

航空科学技術に関する 研究開発課題の評価結果

平成25年6月

科学技術・学術審議会

研究計画・評価分科会

目次

- 航空科学技術委員会 委員名簿 2

<中間評価>

- 次世代運航システム（DREAMS）技術の研究開発 4

<事後評価>

- 国産旅客機高性能化技術の研究開発 10
- クリーンエンジン技術の研究開発 16
- 運航安全・環境保全技術の研究開発 22

航空科学技術委員会 委員名簿

平成25年6月現在

	氏名	所属・職名
主査	李家 賢一	東京大学大学院工学系研究科教授
	鐘尾みや子	社団法人日本女性航空協会理事長
	鈴木みゆき	ジェットスター・ジャパン株式会社代表取締役社長
	武市 昇	名古屋大学大学院工学研究科准教授
	竹内 健蔵	東京女子大学現代教養学部教授
	萩原 太郎	HOYA 株式会社代表執行役（技術担当）
	松島 紀佐	富山大学大学院理工学研究部教授
	宮下 徹	公益財団法人航空輸送技術研究センター常務理事
	宮部 俊一	一般社団法人日本航空宇宙工業会相談役
	山本佳世子	株式会社日刊工業新聞社論説委員兼編集委員
	結城 章夫	山形大学長

「次世代運航システム技術の研究開発」の概要

1. 課題実施期間 平成16年度～26年度

中間評価 平成20年度及び平成25年度、事後評価 平成27年度を予定

2. 研究開発の概要・目的

高精度運航技術

国際的な構想に準拠して国土交通省が推進している「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン(CARATS)」実現のため、次世代運航システム(DREAMS)において空港容量の拡大、就航率の向上、運航効率・安全性の向上に資する気象情報、低騒音運航、高精度衛星航法、飛行軌道制御、防災・小型機運航の技術を獲得する。

そして、産業界等の外部機関における成果の利用の促進を図り、運航関連機関やメーカーに対し技術移転を行うと共に、キー技術を国際技術基準として国際規格団体へ提案する。

3. 研究開発の必要性等

高精度運航技術

航空交通需要の大きな伸びに対応するため、安全性・利便性を確保しつつ高密度運航を行うには、衛星航法、データリンクを活用し、各航空機の機上装置を最大限活用した運航を可能とする次世代運航システムが必要とされている。

研究開発ロードマップ

年度	H16	H17	H18	H19	H20	FY21	FY22	FY23	FY24	FY25	FY26	FY27	FY28	FY29
主要マイルストーン (航空局、防災機関)						CARATS長期ビジョン	▼	CARATSロードマップ	▼	CARATS研究開発分科会	▼	防災機関による評価	▼	CARATS意志決定③
DREAMS マスタースケジュール						▼準備審査	▼SRR	▼SDR	▼CDR	開発完了審査	▼プロジェクト解散	▼	▼	▼
	要素技術研究	概念検討	概念設計	計画決定	基本・詳細設計	製作	技術実証	基準化・技術移転	定常組織で標準化支援					

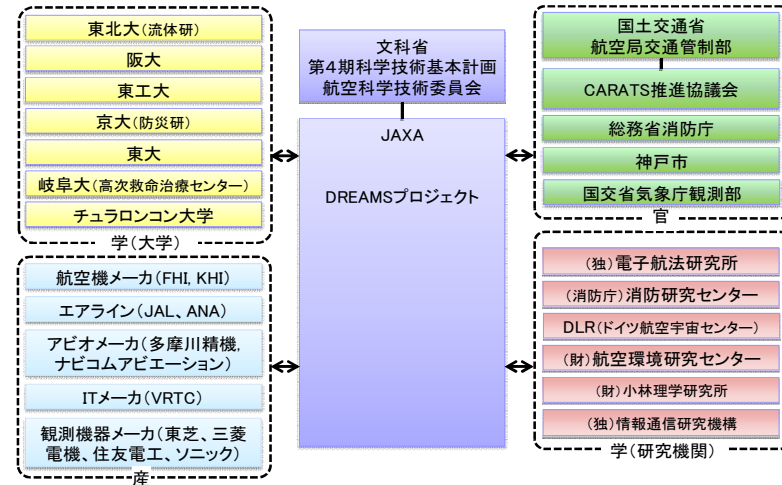
備考: SRR..システム要求審査、SDR..システム設計審査、CDR..詳細設計審査

4. 予算の変遷

(億円)

年度	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26 (見込)	総額 (見込)
予算額	0.4	0.1	1.2	1.2	2.3	2.3	3.1	3.6	5.4	5.4	3.5	28.5
(内訳) 運営費交付金	0.4	0.1	1.2	1.2	2.3	2.3	3.1	3.6	5.4	5.4	3.5	28.5

5. 課題実施機関・体制



6. 主な成果

- ① 気象情報に関して、低層風擾乱の影響を定量化して運航障害の発生を予測する手法を世界で初めて開発。着陸可否のパイロット判断をサポートする運航支援システムを製作し、全日空による評価で有効性を確認した。
- ② 低騒音運航に関して、大気乱れの影響を考慮した騒音伝搬の予測技術により、実測値との比較で誤差3dB以下を確認した。
- ③ 高精度衛星航法に関して、脅威となるプラズマバブル(電離圏異常) 下で利用率99%以上の性能で保証できることを確認した。
- ④ 飛行軌道制御に関して、設定された曲線経路を実験用航空機で飛行し、所定の経路追従精度を確認し、全天候で精密曲線進入を可能にした。
- ⑤ 防災・小型機運航に関して、災害救援航空機情報共有ネットワーク(D-NET)の防災機関での評価を実施し東日本大震災での活動実績に対する任務達成率83%向上をシミュレーションで確認した。D-NETの一部である飛行中に災害情報をデータ化して送信する機能を民間に技術移転し製品化した。

東日本大震災での活動実績に対する任務達成効率の向上

	任務達成数 【回/時】	無駄時間 【時間/任務】	異常接近 【回/任務】
D-NETなし(実績)	3.0	1.98	1.61
D-NETあり	5.5	0.70	0.82
効果	+83%	-65%	-49%

中間評価票

(平成25年6月現在)

1. 課題名 次世代運航システム (DREAMS) 技術の研究開発

2. 評価結果

(1) 課題の進捗状況 進捗度の判定とその判断根拠を明確にする

「必要性」

航空交通需要の大きな伸びに対応するため、安全性・利便性を確保しつつ高密度運航を行うには、衛星航法、データリンクを活用し、各航空機の機上装置を最大限活用した運航を可能とするシステムが必要とされている。このような状況の下、米国 NextGen、欧州 SESAR プログラムで次世代航空交通管理システム構築を目指した研究開発が精力的に実施されている。国内においても国土交通省航空局が長期ビジョン「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン(CARATS)」の下、安全性向上、航空交通量増大への対応、利便性の向上、運航の効率性の向上等を目指してロードマップを作成し研究開発を開始したところである。

本課題は、平成16年に開始され、平成20年に中間評価が行われた「運航安全・環境保全技術の研究開発」の2つの研究開発項目のうち1つであった「高精度運航技術」研究開発を、独立させたものである。平成20年以降、今後の航空交通需要の大きな伸びに対応するため「高精度運航技術」の重要性が認識されたためである。重要性の認識については、(2)各観点の再評価で論じている。

こうした運航・安全システムの研究開発においては実験用航空機や飛行シミュレータ等、大規模な試験設備が必要であるが、民間においてこれらの設備を独自に保有することは困難なこと、また、運航・安全にかかる研究開発はその波及効果が大いこと、さらに国際基準のもとに整備が進められる運航・安全システムの研究開発は公共性が高いこと等から、公的機関が担うべきといえる。また、運航システムの研究開発に当たっては技術移転によりアビオニクス(航空用電子機器)産業の育成への寄与も期待できる。

DREAMS プロジェクトは、CARATS と連携を取り、JAXA が優位性を持つ次世代運航システムに係る5分野(気象、低騒音運航、高精度衛星航法、飛行軌道制御、防災・小型機運航)において技術を獲得して、産業界等の外部機関における成果の利用の促進を図り、運航関連機関やメーカに対し技術移転を行うと共に、キー技術を国際技術基準として国際規格団体へ提案することを目的としており、民間航空機運航の規模が大きい我が国にとって国際的な貢献は重要であり、上記の必要性に沿った目的、意義をもつ妥当なもの判断する。

「有効性」

本研究では、衛星航法、データリンク、航空機搭載アビオニクスの機能を最大限活用し、

- ① 乱気流を予測、回避誘導することにより運航への影響を低減する
- ② 飛行経路の最適化により地上騒音を低減する
- ③ GPS 受信機と INS(機上の慣性航法装置)とを複合した超小型航法装置(位置センサ)を搭載し、国土交通省航空局が整備・運用する衛星航法システム(GBAS(地上局による GPS 補強)及び SBAS(衛星による GPS 補強))等を利用した精密進入航法を実現する
- ④ 地上管制と同等の信頼性をもつ自動間隔確保システムを実現する
- ⑤ 災害時の高密度運航環境下での異常接近等を低減する

技術の開発と飛行実証を行い、成果をまとめて国際機関に基準を提言する、との目標設定がなされている。

DREAMS プロジェクトは現在までに、

- ① 気象に関し、低層風擾乱による運航障害の発生を予測し、着陸可否の判断をサポートする手法を世界で初めて開発。全日空による評価で有効性を確認。運航障害事例を多数観測できたため手法の完成度を高めることができ、フルサクセス目標の一部(運航会社による評価)を2年前倒しで達成した。
- ② 低騒音に関して、大気乱れの影響を考慮した騒音伝搬の予測技術により、実測値との比較で誤差 3dB 以下を確認し、高密度運航で地上騒音を抑制する進入経路設定を可能にした。
- ③ 衛星航法に関して、脅威となるプラズマバブル(電離圏異常)の実データを飛行実験により取得し、利用性に対する影響を定量的に示すとともに、INS(慣性航法装置)補強により高カテゴリー精密進入を全天候下で利用性 99%以上の性能で保証できることを確認した。
- ④ 飛行軌道制御に関して、GBAS-TAP によって設定された曲線経路を実験用航空機で飛行し、所定の経路追従精度を確認し、全天候で精密曲線進入を可能にした
- ⑤ 防災・小型機に関して、災害救援航空機情報共有ネットワーク(D-NET)のユーザ評価を総合防災訓練及び近畿ブロック合同訓練で実施。災害発見から任務情報伝達までの時間を 70%短縮できる効果を訓練で実証し、東日本大震災での活動実績に対する任務達成率 83%向上をシミュレーションで確認。これにより防災関

連機関の高い評価を得て、機能の一部(飛行中に災害情報をデータ化して送信する機能)について、当初予定より早く民間へ技術移転しナビコムアビエーション株式会社より製品化。本機能については D-NET のエクストラサクセス目標(実利用開始)を達成。他の機能もプロジェクト期間中に順次、防災関連機関で導入開始予定としている。ユーザーとともに評価し、ユーザーの好反応を受けて実利用に入ったと聞いており、産学官連携で評価することの有効性も高いと確認できる。

の成果を得ており、目標設定に対して十分な成果が得られつつあり、所定の有効性を示す研究開発が適正に実施されていると判断する。

さらに、国際標準規格の提案に向けて、

- ① ICAO-CAEP(国際民間航空機関 航空環境保全委員会)に参加(2008～2010:WG1(騒音), 2010～:WG2(運航))
- ② ICAO-CAEPにおいてIE(独立した専門家, 世界から7名)として活動
- ③ ICAO-WTSG(後方乱気流スタディグループ)での活動に参加
- ④ IGWG(国際GBASワーキンググループ, ICAOに代わってGBASの基準策定に関する議論を行う会議体)に参加

と国際的なプレゼンスの強化に努めていることも妥当と判断する。これは平成20年の中間評価で提示された意見「国際規格の提案を具現化する上では、国際機関であるICAO(国際民間航空機関)や国際規格制定に影響のある米国のメーカ団体RTCA(米国航空無線技術委員会)等での検討の場において、国あるいは国を代表する専門機関として意見を述べていくための環境作りを行うことが重要である」に適切に対応していると判断する。

「効率性」

(イ)適切な役割分担による効率的な研究開発の実施

DREAMSプロジェクトでは、協力協定、共同研究、委託契約が結ばれ航空機の運航にかかわる行政機関、国内の研究機関及び産業界、大学、また、同様の取組みを行う外国政府、国際機関とも連携を適切に行っており、それぞれ得意とする分野を持ち出し連携協力しながら重複のない効率的な研究開発を行っている判断する。

- ① 官では、航空局(CARATS推進協議会)、消防庁、神戸市消防局、気象庁
- ② 学(研究機関)では、電子航法研究所、消防研究センター、DLR(ドイツ航空宇宙センター)、航空環境センター、小林理研研究所、情報通信研究機構
- ③ 学(大学)では、東北大、阪大、東大、京大(防災研究センター)、岐阜大(高次救命センター)、チェラロンコン大学(タイ)
- ④ 産では、FHI、KHI、JAL、ANA、多摩川精機、ナビコムアビエーション、VRTC、東芝、三菱電機、三菱スペースソフトウェア、住友電工、ソニック

(ロ)ロードマップ

DREAMSプロジェクトでは、

- ・平成23年度:プロジェクト化し、詳細設計を実施した
- ・平成24年度:詳細設計結果に基づきシステムの製作を実施した
- ・平成25年度:製作したシステムの技術実証、防災機関による評価を実施する
- ・平成26年度:CARATSと連携して次世代運航技術を国際規格として提案する。また、災害情報ネットワークについては防災機関に技術移転する

は、航空局の施策(CARATS)、産業界及びユーザーのニーズ等を考慮したロードマップを設定し、その進行・進捗の確認についてもJAXA内部における評価等を含め、組織的に管理することとしており妥当である。

今まで実施した研究開発について、以下の点は効率的であった。

- ・気象に関する低層風擾乱による運航障害の発生を予測し、着陸可否の判断をサポートする手法について、運航会社による評価を2年前倒しで達成した。
- ・災害救援航空機情報共有ネットワーク(D-NET)の飛行中に災害情報をデータ化して送信する機能について当初予定より早く民間へ技術移転しナビコムアビエーション株式会社より製品化した。

(ハ)資金計画

- ・平成16～20年度:5.2億円
- ・平成21～25年度:19.8億円
- ・平成26年度:3.5億円(見込み)
- ・総額(平成26年度まで):28.5億円(見込み)

欧米においても航空機の運航安全に関する取り組みは加速しており、研究開発に多額の投資がなされている。例えば、NASAでは、Airspace Systems Program(空域システムプログラム)として、さらに広い研究課題に対してではあるが、2012年度に総額92.7百万ドル(約92億円)の投資がなされている。本研究開発の総予算規模については、JAXAがこれまでに生み出した成果等に鑑みると、現時点において資金計画は妥当であると判断する。

以上により、実施体制、ロードマップ及び資金計画について、関係機関との連携、ユーザーのニーズ等を踏まえた設定・管理がなされており、効率性の観点から妥当であると判断する。なお、各国がNextGen、SESAR、CARATS

といったシステム提案を独自に行っており、効率性を高めるという観点からは、国際的に協調した活動といった観点も考える必要があると思われる。

評価結果

必要性、有効性、効率性ともに妥当であり、本研究開発を着実に実施していくことが妥当である。

(2) 各観点の再評価と今後の研究開発の方向性

「必要性の再評価」

我が国でも LCC(ロー・コスト・キャリア)が登場し、航空交通の需要はますます伸びることが予想される。このような状況の下、公共性が高く、国際基準のもとに整備が進められる運航・安全システムの研究開発は JAXA が取り組むべきテーマであり、必要性はさらに高まっていると判断する。

また、将来は 50 人以下、あるいは 20 人以下の小型機の運航が増えるものと予想され(例えば、調布空港からの離島便の便数がここ 1、2 年で倍増している)、これらの事情もふまえた必要性の認識をしていただきたい。

「有効性の再評価」

CARATS ロードマップ(2011 年 3 月)では、将来の航空交通システムにおいて安全性 5 倍、航空交通量 1.5 倍、利便性 10%向上、運航効率 10%向上、等の目標を実現するため、46 の施策とそれを支える 37 の研究開発項目を定義している。

DREAMS プロジェクトは上記の目標に基づく研究計画を立て、5つの分野でそれぞれ世界最高の目標を掲げた研究開発を実施している。これらの研究開発は、空港容量の拡大、就航率の向上、運航効率・安全性の向上に直結する成果を出すものである。以上から、本研究の目標の有効性は変わらないと判断する。

なお、航空交通量等が毎年変化している中で、本研究開発の目標が適切なものになるように常に計画の進捗を確認していくことが望まれる。

また、世界最高の目標を上げた開発を実施しており、結果として高い成果を出していることをもっと社会アピールする工夫が望まれる。

「効率性の再評価」

産学官の広範囲な連携はその実績を認めるとともに今後も積極的に進めるべきである。

「今後の研究開発の方向性」

本研究開発の開始後の状況変化により、災害時対応ということが非常に重要性を増している。このような大きな状況変化に対して、柔軟に対応できるような体制作りと計画変更を常に心がける必要がある。

また、次世代の運航システムは、今後の航空輸送および航空機産業の発展のトリガーとなりうる分野であり、その研究開発に一早く着手している点は評価できる。

災害情報ネットワークなど国内で運用可能な技術は、産業界等の外部機関に成果の技術移転を行い防災関連機関等で利用の促進を図るとともに、CARATS が目指す空港周辺での高密度運航に貢献する次世代運航のキー技術は、国際技術基準として国際規格団体へ提案することが、我が国の航空交通システムの発展、産業競争力の強化、国際社会における航空科学技術力のプレゼンスの発揮につながる。DREAMS プロジェクトは、このことを目標に、さらなる産学官の連携を図り、社会で成果を活かす活動に力を注ぐ必要がある。

また、公募型共同研究等により、産学官が持つシーズの発掘を行い、運航システムのニーズと結びつける活動を行うことで、この分野における研究の層を厚くする、人材育成に貢献することにも留意するべきである。

一方、運航システムにおけるありとあらゆる技術のうち、“JAXA が優位性を持つ次世代運航システムに係る5分野(気象、低騒音運航、高精度衛星航法、飛行軌道制御、防災・小型機運航)”におけるさらに特定の技術に研究開発が絞られているのが不自然に感じられる。CARATS など運航システムの長期ビジョンから、今後重要となるであろう機上装置を読み取ることができるはずである。そして CARATS 中期・長期の研究開発課題に合わせてその研究開発を行うべきではないか。

さらに、衛星航法の活用など宇宙開発技術との連携を意図して行うことも重要である。

その際、本研究アイテム「DREAMS」にこだわることなく、「DREAMS」を通じた、JAXA の積極的かつ主体的な「国際標準化等」策定過程への主体的参画が必要と認識。

上記の項目・基準に基づき、課題の「継続」が妥当であると判断する。

(3) その他

国際基準との調和を図りながら進める必要のあるテーマは、国の研究機関が事務局的な機能を果たして、民間の知恵を結集していく進め方は合理的でよいと考える。

次世代交通管理システムについては欧米から大きく後れを取っていると考えている。国土交通省が主導する CARATS との連携が必須と思われる。省庁の垣根を越えて一体感を持って実施していくべきと考える。

「国産旅客機高性能化技術の研究開発」の概要

1. 課題実施期間 平成16年度～24年度
 中間評価 平成20年8月、事後評価 平成25年6月

2. 研究開発の概要・目的

昨今、地球温暖化や航空機の環境規制が強化されている中で、我が国においては、低燃費で低騒音な国産旅客機の全機開発が進められている。このような中で、平成20年3月、本プロジェクトの実施主体である民間企業が国産旅客機の事業化を決定し、企業が実機を開発・生産し、市場投入を実現していくためには、実機に採用される先端技術等について国による安全審査を受け、型式証明(T/C)を取得する必要がある。

本研究開発では、これまで培ってきた低燃費化や低騒音化に資する先端技術の実証試験等を通じ、そこで得られる知見やノウハウ、蓄積データ等の技術研究成果が産業界にも活用されていくことが期待されている。

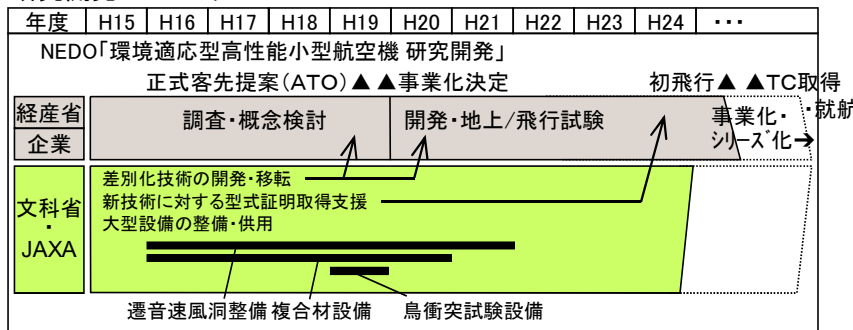
また、大型・高性能試験研究設備の計画的な整備、既存設備の老朽化対策を行い、設備供用による協力を行う。

3. 研究開発の必要性等

今後成長が見込まれる航空機産業の更なる発展のため、市場投入を目指した国産旅客機を開発を官民連携して推し進めることが必要。

※有効性については下記ロードマップ及び6.、効率性については右記4.及び5.参照

研究開発ロードマップ



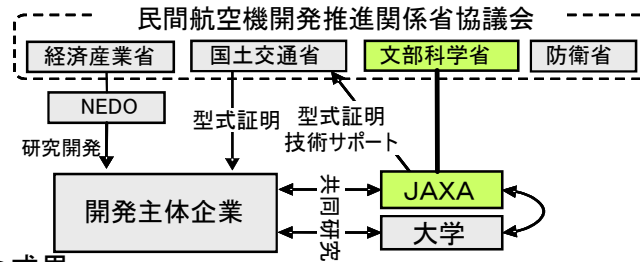
4. 予算の変遷

(億円)

年度	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	総額
予算額*	15.3	23.5	15.8	11.9	13.3	12.9	12.7	10.4	8.6	125.1
(内訳) 運営費交付金 施設整備費補助金	10.0 5.3	16.1 7.4	15.0 0.7	11.9 —	13.3 —	12.9 —	12.7 —	10.4 —	8.6 —	110.8 14.3

*研究開発費及び設備整備費の合計

5. 課題実施機関・体制



6. 主な成果

空力技術 低騒音化 技術	<ul style="list-style-type: none"> 高揚力を得るための翼形状のシミュレーション解析技術を確立、理想的な翼の設計技術高度化に貢献 感圧塗料を用いた表面圧力場計測技術により、高速空力荷重データの推定精度が向上し、開発機の高揚力装置の設計等へ有効活用。 翼前縁の流れに起因する騒音発生メカニズムを世界で初めて解明し、騒音予測技術を確立するとともに、開発したフラップ騒音低減法ならびに実用性を考慮したスラット騒音低減法が、実機形態に近い模型を用いた詳細計測により、いずれも-2dB以上の低減効果があることを実証。
構造・ 材料技術	<ul style="list-style-type: none"> 高精度フラッタ(翼の空力/構造連成振動)解析ツールを開発し機体設計に利活用 尾翼に使用される新規複合材および舵面に使用されるプリプレグ材のTC取得用試験に関し、JAXAに貢のある遅滞等無く総計1,000本超の試験を完了。
飛行試験 技術	<ul style="list-style-type: none"> 開発機の型式証明飛行試験で活用可能な対気速度計測用ドップラーライダーを開発し、実験用航空機による飛行試験で十分な計測精度を確認。 国際標準のネットワークベースの飛行データ計測システムを用いた、飛行データのテレメータ計測を、実験用航空機「飛翔」を用いて実施し、国産旅客機の飛行試験への運用データを蓄積

事後評価票

(平成25年6月現在)

3. 課題名 国産旅客機高性能化技術の研究開発

4. 評価結果

(1) 課題の達成状況

「必要性」

我が国の航空機産業は要素技術においては世界的に高い評価を得ているものの、航空機開発のライフサイクル全てをカバーする経験に乏しい。今後成長が見込まれる航空機産業の更なる発展のため、市場投入を目指した国産旅客機の開発が産学官の連携の下で進められている。将来に向けての航空機開発は、昨今の地球温暖化や航空機に対する国際的な環境規制の強化といった時代の流れの中で、安全性や経済性はもとより環境にも配慮することが要求されてきている。

このような情勢の中で、これまでの産学官連携の成果を取り込みつつ、2008年3月に、民間企業が環境適合型国産旅客機の事業化を決定し、実機を開発・生産し、当初の予定で5年後の市場投入の実現が必要となった。また、国産旅客機市場投入に伴い、実機に採用される先端技術等を含む機体全体について国(国土交通省航空局)の安全審査(型式証明)が進められている。

本研究開発では、JAXA がこれまで培ってきた低燃費化や低騒音化に資する先端技術の実証試験等の高性能化技術研究を通じ、そこで得られる知見やノウハウ、蓄積データ等の研究成果が産業界で有効に活用されることが期待された。本研究開発の必要性については、「経済財政改革の基本方針(骨太の方針)2008」(閣議決定)によりその推進が掲げられている「環境エネルギー技術革新計画」(総合科学技術会議)の「低燃費航空機(低騒音)」、「第3期科学技術基本計画 分野別推進戦略(社会基盤分野)」(総合科学技術会議)における戦略重点科学技術「航空機・エンジンの全機インテグレーション技術」及び「航空科学技術に関する研究開発の推進方策について」(文部科学省 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会)における「航空機及びエンジンの全機インテグレーション技術の獲得に貢献する研究開発」にも示されている。

以上により、本研究開発は、国産旅客機の実現を目指す我が国の状況を踏まえ、かつ、国の方針に従って実施してきたものであり、事業化担当の民間企業のスケジュール変更はあったものの必要性の観点から妥当であった。

「有効性」

中間評価時点での目標は以下の通り。「平成22年度までに航空機の低燃費化・低騒音化に資する先端技術(低コスト複合材技術・風洞試験技術・高揚力装置設計技術・騒音予測技術・空力弾性技術・構造衝撃解析技術・操縦システム技術等)を開発し、実機設計技術を高度化するという目標が設定されている。また、平成24年度までに先端技術の各種確認試験等に必要技術開発等を行う」という目標が設定されている。

本研究開発では(2)成果の項で示されているように各先端技術の各種確認試験等に必要技術開発等は達成されており、有効性の観点から妥当な研究開発であった。

実機開発が終了した段階で、各項目個別に有効性を再確認することは、将来の航空機開発に役立つ情報を提供してくれると考える。

「効率性」

(イ)適切な役割分担による効率的な研究開発の実施

JAXA が有する設備ならびにこれまで蓄積してきた技術を背景に、関係する企業・機関等と連携して研究開発を実施しており、本研究開発の方向性(スケジュール、実施項目、設備整備等)については、関連省庁と「民間航空機開発推進関係省庁協議会」により調整が行われていた。その方向性の下、研究開発の民間側の実施主体企業と第1期に9件の共同研究を実施し、平成20年度以降の共同研究の内容は民間企業と共同で設置している「国産旅客機合同技術ステアリングチーム」において調整されていた。以上により、国産旅客機の開発メーカー、関係行政機関等との連携を適切に行った。

(ロ)ロードマップ

- 平成20年度 これまでの研究成果について、実証試験を開始
- 平成24年度 実証試験を完了を目指し、国産旅客機高度化技術の各課題に対し、「第3期科学技術基本計画 分野別推進戦略(社会基盤分野)」に沿って、また、開発メーカーと連絡調整を行いつつ、平成23年度(第2

期中期開始時点の予定)の初飛行等の国産旅客機の開発スケジュールを踏まえ、適切に成果が反映されるロードマップを設定し、その進行・進捗の確認についてもJAXA内部における評価等を含め、組織的に管理していた。JAXAの責ではない理由により、国産旅客機開発スケジュールは、平成21年9月に仕様が変更され(100席クラス機の新設、客室スペースの拡大・胴体断面真円化、貨物室の統合、主翼材料を複合材から金属へ変更)、それに伴って初飛行は平成24年第2四半期、型式証明取得・市場投入は平成25年第1四半期に延期された。さらに、平成24年4月にはスケジュールの遅れから初飛行平成25年度第3四半期、初号機納入平成27年度半ば～後半に再延期された。

開発本機自体で無いと実証できない事以外は、遅滞無く研究開発は実施されており、ロードマップ自体は妥当であったが、外部要因によるスケジュール変更に対する対策が取られていなかったことは反省すべきである。

(ハ)資金計画(戦略重点科学技術関連)

- 平成16～20年度 80億円
- 平成21～24年度 45億円

国産旅客機開発に関する官民連携した取り組みが行われているところ、JAXAは、先端技術の研究開発、施設整備等を行い、その成果はこれまでも国産旅客機の研究開発に多数利活用されていること等に鑑みると、資金計画は妥当である。以上により、適切な役割分担による効率的な研究開発の実施、ロードマップ及び資金計画について、関係機関との連携、国産旅客機開発に関する我が国全体のスケジュールを踏まえた設定・管理がなされており、効率性の観点から妥当である。

なお、長期の取り組みのため他プロジェクトと比べて予算がかかっている面がある。社会に理解をもらえるだけの費用対効果を明確にしていくべき。

課題の達成状況の評価を得るため、外部評価会を平成25年1月15日に開催し、ステークホルダの共同研究相手先企業より、目標の妥当性、達成度、有効性、満足度においては、すべての項目で十分以上の評価を得ており、全体の貢献度としては優れていると判断した。

以上を総じて本事業の課題達成度は妥当であると考えられる。

なお、研究開発計画、資金等に関しても今後産官学連携の在り方に関する教訓を導きだす等、前向きな姿勢を期待したい。

(2) 成果

本事業では、国産航空機の安全性及び環境適合性を評価し、型式証明を取得するための試作機の飛行試験、強度試験や耐環境試験を迅速、確実に行うことは、全機インテグレーション技術としての重要な課題であり、このため以下の試験技術、計測技術及び評価技術を確立した。

- PSP計測技術:
感圧塗料(Pressure-Sensitive Paint: PSP)を用いた表面圧力場計測技術により、高速空力荷重データの推定精度が向上し、国産旅客機の高揚力装置の設計等へ有効活用。
- 実機主翼変形量計測:
JAXA 実験用航空機「飛翔」を用いジェット機高速飛行条件での変形量計測の技術確認を実施し、データを取得。国産旅客機飛行試験での主翼変形量計測に向け、フライト変形量計測技術(システム構築、校正、データ処理ソフト等)を技術移転。
- 騒音低減法:
開発したフラップ騒音低減法ならびに実用性を考慮したスラット騒音低減法が、実機形態に近い模型を用いた詳細計測により、いずれも-2dB以上の低減効果があることを実証。フラップ騒音低減法の設計指針について、民間企業と共同で国内および海外7カ国へ特許出願。
- 飛行音源計測技術の開発:
3回のビジネスジェット機MU300を用いた飛行騒音計測試験を通じ、基本になる飛行試験の手順、マイクロフォンの大型フェーズドアレイの設置、騒音・位置・気象の計測、音源データ処理の方法を開発し、機体、エンジンそれぞれの騒音レベルの評価が可能である事を示し、国産旅客機騒音源の詳細把握に見通しを得た。
- フラッタ推定手法:
フラッタ解析ツールを国産旅客機主翼形態(エンジンマウント)に適用できるように高度化し、民間企業に技術移転した。さらに、フラッタ速度推定システムを構築し、フラッタ風洞試験による検証を行い、サブクリティカル状態のデータからフラッタ測度を推定できることを確認し、国産旅客機飛行試験にて使用される。
- 異物評価手法:
高速衝突試験装置(鳥衝突試験装置)を平成20年10月までに整備し、国産旅客機の鳥衝突試験耐空証明試験(風防、主翼前縁、尾翼前縁)及びタイヤ破片衝突試験耐空証明試験(主翼下面)が実施可能な設備の整備、試験法の確立を実施。国産旅客機開発に必要な要素技術を確立。
- 操縦システム有効性評価:
策定した操縦性要求仕様に基づいて機体設計が行われており、共同開発したFBW制御則(操縦システム制御則)は国産旅客機に適用される予定。地上走行モデルも設計に利用され、民間企業の開発モデルに統合

された。

- 先進人間中心コックピット設計:
統合ディスプレイにおけるバンク表示の課題を抽出、提示。ワークロード解析手法の開発として、コックピット設計データ等からワークロードの推定システム開発。耐空性審査要領等の基準とヒューマンファクタデータベースを関連付ける技術資料及びワークロード評価手法の案を作成し、型式証明活動において利用される予定。
- 光ファイバ計測技術研究開発:
燃料タンク内温度の光ファイバセンサ計測技術に関し、国産旅客機飛行試験用光ファイバ計測システムに対する様々な環境試験、計測精度評価を実施し、国産旅客機飛行試験において使用可能な、燃料タンク内温度光ファイバ計測技術を確立した。
- 飛行試験機搭載の計測機器等の適合性・信頼性確認データ集積及び運用技術研究開発:
ジェット飛行試験機「飛翔」を用いて世界標準規格のネットワーク(パケット)ベースの飛行データ計測システムを構築して運用する技術の開発、ノウハウの取得を行い、国産旅客機飛行試験に用いる機上計測装置が飛行環境に適合し、十分な信頼性を有することを確認した。
- 対気速度計測用ドップラーライダー:
国産旅客機の型式証明飛行試験で活用可能な対気速度計測用ドップラーライダーを開発し、実験用航空機による飛行試験で十分な計測精度を確認。
- 大型基盤設備:
国産旅客機開発にも寄与する大型基盤設備の整備および供用を実施。
- 2m×2m遷音速風洞につき、主送風機の運転制御システムを更新
- 複合材多数本試験設備について、国産旅客機開発等で実施される大量の試験に対応できるように油圧アクチュエータを増設し、整備を完了した。
- 鳥衝突試験装置については、平成20年度10月整備完了・運用開始

以上より、各研究課題について、得られた成果は妥当であり、すべての目標を達成したと判断する。

数多くの成果を出しているのは分かるが、格別な成果による売りが、社会を意識した場合は弱い傾向である。各種計測を実施することにより、データが取得できたのは、企業側から見ても、データの相互チェックによる信頼性向上や、中立性の確保の上で、意味がある。開発テーマを低燃費や低騒音に絞ったこともマーケットニーズに合致していて良かった。VaRTMについては、コスト低減のポテンシャルがあり、今後の実際の生産に適用され、量産の中で実績を積み重ねてゆくことが期待される。なお、実機開発のほうは型式証明取得他多くの作業を残しているが、本課題で得られた成果の内、今後のこれらの作業に役立つ技術については、特に入念なフォローアップが望まれる。

(3) 今後の展望

本研究開発で培われた様々な知見について、次の全機開発の時点で有効に活用できるように、ノウハウ整理や知識伝承等も是非行ってもらいたい。

本課題については着実にその成果が実現され、目的は達成されたものと考えられる。本研究によって実現された成果は、今後の航空需要の動向によって大きく左右される。需要の量だけではなく、需要の質に対する分析を絶えず行い、それに適合するように各技術を組み合わせる必要がある。また国産旅客機に注目する技術であることの意義があまり強調されていないので、その点での配慮も必要であろう。

国産旅客機の開発においてアビオニクス技術の蓄積が無かったことは反省すべきであり、その原因は精査されるべきである。

NextGen、SESAR、およびCARATSの枠組みの下、新たな機能を持つ飛行管理装置や航法システムなど各種アビオニクスの需要が予測される。アビオニクスを国産化することによりその市場に一定のシェアを確保できる可能性がある。“次の機会”では是非それを開発に反映して欲しい。

今後の課題として如何にコスト効率良く製造可能にするかを引き続き研究して頂きたい。更なる耐空性向上も図るべきである。斬新的技術に関しては特許申請する。事業化に進むためのプロモーション計画とアフターケア整備のサポート体制・仕組にもしっかりと寄与して頂きたい。

第4期科学技術基本計画を受けた文部科学省の航空科学技術に関する研究開発の推進方策では、環境負荷低減に資する研究開発が示されており、世界最先端の低炭素社会の実現に向けて、環境・エネルギー技術の一層の革新を促す研究開発の推進が求められている。その中で具体的に、将来、増大する航空需要に対応する際に問題となることが予想される騒音問題を緩和するため、現行及び次世代の航空機の騒音低減に資する研究開発について推進して行く必要があるとされており、国産旅客機高性能化技術開発事業で獲得された各種低騒音デバイスに関する知見については、次期中期期間に実施する航空環境技術の研究開発プログラム中の「機体騒音低減技術の飛行実証(FQUROH)」の中のコア技術となり、飛行実証が計画されている。

国産旅客機高性能化技術研究開発事業は平成25年3月に終了したが、国産旅客機が耐空性証明を取得するところまでは、航空本部の重要課題と位置づけ、「国産旅客機開発支援事業」を立ち上げ、支援研究開発を実施する。

「クリーンエンジン技術の研究開発」の概要

1. 課題実施期間 平成16年度～24年度
 中間評価 平成20年8月、事後評価 平成25年6月

2. 研究開発の概要・目的

昨今、地球温暖化や航空機の環境規制が強化されている中で、我が国においては、環境適合型(低NO_x、低騒音、低CO₂)の国産エンジンの技術開発が進められている。

本研究開発では、航空エンジン技術の研究開発を通じて、我が国の航空エンジン産業が目指す高度なエンジン全機開発能力及び今後の環境基準強化に対応できる先進的エンジン環境技術を獲得し、その成果を産業界に移転することにより、わが国の航空エンジン産業の開発能力の確保、国際共同開発における地位向上に貢献することを目的とする。

具体的には、経産省・NEDOプロジェクト「環境適応型小型航空機用エンジンの研究開発(エコエンジンプロジェクト)」と連携をとりつつ、低NO_x燃焼技術、低騒音化技術、低CO₂技術等の高付加価値技術を開発し、それらを民間企業に技術移転するとともに、共同で技術実証を行う。

3. 研究開発の必要性等

【必要性】事業の順調な拡大が見込まれる国産航空エンジン開発や、国際共同開発における主導権の確保には、全機開発能力の向上、先進的な航空エンジン環境技術の獲得が必須。

【有効性】情勢に配慮しながら研究開発ロードマップ(下記)に基づき、個別の研究開発項目の進捗管理を行い、成果を創出した(例6.)

【効率性】関連省庁との調整の下、民間プロジェクト実施企業・大学等との共同研究で研究開発を促進させるとともに、既存の設備を改修することでコスト節減、工程短縮を図った

研究開発ロードマップ

年度	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	...
NEDO「環境適応型小型航空機用エンジン 研究開発」 事業化・シリーズ化→											
経産省 企業	要素技術開発		インテグレーション 技術開発			NO _x 排出量*1 -50%		低騒音化*1 -20dB		CO ₂ 排出量*2 -10%	
文科省 JAXA	差別化技術の開発・移転 大型設備の整備・供用		■ 低NO _x 燃焼技術 -80%			■ 低騒音化技術 -23dB		■ 低CO ₂ 技術 -15%			
	環状燃焼器	ターボファン	回轉要素	実エンジン環境材料評価							
					*1 対ICAO規制値		*2 対現状エンジン				
					ICAO: 国際民間航空機関						

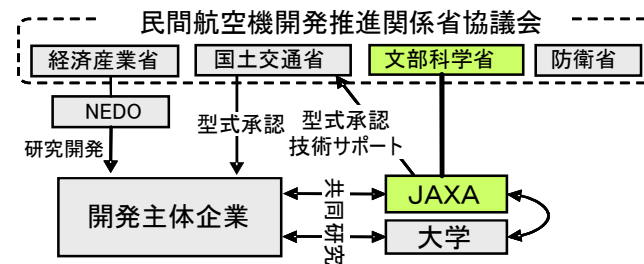
4. 予算の変遷

(億円)

年度	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	総額
予算額*	7.7	8.7	11.2	12.3	8.4	6.3	4.4	4.0	4.0	63.3
(内訳) 運営費交付金	7.7	5.7	4.2	12.3	8.4	6.3	4.4	4.0	4.0	53.2
施設整備費補助金	—	3.0	7.0	—	—	—	—	—	—	10.1

*研究開発費及び設備整備費の合計

5. 課題実施機関・体制



6. 主な成果

・低NO_x燃焼技術

JAXA独自の予混合2段燃焼方式を適用したマルチセクタ燃焼器を開発し、目標値(2004年度NO_x国際基準値の20%)を上回る世界最高の-82.2%を実証。この値は実機で最もNO_x排出の少ないGEnxの約4割減、研究では独国プロジェクトでロールス・ロイス社が開発した燃焼器の約3割減。



世界最高の低NO_x
 (国際基準値の-82.2%)
 を達成(要素試験)

予混合2段燃焼方式
 マルチセクタ燃焼器

低NO_x燃焼における成果

事後評価票

(平成25年6月現在)

5. 課題名 クリーンエンジン技術の研究開発

6. 評価結果

(1) 課題の達成状況

「必要性」

我が国の航空機産業は要素技術においては世界的に高い評価を得ているものの、航空機のライフサイクル全てをカバーするには至っておらず、今後成長が見込まれる航空機産業の更なる発展のため、市場投入を目指した航空機用国産エンジン開発が産学官連携の下で進められている。一方、航空機のエンジン開発は、昨今の地球温暖化や航空機に対する国際的な環境規制の強化といった時代の流れの中で、安全性や経済性はもとより環境にも配慮することが要求されてきており、成功のためには、低NO_x、低騒音、低CO₂化等の技術により国際競争力のあるエンジンとする必要があり、現在、エンジンのコールドセクション部分への参入が主体となっている点がみられるものの、将来的にはその技術を基礎としてコアセクションまで発展し、これらを研究開発し技術を産業界へ移転していくことが求められている。

また、国産エンジンの実現(つまりエンジン全機開発)を目指すために必要な重要な技術項目が本研究開発で取り上げられた項目以外にもありえると考えられ、その点では今後の活動が望まれる。

本研究開発は、JAXA が従来より行ってきた取組みに、産業界の取組みである(独)新エネルギー・産業技術研究開発機構(NEDO)の環境適応型小型航空機用エンジン研究開発(エコエンジンプロジェクト)の状況を踏まえ目標を共有し、近く強化される国際的な環境基準を満足しつつ国際競争力のあるエンジンを開発するための技術開発・支援を行ったものであり、その必要性については、「経済財政改革の基本方針(骨太の方針)2008」(閣議決定)によりその推進が掲げられている「環境エネルギー技術革新計画」(総合科学技術会議)の「低燃費航空機(低騒音)」、「第3期科学技術基本計画 分野別推進戦略(社会基盤分野)」(総合科学技術会議)における戦略重点科学技術「航空機・エンジンの全機インテグレーション技術」及び「航空科学技術に関する研究開発の推進方策について」(文部科学省 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会)における「航空機及びエンジンの全機インテグレーション技術の獲得に貢献する研究開発」にも示されている。

以上により、本研究開発は、国産エンジンの実現を目指す我が国の状況を踏まえ、かつ、国の方針に従って実施したものであり、研究開発期間中に燃料価格の変動などで、エンジン開発動向は多少変化したものの、環境規制への対応は依然として突破すべき大きな課題であり、必要性の観点から課題設定は妥当であった。

「有効性」

(イ) 目標・効果等

平成22年度までは、NEDO プロジェクトの目標と同じく、プロジェクト開始当時の ICAO (国際民間航空機関) 規制値に比べ NO_x 排出量-50%、低騒音化-20dB(機体/エンジン統合)を実現する先進エンジン要素技術を開発するとともに、当時のエンジンに比べ CO₂ 排出量-10%を達成する目標が設定されている。さらに、平成24年度までの目標として、NO_x 排出量-80%、低騒音化-23dB(機体/エンジン統合)、CO₂ 排出量-15%を達成する目標が設定されている。

また、本研究開発で獲得される技術は、エネルギー、環境といった分野にも関連する重要技術であり、さらにはものづくり技術を主導することも期待されることから、大きな波及効果も見込まれる。

具体的には、各環境性能技術開発を下記のように分化し、各項目について機構内の四半期ごと、年度ごとの進捗評価に関する管理が行われた。

以上により、各研究開発についてのNO_xや騒音低減の具体的な目標が適切に管理され、研究開発の進捗状況が適切であったことから、有効性の観点からは妥当である。

ただし、産業連携の面では今後努力する必要がある。本研究開発成果を生かした国際競争力のある航空機用国産エンジン開発の具体的なビジョンが未だ描けていない状況である事を十分認識し、次期中期計画では高環境適合新エンジン開発につなげるべきである。

「効率性」

(イ) 適切な役割分担による効率的な研究開発の実施

環境適応型小型航空機用エンジンの研究開発(エコエンジンプロジェクト)参加企業・機関等と連携し研究開発を実施しており、本研究開発の方向性(スケジュール、実施項目、設備整備等)については、関連省庁と「民間航空機開発推進関係省庁協議会」により適切に調整を行っている。

その方向性の下、研究開発の民間側の実施主体である(株)IHIなどと共同研究を実施し、高付加価値技術の移転、設計・開発支援を行った。

以上により、国産エンジンの開発メーカ、関係行政機関等との連携を適切に行った。

(ロ) ロードマップ

「第3期科学技術基本計画 分野別推進戦略(社会基盤分野)」に沿って、また、開発メーカと連絡調整を行いつつ、エコエンジンプロジェクトのスケジュール変更を踏まえ、適切に成果が反映されるロードマップを設定し、そ

の進行・進捗の確認についても JAXA 内部における評価等を含め、組織的に管理した。

(ハ)資金計画(戦略重点科学技術関連)

●平成16～24年度 63億円(うち、設備整備補助金10億円)

試験研究設備の整備にあたっては、優先度をつけて順次、整備を実施するとともに、極力、既存の設備を改修することにより、コスト低減と整備期間の短縮が実現された。

NEDO と民間開発メーカーにおいて、平成24年度までの間エコエンジンプロジェクトが実施された。この間、国産エンジン開発に関する官民の積極的な取組みに対し、JAXA は、先端技術の提供、施設整備等によって国産エンジン技術の研究開発を推進するとともに、独自の研究成果を上げた。

以上により、適切な役割分担による効率的な研究開発の実施、ロードマップ及び資金計画について、関係機関との連携、国産エンジン開発に関する我が国全体のスケジュールを踏まえた設定・管理がなされており、効率性の観点から妥当である。

評価結果

必要性、要素技術研究開発の有効性、効率性ともに妥当であり、適切な研究開発が設定されていた。それに基づき、(2)項に示す十分な成果が得られたことから、目標は達成されており、本研究開発は「終了」することが妥当であると判断する。

ただし、研究成果の社会への還元・国民への貢献という観点では、市場投入できるエンジン開発という課題が残っている事を認識し、将来の研究開発においてその使命に対応すべきである。

今後は、国産エンジンの実現のために、研究開発にとどまらず、国を挙げてのビジネスモデルの開発支援も期待される。

また、環境に対する配慮はエンジンに留まらず、航空機という全体のシステムに求められるものである。エンジンだけの最適化が航空機全体の最適化に一致するとは限らない。エンジンに関する制約が航空機全体の設計に影響を及ぼすこともあるので、そうした点までの配慮ができれば良いかと考えられる。

将来は持続性のある代替燃料の研究と代替燃料に対応できるエンジン技術も視野に入れた課題として発展させていきたい。

(2) 成果

(i) 低 NO_x 燃焼技術

平成 22 年度に NEDO のエコエンジンプロジェクトの目標(プロジェクト開始当時の NO_x 規制 ICAO CAEP4 基準値の 50%減)を共有し、燃焼器、燃料ノズル、燃焼器評価の各要素技術の固有課題に取り組むとともに、その成果を企業と共同で環状燃焼器の試験開発技術を確認する事とした。平成 24 年度は、上記目標を上回る、プロジェクト開始当時の NO_x 規制 ICAO CAEP4 基準値の 80%減を可能にする高付加価値燃焼技術を開発することを目標とした。

燃焼器技術については、平成 18 年度に開発した環状燃焼器について、エコエンジンプロジェクトの NO_x 等の排出削減目標(ICA0 CAEP4 基準の 50%減)を上回る世界最高レベルの技術(62%減)を実証し、要素技術において所期の目標を達成した。平成 20 年度からは、更なる NO_x 削減を目指して、JAXA 独自の技術である「2段予混合燃焼システム」を開発し、セクター燃焼器試験で世界最高となる ICAO CAEP4 基準の 82.2%減の成果を得た。燃料ノズル技術、噴霧計測技術については、高圧場(最高 1.0MPa)で燃料噴霧の観察・計測を可能とする試験装置のほか、世界初となる噴霧構造解析装置(商品化)、噴霧計測システム、及び排煙濃度測定装置を開発した。

(ii) 低騒音化技術

平成 22 年度に NEDO のエコエンジンプロジェクトの目標(プロジェクト開始当時の騒音規制 ICAO Chapter4 基準値の 20dB 減)を満足するため、騒音抑制デバイス、ファン騒音予測、音響計測評価の各要素技術の固有課題に取り組むとともに、企業と共同で騒音抑制装置の開発・試作エンジンでの実証、エンジン周辺環境に対応する音響計測技術の開発、CFD 解析によるファン騒音予測技術の開発・評価によりエコエンジンプロジェクトに貢献した。本研究では、上記目標を上回る、ICA0 Chapter4 基準値の 23dB 減を可能とする技術を開発することを目標とした。

騒音抑制デバイスについてはメーカーと共同でノッチノズルを、JAXA 独自ではネイル形式を研究し、騒音低減効果としてエンジンバイパス比 6.6～6.8 において-23.1～-23.8dB を実証した。騒音評価技術については、音源探査として画像処理による位置検出法を実証し、通信距離・操作性を向上させた遠隔計測の試作器を完成させ、また音源の飛行効果を定量的に算定するため、実機搭載のエンジン排気計測、地上騒音試験、飛行騒音試験を実施し、ファン騒音予測も併せて目標エンジン搭載機体の飛行時騒音低減効果を予測するプログラムを開発した。ファン騒音予測技術の開発については、ファンから発生する騒音のエンジンダクト内伝播について CFD 数値解析の有効性を確認し、平成 20 年度からは、ファン動翼と静翼の干渉騒音の発生、ファンダクト内の伝播解析、エンジン外へ放出される騒音の予測技術を確認し、静翼を周方向に傾けたリーン静翼の騒音低減効果を予測した。

(iii) 低 CO₂ 技術

平成 22 年度に NEDO のエコエンジンプロジェクトの目標(プロジェクト開始当時のエンジン CO₂ 排出量レベルの 10%減)を満足する低 CO₂ 技術を開発するために、タービン冷却性能向上、材料適用評価、ファン・圧縮機効率向上、ナセル抵抗低減、エンジン制御の各要素技術の固有課題に取り組むとともに、企業と共同でタービン冷却構造の開発・性能評価、エンジン部品の実環境耐久性評価、回転要素作動特性評価技術の確立、ナセル統合解析技術の開発・評価を行った。平成 24 年度は、上記目標を上回る、プロジェクト開始当時のエンジン CO₂ 排出量レベルの 15%減を満足する低 CO₂ 技術を開発することを目標とした。

タービン冷却性能向上技術の開発については、平成 18 年度までに実施してきた複合冷却構造の研究を進展させ、製造可能性を考慮した形状についてメーカーと共同で試験研究を実施するとともに、流体・熱伝導連成解析について重合格子を利用するためのツールを開発し、多段傾斜インピンジメント方式による冷却促進技術などで 20%のタービン冷却空気流量の削減を可能にした。

材料適用評価技術の開発については、平成 18 年度に完成させた加熱冷却サイクル試験装置を使用してタービ

ン翼用の耐熱超合金の試験、比較評価を実施し、さらに試験装置に引張応力を加える機能を追加し、応力下での単結晶材料の結晶構造の変化を解明した。軽量化のための圧縮機ケースの複合材化に関し、耐熱 FRP 製のモデル圧縮機ケースの成形性及び従来比 50%減の軽量化が可能であることを確認した。

ナセル抵抗低減技術については、ナセルに低騒音ミキサを取り付けた CFD 解析によりミキサの効果を確認し、またファン動翼からパイロンを含めたバイパスダクト全周流れ解析を実施し、パイロン形状の変更等により損失低減を行った。

エンジン制御技術の開発については、平成 20 年度からは実商用エンジンへの適用を目指し、既存の国産エンジンでの実証を行い、モデルベース制御、他変数制御、性能最適化制御を実現した。また独自にエンジン設計・解析ツール AVJE(Advanced Virtual Jet)を開発し、本研究開発における低 NOx、低騒音、低 CO2 の目標値を同時に満足することを確認した。

ファンの高負荷化技術の開発については、ファンの性能向上のため、従来より枚数が少なく回転数の低い、空力的負荷の高いファンを設計し、回転翼列試験設備で圧力比と効率を従来レベルに保ち、流量を 4.5%増加させることに成功した。

標記要素研究の実績を踏まえた CO2 排出量は-17.1%となり、-15%の削減目標を満足した。

(iv) 試験設備

国産エンジン開発のための試験設備の整備および供用を行った。

- (a) 高温高圧燃焼試験設備の整備(平成 16-17 年度)
- (b) 環状燃焼器試験設備の整備(平成 17-18 年度) (設備整備補助金)
- (c) 地上エンジン運転試験設備の整備(平成 18-19 年度)
- (d) 回転要素試験設備の整備(平成 19-20 年度)
- (e) 実エンジン環境材料評価試験設備の整備(平成 20-21 年度)

波及効果としては、研究開発期間中に開始された、小型旅客機用エンジンの国際共同開発に関連し、新形式のギヤードファン低圧系の流れ解析の実施、さらに将来の性能向上の鍵となる複合材製ファン動翼の回転翼列試験を企業とともに実施した。

「成果」については、個々の要素技術研究開発に関しては当初の目標を達成し、必要な成果が挙げられたと判断されるが、結果的には具体的なエンジン開発をめざした研究開発とはならなかったために、個々に開発された技術が実機エンジンにインテグレートされたときのことを考えると、個々の技術が本課題で達成されたレベルの性能を発揮できるかといった面での検討も行う必要があると思われる。

研究成果を適切に客観的に評価するためには少なくとも海外での研究開発との比較が不可欠である。したがって、研究開発の目標設定方針および研究成果の評価方法においては課題が残る。

(3) 今後の展望

燃料費の高騰と世界的な環境保護への関心は高く、研究期間中にも、ICAO の排気ガス規制、騒音規制は強化されている。さらに、地球温暖化防止のため巡航中の CO2 排出量の規制、排気中の粒子状物質の規制が加わる見通しである。

本件は国際規格に直接関連する課題であり、我が国でも産官学連携のもと国際規格の制定にこれまで取り組んできている。JAXA は今後更なる積極的且つ主体的な参画が求められる。

市場では、小型航空機用エンジンにとどまらず、多くの新エンジンの開発、改良が活発に行われており、わが国がエンジン国際共同開発でさらに重要な地位を獲得し、分担する技術、製造分野を拡張させるためにも、本研究開発で培われた技術は、さらに磨きをかけて個別の開発案件に適用されていくとともに、世界的に優位性のある技術として発展していくことが予想される。

独法の事務・事業の見直しの基本方針(H22 年 12 月閣議決定)において、JAXA の航空機技術開発事業は、安全・環境に重点化されることとなり、第 4 期科学技術基本計画(H23 年 8 月閣議決定)においても高効率輸送機器(航空機等)の開発推進が示されている。今後は、低圧系に関して、ファン、タービンの複合材化が必須の技術となるとともに、低燃費、低騒音化のため、小型エンジンに対しても超高バイパス比の要求が高まるものと予想され、小型で高温高圧のコアエンジン技術、エンジン低騒音化の研究開発が求められている。

また、個々のエンジン要素技術だけでなく、開発研究成果を統合・活用した国際競争力のある航空機用エンジン開発の道筋を築いていくことが肝要であり、必須である。

エンジン開発に必須ではあるが本課題で取り上げられなかった技術がもしあれば、それらについても重点的に研究開発を行っていくことが必要である。

「運航安全・環境保全技術の研究開発」の概要

1. 課題実施期間 平成16年度～24年度

中間評価 平成20年8月、事後評価 平成25年6月

2. 研究開発の概要・目的

事故防止技術

- ① 国内運航会社と連携して『ヒューマンファクタ安全向上ツール』を開発し、その普及を図ることで、航空機の運航安全へ寄与する。
- ② 運航会社や航空機開発メーカーからの要請に基づきライダー（光を利用する遠方の風速測定装置）及び乱気流警報システムを開発し、増加する乱気流事故の予防・抑制に貢献する。

3. 研究開発の必要性等

事故防止技術

20年後には機体数、運航数とも2倍に増加すると予測されており、さらなる事故率の低減を図るための研究開発が必要である。そのため航空機の事故防止技術の研究開発は社会的な要請が強く、国が関与し、積極的に進めていかなければならない。

※有効性については下記ロードマップ及び6.、効率性については右記4. 及び5. 参照

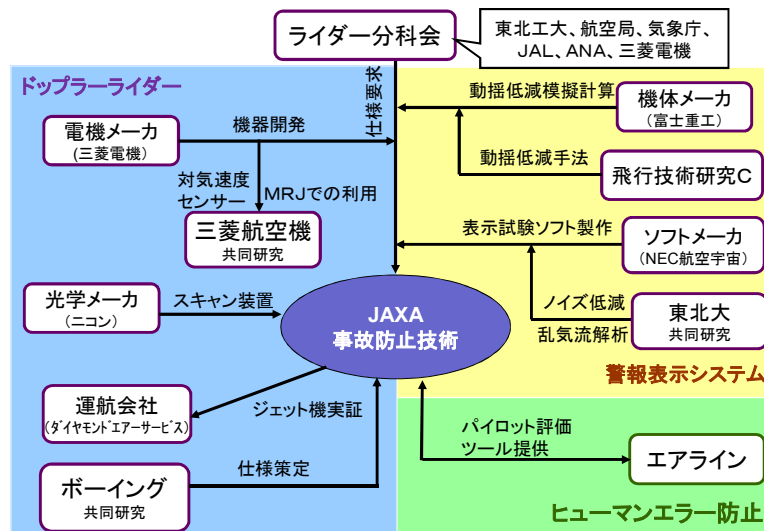
研究開発ロードマップ

年度	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
事故防止技術	運航者 運航会社 (JAL、ANAほか)、航空局 海上自衛隊 海上保安庁 航空大学校								
	文科省 ■ 日常運航再生ツール開発 → 実運用評価/支援、改良 ■ 乗員行動計測ツール開発 → 実運用評価/支援、改良 JAXA ■ 3NM級ライダー開発、飛行実証 → ■ 5NM級ライダー開発、飛行実証 ■ 警告表示装置開発 → 商用機による飛行実証								

4. 予算の変遷

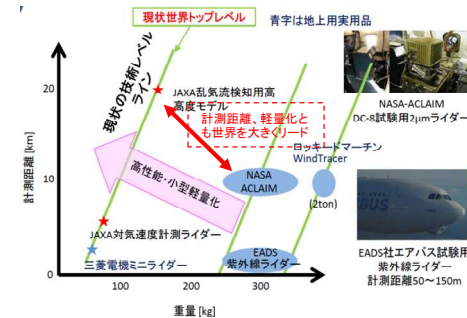
年度	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	総額
予算額	2.1	2.1	2.7	2.7	3.1	3.1	3.1	3.6	3.6	26.0
(内訳)運営費交付金	2.1	2.1	2.7	2.7	3.1	3.1	3.1	3.6	3.6	26.0

5. 課題実施機関・体制



6. 主な成果

- ① ライダーの光アンブ増強、光学系の損失抑制を行い、飛行実証により高高度(32,000ft±3,500ft)において観測レンジ10km以上を確認した。これにより、約40秒前に乱気流突入を予測するライダー技術を確認し、乱気流事故防止システム(70%事故削減が目標)の実用化が可能となった。ボーイングから「飛行安全に貢献する」と高い評価を受けている。
- ② 日常運航再生ツール(エアライン等において安全維持活動の一環として必要な日常の飛行をレビューするためのツール)を開発し、運航会社7社においてFOQA(運航品質向上活動)に日常的に使用され、ヒューマンエラー防止に役立っている。



事後評価票

(平成25年6月現在)

7. 課題名 運航安全・環境保全技術の研究開発

8. 評価結果

(1) 課題の達成状況 ※達成度の判定とその決定根拠を明確にする

「必要性」

航空機による輸送量は今後も増加が見込まれるなか、さらなる事故率の低減を図るための研究開発が必要とされている。そのため航空機の事故防止技術の研究開発は社会的な要請が強く、国が関与し、積極的に進めていかなければならない。

ヒューマンエラーの防止は航空安全の確保において大きな課題となっており、ICAO(国際民間航空機関)、航空局、運航会社等から、その対応を含む事故防止技術の実現が求められている。

また、国内航空会社の事故の半数以上は、乱気流による乗員、乗客の負傷によるものである。このため機上のライダー(光を利用する遠方の風速測定装置)を利用した乱気流検知装置の実現が航空局、運航会社等から強く求められている。ライダーの開発に当たっては技術移転によりアビオニクス(航空用電子機器)産業の育成への寄与も期待できる。

上記のように、本研究開発は、航空事故の防止の社会的な要請を踏まえ、関係する要素技術等の研究開発を行うものであり、その必要性については、「第3期科学技術基本計画分野別推進戦略(社会基盤分野)」(総合科学技術会議)における戦略重点科学技術「交通・輸送システムの安全性・信頼性の向上」及び「航空科学技術に関する研究開発の推進方策について」(文部科学省科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会)における「安全・高効率運航技術の研究開発」にも示されていた。

本課題点検報告は、平成16年に開始され、平成20年に中間評価が行われた「運航安全・環境保全技術の研究開発」に掲げられた2つの研究開発項目のうち「事故防止技術」に絞ってのその後の展開について論じたものである。2つの研究課題は将来の航空運航の安全にとって非常に重要であるので、それぞれを独立させることが望ましいと判断された。もう片方の独立課題については、資料40-4-3 中間自己点検票を参照)。本紙で報告される事故防止技術のなかで、乱気流検知装置開発は進捗が特に順調で、技術的にも産業的にもより良い成果につながる課題として、研究開発の過程でその重要性の認識が高まっていった。

以上により、必要性の観点から本課題設定と課題分割は妥当であったと判断する。

なお、ヒューマンエラーの防止、乱気流検知のライダーともに、運航会社から利用者個人までニーズが明確で、研究成果の浸透もしやすく、一方で1メーカーが手がけるには多様な技術が必要とされるため、JAXAを中心としたプロジェクトに最適な例である。JAXAの成果アピールに今後、大いに活用すべきである。

「有効性」

(イ) 目標・効果等

本研究開発では、

- ① 内運航会社と連携して JAXA の最新のヒューマンエラー防止技術の研究成果を取り入れた『ヒューマンファクタ安全向上ツール』を開発し、その普及を図ることで、航空機の運航安全へ寄与する。
- ② 運航会社や航空機開発メーカーからの要請に基づき、高々度で5海里(約9キロメートル)の有効レンジを持つライダー(光を利用する遠方の風速測定装置)及び乱気流警報システムを開発し、その普及を図ることにより、増加する乱気流事故の予防・抑制に貢献する。

との目標を設定した。

これは、全損事故の主要因であるヒューマンエラーの削減、ICAO の運航会社に対する運航安全管理基準の強化等、また、我が国の旅客機の航空事故の約5割は乱気流が主要因で、定時性・就航率にも乱気流を始めとする気象の影響が大きい現状を踏まえ、有効かつ効果的に設定されていたと判断する。

これら目標設定に対し、ヒューマンエラー関係で各種ツールの開発とそれらの普及をはかる努力が多くなされたこと、またライダー技術についても実用に近いところまで開発が進められたこともあり、有効性が認められる。

「効率性」

(イ) 適切な役割分担による効率的な研究開発の実施

ヒューマンファクタ安全向上ツールの開発には、現場での経験豊富な日本航空、全日空をはじめとする国内の運航会社の技術協力を得た。成果の普及は、運航会社の他、国土交通省航空局飛行検査部門、海上自衛隊航空部隊、海上保安庁、航空大学校など公的機関へも実施して効率的に進めた。

ライダー及び乱気流警報システムの開発には、まず、東北工大、航空局、気象庁、日本航空、全日空、三菱電機の産学官の代表からなる研究会を設置し、開発仕様を検証している。これに基づき、ライダーの開発は、電子機器開発を三菱電機、光学系開発をニコンが実施し、それぞれ得意技術を活かした効率的な開発体制を構築している。ボーイング社は共同研究で将来の実用品の開発仕様の策定に協力している。一方、乱気流警報システムは、そのアルゴリズム開発でJAXA制御グループと東北大と協力し、製造に富士重工、NEC航空宇宙システムに委託する効率的な開発体制とした。

以上により、本研究開発では、ユーザーとなる国内の運航会社、航空機を使用する行政機関のニーズを的確に取り入れ、また開発においては、研究機関との連携を適切に行って仕様(アルゴリズム)を決めた上で、製造を産業界と共同で実施しており、本研究開発の実施体制は妥当であったと判断する。

(ロ)ロードマップ

・平成 24 年度

ヒューマンファクタ安全向上ツール:実運用評価/支援、改良

ライダー及び乱気流警報システム:商用機(小型ジェット機)による高高度飛行実証

「第 3 期科学技術基本計画分野別推進戦略(社会基盤分野)」に沿って、また、ユーザーである運航会社とも連絡調整を行いつつ、適切に成果が反映されるロードマップを設定し、その進行・進捗の確認についても産学官の代表からなる研究会による評価、JAXA 内部における評価等を含め、組織的に管理されてきており、妥当であったと判断する。

(ハ)資金計画

・平成 16～20 年度:12.7 億円

・平成 21～24 年度:13.4 億円

・総額(平成 24 年度まで):26.0 億円

欧米においても航空機の安全技術に関する取り組みは加速しており、研究開発に多額の投資がなされている。例えば、NASA では、Aviation Safety Program(航空安全プログラム)としてさらに広い研究課題に対してではあるが、2012 年度に総額 80.1 百万ドル(約 80 億円)の投資がなされている。本研究開発の総予算規模については、とくに JAXA が達成したライダー技術で世界唯一の成果等に鑑みると、資金計画は妥当であったと判断する。

以上により、適切な役割分担による効率的な研究開発の実施、ロードマップ及び資金計画について、関係機関との連携、ユーザーのニーズ等を踏まえた設定・管理がなされており、効率性の観点から妥当であると判断する。

本課題は安全に直結するものであり、国民の関心も高く、意義のある研究である。それらはその趣旨にのっとり、着実に成果を上げ、完了したものであると評価できる。

実施体制については、本研究課題に続く今後の研究開発においても維持されるとともに有効に活用されることが望まれる。

実用化・商業化のためにはこれらの研究成果ができるだけ低コストで実現する必要があるが、その点での可能性について今後検討していくべきである。

評価結果

必要性、有効性、効率性ともに妥当であり、適切な研究開発計画が設定されていた。これに基づき、(2)項に示す十分な成果と有意義な波及効果が得られたことから、本研究開発は「終了」することが妥当であると判断する。

(2) 成果

【ヒューマンエラーの防止】

ICAO の運航者に対する運航安全管理基準の強化等を踏まえ、国内運航者と連携して JAXA の最新のヒューマンエラー防止技術の研究成果を取り入れた『ヒューマンファクタ安全向上ツール』を開発し、その普及を図ることで、航空機の運航安全へ寄与する、との目標を設定した。

これに対して、

- ① 日常運航再生ツール(エアライン等において安全維持活動の一環として必要な日常の飛行をレビューするためのツール)を開発し、運航会社において FOQA(運航品質向上活動)に日常的に使用され、ヒューマンエラー防止に役立っている。我が国の航空会社で本ツールを導入しているのは、全日空、エアー・ジャパンを始め、7航空会社に達しており、ボーイング 787 に対応させるなど運航会社から改善提案に対する対応にも的確に実施した。
- ② 乗員行動計測ツール(パイロットの判断やチームワーク、コミュニケーションなどの技量や行動を評価する際に、評価者間のばらつきが少なくなるような評価ツール)を開発し、海上自衛隊、海上保安庁、航空大学校など一般の運航会社とは異なるパイロット訓練が必要とされる場での訓練方針立案および教材開発の基盤づくりに活かされた。
- ③ 運航手順解析ツール(航空機の通常運航で記録される機器や飛行状態のデータからパイロットの行動を再構築するツール)を開発し、LOSA(通常運航安全監査)における監査員の補助ツールとしての利用性を日本航空と協力して検証した。

の成果を得ており、目標設定に対して十分な成果が得られた。

今日の安全は人のノウハウにより達成されている。ノウハウの維持のためには継続的な人材育成が不可欠であり、ノウハウの訓練と維持を目的としたツールを開発することには意義がある。平成 24 年度に実運用評価、支援および改良まで完了していることは評価できる。

また、ヒューマンエラー防止のツールが7航空会社に達していることは誇るべきことである。乗員行動計測ツールは、パイロット訓練が必要な公的機関に活用されているとのことも、ユニークな展開となっている。

さらに、成果については、具体的な効果を示していくことが望まれる。

一方、この分野はグローバルに進んでおり、日本だけが独自の路線を進むことに危惧する。ICAO、IATA のような場に出て行き成果を示していくことが肝要と考える。

【乱気流検知装置の実現】

我が国の旅客機の航空事故の約 5 割は乱気流が主要因である現状を踏まえ、運航会社や開発メーカーからの要請に基づき、高々度で 5 海里(約 9 キロメートル)の有効レンジを持つライダー及び乱気流警報システムを開発し、その普及を図ることにより、増加する乱気流事故の予防・抑制に貢献する、との目標を設定した。これに対して、

- ① ライダーの光アンプ増強、光学系の損失抑制を行い、飛行実証により高高度(32,000ft±3,500ft)において観測レンジ 10 キロメートル以上を確認し、エアロゾル(大気中の微粒子)が少なく乱気流検知の困難な高高度において世界最高である目標値(5 海里)を上回る成果を達成した。これにより、約 40 秒前に乱気流突入を予測するライダー技術の確立し乱気流事故防止システム(70%事故削減が目標)の実用化が可能となった。ボーイング社から「飛行安全に貢献する」と高い評価を得ている。
- ② 乱気流警報システムのデータ処理における乱気流指標を開発し、晴天乱気流検知のスレツスコア 0.8(目標値: 0.8 以上)を達成した。スレツスコアは、まれに起きる事象を見逃さず、誤らず予測的中させる確率であり、例えば現時点の技術水準では、3 時間後降水予測のスレツスコアは 0.3 程度に過ぎず(気象庁発表資料による)、0.8 の実績は非常に高度な技術であると言える。ライダーによる飛行中の観測情報を用いた晴天時の乱気流検知技術の実証は世界初である。
- ③ ボーイングとの共同研究において、実用までのライダーの主要仕様を確定し、本仕様に基づく概念設計結果を得た。これにより、ライダー装置を核とする乱気流事故防止システムの実用化計画が具体化できることになった。ボーイングとの共同研究を行ったことによって JAXA の研究成果が将来ボーイング機に採用される可能性があるが、このことはボーイング機を多く利用する我が国の航空利用者の安全向上に直接寄与するものである。また、三菱航空機の MRJ 試験機に、飛行試験用として短距離モデルのライダー実用品を販売、搭載した。

の成果を得ており、目標設定に対して十分な成果が得られた。

今後は、このセンシング情報に対して、なんらかのフィードバック制御によるアクションや振動に対するアクティブサプレッション等が出来ると思う。

ライダー技術の実現については航空会社も大きな期待を持っている。国家戦略の一部として推進して頂きたい。

以上より、研究開発を順調に進め、得られた成果は妥当であり、すべての目標を達成し更に、社会貢献度の高い波及効果が得られたことは、高く評価されるべきと判断する。

今後、ヒューマンエラーの防止ツールについては、国内運航者のみならず国際的にも活用されることを模索していただきたい。

(3) 今後の展望

第4期科学技術基本計画では「安全かつ安心で質の高い国民生活の実現」を、またこれを受けた文部科学省の航空科学技術に関する研究開発の推進方策では災害時を含めた運航の安全および機体の安全確保に資する研究開発が示されている。

本研究開発で得られた世界最高性能のライダー技術は、乱気流事項防止システムとして実用システム研究に発展させ、安全運航に責任を持つ運航会社、航空局が早急な対策をする必要のある乱気流事故防止に活用すべきである。

また、ライダーで5マイル先の乱気流検知ができ、先行機の後方乱気流検知も可能となる。これは将来セパレーションの短縮を実現する次世代運航システムのキー技術として発展させていくことも考えうる。

一方、本課題に一部関連する事項として、国産ジェット旅客機の開発を通じて機体のインテグレーション技術を獲得しようとしている状況の中、装備品関係ではその多くを海外の専門企業が独占しているままである。今後、装備品まで含めた航空機システムを我が国において全て開発するためには、このような面からも JAXA 内での検討が必要とされる。

機上ライダーはあくまでも装備品の一つに過ぎず、これだけでは装備品の我が国のシェア拡大へ大きな効果があるとは考えにくい。現在までの研究開発体制では、装備品の研究開発が「目的」ごとに小さな単位で行われているようである。装備品は本来は航空本部全体として取り組むべき重要な技術分野と考えられる。

本研究成果をいかに実機に適用することができるか、そのために更なる研究開発が必要か、その際 JAXA は何ができるか(飛行実証、標準規格等)の検討が必要である。

なお、今後は、本成果については、外国の航空会社にも情報提供を進めてもらいたい。安全性にかかわるものだけに、世界へ日本が貢献することの効果、存在感アップ、PR効果などは大きいはずである。

また、東日本大震災で救援航空機が大きな活躍をした。しかし、情報共有、広域連携、など明らかになった課題もあり、人(被災者)と航空機(救援インフラ)をつなぐ情報の流れをスムーズにすることが重要である。ヒューマンファクタ技術は、単に航空機の事故防止に留まることなく、社会の安心を確保するための要素技術とも言え、基礎・基盤的に研究を続け、本分野における人材の育成、確保に努めるべきである。

今後はツールの費用対効果の精査が必要となる。今後の展望に関しては、「基礎・基盤的な研究」の成果は具体的に何に应用するのか、それを明らかにした上で検討する必要がある。

なお、「運航安全」や「環境保全」は航空分野においてはどの技術分野においても当然のように求められている。したがって、これらを研究課題名とすることに違和感があるので、今後の研究開発課題の立ち上げの際、検討すべきである。