

「航空機用先進システム実用化プロジェクト①～⑦」

事後評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
評価概要（案）	2
評点結果	5

はじめに

本書は、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき研究評価委員会において設置された「航空機用先進システム実用化プロジェクト①～⑦」（事後評価）の研究評価委員会分科会（2019年11月10日）において策定した評価報告書（案）の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第33条の規定に基づき、第64回研究評価委員会（2021年3月1日）にて、その評価結果について報告するものである。

2021年3月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会「航空機用先進システム実用化プロジェクト①～⑦」分科会（事後評価）

分科会長 浅井 圭介

「航空機用先進システム実用化プロジェクト①～⑦」

(事後評価)

分科会委員名簿

(2020年11月現在)

敬称略、五十音順

	氏名	所属、役職
分科 会長	あさい けいすけ 浅井 圭介	東北大学大学院工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授
分科 会長 代理	きむら しげお 木村 茂雄	神奈川工科大学 工学部 機械工学科 教授
委員	いわた かくや 岩田 拓也	産業技術総合研究所 フィールドロボティクス研究グループ主任研究員
	たむら たえ 田村 多恵	みずほ銀行 産業調査部 自動車・機械チーム 参事役
	どい まさよし 土井 正好	大阪産業大学 工学部 機械工学科 教授
	にしざわ あきら 西沢 啓	宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 航空技術部門 次世代航空イノベーションハブ エミッションフリー航空機技術チーム長
	にしわき まさる 西脇 賢	全日本空輸株式会社 整備センター e. TPS イノベーション推進室 専門部長

「航空機用先進システム実用化プロジェクト①～⑦」（事後評価）

評価概要（案）

1. 総合評価

社会が「低炭素社会」・「デジタル化」に大きく舵を切った今、航空機システムの電動化とデジタル化は時代の趨勢であり、そのための装備品の研究開発を目指した本事業の価値は今後益々高まるものと期待される。同時に、研究開発に際しては、高いレベルでの研究開発であること故に、公的な資金援助が不可避であり、NEDO の関与は妥当と判断する。また、本プロジェクト終了後にも事業化に向けた明確な計画のもと、開発を継続する企業も多々あり、実用化・事業化に向けた取り組みと評価できる。2017 年の中間評価時はまだ具体的なデザインやコンセプトに曖昧な部分が残っていたのに対し、今回の事後評価にて報告を受けた各プロジェクトの到達点は、実用化に近いプロジェクトも含め、目覚ましい進捗だと評価する。

その一方で、実用化に際しては、いずれの研究項目において、開発品に関する認証取得が不可避と考える。必要となる認証（手続きを含め）等の明確な理解、およびそれに必要となる体制の構築、人材育成が今後も研究の一部として扱われることが望ましい。

今後については、新型コロナウイルスによるこの空白期を本事業の成果の製品化・事業化に有効活用して、NEDO に留まらず他機関そしてオールジャパン意識を共有できる複数社が参加した航空機システム開発が継続発展されることを期待する。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

航空機産業における日本の国際競争力は欧米に圧倒されてきたが、民生品で磨かれた我が国の技術を活用し航空装備品メーカーへの参入を目指すという本事業の目的は、航空装備品の価値が機体やエンジンと比べても相対的に高くなっている現状においては、産業振興の観点で妥当かつタイムリーなものである。特に、航空機システムは、開発フェーズが長く、売上計上までに相応の期間を要することから、民間企業単独では研究開発が滞る恐れがあり、NEDO の関与が必要とされる事業である。また、研究開発項目は、2020 年代以降の実用化を目指した比較的現実的な項目が抽出されており、事業者はそれぞれの得意分野に基づいて網羅的にかつ適切に選ばれていて、本プロジェクトの目的に合致したものとなっている。

その一方で、本事業の目標は世界市場で通用する製品開発にあり、当該事業を実施することによりもたらされると期待される効果は、投じた研究開発費との比較において十分であるかという観点からも検討が必要ではないかと考える。

2. 2 研究開発マネジメントについて

どの研究開発目標も現在開発が必要とされている技術であり、プロトタイプ製作による実証を目標にしたことは、技術成熟度向上をアピールする上で有効であり妥当であったと考えられる。また、各事業者がそれぞれ先進性の高い技術を獲得していることに加えて、研究開発のスケジュール、実施体制、進捗管理、知的財産に関する対応は明確である。特に、中間評価後に一部研究開発項目の中止を決めたことは、目標達成の見込みがないとの判断から速やかに研究を打ち切るという適切な対応であったと評価したい。さらに、認証取得や開発プロセスのスタディを目標の一部として設定する等、中間評価の提言を反映したものとなっている点も評価できる。

その一方で、要求項目が事業毎に異なるため統一的な取り扱いは難しいと思われるが、世界の競合他社と比べて、数値的に高いところを目指すのか、あるいはまだ世の中になく技術を作ろうとしているのか明記されていない研究開発テーマもあるため、目標の設定根拠を公開可能な範囲で記載した方が良いと考えられる。

今後については、モジュールやサブシステムなど、将来より上位のシステムの製品化を目指すために、各事業者がそれらのより高度で複雑な認証プロセスの重要性を理解し、装備品としての耐環境性や最低性能基準への適合等、航空機搭載のための認証にも関与することが必要だと考える。

2. 3 研究開発成果について

各事業者がプロトタイプ設計製作、その性能の実証評価、そして認証取得準備に取り組み、それぞれの開発品に対して認定や製品化につながる成果を得ている。特に、いくつかの研究開発においては世界初であったり、世界最高水準に達していたりと極めて意義の高い成果が達成されている。さらに、認証に至る過程を着実に経ている研究もあり、高く評価したい。全体的には、一部で最終目標を達成できていない項目があるものの、達成できなかった原因、課題、今後の対応が明確にされており研究開発成果として評価できる。

その一方で、目標設定が曖昧で、本プロジェクトの目標ではない高度技術が説明に盛り込まれるなど、成果と実像がつかみにくい研究開発項目もみられたので、成果目標をできるだけ定量化することが望ましいと考える。

今後については、それぞれの分野においてTRLなどの評価基準を予め設定することで、達成度評価の客観性をより高めることが可能と考える。

2. 4 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

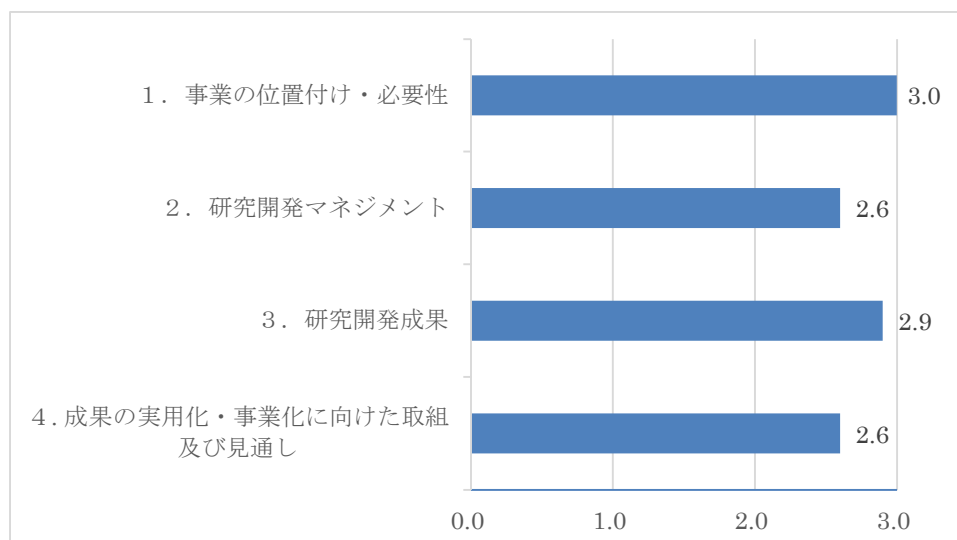
研究の対象により、実用化・事業化に向けた具体的取組の程度が異なることは否めないが、タイムラインを明確にするなど、それぞれの事業に応じた適切な取組がなされている。特に、各研究開発テーマにおいて、他国との共同研究や航空機メーカー等との協力関係を利用して、プロジェクトを推進していることは、確実な実用化・事業化の達成、認証取得ノウハウの蓄積等の観点で、妥当なアプローチである。さらに、本プロジェクト終了

後も事業化に向けてパートナーとの連携を継続していく計画のものもあり、事業化に向けた方針が示されていて評価できる。

その一方で、成果の実用化・事業化の見通しについては若干抽象的な記述であると感じる部分もあり、実用化・事業化への責任意識を再委託先を含む全事業者で高めていただき、アウトカム目標を達成するように努めてほしい。

今後については、将来の実用化・事業化に向けて各テーマを束ねるような取組の促進を含む、多様な可能性を合わせて検討していただくとともに、本事業の成果を最大限に活用できるよう、フォローアップの期間も海外の動向を追跡調査し情勢把握に努めて欲しい。

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	A	A	A	A	A	B	B
1. 事業の位置付け・必要性	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメント	2.6	A	A	A	A	B	B	B	B
3. 研究開発成果	2.9	A	A	A	B	A	A	A	A
4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し	2.6	A	A	B	A	A	B	B	B

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。

〈判定基準〉

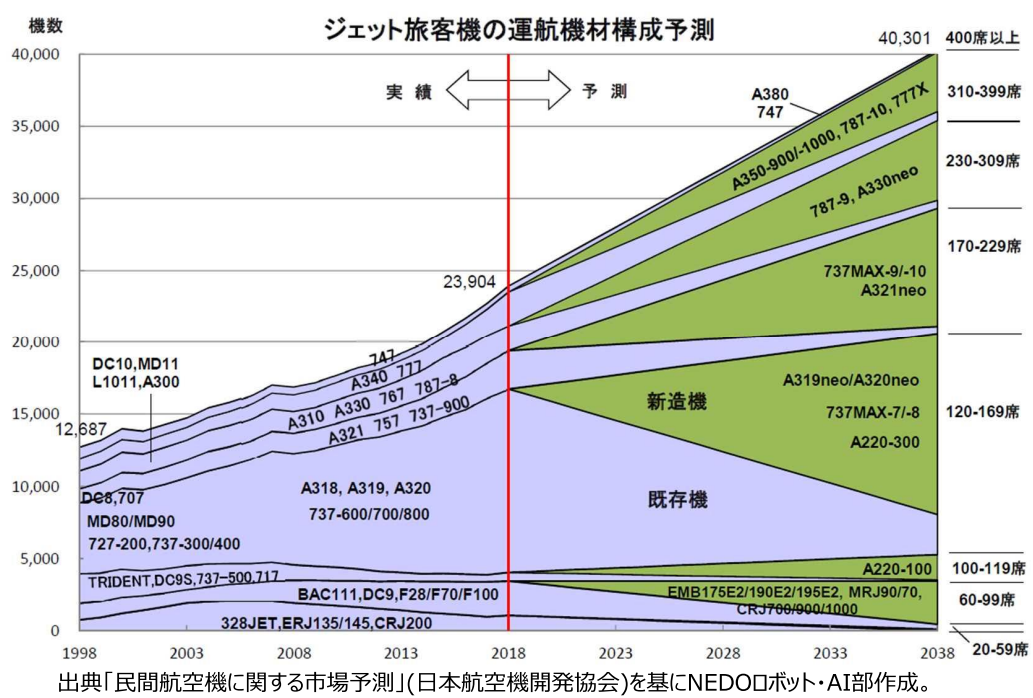
- | | |
|--------------------|------------------------------|
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3. 研究開発成果について |
| ・非常に重要 →A | ・非常によい →A |
| ・重要 →B | ・よい →B |
| ・概ね妥当 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・妥当性がない、又は失われた →D | ・妥当とはいえない →D |
| 2. 研究開発マネジメントについて | 4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて |
| ・非常によい →A | ・明確 →A |
| ・よい →B | ・妥当 →B |
| ・概ね適切 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・適切とはいえない →D | ・見通しが不明 →D |

1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性 (1/5)

◆事業実施の背景と事業の目的

背景

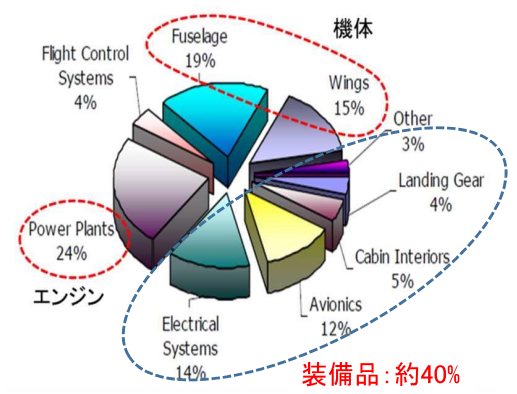
- 航空機産業は、最先端の技術が適用される典型的な研究開発集約型の産業、かつ極めて広い裾野を有する総合産業である。
- 旅客需要は世界的に大きく伸び、**今後20年で約2倍**になることが想定されている。



1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性 (2/5)

航空機装備品への期待

- 航空機システムは、航空機の機体構造(胴体及び翼など)及びエンジン本体を除いた機器類を指し、操縦系、機体制御系、油圧系、燃料系など非常に多岐に及び、**航空機価値の約40%を占める。**
- 日本の航空機システムメーカーは、**官需(防衛市場)で技術力を培ってきた部分が多く**、今後は民間航空機分野での新たな市場開拓が期待される。
- 航空機システムは、MRO(※)ビジネスの観点から、機体そのもの比べて**アフターマーケットでの継続的な収益が期待**できる。

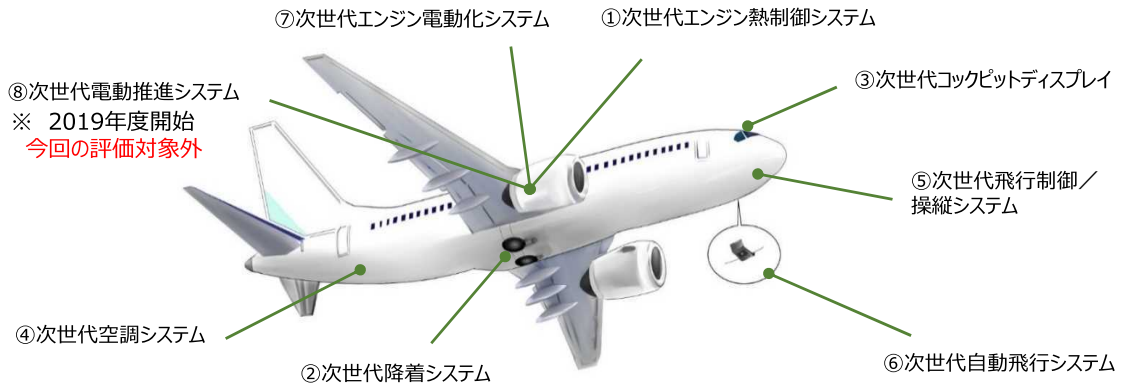


※MRO: Maintenance, Repair and Overhaul

2020年代半ば以降に市場投入予定の次世代航空機は、さらなる**安全性・環境適合性・経済性**が求められている。
そのため、これらのニーズに対応した航空機用先進システムを開発し、我が国の技術が次世代航空機に早期に導入可能な体制を構築しておく必要がある。



本プロジェクトの目的：
航空機の安全性・環境適合性・経済性といった社会のニーズに対応した、軽量・低コストかつ安全性の高い先進的な航空機用システムを開発する。



航空機用先進システム実用化プロジェクトの研究開発項目

◆政策的位置付け

我が国においては、本研究開発は以下の通り国家的な施策及び技術戦略マップにおいて、必要なプロジェクトとして位置付けられている。

(1)産業構造ビジョン2010(平成22年6月)

経済産業省が策定。2020年に航空機産業の売上高2兆円(2014年の約2倍)、2030年に売上高3兆円(2014年の約3倍)を達成することを目指す。

具体的な施策として、**航空機システムを含めたモジュール単位での設計・開発を行う。**

◆技術戦略上の位置付け

テーマ抽出

- ✓ 技術課題を以下の項目で評価し、研究開発支援の優先順位を整理。
- ✓ 調査事業により技術課題を明確化。

(評価項目)

- ①(a)信頼性・安全性、経済性、快適性
(b)省エネ、CO2削減、環境適合性
- ②海外企業と比較して技術的優位性
- ③海外企業等(完成機OEM、装備品Tier1)が特に関心を示している分野か。
- ④シーズ技術の実現性、TRL(※)から予定時期に開発完了が可能か
- ⑤波及効果(航空機関連技術及び他産業応用)
- ⑥他産業からの技術利用(スピノオン)が可能か

※TRL(Technology Readiness Level)

- ・エンジン熱制御システム
- ・降着システム
- ・コックピットディスプレイ
- ・空調システム
- ・飛行制御/操縦システム
- ・自動飛行システム
- ・エンジン電動化システム

航空機分野の技術マップ

技術領域	技術項目	社会的必要性			国際競争力		
		環境適合性	安全性	経済性	その他	優位性確保	新分野開拓
飛行安全性向上技術	パイロット支援技術	○				○	
	機体決定支援技術	○				○	
	操縦支援技術	○				○	
	飛行管理システム技術	○			利便性		○
	次世代航空交通システム技術			○	利便性		○
	4次元航法技術	○					○
	管制効率化技術	○					○
	セーフティネット技術	○					○
	新着陸機技術	○					○
	遠征・航法性能向上技術	○					○
経済性向上技術	高効率飛行経路制御技術	○					○
	ヘルモニタリング技術	○					○
	次世代飛行制御システム技術	○	○			○	
	遠征アクチュエータ電気化技術	○	○			○	
	空調システム電気化技術	○	○			○	
	全電気化技術	○	○			○	
	防水・除氷装置電気化技術	○	○			○	
	脚システム電気化技術	○	○			○	○
	航空機の空港内自動メンテナンスシステム	○	○			○	○
	推進システム電気化技術	○	○			○	
環境適合性技術	高電圧配電装置高効率化技術	○				○	
	灯火装置低消費電力化技術	○	○			○	
	軽量材料適応技術	○	○			○	○
	複合材料技術	○	○			○	○
	高強度金属材料技術	○	○			○	○
	代替発電技術	○				○	
	グリーンエネルギー貯蔵技術	○	○			○	○
	新材料/プロセス適用技術	○				○	○
	有害ガス代替技術	○				○	
	低燃料消費化技術	○				○	○

出典：航空機分野における戦略策定調査 (NEDO, 2014)

・「次世代航空機システムに関する技術動向調査」(NEDO, 2015)
 ・「国外の航空機開発及び航空機システム開発に関する動向調査」(NEDO, 2016)
 により技術課題を明確化。

◆ 事業の目標

▶ アウトプット目標

本研究開発では、航空機用先進システムの**プロトタイプモデルを製作し、地上ないし飛行環境下で従来のシステムよりも優れた性能・機能等を有することを実証**する。
この目標を達成すれば、国内外の航空機メーカーからは一定の成熟度を持つシステムであると判断され、次世代航空機への提案が可能となる。

▶ アウトカム目標

本研究開発にて開発した航空機用先進システムが国内外の航空機メーカーに採用されること、またプロダクトサポートやMROにより、2020年代以降から年間で**研究開発テーマ毎に数十億円、合計で最大数百億円の売上を継続**して得ることを目標とする。

◆ 研究開発のスケジュール

要求設定、数値解析、試作品製作等

プロトタイプ的设计/製作、実証試験、評価、検証、認証取得準備等

	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度
①次世代エンジン熱制御システム研究開発	数値解析による設計検討、試作品の実験検証(委託)			プロトタイプ的设计/製作、検証(委託)	
②次世代降着システム研究開発	脚揚降システムのプロトタイプ製作/試験(委託)			飛行実証試験(委託)	
	電動タキシングシステムのリグ供試体製作/試験(委託)			プロトタイプ製作/試験(委託) ※2020年7月迄延長	
	電磁ブレーキシステムのリグ供試体製作/試験(委託)				
③次世代コックピットディスプレイ研究開発	要求設定、仕様策定、供試体製作(委託)			供試体評価、耐環境性検証(委託)	
④次世代空調システム研究開発	二相流体熱輸送システムの主要構成部の試作開発(委託)			プロトタイプの開発(委託)	
	スマート軸流ファンの各構成要素の試作開発(委託)			プロトタイプの開発(委託)	
⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発	ビーター管のフライトモデル製作/実証試験(委託)			認証取得作業(委託)	
	操縦/バックアップシステムのブレッドボードモデル製作(委託)			プロトタイプ製作/評価(委託)	
⑥次世代自動飛行システム研究開発		システム試作/シミュレーション評価(委託)		飛行実証試験/システム改良(委託)	
⑦次世代エンジン電動化システム研究開発		電動機の試作・評価システム設計(委託)		プロトタイプ製作、システム評価(委託)	

中間評価

◆プロジェクト費用

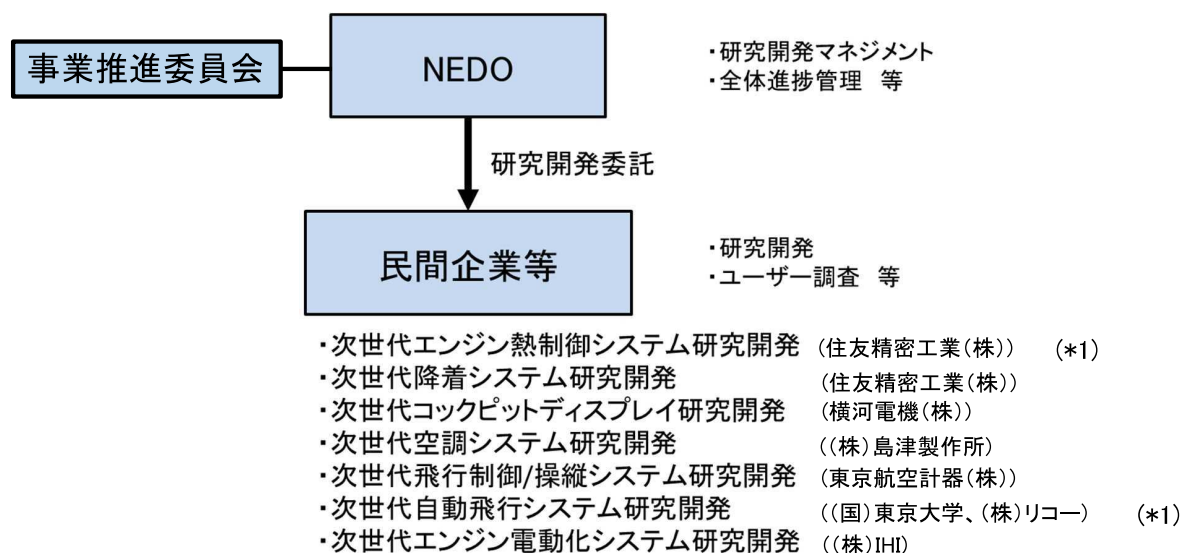
(百万円)

研究開発項目	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	合計
①次世代エンジン熱制御システム研究開発	50	50	44	44	36	224
②次世代降着システム研究開発	120	120	177	153	121※	691
③次世代コックピットディスプレイ研究開発	60	60	52	46	46	264
④次世代空調システム研究開発	70	70	65	56	50	311
⑤次世代飛行制御／操縦システム研究開発	40	47	51	45	31	214
⑥次世代自動飛行システム研究開発	—	28	41	33	32	134
⑦次世代エンジン電動化システム研究開発	—	30	49	82	84	245
合計	340	405	479	459	400	2,083

※項目②は2020年7月まで実施

◆研究開発の実施体制

本プロジェクトは、NEDOが、単独ないし複数の、原則本邦の企業、研究組合、公益法人等の研究機関から公募によって研究開発実施者を選定後、共同研究契約等を締結する研究体を構築し、委託して実施している。実施体制を以下に示す。



実施体制概要

*1: 欧州政府との共同研究に参加(Horizon2020)

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

➤ 達成状況:

研究会開発項目の殆どの項目について目標達成。

いくつかの達成見込みの項目についても、課題が明確になっており、解決策も検討済み。実用化事業化に向けて、目標達成される見込み。

➤ 成果の意義:

目標を達成することで、国内外の航空機メーカーからは一定の成熟度を持つシステムであると判断され、次世代航空機への提案が可能となる。

航空機分野では通常、研究開発から実用化まで数年を要する。

研究の推進と共に認証への取り組みやニーズや動向、情勢調査を行い、実用化する上で必要な検討事項に対して適切に取り組むことで、着実に前進している。

◆各個別テーマの成果と意義

研究開発項目	成果の意義
次世代エンジン熱制御システム研究開発	✓ 競合他社製品比較し、軽量コンパクトながら同等の性能を維持。
次世代降着システム研究開発	✓ 降着システムの電動化(120席クラス)は、 世界初 。 ✓ 電動タキシングシステムにより、燃費消費量80kg/フライト削減に貢献。
次世代コックピットディスプレイ研究開発	✓ 複数面をシームレスに配置し、1画面として扱える面積として従来比3倍の表示面積を実現。
次世代空調システム研究開発	✓ 二相流体システム: 従来の液冷システムに対し消費電力70%減。 ✓ スマート軸流ファン: 1品で50機種をカバー可能な送風性能。ファン共有化により補用品・工具削減等運用コスト低減に貢献。
次世代飛行制御/操縦システム研究開発	✓ ピトー管の開発は、1社独占市場。既存品に対し、 高品質(信頼性)、かつ安定した供給体制 。
次世代自動飛行システム研究開発	✓ 世界初 、高解像度(4K)でリアルタイム、1000m遠方の物体も測距可能な超望遠ステレオカメラを開発。異常時の自動飛行により、パイロットのロードワーク低減に貢献。
次世代エンジン電動化システム研究開発	✓ 航空機用としては 世界で初めて 、100kW級高出力パワーエレクトロニクス of 空冷化実証試験に成功

◆ 成果の普及

得られた研究開発成果については、NEDO、実施者とも普及に努めるものとする。
また、本プロジェクトでは、航空機用先進システムの開発を通じて、我が国で開発した技術・製品の認証を円滑に取得するために必要な安全性評価手法等を構築する。

各項目の合計

	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	計
論文	1	1	3	6	3	14
研究発表・講演	3	3	10	27	15	58
新聞・雑誌等への掲載	0	8	7	4	9	28
展示会への出展	1	2	2	5	6	16

◆ 知的財産権の確保に向けた取組

委託研究開発及び共同研究の成果に関わる知的財産権については原則として、全て委託先に帰属させることとする。

なお、本プロジェクトの当初から、事業化を見据えた知財戦略を検討・構築し、適切な知財管理を実施する。

どの技術を公開(積極的に権利化を行う)、非公開(ノウハウとして秘匿)とするかについては各委託先の戦略による。

各項目の出願特許数合計

	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	計
国内出願	1	2	3	6	10 (※)	22
外国出願	2	2	0	0	1	5
計	3	4	3	6	11	27

※ 内3件は出願手続き中

概要

最終更新日 2020年10月8日

プロジェクト名	航空機用先進システム実用化プロジェクト	プロジェクト番号	P15005
担当推進部/ PM、担当者	ロボット・機械システム部 【PM】井澤 俊和(2015年6月～2016年3月) 【担当者】平林 弘行、飯田 大貴(2015年6月～2016年3月) ロボット・AI部 【PM】平林 弘行(2016年4月～2017年5月)、嶋田 諭(2017年6月～2020年5月)、白木 聖司(2020年6月～2020年7月) 【担当者】飯田 大貴(2016年4月～2016年6月)、齊藤 響(2016年7月～2018年3月)、林成和(2017年1月～2020年2月)、福田 有里(2018年4月～2019年4月)、白石 貞純(2018年8月～2020年7月)、阿部 憲幸(2018年10月～2020年7月)、品川 貴(2019年4月～2020年7月)、服部 元隆(2019年7月～2020年7月)、金谷明倫(2020年4月～2020年7月)、白川 周(2020年4月～2020年7月)		
0. 事業の概要	本研究開発は、航空機の安全性・環境適合性・経済性といった社会のニーズに対応した、軽量・低コストかつ安全性の高い先進的な航空機用システムを開発し、次世代航空機に提案可能なレベルにまで成熟させることにより、我が国の航空機産業の競争力強化を目指すものである。 本研究開発は委託による課題設定型の研究開発事業であり、2015年度～2020年度の約5年間で実施される。		
1. 事業の位置付け・必要性について	本研究開発は、航空機の安全性・環境適合性・経済性といった社会のニーズに対応した、軽量・低コストかつ安全性の高い先進的な航空機用システムを開発するものであり、経済産業省が策定した産業構造ビジョン2010に記載されている、航空機産業の売上高目標(2020年に売上高2兆円、2030年に売上高3兆円)を達成するための具体的な施策のひとつとして位置付けられている。 航空機用先進システムの開発は技術的・経済的な波及効果が大きく、裾野産業の形成や雇用創出につながり、我が国の産業の活性化、海外展開の促進に貢献することが期待できる。 航空機システムは開発期間が長く、認証取得にも膨大な費用と時間を要することから、開発にあたってのリスクが極めて大きいため、NEDOの関与が必要である。		
2. 研究開発マネジメントについて			
事業の目標	以下に示す7つの研究開発項目について航空機用先進システムのプロトタイプモデルを製作し、地上あるいは飛行環境下で従来のシステムよりも優れた性能・機能等を有することを実証する。なお、研究開発項目⑥及び⑦は、2016年度に実施した追加公募により採択した案件である。 ①次世代エンジン熱制御システム研究開発 発電容量の大容量化の要求の高まり等に伴う冷却負荷の増大に対応した、高効率かつ小型軽量のエンジン用熱交換器システムを開発する。 ②次世代降着システム研究開発 次世代の民間航空機で求められる電動化の技術動向に対応した、降着装置システムの脚システムの電動化対応技術を開発する。対象とする脚システムは脚揚降システム、電動タキシングシステム及び電磁ブレーキシステムとする。 ③次世代コックピットディスプレイ研究開発 先進の表示デバイス技術、光学補償技術、薄型・曲面・ガラス加工技術、双方向パイロット・インターフェース技術等を用いたコックピットディスプレイを開発する。 ④次世代空調システム研究開発 次世代の電動化された航空機で増大することが予想される電子機器の発熱に対応した、Passive Pump方式・Active Pump方式の液冷システム及び風量や昇圧調節等の作動状態を可変制御できる軸流ファンを開発する。 ⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発 高信頼なピトー管、エア・データ・コンピュータ/アクチュエータ・コントロール・コンピュータ、電動アクチュエータ向けのコントローラ及び光通信を組み合わせた飛行制御/操縦システムを開発する。 ⑥次世代自動飛行システム研究開発 画像処理技術を用いた、舵面故障時の飛行維持システム及びGPS/ILSロスト時の自動着陸システムを開発する。 ⑦次世代エンジン電動化システム研究開発 従来を上回る耐熱性を有する高耐熱電動機、及び燃料システムや空調システムも考慮した効率の良い排熱システムを開発する。		

事業の計画内容	研究開発項目		2015FY	2016FY	2017FY	2018FY	2019FY	2020FY
	次世代エンジン熱制御システム研究開発		数値解析による設計検討、試作品の実験検			プロトタイプ設計/製作、		
	次世代降着システム研究開発		リグ供試体の設計/製作、及びリグ試験			プロトタイプ設計/製作、環境試験		
	次世代コックピットディスプレイ研究開発		要求設定、仕様策定、供試体製作			供試体評価、耐環境性検		
	次世代空調システム研究開発		主要構成部の試作開発			プロトタイプ・システム開		
	次世代飛行制御/操縦システム研究開発		仕様策定	試作品の製作		供試体製作・システム評価		
	次世代自動飛行システム研究開発		システム試作、シミュレーション			飛行試験、システム改良		
	次世代エンジン電動化システム研究開発		電動機試作評価、システム			プロトタイプ製作、システム		
	開発予算 (単位:百万円)	会計・勘定	2015FY	2016FY	2017FY	2018FY	2019FY	2020FY
一般会計		340	305	331	321	265	1	1,562
特別会計		0	100	95	96	134	0	425
開発成果促進財源		0	0	53	42	0	0	95
総予算額		340	405	479	459	399	1	2,083
(委託)		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
開発体制	経産省担当原課	製造産業局 航空機武器宇宙産業課						
	プロジェクトリーダー	なし						
	プロジェクトマネージャー	NEDO ロボット・AI部 主査 白木 聖司						
	委託先	研究開発項目①:住友精密工業(株) (再委託先:東京大学) 研究開発項目②:住友精密工業(株) (再委託先:多摩川精機(株)) 研究開発項目③:横河電機(株) 研究開発項目④:(株)島津製作所 (再委託先:東海国立大学機構) 研究開発項目⑤:東京航空計器(株) 研究開発項目⑥:(株)リコー、東京大学 (再委託先:三菱スペース・ソフトウェア(株)、(国研)宇宙航空研究開発機構、(国研)海上・湾港・航空技術研究所電子航法研究所) 研究開発項目⑦:(株)IHI(再委託先:住友精化(株)、住友精密工業(株)、(株)島津製作所、日産自動車(株)、(株)日立ソリューションズ)						
情勢変化への対応	<p>本プロジェクトに関連して 2015 年度以降に実施された、動向・情勢の把握を目的とした情報収集事業は以下の通り。なお、調査の実施に係る費用は本プロジェクトとは別の予算から支出されている。また、各研究開発項目に関連する動向・情勢については、各委託先に把握に努めるよう指導するとともに、把握された動向・情勢への対応と併せ、事業推進委員会等で報告を行っている。</p> <p>①国外の航空機開発及び航空機システム開発に関する動向調査(2015 年度)</p> <p>②航空機システム開発に関する国内他産業連携の可能性調査(2017 年度)</p>							
評価に関する事項	事前評価	2015年2月 担当部 ロボット・AI部						
	中間評価	2017年10月						
	事後評価	2020年11月						

3. 研究開発成果について	◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達				
	研究開発項目①次世代エンジン熱制御システム研究開発				
	研究開発テーマ	最終目標	成果	達成度	備考
	①ASACOC	重量 10%減	重量 15%減↘	◎	
	②HFCOC	重量 10%減	重量 17%減↘	△	ALM(積層造形)化により計算上は 17%削減が可能。製作が課題。
	③OFCV	重量 10%減	重量 15%減↘	◎	
	④熱制御システム	重量 10%減	重量 16%減↘	△	HFCOC の ALM 化により目標を大きく達成する見込み。
	研究開発項目②次世代降着システム研究開発				
	研究開発テーマ	最終目標	成果	達成度	備考
	①脚揚降システムの研究開発	240kg/system まで質量を軽減させる。	Gear Actuator と Powerpack の別体化、及びシステム構成の見直しにより、234kg まで軽減した。	○	
		実機搭載(温度変化含む)を考慮した状態で、脚扉の開閉 / 脚の揚降に要する時間を評価する。目標値は以下のとおり。 Gear Retraction Cycle Time < 20sec Gear Extension Cycle Time < 20sec	新形態の Equipment(一部除く)を試作・評価し、システム性能を解析することで目標を達成した。	○	
	②電動タキシングシステムの研究開発	以下の仕様を満足する供試体の設計を完了させる。(In-Wheel Motor 単体)	仕様を満足する供試体の設計を完了し、機能・性能を確認した。	○	性能的に最終目標を達成した。今後耐環境性向上、強度向上を図る。
		質量 In-Wheel Motor 単体: 31.0 kg 以下 システム全体: 120kg 以下	質量 In-Wheel Motor 単体: 30.6 kg システム全体: 101.4kg	○	
		出力トルク: 1370N-m	出力トルク:1370N-m (In-Wheel Motor 1 個あたり)	○	
		外形寸法: φ 215mm × L172mm	外形寸法: φ215mm × L172mm	○	
	研究開発項目③次世代コックピットディスプレイ研究開発				
	研究開発テーマ	最終目標	成果	達成度	備考
	①大画面・任意形状ディスプレイモジュールの研究開発	モックアップ設計	設計完了	○	
モックアップ製造		製造完了	○		

		モックアップ評価	評価完了	△	EMC 評価は除く
②大画面・任意形状ディスプレイモジュール適応型タッチパネル機能の研究開発		モックアップ設計	設計完了	○	
		モックアップ製造	製造完了	○	
		モックアップ評価	評価完了	△	EMC 評価は除く
③DO254 認証取得活動		SOI#1 実施と指摘事項対応	完了	○	
研究開発項目④次世代空調システム研究開発					
研究開発テーマ	最終目標	成果	達成度	備考	
①-1 二相流体熱輸送システム Active Pump 方式	システムの主要構成部を試作し、性能を取得する。 (TRL4 を達成)	二相熱交換器: 性能を取得するとともに従来よりも高精度な設計式を得た。 ポンプ: 性能を取得してオープン翼車の適合を確認した	○		
	熱輸送量 5～20kW を達成するための制御手法を確立する。	小型システムと Bread Board Model により 5～20kW の安定的な熱輸送を実現する制御手法を確立した。	○		
	機体への搭載を想定した仕様での設計、及びパッケージ化を行った飛行実証前段階のプロトタイプモデルを製作し、基本性能・環境性能・耐久性能の地上性能評価を完了する。 (TRL6 を達成)	プロトタイプモデルにより基本性能・環境性能・耐久性能を実証。搭載環境におけるシステムの成立性を確認した。	○		
	従来液冷システムに対して消費電力低減(60%減)を達成する。	70%低減。	○		
	従来液冷システムに対して重量低減(30%減)を達成する。	30%低減。	○		
	①-2 二相流体熱輸送システム Passive Pump 方式	システムの主要構成部を試作し、性能を取得する(TRL4 を達成)	ウィックを試作して性能を取得。従来品よりも有望なウィックを得た。	○	
熱輸送量 5kW を達成する		小型システムおよび Bread Board Model により熱輸送量 5kW を達成した。	○		

		機体への搭載を想定した仕様での設計、及びパッケージ化を行った飛行実証前段階のプロトタイプモデルを製作し、基本性能・環境性能・耐久性能の地上性能評価を完了する (TRL6を達成)	プロトタイプモデルにより基本性能・環境性能・耐久性能を実証。搭載環境におけるシステムの成立性を確認した。	○		
		従来の液冷システムに対して重量低減(30%減)を達成する	30%低減	○		
	②スマート軸流ファン	動翼・静翼、制御回路、モータの各構成要素レベルでの設計・試作を行い、各試作部位に対して性能評価を行う。 (TRL4を達成)	動翼・静翼: 制御回路の内臓に適した動翼・静翼に適用可能な設計手法を確立。試作・評価により所定の性能を確認した。 制御回路: 回路の小型化と動翼・静翼の形状を追求。筐体内に内蔵可能な大きさで所定の性能を確認した。 モータ: 制御回路の筐体内の内蔵化に有利で、所定の性能を有するコアレスアウターロータ PM同期モータを採用。	○		
		スマート軸流ファンとして飛行実証前段階のプロトタイプモデルを製作し、基本性能・環境性能・耐久性能の試験評価を完了する。(TRL6~7を達成)	プロトタイプモデルの試作・評価、および解析計算により、所定の基本性能・環境性能・耐久性能を有することを確認した。	○		
		モータ効率向上(90%以上)を達成する。	90%達成。	○		
		従来の軸流ファンと同程度あるいはそれより軽い重量を達成する。	プロトタイプモデルで従来の一定回転速度ファンと同程度の重量(+7%)を達成した。	○		
		製品化に向けた具体案を作成する。	客室空気の清浄化のニーズに着目し、空気清浄ユニットの構想案を作成した。	○		
	研究開発項目⑤次世代飛行制御/操縦システム研究開発					
	研究開発テーマ	最終目標	成果	達成度	備考	
	①操縦バックアップシステム	モータ コントローラ ADC/ACC	ピトー管(統合試験では圧力発生装置を使用)の対気速度	○	機体メーカーとの共同研究を模索する。	

		の基本的な機能確認用のブレッドボードモデル(BBM)を製作し、検証用プラットフォームとしてのBBMの機能、処理能力等の妥当性を確認する。(TRL4)	情報を元に、BFCS アルゴリズムを介してモータコントローラの制御を行い、TRL5 相当の能力を有していることを確認した。		
	②モータコントローラ	所定の出力のBBM(TRL4)を作製する。模擬負荷印加装置を構築し、モータに負荷を加えた状態でモータ制御を実施する。	高高度、高温環境下において10kWのモータ負荷の制御を実施し、TRL6相当の能力を有している事を確認した。また、課題の抽出も行き、今後の開発課題の把握を行った。	○	アクチュエータメーカーとの共同研究を模索する。
	③ピトー管	フライトモデル(FM)を製作し、所定の寿命時間の実証試験を実施する。認証試験取得のための準備を行う。	近年、改訂された着氷試験要求(AS8006A)でのデータ収集及び耐久試験により所定の高信頼性能を有していることを確認した。今後、認証試験を経て認証取得を目指す。	○	試験供試体の製作手法の確立
研究開発項目⑥次世代自動飛行システム研究開発					
研究開発テーマ	最終目標	成果	達成度	備考	
①画像処理による航法誘導制御技術	位置検出・自動着陸 ・プロトタイプモデルを用いた無人航空機による飛行試験を行い、画像処理による位置検出が可能であることを確認する。	フランス国立航空宇宙研究機関(ONERA)が開発した欧州無人固定翼機のフライトコントローラと連携した画像処理システムとして、超望遠ステレオカメラを開発し、飛行中の航法誘導制御に必要な画像処理システムの仕様の明確化および、飛行中の性能検証が可能となった。画像処理による位置検出(約600m手前からの最終進入時のRTK GPSをベースとした機体位置推定値とのRMSEは、X(前方)=3.7[m]、Y(水平)=3.1[m]、Z(高度)=2.0[m])が可能であることを飛行試験により実証した。	○		
	GPS/ILS ロストモデル ・GPS/ILS 異常時においても自動着陸(最終進入)ができることを無人機による飛行試験により確認する。	・無人機の飛行試験により実データを取得し、開発したGPS/ILS 異常モデルを用いてGPS/ILS 異常を模擬したところ、異常時においても画像センサを併用することで、十分な精度で継続進入が可能であることを確認した。	○		

		<p><u>天候対応</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・晴天時以外(曇天時)の画像を取得し、そのデータをもとに位置検出が可能であることを確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・晴天時および曇天時においても画像処理システムによる位置検出が可能であることを確認した。 	○	
		<p><u>障害物検知・回避</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・最終進入時における障害物を検知・回避できることを無人航空機を用いた試験により確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・超望遠ステレオカメラを搭載した無人固定翼機、マルチコプターの飛行試験より得られたデータから障害物検知のアルゴリズムを開発し、その実験データを使用した誤差モデルから不確定性を考慮した障害物回避アルゴリズムをシミュレーションによって確認した。 	○	
② 画像処理による舵面故障検出制御技術		<p><u>舵面状態検知</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・MuPAL-α機に舵面角度検知システムプロトタイプを搭載し、飛行試験を行い、定常旋回時の舵角推定精度を確認する。 ・故障診断に関してはHIS試験をベースに実用化レベルを高める。 	<p>画像処理システムの仕様策定および MuPAL-α の 3 次元モデルを使用したカメラ画像による舵面角度推定アルゴリズムを開発した。JAXA と連携することで、MuPAL-α 機体内に画像処理システムを搭載可能となり、飛行試験による正常な飛行データの取得に成功した。定常旋回時の舵角推定精度(アクチュエータのセンサ値と本画像処理システムの舵角推定値の RMSE で 0.59 度)を確認することができ、実用化に向けた課題を把握することができた。</p> <p>ゲイン低下、及びレートリミット低減、遅れ、舵角飽和という 4 種類の舵面状態を検知できるアルゴリズムを開発し、画像処理システムより実機での飛行試験から得られた誤差モデルを用いて、実機飛行時の故障検知シミュレーションを実施し、その有効性を検証した。</p>	○	
		<p><u>耐故障飛行制御</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・耐故障制御による安定飛行の維持を飛行試験もしくは Hardware in the loop Simulation (HIS)試験により確認する。 	<p>欧州が開発した三種類の耐故障飛行制御(スライディングモード制御ベースの制御則、ロバスト制御ベースの制御則、オンラインパラメータ推定およびゲインスケジューリングベースの制御則)、および東大と JAXA によるロバスト制御と適応制御ベースの制御則を MuPAL-α の実験用 FBW 計算機に搭載し、すべての制御器が想定した故障が生じても大きな操縦性劣化がないことを確認した。</p>	○	
		<p><u>ソフトウェア認証</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・画像処理シ 	<p>民間航空機搭載用ソフトウェア規格 DO-178C に基づくソフトウェア開発に必要な活動の</p>	○	

		<p>テムを対象とし、民間航空機搭載用ソフトウェア規格 DO-178C に基づくソフトウェア開発プロセスの全体概要をまとめる。</p>	<p>全般を調査し、一般のソフトウェア開発と異なる安全にかかわる部分を中心にそのプロセスの全体概要をまとめた。画像処理システムを搭載するには、異常時の飛行への影響度を評価した DAL を設定し、それに基づく適切なソフトウェアレベルによる開発プロセスを構築する必要があることが判明した。</p>		
研究開発項目⑦次世代エンジン電動化システム研究開発					
研究開発テーマ	最終目標	成果	達成度	備考	
①高温に耐える高耐熱電動機	高耐熱電動機の試作品において 300℃の耐熱温度を有することを確認する。	巻線に高耐熱絶縁被膜を適用した高耐熱評価用電動機の試作機にて 300℃の耐熱温度を有することを確認した。	○		
	250kW 以上で地上試験によりエンジン内蔵型電動機の実現性・有効性を実証する。	300℃耐熱の絶縁システムを適用した電動機を製造し、250kW 発電を達成、解析と合わせてエンジン内蔵型電動機の実現性・有効性を実証した。	○		
②燃料システムおよび空調システムも考慮した、効率のよい排熱システム	エンジン電動化システムの設計手法を確立し、その手法を用いて燃費改善などの効果を確認する。	燃料を通じた空調とエンジンの排熱連携について、熱収支計算と熱交換器のサイジング設計により巡航条件での燃費改善効果を確認した。	○		
	シミュレーション等により性能評価を実施する。	空調とエンジンの排熱を連成して評価するシミュレーションモデルを構築、性能評価を実施し、エンジン内蔵型電動機の排熱成立性と、1 フライトを通じての燃費改善効果を確認した。	○		
	環境及び搭載形態を考慮した空冷排熱システムの解析評価、および高密度ヒートシンク試作による評価を実施し、空冷排熱方式の効果を確認する。	空冷排熱システムのキーとなる高密度ヒートシンクについて、解析評価により性能及び構造健全性を確認した。解析結果を反映した試作評価により、より均一な冷却能力の確保を確認した。	○		
	エンジン内蔵型発電機及びその発電制御を含めた電力システムの評価を実施する。	電源バスについて、機体電源喪失の故障要因分析を実施。各故障率データを用いた安全性解析の結果、製品成立性のある数値内であることを確認した。	○		
		電力システムの安全性確保のため電力遮断システムの有効	○		

		性を確認した。		
	投稿論文	6件(うち査読有4件)		
	特許	出願済6件(うち国際出願5件)		
	その他の外部発表 (プレス発表等)	16件(研究発表・講演8件、新聞雑誌等への掲載3件、展示会への出展5件)		
4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて	<p>本研究開発における7つの実施項目は、いずれも安全性・環境適合性・経済性の向上に寄与するものであり、社会のニーズに対応している。また、国内外の航空機メーカーが2020年代に開発を開始することが想定される、次世代航空機に提案可能なレベルにまで成熟させることを目標としているため、提案が採用されることで実用化への道筋が一気に開ける。</p> <p>実用化・事業化に向けての取り組みとして、本研究開発で製作する航空機用先進システムのプロトタイプを試作し、認証取得に向けて実証試験等を行うこととする。また、本研究開発を通じて、実証試験インフラの整備、サプライチェーンの確立、人材の確保に寄与するよう取り組む。さらに、必要に応じて国外の航空機メーカーや航空機システムメーカーをパートナーとして選定することにより、ユーザ側のニーズを的確に把握し、成果を実用化・事業化につなげることを目指す。</p> <p>本研究開発にて開発した航空機用先進システムが国内外の航空機メーカーに採用されること、またプロダクトサポートやMRO(Maintenance, Repair and Overhaul)により、2020年代以降から年間で研究開発項目毎に数十億円、合計で最大数百億円の売上を継続して得ることが期待できる。</p>			
5. 基本計画に関する事項	作成時期	2015年3月 作成		
	変更履歴	<p>2016年3月 国外の研究開発動向を踏まえて研究開発項目⑥及び⑦を追加 また、技術分野における動向等の調査に関する記載、プロジェクトマネージャーに関する記載、及び研究開発スケジュール(別紙2)を追加。</p> <p>2016年4月 組織再編に伴う部名変更、及びプロジェクトマネージャーの所属部署、氏名を変更。</p> <p>2017年10月 プロジェクトマネージャーを変更。</p> <p>2020年6月 プロジェクトマネージャーを変更</p>		