© 2022 Japan Aerospace Exploration Agency

# 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

宇宙航空研究開発機構　航空技術部門

# 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

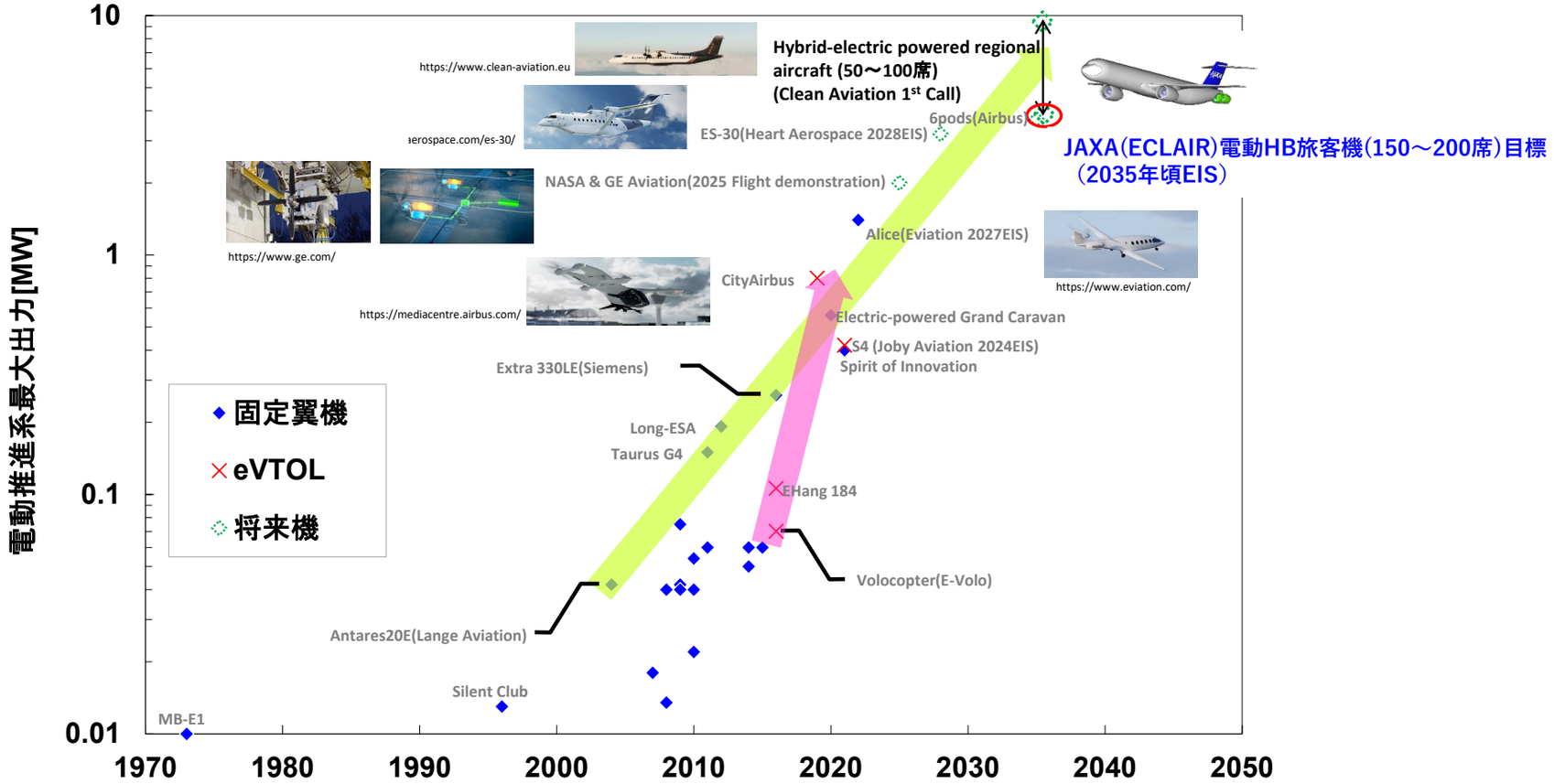
03 / 技術実証構想

04 / まとめ

© 2022 Japan Aerospace Exploration Agency

01 研究開発の背景

# 電動航空機の開発状況と計画




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

© 2022 Japan Aerospace Exploration Agency

# 01 研究開発の背景

## 燃費削減率と方式選定

【選定根拠】$CO_2$排出削減に寄与　&　2030年代中頃の社会実装に間に合う技術方式

不選定　**選定**

### 適用対象

Source: James, D.H.　2015@NASA

| | $CO_2$排出量への寄与率 |
|---|---|
| プロペラ機 | 8 % |
| **単通路ジェット機** | **54%** |
| 双通路ジェット機 | 38% |

### 電動化方式

| | 航続距離 |
|---|---|
| 全電動 | 500km |
| **ハイブリッド** | 既存機並み |

**例：7000km以上**

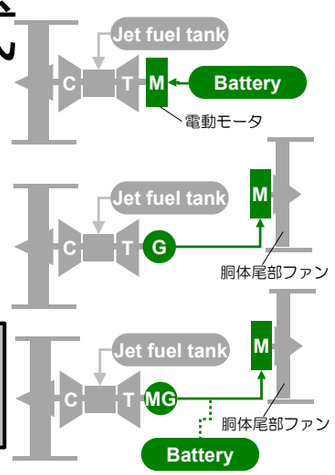
### ハイブリッド方式

| | 出力 |
|---|---|
| シリーズハイブリッド | 20MW級 |
| **パーシャルハイブリッド** | 2MW級 |

### 推進システム方式

**パーシャル ハイブリッド**

- パラレルハイブリッド
- **ターボエレクトリック**
- シリーズ・パラレル パーシャルハイブリッド




| 電動推進フェーズ | |
|---|---|
| 離陸上昇（フライトエッセンシャル） | |
| 巡航（非フライトエッセンシャル） | |
| 離陸上昇（フライトエッセンシャル）＆巡航 | |

### 燃費削減方式

| | 原理 |
|---|---|
| 電動ファン | BPR向上 |
| **胴体尾部電動ファン** | BPR向上 ＆BLI効果 |

BPR：Bypass Ratio(バイパス比)
BLI：Boundary Layer Ingestion(境界層吸込み)

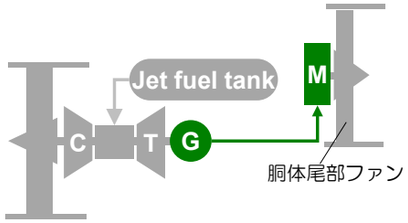
© 2022 Japan Aerospace Exploration Agency

# 01 研究開発の背景

## JAXAのコンセプト

**従来型旅客機**
➔ジェットエンジンのみで推力発生

＋




Partial Turbo Electric

電力変換装置（胴体内）

電動ファン
➔BLI技術

BLI：Boundary Layer Ingestion

翼下ジェットエンジン＋発電機

**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

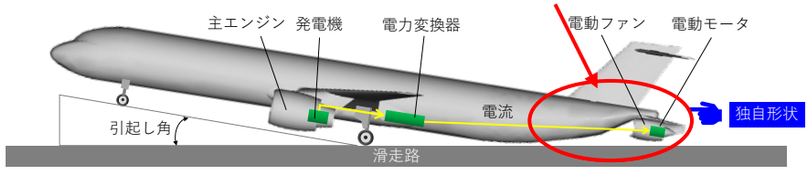
**【BLI方式の課題】**

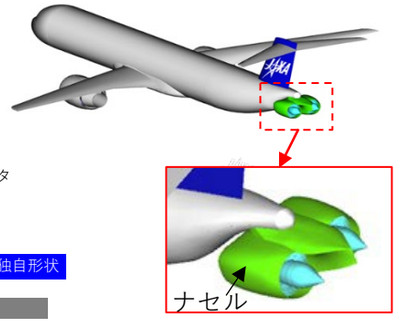
海外他機関の胴体尾部BLI形態

JAXA独自技術によるブレークスルー

**【JAXAの新BLI形態】**

**胴体BLI形態の差別化技術**
- ◆ 胴体尾部・ナセル形状の工夫
- ◆ 引起し角とファン面積の両立




JAXAが提案する電動ハイブリッド旅客機コンセプト

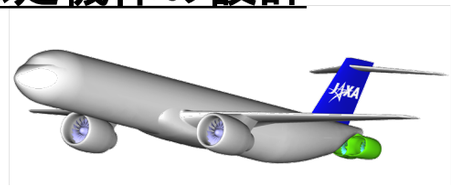
- 電力変換ロスや追加機器重量、空気抵抗増を加味してもシステム全体として効率向上/燃費低減を狙う
- JAXAは、電動BLIファンに関する独自技術により海外競合と差別化し、実用化を促す

© 2022 Japan Aerospace Exploration Agency

# 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

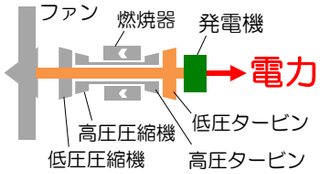
⇩ 機体への要求事項を設定

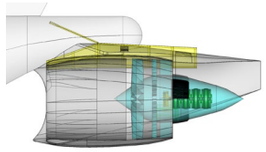
「仕様・性能」と「飛行環境条件」

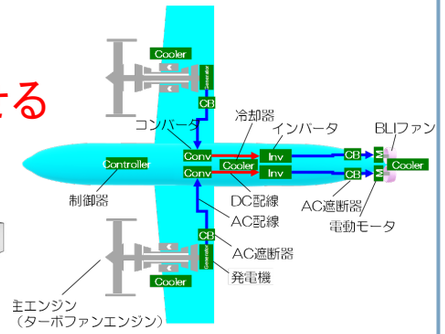
システム実証 ⇩　　⇩ 設計検証

## 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



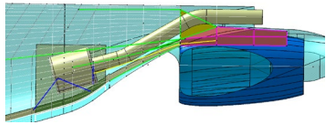



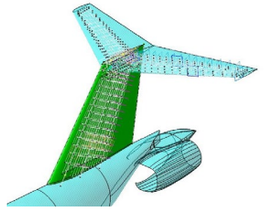



## 機体外形状（空力形状）や構造・強度・重量

➔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**

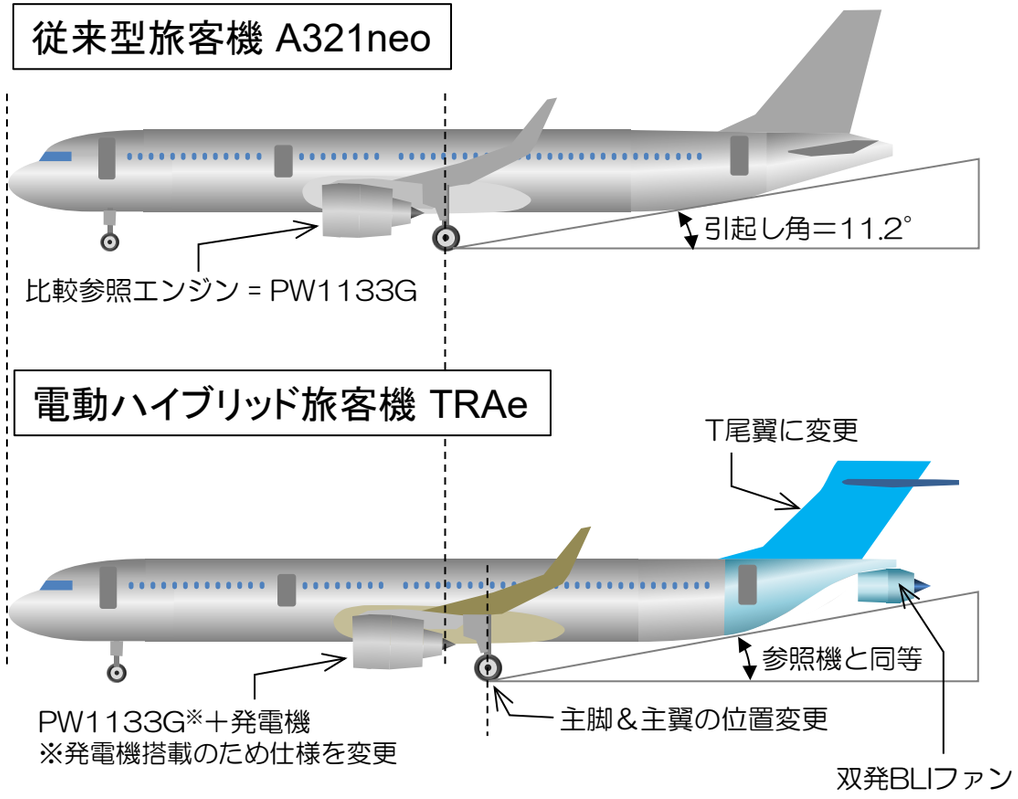
↓

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

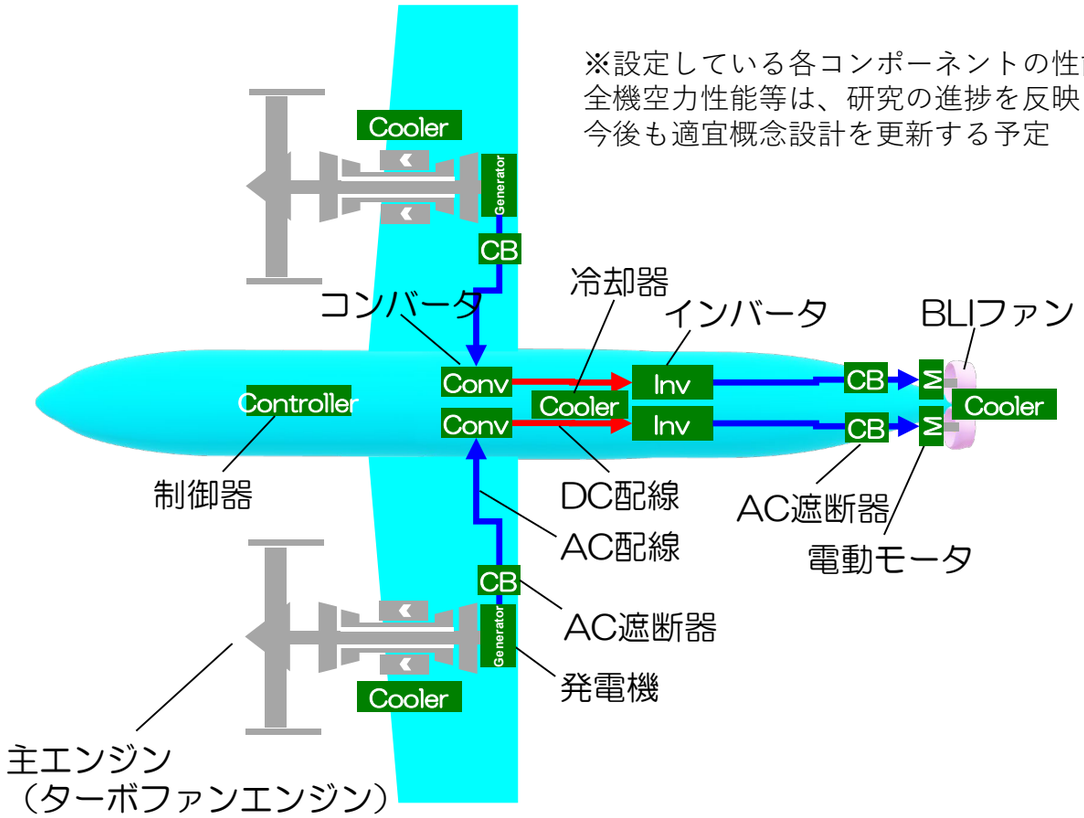
© 2022 Japan Aerospace Exploration Agency

# 02 電動ハイブリッド旅客機システムTRAe

## 機体概念設計の結果




TRAe（Technology Reference Aircraft for electrification）




- 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

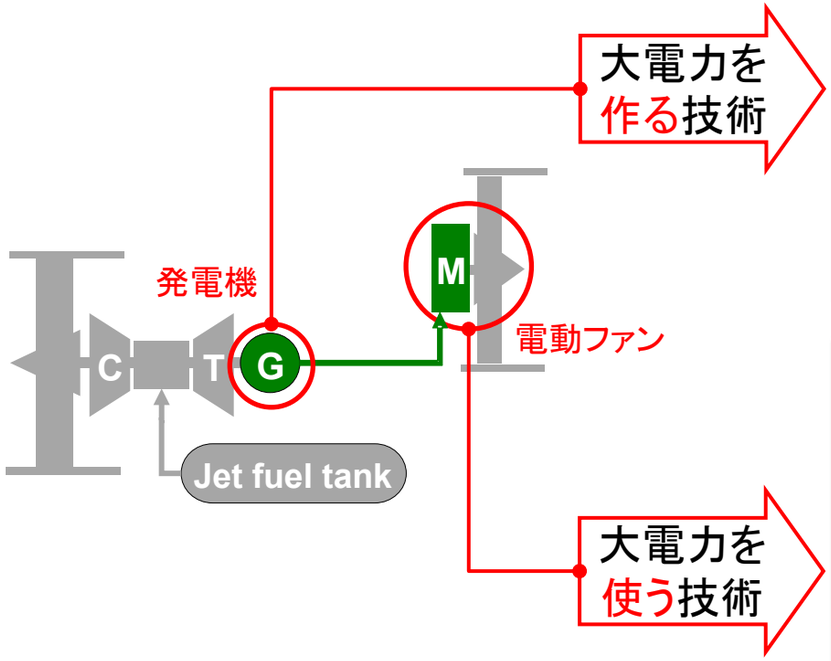
- ノンフライトエッセンシャルシステム
  ➔BLIファンが故障しても飛行が継続できる

© 2022 Japan Aerospace Exploration Agency

# 03 技術実証構想

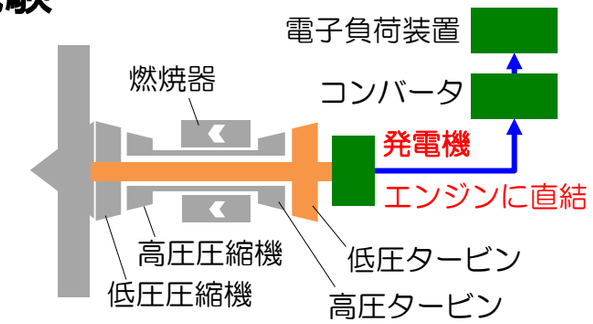
## 電動ハイブリッド推進システムの重要技術

【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

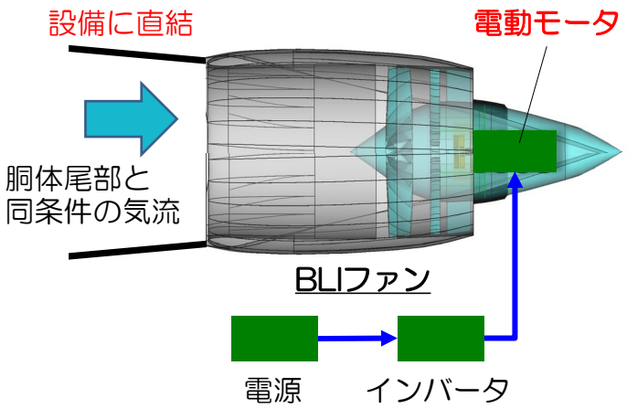
実ジェットエンジンの低圧軸に発電機を統合し、出力や安全保護技術を実証




実ジェットエンジン

### 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




BLIファン

● 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

© 2022 Japan Aerospace Exploration Agency

03 技術実証構想

# 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】

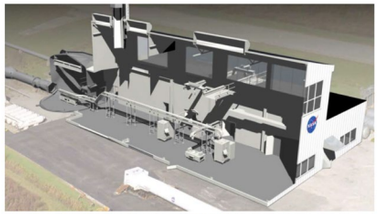


Fig. 1 NASA Electric Aircraft Testbed with STARC-ABL Configuration.

NASA Electric Aircraft Testbed(NEAT)

https://www.nasa.gov/feature/glenn/2022/nasa-ge-complete-historic-hybrid-electric-propulsion-tests

← https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20180005342/downloads/20180005342.pdf

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

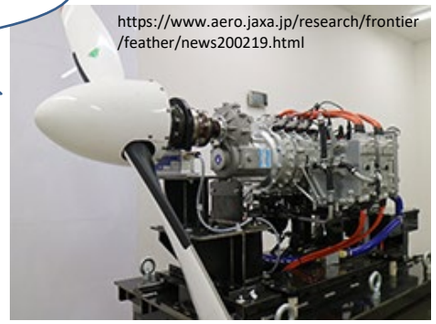
⇩

**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

© 2022 Japan Aerospace Exploration Agency

03 技術実証構想

# 空力性能の検証計画

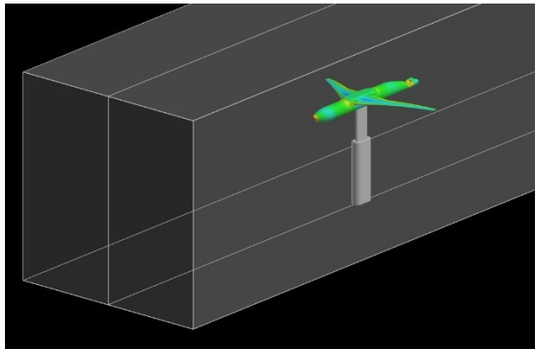
**CFD**
TRAeの空力設計

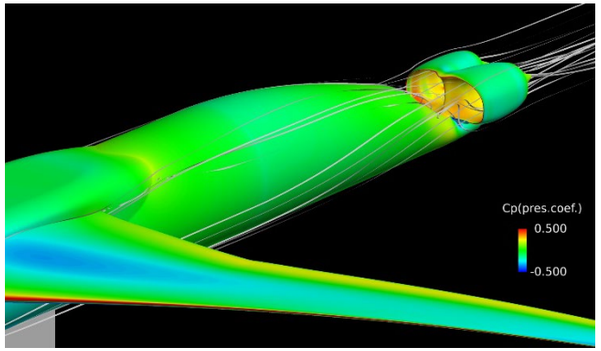
CFD（風洞模擬解析）

計測やデータ分析技術の開発
➔現在、実施中

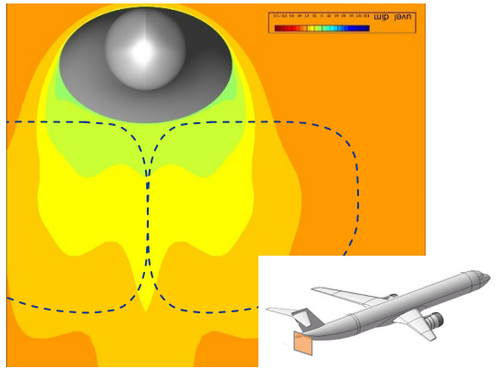
風洞試験（低速）

**風洞試験：FY2023～**
実機飛行速度でCFD設計を検証

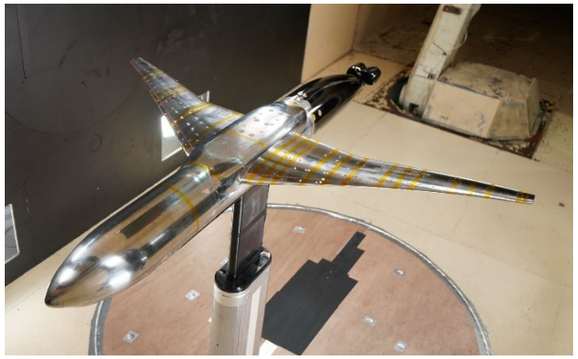




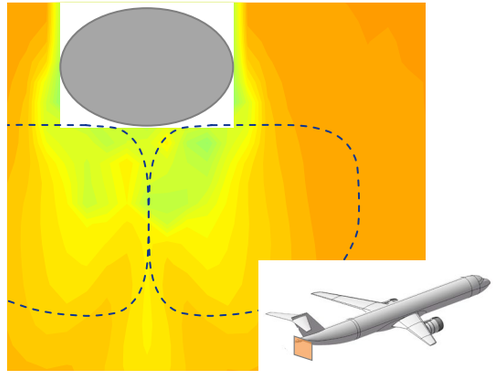

低速風洞を模擬したCFD



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

© 2022 Japan Aerospace Exploration Agency

# 04 まとめ

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。

© 2022 Japan Aerospace Exploration Agency

© 2022 Japan Aerospace Exploration Agency

## 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