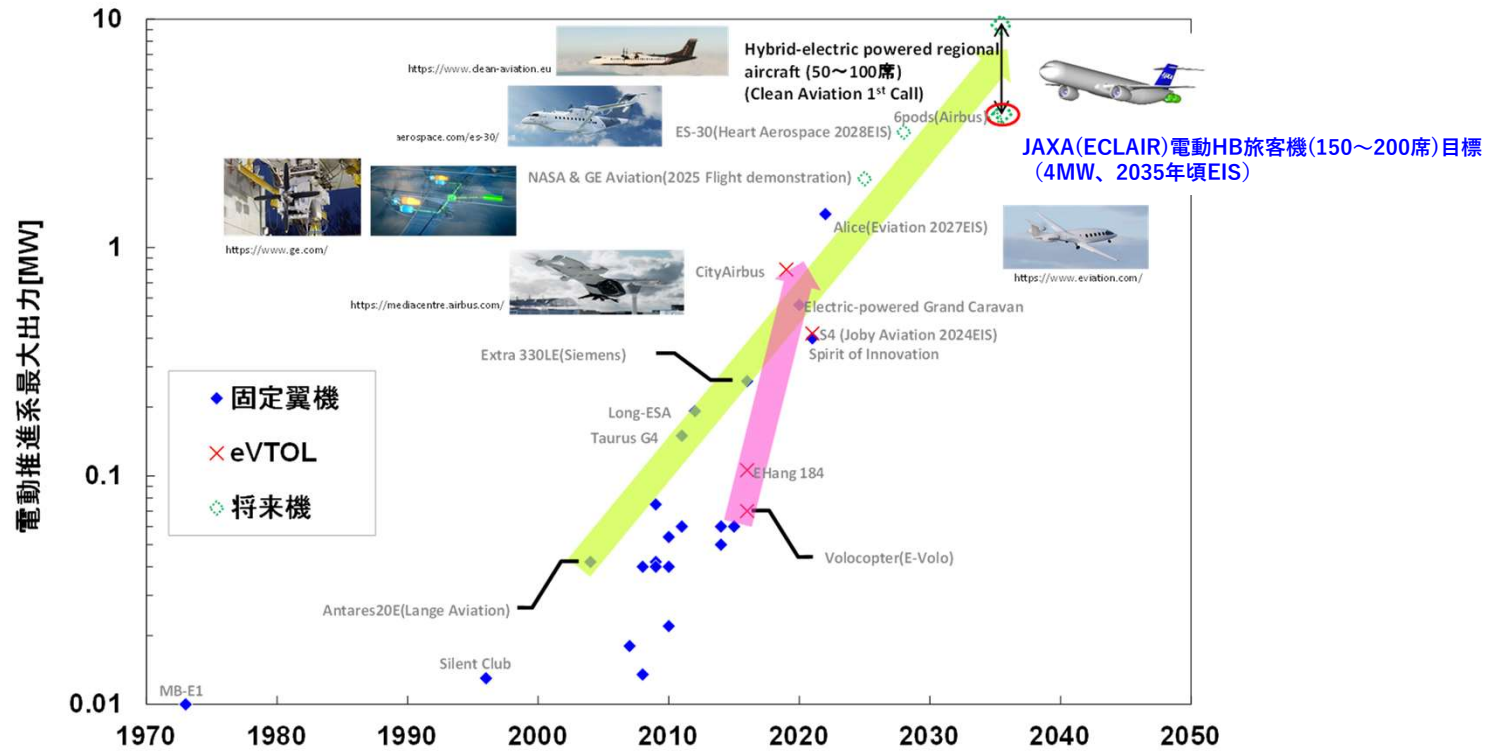


電動ハイブリッド推進システムの 研究開発と技術実証構想

電動ハイブリッド航空機チーム 横川 譲

目次

- 01 / 研究開発の背景
- 02 / 電動ハイブリッド旅客機システムTRAe
- 03 / 技術実証構想
- 04 / まとめ



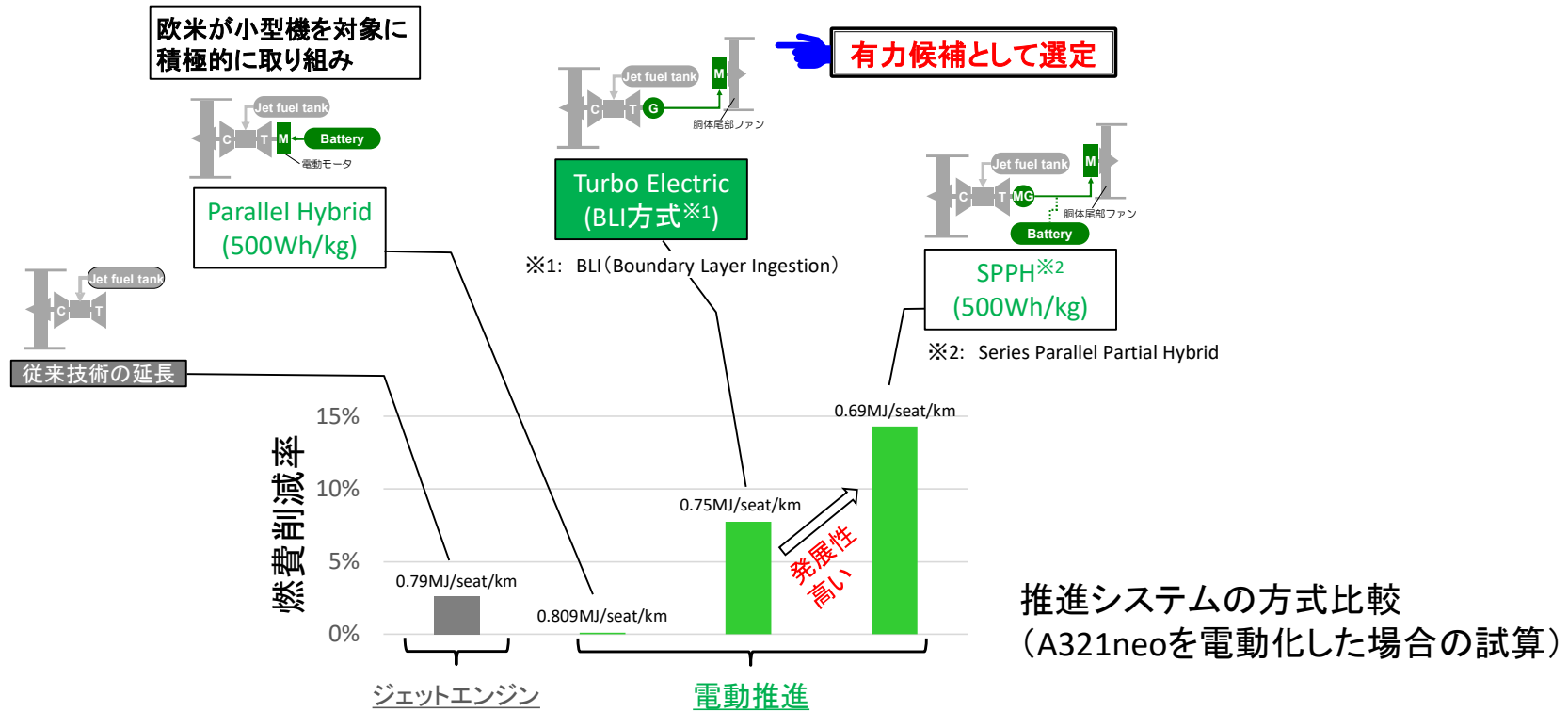
電動航空機の初飛行年と将来構想

- 従来型エンジンによる燃費低減は限界に近付いている一方、推進系の電動化技術は着実に進歩
- 現在MW級要素技術の開発が各国で進行しており、2030年代には電動推進旅客機が実現する可能性

01

研究開発の背景

燃費削減率と方式選定

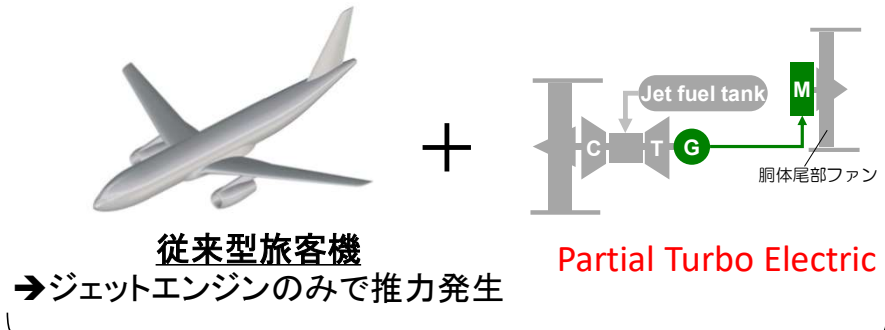


- JAXA/ECLAIRは、2050年のカーボンニュートラルに向け、欧米がまだソリューションを持たない「ジェット旅客機の電動ハイブリッド化」で先行する戦略
- 有力候補は“Partial Turbo Electric (BLI搭載)”方式

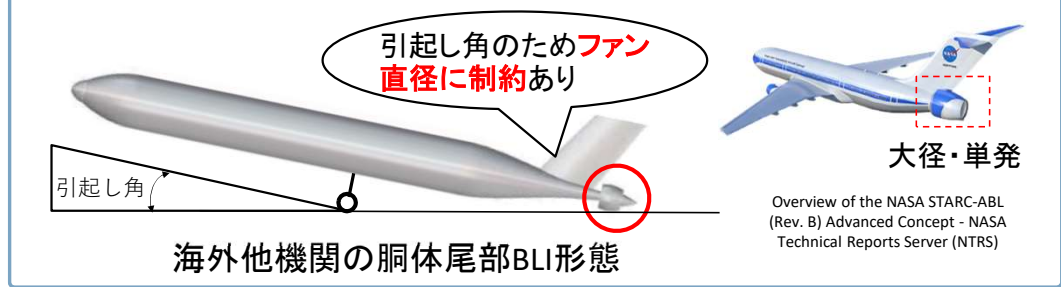
01

研究開発の背景

JAXAのコンセプト

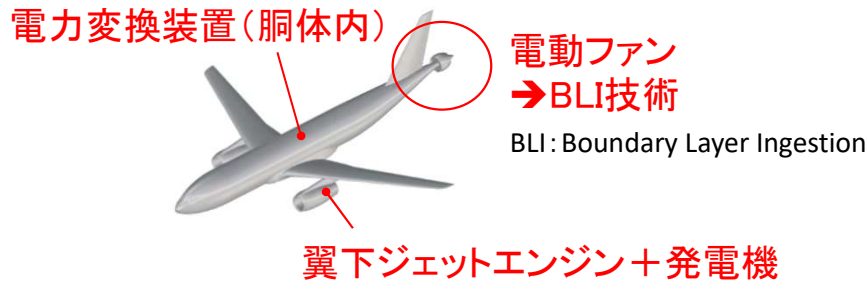
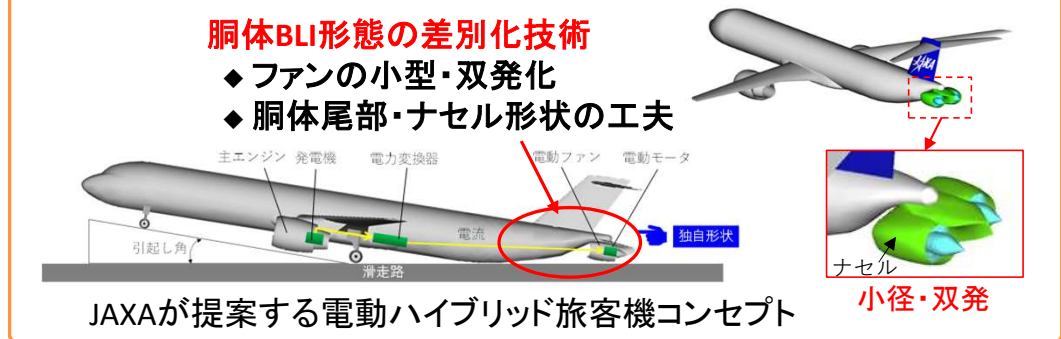


【BLI方式の課題】



↓ JAXA独自技術によるブレイクスルー

【JAXAの新BLI形態】



胴体尾部BLI搭載 電動ハイブリッド旅客機

→ジェットエンジンと高効率電動ファンが推力を分担

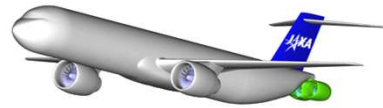
- 電力変換ロスや追加機器重量、空気抵抗増を加味してもシステム全体として効率向上/燃費低減を狙う
- JAXAは、電動BLIファンに関する独自技術により海外競合と差別化し、実用化を促す

01

研究開発の進め方

TRAe (Technology Reference Aircraft for electrification)

想定機体の設計



電動ハイブリッド旅客機 TRAe

燃費低減目標: 5%以上

機体への要求事項を設定

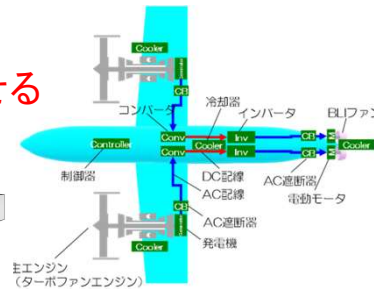
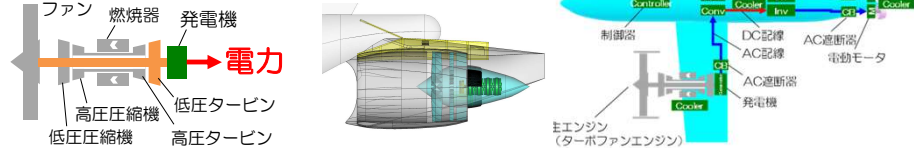
「仕様・性能」と「飛行環境条件」

システム実証

設計検証

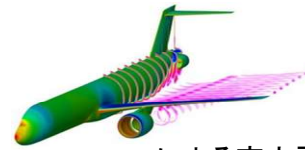
電動ハイブリッド推進システム

→ 装置を開発し実出力で駆動させる

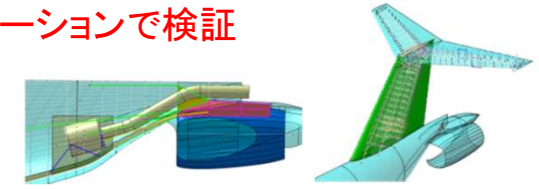


機体外形状(空力形状)や構造・強度・重量

→ 風洞試験やシミュレーションで検証



CFDによる空力設計



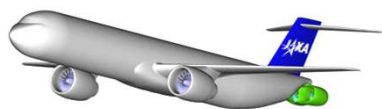
胴体尾部やT尾翼の構造設計

航空機システムのシミュレーション

燃費削減量を計算: JAXA提案コンセプトで燃費削減可能か評価
電動化システム技術を獲得

TRAE (Technology Reference Aircraft for electrification)

想定機体の設計



電動ハイブリッド旅客機 TRAE

燃費低減目標: 5%以上

↓ 機体への要求事項を設定

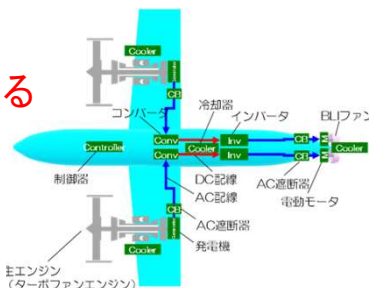
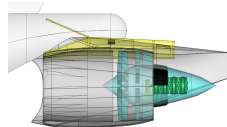
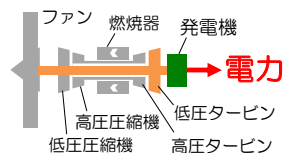
「仕様・性能」と「飛行環境条件」

システム実証 ↓

↓ 設計検証

電動ハイブリッド推進システム

→ 装置を開発し実出力で駆動させる

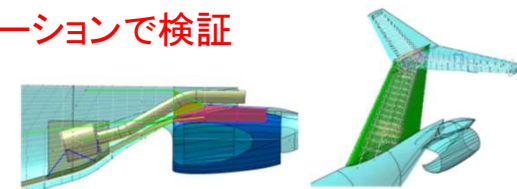


機体外形状(空力形状)や構造・強度・重量

→ 風洞試験やシミュレーションで検証



CFDによる空力設計



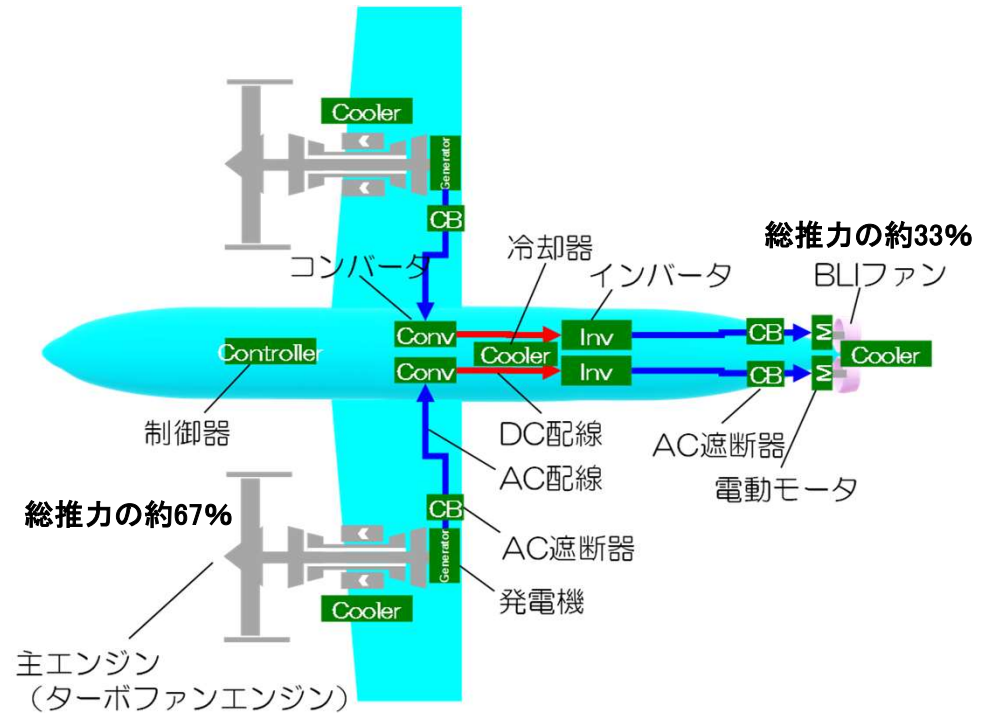
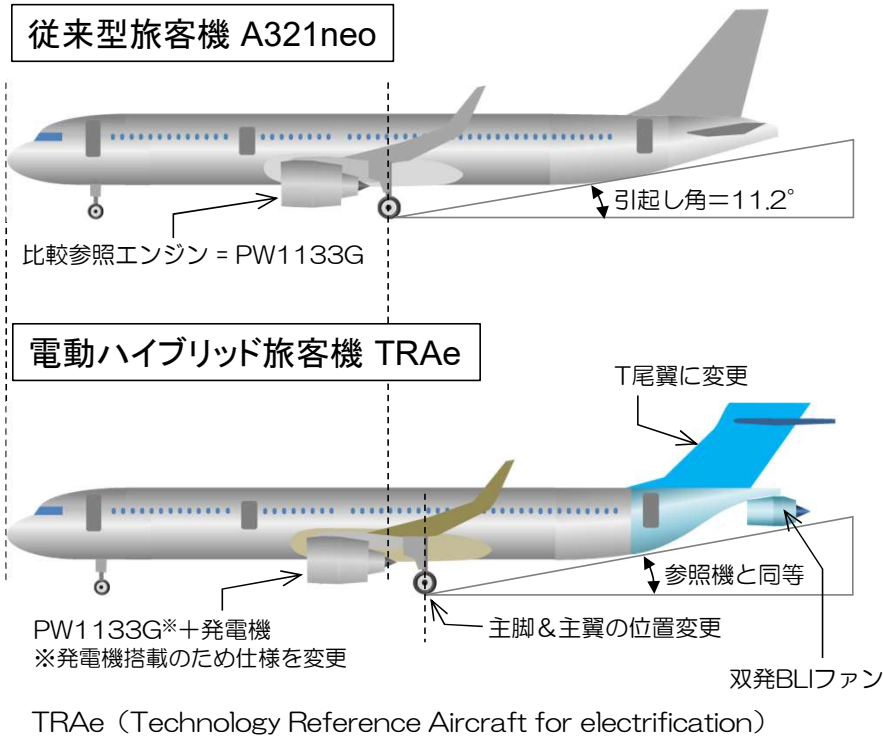
胴体尾部やT尾翼の構造設計

航空機システムのシミュレーション

燃費削減量を計算: JAXA提案コンセプトで燃費削減可能か評価
電動化システム技術を獲得

電動ハイブリッド旅客機システムTR Ae

機体概念設計の結果



- 2MWの発電機をエンジン低圧軸直結し搭載
- 1.8MWの電動モータで直径1.4mのBLIファンを駆動
- 胴体尾部にBLIファンを搭載するためT字尾翼へ変更

- ノンフライトエッセンシャルシステム
→ BLIファンが故障しても飛行が継続できる
- 電動BLIファンは機体全体の約33%の推力を発生

電動ハイブリッド旅客機システムTR Ae

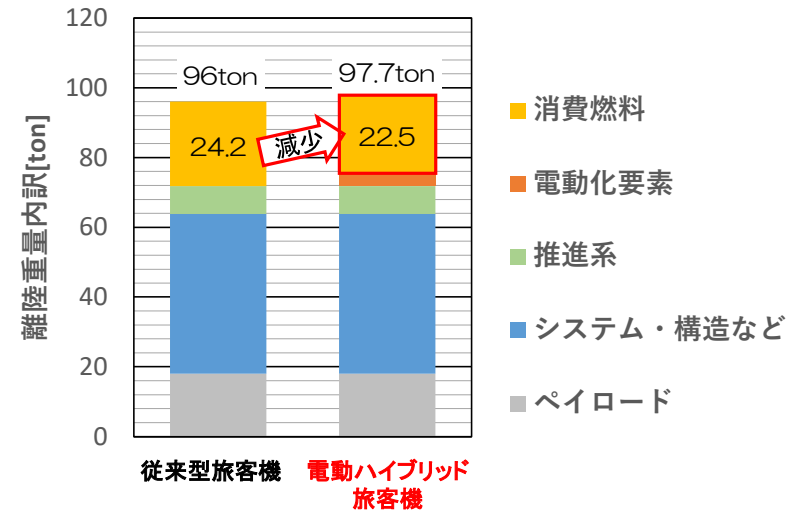
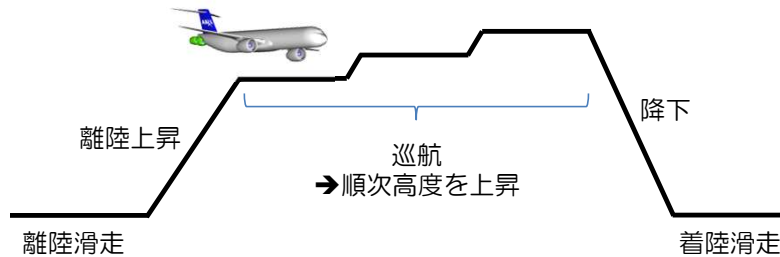
現段階の燃費低減量の推算

● 解析方法

- 機体の設計結果をもとに、離陸～着陸に至る過程の飛行シミュレーションを行い、消費燃料を計算

● 想定飛行環境

- 航続距離: 4,000nm (約7,400km)
- 巡航マッハ数: 0.78
- 巡航高度: 30,000ft (約10,000m)



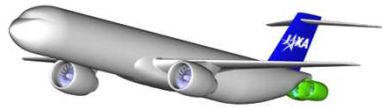
- 電動化のための機器追加により、離陸重量が従来型旅客機よりも**1.7%増加**
- しかし、消費燃料重量については**約7.2%節約**

電力変換ロスや追加機器重量、空気抵抗増を加味してもシステムも効率向上/燃費低減が可能となる、競争力の高い「電動ハイブリッド旅客機コンセプト」を明確化し、飛行環境条件を設定
 → **この機体を実現に近づけるため、『システムの実証』と『設計結果の検証』を行う**

TRAe (Technology Reference Aircraft for electrification)

想定機体の設計

燃費低減目標: 5%以上



電動ハイブリッド旅客機 TRAe

機体への要求事項を設定

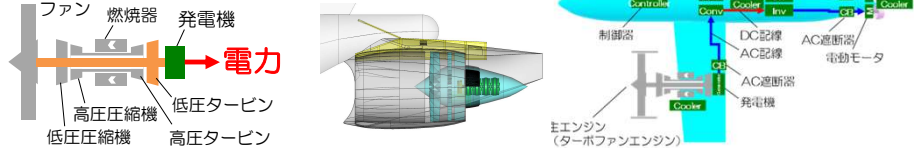
「仕様・性能」と「飛行環境条件」

システム実証

設計検証

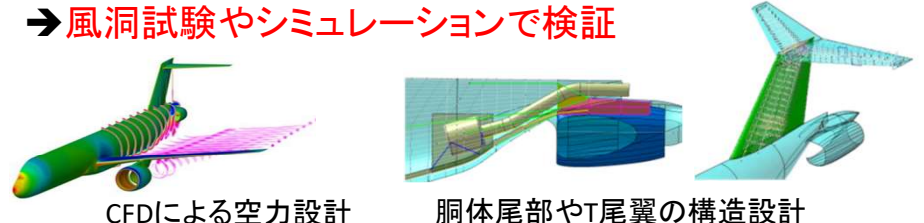
電動ハイブリッド推進システム

→ 装置を開発し実出力で駆動させる



機体外形状(空力形状)や構造・強度・重量

→ 風洞試験やシミュレーションで検証



航空機システムのシミュレーション

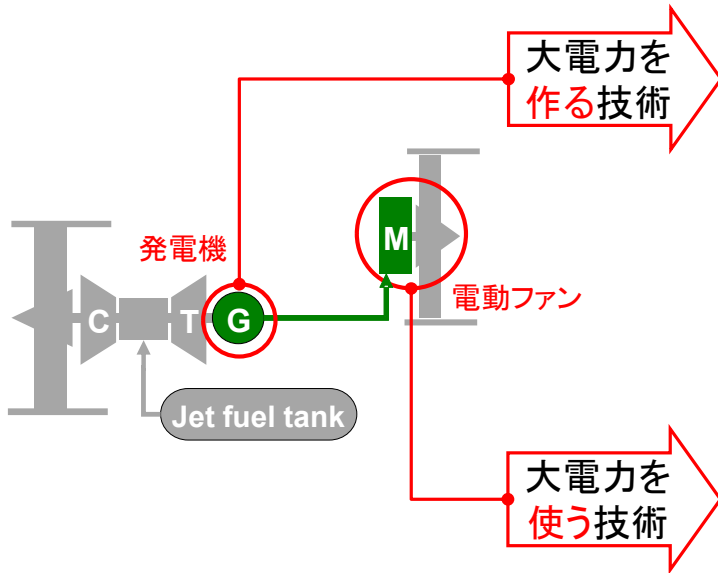
燃費削減量を計算: JAXA提案コンセプトで燃費削減可能か評価
電動化システム技術を獲得

03

技術実証構想

電動ハイブリッド推進システムの重要技術

【重要な技術課題の抽出】

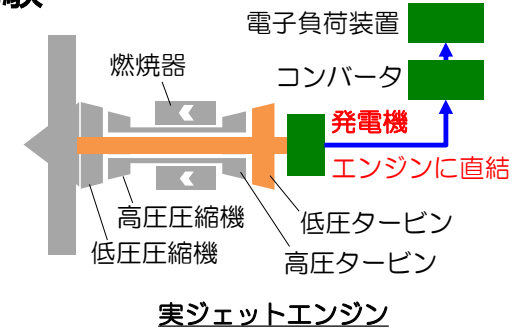


エンジン・発電機 システム統合実証試験

実ジェットエンジンの低圧軸に発電機を統合し、出力や安全保護技術を実証

新方式発電機の実現が鍵

世界初の実証を目指す

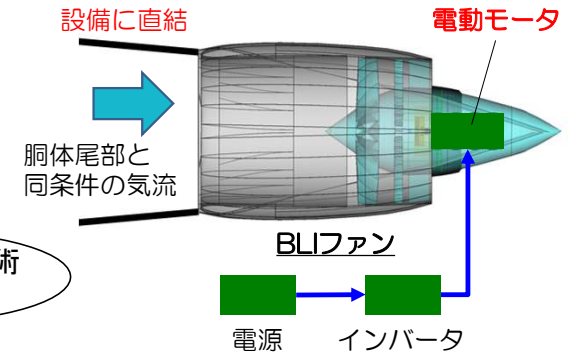


高空環境実証試験

電動BLIファンを模擬した供試体を飛行環境模擬設備に入れ、電動モータ出力や熱管理技術を実証

桁違いの放熱技術が鍵

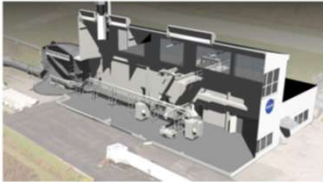
日本初の実証を目指す



● JAXAコンセプトと国内の有望技術を統合し、電動ハイブリッド旅客機実現の鍵技術を実証する

技術実証における我が国の問題点とJAXAの解決方針

【欧米における航空用MW級電動機の試験設備】



<https://www.nasa.gov/feature/glenn/2022/nasa-ge-complete-hybrid-electric-propulsion-tests>
 ← <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20180005342/downloads/20180005342.pdf>

Fig. 1 NASA Electric Aircraft Testbed with STARC-ABL Configuration.
 NASA Electric Aircraft Testbed(NEAT)

GEがNEATを用いて**MW級モータの高高度環境試験**を実施

【我が国の状況の一例】

国内で利用可能な大型モータ
 ダイナモ設備は**400kWが最高**
 (JARI: 日本自動車研究所)

https://www.jari.or.jp/contract_testing_equipment/facilities_equipment/other-equipment/large-motordynamo/

問題点

- 電動機器の市販品は仕様が航空機に適合しない
- MW級の電動機供試体を試験する設備は国内にない



方針

- ✓ 電動ファンを駆動するMW級電動機も**JAXAで開発**する
- ✓ 巨大試験設備の新設は困難なので**やり方を工夫**する

JAXA “FEATHER”で培った
 開発・試験ノウハウを活用



https://www.aero.jaxa.jp/spsite/eclair-sp/emission_free.html



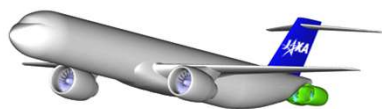
<https://www.aero.jaxa.jp/research/frontier/feather/news200219.html>

JAXA FEATHERプロジェクト(2015)

- **MW級電動機**の試験を国内で実施するための**試験装置をJAXAで開発**する
- プロジェクト終了後は**国内共用設備**を目指して**技術移転を検討**する

TRAe (Technology Reference Aircraft for electrification)

想定機体の設計



電動ハイブリッド旅客機 TRAe

燃費低減目標: 5%以上

機体への要求事項を設定

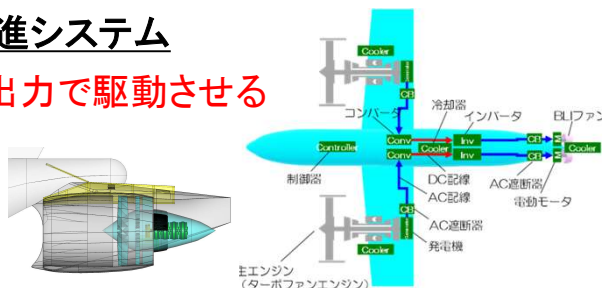
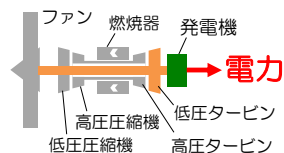
「仕様・性能」と「飛行環境条件」

システム実証

設計検証

電動ハイブリッド推進システム

→ 装置を開発し実出力で駆動させる

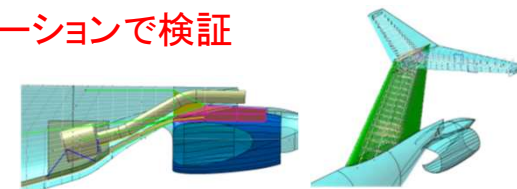


機体外形状(空力形状)や構造・強度・重量

→ 風洞試験やシミュレーションで検証



CFDによる空力設計



胴体尾部やT尾翼の構造設計

航空機システムのシミュレーション

燃費削減量を計算: JAXA提案コンセプトで燃費削減可能か評価
電動化システム技術を獲得

03

技術実証構想

空力性能の検証計画

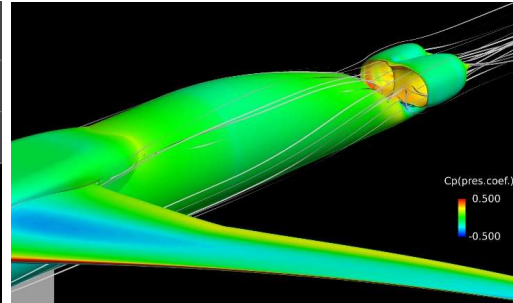
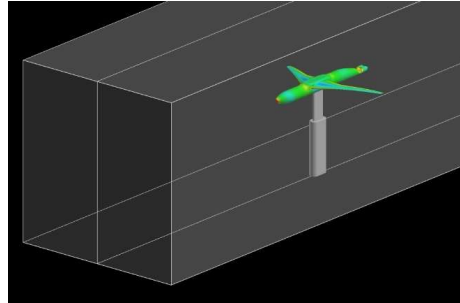
CFD
TRAeの空力設計

CFD(風洞模擬解析)

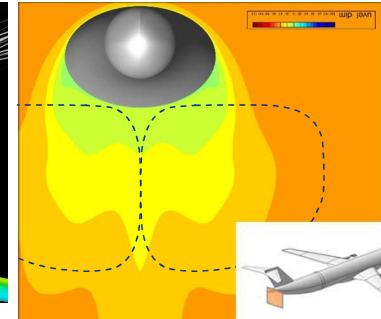
計測やデータ分析技術の開発
→現在、実施中

風洞試験(低速)

風洞試験: FY2023~
実機飛行速度でCFD設計を検証



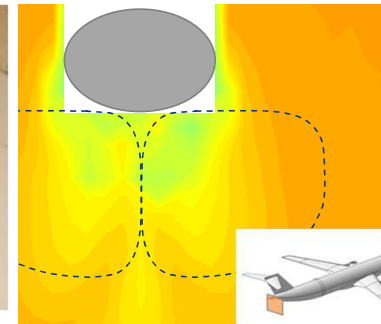
低速風洞を模擬したCFD



胴体尾部の気流速度 CFD結果



JAXA 2m*2m低速風洞での試験



胴体尾部の気流速度 計測結果

- 機体外形状はCFD(空気流のコンピュータシミュレーション)で設計する
- CFDで得られた結果(空気抵抗値など)を実機飛行速度を模擬した風洞試験で検証する

JAXAでは「CO2排出インパクトの大きい旅客機サイズに適用可能な電動ハイブリッドシステムの実現」を目指し、研究開発と技術実証準備を実施中

- 「胴体尾部BLIファンを含むPartial Turbo Electric方式」の電動推進システムを搭載した180席級の電動ハイブリッド旅客機TRAeを概念設計
- 実機を模擬した環境において重要技術を実証し、また、空力設計結果等を検証することで、電動化システム技術を獲得すると共に、得られた結果を反映し航空機システムのシミュレーションにより燃費削減量を推算

今後、システム忠実度ならびに統合度の向上を図るとともに、当コンソーシアム会員を始めとする国内関係企業・機関との連携を強化し、実証プロジェクトを積極的に推進していく。

本コンソーシアムの運営サイト

<http://www.aero.jaxa.jp/about/hub/eclair/index.html>

問い合わせ先

eclair_sec@chofu.jaxa.jp

注：@が画像化されているので、使用時はテキストを入力してください

航空機電動化(ECLAIR)コンソーシアム 第5回オープンフォーラム プログラム

敬称略

時刻(時間)	講演等
14:00-14:05(5分)	オンライン開催に関する事務連絡
14:05-14:10(5分)	開会挨拶 青山剛史 航空機電動化コンソーシアム代表(JAXA 航空技術部門)
14:10-14:35(25分)	基調講演1「航空機の脱炭素化に向けた新技術官民協議会」 石井靖男 国土交通省 航空局 安全部 航空機安全課長 ※：当講演に限り、講演直後の質疑応答時間を設けております。 チャットにてご質問を送ってください。
14:35-15:00(25分)	基調講演2「空の移動革命に向けた大阪における取組み～空飛ぶクルマのある未来社会へ～」 時岡貢 大阪府商工労働部成長産業振興室副理事(産業化戦略センター長)
15:00-15:20(20分)	航空機電動化コンソーシアムの第1期まとめと第2期計画について 西沢啓 JAXA 航空技術部門
15:20-15:35(15分)	休憩
15:35-15:55(20分)	電動ハイブリッド推進システムの研究開発と技術実証構想 横川譲 JAXA 航空技術部門
15:55-16:15(20分)	多種多様運航統合技術の研究開発 又吉直樹 JAXA航空技術部門
16:15-16:35(20分)	ハイブリッド電動航空機(HEA)の電気系・ガスタービンエンジン推進部並びに全システムモデル化へのアプローチ 山本真義 名古屋大学 未来材料・システム研究所 教授
16:35-16:55(20分)	質問への回答(講演中にチャットで質問を送ってもらい、事務局が抽出&読み上げ、各講演者から回答してもらう)
16:55-17:00(5分)	閉会挨拶 呉村益生 経済産業省製造産業局 航空機武器宇宙産業課長