資料68－1－1

研究開発ビジョンの最終取りまとめに向けた研究開発課題とその取り組み方策の検討状況について

宇宙航空研究開発機構
航空技術部門

外部有識者委員会による検討

- 「産業界（メーカー）、学会、関係各省庁等の学識経験者、企業実務経験者（エアライン）、その他有識者の視点も十分に活用」という第66回航空委でのご指摘を踏まえ、航空技術部門長諮問の外部有識者委員会を組織し、研究開発ビジョンの最終取りまとめに向けた研究開発課題とその取り組み方策の検討を進めている。
- 外部有識者委員会では、「航空技術部門が今後10年を見据え取組むべき研究領域」、「研究領域を踏まえた直近5年の具体的な研究計画」及び「研究計画を実施するにあたり構築すべき最適な研究環境」について、以下のスケジュールにて議論を進めている。

	議題	時期
第1回	委員会の位置づけ 現状分析（航空産業におけるJAXAの位置づけ） 研究領域の議論	10月2日
第2回	研究領域案の確認 研究計画の議論	11月26日
第3回	研究計画案の確認 研究環境の議論 航空委報告内容確認	1月13日
第4回	研究環境の確認 その他の論点（航空委指摘等）の議論	3月
第5回	最終報告案の議論	4月
第6回	最終報告案の確認	5月

実施済み

航空委中間報告（2021年2月）

航空委最終報告（2021年6月想定）

委員名簿（敬称略）

■ **委員長**

大和　裕幸　　一般財団法人　次世代環境船舶開発センター　代表理事/ 国立大学法人東京大学 名誉教授

■ **委員**（50音順）＜専門分野・氏名・所属＞

【電動化】	石塚　康治	株式会社デンソー 執行幹部 環境ニュートラルシステム開発部　部長/エレクトリフィケーションシステム開発部　担当部長
【航空産業】	今清水　浩介	一般社団法人日本航空宇宙工業会　専務理事
【電機】	岩田　明彦	学校法人大阪産業大学　工学部　教授
【超音速】	大林　茂	国立大学法人東北大学　流体科学研究所　教授
【運航/整備】	北田　裕一	日本航空株式会社　取締役常務執行役員
【AI】	櫻井　鉄也	国立大学法人筑波大学人工知能科学センター　センター長/教授
【金融】	竹森　祐樹	株式会社日本政策投資銀行　業務企画部　イノベーション推進室長　兼業務企画部担当部長
【機体開発】	巽　重文	一般財団法人日本航空機開発協会　専務理事
【ｵﾋﾟﾆｵﾝﾘｰﾀﾞ】	津田　佳明	ANAホールディングス株式会社　グループ経営戦略室 事業推進部長　兼デジタル・デザイン・ラボ チーフ・ディレクター
【自動車/ﾓﾋﾞﾘﾃｨ】	新里　智則	本田技研工業株式会社　エクゼクティブチーフエンジニア
【航空エンジン】	平塚　真二	一般財団法人日本航空機エンジン協会　専務理事
【運航管制】	福島　幸子	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所電子航法研究所　航空交通管理領域長
【学協会】	松尾　亜紀子	一般社団法人日本航空宇宙学会　会長/慶應義塾大学理工学部　教授
【運航/安全】	横山　勝雄	全日本空輸株式会社　取締役執行役員

＜関連省庁オブザーバ＞

福井　俊英	文部科学省　研究開発局宇宙開発利用課長
日暮　正毅	経済産業省　製造産業局航空機武器宇宙産業課長
北澤　歩	国土交通省　航空局安全部航空機安全課長
安藤　智啓	防衛装備庁　技術戦略部技術戦略課長

検討のベース：航空科学技術分野に関する研究開発ビジョン 中間とりまとめ（概要）2019年10月

現状

○航空機産業界が国際的な優位技術を有する先進材料分野等、JAXAが有する世界最先端レベルの超音速機のソニックブーム低減技術、コアエンジンの低環境負荷技術、数値解析技術等及び他産業分野が有する電動化技術、生産技術、情報技術等が我が国の強み。

○航空機産業における研究開発には、一般的に、多額の費用と長い開発期間が必要であり、諸外国でも公的機関が国費を投入。**科学技術行政には民間企業等にはリスクの高い研究開発や企業単独で保有の難しい大型試験設備の整備等の対応が求められている。**

知識集約型社会への大転換（モノからコトへ）を加速し、Society 5.0を実現

調和的創発

未来社会デザイン・シナリオ

○既存形態の航空機による航空輸送・航空機利用の発展
- 持続可能性と利便性を両立した需要増、社会課題（環境問題、災害等）深刻化
- 安全性、信頼性、環境適合性、経済性等、社会共通の要求への対応
- 「より速く」、「より正確に」、「より快適に」、「より無駄なく」等のユーザー個々のニーズへの対応

○次世代モビリティ・システムによる更なる空の利用

- 人間中心の交通ネットワークの実現、単なる移動手段にとどまらないインフラの変革
- ドローンの活用拡大や、より身近で手軽な移動手段として空飛ぶクルマの実現により可能となる物流、災害対応をはじめとする更なるユーザーニーズへの対応

デザイン・シナリオを実現する研究開発基盤技術整備の方向性

○優位技術を考慮した研究開発戦略
- 我が国の技術的優位性の適切な認識に基づく超音速機等の次世代の航空機・運航技術等、基盤技術の研究開発、産業界・関係行政への技術支援
- 優位性維持、施策実現のための継続的なリソース投入、関係機関との連携

○異分野連携も活用した革新技術創出
- 航空機電動化や空飛ぶクルマ等革新技術の実現に不可欠な電機産業や情報産業等との協働、更なる産学官の連携体制
- AI・ロボット・IoTの航空機製造・運航等への効果的な活用

○出口を見据えた産業界との連携
- 技術移転先（デュアルユース、施策を含む）との密接なコミュニケーションを通じた適切な計画の策定
- 実用化・製品化のためのシステムインテグレーションの機会の増強・知見の蓄積

デザイン・シナリオの実現方策を支えるシステム改革

○研究人材の改革
- 求められる人材（重点分野のスペシャリストであり続ける人材、国際的感覚を有する視野の広い人材）育成の環境・仕組み構築　等

○研究環境の改革
- 産業の取組を後押しする個別の機関では導入が難しい飛行実証用航空機等の大型実験施設の整備・維持又は強化　等

○研究資金の改革
- 効率的に成果を出すためのリソース投入の重点化
- 産学官連携や異分野連携を含む民間企業との協働　等

○研究開発実施組織の改革
- イノベーション創出につながる研究者の業績の適切な評価基準・若手研究者の活躍を後押しする仕組みづくり　等

出典：文科省 航空科学技術委員会 第63回委員会資料、2019年10月

検討のベース：コロナ禍の影響と今後への動き

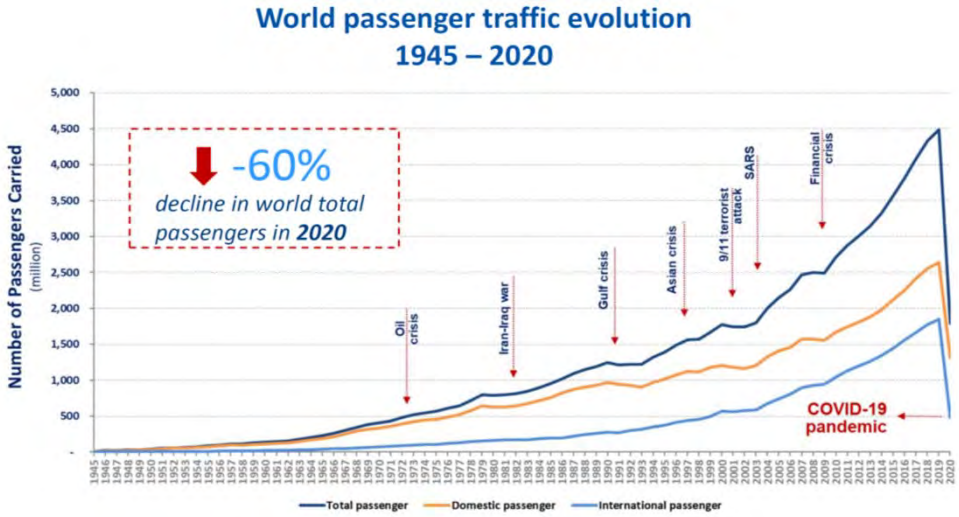
- コロナ禍後の回復期を見据え、**CO_2排出低減や超音速といった高付加価値を目指す動き**が出ている。
- 民間が厳しい状況の今こそ、**公的研究機関がこれら新技術を先導する必要**がある。

■ コロナ禍の影響

- **コロナ禍により航空需要は過去に類を見ない大幅な減少。**2020年は旅客数が前年比60%減（ICAO統計、右図）。
- 世界的なコロナ感染の再拡大により需要回復は遅れ、**回復には5年程度を見込む**（IATA推定）。
- 航空機メーカーは減産を発表。三菱航空機はスペースジェットの開発を凍結。エアラインは機材削減、路線再編、人員の出向等で固定費を削減。

■ コロナ禍後に向けた動き

- 各国でカーボンニュートラルを目指す動きが加速。国際航空では、ICAO規制により、2021年以降は**設定値を超えたCO_2排出量を航空会社が購入する義務**が生じる。
- 我が国では政府のグリーン成長戦略により、**航空機産業の成長戦略（電動化、水素航空機、軽量化／効率化、ジェット燃料）**が示された（右図）。
- 欧州ではエアバスが**水素燃料を用いたゼロエミッション航空機**のコンセプトを発表。カーボンニュートラル、デジタル化に向けて積極的な政府支援を実施。
- 一方、米国では複数のベンチャー企業が超音速機を開発し、FAAが超音速機の飛行試験を支援するガイダンスを作成。**超音速機の開発が加速。**



世界の航空旅客数の推移

出典：Effects of Novel Coronavirus (COVID-19) on Civil Aviation: Economic Impact Analysis, ICAO Air Transport Bureau, 2021/1/14
https://www.icao.int/sustainability/Pages/Economic-Impacts-of-COVID-19.aspx

グリーン成長戦略：航空機産業の成長戦略「工程表」

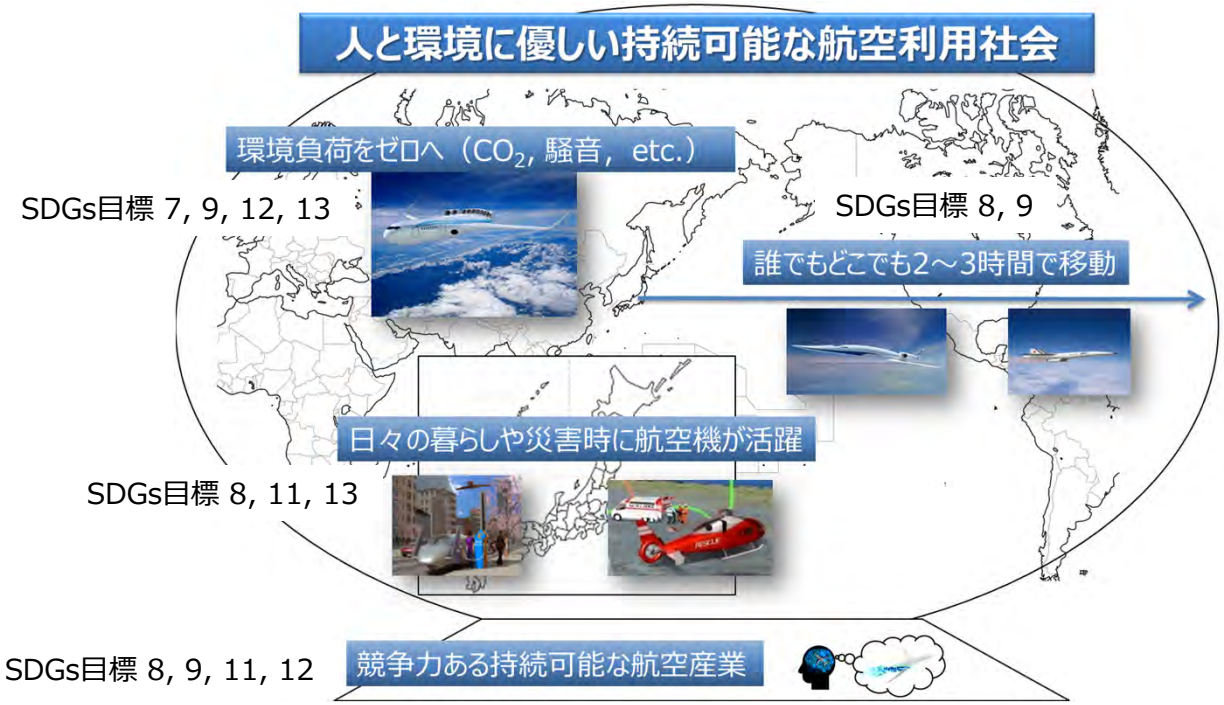
出典：経産省プレスリリース "2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略を策定しました"
https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012.html

JAXA航空が目指す将来像（方向性）

- 次期科学技術・イノベーション基本計画で核となっているSDGs、コロナ影響もありカーボンニュートラルへの動きが加速している現状等を踏まえ、**「持続可能」**をキーワードに設定。
- 研究開発ビジョン中間取りまとめの未来社会デザイン・シナリオを踏まえ、**航空輸送（従来の使われ方）、航空利用拡大（新しい使われ方）、航空産業の3つの分野**で、JAXA航空技術部門が目指す将来像を設定。

「人と環境に優しい持続可能な航空利用社会」

- **環境負荷をゼロへ**　（航空輸送の環境適合性）
- **誰でもどこでも2～3時間で移動**　（航空輸送の利便性）
- **日常も災害時もいつでも航空機の恩恵を**（航空による社会への貢献）
- **競争力ある持続可能なデジタル化された航空産業**　（産業の競争力強化）



関連するSDGs目標

エネルギー効率の改善

高いレベルの経済生産性

資源利用効率の向上
環境に配慮した技術

持続可能な輸送システム

天然資源の効率的な利用
廃棄物の発生を大幅に削減

気象関連災害や自然災害に対する強靭性
気候変動対策

将来像に沿った10年後の航空の姿

JAXA航空が目指す将来像「**人と環境に優しい持続可能な航空利用社会**」の実現に向けた具体的な技術課題を抽出するため、**将来像に沿った10年後（2030年）の航空の姿**を予想。
コロナ禍後を見据え、欧米ではCO_2排出低減や超音速といった高付加価値を目指す動きが出ている点も考慮。

2030年の航空の姿

持続可能な航空輸送の発展

環境適合性、安全性、利便性の向上

環境適合性の向上

機体：**環境適合性が向上した新型機**の導入

運航：**バイオ燃料の導入、4D運航**（時間管理）の導入による効率的な運航

安全性の向上

機体：ヒューマンエラーを低減する**パイロット判断支援システム**の導入

運航：ヒューマンエラー、気象影響を低減する**運航判断支援システム**の導入

利便性の向上

機体：**海上超音速機**の導入

運航： **4D運航**（時間管理）の導入、気象影響の低減による定時性・就航率の向上、**他の交通手段との情報共有**（顧客・運航情報等）

持続可能な社会への貢献

次世代エアモビリティ／空中プラットフォームの実現、災害・危機管理対応の強化

次世代エアモビリティ（オンデマンド旅客輸送、無人空中物流）

次世代エアモビリティが、社会課題の一部を解決（**無人空中物流**による省人化、**eVTOL**による離島アクセス等の利便性向上など）

空中プラットフォーム

情報収集／通信中継等の手段として、**空中プラットフォーム**（小型無人航空機、HAPS（高高度滞空機）等）が社会実装

災害危機管理対応

災害対応航空機の能力拡張と、次世代航空利用技術の活用拡大

持続可能な産業への転換

各分野でDX、自動化、リサイクル等による省エネルギー／省人化を促進

航空機産業

MSJのファミリー化。**国際共同開発、装備品市場でのシェア拡大。次世代エアモビリティ市場の拡大。DX推進**による既存システムの再構築。**航空機廃材リサイクル**の新しいバリューチェーン構築。

エアライン

航空機運航の**CO_2排出量削減、多様化するニーズ**への対応（超音速、次世代エアモビリティ）

MRO事業

ロボット導入による**半自動化／省人化**を進め、国際競争力を強化。個別機体に対する**エビデンスに基づいた整備**の最適化。

抽出された技術課題とJAXA航空の研究開発領域

10年後（2030年）に予想される航空の姿から技術課題を抽出（JAXA航空が対応しない課題も含めて）。

⇒ **新たな技術課題として「DX・自律化」を抽出。**安全性／経済性向上や人材不足への対応に加え、コロナ禍対策の観点も考慮

⇒ JAXA航空の研究開発領域に**「DX・自律化」（案）を追加**

横軸：研究開発領域 縦軸：適用領域	ECAT（環境）	STAR（安全・安心）	（新規追加） DX・自律化（案）	Sky Frontier（新分野創造）
航空輸送	**環境適合性** ・機体の低抵抗／低騒音／軽量化／電動化（MEA） ・ガスタービンエンジンの環境性能向上 ・バイオ燃料 ・4D運航（管制／飛行） ・電動ハイブリッド推進	**安全性** ・ヒューマンエラー低減 **安全性／利便性** ・気象影響防御	**環境適合性／安全性／利便性** ・判断支援（AI） **安全性** ・自動化オーソリティ向上／自律化 ・サイバーセキュリティ **利便性** ・情報通信／共有／統合（ICT）	**利便性** ・超音速機の環境適合性／経済性向上 ・極超音速機／スペースプレーンの成立性向上 **環境適合性** ・水素利用
航空利用拡大	**次世代エアモビリティ** ・低騒音化 ・電動推進性能向上	**次世代エアモビリティ／空中プラットフォーム／災害・危機管理対応** ・多様な機体／運航に適した管制 **次世代エアモビリティ** ・機材の信頼性向上、装備品電動化 **空中プラットフォーム／災害危機管理・対応** ・耐気象／全天候性の向上 **空中プラットフォーム** ・滞空能力の向上 **災害危機管理・対応** ・任務情報共有／統合（ICT） ・高速VTOLの成立性向上	**次世代エアモビリティ** ・自動化オーソリティ向上／自律化 ・遠隔操縦 **空中プラットフォーム** ・遠隔操縦／複数航空機遠隔管理 ・情報通信／共有／統合（ICT） ・サイバーセキュリティ	
航空産業	**航空機産業** ・リサイクル（CFRPリサイクル） **MRO事業** ・補修部品製作のオンサイト化、高速化（3Dプリンタ、ロボット）	**航空機産業** ・多様な機体に適した認証技術 **MRO事業** ・コンディションベースメンテナンス（SHM、AI、ビッグデータ） ・デジタルツインによる予知メンテナンス	**航空機産業／エアライン（航空産業）** ・サイバーセキュリティ **航空機産業** ・デジタル技術、データ科学、ブロックチェーン ・自動製造技術 ・自動化／自律化技術の認証技術 **エアライン** ・デジタル化による運航／整備の一体化 ・運航／整備の半自動化／省人化 **MRO事業** ・検査／修理の半自動化／省人化	注）全ての技術課題にJAXA航空が対応するわけではない

JAXA航空が重点的に取り組む技術課題（重点課題）

研究開発領域の技術課題の中から、JAXA航空が目指す将来像を踏まえ、**重点的に取り組む技術課題（重点課題）を選定。**各課題の研究開発のロードマップをP11～14に示す。

- 重点課題

課題A）脱炭素社会に向けた航空機のCO_2排出低減技術
→航空輸送の環境適合性の向上

課題B）超音速機の新市場を拓く静粛超音速機技術
→航空輸送の利便性の向上

課題C）国土強靱化、空の移動革命を実現する多種・多様運航統合／自律化技術
→航空による社会への貢献

課題D）新たな航空機を創出する航空機ライフサイクルDX技術
→航空産業の競争力強化

- 選定条件

JAXA航空が目指す将来像に合致し、**意義・価値、優位性（JAXA、日本の強み）、エコシステム（研究成果の社会実装の枠組み*）**の3要素が揃う見込みがある。

*次ページ参照

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）

強 ← 研究開発時点での相手方のニーズ → 弱

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・基準化	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**

表内の赤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

JAXA航空の研究開発領域、重点課題と主な研究

FY2022-26

下記研究を支える試験・計測技術、材料等の評価技術等の基盤技術や、
下記以外の技術課題に対応する技術の研究は、基盤研究として着実に実施

横軸：研究開発領域

縦軸：
適用領域

適用領域	ECAT（環境）	STAR（安全・安心）	DX・自律化（案）	Sky Frontier（新分野創造）
航空輸送	A ①革新環境航空機技術（機体抵抗低減、軽量化、低騒音） ①コアエンジン技術(En-Core)／ｲﾝﾃﾘｼﾞｪﾝﾄ/ｽﾏｰﾄエンジン技術 ③ｴﾐｯｼｮﾝﾌﾘｰ航空機技術（電動BLIﾌｧﾝ等） 脱炭素社会に向けた航空機のCO_2排出低減技術 ①低騒音化技術旅客機実証（FQUROH2）	③気象影響防御技術／運航制約緩和技術 既存研究の社会実装後に一部のリソースを航空利用拡大へシフト	②高度判断支援技術（スマートフライト） 将来的には、培った自律化技術を旅客機にも適用	B ④静粛超音速機統合設計 超音速機の新市場を拓く静粛超音速機技術 ⑤極超音速エンジン ③⑤水素利用技術（複合サイクル、燃焼器、複合材タンク等）
航空利用拡大	C ②③多種・多様運航統合技術（有人機／無人機の空域統合等）	①高速回転翼機技術 国土強靭化、空の移動革命を実現する多種・多様運航統合／自律化技術	①④eVTOL自律飛行技術	
航空産業			D ④⑤航空機ライフサイクルDX 新たな航空機を創出する航空機ライフサイクルDX技術	

黒字は既存研究、赤字は新規開始あるいはステップアップする研究
下線は次期研究開発計画期間（FY2022-26）の予算が約10億円以上

研究名の先頭の丸数字はエコシステムを示す
①企業戦略密着型②ユーザー密着型
③多分野連携型④標準化型⑤基盤技術提供型

課題Aロードマップ（案）：脱炭素社会に向けた航空機のCO_2排出低減技術

既存技術(低抵抗/軽量化/エンジン性能向上)に加え、電動推進・複合サイクル技術を核に、国際共同開発でのシェア獲得を目指す
主なエコシステム：企業戦略密着型（国内機体・エンジンメーカと共同研究）、多分野連携型（コンソーシアム活用）

2017　2022　2027　2040～

現研究開発計画　次期研究開発計画

CO_2排出ゼロ

次世代細胴機 2030～　次々世代広胴機2035～

国際共同開発　国際共同開発

現在の研究開発課題

国内メーカに技術移転　国内メーカに技術移転

①En-Core

コアエンジン技術（低NOx燃焼器、高効率タービン）

②インテリジェント／スマートエンジン

推進システムモニタリング技術

③革新環境航空機技術

機体低抵抗・軽量化技術

④革新将来環境航空機技術

機体/推進系 統合技術

研究開発課題候補

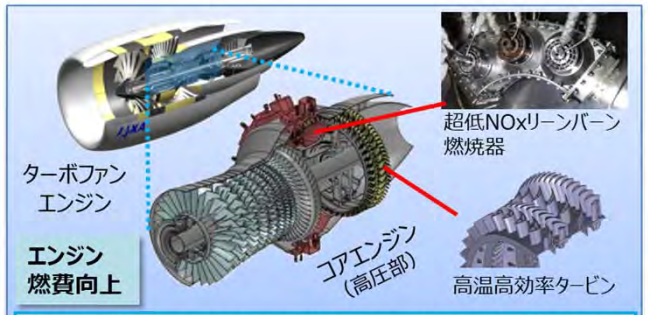
⑤電動推進技術

電動BLIファン技術（推進効率向上）

⑥複合サイクルエンジン（水素利用）

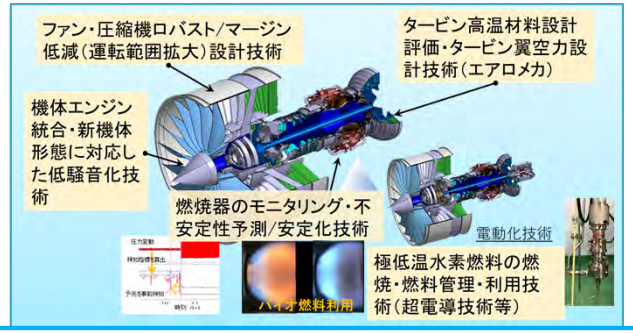
燃料電池・ガスタービン複合サイクルエンジン技術（熱効率向上）

⑤電動推進技術／⑥複合サイクルエンジン（水素利用）



環境性能（CO_2/NOx排出削減）を高める燃焼技術と新材料技術を実証し、国際競争力強化に貢献する

①En-Core



低燃費・低騒音化の加速に資する運転範囲拡大・安全性向上技術・新規低騒音化技術を実証し国際競争力強化に貢献する

②インテリジェント／スマートエンジン

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

③④革新環境航空機技術

課題Bロードマップ（案）：超音速機の新市場を拓く静粛超音速機技術

ソニックブーム低減技術を核に、陸上超音速機の市場を拓く国際基準策定に貢献し、国際共同開発でのシェア獲得を目指す
主なエコシステム：標準化型（国際基準策定に貢献）、企業戦略密着型（海外OEM等と共同研究）

2017　2022　2027　2040～

現研究開発計画　次期研究開発計画

ベンチャー企業による開発

海上超音速機
（非低ブーム機）
2030～

誰でもどこでも
2-3時間で
移動可能

国際共同開発

陸上超音速機
（低ブーム機）
2040～

ICAOソニックブーム国際基準策定

基準
策定

結果報告　結果提供

要素技術（低抵抗、低離着陸騒音等）

統合設計

②統合設計技術

結果反映

実証機
設計

実証機
製造

解析・検証

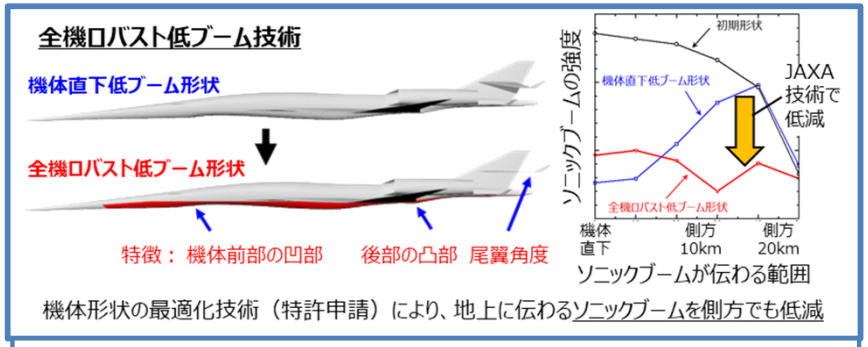
国内メーカ
に技術移転

実証システム概念検討

飛行試験

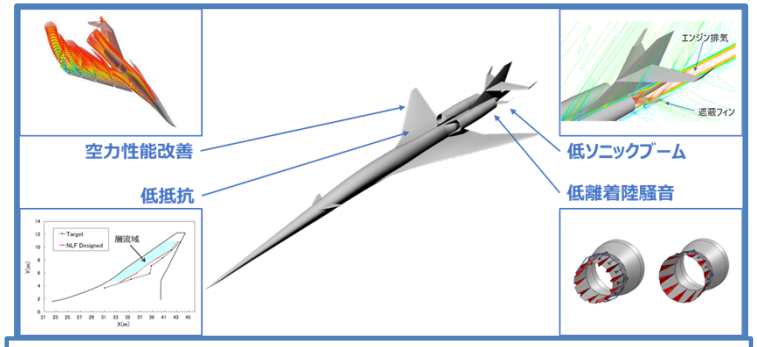
研究開発課題
候補

①全機ロバスト低ブーム設計技術



ソニックブームを広範囲に低減し超音速機の騒音基準を満たす
機体設計技術を飛行実証し、国際基準策定に貢献する

①全機ロバスト低ブーム設計技術



超音速機の環境適合性(騒音)、経済性(燃費)を両立
する設計技術を開発し、国際競争力強化に貢献する

②統合設計技術

課題Cロードマップ（案）：
国土強靱化、空の移動革命を実現する多種・多様運航統合／自律化技術

有人・無人機の運航管理技術、飛行制御・ﾋｭｰﾏﾝﾌｧｸﾀ技術を核に、災害対応能力の向上、空の移動革命の実現を目指す
主なエコシステム：多分野連携型（ﾒｰｶ・運航事業者・ﾍﾞﾝﾁｬｰと役割分担）、標準化型（運航管理、自律化等の基準策定に貢献）

2017 | 2022 | 2027 | 2040～

現研究開発計画 | 次期研究開発計画

日々の暮らしや災害時に航空機が活躍

eVTOL運航要素技術の段階的適用

一般空域におけるマルチエアモビリティ混在運航

マルチエアモビリティの完全な空域統合、フリーフライト実現

D-NET3
有人機 情報共有・運航最適化技術

UTM
無人機 高密度運航管理技術

ECLAIRコンソーシアム
eVTOL運航ユースケース

無人航空機技術研究等
飛行制御・ヒューマンファクタ技術

研究開発課題候補

①有人・無人混在運航管理技術
情報共有・分散運航管理技術

②eVTOL高密度運航管理技術
高密度運航管理技術・4DT運航管理技術

③自律化要素技術／OPV技術実証
判断支援、画像・音声認識、飛行制御

災害時の有人・無人機連携
技術移転
飛行実証
平時の有人・無人機連携
技術移転
技術移転

④有人・無人・eVTOL混在運航管理技術
自律分散運航管理技術

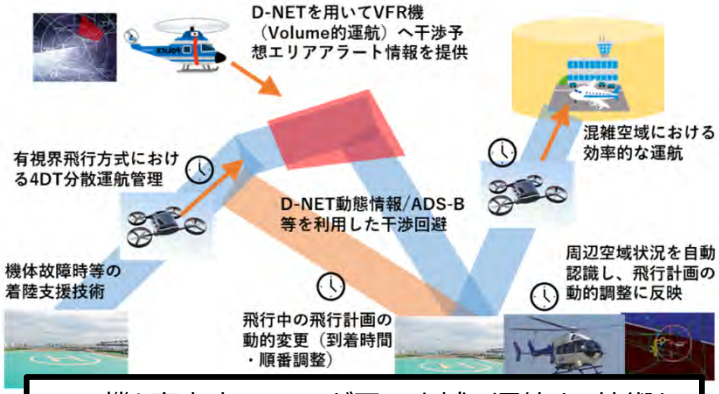
⑤完全無人化技術
自律運航技術

BK117改造OPV
（飛行実証基盤）
OPV(Optional Piloted Vehicle)

- 外部コマンドにより4軸自動飛行
- 各種センサ・通信機器を搭載

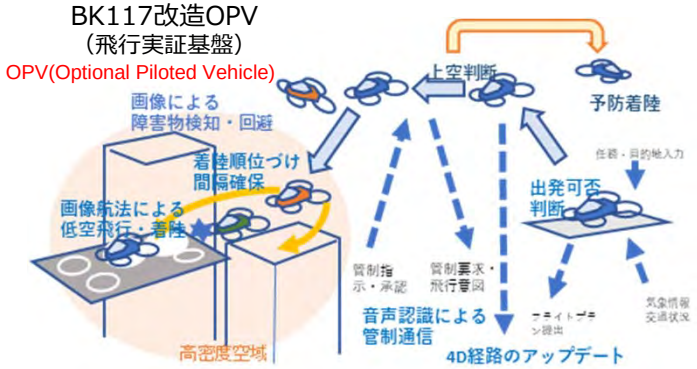
有人機・無人機の運航統合技術を実証し、災害時に混在運航できる環境を実現する

①有人・無人混在運航管理技術



VFR機と高密度eVTOLが同一空域で運航する技術を実証し、マルチエアモビリティ混在運航の実現に貢献する

②eVTOL高密度運航管理技術



完全無人でIFR/VFR飛行が可能な自律運航システムの成立性を実証し、eVTOL開発の道標を示す

③自律化要素技術・⑤完全無人化技術

課題Dロードマップ（案）：新たな航空機を創出する航空機ﾗｲﾌｻｲｸﾙDX技術

実試験で実証された解析技術（主に空力・構造分野）を核に、航空機ライフサイクルのデジタル化を推進する
主なエコシステム：標準化型（認証機関及び国内メーカと連携）、企業戦略密着型（国内機体・エンジンメーカと共同研究）

2017　2022　2027　2040～

現研究開発計画　次期研究開発計画

完成機事業（MSJ, CRJ）

次世代細胴機・エンジン（2030～）

次々世代広胴機（2035～）

デジタル化による国際競争力強化

国内メーカに技術移転・FaSTAR

国内メーカに技術移転

国内メーカに技術移転

国内メーカに技術移転

①デジタル統合設計
解析システム構築

サブシステム実証
多分野統合設計

②デジタルフライト
離着陸形態解析

CbA・飛行シミュレータ
飛行試験を代替

④ﾃﾞｼﾞﾀﾙﾌﾟﾛﾄﾀｲﾋﾟﾝｸﾞ
量産前試作を代替

③ﾃﾞｼﾞﾀﾙﾃｽﾃｨﾝｸﾞ
地上試験を代替

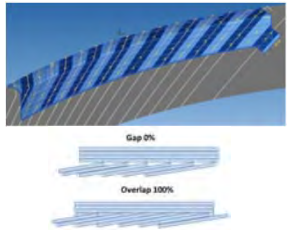
統合シミュレーション
非定常解析・計測

マルチスケール構造最適化
マルチスケール解析

デジタルツイン
リアルタイムCPS
・多分野統合設計技術
・AIモデリング技術
・FaSTAR
・CbAガイドライン
・VBBA(強度・工法)

航空機ライフサイクルDX

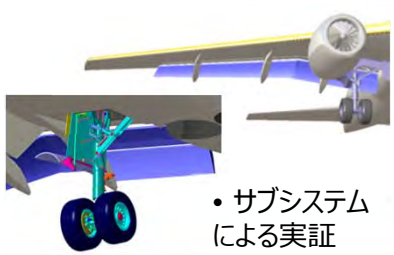
■ 迅速な量産開始を実現する研究開発



サイバー空間での試作シミュレーション手法を構築し、開発プロセスの実証研究を行う

④デジタルプロトタイピング

■ 多分野統合システム設計の研究開発



・サブシステムによる実証
・AI設計による革新コンセプトの創出

AIによる解析の軽量迅速化、多分野統合システム解析（空力・構造・飛行・制御・推進等）技術を構築し、サブシステムで実証。AI設計により革新コンセプトを創出。

①デジタル統合設計

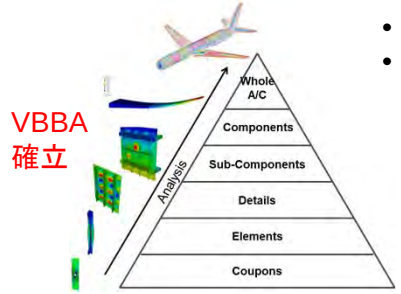
■ 飛行試験の代替を実現する研究開発

・離着陸形態の非定常解析及び検証
・飛行シミュレータを用いたCbA

実機スケール・複雑形状を考慮した離着陸形態の高忠実非定常空力解析の検証。飛行シミュレータを用いた認証（CbA）の提案。

②デジタルフライト

■ 構造強度証明を迅速化する技術開発



・耐空性審査要領
・CFR/CS Part25

航空法に適合した一貫性ある解析技術適用により認証期間を短縮、国際競争力強化に貢献する

③デジタルテスティング

委員会での主なご指摘（1/2）

主なご指摘	対応
研究開発領域、重点課題の設定について • 日本が**国際競争力を上げるために特に注力すべき分野**を見定める必要がある。JAXAの研究開発の規模が限られる中、**日本が優位性を持つ分野に集中**すべき。 • **CO_2排出削減は重要。**特に欧州では顕著な動き。 • **AI技術、デジタル化は日本として一層推進**すべき。デジタルは既存を置き換えるというものではなく、デジタルになることで発想が変わる、作り方自体が変わる。	• 10年後の航空の姿を予想し、**ご指摘の課題を含む技術課題を抽出**。それを基に、**環境、安全・安心、新分野創造、DX・自律化（新規）の研究開発領域**を設定。 • **優位性（JAXA、日本の強み）、エコシステム（社会実装の枠組み）を有する重点課題**を選定。
重点課題全般について • 世界の動きが速い。刻限が限られている。**ロードマップに展開**して、どこを直近の入り口にして事業化を目指すのか、そこから次の展開は何なのか、を示す必要がある。	• 重点課題における**研究成果の出口、期限を示すロードマップ**を作成。
課題A　脱炭素社会に向けた航空機のCO_2排出低減技術 • **水素燃料の検討**がどれほど為されているか。そこも含めて検討すべき。 • 自動車業界では、利用者だけでなく、いわゆる**LCA（Life Cycle Assessment）という製造、エネルギー製造にかかわるCO_2排出**もカウントする傾向がある。航空でも考慮するべき。	• 水素燃料の活用技術として、**燃料電池・ガスタービンの複合サイクルエンジン技術の研究開発**を計画。水素燃料の燃焼技術等も将来技術として研究する。 • **航空機のライフサイクルDX技術の研究開発による開発・製造過程の迅速化、効率化**等により、CO_2排出低減に貢献する。
課題B　超音速機の新市場を拓く静粛超音速機技術 • 超音速機の実現に向けて、**基準提案、OEM／ベンチャー等との連携**等、外に向けての活動が必要。 • **開発コストと運賃のバランス**は社会実装化における大きなポイント。	• **海外OEM/国内メーカーとの共同研究**等により研究開発を進め、研究成果の出口に**ICAOへの基準提案**を含める。 • **民間との連携によりコストについても考慮**する。

委員会での主なご指摘（2/2）

主なご指摘	対応
課題C　国土強靱化、空の移動革命を実現する多種・多様運航統合／自律化技術 • 日本で最近災害が多くなっている中、**災害危機管理対応**において航空への要求度は高まる。 • **空飛ぶクルマの開発はベンチャーが進んでいる。**欧州やアメリカのスタートアップの動きは速い。技術が未成熟でもルール化されると脅威。国内ベンチャーがこの分野で勝つため支援が必要。	• **メーカ、運航事業者、ベンチャーと連携**し、**研究成果を早期に社会実装**する。 • 直近の出口として、**災害危機管理対応における有人機・無人機連携**を想定。 • **基準策定を成果の出口として設定。**必要に応じて、海外研究機関等とも連携。
課題D　新たな航空機を創出する航空機ライフサイクルDX技術 • 設計、開発、製造、サプライチェーンの管理や、情報伝達のセキュアを高める、あるいは運用保守から出た欠点がフィードバックされ設計に反映されるなど、**DXは多用な使い方があり、付加価値の源泉**となる。 • **安全性の認証**は、ビジネスの屋台骨を揺るがすくらい大きな仕事。**AIやビッグデータの活用**などでその壁を乗り越えることが必要。国の機関の支援がほしい。 • **研究の進め方（設備利用など）にもデジタル化、自動化**を取り入れるべき。	• 設計、開発だけでなく、製造、運用までを含めた**航空機のライフサイクル全体をDX化**する。 • 主な研究対象として、**解析ベースで認証を行うCbA技術**を設定。 • **一部設備（風洞等）の利用・運用のデジタル化、自動化**を計画。今後の委員会における研究環境を検討いただく回でご議論頂く予定。

まとめ

- 次期科学技術・イノベーション基本計画で核となっているSDGs、カーボンニュートラルへの動きが加速している現状、研究開発ビジョン中間取りまとめの未来社会デザイン・シナリオを踏まえ、JAXA航空技術部門が目指す将来像**「人と環境に優しい持続可能な航空利用社会」**を設定。
- コロナ禍後を見据えた世界動向を考慮し、目指す将来像に沿って10年後に予想される航空の姿から技術課題を抽出。それを基に、JAXA航空技術部門の**新たな研究開発領域として「DX・自律化」（案）を設定**。安全性／経済性向上や人材不足への対応を考慮。
- 目指す将来像を踏まえ、抽出した技術課題の中から重点的に取り組む技術課題（案）を選定。

  課題A）脱炭素社会に向けた航空機のCO_2排出低減技術

  課題B）超音速機の新市場を拓く静粛超音速機技術

  課題C）国土強靱化、空の移動革命を実現する多種・多様運航統合／自律化技術

  課題D）新たな航空機を創出する航空機ライフサイクルDX技術
- 今後は、航空科学技術委員会への最終報告（6月想定）に向け、研究計画の具体化と、研究開発を実施するにあたり構築すべき最適な研究環境（大型試験設備、人材育成等）について検討を進める

略号表（1/2）

略号（用語）	説明
4D運航/4DT運航	所定の地点を所定の時刻に通過する運航
4D経路	主要地点の通過時刻が指定された経路
AI	Artificial Intelligence，人工知能
BLI	Boundary Layer Ingestion
CbA	Certification by Analysis
CFR	Code of Federal Regulations, 米国連邦規則集
CFRP	Carbon Fiber Reinforced Plastics，炭素繊維強化プラスチック
CO_2	二酸化炭素
CPS	Cyber Physical System
D-NET	Disaster Relief Aircraft Management System - NETwork，災害救援航空機情報共有ネットワーク
DX	デジタルトランスフォーメーション
ECAT	Environment-Conscious Aircraft Technology Program
ECLAIRコンソーシアム	Electrification ChaLlenge for AIRcraft (ECLAIR) Consortium, 航空機電動化コンソーシアム
En-Core	Environmentally compatible Core engine technology research project, コアエンジン技術実証プロジェクト
eVTOL	electric Vertical Take-Off and Landing，電動垂直離着陸機
FAA	Federal Aviation Administration, 米国連邦航空局
FaSTAR	FAST Aerodynamic Routines, Fast Unstructured CFD Code，JAXAが開発した世界トップレベルの高速性をもつ流体解析ツール
FQUROH	Flight Demonstration of Quiet Technology to Reduce Noise from High-lift Configurations project, 機体騒音低減技術の飛行実証プロジェクト
HAPS	High Altitude Platform Station
IATA	International Air Transport Association, 国際航空運送協会
ICAO	International Civil Aviation Organization, 国際民間航空機関
ICT	Information and Communication Technology，情報通信技術
IFR	Instrument Flight Rules, 計器飛行方式
IoT	Internet of Things
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency，国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

略号表（2/2）

略号（用語）	説明
MEA	More Electric Aircraft
MRO	Maintenance Repair Overhaul
NOx	窒素酸化物
OPV	Optional Piloted Vehicle
SDGs	Sustainable Development Goals，持続可能な開発目標
SHM	Structural Health Monitoring
Sky Frontier	Sky Frontier Program
Society 5.0	サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会（Society）
STAR	Safety Technology for Aviation and Disaster-Relief Program
UTM	UAS (Unmanned Aircraft Systems) Traffic Management, 無人航空機の運航管理システム
VBBA	Virtual Building Block Approach
VFR	Visual Flight Rules, 有視界飛行方式
VTOL	Vertical Take-off/Landing
デジタルツイン	物理空間にある現実の機器や設備の稼働状況、環境情報をなどをリアルタイムで収集する一方、仮想空間上に機器や設備を構築し、これらのデジタル情報（モデル）を用いてシミュレーションを実施することで、設計の改善や環境に応じた動作指示、故障予測などを可能にするソリューション
ブロックチェーン	分散型ネットワークを構成する多数のコンピューターに、公開鍵暗号などの暗号技術を組み合わせ、取引情報などのデータを同期して記録する手法。記録を共有し、検証し合うので、記録改ざんや不正取引が防げる。