

航空科学技術の現状と 新たな取り組みについて

平成25年5月23日

文部科学省 研究開発局

宇宙航空研究開発機構

項目

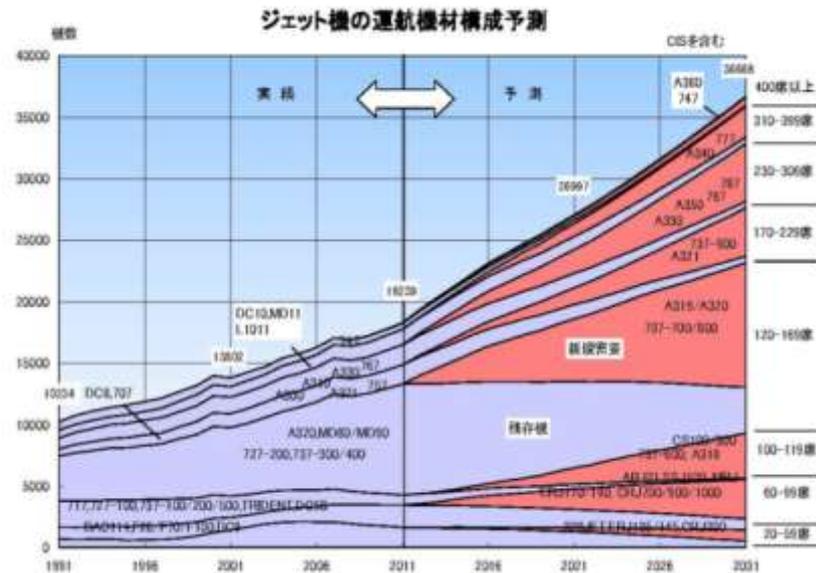
- 航空科学技術の現状
- 推進方策とロードマップ
- JAXAにおける新たな取り組み

航空科学技術の現状

航空分野の状況、背景

航空機産業の現状

- ✓ 今後20年で2倍の伸び、新規需要は30000機。
- ✓ 次世代基幹産業と成りうる分野。
- ✓ 主要先進国は戦略的重点産業として国主導で優良な製造産業に育成
- ✓ 競争力を持つ航空機開発には、航空科学技術の向上が必須
- ✓ 環境規制の強化、輸送量増大に伴う安全確保への対応が課題



JADC 平成22年度「民間輸送機に関する調査研究」より

政府研究開発投資

- ✓ 欧米が数百億円規模に対し、日本は30億円規模。

米国(圧倒的なトップランナー)

- 生産高(2010年): **1,895億ドル**(過去最高額)
- 780億ドル相当の輸出産業
- 440億ドルの貿易黒字を創出(米国製造業で最大)
- 雇用: 62.4万人

フランス

- 生産高(2010年): **488億ドル**(過去最高)
- 雇用: 15.7万人

ドイツ

- 生産高(2010年): **381億ドル**(過去最高)
- ドイツ産業全体の売り上げの17%を創出
- 雇用: 9.5万人

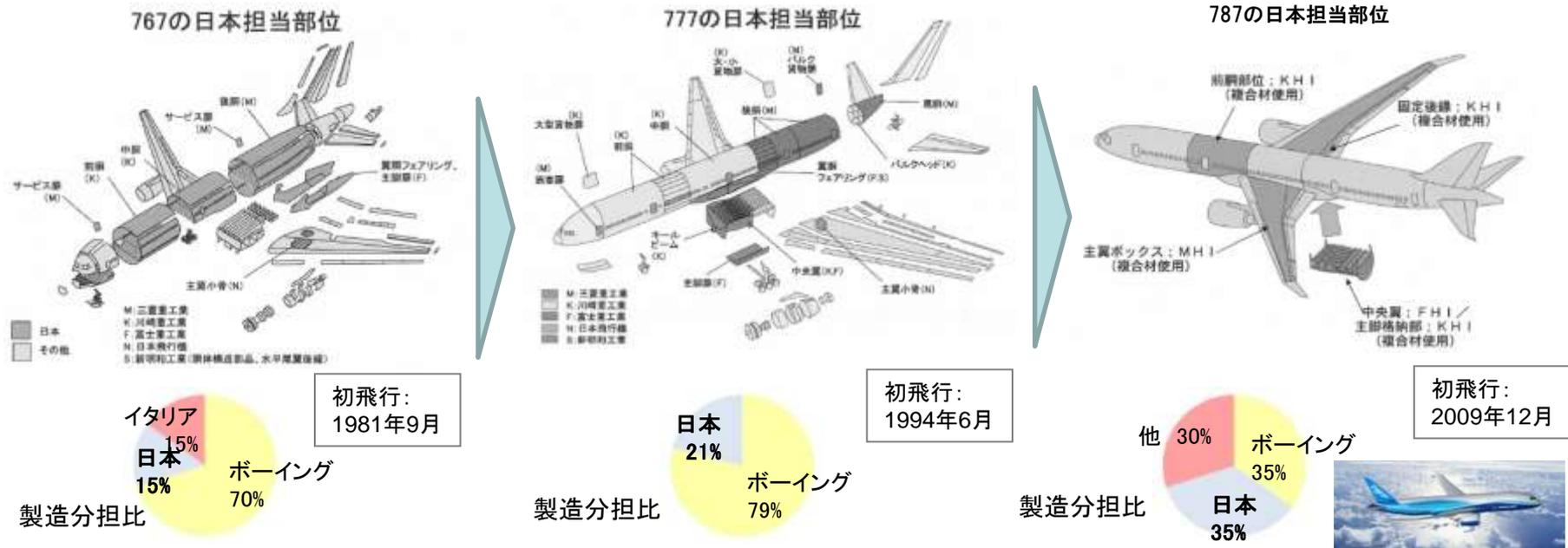
日本

- 生産高(2011年): **113億ドル**
- 雇用: 2.5万人

航空産業の現状【開発・製造体制(国際共同)】

○ 機体開発への参画状況

- 対ボーイング社: 共同開発・製造の分担比率を徐々に向上させ、最新のB787においてはボーイングと製造分担比で等しく、主翼も担当している。



- 対エアバス社: A330、A380等へのプロジェクトへサプライヤーもしくはサブコントラクターとして参加。
- 対ボンバルディア社: 三菱重工業がリスク・シェアリング・パートナー※として開発、生産に参画。
- 対エンブラエル社: 川崎重工業がリスク・シェアリング・パートナーとして開発、生産に参画。

※リスク・シェアリング・パートナー:

製造・設計にあたり、開発費やマネジメントのリスクを一部分担することで、応分の作業分担を得る共同開発への参画形態 5

航空産業の現状【開発・製造体制(エンジン)】

● エンジン開発への参画状況

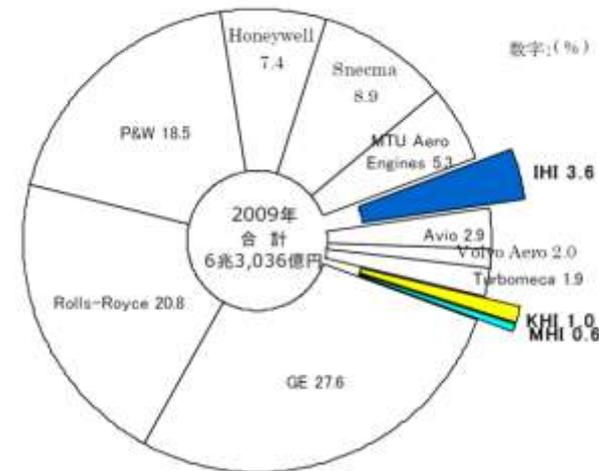
エンジンについては、主要企業のリスク・シェアリング・パートナー(RSP)、サブコン等において一定の役割を担っている。

● 主な国際共同開発(プログラムパートナー、RSP)

メーカー	機種名	参画日本メーカ	部位	参画形態	シェア
International Aero Engines(IAE)	V2500	IHI, KHI, MHI	高圧タービン部品等	プログラムパートナー	23%
General Electric (GE)	GENx	IHI	低圧タービン、高圧圧縮機部	RSP	15%
	GE90	IHI	低圧タービンプレード等	RSP	10%
	CF34-8/-10	IHI, KHI	ファンロータ、高圧圧縮機後段、低圧タービン等	プログラムパートナー	30%
Pratt & Whitney (P&W)	PW4000	MHI	低圧タービンプレード等	RSP	10%
		KHI	低圧タービンケース等	RSP	1%
	PW6000	MHI	燃焼器モジュール	RSP	7.5%
Rolls-Royce	Trent 900	丸紅		RSP	14.5%
	Trent 1000	KHI	中圧圧縮機モジュール	RSP	8.5%
		MHI	燃焼器モジュール等	RSP	7%
	Trent XWB	MHI	低圧タービン等	RSP	6~7%
		KHI	中圧圧縮機モジュール	RSP	7%
		住友精密工業	エンジン熱制御システム	RSP	

SJAC「航空宇宙産業データベース」より

世界主要エンジンメーカーの航空エンジン生産(売上)高シェア(2009年)



■ 国内エンジンメーカーの合計シェアは約5% (約3200億円)

■ JAXAがFJR710等で培ったエンジン技術研究が、V2500をはじめとするエンジン開発に生かされている。

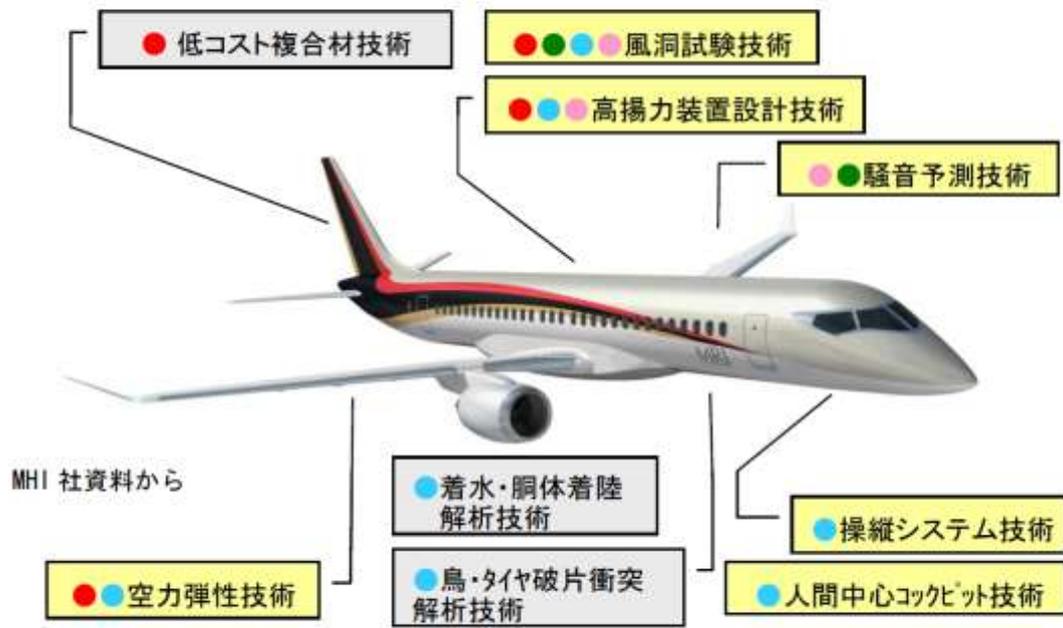


航空産業の現状【開発・製造体制(国産機)】

● 国産航空機開発の状況

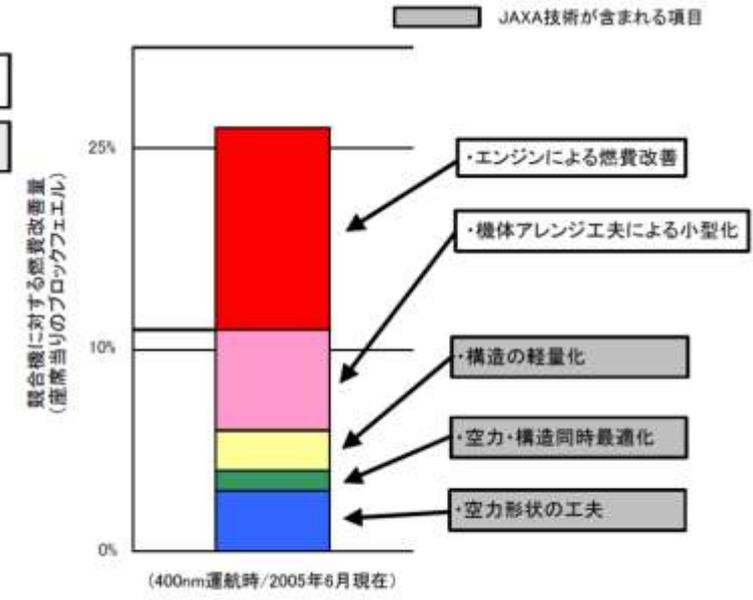
○ 三菱航空機が開発主体

○ JAXAは共同研究、及び設備供用・受託を実施。



MHI 社資料から

JAXA の研究項目の MRJ 機の性能向上貢献への関わり



競合機に対する燃費改善における各新技術の貢献の割合

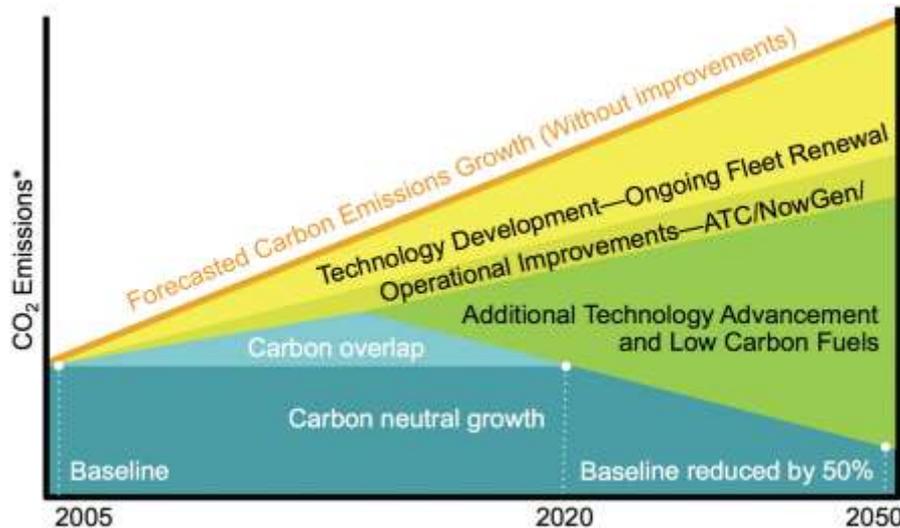


IADF平成19年度航空機等に関する解説概要「環境適応型小型航空機開発に対するJAXA航空プログラムグループの技術的貢献結果の集大成」より

航空産業の現状【環境・安全への対応】

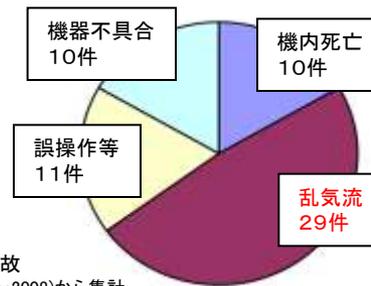
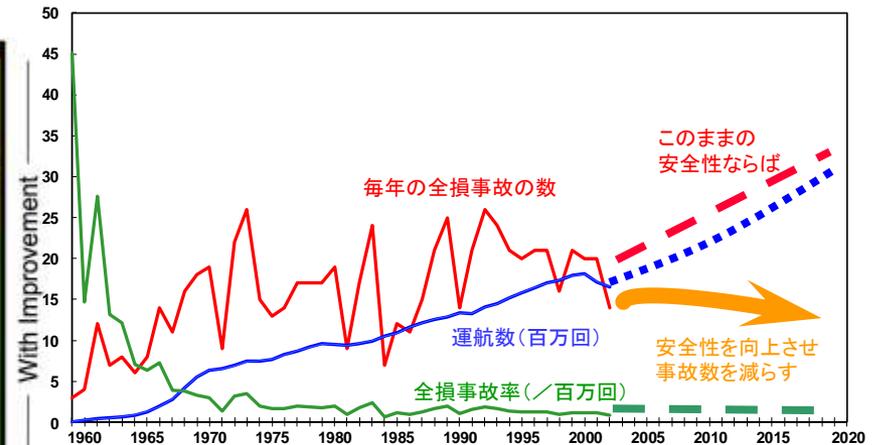
- 輸送量増加から環境規制は一層強化。環境性能（経済性、空港騒音等）が民間航空機の市場価値となる。
- 運航数の増大から航空の安全性向上に係わる研究開発は重要。旅客機の航空機事故の約半数は乱気流等気象現象に関連。

2050年までにCO2排出量を半減(IATA)



出典: The IATA Technology Roadmap Report 第3版 (2008 IATA)

※ IATA 国際航空運送協会
International Air Transport Association



乱気流検知ライダーの研究開発

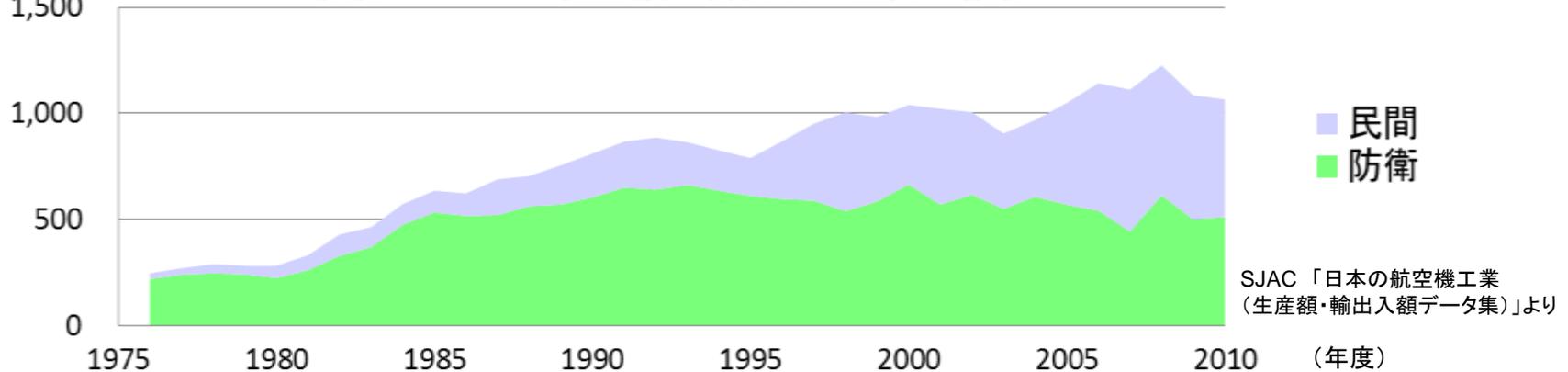
我が国の大型航空機の事故
運輸安全委員会報告書(1990～2008)から集計

航空産業の現状【民需vs防需】

- 以前は防衛部門が産業の大部分を占めていたが近年においては、**民需も同規模まで成長**。また産業規模も30年前のほぼ4倍に拡大。

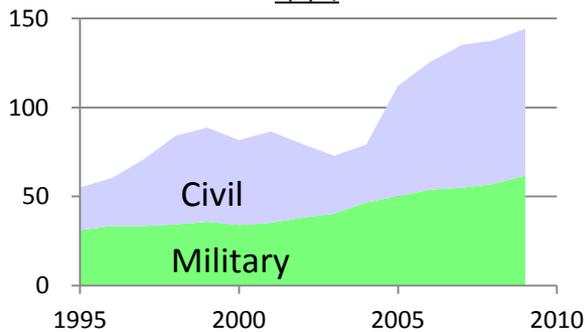
(単位:十億円)
1,500

機体・エンジン・機器類の需要別生産高の推移



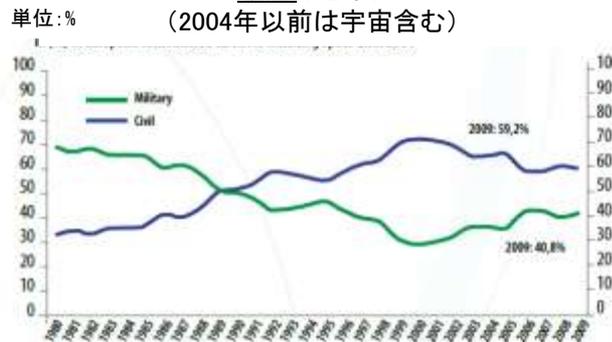
単位:十億ドル

米国



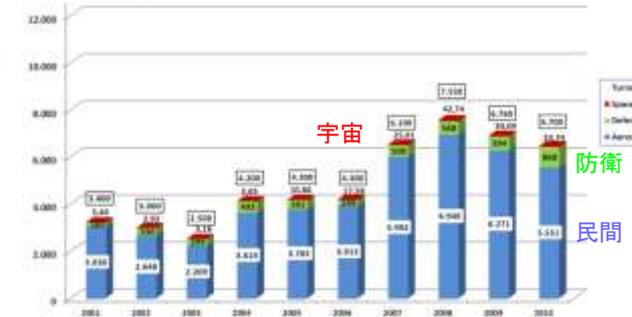
欧州(比率)

(2004年以前は宇宙含む)



単位:十億米ドル

ブラジル



JAXA航空のこれまでの取り組み

社会ニーズ(安全・安心な社会、産業基盤の充実、環境の保護等)

JAXA研究開発

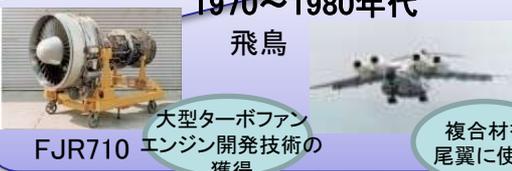
基礎・基盤研究

- 機体設計技術 低抵抗・低騒音化
- エンジン要素技術 低燃費化
- 運航・安全技术 安全性評価
- 材料技術 複合材高性能化

成果(例)

1970~1980年代

飛鳥



大型ターボファンエンジン開発技術の獲得

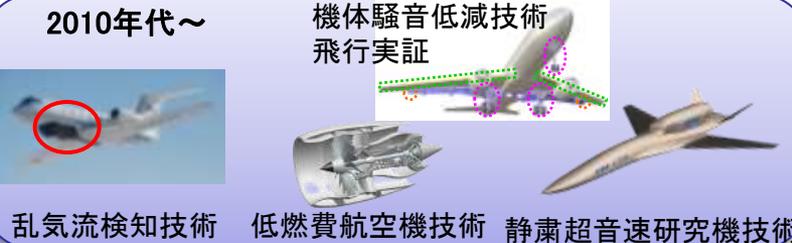
複合材を尾翼に使用

1990年代~2000年代



空力計算技術 低コスト複合材技術

2010年代~



乱気流検知技術 低燃費航空機技術 静粛超音速研究機技術

機体騒音低減技術 飛行実証

- ・環境や安全への貢献
- ・革新技術概念を創出

我が国の航空科学技術水準の向上

社会(民間)

民間への貢献例

国際共同エンジン V2500
(190以上の航空会社から6400台を超える受注を獲得したベストセラーエンジン)



日本は、世界の航空エンジン業界において、米・英・仏・独に続く世界第5位のシェアを獲得



F-2に複合材主翼適用



- ・ボディや主翼には炭素繊維複合材を使用
- ・日本メーカーが、最新鋭機B787の主翼を含む1/3以上を担当

高性能な国産旅客機開発へ貢献



将来の社会貢献

- ・航空産業の活性化
- ・CO2排出の大幅削減
- ・乱気流事故の根絶
- ・騒音被害の大幅低減
- ・災害救援能力の向上など

JAXA設備



6.5m x 5.5m 低速風洞 2mx2m 遷音速風洞 複合材試験設備 ドルニエ式 Do228-202型機 ジェット飛行実験機(飛翔)

民間や大学等では保有困難な大型・高性能の風洞施設等の試験設備を整備・供用

供用

(*60以降:順次設備整備)

推進方策とロードマップ

航空科学技術に関する研究開発の推進方策の概要

諸情勢の変化

- 東日本大震災の発生
- YYS-11以来、約半世紀ぶりに国産旅客機開発へ
- 国際機関(ICA0)による新しい交通システムへの移行要請

将来展望

我が国の航空技術開発が持続的・安定的に発展し、**国際社会において確固たる地位を確立**

航空機開発・製造

→国の成長・戦略産業としての期待の高まり
[自動車に次ぐ基幹産業化、技術波及効果の拡大]

航空機運航・利用

→社会インフラとしての重要性の高まり
[安全安心、エコ(CO2・騒音低減)、
快適等の更なる向上]

人材育成

→次代を担う優秀な技術人材の必要性の高まり
[より高度・広範囲に求められる技術力に対応できる、
産学官全体のシステム構築]

航空科学技術が果たすべき役割

①先進的な航空機の研究開発の推進

- 社会が求める新技術の研究開発・産業界への技術移転
- 最先端の供用インフラ(試験設備等)の提供

③開発機に対する安全証明(型式証明等)の的確な実施(技術協力)

- 新技術に対応した各種実証試験・証明方法の確立

②次代を担う人材の創出

- 技術者、研究者の育成
- 産学官をつなぐ人材育成の拠点整備

④継続的な安全性・環境性の向上(技術協力)

- 航空事故・トラブル対応の継続的实施
- 国際標準化活動

今後の研究方向性

より一層の成果還元と戦略性が必要

出口志向の研究開発プロジェクト

- (1)環境負荷低減に資する研究開発
- (2)航空機の安全性向上に資する研究開発

戦略的な基礎・基盤研究

- (1)独創的で多様な基礎研究の強化
- (2)航空科学技術共通基盤の充実、強化
- (3)先端研究施設及び設備の整備、共用促進

人材育成

- (1)産学官の連携強化
- (2)航空研究開発の中核機能として
コンソーシアムの設立等

航空科学技術ロードマップ

●あるべき姿

航空分野の現状を整理し、その上で我が国の航空分野のあるべき姿を以下の観点から検討すると共に、あるべき姿を実現するための戦略や体制として求められる全般的な活動を議論

- I. 我が国の航空産業(特に製造産業)の国際競争力強化
- II. 安全で効率的、低コストかつ環境(騒音・CO2等)に配慮した航空輸送システム
- III. 航空機利用による社会生活の危機対応能力の向上
- IV. 我が国の安全保障に資するデュアルユースでの貢献

●強化すべき技術

「あるべき姿」を実現するために求められる方向性を議論し、各分野において強化すべき技術とその優先度を抽出

⇒ 機体技術、エンジン技術、装備品技術、素材技術、航空輸送・運航技術、
航空機による危機対応技術、共通基盤技術、人材育成

●役割分担

「あるべき姿」を実現する上で必要な産学官連携と役割分担

- ・機能・特徴から見た役割分担
- ・研究開発段階(TRL)と優位性の観点から見た技術開発の役割分担

※ 役割分担については次の議事にて紹介

航空科学技術ロードマップの概要

1. あるべき姿を実現するための全般的活動

I. 世界の市場環境や産業構造の変化への対応

- 国際競争力のある主要部品素材の製造技術、製造ネットワーク形成
- 異業種取り込みによる新たなビジネスモデルの開拓
- MRO (Maintenance, Repair & Overhaul) も含めたライフサイクルでの事業への取り組み、国内バリューチェーン構築
- 認証取得プロセスの国内体制の強化
- 新素材・新製造法等の国際標準化及び国際標準とのコンパチビリティの確保

II. 安心・安全な社会や経済活動を支える社会インフラ構築への対応

- 安全かつ効率的・経済的な運航のための航空交通システムへの変革
- 災害時に有用な無人機の法的整備、運用体制確立

III. 安全保障への対応

- 新技術製品の防衛と民生のデュアルユースによる調達価格の低減化
- 共通的技術課題における防衛・民生間の協力



上記を実現する共通事項

- 地域クラスターの形成や、検査や法務等に係る知識・経験の共有化に向けた産学官連携体制の構築
- 人材交流やサプライチェーンの国際化の強化
- 大学等の革新的な技術シーズを活用できる仕組み構築

2. あるべき姿を実現するために強化すべき技術

I. 我が国の航空産業(特に製造産業)の国際競争力強化

		あるべき姿	実現するために求められる技術
機体	短	リージョナルジェット分野で競争力	開発課題克服、インテグレーション技術、低コスト化、認証
	中	リスクシェアパートナーとして高地位	プロセス管理向上、複合材高性能・軽量化、低コスト化継続
		リージョナルジェットで更なる競争力	全機システム設計、騒音低減、複合材構造設計
長	技術革新	無人機、全電動化、空地データリンク	
エンジン	短中	リスクシェアパートナーとして高地位	革新軽量複合材ファン、セラミック基複合材タービン、高温高圧系要素技術、耐熱金属、低コスト化
	長	革新的な航空機に向けた役割	水素燃料等の代替燃料技術
装備品	短	機体開発における高貢献度	競争力強化への取り組み、認証技術強化
	中長	要素技術で先進の技術力を身につけ、高競争力・高貢献度	オートパイロット、電動化、無線データ通信、有害物質の排除技術等の環境に優しい製品設計
素材	短中	CFRPで高い国際的競争力	複合材の活用技術の改善・開発
	長	複合材に代わる革新素材	カーボン繊維に代わる新素材の開発、新素材適用技術

II. 安全で効率的、低コストかつ環境(騒音・CO2等)に配慮した航空輸送システム

短中	安全性向上、効率(低コスト)化、利便性・運航量増大・環境両立の運航継続、運航データ蓄積	操縦自動化、パイロット支援、自動衝突防止、乱気流検知、突風荷重軽減化、無人機安全確保、構造健全性モニタ、複合材メンテナンス、高精度衛星航法、低騒音運航等
長	安全性の向上、効率化	革新的技術による航空機開発(障害に強い、低コスト)

III. 航空機利用による社会生活の危機対応能力の向上

短中	航空機利用での危機対応能力	通信高度化、有視界飛行、災害情報統合化、高速大容量通信、無人機、最適運航管理
長	技術革新	無人機技術(ミッションに応じた自律飛行技術等)

IV. 我が国の安全保障に資するデュアルユースでの貢献

3. あるべき姿の実現を支える共通基盤技術

空力系技術 材料/構造系技術 推進系技術 情報処理系技術 誘導制御系技術 整備系技術 製造/加工系技術 運航系技術

4. 人材育成

育成すべき人材像

国際的人材/技術開発/構想設計/マネジメント/認証/製造/運航

人材育成に必要な共通的活動

コンソーシアム/公募型研究制度/飛行実証/人材交流/技術保持・伝承

航空科学技術ロードマップ(役割分担編)(案)における JAXAの役割

＜公的研究機関の果たすべき役割＞

数値シミュレーション、大型設備による試験評価、飛行実証、基盤的研究開発、飛行実証型研究開発、産業界で識別された課題の解決に対する支援、機関間における国際協力の枠組み構築、基準策定支援、研究者育成及び支援など

＜個別技術の役割分担＞

機体技術：

「機内及び機外の騒音低減技術」

「実証段階にある機外騒音低減技術について、公的研究機関を中心に産と協力して飛行実証を進め、産業界による実機への適用に繋げるとともに、産学官の協力による基礎応用研究により機内騒音低減に向けた騒音源の解析・評価を進める必要がある。」

エンジン技術：

材料/ 構造系技術

「公的研究機関が中心となって高効率ファンタービンシステム等の実証を進め、産業界は加工製造技術を獲得し、これらの技術を実機適用すると共に、大学や公的研究機関での基礎応用研究により複合材や耐熱金属の基盤技術を獲得することが必要となる。」

航空輸送システム：

「外的要因に対応する技術」

「公的研究機関は産業界と連携しつつ、乱気流を検知するためのライダの小型化技術や着陸進入アドバイザリシステム、滑走路の雪氷状態モニタリング技術等の実証、着氷評価に関する試験及びシミュレーション技術の基礎・基盤、耐雷設計や防氷コーティング等の応用研究に取り組む必要がある。産業界はこれらの技術の実用化・実機適用を目指すことが求められる。大学は、気流推定や着氷機構解明等の基礎研究により、これらの技術に貢献することが期待される。」

JAXAの航空プログラムへ反映

次世代旅客機の
機体騒音低減技術の
研究開発

次世代ファンタービン
システム技術の研究開発

ウェザー・セーフティ・
アビオニクス技術の研究開発

JAXAにおける新たな取り組み

JAXA航空の新体制

- 航空機は重要な社会基盤のひとつであり、世界的な開発競争が一層激化。
- 日本の航空産業は弛まない向上努力により、欧米メーカーの重要なパートナーの地位を確立してきた。
- 国産旅客機MRJも初飛行が間近。我が国の航空産業は、素材から製造、そして販売・サポートまでをカバーすることとなり、新たなステージへ入る。
- 一方、地球環境問題が航空機にも厳しい技術チャレンジを要求。
環境先進国を謳う我が国は、航空機のNOX・CO₂ 排出削減や空港騒音低減の技術開発を通じて世界に貢献することが重要。
- 空の安全を守る高精度航法や気象リスク低減等の技術開発も将来に不可欠。

- JAXAは、環境と安全に関する研究開発を強化するとともに、将来に向けた革新技术の創出を通じて我が国航空産業の更なる発展に貢献するため、JAXA内の関連組織を統合して**新しい「航空本部」を創設**。
- この本部が我が国、航空研究の中心となるべく、航空産業との連携を一層深める中で努力していく。

航空本部の研究開発活動

JAXA機構法に記載された目的(航空に関する記述の抜粋):

「航空科学技術に関する基礎研究及び航空に関する基盤的研究開発並びにこれらに関連する業務を総合的に行うことにより、大学等における学術研究の発展、航空科学技術の水準の向上、を目的とする」

→ 公的研究機関として、航空科学技術の水準の向上を通じて我が国の**航空産業の発展**、社会基盤としての**航空交通の普及**と**環境・安全**向上に貢献すること。

航空本部の3つの主要役割

- 1.先進技術の研究開発**: 既に産業基盤がある航空分野では、JAXAは新しい価値、革新技術を生み出して行く事で国内航空産業に貢献していくことが必要。
- 2.大型試験設備の整備・供用**: 航空宇宙機開発に必要な大型試験設備を整備し、JAXA内外の研究開発に供する事も航空本部の役目。単に設備を運用するだけでなく、そこに新しい価値を入れ高度化を図ることが不可欠。
- 3.人材育成**: 我が国航空の中核機関として、JAXA内外の若手の育成に寄与。

これからのJAXA航空の3つの柱＋基盤技術

JAXAの役割を果たすため、国際競争力強化(環境)と航空輸送システムのリスク低減(安全)に資する出口指向の研究開発を重点化する

□ 3つの柱

- ✓ 環境技術
- ✓ 安全技術
- ✓ 新分野創造

航空環境技術の研究開発プログラム

ECAT

Environment Conscious Aircraft Technology Program



The ECAT program graphic features a central image of a white commercial airplane. Below it, there is a collage of smaller images representing environmental and technological aspects, including a globe, a leaf, a recycling symbol, and various aircraft components.

航空安全技術の研究開発プログラム

STAR

Safety Technology for Aviation and Disaster-Relief Program



The STAR program graphic shows a central image of an airplane cockpit. Below it, there are several smaller images related to safety and disaster relief, including a satellite, a rescue operation, and a person in a cockpit.

航空新分野創造プログラム

Sky Frontier

Sky Frontier Program



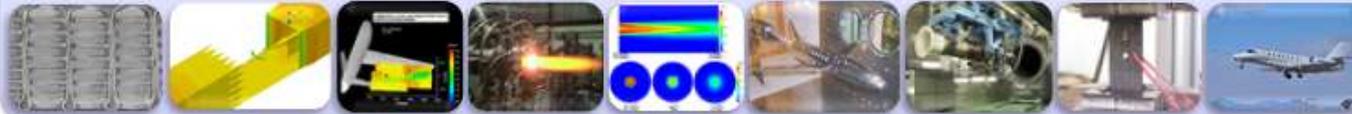
The Sky Frontier program graphic displays a central image of a sleek, futuristic aircraft. Below it, there are four smaller images showing different flight scenarios and aircraft types, including a supersonic jet, a glider, a rocket, and a conventional airplane.

□ これらを支える 基盤技術の 維持・発展

基礎的・基盤的技術の研究

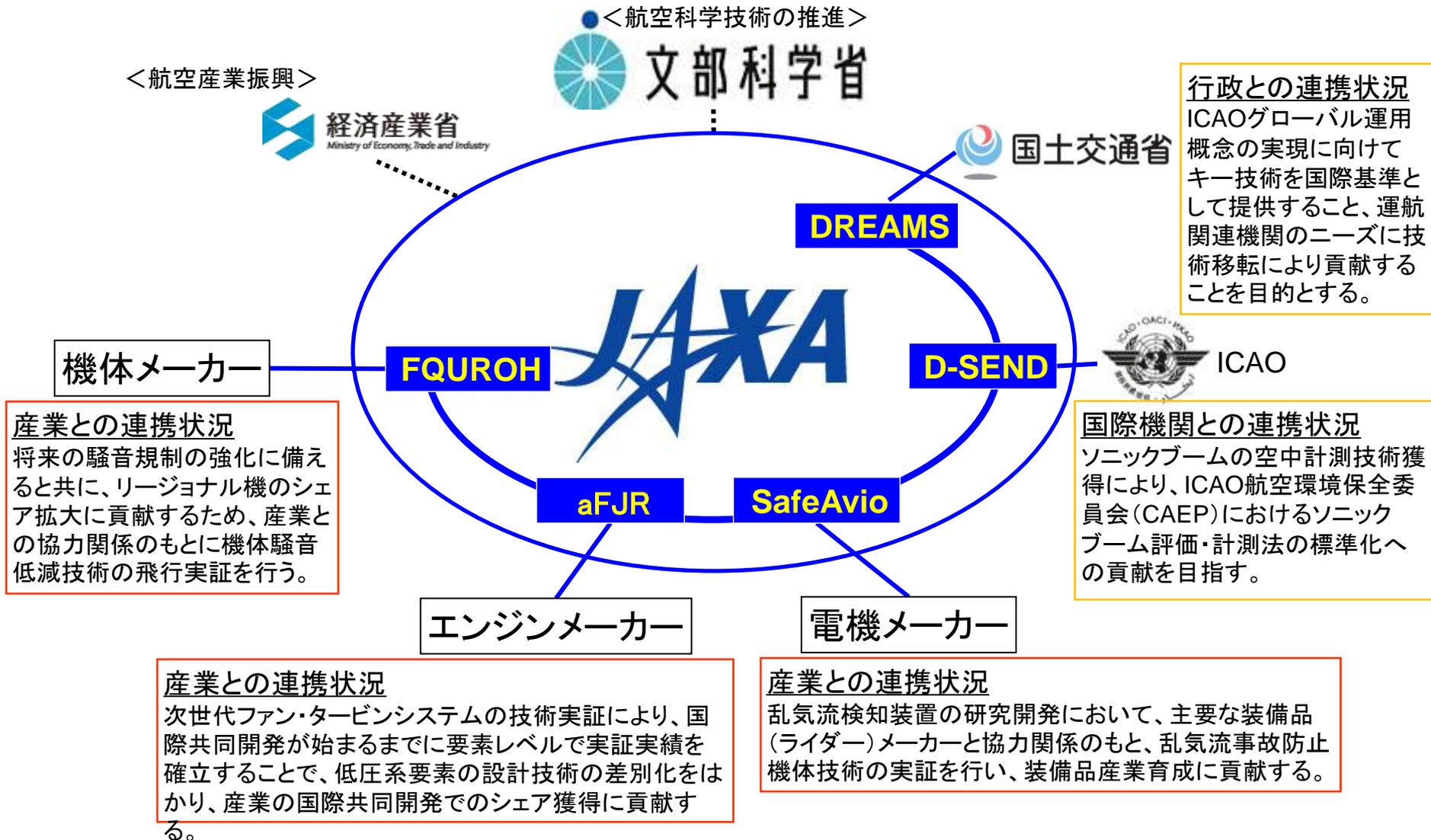
Science & Basic Tech.

Aeronautical Science & Basic Technology Research



The Science & Basic Tech. program graphic features a central image of a colorful spectrum or light pattern. Below it, there is a row of ten smaller images representing various scientific and technological research areas, including microelectronics, materials science, and aerospace research.

産業・公的機関との連携に基づくプロジェクト選定



- プロジェクトは航空科学技術ロードマップの役割分担に基づいて選定。

航空環境安全技術研究の主要研究開発課題1： 機体騒音低減技術の飛行実証(FQUROH)



FQUROH

音源計測技術確立 設計・改修・飛行試験

- 実機適用のための空力・構造設計
- 飛行試験における高精度音源評価技術の確立
- 低減デバイスの製造・機体の改修
- 飛行実験の航空局認可取得
- 実機飛行環境における飛行データ・音源計測
- 飛行データ・騒音データ処理



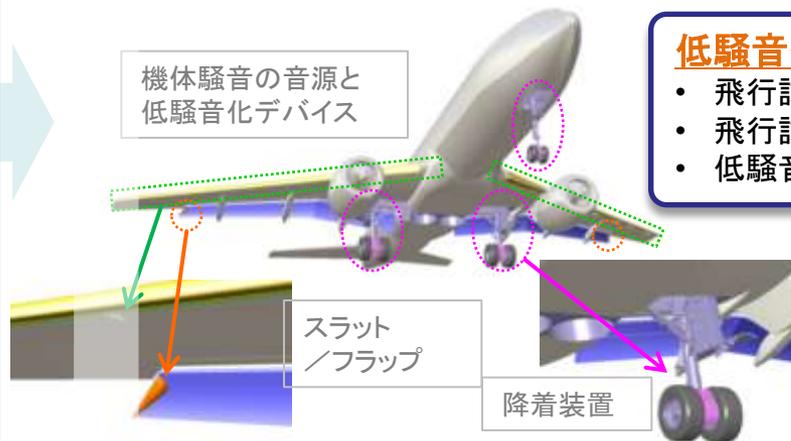
機体の改修による騒音低減



フェーズドアレイ計測による音源の詳細分析

Input

これまでのJAXA-企業の技術開発成果 (TRL3~4)



低騒音化設計の技術検証

- 飛行試験条件に対応した詳細風洞試験/LES解析
- 飛行試験データと風洞・解析データの比較分析
- 低騒音化技術の騒音低減レベル・実用性の検証

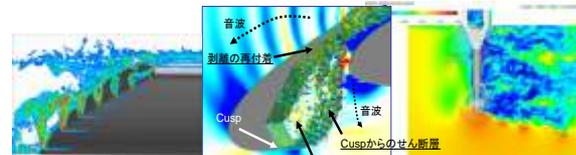
Output

低騒音化設計技術・データ・ノウハウ (TRL6)

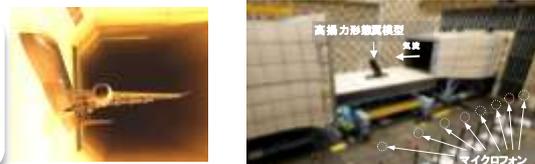
- 実証された低騒音化コンセプト
- 実用性が評価された設計技術
- 詳細実機データと評価法
- 飛行実証試験法
- 実機への適用
- 共同開発での活用

低騒音化設計最適化/騒音予測データ取得

- 適用機体に合わせた低騒音化デバイスの最適設計
- 詳細実機スケールモデルによる騒音予測データ取得



数値解析技術による設計の最適化

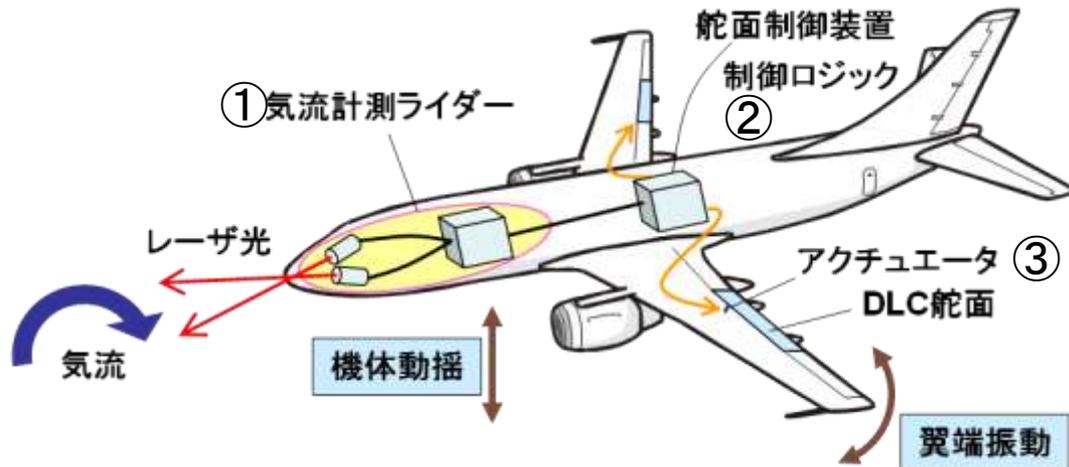


飛行実証対応風洞試験による詳細な騒音計測

航空環境安全技術研究の主要研究開発課題2: 乱気流事故防止機体技術の実証 (SafeAvio)

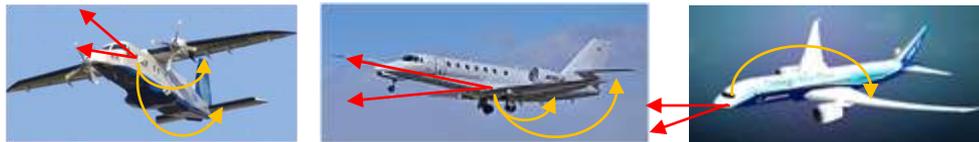


航空機運航中の気象関連事故防止のために、①気流計測ライダー、②制御ロジック、③アクチュエータおよび揚力制御舵面、で構成される突風応答・荷重軽減システム等の研究開発を進める。



気流計測の技術目標を飛行実証。その結果に基づき制御ロジックをシミュレーションで、アクチュエータ及び揚力制御舵面は風洞試験で確認。

実証計画



GA: 突風応答軽減、GLA: 突風荷重軽減

MuPAL-α
GAシステム実証
電機メーカーとの共同研究

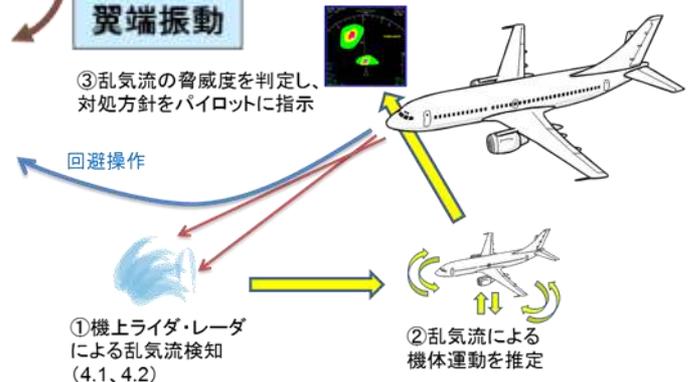
ジェットFTB
GLAシステム実証

ボーイング機
システム実証
メーカーによる実用化

小型機システム実証 (TRL5~6)

大型機システム実証 (TRL6)

実用化 (TRL8)

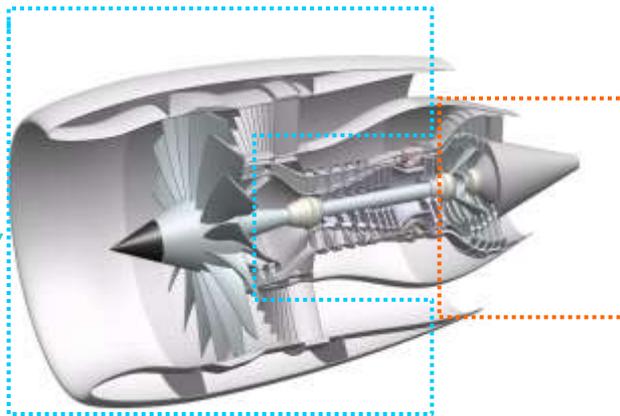
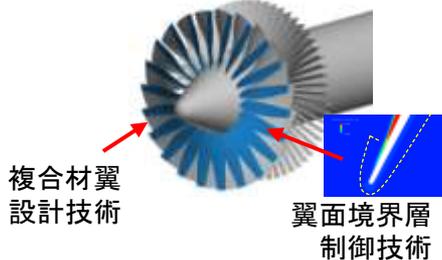


機上搭載センサからの情報に基づき危険性を²³判定してパイロットに警告する機上システム。

次世代ファン・タービンシステム技術実証



先進複合材技術及びシミュレーション技術を活用し、エンジンの高バイパス比化(ファン大型化)に必要な高効率、軽量・高剛性構造を有する次世代複合材ファン要素技術を開発。ファン大型化に伴う重量増を抑制するため、耐熱複合材(セラミックス基複合材;CMC)を適用した超軽量低圧タービン設計技術を開発。

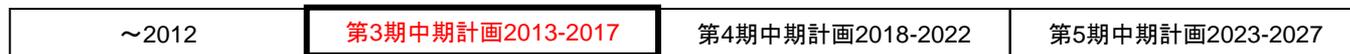


次世代複合材ファン要素技術
 ・次世代複合材ファンブレード
 ・軽量吸音ライナ
 ・軽量ディスク

耐熱複合材低圧タービン設計技術
 ・フラッタ予測技術
 ・過回転防止設計技術
 ・信頼性評価技術



サブスケールファン要素試験



企業での実機適用
技術開発(含:NEDO等)



PW1100G(国際共同開発)

企業での実機適用技術開発



次世代UHB※エンジン(国際共同開発)

JAXAエンジン技術実証プロジェクト

TRL4-5

TRL1-3
 先行研究
 クリーンエンジン TRL2-3
 技術研究開発

次世代高効率ファン・タービン
 システム技術実証プロジェクト

▼燃費15%/
 NOx70%以上低減に
 資するUHBエンジン要
 素技術