

「航空機先進システム実用化プロジェクト」 の成果と今後の取組

航空機電動化 (ECLAIR) コンソーシアム第3回オープンフォーラム
2020年10月26日

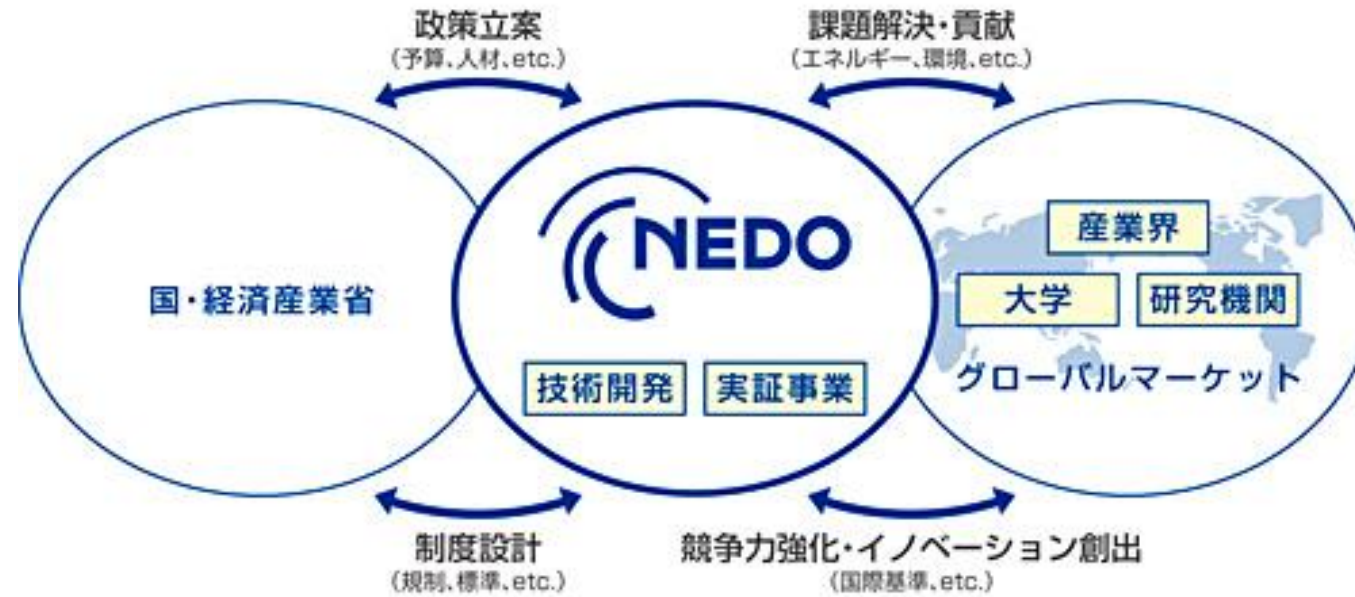
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (N E D O)
ロボット・AI部 Project Manager
白木 聖司

目次

NEDOについて	・・・	2～4
航空機産業の特徴	・・・	5～9
航空機用先進システム実用化プロジェクト	・・・	10
研究開発成果	・・・	11～19
実用化に向けた取組	・・・	20
今後の取り組み	・・・	21～27
最後に	・・・	28

New Energy and Industrial Technology Development Organization

- ① エネルギー・地球環境問題の解決
- ② 産業技術力の強化



職員数：約1095名（2020年4月1日時点）

予 算：約1,589億円（2020年度）

NEDOプロジェクトの実施プロセス

- バックキャストとフォアキャスト

- 公募審査
事業化計画書（製品・サービスの概要、社内コメントやスケジュール等）
- 推進委員会等
具体的な取り組み（具体的な製品/サービス、比較優位性、実施主体の明確化、スケジュール等）
- 展示会、マッチングイベント等。

- 事後評価
具体的取り組み（実施主体の明確化、計画及びマイルストーン、課題と解決方針の明確化、市場・ユーザーニーズへの合致等）
- 追跡調査
実用化状況、成果の活用状況等の調査
- NEDO講座
成果の啓蒙・普及、人材育成等

技術戦略



企画・立案



R & D/実証/競技会



スタートアップ支援



レビュー/追跡調査/成果普及



先導調査研究

- 原則1年以内、最長2年
- 上限1億円以内/年・件
- 産学連携体制
- ユーザーニーズベース（RFI）

- 事前評価、公募審査等
アウトプットからアウトカム達成に至るまでの道筋（ストーリー）の妥当性

- ビジネスプラン構築支援（ピッチ）
- 事業化調査（カタライザー）
- VCとのマッチング（ハンズオン支援、出資）
- 事業会社等との連携（事業化開発支援）

航空機分野におけるNEDOプロジェクトの歩み

1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025

超音速旅客機(SST)

超音速輸送機用
推進システム研究開発
(HYPR)

次世代超音速
推進システムの
研究開発(ESPR)

航空用エンジン

環境適応型
小型航空機用エンジン研究開発

航空機システム

環境適応型
高性能小型航空機
研究開発

先進操縦システム
等研究開発

航空機用先進システム
実用化プロジェクト

航空機材料

知的材料・構造
システム研究開発

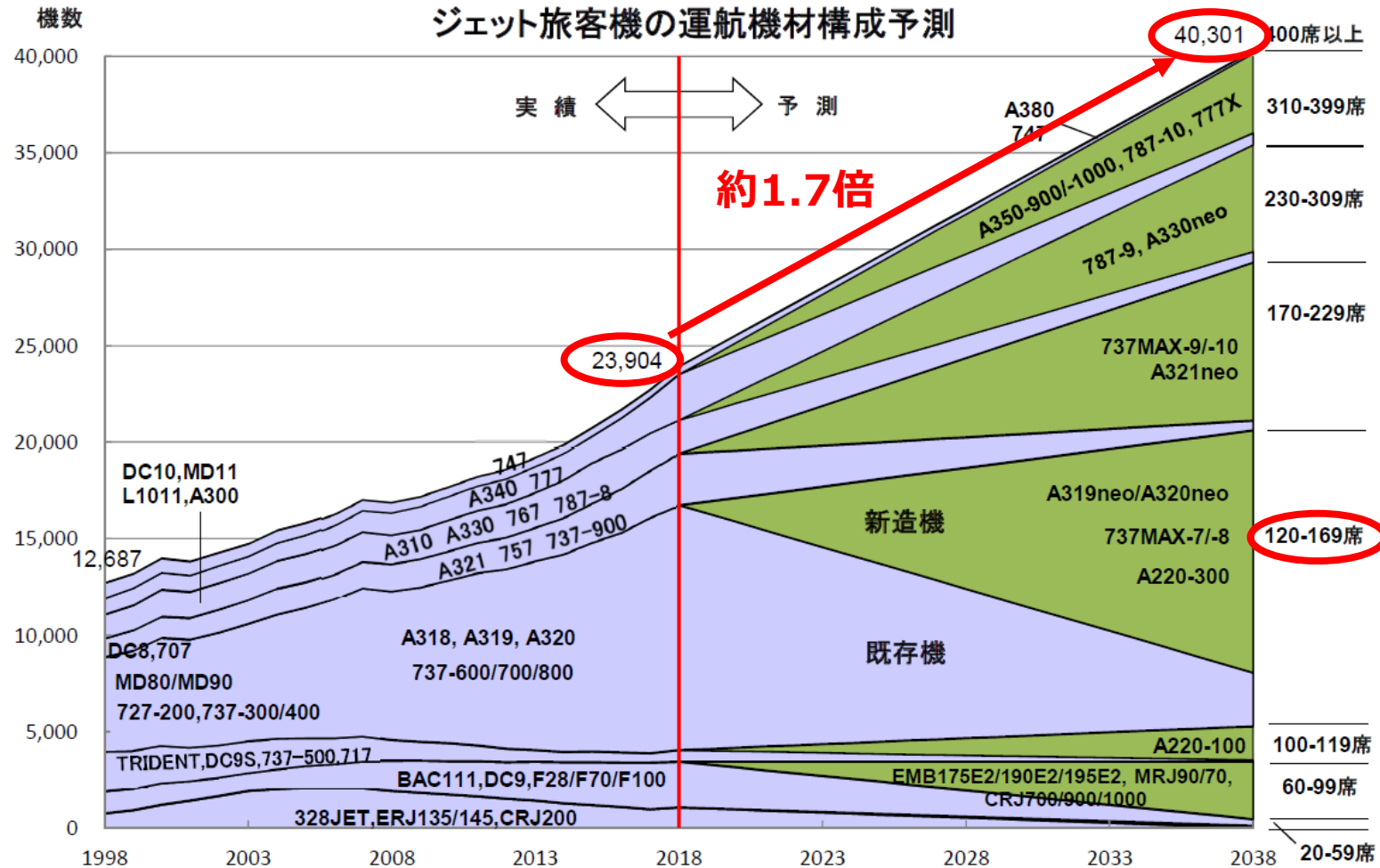
次世代
構造部材創製・
加工技術開発

航空機産業の特徴

航空機需要

今後20年間の新規納入機数は約3万5千機で、販売額は5.53兆ドル。
新規納入機数が最も多いのは、120-169席クラスの約1万2千機。

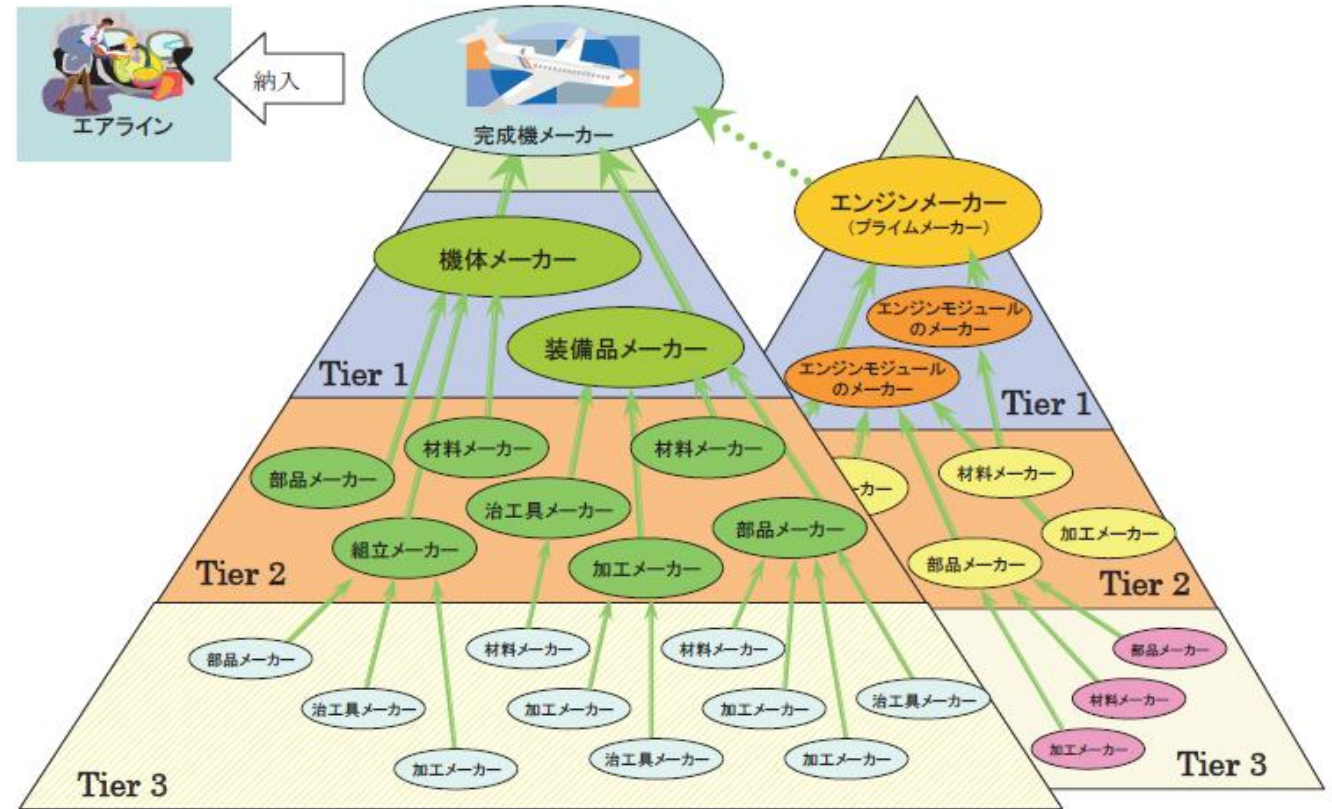
～日本航空機開発協会「民間航空機に関する市場予測」抜粋～



航空機産業の特徴

- ▶ 部品点数の多さ：航空機は数多くの部品で構成。
（例）B777では約3百万点あり、自動車の約2～3万点と比べると2桁異なる。
機体メーカーや装備品メーカーにはそれらをまとめる**インテグレーション能力**や**安全性、信頼性を確保する技術力**が必要。

- ▶ 波及効果の大きさ：
航空機の開発は技術的・経済的な波及効果が大きく、**裾野産業の形成**や**雇用創出**につながることが期待できる。
特に**装備品**は先端技術を集約したものであり、**信頼性、品質**ともに高いレベルが求められる。



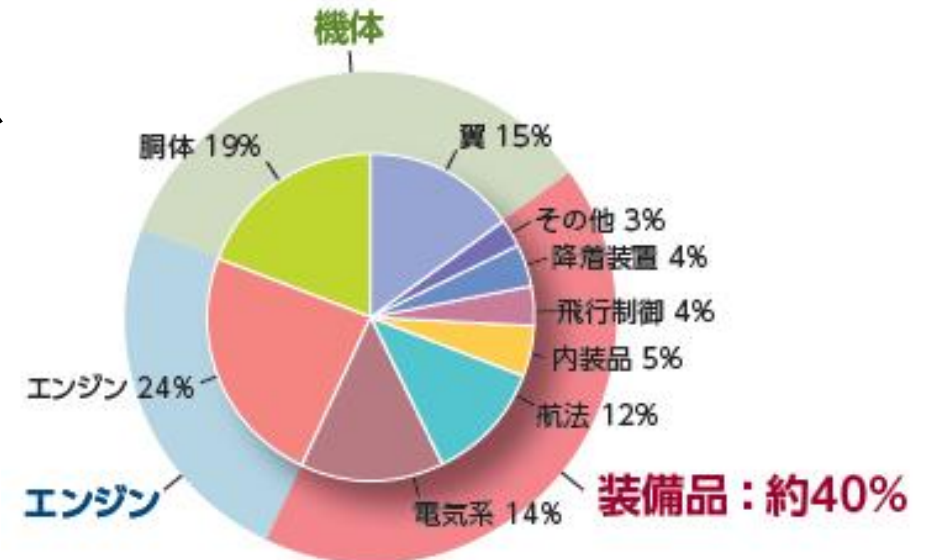
出典：航空機産業における部品供給構造と参入環境の実態
（日本政策金融公庫総合研究所，2011）

航空機装備品

- 装備品（民間航空機）：
航空機の機体構造（胴体及び翼など）及びエンジン本体を除いた機器類の総称。
降着や空調、飛行制御、内装、油圧、燃料、電気など非常に多岐に及び、**航空機価格の約40%**を占める。
航空機の機能や性能に直接関わる部分が多く、航空機の運航に必要不可欠な要素。

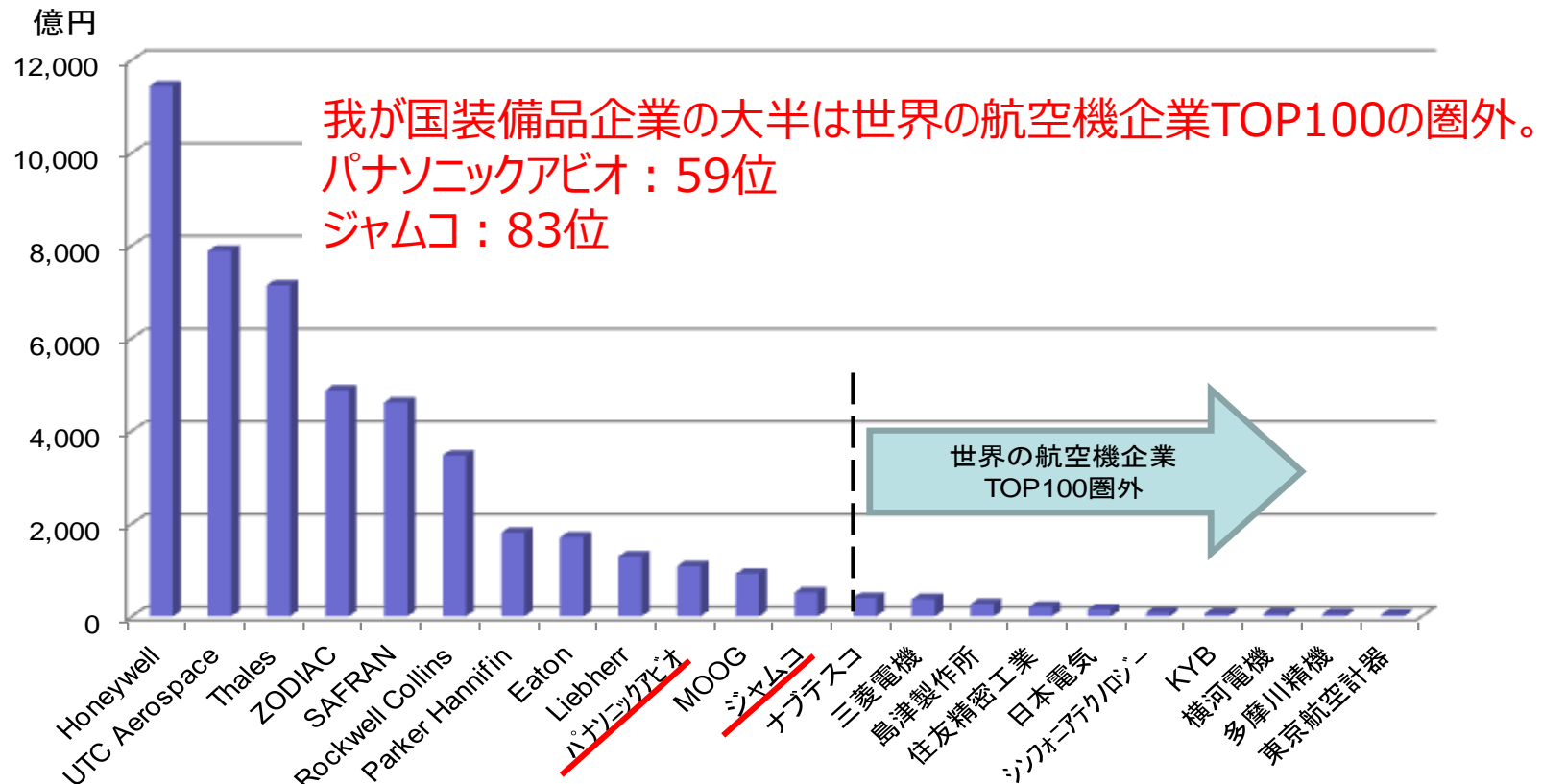
- 航空機装備品は、MRO（※）ビジネスの観点から、機体そのものと比べて**アフターマーケットでの継続的な収益**が期待できる。

※MRO：整備、修理、分解点検等
(Maintenance, Repair and Overhaul)



航空機の価値構成
(Frost & Sullivan調査よりNEDO作成)

我が国装備品産業の現状



装備品企業の航空機関連売上比較 出典：航空機分野における戦略策定調査（NEDO, 2014）

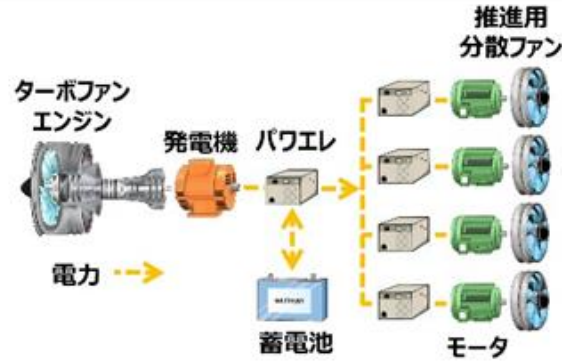
- Boeing787：日本のシェアが35%あり純国産機旅客機と言われる。しかし、その数字は機体構造(エンジンや装備品を含まない)のもの。機体全体で見ると、おそらく10%台。
- 三菱スペースジェット：降着システムで住友精密工業、フライトコントロールでナブテスコが参画しているものの、その他、主要なシステムは海外メーカーに頼っている。



国の支援を通じた、我が国装備品産業の育成が必要

航空機用先進システム実用化プロジェクト

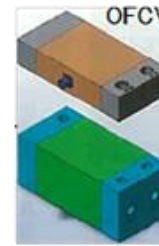
⑧次世代電動推進システム



⑦次世代エンジン電動化システム



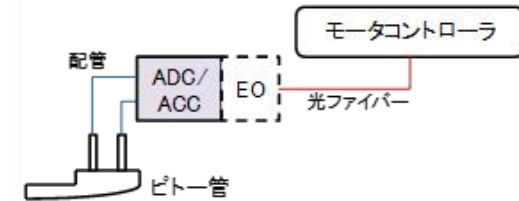
①次世代エンジン熱制御システム



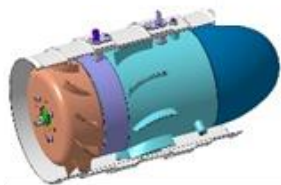
③次世代コックピットディスプレイ



⑤次世代飛行制御／操縦システム



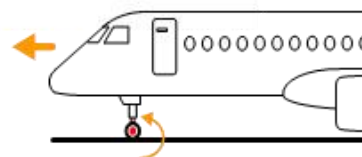
④次世代空調システム



②次世代降着システム



⑥次世代自動飛行システム



研究開発成果

成果：①次世代エンジン熱制御システム研究開発（実施2015～2019年度）

概要

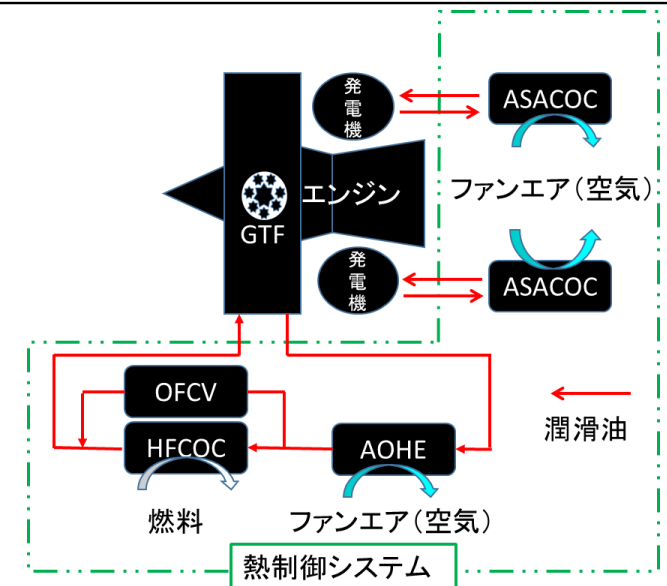
高効率で軽量コンパクトな航空機エンジン用熱制御システムの開発を目的に、下記コンポーネントの開発を行った。

- ・ASACOC：発電機の潤滑油を冷却
- ・HFCOC：エンジン潤滑油を冷却する熱交換器
- ・OFCV：HFCOCを流れるエンジンの潤滑油の流量を調整するバルブ

(※1) Advanced Surface Air Cooled Oil Cooler

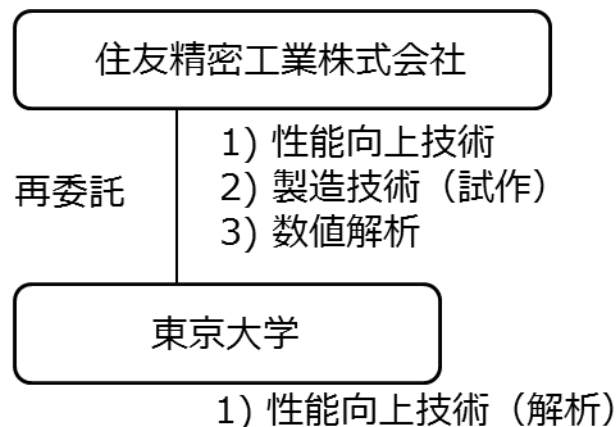
(※2) Hybrid Fuel Cooled Oil Cooler

(※3) Oil Flow Control Valve



エンジン熱制御システムのイメージ

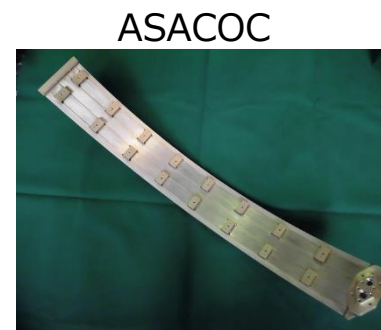
体制



成果

空気フィンの形状、製造方法等の最適化や構成部品の形状変更、材料変更等の改善により、目標値を満たす性能向上及び重量低減を達成

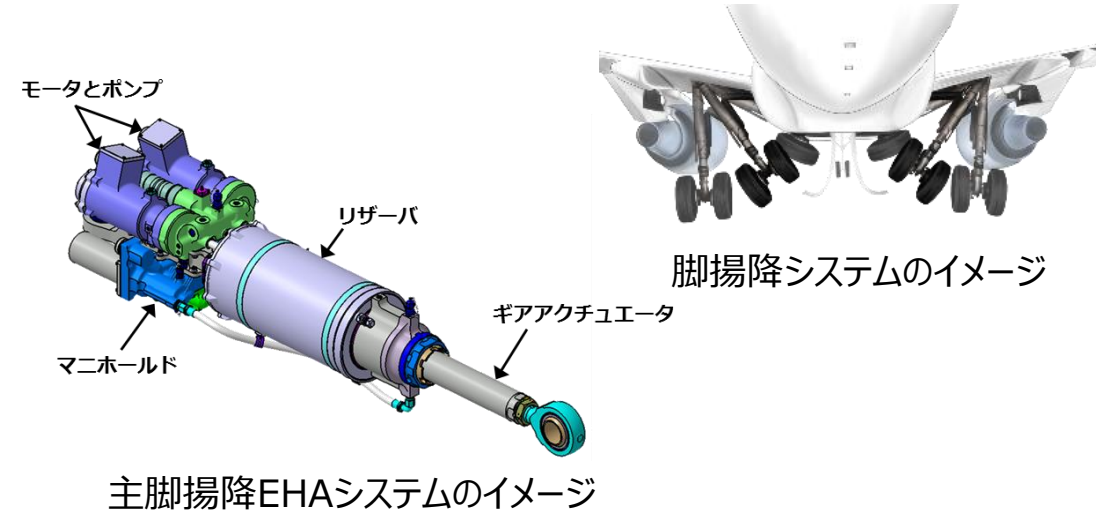
試作品



成果：②次世代降着システム研究開発 - 脚揚降システム (実施2015～2019年度)

概要

航空機の集中油圧源の排除を目的とし電気油圧式アクチュエータを用いた、[脚揚降EHA \(Electro-Hydrostatic Actuation\)](#)システムの開発を行った。



主脚揚降EHAシステムのイメージ

体制

住友精密工業株式会社

脚揚降EHAシステムの開発

研究協力先

Airbus Operation Ltd.

研究へ協力

成果

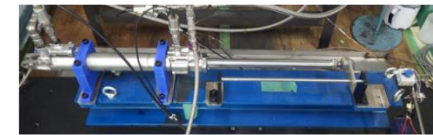
脚揚降EHAシステムシステム構成の改善や形態の工夫等により、目標値を上回る重量軽減を達成。

脚扉の開閉、脚揚降に要する目標時間達成。

試作品



Gear Actuator



Door Actuator



油圧Manifold



Pump & Motor

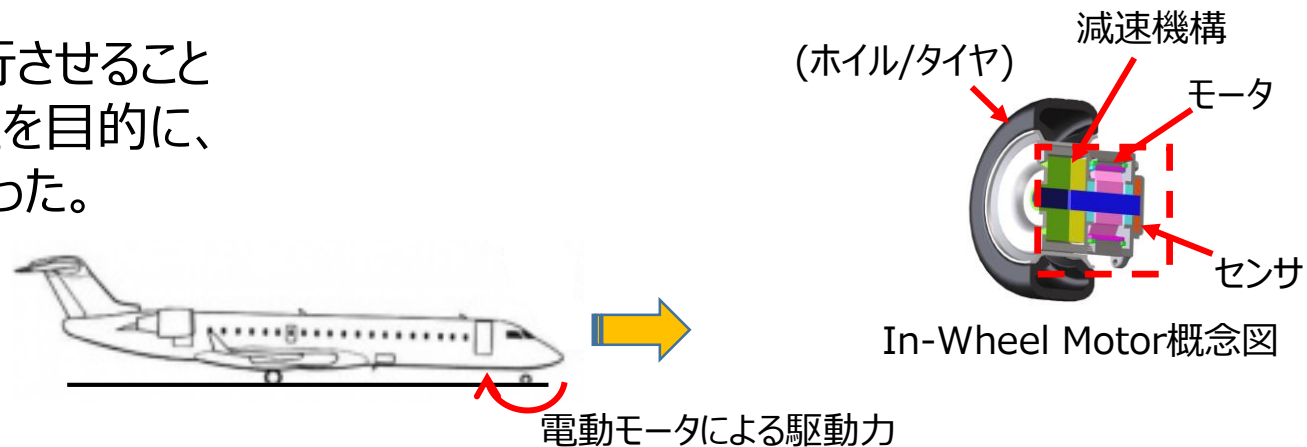


Controller

成果：②次世代降着システム研究開発 - 電動タキシングシステム (実施2015～2019年度)

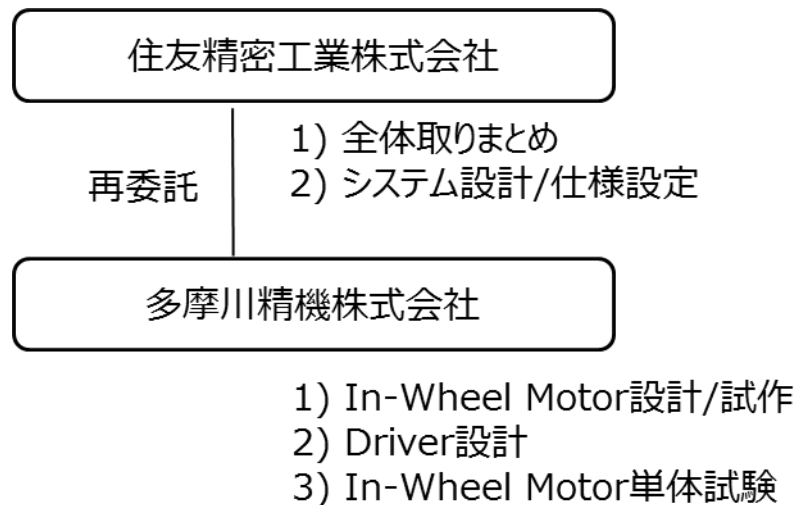
概要

エンジン推力を使用せずに機体を地上走行させることで、タキシング時の燃費改善、環境性向上を目的に、自走式電動タキシングシステムの開発を行った。



電動タキシングシステムのイメージ

体制



成果

モータ外形寸法、出力および質量について、目標値満たす供試体の設計を完了し、製造・評価を実施。

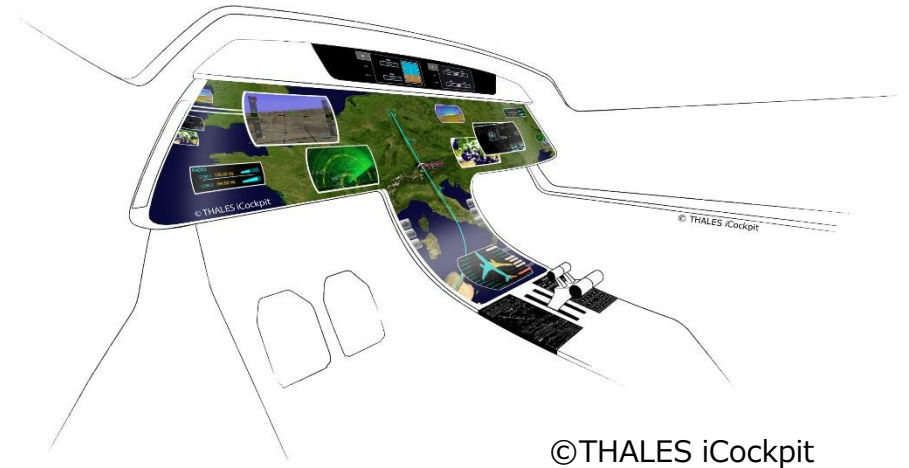
試作品



成果：③次世代コックピットディスプレイ研究開発 (実施2015～2019年度)

概要

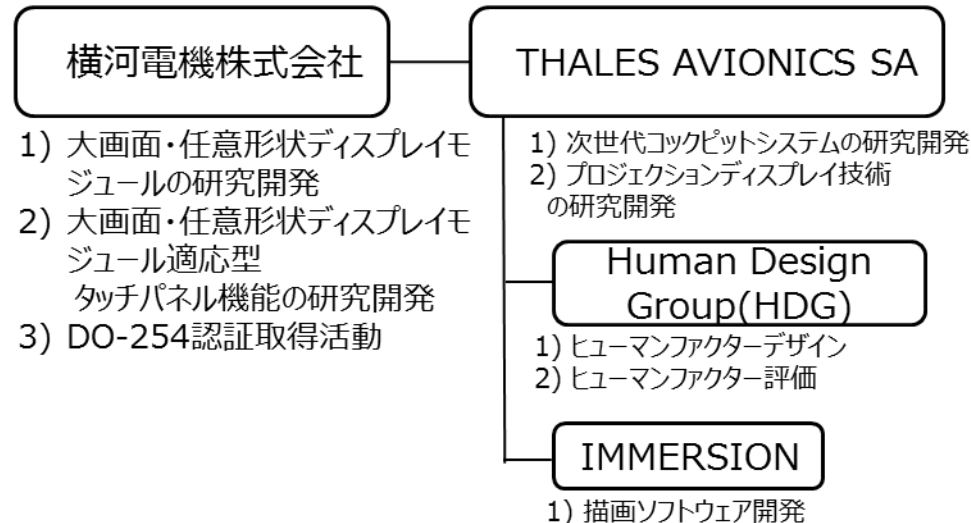
今後、大幅な旅客需要の増大が見込まれており、パイロット不足や空港の過密化に対応するため、パイロット支援システムや新航空交通管制システム、悪天候での離発着支援、滑走路誤進入防止機能等が検討されている。これらの新しいシステムや機能向上に対応可能で、かつコックピットディスプレイに求められる安全性と耐環境性を満足する、[大画面・シームレスディスプレイモジュール](#)と[タッチパネル機能](#)の研究開発を行った。



コックピットディスプレイのイメージ

体制

【日仏】共同研究



成果

複数面をシームレスに配置し、1画面として扱える面積として従来比 3 倍の表示面積を実現。

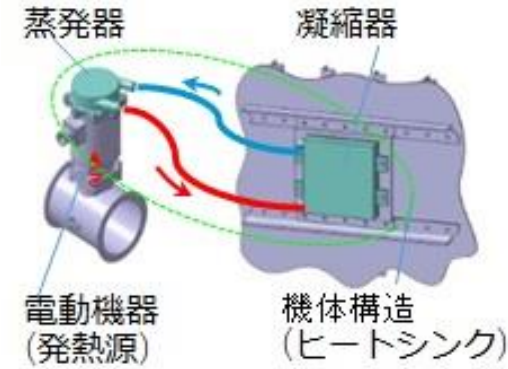
- ✓ ディスプレイ：異形ディスプレイ
- ✓ タッチパネル：異形タッチパネル（防水・手袋対応マルチタッチ）
- ✓ 光学補償：継目を目立たなくする光学補償レンズ

成果：④次世代空調システム研究開発（実施2015～2019年度）

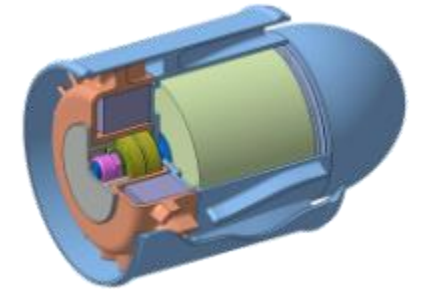
概要

航空機の電動化に伴い機器の発熱が増大し、高効率な空調・冷却システムに対する需要が高まることが予測される。

そこで、冷媒の蒸発・凝縮による潜熱を利用した電子機器冷却用の**二相流体熱輸送システム**、モータの回転数を可変制御でき、空気の循環等に用いる**スマート軸流ファン**の開発を行った。



二相流体熱輸送システムのイメージ



スマート軸流ファンのイメージ

体制

株式会社島津製作所

再委託

- 1) 二相流体熱輸送システムの開発
- 2) スマート軸流ファンの開発

名古屋大学

- 1) 二相流体熱輸送システム開発の一部

成果

「二相流体熱輸送システム」では、消費電力削減および重量低減を実現。

「スマート軸流ファン」では、送風性能と省スペース化の両立を実現。

プロトタイプモデル

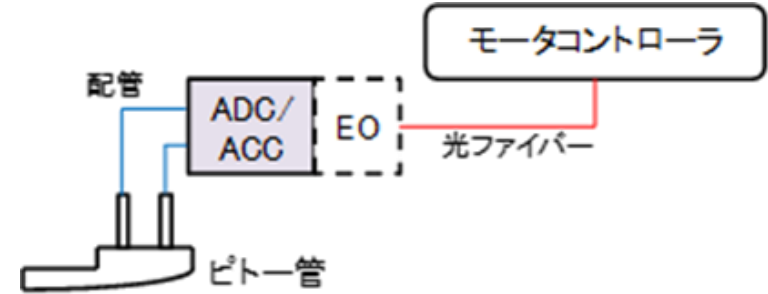


成果：⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発（実施2015～2019年度）

概要

従来、操縦システムは飛行安全を保证するためシステム多重化を採用しており、高額かつ重量の増加を引き起こしている。また、システムが同一であるがゆえの脆弱性も指摘されている。

そこで、ピトー管、ADC、ACC、EOトランシーバ、電動アクチュエータ用モータコントローラから構成される、安価かつ軽量で独立した操縦バックアップシステムの開発を行った。



操縦バックアップシステムのイメージ

- Air Data Computer
- Actuator Control Computer
- Electro Optical トランシーバ（光トランシーバ）

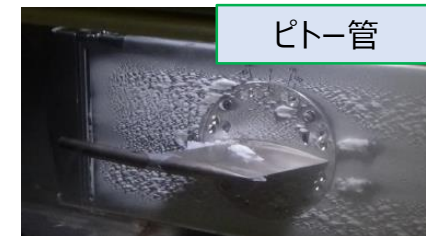
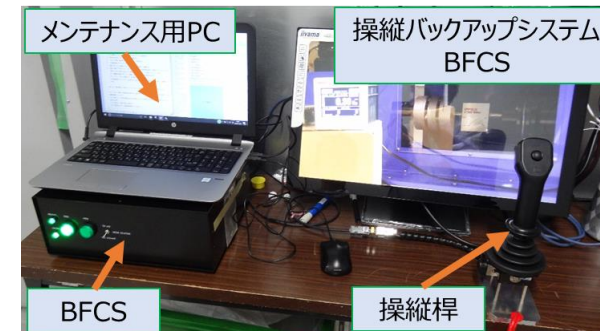
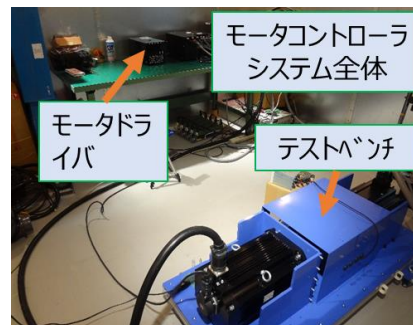
体制

東京航空計器株式会社

- 1) ピトー管の技術実証
- 2) 電動アクチュエータ用モータコントローラの技術実証
- 3) 操作バックアップシステムのプロトタイプ制作/システム評価

成果

バックアップシステム独自で大気諸元及び機体姿勢を算出することによる着陸までの飛行継続可能性、FBL（フライ・バイ・ライト）化による軽量化の目途付け。

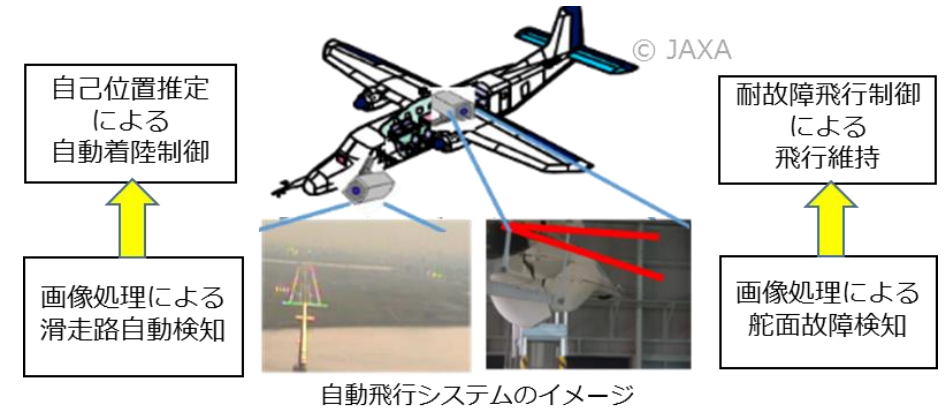


成果：⑥次世代自動飛行システム研究開発（実施2016～2019年度）

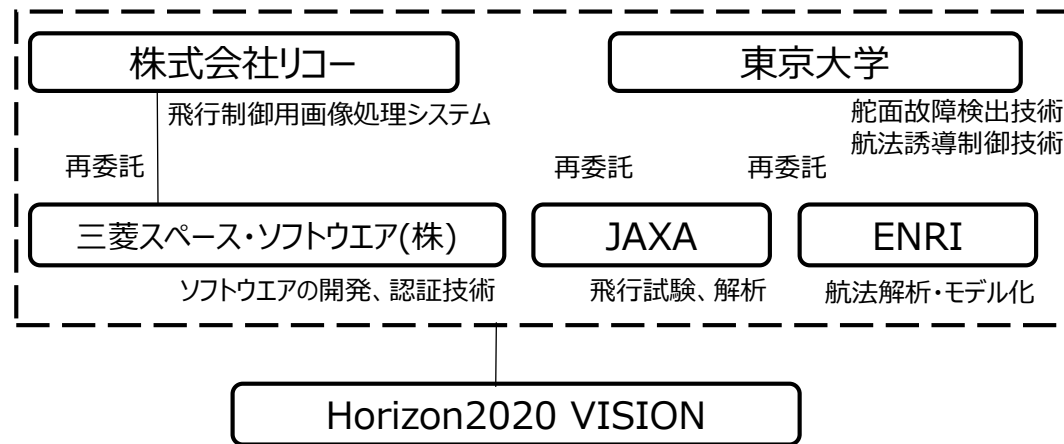
概要

航空機事故の主な原因はヒューマンエラーであり、これらは搭載機器の異常に起因する場合が多いと言われている。そこでヒューマンエラーをなくすため、異常時でも自動で安全に飛行するシステムが求められる。航空安全の飛躍的向上に寄与するため、GPS/ILS異常時の**自動着陸機能**および**舵面故障時の飛行維持機能**に、航空機用画像処理を行うシステムの開発を行った。

ILS（Instrument Landing System）：計器着陸装置

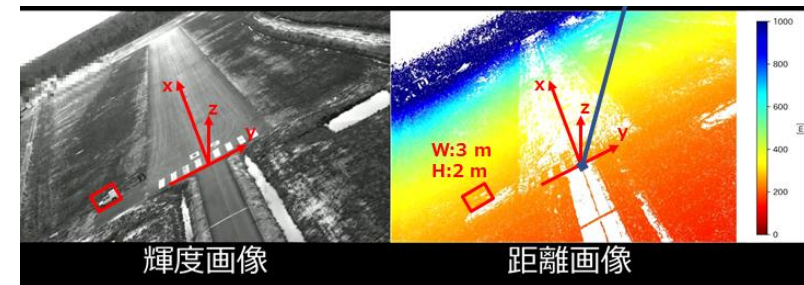


体制



成果

GPS異常時等に自動着陸制御を可能とする画像処理システム、および舵面の故障検出を可能とする画像処理システムを飛行実証し有効性を確認。

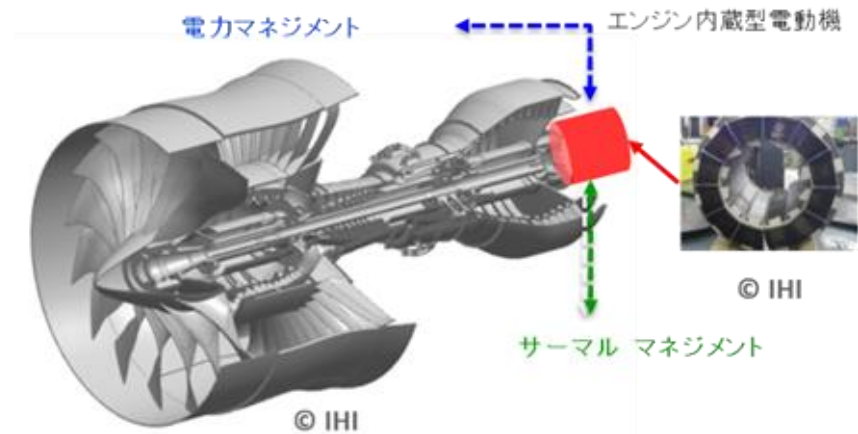


無人固定翼機に搭載した際の取得データの例

成果：⑦次世代エンジン電動化システム研究開発（実施2016～2019年度）

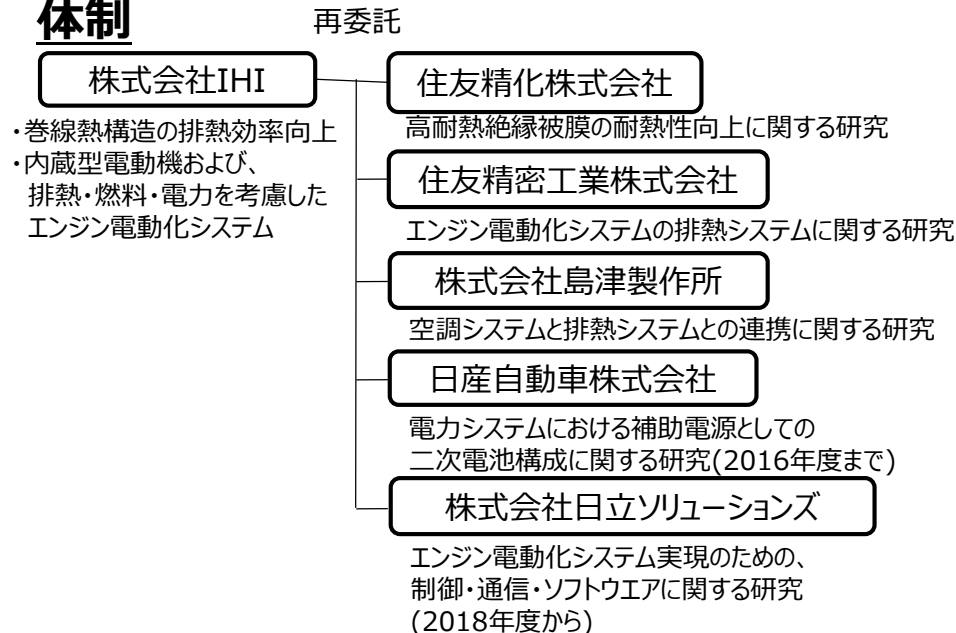
概要

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**エンジン内蔵型電動機**を中核とした次世代エンジン電動化システムを検討。従来品を大幅に上回る耐熱性を備えた電動機や、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**の開発を行った。



サーマル、電力マネジメントシステムのイメージ

体制



成果

- **効率のよい排熱システム**
確立した設計手法に基づく性能評価により、空調連携排熱システム適用による燃費改善効果を航空業界として初めて確認。
- **高温に耐える高耐熱電動機**
電動機巻線の300℃耐熱性を達成するとともに、エンジン内蔵可能サイズに高密度化した電動機にて250kW相当出力の実現性を確認。

実用化に向けた戦略

- ✓ 独自に開発、設計、製造、認証取得、販売を行うため、プロトタイプ製作、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。
- ✓ 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。
- ✓ 国外の航空機メーカー、航空機システムメーカーをパートナーとして選定し、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。

実用化に向けた具体的取組

- ✓ 開発、設計、試験、評価、量産化のステップアップ
- ✓ 日欧、日仏等、海外との共同研究実施や共同研究体制作り
- ✓ 機体、装備品メーカーとの共同研究
- ✓ 市場リサーチ
- ✓ 認証取得準備

今後の取組

航空機の電動化という新たなトレンド

- ✓ 国際民間機航空機関(ICAO)において、CO2排出量を2050年までに50%削減(2015年比)する目標が掲げられ、世界的に電動航空機の開発が加速している。
- ✓ 従来、電機産業は航空産業との関りがあまり強くなかったが、航空産業と協力を連携する異分野糾合の枠組みとして、2018年7月には宇宙航空研究開発機構(JAXA)が中心となり、産官学の連携する枠組みとして、「航空機電動化コンソーシアム(ECLAIR)」が設立された。(NEDOはオブザーバーとして参画)
- ✓ コンソーシアム活動によって創出された成果は、小型航空機の電動化や旅客機装備品の電動化といった短中期的な出口を経て、最終的には旅客機のエンジン電動化につながる。



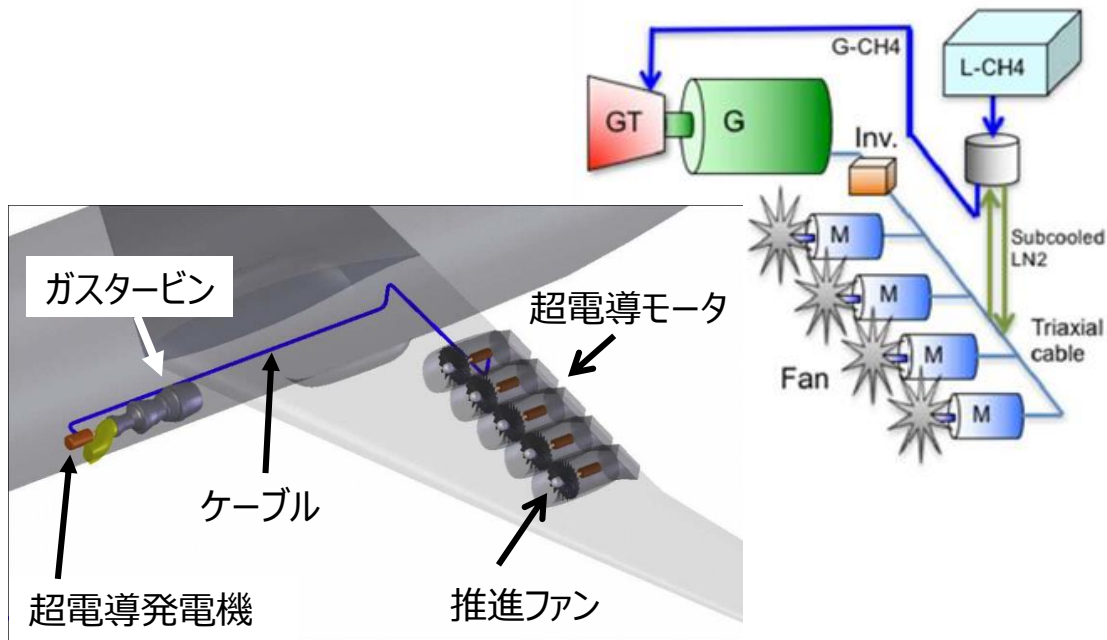
電動化のコア技術を育て将来における競争力強化を図ることを目的に、2019年度から、「次世代電動推進システム研究開発」の取組を開始した。

今後の取り組み：⑧次世代電動推進システム研究開発（実施2019～2023年度）

「高効率かつ高出力電動推進システム」

概要：

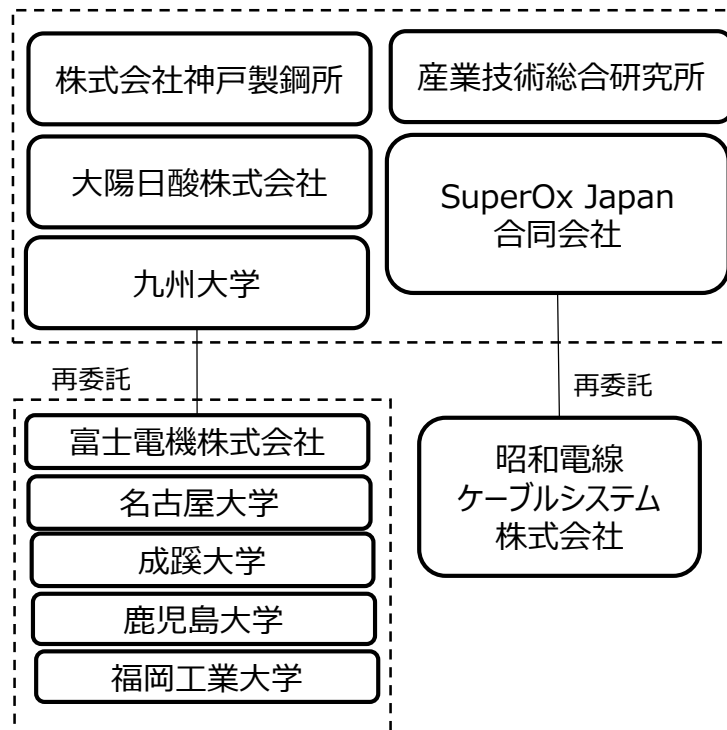
超電導技術を活用し、小型・軽量、高効率・低エミッションの航空機用電気推進システムを開発する。



電気推進システムの電力と冷媒の流れ

- ・ガスタービンで超電導発電機を回して発電
- ・インバータ、超電導ケーブルを介して超電導モータへ送電
- ・超電導モータでファンを回す
- ・燃料の冷熱活用により超電導の冷却システムを軽量化

体制



試作品
超電導誘導機



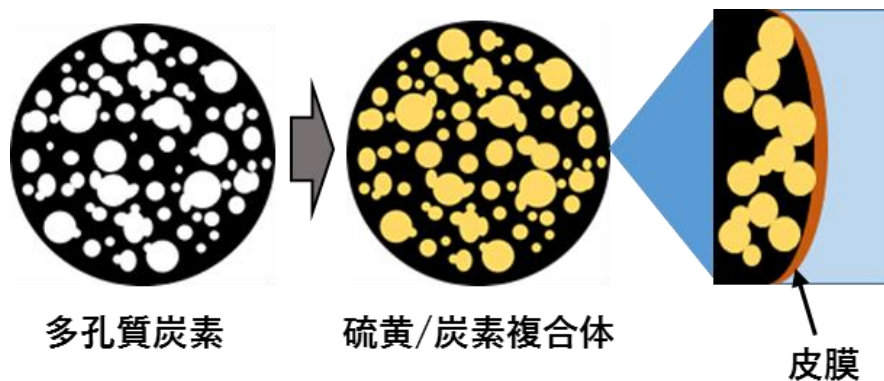
「軽量蓄電池」

概要：

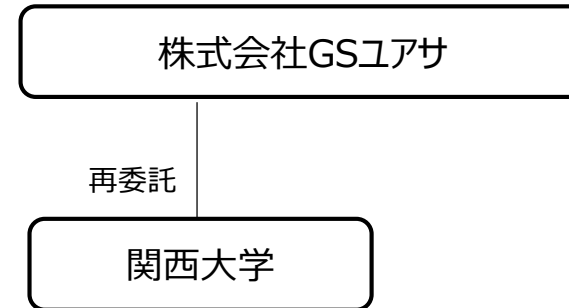
今後、環境負荷低減等の観点から航空機の電動推進が進むことが考えられるが、現行の蓄電池はまだ重く、実用レベルには至っていない。

軽量蓄電池の実機適用レベルのエネルギー密度を実現するため、正極活物質に硫黄を用いた蓄電池の研究開発を進める。

具体的には、「硫黄を担持する多孔性炭素粒子の研究開発」等に取り組む。



体制



軽量蓄電池用硫黄正極および電解液等の要素技術の研究開発

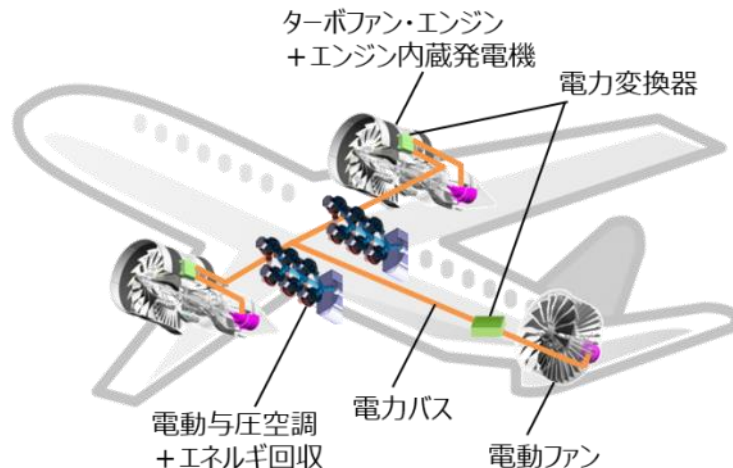
今後の取り組み：⑧次世代電動推進システム研究開発（実施2020～2023年度）

「電動ハイブリットシステム」

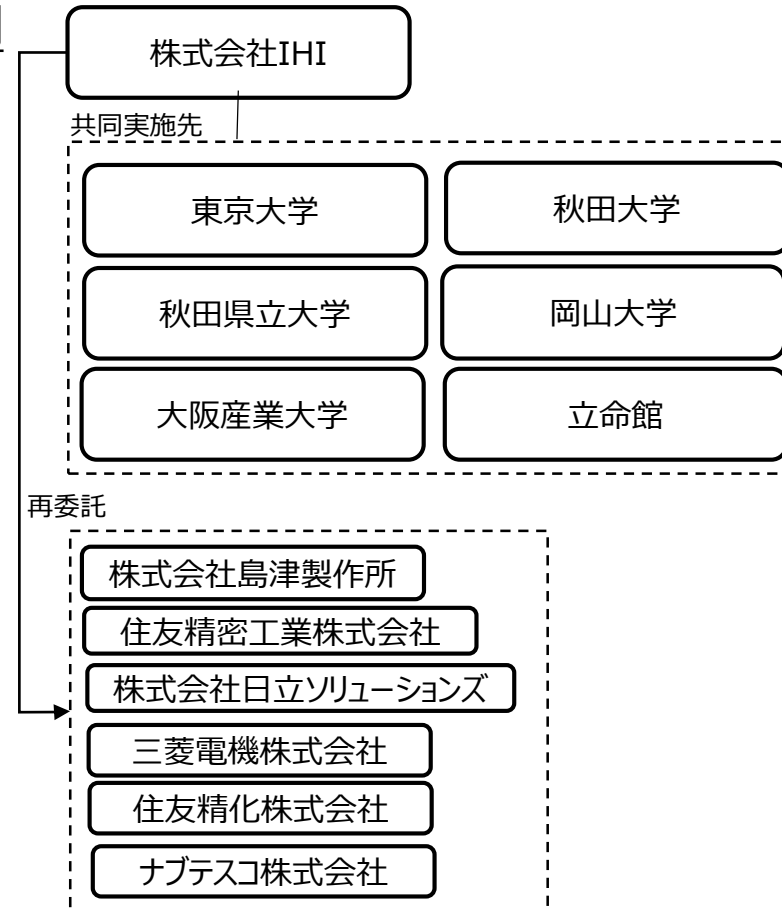
概要：

既存の推進システムを代替する次世代電動推進システムを適用し、飛躍的な低燃費、低環境負荷を実現し、温暖化対策に資することに加え、原動機システムの進化がもたらす制御性向上を最大限活用し、移動体の安全性や運用性向上に資することを目的とする。

電動推進の導入に際し課題となる高空での高電圧利用を可能とする材料、構造を明らかにするとともに、電力制御及び熱・エアマネジメントシステムを中核とした次世代電動推進システムの地上実証を行う。



体制



今後の取り組み：NEDO先導研究

これら「航空機用先進システム実用化プロジェクト」に加え、NEDOでは中長期的な課題の解決に向けて「NEDO先導研究プログラム/エネルギー・環境新技術先導研究プログラム」に取り組んでいます。

将来の国家プロジェクト化を目指し、低炭素社会の実現に資する研究開発を推進しています。

2019年度採用

- ・航空機向け高出力／高密度モータの技術開発
- ・低CO2エミッション航空機実現に向けた推進用高出力密度電気モータシステムの研究開発
- ・MW級航空機電気モータ給電システムの技術開発

2020年度採用

- ・高容量バッテリーの異常リスク低減・安全化技術開発

世界的なCOVID-19の感染拡大により航空機需要は、これまでに経験したことがない程に大きく落ち込み、回復には数年を要すると予測されています。これにより、航空機産業も製造機数や人員の削減が進み、関連するサプライチェーンに大きな影響が及んでいます。

ITの発達でリモートのコミュニケーション手段も浸透してきていますが、人の移動は、人類の文化的、社会的、経済的、政治的活動に欠かせぬ要素であることは変わりありません。

航空機需要の回復後は、機体製造メーカーの製品戦略で主力機種の見直しがなされたり、価格競争力から安定供給力へサプライチェーンの再編が行われる可能性が高いと見られます。そのため、これまで以上に環境への影響の低減、安全性と経済性の向上が重要となり、各国での技術獲得競争が加速すると予測されます。

NEDOはこうした環境対応やコスト改善等に寄与する、軽量化、電動化技術などに関する研究開発について積極的に取組み、航空機産業の発展に貢献していきます。

ご清聴ありがとうございました

