

「航空機用先進システム実用化プロジェクト」事業原簿

| | |
|-----|---------------------------------------|
| 担当部 | 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 ロボット・AI部 |
|-----|---------------------------------------|

—目次—

| | |
|----------------------------------|-----|
| 概要 | 1 |
| プロジェクト用語集 | 10 |
| | |
| I. 事業の位置付け・必要性について | 18 |
| 1. 事業の背景・目的・位置付け | 18 |
| 1.1 事業実施の背景と事業の目的 | 18 |
| 1.2 政策的位置づけ | 18 |
| 1.3 国内外の研究開発の動向と比較 | 18 |
| 1.4 技術戦略上の位置づけ | 19 |
| 2. NEDO の関与の必要性・制度への適合性 | 20 |
| 2.1 NEDO が関与することの意義 | 20 |
| 2.2 実施の効果(費用対効果) | 20 |
| | |
| II. 研究開発マネジメントについて | 21 |
| 1. 事業の目標 | 21 |
| 1.1 事業の目標 | 21 |
| 1.2 研究開発目標と根拠 | 21 |
| 2. 事業の計画内容 | 33 |
| 2.1 研究開発の内容 | 33 |
| 2.2 研究開発の実施体制 | 43 |
| 2.3 研究開発の運営管理 | 51 |
| 2.4 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性 | 52 |
| 3. 情勢変化への対応 | 57 |
| 3.1 動向・情勢の把握と対応 | 57 |
| 3.2 開発促進財源投入実績 | 65 |
| 4. 中間評価結果への対応 | 66 |
| 5. 評価に関する事項 | 67 |
| | |
| III. 研究開発成果について | 68 |
| 1. 事業全体の成果 | 68 |
| 2. 研究開発項目毎の成果 | 68 |
| 2.1 研究開発項目毎の目標と達成状況 | 68 |
| 2.2 各個別テーマの成果と意義 | 81 |
| 2.3 成果の普及 | 146 |
| 2.4 知的財産権の確保に向けた取組 | 148 |

| | |
|-------------------------------------|-----|
| IV. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて | 150 |
| 1. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて..... | 150 |
| 1.1 本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方 | 150 |
| 1.2 実用化・事業化に向けた戦略..... | 150 |
| 1.3 実用化・事業化に向けた具体的取組..... | 154 |
| 1.4 成果の実用化・事業化の見通し..... | 159 |
| 1.5 波及効果 | 163 |

概要

最終更新日 2020年11月10日

| プロジェクト名 | 航空機用先進システム実用化プロジェクト | プロジェクト番号 | P15005 |
|--------------------|--|----------|--------|
| 担当推進部/ PM、担当者 | ロボット・機械システム部 【PM】井澤 俊和(2015年6月～2016年3月) 【担当者】平林 弘行、飯田 大貴(2015年6月～2016年3月) ロボット・AI部 【PM】平林 弘行(2016年4月～2017年5月)、嶋田 諭(2017年6月～2020年5月)、白木 聖司(2020年6月～2020年7月) 【担当者】飯田 大貴(2016年4月～2016年6月)、齊藤 響(2016年7月～2018年3月)、林成和(2017年1月～2020年2月)、福田 有里(2018年4月～2019年4月)、白石 貞純(2018年8月～2020年7月)、阿部 憲幸(2018年10月～2020年7月)、品川 貴(2019年4月～2020年7月)、服部 元隆(2019年7月～2020年7月)、金谷 明倫(2020年4月～2020年7月)、白川 周(2020年4月～2020年7月) | | |
| 0. 事業の概要 | 本研究開発は、航空機の安全性・環境適合性・経済性といった社会のニーズに対応した、軽量・低コストかつ安全性の高い先進的な航空機用システムを開発し、次世代航空機に提案可能なレベルにまで成熟させることにより、我が国の航空機産業の競争力強化を目指すものである。 本研究開発は委託による課題設定型の研究開発事業であり、2015年度～2020年度の約5年間で実施される。 | | |
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 本研究開発は、航空機の安全性・環境適合性・経済性といった社会のニーズに対応した、軽量・低コストかつ安全性の高い先進的な航空機用システムを開発するものであり、経済産業省が策定した産業構造ビジョン2010に記載されている、航空機産業の売上高目標(2020年に売上高2兆円、2030年に売上高3兆円)を達成するための具体的な施策のひとつとして位置付けられている。 航空機用先進システムの開発は技術的・経済的な波及効果が大きく、裾野産業の形成や雇用創出につながり、我が国の産業の活性化、海外展開の促進に貢献することが期待できる。 航空機システムは開発期間が長く、認証取得にも膨大な費用と時間を要することから、開発にあたってのリスクが極めて大きいため、NEDOの関与が必要である。 | | |
| 2. 研究開発マネジメントについて | | | |
| 事業の目標 | 以下に示す7つの研究開発項目について航空機用先進システムのプロトタイプモデルを製作し、地上あるいは飛行環境下で従来のシステムよりも優れた性能・機能等を有することを実証する。なお、研究開発項目⑥及び⑦は、2016年度に実施した追加公募により採択した案件である。 ①次世代エンジン熱制御システム研究開発 発電容量の大容量化の要求の高まり等に伴う冷却負荷の増大に対応した、高効率かつ小型軽量のエンジン用熱交換器システムを開発する。 ②次世代降着システム研究開発 次世代の民間航空機で求められる電動化の技術動向に対応した、降着装置システムの脚システムの電動化対応技術を開発する。対象とする脚システムは脚揚降システム、電動タキシングシステム及び電磁ブレーキシステムとする。 ③次世代コックピットディスプレイ研究開発 先進の表示デバイス技術、光学補償技術、薄型・曲面・ガラス加工技術、双方向パイロット・インターフェース技術等を用いたコックピットディスプレイを開発する。 ④次世代空調システム研究開発 次世代の電動化された航空機で増大することが予想される電子機器の発熱に対応した、Passive Pump方式・Active Pump方式の液冷システム及び風量や昇圧調節等の作動状態を可変制御できる軸流ファンを開発する。 ⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発 高信頼なピトー管、エア・データ・コンピュータ/アクチュエータ・コントロール・コンピュータ、電動アクチュエータ向けのコントローラ及び光通信を組み合わせた飛行制御/操縦システムを開発する。 ⑥次世代自動飛行システム研究開発 画像処理技術を用いた、舵面故障時の飛行維持システム及びGPS/ILSロスト時の自動着陸システムを開発する。 ⑦次世代エンジン電動化システム研究開発 従来を上回る耐熱性を有する高耐熱電動機、及び燃料システムや空調システムも考慮した効率の良い排熱システムを開発する。 | | |

| 事業の計画内容 | 研究開発項目 | | 2015FY | 2016FY | 2017FY | 2018FY | 2019FY | 2020FY |
|----------|---|--|---------------------|--------|--------|------------------|--------|--------|
| | 次世代エンジン熱制御システム研究開発 | | 数値解析による設計検討、試作品の実験検 | | | プロトタイプ設計/製作、 | | |
| | 次世代降着システム研究開発 | | リグ供試体の設計/製作、及びリグ試験 | | | プロトタイプ設計/製作、環境試験 | | |
| | 次世代コックピットディスプレイ研究開発 | | 要求設定、仕様策定、供試体製作 | | | 供試体評価、耐環境性検 | | |
| | 次世代空調システム研究開発 | | 主要構成部の試作開発 | | | プロトタイプ・システム開 | | |
| | 次世代飛行制御/操縦システム研究開発 | | 仕様策定 | 試作品の製作 | | 供試体製作・システム評価 | | |
| | 次世代自動飛行システム研究開発 | | システム試作、シミュレーション | | | 飛行試験、システム改良 | | |
| | 次世代エンジン電動化システム研究開発 | | 電動機試作評価、システム | | | プロトタイプ製作、システム | | |
| | 開発予算 (単位:百万円) | 会計・勘定 | 2015FY | 2016FY | 2017FY | 2018FY | 2019FY | 2020FY |
| 一般会計 | | 340 | 305 | 334 | 321 | 265 | 1 | 1,566 |
| 特別会計 | | 0 | 100 | 95 | 96 | 134 | 0 | 425 |
| 開発成果促進財源 | | 0 | 0 | 50 | 42 | 0 | 0 | 92 |
| 総予算額 | | 340 | 405 | 479 | 459 | 399 | 1 | 2,083 |
| (委託) | | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 開発体制 | 経産省担当原課 | 製造産業局 航空機武器宇宙産業課 | | | | | | |
| | プロジェクトリーダー | なし | | | | | | |
| | プロジェクトマネージャー | NEDO ロボット・AI部 主査 白木 聖司 | | | | | | |
| | 委託先 | 研究開発項目①:住友精密工業(株) (再委託先:東京大学) 研究開発項目②:住友精密工業(株) (再委託先:多摩川精機(株)) 研究開発項目③:横河電機(株) 研究開発項目④:(株)島津製作所 (再委託先:東海国立大学機構) 研究開発項目⑤:東京航空計器(株) 研究開発項目⑥:(株)リコー、東京大学 (再委託先:三菱スペース・ソフトウェア(株)、(国研)宇宙航空研究開発機構、(国研)海上・湾港・航空技術研究所電子航法研究所) 研究開発項目⑦:(株)IHI(再委託先:住友精化(株)、住友精密工業(株)、(株)島津製作所、日産自動車(株)、(株)日立ソリューションズ) | | | | | | |
| 情勢変化への対応 | <p>本プロジェクトに関連して 2015 年度以降に実施された、動向・情勢の把握を目的とした情報収集事業は以下の通り。なお、調査の実施に係る費用は本プロジェクトとは別の予算から支出されている。また、各研究開発項目に関連する動向・情勢については、各委託先に把握に努めるよう指導するとともに、把握された動向・情勢への対応と併せ、事業推進委員会等で報告を行っている。</p> <p>①国外の航空機開発及び航空機システム開発に関する動向調査(2015 年度)</p> <p>②航空機システム開発に関する国内他産業連携の可能性調査(2017 年度)</p> | | | | | | | |
| 評価に関する事項 | 事前評価 | 2015年2月 担当部 ロボット・AI部 | | | | | | |
| | 中間評価 | 2017年10月 | | | | | | |
| | 事後評価 | 2020年11月 | | | | | | |

| ◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達 | | | | |
|--------------------------------------|---|---|-----|-----------------------------------|
| 研究開発項目①次世代エンジン熱制御システム研究開発 | | | | |
| 研究開発テーマ | 最終目標 | 成果 | 達成度 | 備考 |
| ①ASACOC | 重量 10%減 | 重量 15%減↘ | ◎ | |
| ②HFCOC | 重量 10%減 | 重量 17%減↘ | △ | ALM(積層造形)化により計算上は 17%削減が可能。製作が課題。 |
| ③OFCV | 重量 10%減 | 重量 15%減↘ | ◎ | |
| ④熱制御システム | 重量 10%減 | 重量 16%減↘ | △ | HFCOC の ALM 化により目標を大きく達成する見込み。 |
| 研究開発項目②次世代降着システム研究開発 | | | | |
| 研究開発テーマ | 最終目標 | 成果 | 達成度 | 備考 |
| ①脚揚降システムの研究開発 | 質量を軽減させる。 | 目標質量まで軽減した。 | ○ | |
| | 実機搭載(温度変化含む)を考慮した状態で、脚扉の開閉 / 脚の揚降に要する時間を評価する。 | Equipment(一部除く)を試作・評価し、システム性能を解析することで目標を達成した。 | ○ | |
| ②電動タキシングシステムの研究開発 | 以下の仕様を満足する供試体の設計を完了させる。(In-Wheel Motor 単体) | 仕様を満足する供試体の設計を完了し、機能・性能を確認した。 | ○ | 性能的に最終目標を達成した。今後耐環境性向上、強度向上を図る。 |
| | 質量 In-Wheel Motor 単体: 31.0 kg 以下 システム全体: 120kg 以下 | 質量 In-Wheel Motor 単体: 30.6 kg システム全体: 101.4kg | ○ | |
| | 出力トルク: 1370N-m | 出力トルク: 1370N-m (In-Wheel Motor 1 個あたり) | ○ | |
| | 外形寸法: φ 215mm × L172mm | 外形寸法: φ 215mm × L172mm | ○ | |
| 研究開発項目③次世代コックピットディスプレイ研究開発 | | | | |
| 研究開発テーマ | 最終目標 | 成果 | 達成度 | 備考 |
| ①大画面・任意形状ディスプレイモジュールの研究開発 | モックアップ設計 | 設計完了 | ○ | |
| | モックアップ製造 | 製造完了 | ○ | |
| | モックアップ評価 | 評価完了 | △ | EMC 評価は除く |
| ②大画面・任意形状ディスプレイモジュール適応型タッチパネル機能の研究開発 | モックアップ設計 | 設計完了 | ○ | |
| | モックアップ製造 | 製造完了 | ○ | |
| | モックアップ評価 | 評価完了 | △ | EMC 評価は除く |

3. 研究開発成果について

| ③DO254 認証取得活動 | SOI#1 実施と指摘事項対応 | 完了 | ○ | |
|--------------------------------|---|---|----------------------------------|----|
| 研究開発項目④次世代空調システム研究開発 | | | | |
| 研究開発テーマ | 最終目標 | 成果 | 達成度 | 備考 |
| ①-1 二相流体熱輸送システム Active Pump 方式 | システムの主要構成部を試作し、性能を取得する。 (TRL4 を達成) | 二相熱交換器: 性能を取得するとともに従来よりも高精度な設計式を得た。 ポンプ: 性能を取得してオープン翼車の適合を確認した | ○ | |
| | 熱輸送量 5～20kW を達成するための制御手法を確立する。 | 小型システムと Bread Board Model により 5～20kW の安定的な熱輸送を実現する制御手法を確立した。 | ○ | |
| | 機体への搭載を想定した仕様での設計、及びパッケージ化を行った飛行実証前段階のプロトタイプモデルを製作し、基本性能・環境性能・耐久性能の地上性能評価を完了する。 (TRL6 を達成) | プロトタイプモデルにより基本性能・環境性能・耐久性能を実証。搭載環境におけるシステムの成立性を確認した。 | ○ | |
| | 従来の液冷システムに対して消費電力低減(60%減)を達成する。 | 70%低減。 | ○ | |
| | 従来の液冷システムに対して重量低減(30%減)を達成する。 | 30%低減。 | ○ | |
| | ①-2 二相流体熱輸送システム Passive Pump 方式 | システムの主要構成部を試作し、性能を取得する(TRL4 を達成) | ウィックを試作して性能を取得。従来品よりも有望なウィックを得た。 | ○ |
| 熱輸送量 5kW を達成する | | 小型システムおよび Bread Board Model により熱輸送量 5kW を達成した。 | ○ | |

| | | | | | |
|------------|---|--|----------------------------|-----|--------------------|
| ②スマート軸流ファン | 機体への搭載を想定した仕様での設計、及びパッケージ化を行った飛行実証前段階のプロトタイプモデルを製作し、基本性能・環境性能・耐久性能の地上性能評価を完了する(TRL6を達成) | プロトタイプモデルにより基本性能・環境性能・耐久性能を実証。搭載環境におけるシステムの成立性を確認した。 | ○ | | |
| | 従来の液冷システムに対して重量低減(30%減)を達成する | 30%低減 | ○ | | |
| | 動翼・静翼、制御回路、モータの各構成要素レベルでの設計・試作を行い、各試作部位に対して性能評価を行う。(TRL4を達成) | <p>動翼・静翼: 制御回路の内蔵に適した動翼・静翼に適用可能な設計手法を確立。試作・評価により所定の性能を確認した。</p> <p>制御回路: 回路の小型化と動翼・静翼の形状を追求。筐体内に内蔵可能な大きさで所定の性能を確認した。</p> <p>モータ: 制御回路の筐体内の内蔵化に有利で、所定の性能を有するコアレスアウターロータ PM同期モータを採用。</p> | ○ | | |
| | スマート軸流ファンとして飛行実証前段階のプロトタイプモデルを製作し、基本性能・環境性能・耐久性能の試験評価を完了する。(TRL6~7を達成) | プロトタイプモデルの試作・評価、および解析計算により、所定の基本性能・環境性能・耐久性能を有することを確認した。 | ○ | | |
| | モータ効率向上(90%以上)を達成する。 | 90%達成。 | ○ | | |
| | 従来の軸流ファンと同程度あるいはそれより軽い重量を達成する。 | プロトタイプモデルで従来の一定回転速度ファンと同程度の重量(+7%)を達成した。 | ○ | | |
| | 製品化に向けた具体案を作成する。 | 客室空気の清浄化のニーズに着目し、空気清浄ユニットの構想案を作成した。 | ○ | | |
| | 研究開発項目⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発 | | | | |
| | 研究開発テーマ | 最終目標 | 成果 | 達成度 | 備考 |
| | ①操縦バックアップシステム | モータ コントラ ADC/ACC | ピトー管(統合試験では圧力発生装置を使用)の対気速度 | ○ | 機体メーカーとの共同研究を模索する。 |

| | | | | | |
|------------------------|--|---|--|----|-------------------------|
| | | の基本的な機能確認用のブレッドボードモデル(BBM)を製作し、検証用プラットフォームとしてのBBMの機能、処理能力等の妥当性を確認する。(TRL4) | 情報を元に、BFCS アルゴリズムを介してモータコントローラの制御を行い、TRL5 相当の能力を有していることを確認した。 | | |
| | ②モータコントローラ | 所定の出力のBBM(TRL4)を作製する。模擬負荷印加装置を構築し、モータに負荷を加えた状態でモータ制御を実施する。 | 高高度、高温環境下において10kWのモータ負荷の制御を実施し、TRL6相当の能力を有している事を確認した。また、課題の抽出も行き、今後の開発課題の把握を行った。 | ○ | アクチュエータメーカーとの共同研究を模索する。 |
| | ③ピトー管 | フライトモデル(FM)を製作し、所定の寿命時間の実証試験を実施する。認証試験取得のための準備を行う。 | 近年、改訂された着氷試験要求(AS8006A)でのデータ収集及び耐久試験により所定の高信頼性能を有していることを確認した。今後、認証試験を経て認証取得を目指す。 | ○ | 試験供試体の製作手法の確立 |
| 研究開発項目⑥次世代自動飛行システム研究開発 | | | | | |
| 研究開発テーマ | 最終目標 | 成果 | 達成度 | 備考 | |
| ①画像処理による航法誘導制御技術 | 位置検出・自動着陸 ・プロトタイプモデルを用いた無人航空機による飛行試験を行い、画像処理による位置検出が可能であることを確認する。 | フランス国立航空宇宙研究機関(ONERA)が開発した欧州無人固定翼機のフライトコントローラと連携した画像処理システムとして、超望遠ステレオカメラを開発し、飛行中の航法誘導制御に必要な画像処理システムの仕様の明確化および、飛行中の性能検証が可能となった。画像処理による位置検出(約600m手前からの最終進入時のRTK GPSをベースとした機体位置推定値とのRMSEは、X(前方)=3.7[m]、Y(水平)=3.1[m]、Z(高度)=2.0[m])が可能であることを飛行試験により実証した。 | ○ | | |
| | GPS/ILS ロストモデル ・GPS/ILS 異常時においても自動着陸(最終進入)ができることを無人機による飛行試験により確認する。 | ・無人機の飛行試験により実データを取得し、開発したGPS/ILS 異常モデルを用いてGPS/ILS 異常を模擬したところ、異常時においても画像センサを併用することで、十分な精度で継続進入が可能であることを確認した。 | ○ | | |

| | | | | | |
|---------------------|--|---|---|---|--|
| | | <p><u>天候対応</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・晴天時以外(曇天時)の画像を取得し、そのデータをもとに位置検出が可能であることを確認する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・晴天時および曇天時においても画像処理システムによる位置検出が可能であることを確認した。 | ○ | |
| | | <p><u>障害物検知・回避</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・最終進入時における障害物を検知・回避できることを無人航空機を用いた試験により確認する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・超望遠ステレオカメラを搭載した無人固定翼機、マルチコプターの飛行試験より得られたデータから障害物検知のアルゴリズムを開発し、その実験データを使用した誤差モデルから不確定性を考慮した障害物回避アルゴリズムをシミュレーションによって確認した。 | ○ | |
| ② 画像処理による舵面故障検出制御技術 | | <p><u>舵面状態検知</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・MuPAL-α機に舵面角度検知システムプロトタイプを搭載し、飛行試験を行い、定常旋回時の舵角推定精度を確認する。 ・故障診断に関してはHIS試験をベースに実用化レベルを高める。 | <p>画像処理システムの仕様策定および MuPAL-α の 3 次元モデルを使用したカメラ画像による舵面角度推定アルゴリズムを開発した。JAXA と連携することで、MuPAL-α 機体内に画像処理システムを搭載可能となり、飛行試験による正常な飛行データの取得に成功した。定常旋回時の舵角推定精度(アクチュエータのセンサ値と本画像処理システムの舵角推定値の RMSE で 0.59 度)を確認することができ、実用化に向けた課題を把握することができた。</p> <p>ゲイン低下、及びレートリミット低減、遅れ、舵角飽和という 4 種類の舵面状態を検知できるアルゴリズムを開発し、画像処理システムより実機での飛行試験から得られた誤差モデルを用いて、実機飛行時の故障検知シミュレーションを実施し、その有効性を検証した。</p> | ○ | |
| | | <p><u>耐故障飛行制御</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・耐故障制御による安定飛行の維持を飛行試験もしくは Hardware in the loop Simulation (HIS)試験により確認する。 | <p>欧州が開発した三種類の耐故障飛行制御(スライディングモード制御ベースの制御則、ロバスト制御ベースの制御則、オンラインパラメータ推定およびゲインスケジューリングベースの制御則)、および東大と JAXA によるロバスト制御と適応制御ベースの制御則を MuPAL-α の実験用 FBW 計算機に搭載し、すべての制御器が想定した故障が生じても大きな操縦性劣化がないことを確認した。</p> | ○ | |
| | | <p><u>ソフトウェア認証</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・画像処理シス | <p>民間航空機搭載用ソフトウェア規格 DO-178C に基づくソフトウェア開発に必要な活動の</p> | ○ | |

| | | | | | |
|-----------------------------------|--|---|--|----|--|
| | | <p>テムを対象とし、民間航空機搭載用ソフトウェア規格 DO-178C に基づくソフトウェア開発プロセスの全体概要をまとめる。</p> | <p>全般を調査し、一般のソフトウェア開発と異なる安全にかかわる部分を中心にそのプロセスの全体概要をまとめた。画像処理システムを搭載するには、異常時の飛行への影響度を評価した DAL を設定し、それに基づく適切なソフトウェアレベルによる開発プロセスを構築する必要があることが判明した。</p> | | |
| 研究開発項目⑦次世代エンジン電動化システム研究開発 | | | | | |
| 研究開発テーマ | 最終目標 | 成果 | 達成度 | 備考 | |
| ①高温に耐える高耐熱電動機 | 高耐熱電動機の試作品において 300℃の耐熱温度を有することを確認する。 | 巻線に高耐熱絶縁被膜を適用した高耐熱評価用電動機の試作機にて 300℃の耐熱温度を有することを確認した。 | ○ | | |
| | 250kW 以上で地上試験によりエンジン内蔵型電動機の実現性・有効性を実証する。 | 300℃耐熱の絶縁システムを適用した電動機を製造し、250kW 発電を達成、解析と合わせてエンジン内蔵型電動機の実現性・有効性を実証した。 | ○ | | |
| ②燃料システムおよび空調システムも考慮した、効率のよい排熱システム | エンジン電動化システムの設計手法を確立し、その手法を用いて燃費改善などの効果を確認する。 | 燃料を通じた空調とエンジンの排熱連携について、熱収支計算と熱交換器のサイジング設計により巡航条件での燃費改善効果を確認した。 | ○ | | |
| | シミュレーション等により性能評価を実施する。 | 空調とエンジンの排熱を連成して評価するシミュレーションモデルを構築、性能評価を実施し、エンジン内蔵型電動機の排熱成立性と、1 フライトを通じての燃費改善効果を確認した。 | ○ | | |
| | 環境及び搭載形態を考慮した空冷排熱システムの解析評価、および高密度ヒートシンク試作による評価を実施し、空冷排熱方式の効果を確認する。 | 空冷排熱システムのキーとなる高密度ヒートシンクについて、解析評価により性能及び構造健全性を確認した。解析結果を反映した試作評価により、より均一な冷却能力の確保を確認した。 | ○ | | |
| | エンジン内蔵型発電機及びその発電制御を含めた電力システムの評価を実施する。 | 電源バスについて、機体電源喪失の故障要因分析を実施。各故障率データを用いた安全性解析の結果、製品成立性のある数値内であることを確認した。 | ○ | | |
| | | 電力システムの安全性確保のため電力遮断システムの有効 | ○ | | |

| | | | | |
|------------------------------|--|---|--|--|
| | | 性を確認した。 | | |
| | 投稿論文 | 6件(うち査読有4件) | | |
| | 特許 | 出願済6件(うち国際出願5件) | | |
| | その他の外部発表 (プレス発表等) | 16件(研究発表・講演8件、新聞雑誌等への掲載3件、展示会への出展5件) | | |
| 4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて | <p>本研究開発における7つの実施項目は、いずれも安全性・環境適合性・経済性の向上に寄与するものであり、社会のニーズに対応している。また、国内外の航空機メーカーが2020年代に開発を開始することが想定される、次世代航空機に提案可能なレベルにまで成熟させることを目標としているため、提案が採用されることで実用化への道筋が一気に開ける。</p> <p>実用化・事業化に向けての取り組みとして、本研究開発で製作する航空機用先進システムのプロトタイプを試作し、認証取得に向けて実証試験等を行うこととする。また、本研究開発を通じて、実証試験インフラの整備、サプライチェーンの確立、人材の確保に寄与するよう取り組む。さらに、必要に応じて国外の航空機メーカーや航空機システムメーカーをパートナーとして選定することにより、ユーザ側のニーズを的確に把握し、成果を実用化・事業化につなげることを目指す。</p> <p>本研究開発にて開発した航空機用先進システムが国内外の航空機メーカーに採用されること、またプロダクトサポートやMRO(Maintenance, Repair and Overhaul)により、2020年代以降から年間で研究開発項目毎に数十億円、合計で最大数百億円の売上を継続して得ることが期待できる。</p> | | | |
| 5. 基本計画に関する事項 | 作成時期 | 2015年3月 作成 | | |
| | 変更履歴 | <p>2016年3月 国外の研究開発動向を踏まえて研究開発項目⑥及び⑦を追加 また、技術分野における動向等の調査に関する記載、プロジェクトマネージャーに関する記載、及び研究開発スケジュール(別紙2)を追加。</p> <p>2016年4月 組織再編に伴う部名変更、及びプロジェクトマネージャーの所属部署、氏名を変更。</p> <p>2017年10月 プロジェクトマネージャーを変更。</p> <p>2020年6月 プロジェクトマネージャーを変更</p> | | |

プロジェクト用語集

①次世代エンジン熱制御システム研究開発

| 用語 | 説明 |
|----------------|---|
| ASCOC | Advance Surface Cooled Oil Cooler。航空機用エンジンのオイルクーラーの一種。エンジンのバイパスファンエアを冷媒として、航空機エンジンの潤滑油を冷却するための熱交換器。 |
| HFCOC | Hybrid Fuel Cooled Oil Cooler。航空機用エンジンのオイルクーラーの一種。エンジンの燃料を冷媒として、航空機エンジンの潤滑油を冷却するための熱交換器。 |
| OFCV | Oil Flow Control Valve。航空機エンジンのオイルクーラーに流れる油の流量をコントロールするためのバルブ。エンジンの EEC(電子式エンジン制御装置)から信号に制御される。 |
| 熱交換器 | 異なる2つ以上の流体間で熱を交換するために使用する機器。 |
| GTF | Geard Turbo Fan。ジェットエンジンの一種。ファンを減速して駆動するために遊星歯車機構を持つ。 |
| 熱制御システム | エンジンのパフォーマンスを最適化するためにエンジンの潤滑油および燃料の温度をコントロールする熱交換器のシリーズとその周辺機器。 |
| 冷媒 | 高温の流体を熱交換器で冷却するために利用される低温の流体。 |
| 燃費 | 本事業原簿では、航空機の燃料の単位容量あたりの飛行距離を示す指標。 |
| エミッション | 環境を汚染する廃棄物。本事業原簿では、主に航空機エンジンから排出される二酸化炭素や、窒素酸化物。 |
| LCC | Low Cost Carier(格安航空会社)。 |
| Horizon2020 | 欧州委員会が実施する研究および革新的開発を促進するための助成金交付プログラム。 |
| プロセス | 本事業原簿では、製造工程を示す。 |
| 押出型材 | 押出成型で加工された材料。塑性加工材料の一種で、素材を圧縮して金型から押し出して形成され、ある一定の断面形状をもった材料である。 |
| 多穴管 | 押出型材の一種。 |
| バンク・フィン | 空気フィン的一种。 |
| プレーンフィン | 空気フィン的一种。 |
| スカイ部加工 | 製造工程の一種。 |
| ブレイジングシート | アルミのろう付け(ブレイジング)に必要な材料。 |
| コルゲーション | 金属箔をプレス成型により、波上に成型した部品もしくはその形状。 |
| ブレイジング | ろう付け工程。接合する方法で溶着の一種。接合する部材(母材)よりも融点の低い合金(ろう)を溶かして、母材自体を溶融させずに接合させることができる。 |
| ブレーキプレス・ベンディング | 材料の曲げ工程の一種。 |
| ドロー・ベンディング | 材料の曲げ工程の一種。 |
| ストレッチ・ベンディ | 材料の曲げ工程の一種。 |

| | |
|-------------|---|
| ング | |
| CFD | Computational Fluid Dynamics(数値流体力学)。 |
| 共役熱伝導解析 | 流体と個体間の伝熱の計算もしくはシミュレーション。 |
| Ground Idle | 航空機のフライト条件の一種。地上でエンジンの運転可能な最少出力状態。 |
| Cruise | 航空機のフライト条件の一種。航空機が一定の高度と速度を維持しながら飛行を継続している状態。 |
| LVDT | Linear Variable Differential Transformer(線形可変差動変圧器)。本体と機械的に連結された物体の直線運動に対応する電気信号に変換できる、電気機械トランスデューサの一種。 |
| フェールセーフ機構 | 誤操作・誤動作による障害が発生した場合、常に安全側に制御するよう設計されること。 |
| ホットプレス | 加熱した専用の鋼板を、型で急冷しながら成形する工法。 |
| 積層造形 | 立体物を水平に輪切りにした断面データをもとに、材料を薄い層状積み上げて立体物を製作する工法。 |
| ALM | Additive Layer Manufacturing(積層造形)。 |

②次世代降着システム研究開発

| 用語 | 説明 |
|---------|--|
| EHA | Electro-Hydrostatic Actuator(電気油圧式アクチュエータ)。モータでポンプを駆動し、油圧でアクチュエータを制御する。 |
| EMA | Electric Mechanical Actuator(電気機械式アクチュエータ)。モータでメカニカルにアクチュエータを制御する。 |
| ETAXI | Electric Taxiing(電動タキシング)。電動モータによる駆動力により、エンジン推力なしに航空機を地上走行させるシステム。 |
| MBD | Model Based Development(モデルベース開発)。シミュレーション技術を取り入れた開発手法。 |
| MR ブレーキ | MRFを用いた非接触ブレーキ。磁気粘性流体の外部磁場による粘性変化を利用した、非接触式のブレーキ構造。 |
| MRF | Magneto Rheological Fluid(磁気粘性流体)。強磁性微粒子、その表面を覆う界面活性剤、ベース液(水や油)の3つで構成される磁性コロイド溶液で、外部磁場により粘性が変化する性質を持つもの。 |
| RTO | Rejected Take-Off(離陸中断)。航空機が離陸する際に、何らかの事情により離陸滑走を中断し、緊急停止すること。 |

③次世代コックピットディスプレイ研究開発

| 用語 | 説明 |
|---------------|--|
| コックピット | 航空機の操縦室部。 |
| パイロットワークロード | パイロットが飛行操縦判断のために行う情報認知及び処理の負荷を一般には示す。 |
| ヒューマンエラー | 意図しない結果を生じる人間の行為、人為的誤認識及びそれによる失敗。 |
| SVS | Synthetic Vision System(合成視野システム)。コンピュータグラフィック(CG)を用いてパイロットの支援を行う器材である。SVS には、あらかじめ地形、空港、航空路などの情報を CG として保存し、自機の位置情報を CG 画面に重畳表示することによって、パイロットの操作を支援する。 |
| EVS | Enhanced Vision System(増強視野システム)。イメージングセンサ(赤外線センサ、ミリ波レーダ、光電子増倍管等)を用いて、前方外界の地形(生映像または処理映像)に、地形や地域に対する航空機の相対位置と高度を表示することによって、視界が悪い状態での着陸などを支援する。 |
| AWO | All Weather Operation。 FAA、EASA で定義される気象状況に応じた安全運航のための要件 |
| 次世代航空交通管制システム | 機体・地上の情報を統合処理し、機上での相互位置関係の認識や、航路の協調的意思決定を可能とするシステム。本研究開発は、これら将来システムにも適応可能な技術である。 参考)IADF レポート, 25-7, ICAO が推進する次世代航空交通管理システム構想 http://www.iadf.or.jp/document/pdf/25-7.pdf |
| EMC | Electro Magnetic Compatibility(電子機器の電氣的、磁氣的な耐性、および不干渉性)。動作中に他の機器や人体に悪影響を及ぼす電磁妨害を発生させず、かつ、他の機器が発する電磁波などの影響を受けない性能のこと |
| DO254 | RTCA/DO254 Design Assurance Guidance for Airborne Electronic Hardware(航空電子機器ハードウェアの設計保証ガイド)。FPGA/ASIC 設計に適用。 |
| SOI#1 | Stage Of Involvement #1。DO254 認証においてベンダーと認証機関との間で取り決められた4つの検討要求事項の1つ。認証取得のための計画を作成する。 |
| DER | Designated Engineering Representative。開発された航空機搭載機器が、技術基準に適合していることを承認または承認するよう推奨することを FAA から委任された人 |
| FAA | Federal Aviation Administration(連邦航空局)。 |
| EASA | European Aviation Safety Agency(欧州航空安全庁)。 |
| LRU | Line Replaceable Unit(列線交換ユニット)。エアライン整備で交換するユニット。 |
| SRU | Shop replaceable Unit(ショップ交換ユニット)。電子機器整備ショップで交換するユニット。 |
| EIS | Entry into Service(機体の就航)。 |

④次世代空調システム研究開発

(a)二相流体熱輸送システム

| 用語 | 説明 |
|---------------------------------|---|
| エア・サイクル・システム | 空気自身を冷媒とした空調・与圧システム。地上においては APU(補助動力装置)、飛行時にはエンジンのコンプレッサで圧縮された空気の一部を抽出し、それをコンプレッサで昇圧、タービンで膨張させて空気の温度と流量を調節して機内に供給すると同時に、機外に排出する空気流量を調節することで機内圧力を制御する。 |
| ヒート・パイプ | 密閉されたパイプ内に多孔質材を内張りし、液体を封入したもので、動力を必要とせずに熱輸送が可能な伝熱装置。ヒート・パイプの一端を加熱し、他端を冷却すれば、加熱部で内部の液体が蒸発して蒸気となり冷却部へと流動し、ここで冷却されて凝縮熱を出して凝縮する。凝縮した液は、多孔質材での毛細管作用により加熱部へと返送され、連続的に熱が輸送される。 |
| ループ・ヒート・パイプ | 加熱部にのみウィックが存在し、加熱部(蒸発器)と冷却部(凝縮器)が分かれた構成となっており、ウィックで生じた毛細管力により動力を必要とせずに加熱部と冷却部間の熱輸送が可能な伝熱装置。ウィックが蒸発器にのみ存在するため、ヒート・パイプよりも熱輸送量を大きく、熱輸送距離を長くすることが可能となる。 |
| ウィック | ヒート・パイプ、ループ・ヒート・パイプにおいて冷媒を送り出す動力となる毛細管力を生み出す多孔質体。 |
| 毛細管力 | 液体中に細い管を入れると表面張力の作用等により、管内の液体が上昇又は下降する現象を毛細管現象といい、この時液体に加わる力のこと。 |
| 液冷システム | 液相冷媒の温度変化(顕熱変化)により対象を冷却するシステム。液相冷媒はポンプで昇圧され、加熱部と冷却部間を循環する。 |
| ベーパ・サイクル・システム | 冷媒の相変化(潜熱変化)により対象を冷却するシステム。加熱部(蒸発器)での入熱により気単相になった冷媒はコンプレッサで昇圧された後、冷却部(凝縮器)に流れて凝縮して液単相になり、膨張弁で断熱膨張により温度低下するとともに気液二相となって再び加熱部(蒸発器)に流れる。 |
| TRL(Technology Readiness Level) | 技術要素がどのような成熟状態にあるのかを定量的に示す手法。TRL 1 から TRL 9 までの 9 段階が設定されている。 TRL4: ブレッドボードモデルの実験室環境での検証 TRL6: プロトタイプモデルの地上での実証 |
| R245fa | 化学式 $\text{CHF}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$ 、化学名 1,1,1,3,3,-ペンタフルオロプロパン。オゾン破壊係数(OPD)が 0、地球温暖化係数(GWP)が 882 であり、ターボ冷凍機用の冷媒として用いられている。 |
| オープン・タイプ翼車、オープン翼車 | 回転によって生じる遠心力により流体にエネルギーを与える羽根車の中で、羽根部がむき出しになっているもの。 |
| クローズド・タイプ翼車、クローズド翼車 | 回転によって生じる遠心力により流体にエネルギーを与える羽根車の中で、羽根部が側板等で覆われたもの。 |
| R1224yd(Z) | 化学式 $(Z)\text{-CF}_3\text{CF}=\text{CHCl}$ 、化学名 (Z)-1-Chloro-2,3,3,3-Tetrafluoropropene。オゾン層破壊係数(OPD)が 0、地球温暖化係数(GWP)が 1 以下であり、冷媒 R245fa の代替冷媒としてターボ冷凍機等に用いられている。 |

| | |
|--------|---|
| DO-160 | FAA(米国)や EASA(欧州)など主たる航空関連機関が採用する環境試験のスタンダード規格。 |
|--------|---|

(b)スマート軸流ファン

| 用語 | 説明 |
|------------------|---|
| ファン、送風機 | 羽根車の回転運動によって気体にエネルギーを与える機械で、単位質量当たりのエネルギーが 25 kNm/kg(kJ/kg)未満のもの。 |
| 軸流ファン | 気体が羽根車を軸方向に通り返ける送風機。 |
| 内筒 | ケーシング本体の内部に、軸受又は電動機を置くために設けた円筒。 |
| コアレス・アウターロータ・モータ | ステータ内に鉄構造(コア)がなく、ステータの外側に磁石(ロータ)がある DC ブラシレスモータ。 |
| 流量係数 | ポンプ特性のうち、吐き出し量を表す無次元数。次の式の ϕ を言う。 $\phi = Q / (Au)$ ここに、 ϕ : 流量係数 Q : 吐出し量(m ³ /s) A : インペラ出口面積(m ²) u : インペラの羽根代表径での周速度(m/s) |
| 揚程係数 | ポンプ特性のうち、全揚程を表す無次元数。次の式の ψ を言う。 $\psi = H / (u^2 / 2g)$ ここに、 ψ : 揚程係数 H : 全揚程(m) u : インペラの羽根代表径での周速度(m/s) g : 自由落下の加速度(m/s ²) |
| ハブ | 主軸に固定され、羽根を取り付ける回転体。 |
| フィードバック制御 | フィードバックによって制御量を目標値と比較し、それらを一致させるように操作量を生成する制御。 |
| 深紫外線 LED | 100~280nm の波長領域の光を発する LED。殺菌や空気浄化等の効果が得られる。水銀ランプの代替として注目されている。 |

⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発

| 用語 | 説明 |
|-----|---|
| ACC | Acuator Contorl Computer (アクチュエータコントロールコンピュータ)。自動操縦を含む主操縦装置と副操縦装置からの信号を元に航空機の高揚力装置、水平尾翼トリムといった可動翼を動かす駆動装置を作動させ、機体の姿勢を制御する装置である。 |
| ADC | Air Data Coumputer (エアデータコンピュータ)。高空を飛行する航空機において、 |

| | |
|--------|--|
| | 機外で温度と圧力データを同時に計測し、それらから得られた情報を元にコンピュータが計算を行い、航空機が飛行に必要とする、気圧高度・対気速度・外気温度などを配信する装置である。 |
| AIWT | Altitude Icing Wind Tunnel。SAE AS8006A「ピトー管及びピトー静圧管の民間航空機に対する技術要求基準書」に基いた着氷試験が可能な小型の風洞設備。 |
| BBM | Bread Board Model（ブレッドボードモデル）。新規技術要素を有する開発において、設計の実現性を確認するために製作・試験されるモデル。初期段階に製作し試作機的役割を持つ。航空用の部品ではなく、地上の一般用部品や材料を使用して製作する。この段階で出た問題点を解決し、次のEM製作に進む。 |
| BFCS | Backup Flight Control System（操縦バックシステム）。 |
| EASA | European Aviation Safety Agency（欧州航空安全局）。欧州連合の専門機関の一つ。EU（欧州連合）の民間航空機産業における、安全に関する分野での規制やその管理を行なう機関で、ドイツのケルンを拠点としている。 |
| EM、EM2 | Engineering Model（エンジニアリングモデル）。数字はバージョンを示す。基本設計に基づき製作し、機能・性能・環境試験に供することで設計の妥当性を確認し、次の詳細設計段階に移行するための設計を固めるためのデータを取得するためのモデル。部品などの品質と信頼性を除いて実機とほぼ同一仕様を持つ。試験の内容によっていくつものモデルを製作することもある。 |
| FBL | Fly By Light（フライバイライト）。航空機において、光信号により航空機の操縦翼面を制御する技術である。パイロットの操作を光ファイバー・ケーブルに流れる光信号によって伝え、可動翼を動かす駆動装置（アクチュエータ）を動かして操縦翼面を操作する技術である。FBLでは、光によって操縦信号を伝達するため、電磁干渉および電磁パルスに対して強く、信号の伝送量を大幅に増大できることから、航空機の性能向上に伴って信号の伝送量の増大が予想される将来の操縦装置にとって有効となる新技術である。 |
| FBW | Fly By Wire（フライバイワイヤ）。航空機において、電気信号により航空機の操縦翼面を制御する技術である。パイロットの操作を電気ケーブルを通して信号を伝え、可動翼を動かす駆動装置（アクチュエータ）を動かして操縦翼面を操作する技術である。 |
| FCC | Flight Control Computer（フライトコントロールコンピュータ）。自動操縦を含む主操縦装置と副操縦装置からなる飛行制御装置、機体の姿勢を制御する装置である。 |
| FM | Flight Model（フライトモデル）。詳細設計に基づき基本的に実機と同一仕様（部品、材料、加工）で製作されるモデルで、飛行試験に供するモデル。このモデルに対しては、飛行用としての品質を備えていることを確認するために最低限の環境試験を行う。 |
| NRC | National Research Council of Canada（カナダ国立研究機関）。カナダの経済、地域および社会の発展に役立つ科学技術を創造、修得、振興するために1916年に科学・産業研究諮問機関として創設された国立科学研究振興法人。カナダにおける |

| | |
|------|--|
| | 科学研究の中心的存在。 |
| PM | Prototype Model (プロトタイプモデル)。システム開発において、本格的な開発に取りかかる前に、設計方式の妥当性、あるいは、性能の検証を行うためのモデル。 |
| RATF | Research Altitude Test Facility。AE AS8006A「ピトー管及びピトー静圧管の民間航空機に対する技術要求基準書」に基いた着氷試験が可能な大型の風洞設備。 |
| TRL | Technology Readiness Level (技術成熟度レベル)。体系的な分析に基づいて、市ン技術の開発レベルを評価するために使用する基準。米国 NASA が 1970 年代に考案した。 TRL5 : 技術要素としての実証モデルが、実使用環境に近い条件のもとで試験されているレベル。 TRL6 : 地上でのシステムとしての技術成立レベル TRL7 : 飛行試験確認レベル TRL8 : 認証試験取得レベル TRL9 : 実運用レベル |

⑥次世代自動飛行システム研究開発

| 用語 | 説明 |
|--------------|---|
| IMU | Inertial Measurement Unit(慣性計測装置)。運動を司る 3 軸の角度(または角速度)と加速度を検出する装置。 |
| GPS | Global Positioning System(グローバル・ポジショニング・システム, GPS、全地球測位システム)。アメリカ合衆国によって運用される衛星測位システム(地球上の現在位置を測定するためのシステムのこと)。 |
| ILS | Instrument Landing System(計器着陸装置)。着陸進入する航空機に対して、空港・飛行場付近の地上施設から指向性誘導電波を放射し、視界が悪いときでも安全に滑走路まで誘導する計器進入システム。 |
| Horizon 2020 | 全欧州規模で実施される、最大規模の研究及び革新的開発を促進するためのフレームワークプログラム。 |
| 6 自由度 | six degrees of freedom。3 次元空間において剛体を取り得る動きの自由度のことであり、並進速度3自由度と回転3自由度から構成される。 |

⑦次世代エンジン電動化システム研究開発

| 用語 | 説明 |
|------|---|
| AACS | Autonomous Air-Cooling System(自律型分散空冷システム)。 |
| ACOC | Air-Cooled Oil Cooler(空気冷却オイルクーラー)。 |
| ECS | Environmental Control System(環境制御装置)。 |
| FCAC | Fuel-Cooled Air Cooler(燃料冷却エアクーラー)。 |
| FCOC | Fuel-Cooled Oil Cooler(燃料冷却オイルクーラー)。 |

| | |
|-------|---|
| Mifee | Metering and Integrated fuel FEeding Electrification(機体推進系統合燃料フィード)。 |
| RamHX | ラム空気流を用いた熱交換器 |
| 固定子 | 電動機・発電機の固定された電機子のこと。 |
| 回生 | 機器で生じる余剰なエネルギーを回収し、電力に変換して再利用すること。 |
| 力行 | モータやエンジンの動力を駆動輪に伝えて加速して均衡速度を保つこと。 |
| ワニス | 透明な被膜を形成する塗料。天然または合成の樹脂を溶媒に溶かしたもの。 |

I. 事業の位置付け・必要性について

1. 事業の背景・目的・位置付け

1.1 事業実施の背景と事業の目的

航空機産業は、最先端の技術が適用される典型的な研究開発集約型の産業、かつ極めて広い裾野を有する総合産業であり、極限までの安全性・信頼性が求められ、厳しい品質管理が要求される。また今後、旅客需要は世界的に大きく伸び、今後 20 年で約 2 倍になることが想定されている。

一方、2020 年代半ば以降に市場投入予定の次世代航空機は、2020 年代に開発が開始される想定であるが、次世代航空機にはさらなる安全性・環境適合性・経済性が求められている。そのため、これらのニーズに対応した航空機用先進システムを開発し、我が国の技術が次世代航空機に早期に導入可能な体制を構築しておく必要がある。

そこで本プロジェクトでは、航空機の安全性・環境適合性・経済性といった社会のニーズに対応した、軽量・低コストかつ安全性の高い先進的な航空機用システムを開発し、次世代航空機に提案可能なレベルにまで成熟させることを目的とする。

本プロジェクトでは航空機用先進システムのプロトタイプモデルを製作し、地上ないし飛行環境下で従来のシステムよりも優れた性能・機能等を有することを実証する。これにより、国内外の航空機メーカーからは一定の成熟度を持つシステムであると判断され、次世代航空機への提案が可能となる。そのため、これまでは国外の航空機システムメーカーの下請けに甘んじていた我が国の航空機システムメーカーも、航空機システム市場に本格的に参入する機会を作り出すことができるため、事業目的として妥当であると考えられる。

1.2 政策的位置づけ

「航空機用先進システム実用化プロジェクト」(以下、本プロジェクトと記載)は、航空機の安全性・環境適合性・経済性といった社会のニーズに対応した、軽量・低コストかつ安全性の高い先進的な航空機用システムを開発するものであり、経済産業省が策定した産業構造ビジョン2010に記載されている、航空機産業の売上高目標(2020年に売上高2兆円、2030年に売上高3兆円)を達成するための具体的な施策のひとつとして位置付けられている。

1.3 国内外の研究開発の動向と比較

我が国では、経済産業省の事業「航空機用先進システム基盤技術開発」において、ブレーキシステムと地上走行システムの設計目標・仕様の設定等に関する研究開発を実施している。一方で、欧州では航空機システムに関する研究開発プロジェクトが 2002 年以降に実施されており、我が国としても諸外国に遅れを取らないようにするため、航空機システムに関する継続的な研究開発が必要であると考えられる。

欧州では、航空機システムに関する研究開発プロジェクトが 2002 年以降に実施されているが、航空機システムに関する技術的課題はまだまだ多く残されているのが現状といえる。本研究開発を通じて航空機用先進システムを開発することにより、これまでは国外の航空機システムメーカーの下請けに甘んじていた我が国の航空機システムメーカーも、航空機システム市場に本格的に参入する機会を作り出すことができる。

1.4 技術戦略上の位置づけ

NEDO の 2013 年度情報収集事業「航空機分野における戦略策定調査」の技術戦略マップにおいて、航空機用先進システムの開発は航空機システム技術の重点開発テーマとなっており、本プロジェクトは航空機の安全性・環境適合性・経済性といった社会のニーズにも対応したものとなっている。また、NEDO は 2014 年度に実施した「次世代航空機システムに関する技術動向調査」及び 2015 年度に実施した「国外の航空機開発及び航空機システム開発に関する動向調査」において、航空機システム技術分野における重要技術課題を整理し、これをもとに航空機分野のうち装備品に関する技術戦略を策定し、本プロジェクトの各研究開発項目を抽出した。

表 重要技術課題

| 技術分野 | | | 重要技術課題 | 飛行制御 | 降着 | 電源 | 空調 | 内装品 | 燃料 | 操縦・航法 | 共通 | | |
|-------------|---------------|------------------------------|--|--------------------|----|----|----|-----|----|-------|----|---|--|
| 飛行安全性向上技術 | パイロット支援技術 | 状況認識向上技術 | ・大画面・曲面・非線形・双方向機能等を実現する将来型コックピットディスプレイ | | | | | | | | ○ | | |
| | | 操縦支援技術 | ・ビジョンセンシングと知的飛行制御の融合による航空安全技術 | | | | | | | | | ○ | |
| | 乱気流事故防止技術 | | ・ソフトウェア標準基盤技術 | ○ | | | | | | | | ○ | |
| | | | | ・パイロット・コントロール・システム | | | | | | | | ○ | |
| 経済性向上技術 | 次世代飛行制御システム技術 | | ・晴天乱気流検知技術 | | | | | | | | ○ | | |
| | | | ・燃料タンク内の空素リッチガス注入技術 | | | | | | | | ○ | | |
| | 全電気化技術 | 油圧アクチュエータ電気化技術 | ・モータコントロール技術 | ○ | ○ | | | | | | | | |
| | | | ・モータ及び電力素子の小型・高効率化技術 | ○ | | | | | | | | | |
| | | 空調系統全電気化技術 | ・EMA/EHAの差別化技術 | ○ | | | | | | | | | |
| | | | ・EMAの構成品共通化 | ○ | ○ | | | | | | | | |
| | 脚システム電気化技術 | ・電動分散型高揚力システム | ○ | | | | | | | | | | |
| | | ・小型高効率の二相流冷却システム | | | | | ○ | | | | | | |
| | 軽量材料適応技術 | 複合材料技術 | ・脚揚降系統電動化技術 | | ○ | | | | | | | | |
| | | | ・電動タキシング技術 | | ○ | | | | | | | | |
| | | 軽量金属材料 | ・電磁ブレーキ化技術 | | ○ | | | | | | | | |
| | | | ・革新的降着装置構造材料 | | ○ | | | | | | | | |
| | | 燃料制御技術 | ・航空機用一般アクチュエータ | ○ | ○ | | | | | | | | |
| | | | ・マグネシウム合金の内装部材の適応 | | | | | | | ○ | | | |
| 環境適合性技術 | ・航空機の補助燃料システム | | | | | | | | ○ | | | | |
| | ・高電圧配電システム | | | ○ | | | | | | | | | |
| 機内快適性向上技術 | 空調／与圧装置最適制御技術 | ・クロムメッキ代替としての硬質電解ニッケルメッキ技術 | | | | | | | | | ○ | | |
| | | ・次世代エンジン用小型高性能熱制御システム | | | | | | | | | ○ | | |
| | 機内・機外騒音低減技術 | ・高効率・可変制御の電動スマート軸流ファン | | | | | ○ | | | | | | |
| | | ・ANCを用いたジェット民間航空機の客室トイレの低騒音化 | | | | | | | ○ | | | | |
| 客室内情報システム技術 | ・脚騒音の低減設計技術 | | ○ | | | | | | | ○ | | | |
| | ・客室内情報通信の高速化 | | | | | | ○ | | | | | | |
| 総合性能最適化技術 | 二次動力管理統合化技術 | ・多重化電力管理システム | | | ○ | | | | | | | | |
| | | ・分散・高効率熱管理システム | | | ○ | ○ | | | | | | | |
| | 燃料推進管理統合化技術 | ・電動化エンジン燃料システム | | | ○ | | | | ○ | | | | |

出展：国外の航空機開発及び航空機システム開発に関する動向調査（NEDO、2016）

2. NEDO の関与の必要性・制度への適合性

2.1 NEDO が関与することの意義

航空機用先進システムの開発は技術的・経済的な波及効果が大きく、裾野産業の形成や雇用創出につながり、我が国の産業の活性化、海外展開の促進に貢献することが期待できる。ただし、航空機システムは開発期間が長く実用化までに長期間を要すること、また認証取得に膨大な費用と時間を必要とすることから、民間活動のみでは実施にあたってリスクが極めて大きく、推進にあたって NEDO の関与が必要である。

2.2 実施の効果(費用対効果)

本プロジェクトで開発した航空機用先進システムが次世代航空機に搭載されれば、2020 年代以降に年間で最大数百億円規模の売上げを継続して得られる可能性がある。そのため、本プロジェクトの総事業費に対し、生み出される効果は十分であると考えられる。

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

1.1 事業の目標

本研究開発では、航空機の安全性・環境適合性・経済性といった社会のニーズに対応した、安全性が高く軽量・低コストな航空機用先進システムを開発し、次世代航空機に提案可能なレベルにまで成熟させることを目的としている。

・アウトプット目標

本研究開発では、航空機用先進システムのプロトタイプモデルを製作し、地上ないし飛行環境下で従来のシステムよりも優れた性能・機能等を有することを実証する。この目標を達成すれば、国内外の航空機メーカーからは一定の成熟度を持つシステムであると判断され、次世代航空機への提案が可能となる。

・アウトカム目標

本研究開発にて開発した航空機用先進システムが国内外の航空機メーカーに採用されること、またプロダクトサポートや MRO (Maintenance, Repair and Overhaul) により、2020 年代以降から年間で研究開発項目毎に数十億円、合計で最大数百億円の売上を継続して得ることを目標とする。

1.2 研究開発目標と根拠

本プロジェクトにおける研究開発の目標は以下の通り。

・最終目標(2019 年度)

航空機用先進システムのプロトタイプモデルを製作し、地上または飛行環境下で従来のシステムよりも優れた性能・機能等を有することを実証する。

・中間目標(2017 年度)

航空機用先進システムのプロトタイプモデルを製作し、実験室環境下で従来のシステムよりも優れた性能・機能等を有するかどうかを検証する。

以下に各研究開発項目の研究開発目標とその設定根拠を示す。

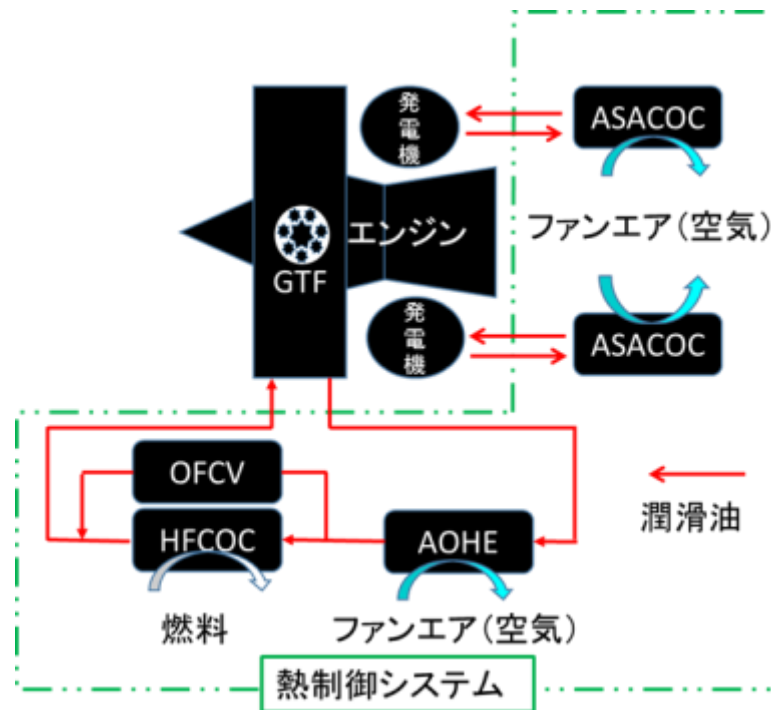
研究開発項目①次世代エンジン熱制御システム研究開発

(1) 研究開発目標

航空機の燃費向上及びエミッション低減を期待した、航空機の電動化、GTF(Geared Turbo Fan)導入等による航空機エンジン性能技術は日々進歩し、それに伴いエンジン内部での各種機器からの発熱量は大幅に増大している。また冷媒として用いられる燃料の流量が燃費性能の向上に伴って減少していることから、増大した発熱を効率よく排熱する熱制御システムの冷却性能の向上は重要な技術課題となっている。本研究開発では、航空機エンジンで発生する熱を効率よく排熱する高効率で軽量コンパクトな航空機エンジン用熱制御システムの開発を目的に、次のコンポーネント及びシステムに関する技術開発を行う。

①Advanced Surface Air Cooled Oil Cooler (ASACOC)

- ②Hybrid Fuel Cooled Oil Cooler(HFCOC)
- ③Oil Flow Control Valve(OFCV)
- ④熱制御システム



(2) 技術的目標とその設定根拠

【中間目標(2017年度末)】

従来技術で設計した熱制御システムと比較して、性能要求と強度要求を維持しながら5%の軽量化

【最終目標(2019年度末)】

従来技術で設計した熱制御システムと比較して、性能要求と強度要求を維持しながら10%の軽量化
 <設定根拠>

住友精密工業株式会社の熱交換器は世界の競合他社の熱交換器に比較しても、ほぼ同等の性能・強度と重量であると推定。10%の軽量化が実現できれば、競合他社との差別化が期待できる。

研究開発項目②次世代降着システム研究開発

(1) 研究開発目標

①脚揚降システムの研究開発

航空機の電動化が世界的に取り組まれているが、中・大型機での脚揚降システムの電動化は実現されていない。航空機の集中油圧源の排除による機体質量軽減、及び燃費の向上を目的に、脚揚降EHAシステムを開発する。

②電動タキシングシステムの研究開発

航空機の地上走行時の環境負荷低減(有害廃棄物低減、騒音低減)に関する社会的要求及び燃

費向上に関する業界要望を考慮し、インホイール方式の前脚用電動タキシングシステムの技術開発を行い、リージョナル機をターゲットとした、電動タキシングシステムの実用化を目指す。

③電磁ブレーキシステムの研究開発

航空機運用コスト低減に関する業界要望を考慮し、ブレーキのメンテナンスコスト低減を目指した、非接触式の電磁ブレーキシステムの技術開発を行い、リージョナル機をターゲットとした実用化を目指す。

(2) 技術的目標とその設定根拠

①脚揚降システムの研究開発

【中間目標(2017年度末)】

- 1) RTCA/DO-160 で規定される環境試験(温度試験、振動試験等)を実施し、要求に合致することを確認する。
- 2) PUMP 耐久性を向上させる。
- 3) 脚揚降システムの質量を軽減させる。
- 4) 電動 Uplock の最適な形態を立案する。
- 5) MBD(モデルベース開発)を適用する。

【最終目標(2019年度末)】

- 1) 実機搭載(温度変化含む)を考慮した状態で、脚扉の開閉 / 脚の揚降に要する時間を評価する。
- 2) 脚揚降システムの質量を軽減させる。

<設定根拠>

目標は、実用化の際に機体メーカーから要求されるであろう値を想定し、設定した。

②電動タキシングシステムの研究開発

【中間目標(2017年度末)】

以下に示す仕様を満足する供試体の設計を完了する。

- ・質量: 30kg 以下 (In-Wheel Motor 単体)
- ・出力トルク: 2200N-m (In-Wheel Motor 1 個あたり)
- ・外形寸法: $\phi 215\text{mm} \times L150\text{mm}$

<設定根拠>

質量、寸法: 最終目標を 2019 年度に達成するために、2017 年度時点で達成する必要があると考えられる値とした。

トルク: 想定する規模の機体を、必要と想定される時間(60 秒間)内に通常のタキシング速度(20kt)まで加速させるのに必要なトルクとした。

【最終目標(2020年度末)】

以下に示す仕様を満足する供試体の設計を完了する。

- ・質量: 31kg 以下 (In-Wheel Motor 単体)、
120kg 以下 (システム全体)
 - ・出力トルク: 2200N-m (In-Wheel Motor 1 個あたり)
 - ・外形寸法: $\phi 215\text{mm} \times L140\text{mm}$
- <設定根拠>
- ・質量: 想定する燃料消費削減効果(90kg)と電動タキシングシステムで代替する事を目指すステアリングシステムの質量(30kg)の合計をシステム全体の目標とし、想定されるモータとその他ドライバ等の部品との按分からモータ単体の目標質量を設定した。
 - ・トルク: 想定する規模の機体を、必要と想定される時間(110 秒間)内に通常のタキシング速度(20kt)まで加速させるのに必要なトルクとした。
 - ・寸法: 想定する規模の機体の前脚ホイールに収まる寸法とした。

③電磁ブレーキシステムの研究開発

【中間目標(2017 年度末)】

以下に示す仕様を満足する供試体の設計を完了する。

- ・質量: 80kg 以下 (Brake Assy 単体)
- ・吸収エネルギー: 23MJ (Brake Assy 1 個あたり)
- ・トルク: 18000N-m (Brake Assy 1 個あたり)
- ・外形寸法: $\phi 430\text{mm} \times L500\text{mm}$

<設定根拠>

- ・質量、寸法: 最終目標を 2019 年度に達成するために、2017 年度時点で達成する必要があると考えられる値とした。
- ・吸収エネルギー、トルク: 想定する機体を通常の着陸条件で停止させるのに必要な値とした。

【最終目標(2019 年度末)】

以下に示す仕様を満足する供試体の設計を完了する。

- ・質量: 60kg 以下 (Brake Assy 単体)
- ・吸収エネルギー: 46MJ (Brake Assy 1 個あたり)
- ・トルク: 22000N-m (Brake Assy 1 個あたり)
- ・外形寸法: $\phi 430\text{mm} \times L300\text{mm}$

<設定根拠>

- ・質量: 想定する規模の機体のブレーキと同等の質量とした。
- ・吸収エネルギー、トルク: 想定する規模の機体を最も厳しいケース(RTO)で停止させるのに必要な値とした。
- ・寸法: 想定する規模の機体の主脚ホイールに収まる寸法とした。

研究開発項目③次世代コックピットディスプレイ研究開発

(1) 研究開発目標

本研究開発では次世代コックピットディスプレイの実現に向けて、中間目標と最終目標を以下のように設定。最終目標達成後はコックピットシステムモックアップにプロトタイプを組み込み(システムインテグレーション)、システム評価を実施する。

【中間目標(2017年度末)】

研究開発成果がプロトタイプ製造着手可能レベルに到達

- ・コックピットディスプレイの要求仕様を設定する
- ・コックピットディスプレイモジュールの技術試作品を製造し、航空機搭載品としての性能要求を満足することと、航空機搭載環境に対する対応不能な問題がないことを確認する
- ・装備品のハードウェア開発で必要となる、DO254 認証の SOI#1 レビュー実施

【最終目標(2019年度末)】

研究開発成果が製品開発着手可能レベルに到達

- ・コックピットディスプレイモジュールのプロトタイプを製造し、航空機搭載品としての性能要求を満足することと、航空機搭載品としての耐環境性を有することを実証する
- ・装備品のハードウェア開発で必要となる、DO254 認証の SOI#1 完了要件を達成

(2) 技術的目標とその設定根拠

①大画面・任意形状ディスプレイモジュールの研究開発

【中間目標(2017年度末)】

- 1) 要求設定: 機能・性能要求の設定完了
- 2) 技術開発:
 - 光学補償技術の確立
 - 光学性能、耐環境性能の評価完了

【最終目標(2019年度末)】

- プロトタイプ製作評価完了
- 1) 機能: 一画面の表示面積従来比 2 倍
 - 2) 性能: 光学性能、耐環境性能を満足

②大画面・任意形状ディスプレイモジュール適応型タッチパネル機能の研究開発

【中間目標(2017年度末)】

- 1) 要求設定: 機能・性能要求の設定完了
- 2) 技術開発:
 - 任意形状マルチタッチ技術の確立
 - 光学性能、耐環境性能の評価完了

【最終目標(2019 年度末)】

プロトタイプ製作評価完了

- 1) 機能: 任意形状マルチタッチ機能実現
- 2) 性能: 光学性能、耐環境性能を満足

<①及び②における目標の設定根拠>

研究開発した技術が実機搭載品に適用可能な技術レベルであると判断でき、2025 年以降に運航開始が予定される機体への搭載品開発が開始できる。

③DO254 認証取得活動

【中間目標(2017 年度末)】

・SOI#1 レビュー実施完了

【最終目標(2019 年度末)】

・SOI#1 完了要件達成

<設定根拠>

SOI#1 の完了要件を満たすことで、製品設計に DO254 認証プロセスを適用できる。

研究開発項目④次世代空調システム研究開発

(1) 研究開発目標

次世代の電動化航空機の冷却に対応できるような熱輸送システム、及び軸流ファンに関する新技術の研究開発を行う。

(2) 技術的目標とその設定根拠

①二相流体熱輸送システム

【中間目標(2017 年度末)】

- 1) システムの主要構成部を試作し、性能を取得する。(TRL4 を達成)

<設定根拠>

将来の航空機電動化に対応するため、Active Pump 方式では中～大型機におけるパワーデバイス等の比較的大きな発熱に対応することを目指し、Passive Pump 方式によって電動アクチュエータ、センサ等の比較的小さい発熱に対してコンパクトで究極の省エネ(無動力)の冷却を達成することを目指して、各目標を設定した。

- 2) Active Pump 方式では、熱輸送量目標 5～20kW を達成するための制御手法を確立する。

<設定根拠>

Active Pump 方式の熱輸送量目標 5～20kW は、既存の液冷システム、ベーパ・サイクル・システ

ム、エア・サイクル・システムの冷却能力と重量トレンドを比較した結果から、従来の液冷システムが重量面で優位となる 20kW 以下の範囲を市場範囲と想定した。

3) Passive Pump 方式では、熱輸送量目標 5kW を達成する。

<設定根拠>

Passive Pump 方式の熱輸送量目標 5kW は、小熱輸送量になるほど重量低減効果の絶対値が小さくなるため、ループ・ヒート・パイプの現状達成レベルからの能力拡大の可能性を鑑みて、この容量までの無動力化を行うことでより大きなメリットを出せるとの考えから目標を設定した。

【最終目標(2019 年度末)】

1) 機体への搭載を想定した仕様での設計及びパッケージ化を行った飛行実証前段階のプロトタイプモデルを製作し、基本性能・環境性能・耐久性能の地上性能評価を完了する。(TRL6 を達成)

<設定根拠>

航空機搭載を目指したプロトタイプモデルを試作して地上性能評価を完了することにより、航空機での実用化に向けたシステムの有効性を世界に広くアピールし、以降の製品開発につなげることを目指して目標を設定した。

2) Active Pump 方式では、所定の消費電力低減を達成する。

3) Passive Pump 方式、Active Pump 方式とも、従来の液冷システムに対して所定の重量低減を達成する。

<2) 項及び 3) 項の設定根拠>

冷媒の蒸発／凝縮による潜熱を利用することで現行の液冷システムよりも循環流量を大幅に低減し、これにより達成可能と見込まれる電力及び重量の削減目標として設定した。この数値目標を実現する小型・高効率なシステムを構築してその性能を実証することが、その優位性を確実にするものと考えた

②スマート軸流ファン

【中間目標(2017 年度末)】

・モータ、制御回路、翼車の各構成要素レベルでの設計・試作を行い、各試作部位に対して性能評価を行う。(TRL4 を達成)

<設定根拠>

本研究開発でターゲットとする仕様にもとづいて、各構成要素の目標性能にブレークダウンして各試作を行い、各々の達成度・改善点を見出すことで、最終のプロトタイプモデルの設計に反映するために目標を設定した。

【最終目標(2019 年度末)】

1) スマート軸流ファンとして飛行実証前段階のプロトタイプモデルを製作し、基本性能・環境性能・耐久性能の試験評価を完了する。(TRL6~7 を達成)

<設定根拠>

設定した仕様に適合したプロトタイプモデルを試作評価し、かつ開発プロセスも含めてその技術を

確立することで、航空機搭載への適合性と当該ファンの優位性を広く機体メーカ等へアピールし、早期の事業を実現するために目標を設定した。

2) 所定のモータ効率向上を達成する。

<設定根拠>

誘導モータにおける日本国内の最高ランクであるトップランナーモータ規定は IEC60034-30 規定の IE3 に相当するが、これより上位の IE4 クラスに相当する効率を所定の高回転で達成することを目標として設定した。

3) 従来の軸流ファンと同程度あるいはそれより軽い重量を達成する。

<設定根拠>

高機能化のための制御回路部の追加にともなう重量増は開発製品の優位性を損なうものであることから、この増分をモータ及び他部位の軽量化によって相殺し、従来ファンと同等もしくはより軽量なものとする。

研究開発項目⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発

(1) 研究開発目標

①操縦バックアップシステム

プロトタイプモデルの操縦システムを用いた評価により次世代操縦システムの有効性を確認する。(TRL5 を達成)

②モータコントローラ

プロトタイプモデルのハードウェア(TRL5 を達成)を作製し、所定の出力を目標とする機能性能を有することを検証する。

③ピトー管

フライトモデルによる実証及び認証取得を行う。(TRL9 を達成)

(2) 技術的目標とその設定根拠

①操縦バックアップシステム

【中間目標(2017 年度末)】

モータコントローラ、ADC/ACC の基本的な機能確認用のブレッドボードモデル(BBM)を製作し、検証用プラットフォームとしての BBM の機能、処理能力等の妥当性を確認する(TRL4 を達成)。

【最終目標(2019 年度末)】

プロトタイプモデル(PM)レベルの操縦システムを用いた評価より次世代操縦システムの有効性を確認する(TRL5 を達成)。これにより、コスト低減、軽量化の機体設計トレンドに即した操縦バックアップシステムとしての適合性を検証する。

<設定根拠>

バックアップ用として最低限飛行可能な機能を有しており、メイン・フライト・コントロール・システムと組み合わせる事により、複雑な全体システムの簡素化が可能となり、飛行安全性の向上と同時にコストダウン、軽量化が可能となる。

②モータコントローラ

【中間目標(2017年度末)】

所定の出力のBBM(TRL4を達成)を作製する。模擬負荷印加装置を構築し、モータに負荷を加えた状態でモータ制御を実施する。

【最終目標(2019年度末)】

PMレベルのハードウェア(TRL5を達成)を製作し、目標とする機能性能を有することを検証する。

<設定根拠>

小型/高効率でファン等強制空冷を使用しない設計を行って来た実績がある。防衛向け機体においてアクチュエータメーカーとの協業の実績もあり、これらのノウハウを活用することで、発熱を考慮した設計が可能である。

③ピトー管

【中間目標(2017年度末)】

フライトモデル(FM)を製作し、所定の寿命時間の実証試験を実施する。認証試験取得のための準備を行う。

【最終目標(2019年度末)】

フライトモデル(FM)による実証及び認証取得を行う。(TRL9を達成)耐環境性を具備する材料による製造可否の目途を付ける。

<設定根拠>

最新の要求事項に合致したピトー管を開発することで、既に搭載されているピトー管に比べ飛行安全性が高くなる。最新のヒータ及び組立て手法を開発することで信頼性を高め、耐久性、入手性、コスト低減が可能となる。

研究開発項目⑥次世代自動飛行システム研究開発

(1) 研究開発目標

本研究開発は画像処理による航法誘導制御技術および画像処理による舵面故障制御技術である。画像処理による航法誘導制御技術に関しては、期間内で飛行試験を実施するために無人機での飛行実証に限定する。画像処理による舵面故障制御技術の舵面等のモニタリングは基本的には、全ての舵面等において可能であるが、MuPAL- α による飛行試験を期間内で実施することを勘案してエルロンに限定する。これは、機内にカメラを設置することで実験が可能となるためである。開発後の技術の適用が、エルロン舵面や、無人機での自動着陸に限定されることはない。

(2) 技術的目標とその設定根拠

①画像処理による航法誘導制御技術

【中間目標(2017年度末)】

1) 位置検出・自動着陸

画像システムプロトタイプを開発し、画像システムプロトタイプによる飛行試験を実施する。また、取得された画像を元に、位置検出・自動着陸が可能であることをシミュレーションにて確認する。

2) GPS/ILS ロストモデル

GPS/ILS 異常モデルを構築し、無人機による GPS/ILS 異常時の自動着陸が可能であることをシミュレーションによって確認する。

3) 天候対応

晴天時で位置検出可能であることを確認する。

4) 障害物検知・回避

アルゴリズムを検討する。また、シミュレーションでの確認を行う。

【最終目標(2019 年度末)】

1) 位置検出・自動着陸

プロトタイプモデルを用いた無人航空機による飛行試験を行い、画像処理による位置検出が可能であることを確認する。

2) GPS/ILS ロストモデル

GPS/ILS 異常時においても自動着陸(最終進入)ができることを無人機による飛行試験により確認する。

3) 天候対応

晴天時以外(曇天)時の画像を取得し、そのデータをもとに位置検出が可能であることを確認する。

4) 障害物検知・回避

最終進入時における障害物を検知・回避できることを無人航空機を用いた飛行試験により確認する。

<設定根拠>

1) 位置検出・自動着陸

原理確認用画像システム試作機で取得された予備飛行実験画像を元にシミュレーションを実施後、飛行実証実験に向けた具体的な数値目標を設定する。

2) GPS/ILS ロストモデル

GPS ロストモデルを用いたシミュレーション後、実機検証を実施する。

3) 天候対応

晴天時と比較したロバスト性評価を実施し、実用化に向けた課題を明確化する。

4) 障害物検知・回避

原理確認用画像システム試作機で取得された予備飛行実験画像を元にシミュレーションを実施後、飛行実証実験に向けた具体的な数値目標を設定する。

②画像処理による舵面故障検出技術

【中間目標(2017年度末)】

- 1) 舵面状態検知
アルゴリズム開発、地上試験での機能確認及び固着およびレートリミット低減の二つの故障に対応可能な故障検知アルゴリズムの実証を行う。
- 2) 耐故障飛行制御
耐故障制御による安定飛行試験を実施し、性能(耐故障飛行制御による自動飛行性能)を確認する。
- 3) ソフトウェア認証
画像処理システムを対象とし、民間航空機搭載用ソフトウェア規格 DO-178C に基づくソフトウェア開発プロセスの全体概要をまとめる。

【最終目標(2019年度末)】

- 1) 舵面状態検知
MuPAL- α 機に舵面角度検知システムプロトタイプを搭載し、飛行試験を行い、定常旋回時舵角推定精度を確認する。故障診断に関しては HIS 試験をベースに実用化レベルを高める。
- 2) 耐故障飛行制御
耐故障制御による安定飛行の維持を Hardware in the loop Simulation (HIS) 試験により確認する。

<設定根拠>

- 1) 舵面状態検知
地上試験での機能確認後、実機検証を実施する。
- 2) 耐故障飛行制御
耐故障飛行制御の性能確認後、安定飛行の維持を確認する。
- 3) ソフトウェア認証
画像処理システムに対して DO-178C に基づくソフトウェア開発プロセスを調査後、開発プロセスを確立する。画像処理システムとトータルシステムでそれぞれの実用化に向けた開発プロセスを把握する必要があるため。

研究開発項目⑦次世代エンジン電動化システム研究開発

(1) 研究開発目標

中間目標として2017年度までに、高耐熱電動機の試作品において、従来を上回る300℃の耐熱温度を有することを確認する。また、燃料・空調などのシステムを考慮したエンジン電動化システムの設計手法を確立し、その手法を用いて燃費改善などの効果を確認する。

最終目標として、2019年度までに、プロトタイプモデルの電動機の、地上試験にて250kW以上の電動機の運転を行い、シミュレーションによりエンジン電動化システムを含めた、機能・性能の評価を

実施する。

(2) 技術的目標とその設定根拠

① 高温に耐えうる高耐熱電動機

【中間目標(2017年度末)】

- 1) 高耐熱電動機の試作品において300°Cの耐熱温度を有することを確認する。

<設定根拠>

世界の有力エンジンメーカーが目標としている240°Cを上回る300°Cを目標とした。

【最終目標(2019年度末)】

- 1) 250kW以上で地上試験によりエンジン内蔵型電動機の実現性・有効性を実証する。

<設定根拠>

現在の民間航空機用の最大級出力の電動機はB787搭載の250kWであるため目標とした。

② 燃料システムおよび空調システムも考慮した、効率のよい排熱システム

【中間目標(2017年度末)】

- 1) エンジン電動化システムの設計手法を確立し、その手法を用いて燃費改善などの効果を確認する。

<設定根拠>

電動機の使用温度範囲(最大300°C)を可能とするため目標とした。

【最終目標(2019年度末)】

- 1) シミュレーション等により性能評価を実施する。

<設定根拠>

電動機出力(250kW以上)を可能とするため目標とした。

2. 事業の計画内容

2.1 研究開発の内容

2.1.1 研究開発のスケジュール

本研究開発の実施期間は 2015 年から 2020 年までの約 5 年間である。

プロジェクト全体の研究開発スケジュールは以下の通り。

| | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 |
|----------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------------|--------|
| ①次世代エンジン熱制御システム研究開発 | 数値解析による設計検討、試作品の実験検証(委託) | | 中間評価 | プロトタイプ的设计/製作、検証(委託) | |
| ②次世代降着システム研究開発 | 脚揚降システムのプロトタイプ製作/試験(委託) | | | 飛行実証試験(委託) | |
| | 電動タキシングシステムのリグ供試体製作/試験(委託) | | | プロトタイプ製作/試験(委託) ※2020年7月迄延長 | |
| | 電磁ブレーキシステムのリグ供試体製作/試験(委託) | | | | |
| ③次世代コックピットディスプレイ研究開発 | 要求設定、仕様策定、供試体製作(委託) | | | 供試体評価、耐環境性検証(委託) | |
| ④次世代空調システム研究開発 | 二相流体熱輸送システムの主要構成部の試作開発(委託) | | | プロトタイプの開発(委託) | |
| | スマート軸流ファンの各構成要素の試作開発(委託) | | | プロトタイプの開発(委託) | |
| ⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発 | ピトー管のフライトモデル製作/実証試験(委託) | | 認証取得作業(委託) | | |
| | 操縦バックアップシステムのフレッドボードモデル製作(委託) | | プロトタイプ製作/評価(委託) | | |
| ⑥次世代自動飛行システム研究開発 | | システム試作/シミュレーション評価(委託) | 飛行実証試験/システム改良(委託) | | |
| ⑦次世代エンジン電動化システム研究開発 | | 電動機の試作・評価システム設計(委託) | プロトタイプ製作、システム評価(委託) | | |

以下に各研究開発項目のスケジュールを示す。

研究開発項目①次世代エンジン熱制御システム研究開発

| 事業項目 | 2015年度 | | | | 2016年度 | | | | 2017年度 | | | | 2018年度 | | | | 2019年度 | | | |
|-------------------|--------|----|----|----|--------|----|----|----|--------|----|----|----|--------|----|----|----|--------|----|----|----|
| | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 |
| ① ASAGOCの開発 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (a)仕様確定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (b)製造方法と材料の調査検討 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (c)性能計算プログラムの開発 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (d)試作品の設計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (e)試作品の製作 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (f)試作品の評価試験 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (g)エンジン搭載モデルの設計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (h)エンジン搭載モデルの製作 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (i)空気フィン伝熱特性の解明 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (j)エンジン搭載モデルの試験評価 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ② HFCOGの開発 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (k)仕様確定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (l)製造方法と材料の調査検討 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (m)性能計算プログラムの開発 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (n)試作品の設計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (o)試作品の製作 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (p)試作品の評価試験 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (q)改良試作品の設計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (r)改良試作品の製作 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (s)改良試作品の評価試験 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ③ OFCVの開発 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (t)仕様確定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (u)製造方法と材料の調査検討 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (v)試作品の設計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (w)試作品の製作 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (x)試作品の評価試験 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (y)要求仕様の再調整 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (z)試作品の改良設計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (aa)試作品の製作 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (bb)試作品の評価試験 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

研究開発項目②次世代降着システム研究開発

①脚揚降システムの研究開発

| | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 研究室環境システム性能評価 | _____ | | | | |
| MOTOR&PUMP温度要求適合性確認 | | | _____ | | |
| MOTOR&PUMP耐久性の向上 | | _____ | | | |
| EHA振動試験 | | _____ | | | |
| EHA質量軽減活動 | | | _____ | | |
| EHA System新形態開発 | | | | _____ | |
| 電動Uplockの設計 | | _____ | | | |
| ソフトウェアMBDの検討 | _____ | | | | |
| MBDの準備 | | _____ | | | |
| MBDの適用 | | | _____ | | |
| DO-178C MBDプロセス整備 | | | | _____ | |
| MBD自動試験環境構築 | | | | _____ | |

中間目標

最終目標

②電動タキシングシステムの研究開発

| | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 | 2020年度 |
|-----------------------------|--------|-----------------------------|------------------|----------|-------------|------------------|
| 1.モータの走行模擬試験 | ————— | | 中 間 目 標 | | | |
| 2.モータの小型・高出力化の検討及び第2次供試体の製作 | | 要素最適化検討 | | ↓ Assy検討 | ↑ Assy供試体製作 | ↑ 改良検討 |
| 3.モータ冷却方式の検討 | | 解析技術の向上 | | | | |
| 4.タキシングにおける電動モータ制御方式の検討 | | シミュレーションモデルによる制御則・制御パラメータ検討 | | | ↑ 要素試作・評価の | ↓ フォロアップ試験結果の |
| 5.脚振動抑制機能の検討 | | ————— ✕ 検討中止 | | | | |
| 6.要素試作及び評価 | | | | | ————— | |
| 7. In-Wheel Motorの性能評価 | | | | | | 性能試験／環境試験 |
| | | | | | | 最 終 目 標 |

③電磁ブレーキシステムの研究開発

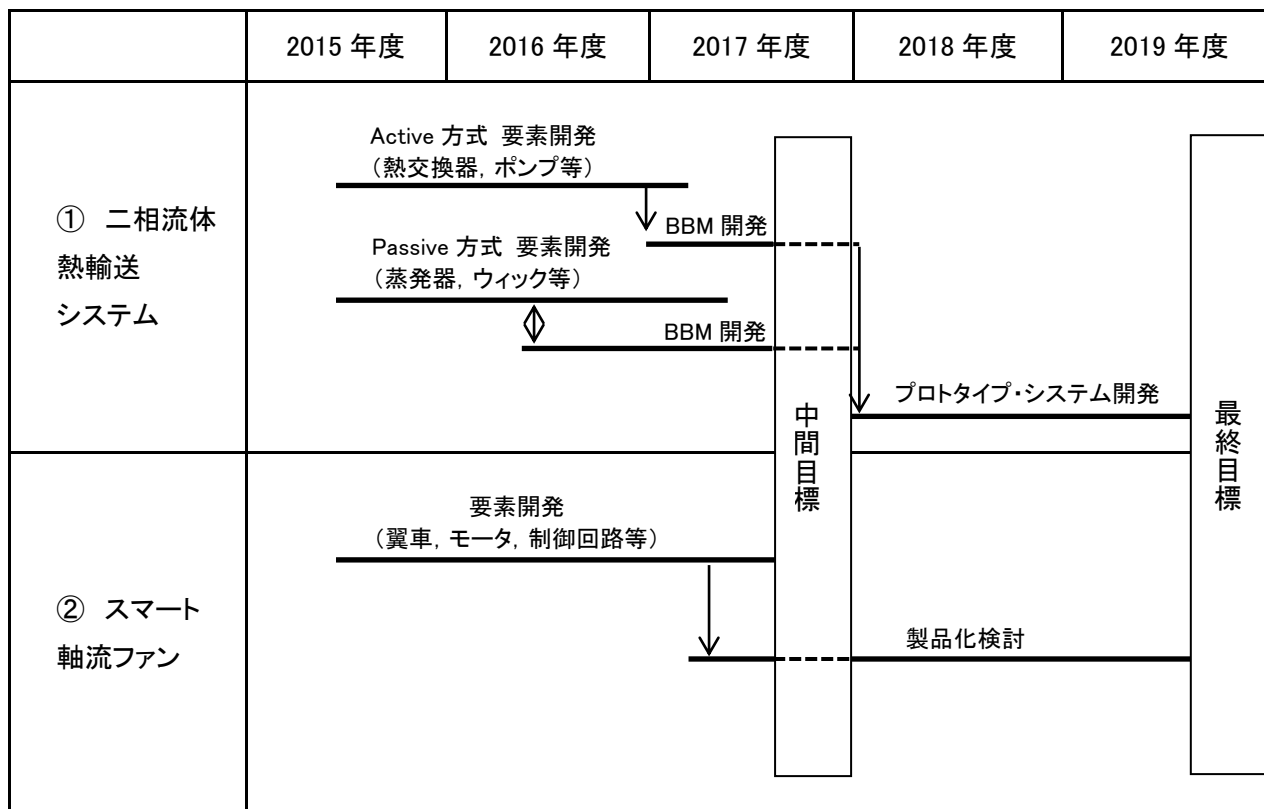
| | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 | 2020年度 |
|----------------------------------|--------|--------|------------------|--------|--------|--------|
| 1. MR流体の特性データ取得 | | ————— | 研 究 中 止 | | | |
| 2. 電磁ブレーキの冷却方式の検討 | | ————— | | | | |
| 3. 電磁ブレーキ非使用時のトルクを低減する磁界の印加方法の検討 | | ————— | | | | |
| 4. ブレーキに適応したMR流体の検討 | | ————— | | | | |

研究開発項目③次世代コックピットディスプレイ研究開発

| 事業項目 | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 |
|---|---|----------------|--------|--|----------|
| 大画面・任意形状 ディスプレイモジュールの 研究開発 | システム要求調査・要求仕様定義 → 部分試作品製造・評価 | 技術試作品 設計・製造・評価 | 技術選定 | 設計 → 製造 → 評価 コックピットモックアップ組込用 ディスプレイモジュール | |
| 大画面・任意形状 ディスプレイモジュール適応型 タッチパネル機能の研究開発 | システム要求調査・要求仕様定義 → 部分試作品製造・評価 | 技術試作品 設計・製造・評価 | 技術選定 | 設計 → 製造 → 評価 コックピットモックアップ組込用 タッチパネル | |
| DO254認証取得活動 | ツール導入 開発標準案 ギャップ分析とSOI#1(※)実施計画 → SOI #1 文書作成 | SOI #1 実施 | | SOI #1 指摘事項対応 | 完了要件確認終了 |
| | (※) SOI#1: Stage of Involvement #1, Planning | | | | |

研究開発項目④次世代空調システム研究開発

まずプロジェクト前半の3年で、二相流体熱輸送システムは要素開発、及びBBM開発を行い、スマート軸流ファンは要素開発を経て、実機搭載を念頭に置いたプロトタイプ品を開発した。
 続いて後半の2年で、二相流体熱輸送システムはプロトタイプ品の開発・評価を完了し、スマート軸流ファンは、顧客ニーズ・市場調査を行い、製品の構想案を作成した。



研究開発項目⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発

単位: 百万円

| 研究開発項目 | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 |
|--------------|--------|------------|-------------|------------|--------------|
| 操縦バックアップシステム | 6 | 5 | 6.8 TRL4 | 3.5 | 9 TRL5 |
| モータコントローラ | 9 | 10 | 8.9 TRL4 | 6.5 | 9 TRL6 |
| ピトー管 | 25 | 32 TRL6 | 35 TRL | 35 TRL8 | 13.6 TRL9 |
| 合計 | 40 | 47 | 50.7 | 45 | 31.6 |

研究開発項目⑦次世代エンジン電動化システム研究開発

2つの研究開発テーマを以下に示すように細分化し、それぞれのスケジュールを下図に示す。

①高温に耐えうる高耐熱電動機

- ・巻線熱構造の排熱効率向上
- ・高耐熱絶縁被膜の耐熱性向上

②燃料システムおよび空調システムも考慮した、効率のよい排熱システム

- ・内蔵型電動機および、排熱・燃料・電力を考慮したエンジン電動化システム
- ・エンジン電動化システムの排熱システム
- ・空調システムと排熱システムとの連携
- ・電力システムにおける補助電源としての二次電池構成
- ・エンジン電動化システム実現のための、制御・通信・ソフトウェア

| | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 |
|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 巻線熱構造の排熱効率向上 | → | | → | |
| 高耐熱絶縁被膜の耐熱性向上 | → | | → | |
| 内蔵型電動機および、排熱・燃料・電力を考慮したエンジン電動化システム | → | | → | |
| エンジン電動化システムの排熱システム | → | | → | |
| 空調システムと排熱システムとの連携 | → | | → | |
| 電力システムにおける補助電源としての二次電池構成 | → | | → | |
| エンジン電動化システム実現のための、制御・通信・ソフトウェア | → | | → | |

中間目標

最終目標

2.1.2 プロジェクト費用

本プロジェクト全体の費用は以下のとおり。

(単位:百万円)

| 研究開発項目 | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 | 2020年度 | 合計 |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| ① 次世代エンジン熱制御システム研究開発 | 50 | 50 | 44 | 44 | 36 | — | 224 |
| ② 次世代降着システム研究開発 | 120 | 120 | 177 | 153 | 120 | 1 | 691 |
| ③ 次世代コックピットディスプレイ研究開発 | 60 | 60 | 52 | 46 | 46 | — | 264 |
| ④ 次世代空調システム研究開発 | 70 | 70 | 65 | 56 | 50 | — | 311 |
| ⑤ 次世代飛行制御／操縦システム研究開発 | 40 | 47 | 51 | 45 | 31 | — | 214 |
| ⑥ 次世代自動飛行システム研究開発 | — | 28 | 41 | 33 | 32 | — | 134 |
| ⑦ 次世代エンジン電動化システム研究開発 | — | 30 | 49 | 82 | 84 | — | 245 |
| 合計 | 340 | 405 | 479 | 459 | 399 | 1 | 2,083 |

以下に各研究開発項目の費用を示す。

研究開発項目①次世代エンジン熱制御システム研究開発

(単位:百万円)

| 研究開発テーマ | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 | 合計 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| ① ASACOC | 50 | 50 | 44 | 44 | 36 | 224 |
| ② HFCOC | | | | | | |
| ③ OFCV | | | | | | |
| ④ 熱制御システム | | | | | | |
| 合計 | 50 | 50 | 44 | 44 | 36 | 224 |

研究開発項目②次世代降着システム研究開発

(単位:百万円)

| 研究開発テーマ | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 | 2020年度 | 合計 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 脚揚降システム | 108.9 | 104.9 | 159.9 | 144.3 | 109.5 | 0 | 627.5 |
| 電動タキシングシステム | 7.8 | 8.5 | 14.2 | 8.3 | 11.0 | 1.2 | 51.0 |
| 電磁ブレーキシステム | 3.3 | 6.6 | 2.7 | 0 | 0 | 0 | 12.6 |
| 合計 | 120.0 | 120.0 | 176.8 | 152.6 | 120.5 | 1.2 | 691.1 |

研究開発項目③次世代コックピットディスプレイ研究開発

(単位:百万円)

| 研究開発テーマ | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 | 合計 |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| 大画面・任意形状ディスプレイモジュールの研究開発 | 2 | 24 | 26 | 26 | 41 | 119 |
| 大画面・任意形状ディスプレイモジュール適応型タッチパネル機能の研究開発 | 2 | 24 | 26 | 20 | 5 | 77 |
| DO254 認証取得活動 | 56 | 12 | 0 | 0 | 0 | 68 |
| 合計 | 60 | 60 | 52 | 46 | 46 | 264 |

研究開発項目④次世代空調システム研究開発

(単位:百万円)

| 研究開発テーマ | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 | 合計 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| 二相流体熱輸送システム | 45 | 46 | 42 | 54 | 42 | 229 |
| スマート軸流ファン | 25 | 24 | 23 | 2 | 8 | 82 |
| 合計 | 70 | 70 | 65 | 56 | 50 | 311 |

研究開発項目⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発

(単位:百万円)

| 研究開発テーマ | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 | 合計 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 操縦バックアップシステム | 6 | 5 | 6.8 | 3.5 | 9 | 30.3 |
| モータコントローラ | 9 | 10 | 8.9 | 6.5 | 9 | 43.4 |
| ピトー管 | 25 | 32 | 35 | 35 | 13.6 | 140.6 |
| 合計 | 40 | 47 | 50.7 | 45 | 31.6 | 214.3 |

研究開発項目⑥次世代自動飛行システム研究開発

(単位:百万円)

| 研究開発テーマ | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 | 合計 |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|-----|
| 画像処理による航法誘導 制御技術 | 15 | 24 | 18 | 17 | 4 |
| 画像処理による舵面故障 検出技術 | 13 | 17 | 154 | 15 | 60 |
| 合計 | 28 | 41 | 33 | 32 | 134 |

研究開発項目⑦次世代エンジン電動化システム研究開発

(単位:百万円)

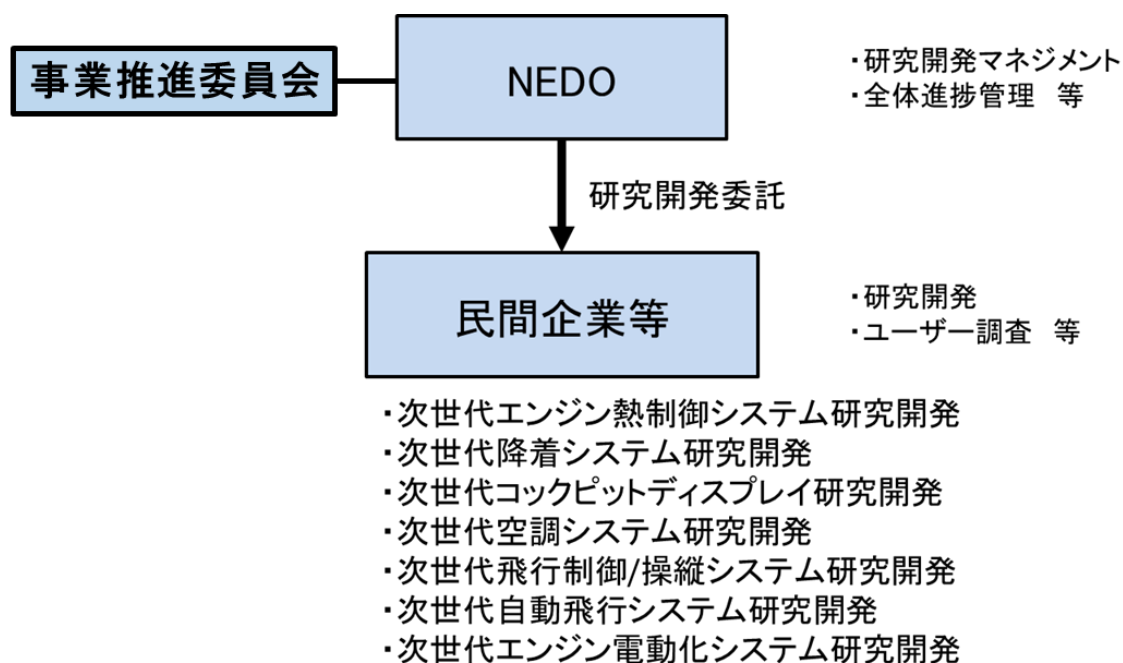
| 研究開発テーマ | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 | 合計 |
|--|--------|--------|--------|--------|-------|
| 高温に耐えうる高耐熱 電動機 | 17.5 | 14.2 | 15.9 | 21.1 | 68.7 |
| 燃料システムおよび空調 システムも考慮した、 効率のよい排熱システム | 12.5 | 34.7 | 65.8 | 62.8 | 175.8 |
| 合計 | 30.0 | 48.9 | 81.7 | 83.9 | 244.5 |

2.2 研究開発の実施体制

プロジェクトの進行全体を企画・管理や、プロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させるべく、プロジェクトマネージャーに NEDO ロボット・AI 部 白木 聖司を任命している。

本プロジェクトは、NEDO が、単独ないし複数の、原則本邦の企業、研究組合、公益法人等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点からの国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない。）から公募によって研究開発実施者を選定後、共同研究契約等を締結する研究体制を構築し、委託して実施している。

実施体制を以下に示す。

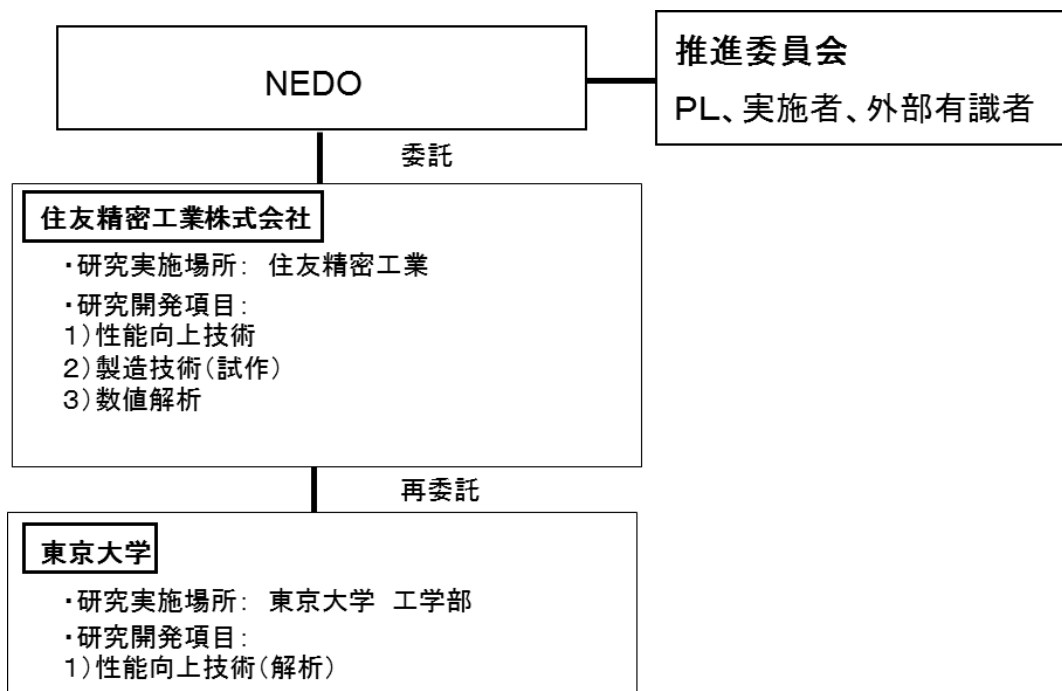


実施体制概要

次頁に各研究開発項目の実施体制を示す。

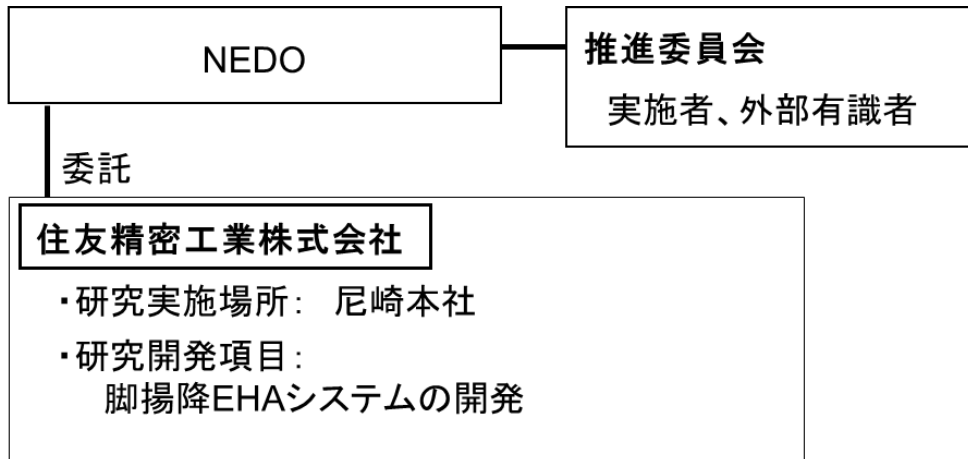
研究開発項目①次世代エンジン熱制御システム研究開発

住友精密工業は、熱制御システムの設計開発・製造開発を進め、東京大学(再委託先)は、その熱制御システムの放熱性能計算プログラムの開発について数値解析の分野でサポートする。また、本研究開発は、欧州の HORIZON2020 の枠組みにおける日欧共同研究のテーマとしても採用されており、欧州のエンジンメーカをリーダーとした国際共同開発の体制を敷いている。エンジンメーカには、熱制御システムの要求仕様の決定と開発したコンポーネントをデモンストレーターエンジンに搭載して実エンジンテストによる技術実証試験を実施する。



研究開発項目②次世代降着システム研究開発

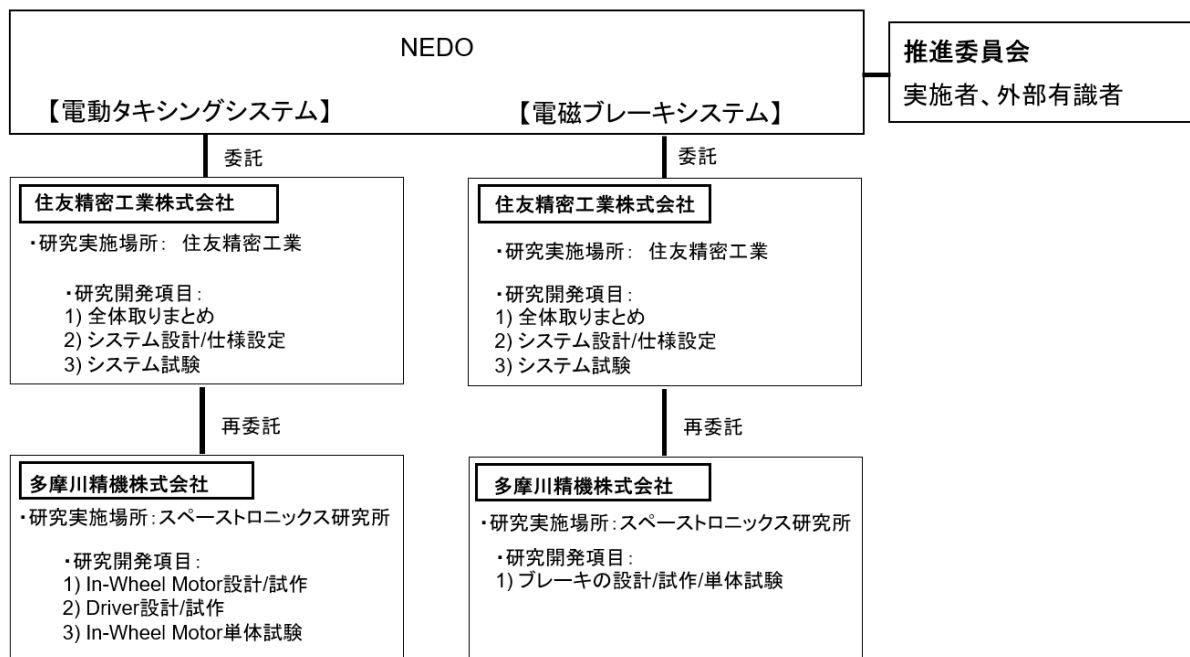
① 脚揚降システムの研究開発



研究協力先

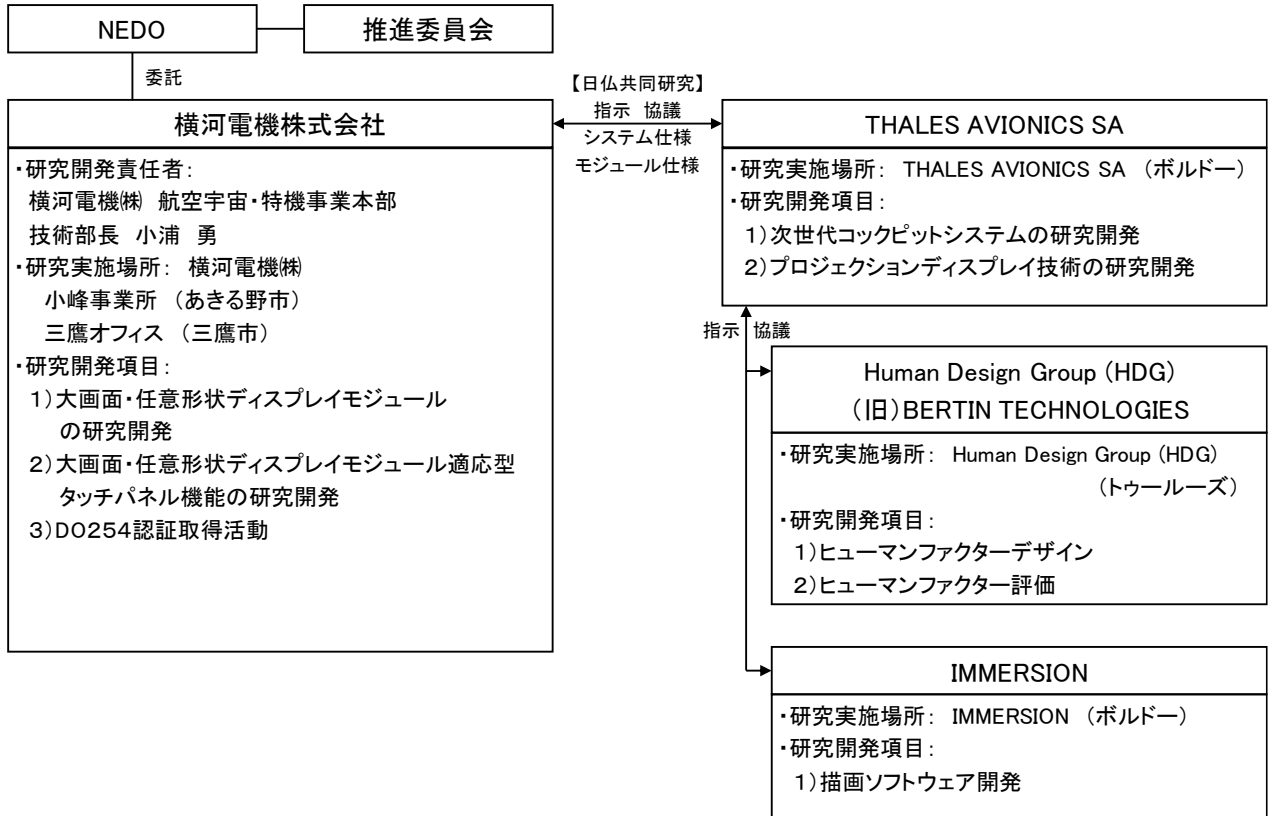


② 電動タキシングシステムの研究開発／③電磁ブレーキシステムの研究開発



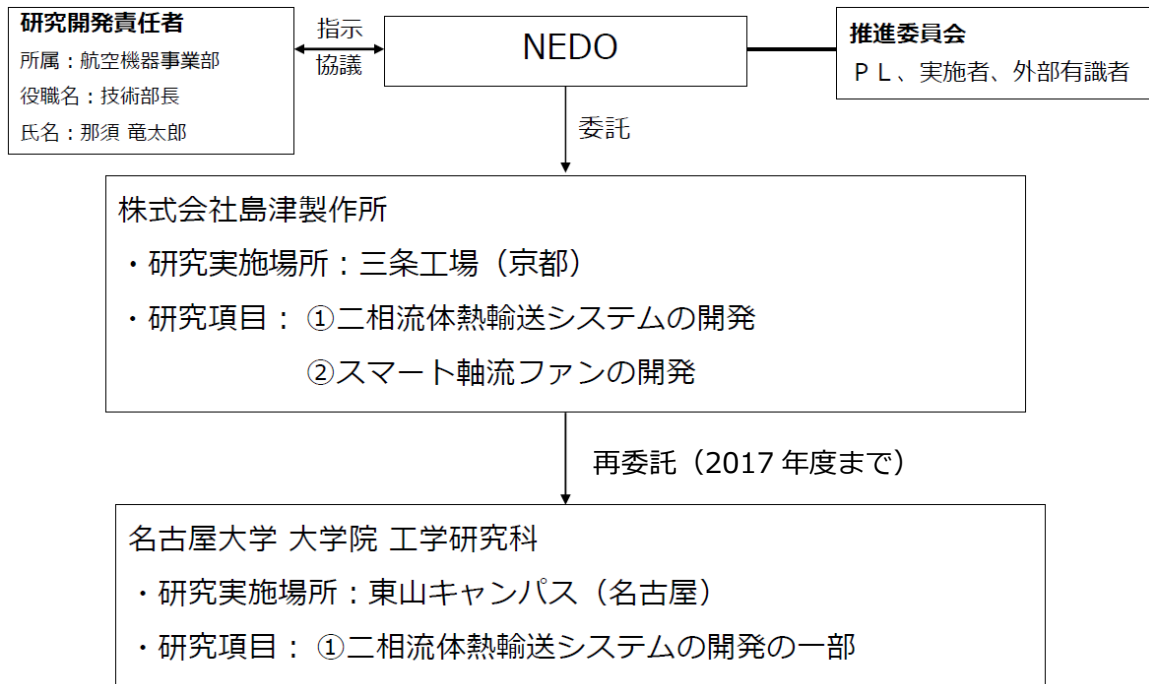
研究開発項目③次世代コックピットディスプレイ研究開発

本研究開発項目は、2013年6月の日仏共同声明における両国航空機産業の交流支援に関する決定を受け、経済産業省とフランス航空局が共同で開催したワークショップにて、横河電機株式会社と THALES AVIONICS SA が共同で提案した研究開発プロジェクトを成り立ちとした日仏共同研究開発プロジェクトであり、日本側は横河電機株式会社が NEDO の委託事業として 2015 年から研究開発を行っている。

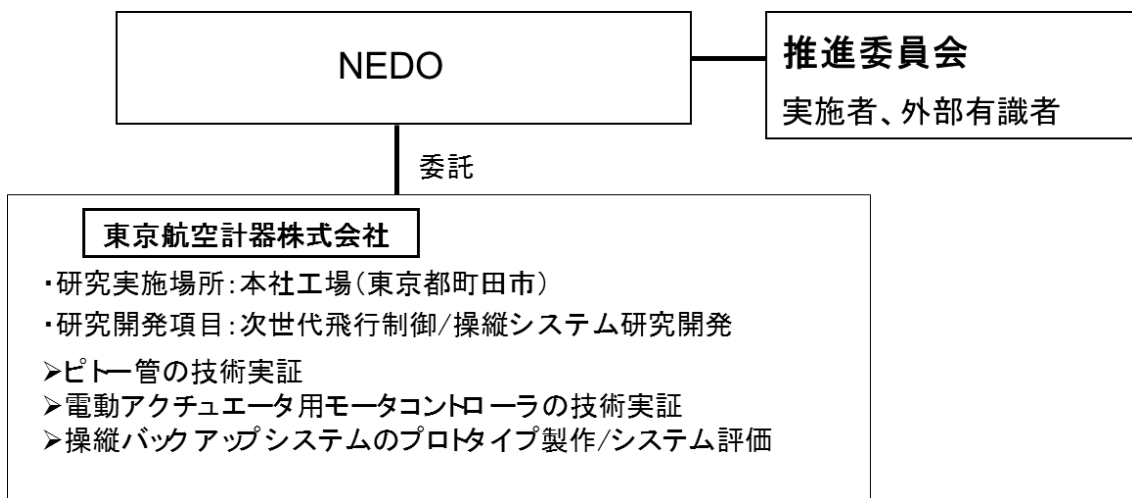


研究開発項目④次世代空調システム研究開発

株式会社島津製作所にて二相流体熱輸送システムの開発、及びスマート軸流ファンの開発を行う。二相流体熱輸送システムの開発に関しては、その一部を国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学に再委託する。

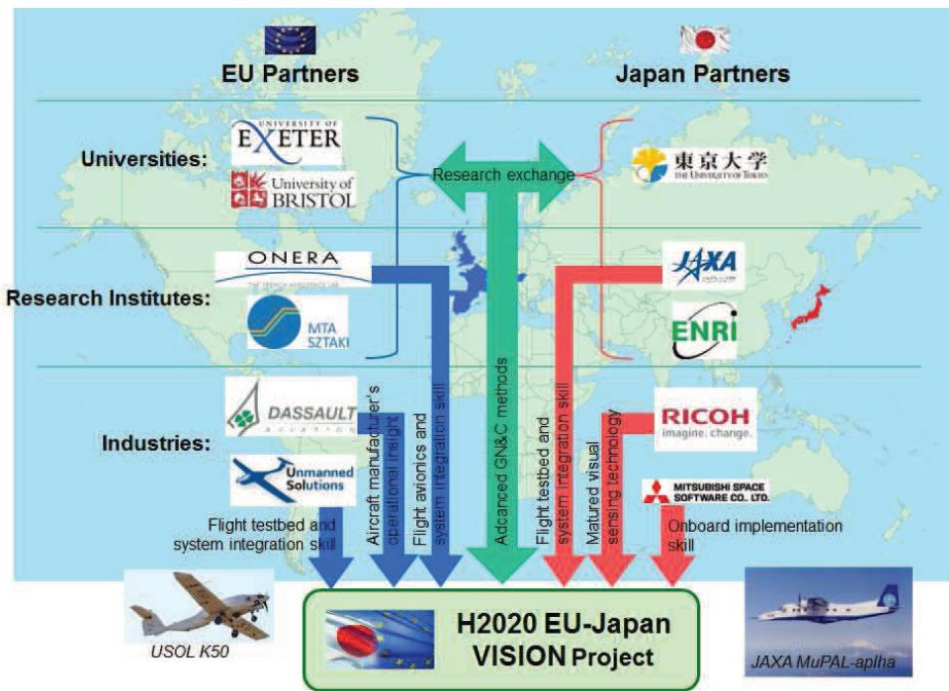
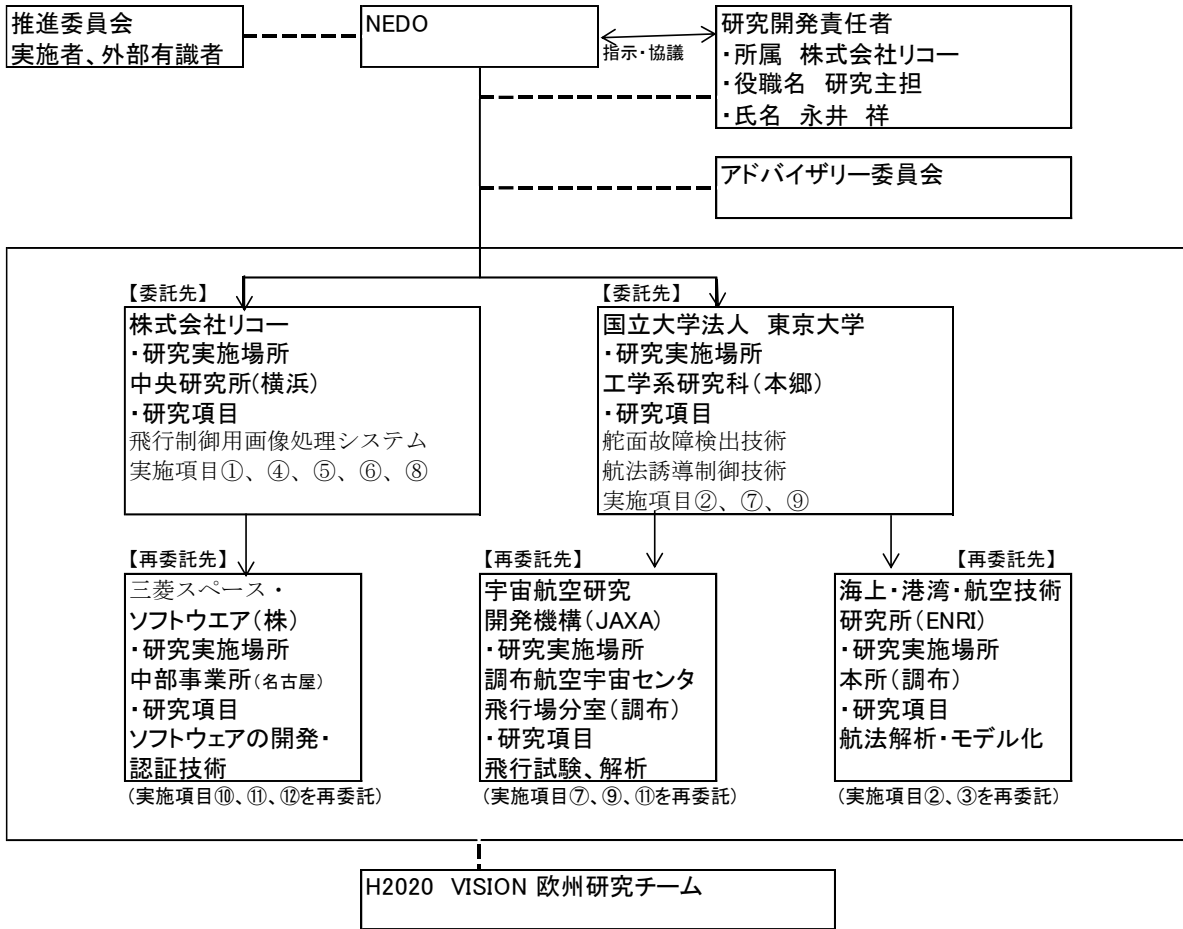


研究開発項目⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発



研究開発項目⑥次世代自動飛行システム研究開発

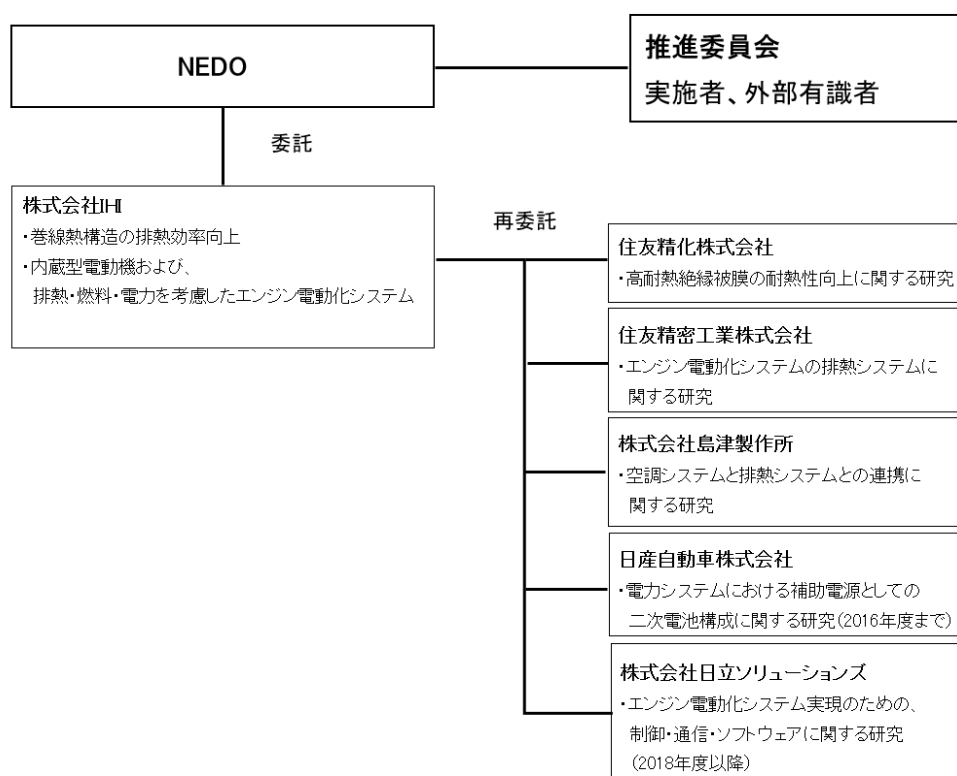
以下に本研究開発の実施体制を示す。画像処理システムを株式会社リコーが、舵面故障検出および耐故障制御技術を国立大学法人東京大学が、着陸時の航法誘導制御技術を国立大学法人東京大学が中心となって実施し、MSS(三菱スペース・ソフトウェア株式会社)、JAXA(国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構)、ENRI(国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所)がそれらに協力して実施する。本提案のメンバーは、2014年に欧州連合が発表した日欧の航空技術分野の共同研究プログラム Horizon 2020 の1テーマ「航空安全向上のための知的飛行制御技術(Smarter flight control technologies for enhanced safety)」に欧州チーム(ダッソーアビエーション、USOL、ONERA、SZTAKI、ブリストル大学、エクスター大学)(注1)と共同提案を VISION(Validation of Integrated Safety-enhanced Intelligent flight cONtrol)プロジェクトとして提案し、2015年に欧州委員会によって採択された。その内容は、高度な画像処理技術により故障検出を行うことで、耐故障制御技術の完成度を高めるとともに、航法誘導制御技術の高度化を確実にする手法を開発し、実験用航空機および無人航空機を用いて飛行実証するものである。Horizon 2020では、欧州チームは欧州委員会から資金援助を受け、日本チームは日本国内で該当する研究公募により資金援助を受けるスキームとなっており、今回、日本チームはNEDOの本プロジェクトに申請した。また、研究は、欧州側、日本側で制御技術の提案を行い、耐故障制御技術に関しては、JAXAの実験用航空機 MuPAL- α で、航法誘導制御技術の高度化に関しては、USOLの無人航空機 K-50を用いて飛行実証を相互の連携によって推進することになる。なお、故障シナリオの設定、飛行試験の詳細に関してはエアライン、機体製造メーカーの意見を求めることが必要であり、欧州メンバーのダッソーアビエーション以外に、国内ではエアライン、機体製造メーカー、航空産業政策の専門家によるアドバイザー委員会を設置する。



注) 欧州研究チーム(NEDO プロジェクトからの予算配分は無い)

- ・ダッソーアビエーション フランスの航空機メーカー
- ・USOL スペインの無人航空機メーカー
- ・ONERA フランスの国立航空宇宙研究機関
- ・SZTAKI ハンガリーの国立研究所 Institute for Computer Science and Control
- ・ブリストル大学、エクスター大学 英国の大学

研究開発項目⑦次世代エンジン電動化システム研究開発



2.3 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有する NEDO は、経済産業省及び総括責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には半年に 1 回程度、推進委員会を実施する。また、プロジェクトで取り組む技術分野について、必要に応じて内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査する。なお、調査の効率化の観点から、本プロジェクトにおいて委託事業として実施する。

進捗管理に関する具体的な取組は以下の通り。

・事業推進委員会の開催

NEDO を主体として、各研究開発項目の研究開発責任者等が進捗報告を行い、NEDO のプロジェクトマネージャーと議論を行い、外部有識者による審議を経て、研究開発の方向性を決定している。本委員会は半年に 1 回程度開催している。

<開催実績>

- 第 1 回:2015 年 12 月
- 第 2 回:2016 年 9 月
- 第 3 回:2017 年 2 月
- 第 4 回:2018 年 2 月
- 第 5 回:2018 年 8 月
- 臨時開催:2019 年 1 月
- 第 6 回:2019 年 2 月
- 第 7 回:2019 年 9 月
- 第 8 回:2020 年 2 月

・サイトビジットの実施

2016 年度より、各研究開発項目の進捗状況のよりの確な把握及び外部有識者を含めたプロジェクト関係者間で今後の課題等について認識の共有をはかることを目的として、外部有識者等と共に研究開発現場訪問(以下、「サイトビジット」という。)を実施している。

<開催実績>

- 第 1 回:2016 年 12 月
- 第 2 回:2017 年 7 月
- 第 3 回:2018 年 10 月
- 第 4 回:2019 年 11 月

研究開発項目②次世代降着システム研究開発

研究開発を通じて得た知的財産は、公開(権利化)または非公開(ノウハウ化)を以下の方針で行う。

①脚揚降システムの研究開発

公開(積極的に権利化を行う):システム構成、制御技術

非公開(ノウハウとして秘匿):PUMP 技術

②電動タキシングシステムの研究開発

公開(積極的に権利化を行う):モータ構造、減速機・クラッチ技術

非公開(ノウハウとして秘匿):制御技術、冷却方式

③電磁ブレーキシステムの研究開発

公開(積極的に権利化を行う):MR ブレーキ構造

非公開(ノウハウとして秘匿):制御技術、冷却方式、MRF

研究開発項目③次世代コックピットディスプレイ研究開発

本研究開発における知的財産は、量産化時期が2027年以降であることを鑑み、クローズ戦略とし、外見から容易に複製可能な技術については公開前または量産化前に特許を申請する。すなわち、2017年度までは技術やノウハウに関して先使用权の証拠確保・保全実施、2018年度以降はコックピットディスプレイに採用する外形形状等に関する特許申請及び製造方法に関するノウハウに関する先使用权の証拠確保・保全実施を行うものとする。

研究開発項目④次世代空調システム研究開発

本研究開発項目では、知的財産権のオープン/クローズ戦略を下表の通り考えている。

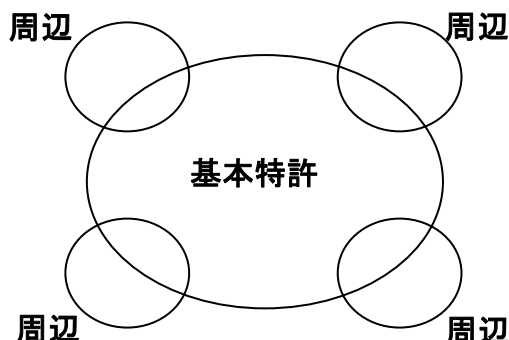
| | 知的財産として保護する | | | 保護しない |
|------|-----------------|---------------------|------------|------------------------|
| | 発覚し難い → ノウハウ | 発覚し易い → 特許取得(公開) | | |
| 知財実務 | | | | (D) 公開し 認知度を 上げる |
| 事業戦略 | (A) 隠す | (B) 他者に 使わせない | (C) 使わせる | |
| | | | 有料 無料 | |
| | クローズ戦略 | | オープン戦略 | |

研究開発段階では基本的に表の(A)の立場をとり、公開しない。製品化段階にて、特許を活用して日本の産業を強化することを念頭に、情報公開のメリット/デメリットをトレードオフし、表の(A)(B)(C)(D)のいずれをとるか決定する。

表の(B)(C)の立場を取ることになった場合、特許取得の戦略については、下図にイメージする通り、まず本研究開発の技術的コアとなる原理、構造、材料等に関する基本特許を取得し、続いて製造方法、

用途、関連部品等に関する周辺特許を押さえていくものとする。

なお、現状では基本特許の取得は行っておらず、また障害となる特許も存在しない。



研究開発項目⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発

基本的に特許取得は実施せずノウハウによる秘匿を行う。

研究開発項目⑥次世代自動飛行システム研究開発

基本特許として、画像処理システムをコア技術として、知財確保し、周辺技術として、知的制御技術、センサーフュージョン対応、各種アプリケーションなどを含めた形での取得を検討する。

具体的には以下の2点を留意しながら進めていく。

- ・アルゴリズム、ハードウェアを一体化したパッケージとして開発することで業界標準化を狙う。
- ・エアバス、ダッソー、三菱航空機などの機体ベンダーと開発段階から技術成果を提示することでコア技術の知財確保を狙う

研究開発項目⑦次世代エンジン電動化システム研究開発

知財合意書にもとづき、知的財産権等の取得を実行する。なお、

- ・システム構想については、オープン戦略により、機体メーカーやエンジンメーカー、システムメーカーが有する構想とのすり合わせを積極的に行うことにより、他国他社に先駆けて事業化の機会を得るものとする。
- ・材料、構造、工法については、その知的財産権の侵害を発見・証明することが困難であることから、知財委員会等で個別に取得すべきとの判断のない限りにおいて、ノウハウとして公開しない。

2.4.2 知的財産管理

知的財産管理に関する各研究開発項目の取組は以下の通り。

研究開発項目①次世代エンジン熱制御システム研究開発

再委託先との間で知財合意書を制定し、以下の事項について取り決めた。また、知財委員会運営委員会規則を制定し、知財運営委員会を発足した。

- ・知財運営委員会の設置
- ・プロジェクト内での秘密保持
- ・知的財産権の帰属
- ・出願手続き
- ・プロジェクト内での実施許諾

研究開発項目②次世代降着システム研究開発

①脚揚降システムの研究開発

1) 知的財産管理指針の策定

- ・研究協力先である Airbus 社と、EHA システム関連の特許を受ける権利は住友精密工業に帰属することを規定

2) 発明委員会の運用

- ・メンバーは、研究部・航空宇宙技術部で構成
- ・アイデアを出し、特許性の有無について審議・認定
- ・PJ期間中、計 10 回開催(2 回/年)

②電動タキシングシステムの研究開発／③電磁ブレーキシステムの研究開発

- ・NEDO プロジェクトにおける知財マネジメント基本方針に沿って、委託先(住友精密)及び再委託先(多摩川精機)間で締結した知財合意書に基づいて知財管理を実施する。
- ・特許等の知的財産権の権利者は、委託先(住友精密)と再委託先(多摩川精機)で開催する知財運営委員会により決定する。
- ・知財運営委員会は本研究開発プロジェクト期間中に必要に応じて開催する。

研究開発項目③次世代コックピットディスプレイ研究開発

本研究開発における知的財産の権利の帰属は発明者にあるものとし、プロジェクト内での相互実施許諾を認めるものとする。

研究開発項目④次世代空調システム研究開発

本研究開発項目では、知的財産管理指針を次の通り策定している。尚これらは、知的財産管理に関する社内規定、及び NEDO 知財合意書(雛形)に沿ったものである。

- ・特許を受ける権利の帰属 : 権利は会社に帰属する。
- ・再委託先との知財合意書の取り交わし :
 - －東海国立大学機構名古屋大学(再委託先)との共有特許 : 持ち分は都度協議する
 - －プロジェクト内での実施許諾 : 共有特許は自由・無償で実施できる、等。

本プロジェクトでは、特許の出願に関する発明委員会を次の通り運用している。尚これは、知的財産管理に関する社内規定を準用したものである。

- ・株式会社島津製作所知的財産部にて、公開(出願)／隠す(ノウハウ)／放棄の方針を立案する。
- ・知的財産部と発明者にて協議(書面持ち回り、又は打合せ)し、方針を決定する。
- ・出願した場合は NEDO に通知する。
- ・これまでのプロジェクト期間中、計 5 回実施。

研究開発項目⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発

本研究において得られる制御アルゴリズム(バックアップシステム、モーターコントローラ)及びピトー管に関する設計手法、製造方法及び製造設備については、その内容を第三者が検証する事が困難な為、秘匿すべき重要技術と位置付け、特許の取得では無く、ノウハウとして秘匿する予定である。

研究開発項目⑥次世代自動飛行システム研究開発

NEDO プロジェクトにおける知財マネジメント基本方針に沿って、委託先、再委託先からなる「知財運営委員会」を整備し、知財の取り扱いや方針等を決定するとともに、委託先間の知財の取り扱いに関する合意事項が含まれる知財合意書を作成し、関係者間で合意した。

研究開発項目⑦次世代エンジン電動化システム研究開発

本プロジェクトにおける成果の公表および知的財産権の取扱いを適切に行うため、知財運営委員会を設置した。また、知財合意書により、

- ・秘密保持
- ・本プロジェクト成果の知的財産権の帰属
- ・共有するフォアグラウンド IP の取り扱い
- ・プロジェクト参加者間での知的財産権の実施許諾等を規定した。

3. 情勢変化への対応

3.1 動向・情勢の把握と対応

本プロジェクトに関連して2015年度以降に実施された、動向・情勢の把握を目的とした情報収集事業は以下の通り。なお、調査の実施に係る費用は本プロジェクトとは別の予算から支出されている。

また、各研究開発項目に関連する動向・情勢については、各委託先に把握に努めるよう指導するとともに、把握された動向・情勢への対応と併せ、事業推進委員会等で報告を行っている。

① 国外の航空機開発及び航空機システム開発に関する動向調査(2015年度)

本調査の目的及び概要は以下の通り。

1) 調査の目的

航空機産業は、最先端の技術が適用される典型的な研究開発集約型の産業、かつ極めて広い裾野を有する総合産業であり、多岐にわたる関連産業分野への技術波及、及び技術高度化を促進する。また今後、旅客需要は世界的に大きく伸びることが想定されており、今後20年間で約2倍になる見込みとなっている。航空機産業にとどまらず、より広い産業の技術力向上及び雇用創出のために我が国の航空機産業の発展を図ることは、産業政策上、極めて重要である。

しかし、航空機産業における我が国の産業競争力は決して高くない。例えば国外の航空機システムメーカーでは、M&Aを繰り返し巨大企業に成長してきており、航空機システムを丸ごと受注しているため、我が国の航空機システムメーカーは航空機分野においてビジネスの機会が縮小し、国外の航空機システムメーカーの下請けに甘んじている。我が国の国際競争力強化のためには、次世代航空機の方向性である電動化を見越して、既存の油圧式システムを代替するような航空機用先進システムを開発し、我が国の技術が次世代航空機に早期に導入可能な体制を構築しておく必要がある。

一方、国外の航空機開発動向については、欧米の航空機メーカーが2020年代半ば以降に次世代航空機を市場投入予定であることが分かっているが、2015年度から2019年度まで実施予定の「航空機用先進システム実用化プロジェクト」の成果をより確実に実用化・事業化に繋げるために、次世代航空機に求められる航空機システムの在り方について更なる調査を行い、調査結果をプロジェクト運営に反映していくことが重要である。

そこで本調査では、我が国航空機産業の更なる競争力強化、市場活性化に向けて、欧州や北米等、国外の航空機開発・航空機システム開発に関する動向調査を行い、国外の航空機メーカー及び航空機システムメーカーのニーズ、国外の今後の航空機開発の方向性等を明らかにする。また、「航空機用先進システム実用化プロジェクト」の基本計画の見直しや新規案件の発掘、また必要に応じて技術戦略マップの改訂を行う。

2) 調査の概要

下記①②に示した項目について調査(情報収集、分析及び考察)を行い、得られた調査結果をもとに、我が国の航空機産業活性化シナリオの改訂を行う。なお、本調査の実施状況については、月に最低1回進捗報告会を行ってNEDOと密に共有し、調査の方向性について適宜確認を行うとともに、追加で実施すべき事項が発生した際には、協力して対処する。また調査の取り纏めに際しては、NEDOや外

部有識者、経済産業省、関連機関等と密接な連携を図り、情報収集、分析及び考察を行うこととし、かつ一般に流布する情報だけではなく、有識者委員会やヒアリング等を通して、様々な意見を広く発掘して調査する。

① 国外の航空機開発及び航空機システム開発に関する動向調査

欧州や米国等の国外で開発が計画されている次世代航空機に関して、次世代航空機に求められる機能・性能、今後の航空機開発及び航空機システム開発の方向性、航空機開発及び航空機システム開発に関する研究開発の現状、国外の航空機メーカー及び航空機システムメーカーの技術ニーズについて、公的研究機関や大学・地域クラスターとの連携も踏まえて調査・分析を行う。また、2014年度のNEDO調査事業「次世代航空機システムに関する技術動向調査」の中で調査した各種の実証試験設備に関連して、国外の研究機関等が保有する実証設備の活用状況（保有形態、利用料、設備投資費、運営費等）について調査する。なお、調査にあたっては、欧州との国際協力の枠組みの中で実施されるワークショップや現地調査等を活用するものとする。

② 航空機産業活性化シナリオの改訂

上記①で得られた調査結果を基に、「次世代航空機システムに関する技術動向調査」で作成した航空機産業活性化シナリオを改訂する。航空機産業活性化シナリオには、a.我が国が目指すべき航空機産業の方向・戦略（航空機・構造関連、航空機システム関連、エンジン関連）、b.我が国の航空機に関する技術開発、c.我が国の航空機システムに関する技術開発、また技術開発以外に d.我が国の認証体系の整備、e.我が国のサプライチェーンの整備、f.我が国の実証試験インフラの整備、及び g.我が国の人材育成・人材確保に関するシナリオを含むものとし、改訂にあたっては各項目に関連する有識者・事業者等と密に連携しながら作業を進めるものとする。また、航空機産業活性化シナリオを踏まえ、2015年度から2019年度まで実施予定の「航空機用先進システム実用化プロジェクト」の基本計画の見直しや新規案件の発掘に関する検討、また必要に応じて技術戦略マップの改訂を行う。なお、航空機産業活性化シナリオの改訂にあたっては、航空機産業活性化シナリオの妥当性について審議するための有識者委員会を立ち上げ、専門的見地からの意見を聴取し、航空機産業活性化シナリオに反映するものとする。

③ 航空機システム開発に関する国内他産業連携の可能性調査(2017年度、実施中)

本調査の目的及び概要は以下の通り。

1) 調査の目的

今後、旅客需要は世界的に大きく伸びることが想定されている。2015年の時点では航空機の運航機数は約22,000機であるが、ボーイングの需要予測によれば、2035年までに約40,000機が新規製造され、その販売額は約5兆9,000億ドルにのぼる見込みとなっている。航空機産業にとどまらず、より広い産業の技術力向上、及び雇用創出のために日本の航空機産業の発展を図ることは、産業政策上、極めて重要である。

しかし、航空機産業における日本の産業競争力は決して高くない。例えば航空機装備品の分野においては、海外の航空機装備品メーカ(システムインテグレーター)が合併・買収を繰り返しながら巨大企業に成長しており、国内外の航空機メーカからシステムを一括受注しているため、国内の航空機装備品メーカはビジネスの機会が縮小し、海外の航空機装備品メーカの下請けとなっているケースが多い。しかし、航空機装備品は航空機の価値構成のうち約 4 割を占める重要な分野であることから、航空機装備品の分野における産業競争力を強化することは、重要な課題のひとつであると言える。

上述の背景を踏まえ、NEDO では 2015 年度から「航空機用先進システム実用化プロジェクト」を推進している。本プロジェクトでは、主に航空機装備品メーカを委託先とし、2020 年代半ば以降に市場投入予定の次世代航空機への採用を出口として、軽量・低コストかつ安全性の高い航空機用先進システムに関する研究開発が行われている。

一方、一部の欧米航空機メーカや航空機装備品メーカ、エンジンメーカには、海外のシステムインテグレーターだけでなく、日本が強みを有する国内他産業の企業との連携について検討を進める動きがある。そのため、この機会を積極的に活用し、欧米航空機メーカの次世代航空機開発や、さらには MRJ では約 3 割にとどまっている部品の国産比率を次世代国産航空機開発において高め、航空機市場における日本のプレゼンスを高めていくためには、すでに航空機産業に参入している国内企業の競争力向上だけでなく、未参入の国内企業における新規参入を促進することが重要である。

このような状況に鑑み、本調査では、航空機産業、その中でも特に航空機装備品の分野への新規参入を促進するような研究開発の立ち上げに繋げることを目的とし、国内外のエアライン、航空機メーカ、航空機装備品メーカ及びエンジンメーカのニーズ調査、及びニーズを踏まえた国内他産業の企業が有する技術シーズの発掘を行う。

2) 調査の概要

下記(1)及び(2)の事項について、公開レポート等からの情報収集、国内外で開催されるワークショップや展示会等への出席、国内外のエアライン等への現地調査、個別の企業ヒアリング等を通じて、調査(情報収集、分析及び考察)を行う。

なお、調査にあたっては、調査の実施状況をNEDOと密に共有し、調査の方向性について適宜確認を行うとともに、追加で実施すべき事項が発生した際には協力して対処するものとする。また、NEDO や外部有識者、経済産業省、関連機関等との密接な連携のもとで行うものとする。

(1) 航空機メーカ等のニーズに関する調査

2020年代半ば以降の市場投入を想定して、現在開発が計画されている(あるいはコンセプト検討が開始されている)国内外の次世代航空機に対して、次世代航空機に求められる機能・性能、及びそれに基づく航空機メーカや航空機装備品メーカ、エンジンメーカの技術ニーズを調査・分析する。

なお、ニーズ調査にあたっては、2015年度NEDO調査事業「国外の航空機開発及び航空機システム開発に関する動向調査」の調査結果を活用するものとする。また、NEDOや経済産業省との協力のもとで、必要に応じて国外の航空機メーカ等とのワークショップを共同で開催し、ニーズの把握に努めるものとする。

(2) 国内他産業の技術シーズに関する調査

上記(1)の調査と並行して、航空機メーカや航空機装備品メーカのニーズに合致する技術を有する国内他産業の企業を調査・分析する。ただし、調査効率化の観点から、すでにニーズとして判明し

ている「航空機の高機能性、高信頼性、運用コスト低減に資する以下の5分野」に適用できうる技術について優先的に調査するものとする。

- 機体構造及び材料
- 装備品
- キャビン
- 製造技術及びデータマネジメント
- 環境性能

なお、シーズ調査にあたっては、必要に応じてエアライン、航空機メーカー、航空機装備品メーカー、(他産業を含む)業界団体、大学等の有識者等で構成されるワーキンググループを立ち上げ、調査結果について幅広い視点で意見を聴取し、調査結果に反映するものとする。また、必要に応じてホームページでの情報提供依頼等を行い、独自の調査やワーキンググループでは網羅しきれない産業の企業からも、幅広く情報を得られるような仕組みを構築するものとする。

以下に各研究開発項目の把握・対応状況を示す。

研究開発項目①次世代エンジン熱制御システム研究開発

航空機エンジンの発熱量の増大及び熱制御システムに許容されるスペースの確保が重要かつ重大な課題となっている。エンジンメーカーでは、新規開発のファン駆動用のギアの導入、発電機の大型化等により増大している発熱量の予測に苦労している。発熱量が増大すれば、その排熱を担う熱制御システムの容量は増大するため本研究開発のコンポーネントのサイズ・重量に直接的に影響がある。そのため、共同研究パートナーであるエンジンメーカーから上位システムの開発状況のフィードバックを得るため適切な頻度で調整会議を開催しコンポーネントのサイズ、仕様の見直を実施している。

研究開発項目②次世代降着システム研究開発

①脚揚降システムの研究開発

研究協力先である Airbus 社とのコミュニケーション、及び国際学会への参加により、動向・情勢を把握し、対応している。

| 情勢 | 対応 |
|---|---|
| 1. EHA についての General Specifications が発行されたとの情報を入手した。 | 1. 基本的には機体会社からの Specification によって設計しているが、要すれば今後の EHA 設計時の参考とする。 |
| 2. 中・大型機の脚揚降用アクチュエータの電動化は他社では EHA は行われていないと思われる。また、同じ用途の EMA はジャミングや質量増の課題があり、研究が進んでいないと思われる。 | 2. 先行者利益を獲得すべく、自社の EHA 研究を加速させている。 |
| 3. 脚揚降用アクチュエータの EHA 化のみではなく、揚降システムの電動化を提案しないと機体会社は対応しない。 | 3. 揚降システムに使用している油圧機器の電動化を提案し、対応可能な EHA や EMA の設計／検討を進めている。 |
| 4. 自社の EHA 提案に対し、メンテナンス性の向上を要求されている。 | 4. EHA の交換部品を、組立品からモジュールレベルに変更可能か再検討すると共に、交換時間も短くなるよう構成を再検討している。 |
| 5. 機体運用環境への適合性を要求されている。 | 5. 耐久性向上の為の設計変更及び耐久試験を実施している。また、低温環境での作動試験も行い、環境面でのリスクを事前に排除している。 |
| 6. モデルベース開発の導入が要求された。 | 6. モデルベース開発の導入に取り組んでいる。 |

②電動タキシングシステムの研究開発

国際学会 (ITAT 2nd E-TAXI Conference)への参加及び民間旅客機運行会社 (IBEX Airline)との情報交換を行い、電動タキシングシステムに関する運行側でのニーズや業界動向・情勢を把握した。

その結果、欧州での環境負荷低減活動や、先行他社での実用化への開発加速状況を把握し、以下に示す対応を行った。

| 情勢 | 対応 |
|---|--|
| 1. 欧州の航空機に対する有害排気ガス削減、騒音低減に向けた研究開発 (Clean Sky2)の趣旨に合致したシステム構築が重要となっている。 | 1. 既存機での地上走行時間を調査し、エンジン駆動が最小となるように、非エンジン駆動走行仕様を設定を設定した。 |
| 2. 先行他社の実用化に向けた動きが加速している状況であり、速やかな実用化と先行他社との差別化が重要となっている。 | 2. 先行他社は単通路型での実用化であることから、本研究は当初どおり Regional Jet 機向けとし、他社より小型・軽量化を目指す開発とした。 |

③電磁ブレーキシステムの研究開発

民間旅客機運行会社 (IBEX Airline) と情報交換することにより、運行側でのニーズ及び業界動向を調査した。

研究中に、以下のような情勢である事が判明したため、以下の通りの対応とした。

| 情勢 | 対応 |
|--|---|
| 1. 短時間で放熱させる技術の構築について大きな課題に直面した。 2. MR 流体の比熱向上が想定以上に困難であることが判明した。 | 現状の技術では、RTO(Reject Take-Off)条件の高エネルギーを MR ブレーキ単体で吸収及び放熱させることは非常に困難であること、また既存ディスクブレーキに対して質量の観点でメリットを見いだせないことが判明したため、本研究は中止することとした。 |

研究開発項目③次世代コックピットディスプレイ研究開発

プロジェクトの運営管理として、定期的な研究開発の進捗報告と技術推進委員会に加え、以下の頻度でフランス側関係者との定期的な情報共有を実施の上、動向と情勢を把握し対応してきた。代表的な情勢変化に対する対応を次表に示す。

- ・年 1 回 日仏政府間 WS における会合
- ・年 2 回 仏側企業とのプロジェクト会議 (Face to Face)
- ・月次 仏側企業とのプロジェクト WEB 会議
- ・週次 仏側担当との研究開発進捗 WEB 会議

表 代表的な情勢変化とその対応

| 情勢 | 対応 |
|--|---|
| フランス側プロジェクトの正式ローンチの遅延 | 日本側プロジェクトローンチ後にTHALESと個別に会合を実施、フランス側プロジェクトの正式ローンチ前にTHALESが横河との研究開発を前倒しスタートした。 |
| 技術動向調査に時間がかかる | 日本側、フランス側双方から技術動向調査を行い、情報を補完しあうことで研究開発を効率的に進めている。 |
| フランス側プロジェクトに必要な評価サンプルがTHALESで調達できない(時間がかかる) | 横河取引先からのサンプル調達、技術情報入手のアレンジを行い、研究開発を効率的に進めている。 |
| 日本側プロジェクトに必要な評価サンプルが横河で調達できない(時間がかかる) | THALES取引先からのサンプル調達、技術情報入手の調整を行い、研究開発を効率的に進めている。 |
| 民生品向けディスプレイの技術革新が加速度的に進んでいる | 以下の技術に関する追加調査を実施 ・有機ELディスプレイの寿命調査 ・狭領域LCDの耐環境性調査 ・フレキシブルディスプレイの技術調査 |
| 液晶ディスプレイの曲面对応、異形対応がプロジェクト開始当初にディスプレイメーカーが計画していた程は市場に普及しておらず、試作品入手性が悪いこと、コックピット評価用プロトタイプの開発費が高額となる見込みとなった | 民生品・産業用の製品やサンプルを入手・加工の上で技術評価を行うことで技術試作品製作・評価で使用する費用を抑制し、H29年度予算からコックピットプロトタイプ用液晶の開発費の一部を振り分ける等の対応を調整中。→ヒューマンファクタに関する研究成果を反映する中で、ディスプレイ形状の見直しがあり、ディスプレイメーカーとの費用調整が合意に至らなかった為、H30年度以降の予算の範囲で成果達成するよう調整する。 |
| ヒューマンファクタに関する研究成果からディスプレイ形状への要求が変更となった | THALES社と形状を調整完了。 |
| 研究開発費用見込に対する不足金額の確保 | 社内費用FY18 約2500万円をNEDO費用として投入。成果達成に向けてFY19も追加の社内費用を投入計画(社内試験研究費として執行し、NEDOの経費には記載しない)。モックアップでの環境評価はアセンブリレベルでの評価に変更。モックアップのパイロット評価は次年度以降横河とTHALESで実施。 |

研究開発項目④次世代空調システム研究開発

本研究開発項目では、①機体会社、装備品会社、エアラインとの意見交換、②展示会、ワークショップ等への参加、③競合他社を訪問して意見交換、④文献・特許調査、等により世界の動向と情勢を把握している。一方で、民航市場の先行きは不透明感が増しており、当初想定から大きく外れることも予想される。今後は、より一層これらの活動に注力するとともに、各種情報を十分に精査した上で柔軟な対応を行う。

研究開発項目⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発

本研究開発項目における把握・対応状況は以下の通り。

| 情勢 | 対応 |
|--|---|
| EASA は、航空機において同一機器の多重化による安全性について見直しを行っており、同じコンパイラを用いることによる脆弱性を指摘している。 | 多重化機器とは独立したシステムを組み入れることにより脆弱性を払拭するため、機能を限定した安価で小型化したシステムの仕様を決定した。 |
| 次世代/次々世代機では、航空機の電動化の一環として EMA の採用が見込まれているが、現状採用されている製品も含め全ての要求に合致したものは無い。 | アクチュエーターメーカーとの協業時の要求を元に製品仕様を決定した。 |
| 着氷に関してピトー管の規定 (TSO-C16b : ELECTRICALLY HEATED PITOT AND PITOT-STATIC TUBES) が 2017 年 1 月 27 日に改定された。 | 新しい規定に対応するため、JAXA 殿設備にて着氷試験の一部を実施した。 |
| 現在着氷試験は、国外でのみ実施可能となっているため、国内での実施の可能性を模索し、JAXA 殿の高空試験設備での実施可否を検討。 | 着氷試験実現のために、新たに JAXA 殿と共同研究を開始した。 |

研究開発項目⑥次世代自動飛行システム研究開発

Horizon2020 Vision 日本・欧州パートナーと協議、連携しつつ、動向と情勢の把握に努めた。

以下に具体的に開催、参加したイベントを示す。

- アドバイザリー委員会： 2016 年 11 月、2017 年 8 月
- H2020 Vision Progress Meeting： 2016 年 10 月、2017 年 4 月、2017 年 10 月、2018 年 5 月、2018 年 10 月、2019 年 3 月、2019 年 8 月
- 日エアバスワークショップ： 2017 年 3 月、2017 年 9 月

研究開発項目⑦次世代エンジン電動化システム研究開発

海外機体メーカー、システムメーカー等との意見交換を通じた動向・情勢の把握を実施した。

- ・Boeing 社(アメリカ) : 2016 年 9 月
- ・AIRBUS 社(フランス) : 2016 年 11 月、2017 年 1 月、2 月、5 月、2018 年 6 月、9 月、12 月、2019 年 6 月、12 月
- ・UTC Aerospace Systems 社(アメリカ) : 2016 年 9 月、12 月、2017 年 4 月、2018 年 3 月、12 月、2019 年 2 月、3 月、12 月
- ・United Technologies Research Center(アメリカ) : 2016 年 9 月、12 月
- ・Pratt&Whitney 社(アメリカ) : 2019 年 2 月、12 月

また、電動化に関する国際学会における動向・情勢の把握を実施した。

- ・Electric & Hybrid Aerospace Symposium 2016(ドイツ) : 2016 年 11 月
- ・AIAA SciTech 2019 “Electric Aircraft Design” Workshop(アメリカ) : 2019 年 1 月

上記で得られた情勢を以下に示す。

- ・エンジン電動化システム系統設計において、発電機コンバータ(パワーエレクトロニクス)の冷却方式の課題が判明した。
- ・エンジン電動化システム系統設計において、遮断を含めた電力システムの安全性評価の課題が判明した。

この得られた情勢への対応として、研究開発課題として追加した。

3.2 開発促進財源投入実績

開発の進捗を踏まえ、解決すべき課題の対策を進めるため開発促進財源の投入を行った。具体的な内容は下表に示すとおりである。この開発促進財源投入により必要な対策を実施することができ、その後の研究開発の着実な推進が可能となった。

| 投入時期 | 研究開発項目 | 投入額 (百万円) | 投入目的 | 成果・効果 |
|-------|-------------------------------|--------------|---|---|
| 2017年 | 研究開発項目② 次世代降着システム研究開発 | 31 | 本研究開発項目のうち脚揚降システムについて、2015年度中にシステムレベルの試験を実施し、全試験を完了した。この試験の成果は共同研究先であるエアバスからも高い評価を受けたものの、2016年度末、実用化に向けた具体的な課題として、アップロック機構等を含めた一連のシステムとしての電動化及びさらなる重量軽減の必要性が明らかとなった。これらの課題への対応によって、本システムの実用化に向けて前進を図るため投入を実施する。 | システムとしての電動化及びさらなる重量軽減のためにEHA(Electro Hydrostatic Actuator)の新規形態開発に取り組み、システム重量の最終目標を達成した。 |
| 2017年 | 研究開発項目⑦ 次世代エンジン電動化システム研究開発 | 19 | 機体メーカーへのヒアリング及び技術動向調査を通じ、エンジン軸直結型発電機及びそれを駆動させる際に必要なパワーエレクトロニクスの排熱を行うシステムに関する議論を行った結果、空冷方式が次世代航空機に適しており、機体メーカーのニーズが高いことが明らかとなった。このニーズへの対応によって、本システムの実用化に向けて前進を図るため投入を実施した。 | 空冷排熱システムのキーとなる高密度ヒートシンクについて、解析評価により性能及び構造健全性を確認した。解析結果を反映した試作評価により、より均一な冷却能力の確保を確認した。 |
| 2018年 | 研究開発項目⑦ 次世代エンジン電動化システム研究開発 | 42 | 電力システムの信頼性解析を行い、型式認証要求を満足する用途を示すこと、永久磁石発電機の遮断の成立性を示すこと、及びシステム重量抑制のためのシステムの電圧制御のシステム設計を示すことにより、エンジン電動化システムの全体システムとしての成立性を示すことが可能となる。これらの実施によりシステムレベルでの事業参入を目指す上で重要な技術課題を解決する。 | 電源バスについて、機体電源喪失の故障要因分析を実施。各故障率データを用いた安全性解析の結果、製品成立性のある数値内であることを確認した。 電力システムの安全性確保のため電力遮断システムの有効性を確認した。 |

4. 中間評価結果への対応

| 中間評価における指摘 | 対応 | |
|---|----------|---|
| <p>研究開発目標の設定根拠について簡易的で、抽象的、定性的な表現が多い記載になっているテーマが見受けられる。将来実用化・事業化につなげることのできる適切な目標となっているか確認されたい。</p> | プロジェクト共通 | <ul style="list-style-type: none"> ・各項目の委託先から目標設定根拠を聴取し、想定ユーザーや研究協力先当から得たニーズ情報を踏まえた設定がされていることを確認した。 ・引き続き国内外のエアラインや機体メーカーとの意見交換を委託先に促し、ニーズ把握の取組を継続した。 |
| | 各個研究開発項目 | <p>把握したニーズとの隔たりが認められた場合は、適宜、目標値の見直しを行った。</p> |
| <p>知的財産権等の確保について、現状は各テーマでその必要性を判断してそれぞれ異なる対応をとっているが、一つの事業としての統一された行使法の策定が望ましい。認証取得に係る基盤的な知見などの共通的成果をオールジャパンで共有できる仕組みを構築することを今後検討されたい。</p> | プロジェクト共通 | <ul style="list-style-type: none"> ・知的財産権等については、引続き、技術流出防止のため特許化が必要な技術のみ出願するという基本方針の下、各テーマ毎の知財運営委員会等において、製品化や顧客提案の時期、侵害立証の可否等の観点から審議を行ってきた。 ・認証取得については、基本計画(5.(1)②標準化施策等との連携)に”関係機関との連携体制等を検討”と書き加える改訂を行い(2018年2月)。また2018年度実施方針(6.(1)運営・管理)にも同様の記述を加えた。これに沿って、2018年2月にJAXAが設立した「ソフトウェア認証基盤イニシアティブ」(航空機分野の装備品メーカー、業界団体、ソフトウェアベンダー等により構成)に、NEDO及び本プロジェクトの委託先も参画し、認証プロセスのノウハウ共有やソフトウェアライブラリの整備等を通じて協調を推進することとした。 |
| | 各個研究開発項目 | <p>上記の対応のほかに、各個の事業化戦略に応じて、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・認証取得に適合した開発標準の構築、 ・上位システムメーカーの認証取得をサポートすることでノウハウ蓄積、 ・国際標準化機関への参画 <p>などの対応を取ってきた。</p> |
| <p>事業化の達成に向けては、開発製品の販売の蓋然性に対するより詳細な根拠の提示が望まれる。</p> | プロジェクト共通 | <p>プロジェクト開始当初より、委託先に国内外のエアラインや機体メーカーとの意見交換を促し、レトロフィット、新造機への搭載、次世代機への採用等、参入、販売戦略の具体化を求めていた。さらに、競合に対する技術的優位性の確保だけでなく、整備性や収益性といったエアラインのニーズをも踏まえた戦略の策定をサポートすべく、事業推進委員会等での外部有識者からのレビューを繰り返し、また、2019年2月、航空・宇宙機器開発展にブース出展を行い、情報収集の場を提供した。</p> |
| | 各個研究開発項目 | <p>委託先ごとに、機体メーカー、エンジンメーカー、システムメーカーとの協業を狙う意見交換、情報収集をより活発化する一方で、研究開発要素の部分的製品化による単独事業化や他用途展開の可能性検討を進めた。</p> |

5. 評価に関する事項

NEDO は技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、プロジェクト評価を実施することとし、評価の時期は、中間評価を 2017 年度、事後評価を 2020 年度とした。

III. 研究開発成果について

1. 事業全体の成果

事業終了時(①、③～⑦:2020年2月末、②:2020年7月末)において、本プロジェクト全体として最終目標のほとんどを良好に達成している。一部も未達成目標についても、達成手段と達成見通しが明らかになっており、委託先で継続される製品化開発の中での達成が見込まれる。

2. 研究開発項目毎の成果

2.1 研究開発項目毎の目標と達成状況

以下に各研究開発項目の目標と達成状況を示す。

研究開発項目①次世代エンジン熱制御システム研究開発

① ASACOC

| 最終目標 | 成果 | 達成度 | 備考 |
|---------|-------|-----|----|
| 重量 10%減 | 目標値達成 | ◎ | |

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

② HFCOC

| 最終目標 | 成果 | 達成度 | 備考 |
|---------|-------|-----|-------------------------------|
| 重量 10%減 | 目標値達成 | △ | ALM 化により計算上は大幅な重量削減が可能。製作が課題。 |

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

③ OFCV

| 最終目標 | 成果 | 達成度 | 備考 |
|---------|-------|-----|----|
| 重量 10%減 | 目標値達成 | ◎ | |

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

④ 熱制御システム

| 最終目標 | 成果 | 達成度 | 備考 |
|---------|-------|-----|-----------------------------|
| 重量 10%減 | 目標値達成 | △ | HFCOCのALM化により目標を大きく達成する見込み。 |

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

研究開発項目②次世代降着システム研究開発

① 脚揚降システムの研究開発

| 最終目標 | 成果 | 達成度 | 備考 |
|---|---|-----|----|
| 質量を軽減させる。 | 目標質量まで軽減した。 | ○ | |
| 実機搭載(温度変化含む)を考慮した状態で、脚扉の開閉 / 脚の揚降に要する時間を評価する。 | Equipment(一部除く)を試作・評価し、システム性能を解析することで目標を達成した。 | ○ | |

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

② 電動タキシングシステムの研究開発

| 最終目標 | 成果 | 達成度 | 備考 |
|---|---|-----|---------------------------------|
| 以下の仕様を満足する供試体の設計を完了させる。(In-Wheel Motor 単体) | 仕様を満足する供試体の設計を完了し、機能・性能を確認した。 | ○ | 性能的に最終目標を達成した。今後耐環境性向上、強度向上を図る。 |
| 質量 In-Wheel Motor 単体: 31.0 kg 以下 システム全体: 120kg 以下 | 質量 In-Wheel Motor 単体: 30.6 kg システム全体: 101.4kg | ○ | |
| 出力トルク: 1370N-m | 出力トルク: 1370N-m (In-Wheel Motor 1 個あたり) | ○ | |
| 外形寸法: φ215mm × L172mm | 外形寸法: φ215mm × L172mm | ○ | |

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

③ 電磁ブレーキシステムの研究開発（中間評価後、開発中止）

考案した多板ブレーキ構造により中間目標のサイズ・吸収エネルギー・トルクを満足する目処を得たが、質量については目標値 80kg に対して現状 325kg と大きく乖離した結果である。

また最終目標のサイズ・吸収エネルギーでは、MRF の許容温度 300°C を大きく上回る約 1400°C まで昇温することが判明した。

| 中間目標 | 成果 | 達成度 | 備考 |
|--|--|-----|--|
| 以下の仕様を満足する供試体の設計を完了させる。 (Brake Assy 単体) | 質量を除いて中間目標の仕様を満足する結果を得た。この条件で作動した場合の最大温度は 270°C で MRF の許容温度 300°C 未満を満足する。 | × | 大幅な質量軽減と温度上昇を抑制するための高熱容量化・高放熱化が課題。課題解決に対する、有効な手段が現状なく、最終目標を達成する見込みはないため、本研究は中止とする。 |
| 質量: 80kg 以下 | 質量: 325 kg | × | — |
| 吸収エネルギー: 23MJ | 吸収エネルギー: 23MJ | ○ | — |
| トルク: 18000N-m | トルク: 18000N-m | ○ | — |
| 外形寸法: ϕ 430mm × L500mm | 外形寸法: ϕ 430mm × L500mm | ○ | — |

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

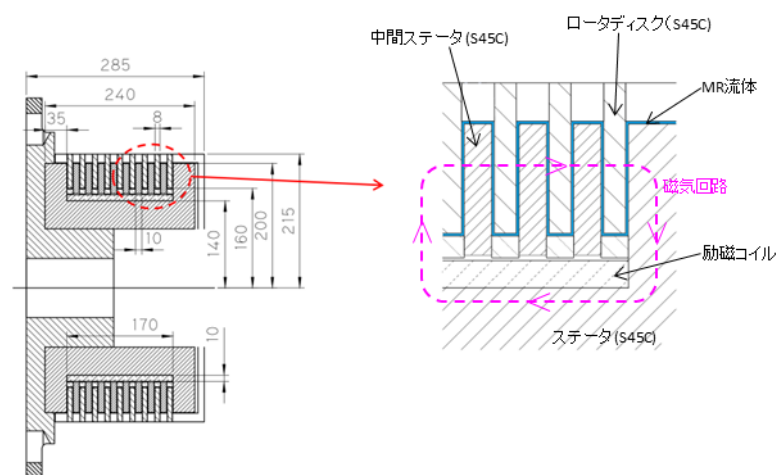


図 考案した多版 MR ブレーキ構造

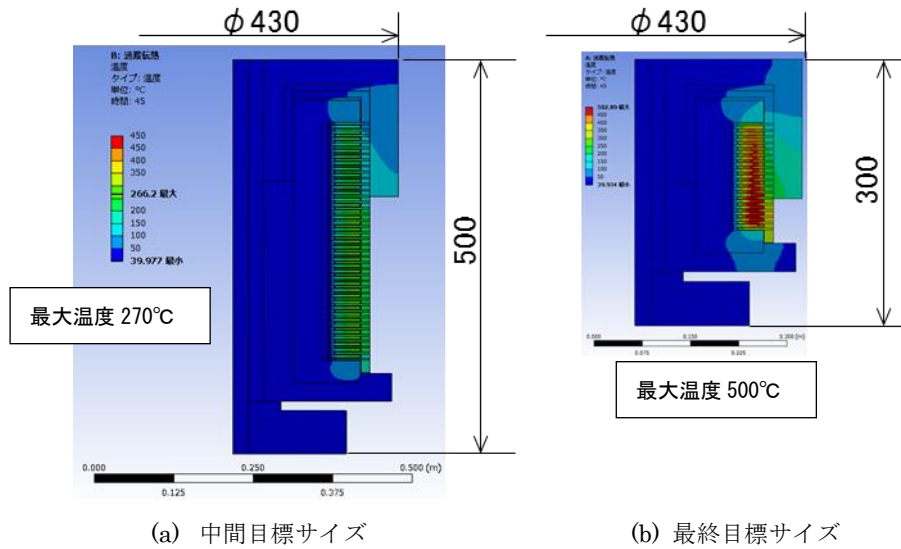


図 熱解析結果 / 中間目標条件 (23MJ, 18000N·m)

研究開発項目③次世代コックピットディスプレイ研究開発

達成状況概要

①大画面・任意形状ディスプレイモジュールの研究開発

| 最終目標 | 成果 | 達成度 | 備考 |
|----------|------|-----|-----------|
| モックアップ設計 | 設計完了 | ○ | |
| モックアップ製造 | 製造完了 | ○ | |
| モックアップ評価 | 評価完了 | △ | EMC 評価は除く |

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部達成、×未達成

②大画面・任意形状ディスプレイモジュール適応型タッチパネル機能の研究開発

| 最終目標 | 成果 | 達成度 | 備考 |
|----------|------|-----|-----------|
| モックアップ設計 | 設計完了 | ○ | |
| モックアップ製造 | 製造完了 | ○ | |
| モックアップ評価 | 評価完了 | △ | EMC 評価は除く |

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部達成、×未達成

③DO254 認証取得活動

| 最終目標 | 成果 | 達成度 | 備考 |
|-----------------|----|-----|----|
| SOI#1 実施と指摘事項対応 | 完了 | ○ | |

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部達成、×未達成

個別達成状況

| 最終目標 | 達成状況 |
|--|---|
| ①大画面・任意形状ディスプレイモジュール | |
| <p>複数の表示デバイスを並べた、1つの表示面として動作するディスプレイモジュールの表示面積を 1,300cm² 以上(現行の 15 インチ相当から面積比で 2 倍以上)とする。</p> | <p>達成済 モックアップシステム(3面ディスプレイ)のハードウェア結合動作試験にて動作を確認した</p> |
| <p>また、下記 2015 年度に定義した要求も満足するものとする。 ・継ぎ目の幅・位置ずれ・ディスプレイデバイス間の輝度むら・色度差・コントラスト比・歪</p> | <p>継ぎ目の幅:達成の見込(LCD 額縁幅と視野角要求に対応した光学設計により実現可能) 位置ずれ:達成の見込 (各ディスプレイの画像位置調整により実現可能) 輝度むら:達成の見込 (バックライトのエリア輝度調整により実現可能) 色度差:達成の見込 (LED の色選別と LCD との設計調整により実現可能) コントラスト比:達成(LCD の特性による) 歪:達成の見込 (LCD 額縁幅と製品の視野角要求に対応した光学設計により実現可能)</p> |
| ②大画面・任意形状ディスプレイモジュール適応型タッチパネル | |
| <p>上記大画面・任意形状ディスプレイに適応した、複数表示デバイス間の連携機能を有する、1 ユーザ当たり 3 点のマルチタッチが可能なタッチパネルを実現する。</p> | <p>達成済(部分試作品評価)</p> |
| <p>また、下記 2015 年度に定義した要求も満足するものとする。 ・応答速度・継ぎ目の不感帯幅・耐久性・反射率・透過率</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・応答速度:達成の見込み (単体の応答速度設計による達成) ・継ぎ目の不感帯幅:達成の見込み (単体のセンシングエリア設計による達成) ・耐久性:達成済(部分試作品評価) ・反射率:達成済(部分試作品評価) ・透過率:達成済(部分試作品評価) |

| 最終目標 | 達成状況 |
|--|------|
| ①②を組み合わせたディスプレイについて、以下の光学特性及び耐環境性を満足することを確認する。 | |
| 【光学特性】 | |

| | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ・高照度下でのコントラスト比 (ARP4256, Section 4.2.3.2) 3:1 以上 ・正反射 (ARP4256, Section 4.2.6): 1%以下 ・色度均一性 (ARP4256, Section 4.2.4.1): 24 以下 ・輝度: 343 cd/m² 以上 ・輝度均一性: 50%以下 | <ul style="list-style-type: none"> ・高照度下でのコントラスト比 3:1:部品レベルで達成 (製品レベルで達成の見込) ・正反射 1%以下:部品レベルで達成 (製品レベルで達成の見込) ・色度均一性 24 以下:達成 ・輝度 343 cd/m² 以上:達成 ・輝度均一性 50%以下:達成 |
| 【耐環境性】 | |
| <ul style="list-style-type: none"> ・温度 (DO160, Section 4, Cat A) ・振動 (DO160, Section 8, Cat B) ・湿度 (DO160, Section 6, Cat A) ・EMC (DO160, Section 20 Cat G, Section 21 Cat M) | <ul style="list-style-type: none"> ・温度:達成(モジュールレベル、部品レベル) ・振動:達成(モジュールレベル、部品レベル) ・湿度:達成(部品レベル) ・EMC:評価未実施のため未達成 (横河保有の装備品設計技術でカバー可能である領域であるが、評価品は装備品向け電源と保護回路を有さない設計としたため評価未実施となり未達成。) |
| ① DO254 認証取得活動 | |
| SOI#1 のレビュー完了要件を達成する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・達成済 DER による SOI#1 レビュー実施済。完了要件アクション 27 件の対応方針明確化済。 →新製品への適用準備が整備完了 |

研究開発項目④次世代空調システム研究開発

① -1 二相流体熱輸送システム Active Pump 方式

| | 目標 | 成果 | | 達成度 |
|-----|---|--|-----------------------------|-----|
| (1) | システムの主要構成部を試作し、性能を取得する。 (TRL4 を達成) | 二相熱交換器 | 性能を取得するとともに従来よりも高精度な設計式を得た。 | ○ |
| | | ポンプ | 性能を取得してオープン翼車の適合を確認した | |
| (2) | 熱輸送量 5~20kW を達成するための制御手法を確立する。 | 小型システムと Bread Board Model により 5~20kW の安定的な熱輸送を実現する制御手法を確立した。 | | ○ |
| (3) | 機体への搭載を想定した仕様での設計、及びパッケージ化を行った飛行実証前段階のプロトタイプモデルを製作し、基本性能・環境性能・耐久性能の地上性能評価を完了する。 | プロトタイプモデルにより基本性能・環境性能・耐久性能を実証。搭載環境におけるシステムの成立性を確認した。 | | ○ |

| | | | |
|-----|------------------------------|-------|---|
| | (TRL6 を達成) | | |
| (4) | 従来の液冷システムに対して所定の消費電力低減を達成する。 | 目標達成。 | ○ |
| (5) | 従来の液冷システムに対して所定の重量低減を達成する。 | 目標達成。 | ○ |

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部達成、×未達成

① -2 二相流体熱輸送システム Passive Pump 方式

| | 目標 | 成果 | 達成度 |
|-----|--|--|-----|
| (1) | システムの主要構成部を試作し、性能を取得する(TRL4 を達成) | ウィックを試作して性能を取得。従来品よりも有望なウィックを得た。 | ○ |
| (2) | 熱輸送量 5kW を達成する | 小型システムおよび Bread Board Model により熱輸送量 5kW を達成した。 | ○ |
| (3) | 機体への搭載を想定した仕様での設計、及びパッケージ化を行った飛行実証前段階のプロトタイプモデルを製作し、基本性能・環境性能・耐久性能の地上性能評価を完了する (TRL6 を達成) | プロトタイプモデルにより基本性能・環境性能・耐久性能を実証。搭載環境におけるシステムの成立性を確認した。 | ○ |
| (4) | 従来の液冷システムに対して所定の重量低減を達成する | 目標達成。 | ○ |

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部達成、×未達成

②スマート軸流ファン

| | 目標 | 成果 | | 達成度 |
|-----|---|-------|---|-----|
| (1) | 動翼・静翼、制御回路、モータの各構成要素レベルでの設計・試作を行い、各試作部位に対して性能評価を行う。(TRL4 を達成) | 動翼・静翼 | 制御回路の内臓に適した動翼・静翼に適用可能な設計手法を確立。試作・評価により所定の性能を確認した。 | ○ |
| | | 制御回路 | 回路の小型化と動翼・静翼の形状を追求。筐体内に内蔵可能な大きさで所定の性能を確認した。 | |
| | | モータ | 制御回路の筐体内の内蔵化に有利で、所定の性能を有するコアレスアウターロー | |

| | | | | |
|-----|--|--|----------------|---|
| | | | タ PM 同期モータを採用。 | |
| (2) | スマート軸流ファンとして飛行実証前段階のプロトタイプモデルを製作し、基本性能・環境性能・耐久性能の試験評価を完了する。(TRL6~7を達成) | プロトタイプモデルの試作・評価、および解析計算により、所定の基本性能・環境性能・耐久性能を有することを確認した。 | | ○ |
| (3) | 所定のモータ効率向上を達成する。 | 目標達成。 | | ○ |
| (4) | 従来の軸流ファンと同程度あるいはそれより軽い重量を達成する。 | プロトタイプモデルで従来の一定回転速度ファンと同程度の重量を達成した。 | | ○ |
| (5) | 製品化に向けた具体案を作成する。 | 客室空気の清浄化のニーズに着目し、空気清浄ユニットの構想案を作成した。 | | ○ |

◎ 大きく上回って達成、○達成、△一部達成、×未達成

研究開発項目⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発

①操縦バックアップシステム

| 最終目標 | 成果 | 達成度 | 備考 |
|---|---|-----|--------------------|
| モータコントローラ、ADC/ACCの基本的な機能確認用のブレッドボードモデル(BBM)を製作し、検証用プラットフォームとしてのBBMの機能、処理能力等の妥当性を確認する。(TRL4) | ピトー管(統合試験では圧力発生装置を使用)の対気速度情報を元に、BFCSアルゴリズムを介してモータコントローラの制御を行い、TRL5相当の能力を有していることを確認した。 | ○ | 機体メーカーとの共同研究を模索する。 |

◎:大きく上回って達成、○:達成、△:達成見込み、×:未達

②モータコントローラ

| 最終目標 | 成果 | 達成度 | 備考 |
|--|--|-----|-------------------------|
| 所定の出力のBBM(TRL4)を作製する。模擬負荷印加装置を構築し、モータに負荷を加えた状態でモータ制御を実施する。 | 高高度、高温環境下において10kWのモータ負荷の制御を実施し、TRL6相当の能力を有している事を確認した。また、課題の抽出も行い、今後の開発課題の把握を行った。 | ○ | アクチュエータメーカーとの共同研究を模索する。 |

◎:大きく上回って達成、○:達成、△:達成見込み、×:未達

③ピトー管

| 最終目標 | 成果 | 達成度 | 備考 |
|--|--|-----|--------------------|
| フライトモデル(FM)を製作し、所定の寿命時間の実証試験を実施する。認証試験取得のための準備を行う。 | 近年、改訂された着氷試験要求(AS8006A)でのデータ収集及び耐久試験により所定の高信頼性能を有していることを確認した。今後、認証試験を経て認証取得を目指す。 | ○ | 認証取得試験を経て認証の取得を行う。 |

◎:大きく上回って達成、○:達成、△:達成見込み、×:未達

研究開発項目⑥次世代自動飛行システム研究開発

①画像処理による航法誘導制御技術

| 最終目標 | 成果 | 達成度 |
|---|---|-----|
| 位置検出・自動着陸 ・プロトタイプモデルを用いた無人航空機による飛行試験を行い、画像処理による位置検出が可能であることを確認する。 | ・フランス国立航空宇宙研究機関(ONERA)が開発した欧州無人固定翼機のフライトコントローラと連携した画像処理システムとして、超望遠ステレオカメラを開発し、飛行中の航法誘導制御に必要な画像処理システムの仕様の明確化および、飛行中の性能検証が可能となった。 | ○ |

| | | |
|--|---|---|
| | <p>画像処理による位置検出(約600m 手前からの最終進入時のRTK GPSをベースとした機体位置推定値とのRMSEは、X(前方)=3.7[m]、Y(水平)=3.1[m]、Z(高度)=2.0[m])が可能であることを飛行試験により実証した。</p> | |
| <p>GPS/ILS ロストモデル</p> <p>・GPS/ILS 異常時においても自動着陸(最終進入)ができることを無人機による飛行試験により確認する。</p> | <p>・無人機の飛行試験により実データを取得し、開発したGPS/ILS 異常モデルを用いてGPS/ILS 異常を模擬したところ、異常時においても画像センサを併用することで、十分な精度で継続進入が可能であることを確認した。</p> | ○ |
| <p>天候対応</p> <p>・晴天時以外(曇天時)の画像を取得し、そのデータをもとに位置検出が可能であることを確認する。</p> | <p>・晴天時および曇天時においても画像処理システムによる位置検出が可能であることを確認した。</p> | ○ |
| <p>障害物検知・回避</p> <p>・最終進入時における障害物を検知・回避できることを無人航空機を用いた試験により確認する。</p> | <p>・超望遠ステレオカメラを搭載した無人固定翼機、マルチコプターの飛行試験より得られたデータから障害物検知のアルゴリズムを開発し、その実験データを使用した誤差モデルから不確定性を考慮した障害物回避アルゴリズムをシミュレーションによって確認した。</p> | ○ |

◎:大きく上回って達成、○:達成、△:達成見込み、×:未達

② 画像処理による舵面故障検出制御技術

| 最終目標 | 成果 | 達成度 |
|--|---|----------|
| <p>舵面状態検知</p> <ul style="list-style-type: none"> ・MuPAL-α 機に舵面角度検知システムプロトタイプを搭載し、飛行試験を行い、定常旋回時の舵角推定精度を確認する。 ・故障診断に関しては HIS 試験をベースに実用化レベルを高める。 | <p>画像処理システムの仕様策定および MuPAL-α の 3 次元モデルを使用したカメラ画像による舵面角度推定アルゴリズムを開発した。JAXA と連携することで、MuPAL-α 機体内に画像処理システムを搭載可能となり、飛行試験による正常な飛行データの取得に成功した。定常旋回時の舵角推定精度(アクチュエータのセンサ値と本画像処理システムの舵角推定値の RMSE で 0.59 度)を確認することができ、実用化に向けた課題を把握することができた。</p> <p>ゲイン低下、及びレートリミット低減、遅れ、舵角飽和という 4 種類の舵面状態を検知できるアルゴリズムを開発し、画像処理システムより実機での飛行試験から得られた誤差モデルを用いて、実機飛行時の故障検知シミュレーションを実施し、その有効性を検証した。</p> | <p>○</p> |
| <p>耐故障飛行制御</p> <ul style="list-style-type: none"> ・耐故障制御による安定飛行の維持を飛行試験もしくは Hardware in the loop Simulation (HIS)試験により確認する。 | <p>欧州が開発した三種類の耐故障飛行制御(スライディングモード制御ベースの制御則、ロバスト制御ベースの制御則、オンラインパラメータ推定およびゲインスケジューリングベースの制御則)、および東大と JAXA によるロバスト制御と適応制御ベースの制御則を MuPAL-α の実験用 FBW 計算機に搭載し、すべての制御器が想定した故障が生じても大きな操縦性劣</p> | <p>○</p> |

| | | |
|---|---|---|
| | 化がないことを確認した。 | |
| <p>ソフトウェア認証</p> <p>・画像処理システムを対象とし、民間航空機搭載用ソフトウェア規格 DO-178C に基づくソフトウェア開発プロセスの全体概要をまとめる。</p> | <p>民間航空機搭載用ソフトウェア規格 DO-178C に基づくソフトウェア開発に必要な活動の全般を調査し、一般のソフトウェア開発と異なる安全にかかわる部分を中心にそのプロセスの全体概要をまとめた。画像処理システムを搭載化するには、異常時の飛行への影響度を評価した DAL を設定し、それに基づく適切なソフトウェアレベルによる開発プロセスを構築する必要があることが判明した。</p> | ○ |

◎:大きく上回って達成、○:達成、△:達成見込み、×:未達

研究開発項目⑦次世代エンジン電動化システム研究開発

①高温に耐える高耐熱電動機

| 目標 | 成果 | 達成度 | 備考 |
|--|---|-----|----|
| 高耐熱電動機の試作品において 300℃の耐熱温度を有することを確認する。 | 巻線に高耐熱絶縁被膜を適用した高耐熱評価用電動機の試作機にて 300℃の耐熱温度を有することを確認した。 | ○ | |
| 250kW 以上で地上試験によりエンジン内蔵型電動機の実現性・有効性を実証する。 | 300℃耐熱の絶縁システムを適用した電動機を製造し、250kW 発電を達成、解析と合わせてエンジン内蔵型電動機の実現性・有効性を実証した。 | ○ | |

◎:大きく上回って達成、○:達成、△:達成見込み、×:未達

②燃料システムおよび空調システムも考慮した、効率のよい排熱システム

| 目標 | 成果 | 達成度 | 備考 |
|---|---|-----|----|
| エンジン電動化システムの設計手法を確立し、その手法を用いて燃費改善などの効果を確認する。 | 燃料を通じた空調とエンジンの排熱連携について、熱収支計算と熱交換器のサイジング設計により巡航条件での燃費改善効果を確認した。 | ○ | |
| シミュレーション等により性能評価を実施する。 | 空調とエンジンの排熱を連成して評価するシミュレーションモデルを構築、性能評価を実施し、エンジン内蔵型電動機の排熱成立性と、1フライトを通じての燃費改善効果を確認した。 | ○ | |
| 環境及び搭載形態を考慮した空冷排熱システムの解析評価、および高密度ヒートシンク試作による評価を実施し、空冷排熱方式の効果をj確認する。 | 空冷排熱システムのキーとなる高密度ヒートシンクについて、解析評価により性能及び構造健全性を確認した。解析結果を反映した試作評価により、より均一な冷却能力の確保を確認した。 | ○ | |

| | | | |
|---------------------------------------|--|---|--|
| エンジン内蔵型発電機及びその発電制御を含めた電力システムの評価を実施する。 | 電源バスについて、機体電源喪失の故障要因分析を実施。各故障率データを用いた安全性解析の結果、製品成立性のある数値内であることを確認した。 | ○ | |
| | 電力システムの安全性確保のため電力遮断システムの有効性を確認した。 | ○ | |

◎:大きく上回って達成、○:達成、△:達成見込み、×:未達

2.2 各個別テーマの成果と意義

以下に各研究開発項目の成果と意義を示す。

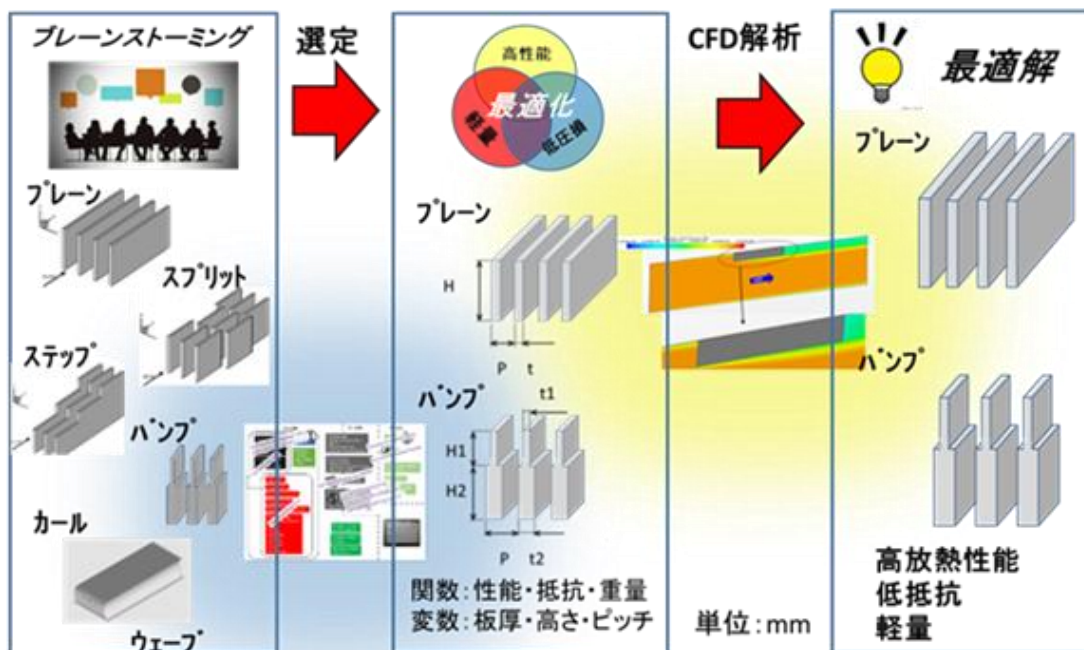
研究開発項目①:次世代エンジン熱制御システム研究開発

① ASCOC の研究開発成果

本プロジェクトで研究開発する ASACOC は、ターボファンエンジンのファン・エアを冷媒として高温になったエンジン潤滑油を冷却する熱交換器で、従来の設計に比べ、細長い縦横比でデザインされ、冷媒としての空気をより多く活用することを可能としていることに特徴がある。

①-1 空気フィンの最適化形状

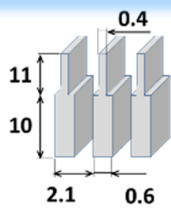
放熱性能の高効率化のために、空気フィンの形状の最適化を計った。数値流体解析を利用して、高性能、軽量、低圧力損失のフィン形状の最適解を得た。従来の空気フィンに比較して、高い放熱性能、低い抵抗性能、軽量化が可能であることが確認できた。本研究において得られた最適プレーンフィンと最適バンプフィンにはそれぞれ特徴があり、重量が優先される場合はプレーンフィン、性能が優先される場合はバンプフィンのように、顧客の仕様により選択できるようになった。



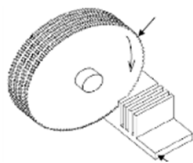
①-2 空気フィンの加工方法リサーチ

空気フィンの最適化により得られた形状について、その加工方法をリサーチした。機械加工や、プレス成型、押出成型等の加工方法を検討した結果、パンプフィンについては機械加工方法で専用の刃物を使用することにより製造実現の目途がたった。またプレーンフィン形状については、機械加工に加えて、薄い材料から切り起してフィン成形するスカイブ加工を利用することにより製造実現できることを実証した。スカイブ加工を適用することにより薄い材料で加工できることより従来の工法である機械加工に対し、材料の使用料が低減でき、フィン加工時間を大幅に短縮することが可能となる。量産化・実用化を視野に入れて引き続き課題克服のためのリサーチを継続中である。

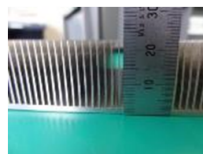
最適パンプ・フィン



形状詳細(mm)

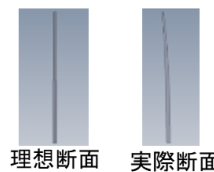


機械加工
(ミツ精機株)



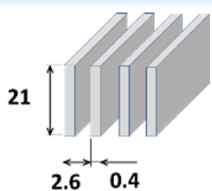
加工トライアル
サンプル

課題: 理想的な形状の加工未達

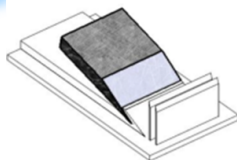


対策: 専用刃物の準備
結果: 専用刃物により理想形状の加工成功

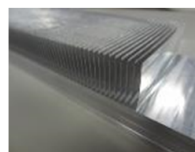
最適プレーン・フィン



形状詳細(mm)



スカイブ加工
(株中村製作所)



加工トライアル
サンプル

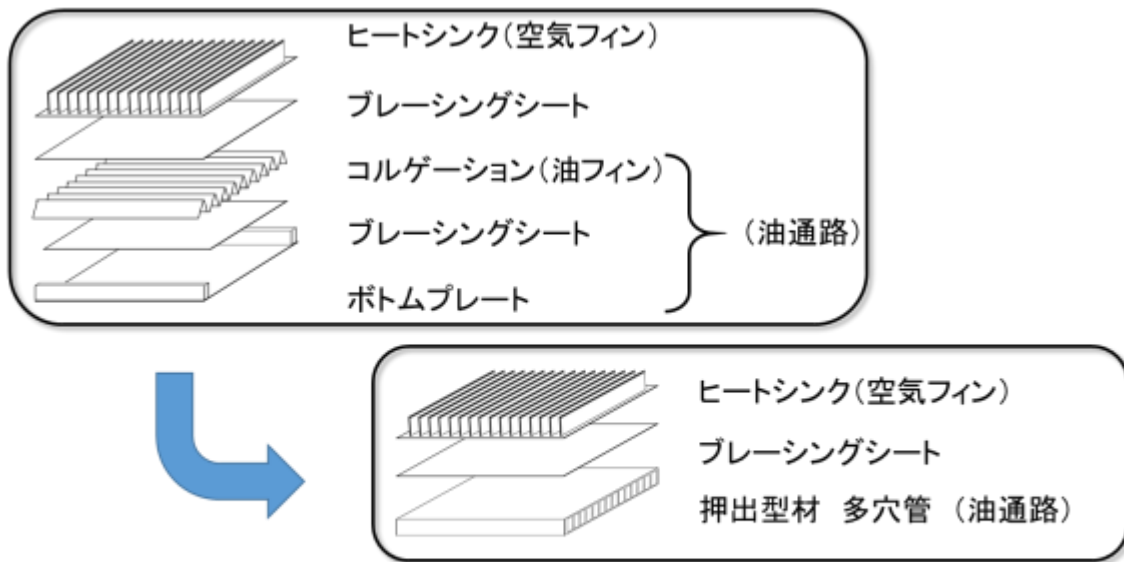
課題: 最大サイズ約300mm (要求1,500~2,000mm)

対策: 分割製作
加工設備の大型化
結果: 新規設備導入により2,000mm長さの加工が可能となった

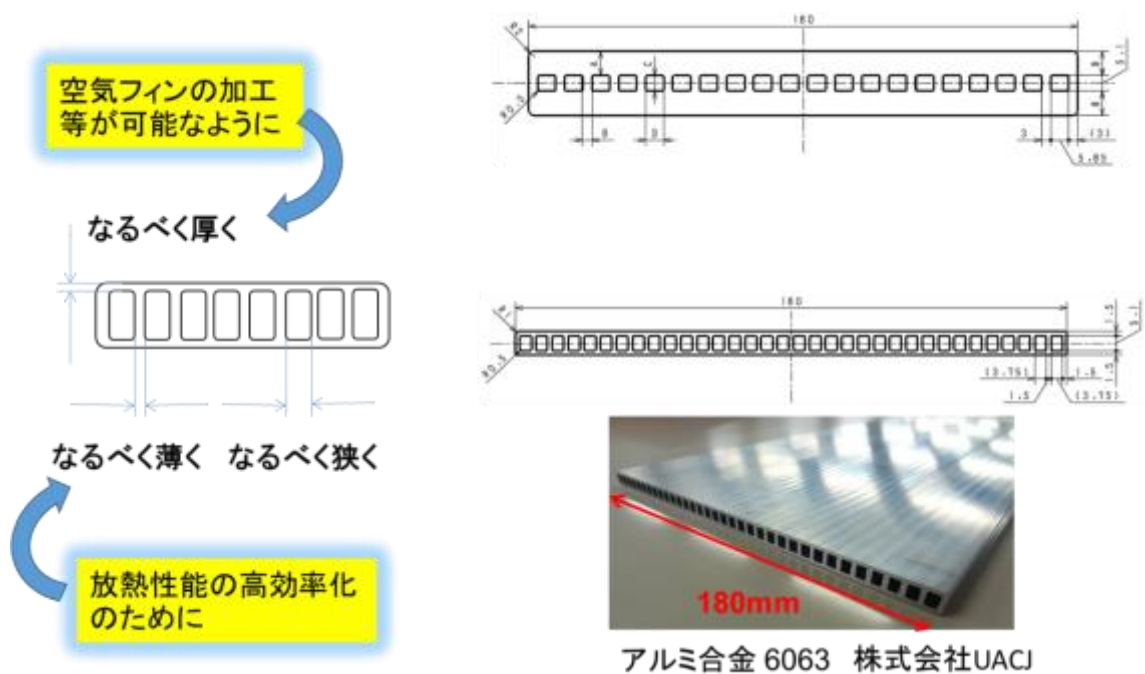
①-3 熱交換器の潤滑油通路への多穴管の採用

従来の製品では、潤滑油通路には、金属箔(厚み 0.2~0.4mm)をプレス成型したコルゲーションを使用

していたが、押出成形による多穴管を採用することにより製品の部品点数を減らしコスト削減、ブレイジング接合部位の削減による品質向上を実現することができた。多穴管の設計(デザイン)については、製造性の制約を考慮しつつ高性能・軽量を実現した最適化形状の試作部品の成形をした。



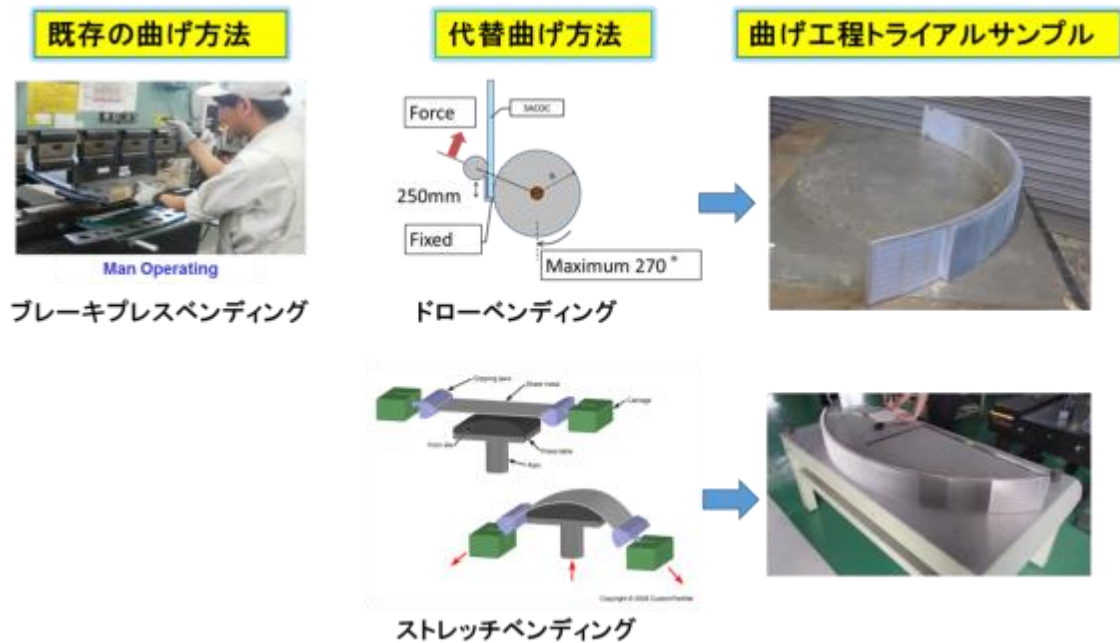
- ・ 部品点数の削減 ⇒ コストダウン
- ・ ブレージング接合の削減 ⇒ 品質向上



①-4 曲げ加工のリサーチ

研究開発する ASACOC は、ターボファンエンジンのファン・エア・バイパスダクトの内側に装着するため、

円筒形状である必要がある。本研究開発では、当該熱交換器をフラット形状から曲げ加工により円筒形状を実現することとし、その曲げ加工のリサーチを行った。従来はブレーキプレスによる曲げ加工を利用していたが、代替の曲げ加工として、ドロークurve加工、ストレッチ曲げ加工の採用を検討した。両方の加工方法ともに、従来の加工方法くらべ、低コスト、高精度で曲げることが可能であることが確認できた。しかし、量産時に設備の導入が安価なストレッチベンディングを採用することとした。



①-5 数値解析(CFD)による空気フィン周りの流れ場調査 (再委託先 : 東京大学)

研究開発している ASACOC の放熱性能計算プログラムの精度向上を目的に、数値流体解析(CFD)を利用して、空気フィンにおける流れ場の特徴を調べ、その伝熱特性への影響を考察して、フィンの最適設計を可能にする基礎的な知見を得ることができた。冷却フィン形状に関するパラメトリックスタディを実施して流れ場と冷却性能との関連を調べることで、次の結論を得た。

- 放熱量は、フィン高さを増すと大きくなるが、高さ方向に飽和傾向にある。
- 長いフィンを用いるほど、フィン高さを増すことの放熱量へのメリットが大きい。

| Geometric Parameters | |
|----------------------|--------------------|
| L[mm] | 0 ~ 900 |
| H[mm] | 12.5, 25, 37.5, 50 |
| L2[mm] | 200 |
| H1[mm] | 25 |

| Calculation condition | |
|-----------------------|--------|
| Mach No. | 0.4 |
| Ttotal[K] | 348.05 |
| Ptotal[Pa] | 101325 |
| Tbottom[K] | 403.05 |

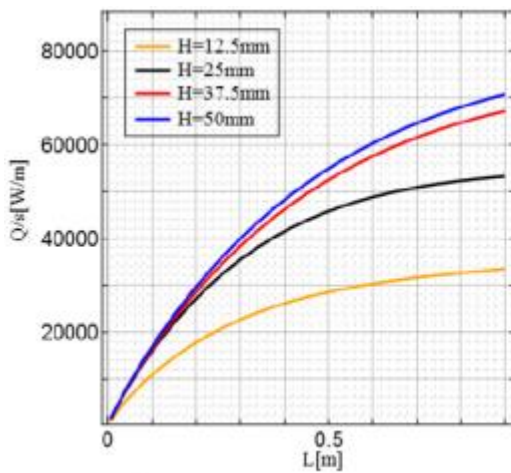
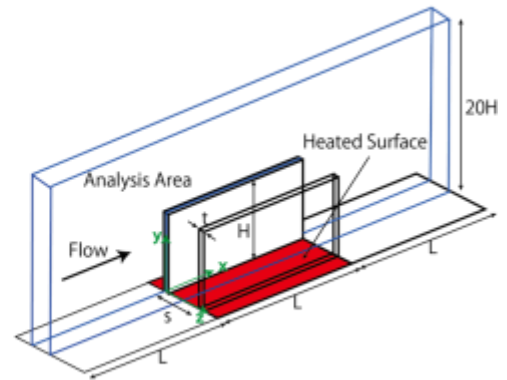


Fig.5.8 Heat transfer vs L

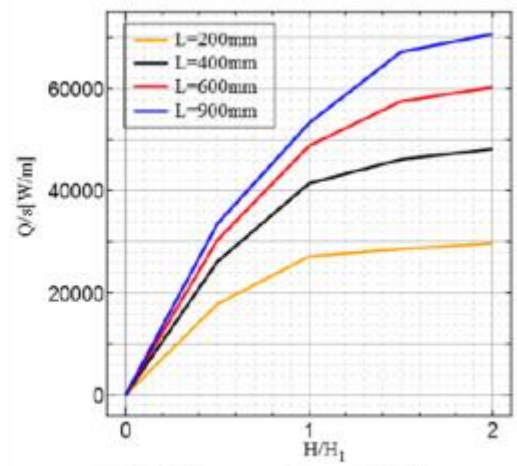
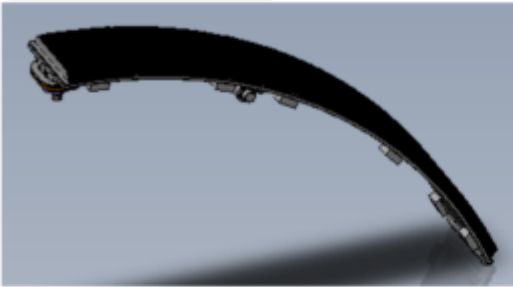


Fig.5.10 Heat transfer vs. Height

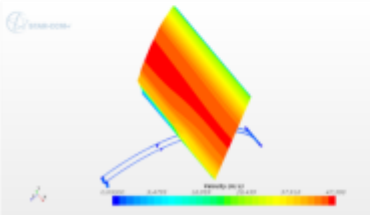
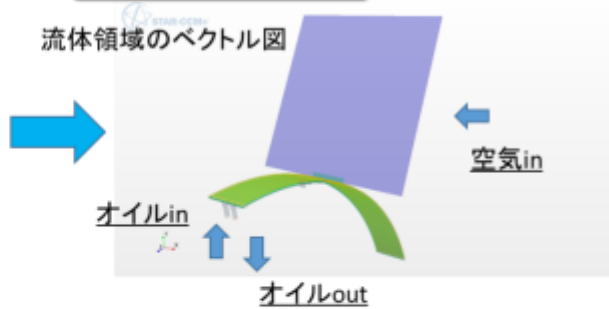
①-6 数値解析(CFD)を活用した性能予測

ターボファンエンジンに搭載する ASACOC のフルスケールモデルの放熱性能計算モデルを数値流体解析ソフトを利用して作成した。上記①-1 項で得られた 2 種類の最適フィン形状の内、最適プレーンフィンにおいて、18%の重量軽減が可能であることが確認できた。

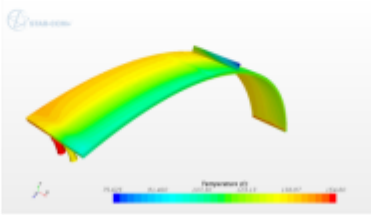
○ 製品CADモデル



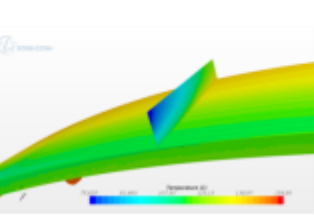
○ CFD計算モデル



○ 流速ベクトル



○ 製品表面の温度分布



○ フィン表面の温度分布

①-7 エンジン搭載形状での品質確認試験

次世代航空機エンジンへの搭載を目的としたフルサイズ(製品長さ:約 1500mm)の ASACOC 供試品を設計、試作し、要求される熱交換器の放熱性能、圧力損失、圧力強度、振動強度について、開発した ASACOC が想定した要求を満足できることが品質確認試験を実施し確認できた。

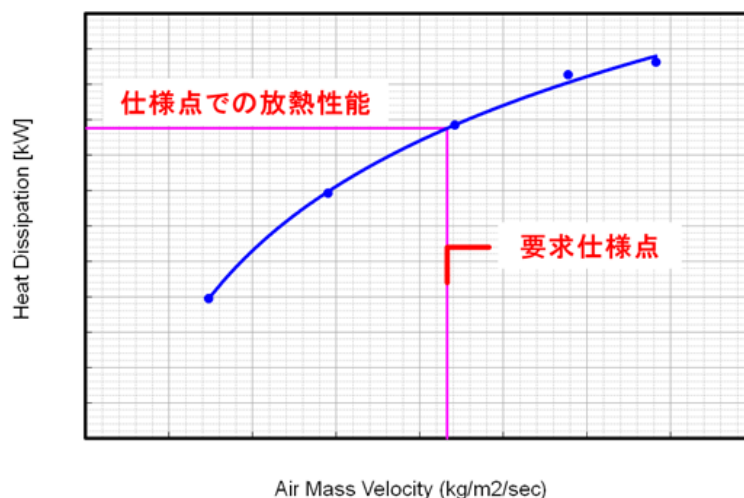
・性能試験

ASACOC に要求される性能要件としては、各飛行条件における放熱性能要求、オイル側圧力損失、オイルが凍結した状態からオイルを流し始め、オイルが融解し通常のオイル作動状態になるまでの時間としてデコンジール要求がある。これらの要求を確認するため、下図に示す風洞施設を利用して試験を実施した。



風洞設備での性能試験セットアップ

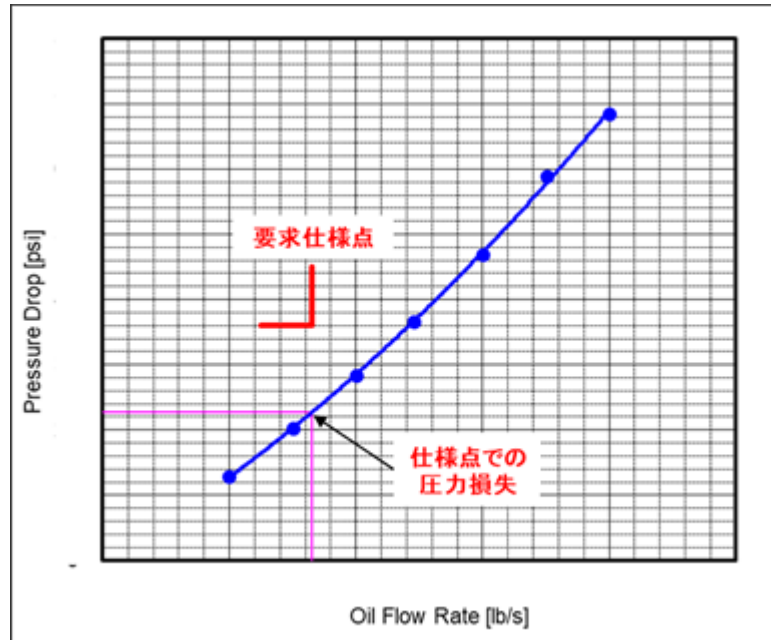
放熱性能試験は低温の空気と高温のオイルを仕様条件で流した時に、要求する放熱性能を発揮するかを確認した。その結果、開発した ASACOC は要求仕様を満足することを確認した。



放熱性能試験結果の一例

・オイル側圧力損失試験

オイル側流路に対して圧力損失上限の規定がある。本開発にて採用したアルミの押出多穴管形状で要求仕様を満足するか試験を行って確認した。試験で使用する流体は MIL-PRF-23699 の潤滑油である。試験により、オイル側の圧力損失は要求に対し十分に小さく、要求を満足することを確認できた。



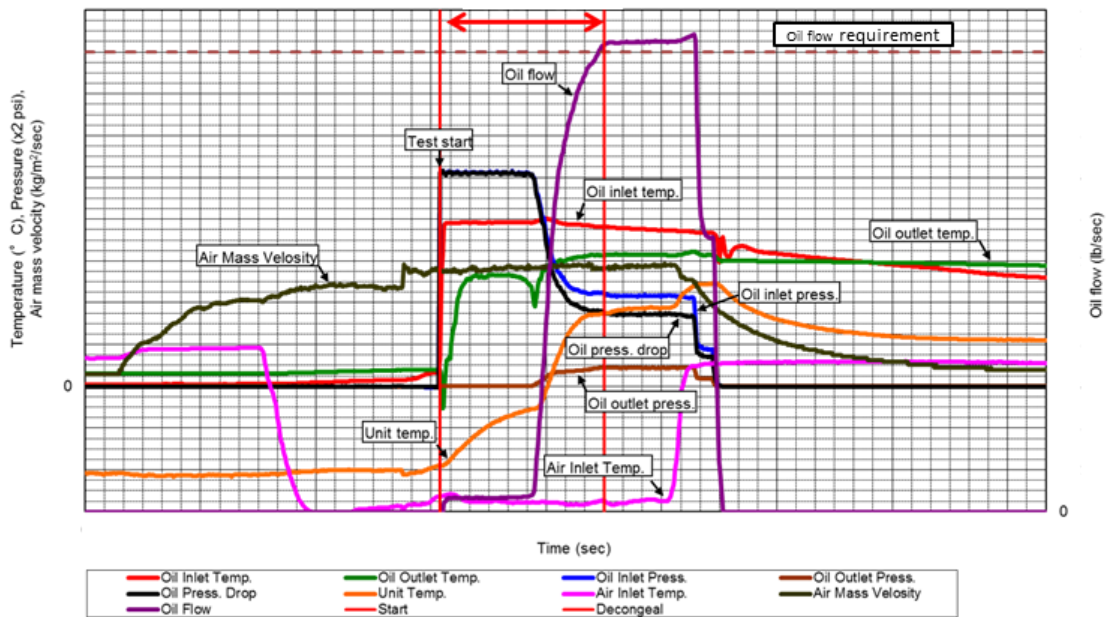
オイル側圧力損失試験結果

・デコンジール試験

航空機エンジン用熱交換器については、オイルが凍結した低温状態から通常の作動状態になるまでの時間に規定がある。このデコンジール性能の要求に対し、開発した ASACOC が満足できるかを試験により確認した。試験は ASACOC にオイルを満たした状態で、 -40°C 以下に保持して凍結状態を再現する。その後、低温条件の空気を流した状態で高温のオイルを流し始め、オイルが解けて通常の作動状態になるまでの時間を計測する。試験により、開発した ASACOC は規定の時間内に通常の作動状態になることを確認した。



デコンジール試験状況



デコンジール試験結果

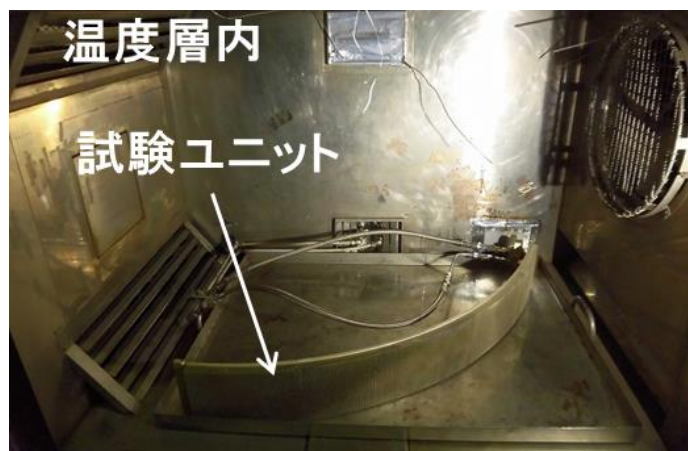
・圧力強度試験

熱交換器への耐圧強度要求として繰り返し加圧に対する疲労強度要求と、破壊圧に関する強度要求がある。ASACOC がこれらの耐圧要求を満足することを確認するため、圧力サイクル試験と破壊圧試験を実施した。

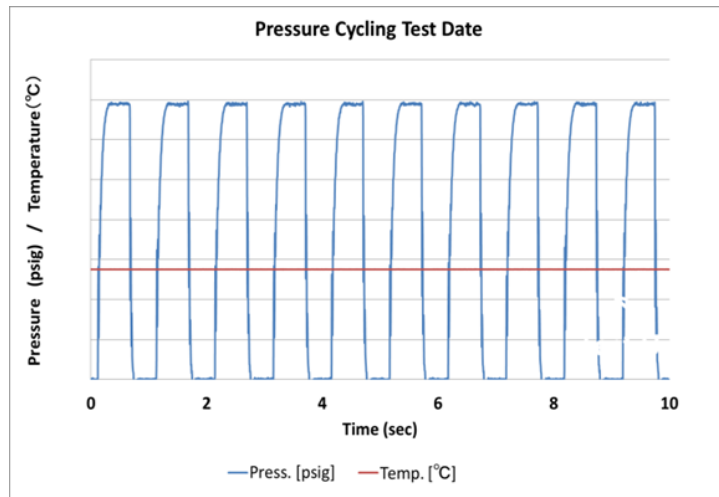
圧力サイクル試験では、規定の圧力を規定回数加えた後に、製品に漏れや変形などの損傷がないことを確認した。

破壊圧試験では、規定の圧力を規定時間保持した後に、製品に漏れや変形などの損傷がないことを確認した。

各試験を実施した結果、いずれの試験においても試験後に製品に損傷は確認されず、耐圧要求を満足することを確認できた。



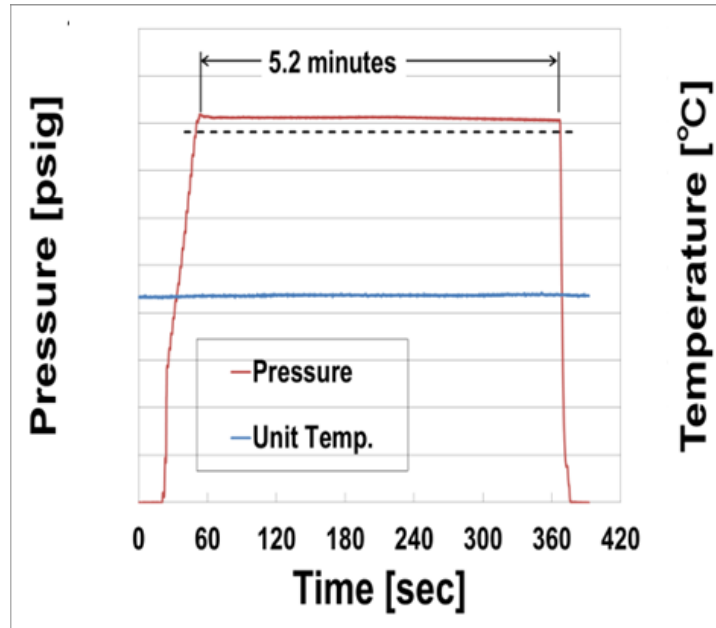
圧力サイクル試験セットアップ



圧力サイクル試験の圧力変動ログ



破壊圧試験セットアップ



破壊圧試験ログ

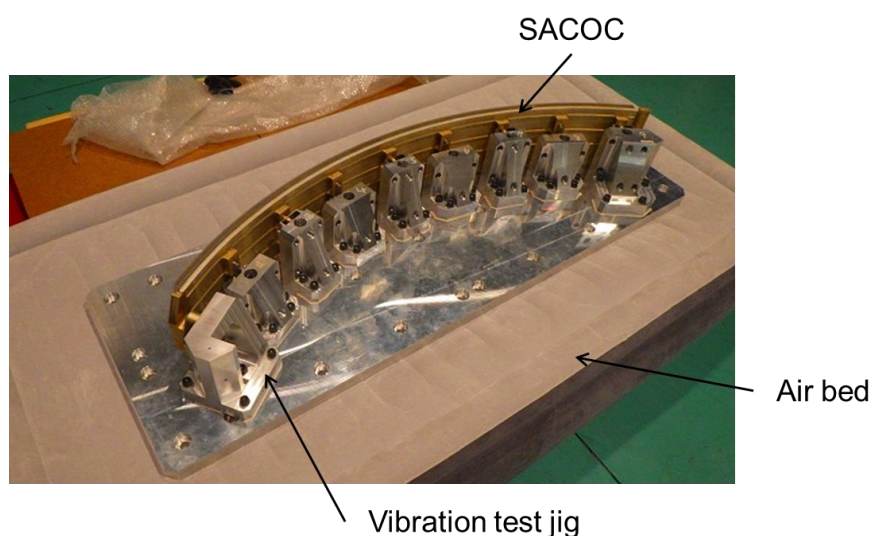
・振動試験

熱交換器への振動耐久条件として周波数:約 0~10000Hz、加速度:約 1~40G の範囲で要求されている。しかし、要求されている条件で ASACOC のように長さ 1500mm レベルの大型製品を加振できる振動試験機はないため、振動耐久評価は FEM 解析で行う。

ASACOC の振動に関する基礎データの取得を目的にモーダルパラメータ試験(EMA)と振動試験機に搭載した共振点サーベイ試験を行い、共振点の把握を行う。

モーダルパラメータ試験は ASACOC 単体の状態と、ASACOC とエンジン搭載を模擬した試験治具に搭載した状態の 2 条件でハンマリング試験を実施した。試験により、それぞれの状態での共振点データを取得できた。

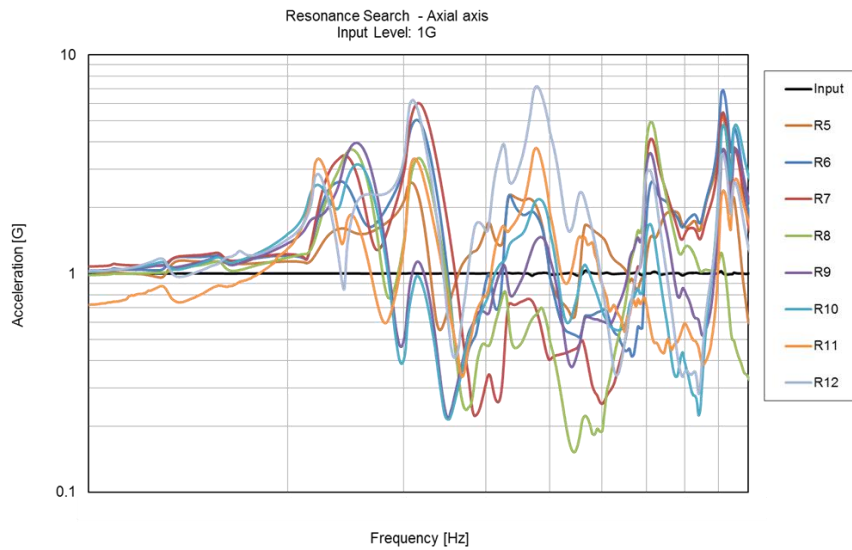
共振点サーベイ試験は ASACOC に加速度計を複数設置して、各点における共振点を取得した。



EMA 試験セットアップ(治具搭載状態)

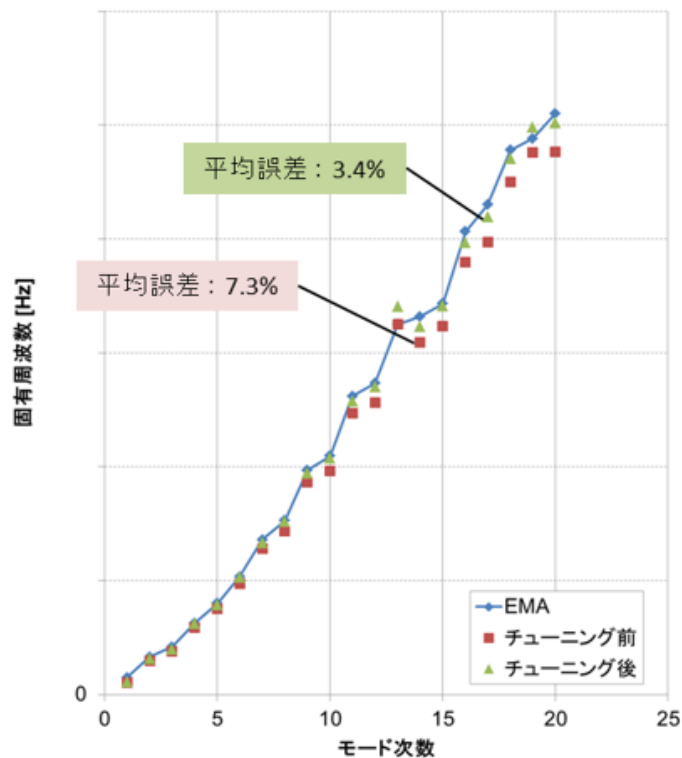


共振点サーベイ試験セットアップ



Axial 方向の共振点サーベイの結果一例

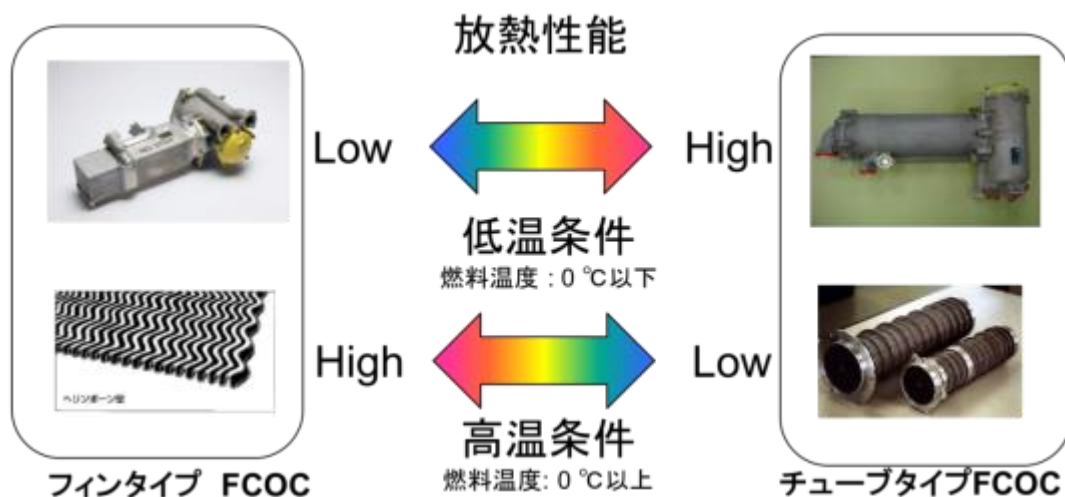
FEM 解析精度の高精度化を目的に、試験で得られた共振周波数のデータと解析結果の合わせこみを行うことにより、高精度な解析モデルの構築を行った。解析モデルの調整パラメータとして構成部材の材料特性と、曲げ/せん断特性、ボルト結合部の剛性、マウント部品の剛性等の調整を行った。その結果、EMA 結果と FEM 解析結果の誤差を小さくすることができ、FEM 解析モデルの精度を向上させることができた。今後は構築した解析モデルにて、客先要求の振動条件を解析することにより、ASACOC の振動耐久性の評価を行っていく。



ASACOC 単体での EMA 結果と FEM 結果の比較

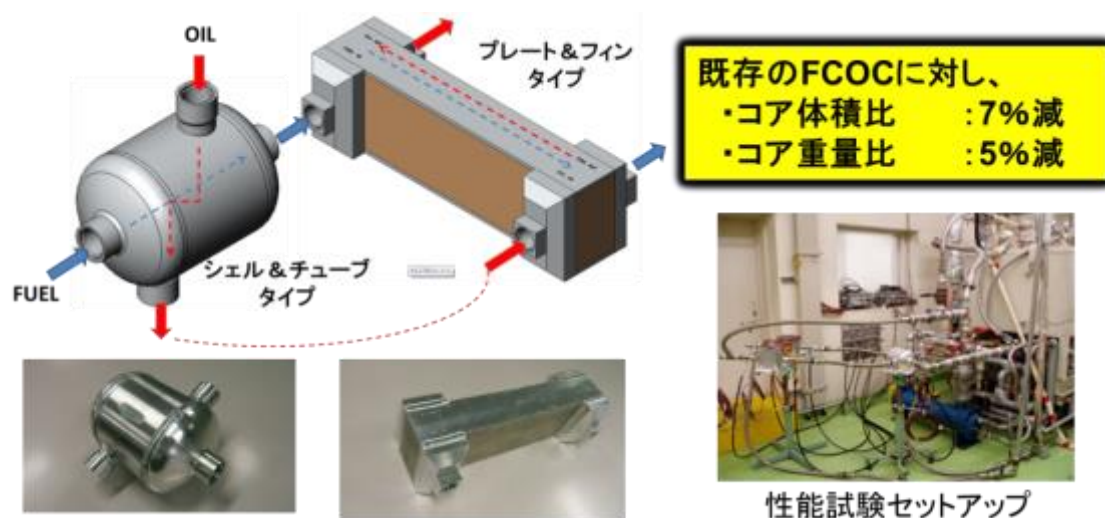
②HFCOC の研究開発成果

航空機エンジン用 FCOC は、広範囲の燃料温度(およそマイナス 50℃～プラス 60℃)で使用されるため、すべての使用温度範囲で高い冷却性能を発揮できる熱交換器が期待される。フィン・タイプ FCOC とチューブ・タイプ FCOC は、高温条件(燃料温度が 0℃以上)と低温条件(燃料温度が 0℃以下)において放熱性能(潤滑油の冷却性能)に次の特徴があることが分かっている。本研究開発では、フィン・タイプとチューブ・タイプの融合(ハイブリッド)タイプの熱交換器(HFCOC)を開発することを目的とする



②-1 HFCOC の試作評価

既に量産化されているフィン・タイプ FCOC を比較サンプルとして HFCOC の試作評価を行った。高温条件・低温条件の放熱性能は既存の FCOC と同等でかつ、FCOC のコア部分の体積および重量を既存品よりも削減することができた。



②-2 低温環境下での性能劣化の原因究明

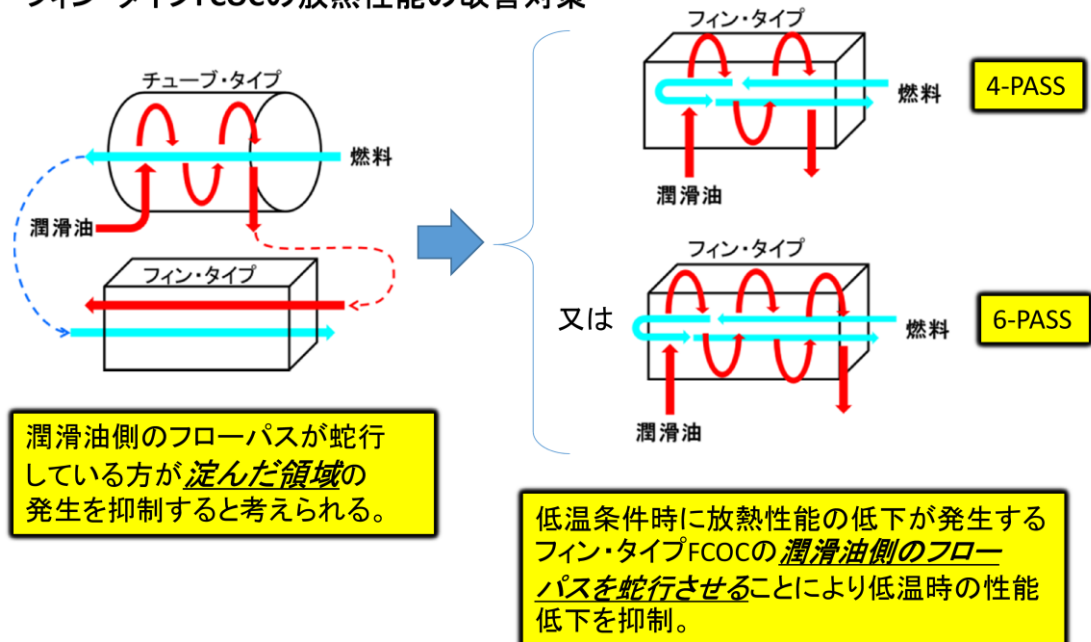
②-1 の試作評価の結果、フィン・タイプ FCOC の部位では、低温条件下において、燃料流量が多くなる領域で極端に放熱性能が劣化する現象が確認され、改善の余地があることが判明した。この性能劣化は、潤滑油側通路の油流れの偏流が原因であることが数値流体解析の結果から推定された。一方で、チューブ・タイプ FCOC では、低温領域においても放熱性能の劣化は確認されず、2つのタイプの熱交換器の差を考察したところ、潤滑油側の通路の蛇行が油流れの偏流発生を抑制している可能性があると考えられる。

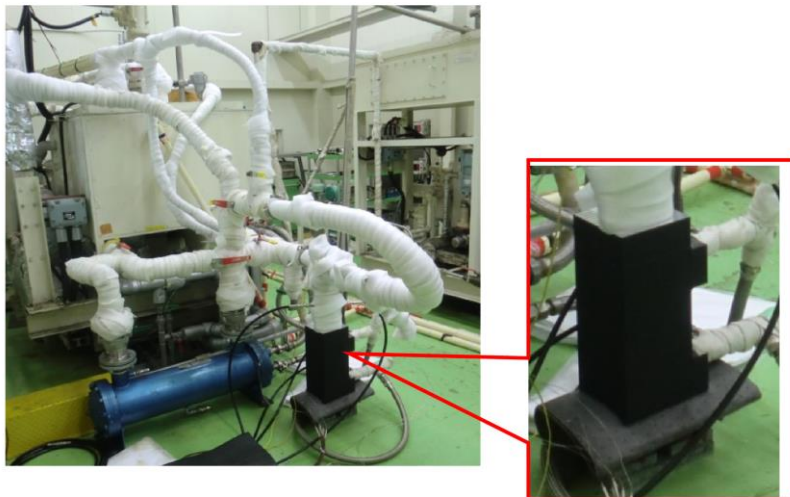
②-3 低温環境下での性能向上検証

②-2 の仮説を実証するため、潤滑油側の通路を蛇行させたフィン・タイプの FCOC を2種類試作した。燃料側はともにコア内でUターンする形状であるが、潤滑油側はコア内で2往復するもの(4-Pass)と3往復するもの(6-Pass)となっている。

供試体内部での偏流発生の有無を確認するため、試験中の供試体をサーモグラフィで撮影し、表面の温度分布の可視化を行った。その結果、4-Pass、6-Passともに低燃料流量域では偏流が発生していないが、燃料流量増加とともに極低温領域が現れ、偏流の発生が確認できた。また、4-Passと6-Passを比較すると、6-Passの方が偏流の領域が大きいことがわかる。これは6-Passの方が流路内部での曲がり角が多いので流れが淀むエリアが多く、偏流の発生を助長してしまったと考えられる。

フィン・タイプFCOCの放熱性能の改善対策





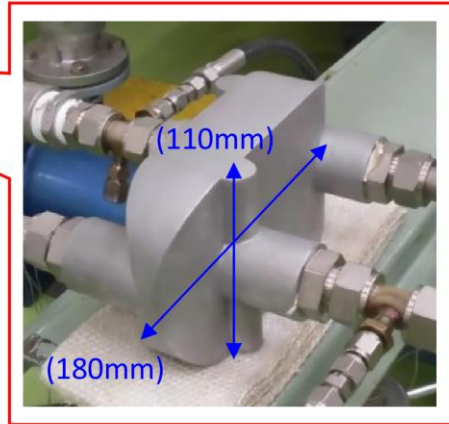
サーモグラフィーで熱交換器内部の
温度分布を可視化。
(視認性向上のため黒く塗装)

②-4 金属積層造形を用いた熱交換器の開発

フィン・タイプとチューブ・タイプを融合させた熱交換器の開発を行い、既存品に比べ体積と重量の削減を達成した。しかし、目標としている 10%の重量削減には更なる改善が必要であり、低温環境での性能改善についても課題が残っている。そこで、積層造形(3D プリンタ)を用いた熱交換器(ALM FOHE)の開発を行うことにした。

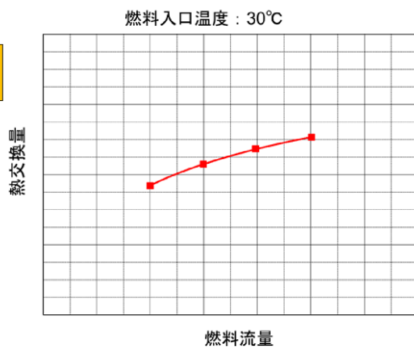
熱交換性能の向上には、流路表面積の増加や、内部流体に乱れを与えることが必要であるが、ろう付けを用いる従来のプレートフィンやチューブタイプにおいては製造方法上の制約が生じる。しかし、積層造形においては従来の製造方法では製造できない流路形状が実現可能となるため、大幅な性能向上が期待でき、熱交換器の小型化や軽量化が可能となる。

今回新たな流路形状を考案し、性能評価を実施した。まず小型のスケールモデルを積層造形により製作し、性能試験を実施した。その結果、低温条件下においても高流量領域での性能低下は見られなかった。

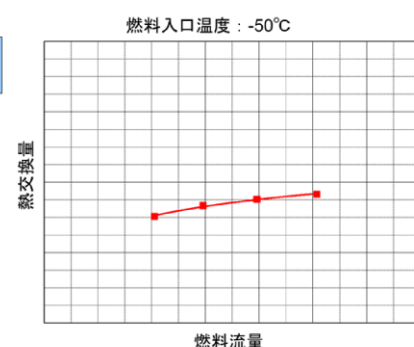


**小型スケールモデルを用いて
性能評価を実施。**

高温条件



低温条件



**低温条件においても燃料流量
増加による性能低下は見られ
なかった。**

スケールモデルの性能試験結果

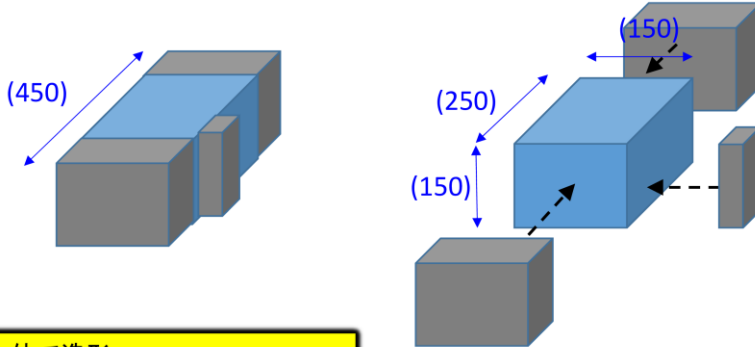
次に、スケールモデルでの試験結果をもとに、既存品との性能比較を行った。検証にあたっては、性能試験の結果をもとに流路単体の性能を算出し、その結果をもとに既存の熱交換器サイズでの性能を計算した。その結果、エンジンの運用条件にもよるが、従来品より大幅に熱交換性能が向上することがわかった。また重量についても大幅に軽減が見込める結果となった。したがって要求される熱交換性能に対して十分なマージンがあるため、熱交換器全体を小型化することが可能である。再度形状と性能の最適化を実施したところ、従来の熱交換性能を維持したまま更なる重量軽減が可能となるという評価結果が得られた。今後は全体の構造を最適化し、さらなる小型化および重量軽減を達成したいと考えている。

②-5 フルサイズ供試体の試作

スケールモデルによる性能結果をもとにフルサイズでの性能予測を行った結果、良好な結果が得られたためフルサイズでの供試体を製作し、実際の性能評価および実サイズの供試体を積層造形で造形した際の造形性や問題点を検証することにした。供試体はコア部のサイズおよび基本構造は同じであるが、製造方法が異なる2種類の供試体を製作した。

フルサイズ供試体の試作

下記2パターンの供試体の試作（コア部のサイズは同じ。）



全体を一体で造形

メリット:

- 部品点数および工程削減
- 内部流路の最適化が可能

デメリット:

- 造形サイズの大型化
- 造形姿勢の制約
- 内部粉末除去の難化

要素毎に造形した後、溶接結合する。

(現行の製造方法と同等)

メリット:

- 造形姿勢・サポート設置の自由度が高い
- 粉末除去容易化

デメリット:

- 結合箇所の造形精度が必要

しかし、実際の造形においては多くの問題が発生し、供試体の完成には至らなかった。これらの問題の改善のためには、造形を行う際のレーザーパラメーターの最適化や造形のためのサポート構造の見直し、また供試体の形状そのものについても見なおす必要があることがわかった。今後は部分要素モデルにて対策の効果について評価を行った後、再度供試体の造形および性能評価を行う計画である。

造形経過:

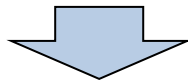
以下の問題が発生し、供試体の完成には至らなかった。

- ①熱応力による変形およびクラックの発生
⇒外壁や内壁にクラックが生じた。
結合面に発生したひずみにより結合不可。
(積層造形では造形時に生じる熱応力は不可避。)
- ②内部への粉末残置
⇒流路内部に粉末の詰まりが生じた。
- ③壁面内部の微細空隙
⇒壁面内部に微細な空隙が生じることでリークパスが生じた。



← 熱ひずみによる変形
(座面の反り)

外壁に生じた割れ →



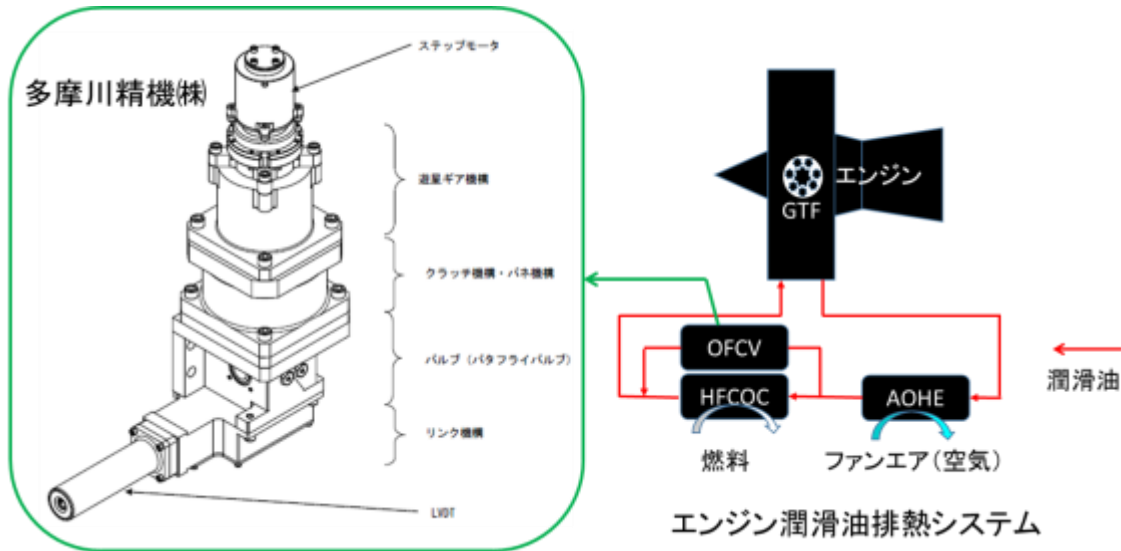
造形で発生した問題の解決策

- ①熱応力による変形およびクラックの発生
⇒ 形状の見直し: 変形の発生自体を抑える形状
サポート形状の見直し: 拘束を強化し、変形を抑制する
- ②内部への粉末残置
⇒ 内部壁厚の増大による流路の閉塞が原因であったため
造形パラメータの最適化で対応。
- ③壁面内部の微細空隙
⇒ 造形パラメータ(レーザーの条件など)の最適化

各対策の効果を評価後、再度供試体の造形および性能試験を行う。

③OFCV の研究開発成果

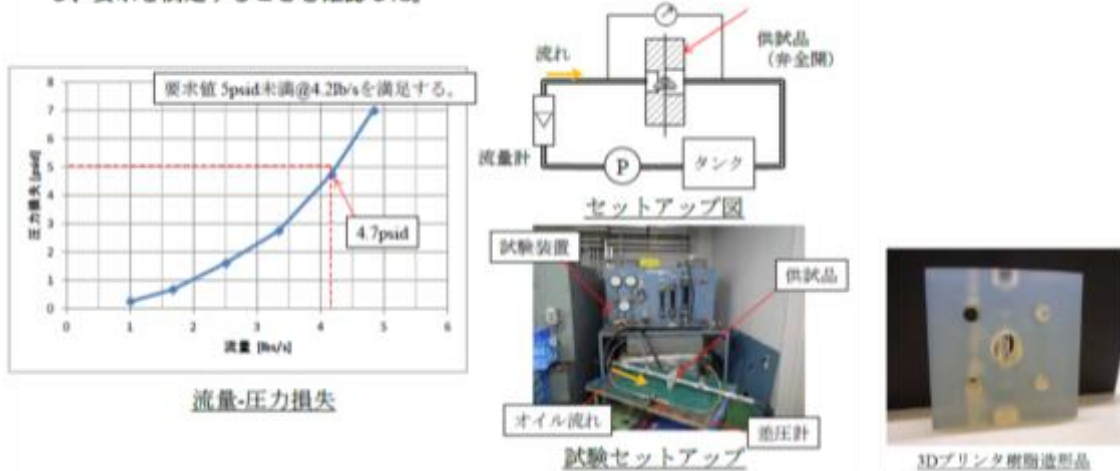
HFCOC に流れるエンジン潤滑油の流量を EEC (電子式エンジン制御装置) のコマンドにより調整し、エンジン潤滑油温度および燃料温度をエンジンのパフォーマンスが最大となるように制御するためのバルブを開発する。



③-1 OFCV の試作評価

部分供試品による圧力損失試験や漏洩試験を完了させ、現在は試作品を製作中で、その性能試験と強度確認試験を実施予定である。試作品の重量は目標値から大幅に逸脱しているが、バルブの各構成部品は、既存の部品を流用しており、サイズ・重量・性能の最適化の余地は十分あると考えられる。

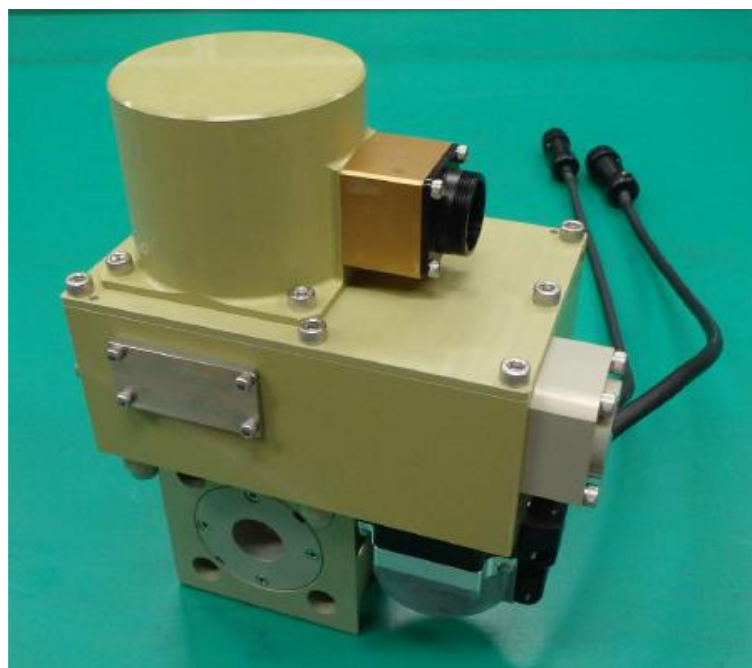
3Dプリンタの樹脂造形品 (検討初期段階モデル) にてバルブ部の圧力損失を測定し、要求を満たすことを確認した。



バルブ部分供試品による圧力損失試験結果の複合材を薄板化

③-2 OFCV の二次試作評価

OFCV の小型化、軽量化と、使用環境温度が高温であることより耐熱性向上を目的に新しい設計コンセプトの検討を行う。一次試作に対し、構成部品の専用設計による形状の最適化、重量低減を目的に構成部品の材料変更、耐熱性向上を目的に非金属部品の高耐熱部品への変更などを行った。バルブ部の形状は一次試作品と同等である。これにより既存のバルブシステムに対し小型・軽量化および各部材の耐熱性向上を図ることができた。

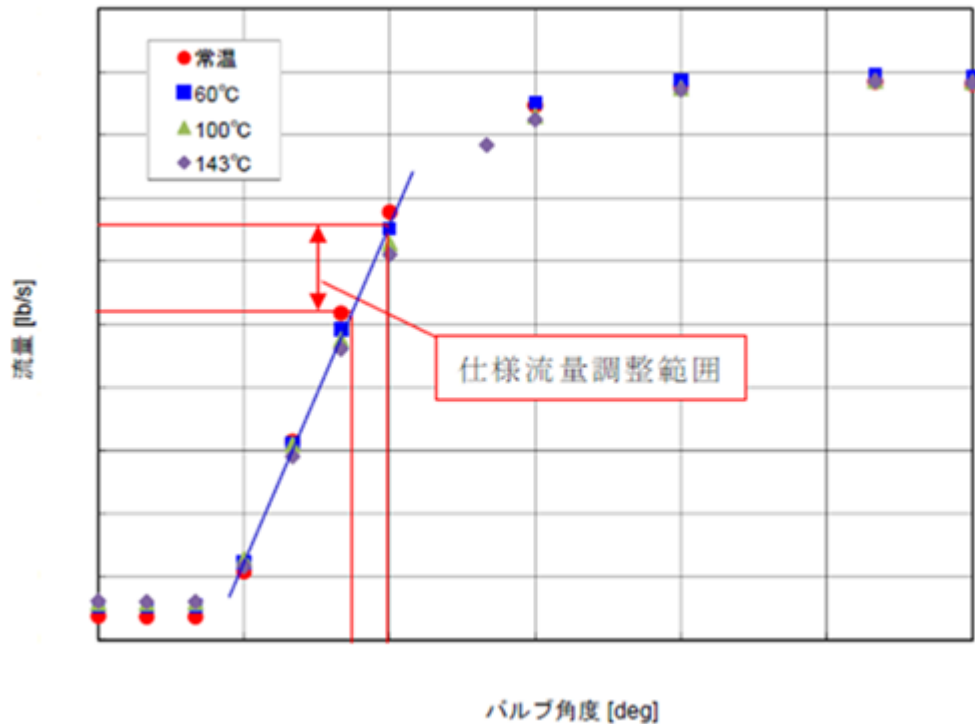


二次試作 OFCV 外観

OFCV 二次試作品を用いて基本的なバルブ特性を取得するため、流量調整試験、外部漏洩試験、フェールセーフ試験を実施した。

・流量調整試験

バルブ角度を変えてオイル流量を測定することにより、バルブ角度によるオイル流量の特性カーブを取得する。試験によりバルブ角度による流量特性を取得することができ、また仕様要求の流量調整範囲について調整可能であることを確認した。



流量調整試験結果

・外部漏洩試験

OFCV に規定のオイル温度で圧力を加えた時に、OFCV 外部への漏洩がないことが求められている。そのため、規定のオイル温度、圧力を加えたが、漏洩はみられなかった。

・フェールセーフ試験

OFCV のバルブが全開の状態状態で電源がシャットダウンした時に、バルブの位置が完全に閉まった状態になるまでの時間の要求がある。そこで、オイルを流した状態でバルブ角度を 90° にし、モータ電源を OFF にしたときにバルブが完全に閉まるまでの時間を計測した。その結果、フェールセーフ作動時に 0.5 秒以下でバルブが閉まっており、要求を満足することが確認できた。

④高熱伝導材の薄板化技術調査

1) 調査の目的

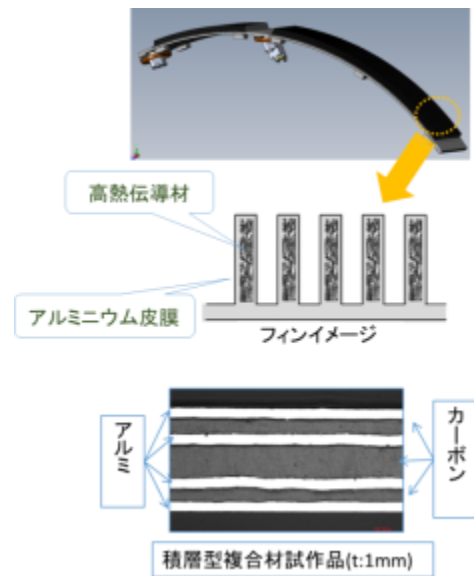
- ・既存の材料よりも高い熱伝導性・軽量の材料を熱交換器(ASACOC)の空気側フィンに適用
⇒高性能・軽量化

2) 高熱伝導材の適用イメージ (右図参照)

- ・アルミニウム+カーボンの複合材を薄板化
- ・フィン高さ方向に高い熱伝導性を発揮

3) 成果・課題

- ・高熱伝導材使用時の熱交換器の重量軽減効果について定量的に検討
⇒既存品に比較し重量減確認済み
- ・ホットプレス法にてアルミニウム+カーボン複合材を試作
⇒接合性の問題があり、改善方法を引き続き検討する

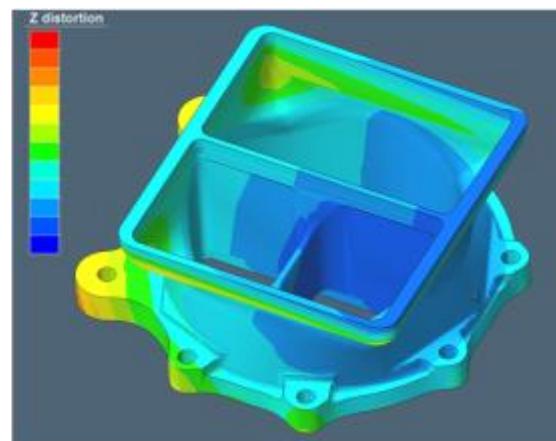


⑤アルミ積層造形技術の調査検討

アルミ積層造形による熱交換器への適用には多くの課題があるが、その一つとして造形時の熱歪がある。熱歪の対策として解析ソフトの適用を検討した。市販の専用ソフト(Simfact Additive)を用いて、実際との比較を実施。解析結果と、実物の寸法測定結果が一致していることを確認することができたため、専用ソフトでの解析は有効であり、今後の設計に利用可能と判断した。



造形物



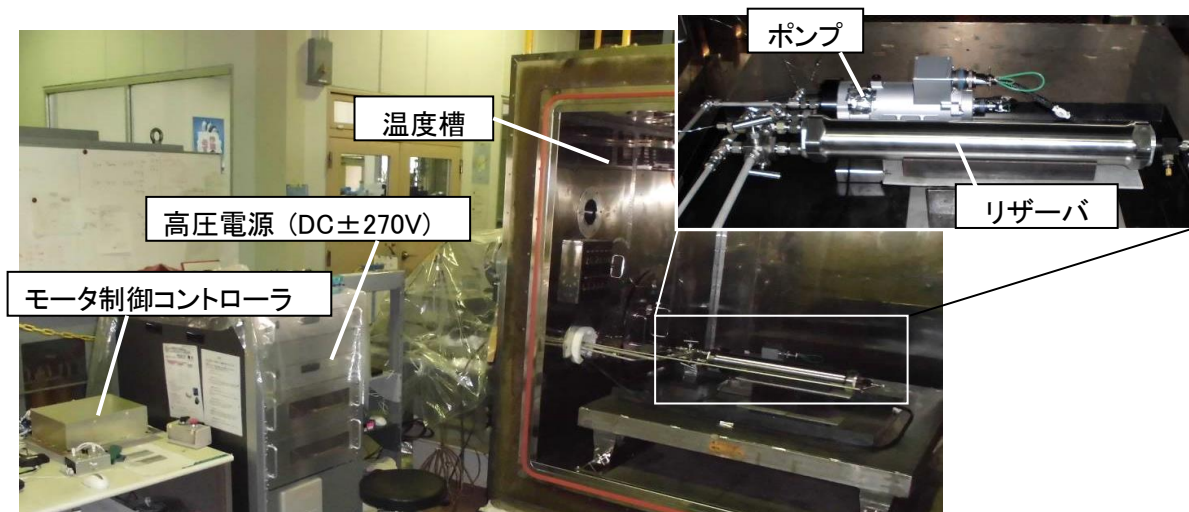
解析結果

研究開発項目②:次世代降着システム研究開発

①脚揚降システムの研究開発

1) RTCA/DO-160 で規定される環境試験(温度試験、振動試験等)を実施し、要求に合致することを確認した。

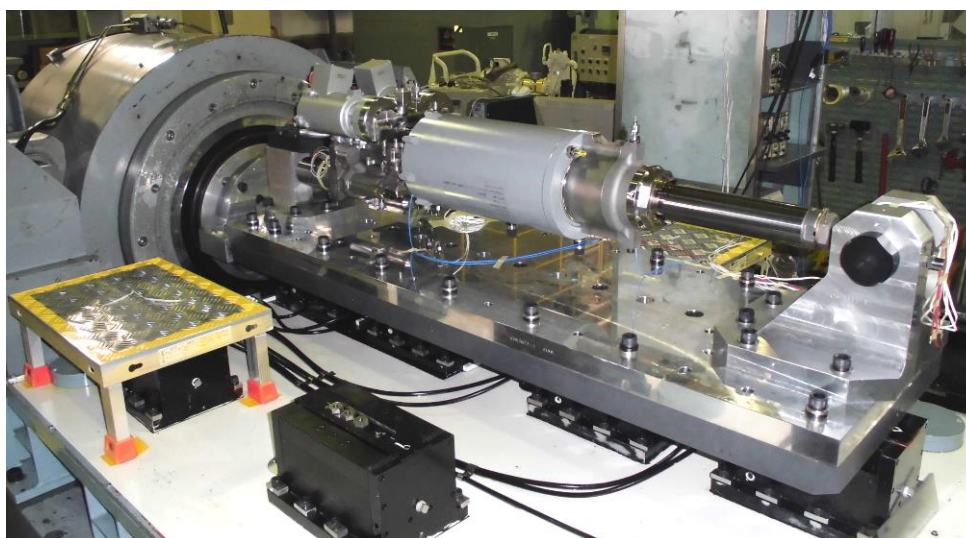
温度要求に対する適合性の確認として、低温から高温までの環境下でポンプを作動させ、要求温度範囲内でポンプが問題なく作動することを確認した。これにより、環境要求の一つである温度に関するリスクが排除され、また、低温及び高温時のポンプ特性を取得することができた。



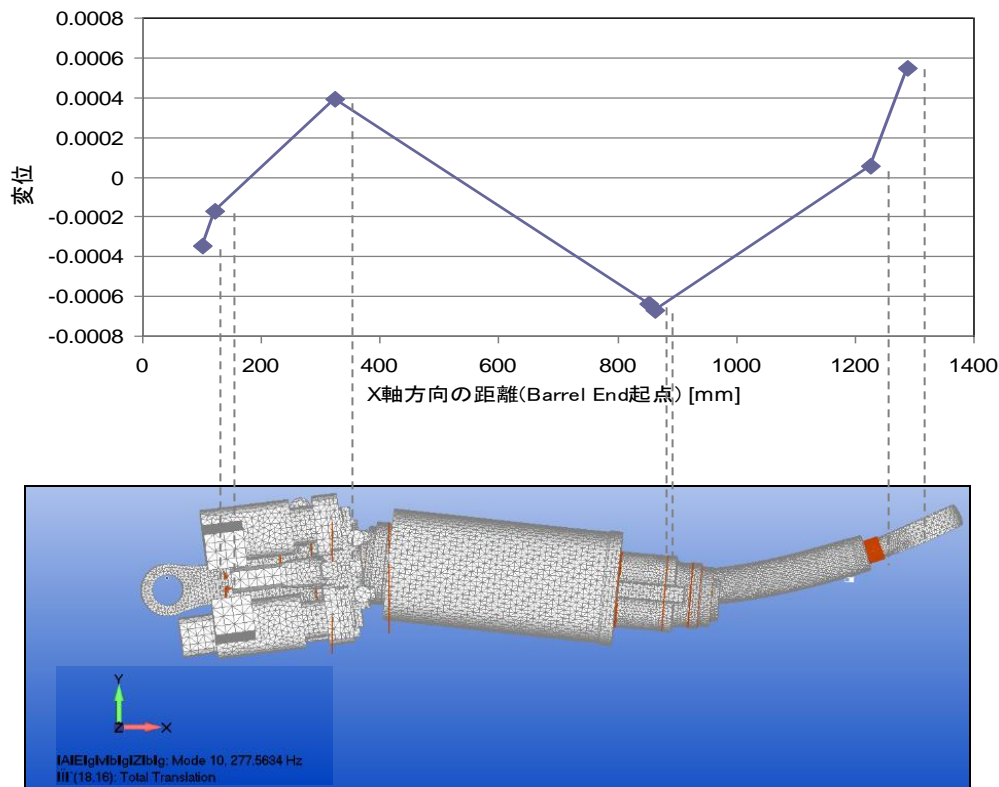
温度試験状況写真

また、振動に関する要求への適合性の確認として、EHA Assy の振動試験を実施するとともに、FEM 解析を実施した。

その結果、現在の設計にて振動要求を満たすことが確認された。また、実験モード解析(試験)と FEM 解析のコリレーションのプロセスを確立することができた。将来の形態の EHA を設計する段階においても、今回のコリレーションに基づいた実績あるパラメータを使った FEM 解析により、振動要求への適合性を効率的に精度良く確認することが可能となった。



振動試験状況写真



実験モード解析(試験)によるモード形状(上)とFEMモデル(下)の比較

- 2) ポンプの耐久性を向上することにより、EHA のメンテナンス間隔を長くすることができ、運用コストを削減することができる。

以前に実施した耐久試験の結果、ポンプ内部で摺動するギアの摩耗が耐久性に関する課題であることが分かった。今回は、ギアの摩耗を防ぐ表面処理を変更することで、ポンプ耐久性の向上を図っている。現在、実機での運用時に想定される負荷を模擬したサイクルにて、耐久試験を実施している。

- 3) 脚揚降 EHA システムの質量を軽減し、目標を達成した。

航空機の構成品質量は燃費に直結し、軽量化により運用コスト軽減が可能となるため、軽量化は航空機開発にとって非常に重要である。

航空機の構成品質量は燃費に直結し、軽量化により運用コスト軽減が可能となるため、軽量化は航空機開発にとって非常に重要である。

EHA 構成品の配置最適化検討を実施し、EHA システムとして軽量化に成功した。また構成品の詳細強度検討を実施し、軽量化に成功し最終目標値を達成した。

- 4) 電動 Uplock の構成を決定した。

Uplock の目的は飛行中に脚を脚上げ位置に保持し、脚下げ時に確実に Release することである。従来 Uplock の Release には Normal 系統に機体集中油圧源を用いた油圧アクチュエータ、Emergency 系統にはコックピットから物理的に伸びたケーブルを用いるのが一般的である。しかしな

がら、機体集中油圧源からの配管やコックピットからのケーブルは質量及び整備性の問題がある。電動 Uplock はこの問題に対し優位性があり機体全体の電動化には不可欠である。

質量、信頼性、コスト、整備性、スペースに対し Trade Off 検討を実施し最適な電動 Uplock の形態を確立した。また、同形態でのメカニカル機構の Geometry の最適化プロセスを構築した。

5) MBD(モデルベース開発)に関する Co-simulation 及びソースコードの自動生成について

開発リスク軽減のために、EHA システム全体のモデル化とそのシミュレーションを実施し、システムデザインの妥当性確認を実施した。構造系モデル、油圧系モデル、制御系モデルを作成し、Co-Simulation を実現している。

制御系モデルについては、モデルからソースコードを自動生成するためのデザインモデルの検討をした。本作業は、民間機ソフトウェアの認証ガイドラインである DO-178C(MBD 用の DO-331 含む)に適合するプロセスの構築が必要であり、下図の様なソフトウェアの MBD プロセスを構築し、EHA システムにおける様々なパターンのデザインモデルの作成とその妥当性確認方法の確立、各作業フェーズにおける検証手法の検討を実施した。

DO-178C で要求される各種 Plan 及び Standard を社内文書化し、整備を実施した。また自動試験環境を構築し、実際に MBD で生成したソースコードを組み込んだ Controller の検証を実施し、有効性を確認した。

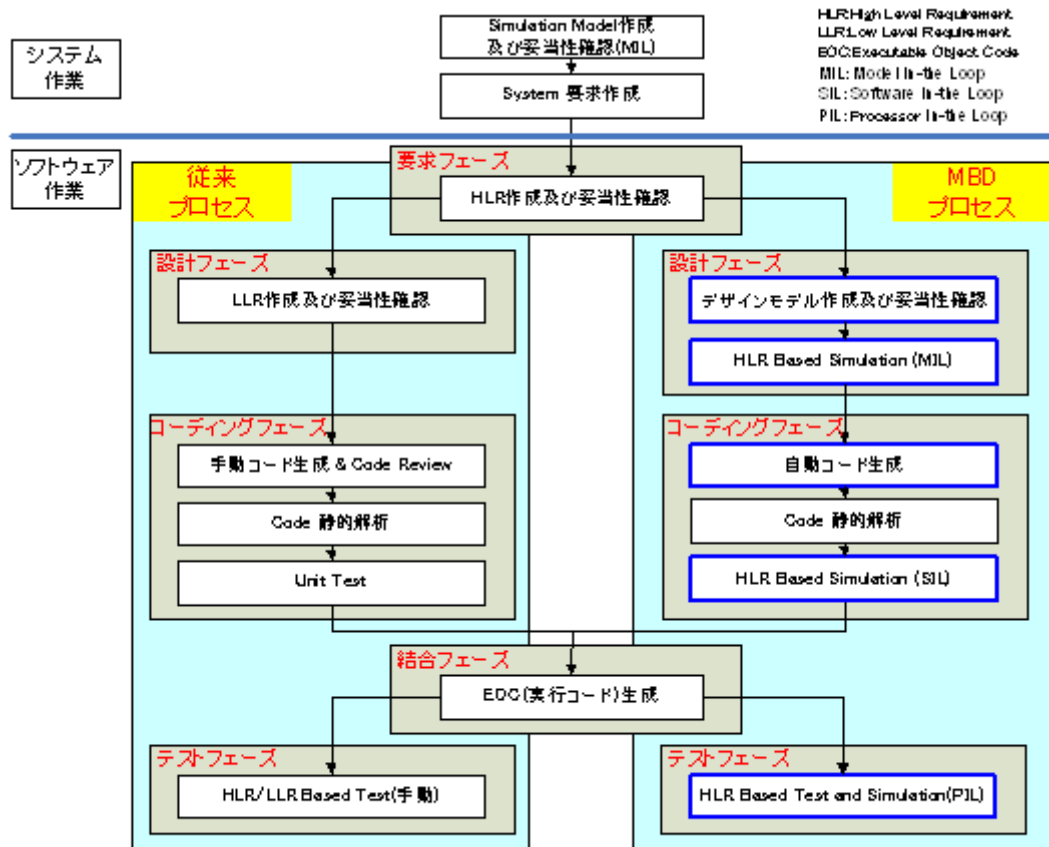


図 ソフトウェア MBD プロセス

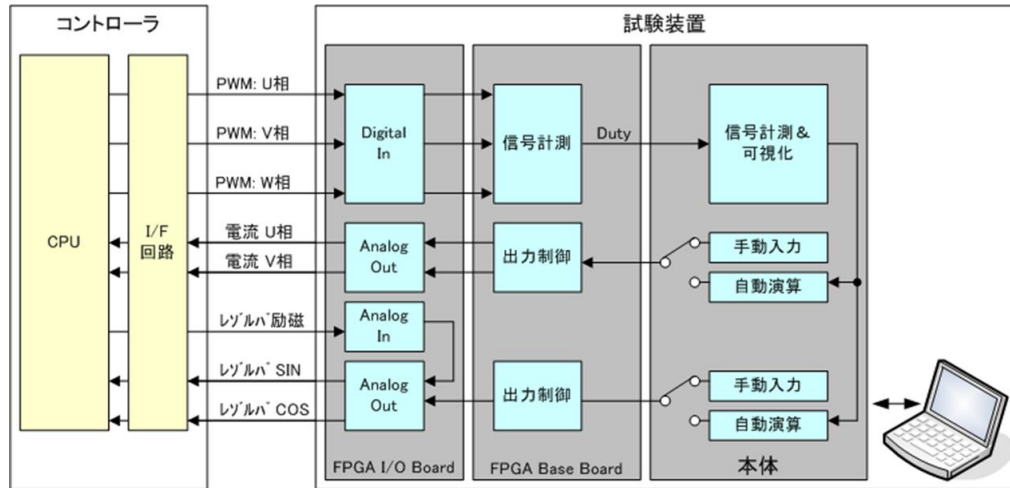


図 自動試験装置

6) EHA System 新形態開発について

将来のEHA設計時の搭載候補の1つである新形態の開発リスク軽減のため、主要構成品を試作、単体試験を実施し、結果をフィードバックした解析モデルでシステム性能解析を実施した。実機搭載(温度変化含む)を考慮した条件で脚扉の開閉 / 脚の揚降に要する時間が以下に示す要求を満足する目途を得た。

推定値にて設計を行っていたパラメータを試験にて取得し、各構成品の設計データ及び、System解析モデルにフィードバックをかけ精度の高い設計モデルを構築出来た。

本データは汎用性のあるデータであり、今後の開発に本データをベースとして用いることにより、短納期、高精度の設計が可能となった。



Gear Actuator



Door Actuator



油圧Manifold



Pump & Motor



Controller

図 EHA System 新形態主要構成品

②電動タキシングシステムの研究開発

1) モータの走行模擬試験

電動タキシングシステムは、大出力の電動モータを前脚ホイール内に装備することから、小型・大出力の電動モータにおける発熱を抑制することが本研究における重要な課題の一つである。

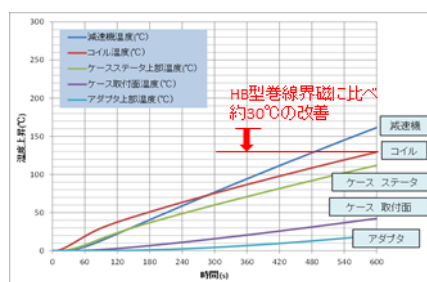
そこで、発熱の予測精度向上を目的として、走行模擬試験による発熱データの取得、数値熱解析モデルのコリレーションを行い、数値熱解析における解析精度向上のノウハウを得た。



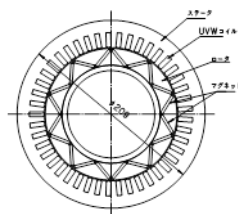
図 走行模擬試験実施状況

2) 小型・高出力化の検討、モータ冷却方式の検討、モータ制御方式の検討

前述の数値熱解析モデルを用い、モータ構造・形状・方式を様々に変更し、熱解析を行った結果、当初選定した巻線界磁モータ方式から永久磁石埋込型同期モータ方式に変更することにより、要求仕様(トルク、サイズ)を満足し、発熱に関する課題を克服する目途を得た。



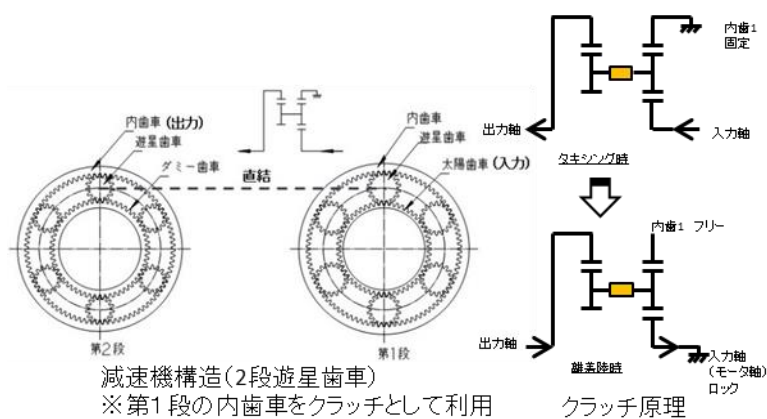
永久磁石モータでの熱解析結果



永久磁石式モータ(IPM)断面形状

3) 小型・高出力化の検討 - クラッチ構造の選定

永久磁石埋込型同期モータ方式を採用したことにより、着陸等の高速走行時での強度・安全性に関する新たな課題が生じたが、In-Wheel Motor の構成要素にクラッチを追加し、高速走行時は In-Wheel Motor と車輪を切り離すこととし、課題を克服した。また、クラッチ構造は、減速機部(2段の遊星ギヤ)の一部を利用する方針を考案し、限られたスペース内におけるクラッチ成立性の目途を得た。

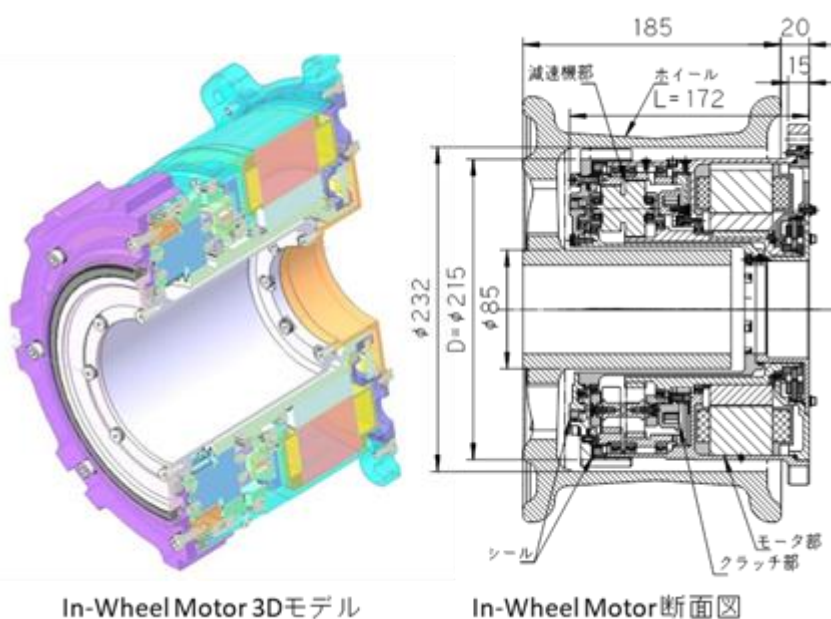


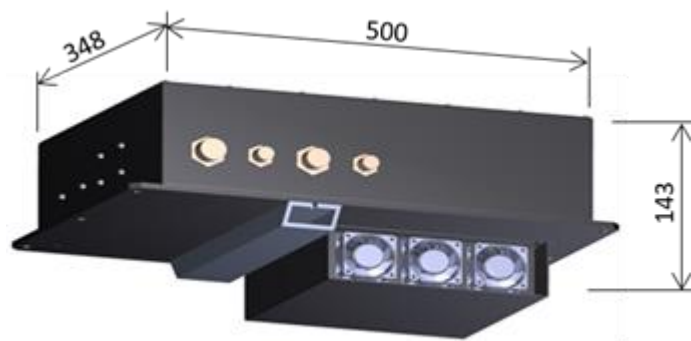
4) 脚振動抑制機能の検討

脚振動抑制機能は、高速滑走時におけるシミー振動抑制制御機能を想定したものであり、前述のとおり高速走行時には、電動モータと車輪をクラッチにより切り離すこととしたため、検討作業を中止とした。

5) 2次供試体設計及び製作

最終目標を満足する設計を完了させ、供試体を製作した。(ドライバは設計のみ)





ドライバ外形図

6)要素試作及び評価

タキシングモータを構成する、減速機部、クラッチ部、モータ部、シール部それぞれにつき要素試作を行い、性能評価を実施し、要素単位の設定仕様を満足することを確認した。



製作した試作要素

7) In-Wheel Motor の性能評価

In-Wheel Motor 供試体を用いて性能評価を実施し、設計の妥当性の評価を行った。

① 機能・性能評価

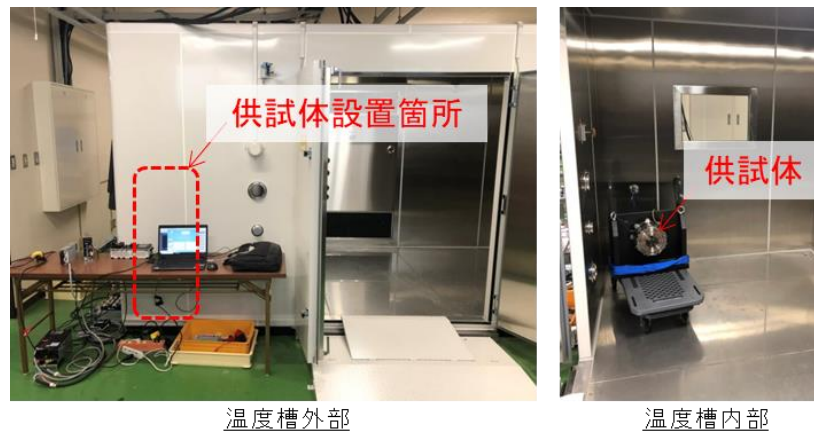
試作 In-Wheel Motor と試験用ドライバを組合せ、制御パラメータのチューニングを実施した。設計検討時に最適であった進角 30° が供試体を用いた試験においても最もモータ効率がよいことを確認した。

評価を行った結果を、次項表に示す。最大出力トルク、最大出力、効率の目標値を満足し、設計の妥当性を確認した。

| 項目 | 詳細設計結果 | 試作結果 |
|---------------------------|----------------|--------------------------------------|
| 最大出力トルク (Motor 1eaあたり) | 1370Nm | 1370Nm (図1参照) |
| 最大出力 (Motor 1eaあたり) | 39.2kW | 39.2kW (684Nm,409r/min) (図1参照) |
| 定格出力時 総合効率 | 85.6% | 87.0% (図2参照) |
| モータ制御方式 | 最大トルク ／電流制御 | 同左 ※進角 30° (CDR同様) |
| 質量(アクチュエータ) | 30.6kg | 30.3kg |

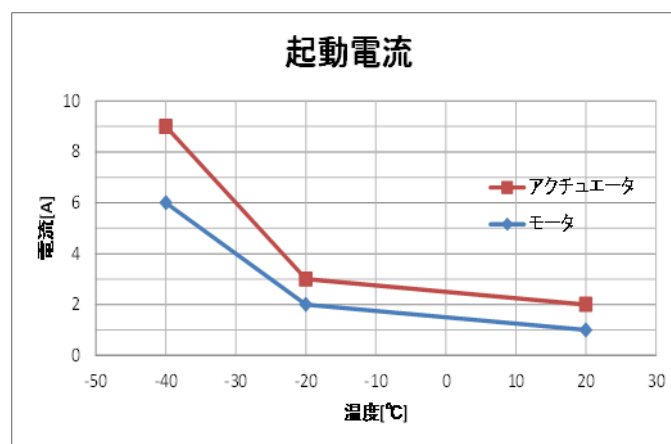
② 低温作動評価

製作した供試品の低温での作動を確認するため、低温状態(-40℃、-20℃)で十分に温度保持した後、起動特性を測定する動作試験を実施した。



温度槽外部

温度槽内部

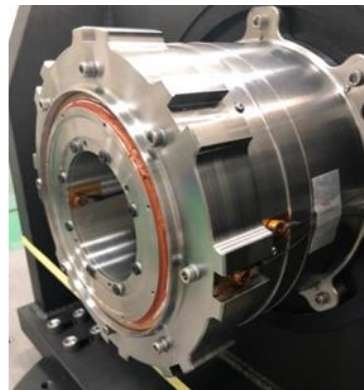
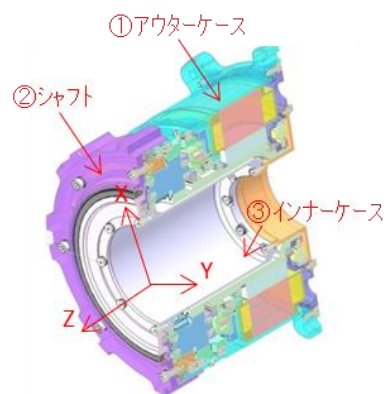


低温試験 起動電流測定結果

低温では粘性の増加による起動電流(起動トルク)の増加がみられるが、定格電流 180A に対する電流増加 7A(アクチュエータ)であり、低温時での電流値の増加は小さく、実運用を想定しても問題ないレベルであることを確認した。

③ 振動特性評価

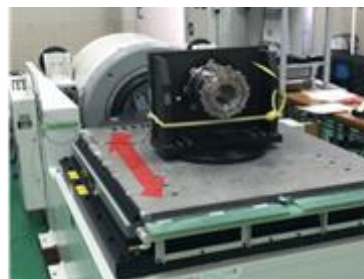
製作した供試品に対し、剛性確認のための共振点探査(振動条件:0.5G, 5~2000Hz、加振軸:Y軸、Z軸)を行い、製作した In-Wheel Motor 供試体に著しい共振点がなく著しい共振点は見られず、機能上の剛性が確保されていることを確認した。



軸定義及び、振動ピックアップ位置



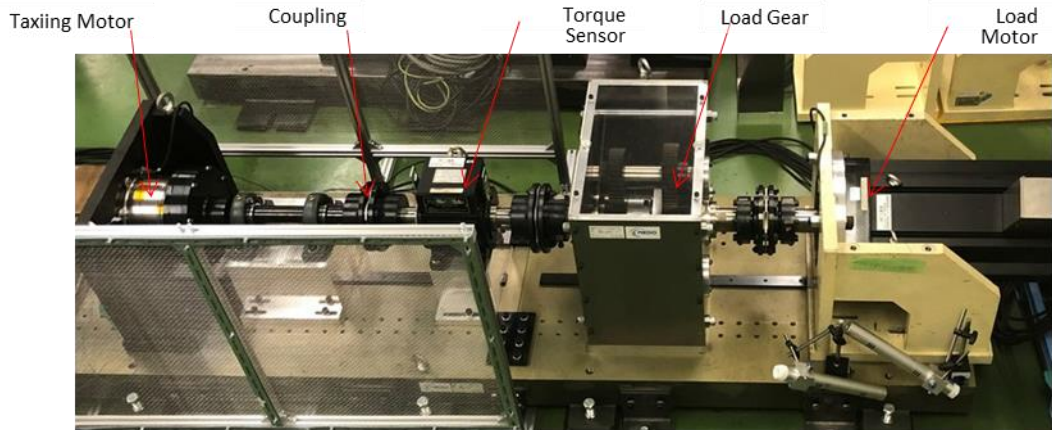
Y(X)軸 セットアップ



Z軸 セットアップ

④ 耐久性評価

In-Wheel Motor を 30 分のタキシングスケジュールに沿って動作させ、耐久性を評価した。その結果、タキシングスケジュールでの動作に問題ないことを確認した。また繰り返し作動を実施することで、強度面で問題ないことを確認した。



耐久性試験セットアップ

リージョナル機に向けた電動タキシングシステムは本研究のみで、世界的に省エネルギー・環境負荷低減に対する要望は大きいことから、現在まで得られた成果を発展させ、早期の実用化を目指した研究開発を継続することにより、日本の航空機装備品産業の発展に寄与することが可能と考える。

③電磁ブレーキシステムの研究開発

航空機用ブレーキの特徴として、産業用機器と比較するとブレーキトルク及びブレーキ吸収エネルギーが非常に大きいことが挙げられる。

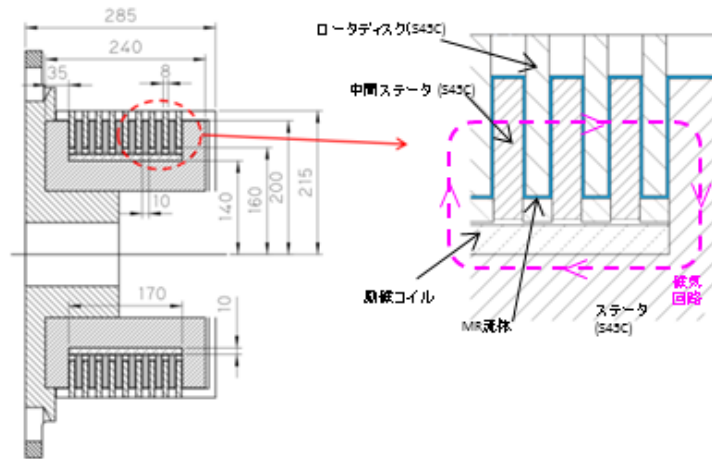
そこで、ブレーキトルクの発生源となる MRF のせん断力向上のための、流体改善を実施し、磁性粒子の粒子径を $40\mu\text{m}$ とすることにより、従来の 1.8 倍のせん断力を得ることができた。

MRF 改善結果

| No | 混合率% | | せん断力 KPa | 換算トルク Nm | トルク比 % |
|----|-----------|------------|-------------|-------------|-----------|
| | 8 μ 径 | 40 μ 径 | | | |
| A | 100 | 0 | 21.87 | 0.124 | (基準) |
| B | 90 | 10 | 23.28 | 0.132 | 106% |
| C | 70 | 30 | 26.45 | 0.150 | 121% |
| D | 50 | 50 | 24.16 | 0.137 | 110% |
| E | 0 | 100 | 40.38 | 0.229 | 185% |

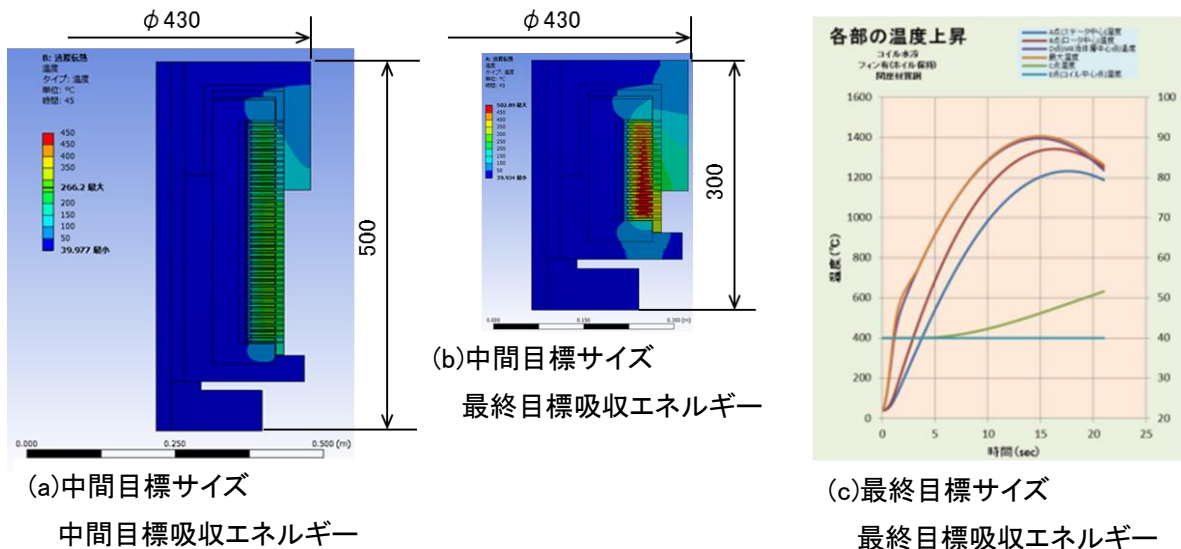
(磁性粒子:パーメンジュール、ベース流体 Silicone Oil)

次に、航空機用ブレーキに必要な大ブレーキトルクを達成するために、励磁コイルを内径部に設置した多板ブレーキ構造を考案し、磁場解析により要求ブレーキトルクを満足する目途を得た。ただし本構造の質量は概算 325kg となっており中間目標質量 60kg を大幅に上回っていることから実用化に向けては質量低減が大きな課題である。



考案した多板ブレーキ構造

上記の多板ブレーキ構造において通常着陸条件(中間目標の吸収エネルギー量)及び RTO 条件(最終目標の吸収エネルギー量)での熱解析を実施した結果、中間目標のサイズ及びエネルギー量の場合は、MRF の許容温度(300°C)未滿となり、目標を達成した。しかし、最終目標のサイズ及びエネルギー量の場合は最大温度が 1400°Cを超える結果となることから、発熱に関する課題克服は非常に困難であるとの結論に達した。



(a)中間目標サイズ
中間目標吸収エネルギー

(b)中間目標サイズ
最終目標吸収エネルギー

(c)最終目標サイズ
最終目標吸収エネルギー

次に、ブレーキ非作動時においても MRF の粘性抵抗によるトルクの発生を抑制する手法の考案が必要であることから、車輪の回転と同期するように変動磁場を付与し MRF を回転移動させる方法を考案した。考案した手法の有効性を確認するために、実験による検証を行ったが、MRF の移動を確認することはできず、本手法を確立することを断念した。

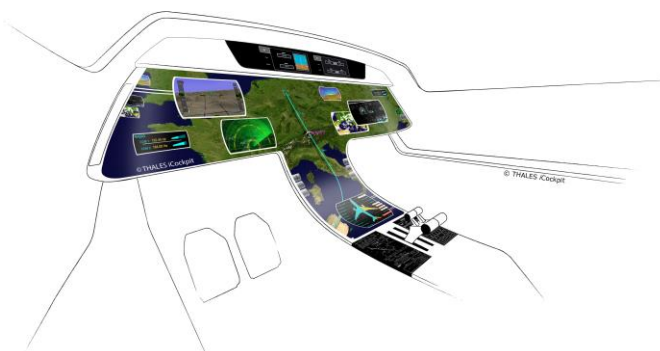
MRF の粘性抵抗の低減及び熱伝導性の向上を目的に、磁性微粒子に施す表面処理に関する調査を行い、多層カーボンナノチューブ(Multi-Walled Carbon Nanotubes:略称 MWCNT)が有望であるとの結果を得た。

研究にて得られた成果のうち、温度及び質量に関して、目標仕様とのかい離が大きく、現在の技術では克服できないと判断する。

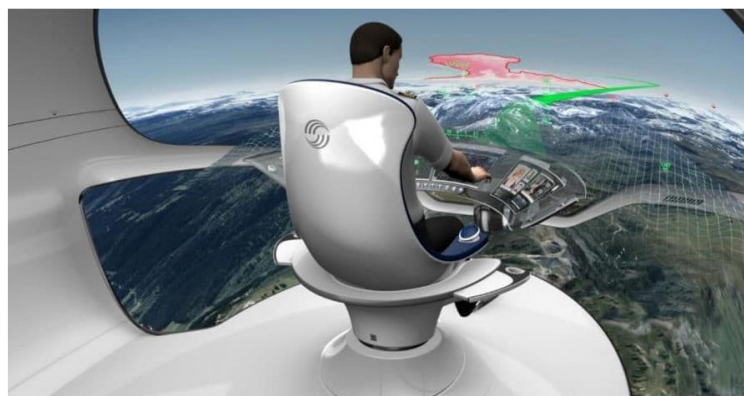
一方、得られた成果及び知見は、航空機用複合ブレーキ(MRブレーキと他のブレーキ方式の併用)や他産業用ブレーキへのMRブレーキの適用可能性検討に用いることができ、価値のある研究成果が得られたと考える。

研究開発項目③:次世代コックピットディスプレイ研究開発

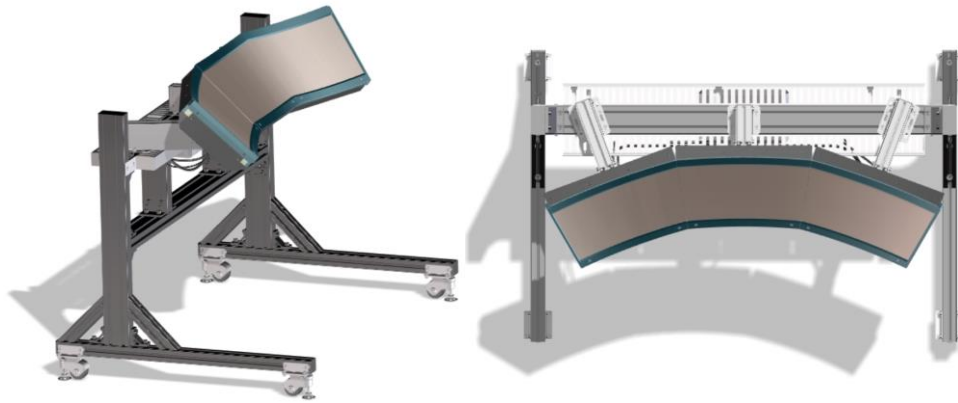
2015年にTHALES社とスタートした日仏共同研究開発当初は、THALES社 iCockpit をベースにした、操縦士・副操縦士2名クルーを想定したディスプレイ形状(異形フラットと矩形カーブの組み合わせ)に対するディスプレイとタッチパネル技術の研究開発を行ってきたが、中間評価の2017年度時点で世の中の動向(シングルパイロットニーズ)も踏まえ THALES社と協議の上モックアップ設計を変更した。結果として技術的には異形カーブという高度な目標に変更となったが、その後のAIRBUS発表記事(mono pilot concept)において、タッチ操作主体のオペレーションと異形カーブディスプレイ形状の方向性が合致していることが確認でき、変更後の本研究開発成果は今後も意義のあるものであると考える。以下に個別の達成成果と意義について記述する。



THALES 社 iCockpit (2011年©THALES)



AIRBUS 社 mono pilot concept (2019年©AIRBUS)



横河コックピットモックアップ(2019年©横河)

1) 大画面・任意形状ディスプレイモジュール

評価用プロトタイプを設計・製造・評価し、最終目標達成を確認した。

・異形カーブディスプレイモジュールの開発

異形 LCD を専用開発した。単体での評価結果は良好であり、コックピットディスプレイ利用に対するクリティカルな問題はないことが確認された。

信頼性評価

| 評価検査項目 | | 評価条件 | 評価数 | 評価結果 | 備考 |
|--------|------|---------------------------|-------|------|----|
| 信頼性評価 | 動作 | 高温高湿 60°C/90%RH 240h | n = 1 | ○ | |
| | 高温 | 80°C 240h | n = 1 | ○ | |
| | 低温保存 | -40°C 240h | n = 1 | ○ | |
| | 冷熱衝撃 | -30°C/80°C(30分/30分) 1000c | n = 1 | ○ | |

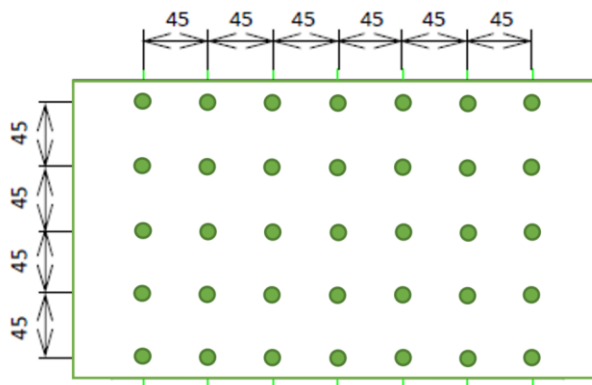
機械的試験および静電気試験

| 評価検査項目 | | 評価条件 | 評価数 | 評価結果 | 備考 |
|--------|-----------|---|------|------|----|
| 機械的試験 | 低温衝撃 | -10°C にて、100g 重量200g柄の長さ30cmの落下で衝撃を与える | n= 1 | ○ | |
| | ディスクリ | 温度：常温 & 70°C 1) 白・黒を切替え 2) 黒で電源をON/OFF | n= 1 | ○ | |
| | 高温DAP | サンプルを立てた状態で高温70°Cにて1hrs放置後、表示確認 | n= 1 | ○ | |
| 静電気試験 | 面放電 (非動作) | C=250pF,R=100Ω V=±12kV/1" 補 正面で 正負 各10回印加する | n= 1 | ○ | |
| | 面放電 (動作) | C=250pF,R=100Ω 1" 補 正面で 正負 各10回印加する | n= 1 | ○ | |
| | 静電耐量 | C=200pF,R=0Ω 各端子 正負各3回印加する | n= 1 | ○ | |

・最大輝度と輝度均一性を確保するためのバックライト開発

異形 LCD 用バックライトを専用開発した。面内35点を測定した最小/最大の値は 0.938、輝度均一性 (最大-最小)/平均は 6.4%と目標の 50%を大きく上回る結果を得た。また斜め視野でのディスプレイ輝度目標 343cd/m² を満足する輝度を実現した。

■測定ポイント



TRY-6

輝度 (cd/m²)

| | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 13375 | 13450 | 13310 | 13128 | 13209 | 13108 | 12888 |
| 13139 | 13151 | 13350 | 13311 | 13350 | 13102 | 13437 |
| 13298 | 13469 | 13306 | 13259 | 13345 | 13442 | 13182 |
| 13148 | 13355 | 13470 | 13393 | 13452 | 13338 | 13095 |
| 13170 | 13260 | 13553 | 13737 | 13452 | 13251 | 13442 |

中心輝度 13259 cd/m²

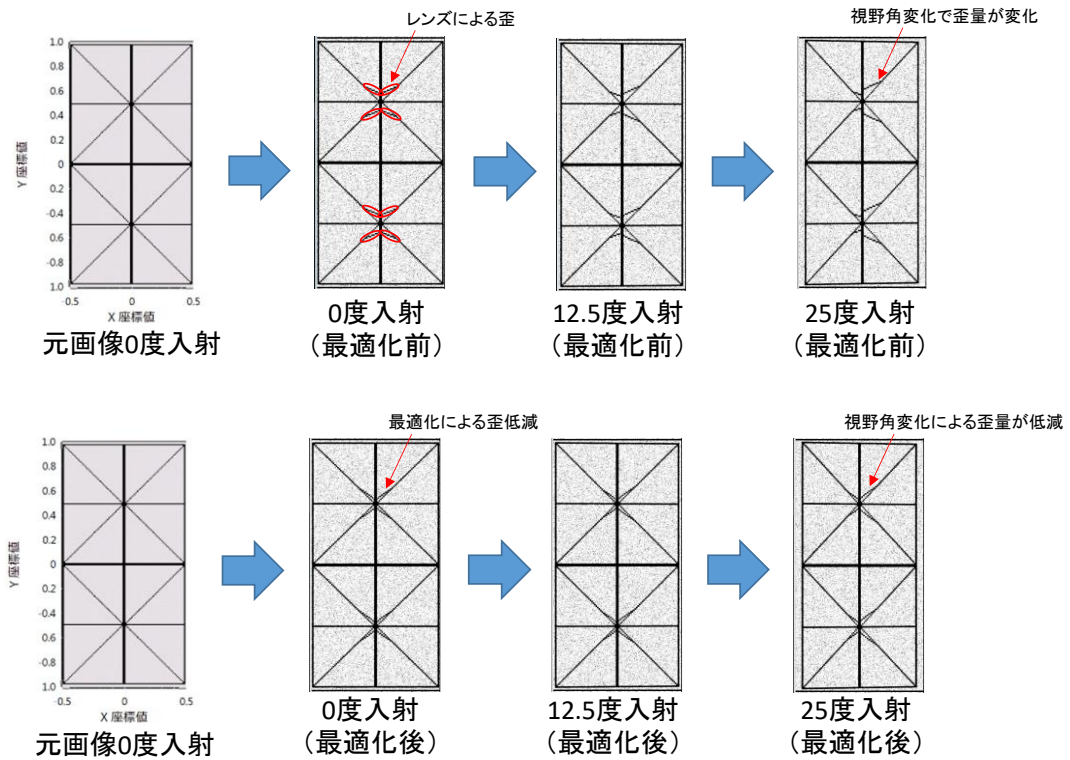
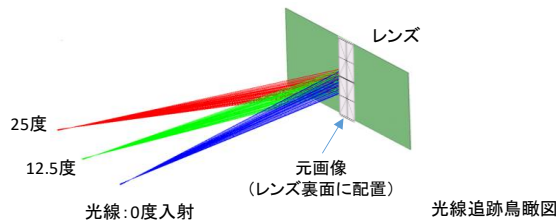
Min./Max.輝度 0.938

平均輝度 13306 cd/m²

異形バックライトとその特性

・額縁を目立たなくするための光学設計技術の確立

光線追跡ツールによる、視野角ひずみ解析モデルを構築。レンズ境界部の画像パターンのひずみ量を視覚化し、レンズ形状の最適化と画像補正アルゴリズム設計が可能となった。



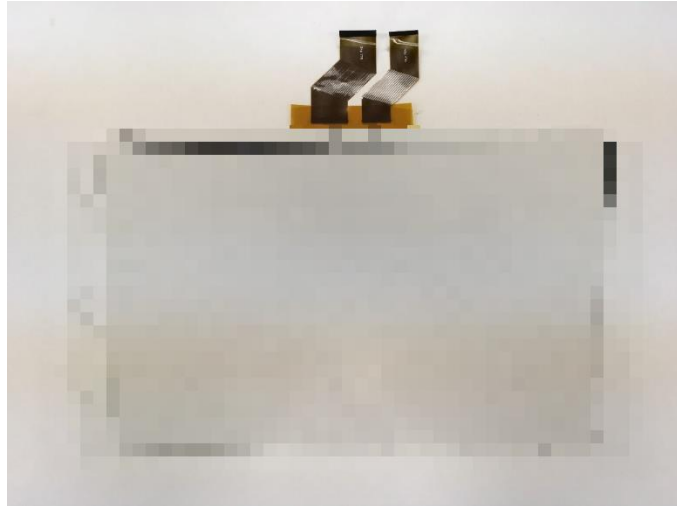
2) 大画面・任意形状ディスプレイモジュール対応型タッチパネル

環境評価用プロトタイプを設計・製造・評価し、最終目標達成を確認した。

・異形カーブディスプレイモジュール対応タッチパネルの開発

異形カーブディスプレイモジュールに対応した専用タッチパネルを開発した。

カーブに対応するため、フィルム方式のタッチパネルとし、タッチ検出がディスプレイモジュール側から影響を受けないよう、タッチパネル専用のノイズシールドを開発した。



タッチパネル

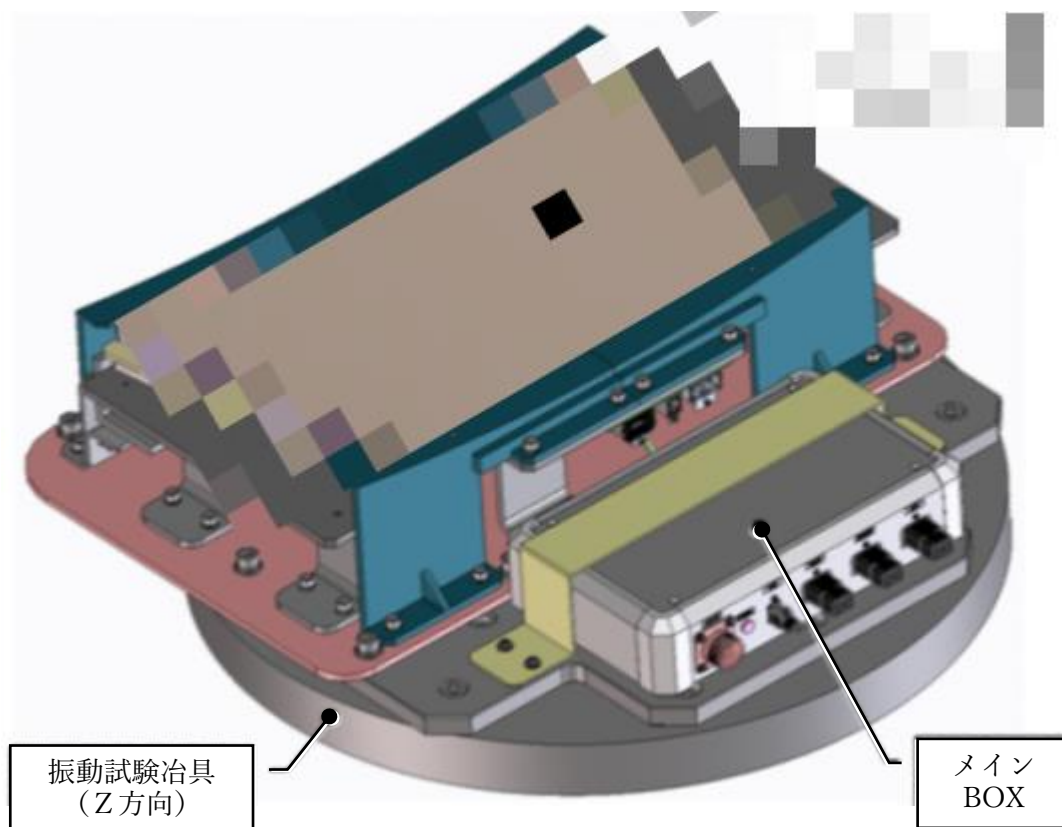
タッチパネルとしての動作確認のため、民生 LCD(矩形フラット)に貼り合わせ、評価を実施、動作に問題ないことを確認した。

3) カーブディスプレイモジュールの評価

製作したプロトタイプにて信頼性(振動、温度、長期信頼性)の確認を行った結果を示す。
本評価にて得られた知見を量産設計に反映することで、搭載品開発における課題発生を未然に防ぐことができる。

振動試験

共振点検出試験を行ったあと、RTCA/DO-160G Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment Section 8 curve B に準じて試験を行い、画像表示に異常がないことを確認した。



ディスプレイモジュール評価用供試体

振動試験条件

加速度

- ・共振点検出試験 : 0.5G (4.8m/s²)
- ・ランダム振動 : 1.48G (15m/s²)

周波数

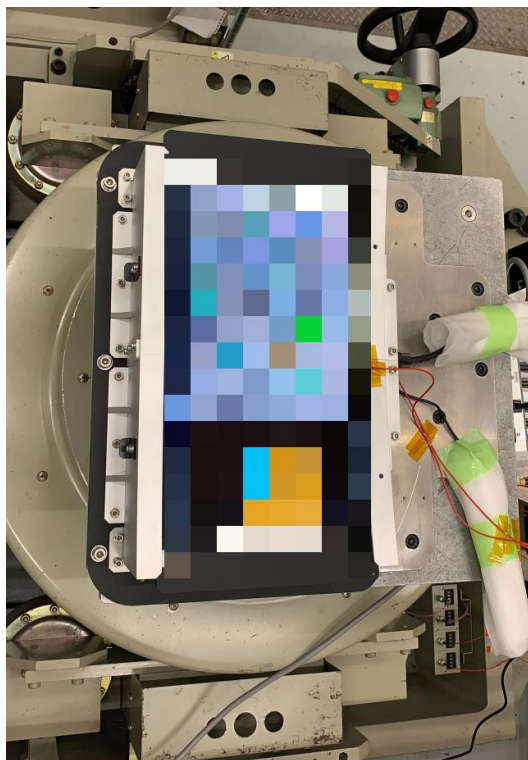
- ・共振点検出試験 : 4~2,000Hz
- ・ランダム振動 : 10~2,000Hz

加振時間

- ・共振点検出掃引時間 : 8分 58秒
- ・ランダム振動加振時間 : 1時間

振動試験結果

X,Y,Z 方向全ての方向について、加振中も加振後も画像表示に問題はなかった。
なお、共振点検出で確認されたピークは、量産設計時に対応する。



振動試験前



振動試験後(変化なし)

温度試験

1 ユニットとして組み合わせて使用する 3 台のディスプレイを恒温槽に設置、RTCA/DO-160G Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment で要求される動作温度範囲での温度試験を実施した。

温度試験条件

動作温度範囲: $-40^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$

温度試験結果

ディスプレイとしての動作に問題ないことを確認した。



恒温槽内に設置した 3 台のディスプレイ

長期信頼性試験

製作したディスプレイの長期信頼性を確認するため、保存温度範囲での温度サイクルによる長期信頼性を確認した。

長期信頼性試験条件

温度範囲: $-55^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$

温度勾配: $5^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 以上

低温・高温保持時間: 20 分 (槽内温度到達後の保持時間)

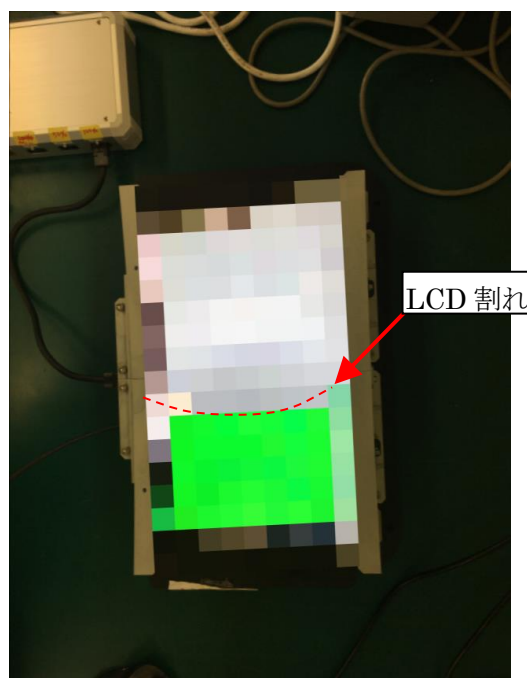
長期信頼性試験結果

製品寿命確認試験の途中 (概ね期待される使用期間 20 年の半分程度) で LCD 割れが発生した。航空用では最表面にガラス材を使用する要求があるが、今回の評価では調達性と加工性の観点で樹脂材を使用した。線膨張係数がガラスと比べて桁違いに大きいため、温度サイクルにより LCD に機械的負荷がかかったことが推察される。

量産製品ではガラス材を使用するため回避可能と判断しているが、今後詳細な原因を調査の上、量産化設計に反映する。



長期信頼性試験前



長期信頼性試験後

③DO254 認証取得活動

1) 開発標準準備(DERによるGap analysis実施)・開発ツールの導入

開発標準準備では、DO254 認証の計画段階で必要になる4つの開発標準 (Requirements Standards, HW Design Standards, Validation & Verification Standards, HW Archive Standards)のドラフトを作成し、DERによるレビュー(Gap analysis)を実施した。結果、準備した開発標準は、DO254 規格で要求される内容に則したものとなっていることが確認できた。

ツール導入では、DO254 認証で求められる開発プロセスのトレーサビリティと品質を担保するため、要件管理ツール及び開発ツールを導入した。

2) SOI#1(DERレビュー)

Gap analysis でレビューした4つの開発標準 (Requirements Standards, HW Design Standards, Validation & Verification Standards, HW Archive Standards)に、Gap Analysisの結果を反映した修正を行い、完成版とした。

SOI#1 レビュー実施のための6つのPlanning文書 (Plan For HW Aspects of Certification, HW Design Plan, HW Validation Plan, HW Verification Plan, HW Configuration Management Plan, HW Process Assurance Plan)のドラフトを作成、DERによるレビュー(SOI#1レビュー)を実施した。完了要件達成のための指摘事項は27件あり、対応の方針を明確化、新製品開発時にDO254 認証プロセスを適用するための準備を完了した。

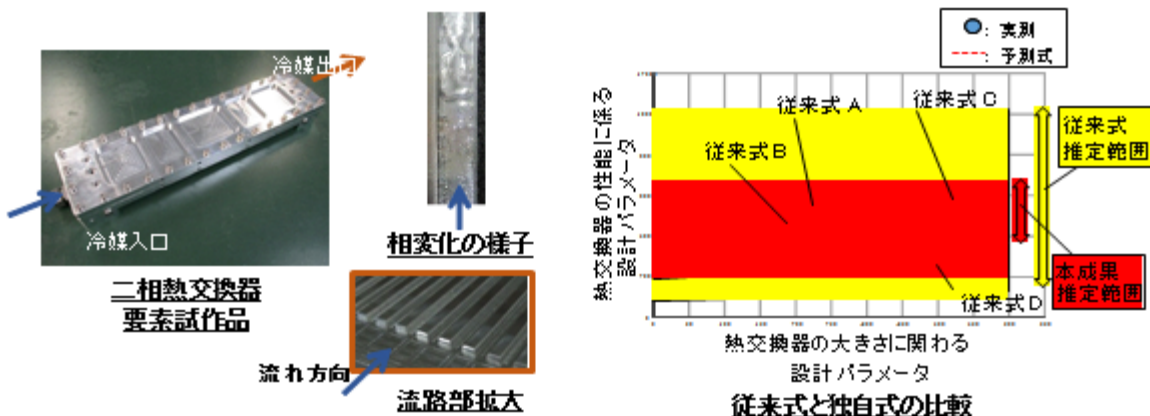
研究開発項目④次世代空調システム研究開発

①-1 二相流体熱輸送システム Active Pump 方式

(1) 主要構成部の要素開発

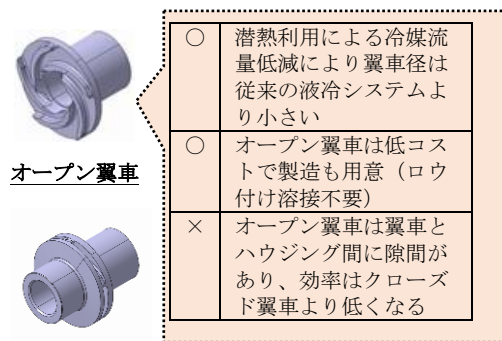
(1)-1 二相熱交換器

二相熱交換器を試作して性能を取得。選定した冷媒(R245fa)に対応した二相熱交換器の熱交換効率・圧損の解析ツールを開発。下図に示すとおり、従来手法よりも高精度な設計式を得た。これにより、従来の設計手法よりもサイズダウンが可能となった。

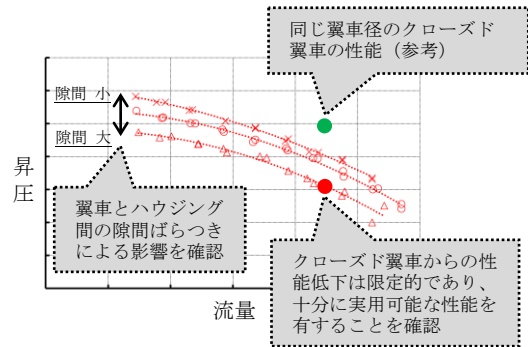


(1)-2 ポンプ

ポンプを試作して性能を取得。選定した冷媒(R245fa:低粘度)に対して、オープン翼車が適用可能なことを確認した。



クローズド翼車(従来手法)



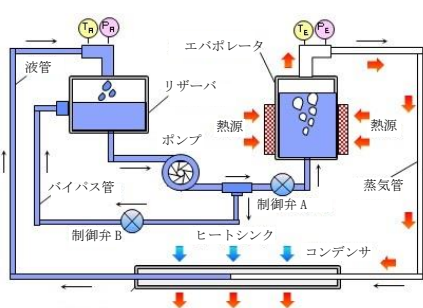
試作品の性能データ

範囲

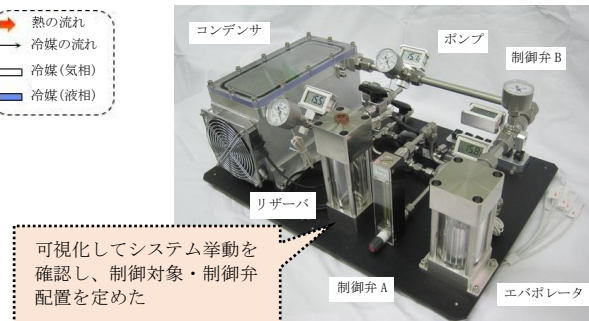
(2) 小型システム、Bread Board Model 開発

(2)-1 小型システム

熱輸送量~5kWの小型システムを試作。基本となる制御式を得た。これにより、熱輸送量~20kWのシステム制御の目途を得た。



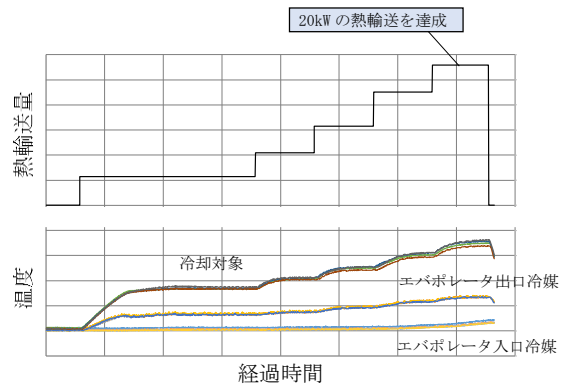
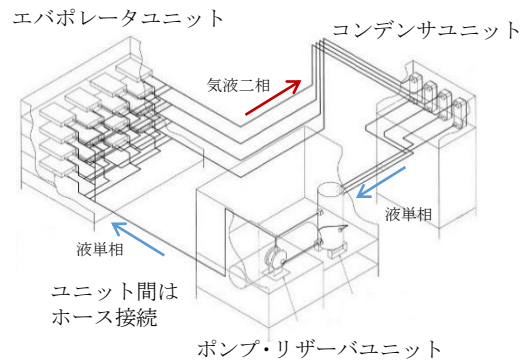
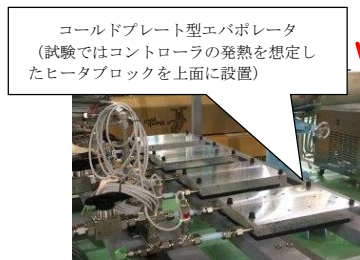
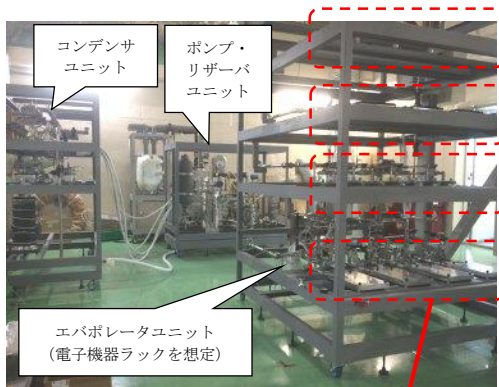
システム・スキマチック



小型システム

(2)-2 Bread Board Model

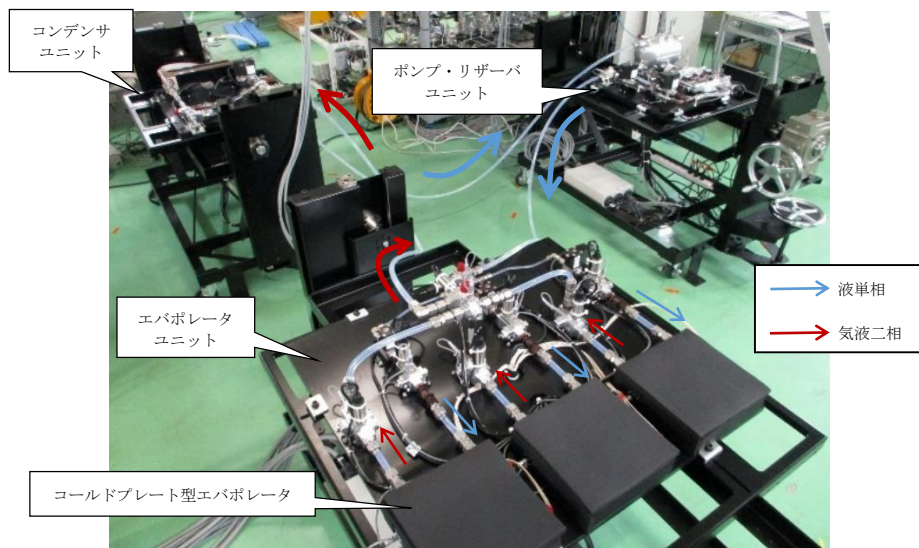
Bread Board Modelを試作し、これまでの成果を反映することで実験室環境での熱輸送量 20kWを達成した。



(3) プロトタイプモデル開発

プロトタイプモデルを試作し、航空機搭載環境でのシステム成立性を確認した。なお、このシステムでは冷媒として R245fa よりも環境負荷が低い新しい冷媒 R1224yd(Z)を採用した。

| 項目 | 結果 |
|------|--------------------------------|
| 姿勢試験 | 所定の傾斜に対してシステム成立性を確認した。 |
| 温度試験 | DO-160 に準じた試験を実施。システム成立性を確認した。 |
| 振動試験 | DO-160 に準じた試験を実施。システム成立性を確認した。 |
| 耐久試験 | 所定時間の運転を実施。機能・性能の低下がないことを確認した。 |



(4) システム消費電力

本システムは従来の液冷システムよりも少ない冷媒流量で熱輸送が可能である。これに伴ってポンプの小型化が可能となり、システム消費電力を低減可能なことを確認した。

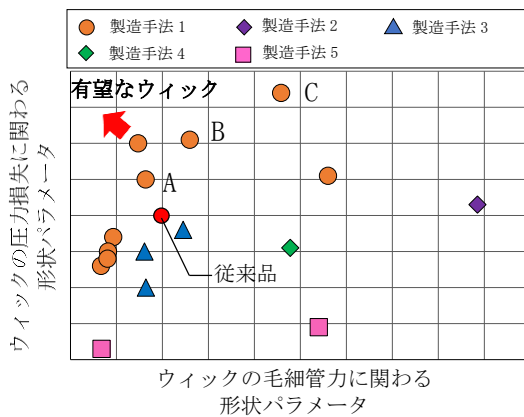
(5) システム重量

熱交換器、ポンプおよび配管の小型化等により、システム重量を低減可能なことを確認した。

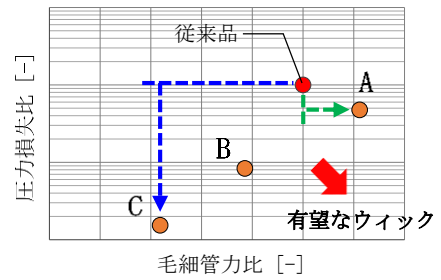
①-2 二相流体熱輸送システム Passive Pump 方式

(1) 主要構成部の要素開発

毛細管力を生み出すウィック(多孔質体)を試作・評価し、従来よりも有望(高い毛細管力、低い圧力損失)なウィックの製造手法を得た。



試作ウィックの性能評価結果

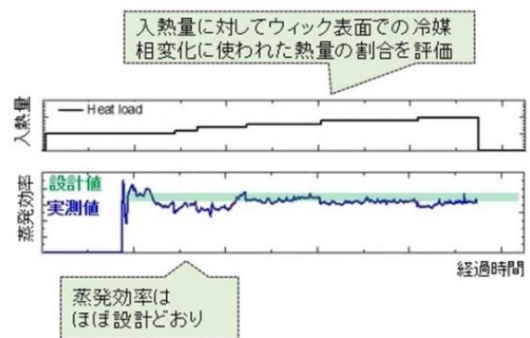
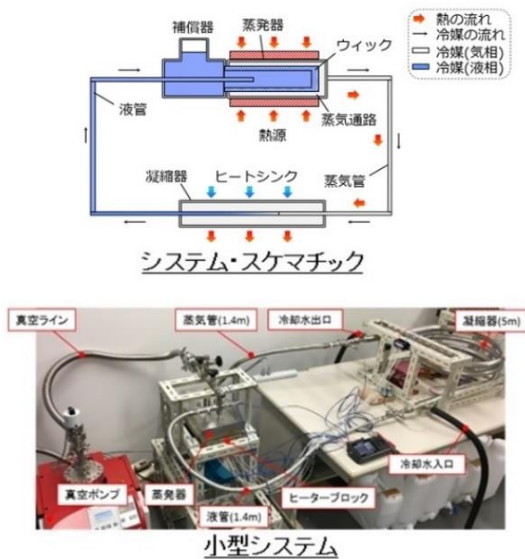


試作ウィックの性能比較(既存品基準)

(2) 小型システム、Bread Board Model 開発

(2)-1 小型システム

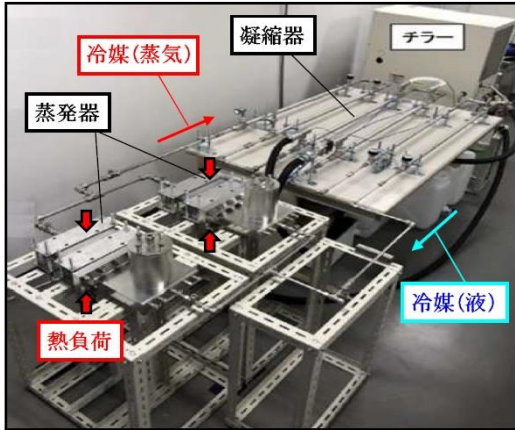
小型システムを試作・評価し、所定の性能が出ることを確認した。これにより、熱輸送量 5kW のシステム実現の目途を得た。



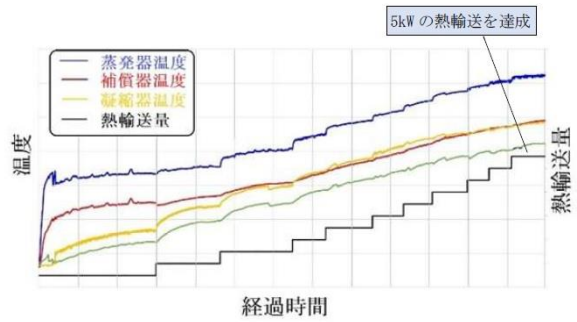
蒸発効率 評価結果

(2)-2 Bread Board Model

Bread Board Model を試作し、これまでの成果を反映することで実験室環境での熱輸送量 5kW を達成した。



Bread Board Model

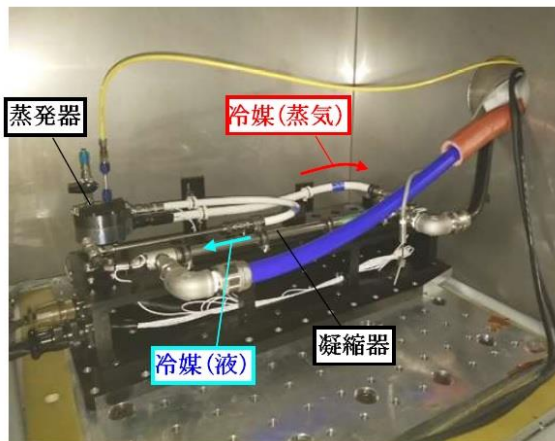


熱輸送能力 評価結果

(3) プロトタイプモデル開発

プロトタイプモデルを試作し、航空機搭載環境でのシステム成立性を確認した。

| 項目 | 結果 |
|------|--------------------------------|
| 姿勢試験 | 所定の傾斜に対してシステム成立性を確認した。 |
| 温度試験 | DO-160 に準じた試験を実施。システム成立性を確認した。 |
| 振動試験 | DO-160 に準じた試験を実施。システム成立性を確認した。 |
| 耐久試験 | 所定時間の運転を実施。機能・性能の低下がないことを確認した。 |



(4) システム重量

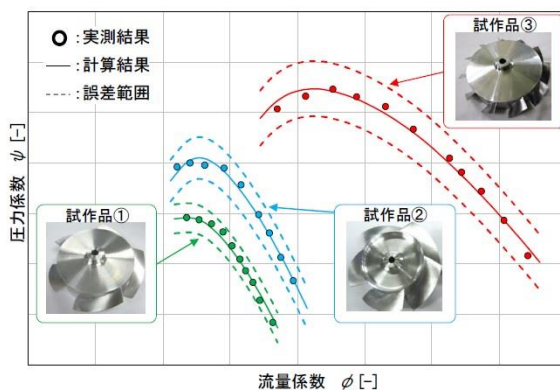
配管径の縮小、冷媒循環用のポンプが不要なこと等により、システム重量を低減可能なことを確認した。

② スマート軸流ファン

(1) 各構成要素の開発

(1)-1 動翼・静翼

数種類の翼車の試作/評価により確立した高精度な性能予測を最適化設計手法に適用した設計ツールを確立した。これにより、使用目的(定格昇圧性能、作動範囲、効率)に応じた翼車の設計・開発期間の大幅な短縮が可能となった。

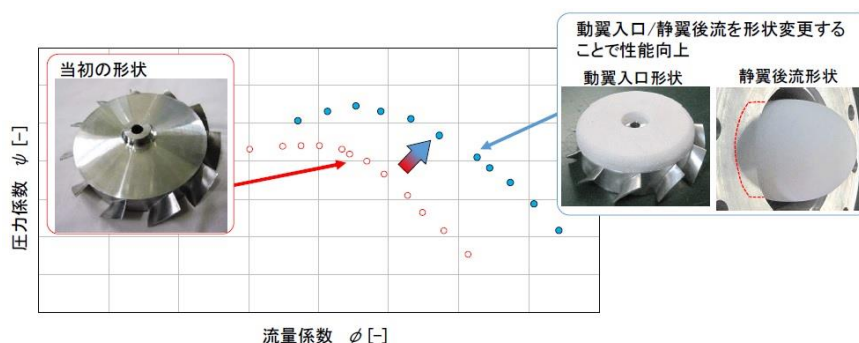


※流量係数、圧力係数

大きさ/回転数によらず翼車性能を比較するために一般的に用いられる無次元数 (JIS B 0131で「流量係数」「揚程係数」で示される)

(1)-2 制御回路

制御回路をファン筐体内に内蔵するために、部品実装を高密度化し基板を小型化した。一方で、制御回路内蔵により低下する昇圧性能に対応するため、動翼入口/静翼後流の形状を試作・評価した。これにより内蔵化による低下分を克服できる昇圧性能となることを確認した。

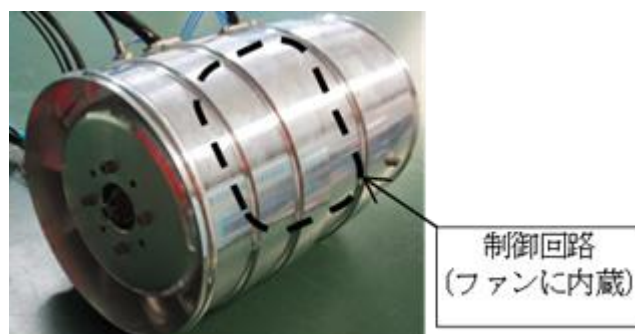


(1)-3 モータ

ファン筐体内に制御回路を収納するスペースを確保するため、従来のモータに比べ鉄損が非常に小さく小型化が可能なコアレスアウターロータPM同期モータを採用した。これにより、所定の性能において制御回路を内蔵するスペースを確保できることを確認した。

(2) プロトタイプモデル開発

要素試作の成果を基に、制御回路を内蔵したプロトタイプモデルを製作し、評価した。これにより、制御回路を内蔵した軸流ファンが所定の基本性能・環境性能・耐久性能を有することを確認した。



(3) モータ効率

コアレスアウターロータ PM 同期モータは従来のモータに比べ鉄損が少なく高効率である。プロトタイプではこれらの特徴を活かし、所定のモータ効率を達成した。

(4) 重量低減

コアレスアウターロータ PM 同期モータは従来のモータに比べ軽量で高い出力が得られる。プロトタイプではこれらの特徴を活かし、可変回転速度機能を有しているにもかかわらず、従来の一定回転速度ファンと同程度の重量を達成した。

(5) 製品化検討


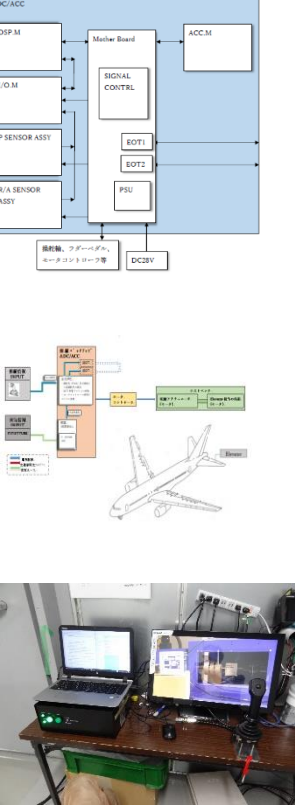
顧客ニーズ・市場性を調査し、客室空気の清浄化ニーズに対応した製品としてファンを組み込んだ空気清浄ユニットの構想案を作成した。

研究開発項目⑤:次世代飛行制御/操縦システム研究開発

「次世代飛行制御/操縦システム研究開発」

| 研究開発 テーマ | 概要 | 個別テーマ | 成果 | 意義 |
|--|--------------------------------|--|--|----|
|  | <p>ヒータの耐久試験</p> | <p>短周期:75,000 サイクル実施し不良ゼロ。 長周期:25,000 サイクル実施し不良ゼロ。</p> | <p>耐久試験を継続し、故障解析を行うことで潜在的な故障原因の特定をし、設計に反映する。</p> | |
| | <p>プロトタイプ (EM2)のピトー管の設計</p> | <p>EM の評価結果より、ヒータ配置、ロウ付け手順の見直しを行いヒータに掛かるストレスの低減を実現した。</p> | <p>ヒータ故障要因の低減によりピトー管の信頼性向上に寄与する。</p> | |
| | <p>プロトタイプ (EM2)のピトー管の製作・評価</p> | <p>量産化を見越した新たな製造プロセスを開発した。</p> | <p>QCD を満足する量産品製造プロセスの確立。</p> | |
| | <p>量産タイプ(FM)ピトー管の設計</p> | <p>コスト低減に向け調整を実施中。</p> | <p>目標原価の達成。</p> | |
| | <p>認証取得準備作業</p> | <p>EM の最新規格による耐着氷性能の確認を実施。 FAA DER から FAA STC 取得について情報収集を実施。 JCABと装備品型式承認取得について調整開始。</p> | <p>重要な性能の検証。 認証取得を円滑に進める。</p> | |

| 研究開発テーマ | 概要 | 個別テーマ | 成果 | 意義 |
|--------------|--|--|--|---|
| ピトー管 (続き) |    | JAXA 殿設備での事前着氷試験(@JAXA) | NRC での試験データをフィードバックし、一部の試験(S及びMコンディション:高高度環境)の実施が可能であるとの結果を得た。 | 国内には着氷試験が実施可能な設備が無い場合、NRC(カナダ)の設備を利用している。国内で事前に問題点の把握が行えれば、開発期間の短縮及びコスト低減が可能となり、意義は大きい。 |
| |  <p>AMT layout and capabilities with high-speed insert</p>  <p>2. 航空試験施設 2.1 RAFT (Research Airframe Test Facility)</p> | NRC(@カナダ)にて着氷試験を実施し、設計方針、解氷性能の確認を実施した。 | コンセントレート・ファクタ(CF)=1においてすべての項目をクリアした。 | 認証取得の最大の課題をクリアできる目途が立った。 |
| | | 新素材調査・評価 | 従来型ピトー管に採用可能な耐食性コーティングの発掘。 | 耐食性向上の可能性。 |
| モータコントローラ |  | BBM モータコントローラ(MC)動作確認 | TRL4 相当の BBM を用いて基本的な動作確認を実施。 | 基本技術の習得は実機相当の負荷での制御の基礎となる。 |
| |   | 耐環境性(温度・高度)MC動作確認 | TRL6 相当のMCを用いて基本的な動作確認を実施。 | |

| 研究開発テーマ | 概要 | 個別テーマ | 成果 | 意義 |
|-------------------|--|---|---|-------------------------------------|
| モータコントローラ (続き) |  | 耐環境性(温度・高度)モータコントローラ動作確認 (続き) | 耐温度・高度特性試験により TRL6 相当の能力を有していることが確認できた。 | アクチュエータメーカーとの共同研究・開発の足掛かりとなる。 |
| 操縦バックアップシステム |  | 評価用テストベンチ製作 BFCS(TRL5)の製作、評価及びシステム連結試験評価 | 実機相当の負荷を模擬するテストベンチを製作。 MC と統合試験において、モータのコントロールとの連結動作を確認。スタンバイシステムとしての実現性を確認。 | フライトシステムとして機体メーカーとの共同研究・開発の足掛かりとなる。 |

研究開発項目⑥:次世代自動飛行システム研究開発

①画像処理による航法誘導制御技術

1) 位置検出・自動着陸

<研究成果>

画像による位置検出・自動着陸の有効性を検証するため、画像システムの試作および欧州飛行試験を実施。

・世界初、リアルタイム遠距離高解像度(4K)のステレオ測距が可能な超望遠ステレオカメラを開発した。


・ONERA と連携した欧州飛行試験を実施し、超望遠ステレオカメラによるリアルタイム位置推定を飛行実証した。

超望遠ステレオカメラの位置推定結果の RTK GPS との RMSE(水平 2.0m、垂直 1.9m@距離<600m)を把握。

ONERA での Autopilot(Open loop test)を実証した。

Long-range stereo-vision system

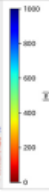
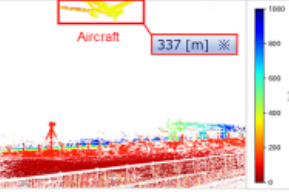

https://www.ricoh.com/technology/tech/083_super_telephoto_stereo_camera



World's first 4K stereoscopic measurement at long distances in real time


Features

- ◆ Long distance measurement up to 1000m.
- ◆ High resolution depth image processing on real time(4K depth image@15Hz)



Specification



| | |
|-------------------|----------------|
| Resolution(Pixel) | 4096 x 3000 |
| Chroma | Mono Chrome |
| Shutter | Global shutter |
| FOV | 22.8° x 16.8° |
| Frame Rate | 15 FPS |
| Weight | 2.5 kg |




Long-range stereo-vision

Technical highlights

- ◆ **Accurate measurement of long distances**
Ricoh's original optical design and calibration technologies (precision technologies in optical properties evaluation, image correction based on optical properties, and device mounting) have been optimized for long distance measurement. Accuracy is guaranteed for short and long distances alike.
- ◆ **Real-time stereo distance measurement at high resolution (4K)**
Ricoh's proprietary image technologies have now been optimized and implemented as hardware. 4K stereo images are processed in real time and outputs are quickly obtained.

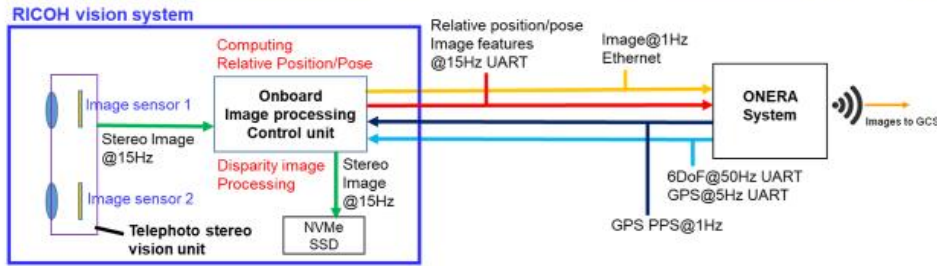


Final workshop, 27/08/2019

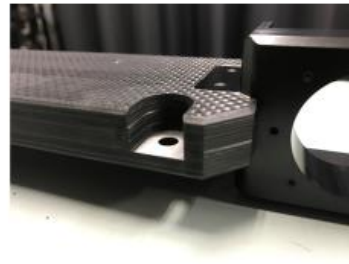


imagine. change.

Stereo-vision system for VISION project



Silent blocks are used to mitigate vibration



Stereo camera component made of CFRP which connects between right and left camera



Final workshop, 27/08/2019



<意義>

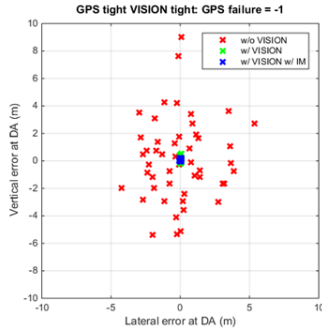
・欧州固定翼機のフライトコントローラーと連携した画像システムを開発し、飛行試験を実施したことで、航法誘導制御に必要な画像システムの性能検証を実施することができる。

2) GPS/ILS ロストモデル構築

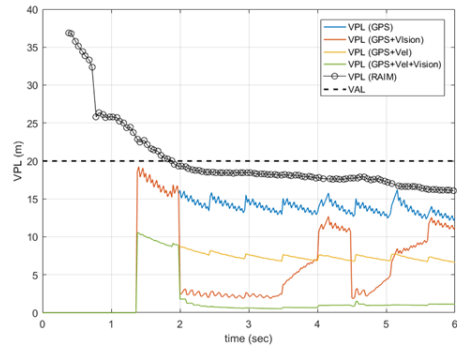
<研究成果>

画像による航法誘導制御システムの有効性を検証するため、GPS および ILS の誤差モデルの開発を実施。

- ・シミュレーション検証のための、GPS 通常時・異常時の誤差モデルを構築。
- ・GPS 異常時のシナリオを元に、飛行試験時にリアルタイムで異常を模擬する誤差付加モデルを構築中。
- ・リアルタイム誤差付加モデルの検証目的で、GPS 実データを用いて、異常時の 1 シナリオ(電離圏異常の場合)に予想される位置測定誤差を計算。(下図)
- ・ILS 環境下については、特定の環境下(滑走路付近の障害物)を仮定した上で、各地点におけるローライザー(横方向)およびグライドスロープ(垂直方向)の誤差の計算を実施。
- ・欧州と共同で GPS、画像センサ等の情報を用いて、航法誤差および保護レベルを最小化するフィルタ開発を行い、画像センサを併用することで、精度が大きく改善することがわかった。



GPS異常時の航法誤差の違い



保護レベル(システムの精度保証範囲)の推移の比較
t = 1.5sにGPS異常発生と仮定

<意義>

航法システムを取り扱う研究機関として、現実的なモデル・シナリオ作成を実施し、本研究開発が実社会に適用できるようになる。

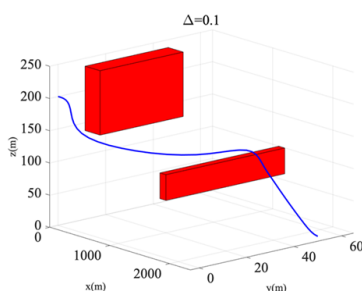
3) 障害物検知・回避

<研究成果>

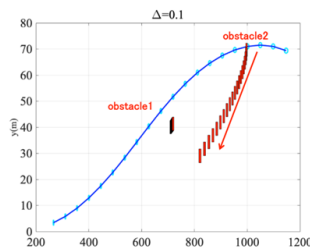
画像による障害物検知・回避の有効性を検証するため、アルゴリズムおよびシミュレーションモデルの検討を実施。

- ・試作画像システムをマルチコプターに搭載し、予備飛行試験を実施し、障害物検知アルゴリズム検討を実施。
- ・ドローンを用いた飛行実証試験の実施。
- ・障害物に対する、確率的モデル予測制御と予測システムの有効性について確認。国際・国内学会発表4件
- ・前回の確率的最適化アルゴリズムより、さらに効率的なアルゴリズムの開発および実証。
- ・カメラから得られた障害物位置情報を元に、軌道だけでなく不確かさも予測するシステムを実証。
- ・上記アルゴリズムを用いて、実環境に近い 3次元シミュレーションを行い、アルゴリズムの正当性を確認。

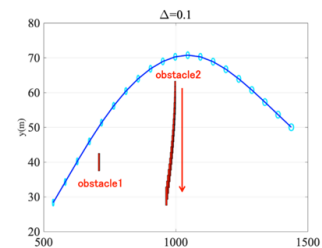
3次元回避経路



障害物が動く場合の回避(XY平面): 時間の経過に伴い精度が増す



t = 3.5(s)



t = 6.5(s)

<意義>

- ・画像処理技術による、滑走路上の障害物検知の原理確認、画像システムの仕様決定、回避シミュレーションモデルを構築することで、航法誘導制御に必要な画像システムの目標値を決定することができる。
- ・画像システムと障害物回避を連携することで、航空機単体で非常時に対応できるシステムを構築できる。

②画像処理による舵面故障検出制御技術

1) 舵面状態検知

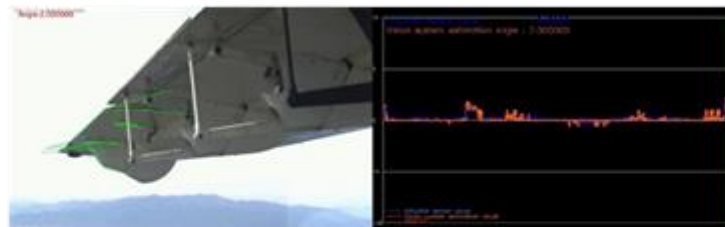
<研究成果>

画像処理技術による舵面状態検知の有効性を検証するため、MuPALの3次元情報を使用したカメラによる舵面角度検出アルゴリズム、機械学習を用いた舵面故障検知を行う手法を開発した。

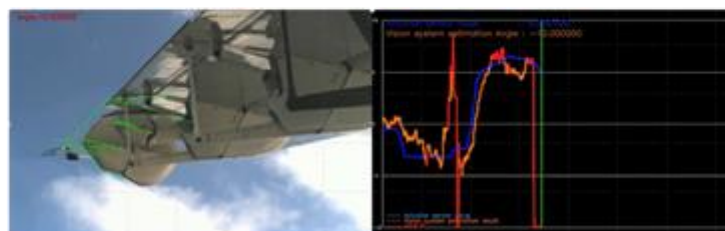
- ・MuPAL 飛行試験の画像データ解析から舵角算出アルゴリズムを改善、実用化に向けた課題を抽出できた。
- ・機械学習による故障診断プログラムを改善、飛行中の画像システムの誤差を考慮したアルゴリズムの検証できた。

| データ量 | 舵面検出率 | 舵角センサ値とのRMSE |
|----------------------|--------|--------------|
| 1140[秒](57000[フレーム]) | 99.2 % | 0.51 |

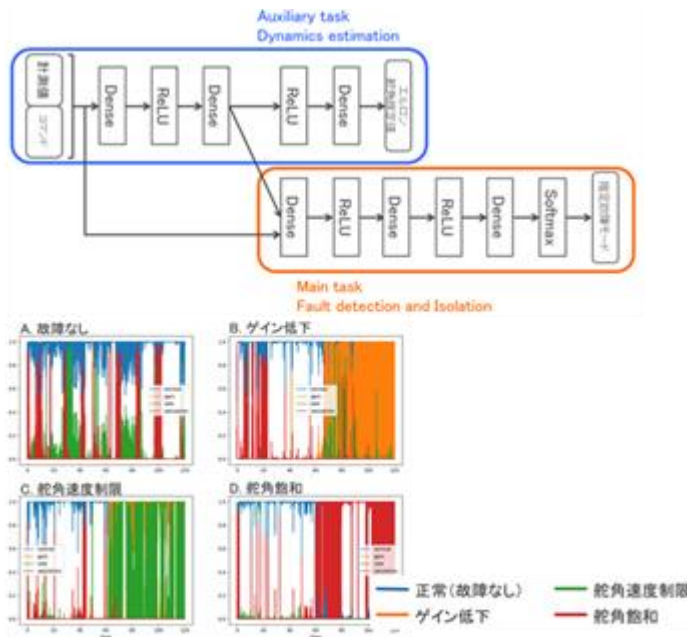
通常飛行における画像システムの舵面検出率と舵角推定値のRMSE



通常飛行における舵角センサ値と画像システムによる推定結果の例



画像システム特有の難しいシナリオでの検証の一例(オレンジ線: Valid/赤線: Invalid)
舵面への空の映り込みによって、舵面の一部のエッジが検出できていない例



二段階機械学習の改善で診断成績を向上

<意義>

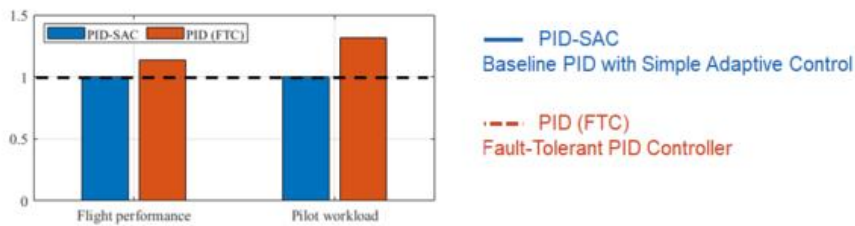
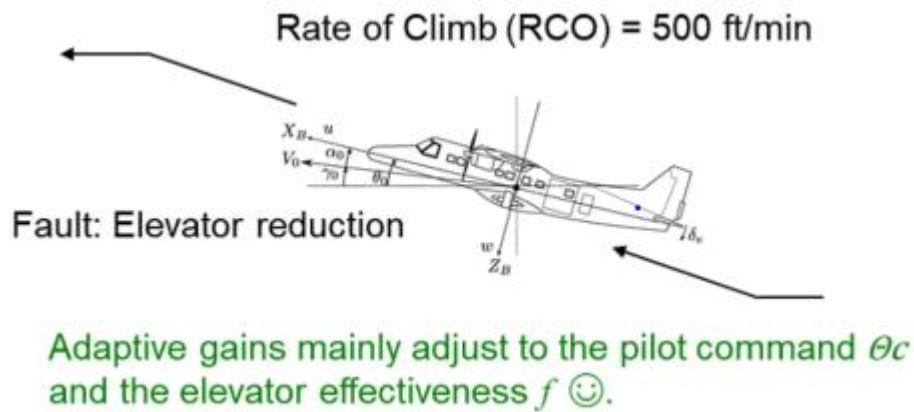
・画像処理技術による、舵面角度推定のアルゴリズム検討、画像システムの仕様決定、機械学習による故障モード検知を開発することで、実用化に向けた課題を把握することができる。

2) 耐故障飛行制御

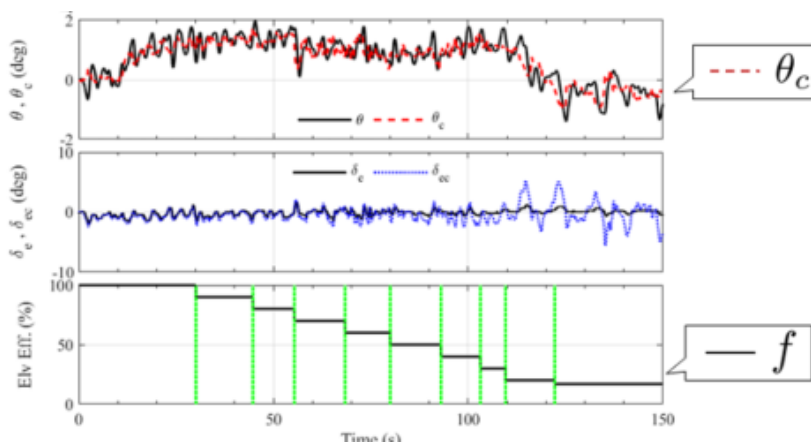
<研究成果>

耐故障飛行制御アルゴリズム

- ・東大では、舵面のゲイン低下、レートリミット制限に関してアルゴリズムを開発し、東京大学の固定席フライトシミュレーターによって確認を実施。エルロン故障のみならず、エレベータ故障に対しても確認し、またパイロット評価を実施し、ワークロードの低減を確認した。国際学会発表6件
- ・MuPAL- α 地上試験によりエレベータの効きが低下した場合の効果を検証した。
- ・パイロット操縦時の地上試験により、追従性の向上、ワークロードの低下を検証した。
- ・耐故障制御アルゴリズムの開発、シミュレーションツール構築、シミュレーターによる確認により、飛行試験の準備を実施でき、今後、地上試験を実施することで、耐故障飛行制御による自動飛行性能評価を効率的に実施することができた。



Flight performance: almost similar Pilot workload: **PID-SAC reduces the workload**



耐故障飛行制御のシミュレーション環境構築

・MuPAL の 6 自由度シミュレーションツールを構築、飛行試験データとの比較を実施。

飛行試験を効率的に実施可能とするために、MuPal- α の飛行ダイナミクスをシミュレーションするツールを構築し、フライトデータによる確認を実施した。

MuPAL- α の 6 自由度シミュレーションモデルの設計仕様を検討した。

設計仕様に基づき、6 自由度シミュレーションツールを作成した。

JAXA の改修提案をツールへ反映した。

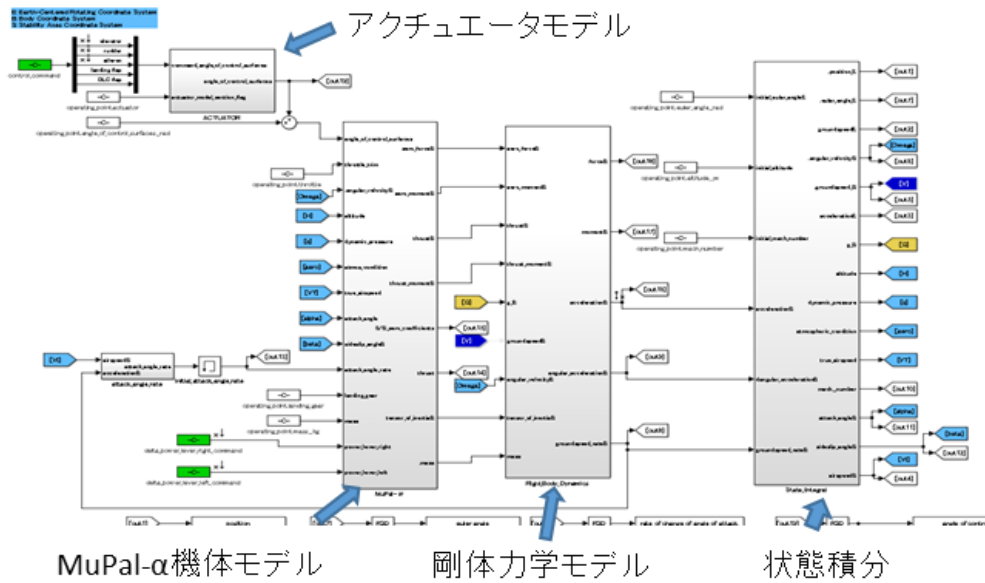
簡易マニュアルを作成し第一次リリースを実施した。

JAXA から提示されたフライト試験のデータとの比較を実施した。

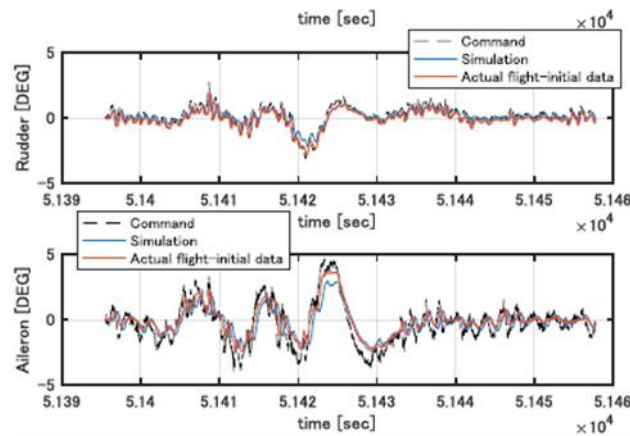
詳細マニュアルを作成した。

突風モデル、制御モデル例の組込みを実施し、組込み結果を確認した。

簡易マニュアルを改訂し、最終リリースを実施した。



6自由度シミュレーションツールのブロック図



飛行試験データとの比較例

耐故障飛行制御の飛行試験

・H2020 パートナー(Bristol 大学、Exeter 大学、ONERA)と耐故障制御による安定飛行試験を実施した。開発した制御則による初期飛行試験を実施し、所望の性能を確認

Exeter Univ.:スライディングモード制御による横/方向運動における耐故障飛行制御およびセンサ故障に対する故障検知模擬のフライトを実施した。前者は国際論文誌掲載掲載済み、後者は国際論文誌投稿中。

Bristol Univ.: 構造化 H_{∞} 制御による横/方向運動用 FTC 設計および Hardware-In-the-Loop Simulation 結果を国際論文投稿中。

ONERA: オンラインパラメータ推定および推定したパラメータを用いた適応制御によるエレベータ機能劣化に対する耐故障飛行制御を実施し、国際会議にて途中経過を報告済。性能向上を目指した実験を実施し、結果を解析し、国際学会にて発表予定(8月発表)。

東大: 構造化 H ∞ 制御による縦運動用 FTC 設計および Hardware-In-the-Loop Simulation を実施し、一部を国際会議に投稿済み。また、性能向上を目指して、単純適応制御を追加した FTC の実験を実施し、性能向上を確認。

JAXA: 補助期間後に、東大が作成した構造化 H ∞ 制御をベースに、より現実的な問題設定に対する制御器を設計し Hardware-In-the-Simulation にて性能検証を実施した。また、その結果は国内論文誌での掲載が決まった。

<意義>

耐故障制御アルゴリズムの開発、シミュレーションツール構築、飛行試験を実施することで、耐故障飛行制御による自動飛行性能評価を効率的に実施することができた。

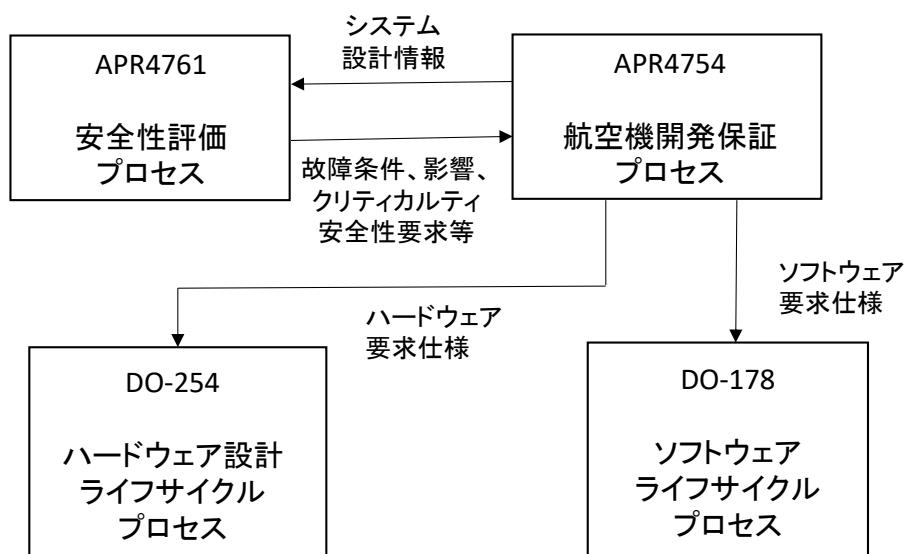
- ・世界初の飛行実証:「i) ~iv):過去のプロジェクトで達成できなかった TRL レベル6達成、および適応制御の有用性を最適ロバスト制御からの性能向上として確認」
- ・故障検知用カメラシステム設置の有効性を飛行試験にて確認

3) ソフトウェア認証

<研究成果>

画像処理システムに対して、航空機向けの実用化に向けたソフトウェア開発プロセスを確立することを目的とし、DO-178C(ソフトウェア開発保証プロセス)とその上位規格 ARP4754(システム開発保証プロセス)、ARP4761(安全性評価プロセス)の概略を把握した。

- ・ソフトウェア開発規格である DO-178 により航空機搭載用ソフトウェアの開発は保証される。
- ・安全性保障については ARP4761 に寄るところであり、また故障探究ではシステムに振り返って検討が必要。(このために ARP4754 が存在する)
- ・航空機搭載用のソフトウェアを開発する規模としては開発保証に係る規模だけでなく安全性保証に係る規模を見込んでおく必要があることが確認できた。



<意義>

ソフトウェア認証に関して、画像処理システムに対して DO-178C に基づくソフトウェア開発プロセスを調査し、トータルシステムとしての実用化に向けた開発プロセスを確立することができる。

研究開発項目⑦:次世代エンジン電動化システム研究開発

①高温に耐えうる高耐熱電動機

<成果・目標の達成状況>

高耐熱電動機の試作と、300°Cの耐熱評価

電動機からの排熱を効率よく行うため、伝熱面積を増やせる平角線を採用した。巻線には高耐熱絶縁被膜を電着塗装し、高耐熱評価用電動機の試作機(サブサイズモデル)にて300°Cの耐熱温度を有することを確認した。

プロトタイプ電動機の試作、評価

排熱効率の向上のため、巻線を直接油冷する冷却方法を採用し、250kW級プロトタイプ電動機を設計、製造した。高耐熱絶縁被膜を適用したプロトタイプ電動機によって250kW発電を達成した。

試験結果から得られた発電機損失、および巻線-冷却油間の熱伝達率を用いて、エンジン搭載環境を考慮した伝熱解析を実施し、250kW発電を想定環境条件及び冷却条件にて達成できる見通しを得た。

<意義>

エンジン内蔵型電動機の実現性の実証により、次世代航空機で予想される電力需要の増大に対応できる。

海外ではRR社等が巻線耐熱温度240°Cの発電機を研究開発目標としているが、本研究結果にて、巻線耐熱温度300°Cを実証し、技術的優位性を示した。



図 サブサイズモデル高耐熱評価用電動機

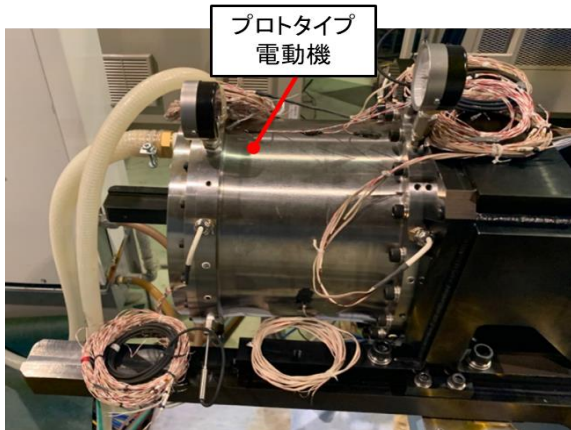


図 プロトタイプモデル電動機

②内蔵型電動機および、排熱・燃料・電力を考慮したエンジン電動化システム

1-1) エンジン電動化システムのシステム系統設計と解析評価

<成果・目標の達成状況>

エンジンへの大型電動機の搭載構造様式を検討し、搭載性および交換容易性を考慮して、エンジンテールコーン内に電動機を設置する様式を選定した。また、電動機の冷却系統設計を行い、空調連携排熱システムによる機体とエンジンの排熱システム統合を考慮した、エンジン電動化システムの系統設計を実施した。熱収支計算と熱交換器のサイジング設計により巡航条件での燃費改善効果を確認した。

1-2) 機体、エンジンサーマルモデルによる機体電動化システムの解析評価

<成果・目標の達成状況>

エンジン電動化システムの系統設計結果を基に、機体・エンジン・空調・電動機などの各要素を統合した単通路機の機体サーマルモデルを構築し、エンジン電動化システムの燃費性能評価を実施した。性能評価の結果、800nmの飛行計画において、1フライトを通じて0.53%の燃費改善効果が見込まれるとの解析結果を得た。

<意義>

エンジン内蔵電動機を適用したエンジン電動化システムの成立性を示すと共に、シミュレーションモデルにより、1フライトを通じた燃費改善効果を定量的に示した。

2) 空冷排熱の設計と要素試作、評価

<成果・目標の達成状況>

エンジン電動化システムの排熱システムの要素技術として、空冷排熱評価を実施した。航空機向けパワーエレクトロニクスが発熱量と分布を想定し、解析によりヒートシンクの最適化を行った。パワーエレクトロニクス素子を用いた冷却試験で冷却能力を実証し、より均一な冷却能力の確保を確認した。

<意義>

現在水冷となっている、航空機向け大出力パワーエレクトロニクス空冷化が可能であることを示した。空冷化により、整備性が改善する。

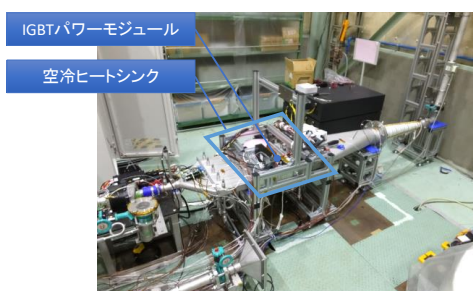


図 冷却試験セットアップ

3-1) 電力システムにおける補助電源としての二次電池構成

<成果・目標の達成状況>

補助電源としての二次電池構成を検討した。

<意義>

Li-Ion電池を航空機用補助電源に用いる場合に考慮すべき以下の課題を明確にした。

ー充放電サイクル

航空機用途では高エネルギー密度を最大限利用するため、満充電から全放電を考慮したより高い寿命性能が必要となるため、材料選択等によって高寿命化を図ることが課題となる。

ー排熱システム

充放電時の温度上昇がサイクル寿命に影響するため、排熱システム設計最適化と、体積・表面積増加による放熱の増加、電池構成の並列化で電流を下げることなどによる発熱低減が課題となる。

3-2) 電力システムの安全性評価

<成果・目標の達成状況>

電力システムについて、SAE ARP4761に基づき、安全性解析を実施した。抽出された重大不具合である機体電源喪失の故障要因分析を実施し、各故障率データを用いた安全性解析の結果、製品成立性のある数値内であることを確認した。

3-3) 電力制御システム評価

<成果・目標の達成状況>

安全性解析から、電力システムの安全性確保のため必要と判断された電力遮断システムについて、シミュレーションによりその有効性を確認した。

<意義>

検討したエンジン搭載型発電機システム構成が、航空機に要求される安全性要求を満足する構成であることを示した。

2.3 成果の普及

得られた研究開発成果については、NEDO、実施者とも普及に努めるものとする。また、本プロジェクトでは、航空機用先進システムの開発を通じて、我が国で開発した技術・製品の認証を円滑に取得するために必要な安全性評価手法等を構築する。

以下に各研究開発項目の成果の普及状況を示す。添付の「特許論文等リスト」も併せて参照されたい。

研究開発項目①次世代エンジン熱制御システム研究開発

| | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 | 総計 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| 論文 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| 研究発表・講演 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| 新聞・雑誌等への掲載 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 展示会への出展 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

研究開発項目②次世代降着システム研究開発

| | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 | 総計 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| 論文 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 研究発表・講演 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 5 |
| 新聞・雑誌等への掲載 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 展示会への出展 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |

研究開発項目③次世代コックピットディスプレイ研究開発

| | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 | 総計 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| 論文 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| 研究発表・講演 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 新聞・雑誌等への掲載 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 展示会への出展 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

研究開発項目④次世代空調システム研究開発

| | 2015 年度 | 2016 年度 | 2017 年度 | 2018 年度 | 2019 年度 | 総計 |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|----|
| 論文 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 研究発表・講演 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 新聞・雑誌等への掲載 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 展示会への出展 | 0 | 1 | 1 | 2 | 4 | 8 |

研究開発項目⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発

| | 2015 年度 | 2016 年度 | 2017 年度 | 2018 年度 | 2019 年度 | 総計 |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|----|
| 論文 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 研究発表・講演 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 新聞・雑誌等への掲載 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 展示会への出展 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |

研究開発項目⑥次世代自動飛行システム研究開発

| | 2015 年度 | 2016 年度 | 2017 年度 | 2018 年度 | 2019 年度 | 総計 |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|----|
| 論文 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 | 5 |
| 研究発表・講演 | 0 | 1 | 6 | 17 | 8 | 32 |
| 展示会等 出展・発表 | 0 | 5 | 6 | 3 | 6 | 20 |
| 新聞・雑誌等への掲載 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 5 |

研究開発項目⑦次世代エンジン電動化システム研究開発

| | 2015 年度 | 2016 年度 | 2017 年度 | 2018 年度 | 2019 年度 | 総計 |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|----|
| 論文 | 0 | 0 | 1 | | 2 | 3 |
| 研究発表・講演 | 0 | 0 | 0 | 5 | 1 | 6 |
| 新聞・雑誌等への掲載 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 展示会への出展 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

2.4 知的財産権の確保に向けた取組

以下に各研究開発項目の取組を示す。

研究開発項目①次世代エンジン熱制御システム研究開発

熱交換器に関連する競合他社の特許出願状況について定期的に調査・確認を行い、当該研究活動の内容が競合他社の特許に抵触するリスクを回避。

知財グループメンバーと技術課メンバーでの知財ミーティングの開催(年 2 回)し、当該研究活動の内容の中に知的財産権の確保が必要となるような成果はないかを確認。

2020年8月31日現在、知的財産権の出願・取得実績はなし。

研究開発項目②次世代降着システム研究開発

①脚揚降システムの研究開発

- 欧州・米国への海外特許出願
- 知財関係者が技術者を招集し、特許アイデアを発掘
- 技術者の知的財産の認識を深めるために、知財関係者が技術者を教育

| | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 | 計 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|---|
| 国内出願 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| 外国出願 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 5 |

※2020年7月31日現在

②電動タキシングシステムの研究開発

| | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 | 2020年度 | 計 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|
| 国内出願 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| 外国出願 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

※2020年7月31日現在

③電磁ブレーキシステムの研究開発

| | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 | 2020年度 | 計 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|
| 国内出願 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 外国出願 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

※2020年7月31日現在

研究開発項目③次世代コックピットディスプレイ研究開発

本プロジェクトにおいては、2017年度末までは技術やノウハウに関して先使用権の証拠確保・保全実施を行い、2018年度以降はコックピットディスプレイに採用する外形形状等に関する特許申請及び製造方法に関するノウハウに関する先使用権の証拠確保・保全実施を行う。

2020年8月31日現在、知的財産権の出願・取得実績はなし。設計技術や製造技術について知的財産権の取得を検討中。

研究開発項目④次世代空調システム研究開発

| 年度 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 合計 |
|----|------|------|------|------|---------------------------|----|
| 件数 | 0 | 0 | 0 | 4 | 6 (内3件は 出願手続き 中) | 10 |

※2020年8月31日現在

研究開発項目⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発

ピトー管は、設計、製造、認証取得を行い本研究期間内に実用化を行う。知的財産は、設計手法、製造方法及び製造設備が該当すると考えるが、特許の取得では無く、ノウハウとして秘匿することを考えている。また、生産設備については汎用性のある設計とし、多機種に対応可能な標準化を目指している。

モータコントローラは、TRL6 レベルを作製し、国内外アクチュエータメーカとの協業により国外の航空機メーカとの共同開発を目指す。

操縦バックアップシステムは、国内航空機メーカ(装備品担当)殿との協業(システムインテグレートの部分)により国外の機体メーカとの共同開発を目指す。

2020年10月31日現在、知的財産権の出願・取得実績はなし。

研究開発項目⑥次世代自動飛行システム研究開発

画像処理システム単体(位置検出で2件、舵角算出で1件)の特許出願を実施。

位置検出の画像システム： 出願番号：2018-186009

出願番号：2019-235198

舵角算出の画像システム： 出願番号：2018-214392

研究開発項目⑦次世代エンジン電動化システム研究開発

システム構想については、オープン戦略により、機体メーカやエンジンメーカ、システムメーカが有する構想とのすり合わせを積極的に行うことにより、他国他社に先駆けて事業化の機会を得るものとする。

材料、構造、工法については、その知的財産権の侵害を発見・証明することが困難であることから、知財委員会等で個別に取得すべきとの判断のない限りにおいて、ノウハウとして公開しない。

標準化については、認証に係る規格、規準、ガイドライン等の制定を行う国際的な機関である SAE International のコミッティ活動への参加を考慮する。

2020年8月31日現在の、知的財産権の出願・取得実績は以下のとおり。

表 知的財産権の出願・取得実績

| 年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 | 計 |
|----|--------|--------|--------|--------|---|
| 件数 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

IV. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

1. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

1.1 本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

当該研究開発に係る製品・サービスが顧客(機体メーカー、エンジンメーカー、システムメーカー、エアライン等)に納品されることをいう。

1.2 実用化・事業化に向けた戦略

従来、日本メーカーは国外メーカーの下請けに甘んじてきたため、認証取得等を独自で行う上でのノウハウが不十分であった。今後は独自に開発、設計、製造、認証取得、販売を行うことができるよう、本研究開発を通じてプロトタイプ製作や、認証取得に向けた実証試験等の実績を積み、国際競争力を向上させる。

本研究開発を通じて、実用化を見据えた実証試験インフラの整備やサプライチェーンの確立、人材の確保に取り組む。また、必要に応じて国外の航空機メーカーや航空機システムメーカーをパートナーとして選定することにより、ユーザ側のニーズを的確に把握し、成果を実用化・事業化につなげることを目指す。

以下に各研究開発項目の戦略を示す。

研究開発項目①次世代エンジン熱制御システム研究開発

住友精密工業におけるこれまでの豊富な航空機用熱交換器の開発実績と製造実績を背景に開発リスクを最小限に新しい熱交換器の技術開発を促進するとともに、熱交換器開発製造メーカーからシステム開発製造メーカーへのステップアップを実現することによりプロジェクトの受注確度を上げ事業化を図る。

・新規技術の開発:

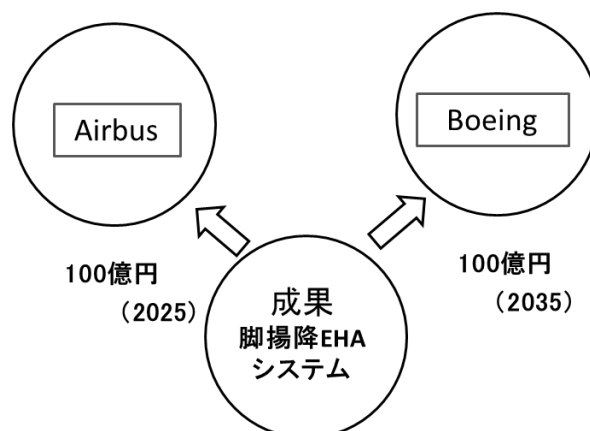
- 新規設計技術: 高性能な熱交を開発し、エンジン性能向上に貢献
- 新規製造技術: 低コストな熱交を開発し、エンジン、機体の競争力向上に貢献
- 新規技術のIPを所持: 他の顧客への展開を可能とし、ビジネスを拡大

・欧州のエンジンメーカーとの共同開発:

- 製品に求められる機能、性能、強度、価格の最新ニーズの把握
- 欧州のエンジンメーカーの実エンジンに搭載して技術評価試験
- 欧州のエンジンメーカーが開発を進める次世代航空機エンジンへの採用を提案

研究開発項目②次世代降着システム研究開発

①脚揚降システムの研究開発



本研究成果を基に、Airbus 社次世代機の脚揚降 EHA システムを受注する。

Airbus 社の実績を基に、Boeing 社次世代機の脚揚降 EHA システムを受注する。

②電動タキシングシステムの研究開発

委託先(住友精密工業株式会社)は民間リージョナルジェット機クラスの脚システムを設計・製造している。まずは、事業領域である民間リージョナルジェット分野での実用化及び実績の蓄積を行う。その後、今後拡大が見込まれる単通路機クラスへの展開を目指す。

③電磁ブレーキシステムの研究開発

当初、委託先(住友精密工業株式会社)の事業領域であるリージョナルジェット機クラスのブレーキでの実用化を目指す方針であったが、発熱に対する課題解決が困難、かつ既存ディスクブレーキに対する質量メリットを見いだせないことが明らかになったため航空機分野での事業化は断念する。なお、得られた成果は、一般産業用分野での転用が可能な技術であることから、他産業での利用を模索する。

研究開発項目③次世代コックピットディスプレイ研究開発

2020 年代後半から 30 年代前半に運航開始が予想されるジェット旅客機(エアバス社、ボーイング社)及びビジネスジェット機(ダッソー社、セスナ社、ガルフストリーム社)への搭載を目指す

研究開発項目④次世代空調システム研究開発

①二相流体熱輸送システム

開発システムが、実証試験にて熱輸送量目標 20kW(Active 方式)、5kW(Passive 方式)の熱輸送能力を持つことを確認。将来の民航機適用に向けた搭載実績・実証機会を得るべく、国内の機体への適用について機体メーカーと意見交換中。

②スマート軸流ファン

可変回転速度制御・変動周波数交流電源対応に加え、自己診断機能・フィードバック制御機能等の付加機能を加え、他社製品との差別化を図る。現在は市場調査の結果から客室空気の清浄化ニーズに注目。殺菌機能を付与したユニットをエアバス社に提案するための準備を進めている。

① その他(認証)

国内の各種コンソーシアム・セミナー等、積極的に参加しているが、現時点では空調システム等の上位システムメーカーの下での開発を想定している。上位システムメーカーの認証取得のサポートを通して知見を獲得し、将来の認証取得に繋げる。

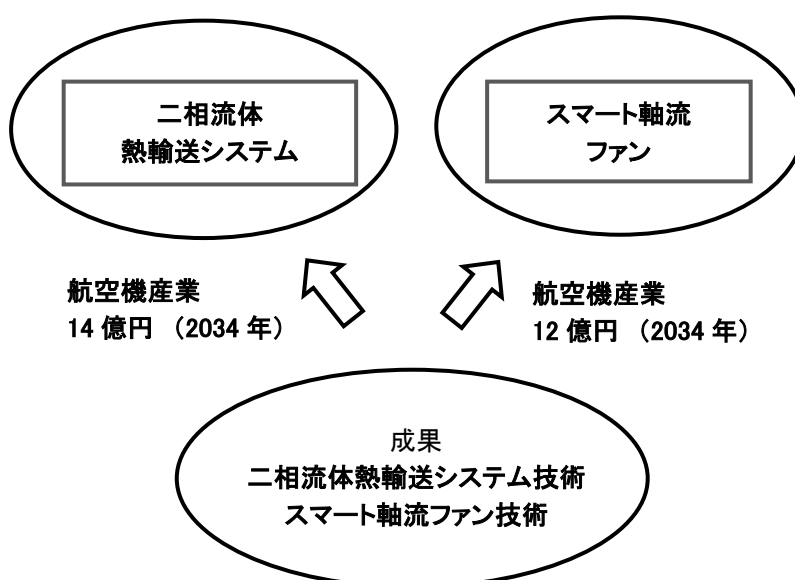


図 実用化・事業化に向けた戦略イメージ

研究開発項目⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発

①操縦バックアップシステム

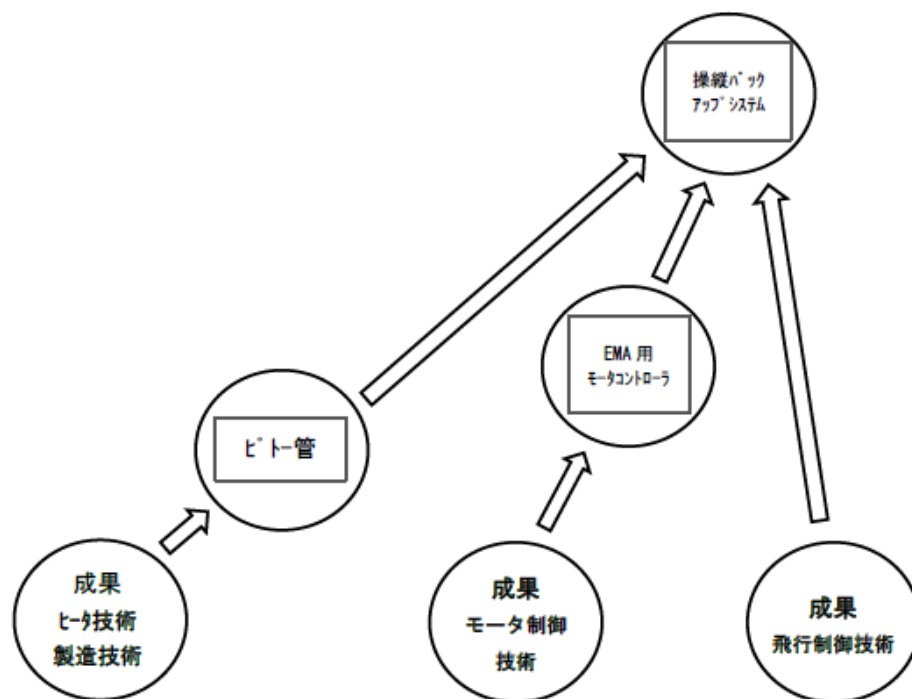
飛行制御技術を元にターゲット市場、使用環境を明確化し、操縦バックアップシステムの最終製品を開発する。ピトー管、モータコントローラを含めたスタンバイフライトコントロールシステムとして製品開発を行うが、ニーズに合わせて単体での販売も行う。

②モータコントローラ

モータ制御技術を元にターゲット市場、使用環境を明確化し、モータコントローラの最終製品を開発する。

③ピトー管

開発サンプルが、実証試験にて、防水性能をもつことを確認済み。ターゲット市場、使用環境を明確化し、最終製品を開発する。



研究開発項目⑥次世代自動飛行システム研究開発

株式会社リコーは現在中核に据えているOA機器ビジネスから、インダストリー事業領域を含む、新規事業分野への拡大を目指している。インダストリー事業分野において、車載やファクトリーオートメーションのビジョン製品を既に関販売をしており、本研究開発はそれらに続く更なる事業拡大のためという位置づけである。

本研究成果を元に、以下の次世代航空機の装備品としての実用可能なレベルを目指す予定である。

- ・航空機着陸の安全性を高めるための画像による自動着陸支援システム
- ・航空機航行時の画像による舵面等の故障検知および安定飛行維持システム

有人機・無人機を製造する航空機メーカー、および装備品メーカーに対して、上記装備品を販売及びメンテナンスビジネスを行う。

研究開発項目⑦次世代エンジン電動化システム研究開発

世界レベル技術を国内メーカー連携により技術開発を行い、認証取得・量産、整備・修理事業へ展開する。それにより、マネジメント、最適化などのシステムアップで高付加価値化、機体システムを担う形へのステップアップにつながる。

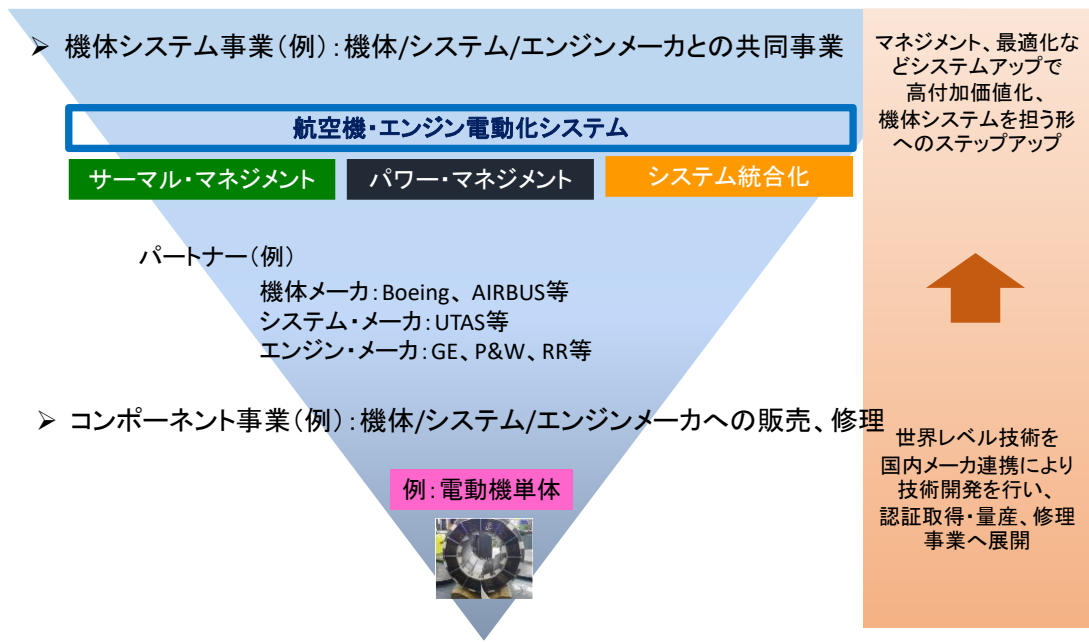


図 戦略方針

1.3 実用化・事業化に向けた具体的取組

以下に各研究開発項目の具体的な取組を示す。

研究開発項目①次世代エンジン熱制御システム研究開発

2030 年度頃に商業就航(EIS)予定の航空機エンジンに搭載を目標

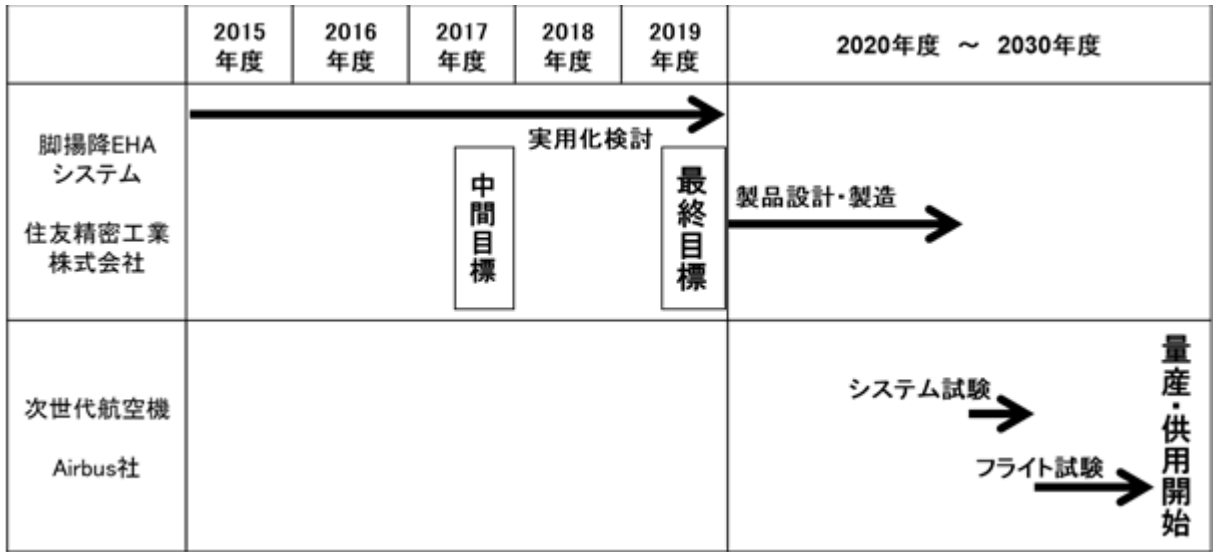
共同開発(Horizon2020)をした英国 Rolls-Royce 社と実用化までの開発を継続

コスト競争力のある価格設定のための市場価格のリサーチ

| 開発期間 | 2020年度 | 2021年度 | 2022年度 | 2023年度 | 2024年度 | 2025年度 | 2026年度 | 2027年度 | 2028年度 | 2029年度 | 2030年度 |
|-------------|---------|--------|--------|--------|----------------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| 開発フェーズ | 技術開発 | | | 製品開発 | | | | 量産 | | | |
| 実機技術確認試験 | ユーザーと共同 | | | | | | | | | | |
| ユーザー評価 | | | | | ▼機体・エンジン開発スタート | | | | | | |
| 製品設計 | | | | | | | | | | | |
| 製品認証試験 | | | | | | | | | | | |
| エンジン試験 | | | | | | | | ▼エンジン認証 | | | |
| 飛行試験 | | | | | | | | | ▼機体認証 | | |
| 量産品販売 | | | | | | | | | | | |
| EIS(商業運航開始) | | | | | | | | | | ▼EIS | |

研究開発項目②次世代降着システム研究開発

①脚揚降システムの研究開発



②電動タキシングシステムの研究開発

本プロジェクト終了後に、環境性及び安全性を考慮した3次試作/評価をモーターメカ(再委託先)にて実施する。その後、市場調査に基づき事業採算性があると判断された段階で、機体会社との共同実証研究を行い、次世代以降のリージョナルジェット機向け機器としての実用化に向けた取り組みを進めていく。

③電磁ブレーキシステムの研究開発

本プロジェクトにおいて、発熱及び質量に対する課題を克服することが困難と判断したため、航空機用電磁ブレーキシステムとしての実用化は断念する。

研究開発項目③次世代コックピットディスプレイ研究開発

事業戦略

ディスプレイアセンブリ(SRU)製造からディスプレイユニット(LRU)製造へステップアップする。
次世代コックピットディスプレイニーズに対応可能な技術基盤確立に取り組む。

実用化・事業化のための戦略

日仏共同研究開発のスキームにより、研究開発終了後パイロット評価及び提案活動を実施、2020年代後半から30年代前半にEISが予想される機体への搭載を目指す。

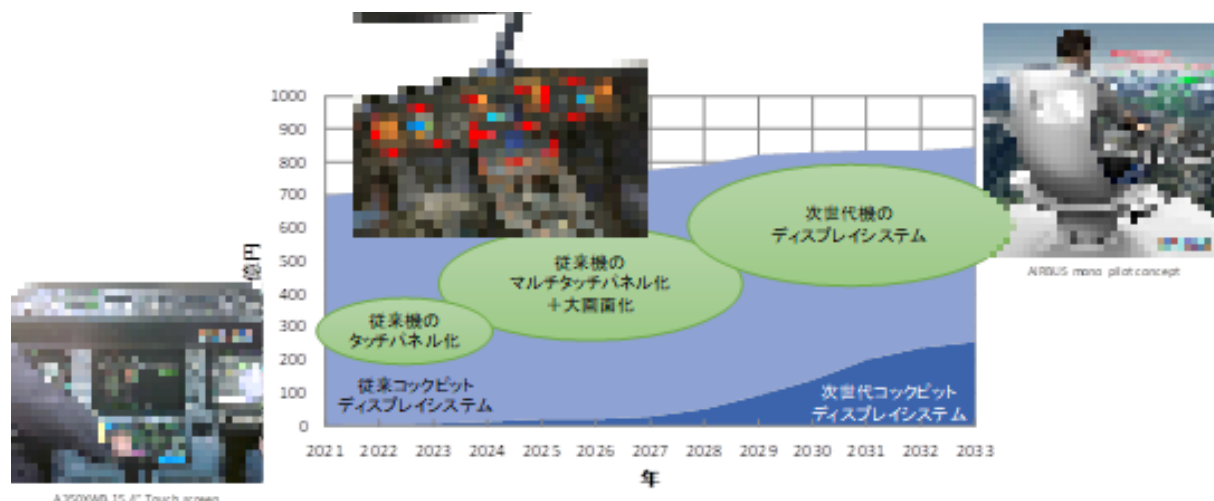
- (1) ジェット旅客機: エアバス(A320Neo 後継)、ボーイング(B737MAX 後継)
- (2) ビジネスジェット機: ダッソー、セスナ、ガルフストリーム、その他

実用化・事業化計画

2023年以降の量産を想定した、対角20インチ相当マルチタッチディスプレイユニット開発を受注することで、従来機のディスプレイ大型化・タッチパネル化要求に対応、次世代機に向けた技術基盤と販売チャネルを確立する。

本研究開発成果を適用予定の次世代機の Cockpit 受注に向けたパイロット評価及びシステム提案をTHALES社と協業する。

(2020年2月末時点。COVID-19によるスケジュール影響は含めていない。)



cockpitシステム市場予測

| cockpitディスプレイ事業化計画 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 |
|-------------------------------------|------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| A350XWB向け15インチマルチタッチ矩形ディスプレイモジュール開発 | 開発 | 量産 | | | | | | | | |
| 20インチマルチタッチ矩形ディスプレイユニット開発 | 見積提案 | 開発 | | | 量産 | | | | | |
| NEDO 次世代cockpitディスプレイ研究開発 | 研究終了 | パイロット評価/システム提案 | 見積提案 | 開発 | | | | | 量産 | |

事業化スケジュール

研究開発項目④次世代空調システム研究開発

① 二相流体熱輸送システム

小型・高効率(無電力)の冷却・熱輸送の手段として、電動機器の信頼性向上に寄与する。

【民航市場向け】

- ✓ 既存機・小型機のレトロフィットから参入
- ✓ 既に民航に進出して関係を築いている機体メーカー/空調メーカーとの共同開発
- ✓ パートナー企業との共同開発

【一般民生市場向け】

- ✓ 早期の実用化を目指して他分野への応用・展開を積極的にすすめる

| 年度 | 2020年度 | 2031年度 | 2032年度 | 2033年度 | 2034年度 | ⇒ | 2034年度 市場規模等見通し |
|---------|--------|----------------------------|--------|-------------------------|-----------------|---|---|
| 市場の動向予想 | | | | | B737後継 / A320後継 | | 市場規模(世界) 72億円/年 シェア 20% 売上 約14億円/年 (2034年度) |
| | | 既存機/小型機 | | | | | |
| | | 将来戦闘機(国内防衛) | | | | | |
| | | 更なる小型/コバ外化、10kWクラスへの能力向上 | | | | | |
| | | VCSと機能統合 | | 統合システムのソフトウェア評価完了:TRL6▽ | | | |
| | | 機体メーカ/ 大手空調メーカと実用化に向けた共同開発 | | | | | |

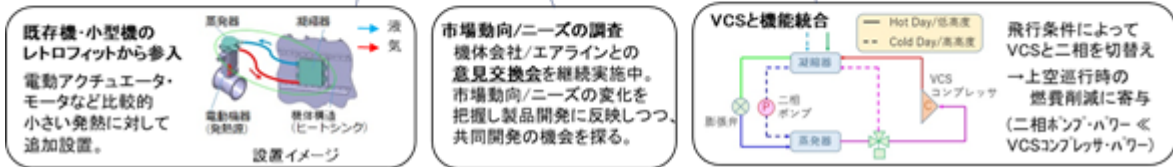


図 二相流体熱輸送システムの実用化・事業化に向けた取り組み

② スマート軸流ファン

空調メーカの知見を活かした付加価値を持った軸流ファンで、空調システムの利便性に寄与する。

【民航市場向け】

- ✓ 既存機・小型機のレトロフィットから参入
- ✓ 既に民航に進出して関係を築いている機体メーカ/空調メーカとの共同開発
- ✓ パートナー企業との共同開発

【一般民生市場向け】

- ✓ 早期の実用化を目指して他分野への応用・展開を積極的にすすめる

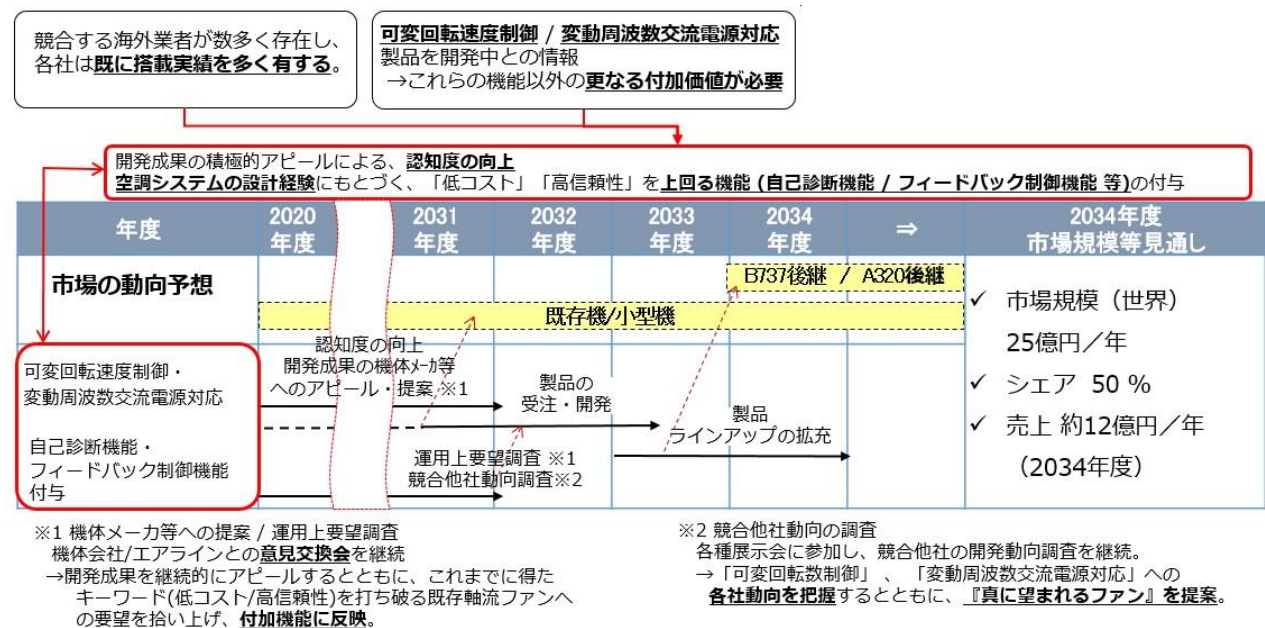
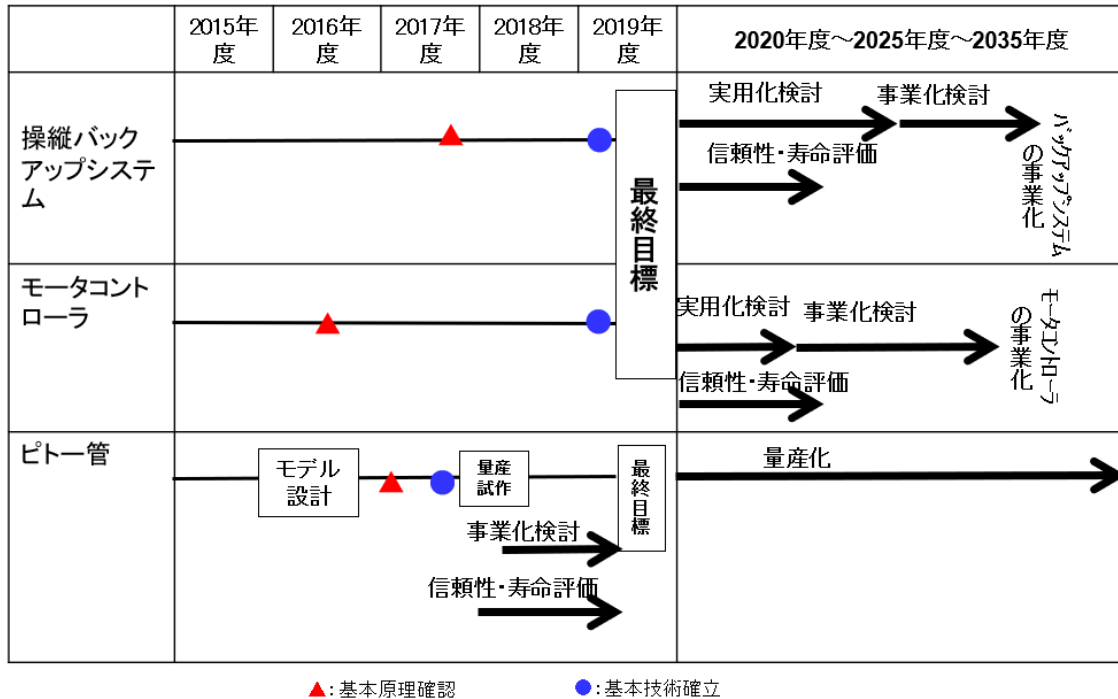


図 スマート軸流ファンの実用化・事業化に向けた取り組み

研究開発項目⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発

本研究開発項目における取組は下図の通り。

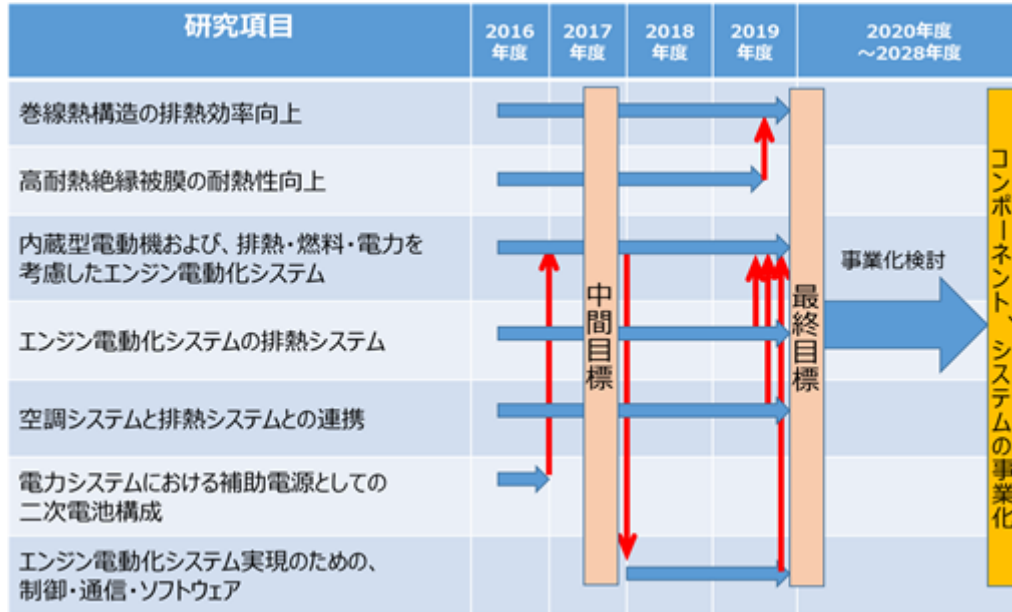


研究開発項目⑥次世代自動飛行システム研究開発

Horizon2020 Vision 欧州メンバーの機体製造メーカー以外に、国内ではエアライン、機体製造メーカー、航空産業政策の専門家によるアドバイザリー委員会を設置し、実用化を踏まえた研究開発を実施できる体制を整えており、関係者へのヒアリング活動を実施している。また、2020年9月にはICUAS(The 2020 International Conference on Unmanned Aircraft Systems)において、ONERA(フランスの国立航空宇宙研究機関)と共著で本研究開発の1つである画像処理による航法誘導制御技術(Fault-tolerant final approach navigation for a fixed-wing UAV by using long-range stereo camera system)の成果発表をしており、今後その反響も鑑みつつ、技術開発を検討していく予定である。

研究開発項目⑦次世代エンジン電動化システム研究開発

実用化・事業化に向けた、各テーマのつながり、取組のスケジュールを下図に示す。



1.4 成果の実用化・事業化の見通し

以下に各研究開発項目の見通しを示す。

研究開発項目①次世代エンジン熱制御システム研究開発

本研究開発は欧州の航空機エンジンメーカーとの共同開発 (HORIZON2020) であり、次世代の航空機エンジン性能を最適にする為の熱制御システムの詳細仕様、形態を協議できている。

量産化に向けては、材料・部品調達については国内のみならず、アジア、北米、ヨーロッパ諸国より最適な材料・部品をグローバル調達することにより低コストを実現させる。

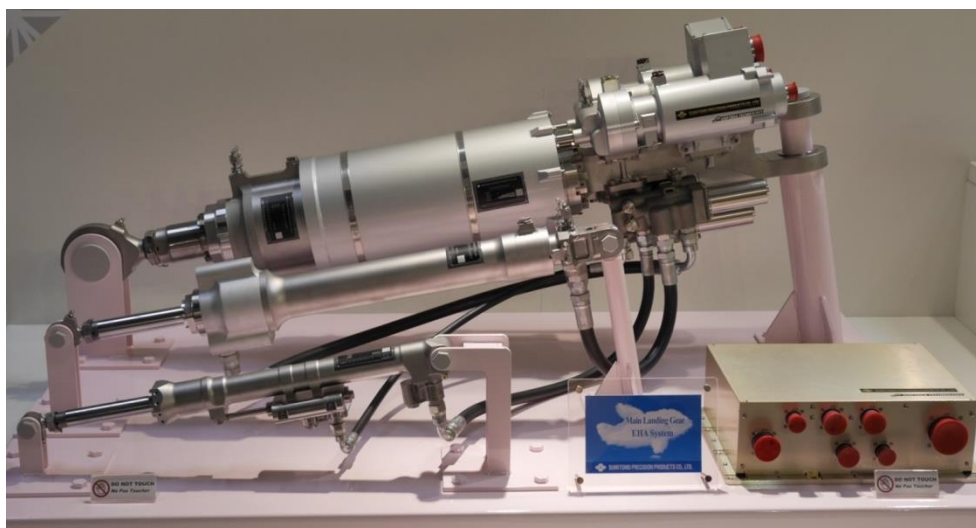
販売については共同開発のパートナーである欧州のエンジンメーカーからの受注が期待できるとともに、他の民間航空機エンジンメーカーにも本研究開発で得た知財・成果を利用して、顧客のニーズに合わせた製品の提案をすることも検討中である。

これまでに培ってきた価格競争力・技術・製造・品質・販売・カスタマー・サポート体制と、さらなる改善及びグローバル展開にて、競合他社との差別化を図り、シェア拡大を図る。

研究開発項目②次世代降着システム研究開発

①脚揚降システムの研究開発

Airbus 社と脚揚降 EHA システムの共同研究を実施しており、システム試験に成功した。
現在、実用化(信頼性・コスト)を考慮した脚揚降システムを開発中である。



脚揚降 EHA システム

②電動タキシングシステムの研究開発

本事業により現状の技術レベルにおいて機能・性能面での成立性が確認できたが、製品化のためには

- ① 加速性能の向上、②環境性対応、③コスト低減

の課題が明らかとなった。

また、先行競合他社での開発状況及び航空機燃料価格の下落状況から本システムに対する業界全体のニーズが低下し、実用化が難しい状況となっていると思われる。

今後は、本研究で得られたモータ関連技術を向上させるとともに、航空機燃料価格の動向を踏まえた業界ニーズを勘案し、事業化の可否を判断する。

③電磁ブレーキシステムの研究開発

本プロジェクトにおいて、発熱及び質量に対する課題を克服することが困難と判断したため、航空機用電磁ブレーキシステムとしての事業化は断念する。

研究開発項目③次世代コックピットディスプレイ研究開発

実用化・事業化に向けた戦略及び具体的取り組みに従い、2027 年までに製品開発を完了させることによって、ターゲットとする機体への搭載が見込まれる。特にエアバス社とダッソー社については THALES 社との強固なビジネス関係から高い確率で事業化・実業化する見通しである。

研究開発項目④次世代空調システム研究開発

本研究開発項目の成果の実用化・事業化の見通しを、次のように想定している。

①二相流体熱輸送システム

従来品である液冷システムと比較して、消費電力 60%減、重量 30%減、価格 20%減といった特性向上を達成する見込みである。

これらの成果を事業化に結び付けることにより、2024 年(年間製造機体数見込 1,435 機)において、従来品(液冷システム)を含む市場規模は 500 万円/機 × 1,435 機 = 72 億円のところ、シェアを 20%獲得し約 14 億円の売り上げを見込む。

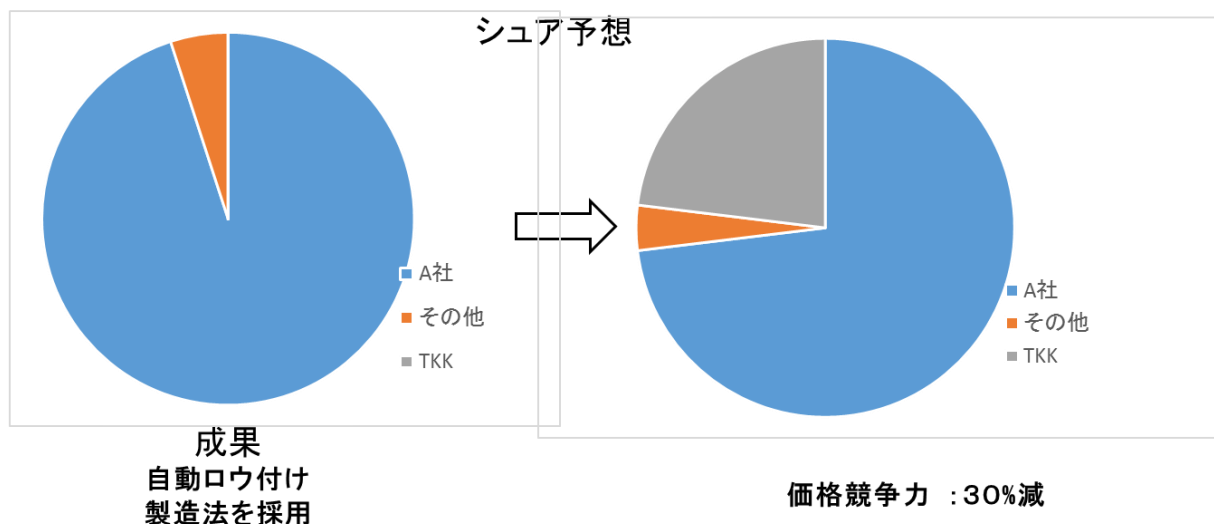
③ スマート軸流ファン

④ 従来品と比較して、可変回転速度機能により約 60 種類の既存ファンの性能を包含できることによる整備性向上を達成し、内蔵制御回路による自己診断機能やフィードバック制御機能といった付加機能の充実を図る見込みである。

これらの成果を事業化に結び付けることにより、2024 年(年間製造機体数見込 1,435 機)において、従来品を含む市場規模は新造機で 30 万円 × 5 台/機 × 1,435 機 = 21 億円、既存機の換装で 4 億円の計 25 億円のところ、シェアを 50%獲得し約 12 億円の売り上げを見込む。

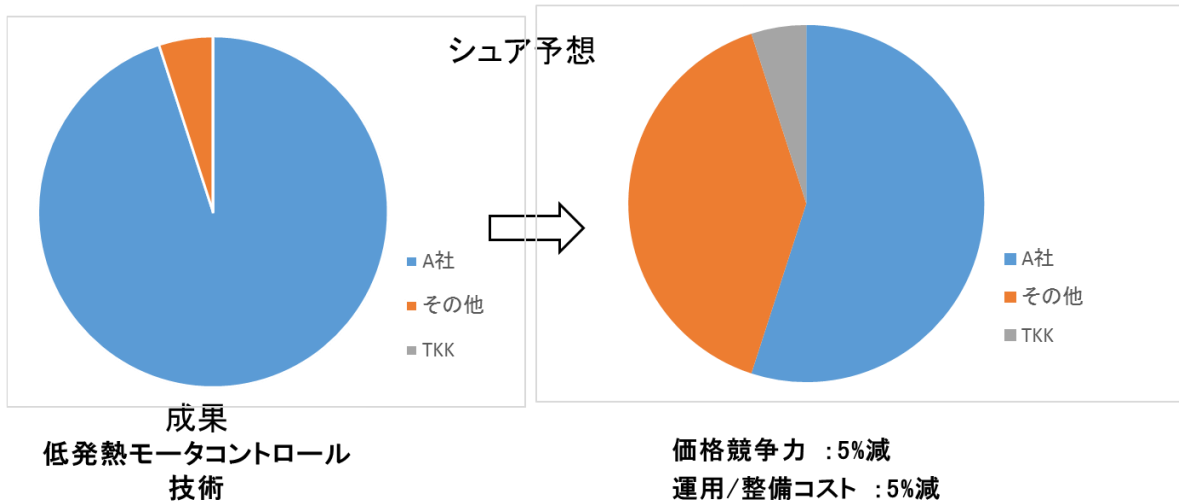
研究開発項目⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発

B737用ピトー管



ピトー管は、A 社が 95%以上を独占しているが、既存機の MRO 事業をターゲットに、国内エアライン、商社等の協力を得て受注 30%を目指し、将来的には次世代機への拡大を狙う。

モータコントローラ



現在、A社がEMAを納入しているが、今後その他のEMAメーカーも参入すると予想している。
国内アクチュエータメーカーと協業して新造機の受注獲得を目指し将来的には5%のシェアを狙う。

研究開発項目⑥次世代自動飛行システム研究開発

最終的には有人航空機向け装備品をターゲットとしているが、安全性確保、顧客獲得には多大な時間がかかると予測しており、それらの実用化レベルの達成はプロジェクト終了後5年以降をターゲットとする。

研究開発項目⑦次世代エンジン電動化システム研究開発

本研究開発項目における成果の実用化・事業化の見通しは以下の通り。

・中長期 技術開発計画

中期的には、装備品レベルでの実用化の見通しを得ることを目指す。本研究開発の成果は、要素技術の水平展開として装備品開発において実用化事業に供することを計画している。

長期的には本プロジェクトの目標である2030年代の単通路機におけるシステム参入の機会を得ることを目指す。本研究開発の成果は中核技術としてシステムを担うとともに、それらを使ったシステムの実用化事業に供することを計画している。

上記の計画に対して具体的なアクションとして以下を実施。

・技術動向の調査

SAE Internationalの電動化に係る技術委員会等での調査。

(EASG (Electric Aircraft Steering Group)、AE-9 (Electrical materials committee)等での情報収集を実施)

・想定されるシステムに係る、定期的な意見聴取を実施。

海外OEMメーカーからの意見聴取を実施。

1.5 波及効果

本プロジェクトの「アウトカム目標」に示している通り、本研究開発にて開発した航空機用先進システムが国内外の航空機メーカーに採用されること、またプロダクトサポートや MRO (Maintenance, Repair and Overhaul) により、2020 年代以降から年間で研究開発項目毎に数十億円、合計で最大数百億円の売上を継続して得ることを目標としている。

以下に各研究開発項目で見込まれる波及効果を示す。

研究開発項目①次世代エンジン熱制御システム研究開発

<経済的波及効果>

➤ 本研究開発がターゲットする熱交換器の市場規模推定

本プロジェクトで開発する熱制御システムは、推力 10,000lbs 以上の中・大型エンジン(120 席クラス以上用民間旅客機用エンジン)用をターゲットとする。COVID-19 の影響から復活した後(2023 年と予想)、20 年間で年率平均 3%の成長が期待できると推定すると下表の市場規模推定値を得る。この内住友精密工業は現状で 30%のシェアがあり、今後そのシェア 50%まで増やすことを目標としている。

| | 市場規模推定 | 住友精密工業シェア |
|------------------|--------|------------|
| 現状(2019年) | 約120億円 | 30% |
| 商品化・実用化時点(2030年) | 約150億円 | 30~50%(目標) |

<技術的波及効果>

➤ 別クラスの航空機エンジンへの展開・発展

本プロジェクトでは、推進力 72,000lb クラスのエンジンの熱交換器を開発するが、すべてのクラスのターボファンエンジン用の熱交換器へ応用が期待できる。

➤ 航空機に使用されている熱交換器への展開・発展

本プロジェクトでは、熱交換器の高効率化、小型軽量化の技術開発であり、対象となったエンジン潤滑油の冷却装置のみならず、航空機に搭載されるすべての熱交換器の設計開発に応用・利用が期待できる。

➤ 航空機器開発エンジニアの育成

国際共同開発を通じてグローバルなエンジニアの育成が進んでいる。

研究開発項目②次世代降着システム研究開発

①脚揚降システムの研究開発

<経済的波及効果>

2020年代から年間100億円から200億円の売上げが数十年間にわたって継続することが想定される。数億円規模の投資に対して、費用対効果は非常に高いと考えられる。

<技術的波及効果>

AIRBUS社の100～200席クラスの次世代航空機で年間500機最大が想定される。また、本技術は100席クラスのリージョナル機にも適用可能である。航空機以外の一般産業(重機・鉄道系)への適用の可能性も考えられる。人材育成の観点では、脚揚降システム開発、MBD(モデルベース開発)、DO-178C対応に関するノウハウの波及効果が期待できる。

②電動タキシングシステムの研究開発

航空機モータは他産業用モータと比較し、大出力であり耐環境性に優れ、高い信頼性を有するため、本研究開発による成果は一般産業、乗り物・移動体への普及が期待できる。

人員の観点から考えると、モータ開発において、熱解析/磁場解析を用いたモータの高効率化検討は、省エネルギー化設計のノウハウであり、他の省エネルギー化を目指した電気機器設計に利用することができる。さらに、型式証明取得などの経験はノウハウとして他のシステム・機器の開発にも応用できる。

③電磁ブレーキシステムの研究開発

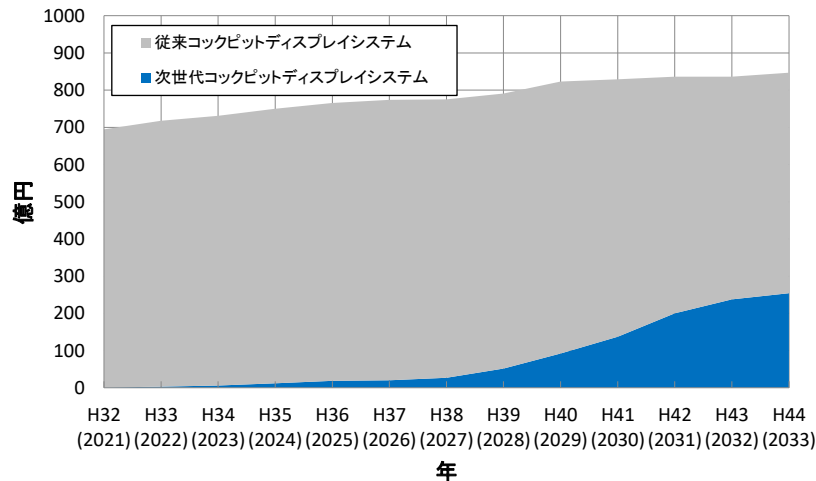
電磁流体を用いた非接触式のブレーキは、ブレーキディスクやブレーキシューの摩耗を大幅に減らす事が可能であり、自動車・鉄道等のブレーキ FA ロボット等の他産業への波及効果が期待できる。

研究開発項目③次世代コックピットディスプレイ研究開発

<経済的波及効果>

15年後には旅客需要が倍増し、空港の過密化とパイロット不足が深刻化すると予測されている中、状況認識向上、パイロットワークロード低減、ヒューマンエラーの低減に貢献する次世代コックピットディスプレイ技術は、次世代旅客機と次世代ビジネスジェットに採用が進むと2033年にはコックピットディスプレイシステム全体の30%を占めると考えられ、その市場規模は2033年で年間250億円、ディスプレイモジュールとしては年間50億円に達すると予測される。

(2020年2月末時点。COVID-19によるスケジュール影響は含めていない。)



次世代コックピットディスプレイシステム市場予測(最大)

研究開発項目④次世代空調システム研究開発

本研究開発項目の波及効果として経済的なものと技術的なものがあり、それぞれ次のように想定している。

<経済的波及効果(2034年)>

①二相流体熱輸送システム

- ・システムの平均売価：500万円/機
- ・市場規模：新造機全体で500万円/機×1,435機/年 = 72億円/年
- ・売上規模：シェア20%を獲得、約14億円/年

②スマート軸流ファン

- ・平均売価：30万円/台×5台/機 = 300万円/機
- ・市場規模：新造機全体で300万円/機×1,435機/年 = 21億円/年、換装4億円、計25億円
- ・売上規模：シェア50%を獲得、約12億円/年

<技術的波及効果>

- ・防除氷システムに対して機器排熱を利用し、機体全体での効率化につなげることができる。
- ・航空機と同様な輸送・移動体である自動車では、化石燃料依存を低減してCO₂を削減するといった技術動向は類似しており、エンジン・コントロール・ユニットを筆頭に高度な熱管理を要する系統等への技術転用の可能性が考えられる。

<人材育成>

若手・中堅層を本研究開発に主体的に参画する経験を通じて、将来を担う熱マネジメント設計に関わる中核的な人材の成長が期待できる。また、大学、企業の交流により、多様性を許容、活用できる人材育成の効果も期待される。

研究開発項目⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発

①操縦バックアップシステム

操縦バックアップシステムは、既存のエアデータコンピュータ(ADC)とアクチュエータコントロールコンピュータ(ACC)の機能を統合する構成となっているため、既存のシステムとのインターフェースも容易となり、フライトコントロールシステムのデシミラー(多重性)化のニーズに応える事が出来ると考えている。

また、装備品分野で民航事業に参入する上で認証取得(DO-178, DO-254)が大きな障壁となっているが、機能を簡素化した操縦バックアップシステムは、認証取得の難易度を下げることが可能となり、参入の可能性を高めることが可能になると考えている。

また、メインのフライトコントロールシステム市場への参入の足がかりになると考える。

②モータコントローラ

新規開発の機体は、燃費の改善、整備の簡素化を目的として電動化を進めている。最新機に採用され始めている電気機械式アクチュエーター(EMA)は、発熱等による運用制限があるなど実用化レベルに達しておらず、BBMレベルの域を出ていないのが現状である。本研究内でモータコントロールの技術を習得し、航空機向けに適合したモータコントローラを開発することで参入の機会が得られると考える。

③ピトー管

機体メーカー(発注者)及びエアライン(最終顧客)共に既存品に対し信頼性の面で不満を持っており、参入の機会であると考えている。

本研究開発において最新の要求事項に合致したピトー管を開発することで、既に搭載されているピトー管に比べ飛行安全性が高く、また、最新のヒータ及び組立て手法を採用することで信頼性の向上、供給の安定化、コスト低減をする。

研究開発項目⑥次世代自動飛行システム研究開発

本研究開発項目において想定される波及効果は以下の通り。

<技術的波及効果>

・航空機の自動化促進

航空機の自動化促進は長期的な技術動向であり、貨物機の無人化もICAOなどで検討されている。画像処理による自動操縦技術の信頼性向上は先端研究であり、飛行実証まで行えれば世界的に競争力を示すことができ、将来の産業化へ貢献できる。

・警報装置

画像認識による異常の検知はパイロットへの警報として早期に実用化可能である。画像処理技術はハード、ソフトともに日本は世界最先端であり、航空機分野への活用が新たな市場となる。欧州と共同研究することで、実機採用のノウハウが得られるとともに、市場開拓も容易となる。

・無人機利用

画像技術の無人機での利用は、航空法が改正され、視程外運航、夜間運航、人口密集地域での使用許可が必要となった中で、安全性向上のために重要な研究開発項目であり、実用化の可能性が高い。

・他分野への波及効果

航空機特有の長距離、高速下での画像処理システムは、鉄道、船舶、港湾、自動車、ホームランドセキュリティ等への応用が可能である。

・日欧共同研究促進

本プロジェクトは日欧共同研究 H2020 と密接な連携をとって推進している。今回の日欧共同研究の成果は、今後、実用化研究、さらに新たな先端技術の共同研究を推進するためにも重要である。

研究開発項目⑦次世代エンジン電動化システム研究開発

<経済的波及効果>

本研究開発の結果として技術成立性に目途が得られ、製品への適用・事業化を行う場合、以下の市場規模が想定される。

2025年： 電動機単体(約50万円/台)を年間 500台販売 ⇒ 約2.5億円/年

2030年： 電動機単体(約50万円/台)を年間5,000台販売 ⇒ 約25億円/年

エンジン内蔵型電動機および空冷排熱装置(約250万円/台)を

年間1,000台販売 ⇒ 約25億円/年

機体システムに参入しエンジン電動化システム(約1.5億円/機)を

年間500機販売 ⇒ 約750億円/年

<技術的波及効果>

従来型電動機の小型・軽量化技術として利用され、以下の波及効果がある。

・航空機

排熱困難な翼や非与圧部の高温部位などに設置される電動機器に有用な技術となる。

・航空機以外

地上で使用される様々な電動装置の軽量化に応用可能である。

応用例： 高速鉄道車両等で利用することにより、車両の軽量化に貢献し、走行時のエネルギー消費削減、騒音低減や軌道への負荷低減等の効果を得ることができる。