

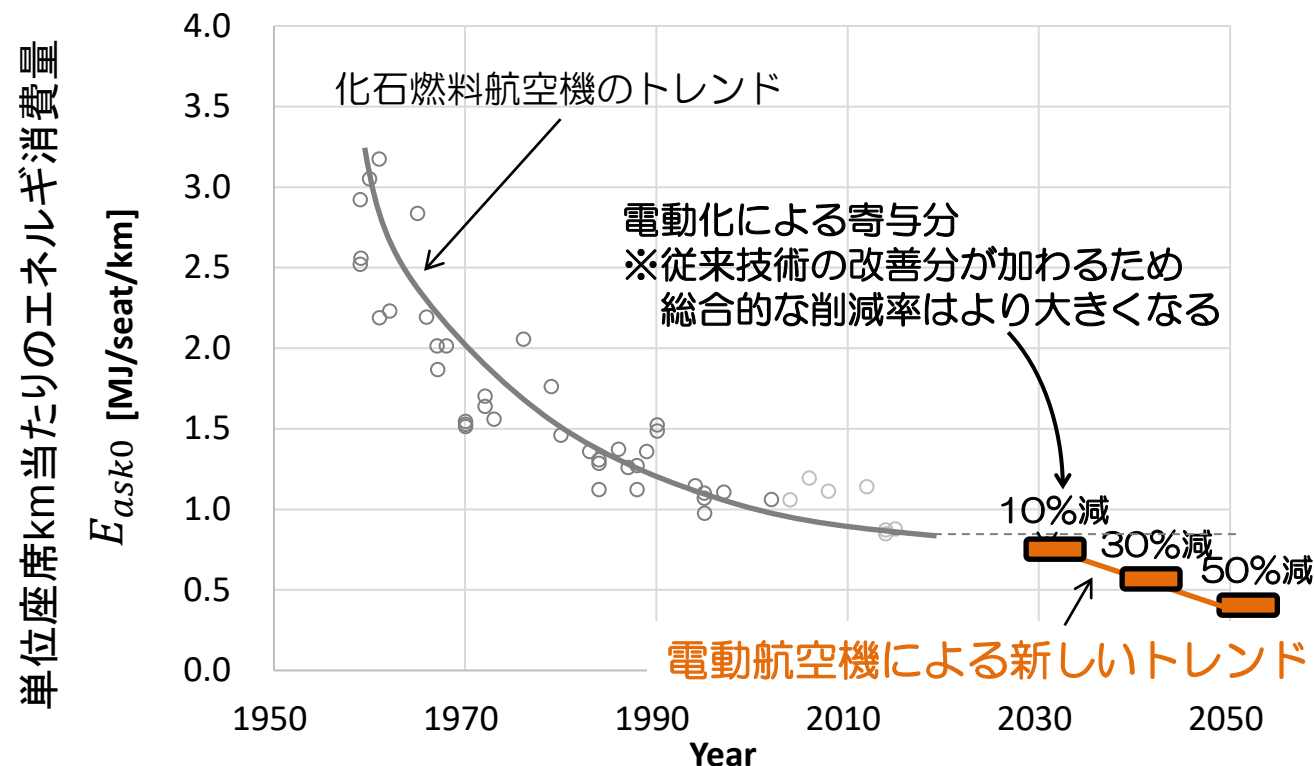


航空機電動化共通基盤技術の研究

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 航空技術部門
次世代航空イノベーションハブ エミッションフリー航空機技術チーム
横川 譲

1. 航空機電動化共通基盤技術サブグループの活動
2. 旅客機TRAeの検討
 - 推進効率の向上
 - 胴体BLI技術の適用
3. 活動成果のまとめ

航空機電動化将来ビジョンで示された燃費(=エネルギー消費)削減の目標



EIS時期	サイズ	燃費削減率
2030年代	細胴機以下 	10%
2040年代	全サイズ 広胴形態など 	30%
2050年代	全サイズ 理想的な形態 	50%

出典: <https://www.aurora.aero>

EIS: Entry Into Service

出典: 航空機電動化将来ビジョン【http://www.aero.jaxa.jp/about/hub/eclair/pdf/eclair_vision.pdf】

- ◆ 2030年代に技術的リスクが比較的低い**細胴機以下**のサイズから電動化し、社会実装
- ◆ 2040年代には全サイズに適用し電動化による新しいエネルギートレンドへ移行

航空機電動化共通基盤技術サブグループでは、**燃費削減目標達成と技術の社会実装に向け**、16機関の参画により下記の活動を実施中

【目的】

- ◆ 開発すべき機体コンセプト(TRAe: Technology Reference Aircraft)の共有
- ◆ 全機レベルで性能評価するツールや信頼性評価手法等、基盤的な知見とツールの共有

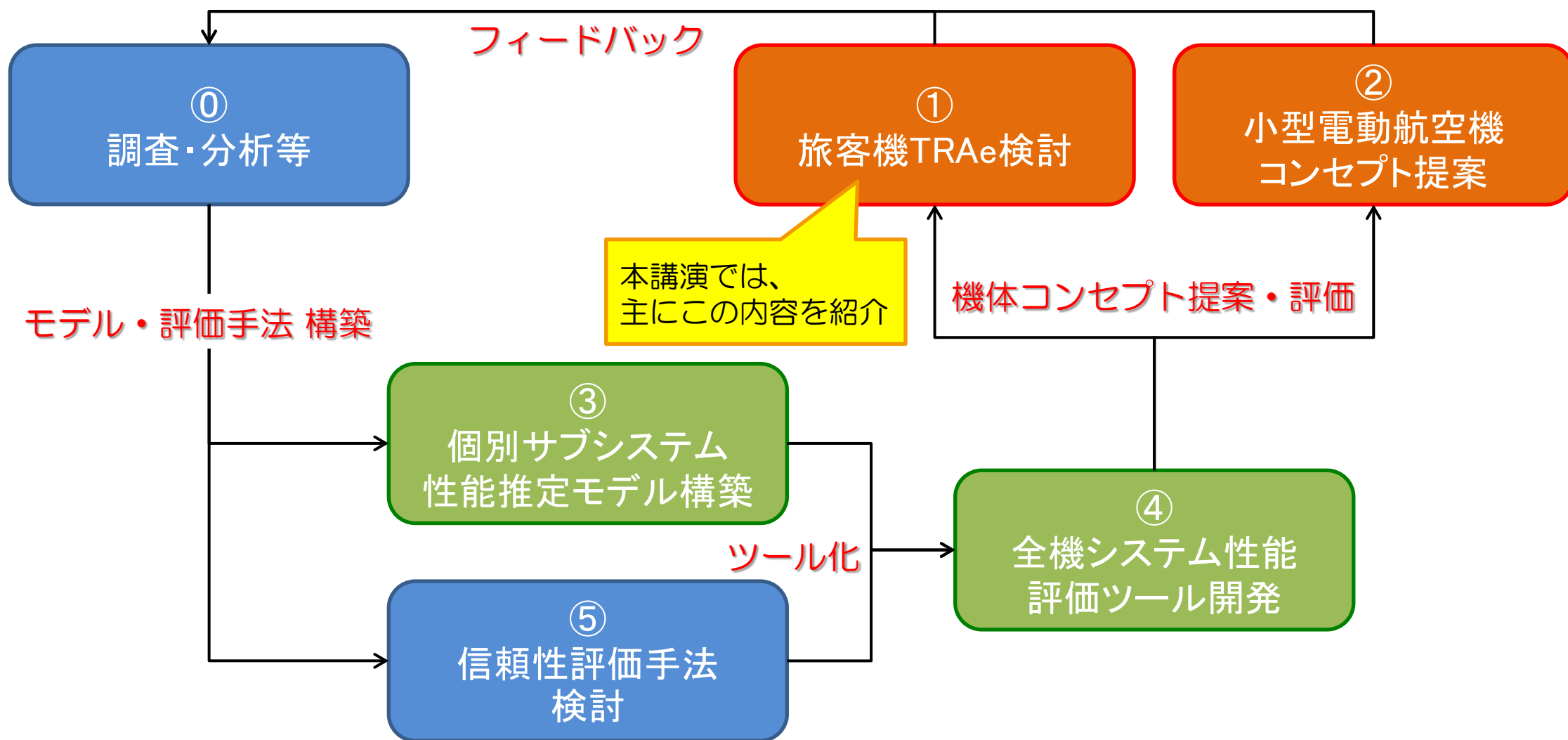
【内容】

- ◆ 「調査分析→性能推定モデル・ツール構築→機体コンセプト提案→性能評価」のループを繰り返す、検討の忠実度、成立性判定の確度を効率的に向上
- ◆ 信頼性評価手法について、既存の認証規格や将来の規格に対する情報収集結果を反映し検討

【成果目標】

- ◆ 高性能(特に燃費)な機体コンセプトと個別技術目標の設定、技術実証計画の詳細化
- ◆ 評価ツールの共有化による効率的な共同研究体制の確立、認証基準策定コミュニティへの提言

調査分析→性能推定モデル・ツール構築→機体コンセプト提案→性能評価のループ



単位座席km当たりのエネルギー消費量の定義

$$E_{ask0} = \frac{\overset{\text{搭載エネルギー}}{E_{total}}}{\underset{\text{航続距離}}{R} \underset{\text{座席数}}{N_{seat}}} = \frac{C_{str}}{\underset{\text{総合効率}}{\eta_{total}} L/D} = \frac{C_{str}}{\underset{\text{熱効率}}{\eta_t} \underset{\text{推進効率}}{\eta_p} \underset{\text{揚抗比}}{L/D}} \text{ (MJ/seat/km)}$$

重量指標

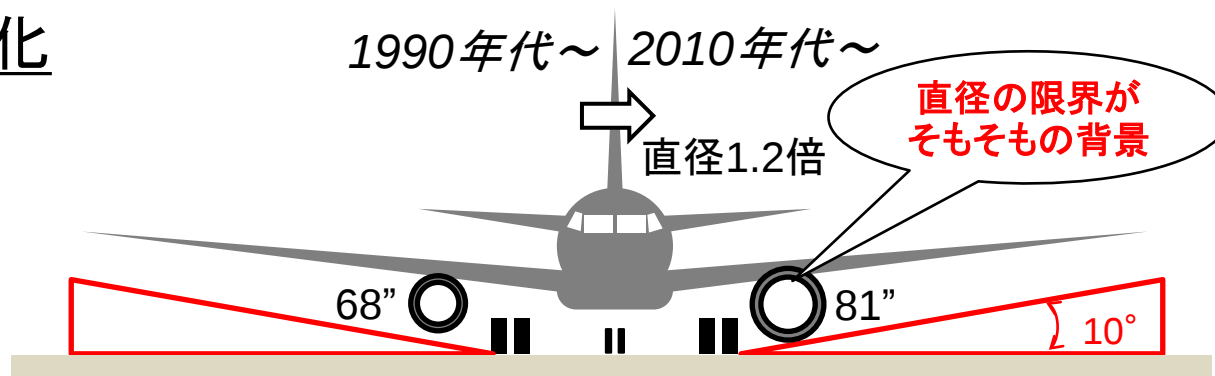
$$E_{ask1} = 0.9 E_{ask0} = \frac{C_{str}}{(1.1 \eta_{total}) L/D}$$

- ◆ 電動化によりエネルギー消費**10%以上の削減を狙う**
 ➔ 推進系の熱効率と推進効率の積を**10%以上向上させうる**技術が必要

推進効率を向上する従来手段

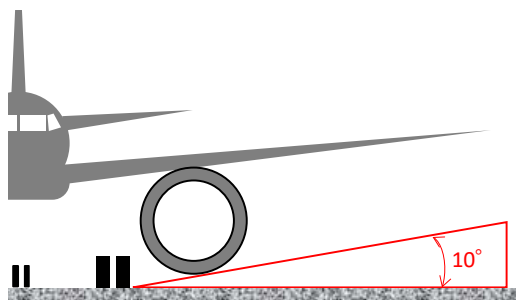
＝バイパス比増加→ファンの大口径化

- ファン径をさらに拡大することは困難
- 電動ファンの追加により実質的にバイパス比を増加



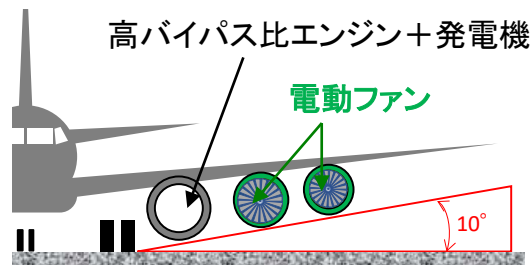
解決方法の選択肢

更なる超高バイパス比化

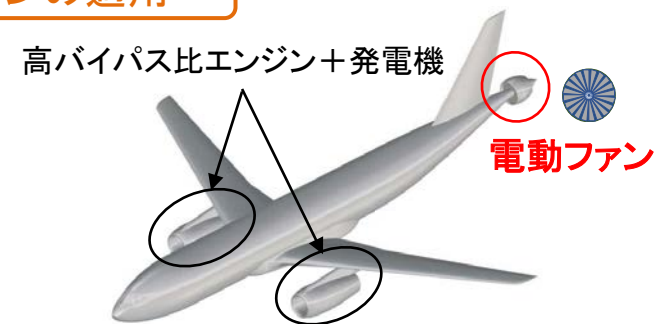


- ◆ 脚を延ばす→非現実的
- ◆ 超高バイパス比エンジン(非電動)

電動化ファンの適用



- ◆ 高バイパス比エンジン+発電機
- ◆ 主翼下電動ファン



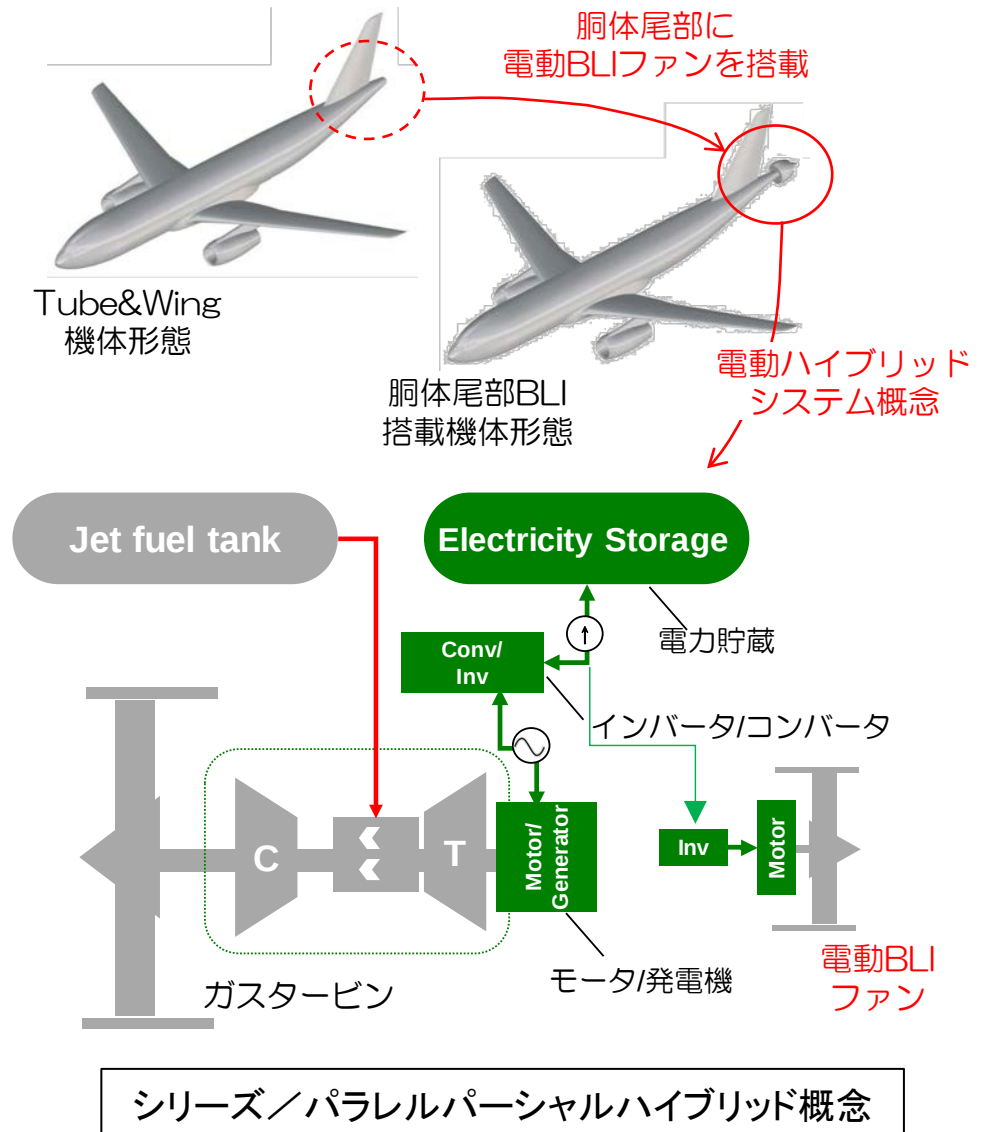
- ◆ 高バイパス比エンジン + 発電機
- ◆ 胴体尾部電動ファン
- BLI技術

【胴体BLIの効果】

- ◆ バイパス比向上による推進効率の向上
および
- ◆ 空気抵抗低減(?)
- ◆ 流入速度が低くなることによる推進効率の向上

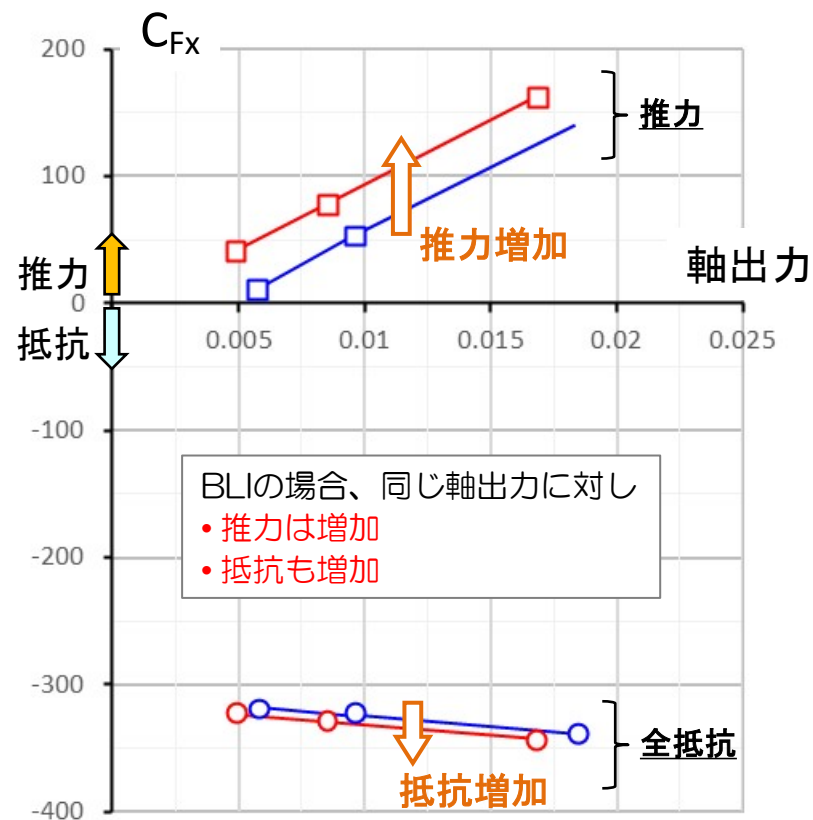
【電動システム】 ※ G/T = ガスタービン

- ◆ 初期段階では、G/Tファンとの併用により、電動化率が小さく技術的に導入し易い「**パーシャルハイブリッド**」を適用
- ◆ G/Tエンジンにより発電する「**シリーズハイブリッド**」方式で胴体尾部の**電動BLIファン**を駆動
- ◆ G/Tエンジンの動力を電動モータでアシストする「**パラレルハイブリッド**」を併用

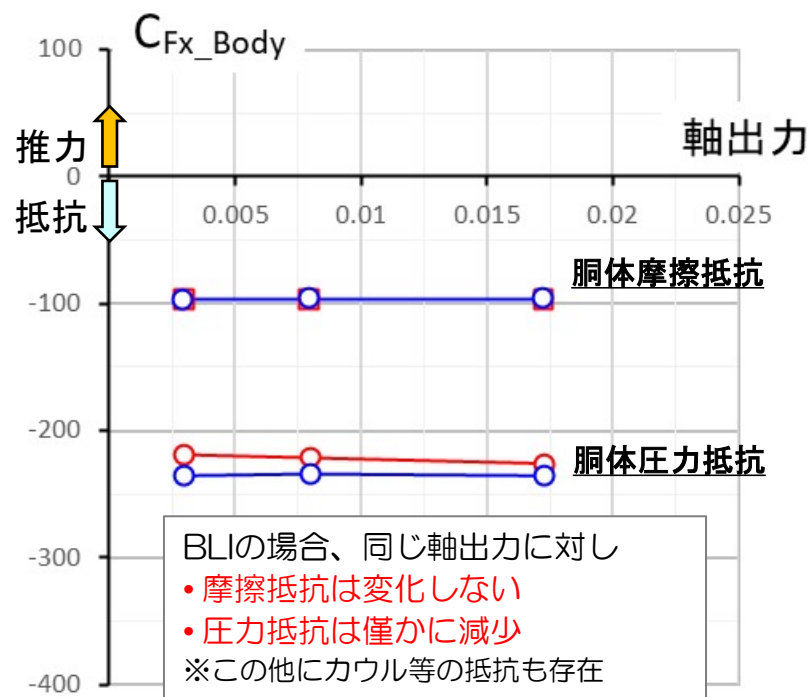


3次元の空力・推進CFDシミュレーション ※ CFD = Computational Fluid Dynamics

- ◆ BLIの原理の理解／**定量的な効果の把握**
- ◆ 胴体尾部空力やBLIファンレイアウトの**設計指針獲得**



推力・全抵抗とBLIファン出力の関係



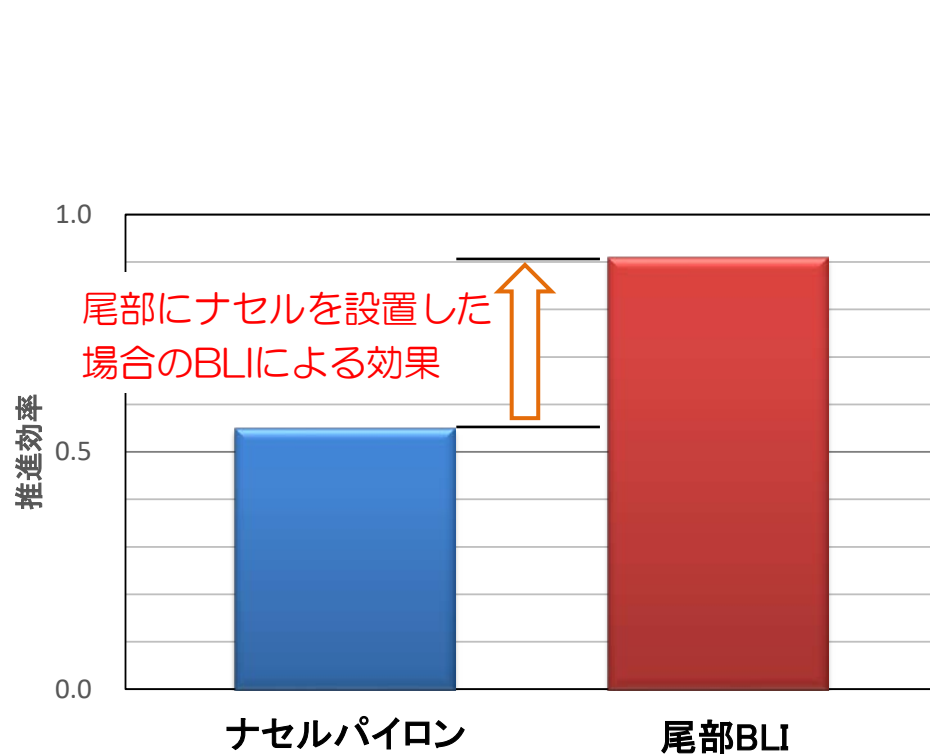
胴体抵抗の内訳

BLI効果を評価するための
リファンレス形態

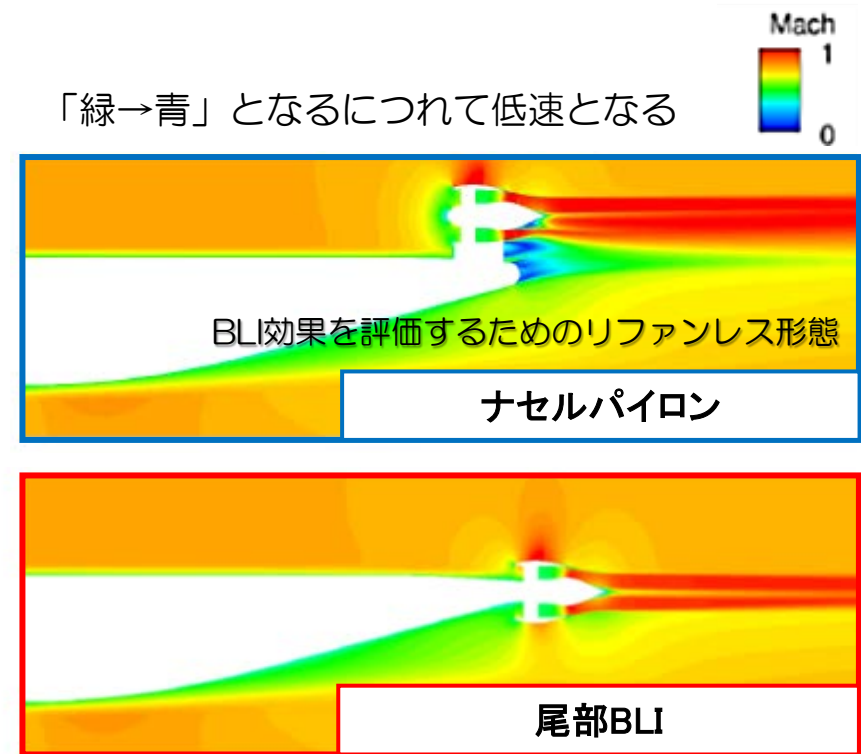


胴体BLIによる推進効率の向上(BLIファン単体効果)

- ◆ 単純にナセルを設置するだけでも効果は大きいことを確認



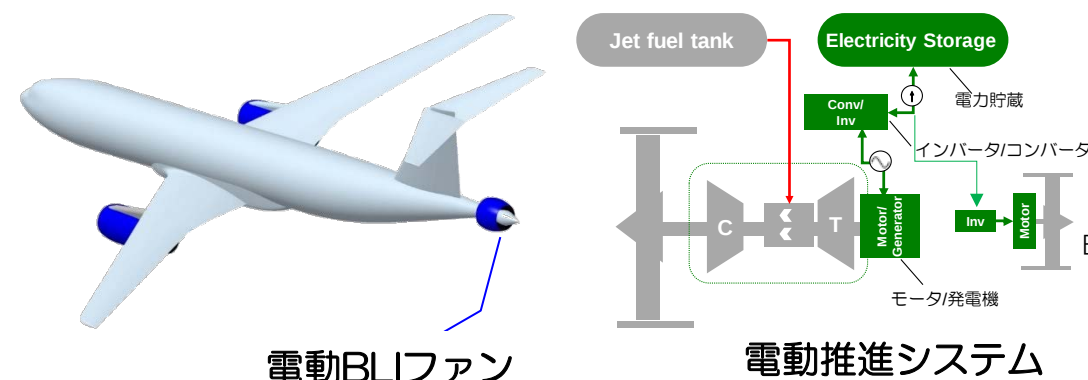
※ファン圧力比を一定とした場合の比較



➡CFDで得られたBLI性能データをインプットとし、全機での効果を評価

【TRAeの第1次案】

- ◆ 150席級のTube&Wing形態
ペイロード40,000lb／航続距離5,000km
巡航マッハ数 0.78
- ◆ 胴体尾部に電動BLIファン搭載
- ◆ シリーズ/パラレルパーシャルハイブリッド推進



- 推力配分
BLI：ジェットエンジン=0.65：1
- BLI出力：約4MW
- モータ&インバータ出力密度：4kW/kg以上

【主要な技術課題】

- ◆ 空力・構造：尾部形状（尾翼含む）、尾翼・BLIファン支持構造
- ◆ 推進系：インレットディストーション耐性
- ◆ 電動化：搭載機器の出力密度向上、機器冷却、高高度環境での性能維持
- ◆ 全機設計：重心や引き起こしの制約、BLIファンスペック（サイズ、個数、位置）
性能推算モデルの高忠実度化
- ◆ 技術実証の方法：性能評価、安全・信頼性評価

2019年度、航空機電動化共通基盤技術サブグループにおいては下記の成果を創出

【①調査・分析】

- ◆ 世界の標準化動向調査に関する外部資金を獲得し、網羅的に調査
- ◆ 米国特許を調査し傾向分析／787等MEA関連 の技術情報を収集・整理

【②旅客機TRAe】

- ◆ 胴体BLIの詳細検討、全機レベルでの性能推算、TRAe第1次案の提案

【③小型機コンセプト】

- ◆ 小型電動航空機(eVTOL等)の性能解析ツールを構築し、本グループ参画機関で共有

【④評価ツール】

- ◆ 全機システム性能評価ツールを構築し、本グループ参画機関で共有

【⑤信頼性評価手法】

- ◆ 航空以外の産業用途における現状の信頼性評価手法を調査・整理

Thank you.



宇宙航空研究開発機構
次世代航空イノベーションハブ



JAXA ECLAIR

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