

航空科学技術委員会 事前評価 補足説明資料（案）

- 航空科学技術分野に関する研究開発ビジョン検討に係る有識者委員会最終報告書（補足資料）より抜粋
- 第74回航空科学技術委員会における指摘等を踏まえて修正

令和4年8月1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

目次

既存形態での航空輸送・航空機利用の発展に必要な研究開発

ア. 脱炭素社会に向けた航空機の CO2 排出低減技術の研究開発	
[既存形態-ア] コアエンジン技術の研究開発 【評価対象外】	3
[既存形態-ア] 電動ハイブリッド推進システム技術の研究開発	5
[既存形態-ア] 革新低抵抗・軽量化機体技術の研究開発	7
[既存形態-ア] 航空エンジンロバスト運用技術の研究開発	9
[既存形態-ア] 水素電動エンジン技術の研究開発	11
イ. 超音速機の新市場を拓く静粛超音速機技術の研究開発	
[既存形態-イ] 全機ロバスト低ブーム設計技術/統合設計技術の研究開発	13
ウ. 運航性能向上技術の研究開発	
[既存形態-ウ] 気象影響防御技術の研究開発	15
[既存形態-ウ] 運航制約緩和技術の研究開発	17
[既存形態-ウ] 低騒音化技術の研究開発	19

次世代モビリティ・システムによる更なる空の利用に必要な研究開発

ア. 国土強靱化等を実現する多種・多様運航統合/自律化技術の研究開発	
[次モビ-ア] 有人・無人混在運航管理技術の研究開発 / 高密度運航管理技術の研究開発	21
[次モビ-ア] 自律化要素技術の研究開発	23
イ. 宇宙輸送にも適用可能な水素燃料適用技術の研究開発	
[次モビ-イ] 宇宙機にも適用可能な水素燃料適用技術の研究開発 【評価対象外】	25

デザイン・シナリオを実現するための**基盤技術**の研究開発

デザイン・シナリオを実現するための基盤技術の研究開発	
[基盤技術] デジタル統合設計等の研究開発	27

Appendix

A1. JAXA航空技術部門のエコシステム（研究成果の社会実装の枠組み）	29
A2. 電動ハイブリッド推進技術のエコシステムと必要な外部連携	30
A3. 多種・多様運航統合技術のエコシステムと必要な外部連携	31
A4. 航空機ライフサイクルDX技術のエコシステムと必要な外部連携	32
B. TRL（技術成熟度）について	33
C. JAXA航空技術部門の人員と予算について	34
D. プログラム全体に関連するアウトプット・アウトカム指標	35

■ 概要

国内エンジンメーカーが参入を目指す燃焼器・高温高圧タービンについて、JAXAの低NOx燃焼器技術、タービン冷却技術、シミュレーション技術、試験・評価技術に基づき、特に耐熱複合材CMCの活用を重視して国内メーカーと連携して、燃費低減と環境負荷低減において競争力のあるコアエンジン技術を獲得する。

■ 意義・価値

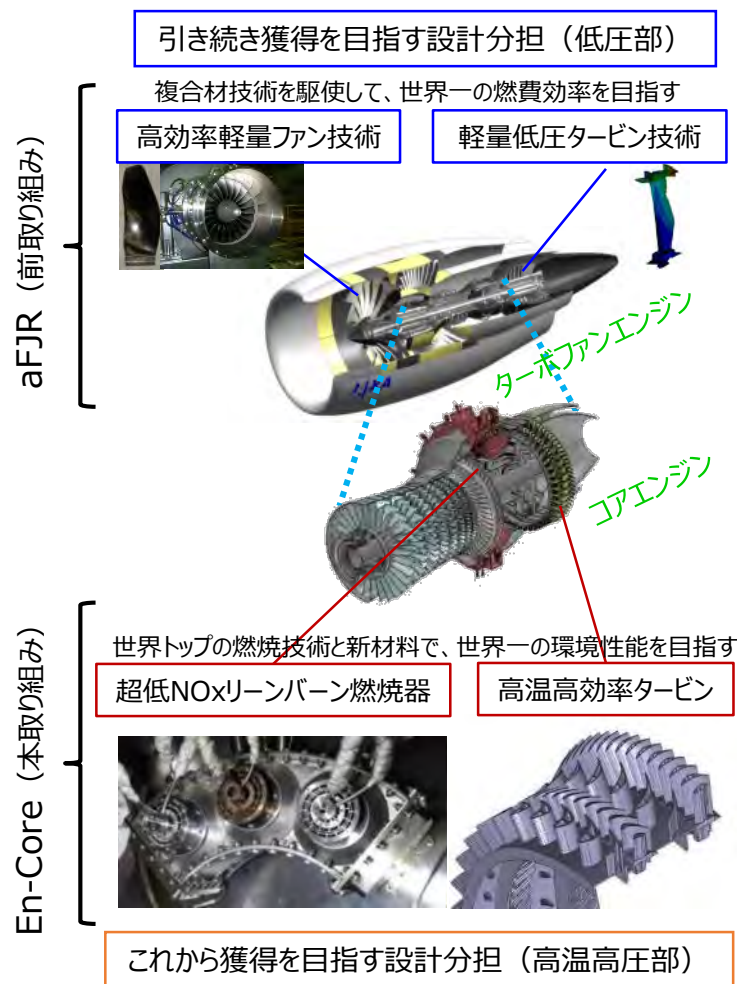
民間機用エンジンの経済性・環境適合性向上に資する差別化技術を獲得し、我が国のエンジン産業の国際競争力を強化することで、新たにコアエンジンの国際共同開発で、燃焼器モジュール、高圧タービンモジュールそれぞれについて国内メーカーが設計を分担、あるいは主要部品の製造を分担する。これにより、低圧系が中心の現状のシェアをさらに拡大するとともに、新造機のみならず交換部品市場においても一定のシェアを確保する。

■ アウトプット目標

- ✓ **世界で最も少ないNOx排出量を実証する**
 想定エンジンの離着陸サイクル (LTO) 条件での環状燃焼器試験等で、ICAO CAEP/8基準よりもNOx排出量が80%以上少ないことを確認する。
- ✓ **現行エンジンの最高性能に匹敵するタービン断熱効率を実証する**
 CMC材料で試作する静翼が世界最高の翼表面温度1300℃ (既存金属材料より約200℃アップ) で健全であることを確認する。タービン断熱効率が現行最高性能に匹敵することを確認する。

■ 目標達成のためのコア技術

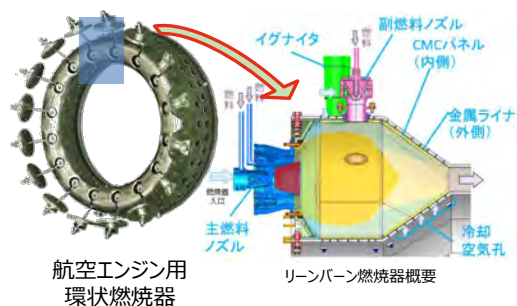
- ✓ **超低NOxリーンバーン燃焼器技術**： 高温燃焼領域を減らすリーンバーン (希薄予混合) 燃焼によりNOx排出量を低減
- ✓ **高温高効率タービン技術**： 耐熱性の高いCMC静翼と高効率メタル動翼により、冷却空気による損失を減らし、燃費低減



■ 主な研究項目

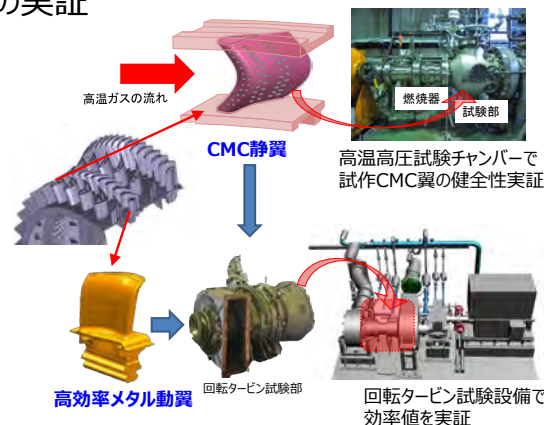
(1) 超低NOxリーンバーン燃焼器技術の開発/実証

世界トップレベルの研究成果（低NOx性能）と実用燃焼器性能を環状燃焼器試験等で実証

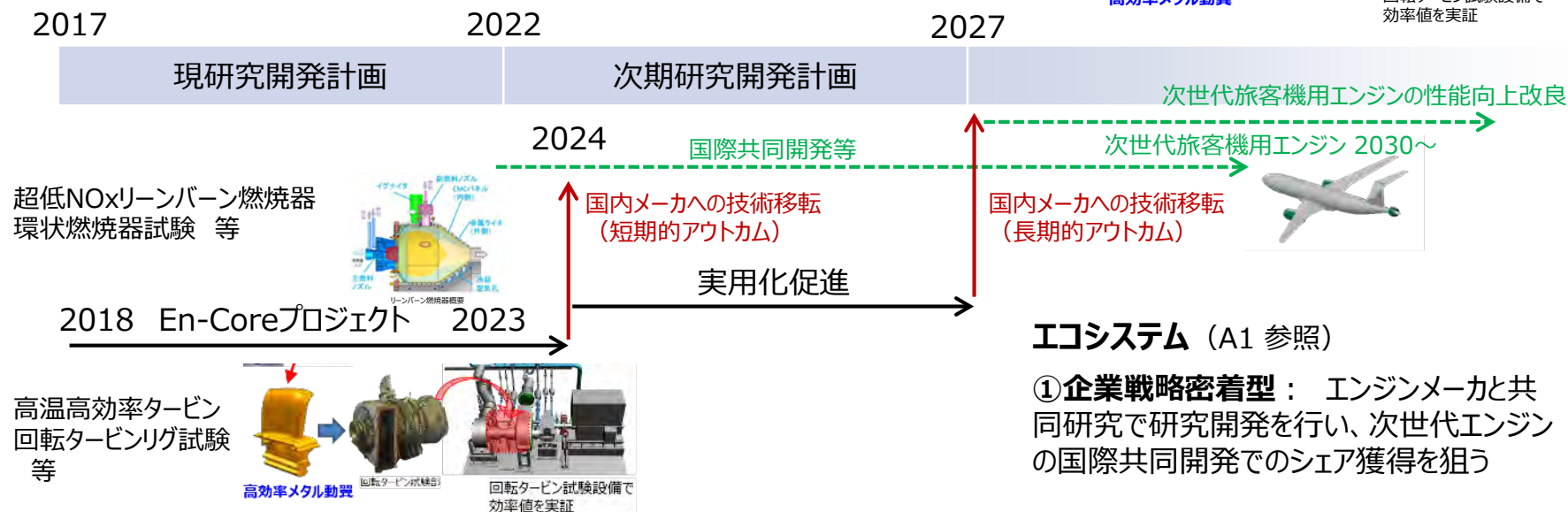


(2) 高温高効率タービン技術の開発/実証

セラミック基複合材のタービン静翼技術の高温健全性実証と高効率タービン技術の回転タービン試験等による高効率性能の実証



■ 研究スケジュール、エコシステム、社会実装の時期



エコシステム (A1 参照)

① 企業戦略密着型： エンジンメーカーと共同研究で研究開発を行い、次世代エンジンの国際共同開発でのシェア獲得を狙う

[既存形態-ア] 電動ハイブリッド推進システム技術の研究開発 (1/2)

■ 概要

2030年代中頃に想定される旅客機（SA：単通路機以下）に向け、我が国産業界が推進システム電動化技術で参入することを目指し、JAXA鍵技術と国内企業の優位技術を統合した電動ハイブリッド推進システム技術を地上実証する。技術の有効性と適合性を技術成熟度の高い統合システムとして早期に実証することにより、世界の航空産業の持続的発展を可能とする新事業領域として、国内企業群が個社の強みを活かした電動化製品事業を世界に先駆けて開拓する。また、研究成果をSAE international ※1等における標準化検討に役立てることで社会実装の確度を上げる。

■ 意義価値

- ✓ 従来のエンジン技術の限界を超えてさらなるCO2削減に向けた有力な解となる。
- ✓ 電動ハイブリッド推進システムにより、次世代の航空機として有意な燃費削減効果が得られる。

■ アウトプット目標

✓ 胴体尾部電動BLI※2システムによる燃費削減

独自BLI空力形状による燃費削減効果の検証（最新SA機に比べて5%以上削減）

✓ 電動ハイブリッド推進システムの技術実証

電力源システム（ターボファンエンジンから大電力を供給する技術）のエンジン環境実証（エンジンと発電機の統合性能、信頼性向上）

電動ファン駆動システム（供給された電力をファン駆動力に変換する技術）の高空環境実証（電動モータと冷却器の統合性能）

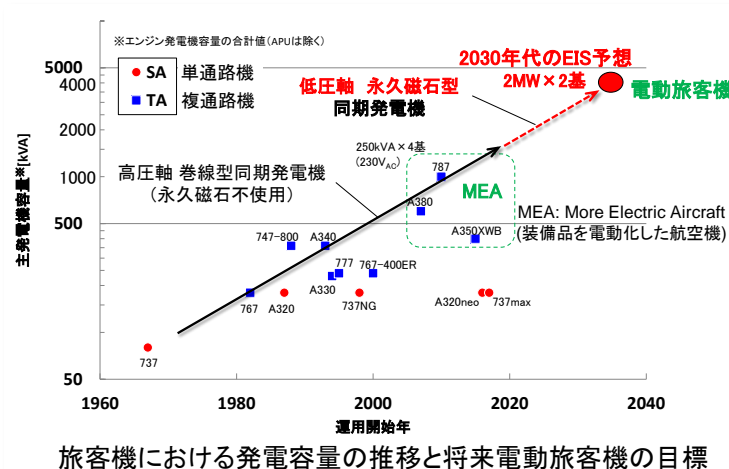
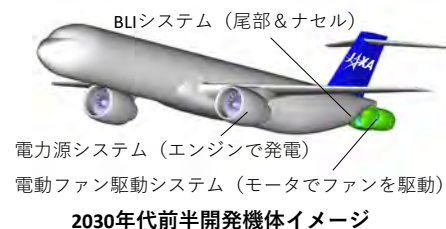
■ 目標達成のためのコア技術

- ✓ 燃費削減効果を最大化する胴体BLI方式（JAXA技術）
- ✓ ハイブリッドシステム特有の耐故障技術（JAXA技術）
- ✓ 電動ハイブリッド推進システムの統合設計技術（JAXA-国内企業共同技術）
- ✓ 高性能電動要素（国内技術※3）

※1 SAE (Society of Automotive Engineers) international：モビリティ専門家を会員とする米国の非営利団体で、各種標準規格の開発等を行っている

※2 BLI (Boundary Layer Ingestion：境界層吸い込み) 飛行時に機体表面に生じる境界層等の低速流をファンに吸い込ませ、同じ投入エネルギーでより多くの推力を発生させることで、機体運航の消費エネルギー低減に効果のある技術

※3 NEDO航空機用先進システム実用化プロジェクト「電動ハイブリッドシステム」IHI等



[既存形態-ア] 電動ハイブリッド推進システム技術の研究開発 (2/2)

■ 主な研究項目

(1) 胴体BLIシステムによる燃費削減効果最大化技術の開発

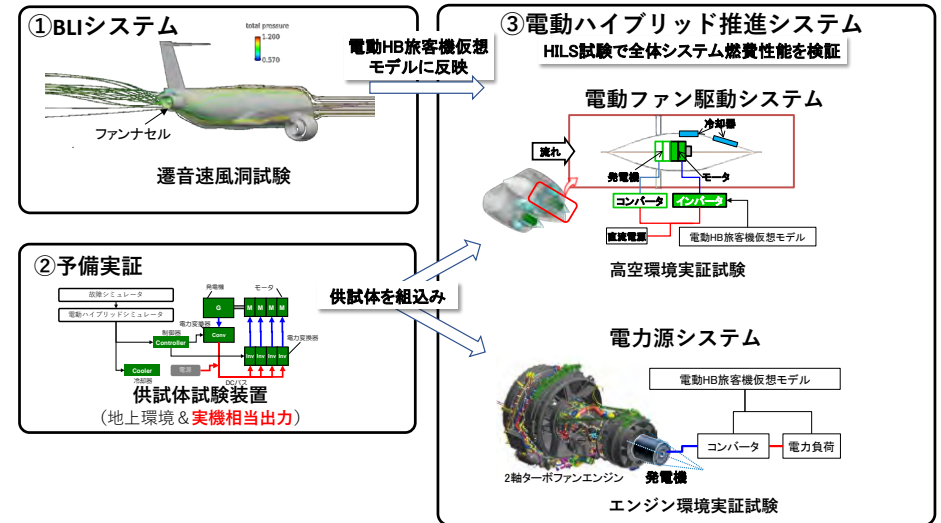
(TRL: 2 → 4)

- ✓ CFD解析による空力設計と遷音速風洞試験による検証
- ✓ 技術実証結果を反映した全機燃費性能解析

(2) 電動ハイブリッド推進システム技術の開発/実証

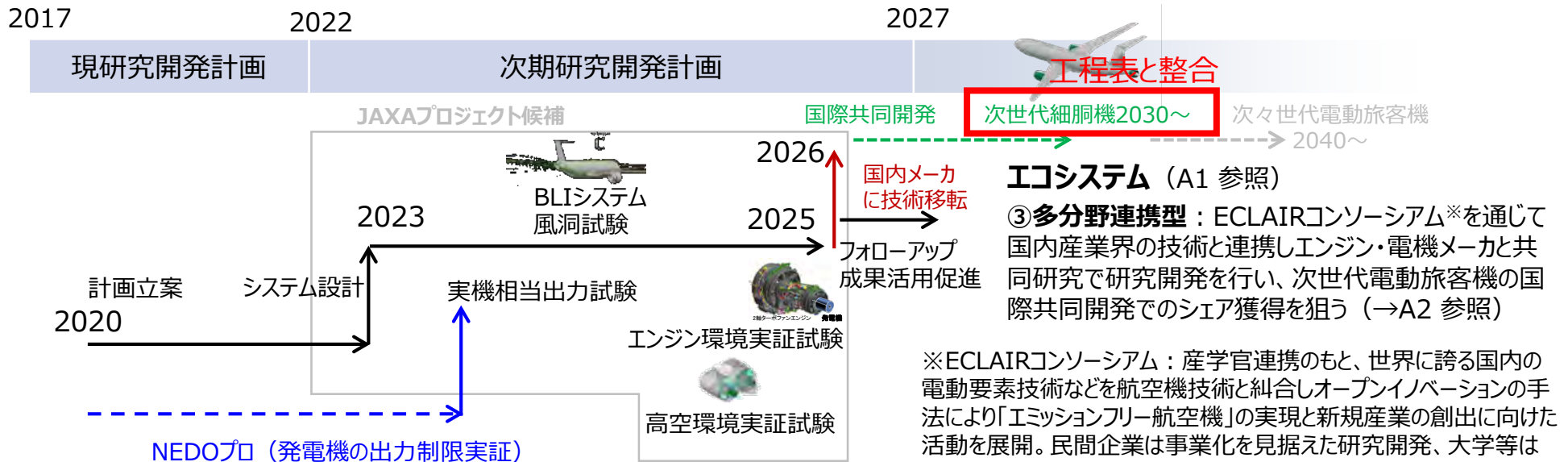
(TRL: 2 → 5)

- ✓ 供試体(発電機,モータ,電力変換器等)の実機相当出力試験
- ✓ BLIナセル-ナセル内蔵モータ-モータ冷却システムの統合化設計
- ✓ 配電システムを多重化した制御モデル及びHILS試験方法の開発
- ✓ エンジン環境試験や高空環境試験による技術実証



実証システム案

■ 研究スケジュール、エコシステム、社会実装の時期



[既存形態-ア] 革新低抵抗・軽量化機体技術の研究開発 (1/2)

■ 概要

優位な環境性能を実現する抵抗低減・騒音低減技術と構造軽量化技術を開発し、実用化に向け技術検証を進めることで、国内航空産業の競争力強化に貢献すると共に、環境負荷を低減し、持続可能な航空輸送の発展に貢献する

■ 意義・価値

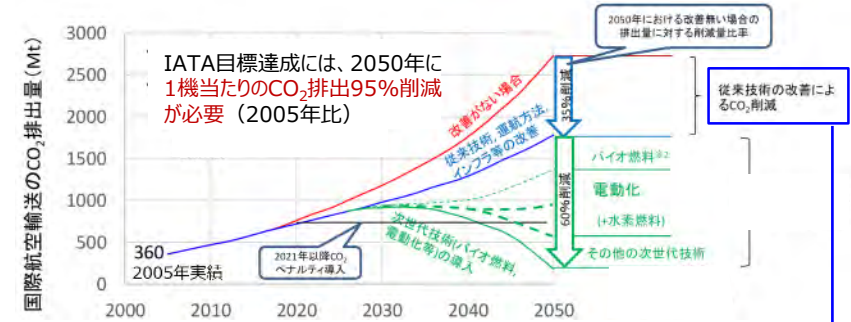
脱炭素社会に向けた動きが世界的に加速するなか、優位な環境性能を実現する技術を開発・実証し、国内航空産業の競争力強化に貢献すると共に、環境負荷を低減し、持続可能な航空輸送の発展に貢献する

■ アウトプット目標

- ✓ **優位な摩擦抵抗低減技術**を実機環境下で実証する
 リブレット技術：実運用を想定した耐久性実証と大面積施工技術実証
 層流翼技術：実飛行条件で層流化を実現する設計技術実証
- ✓ **ステアリング積層を活用した最適構造設計技術**を実証する
 自動積層装置により荷重に沿った最適な複合材積層構造を実現して軽量化する世界未確立の最適構造設計技術を実証する

■ 目標達成のためのコア技術

- ✓ **摩擦抵抗低減技術**： 耐久性・適用性に優れたリブレット施工技術と層流域の広範さ(低抵抗性能)に優れた層流翼設計技術
- ✓ **最適構造設計技術**： 世界的優位性を有するステアリング積層最適構造設計技術



CO₂排出量削減目標に対する従来技術改善と電動化の寄与 (出典の図に加筆)
 出典：航空機電動化コンソーシアム「航空機電動化将来ビジョン」2018年12月

燃費低減 (CO₂排出低減) : 45%減 参照現行機比 (エンジン技術 17%減+機体技術 28%減)			
JAXA研究 Jエンジン	エンジン 高性能化	-17%	参照現行機比 SFC 18%減
革新環境 航空機	抵抗低減	-10%	L/D 8%向上
	軽量化	-18%	構造重量 30%減

CO₂排出低減目標 ※内訳は前事業結果等に基づく推算値

摩擦抵抗低減技術

最適構造設計技術

リブレット

機体表面に微細な溝を設けて摩擦抵抗を低減

層流翼

翼面上に広範囲の層流域を実現し摩擦抵抗を低減

最適構造設計

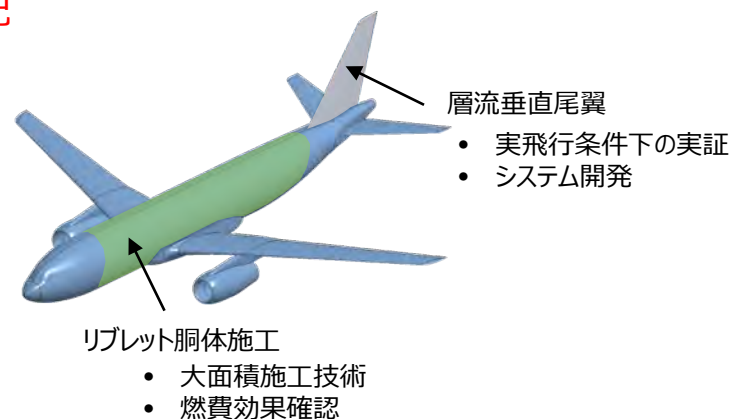
自動積層装置により荷重に沿った最適な複合材積層構造を実現

優位な環境性能を実現する**低抵抗・軽量化**技術を開発・実証し、国際競争力強化に貢献する

[既存形態-A] 革新低抵抗・軽量化機体技術の研究開発 (2/2)

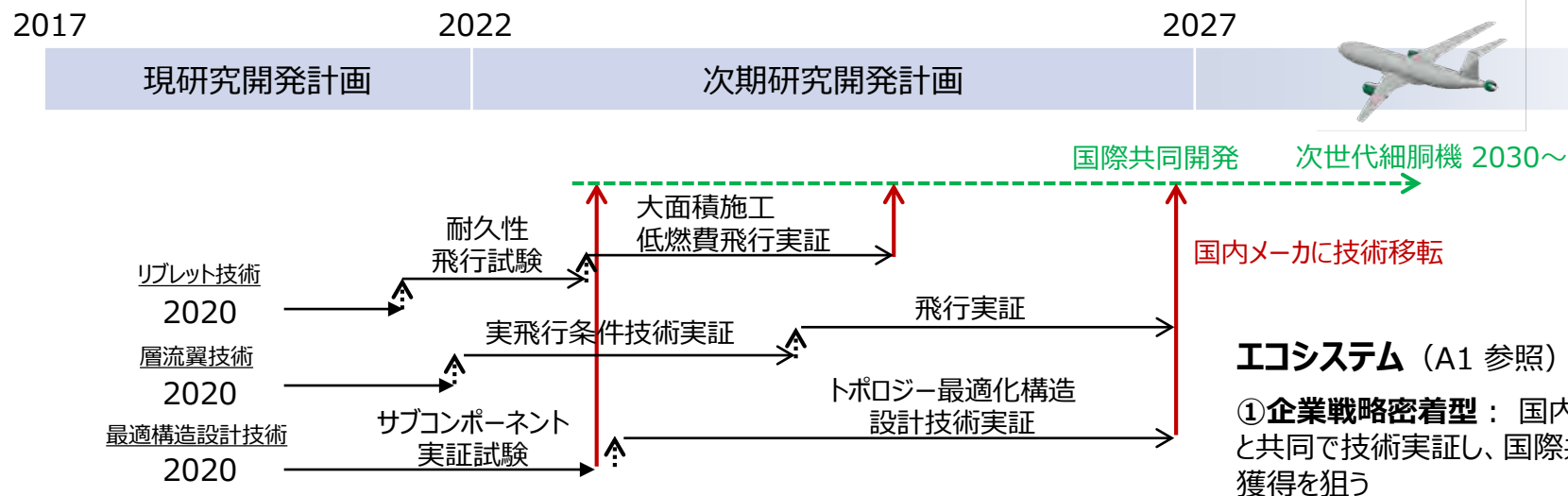
■ 主な研究項目 (TRL: 3 → 5) **リブレット施工技術の開発主体について追記**

- ✓ エアライン運用条件を満たすリブレット耐久性及び大面積施工技術を **民間企業と共同**で開発し、飛行試験で実証する。
- ✓ 実飛行条件（実機条件風洞試験等）で層流化を実現する設計技術を実証する。実用化に不可欠な表面粗度仕様や汚染防止塗料等の技術群を開発する。
- ✓ 最適構造設計ツール開発を行い、サブコンポーネント試験により実証する。
- ✓ 環境性能を革新的に改善する空力・構造要素技術と、これらを適用した将来航空機の推進・空力・構造統合設計技術を開発する。



摩擦抵抗低減技術の技術実証イメージ

■ 研究スケジュール、エコシステム、社会実装の時期



[既存形態-ア] 航空エンジンロバスト運用技術の研究開発 (1/2)

■ 概要

エンジン低燃費化・軽量化及びSAF ※の適用範囲拡大に資する運転範囲拡大・安全性向上技術を開発し、国内エンジンメーカーに技術移転することで、2030年代に開始すると予測される国際共同開発におけるシェア拡大を実現する。 ※SAF: Sustainable Aviation Fuel (持続可能な代替航空燃料の意。バイオ燃料、合成燃料等)

■ 意義・価値

航空機の環境負荷低減要求の高まりにあわせて、推進システムには、低炭素燃料の導入、要素性能向上に伴う燃焼器不安定性早期検知・軽量回転要素の安定作動など踏み込んだ機能高度化が求められる。センサー・デジタル（機械学習）技術等を活用した機能高度化に資する技術を獲得することでJAXA優位技術の適用範囲拡大が見込まれる。

■ アウトプット目標

モニタリング・不安定性予測/安定化技術の実証

- 安定した燃料供給手法を用いた経年劣化・作動条件変動対応燃焼器技術
- 異なる性状に対応するSAF等代替燃料対応燃焼技術

ファン・圧縮機・タービンのロバスト性向上運用技術/マージン低減設計技術の実証

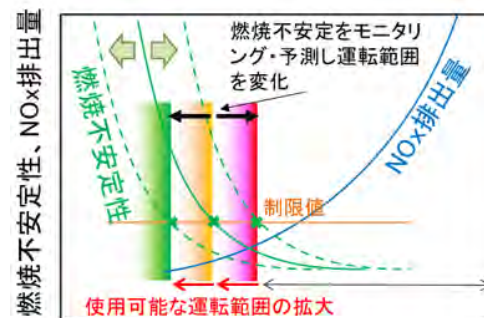
■ 目標達成のためのコア技術

燃焼器のモニタリング・不安定性予測/安定化技術 (図1) : センサー・デジタル（機械学習）技術等により、燃焼器内の燃焼不安定をモニタリング・予測し、運転範囲を拡大する技術

航空用代替（低炭素）燃料の燃焼予測技術 : 100%SAFなど航空用代替燃料適用による不安定性抑制・すす排気特性の変化など特性DBを利用したセンサー・デジタル（機械学習）技術等により、燃料性状の変化に対応する燃焼制御を可能にする技術

ファン・圧縮機・タービンの高精度シミュレーション技術 : 高精度シミュレーション技術等によるファン・圧縮機での低燃費化技術の適用により、高負荷化と高効率化を両立させ、段数削減等のエンジン重量を削減。高負荷化により安定作動域が狭くなることから、運転領域拡大（安全性向上技術）(図2) により、安定作動マージンを確保。タービンに使用される先進複合材のマルチスケール解析精度向上 (図3) により強度マージン低減を可能とする技術

圧縮機・タービンフラッタ予測技術 : 弾性振動とそれに伴う流れの変動の相互作用によって生じる周期的な不安定振動の予測技術



燃料配分

図1 モニタリングによる運転範囲拡大例

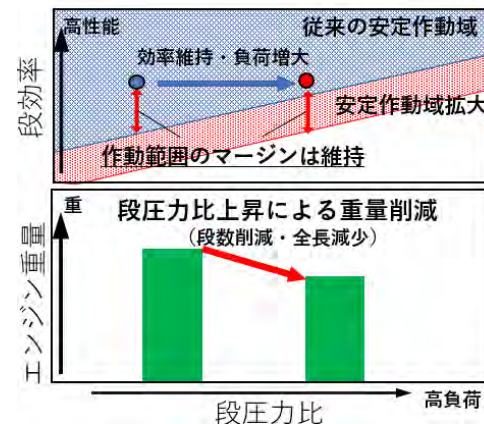


図2 圧縮機安定作動領域拡大効果

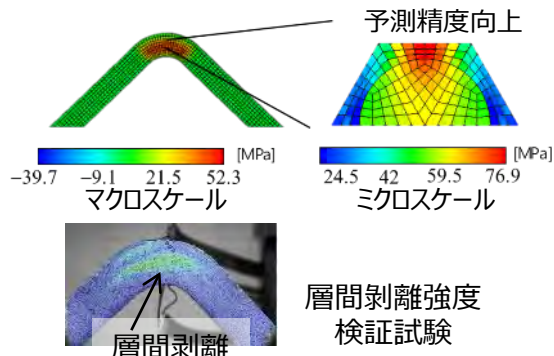


図3 マルチスケール解析による強度予測精度向上

[既存形態-ア] 航空エンジンロバスト運用技術の研究開発 (2/2)

■ 主な研究項目

(1) モニタリング・不安定性予測/安定化技術：環境負荷低減燃焼器に対する安定した燃料供給手法を用いた経年劣化・作動条件変動対応燃焼器技術の実証 (TRL: 2 → 4)

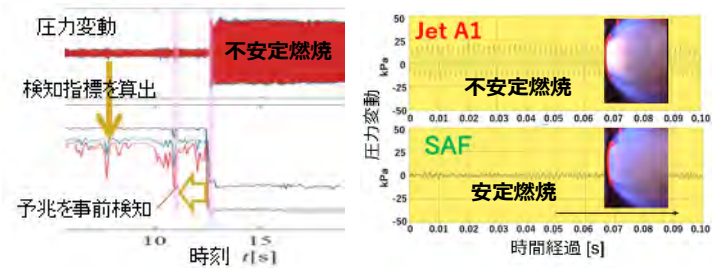
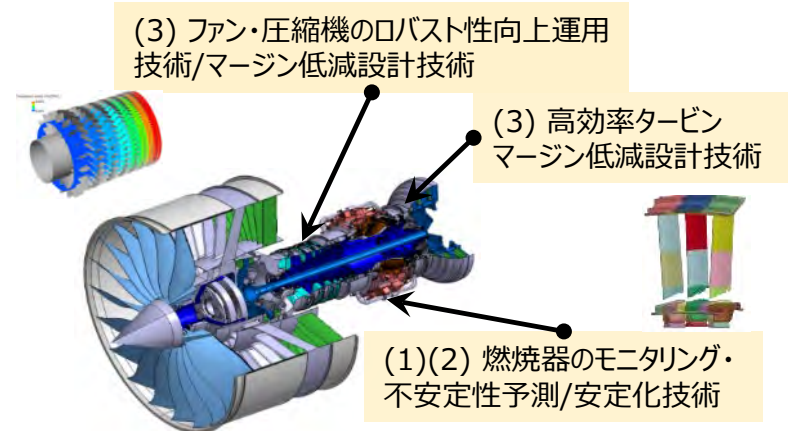
世界トップレベルの燃焼先進モニタリング技術を適用したリーンバーン燃焼器の運転範囲拡大などを実現する技術実証

(2) モニタリング・不安定性予測/安定化技術：異なる性状に対応するSAF等代替燃料対応燃焼技術の実証 (TRL: 2 → 4)

世界トップレベルの燃焼先進モニタリング技術を適用したSAF100%など燃料フレキシブルな燃焼器を実現するモニタリング・最適燃料制御技術実証

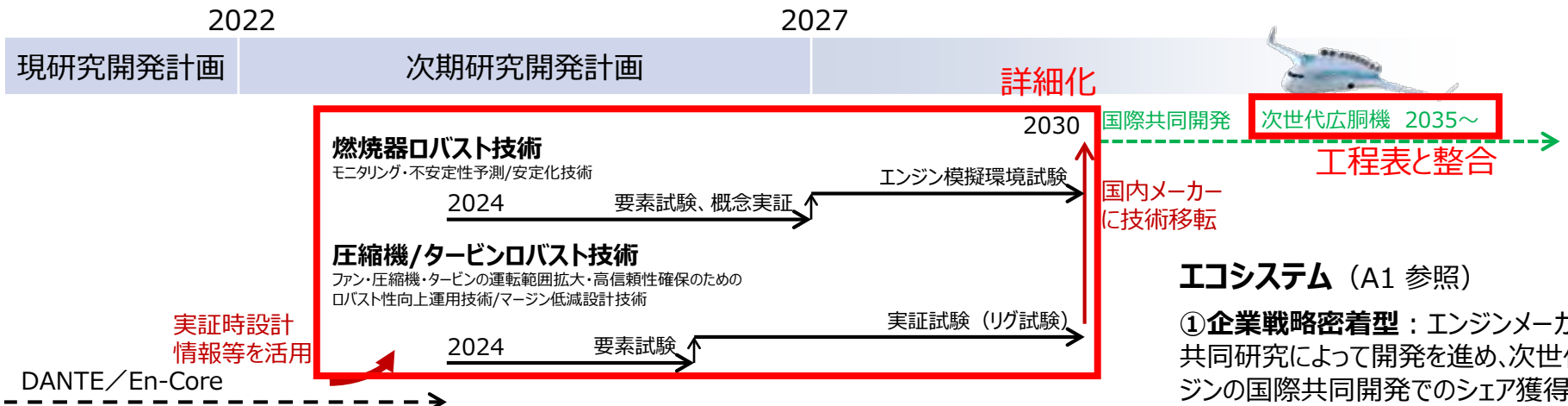
(3) ファン・圧縮機・タービンの運転範囲拡大・高信頼性確保のためのロバスト性向上運用技術/マージン低減設計技術の開発・実証 (TRL: 2 → 4)

シミュレーション等を活用した低燃費化技術に加え、運転領域拡大技術（安全性向上技術）を高度化することで、低燃費で広い作動範囲をもつファン・圧縮機実現のための技術開発を行う。また、CMC等の先進材料が使用される高効率タービンのマージン低減設計のため、マルチスケール解析の高度化を行う。リグ試験による実証を行う。



左図：燃焼モニタリングにより不安定燃焼を事前検知する例
右図：従来燃料（Jet A1）の不安定燃焼とSAFの安定燃焼の例

■ 研究スケジュール、エコシステム、社会実装の時期



[既存形態-ア] 水素電動エンジン技術の研究開発 (1/2)

■ 概要

水素燃料を利用した燃料電池・ガスタービン（SOFC-GT）複合サイクルエンジン等先進技術により、従来のジェットエンジン技術の延長では到達することができない、革新的なCO2排出削減（燃費低減）を実現する技術を獲得する。水素を利用した電動推進の差別化技術を利用した複数の推進システムを提案し、技術実証を行う。

■ 意義・価値

- ✓ 水素利用エンジンにおいてジェット機関を超えるエネルギー消費削減を達成しうる航空機技術を実現する。
- ✓ 水素ジェットエンジンを利用した航空機は燃料体積が大きい航空機のため航続距離が短く、CO₂排出の半分以上を占める国際便への適用は不向きであることに対し、複合サイクルエンジンを利用することにより、同一燃料体積でより長距離の飛行を可能とする。
- ✓ 小型軽量燃料電池や複合サイクルエンジンは地上発電システムにも適用可能。

■ アウトプット目標

(1) SOFC-GT複合サイクルエンジンによる高い熱効率の実証

中型機規模を想定したガスタービンエンジンと比較し、熱効率を10pt向上する技術を獲得する。先行して実施する電動BLIファン技術と統合することにより、総合効率改善効果を実証する。電動化により実現できる推進システム構成を提案し解析評価

(2) 航空機用小型軽量燃料電池の開発

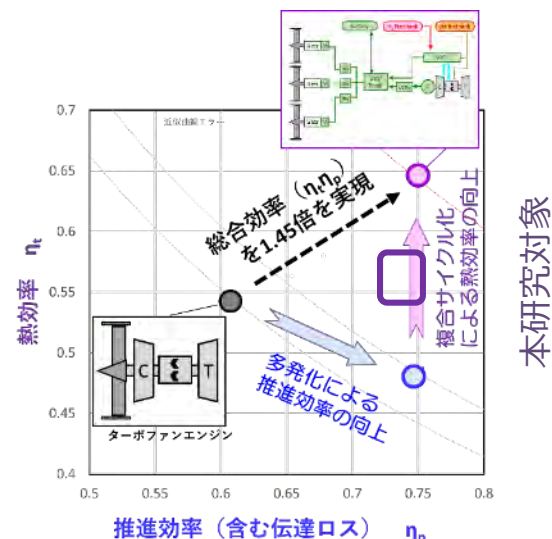
燃料電池の電気化学セル、セパレータ等の開発により、航空機に適用可能なレベルまで小型軽量の燃料電池スタックを開発する。水素利用環境にかかわる技術課題解決

(3) 航空機用超電導機器技術の研究開発

液体水素を利用することで重量軽減と効率向上が期待される高負荷超電導モータ・発電機の設計指針、冷却構造検討などを行い、超電導利用推進システム検討向けDBを構築する。

■ 目標達成のためのコア技術

- ✓ 燃料電池を航空機飛行環境変動から保護する技術（JAXA特許）
- ✓ 水素ジェットエンジンの飛行環境試験技術（JAXA技術）
- ✓ 軽量高効率燃料電池（JAXA共同研究先が保有（イノベーションチャレンジ成果））
- ✓ 高効率BLIファン設計技術（JAXA技術）



本研究対象

本研究で目指す推進効率、熱効率の向上



燃料電池効率向上に向けたNEDOの取り組み

燃料電池 境界層吸込み 超電導モータ設計解析
先進電動推進システム 先進要素技術

[既存形態-ア] 水素電動エンジン技術の研究開発 (2/2)

■ 主な研究項目

(1) SOFC-GT複合サイクルエンジンによる高い熱効率の実証 (TRL: 2→3~4)

- ✓ 100kW級のエンジンシステムを開発、技術実証 (TRL3-4)
- ✓ エンジン試験設備の水素対応化を踏まえ、飛行環境における技術実証を行う。

(2) 航空機用小型軽量燃料電池の開発 (TRL: 2→3)

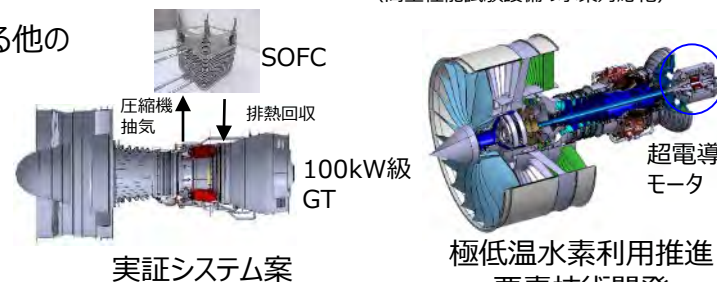
- ✓ ECLAIRコンソーシアム等を活用し、外部連携により進める。
- ✓ 燃料電池はSOFC(固体酸化物型燃料電池)を想定するが、作動温度の異なる他の燃料電池技術開発の動向を踏まえ、適宜システム設計に反映させる。

(3) 航空機用超電導機器技術の研究開発 (TRL: 2→3)

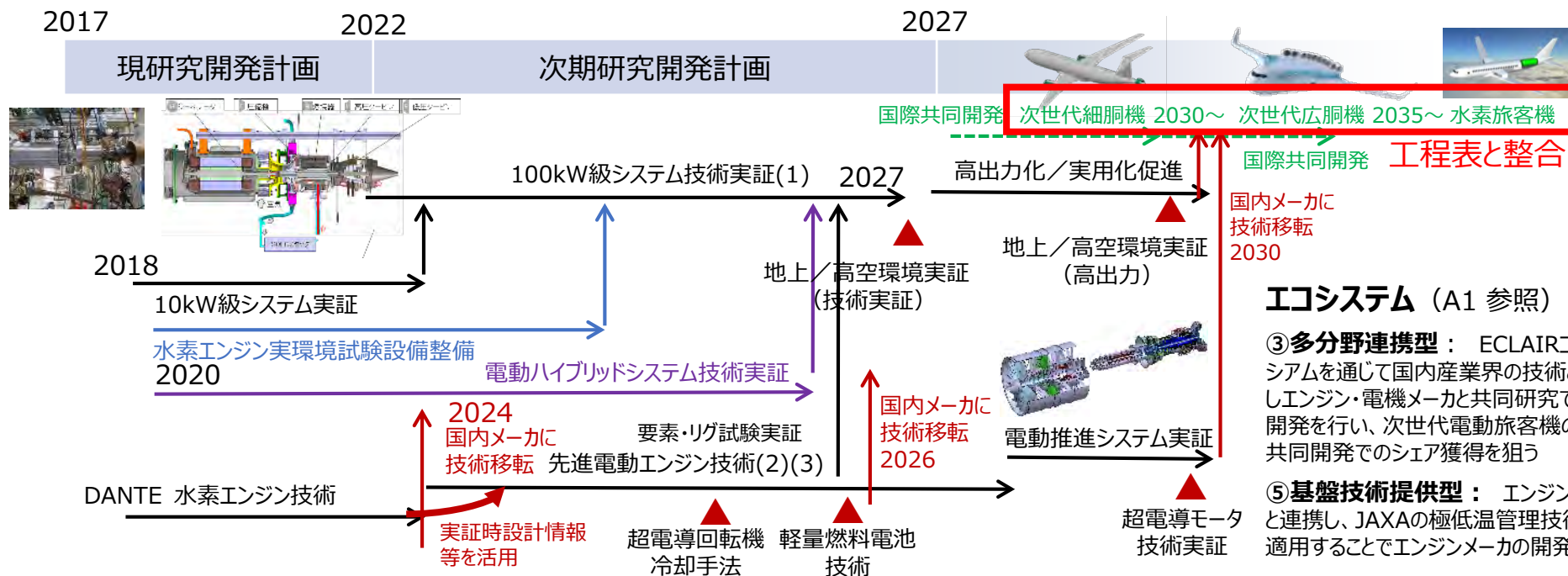
- ✓ 電動推進システム実現/高度化のための超電導要素技術 (冷却方法含む)の研究開発を行う。



水素エンジン実環境試験設備
(高空性能試験設備の水素対応化)



■ 研究スケジュール、エコシステム、社会実装の時期



[既存形態-I] 全機ロバスト低ブーム設計技術/統合設計技術の研究開発 (1/2)

■ 概要

環境適合性と経済性を両立させる超音速旅客機の設計技術を海外OEMと連携して獲得し、**社会的に許容され航空市場としても成立する**ソニックブーム国際基準の策定に貢献すると共に、基準策定後に着手が想定される陸上を超音速飛行可能な低ブーム超音速機の国際共同開発における我が国産業界の競争力の最大化を目指す。また、基準策定後に想定される超音速旅客機の国際共同開発における我が国の開発分担率獲得を目指し、JSR (Japan Supersonic Research) 協議会での協議を通じて産業界のバーゲニングパワーを獲得するための研究開発に取り組む。

「社会と市場に許容される」を修正

■ 意義・価値

陸上超音速飛行を可能とすることで超音速機市場を拡大し、持続可能なものにする。併せて、低ブーム超音速機の国際共同開発への我が国産業界の参画を実現する。

※JSR (Japan Supersonic Research) 協議会：我が国の産業界が2030年頃に想定される超音速機の国際共同開発に参画することを目指し、技術ロードマップや仕様目標を策定し、国際共同開発に向けた協力体制を実現するための活動を協議する。

構成メンバー：JAXA、日本航空機開発協会 (JADC)、日本航空宇宙工業会 (SJAC)、三菱重工業 (MHI)、川崎重工業 (KHI)、SUBARU、IHI

■ アウトプット目標

✓ ソニックブーム到達範囲全域における低減技術を実証する

D-SENDで獲得した世界的に優位な低ブーム設計技術を設計飛行条件の機体直下からソニックブーム到達範囲全域に拡張し、海外OEMと共同で飛行試験を行って実証する。

✓ 環境適合性と経済性を両立する低ブーム機設計技術を獲得する

超音速機開発事業として成立する機体のソニックブームレベルを海外OEMと連携してICAOに提示する。NASAがX-59で実施予定の社会許容性試験結果を補完し、実用的な国際基準策定に貢献する。基準策定後の国際共同開発では、国内メーカーに技術移転して国際競争力を高める。

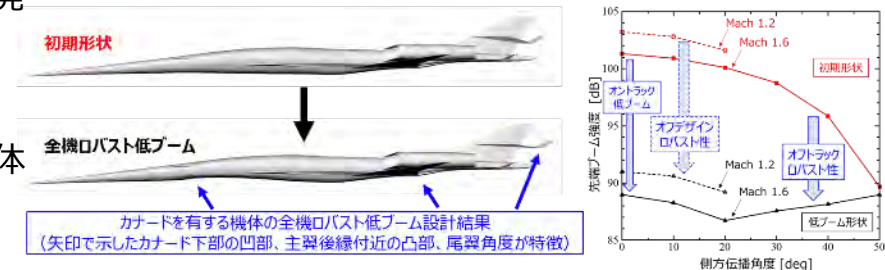
■ 目標達成のためのコア技術

- ✓ **全機ロバスト低ブーム設計技術**： 広範なソニックブーム到達域（機体直下～側方）と飛行条件に対する低ブーム設計技術
- ✓ **統合設計技術**： 環境適合性（低ソニックブーム、低離着陸騒音等）と経済性（低抵抗、軽量化等）を両立する設計技術
- ✓ **ブーム予測・評価技術**

構成メンバーを追記



低ブーム超音速旅客機イメージ



全機ロバスト低ブーム設計技術

[既存形態-I] 全機ロバスト低ブーム設計技術/統合設計技術の研究開発 (2/2)

■ 主な研究項目

(1) 全機ロバスト低ブーム設計技術の飛行実証 (TRL: 2 → 4)

世界的優位性を有するJAXA独自のロバスト低ブーム設計コンセプトを実証機を用いた飛行試験で実証する。

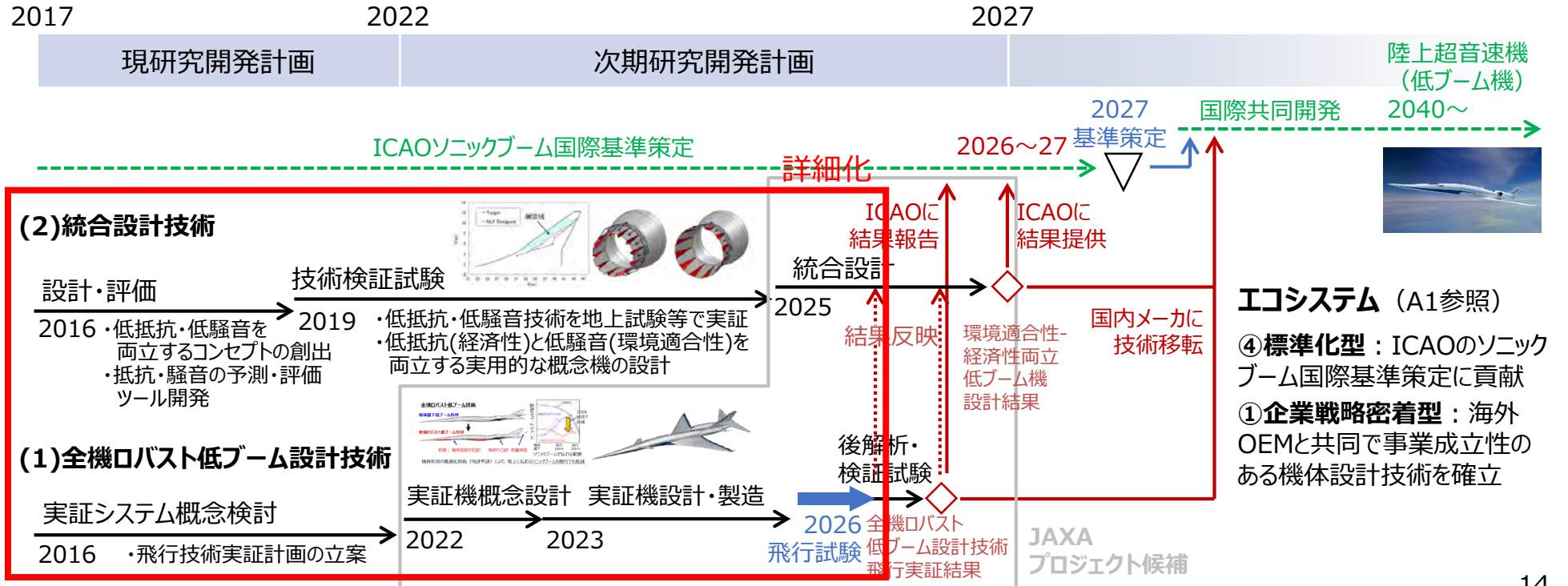
(2) 統合設計技術の開発 (TRL: 2 → 4)

低離着陸騒音技術、低抵抗技術等を地上試験や数値解析等を用いて向上・開発する。これらと全機ロバスト低ブーム設計技術も含めた統合設計技術を開発し、海外機体OEMと協力して事業成立性のある仕様を満たす概念機体を設計する。



全機ロバスト低ブーム設計技術飛行実証試験イメージ

■ 研究スケジュール、エコシステム、社会実装の時期



[既存形態-ウ] 気象影響防御技術の研究開発(WEATHER-Eye) (1/2)

■ 概要

WEATHER-Eye: Weather Endurance Aircraft Technology to Hold, Evade and Recover by Eye

特殊気象（着氷、雷、乱気流、火山灰など）を検知・回避・防御する航空機搭載／地上設置型のシステムを開発することで、民間航空機運航における航空事故を削減し、また運航効率を改善することを目指す。また、国交省CARATSと密接に連携し、国の施策とも歩調を揃えて研究開発を推進する。

■ 意義・価値

気象は航空事故の最大要因である。日本では特殊気象が過酷である上に運航密度が高いため、その影響が現れやすい。

- ✓ 航空事故の51%以上に気象(Meteorology)が関与（2017－2021年）
（国際航空運送協会（IATA）安全報告書, 2021年）

- ✓ 年間6525便（運航予定便数の0.9%）が天候により欠航、これは全欠航便数の72%に相当（2019年、国内）
（国土交通省, 令和元年度国内輸送実績(特定本邦航空運送事業者に係る情報)）



航空機運航に影響を及ぼす気象

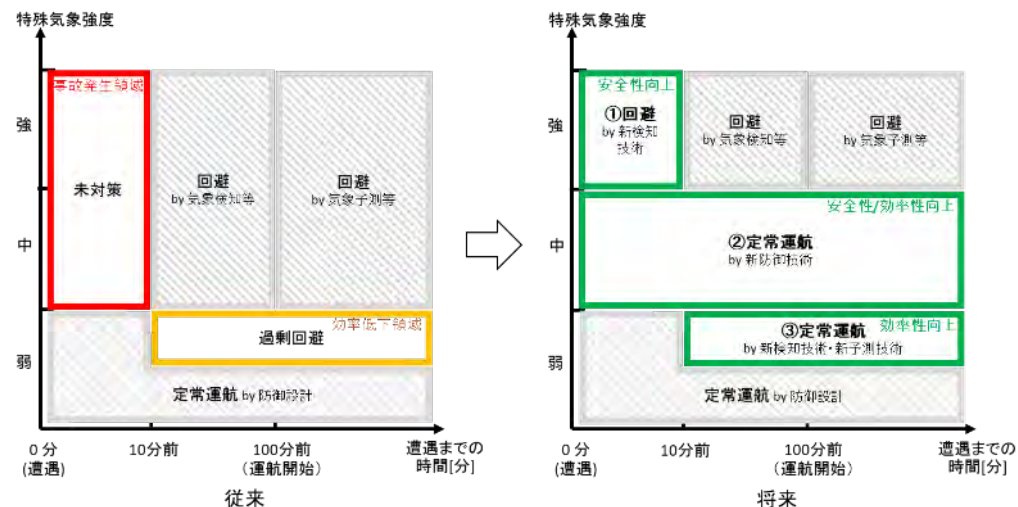
気象の影響について比率を追記

■ アウトプット目標

- ✓ 特に高リスクな特殊気象である雪氷・雷・火山灰を検知・回避・防御する航空機搭載／地上設置型のシステム（プロトタイプ）を開発する
- ✓ システム（プロトタイプ）を実環境で実証する

■ 目標達成のためのコア技術

- ✓ **航空事故防止技術**：滑走路の雪氷状態を検知するセンサや上空の雷気象状態を検知するデータ処理の基盤技術
- ✓ **乱気流事故防止機体技術 (Safeavio)**：前方の塵をレーザによって検知する航空機搭載ライダーの設計技術



[既存形態-U] 気象影響防御技術の研究開発(WEATHER-Eye) (2/2)

■ 主な研究項目

(1) 雪氷を検知する技術 (TRL: 4 → 6)

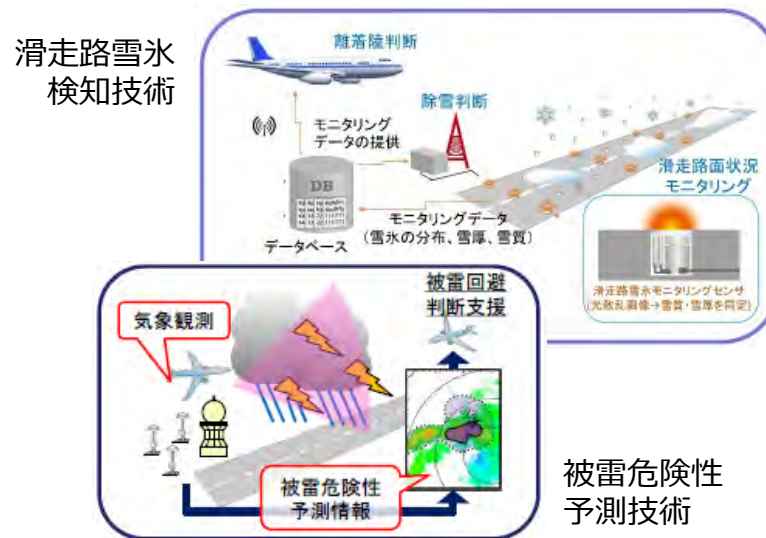
ICAOの運航基準に対応した滑走路・誘導路の雪氷状態(雪質・雪圧)を最先端の光学・AI技術を活用してリアルタイムで同定する光学センサを開発し、システム提案・実証を行う。システム設計や製品化を担う民間企業に加え、データ分析や一部の要素技術開発を行う大学とも共同で実施。

(2) 雷を検知・防御する技術 (TRL: 3 → 5)

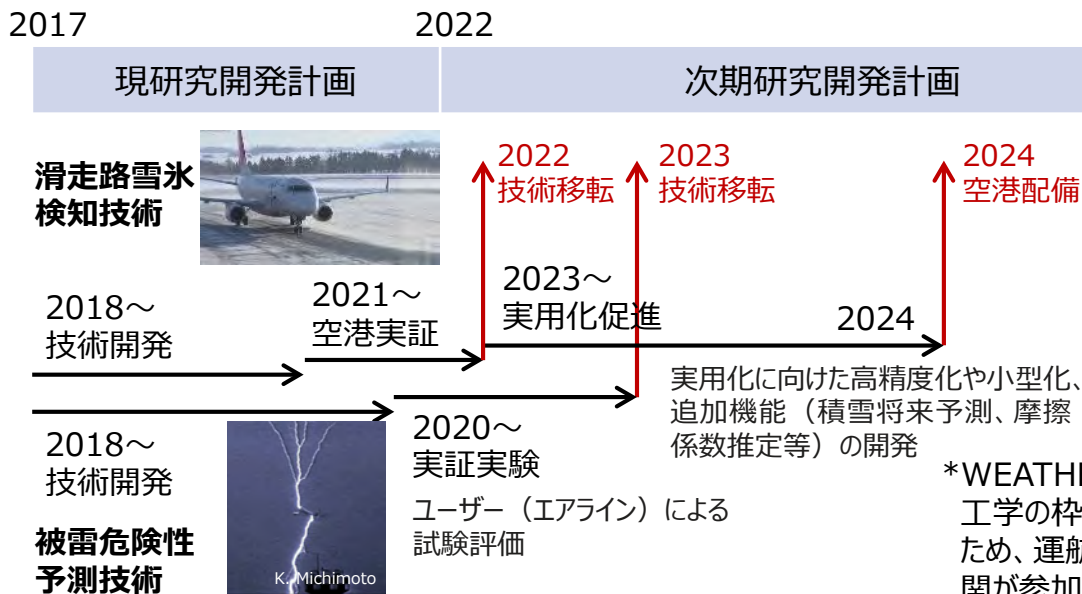
複数の気象データから被雷危険性の高い領域を検出する手法を開発し、民間企業が実用化に向けたシステムを設計・製品化する。また耐雷性の高い航空機用複合材を開発する。

(3) 火山灰を検知・防御する技術 (TRL: 3 → 5)

ライダーを用いて火山灰を検知する技術を獲得する。また、火山灰に対する耐性を有するエンジンの設計技術を獲得する。



■ 研究スケジュール、エコシステム、社会実装の時期



エコシステム (A1 参照)

- ② **ユーザ密着型:** 意見交換会を介したユーザニーズの具体化
- ③ **他分野連携型:** WEATHER-Eyeコンソーシアム*を介した目標共有、他分野連携による研究開発、実用化に向けた協働

*WEATHER-Eyeコンソーシアム: 気象影響防御技術の研究開発を航空工学の枠を超えて様々な分野の知見を糾合しオールジャパン体制で推進するため、運航会社・メーカー・大学・研究機関により2016年に設立。現在は44機関が参加し、研究開発の指針とするためのWEATHER-Eyeビジョンを発表6

[既存形態-U] 運航制約緩和技術の研究開発(CARE-Met) (1/2)

■ 概要

CARE-Met: Commercial Air-transport Restriction Easing on Meteorology

航空機運航の障害となる気象（風、積雪、雷、氷粒子、火山灰など）に関する意思決定支援情報を出力するシステム、および意思決定支援情報と交通状況に基づいて有効な運航方法を導出するシステムを研究開発する。それによって、民間航空機運航における気象の影響を緩和し、定時運航率を高め運航の経済性や利便性を向上することを目指す。また、国交省 CARATSと密接に連携し、国の施策とも歩調を揃えて研究開発を推進する。

■ 意義・価値

気象は航空事故の最大要因である。日本では特殊気象が過酷である上に運航密度が高いため、その影響が現れやすい。

- ✓ 航空事故の51%以上に気象(Meteorology)が関与（2017—2021年）
（国際航空運送協会（IATA）安全報告書、2021年）
- ✓ 年間6525便（運航予定便数の0.9%）が天候により欠航、これは全欠航便数の72%に相当（2019年、国内）
（国土交通省、令和元年度国内輸送実績(特定本邦航空運送事業者に係る情報)）

気象の影響について比率を追記

■ アウトプット目標

下記技術のシステム（プロトタイプ）の開発および実環境における実証

- ✓ 意思決定支援プラットフォーム技術の研究開発
- ✓ 航空気象リスク評価技術の研究開発
- ✓ 航空センシング技術の研究開発

■ 目標達成のためのコア技術

- ✓ 気象影響防御技術（WEATHER-Eye）：滑走路雪氷検知や被雷危険性予測などに関するの実用技術
- ✓ 高度判断支援技術（スマートフライト）：気象情報や最適経路情報などをによって4D運航や低燃費運航を支援する技術



WEATHER-Eyeの概要



スマートフライトの概要

[既存形態-U] 運航制約緩和技術の研究開発(CARE-Met) (2/2)

■ 主な研究項目

(1) 意思決定支援プラットフォーム技術 (TRL: 2 → 4 (~2027))

気象などの運航の障害を避ける有効な運航方法を自動で導出するための、運航情報と気象リスク情報の入力形式と、その入力形式に基づいて運航方法を自動で導出する手法の研究。同手法をリアルタイムで実行するシステムの開発。

(2) 航空気象リスク評価技術 (TRL: 2 → 4 (~2027))

意思決定支援プラットフォームに適合した運航の障害となる気象のリスク情報を出力する技術の研究。同情報をリアルタイムで出力するシステムの開発。

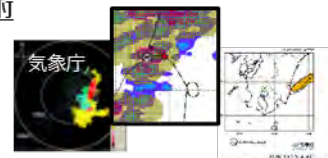
(3) 航空センシング技術 (TRL: 2 → 4 (~2027))

意思決定支援データ処理の入力となる気象レーダ観測技術および同技術に基づいたノウキャストイングもしくはデータ同化気象予測技術の研究開発。

意思決定支援
プラットフォーム
技術



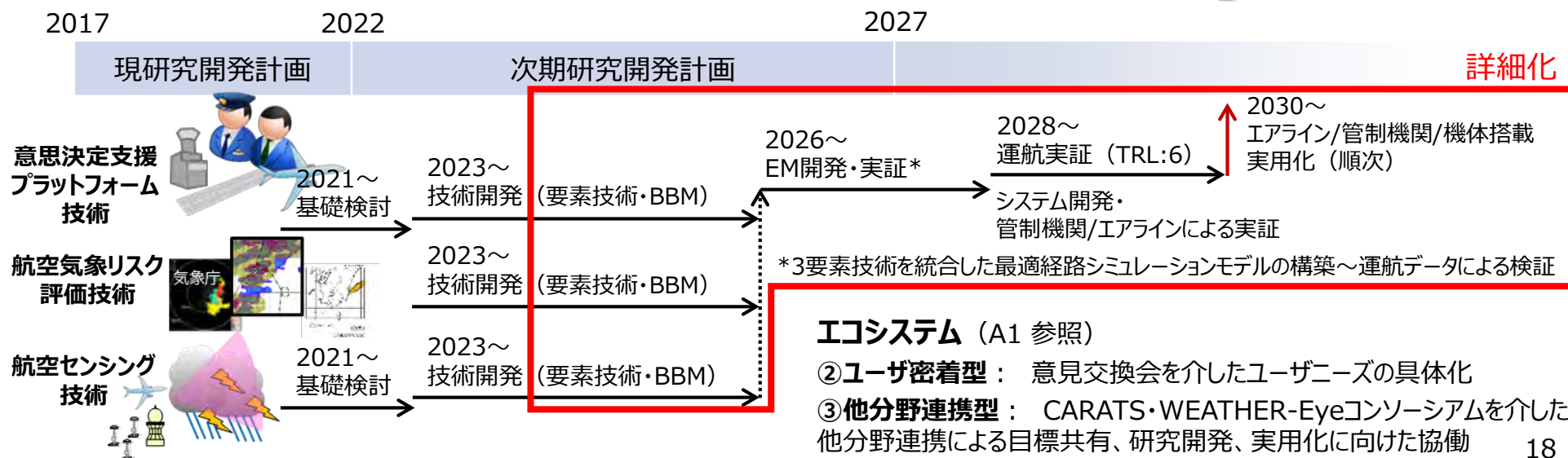
航空気象リスク評価
技術



航空センシング
技術



■ 研究スケジュール、エコシステム、社会実装の時期



[既存形態-U] 低騒音化技術の研究開発 (FQUROH-2) (1/2)

■ 概要

機体騒音低騒音化技術を将来の旅客機開発ならびに降着装置開発に適用可能な段階まで成熟度を高めることにより、航空産業界の競争力強化に貢献するとともに、エアラインの運航コスト軽減、社会的要請の強い空港周辺地域社会における騒音低減に貢献する。

適切な表記に修正

■ 意義・価値

適切な表記に修正

空港周辺地域では、航空機の騒音への関心が高く、音源対策に対する社会的要請は強まっている。

空港への着陸進入時の低騒音化においてボトルネックになっている機体騒音を低減する技術を開発・実証する事により、航空産業競争力強化と共に、エアラインの運航コスト軽減、社会的要請の強い空港周辺地域社会における騒音低減に貢献する。

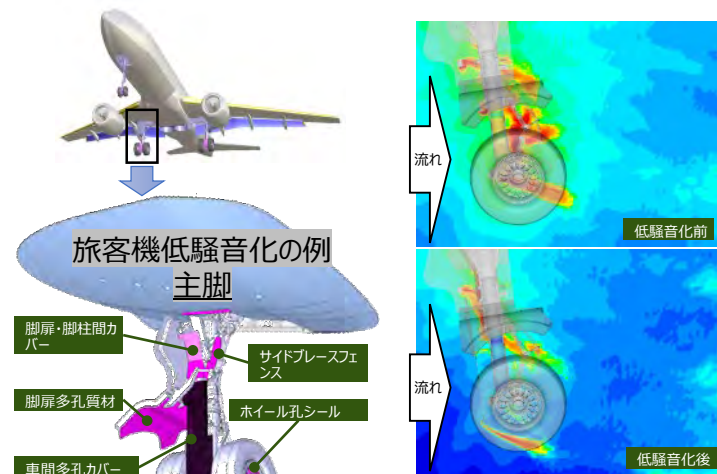
■ アウトプット目標 適切な表記に修正

✓ 中型旅客機に対する機体騒音低騒音化設計技術を飛行実証することにより、実用化に必要な設計技術を獲得する。

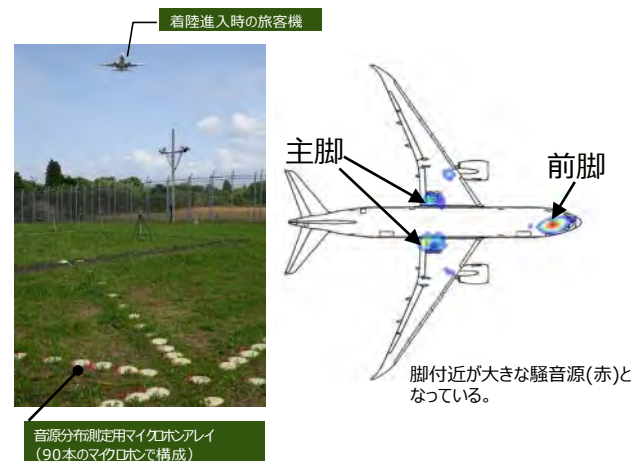
未だ実用化されていない機体騒音低減技術に関して、旅客機に対する機体騒音予測・低減法を構築し、飛行実証により旅客機開発に適用可能な段階まで成熟度を高める。

■ 目標達成のためのコア技術

✓ 独自低騒音化コンセプトと実用的な設計基盤技術：
JAXA実験機(小型ビジネスジェット)による飛行実証により、独自低騒音化法や実用性のある設計基盤技術(風洞試験、数値解析、飛行音源探査技術)を世界に先駆け先導する技術成果を得ている。



主脚周りコンピュータシミュレーション例 低騒音化形態では大きな騒音源となり得る箇所(赤)が減少している



着陸進入時の旅客機の飛行音源探査結果例 測定の様子(左図)と実測結果(右図)

[既存形態-ウ] 低騒音化技術の研究開発 (FQUROH-2) (2/2)

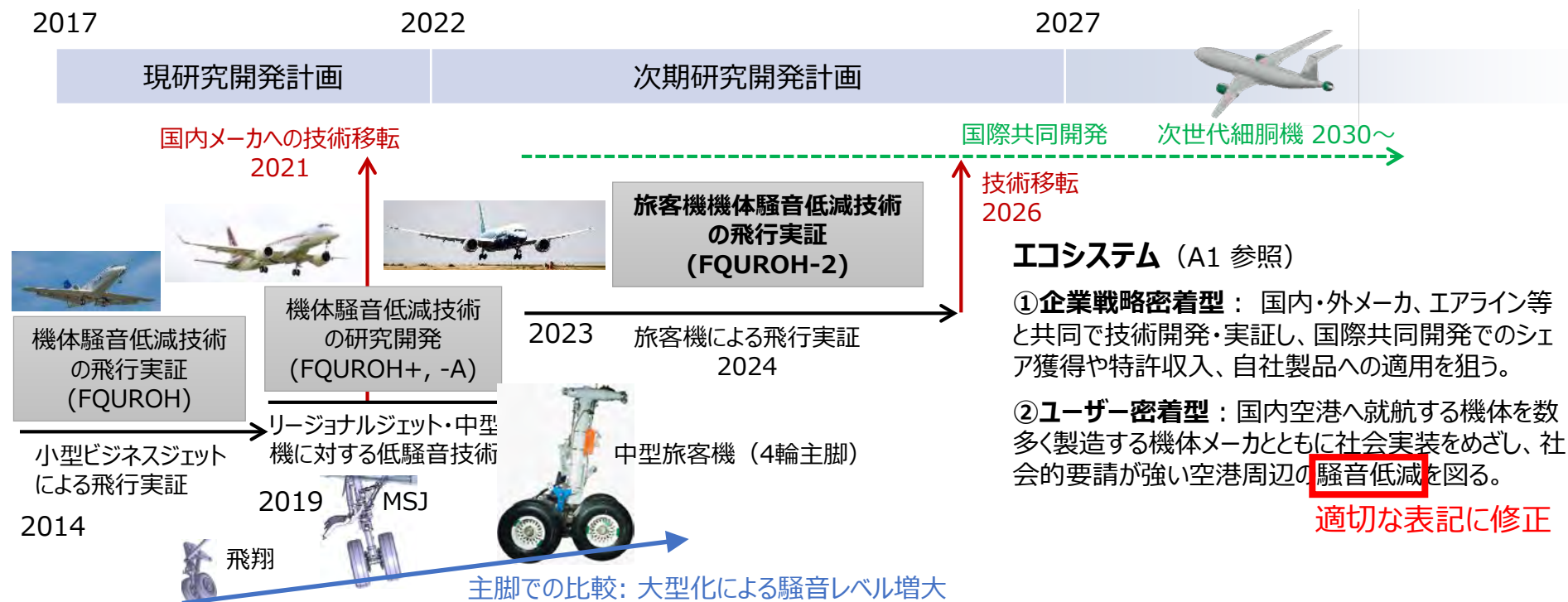
■ 主な研究項目 (TRL: 3 → 6)

旅客機の機体騒音の主音源である高揚力装置(スラット)と降着装置(4輪主脚)それぞれに対して、構造・空力等トレードオフを解決して環境性能と経済性と両立し、実機騒音低減を確実にける「低騒音化設計技術」を開発する。

開発した技術を実機に適用して飛行実証する事により、実用化に必要な設計技術を獲得する。



■ 研究スケジュール、エコシステム、社会実装の時期



[次モビ-ア] 有人・無人混在運航管理技術/高密度運航管理技術の研究開発 (1/2)

■ 概要

多種の航空機が、同一の空域において効率的に多様な運航をするための運航管理技術を開発することで、災害・危機管理対応における有人機・無人機混在や、空飛ぶクルマ（eVTOL）の効率的な運航環境の実現に貢献する。

■ 意義・価値

災害・危機管理対応において有人機と無人機が混在して運用できるようになることが求められている。また、eVTOLが効率的に運航できる環境も産業界から期待されている。多種の航空機の多様な運航を統合できる運航管理技術が必要である。

■ アウトプット目標

- ✓ **世界で最も柔軟な運航が可能な多種・多様運航技術**を実証する
災害・危機管理対応等において、多種の航空機が、安全で効率良く多様な運航ができるための、統合的な運航管理技術（情報共有技術、分散運航管理技術）を飛行実証する。
- ✓ **eVTOLの高密度運航技術課題へのソリューション**を実証する
2025年大阪万博におけるeVTOL運航実証をステップとして、情報共有技術と分散運航管理によって高効率な高密度運航が可能であることを確認する。

■ 目標達成のためのコア技術

- ✓ **有人航空機の運航管理技術 (D-NET)**： 防災航空機等へ導入済みであるD-NETは世界的にもユニークな技術であり、航空機運用総合調整システム(FOCS)に導入されデファクト化が進んでいる。その技術を発展、拡大することで多種・多用航空機の情報共有を実現する。
- ✓ **無人航空機の運航管理技術 (UTM)**： 無人航空機の運航管理技術の研究開発において取り組んでいる分散運航管理技術を発展させ、所有するUTMシミュレータ・実験用航空機を活用しながら、有人機・無人機間の任務・飛行計画調整に適用する。



災害・危機管理等の飛行情報共有・分散運航管理技術
災害・危機管理対応等で求められる統合的な運航管理技術（情報共有技術、分散運航管理技術）を飛行実証する。

[次モビ-ア] 有人・無人混在運航管理技術/高密度運航管理技術の研究開発 (2/2)

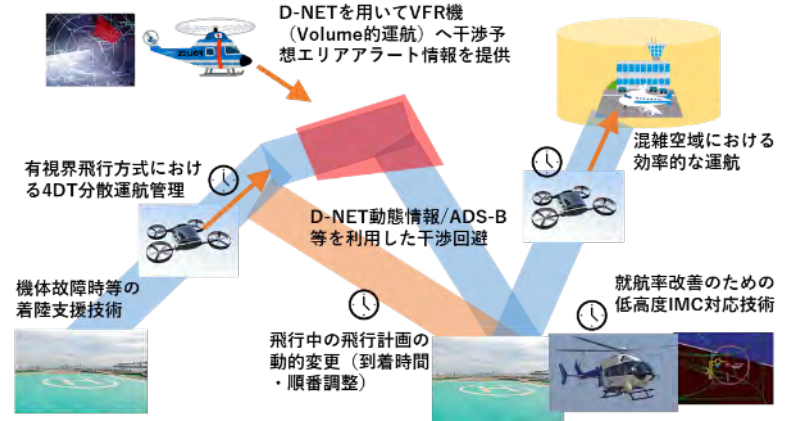
■ 主な研究項目

(1) 有人・無人混在運航管理技術 (TRL:5→8)

①災害対応において有人航空機の飛行ボリュームを明確にする技術（空域設定最適化、リアルタイム経路予測性）と、それを②空域で共有するための通信技術（空対空、空対地）、そして③無人航空機が効率的に空域を活用して任務を実行するための技術（分散運航管理、動的な飛行計画更新技術）に取り組む。

(2) eVTOL高密度運航管理技術 (TRL:3→6)

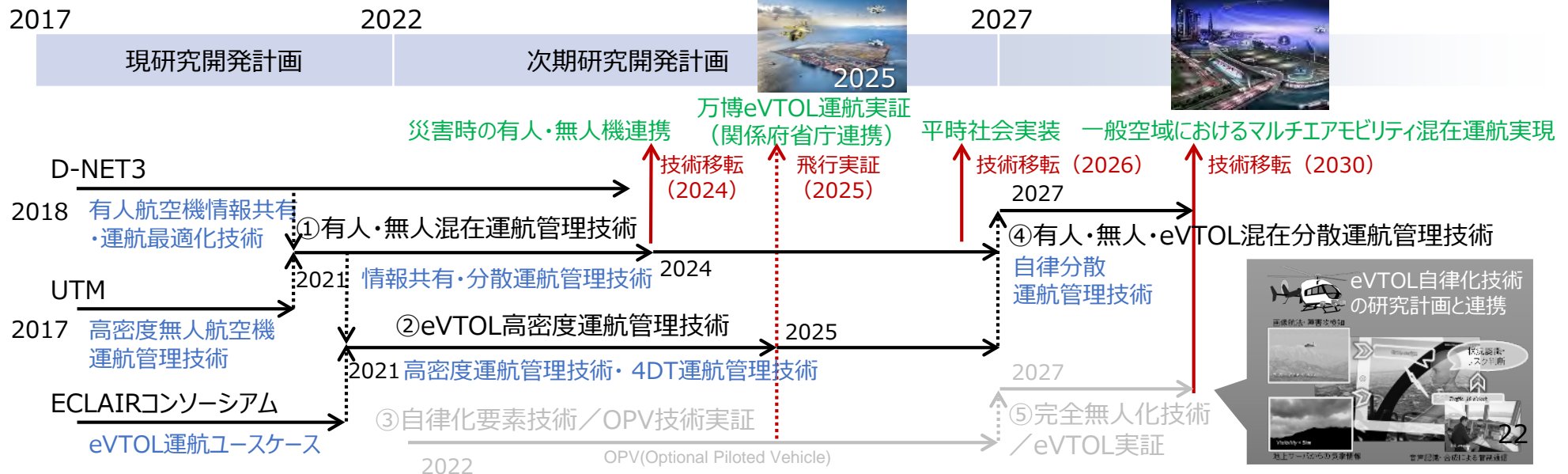
次世代航空モビリティに関して、①非管制空域におけるeVTOL/VFR機/無人機の安全を確保し、高密度な運航を実現するための運航管理技術と、②IMC環境や遠隔操縦/自律化に対応し輻輳する空域を効率的に利用するための新しい飛行方式に関わる技術に取り組む。情報共有・分散管理による干渉回避などの有効性を空域シミュレーションにより検証、2026年までにICT分野の民間企業等と連携して運航管理システムのプロトタイプを開発し、飛行実証する。



eVTOLの4DT運航技術の開発/実証
2025年大阪万博におけるeVTOL運航実証をステップとして、情報共有技術と分散管制によって高効率な高密度運航が可能であることを確認する。

実施内容と連携先を追記

■ 研究スケジュール、エコシステム、社会実装の時期



[次モビ-ア] 自律化要素技術の研究開発 (1/2)

■ 概要

「空飛ぶクルマ」の最終到達点として考えられている「出発から到着まで人間が介在しない完全な自律運航」の成立性を飛行実証する

■ 意義・価値

「空飛ぶクルマ」の到達点のひとつが「完全な自律運航」であるが、そこに至る技術課題は明確ではない。本研究では、世界に先駆けて自律化技術の最終形態の機能モデルを構築して実証し、「空飛ぶクルマ」の研究開発の道標とする。

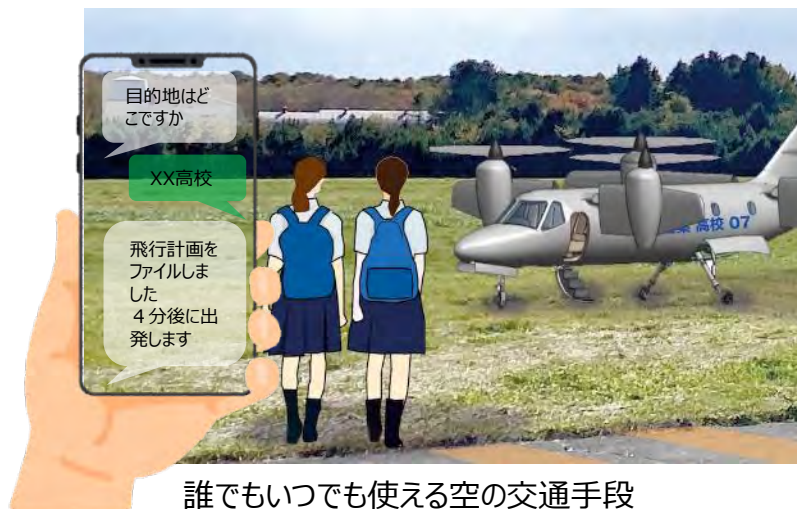
■ アウトプット目標

✓ 完全自律運航システムの機能モデル構築と飛行実証

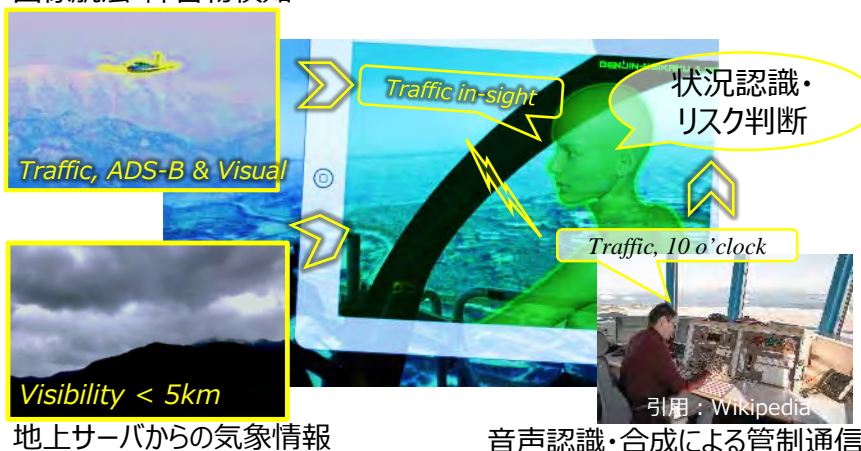
障害物等の状況認識を自動化
管制官と音声で会話し、既存のVFR/IFRに適応
出発可否判断および飛行継続判断の自動化

■ 目標達成のためのコア技術

- ✓ **飛行実証技術**：実験用ヘリコプタ、無人機、飛行シミュレータ等による飛行フェーズと研究フェーズに適合した実証技術
- ✓ **誘導制御技術**：UARMS等の無人機、DREAMS、FQUROH等で実験用航空機による実証実績をもつ、安全性や信頼性を考慮した誘導制御技術
- ✓ **航空ヒューマンファクタ技術**：エアラインのCRM訓練プログラムやMSJ開発等への参加を経て培われた、航空機運航および自動化システムに関する知識と分析技術



画像航法・障害物検知



既存のIFR/VFRに対応する自動化技術

[次モビ-ア] 自律化要素技術の研究開発 (2/2)

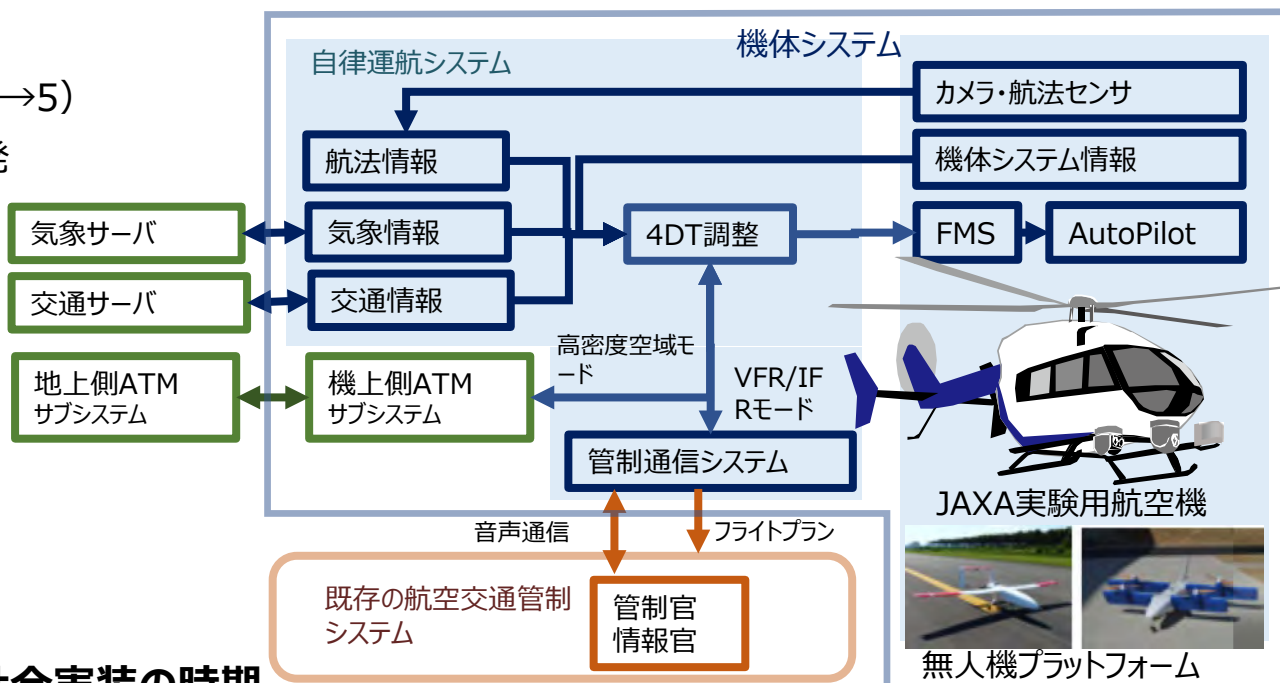
■ 主な研究項目

(1) 自律運航システムの試作 (TRL:3→5)

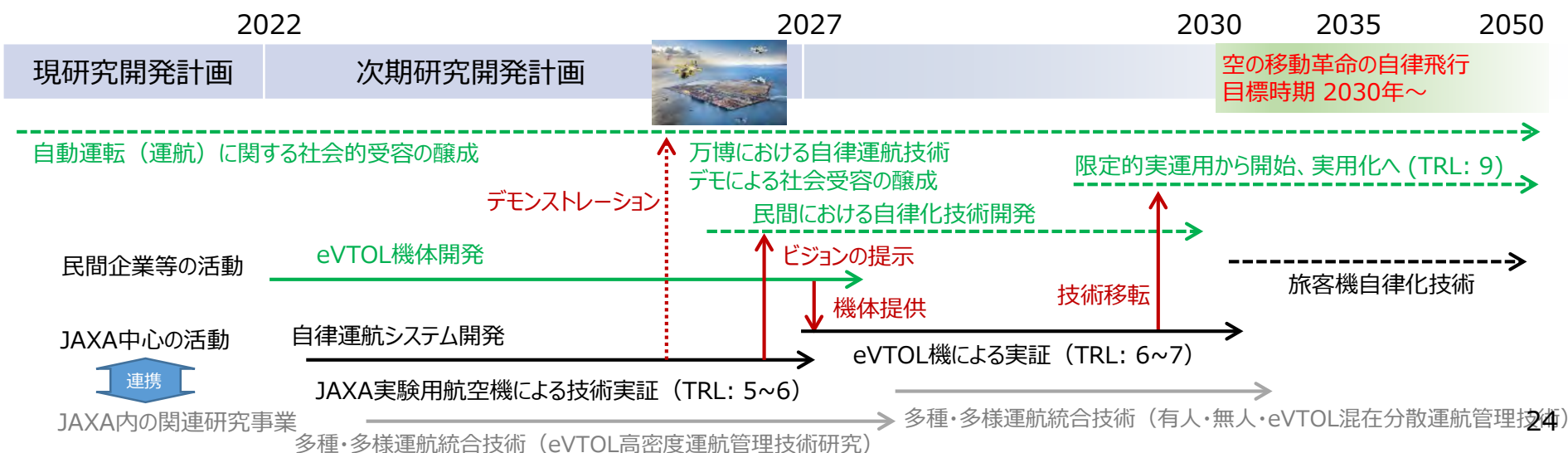
BK117改造自動化技術実証機の開発
 自律運航システムの機能モデルの開発

(2) 自律化要素技術の研究 (TRL:3→6)

無人機/eVTOLの自動操縦システム
 音声認識技術
 画像航法技術
 パイロット支援技術



■ 研究スケジュール、エコシステム、社会実装の時期



■ 概要

宇宙用技術も投入しての民間航空機の水素化技術の確立を短期目標とし、得られた要素技術を将来宇宙輸送機に適用してその成立性を高める技術開発を進める。これにより宇宙輸送コストの劇的な低減や、高速での旅客輸送など新たな航空宇宙ビジネス創成につなげる。当該研究開発活動を航空分野・宇宙分野で連携して進める。

■ 意義・価値

- ✓ 政府のグリーン成長戦略で工程表として示されている水素航空機の実現に向けて、国内メーカーと連携して、国際競争力のあるコア技術を開発し、実利用環境で実証する。
- ✓ 宇宙基本計画の下で検討中の将来宇宙輸送機の実現を目指して、国際的に先導している技術開発を加速する。

■ アウトプット目標

- ✓ 水素航空機の実現に必要なコア技術として、JAXAで研究開発を進めてきた水素ジェットエンジン、液体水素電動ポンプ、複合材液体水素タンクの実環境実証を行い、水素航空機の実用開発を目指す国内メーカーに技術を提供する。
- ✓ 将来宇宙輸送機に適用可能な、離陸からマッハ5程度まで連続作動できる極超音速水素エンジンを完成させ、実用機開発を担う国内メーカーに提供する。

■ 目標達成のためのコア技術

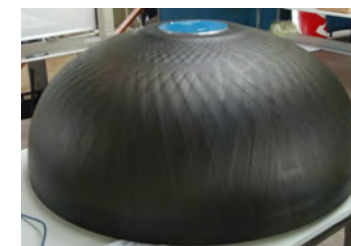
- ✓ **水素ジェットエンジン**： 航空機搭載時の排出ガス（窒素酸化物、水蒸気）が地球環境に与える影響の評価技術。高温部冷却に必要な軽量熱交換器技術（極超音速水素エンジンでの試験実績有）
- ✓ **液体水素電動ポンプ**： ジェットエンジンの少流量水素を安定して精密供給するため極低温燃料制御技術。（極低温電動ポンプの試験実績有）
- ✓ **液体水素複合材タンク**： 蒸発率を抑える断熱技術。複合材を適用して軽量化を図るための極低温環境での複合材接合技術。（極低温複合材タンクの試験実績有）



水素航空機



極低温電動ポンプ



極低温複合材タンク供試体

■ 主な研究項目

(1) 水素航空機技術の研究開発 (TRL:3→5)

水素ジェットエンジンの航空機搭載時の排出ガス（窒素酸化物、水蒸気）が地球環境に与える影響を評価する。

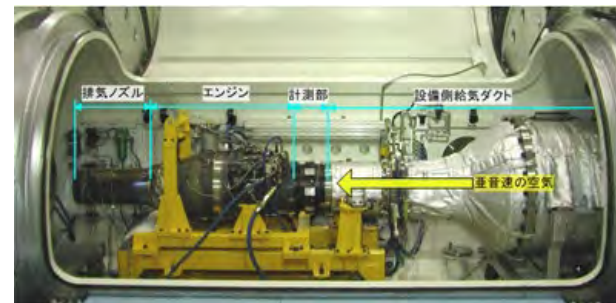
ジェットエンジンで使用する少量の液体水素を精密に供給する液体水素電動ポンプ（吐出圧：3MPa以上）を開発し、精密燃料制御を実現する。

液体水素タンクの蒸発率を抑えて航空機の長時間飛行（10時間以上）に対応するとともに、複合材を適用して大幅な軽量化を図る。

(2) 将来宇宙輸送機への水素燃料適用技術開発 (TRL:3→5)

離陸からマッハ5まで連続作動できる極超音速水素エンジンの飛行環境実証を進め、スクラムジェットと複合化を図ることで、速度範囲を拡大する。

極超音速水素エンジンを搭載した将来宇宙輸送機のエンジン切替技術、飛行制御技術の開発を進め、小規模の飛行実験で主要技術を実証する。



JAXAが保有する高空性能試験設備

設備の能力拡張により、水素ジェットエンジンの高高度飛行時の排気特性評価が可能

エコシステム (A1 参照)

①企業戦略密着型：国内メーカーと共同研究で研究開発を行い、水素航空機・水素エンジンの国際共同開発でのシェア獲得を狙う

■ 研究スケジュール、エコシステム、社会実装の時期



[基盤技術] デジタル統合設計等の研究開発 (1/2)

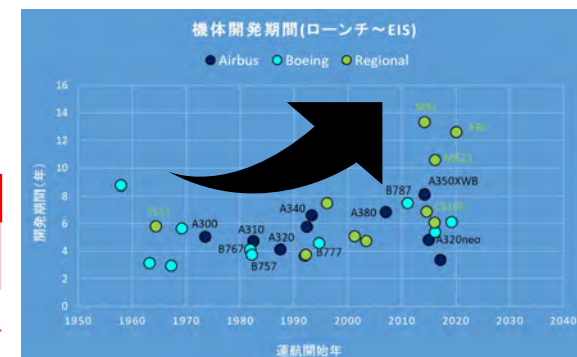
■ 概要

- ✓ デジタル技術の研究開発及び実証を通して、多分野統合システム設計（デジタル統合設計）、試作代替・試験代替（デジタル TESTING/プロトタイプング、デジタルフライト）を促進し、生産性を向上することで、航空機ライフサイクルを最適化するとともに、革新的な航空機の創出に資する。

■ 意義・価値

- ✓ 航空機ライフサイクル全体のDX化は欧米の主要航空機メーカーにおいて進められているが、我が国産業界が今後も国際競争力を維持するためには、**我が国の強みであるProduction Systemをデジタルスレッドで先導してレベルアップさせるシステム（DX基盤）の構築等**、一刻も早くDX技術を取り入れる必要がある。また、これまでに経験のない革新的な航空機の開発が求められている。
- ✓ 機体開発には、大量の試験・試作を含む設計作業の繰り返しが必要で、開発スケジュール・コストを圧迫する一因となっている。シミュレーション等のデジタル技術は、コストの高い試作や試験を代替し、設計作業の効率化・自動化につながるため、この問題を解決し、航空機開発の効率化の実現に資する技術として大きく期待されている。
- ✓ また、認証取得作業が長期化しており、完成機事業における深刻な課題となっている。安全性を確保しつつ、**認証取得作業を効率化するため、実機・実構造を用いず数値解析を用いて実施する航空機の型式認証（CbA: Certification by Analysis）**を取り入れることで、国内機体メーカーの国際競争力の強化につながる。また、ガイドライン等の国際的な基準策定に貢献することで、我が国のプレゼンスが向上する。

デジタルスレッドの必要性を追記



旅客機の開発期間は長期化する傾向

CbAについて詳述

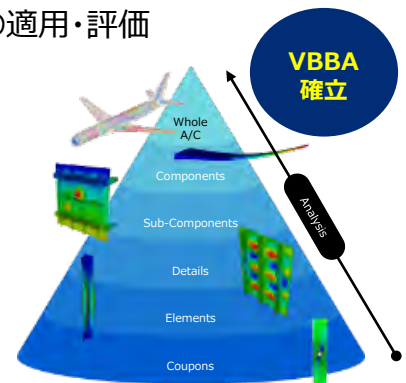
■ アウトプット目標

- ✓ 多分野統合システム設計ツールの開発、及びサブシステム設計への適用・評価
- ✓ 高効率非定常解析ツール（FaSTAR）の開発、及び離着陸・着氷・混相流・動安定・空力構造連成等への適用・評価
- ✓ 工法及び構造強度の証明に対するVBBA(Virtual Building Block Approach)の構築・評価
- ✓ 飛行シミュレータとVBBAを活用したCbAに向けた実証及びガイドライン策定への貢献

■ 目標達成のためのコア技術

- ✓ **試験データに裏付けられた解析技術**： 数値シミュレーション技術（FaSTARなど）、AI/機械学習技術（FBasisなど）、複合材解析技術など。他分野での活用が期待されるとともに、大学講義等でも広く活用され人材育成にも貢献している。
- ✓ **大型試験設備等のインフラ及びそれを活用した試験技術**： スパコン、風洞、複合材試験設備、ISSAC PLATZなど高精度計測・画像計測などの試験計測技術
- ✓ **基準策定の枠組みへの参画**： 構造試験分野においては、認証機関や機体OEMが参加する国際的な枠組み（IWG*）で既にデジタル化への移行準備（ガイドライン策定）に貢献している。

*IWG: Industry Working Group for Airframe Structures Modeling and Simulation



構造解析を活かした構造強度を証明するVBBAのイメージ

[基盤技術] デジタル統合設計等の研究開発 (2/2)

解析モデル/ツールの検証方法
～大型試験設備の重要性について追記

■ 主な研究項目

研究開発の対象を明確化

航空機ライフサイクル全体のうち、特に設計、認証、及び製造フェーズのDXに資する以下の研究開発は取組み、航空機ライフサイクルDXコンソーシアムの枠組みも活用して機体メーカ、認証機関等と連携しながら航空機開発に耐える信頼性の高い解析アプローチを構築していく。

(1) デジタル統合設計に関する研究開発…「単分野の解析」から「多分野のシステム解析」へ

設計フェーズにおいて、各分野の数値シミュレーションやAI技術等を組み合わせた多分野統合システム解析技術（空力・構造・飛行・騒音・熱・燃焼等）を実現し、設計プロセス効率化のために複雑システムの性能評価を可能とする。

(2) デジタルテストング/プロトタイプングに関する研究開発…「試験技術」から「認証技術」へ

設計・認証及び製造フェーズにおいて、大型試験設備による構造試験の結果に裏打ちされた構造解析を活かし、工法及び構造強度の証明に対するVBBAを構築する。航空法で要求される製造から運用に至る航空機ライフサイクルで生じるリスク及び構造脆弱性を定量化し、構造強度証明プロセスの迅速化、機体開発の低コスト化を実現する。

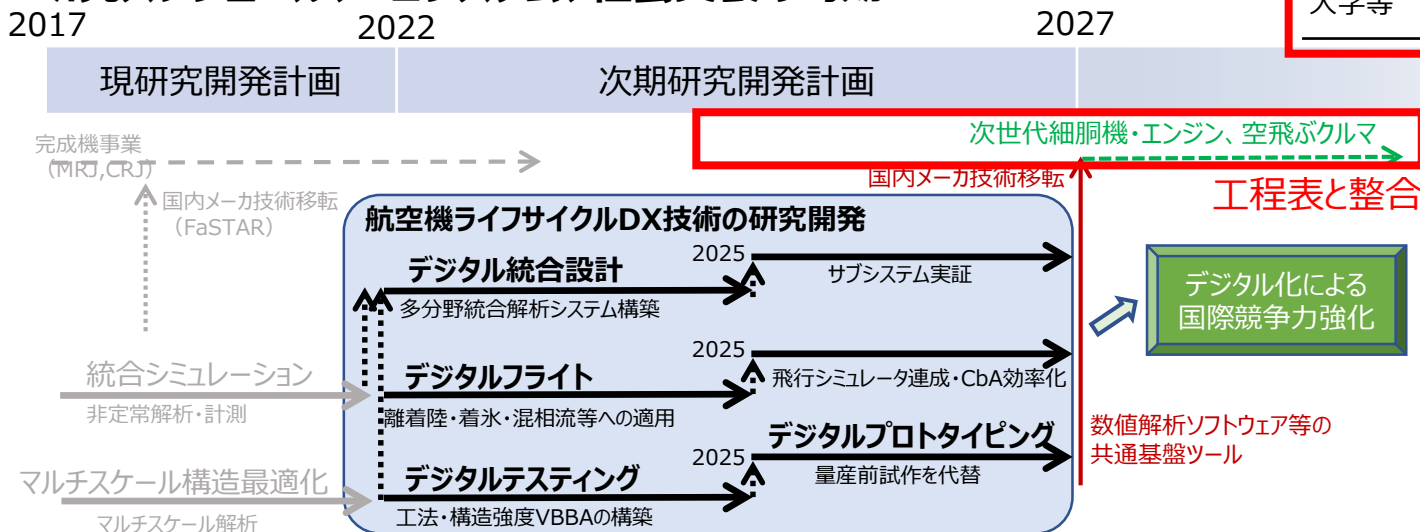
コンソーシアムにおける
企業や大学の役割分担を追記

(3) デジタルフライトに関する研究開発「風洞試験の代替」から「飛行試験の代替」へ

設計・認証フェーズにおいて、世界最高速の流体解析ソルバFaSTARを実機スケール・複雑形状に対応した高効率解析に拡張、大型風洞等の大型試験設備を用いた先進的な試験計測技術等の結果により検証し、CbAの実現に貢献する。また、数値シミュレーションと飛行シミュレータを組合せた飛行性評価、及び離着陸・着水・混相流・動安定・空力構造連成等のシミュレーションの研究を実施し、認証プロセスの効率化に資する。

機関	役割
JAXA	ソフトウェア等の共通基盤ツールの開発、MBSE等の設計手段と接続させるためのノウハウの共有
機体/エンジンメーカー	設計・認証DXのニーズや課題の提言、MBSEと数値解析技術の連携等に関する研究開発
ITベンダ	IT技術、DX拠点の研究開発
大学等	解析・分析手法等の要素的な研究開発

■ 研究スケジュール、エコシステム、社会実装の時期



エコシステム (A1, 4参照)

⑤ 基盤技術提供型： 機体メーカ、ITベンダと連携して、航空機ライフサイクルのDX化における数値解析ソフトウェア等の共通基盤ツールやノウハウを開発し、ツールについてはソフトウェアベンダを介してライセンス販売

④ 標準化型： 機体メーカ、認証機関と連携し、CbAにおけるガイドラインの策定に資する基盤技術開発を通じ、安全性を確保しつつ、認証取得作業の効率化に貢献

A1. JAXA航空技術部門のエコシステム（研究成果の社会実装の枠組み）

- ①**企業戦略密着型**：ニーズが顕在化しており、コアとなる要素技術をメーカーと共同開発。要素技術レベルでメーカーは受け取れる。
- ②**ユーザー密着型**：潜在的なニーズをユーザーと共に具体化する。ソリューションレベルまで作り上げないとユーザーは受け取れない。
- ③**多分野連携型**：必要な要素技術が多分野に跨がるため、連携相手が多数。メーカー、ユーザーの両方と連携。新分野でニーズが顕在化していないことも多く、その場合はソリューションレベルまで作り上げる必要がある。
- ④**標準化型**：新技術の普及や安全性確保に必要な規格・基準の提案を行う。公共性が高いためJAXA主導。新技術のニーズ顕在化（市場開拓）のためのステップとなる側面もある（新規格・基準を満たすために新技術が必要となる等）。
- ⑤**基盤技術提供型**：JAXAの基盤技術、設備を活用し、メーカーへの解析・評価ツールの提供や、メーカー技術の試験・評価を行う。

エコシステム：研究成果の社会実装の枠組み、ユーザー：最終製品・サービスを使う者、メーカー：最終製品・サービスを製作する者（分担含む）

エコシステムの型	典型例	研究開発時				社会実装時	
		連携する相手*	連携の形態	相手の担当	JAXAの担当	JAXAが関わる成果	成果を受け取る相手
① 企業戦略密着型	環境分野（低燃費、低騒音）	メーカー（少数）	共同研究	技術開発 評価環境 システム化	技術開発 評価環境	コア技術	連携相手と同じ
② ユーザー密着型	安全、防災分野	ユーザー（少数）	共同研究 協定	評価環境	技術開発 システム化	ソリューション	連携相手と同じ
③ 多分野連携型	異分野連携（気象、電動化）	メーカー、ユーザー （多数）	コンソーシアム	技術開発 評価環境 システム化		コア技術、あるいはソリューション	連携相手と同じ
④ 標準化型	新技術に係る規格・標準化	メーカー、研究機関	連携相手と共に、標準化団体の活動に参画	技術開発 （標準化提案のパートナー）	技術開発 評価環境	規格・基準 規格を満たすコア技術	連携相手に限らないメーカー
⑤ 基盤技術提供型	CFD、風洞	連携は必須ではない	—	—	技術開発 評価環境	試験・解析・評価ツール/データ	不特定多数のメーカー

表内の青字は各型の特徴的な要素

*技術開発リスクをシェアする研究機関（大学含む）は、どのエコシステムの研究開発時でも連携相手になり得る

A2. 電動ハイブリッド推進技術のエコシステムと必要な外部連携

■ 目的

JAXAコア技術と国内企業の優位技術を統合してシステム技術として実証することにより、国内企業が電動航空機の国際共同開発に参画する確度を向上する。

■ エコシステム

企業戦略密着型：JAXAコア技術を国内重工と共同で実証し、国内重工への技術移転を行う。

→ 必要な外部連携：国内重工との共同研究

新しい技術の普及に重要なエコシステム

多分野連携型：産学官で電動航空機システムの将来ビジョンを共有して技術開発を行うことにより、国内企業がシステム技術を有して国際共同開発に参画する。

→ 必要な外部連携：産学官が幅広く参画するECLAIRコンソーシアム

標準化型：国内企業の国際共同開発への参画に資する国際標準の策定を目指す。

→ 必要な外部連携：経産省、国内企業、JAXAが連携して国際標準化団体の活動に参画する標準化WG

エコシステムの型	研究開発時				社会実装時	
	連携する相手	連携の形態	相手の担当	JAXAの担当	JAXAが関わる成果	成果を受け取る相手
企業戦略密着型	国内重工	共同研究	技術開発	システム化 評価設備 技術実証試験	コア技術	連携相手と同じ
多分野連携型	国内重工、電機メーカー、研究機関、大学	ECLAIR コンソーシアム	技術開発 評価環境 システム化		コア技術、システム	連携相手と同じ
標準化型	経産省、国内重工、電機メーカー	経産省、国内企業と連携し、標準化団体の活動に参画	経産省：標準化戦略の策定 ECLAIR：標準化活動に参画	標準化戦略の策定、標準化活動に参画、技術開発	規格・基準	連携相手に限らない国内企業

A3. 多種・多様運航統合技術のエコシステムと必要な外部連携

■ 目的

多種の航空機が、同一の空域において効率的に多様な運航をするための運航管理技術を開発することで、災害・危機管理対応における有人機・無人機混在や、空飛ぶクルマ（eVTOL）も含めた効率的な運航環境を実現する。

■ エコシステム

ユーザー密着型：災害対応を行う省庁、地方自治体と連携し、災害時の有人・無人機混在運航環境の構築を行う。

→ 必要な外部連携：地方自治体、省庁、事業者との共同研究、協定

新しい技術の普及に重要なエコシステム

多分野連携型：省庁、UTM/eVTOL事業者と幅広く連携し、平常時の有人・無人機混在運航環境の構築を行う。

→ 必要な外部連携：産学官が幅広く参加し、ユースケース検討や研究開発を行う官民協議会、コンソーシアム

標準化型：国内での運航実績をベースに国際標準化活動に参画し、国内ルールの国際標準化を目指す。

→ 必要な外部連携：国内法整備を行う官民協議会（空の移動革命に向けた官民協議会等）、国際標準化(ICAO等)活動への参画を支援するコンソーシアム

主に運航環境の標準化・運航システムの認証、実証環境の提供によりベンチャーの活動を支援

エコシステムの型	研究開発時				社会実装時	
	連携する相手	連携の形態	相手の担当	JAXAの担当	JAXAが関わる成果	成果を受け取る相手
ユーザー密着型	地方自治体、省庁（ユーザー）、事業者（ベンチャー含む）、アビオ・電子機器メーカー	共同研究、協定	評価環境、運用（ユーザー）、実証システム（UTM事業者）	技術開発、検証・評価 運航システム化	運航システム	連携相手と同じ
多分野連携型	省庁、UTM/eVTOL事業者（ベンチャー含む）、機体メーカー	官民協議会 コンソーシアム	評価環境、実証システム、ユースケース	技術開発、検証・評価 運航システム化	運航システム	連携相手と同じ
標準化型	省庁、メーカー、研究機関	官民協議会 （国内ルール） 国際標準化団体 （国際ルール）	国内法整備、標準化提案のパートナー	技術開発 評価環境 標準化提案	規格・基準	連携相手に限らない 国内企業

A4. 航空機ライフサイクルDX技術のエコシステムと必要な外部連携

■ 目的

多分野統合システム設計（デジタル統合設計）、試作代替・試験代替（デジタルテストング/プロトタイプング、デジタルフライト）を促進し、生産性を向上することで、航空機ライフサイクルを最適化するとともに、新たな航空機を創出する。

■ エコシステム

新しい技術の普及に重要なエコシステム

多分野連携型、基盤技術提供型：機体メーカー、エアライン、ITベンダー、大学と連携して、航空機ライフサイクルのDX化における共通基盤ツールやノウハウを構築し、幅広くライセンスする。認証に係るノウハウの活用、DX基盤の構築に向けた取組について追記

→ 必要な外部連携：産学官が幅広く参画し、共通基盤ツール及びそのツールとMBSE技術とを接続させるためのノウハウ、認証への適用に関するノウハウ※等を共有し、DX基盤の構築に向けた検討など航空機ライフサイクルDXに関する研究開発を推進する航空機ライフサイクルDXコンソーシアム
 ※航空機装備品ソフトウェア認証技術イニシアティブ等の活動で得られたノウハウなど

標準化型：機体メーカー、認証機関と連携して、解析による認証（CbA）におけるガイドラインの策定に資する基盤技術開発を通じ、安全性を確保しつつ認証取得作業の効率化に貢献。

→ 必要な外部連携：航空局、機体メーカー、JAXAが連携して国際標準化活動に参画する国際コミュニティとの連携枠組み。

MSJ開発等で設計や認証に向けた課題が具体化している旅客機開発からアプローチ
 その成果は、空飛ぶクルマ（eVTOL）等の新形態航空機にも適用可能

エコシステムの型	研究開発時				社会実装時	
	連携する相手	連携の形態	相手の担当	JAXAの担当	JAXAが関わる成果	成果を受け取る相手
多分野連携型 基盤技術提供型	機体メーカー、エアライン、ITベンダー、ユーザー	コンソーシアム	技術開発 評価環境（Vプロセス実証） システム化		コア技術 試験・解析・評価 ツール/データ	連携相手に限らない メーカー （ベンチャー含む）
標準化型	機体メーカー、 研究機関、 航空局	連携相手と共に、国際標準化団体の活動に参画	技術開発（機体メーカー、研究機関） 適合性確認（航空局）	技術開発 評価環境	規格・基準 ガイドライン 適合性証明手法	連携相手に限らない メーカー （ベンチャー含む）

B. TRL（技術成熟度）について

本資料におけるTRL（Technology Readiness Level、技術成熟度）の定義を以下に示す。これは、NASAホワイトペーパー（1995年発行）の基準をベースに明確化を図ったJAXA共通のTRL運用ガイドラインの趣旨を踏まえ、NASA航空のTRL基準*を参考に航空分野に特化したTRL基準として設定したものである。

*NASA航空によるTRL基準：https://www.nasa.gov/topics/aeronautics/features/trl_508.html

TRL	定義	概説
9	実システムの運用での証明	その技術の最終運用版が通常の運用を通じて完全に実証された状態。改善可能な軽微な問題は許容される。この状態から技術を改良する場合は、計画の有無に因らず、TRL1として取り扱う。
8	実システムの試験あるいは実証を通じた飛行認証	その技術が十分に試験され、主な開発が終了し、重大な設計上の問題もなく、その技術が意図したとおりに実証された状態
7	システム・プロトタイプ相当環境での実証	その技術が可能な限り運用版に近い最終試作品の形で、現実の環境条件で試験された状態
6	システム、サブシステム・モデルあるいはプロトタイプ相当環境での実証	追加の設計変更の可能性のあるものの、その技術の最終型に近いものが現実の環境条件で試験された状態
5	ベーシックプロトタイプ相当環境での検証	提案する技術がより実現性のあるものになり、他の運用システムとの初期統合も含む現実あるいはそれに近い条件で試験された状態
4	ベーシックプロトタイプの実験室環境での検証	開発を継続することの裏付けを提供するために、提案する技術の基本的な例が取りまとめられた状態
3	コンセプトやアプリケーションの解析と実験による証明	初期の概念実証のために、実験室ベースの研究を含む、活発な研究開発に着手した状態
2	コンセプトやアプリケーションの明確化	現在の研究の実用化に向けたアイデアが提案された状態。ただし、そのアイデアの実験上の証明や研究は不要
1	基本原理の観察と報告	研究開発プログラムの下で、適用や概念に結び付く基礎的な科学研究が考え出された状態

C. JAXA航空技術部門の人員と予算について

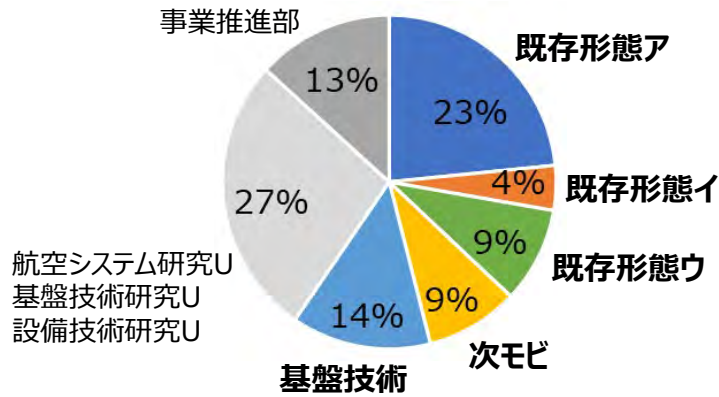
■ **職員数：190名**（男性：174名 女性：16名）
内、技術系168名

2022年4月1日現在

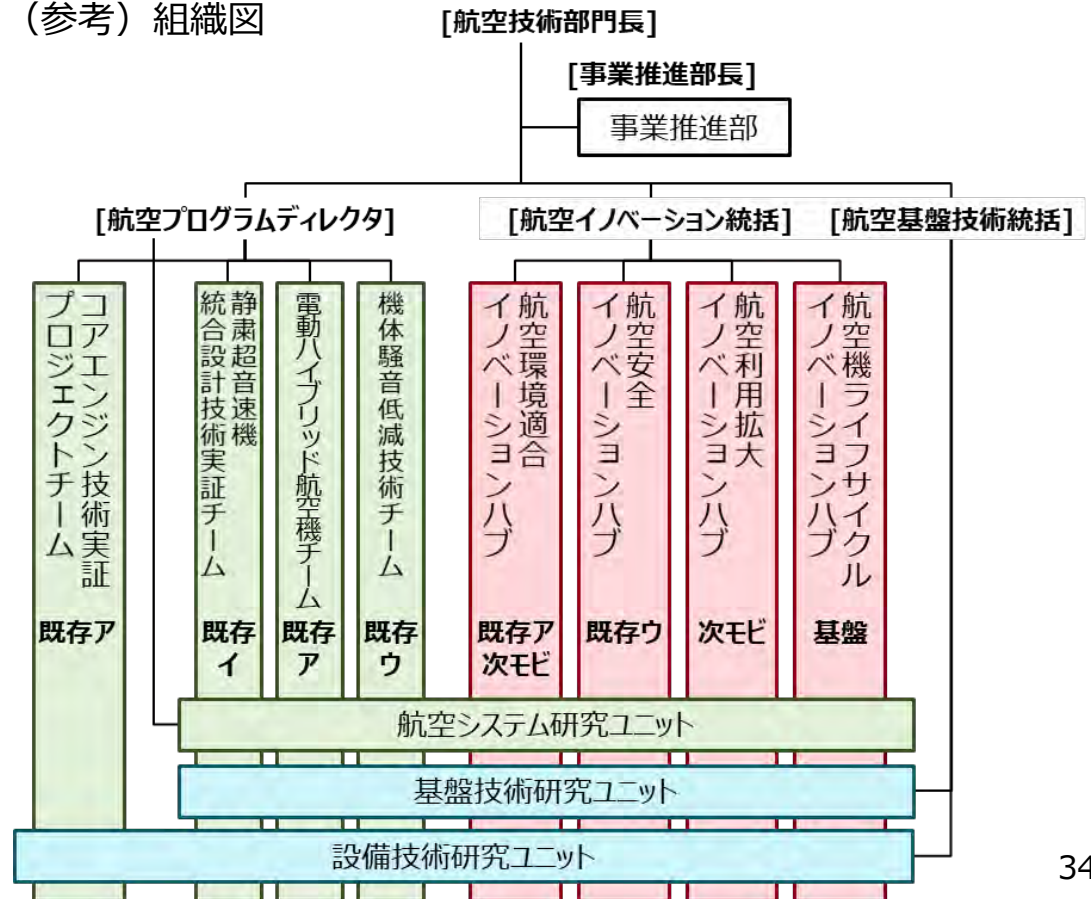
■ **2022年度予算：66.3億円**（人件費除く）
（内訳） 事業費：36.8億円 → **既存形態、次モビ**
一般研究費：5.1億円 → **基盤技術**
施設維持費：24.4億円

※四捨五入の関係で合計は必ずしも一致しない

職員数の内訳



(参考) 組織図



D. プログラム全体に関連するアウトプット・アウトカム指標

共同/委託/受託研究の内訳を記載

プログラム全体に関連するアウトプット指標	過去3年程度の状況		
	令和元年	令和2年	令和3年
航空科学技術の研究開発の達成状況（JAXAが実施している共同/委託/受託研究数の観点も含む）	154 (132/6/16)	164 (121/10/33)	169 (149/9/11)

プログラム全体に関連するアウトカム指標	過去3年程度の状況		
	令和元年	令和2年	令和3年
航空科学技術の研究開発における連携数（JAXAと企業等の共同/受託研究数）	70	71	75
航空科学技術の研究開発成果利用数（JAXA保有の知的財産（特許、技術情報、プログラム/著作権）の供与数）	57	52	53
航空分野の技術の国内外の標準化、基準の高度化等への貢献	【R1】	【R2】	【R3】

【R1】

- JAXAが選定・提案したジェットエンジン排気騒音予測モデルがICAOに採用されるなど、超音速機の国際騒音基準策定に貢献した。
- 複合材試験評価技術(塩水噴霧試験方法等)に関し、日本工業規格（JIS）及びISOに提案した規格が制定されるなど、国内外の標準化・基準化に貢献した。
- 航空機搭載型晴天乱気流検知装置に関し、JAXA飛行試験データを含めたFeasibility Reportが米国の規格化団体である航空無線技術委員会（RTCA）から発行されるなど、国内メーカーの海外での標準化活動を支援した。

【R2】

- 国際民間航空機関（ICAO）における超音速機の騒音基準策定において、ソニックブームへの大気乱流の影響を解析した結果を提供し、同結果が基準策定の根拠データとして利用されるなど、基準策定検討に貢献した。
- GPS/INS装備品等の認証を通じてJAXAが蓄積した航空機装備品としての認証取得に係るソフトウェアやドキュメント等の知財およびノウハウを国内産業界に共有する「航空機装備品ソフトウェア認証技術イニシアティブ」の活動により、航空機装備品認証のソフトウェア基盤構築に貢献した。

【R3】

- 国際民間航空機関（ICAO）における超音速機の騒音基準策定において、離着陸騒音評価手法の不確かさを算出する手法を構築、同手法を用いた離着陸騒音評価結果をICAOへ提出。ICAOの基準策定過程で課された超音速機導入による環境影響評価（E-study）報告書の作成に必要な予測精度の検証を支援し、基準策定の確実な進展に貢献した。
- 既存のISO規格である複合材料の層間破壊靱性評価（DCB※試験法）に関し、試験片への治具の接着を不要とする新たな試験法を追加提案し、規格改定に向け手続きが進められるなど、国内外の標準化・基準化に貢献した。

※DCB: Double Cantilever Beam

D. プログラム全体に関連するアウトプット・アウトカム指標

分野毎の内訳を記載

「既存形態での航空輸送・航空機利用の発展に必要な研究開発」に関連付けられる取組みについて

プログラム全体に関連するアウトプット指標	過去3年程度の状況		
	令和元年	令和2年	令和3年
航空科学技術の研究開発の達成状況（JAXAが実施している共同/委託/受託研究数の観点も含む）	66 (58/1/7)	57 (56/1/-)	77 (69/1/7)

プログラム全体に関連するアウトカム指標	過去3年程度の状況		
	令和元年	令和2年	令和3年
航空科学技術の研究開発における連携数（JAXAと企業等の共同/受託研究数）	33	35	39
航空科学技術の研究開発成果利用数（JAXA保有の知的財産（特許、技術情報、プログラム/著作権）の供与数）	5	6	5
航空分野の技術の国内外の標準化、基準の高度化等への貢献	【R1】	【R2】	【R3】

【R1】

- JAXAが選定・提案したジェットエンジン排気騒音予測モデルがICAOに採用されるなど、超音速機の国際騒音基準策定に貢献した。
- 航空機搭載型晴天乱気流検知装置に関し、JAXA飛行試験データを含めたFeasibility Reportが米国の規格化団体である航空無線技術委員会（RTCA）から発行されるなど、国内メーカーの海外での標準化活動を支援した。

【R2】

- 国際民間航空機関（ICAO）における超音速機の騒音基準策定において、ソニックブームへの大気乱流の影響を解析した結果を提供し、同結果が基準策定の根拠データとして利用されるなど、基準策定検討に貢献した。
- GPS/INS装備品等の認証を通じてJAXAが蓄積した航空機装備品としての認証取得に係るソフトウェアやドキュメント等の知財およびノウハウを国内産業界に共有する「航空機装備品ソフトウェア認証技術イニシアティブ」の活動により、航空機装備品認証のソフトウェア基盤構築に貢献した。

【R3】

- 国際民間航空機関（ICAO）における超音速機の騒音基準策定において、離着陸騒音評価手法の不確かさを算出する手法を構築、同手法を用いた離着陸騒音評価結果をICAOへ提出。ICAOの基準策定過程で課された超音速機導入による環境影響評価（E-study）報告書の作成に必要な予測精度の検証を支援し、基準策定の確実な進展に貢献した。

D. プログラム全体に関連するアウトプット・アウトカム指標

分野毎の内訳を記載

「次世代モビリティ・システムによる更なる空の利用に必要な研究開発」に関連付けられる取組みについて

プログラム全体に関連するアウトプット指標	過去3年程度の状況		
	令和元年	令和2年	令和3年
航空科学技術の研究開発の達成状況（JAXAが実施している共同/委託/受託研究数の観点も含む）	11 (11/-/-)	14 (12/-/2)	21 (19/-/2)

プログラム全体に関連するアウトカム指標	過去3年程度の状況		
	令和元年	令和2年	令和3年
航空科学技術の研究開発における連携数（JAXAと企業等の共同/受託研究数）	7	11	11
航空科学技術の研究開発成果利用数（JAXA保有の知的財産（特許、技術情報、プログラム/著作権）の供与数）	18	16	20
航空分野の技術の国内外の標準化、基準の高度化等への貢献	-	-	-

D. プログラム全体に関連するアウトプット・アウトカム指標

分野毎の内訳を記載

「デザイン・シナリオを実現するための基盤技術の研究開発」に関連付けられる取組みについて

プログラム全体に関連するアウトプット指標	過去3年程度の状況		
	令和元年	令和2年	令和3年
航空科学技術の研究開発の達成状況（JAXAが実施している共同/委託/受託研究数の観点も含む）	77 (63/5/9)	93 (53/8/32)	71 (61/6/4)

プログラム全体に関連するアウトカム指標	過去3年程度の状況		
	令和元年	令和2年	令和3年
航空科学技術の研究開発における連携数（JAXAと企業等の共同/受託研究数）	30	25	25
航空科学技術の研究開発成果利用数（JAXA保有の知的財産（特許、技術情報、プログラム/著作権）の供与数）	34	30	28
航空分野の技術の国内外の標準化、基準の高度化等への貢献	【R1】	-	【R3】

【R1】

- 複合材試験評価技術(塩水噴霧試験方法等)に関し、日本工業規格（JIS）及びISOに提案した規格が制定されるなど、国内外の標準化・基準化に貢献した。

【R3】

- 既存のISO規格である複合材料の層間破壊靱性評価（DCB※試験法）に関し、試験片への治具の接着を不要とする新たな試験法を追加提案し、規格改定に向け手続きが進められるなど、国内外の標準化・基準化に貢献した。

※DCB: Double Cantilever Beam