

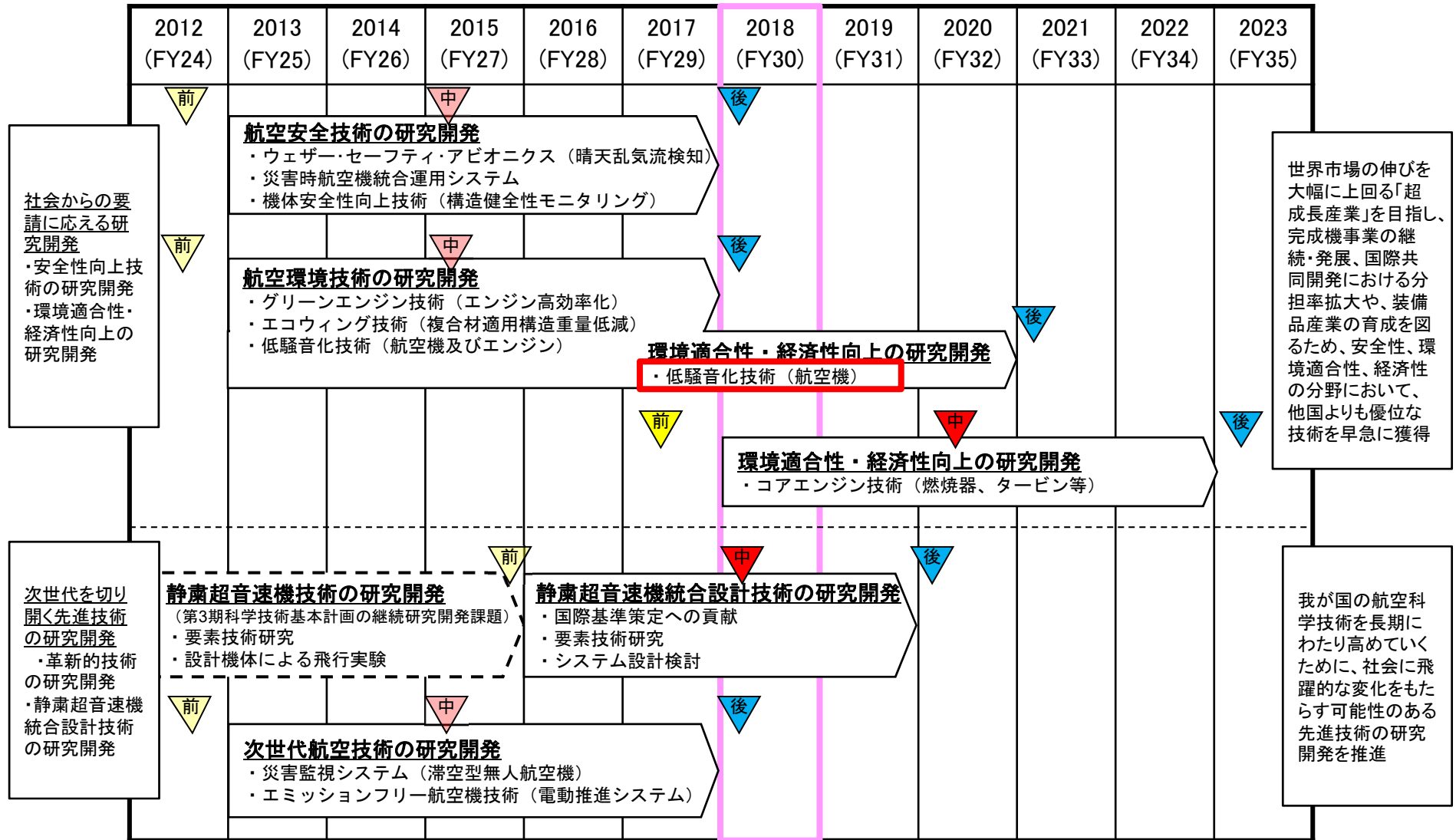
# フクロウ FQUROH 飛行実証試験結果の報告について



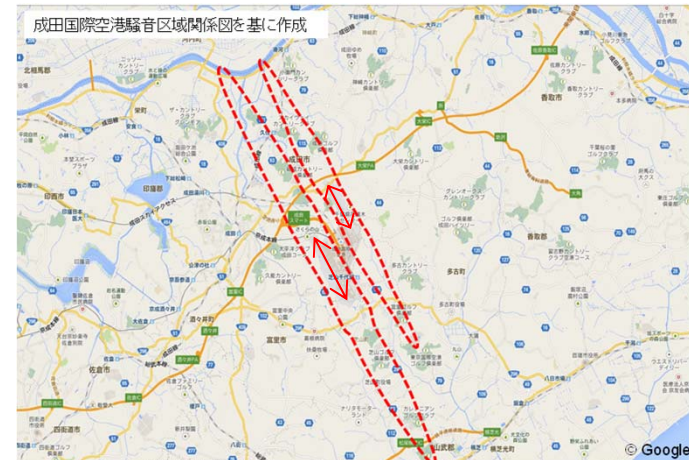
平成30年2月23日  
国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構  
航空技術部門

Flight Demonstration of Quiet Technology to Reduce Noise from High-lift Configurations

# 航空委における本研究開発の位置づけ

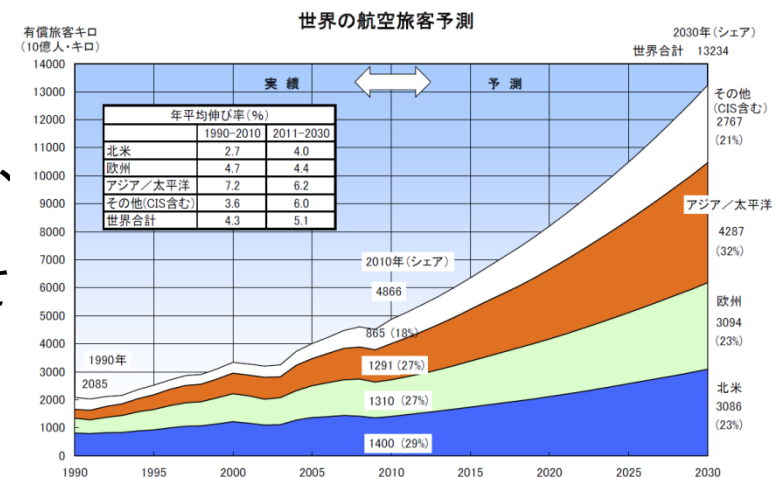


- 1960年代から空港周辺に与える騒音は大幅に低下
- しかし、現在でも空港周辺の地域社会に対して最も明示的な影響を与えている環境問題
  - 騒音レベルによって空港の夜間運用制限
  - エアラインが支払う空港離発着料が騒音レベルで決められる
  - 飛行経路の下の土地の利用制限
  - 空港周辺の民家の騒音対策



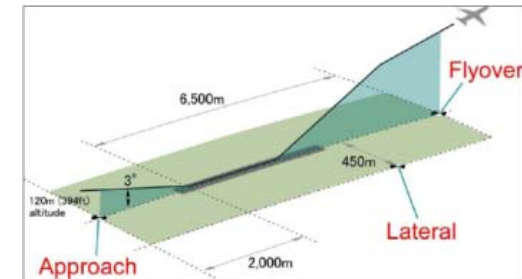
成田空港周辺で環境騒音基準(Lden 62dB)を超えている第1種騒音区域

- 今後の航空輸送の増大による離発着回数の増加
  - 今後、輸送量の増加は年5%、20年間で2.6倍と予想されている
  - 離発着回数による騒音被害の増加を上回る、一機あたりの低騒音化が必要
  - 離発着回数は約2倍程度になると予想されているが、これは3dB以上の騒音被害の増加に相当する。

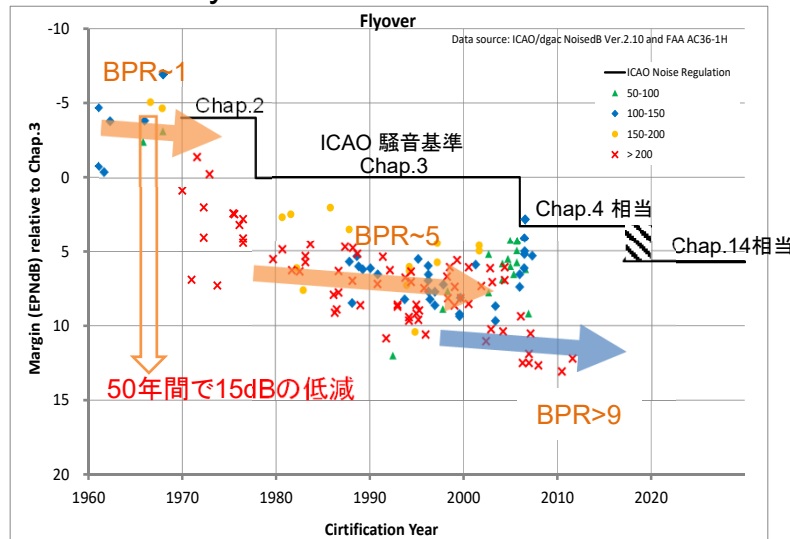


(財)日本航空機開発協会 (JADC) 資料より

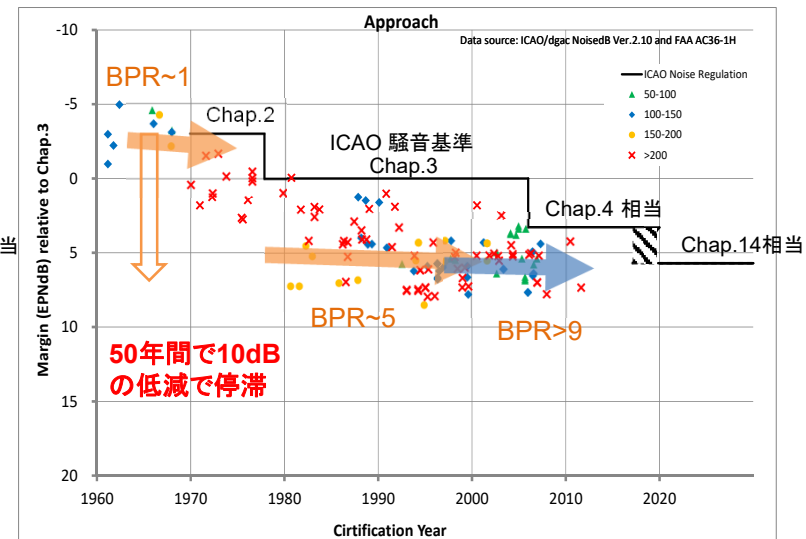
- 離陸側の騒音はエンジンのバイパス比(BPR)の向上に伴い大幅に低減
  - ジェット騒音、ファン騒音の低減による
  - 今後もBPR15以上に向けた技術開発が行われている
- 進入側の低騒音化の停滞
  - 機体騒音がエンジン騒音を上回る傾向
  - 将来の低騒音化のボトルネックになりつつある



Flyoverの騒音低減の推移

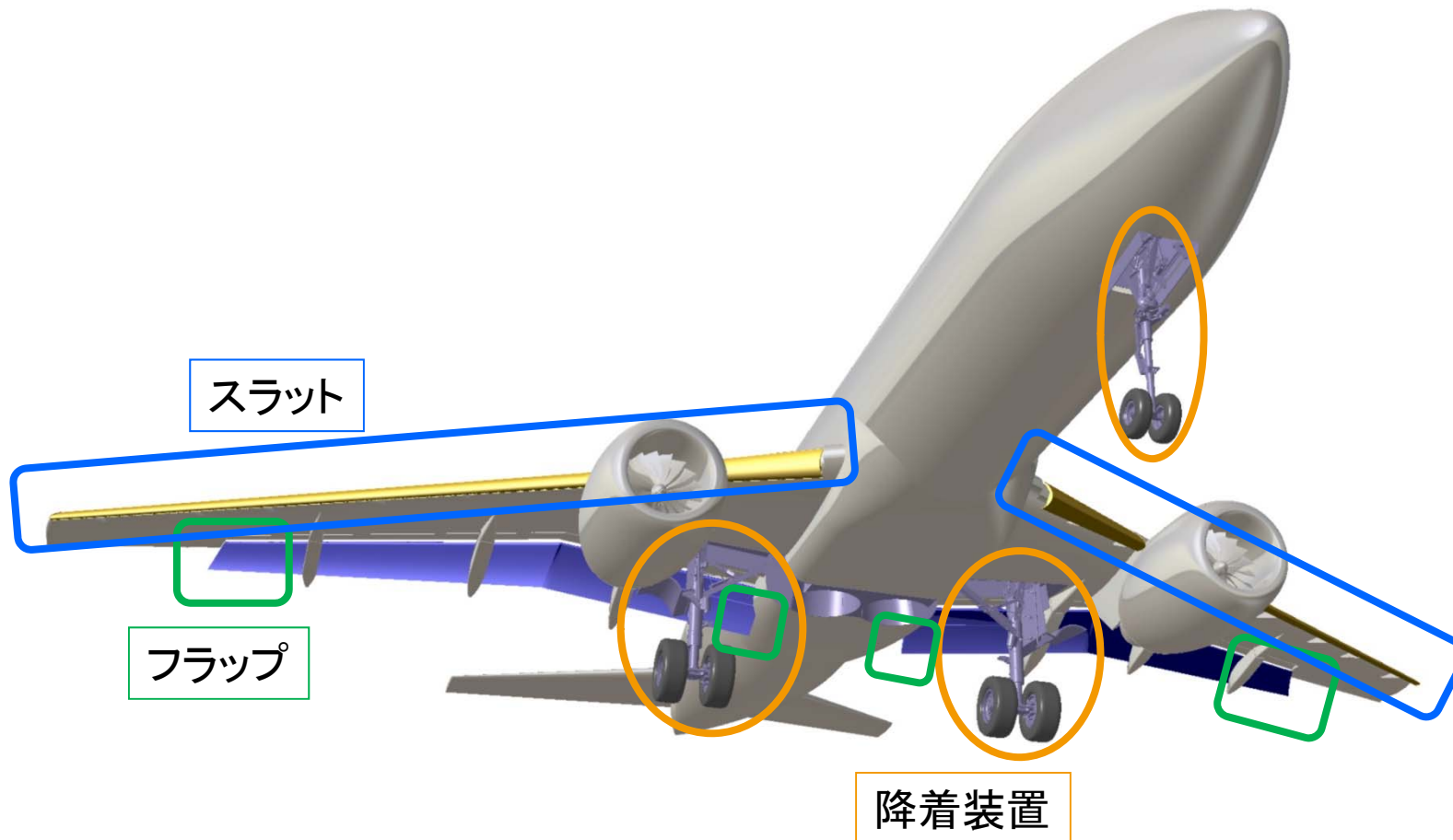


Approachの騒音低減の推移



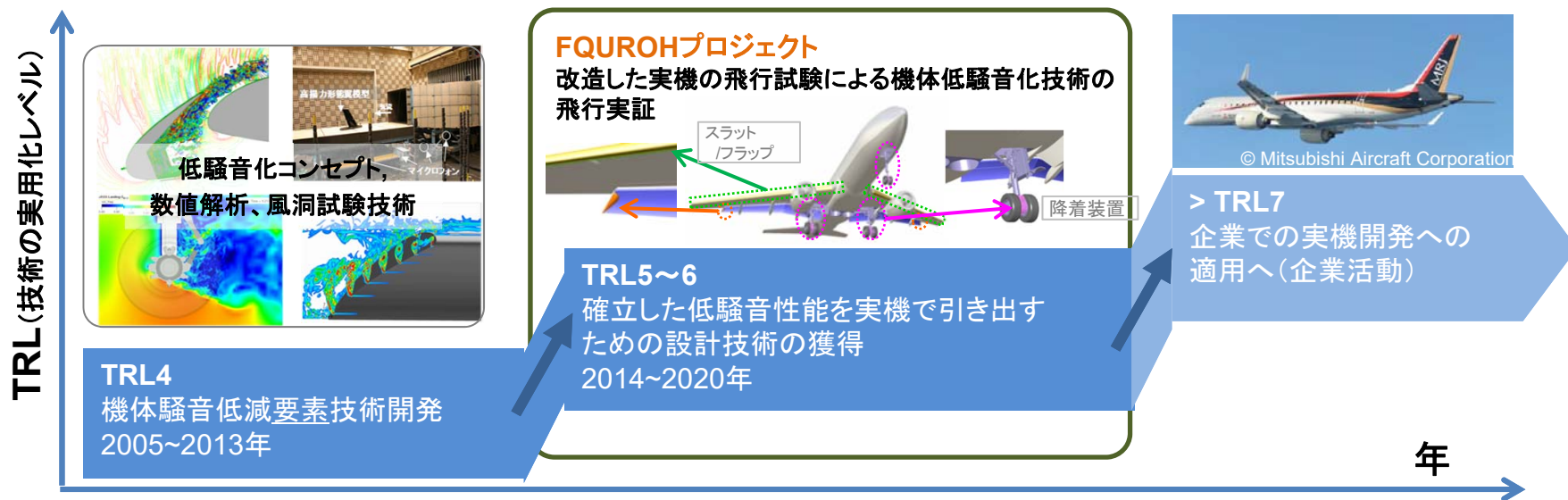
※Chap.4, Chap.14相当について: Chap.4以後は3つの評価点の合計に対する基準となっているため、ここでは低減量を均等に割り振った場合を比較の参考に「相当」として示している。

- 最新の旅客機では着陸進入時の騒音の主音源
- 主翼のスラット、フラップ、主脚、前脚で発生する風切り音がその原因
- 各国研究機関がリードして低騒音化技術の研究が進捗



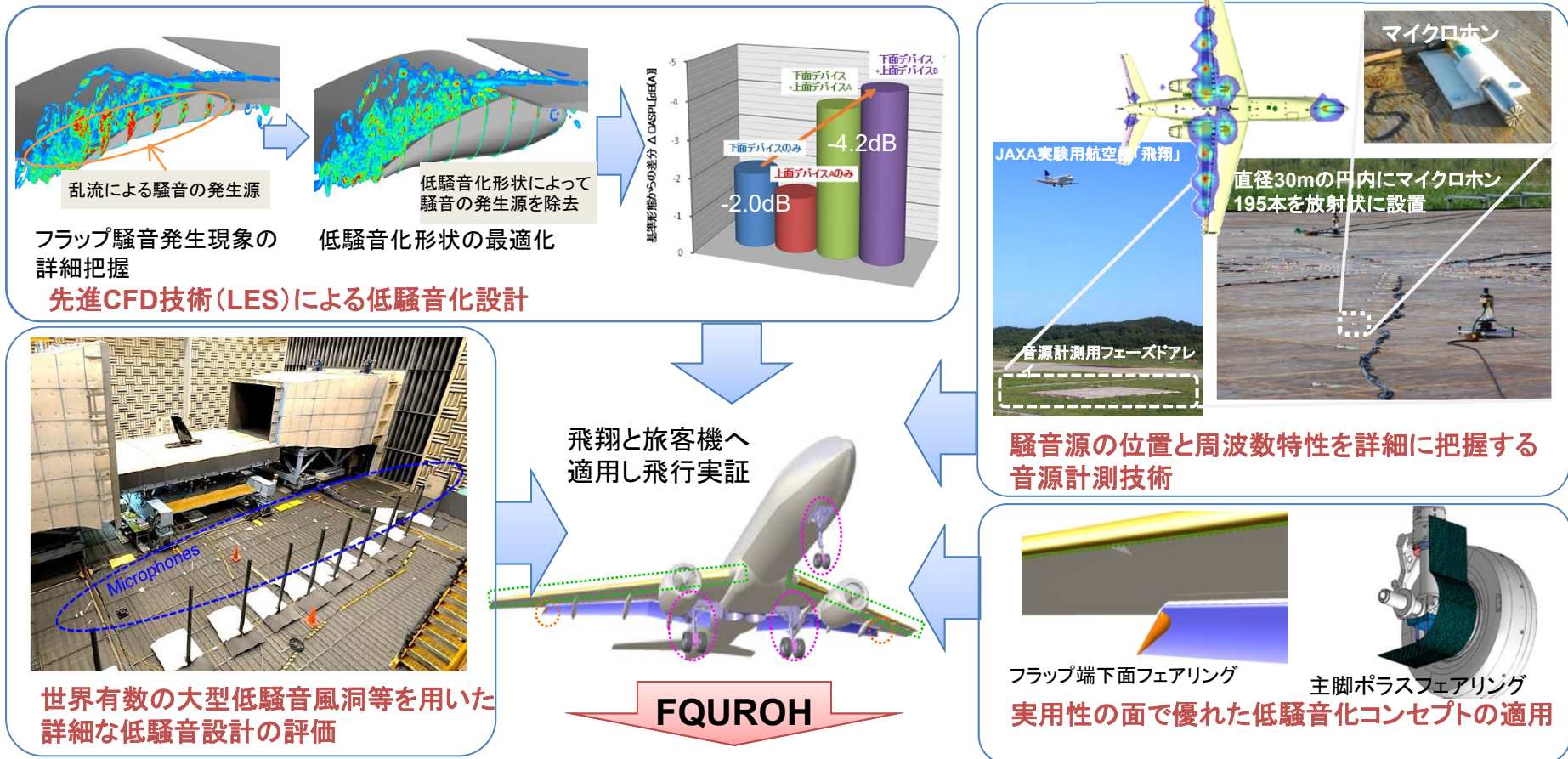
# 機体騒音低減技術の飛行実証FQUROHの目的

- 将来の静かな旅客機の実現のために必要な低騒音化技術の確立
  - これまでJAXAと国内企業の協力で数値解析・風洞試験によって開発してきた機体騒音低減技術を実機飛行環境において技術実証を行う。
  - 最新の数値解析技術を用いた低騒音化設計を積極的に活用することにより技術成熟を加速し「機体の低騒音設計技術」を開発する。
  - 飛行実証結果を検証するプロセスにより、低騒音化技術の実機適用での課題を解決する技術を獲得する。



Flight Demonstration of Quiet Technology to Reduce Noise from High-lift Configurations

- 航空機低騒音化のため、企業とも協力して研究開発を進めたJAXAの4つのキー技術を活かし、飛行実証により実機開発での低騒音設計技術として獲得



先進CFD技術による低騒音化設計法開発の加速  
機体騒音低減コンセプトの実用性の実証

- JAXA航空環境技術の研究開発(ECAT)プログラムの一環
- 技術開発ニーズを有する航空機・装備品メーカーとの共同研究体制により実施
- ECATプログラムの基盤研究における大学・海外研究機関との連携も活用し、プロジェクト成果の高度化を図る


## JAXA航空環境技術の研究開発(ECAT)プログラム

### FQUROHプロジェクト

#### 共同研究



川崎重工航空宇宙カンパニー

 航空技術部門 住友精密工業

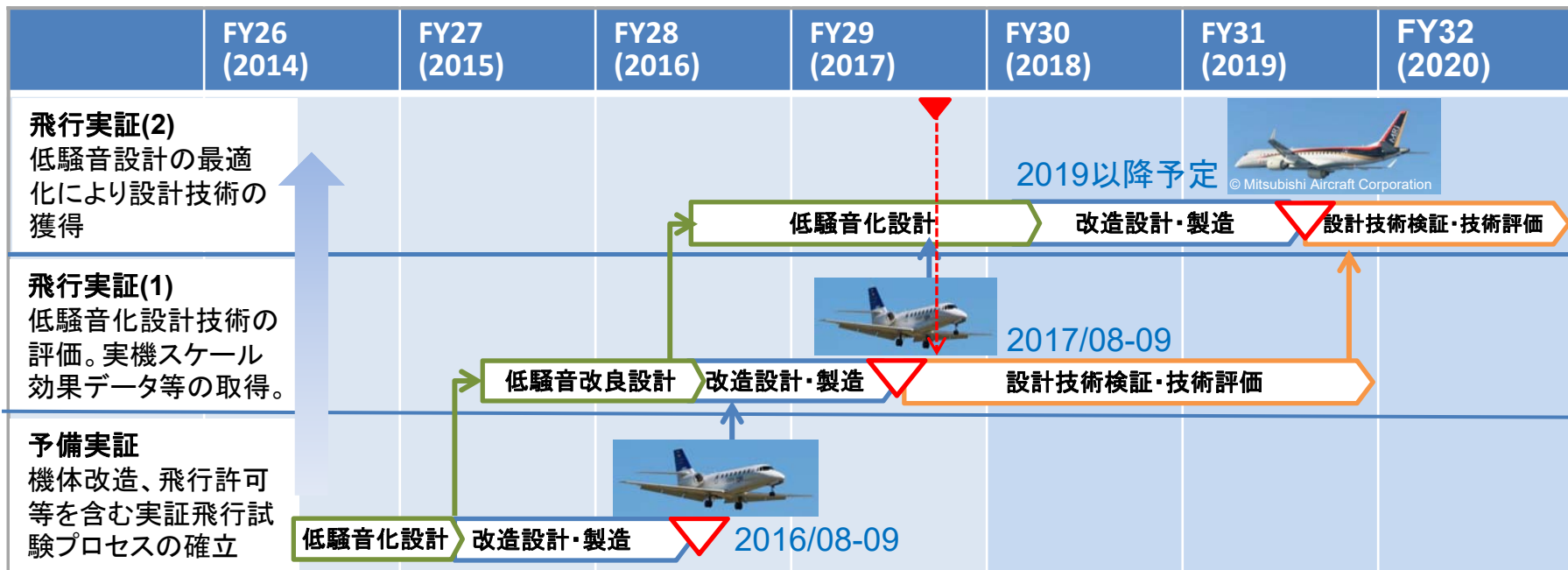
基盤研究との連携

JAXA基盤研究、大学・海外研究機関との連携  
解析・計測技術高度化のための研究協力



# FQUROHプロジェクトの目標達成のステップと現状

- JAXA実験用航空機「飛翔」とMRJを使い、3回の飛行実証により低騒音化の設計技術獲得を目指す。
- 2016年に予備段階の飛行実証（予備実証）を実施し、実証プロセスを確立
  - フラップ低騒音化技術の飛行実証は世界初
- 改良した低騒音化設計を基に、2017年8~9月に「飛翔」用いた飛行実証試験（飛行実証(1)試験）を無事終了。



# 「飛翔」に適用する低騒音化コンセプト

- 主音源のフラップと主脚に過去の研究から得られた低騒音化法を適用
  - フラップの端部(全12か所): 3種類の方法を組み合わせ適用
  - 主脚の車間: 騒音源周囲の流れを減速する多孔カバーを適用
- 実機の形状に合わせた低騒音化設計の後、改造のために構造設計を実施。
- 航空法第11条ただし書に基づいて飛行試験の許可を得る



Small Barriers

Flow separation

Isotani et al, AIAA2013-2064

JAXA実験用航空機「飛翔」  
(Cessna Citation Sovereign)

Flap side edges

2kHz

Nose gear

Main gear

「飛翔」の騒音源(2kHzの例)

Vortex Generators

Flow

Murayama, et al., AIAA Paper 2017-4030

Protruding Rounded Lower-edge (PRLE)

Murayama, et al., AIAA Paper 2013-2067

Porous-plate Cover

Murayama, et al., AIAA Paper 2012-2279

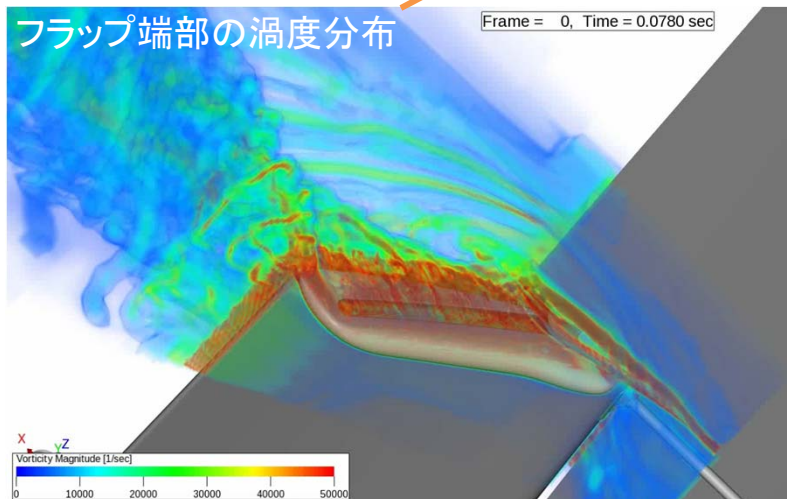
# 飛行実証(1)に向けた飛翔の低騒音化設計

- この10数年間に発展してきた先進的CFD (Large Eddy Simulation) 技術を活用して、低騒音化コンセプトを実機に適用するための設計
- 低騒音化の予測と設計形状の最適化を行い、候補になる形状を絞り込む
  - フラップは低騒音化形状の最適化とともに、PRLEの巡航抵抗ペナルティ低減

低騒音化デバイスを装着して飛行する飛翔

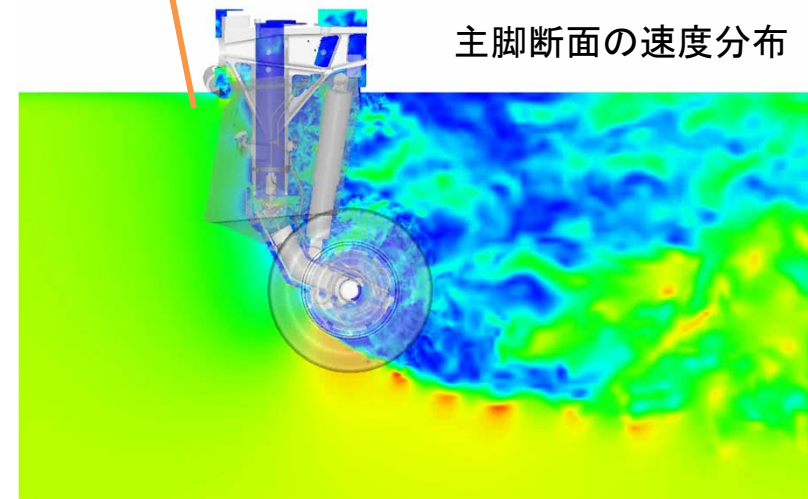


フラップ端部の渦度分布



フラップの低騒音化設計 (PRLEデバイスの適用)

主脚断面の速度分布



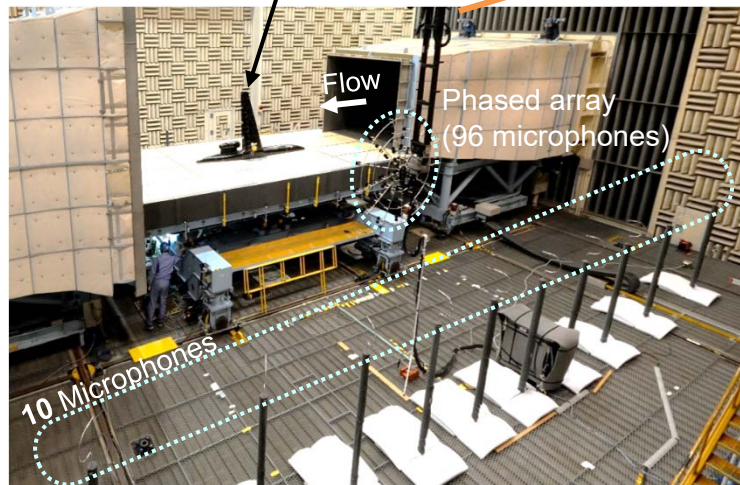
主脚の低騒音化設計 (Porous-plate coverの適用)

# 飛行実証(1)に向けた飛翔の低騒音化設計

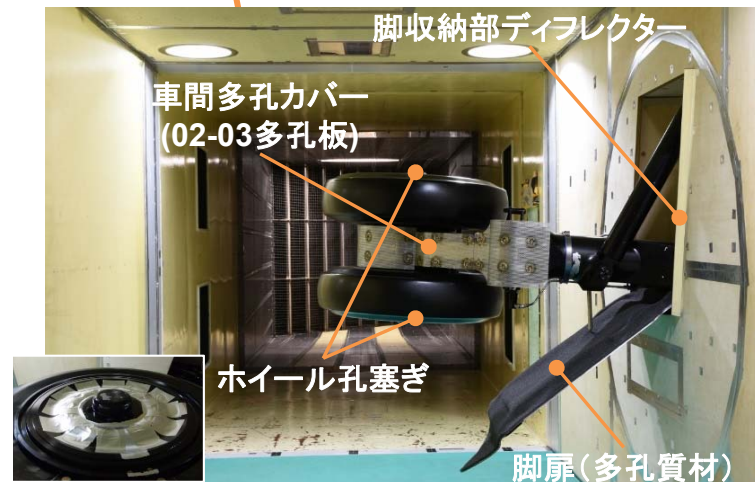
- 低騒音風洞を用いて低騒音化の効果を評価し、最終形状を確定
- フラップは18%スケールの風洞模型、主脚は実スケール模型を用いて評価
  - 主脚は多孔カバーに加え、脚扉、脚収納部にも低騒音化を実施



飛翔18%スケール半裁模型

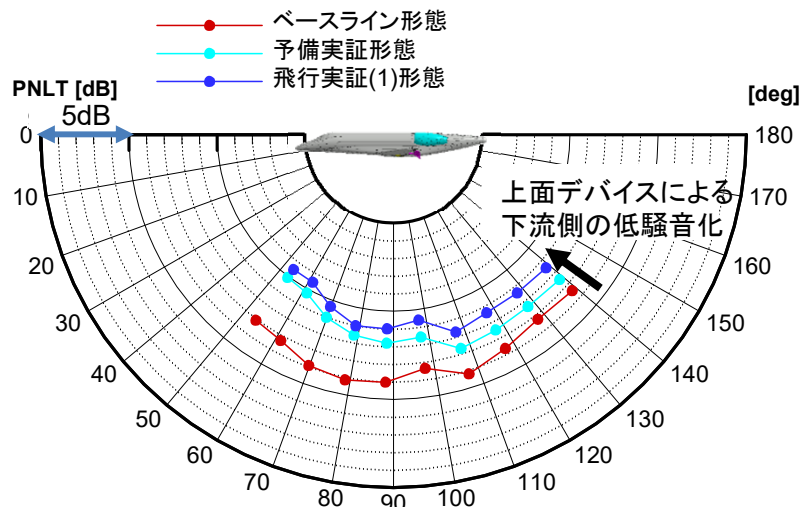


鉄道総研大型低騒音風洞を用いたフラップ低騒音化設計の評価

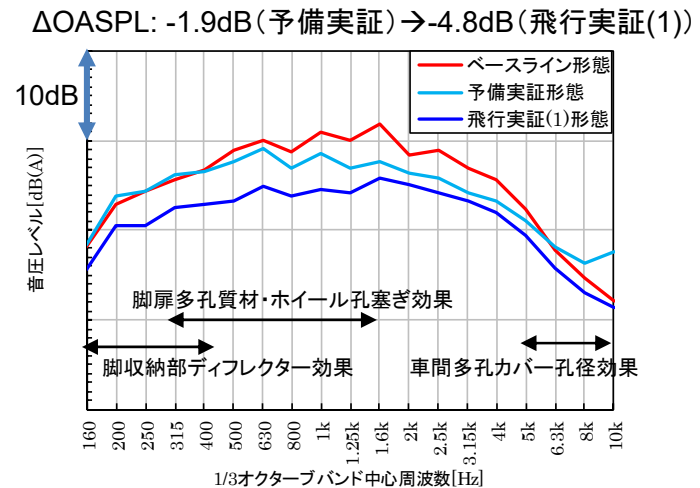


JAXA 2m×2m低速風洞における、飛翔主脚実スケール模型による低騒音化設計の評価

- フラップ低騒音化
  - 下面PRLEデバイスの抵抗ペナルティの削減
  - 下面PRLEデバイスのフラップトラックによるキャビティ音の抑制
  - 上面デバイスの騒音低減効果の改良 → 下流側において効果大
- 主脚低騒音化
  - 5kHz以上で騒音が増えた車間多孔カバーの孔径を小さくして騒音を抑制
  - 車間部以外(脚扉、脚収納部、ホイール外側)の騒音源への対応



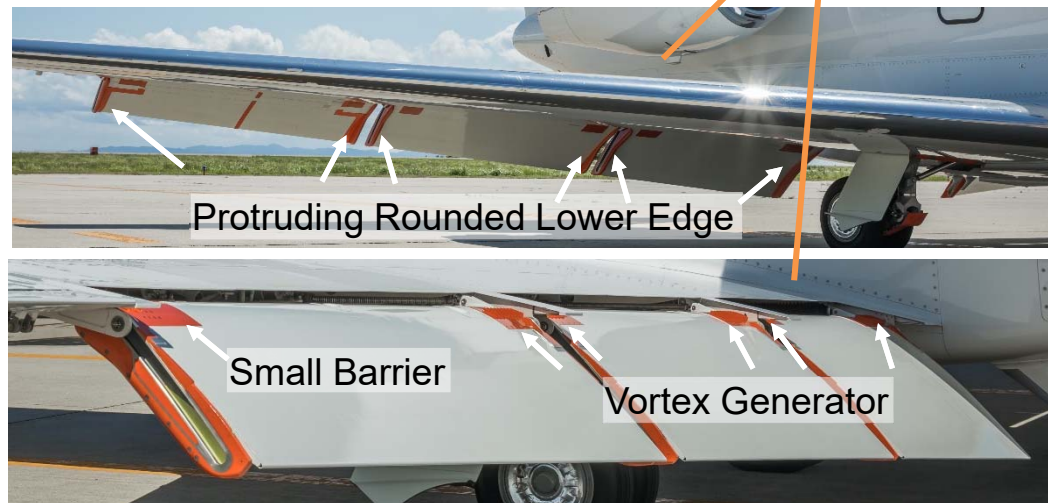
フラップ騒音の知覚騒音レベル(PNL)の指向性  
(18%半裁風洞模型試験結果)



主脚騒音の90度(直下)方向のスペクトル  
(実スケール模型風洞試験結果)

# 飛行実証(1)に向けた飛翔の改造

- 2016年の低騒音化設計を反映し、予備実証の結果も踏まえて機体を改造  
(写真の赤い箇所)
- 構造設計、飛行性能解析に基づく飛行安全性の証明により、大阪航空局より、航空法11条ただし書に基づく飛行許可を7月に取得



フラップ低騒音化の改造



主脚低騒音化の改造

- 2017年8月: 飛行安全性の確認と、のと里山空港における騒音源計測の準備
  - 8/7~8/17: 改造フラップ動作確認(名古屋拠点)
  - 8/21~9/2: 地上滑走試験(のと里山空港)  
／飛行性能確認試験(日本海上空)
  - 8/24~8/28: フェーズドアレイ設置準備
- 2017年9月: 技術実証のための騒音源計測試験
  - 9/9~9/10: フェーズドアレイ計測最終準備
  - 9/13~10/1: 低騒音化技術の検証データを取得する騒音源計測試験を実施
- 騒音源計測の内容: 機体の形態と飛行条件を変えながら222回の計測を実施
  - 気象条件、飛行条件のばらつきを考慮して主な計測ケースに対しては10回以上繰り返して計測
  - 基準飛行条件:  
飛行速度 140kt (72m/s), 高度 200ft (61m)
  - 技術検証に十分な数のデータを取得することができた。



騒音源計測のために、のと里山空港の着陸帯に設置したフェーズド・マイクロホン・アレイとその上空を低空飛行する実験用航空機「飛翔」

# フェーズド・マイクロホン・アレイによる騒音源計測

- 能登空港着陸帯に35m×35mの土台にマイクロホン195本を放射状に設置して計測
  - ナビゲーションシステム "Tunnel-In-the-Sky"(TIS) による正確な飛行
  - ラインセンサカメラによる通過位置・速度のクイック計測
  - Kinematic GPSによる高精度な飛行経路の計測
- 計測点上空±2秒間程度の間にはフライトアイドル、高度60m/30mの水平飛行を行うことにより機体騒音を明確化

「飛翔」のcockpit



TIS画面

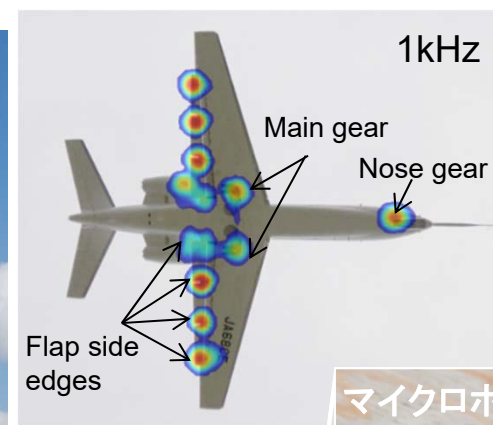
2018/02/23

JAXA実験用航空機「飛翔」



フェーズド・マイクロホン・アレイ

FQUROH飛行試験結果の報告について

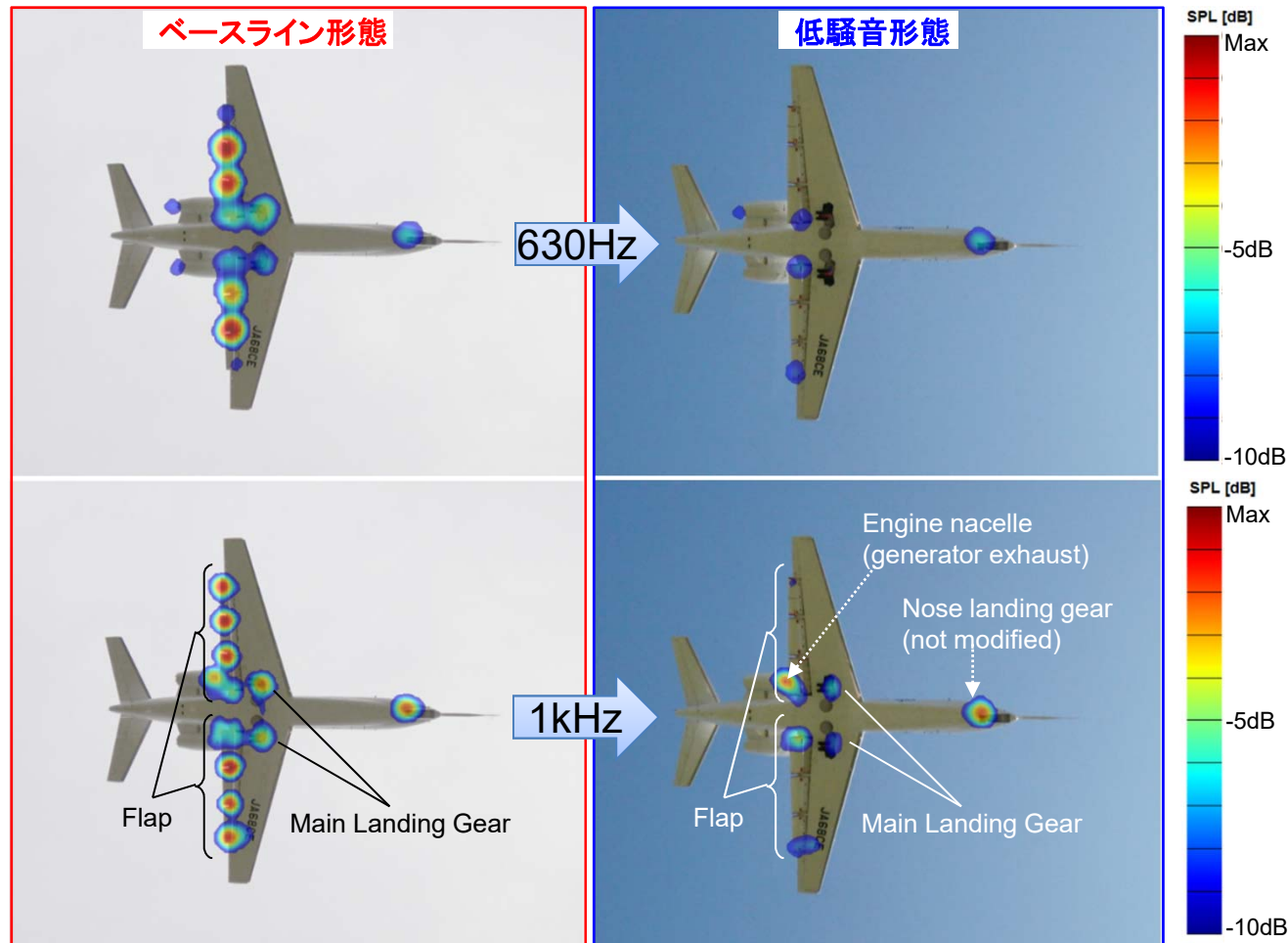


16



# 飛行実証(1)試験の速報(音源マップ)

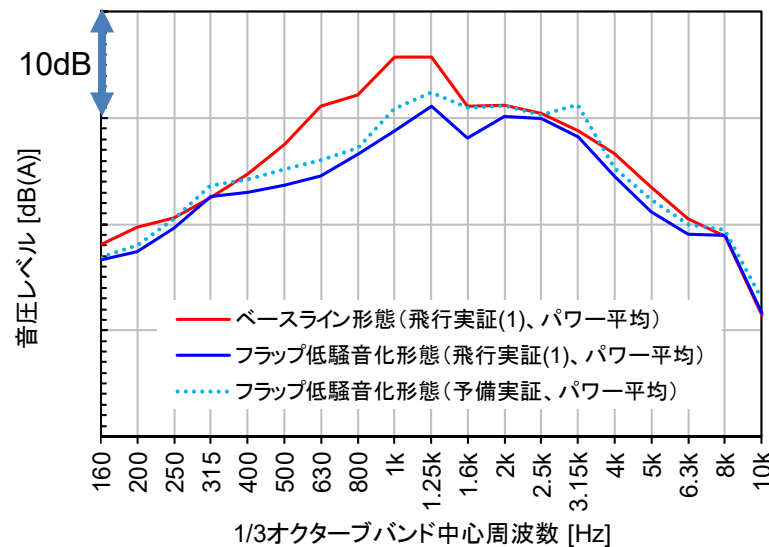
- 低騒音化設計の狙い通りの低騒音化を確認
  - フラップ: 予備実証(2016年)同様、500Hz~1kHzで5dB以上の大幅な低騒音化
  - 主脚: 予備実証では低周波数帯域で低騒音化ができていなかったが、脚収納部等の低騒音化により、今回の飛行実証試験では3dB以上の低騒音化を実現



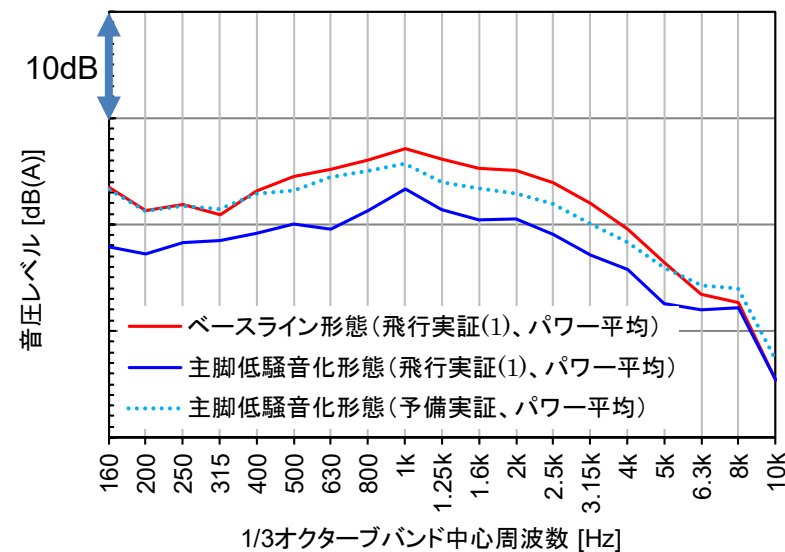
# 飛行実証(1)試験の速報(音源の騒音スペクトル)



- 音源マップを部分積分して音源の騒音スペクトルを導出(計測点直上通過時)
- フラップ: 飛翔特有の制約により低減が難しい1.6kHz~3.15kHzの周波数帯以外では十分な低騒音化の効果を得た(Overall -3dB[A])。
- 主脚: 予備実証ではOverall値で1dB程度の低減量であったが、今回の飛行実証では設計通り広い周波数範囲に渡って十分な低騒音化ができたことを確認した(Overall -4dB[A])。



右舷フラップの騒音スペクトル  
(15回の計測を平均)



右舷主脚の騒音スペクトル  
(17回の計測を平均)

- FQUROHプロジェクトは、これまでのJAXAと企業との協力による研究成果を活かした機体騒音低減技術の飛行実証を行う。これにより、低騒音化設計の技術成熟を図る。
  - 国内企業との共同研究体制のもと、先行してJAXAの実験用航空機飛翔を改造による飛行実証を行い、その成果を受けて、MRJ試験機の改造による飛行実証により、旅客機のための低騒音化技術を確立する。
- これまでの進捗
  - 2016年9月に「飛翔」を用いた最初の飛行実証(予備実証)試験を実施。目的とした初期段階の低騒音化技術の検証及び実証試験プロセスの確立を達成。
  - 2017年9月に飛行実証(1)試験を実施。改良された低騒音化設計の効果を確認することができた。
- 今後の計画
  - 今年度中(2018年3月末まで)に、より詳細なデータ分析を行い、国内外の航空宇宙学会で試験結果の発表を行う予定。
  - さらに、今回の飛行実証データを来年度実施予定の検証風洞試験のデータと合わせて詳細に分析し、設計の技術課題であるスケール効果や主脚の搭載効果などを定量化していく。
  - 「飛翔」の成果も踏まえ、MRJによる飛行実証に向けた低騒音化設計を進める。

- 本飛行実証試験を実施するにあたり、以下の企業、組織から多大なるご支援、ご協力を頂きました。ここに関係各位への感謝の意を表します。
- 機体改造: Cessna (Textron Aviation Group)、ダイヤモンドエアサービス(株)、Calspan Aerospace
- 能登空港での飛行試験: 能登空港管理事務所、日本航空学園、大阪航空局、東京航空地方気象台、輪島市、穴水町、能登町
- 飛翔の運航: 朝日航洋(株)
- 騒音源計測: 小林理研、(株)IHIエアロスペースエンジニアリング、AVEC, Inc.