平板タイプ： 丸棒タイプ：	平板タイプ処理品の表面から垂直方向の硬さ分布、有効浸炭硬化層深さ（ECD）、全浸炭硬化層深さ（TCD）などを予測する 丸棒タイプ処理品の表面から径方向の硬さ分布、有効浸炭硬化層深さ（ECD）、全浸炭硬化層深さ（TCD）などを予測する
2.ガス浸炭焼入れ変形予測：	丸棒タイプ処理品の焼入れ条件による曲り値を予測する
3.高周波焼入れ変形予測：	S45C丸棒タイプ処理品の高周波処理による曲り値を予測する
4.残留オーステナイト量予測：	焼入れ時の残留オーステナイト量を予測する
5.ガス浸炭残留オーステナイト量測：	ガス浸炭焼入れ時の残留オーステナイト量を予測する
6.ガス浸炭温度・雰囲気条件設計 赤外線分析炭酸ガス法：	浸炭温度、ガス雰囲気とカーボンポテンシャル(CPI)の関係をCO2分析法（赤外線分析法）の場合について予測する
7.酸素分圧測定法：	浸炭温度、ガス雰囲気とカーボンポテンシャル(CPI)の関係をO2分析（酸素センサー法）の場合について予測する
8.ガス窒化時間条件設計：	ガス窒化処理における表面から垂直方向の $\epsilon/\gamma'$ 2相成長様式の化合物層厚さを予測する
9.欠陥対策 ガス浸炭欠陥対策： 窒化・軟窒化欠陥対策： 高周波焼入れ欠陥対策：	ガス浸炭欠陥の原因と対策を提示する 窒化・軟窒化処理欠陥の原因と対策を提示する 高周波焼入れ欠陥の原因と対策を提示する
10.ガス浸炭技術管理データベース：	加工仕様書、品質報告書等を作成、保管する

熱処理においては、複雑な条件から主たる要因を推定し、繰り返し実験を行うことで現象を説明すると想定される実験式を導出し、それに対する補正として、熟練技能者の行う判断の値を保存・活用するツールを開発した。



事業原簿 P69 ~P75

ガス窒化時間条件設計テンプレート

23/34

## ○切削テンプレート

種類	概要	備考
1. 基本加工要素の集約	・汎用旋盤、汎用フライスを利用した基本的な加工方法について	主に初級者向き、基本的な技能・加工知識の共有・標準化することを目的
2. 段取り手法	・装置、加工物形状に応じた適切な段取り手順を蓄積	
3. 加工中の測定手法	・加工機上に段取りされた加工物の寸法測定作業の中でも、特別な手順を要する測定の手順	
4. 薄肉部材の加工	・薄肉ブランク材を加工する場合や加工後の形状が薄肉となる場合の段取りや工程順序について	主に中級者向き、高精度・難度の高い加工を行うための経験をケーススタディ的に蓄積することを目的
5. マシニングセンターを活用した加工	・マシニングセンターへの段取り設計・工程設計について	
6. 加工精度の向上	・止まり穴やポケット加工時の深さ精度向上についての注意点	
7. 位置決め精度向上とその手法	・加工物上での座標設定に関する考え方と注意点について	
8. 極微、極限的の加工	・仕上がり寸法が $\mu\text{m}$ となる部材の加工を成功させるための段取り・加工条件や注意点を蓄積	主に中上級者向き、ノウハウや経験に乏しく未知な点の多い、極高難度の加工に関する加工現象の理解を狙い
9. 難削材の加工	・タンタル材の高精度加工を成功させるための工具選定について	
10. 最適加工条件の探求	・試行錯誤による加工条件チューニング時の判断プロセスを蓄積	

切削においては、熟練技能者の注意点発見能力に着目し、一連の加工プロセスに取り組む際の注意点を蓄積し、思考過程の可視化を目指す、という視点でツールを開発した。



事業原簿 P76 ~P81

極微・極限的の加工テンプレート

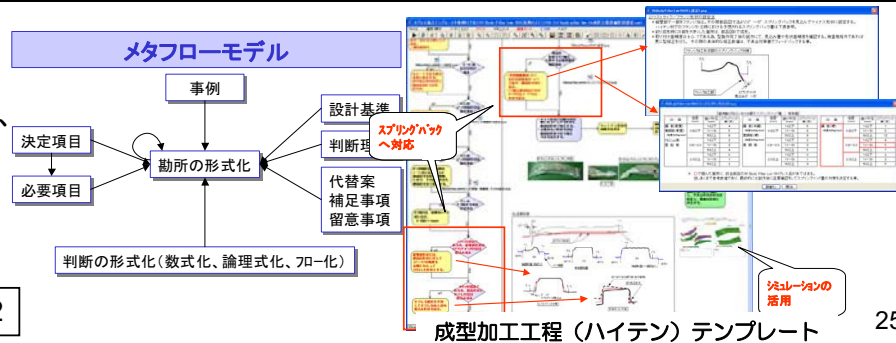
24/34



## ○金属プレステンプレート

種類	概要
1. プレス加工工程概要の検討 2. ブランクサイズの展開 3. 成形加工工程数の検討 4. 成形加工工程の詳細形状設定（一般部品） 5. 剪断加工工程数の検討 6. 剪断加工工程の詳細形状設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生産量、設備状況を考慮しプレス生産方式を設定</li> <li>・形状特徴に基づくプレス加工法を抽出</li> <li>・形状を考慮して、ブランクサイズを展開</li> <li>・形状に基づき、成形加工工程数を算定</li> <li>・事例解説方式で、加工特性を考慮した各加工内容の詳細形状を設定</li> <li>・形状に基づき、成形加工工程数を算定</li> <li>・事例解説方式で、加工特性を考慮した各加工内容の詳細形状を設定</li> </ul>
7. プレス型構造の成立性及びプレス設備仕様との整合性確認 8. プレス生産性良否の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各工程別金型の強度・構造に関する確認及び、予定されているプレス設備の能力、各種寸法条件、処理方式、搬送方式に関する確認</li> <li>・各工程における製品の位置決め、フィンガー掴み位置に関する確認</li> </ul>
9. 成形加工工程の詳細形状設定（ハイテン部品） 10. 品質及び生産性不具合対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長形一般部品を拡張して、成形加工におけるスプリングバックへの対応策を拡張</li> <li>・円筒部品において発生する主要な不具合に対する対策を支援する</li> </ul>

金属プレスの主要な技能は、金型作成の工程設計にあるため、そのメタフローに判断理由等の情報を蓄積できるツールを開発した。



事業原簿 P82～P92

## ○加工テンプレートと技能抽出手法一覧

加工法	テンプレート	技能抽出手法	類似の手法が有効と想定されるその他のテンプレート
鋳造	押湯方案設計 湯口系方案設計	原理・経験に基づく評価式	多数個取り鋳造方案設計・溶解技能
	注湯技能	実環境計測と評価式	
鍛造	加工力予測	理論式と補正項	鋳造：溶解技能テンプレート
	金型形状設計	シミュレーションと補正項	熱処理：
熱処理	ガス浸炭時間条件設計		ガス浸炭：温度・雰囲気条件設計 ガス軟窒化：時間条件設計
	変形予測	実験式と補正項	ガス軟窒化：焼入変形予測
めっき	トラブル対策	特性要因図と発生頻度対策重要度比較	各種加工法（熱処理・鋳造・鍛造） 他のコーティング法（溶射、PVD、CVD）
	条件パラメータ設定	領域指定と実験式	
切削	作業手順標準化 注意点発見	要素分類と因果関係の整理	複合的な加工原理を利用した生産の全般（切削+研削、塑性加工+切削+熱処理、etc）
金属プレス	工程設計 生産準備	メタフローモデルによる思考プロセスと経験値	工程設計一般

事業原簿 P93～P94

## ○技能抽出手法（まとめ）

加工テンプレート開発により、技能の抽出について次のことが有効であることが示唆された、と考える。

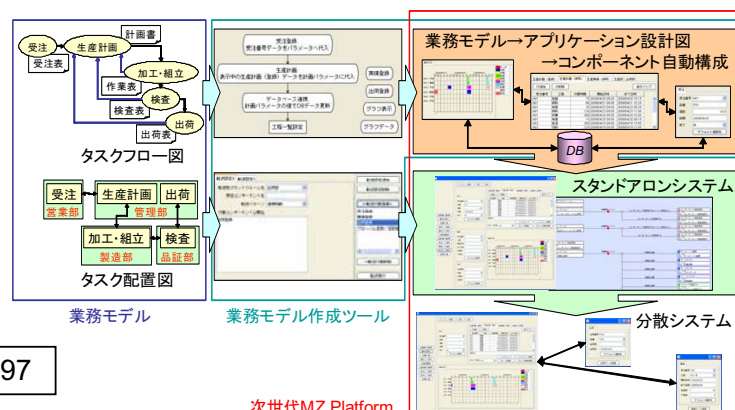
1. 判断および数値推定に関する技能については、以下の手法が有効である
  - － 原理・経験に基づく評価式
  - － 理論式と補正項
  - － 実験式と補正項
  - － シミュレーションと補正項
  - － 特性要因図と発生頻度対策重要度比較
2. 動作制御に関する技能については、以下の手法が有効である
  - － 実環境計測と評価式
3. 工程の選択に関する技能については、以下の手法が有効である
  - － メタフローモデルによる思考プロセスと経験知

## ○工程・製造設計支援アプリケーション構築技術

### 次世代MZ Platform（IMズィープラットフォーム）とは

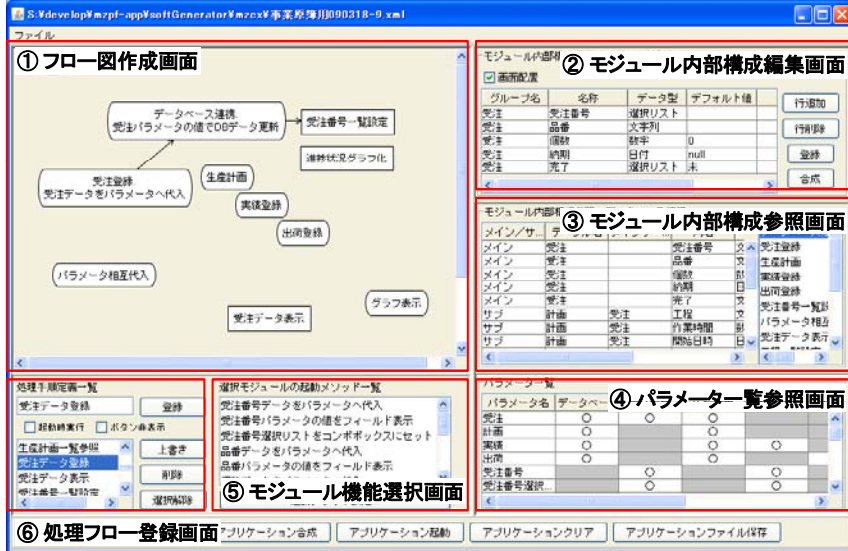
MZ Platformとは旧事業（ものづくり・IT）において開発されたソフトウェア開発基盤であり、プログラム言語の知識の無い人でもコンポーネントを組み合わせることで、業務アプリケーションが簡単に構築できる機能を持っている。

本事業では、MZ Platformの技術を更に発展させ、利用するデータ構造と業務手順（タスクフロー）を入力するだけで、半自動的に業務アプリケーションが構築できる、次世代MZ Platformを開発した。



## ○次世代MZ Platform開発成果の意義

基本となる情報の流れを記述し、それに基づいたITシステムの自動構築技術は、システム設計、プログラム開発の負荷を大幅に低減し、業務の変化に柔軟に対応できる効果は非常に大きい。



事業原簿 P98～P105

業務モデル作成ツール概観

29/34

## Ⅳ. 実用化の見通し

## ○加工テンプレート（項目①）の見通し（産総研）

実用化・事業化については、受託者である産総研および理研それぞれの組織のもつポテンシャルを活用して取り組む。

平成21年度より、次の普及策を実施する。

－ 関連業界団体、（財）素形材センター、関連学会を通じて成果の広報、普及に努める。具体的には、発行誌への研究成果の報告、技術委員会への紹介および講習会の実施を行う。

－ 産総研の既存の技術研修、技術移転、共同研究等の制度を活用して、加工テンプレート普及を行う。技術研修としては「中小企業技術・技能継承プログラム」という名称で、鍛造、鋳造、熱処理は年2回程度講習会を実施する（無料）。めっきについては、公設試験研究機関と協力して、各地で講習会を実施する。その他、企業の要望に応じて研究所の制度を利用する。

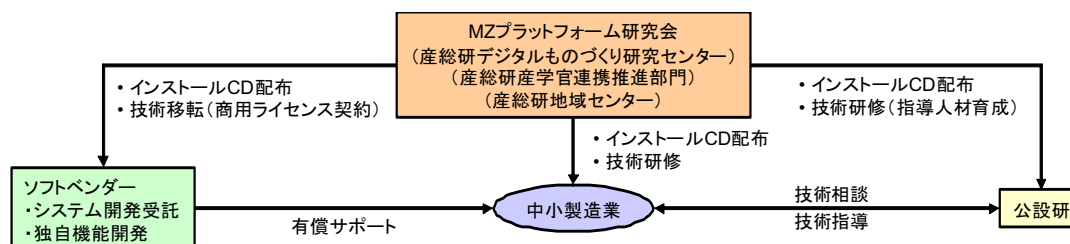
鍛造コース(10H)		
初級 6H	加工圧力計算TPの基礎と導入	・拘束係数とは ・変形抵抗とは ・加工圧力の計算原理 ・テンプレートの導入・使用方法
	工具の応力解析TPの基礎と導入	・工具内部に発生する応力 ・シュリンクリングの役割 ・工具面取りの役割 ・テンプレートの導入・使用方法
	組み合わせ鍛造TP ・温度解析TPの基礎と導入	・複雑形状鍛造の基礎 ・難加工材鍛造の基礎 ・鍛造品の温度上昇 ・テンプレートの導入・使用方法
中級 4H	事例評価・技術・技能継承ケーススタディ	・鍛造工程設計ケーススタディ（機械の選択・工法の選択・素材設計・工具設計） ・自社加工例をベースにした事例研究・グループ討議

事業原簿 P106～P108

31/34

## ○次世代MZ Platform（項目②）の見通し（産総研）

MZ Platform開発時に発足した、MZプラットフォーム研究会（年会費1000円）を通じて、個人・法人を含む会員に配布するとともに、TLO契約を通じてソフトウェアベンダーへの技術移転を進める（H20年度末で8社と契約済）  
また、産総研の研修制度や無償の講習会（週2回つくばで開催）を通じて利用方法の普及に努めるとともに、各県の公設試験研究機関での活用を支援する。

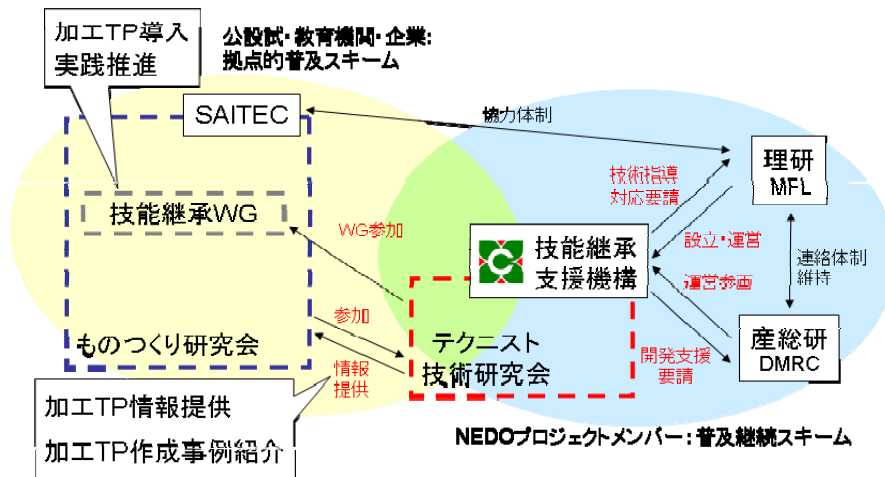


事業原簿 P109

32/34

## ○加工テンプレート（項目①）の見通し（理研）

平成21年度より、本成果普及のため技能継承支援機構を発足させた。同機構では、情報発信型および対話指導型という二つの方法により加工テンプレートユーザのサポートを行う。また、加工テンプレートのカスタマイズについては、理研の研修受け入れ制度、技術指導契約制度、共同研究制度を活用する。



事業原簿 P106～P108

## ○産総研と理研の連携について（補足）

研究開発時には共同研究契約を締結し、緊密な情報の共有と連携を実施した。また、交互に意見交換会やフォーラムを開催した。

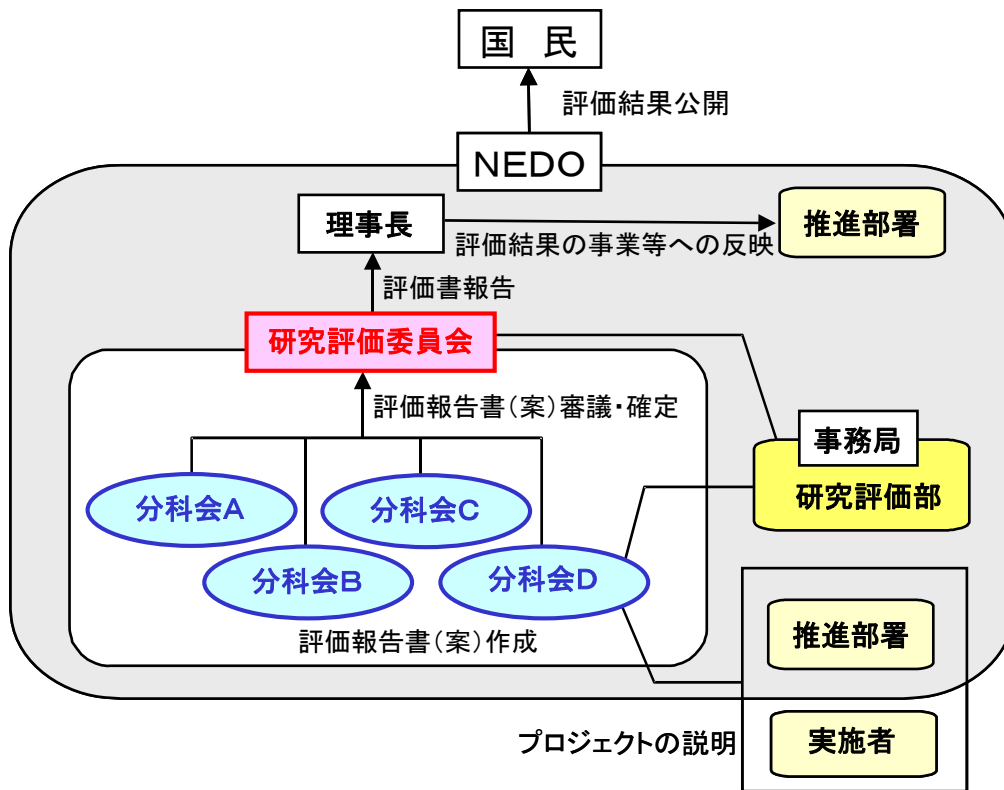
今後も技能継承に関するシンポジウムを共同で開催し、連携を深めるとともに成果の普及に努める。

## 参考資料 1 評価の実施方法

本評価は、「技術評価実施規程」（平成 15 年 10 月制定）に基づいて研究評価を実施する。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）における研究評価の手順は、以下のように被評価プロジェクトごとに分科会を設置し、同分科会にて研究評価を行い、評価報告書（案）を策定の上、研究評価委員会において確定している。

- 「NEDO 技術委員・技術委員会等規程」に基づき研究評価委員会を設置
- 研究評価委員会はその下に分科会を設置



## 1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において。

- 業務の高度化等の自己改革を促進する
- 社会に対する説明責任を履行するとともに、  
経済・社会ニーズを取り込む
- 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を  
促進する

としている。

本評価においては、この趣旨を踏まえ、本事業の意義、研究開発目標・計画の妥当性、計画を比較した達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性等について検討・評価した。

## 2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員選定に当たっては以下の事項に配慮して行う。

- 科学技術全般に知見のある専門家、有識者
- 当該研究開発の分野の知見を有する専門家
- 研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題その他社会的ニーズ  
関連の専門家、有識者
- 産業界の専門家、有識者

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外し、また、事前評価の妥当性を判断するとの側面にかんがみ、事前評価に関与していない者を主体とする。

これらに基づき、分科会委員名簿にある7名を選任した。

なお、本分科会の事務局については、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構研究評価広報部が担当した。

## 3. 評価対象

平成18年度に開始された「中小企業基盤技術継承支援事業」プロジェクトを評価対象とした。

なお、分科会においては、当該事業の推進部署から提出された事業原簿、プロジェクトの内容、成果に関する資料をもって評価した。



#### 4. 評価方法

分科会においては、当該事業の推進部署及び研究実施者からのヒアリングと、それを踏まえた分科会委員による評価コメント作成、評点法による評価及び実施者側等との議論等により評価作業を進めた。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き、原則として分科会は公開とし、研究実施者と意見を交換する形で審議を行うこととした。

#### 5. 評価項目・評価基準

分科会においては、次に掲げる「評価項目・評価基準」で評価を行った。これは、研究評価委員会による『各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格、中間・事後評価の別等に応じて、各分科会において判断すべき者である。』との考え方に従い、第1回分科会において、事務局が、研究評価委員会により示された「標準的評価項目・評価基準」（参考資料 1-7 頁参照）をもとに改定案を提示し、承認されたものである。

プロジェクト全体に係わる評価においては、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義や実用化への見通し等について評価した。各個別テーマに係る評価については、主にその目標に対する達成度等について評価した。

## 評価項目・評価基準

### 1. 事業の位置付け・必要性について

#### (1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との関係で十分であるか。

#### (2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

### 2. 研究開発マネジメントについて

#### (1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

#### (2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

#### (3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携が十分に行われる体制となっているか。

- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

#### (4) 情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

### 3. 研究開発成果について

#### (1) 目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

#### (2) 成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は公開性が確保されているか。

#### (3) 知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 研究内容に新規性がある場合、知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

#### (4) 成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。

- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

#### 4. 実用化の見通しについて

##### (1) 成果の実用化可能性

- ・ 整備した知的基盤についての利用は実際にあるか、その見通しが得られているか。
- ・ 公共財として知的基盤を供給、維持するための体制は整備されているか、その見込みはあるか。
- ・ J I S化、標準整備に向けた見通しが得られているか。注) 国内標準に限る
- ・ 一般向け広報は積極的になされているか。

##### (2) 波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

## 標準的評価項目・評価基準（事後評価）

2008. 3. 27

### 【事後評価 標準的評価項目・評価基準の位置付け（基本的考え方）】

標準的評価項目・評価基準は、第17回研究評価委員会（平成20年3月27日付）において以下のとおり定められている。（本文中の記載例による1・・・、2・・・、3・・・、4・・・が標準的評価項目、それぞれの項目中の(1)・・・、(2)・・・が標準的評価基準、それぞれの基準中の・・・が視点）

ただし、これらの標準的評価項目・評価基準は、研究開発プロジェクトの事後評価における標準的な評価の視点であり、各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格等に応じて、各分科会において判断すべきものである。

#### 1. 事業の位置付け・必要性について

##### (1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 特定の施策（プログラム）、制度の下で実施する事業の場合、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

##### (2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

#### 2. 研究開発マネジメントについて

##### (1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

## (2)研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

## (3)研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

## (4)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

## 3. 研究開発成果について

### (1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

### (2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながる事が期待できるか。

- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

### (3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

### (4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

## 4. 実用化、事業化の見通しについて

### (1)成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

### (2)事業化までのシナリオ

- ・ NEDO後継プロジェクト、NEDO実用化助成、企業内研究等、プロジェクト終了後の事業化までの道筋は明確か。
- ・ コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

### (3)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。



※基礎的・基盤的研究及び知的基盤・標準整備等の研究開発の場合は、以下の項目・基準による。

\*基礎的・基盤的研究開発の場合

### 3. 研究開発成果について

#### (1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

#### (2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

#### (3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

#### (4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

### 4. 実用化の見通しについて

#### (1)成果の実用化可能性

- ・ 実用化イメージ・出口イメージが明確になっているか。

- ・ 実用化イメージ・出口イメージに基づき、開発の各段階でマイルストーンを明確にしているか。それを踏まえ、引き続き研究開発が行われる見通しは立っているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

## (2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

\* 知的基盤・標準整備等の研究開発の場合

### 3. 研究開発成果について

#### (1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

#### (2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は公開性が確保されているか。

#### (3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 研究内容に新規性がある場合、知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

#### (4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

### 4. 実用化の見通しについて

#### (1)成果の実用化可能性

- ・ 整備した知的基盤についての利用は実際にあるか、その見通しが得られているか。
- ・ 公共財として知的基盤を供給、維持するための体制は整備されているか、その見込みはあるか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。
- ・ J I S化、標準整備に向けた見通しが得られているか。注) 国内標準に限る
- ・ 一般向け広報は積極的になされているか。

#### (2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。
- ・

## 参考資料 2 評価に係る被評価者意見

研究評価委員会（分科会）は、評価結果を確定するにあたり、あらかじめ当該実施者に対して評価結果を示し、その内容が、事実関係から正確性を欠くなどの意見がある場合に、補足説明、反論などの意見を求めた。研究評価委員会（分科会）では、意見があったものに対し、必要に応じて評価結果を修正の上、最終的な評価結果を確定した。

評価結果に対する被評価者意見は全て反映された。

本研究評価委員会報告は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO 技術開発機構）研究評価部が委員会の事務局として編集しています。

平成21年10月

NEDO 技術開発機構

研究評価部

統括主幹 竹下 満

主幹 寺門 守

担当 梶田 保之

\*研究評価委員会に関する情報は NEDO 技術開発機構のホームページに掲載しています。

(<http://www.nedo.go.jp/iinkai/kenkyuu/index.html>)

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミュージア川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5161 FAX 044-520-5162