

27航企0324第1号

平成27年度
航空機等に関する技術開発動向調査報告書

平成28年3月

公益財団法人航空機国際共同開発促進基金

はしがき

公益財団法人航空機国際共同開発促進基金は、一般会計による「情報収集及び情報提供事業」の一つとして、航空機等に関する技術開発動向調査を実施している。

本報告書は、平成27年度に実施した調査について、その成果を取り纏めた調査報告書である。

21世紀に入り既に15年経過しており、世界の航空機市場はグローバル化が一段と加速され、事業投資規模も益々拡大し、競争も激しくなっている。この世界市場に対する我が国の基本姿勢は、国際協調と国際貢献を伴った産業規模の拡大であり、我が国の航空機産業の発展は世界舞台で主導的役割と貢献を果たすことにより達成される。この認識の上で重要な課題は、国際共同開発の場での役割を高める先端技術開発の更なる促進を図ることを基盤とし、確固たる戦略に基づいて選定した開発プロジェクトを強力に推進し、多様な形態の国際共同開発プロジェクトの促進と拡大に結びつける体制等を構築して行くことである。

航空機等の国際共同開発事業の更なる促進と的確な遂行のために、国内外の最新技術開発動向を調査し、必要な情報を収集し、編纂して資料として取り纏めておくことが本事業の目的であり、当基金にとって重要な事業である。このために、平成27年度も当基金内に外部専門家等から成る航空機等に関する「技術開発動向調査委員会」を設け、航空機等の開発・製造に関する我が国の政策や国内外の技術開発動向の現状確認と分析、将来展望等の調査を実施した。

この調査報告書が航空機等の国際共同開発事業を促進する上で、業務上有効なものとなり、延いては我が国の航空機産業の拡大・発展に貢献することになるものと確信する。

平成28年3月

公益財団法人航空機国際共同開発促進基金
会 長 佐々木 元

平成27年度技術開発動向調査委員会委員名簿

区 分	氏 名	所 属 ・ 役 職
委員長	石川 隆司	名古屋大学 特任教授 ナショナル・コンポジット・センター担当 総長補佐
委 員	今村 太郎	東京大学大学院 工学系研究科航空宇宙工学専攻 准教授
	奥田 章順	株式会社三菱総合研究所 企業・経営部門 統括室 事業推進グループ 参与・チーフコンサルタント
	田頭 浩一郎	株式会社IHI 航空宇宙事業本部 民間エンジン事業部 技術部 主幹
	寺本 進	東京大学大学院 工学系研究科航空宇宙工学専攻 准教授
	長嶋 哲矢	三菱重工業株式会社 交通・輸送ドメイン 技術統括室 航空機技術グループ グループ長
	原田 賢哉	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 航空技術部門 航空技術実証研究開発ユニット 無人機技術研究グループ グループリーダー
事務局	岩下 正廣 飛田 聡 佐々木 秀朗 横倉 修一	公益財団法人航空機国際共同開発促進基金 専務理事 (H27.9.30迄) 公益財団法人航空機国際共同開発促進基金 専務理事 (H27.10.1～) 公益財団法人航空機国際共同開発促進基金 企画調査部長 公益財団法人航空機国際共同開発促進基金 企画調査部部長代理

平成27年度 報告書目次

第1章 はじめに

- 1. 1 調査事業の趣旨と目的1
- 1. 2 調査委員会の構成と運営1

第2章 民間航空機等の国際共同開発に関する動向

- 2. 1 調査対象期間2
- 2. 2 我が国の航空機産業に関わる政策等の動向2
- 2. 3 民間航空機等に関する技術研究開発の主要動向5
 - 2. 3. 1 民間航空機市場及び機体開発動向5
 - 2. 3. 2 エンジン関係17
 - 2. 3. 3 装備品関係26
 - 2. 3. 4 航空システム・航空管制関係35
 - 2. 3. 5 無人機・飛行制御関係39

第3章 その他資料の分析

- 3. 1 関係団体の刊行物における動向情報47
 - 3. 1. 1 平成27年度航空機関連動向情報（（公財）航空機国際共同開発促進基金）47
- 3. 2 大学・研究機関・企業等から公表された動向情報49
 - 3. 2. 1 国内学会等における研究開発動向49
 - 3. 2. 2 国際学会等における研究開発動向54

第4章 平成27年度海外調査報告

- 4. 1 調査目的61
- 4. 2 調査結果概要61
- 4. 3 訪問先面会者一覧65

第5章 まとめ

- 5. 1 今後の調査課題66
- 5. 2 平成27年度調査のまとめ67

添付資料

- 資料1 関係省庁の刊行物リスト（平成27年1月～平成27年12月）
- 資料2 関係団体の刊行物リスト（平成27年1月～平成27年12月）
- 資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト（平成27年1月～平成27年12月）

第1章 はじめに

1. 1 調査事業の趣旨と目的

公益財団法人航空機国際共同開発促進基金（以下、「当基金」という。）は、航空機工業振興法に基づく指定開発促進機関として、開発助成金の交付の対象となる航空機、航空機用エンジン及び装備品等の国際共同開発事業を選定し、助成業務の的確な実施を遂行することにより、我が国の航空機産業の拡大を促進することを業務の主目的としている。また当基金は、同時に助成業務の的確な実施に必要な知識及び能力を有することを求められており、今後益々航空機等の国際共同開発事業の拡大と多様化が予想される中で、航空機等の国際共同研究開発を行う者等に対する助成事業の遂行に必要な情報を収集し、分析、編纂して資料として取り纏めておくことは有効なことである。

平成21年度から開始した技術開発動向調査事業では、外部の専門家等から成る航空機等に関する「技術開発動向調査委員会」を設置して、毎年度航空機等の技術開発動向等に関わる最新情報を収集し、現状確認と分析、更には将来展望等を取り纏めることを目的とする。

1. 2 調査委員会の構成と運営

（1）調査委員会の構成

平成27年度の技術開発動向調査委員会のメンバーは、冒頭の委員会構成表に示すとおり、学界・公的研究機関・航空機関係業界等の専門家7名から構成されている。委員長には航空宇宙分野で幅広く活躍されている名古屋大学特任教授の石川隆司氏にご就任いただき、多大のご教示とご指導を賜った。

（2）調査委員会の運営

委員会の運営は全員参加型の委員会活動を旨とし、実際の調査活動を分担して行い、委員会にて全体の合意を形成する方針で臨んだ。具体的には以下の様な運営を実施した。

ア 活動内容の具体的イメージ創り

本調査事業の趣旨・目的・活動内容について委員全員のイメージ合わせと認識の共通化を図り、極力中味の明確化に努めた。

イ 情報の共有化と共通化

航空機等の研究開発事業に関する技術研究開発動向について、委員会での活発な議論の展開と因るべき情報の共有化と共通化を図った。

ウ 共通課題の抽出

航空機等の技術研究開発動向に関する議論から抽出される、時宜を得た課題についての共通化を図った。

第2章 民間航空機等の国際共同開発に関する動向

2. 1 調査対象期間

平成27年度の調査対象期間は、主として平成27年1月1日から平成27年12月31日の1年間とし、この期間に発刊、刊行された航空機等の技術研究開発に関する情報を収集し、分析と編纂作業を実施した。

2. 2 我が国の航空機産業に関わる政策等の動向

先進国を中心とした世界的な金融緩和と各種経済施策により世界経済は緩やかに成長しており、わが国の製造業は長期にわたるデフレや過度の円高による低迷を乗り越え、本格的な復活に向けて歩み始めている様子も窺える。航空機産業においては世界的に民間航空機分野が成長を牽引しており、格安航空会社（LCC：Low Cost Carrier）の世界的な台頭やアジア・太平洋地域を中心とした航空旅客需要の継続的な増加を背景に今後20年間で3万機を越える新規需要（4～5兆ドル相当）が見込まれる等、引き続き右肩上がりの成長が見込まれる中で、わが国の航空機産業は、LCC向けの旺盛な需要等を背景としたコスト競争の激化、巨大Tier1の登場等の環境変化に、官民共に新たな対応が求められている。平成27年度は、11月に国産旅客機では半世紀ぶりとなる小型ジェット旅客機MRJの初飛行実施、12月に小型ビジネスジェット機HondajetのFAAから型式証明取得と顧客への引き渡し開始などがあり、我が国の航空機産業にとっては「航空元年」とも言える。以下に今年度の航空機産業に関わる政策動向等をまとめる。

（1）内閣官房等

ア 基幹産業化に向けた航空ビジネス戦略に関する関係省庁会議と「航空産業ビジョン」

平成26年8月の自由民主党提言「基幹産業化に向けた航空ビジネス戦略」⁽¹⁾を受けて、産業基盤が十分といえない状況にある航空産業に対してしっかりとした支援体制の構築を関係省庁が連携して行うことを目的とし、内閣官房を中心に関係7省庁（内閣官房、総務省、外務省、文部科学省、経済産業省、国土交通省、防衛装備庁）による基幹産業化に向けた航空ビジネス戦略に関する関係省庁会議（局長級）⁽²⁾が平成27年3月および12月に開催された。12月に内閣官房から「航空産業ビジョン」（12月11日付同関係省庁会議決定）⁽³⁾が公表された。

なお、関連する動きとして、我が国航空政策の中央司令塔組織として、首相を本部長とする「航空政策本部」と担当相を内閣に設置し省庁横断で国内航空機産業の育成を目指すという議員立法での成立を目指す「航空基本法」の提出の動き⁽⁴⁾がでている。

(2) 経済産業省

ア 日欧／日仏航空機産業の関係深掘り

日欧航空機産業の関係深掘りとして、平成27年3月駐日欧州連合代表部にて日欧双方の関係者が参加した SUNJET II (Sustainable Network for Japan-Europe aerospace Research and Technology Cooperation) のキックオフ会議⁽⁵⁾が開催されており、欧州研究プログラム「Horizon 2020」の枠組みのもとで航空機分野の共同研究を進めるべく、日欧共同研究ロードマップ作りが進められている。

また、日仏航空産業の関係深掘りについては、日仏民間航空機産業協力に関する官民合同のワークショップが平成25年12月に第1回(於東京)、平成26年12月に第2回(於パリおよびツールーズ)⁽⁶⁾が開催されており、第3回は平成28年10月東京開催の予定⁽⁷⁾である。

(3) 国土交通省

ア 「将来の航空交通システムの実現に向けたロードマップ」関連

我が国の将来の航空交通システムが2025年に向けて目指すべき目標、変革の方向性等を記述した「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン(CARATS: Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems)」⁽⁸⁾が平成22年9月に公表され、平成23年3月にはCARATS実現に向けたロードマップが取り纏められているが、実施フェーズ5年目に伴い同ロードマップの見直し⁽⁹⁾が行われている。

イ オープンスカイ交渉

平成26年にオーストリアが加わり計27ヶ国・地域(日本発着旅客数のうちオープンスカイ合意国・地域の占める割合は94%)との間で合意⁽¹⁰⁾されている。

(4) 防衛省

ア 「防衛装備庁」の設立と「防衛装備移転三原則」

平成27年6月成立の防衛省設置法等の改正法に基づき、防衛省内(内部部局、陸海空幕僚監部、技術研究本部、装備施設本部)の装備取得に関連する部門を集約・統合し、10月1日に防衛省の外局として「防衛装備庁」⁽¹¹⁾⁽¹²⁾が設立された。防衛装備品等の構想から研究・開発、量産取得、維持整備、廃棄まで一元的に管理し、調達コストを抑制すると共に、「防衛装備移転三原則」⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾に基づく輸出や国際的な共同開発を推進することを目的としている。

(5) 温室効果ガス(CO2)規制関連活動

ア ICAO CAEPの動き

ICAO CAEP(International Civil Aviation Organization・Committee on Aviation and Environmental Protection 国際民間航空機関 航空環境保全委員会)は、3年毎

に本会議が開催され、その間、年に一回ステアリンググループ (SG) 会議が開催され、各ワーキンググループからの問題提起に対して意思決定を行い、CAEP 本会議に上程する仕組みとなっている。平成 27 年 7 月の SG 会議を踏まえた平成 28 年 2 月の第 10 回本会議 (CAEP/10) では、航空機の CO2 排出量を平成 32 (2020) 年以降増加させないという ICAO 目標に向けた対応として、新しい CO2 排出量基準が合意⁽¹⁵⁾ ⁽¹⁶⁾された。新基準は 2020 年以降に登場する「新型」機のみならず 2023 年以降出荷の現行機が適用対象だが、既存機種も 2028 年までには適用対象となる。

新基準は、平成 28 年 9 月の ICAO 総会にて最終的に採択される予定。

[2. 2 項 出典 (1)、(4)、(5)、(15)、(16) :

各、資料 3 の P2015D201~P2015D205 参照]

[同 出典 (2)、(3)、(7) ~ (14) : 各、資料 1 の P2015D001~P2015D010 参照]

[同 出典 (6) : 資料 2 の P2015D101 参照]

2. 3 民間航空機等に関する市場の主要動向

2. 3. 1 民間航空機市場及び機体開発動向

2. 3. 1. 1 市場動向

2015 年、Boeing 社と Airbus 社の純受注数は前年と比べて大きく低下し、両社の合計受注数は前年より約 1,000 機少ない 1,804 機となった。特に Boeing 社の純受注数は、昨年の半数程度に留まり、伸び悩みを見せている（昨年：Airbus 社 1,496 機、Boeing 社 1,432 機）。納入機数に関しては、昨年同様に両社好調であり、Boeing 社に関しては業界記録を更新し続けている（Boeing 社：昨年 723 機）。

Bombardier 社、Embraer 社、ATR 社も Boeing 社及び Airbus 社同様な傾向であり、純受注数は昨年と比べて減少し、納入機数は引き続き好調であった。

表 2.3.1.1-1 各メーカーにおける 2015 年純受注数⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾

		Airbus	Boeing	Bombardier	Embraer	ATR
Net Orders	Very Large	2	2	–	–	–
	Twin Aisle	137	178	–	–	–
	Single Aisle	897	588	0	–	–
	Regional Jet	–	–	29	183	–
	Turboprop	–	–	26	–	76
合計		1,036	768	55	183	76

※Embraer 社のみ Ascend よりデータを抽出

表 2.3.1.1-2 各メーカーにおける 2015 年出荷数⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾

		Airbus	Boeing	Bombardier	Embraer	ATR
Deliveries	Very Large	27	18	–	–	–
	Twin Aisle	117	249	–	–	–
	Single Aisle	491	495	0	–	–
	Regional Jet	–	–	44	101	–
	Turboprop	–	–	29	–	88
合計		635	762	73	101	88

※Embraer 社のみ Ascend よりデータを抽出

表 2.3.1.1-3 該当機体分類

		Airbus	Boeing	Bombardier	Embraer	ATR
Very Large		A380	747	n/a	n/a	n/a
Twin Aisle	Large Twin Aisle	A350–1000	777 777X	n/a	n/a	n/a
	Midsized Twin Aisle	A330ceo A330neo A350–800/900	767 787	n/a	n/a	n/a
Single Aisle		A320ceo A320neo	737 737MAX	CSeries	n/a	n/a
Regional Jet		n/a	n/a	CRJ	E170 E175 (含E2) E190 (含E2) E195 (含E2)	n/a
Turboprop		n/a	n/a	Q400	n/a	ATR72/42

2. 3. 1. 2 Boeing 社の動向

(1) Boeing 社

2016 年 1 月 7 日に Boeing 社は 2015 年の業績を発表。創立 100 周年を迎えるボーイングにとって過去最高の 762 機（前年比 39 機増）の民間航空機の納入数を記録したとのこと。なお、2015 年の営業利益は 51.6 億ドルとなり、昨年度と比較して 20%減(64.1 億ドル)⁽⁶⁾。純受注は、現在のリストプライスで 1,124 億ドルに相当する 768 機を獲得。受注残総計は、昨年より 6 機多い 5,795 機⁽²⁾。

(2) Boeing 737 MAX

2015 年 4 月上旬に、P&W 社は、PW1100G エンジンが公約通りの性能改善目標に到達したことと、2019 年以降に、PiP(Performance improvement package)により更に 3%燃費を改善させる計画を発表⁽⁷⁾。

2015 年 4 月 29 日、737MAX 向け CFM 社製 Leap-1B エンジンの初飛行試験が GE 社所有の 747 試験機を用いて実施された。当該エンジンは、5 時間 30 分の飛行時間中順調に動き、様々な高度における空気力学的試験を実施。数週間かけて操作性、失速マージン、性能、排気、及び騒音値を測定する総合試験を実施⁽⁸⁾。

CFM 社は 5 月に、Leap-1B エンジンの initial flight envelope の飛行試験を終え、エンジンの操作性、排出ガス、性能を確認する性能試験を開始。737MAX は、Leap-1B エンジンの飛行試験初期データは、想定通りの結果。Boeing 社営業担当の Wojick 氏は、今後順調に Leap-1B の開発が行われ、Boeing 社と結んだコミットメントが CFM 社により達成され、お客様への 737NG と比べて 14%燃費改善するとした目標を満たす事が出来るだろうと述べた⁽⁹⁾。

Boeing 社は、2015 年 9 月より米ワシントン州レントン工場にて 737MAX8 初号機の最終組立を開始した。2016 年初めに初飛行を実施し、2017 年第 3 四半期にローンチ・カスタマーであるサウスウエスト航空へ初号機を納入する予定⁽¹⁰⁾。なお、10 月末には、787 式の多機能ディスプレイを装備したコックピットのパワーオンを実施しており、2015 年中に初号機の組立を完了する予定⁽¹¹⁾。

2016 年 1 月 29 日、Boeing 社の Renton 工場から初飛行を実施。Boeing 社 Flight Operations VP の Bomben 氏は、試験飛行に約 9 か月の期間を計画しており、2 月末頃には試験飛行に 2 機目が加わると述べた⁽¹²⁾。

(3) Boeing 787

2015 年 4 月 22 日、Boeing 社ファイナンス担当は、787-8 の製造コストが、初産 50 機と比べ 30%低減したと発表。更に、2014 年第 4 四半期では、生産コストが一機当たり平均 3 億 2 千万ドル発生していたが、2015 年第 1 四半期では、平均 2 億 6 千万ドルに低減。また 787-9 の初産 20 機は、コスト削減を含め、開発がスムーズに遂行出来たと述べた。これら 787 は、2015 年中に売価以下の製造コストで生産可能となる見

込み。一方で、787 生産レートアップ計画及び 787-10 開発への投資のため、繰延費用は増加し、2016 年にピークを迎える見込み。一部の投資家は、繰延費用は最終的に 300 億ドルに達すると予想している⁽¹³⁾。

2015 年 12 月 2 日、Boeing 社は、787-10 型機の詳細設計を計画より 2 週間ほど早く完了したと発表。787-10 型機のメジャー組立は 2016 年に始まり、2017 年に初飛行、2018 年に初号機納入を予定⁽¹⁴⁾。

(4) Boeing 777 後継機 (777X)

2015 年 8 月 27 日、Boeing 社は 777-9 の仕様策定 (Firm Configuration) が完了したと発表。この後、詳細設計フェーズに進む。Boeing 社によると 777X は、競合機の A350-1000 と比べて燃費が 12%向上し、運用コストが 10%減少するとしている⁽¹⁵⁾。

(5) Boeing 747-8

2015 年 3 月 18 日、747-8 Intercontinental は、FAA より 4 発ジェット機としては初となる 330 分の ETOPS (Extended Operations; 長距離進出運航) ※を承認された。747-8 は、既に空力改善設計により燃費を改善しており、今回の証明取得により直接運航が可能となる長距離路線がより増える事となった⁽¹⁶⁾。

※FAA の規制改訂により、2015 年の 2 月 17 日以降に製造された 3 発以上の民間ジェット機が新たに ETOPS の対象となった⁽¹⁷⁾。

(6) Boeing 757 後継機

2015 年 3 月 9 日、Boeing 社マーケティング部門 VP の Randy Tinseth 氏は、757 後継機市場について、機体サイズが 757-200 よりも大きく、航続距離が既存 757 より約 20%延長する機体開発を目指すとし、737MAX9 と 787-8 の間を埋めるセグメント市場を考えていると述べた⁽¹⁸⁾。

2015 年 6 月 14 日、Boeing 社営業担当の Wojick 氏は、次世代開発機について 737 と 787 の中間サイズ (MOM : Middle of the Market) となる新設計の広胴機の可能性を示唆した。当機は、航続距離 4,500~5,000nm、かつ座席数 220~280 席の構想であり、国内路線及びリージョナル路線向けの機体として検討が進められている。次世代開発機プログラムのローンチ時期は、先進型エンジン技術の開発、Boeing 社内エンジニアのリソース及び資金財源の観点から、2019 年以降になると予測⁽¹⁹⁾。他方、MOM クラス旅客機のローンチ時期や性能については諸説があり、座席数を最多 220 席⁽²⁰⁾若しくは最多 240 席⁽²¹⁾とする記事や、2017 年頃のローンチを予測する記事も見られる⁽²⁰⁾⁽²²⁾。

2015 年 11 月 8 日、Boeing 社営業担当 Senior VP の Wojick 氏が、MOM 旅客機 (座席数は 220~280 席、航続距離は 4,500nm~5,000nm) に対して、2,000 機以上の需要を見込むと発表。767 クラスのキャパシティと航続距離を提供しながら、757 のような

Single-aisle 機に匹敵する経済性を実現しなければならないと述べた。Merril Lynch と Leeham のアナリストは、必要な性能と経済性を実現するために、Boeing 社が扁平楕円断面胴体で 2 通路、7 列席の仕様を導入すると予測。Boeing 社は 2003 年から 2010 年の間に、楕円断面胴体旅客機の設計と製造技術に関して、数件の特許を取得している。Boeing 社は、現在 737MAX・787-10・777-9X・777-8X の開発中であるため、MOM の運航開始は早くても 2022 年以降と予想されている⁽²³⁾⁽²⁴⁾。

(7) その他

2015 年 4 月 15 日、Boeing 社は、2014 Boeing Supplier of the Year として、14 社と 1 大学を表彰した。日本企業からは、オートメーションと省力化の施策によって生産コストの低減を実現した新明和工業が 2 年連続で同賞を受賞した⁽²⁵⁾。

新明和は、かつて参入していたロボテク分野のノウハウを活かし、航空機生産の各工程で省人化を図った。2013 年 7 月時点の新明和の自動化促進活動には、以下が含まれる。

- 複合材部品の塗装作業にロボットを活用
- 燃料タンク内シーリングの自動化研究
- 非破壊検査工程に自社開発のロボットを投入し、自動化。ボトルネックとなっていたこの工程において、200%以上の改善率を達成。
- 自社開発の NC ボーリングマシンを導入し、787 前方スパーのエンジン懸架用金具のためのボーリング作業を自動化。自動化とリーン活動促進の効果により、ボーリング作業に要する時間を当初の一週間から約半日に短縮。

新明和工業の自動化活動の効果は、生産効率化の他に人材の有効活用にも及び、今までアウトソースを行いコストが掛かっていた作業に、自動化から生まれた人材を充て内製化することにより、全体の効率化とコスト削減ができた⁽²⁶⁾。

2. 3. 1. 3 Airbus 社の動向

(1) Airbus 社

Airbus 社は、2015 年 3 月 25 日から実施していた Dassault Aviation 株の売却が完了したことを発表した。当初売却計画の 161 万株に加え、オーバーアロットメント※の約 22 万株を売却。161 万株の内 5%は Dassault が買い戻し、残りは機関投資家により買われた。これにより、Airbus 社による株のシェア率は 46%から 23.26%へ減少⁽²⁷⁾。

※当初の募集・売出予定株数を超える需要があった場合、当初の売出予定株数を超過して、募集・売出しと同じ条件で追加的に投資家に販売すること。

Airbus 社は、2016 年 1 月 12 日に業績発表を行い、2015 年に 635 機を納入(2014 年：629 機)したと述べた。13 年連続で納入機数の記録を更新。Airbus 社は、2015 年に 1,036 機を受注しており、これはリストプライスで 1,371 億ドルに相当⁽²⁸⁾。受注残

は業界過去最多となる 6,787 機⁽²⁹⁾。

(2) Airbus A320

2015 年 10 月 30 日、A320 ファミリーに対する高い需要に応えるため、Airbus 社は A320 の更なる生産レートアップ計画を発表。月産レートを現行の 42 機から、2017 年までに 50 機とする現レートアップ計画から、独 Hamburg の最終組立ラインの増設によるキャパシティを拡大及び Toulouse での客室内装艙装の最終組立ラインへの統合により 2019 年中期には月産 60 機とする計画⁽³⁰⁾。

(3) Airbus A320neo

2015 年 4 月 15 日、CFM International の Leap-1A エンジンを取り付けた機体のロールアウトを実施した。21 日には同機体を飛行試験チームに引き渡し、5 月 19 日に初飛行を実施した⁽³¹⁾。Airbus 社は、PW1100G を取り付けた機体の初飛行を既に実施済みであり、現在 2 機を使用して飛行試験を行っている⁽³²⁾⁽³³⁾。

2015 年 5 月 19 日に Airbus 社は、PW1100G 搭載 A320neo を 2015 年の第 4 四半期、Leap-1A 搭載 A320neo を 2016 年の前半に初納入する予定であると発表⁽³⁴⁾。

Airbus 社は、2015 年 7 月 15 日に Leap-1A エンジン搭載機、7 月 28 日に PW1100G エンジン搭載機の飛行試験をそれぞれ再開した。Leap-1A エンジン搭載機は、エンジンと装備品のアップグレード及び高温・高地環境試験前に機体整備を行う為に、飛行試験を一時停止⁽³⁵⁾、また、PW1100G エンジン搭載機は燃焼モジュールのスナップ・リングに欠陥が見つかったため、3 か月ほど飛行禁止となっていたもの⁽³⁶⁾。

2015 年 10 月 1 日に、A320neo の高温環境試験時に PW1100G エンジンの 1 つにダメージが発見されたと Airbus 社は述べた。ダメージが見つかった飛行試験機は飛行停止となっており、Pratt & Whitney 社が詳細を確認中⁽³⁷⁾。このトラブルにより、年内の A320neo 初号機の納入は困難と思われるが、Airbus 社長の Bregier 氏は、予定通りに納入すると述べている⁽³⁸⁾。

2015 年 11 月 24 日、PW1100G エンジン搭載型の A320neo は、FAA と EASA より型式証明を取得し、航空会社への納入が可能となった。CFM Leap-1A エンジン搭載型の型式証明は、今後数カ月以内に取得し、その後、A321neo と A319neo の型式証明を取得すると Airbus 社は発表した⁽³⁹⁾。

Airbus 社は 2016 年 1 月 20 日、Lufthansa に A320neo を初納入⁽⁴⁰⁾。1 月 25 日から商用運航が開始された⁽⁴¹⁾。以前の計画では、2015 年中に初納入の予定であったが、エンジン始動時のローターたわみの問題解決と書類作成に時間を要し納入が遅延⁽⁴²⁾。A320neo の受注残は 4,500 機近くあり、2019 年半ばには月産 60 機へと生産レートを上げる予定。その後、63 機への増産も視野に入れている⁽⁴³⁾。

(4) Airbus A320 ファミリー後継機

2015 年 6 月 17 日に Airbus 社は、A320 ファミリー後継機の EIS を 2030 年まで 5 年ほど延期することを検討している。その 5 年間でエンジン効率向上を含む先進技術の発展に期待し、Rolls Royce 社や Pratt & Whitney 社、CFM 社と高バイパス比エンジンやオープンローターを含むエンジン技術の開発について調整を進めている。現時点では後継機の通路数や機体サイズは未定であり、エンジンメーカは様々なオプションを検討している⁽⁴⁴⁾。

(5) Airbus A330

2015 年 7 月 2 日に Airbus 社は、中国天津に A330 の Completion & Delivery Center (C&DC) を設立する協定を天津港保税区(TJFTZ)と中国航空工業集团公司(AVIC)と締結したと発表。天津 C&DC では、仏トゥールーズで組み立てられた A330 の客室装備、塗装、エンジンテストと引き渡しが行われる⁽⁴⁵⁾。天津 C&DC での初号機の引き渡しは、2017 年終わりを目指す⁽⁴⁶⁾。

(6) Airbus A330neo

Airbus 社は、2015 年 9 月 7 日から、仏トゥールーズのサン・エロワ工場にて、A330neo の製造を開始し、初号パイロンの切削を実施。A330neo のチタン製パイロンは、A350 から取り入れた空力、材料及び設計の先進技術が取り入れられている。また、仏ナント工場では、A330neo 中央ウイングボックスのリブ切削を開始。強度、剛性、重量要求を満たすために、アイソグリッド構造を適用する⁽⁴⁷⁾。



図 2.3.1.3-1 A330neo のアイソグリッド構造中央ウイングボックスリブ⁽⁴⁷⁾

(7) Airbus A350XWB

Airbus 社は、2015 年 9 月 25 日より A350-1000 初号機の胴体組立を開始した。主翼組立はすでに 8 月から始まっており、最終組立は 2016 年初めを予定⁽⁴⁸⁾。2015 年 11 月 6 日には、A350-1000 向けに開発された Rolls-Royce 社製 XWB-97 エンジンの飛行試験が A380 フライトテストベッドを用いて開始。約 9 か月後（2016 年 8 月頃）には A350-1000 の初飛行を実施し、2017 半ばからエアラインへの納入を開始する予定⁽⁴⁹⁾。

2015 年 10 月 13 日に Airbus 社は、シンガポール航空をローンチ・カスタマーとし、

航続時間を最大 19 時間に延ばした超長距離型 A350-900ULR の開発を開始した。A350-900ULR は、燃料系統の改良により、燃料タンクを増設せずに搭載可能燃料を 141,000 リットルから 165,000 リットルに増加。シンガポール航空は、A350-900ULR をシンガポール—ニューヨーク間等の超長距離路線に導入する予定。シンガポール—ニューヨーク間の飛行距離は 8,700nm であり、世界最長の旅客路線となる見込み⁽⁵⁰⁾。

(8) Airbus A380

2015 年 4 月 14 日に Airbus 社は、2017 年より、A380 メインデッキの座席仕様を、従来の 10 列席に加え 11 列席のものも提供する事を決定。Airbus 社は、11 列席仕様でも通常の 18 インチ幅の座席広さを提供できるとしているが、Emirates は、11 列席仕様への変更により“高品質エコノミークラス”のイメージが低下する事を恐れており、採用する計画を取りやめている⁽⁵¹⁾。

(9) Airbus A380neo

2015 年 11 月 11 日、Airbus 社 COO の Leahy 氏は、A380neo が 2022 年か 2023 年までに就航すると話す一方、11 月 19 日に Bregier 社長は、A380neo の市場投入が必要だが、2022 年は早すぎると述べた。A380 を最も多く発注している Emirates 航空の Clark 社長は、A350-1000 や 777-9 を含む新型エンジン搭載機に匹敵する座席マイルあたり運用コストを実現するため、A380 のエンジン換装と胴体延長を求めている⁽⁵²⁾。

2. 3. 1. 4 その他各社の動向

(1) Embraer E-Jet E2

2015 年 4 月 15 日、Embraer 社は、E-Jet E2 開発プログラムについて、部品及び組立設計が完成間際であり、既に Sub 組立が開始されたことを発表した。E-Jet E2 シリーズは、エンジンと主翼設計の改善^{*}により、既存 E-Jet と比べ燃焼効率が 16~24%向上し、メンテナンスコストを 10~20%削減する機体となる。開発スケジュールは順調であり、2016 年後半に初飛行を実施し、2018 年から E190-E2 の納入を予定している。1 年毎に、E195-E2、E175-E2 を納入する。Embraer 社は、E-Jet E2 シリーズ生産開始後も約 3 年間は既存 E-Jet シリーズの生産を並行して続ける方針である⁽⁵³⁾。

^{*} E-Jet E2 シリーズでは、翼端レーキが適用され、主翼のアスペクト比が既存の E-Jet より大きくなる⁽⁵⁴⁾。

2015 年 5 月 29 日、東レは Embraer E175-E2 向けに、炭素繊維プリプレグを供給する覚書を Embraer と締結。エンブラエルに対する一次構造材向けプリプレグの供給は、現行契約のビジネスジェット機から適用範囲を拡大し、新たにリージョナルジェット機の E175-E2 プログラムも対象となる⁽⁵⁵⁾。今回供給が行われるプリプレグが E175-E2 のどの構造部位に使用されるか定かではないが、今までは、E175-E2 の動翼やフェアリング等の二次構造のみに複合材を使用するとされていた⁽⁵⁶⁾。

2015年11月10日、Embraer社はE-jet E2の試験機を6機製造することを発表。2016年中にE195-E2を2機、E190-E2を3機完成させる。残る1機のE190-E2は、2017年に完成予定。E175-E2試験機の製造については現時点では未定である。E190-E2のIron Birdは試験準備が完了しており、E190-E2初号機の翼胴結合も完了している⁽⁵⁷⁾。

Embraer社は、E190-E2試験機を2016年2月25日にロールアウトを実施。初飛行は、予定通り2016年後半に行う見込み⁽⁵⁸⁾。

(2) Bombardier CSeries

2015年3月27日、Bombardier社CEOは、CSeries CS100の開発スケジュールを変更し、型式証明取得を2015年末、EISを2016年へと遅らせる可能性があることを発表した⁽⁵⁹⁾。

2015年11月17日に、Bombardier社は、CSeries CS100の型式証明取得に必要な飛行試験を終えたと、発表。今後、カナダ運輸省の認証を経て、年内に型式証明を取得する予定⁽⁶⁰⁾。

2015年12月18日、CS100がカナダ運輸省の型式証明を取得。6か月後にはCS300の型式証明も取得予定⁽⁶¹⁾。

● Bombardier 社の財政難について

2015年10月29日にケベック州は、CSeriesプログラムに約10億ドルを投資し、株式の約49.5%を取得することを明らかにした。この投資により、財政難で苦しむBombardier社を救済する。また、この救済処置に伴い、Bombardier社は今後少なくとも20年間、ケベック州でCSeriesの製造を行い続けることを確約する⁽⁶²⁾。2016年2月25日にBombardier社はカナダ連邦政府とも救済処置の投資について交渉をしていると報道され、ケベック州としてもBombardier社への出資にパートナーが必要と考えている。Bombardier社のCEO、Bellemare氏は2月17日にCSeriesが利益を生み出す2020年頃までに約20億ドル追加が必要であるとコメントした⁽⁶³⁾。

(3) COMAC C919

2015年4月、COMAC社は、中国 山東省の東営永安空港(Dongying Shengli Airport)近郊において飛行試験センターの新設工事を開始した。当該センターは、開発中であるC919及びARJ21-700の飛行試験、飛行試験用パイロットとエンジニア職技術者のトレーニング、また、機体の定期メンテナンス業務等に活用される⁽⁶⁴⁾。

COMAC社は、2015年11月2日にC919をロールアウト⁽⁶⁵⁾。その後、アビオニクス・フライトコントロール・油圧系統の試験、システム統合、地上試験機の静強度試験を行う予定。C919の初飛行は2016年第2四半期を目指す⁽⁶⁶⁾。COMAC社は、300席以上のワイドボディ機C929の研究も開始していると発表⁽⁶⁵⁾。

(4) COMAC ARJ21

COMAC 社は 2015 年 11 月 29 日、成都航空に予定から 8 年遅れで、初の ARJ21-700 を納入した⁽⁶⁷⁾。成都航空は、2 月の商用運航開始に向け準備中である。2016 年 2 月 17 日、COMAC 社は、ARJ21 の性能向上のために設計変更を検討しており、2~3 年以内に量産機に組込むと述べた。また、派生型ビジネス機の 2018 年出荷に向けて活動しているとのこと⁽⁶⁸⁾。

(5) Irkut MC-21

2015 年 4 月 16 日、MC-21 の中央ウィングボックス初号機が組立工場へと納入された⁽⁶⁹⁾。

MC-21 のコックピットには、ビジネスジェット以外の民間機としては初めてアクティブ サイドスティック コントローラ^{*}が適用される。サプライヤには、当該システムの開発を 20 年以上続けてきた UTC Aerospace Systems 社のフランス子会社が選定された。MC-21-300(180 席仕様)は、初飛行を 2016 年、EIS を 2018 年に予定している⁽⁷⁰⁾。

※ アクティブ サイドスティック コントローラは、操縦士・オートパイロットのコントロール入力に対して力フィードバックを与える仕組みのサイドスティック コントローラである。この機能により、片方の操作が、他方のサイドスティックにも、力フィードバックによって反映される。Airbus 社は、サイドスティック コントローラを既に使用しているが、力フィードバックが行われないパッシブ サイドスティックである。このパッシブ サイドスティックは、エールフランス 447 便の墜落 (2009 年) の一つの原因と考えられている⁽⁷⁰⁾。

アクティブ サイドスティック コントローラは、軍用機では数十年前から使用されていたが、BAE 社が、軍用機の Triplex から Dual-duplex に仕様を変え、信頼性を向上させたことにより、民間機でも使用されるようになった。BAE 社は Gulfstream G500/600 ビジネスジェットと Embraer KC-390 貨物機向けに供給しているが、UTC Aerospace Systems 社が初めて旅客機向けにアクティブ サイドスティック コントローラを供給する⁽⁷¹⁾。

2015 年 11 月 27 日、ロシアの Aviadvigatel 社は、Pratt & Whitney 社の PW1400G と共に、新型エンジン PD-14 が Irkut MC-21 のエンジンオプションとして提供される予定を発表⁽⁷²⁾。

(6) Mitsubishi Aircraft MRJ

2015 年 4 月 10 日、三菱航空機は MRJ 開発状況について、初飛行を 2015 年 9~10 月へと変更することを発表した。今回の見直し理由は、各種地上試験による検証結果を反映させるためであり、初号機納入スケジュールは変更せずに 2017 年度第 2 四半期を予定する。併せて、最終組立工場の新設、及び三菱重工業と連携した量産機の製造ラインの構築等、拠点展開計画について公表した⁽⁷³⁾。

2015年5月12日、三菱航空機は2016年よりワシントン州 Moses Lake にて実施予定のMRJ飛行試験に向けて、シアトルにエンジニアリングセンターを設立することを発表した。MRJの初飛行は2015年10月に予定され、飛行試験には当初の予定より1機多い5機の試験機が使用される。試験機の内、初号機(FTA-1)と2号機(FTA-2)は組立作業を完了し、残り3機は現在組立工程にある。全機とも塗装作業は完了済みであり、5号機(FTA-5)は、ローンチ・カスタマーであるANA仕様の塗装となっている⁽⁷⁴⁾。

2015年7月17日、三菱航空機は、今後20年間で5,190機のリージョナル機需要があると予測し、その市場の半分はMRJ90、MRJ70及び検討を進める100席仕様のMRJにて対応可能と考えている⁽⁷⁵⁾。

2015年8月3日に米ワシントン州のインスリー知事、在シアトル日本国総領事館の大村総領事、AeroTEC社のヒューマン社長、三菱航空機の森本社長などが出席し、シアトルエンジニアリングセンター(SEC)開所式典が行われた。SECでは、米AeroTEC社との協働の元で適合性証明活動と飛行試験の支援が行われる。地元のエンジニア100名程と、日本から派遣するエンジニア50名程の、約150名のメンバーで運営する⁽⁷⁶⁾。

2015年11月10日、三菱航空機はMRJ70の部品製造を開始しており、試験機は2機製造する予定と発表。MRJ70の胴体はMRJ90より短いため、システムインストレーションに係る変更が必要。エンジン、システム、主翼、尾翼はMRJ90と同じものを搭載予定。MRJ70の初納入は、MRJ90(2017年第2四半期納入)の1年後を予定⁽⁷⁷⁾。

2015年11月11日、三菱航空機はMRJ90の初飛行を実施。1時間27分の飛行で、太平洋上の防衛省飛行訓練区域にて飛行特性を確認。最高高度は15,000ft(約4,500m)、最大速度は150ノット(約280km/h)であった。今後は、2016年夏以降に計画している米ワシントン州での飛行試験に向けて、日本での試験を加速する⁽⁷⁸⁾。

2015年12月24日、三菱航空機はMRJの納入を1年程延期し、2018年中旬へ変更することを発表した⁽⁷⁹⁾。

(7) Sukhoi Superjet 100 (SSJ100)

2015年8月4日、スホーイ社は、SSJ100のストレッチ型であるSuperjet NGの開発について、初期検討を実施中。もし実現すれば、エンブラエル社のE190/195-E2や、ボンバルディア社のCSeriesファミリーの競合機となる⁽⁸⁰⁾。

2015年8月4日にSuperjet NGの開発について、スホーイ社は次のように述べた。

- リージョナル路線向けに最適化する為、航続距離は2,000nm
- 主翼の空力性能向上により、L/DをSSJ100の16.5から18に向上
- MTOWは、SSJ100より10%増の55トン未満に抑える
- Pratt & Whitney社製のGTFを検討したが、機体コストを抑えるためにSSJ100と同じSAM-146エンジン(仏Snecma社・露United Engine Corporation社共同開発)を選定
- 米国のNextGenやヨーロッパのSESAR等、将来の航空交通管制システムに対

応できるアビオニクスを検討

- HUD の導入を検討

2015 年 11 月 17 日、アレーニア・アエルマッキ社(51%)とスホーイ社(49%)の JV である SuperJet International (SJI)は、来年頭にも現行の SSJ100(98~104 席)から 135 席とする胴体延長型の開発を開始する見通しと述べた。同機は胴体の前方 2m、後方 1.5m 延長し、主翼は面積とアスペクト比を大きくする。主翼の改修により、現行機の推力 5%増で現用 SaM146 エンジンの運用が可能としている⁽⁸¹⁾。

2015 年 12 月 10 日、スホーイ社は SSJ100(98~104 席)のストレッチ型、SSJ100SV(135 席)の開発スケジュールを変更した。2016 年 3 月に概念設計を完了させ、その後顧客にコンセプトを提示する。予定型式証明取得は、2018 年から 2019 年に延期し、納入は当初計画されていた 2019 年ではなく 2020 年から開始する⁽⁸²⁾。

(8) その他機体開発動向

ア 90 席ターボプロップ機

①2015 年 9 月 23 日、Korea Aerospace Industries (KAI) が検討していた 90 席 TP 機の開発に興味を示す海外パートナーが見いだせず、2014 年に検討チームを解散していた事が判明した。この機体開発計画では、KAI や KAL-ASD (Korean Air Aerospace Division)が開発に乗り気ではなく、韓国産業通商資源部の意向に従い進めていたものであった⁽⁸³⁾。

②2015 年 10 月 18 日、AVIC 社は MA700 (78 席ターボプロップ機)の詳細設計を今年中に終える予定と発表。AVIC 社は、ATR72(68 席)や Q400(74 席)よりも大型のターボプロップ機に対する需要が高まってきた市場に対し 90 席以上の MA700 派生型を投入したい考えであったが、このサイズは ARJ21 と競合するため、中国政府から機体の大きさを 60 席に制限されており、AVIC 社は、多くの島に短い滑走路を有し CAAC の型式証明でも受け入れるインドネシア等で MA700 の 60 席型を投入する事を検討中⁽⁸⁴⁾。

③2015 年 11 月 9 日、ATR 社の 50%シェアを持つ Alenia Aermacchi の Bagnato 社長は、90 席ターボプロップ機開発の必要を示唆。しかし、同じく ATR 社の 50%シェアを握る Airbus 社が 90 席ターボプロップの開発に乗り気でないため、ATR 社は 80 席への増席を目論んだ ATR72-600 の高密度 78 席型を開発している⁽⁸⁵⁾。12 月 8 日に ATR 社は、前方貨物室と座席ピッチを調整し最大座席数を 74 席から 78 席に増加した新仕様 ATR72-600 の EASA 認証を取得。従来型 ATR72-600 の 78 席仕様への改装も可能とのこと。78 席 ATR72-600 の EIS は、2016 年 8 月の予定⁽⁸⁶⁾。

イ Hondajet HA-240

Honda Aircraft Company は、2015 年 12 月 23 日に Hondajet HA-240 ビジネスジェット（以後、Hondajet）を初納入した⁽⁸⁷⁾⁽⁸⁸⁾。Hondajet は 2003 年の初飛行の後、エンジンの設計改善や FAA から追加で課された型式証明特別要件を克服し、2015 年 12 月 8 日に Hondajet の FAA 型式証明を取得⁽⁸⁹⁾。Hondajet の自然層流翼型や主翼上面のエンジン配置、新型エンジンの適用により、従来機より 5%高い燃費性能が得られる⁽⁹⁰⁾。

[2. 3. 1 項 出典 (1) ～ (90) : 各、資料 3 の P2015D206～P2015D295 参照]

2. 3. 2 エンジン関係 ～主要各社の動向～

(1) ゼネラル・エレクトリック (GE) 社と CFM インターナショナル (CFM) 社

a. LEAP-1A/1B/1C

CFM 社の LEAP エンジンには-1A、-1B、-1C の 3 つの派生型がある。それぞれ、3D Woven Carbon Fiber ファン動翼、Twin-Annular Pre-mixing Swirler(TAPS)燃焼器、Ti-Al 低圧段タービン動翼が適用される。さらに、新材料として Ceramic Matrix Composites (CMC)が、民間エンジンとして初めて高圧段タービンシュラウドに適用される。

-1A は、エアバス A320neo 向けの推力 32,900 ポンドのエンジンである。2015 年 5 月に A320neo による初飛行試験が行われた⁽¹⁾。目標性能に対して商用運行までに達成するとしている⁽²⁾。2015 年 11 月には EASA/FAA からエンジン型式証明を取得した⁽³⁾。商用運行は 2016 年の開始予定である。

-1C はコマック C919 向けの推力 30,000 ポンドのエンジンである。構造的には-1A と同一である。C919 初飛行に向けて、7 月 23 日 COMAC 社に-1C エンジンが出荷された⁽⁴⁾。商用運行は 2018 年である⁽⁵⁾。

-1B は、ボーイング 737MAX 向けの 28,000 ポンドのエンジンであり、CFM-7B の燃料消費より 14%改善を目指す。2015 年 4 月から GE 社のもつ 747 型 FTB で飛行試験が開始された⁽⁶⁾。ボーイングによれば、当初の計画通り CFM-7B を搭載する 737 に対し、概ね 14%の燃費改善を達成するとのこと^{(7) (8)}。2016 年 1 月 29 日には、ボーイング 737MAX の初飛行が行われた⁽⁹⁾。エンジン型式証明は 2016 年、商用運行は 2017 年の第三四半期を予定している⁽¹⁰⁾。

LEAP のプログラムがローンチして以来多くのエンジン試験が行われてきている。34 台のエンジニアリング試験用エンジンに加え、各機体メーカーの飛行試験向けに 48 台のエンジンを供給し、合計 82 台のエンジンを用いた試験が LEAP-1A、-B、-1C に対して計画されている。なお、かつてない短期の開発スケジュールに対応するため、同社のもつ世界中の 20 か所を超える試験場と 2 機の FTB を用いて試験が行われる⁽¹¹⁾。



図 2.3.2-1 エンジン型式証明を取得した LEAP-1A エンジン⁽³⁾

b. GE9X

ボーイング 777X 向けに唯一供給される 100,000 ポンド級のエンジンである。現在、GE90-115B が搭載される 777-300ER に対し、燃費 10%改善を目指す。

燃焼ライナー、HPT 初段静翼、シュラウド、2 段静翼には、シリコンカーバイド (SiC) 繊維強化型 CMC が適用され、低圧段動翼の最終 2 段には Additive manufacturing (AM) いわゆる 3D プリンティングで製造された TiAl 翼が適用される⁽¹²⁾。また、高圧段タービン動翼には複雑な内部冷却構造をもつ次世代空冷翼が採用される。直径 134 インチのファン動翼は、第 4 世代の複合材が用いられ 16 枚のワイドコード、スウェプト翼になっている。さらに、GE90 に比べより薄く耐衝撃性を増すため、翼リーディングエッジシースには従来の Ti 合金から Stainless steel に変更されている。高圧圧縮機翼には最新の 3D 空力設計が適用され、圧力比は、GE90-115B の 9 段で 18:1、GEnx の 10 段で 23:1 に対し、11 段で 27:1 を達成する。燃焼器には、TAPSⅢと呼ばれる最新の稀薄予混合燃焼システムが採用される。従来の燃焼器に比べ、高圧下で冷却空気量を減少させながら最新の CAEP/8 の要求に対し NO_x を 30%低減させる⁽⁷⁾。

CMC 部品については、スケールダウンされた燃焼器ライナー、HPT 初段シュラウドおよび 2 段静翼が、GEnx-1B デモエンジンに組み込まれ 3 月から地上試験が開始された。部品耐用寿命である 20,000 サイクルの試験が予定されているが、部品の状況を確認するため 2,800 サイクル完了したところで一旦中断され、試験データの解析が行われている。今回の一連の試験では、予期せぬ強いサージを経験したが初期の外観検査では損傷は認められていない。今後、高圧段タービン初段静翼を次世代のタービン動翼とともに組み込み、試験が続けられる予定である⁽¹³⁾ ⁽¹⁴⁾。また、CMC 燃焼器の耐久性に着目した高サイクルの燃焼振動荷重を受ける動的耐久性試験が、オハイオ州 Evendale に建設された最新の燃焼試験セルで行われる。

ファンの試験は、ボーイング社の Universal propulsion system (UPS)で続けられている。試験リグは、ファン出口案内翼とコアを模擬した 1.5 段の Booster を持ち、エンジンと同じ周速で試験を実施し、性能・騒音が評価される。

GE9X の 11 段高圧圧縮機翼の 90%スケールの試験が GE 社の有するイタリア Massa 試験場で行われた。高圧段圧縮機モジュール最適化のため 1,000 点以上の計測が行われた⁽¹⁵⁾。その後、更なる性能改善のため高圧段圧縮機前段の翼枚数変更が実施され、Build2 と呼ばれる 2 回目の試験で評価が行われた⁽⁷⁾。

12 月には GE9X エンジンのキーとなる高圧段圧縮機、燃焼器および高圧段タービンからなる高圧段モジュールの試験が、米国オハイオ州 Evendale 試験場で開始された。試験では GE9X の Redline 回転数までの作動確認と 27:1 の圧力比を達成した。すべての結果は設計制限値以内であったとのこと。次の試験では空力最適化および燃焼器の作動確認が行われる⁽¹⁶⁾。

今後、2016 年にエンジン試験開始、ボーイング 747-400 を用いた飛行試験は 2017 年。2018 年には 777-9X の初飛行が計画されている。エンジン型式承認は 2018 年、商

用運行開始は 2020 年に計画されている⁽⁵⁾。



図 2.3.2-2 CMC 部品を GEEnx-1B デモエンジンに組込んだ耐久試験の様子⁽⁷⁾

c. GEEnx-1B、GEEnx-2B

ボーイング 787 と 747-8 向けの推力がそれぞれ 74,100 ポンド、66,500 ポンドのエンジンである。2011 年にボーイング 747-8 が商用運行を開始してから、10 月には早くも累計出荷台数が 1,000 台となり、GE 社の広胴機用エンジンとして最も早く量産が立ち上がったエンジンとなっている⁽¹⁷⁾。

GEEnx エンジンは、熱帯地域の高空で生成された小さな氷晶がエンジンに吸込まれ推力の低下やダメージを引き起こす Ice Crystal Icing (ICI) により、現在も ICI が発生する地域での高度制限が与えられている。これまで、GE 社は圧縮機の前部にあるブリードバルブの制御を変更して、翼に着氷する状態になるとバルブを開きバイパスに吸い出す対策を適用した。これにより 2015 年 2 月にはその高度制限が緩和されたが、さらに、制限を解除するため GE 社は最新のソフトウェアを準備した。GE 社によれば、最新のソフトウェアによる制限解除は、FAA に対しても十分説明できるとしている⁽¹⁸⁾。

d. Passport 20

ボンバルディアの Global 7000/8000 向けの推力 16,500 ポンドのエンジンである。複合材ファンケース、18 枚のチタン製ファン動翼とディスクが一体となった 52 インチ径フロントファンブリス、シリコンカーバイド系 CMC 製の高圧タービンシュラウドほかの新技术が適用される。また、排気ミキサー・排気センターボディ・コアカウルの 3 部品には、オキシド/オキシド CMC が採用される。なお、ファンブリスは鳥衝突や異物吸込みによるファンブリス交換のリスクを低減するため、初期設計から翼根部の翼厚を増やす変更が施されている⁽¹⁹⁾。

2014 年 12 月には、GE 社のもつ 747-100FTB による飛行試験が開始された⁽¹⁰⁾。鳥吸込み試験、Hail・氷吸込み試験は完了し、Blade-out 試験、Water ingestion 試験、

横風試験が行われた⁽²⁰⁾。さらに、51,000 フィートまでの高空を模擬した試験セルにて、エンジン性能および作動性確認が行われている。2013 年の初回試験から累計 750 時間、300 サイクル以上の試験が行われており、商用運行までに 4,000 時間と 8,000 サイクルの試験、もしくは 10 年間の運行に相当する運転が計画されている⁽¹⁰⁾。なお、Global7000 は商用運行開始が 2 年遅れ、2018 年の第 2 四半期となることが発表された⁽²¹⁾。

e. GE90-115B

ボーイング 777-300ER/777F に唯一搭載される推力 115,000 ポンドのエンジンである。燃費を 0.5%改善するプログラムが 2016 年導入に向けて開始されている。最も大きな変更は、高圧段タービンケーシングを冷却するアクティブ・クリアランスコントロールシステムの採用である。また、ファンモジュールの段差や隙間をなくすことにより抵抗を減少させ、高圧段圧縮機 1 段のブリスクリ化により効率を改善させる。抽気を制御するバルブについても復活させ巡航時のタービン先端隙間を最小化させる。さらに、低圧段タービンノズルの空力的な見直しや高圧段タービンシュタウドの変更にについても行なわれる⁽²²⁾。

f. その他

Additive manufacturing (AM)いわゆる 3D プリンティングで製造された GE90-94B の T25 センサーハウジングが、GE 社のエンジンで初めて FAA の型式承認を得た。本センサーは、高圧段圧縮機の入口に取り付けられ、エンジン制御のための温度計測を行う。なお、AM は、現在開発中の LEAP エンジンに適用済みであり GE9X エンジンの燃料ノズルにも適用される計画である⁽²³⁾。

(2) プラット&ホイットニー (P&W) 社

a. PW1100G-JM

エアバスA320neo向け推力35,000ポンド、バイパス比12.5:1の先進ファン駆動ギアシステムを採用したギアードターボファンエンジン (GTF) である。ギアシステムの採用により低圧圧縮機および低圧タービンの高回転数での作動が可能になり、高バイパス比と低圧圧縮機・低圧タービンの高効率化を両立させている。さらに、高効率化による段数の大幅な削減が可能になり、エンジン重量削減に寄与している。GTFに導入される先進材料技術としては、軽量・低コストのアルミリチウム合金を使ったハイブリッドファン動翼、次世代ニッケル基パウダーメタルディスク、次世代単結晶材料に熱遮蔽コーティングが施されたタービン動翼およびチタンアルミ製のLPT動翼がある⁽²⁴⁾。

2014年12月にエンジン型式承認を取得し、2015年11月にはPW1100G-JMを搭載したA320neoの型式承認が得られた。3機のA320neoを用いた飛行試験は、約350フライ

トで累積1,070時間以上実施された⁽²⁵⁾。

2016年1月にはルフトハンザ航空にて商用運行が開始された⁽²⁶⁾。これにより初めてGTFを搭載した機体が商用運行されたことになる。当初、2015年からカタール航空にて商用運行を開始する予定であったが、ローター変形による圧縮機動翼先端の接触を避けるため要求される約350秒のエンジン起動時間に対してカタール航空がこれを不服としたため、ルフトハンザ航空がローンチオペレータとなった。なお、P&W社は、エンジンシャフトのベアリングダンパー変更およびソフトウェアの変更を進め、2016年末にはV2500エンジン並みの150～160秒程度にするとしている⁽²⁷⁾。

P&W社はエアバスに対してコミットした燃費の達成に関して自信を深めており、商用運行開始時で現在のA320エンジンに対し16%改善するとしている。さらに、NO_xを40%、CO₂を16%、騒音に関しては15dB低減し、重量要求も満足する⁽²⁸⁾。

P&W社は、さらに、商用運行開始時の燃費目標に対し 2%改善する性能改善パッケージを2019年から供給する。これは、タービン部品のコーティングと冷却改善の組合せとなる模様である。P&W社によれば、空力設計および評価試験はすでに完了しており、これからの3年で一連の設計変更の組合せを決めるとしている⁽²⁰⁾。



図 2.3.2-3 ルフトハンザ航空 A320neo に搭載された PW1100G-JM エンジン⁽²⁶⁾

b. PW1400G-JM

イルクート MC-21 向けの PW1100G-JM をベースとした推力 31,000 ポンドのエンジンである。PW1100G-JM と共通化が図られている。8 月には初めてエンジンがイルクート社に出荷され、飛行試験に向けて準備がされている⁽²⁹⁾。なお、MC-21 の初飛行は 2016 年の予定である⁽²⁰⁾。

c. PW1500G

ボンバルディアの CSerise 向けの推力 23,300 ポンドの GTF エンジンである。燃料消費率を 20%改善し、騒音は ChapterIV規制値に対して 20dB 減、さらに、排出物を

大幅に削減する。2013 年 2 月にカナダ航空局から GTF として初めてエンジン型式証明を取得しており、2015 年 12 月には、カナダ航空局より機体の型式証明を取得した⁽³⁰⁾。

P&W 社は、2015 年に入り新たに飛行速度マッハ 0.1 以上において最大持続推力が最大 5%増となる PW1525G を追加した。PW1525G は静的条件での推力は最大 23,300lb とこれまでの PW1524G と変わりなく、推力増加に伴うエンジンハードウェアの変更は必要ない。ただし、高い推力での運用においては部品がより高温に晒されるためメンテナンス費用が増加するとのことである。

なお、本エンジンには、P&W 社が商用運行されるエンジンとして初めてとなる Additive Manufacturing (AM) いわゆる 3D プリンティングで製作された圧縮機静止部と Sync ring のブラケットが採用された⁽³¹⁾。

d. PW1200G

三菱航空機 MRJ 向けの推力 17,000 ポンドの GTF エンジンであり、燃費、ノイズ、排出物の大幅な低減が図られている。2013 年 4 月に地上試験が開始され、150 時間耐久試験も完了した。2015 年 11 月には飛行試験が開始された。

e. PW1700G、PW1900G

エンブラエル E-ジェット向けの推力 23,000 ポンドまでの GTF エンジンであり、それぞれ E175-E2、E190/195-E2 に搭載される。PW1900G は、推力 23,000 ポンド、バイパス比 12:1 のエンジンであり、PW1700G は推力が 17,000 ポンド、バイパス比 9:1 である。PW1900G は、最初のエンジン組立が完了し 7 月から地上試験が開始された。地上試験で性能と作動性 (Operability) の確認後、11 月から P&W 社の 747SP FTB に搭載され飛行試験が開始された⁽³²⁾⁽³³⁾。PW1900G を搭載した E190/195-E2 は、それぞれ 2018 年および 2019 年に商用運行の予定。PW1700G を搭載した 175-E2 は、2020 年に商用運行の予定である⁽⁷⁾⁽³⁴⁾。

f. その他

PW1100G-JM エンジンの急速な製造立ち上がりに対応するため、P&W 社は、エンジンを吊るした状態で組み立てる効率的なラインを導入した。作業者はエンジンへのアクセスが容易になるように高さや回転の調整が自由にできる。また、階段やプラットフォームなどを使った高所作業をなくすことができ安全面でも貢献する。この新しい組み立てシステムは、プログラムによりラインの移動が可能で、需要に応じて調整ができる。コネチカット州 Middletown 工場に順次導入され、同工場でのエンジン製造を 2020 年までに倍増させる計画である⁽²⁰⁾⁽³⁵⁾。

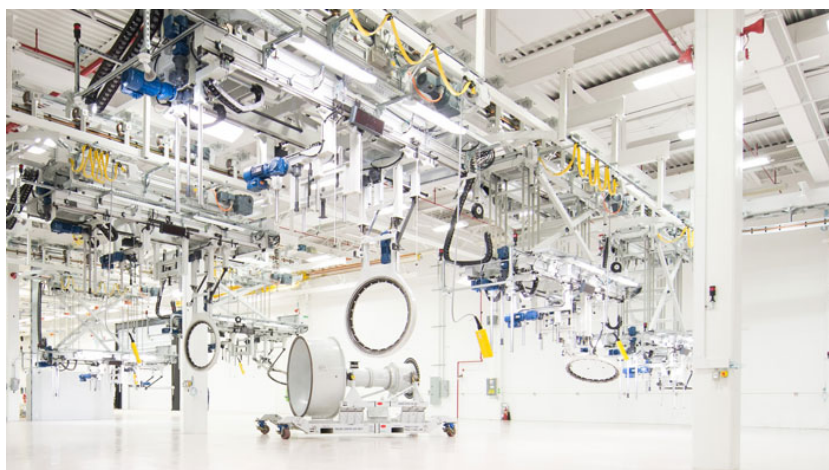


図 2.3.2-4 エンジン組立ての様子⁽³⁵⁾

(3) ロールス・ロイス社

a. トレント 1000-TEN

ボーイング 787 向けの推力 78,000 ポンドのエンジンである。トレント 1000-TEN は、XWB および同社の Advance technology プログラムからの技術が導入されており⁽⁵⁾、現在の“Package C”に対し 2%の燃費の改善を見込む⁽²⁰⁾。1000-TEN における主な変更箇所として、中圧圧縮機の後段 3 段に翼とディスクが一体化されたブリスクが適用され、空力性能の改善と軽量化が図られている。さらに、タービン翼先端すきまの制御や高圧圧縮機からの抽気を制御し効率良く冷却するシステムが付加されるなど一層の高性能化が図られている。

これまで、150 時間耐久試験を含む型式証明取得に必要なエンジン試験はすべて完了しており⁽³⁶⁾、2016 年にはボーイングによる 787-8、-9 を用いた飛行試験が開始される。まず、現在の 787 モデルで 2016 年から商用運行が開始され、787-10 の商用運行開始は 2018 年とされている⁽³⁷⁾。

b. トレント XWB-97

エアバス A 350 XWB-1000 向けの推力 97,000 ポンドのエンジンであり、ロールス・ロイス社では最大推力のエンジンとなる。XWB-97 は 2015 年 11 月から A380 FTB に搭載され飛行試験が開始された⁽²⁰⁾。飛行試験は 6~9 か月実施され、2016 年の半ばに予定される A350-1000 の初飛行に向けてリスクを低減させる⁽³⁸⁾。商用運行開始は 2017 年であり、XWB-84 を搭載した A350 XWB-900 の 2 年後となる。

XWB-97 の基本寸法等は XWB-84 と変わらず同じ 118 インチファン径とナセルサイズだが、ファン回転速度を 6% 上げることにより推力が 13,000 ポンド増強されている。さらに、5% コアが拡大され、耐熱化が施されたシュラウドレスの高圧段タービン動翼の適用により XWB-84 と同等の燃費を維持している。

XWB-97 は、2014 年 7 月からエンジン試験が開始されており、150 時間耐久試験を通じて耐久性を改善するいくつかの設計変更がなされている。これまで着氷試験、横風試験、大型鳥・中型鳥の吸込み試験が完了し、雨および雹の吸込み試験の準備が進められている⁽²¹⁾⁽³⁹⁾。



図 2.3.2-5 A380 FTB に搭載された XWB-97 エンジン⁽⁴⁰⁾

c. トレント 7000

推力 68,000-72,000 ポンドの A330-800neo および-900neo に独占的に供給される新開発のエンジンである。ファン径を、現在のトレント 700 の 97.5 インチから 112 インチに拡大させバイパス比を 5:1 から 10:1 と 2 倍にする。同時に騒音も 10dB 低下させる。さらに、全体圧力比を 35:1 から 50:1 とすることで、トレント 700 に対し燃料消費率を 10%改善させる⁽⁷⁾。

トレント 1000-TEN をベースに平均 5-6 年かかるエンジン開発期間を半分にする計画である。2015 年 11 月には英国 Derby にてエンジン試験が開始された⁽⁴¹⁾。ボーイング 747 を用いた飛行試験を 2016 年から開始し、エンジン型式承認は 2017 年の第 1 四半期を目指す⁽⁵⁾⁽²⁰⁾。A330-900neo の商用運行は 2017 年の末に、A330-800neo は 2018 年第 2 四半期に計画されている⁽⁷⁾。

d. その他

ロールス・ロイス社は Additive Layer Manufacturing (ALM) で製造したこれまでに最大となるフロントベアリングハウジング(FBH)を XWB-97 に組み込み飛行試験を行った。部品は、直径 1.5m、厚さ 0.5m のチタンからなる構造部品であり 48 枚の翼が含まれる。30%の製造リードタイムを改善できるとのこと。FBH は、地上試験では数回エンジン試験が行われた⁽²⁰⁾⁽⁴²⁾。なお、ALM 部品は量産用の XWB-97 には搭載されないが、本成果は、Advance と UltraFan のエンジン開発に引き継がれていく⁽²¹⁾。

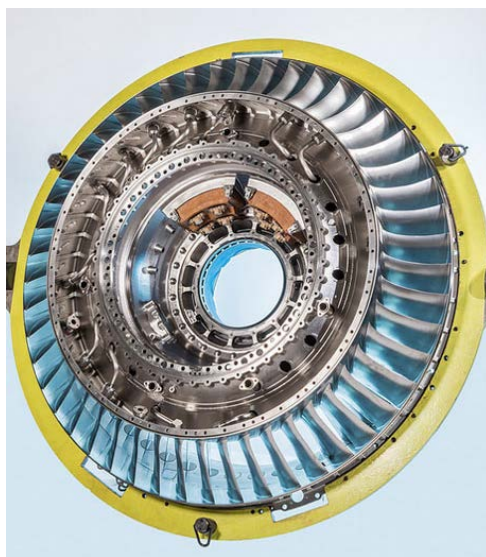


図 2.3.2-6 ALM で製造されたフロントベアリングハウジング⁽²⁰⁾

[2 . 3 . 2 項 出典 (1) ～ (42) : 各、資料 3 の P2015D296～P2015D337 参照]

2. 3. 3 装備品関係

装備品関係の動向については、主に以下の動向の調査を実施した。

近年の傾向として、MEA(More Electric Aircraft)、AEA(All Electric Aircraft)関連の動向が目立った。また、EU プログラムに見られるように、装備品関係単独ではなく、複数の装備品や構造部位などを組み合わせたシステム化（次世代主翼システム等）が重要な方向性となっていると考えられる。この他、NASA のロードマップにみられるように、装備品関係を含めた、故障予知などのビックデータ、IoT（Internet of Things）関連の研究も注目される。

■国際機関、ナショナルプログラム

- ・国際機関（IATA）のテクノロジー・ロードマップにおける装備品関係の位置づけ
- ・NASA Aeronautics のロードマップでの装備品関係の研究計画
- ・EU フレームワーク・プログラム（Horizon2020）及び CleanSky2）における装備品関係のプログラム
- ・経済産業省：航空機関連プロジェクト
- ・NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）：航空機用先進システム実用化プロジェクト
- ・その他、JAXA（宇宙航空研究開発機構）等

■学会、公的研究機関

- ・AIAA（The American Institute of Aeronautics and Astronautics）
- ・SAE Aerospace Technical Paper
- ・SAE 2015 AeroTech Congress & Exhibition
- ・SAE 2015 International Conference on Icing of Aircraft、Engines and Structure

■メーカーでの動向

- ・海外メーカーの動向（UTAS、GE Aviation 等）
- ・国内メーカーの動向（IHI 等）

（1）IATA Technology Roadmap

IATA（International Air Transport Association）は2013年に将来の航空機に求められる技術の技術ロードマップを作成している。同技術ロードマップで装備システムについては、キャビン及びシステムに関連した技術が記されている。したがって、顧客（エアライン）視点で、今後の装備品関係の技術、実用化動向を見ることができる。

キャビンの装備品については、高出力 LED、ワイヤレス/光 IFE（Inflight-Entertainment）が記されているが、いずれも技術の TRL（Technology Readiness Level）は9で実用化されている。装備システムについては、APU、降着シ

システム、フライトコントロール・システム、MEA（More Electric）アーキテクチャ、CTT System の調湿技術である Zonal Dryer、エネルギーハーベスティング（ウィングチップ、キャビンスイッチ向け）、システム・ヘルスマニタリング（ダイアグノーシス及びプログノーシス）が取り上げられている。このうち APU に関してはリチウムイオン二次電池、燃料電池が記されており、その実用化は 2020 年代半ば～後半となっている。降着システムに関しては電動タキシング技術とともに取付調整可能な降着システム（ADG/Adjustable Landing Gear：車輪・脚部の取付角度、サスペンションの固さ、ブレーキトルク等）が記されており、Wheel Tug や ADG は比較的早い時期の実用化が想定されている。

TRL では MEA やシステム・ヘルスマニタリングの実用化に近い点が注目される。

表 2.3.3-1 IATA Technology Roadmap（装備システム関連の部分）⁽¹⁾

Group	Concept	Technology	Applicability to aircraft program	Fuel Reduction Benefits	Current development status (TRL#)	Availability of technology (calculated)
Cabin	High power LEDs for cabin lighting		retrofit	< 0.5%	9	2012
	Wireless/Optical connections for Inflight-Entertainment		retrofit	< 0.5%	9	2012
	Light weight cabin interiors		retrofit	1 to 5%	9	2012
	Windowless Design		after 2020	5 to 7%	4	2026
System	APU	Lithium Batteries for secondary power	after 2020	< 1%	5	2024
		More efficient gas turbine APU	after 2020	1 to 3%	7	2022
		PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cells)	after 2020	1 to 5%	6	2023
		SOFC (Solid Oxide Fuel Cell)	after 2020	1 to 5%	5	2024
		SAFC (Solid Acids as Fuel Cell)	after 2030	1 to 5%	2	2028
	Landing Gear	Landing Gear Drive (Wheel Tug)	before 2020	1 to 2%	8	2015
		Taxi Bot	retrofit	1 to 4%	7	2022
		Adjustable Landing Gear	before 2020	1 to 3%	8	2015
	Flight Control System	Advanced Fly-by-Wire	before 2020	1 to 3%	8	2015
		Fly-by-Light	after 2020	1 to 3%	6	2023
		WFCS (Wireless Flight Control System)	after 2020	1 to 3%	5	2024
	More electric aircraft (mea) architecture		before 2020	1 to 5%	8	2015
	Zonal dryer		retrofit	< 1%	9	2012
	Energy harvesting device for wingtip sensors		after 2020	< 1%	5	2024
	Energy harvesting device for cabin switches		after 2020	< 1%	5	2024
	System Health Monitoring - diagnostic and prognostic		before 2020	1 to 4%	8	2015

(2) NASA

NASA では 2015 年 5 月に、「Technology Roadmap (TA15:Aeronautics)」を発表している。この中で、NASA は今後の航空機分野の技術開発テーマとしては、安全、環境、超音速機、リアルタイム・システム、無人機などがとりあげられている。しかし、装備システムを対象としたテーマは、リアルタイム・ヘルス・アセスメントや、関連するアルゴリズムなどに限られる。

(3) EU フレームワーク・プログラム (Horizon2020) 及び CleanSky2)

ア フレームワーク・プログラム (FP8、Horizon2020)

EU フレームワーク・プログラムでは、これまで多くの装備品関係のプログラムが実施されている。2015 年にはフレームワーク・プログラム 8 (FP8 : 2014 年～2020 年) (以下、Horizon2020) の研究プログラムが検討されている。

日本との関係では、将来の航空機キャビン・システム (Future passenger-friendly cabin architecture & systems)、軽量熱交換システム (Lighter integrated heat exchanger systems for engines)、効率的なコンポジット構造の製造・モニタリング (Efficient composite structure manufacturing & monitoring)、航空機の安全を高めるスマート・フライト・コントロール技術 (Smarter flight control technologies for enhanced safety) が候補としてあげられており、このうち少なくとも 3 つのプログラムが共同で実施される計画である (予算は 400 万ユーロ以上) (Horizon2020 資料による

<http://sunjet-project.eu/sites/default/files/EU%20Commission%20-%20Perez-Illana.pdf>)

なお、FP7 では約 40、FP6 では約 30 の装備品関係のプログラムが実施された。また、FP6 はエアバス A350XWB を念頭においた技術開発であったが、FP7 や現在の FP8 は、次世代旅客機機 (エアバス A320 の後継機等) をターゲットとした技術開発となっている。

イ CleanSky2

TRL 6 レベルを最終的に目指す CleanSky2 では、CleanSky の SFWA(Smart Fixed Wing Aircraft)プログラム等の成果を受け、Large Passenger Aircraft IADP

(Innovative Aircraft Demonstrator Program) やシステム ITD (Integrated Technology Demonstration) で、次世代コックピット、ナビゲーションシステムをはじめ、制御系、電気・エネルギー系、空調系システム、アクチュエータ、降着システム、次世代航空機のキャビン、カーゴのアーキテクチャなどの研究が取り組まれる。

(4) 国内の装備品関係のプログラム

国内では、経済産業省では航空機関連プロジェクトとして、航空機用再生型燃料電池システム、航空機用先進システム基盤技術開発（デジタル通信システム）、航空機用先進システム基盤技術開発（先進パイロットシステム機体・システム統合化）、航空機用先進システム基盤技術開発（電源安定化システム）などの成果評価が実施された。

また、NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）：航空機用先進システム実用化プロジェクトが、装備品に焦点をあてた航空機用先進システム実用化プロジェクトの公募を行われた。

(5) 学会関係の動向

ア AIAA

2015年に発表されている装備システム関連の論文としては、MEAアーキテクチャ、アクティブ・ハイブリッド・アクチュエータ、バーチャル歪センサなどに関するものがある。

- ・ Effect of Major Subsystem Power Off-takes on Aircraft Performance in More Electric Aircraft Architectures (Imon Chakraborty 他、Aerospace System Design Laboratory, Georgia Institute of Technology)
- ・ An Innovative All-Active Hybrid Actuation System (Tobias Roben 他、Institute of Aeronautics and Astronautics, RWTH Aachen University)
- ・ Aerodynamic Load Estimation from Virtual Strain Sensors for a Pliant Membrane Wing (Trenton J. Carpenter 他、Oregon State University)

イ SAE Aerospace

SAE Aerospace では、「SAE 2015 AeroTech Congress & Exhibition」の「IVHM: Integrated Vehicle Health Management」、「Power System」カテゴリーで表 2.3.3-2^②に示す発表がなされ、また、「SAE 2015 International Conference on Icing of Aircraft, Engines and Structure」カンファレンスで、「Aircraft and Engine Inflight Icing」のカテゴリーで表 2.3.3-3^③に示す発表がなされている。

[2. 3. 3 項 出典 (1) ～ (3) : 各、資料 3 の P2015D338～P2015D340 参照]

表 2.3.3-2 SAE 2015 AeroTech Congress & Exhibition⁽²⁾ (1 / 2)

Integrated Vehicle Health Management - Health Monitoring - Structures ATC803	Multi-Body Model of a Fixed-Wing Large Passenger Aircraft for Nonlinear State Estimation	Tuur Benoit, Yves Lemmens, Siemens PLM Software; Wim Desmet Ph.D, KU Leuven
	Vibration Response and Damage Detection of Carbon/ Epoxy Beams at Elevated Temperatures using the Hilbert-Huang Transform	Bradley Michael, Rani Warsi Sullivan, Dulip Samarasingha, Ratheshwar Jha, Mississippi State University
	System-Level Fault Diagnosis with Application to the Environmental Control System of an Aircraft	James Hare, Shalabh Gupta, Naveff Najjar, University of Connecticut; Paul D'Orlando, UTAS Air Management Systems; Rhonda Walthall, UTC Aerospace Systems
	Tire Pressure Monitoring System (TPMS) for Business and Commercial Aircraft	Randy Martin, Meggitt Sensing Systems
	Wavelet-based Fouling Diagnosis of the Heat Exchanger in the Aircraft Environmental Control System	Andre Silva, Naveff Najjar, Shalabh Gupta, University of Connecticut; Paul D'Orlando, Rhonda Walthall, UTC Aerospace Systems
	Failure Root Cause Determination Through the Aircraft Fault Messages Using Tree Augmented Naive Bayes and k-Nearest Neighbors	Joao Pedro Malere, Wlamiir Olivares Loesch Viana, Embraer SA
	Using Time Domain Reflectometry to Measure Fluid Properties for IVHM Applications	Jonathan L. Geisheimer, Michael Wabs, Meggitt Sensing Systems; Carlos Carvalho, Carvalho Consulting, LLC
	A Survey on Operational Safety Assessment in the Aviation Industry and its Link to IVHM	Yufei Lin, Zakwan Skaf, Ian Jennions, Cranfield University
	How Tools and Process Improved Diagnostic and Prognostic Reaction Time	Julien Feau, Philippe Chantal, Jayant Sen Gupta, Airbus
	Design and Implementation of Aircraft System Health Management (ASHM) Utilizing Existing Data Feeds	Matthew Smith, Peter F. Sulcs, Sikorsky Aircraft Corporation UTC; Rhonda Walthall, UTC Aerospace Systems; Mark Mosher, Gregory Kacprzynski, Sikorsky Aircraft Corporation UTC
Integrated Vehicle Health Management - Vehicle Level Health Management ATC804	Power Usage Hours: A Novel Usage-Based Metric for Rotorcraft Powertrain Transmissions	Alex Cao, Abdel Bayoumi, University of South Carolina; Harrison Chin, ACR Inc; David Green, Starmark Corporation
	Determining Remaining Useful Life for Li-ion Batteries	Andrew Dickerson, Ravi Rajamani, Meggitt USA; Mike Boost, John Jackson, SecuraPlane Technologies
	Value Drivers for Prognostic Health Management Solutions in Commercial Aviation	Juan D. Lopez, Boeing
	Evaluation of Parallelized Generation Architectures for Civil Aircraft Applications	Theodoros Kostakis, Patrick Norman, Steven Fletcher, Stuart Galloway, Graeme Burt, University of Strathclyde
	High Speed Differential Protection System for Aircraft DC Distribution Systems Incorporating Solid State Circuit Breaking Capability	Steven David Angus Fletcher, Kenny Fong, Stuart Galloway, Graeme Burt, Univ. of Strathclyde
	Protection System Considerations for DC Distributed Electrical Propulsion Systems	Catherine E. Jones, Karen Davies, Patrick Norman, Stuart Galloway, Graeme Burt, University of Strathclyde; Michael Armstrong, Andrew Bollman, Rolls-Royce Corporation
	Development and Performance of a Reduced Order Dynamic Aircraft Model	Kyle Shimmin, Greg Russell, PC Krause & Associates; Robert A. Reuter, Steven Iden, US Air Force
	PowerFlow: A Toolbox for Modeling and Simulation of Aircraft Systems	Matthew Williams, Srikanth Sridharan, Subhabrata Banerjee, Chris Mak, Craig Pauga, Philip Klein, Andrew Alleyne, Anthony Jacobi, Steven D'Urso, University of Illinois
	Architecture and Parameter Optimization for Aircraft Electro-Hydraulic Power Generation and Distribution Systems	Carsten Dunker, Riko Bornholdt, Frank Thielecke, Hamburg University of Technology; Robert Behr, Airbus Deutschland GmbH
	Integrated Power and Thermal Management System (IPTMS) Demonstration Including Preliminary Results of Rapid Dynamic Loading and Load Shedding at High Power	Charles E. Oberly, UES Inc.; Michelle Bash, PC Krause & Associates; Benjamin R. Razdlo, Travis E. Michalak, Fernando Rodriguez, US Air Force Research Laboratory
Power Systems		

表 2.3.3-2 SAE 2015 AeroTech Congress & Exhibition⁽²⁾ (2 / 2)

Power Systems	Power and Thermal System – Thermal Management for Aerospace Applications (Part 1 of 3) ATC1102	Heat Convection through Flat Plate	Anmol Taploo, Prhan Banerjee, Ravi Nandu, Karan Marwaha, Mohit Vishal, SRM University
		CFD Analysis Of The Effect of Turbulator Geometry on Conjugate Heat Transfer in a Low Pressure Stage Turbine Blade	Arvind Prabhakar
		High Efficiency Solar Power for Cabin and Fuselage Refrigeration	Ashwin kumar Kuchibhotla, Vidya Jyothi Institute Of Technology
	Power and Thermal Systems – Power Systems for Aerospace Applications (Part 2 of 4) ATC1100	Impact of Electric Loads on Engine Shaft Dynamics within More Electric Aircraft	Constanza Ahumada S., Seamus Garvey, Tao Yang, Patrick Wheeler, Herve Morvan, University of Nottingham
		Conceptual Study of Low-Pressure Spool- Generating Architecture for More Electric Aircraft	Hitoshi Oyori, IHI Aerospace Co. Ltd., Noriko Morioka, Tsuyoshi Fukuda, IHI Corporation
		Towards Operationally Robust Fuel Cell Systems for Aeronautical Applications	Hendrik Strummel, Frank Thielecke, Hamburg University of Technology
	Power and Thermal Systems – Power Systems for Aerospace Applications (Part 3 of 4) ATC1100	Functional Modeling of 18-Pulse Autotransformer Rectifier Units for Aircraft Applications	Tao Yang, Serhiy Bozhko, Greg Asher, University of Nottingham
		AC/DC Converter with DC Fault Suppression for Aircraft + /- 270 VDC Distribution Systems	Michal Szykiel, Steven Fletcher, Patrick Norman, Stuart Galloway, Graeme Burt, University of Strathclyde
		Comparative Study of Power Sharing Strategies for the DC Electrical Power System in the MEA	Fei Gao, Serhiy Bozhko, Greg Asher, Patrick Wheeler, University of Nottingham
	Power and Thermal Systems – Power Systems for Aerospace Applications (Part 4 of 4) ATC1100	How to Safely and Accurately Measure the Performance and Efficiency of an Aircraft's Electrical Grid, Electric Motors, Convertors and Generators Beyond the Typical Power Analyzer	Mike Hoyer, HBM Test and Measurement
		The Instantaneous Efficiency of Cantilever Geared Rotary Actuators in Flight Control Systems	Angqwo Wang, Jonathan Davies, Seth Githes, Loffi El-Bayoumy, MOOG Inc. Aircraft Group
		Failure Analysis of a Turboelectric Distributed Propulsion Aircraft Electrical Network: A Case Study (Written Only -- No Oral Presentation)	Jennifer C. Shaw, Steven Fletcher, Patrick Norman, Stuart Galloway, Graeme Burt, University of Strathclyde
	Power and Thermal System – Thermal Management for Aerospace Applications (Part 2 of 3) ATC1102	Thermal Management of Li-Ion Batteries Employing Active Control Strategies	Lin Ma, Virginia Tech.
		Passive Heat Exchange System for Aircraft Equipment Cooling Applications	Ricardo Gandolfi, Luiz Ribeiro, Embraer S.A.; Jorge Oliveira, Kleber Paiva, Marcia Mantelli, Federal University of Santa Catarina
		Individual Component Cooling Approach for High Power Liquid Cooled Airborne Electronic Hardware	Frank Fan Wang, Crane Aerospace & Electronics
	Power and Thermal System – Thermal Management for Aerospace Applications (Part 3 of 3) ATC1102	Computational Design and Experimental Validation of a Phase Change Material Thermal Energy Storage (PCM-TES) Device	C. O. Rodriguez, D. Y. Ettehadieh, J. D. Sole, Mainstream Engineering Corporation
		A Study of Air/Fuel Integrated Thermal Management System	Naoki Seki, Noriko Morioka, IHI Corporation; Hidefumi Saito, Shimadzu Corporation; Hitoshi Oyori, IHI Aerospace Co. Ltd.
		Characterization and Preliminary Testing of a Vapor Cycle System Cooled Thermal Energy Storage Subsystem	Travis E. Michalak, US Air Force Research Laboratory
		Aircraft Thermal Management for Commercial Aircraft	Mark Ahlers, Boeing Commercial Airplanes
		An Analysis of Heat Generation in a Lithium Ion Cell (Written Only -- No Oral Presentation)	Henry A. Catherino, Oakland University

表 2.3.3-3 SAE 2015 International Conference on Icing of Aircraft, Engines and Structure⁽³⁾ (1 / 3)

Aircraft and Engine Inflight Icing	
Aircraft Inflight Icing – Icing Physics & Low-Order Model ICE107	A Low-Order Model of the Interaction between Air-Driven Water Films and Sub-Grid Surface Roughness Alric Rothmayer, Hui Hu, Iowa State Univ.
Aircraft Inflight Icing – Rotorcraft Ice Shedding Analysis ICE102	Ice-Roughened Walls and their Impact on Glaze-Ice Prediction David Hanson, Michael P. Kinzel, Robert Kunz, Jose Palacios, The Pennsylvania State University Spreading and Freezing of a Droplet Impacting Onto an Inclined Cooled Surface Markus Schrenb, Ilija Roisman, Suad Jakirlic, Cameron Tropea, Technical University of Darmstadt Additional Considerations for Analytical Modeling of Rotor Blade Ice Roger J. Aubert, Bell Helicopter Textron Rotor Blade Shed Ice Length Prediction Jared Solits, Jose Palacios, Pennsylvania State University Analysis of Ice Release from a Rotating Propeller Colin Hatch, Jason Moller, Eleftherios Kalochristianakis, Ian Roberts, AeroTex UK LLP Validation of Predicted Icing Cloud Depletion and Over-Concentration Factors James Brown, Airbus Operations
Aircraft Inflight Icing – Droplet Concentration & Impingement (Part 1 of 2) ICE108	Numerical Analysis for the Placement of a Pitot Tube Using Optimized Grids Isik Ozer, Patrick Lagace, David Switchenko, Guido Baruzzi, Crithian Allaga, ANSYS: John Dow, DOW International LLC; Wagdi Habashi, McGill University Ice Adhesion Performance of Superhydrophobic Coatings in Aerospace Icing Conditions Yong Han Yeong, Eric Loth, Univ. of Virginia; Jack Sokhey, Rolls-Royce North America; Alexis Lambourne, Rolls Royce Plc
Aircraft Inflight Icing – Iced Aerodynamics CFD ICE109	Parametric Evaluation of Icing Effects by a Quasi-3D Methodology for High-Lift Configurations Daniel Silva, Thais Bortholin, J Allan Lyrio, Luis Santos, Embraer SA Lattice-Boltzmann Analysis of Three-Dimensional Ice Shapes on a NACA 23012 Airfoil Benedikt König, Ehab Fares, Exa GmbH; Andy P. Broeren, NASA John H. Glenn Research Center
Aircraft Inflight Icing – Droplet Concentration & Impingement (Part 2 of 2) ICE108	Numerical Investigation of Ice Shedding Associated with Engine Fan Icing Ryosuke Hayashi, Makoto Yamamoto, Tokyo University of Science Ice Accretion Prediction on Engine Nacelles in Liquid Phase Clouds Serkan Ozen, Middle East Technical University; Volkan Tatar, Turkish Engine Industries, Inc.; Nemin Ugar, Middle East Technical University; Ilhan Gorgulu, Turkish Engine Industries, Inc.
Aircraft Inflight Icing – NASA ARMD Icing Research Overview ICE105	NASA Aviation Safety Program's Atmospheric Environment Safety Technologies (AEST) Project's Contribution to Icing Research Renato Colantonio, Mary Wadel, National Aero & Space Administration An Overview of Airframe Icing Research at NASA Mark G. Potapczuk, NASA John Glenn Research Center Recent Progress at NASA in Engine Icing Research Joseph P. Veres, NASA John Glenn Research Center
Aircraft Inflight Icing – Ice Roughness Characterization & Effects ICE106	A Reevaluation of Appendix C Ice Roughness Using Laser Scanning Stephen T. McClain, Baylor University; Mario Vargas, Richard E. Kreger, NASA Glenn Research Center; Jen-Ching Tsao, Ohio Aerospace Institute Boundary Layer and Heat Transfer Characterization on a Flat Plate with Realistic Ice Roughness Philippe Reulet, Bertrand Aupolx, David Dorjat, Francis Micheli, ONERA Convection from a Simulated NACA 0012 Airfoil with Realistic Ice Accretion Roughness Variations Timothy A. Shannon, Stephen T. McClain, Baylor University
Aircraft Inflight Icing – IPS, Including Rotorcraft Ice Protection Systems ICE112	Computational Modeling of Flow Over Ice Shape Roughness Mark Potapczuk, NASA John Glenn Research Center; Jen-Ching Tsao, Ohio Aerospace Institute Numerical Investigation of the Electrothermal De-Icing Process of a Rotor Blade Guilin Lei, Wei Dong, Jianjun Zhu, Mei Zheng, Shanghai Jiao Tong University Open Loop Anti-ice Control of Rotorblade Heaters Richard Carpino, James Mullen, UTC Aerospace Systems; Roger J. Aubert, Bell Helicopter Textron
Aircraft Inflight Icing – Icing Simulation Model Tool Development ICE110	Improvement of Ice Accretion Prediction Capability of the ONERA 2D Icing Code Christian Bartels, Julien Cliquet, Carlos Bautista, Airbus A Reduced Order Modeling Approach for Exploring Appendix C Zhao Zhan, Wagdi Habashi, Marco Fossati, McGill Univ.
Aircraft Inflight Icing – Icing CFD (Part 1 of 2) ICE111	Icing Modelling with Level-Set Approach Dorian Pena, Yannick Hoarau, Strasbourg University; Eric Laurendeau, Ecole Polytechnique Montreal A350XWB Icing Certification Overview Marie-Laure Toulouse, Richard Lewis, Airbus Comparison of Natural Flight Test Results with CFD simulation using FENSAP-ICE Yana Indulenayte, PAO "Tupolev"; Wagdi Habashi, Marco Fossati, McGill Univ. Guido Baruzzi, Newmerical Technologies Inc
	Numerical Study of Scaling Rules for Ice Accretion Tests Philippe VILLEDIEU, Pierre Trontin, Charlotte BAYEUX, ONERA

表 2.3.3-3 SAE 2015 International Conference on Icing of Aircraft, Engines and Structure⁽³⁾ (2 / 3)

Aircraft Inflight Icing – Rotorcraft Icing Numerical Simulation ICE103	Ice Accretion Effects on Fully-Articulated Rotors in Forward Flight	Daniel Kelly, Marco Fossati, McGill Univ.; Giuseppe Quaranta, Pierangelo Masarati, Politecnico di Milano; Wagdi Habashi, McGill Univ.
	Numerical Simulation of Helicopter Blade Ice Shedding using a Bilinear Cohesive Zone Model	Yong Chen, Liang Fu, Shanghai Jiao Tong Univ
	Progress in Rotorcraft Icing Computational Tool Development	Richard E. Kreger, NASA John Glenn Research Center; Lakshmi Sankar, Georgia Institute of Technology; Robert Narducci, Boeing Co.; Robert Kunz, Penn State University
Aircraft Inflight Icing – Inflight IPS Analysis ICE114	3D Computational Methodology for Bleed Air Ice Protection System Parametric Analysis	Rodrigo Domingos, Daniel Silva, Embraer
	Development and Evaluation of Integrated In-flight Ice Protection Systems – The JediAce Project	Nadine Rehfeld, Andreas Brinkmann, Gerhard Pauly, Fraunhofer IFAM; Benoit Berton, Dassault Aviation SA; Taro Tanaka, Fuji Heavy Industries Ltd; Shigeo Kimura, Kanagawa Institute of Technology; Hiroaki Sakaue, Katsuki Morita, Japan Aerospace Exploration Agency; Francisc Diaz, Magdalena Aguilar, Air France; Javier Marti nez, Universitat Rovira i Virgili
	Certification Flight Tests in Natural Icing of the PZL Mielec M28 Commuter Turboprop Airplane	Jozef Brzezczek, Janusz Pietruszka, Polskie Zakłady Lotnicze Sp. z o.o.; Robert J. Flemming, Ben C. Bernstein, Leading Edge Atmospheric
Aircraft Inflight Icing – NASA/FAA/ONERA Swept-wing Icing & Aerodynamics (Part 1 of 2) ICE104	NASA/FAA/ONERA Swept-Wing Icing and Aerodynamics: Summary of Research and Current Status	Andy Broeren, NASA Glenn Research Center
	Design of Wind Tunnel Models for Full-Scale Swept-Wing Ice Accretion	Gustavo Eidji Camarinha Fujiwara, University of Washington; Brian Woodard, Univ. of Illinois at Urbana; Michael Bragg, University of Washington
	Detached Eddy Simulation on a Swept Hybrid Model in the IRT	Cameron Butler, Eric Loth, University of Virginia
Aircraft Inflight Icing – NASA/FAA/ONERA Swept-wing Icing & Aerodynamics (Part 2 of 2) ICE104	Method to Generate Full-Span Ice Shape on Swept Wing Using Icing Tunnel Data	Sam Lee, Vantage Partners, LLC
	Initial Low-Reynolds Number Iced Aerodynamic Performance for CRM Wing	Brian Woodard, Univ of Illinois at Urbana-Champaign; Jeffrey Diebold, University of Illinois; Andy P. Broeren, NASA John H. Glenn Research Center; Sam Lee, Vantage Partners, Inc.; Mark Polapczuk, NASA John Glenn Research Center; Michael Bragg, University of Washington
	3D Modeling of Ice Accretion with Application to Swept Wing Test-Cases	Emmanuel Radenac, Pierre Trontin, Helene Gaible, Herve Bezaud, Philippe Villedieu, ONERA
Aircraft Inflight Icing – Rotorcraft Icing Test ICE101	Velocity Effect on Swept-Wing Ice Accretion for Scaling Consideration	Jen-Ching Tsao, Ohio Aerospace Institute
	Use of HSS Test Results for Rotorcraft Civil Certification	Enrico Bellussi, Agusta-Westland
	2D Ice Shape Scaling for Helicopter Blade Profiles in Icing Wind Tunnel	Andrea Munzing, Stephane Catris, Airbus Helicopters Inc.
Aircraft Inflight Icing – Thermal IPS Analysis ICE113	2D Polar Assessment in Icing Wind Tunnel for iced Helicopter Blade Profiles	Andrea Munzing, Airbus Helicopters Inc.; Franck Hervy, DGA CEPR; Stephane Catris, Airbus Helicopters Inc.
	Altitude Effects on Thermal Ice Protection System Performance: A Study of an Alternative Simulation Approach	Gene Addy, NASA John Glenn Research Center; William B. Wright, Vantage Partners, LLC; David Orchard, Myron Oleskiw, National Research Council Canada
	Recent Advances in the LEWICE Icing Model	William B. Wright, Vantage Partners Limited; Peter Struk, NASA John Glenn Research Center; Tadas Bartkus, Ohio Aerospace Institute; Gene Addy, NASA John Glenn Research Center
Aircraft In-flight Icing – New Icing Test Facilities, Advanced Icing Test Capabilities, and an Icing Facility Capability Update (Part 1 of 4) ICE118	Unsteady Thermal Simulations of Wing Ice Protection Systems Integrated in Metallic or Composite Structures	Maxime Hemo, SONACA sa
	Thermal Ice Protection of Restraining Grids in the Environmental Control System of Passenger Aircraft	Wolfgang Hassler, Reinhard F.A. Puffing, Andreas Trampusch, FH JOANNEUM GmbH Graz
	Preliminary Calibration of the Icing Wind Tunnel Braunschweig with Respect to Mixed Phase and Glaciated Icing Conditions	Arne Baumert, Technische Universität Braunschweig; Stephan Bansmer, Technische Universität Braunschweig
Aircraft In-flight Icing – New Icing Test Facilities, Advanced Icing Test Capabilities, and an Icing Facility Capability Update (Part 1 of 4) ICE118	Design and Calibration of a New High-Speed Insert for the NRC Altitude Icing Wind Tunnel	Catherine Clark, David Orchard, National Research Council Canada
	An Assessment of the SEA Multi-Element Sensor for Liquid Water Content Calibration of the IRT	Laura E. Steen, Robert Ide, Sierra Lobo Inc.; Judith Van Zante, NASA John Glenn Research Center

表 2.3.3-3 SAE 2015 International Conference on Icing of Aircraft, Engines and Structure^③ (3 / 3)

Aircraft Inflight Icing – IPS Design & Advanced Technologies ICE115	The Development of Fluid Based Ice Protection Systems for use in UAV Applications	Alexander John Baty, CAV Aerospace, Ltd.
	Innovative Jet Pump Ice Protection System for A400M	Francisco Jose Redondo, Airbus
	Development and Testing of In-Flight Ice Protection Systems based on Semi Conductive Coatings	Markus Villingner, Villingner R&D
Aircraft In-flight Icing – New Icing Test Facilities, Advanced Icing Test Capabilities, and an Icing Facility Capability Update (Part 2 of 4) ICE118	The GLACIER Icing Facility–Lessons Learnt in Five Years of Operation	James MacLeod, National Research Council of Canada, Michael Clarke, Rolls-Royce plc, Doug Marsh, MDS Aero Support
	Icing Wind Tunnel and Detection of the Formation of Icing by Heat Crystallization	Christian Mendi, DLR German Aerospace Center
	Conversion of the VKI Cold Wind Tunnel CWT–1 into an Icing Wind Tunnel Including Diagnostics by ILIDS	Sara Gonzalez Ruiz, Gerlan Glabeke, Jeroen Vanbeeck, Von Karman Institute for Fluid Dynamics
Aircraft Inflight Icing – Hybrid IPS & Application ICE116	Initial Results from a Hybrid Electro-Thermal Electro-Mechanical Simulation Tool (HETEMS)	Colin Hatch, Roger Gent, Richard Moser, AeroTex UK
	Ultra-sensitive Photonic Flush-mounted Real-time Sensors for In-flight Ice Protection Systems	Airan Rodenas, Javier Marti nez, Magdalena Aguil o, Francesc Diaz, Universitat Rovira i Virgili, Miquel Traveria, CESDA, Shigeo Kimura, Kanawaga Institute of Technology, Taro Tanaka, Fuji Heavy Industries Ltd, Benoit Berton, Dassault Aviation SA, Gerhard Pauly, Nadine Rehfeld, Fraunhofer IFAM
	3D CFD Comparison of Two Nacelle Ice Protection Systems	Aleksel P. Paduchev, AVIADVIGATEL, Guido Baruzzi, Wagdi Habashi, Newmerical Technologies Inc.
Aircraft In-flight Icing – New Icing Test Facilities, Advanced Icing Test Capabilities, and an Icing Facility Capability Update (Part 3 of 4) ICE118	Ice Shape Mapping by Means of 4D-Scans	Reinhard F.A. Puffing, Wolfgang Hassler, Andreas Trampusch, FH JOANNEUM GmbH Graz, Marian Peciar, Slovak University of Technology
	Application of High Speed Imaging (HSI) Probe in the Characterization of NRC-AWT Glaciated and Mixed-Phase Clouds	Biagio M. Esposito, CIRA Sspa, Alexei V. Korolev, Environment Canada, William D. Bachalo, Artium Technologies Inc.
	A Review of Icephobic Coating Performances over the Last Decade	Caroline Laforce, Caroline Blackburn, Jean Perron, Anti-Icing Materials Intl Laboratory
Aircraft Inflight Icing – Low Surface Energy Coating (Part 1 of 2) ICE117	Development and Evaluation of Icephobic Coatings – Progress Summary of Japan Aerospace Exploration Agency within the JEDI-ACE Project	Katsuaki Morita, Hirotaka Sakaue, Japan Aerospace Exploration Agency, Taro Tanaka, Takeshi Yoshida, Fuji Heavy Industries Ltd, Nadine Rehfeld, Andreas Brinkmann, Katrin Lummer, Gerhard Pauly, Fraunhofer IFAM
	Development of Innovative Ice Protection System of Aircraft Integrating the Anti-icing Coating	Taro Tanaka, Fuji Heavy Industries, Ltd., Katsuaki Morita, Hirotaka Sakaue, Japan Aerospace Exploration Agency, Shigeo Kimura, Kanawaga Institute of Technology, Nadine Rehfeld, Fraunhofer IFAM, Benoit Berton, Dassault Aviation SA, Francesc Diaz, Universitat Rovira i Virgili
	Ice Adhesion Strength Modeling Based on Surface Morphology Variations	Taylor Knuth, Jose Palacios, Penn State Univ–University Park, Richard Kreeger, NASA John Glenn Research Center, Frank Palmieri, Joseph Smith, Christopher Wohl, NASA Langley Research Center
Aircraft Inflight Icing – Icing CFD (Part 2 of 2) ICE111	Evaluation of Different Ice Adhesion Tests for Mechanical Deicing Systems	Martin Schulz, Michael Sinapius, Technische Universität Braunschweig
	Progress towards a 3D Numerical Simulation of Ice Accretion on a Swept Wing using the Morphogenetic Approach	Krzysztof Szlader, National Research Council Canada, Edward Lozowski, University of Alberta
	CFD and Boundary Layer Models with Laminar-Turbulent Transition around Airfoils and a Rough Cylinder: Results Validation	Caio Fuzaro Rafael, Federal University of ABC, Diogo Mendes Pio, Guilherme A. Lima da Silva, ATSA, AeroThermal Solutions for Industry
Aircraft Inflight Icing – Low Surface Energy Coating (Part 2 of 2) ICE117	Multi-time Step Icing Calculations Using a 3D Multi-block Structured Mesh Generation Procedure	Kazem Hasanadeh, Ecole Polytechnique Montreal, Dorian Pena, Yannick Hoarau, Strasbourg University, Eric Laurendeau, Ecole Polytechnique Montreal
	Energy Efficient De-icing by Superhydrophobic and Icephobic Polyurethane Films Created by Microstructuring and Plasma-Coating	Philipp Grimmer, Swarupini Ganesan, University of Stuttgart, Michael Haupt, Jakob Barz, Christian Oehr, Fraunhofer IGB, Thomas Hirth, University of Stuttgart
	Runback Water Behavior on Hydro-phobic/philic Surfaces of Circular Cylinder Placed in Flow Field	Tatsuma Hyugali, Shigeo Kimura, Haruka Endo, Mitsugu Hasegawa, Kanagawa Institute of Technology, Hirotaka Sakaue, Katsuaki Morita, Japan Aerospace Exploration Agency, Yoichi Yamagishi, Kanagawa Institute of Technology, Nadine Rehfeld, Fraunhofer IFAM, Benoit Berton, Dassault Aviation, Francesc Diaz, Universitat Rovira i Virgili, Taro Tanaka, Fuji Heavy Industries Ltd.
	Dynamic Effects of Surface Wettability on Wind Driven Droplet	Mengyao Leng, Shinan Chang, Yuan Yuan Zhao, Beijing Univ. of Aeronautics & Astronautics

2. 3. 4 航空システム、航空管制関係

(1) 米国 NextGen プログラム

米国 FAA は 2015 年までに主要な次世代航空交通システム：NextGen (Next Generation Air Transportation System)の基盤インフラを整備することを計画していたが、同年 5 月に発表された NextGen Implementation Plan 2015 ⁽¹⁾ によれば、放送型自動従属監視 (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast、ADS-B) は既に米国内 634 箇所に地上局の配備を行い、国土全域で利用可能となっている。航空路管制の自動化 (En Route Automation Modernization、ERAM) については、2015 年 3 月までに 20 箇所の航空路管制センター全てに実装され、運用準備実証が開始される。また、ターミナル管制の自動化 (Terminal Automation Modernization and Replacement、TAMR) についても段階的に更新が進んでいる。

(2) 欧州 SESAR プログラム

欧州では European ATM Master Plan が改訂され、2015 年版⁽²⁾として発行された。これは ATM の近代化において SESAR(Single European Sky ATM Research)のコンセプトを開発・実装するための基本計画であり、2035 年までに実現する ATM のビジョン及び性能目標 (performance ambition) と、そのための技術的解決策 (SESAR コンセプト及び成果)、実装のシナリオ、得られる利益と必要な投資などについて定めたもの。旧版 (2012 年に発行された 2nd Edition) に対して、SESAR 1、SESAR 2020 や Pilot Common Project など初期の成果が反映されたほか、空域ユーザとしての遠隔操縦航空機システム (RPAS) やサイバーセキュリティの問題が明記された。

(3) CARATS

2015 年 3 月に開催された「将来の航空交通システムに関する推進協議会」(第 5 回)において、2015 年度の主要な取組みとして以下が挙げられている ⁽³⁾。

ア ロードマップ全体の見直し

- ・社会情勢の変化、ICAO 等国際的な場での検討の推移等を踏まえ、ロードマップ全体の見直し (追加、削除、変更) を実施。
- ・CARATS は 2025 年までの計画であるが、ロードマップの見直しにあたっては、2025 年以降も見据えた長期的な視点にたって実施。

イ 導入の意思決定を行った施策のフォローアップの概括

- ・CARATS の取組について、意思決定から導入まで継続的なモニタリングを図る観点から、既に準備段階に終えている施策全般について、導入状況・効果等についてフォローアップを実施。

ウ 指標に係るデータの評価分析

- ・CARATS の指標に基づき、これまで 5 年間データ収集を行ってきたところ。
- ・社会情勢の変化等により状況が悪化しているものも見受けられるため、現状分析

を実施し、課題を改めて明確にすることにより、今後の施策の検討・導入準備に資する。

エ 5年目を節目とし、CARATS の取りまとめ文書の作成

- ・ CARATS 策定時に、コンセプト・目標等については、一度冊子を作成している。
- ・ 5年目を節目とし、これまで CARATS で取り組んできた施策を中心に、対外的にわかりやすい冊子を取りまとめ、CARATS の取組への理解の醸成、CARATS の取組への協力関係の構築に役立てる。

(4) ENRI 研究長期ビジョン

電子航法研究所(ENRI)は、航空需要の伸びや環境負荷軽減への対応、機上アビオニクス の普及・高度化、航空交通管理における地上主導から空地協調への流れ、ICAO による世界航空交通計画 (GANP (Global Air Navigation Plan)) 改訂/ASBUs (Aviation System Block Upgrades) 導入等を反映して、新しい研究長期ビジョンを発表した⁽⁴⁾。これは、今後 15 年間の研究開発目標として「航空交通の安全性向上及び処理容量の拡大」と「運航効率化による環境への負荷低減」を掲げ、これらを達成するために必要な 4 つのプロジェクト型技術開発分野とその中に含まれる 14 の技術開発項目と、プロジェクト型研究に貢献する 3 つの基盤的研究分野を定めたもの。

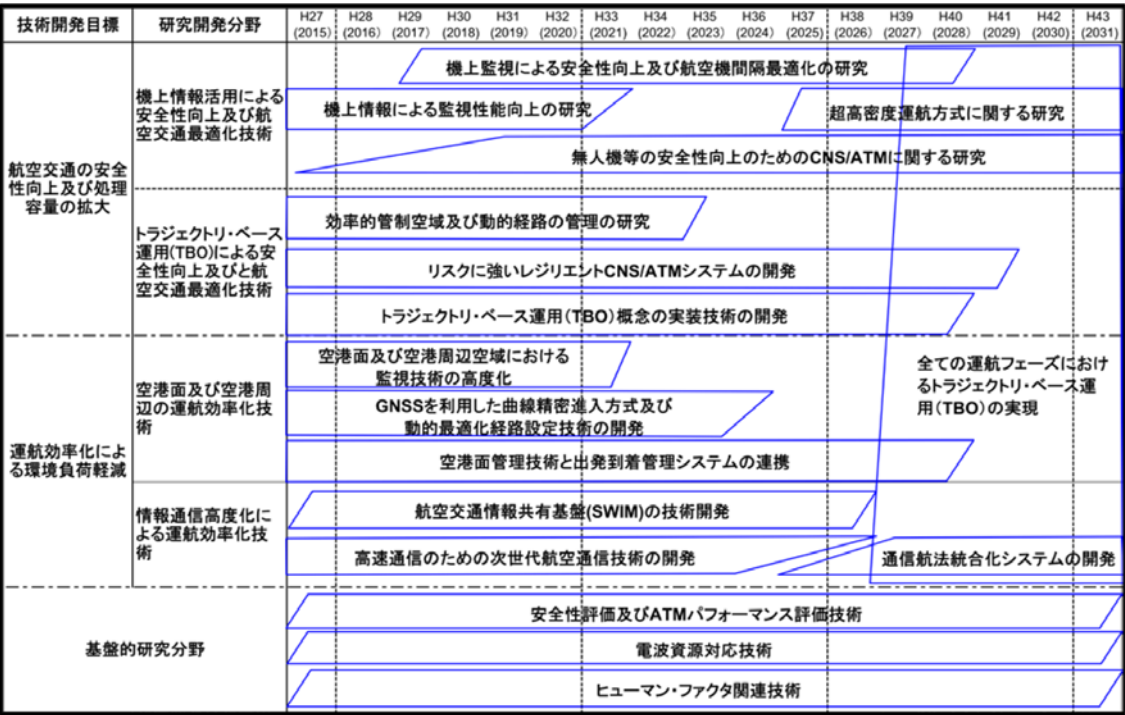


図2. 3. 4-1 ENRI 研究長期ビジョンのロードマップ⁽⁴⁾

(5) JAXA DREAMS プロジェクト

宇宙航空研究開発機構（JAXA）は 2012 年より次世代運航技術の研究開発を DREAMS（Distributed and Revolutionarily Efficient Air-traffic Management System）プロジェクトとして推進してきた。これは、ICAO の提唱する「グローバル ATM 運用概念」の実現に向けてキー技術を国際標準として提供すること、そして運航関連機関のニーズに技術移転により貢献することを目的として、我が国の航空交通システムに関する長期ビジョン「CARATS」に示された施策に貢献する 5 つの技術開発を纏めたもので、2015 年 3 月に所期の目標を達成しプロジェクトを終了した^{(5)~(10)}。

以下にその概要を示す。

ア 高精度衛星航法技術⁽⁶⁾

GBAS（Ground-Based Augmentation System、地上局型衛星補強システム）精密進入の脅威となる電離層異常に対して、継続的に収集した地上データ及び多数回の飛行実験データからプラズマバブルの影響を抽出して数値解析モデルを構築し、慣性航法装置との複合によって GPS 受信性能（利用性）を向上する技術を開発、数値シミュレーションによって利用性改善の効果を検証した。

イ 飛行軌道制御技術⁽⁷⁾

GBAS の TAP（Terminal Approach Path）機能を用いて、曲線進入経路に対しても自動操縦による着陸進入を可能とするアルゴリズムを開発し、実際の GBAS と実験用航空機 MuPAL- α を用いて飛行実証した。

ウ 気象情報技術⁽⁸⁾

気象条件に応じた動的な後方乱気流管制間隔の導入を提案し、成田空港における後方乱気流計測によってその安全性及び間隔短縮効果を評価するとともに、離着陸順序等の最適化による空港離着陸容量の増大（遅延の低減）についても検討し、羽田空港に対してその効果を確認した。また、風擾乱を検知・警報して着陸可否判断を支援する低層風擾乱アドバイザリシステム（LOW-level Turbulence Advisory System、LOTAS）を開発し、エアラインの協力を得てその有効性を実証した。

エ 低騒音運航技術⁽⁹⁾

気象条件が騒音伝搬に与える影響を考慮可能な騒音予測モデルを開発、成田空港への進入機の騒音暴露計測等によってその精度を検証し、これを用いて進入経路の最適化による騒音暴露の低減効果（1.5 倍の航空交通量に対して騒音暴露を維持）を確認した。

オ 防災・小型機運航技術⁽¹⁰⁾

災害時に救援航空機と対策本部等の中で必要な情報を共有して航空機による救援活動を支援するための災害救援航空機情報共有ネットワーク（D-NET）を開発し、大規模災害時の任務割当ての最適化（無駄時間と異常接近の最小化）をシミュレーションによって検証するとともに、防災訓練等において実機による評価を行い、災害の発見から救援任務開始までの時間短縮効果を明らかにした。D-NET の機上システムは民間企業によって製品化され、本年 3 月時点で 20 機の消防防災ヘリコプタに導入された。



図 2. 3. 4-2 着陸進入フェーズにおける DRAMS の技術課題⁽⁵⁾

[2. 3. 4 項 出典 (1) ～ (10) : 各、資料 3 の P2015D432～P2015D441 参照]

2. 3. 5 無人機、飛行制御関係

(1) 無人機の国際標準/各国法規制の整備に係る取組み

ア ICAO

ICAO では 2007 年に UASSG (Unmanned Aircraft Systems Study Group) が設置され無人航空機 (遠隔操縦航空機システム) を航空交通システムに統合するための検討が進められてきた。2014 年 11 月には同 Study Group が RPAS (Remote Piloted Aircraft System) Panel となり、2015 年 3 月にガイダンスマニュアル (Doc 10019, Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems) が正式発表された。また、RPAS の航空交通システムへの統合に関する世界的な情報の共有、将来へ向けての議論等を目的とするシンポジウム (ICAO RPAS Symposium、2015 年 3 月 23~25 日、於 ICAO 本部) が開催された⁽¹⁾。同シンポジウムでは、米国 FAA より UAS Integration Office の活動、特に本年 2 月に公開された小型無人機に対する NPRM (Notice of Proposed Rulemaking) について紹介された。欧州 EASA からは、本年 3 月に Riga で開催された RPAS Conference における “Riga Declaration on Remotely Piloted Aircraft (drones)” と、これを受けて発行した “Concept of Operations for Drones” の紹介があった。ビジネスユースに関する講演も複数あったが、RPAS Panel の当面のスコープである管制空域における国際 IFR 運航を前提としたものではなく、比較的小型の RPAS による物資輸送、インフラ点検等が主であった。軍用 UAS の民間への転用についての動きもあり、NATO の耐空性に関わる STANAG と民間機の耐空性基準との比較等、実的な話題提供もみられた。シンポジウムの総括では、小型無人機の規制についても国際的な協調が必要であり、ICAO が各国レベルの規制に対するガイダンスを発行する可能性が示された。また、ICAO が高レベルのルールを作っていくのに対して、実的なレベルの基準を作る JARUS (Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems) や RTCA (Radio Technical Commission for Aeronautics)、EUROCAE (European Organisation for Civil Aviation Equipment) との連携が重要であるとされた。

イ EASA

欧州航空安全機構 (European Aviation Safety Agency、EASA) は本年 3 月に “Concept of Operations for Drones : A risk based approach to regulation of unmanned aircraft” を発表し、無人機の運航をそのリスクに応じて 3 つのカテゴリ ; Open、Specific、Certified に分類し各々に対する規制の枠組みを提示した⁽²⁾。

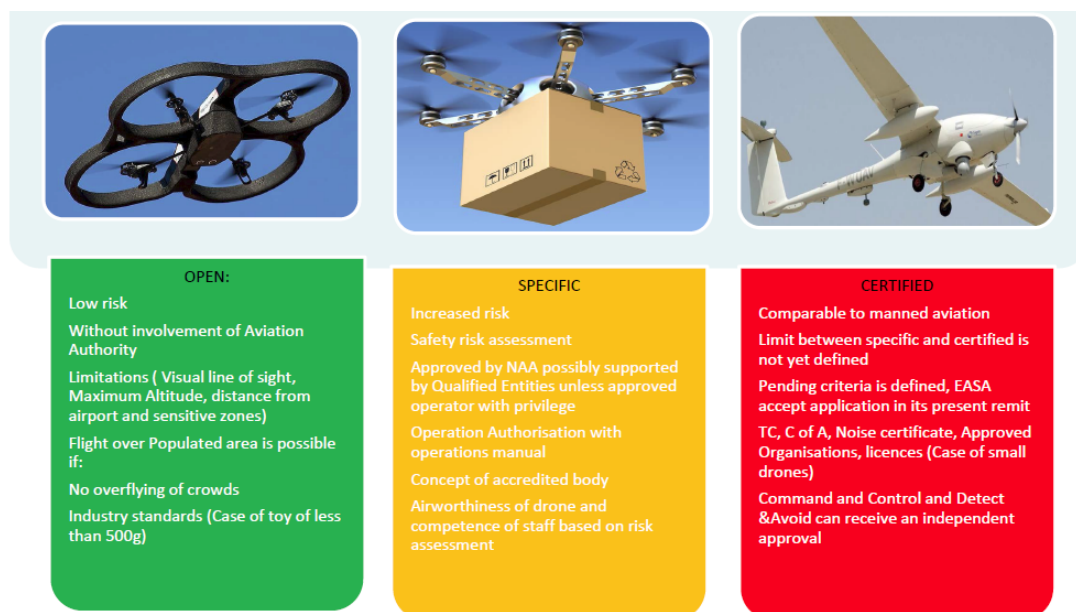


図 2. 3. 5 - 1 EASA CONOPS における RPAS カテゴリ⁽³⁾

(出典 : RPAS - EASA update, presented at ICAO RPAS Symposium, 2015)

Open カテゴリはリスクの低いドローンの運用に対するもので、航空当局の許可等を必要としない代わりにその運用は目視範囲内や 150m 以下の低高度などに制約される。

Specific カテゴリは **Open** カテゴリの運用範囲を超える場合に対して発生するリスクを評価・軽減することにより航空当局の承認を得て運用するもの。リスク評価には耐空性や運航手順、運用者の能力などが含まれ、非隔離空域で運用する場合にはその空域を担当する管制機関の合意も得る必要がある。

Certified カテゴリは有人航空機と同等のリスクがある運用に対するもので、通常の航空機に対する認証手続きに加え、地上局や通信リンクなど無人機特有の要素に対する認証も求められる。

ウ JARUS

JARUS (Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems) は、各国の航空当局の集まりであり、無人航空機の安全運航のための世界共通の技術/安全/運航基準を提唱することを目的としている。2007 年に設立され、2015 年 4 月には日本の航空局も加盟した。下図に示す 7 つのワーキンググループが活動しており、2014 年 10 月には WG5 により C2 (Command and Control) リンクに対する性能要求のコンセプトが、2015 年 9 月には WG1 により操縦者免許に関するガイダンス文書が発行された。

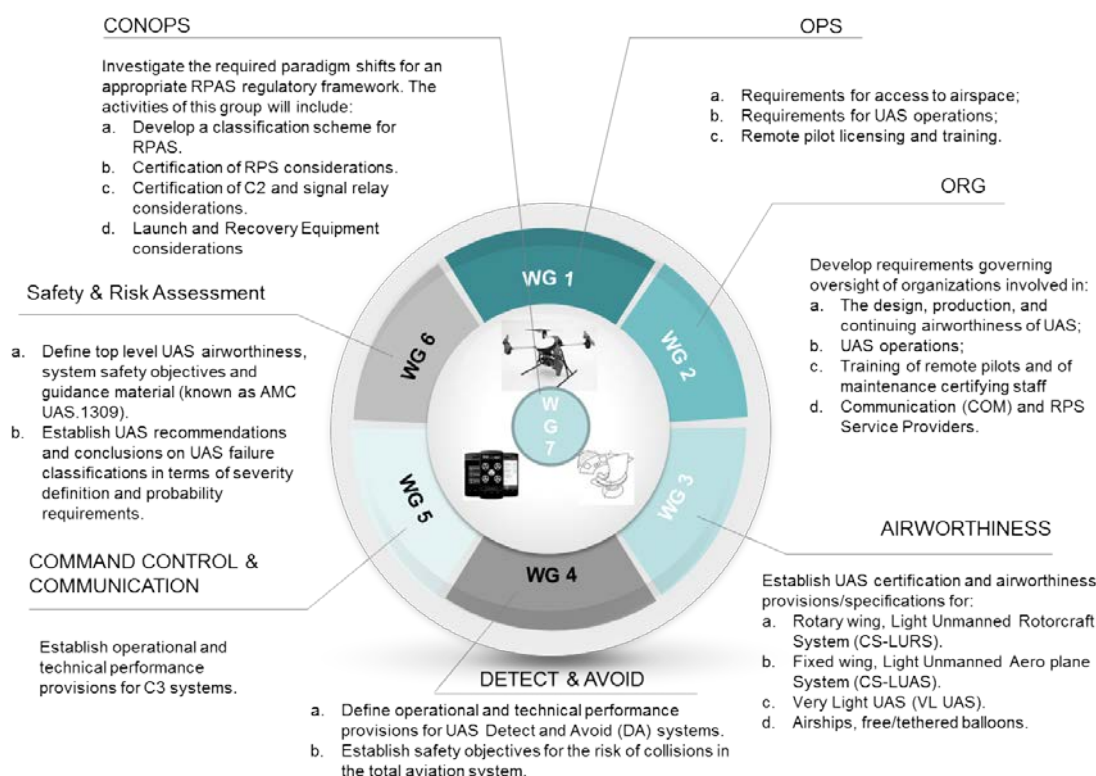


図 2. 3. 5 - 2 JARUS WG 構成⁽⁴⁾

エ 日本における小型無人機のルール整備

小型無人機の急速な普及と安全面における問題の顕在化、特に 2015 年 4 月の首相官邸へのドローン侵入を契機に、政府は「小型無人機に関する府省庁連絡会議」⁽⁵⁾を設置して運用ルールや法規制のあり方について検討を進め、同年 6 月には「小型無人機に関する安全・安心な運航の確保等に向けたルールの骨子」をまとめた。ここに示された緊急に導入すべきルールの具体化に向けた指針をもとに、同年 9 月には航空法が改正され（施行は同年 12 月 10 日）、新たに定義された「無人航空機」に対して飛行の許可が必要となる空域や飛行の方法等が定められた⁽⁶⁾。一方、骨子ではこの緊急的な措置に続いて「利用の促進と安全確保との両立にむけた制度設計」を求ており、同年 11 月にまとめられた「小型無人機の安全な飛行の確保と『空の産業革命』の実現に向けた環境整備について（案）」には、今後の技術開発や利用事業の発展に応じて制度設計を柔軟に対応させるとともに、無人航空機の利用促進に向けた環境整備を官民の連携により進める方針が掲げられた。

(2) 欧州 SESAR RPAS demonstration projects

SESAR JU (SESAR Joint Undertaking) による無人航空機の空域統合のための実証プロジェクト (RPAS Demonstration Projects) では、欧州各地の空港を拠点に管制サービスプロバイダと無人機オペレータ、産業界が連携協力して 9 件のプロジェクト

が進められてきたが、2015年には本格的な飛行実証が数多く行われ、幾つかのプロジェクトが終了した⁽⁷⁾。

CLAIRE (Civil Airspace Integration of RPAS in Europe) プロジェクトでは、航空史上初めて、隔離されていない管制空域における無人航空機の試験飛行に成功している。Thales 社の Watchkeeper 無人機が英国 West Wales 空港を拠点に通常の航空機と同じ方法で NATS (イギリス航空管制公社) による管制を受けながら 3 時間の飛行を行った。

ODREA (Operational Demonstration of RPAS in European Airspace) プロジェクトでは、中規模商用空港における空域統合の技術的及び運用上の実現性や、状況に応じた飛行経路の調整や予め設定された非常時手順等の効果について、実時間シミュレーションや飛行実証による確認が行われた。

TEMPAERIS (Testing Emergency Procedures in Approach and En Route Integration Simulation) プロジェクトでは、中程度の混雑空域における特に低速な無人機または通信等に不具合を生じた無人機の運用について、シミュレーションや Bordeaux-Mérignac 空港における実飛行などによって安全上の影響や管制官への負荷などの評価が行われ、詳細な報告書が公開されている。⁽⁸⁾

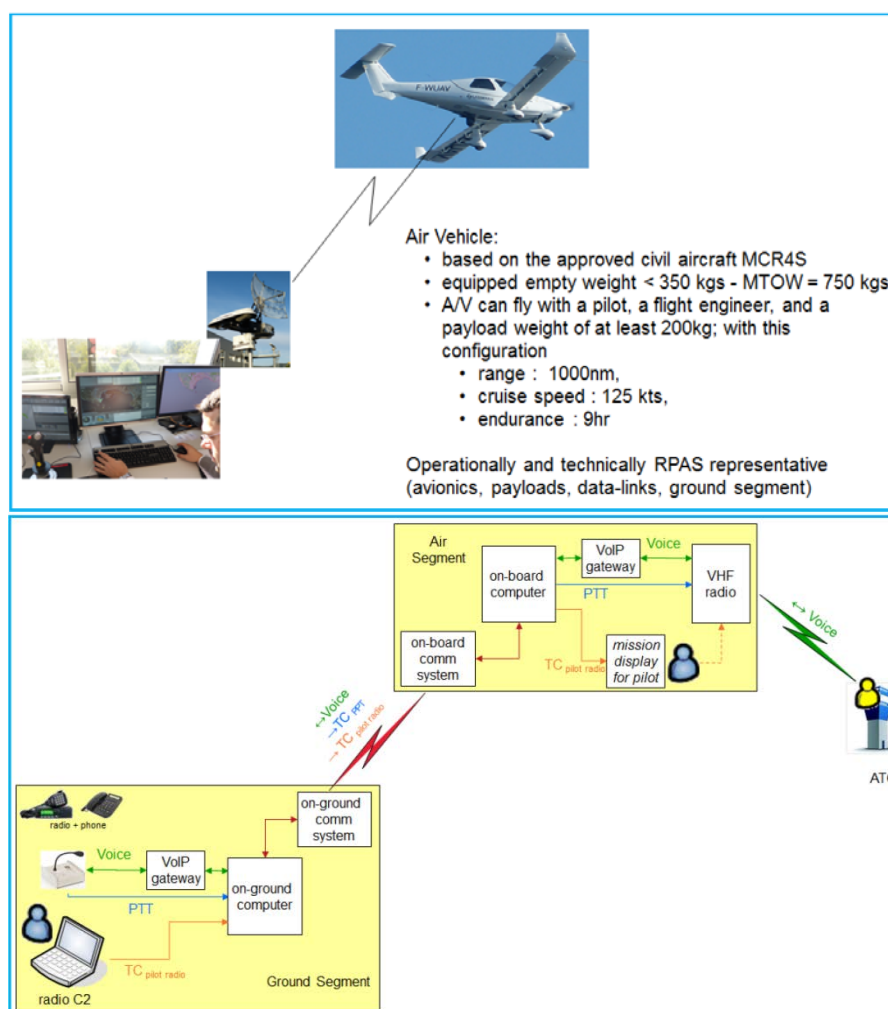


図 2. 3. 5 - 3 RPAS 実証機及び通信構成⁽⁸⁾

(3) 米国 NASA Unmanned Aircraft Systems integration in the National Airspace System project

NASA の ARMD (Aeronautics Research Mission Directorate) では、2011 年度から “UAS Integration in the NAS” プロジェクトが進められている⁽⁹⁾。このプロジェクトでは、統合的なシステム実証によって得られた知見（実証データ、アルゴリズム、解析、勧告等）を無人航空機の空域統合に係る政策決定や法規・基準整備に役立てることを目的としており、C2 (Command and Control)、DAA (Detect And Avoid)、HSI (Human System Integration) 及び IT&E (Integrated Test Evaluation) の各テーマと、認証に関するサブプロジェクトから構成されている。2015 年には IT&E の第 3 フェーズ飛行試験(FT3)が実施された⁽¹⁰⁾。試験では NASA の無人機 Ikhana (General Atomics 社の Predator-B 中高度滞空型無人機) を使用し、DAA 及び C2 リンクに対する暫定的な最低運用性能標準 (MOPS) 及びセンサの妥当性を検証。DAA 用センサには、BAE システム社の ADS-B、Honeywell 社の TCAS、General Atomics 社の空対空レーダーを搭載。C2 リンクには 960-1,164MHz (L-band) 及び 5030-5091MHz (C-band) の周波数帯が使用された。

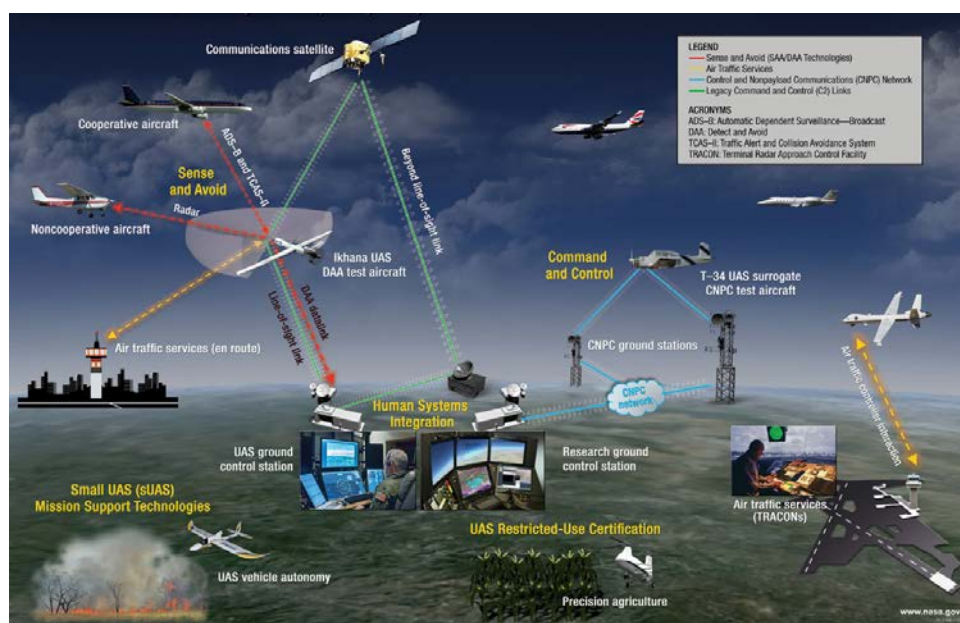


図 2. 3. 5-4 プロジェクト概要 (IT&E Technical Challenge) ⁽⁹⁾

(4) 米国 NASA UTM Project

UTM (UAS Traffic Management) とは小型無人機 (small UAS) の低高度空域における運行を管理するための一連のシステム (ソフトウェア、サービス、プロトコル、人員、設備、規則) を包括した概念であり、2014 年に NASA Ames 研究所の ATM (Air Traffic Management) 部門が中心となって研究を開始した。大学や民間企業の参加により多種多様な無人機に関する実証データを得ながら段階的に機能を拡張してゆく計画となっている。第一段階 (build 1) は、ユーザからの飛行計画の申請に対して UTM

システム（のオペレータ）がトラフィックや気象条件に基づいて許可を出す仕組み。
Build 2 以降ではダイナミックな管理が可能になる。現在は複数の計算機を組合わせて
複数機体の飛行シミュレーションとインターフェイスを構築し、仮想パイロットも模
擬している。

<u>BUILD 1 (AUGUST 2015)</u> • Reservation of airspace volume • Over unpopulated land or water • Minimal general aviation traffic in area • Contingencies handled by UAS pilot • Enable agriculture, firefighting, infrastructure monitoring	<u>BUILD 3 (JANUARY 2018)</u> • Beyond visual line-of-sight • Over moderately populated land • Some interaction with manned aircraft • Tracking, V2V, V2UTM and internet connected • Public safety, limited package delivery
<u>BUILD 2 (OCTOBER 2016)</u> • Beyond visual line-of-sight • Tracking and low density operations • Sparsely populated areas • Procedures and “rules-of-the road” • Longer range applications	<u>BUILD 4 (MARCH 2019)</u> • Beyond visual line-of-sight • Urban environments, higher density • Autonomous V2V, internet connected • Large-scale contingencies mitigation • News gathering, deliveries, personal use

図 2. 3. 5 - 3 NASA UTM 計画のスケジュール⁽¹¹⁾

本年 7 月には NASA Ames 研究所において “UTM Convention 2015”⁽¹²⁾ が開催され、研究（build 1）の成果報告及びステークホルダとの議論が行われた。3 日間の開催期間に、Amazon、Google による基調講演の他、8 テーマ（プライバシーやセキュリティ等の政策的課題、州/地方政府による展望、視程外運用、アプリケーション等）のパネルディスカッション、26 社の展示、フライトデモ等が行われ、約 1000 人が参加した。



図 2. 3. 5 - 4 特設テント会場の様子

ア Amazon Prime Air 基調講演

Amazon 社は機体の装備（安全機能）レベルに応じて利用可能空域を設定するという規制のあり方を主張。また、小型無人機は有人機と隔離された 500ft 以下の空域での運航を基本として、更に 200ft 以下を低速局所交通（Low-Speed Localized Traffic、下図の緑色部分）空域、200-400ft を高速輸送（High-Speed Transit、青色部分）空域に設定し、後者の利用には非協調型の衝突回避機能など高度な装備を条件とすることを

提案した。また、無人機にとって空域/運航管理は必要であるが、有人機と同じやり方では無人機の需要に応えることはできず、一人のオペレータが多数の無人機に対応するモデルへのパラダイムシフトが必要であると述べている。

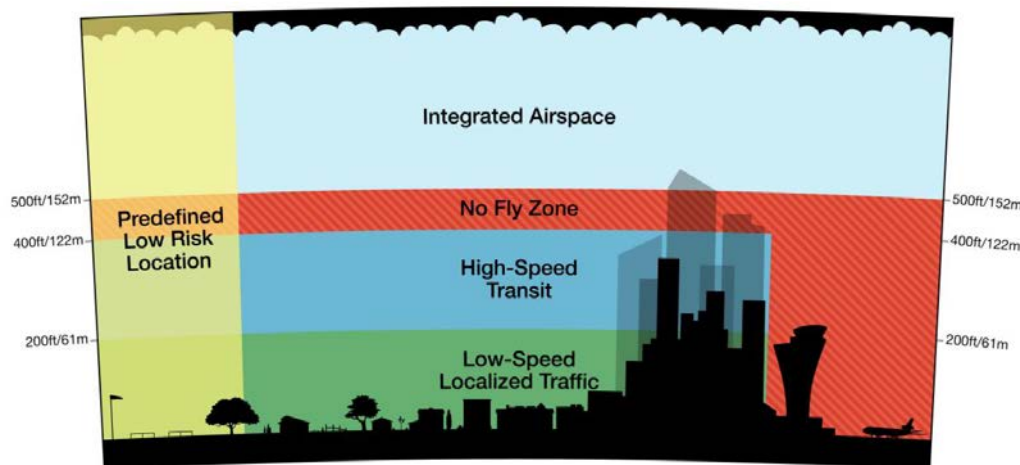


図2. 3. 5-5 Amazon 提案による小型無人機の運用空域イメージ⁽¹³⁾

イ Google 基調講演

米国では 2020 年以降にジェネラルアビエーションに対して ADS-B の搭載が義務化されることから、小型無人機は有人航空機の ADS-B 信号をもとに回避操作が可能になる。また、無人機同士でも ADS-B 類似のシステムを用いて至近距離での衝突回避ができれば、G 空域における安全かつ効率的な運用が可能であると提案。但し、ASP (Air Service Providers) が G 空域の全てのフライト (小型無人機及び有人航空機) の状況を確認できる体制及び運用に関わるデータベースの構築による情報共有が不可欠であり、実運用においては飛行経路申請に基づいて他の無人機及び有人航空機とのセパレーションを事前確認することが必要となる。

(5) JAEA/JAXA 放射線モニタリング小型無人機

2012 年より日本原子力研究開発機構 (JAEA) と宇宙航空研究開発機構 (JAXA) は共同で小型無人機による放射線モニタリングシステム (Unmanned Airplane for Radiation Monitoring System, UARMS) の研究開発を実施してきた⁽¹⁴⁾。これは福島第一原子力発電所の事故によって放出された放射性物質の地表面への蓄積状況を把握するためのもので、小型無人機によれば、有人航空機に比べて圧倒的に低いコストで運用することができるうえ、搭乗者の被曝リスクも無く、地表近くを飛行することにより高分解能の計測も可能となる。このような利点から既に無人ヘリコプタが利用されているが、現状では地上操縦者から数 km 程度の目視範囲内でしか運用できないため、数十 km 程度の広域を飛行可能な固定翼型無人航空機の開発が必要とされた。

機体の主要諸元を表 3. 7-1 に示す。かつて JAXA が民間企業とともに開発し連続 20 時間の飛行性能を実証した機体をベースに、冗長化設計や各種試験評価等により

システムの安全性/信頼性向上を図り、非高密度有人地帯での運用を想定した JAXA の安全技術基準に適合させている。また、観測精度向上のための地形追従機能、目視範囲外飛行のための長距離通信装置等を開発・実装し、2014 年には JAEA が開発した観測機器（放射線検出器）を搭載して福島県内の避難指示区域で試験飛行を実施し、高い空間分解能の線量率分布観測に成功した。2015 年 12 月の運用実証評価試験をもって一連の開発・評価が完了し、JAEA による試験運用フェーズに入った。

表 2. 3. 5 - 1 放射線モニタリング無人機の主要諸元⁽¹⁴⁾

全長/全幅	2.7m/4.2m
全備重量	最大50kg
ペイロード	3～10kg
飛行高度	250m以下
飛行速度	90～126km/h
航続時間	6時間
動力装置	ガソリンエンジン
操縦方式	自動(プログラム) 離着陸は手動操縦
離着陸距離	200～300m



[2. 3. 5 項 出典 (1) ～ (14) : 各、資料 3 の P2015D442～P2015D455 参照]

第3章 その他資料の分析

3. 1 関係団体の刊行物における動向情報

3. 1. 1 平成27年度航空機関連動向情報

(1) 平成27年度航空機業界動向情報（月次）

当基金にて毎月関係団体向けに配信の航空機業界動向情報における平成27年度の主要トピックスは、前章までに取り纏められた動向と等しく、A320neo 型機や 737MAX 型機のエンジン換装型派生機の開発、並びに A350XWB 型機の開発、787 派生型機（787-9、787-10）および 777 型後継機（777X）の開発動向、更にこれら機体に搭載される新型エンジンの開発動向等が話題の中心となっている。平成27年12月に型式証明取得した C-Series、11月に初飛行した MRJ、および他のリージョナルジェット（E-JetE2、C919）並びにその搭載用エンジンの開発動向も話題となっている。

また、アジア・中東地域を中心とした航空需要の旺盛な伸びと共に、高止まりから一転して急落した燃料価格は低水準に留まるものの、航空各社の低燃費航空機へのフリート更新意欲から、エアバス、ボーイングとも受注残が増加しており、平成26年に引き続き生産レート引き上げに奔走していることも報じている。

(2) 平成27年度航空機関連動向解説事項の解説概要

当基金では、航空機等に関する解説事項選定委員会を開催し、時宜を得た航空機に関するテーマを解説事項として選定の上その解説概要を作成している。平成27年度は、以下の解説事項7件を選定し、各専門分野の執筆者に依頼して、その解説概要を作成している。

ア 「民間ジェット輸送機の需要推移とその時代背景」⁽¹⁾

1950年代に民間ジェット輸送機が運航開始されて以降、どのような市場ニーズや技術革新を受けてどのような航空機が開発されてきたのかについて、今後の需要予測を踏まえて解説。

イ 「マグネシウム合金の航空機への適用」⁽²⁾

近年アルミ合金に対抗し得る機械的特性と実用レベルの耐発火性を備えた新マグネシウム合金が日本で開発されたことから、マグネシウム合金の航空機適用の歴史、新合金の特徴と研究開発の取組並びに今後の展望を解説。

ウ 「旅客機用エンジンの技術革新～経済性・環境適合性・安全性の向上への取り組み～」⁽³⁾

旅客機用ジェットエンジンの技術革新、特に経済性・環境適合性・安全性への取組について、技術動向を示しながら解説。

エ 「航空機的设计・開発における3次元データの活用～3D設計及びCAEについて～」⁽⁴⁾

世界各地に分散したパートナー企業による国際共同開発が主流である近年の航空機開発において、低コスト化と開発期間の短縮に應えるため重要な役割を果たしている3D設計及びCAEについて活用事例をあげて解説。

オ 「航空機リースの現状 2015 ～LCCを育ててきた航空機リース～」⁽⁵⁾

民間輸送機の航空機リースの現状について解説するとともに、航空機リースがLCCの興隆にどう役立ってきたのか、またその課題等についても解説。

カ 「航空機用エンジンへの線形摩擦接合(LFW)技術の適用」⁽⁷⁾

近年、ジェットエンジンに用いられるようになったブレードとディスクを一体化した構造において、製造方法の一つとして考案されたLFWについてその特性及び製作実証試験の結果とともに開発動向を解説。

キ 「無人機の活用 ～地域振興を例として～」⁽⁶⁾

近年、急速に普及しつつあるマルチコプターについて、地域振興活用例として石川県白山手取川ジオパーク流域調査の取組を解説するとともに、運用や安全面への対応動向を解説。

これらの解説概要は、毎年、当基金のホームページに追加掲載されている。解説概要への平成27年の年間アクセス件数は、約45万件（月平均3.7万件）と、引き続き航空機関連事項に対する一般の高い関心が読み取れる。

[3. 1. 1項出典(1)～(7)：各、資料2のP2015D102～D108参照]

3. 2 大学・研究機関・企業等から公表された動向情報

3. 2. 1 国内学会等における研究開発動向

(1) 日本航空宇宙学会第 46 期年会講演会における研究開発動向

2015 年 4 月 16 日、17 日の両日、日本航空宇宙学会第 46 期定時社員総会/年会講演会が、東京（東京大学本郷キャンパス山上会館）で開催された。本年の参加登録人数は 285 名、口頭論文発表数は 102 件であった。今期は、特別講演 1 件、パネルディスカッション 2 件、オーガナイズドセッション 3 件のほか、「若手企画」、「学生・若手と社会人の交流会」や「懇親会」など様々な企画が開催された。特にオーガナイズドセッションについては、JSASS 15 部門の連携を高めるため、複数部門が関わる形のものが 2 件立案された。企画 OS 1 “モーフィング技術” は、構造部門の取り纏めのもと、飛行力学部門、航空機設計部門、材料部門、空力部門の 5 部門との合同で実施した。企画 OS 2 “将来の航空交通システムと CNS 技術” は機器電子情報システム部門と航空交通管制部門との合同で実施した。

特別講演

- 「ABC of Commercial Aviation: Technology Insertion Rewards and Challenges」
Susan X. Ying (Commercial Aircraft Corporation of China, Ltd)

パネルディスカッション

- 「戦略的次世代航空機研究開発 ビジョンの実現に向けた取り組み -次世代航空イノベーションハブについて-」
パネリスト：張替正敏、伊藤文和、村上哲、中村俊哉、石川和敏、伊藤健（JAXA）
司会：大貫武（JAXA）
- 「超小型衛星が拓く新しい宇宙開発・利用」
パネリスト：金岡 充晃（CSP ジャパン）、中村友哉（アクセルスペース）、
井上浩一（JAXA）、杉田精司（東大）、秋山演亮（和歌山大学）
司会：中須賀真一（東大）

企画オーガナイズドセッション：3 企画 28 件

- 「モーフィング技術」 11 件
- 「将来の航空交通システムと CNS 技術」 8 件
- 「新形態航空機のための機体と推進システム」 9 件

若手企画

- 「この空の未来を創る UAV -技術深化とシステム提案-」 5 件

一般講演：9 企画 69 件

空力 (23)、原動機・推進 (12)、レーザー・プラズマ応用 (6)、設計法 (4)、無人機 (6)、航法誘導制御 (7)、航空交通管理 (4)、宇宙航行・宇宙システム (3)、その他 (4)

[資料 3 の P2015D456 参照]

(2) 第 47 回流体力学講演会/第 33 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウムにおける研究開発動向

平成 27 年 7 月 2 日、3 日の両日、第 47 回流体力学講演会/第 33 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウムが東京大学生産技術研究所で開催され、300 名弱が参加した。本シンポジウムは、今回で 47 回目となる流体力学講演会 (FDC) と 33 回目となる航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム (ANSS) を合同開催するものである。本シンポジウムは、流体力学及び数値シミュレーション技術の分野における研究の発展に寄与することを目的としている。航空機、宇宙往還機、飛翔体に関する空気力学または流体力学、流体物理の基礎及び応用に関する研究発表、航空宇宙に関連する流体力学、構造力学等の数値シミュレーション技術及び計算機技術の研究発表が中心である。

なお、本年度はワークショップ、First Aerodynamics Prediction Challenge (APC1) が併催された。実機開発に活用されている数値流体解析と同規模の解析課題を選定し、JAXA 取得風試データとの解析結果の詳細な比較を行うことによって、航空 CFD 発展に向けた課題抽出を目的としたワークショップである。大学、企業 (重工、ソフトウェアベンダー)、JAXA から 20 件の発表が行なわれ、特に活発な議論がなされた。

招待講演

- 「CFD から CFFD へ ―数値航空機の実現に向けて―」松野謙一教授 (京都工繊大)
- 「Eulerian models for the description of polydisperse sprays : from fundamental issues to industrial applications and HPC」 Prof. Marc Massot (Ecole Centrale Paris/EM2C)
- 「Efficient time- and frequency-domain simulation methods for vibro-acoustics and flow acoustics」 Prof. Wim Desmet (K.U. Leuven)

特別講演

- 「京による最新の大規模流体シミュレーション」

加藤 千幸 教授 (東京大学 生産技術研究所)

ワークショップ

- First Aerodynamics Prediction Challenge (APC1) 20 件

特別企画セッション

○「EFD/CFD 融合技術」	4 件
○「民間超音速機実現のための空力設計技術」	10 件
○「非定常空力技術」	8 件
○「航空宇宙の空力音響技術」	4 件
○「低レイノルズ数流れ」	14 件
○「航空教育支援フォーラム」	パネル形式
○「航空宇宙における HPC の動向」	3 件
○「宇宙輸送を支えるシミュレーション」	7 件
○「先進流体計測技術」	10 件
○「デトネーションおよび圧縮性反応流の応用」	17 件

一般講演 12 企画 45 件

「流体力学に関する講演」「数値シミュレーションに関する講演」

[資料 3 の P2015D457 参照]

(3) シンポジウム「日本の旅客機開発とその意義～引き継がれる未来への夢」

平成 27 年 7 月 28 日(火)に東京大学安田講堂に、MRJ をはじめとする日本の旅客機開発に関するシンポジウムが東京大学の主催で開催された。基調講演は、大宮英明氏(三菱重工業会長)、片瀬裕文氏(経済産業省産業技術環境局長)、伊東信一郎氏(ANA ホールディングス会長、田村明比古(国土交通省航空局長)の 4 件があった。航空関係者や学生ら約 500 名の参加があった。

[資料 3 の P2015D458 参照]

(4) 第 57 回構造強度に関する講演会における研究開発動向

平成 27 年 8 月 5 日(水)～7 日(金)にかけて岡山理科大学において、「第 57 回構造強度に関する講演会」が開催された。特別講演 2 件のほか、84 件の講演発表が行われた。

特別講演

- 「複合材料積層板の衝撃損傷と圧縮強度劣化(CAI)について」
末益博志 氏 (上智大学 教授)
- 「文化・芸術・人文学の力」大原謙一郎 氏 (大原美術館 理事長)

一般講演

19 セッション、84 件

[資料 3 の P2015D459 参照]

(5) 第 42 回日本ガスタービン学会定期講演会

日本ガスタービン学会主催の講演会で、大学・研究機関・エンジンメーカーから航空用ジェットエンジンおよびガスタービンに関する講演がある。ジェットエンジン要素から新しいエンジンコンセプト、実運用に関わる研究など、エンジン・ガスタービンに関する幅広い研究について、様々な立場からの議論が活発に行われる。今年は 2015 年 9 月 9 日(水)、10 日(木)に鳥取県米子コンベンションセンターで開催された。

企画

先端技術フォーラム：プラント診断技術の最前線

調査研究委員会報告：再生エネルギー大量導入時代の系統安定化対応 先進ガスタービン発電設備の研究開発 — NEDO プロジェクト実施状況と今後の計画 —

特別講演： たたら製鉄と日本刀（和鋼博物館特別研究員 三奈木 義博 氏）

一般講演

空力 25 件

燃焼 4 件

システム 3 件

サイクル 6 件

伝熱 4 件

材料 5 件

[資料 3 の P2015D460 参照]

(6) JAXA 航空シンポジウム 2015 における研究開発動向

平成 27 年 10 月 15 日（木）に、東京ビッグサイトで開催される「東京エアロスペースシンポジウム 2015」の会場内シンポジウムステージで、併催カンファレンスとして JAXA 航空シンポジウム 2015 が開催された。今回は「航空安全技術の新たな創造」をテーマに、JAXA の最新の航空安全技術や、今年度から新たに始まった次世代航空イノベーションハブの取り組みを紹介があった。本年度は事前申し込み制で、200 名以上の参加者であった。

プログラム

司会：寺門 和夫 氏（科学ジャーナリスト）

14:45～15:00 1. JAXA 航空技術部門の最新成果 中橋 和博(理事／航空技術部門長)

15:00～16:00 2. DREAMS の成果

①次世代運航システム（DREAMS）が目指したもの

越岡康弘（航空技術実証研究開発ユニット長）

②気象を予測し安全かつ効率的な離着陸を実現する技術

又吉 直樹（航空技術実証研究開発ユニット気象情報技術セクションリーダー）

③災害時における航空機の情報共有を実現する技術

小林 啓二（航空技術実証研究開発ユニット防災・小型機運航技術セクションリーダー）

④質疑応答

16:00～16:20 3. 次世代航空イノベーションハブの紹介と安全技術についての取り組み 伊藤 文和（次世代航空イノベーションハブ長）

16:20～16:45 4. 意見交換

[資料3のP2015D461参照]

（7）第53回 飛行機シンポジウムにおける研究開発動向

平成27年11月11日（水）～11月13日（金）にかけて松山市総合コミュニティセンターにおいて、「第53回 飛行機シンポジウム」が開催され、本年度は例年より多い465名の参加者であった。ちょうど学会初日がMRJの初飛行と重なり、参加登録受付の横や一番大きな講演会場でWeb中継がスクリーンに映しだされた。東京大学の鈴木真二先生による特別講演の直前にMRJが名古屋空港に無事に着陸し、会場が拍手に包まれた。

特別講演：

- (1)「小型無人機が拓く「空の産業革命」に向けて」 鈴木 真二氏（東京大学）
- (2)「愛媛県消防防災航空隊の活動と概況」 梶原 博一氏（愛媛県消防防災航空隊）
- (3)「地域を支えるリージョナル航空の課題と展望」 日吉 和彦氏（日本エアコミューター）
- (4)「航空交通システムの現状と将来展望」 植木 隆央氏（国土交通省航空局）
- (5)「航空機向け炭素繊維強化プラスチックの開発の歴史と今後の展開」
京野 哲幸氏（東レ㈱）

特別企画：

- ①「航空教育支援フォーラム」

講演：

- ・企画講演 18企画：118件
- ・一般講演：96件
- ・学生講演：9件

[資料3のP2015D462参照]

3. 2. 2 国際学会等における研究開発動向

(1) SCITECH2015 関連

平成 27 年 1 月 5 日～9 日にかけて、米国キシミー（フロリダ州）にて SCITECH2015 が開催された。SCITECH2015 は AIAA が主催する航空宇宙全般に関する会議である。2014 年より AIAA が進める講演会の統合（11 講演会）により、その規模が拡大し、本年度は 40 カ国以上から 2500 以上の講演があった。講演会毎の講演件数は以下の通りである。

・ ConferenceCount17th AIAA Non-Deterministic Approaches Conference	41
・ 23rd AIAA/ASME/AHS Adaptive Structures Conference	43
・ 2nd AIAA Spacecraft Structures Conference	47
・ 33rd ASME Wind Energy Symposium	81
・ 53rd AIAA Aerospace Sciences Meeting	1304
・ 56th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference	37
・ 38th Symposium on Space Resource Utilization	11
・ AIAA Atmospheric Flight Mechanics Conference	75
・ AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference	254
・ AIAA Infotech @ Aerospace	140
・ AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference	140

Keynote Speech

○Science and Technology Policy

Robie Samanta-Roy, (Vice President, Technology and Innovation, Lockheed Martin Corporation)

○International Trends in Aerospace:

Up, Up and Away? To Where?

James N. Miller, President, Adaptive Strategies, LLC

○The Future of Design

Moderator: Richard Christiansen, (Vice President, Sierra Lobo, Inc.)

Panelists:

Juan Alonso, (Associate Professor, Department of Aeronautics, Stanford University)

Robert Liebeck, (Senior Technical Fellow, The Boeing Company)

Mark Maughmer, (Professor of Aerospace Engineering, The Pennsylvania State University)

○Diversity & Inclusion in the Aerospace Workforce

Moderator: Sandra H. Magnus, (Executive Director, AIAA)

Panelists:

Wesley Harris, (Charles Stark Draper Professor of Aeronautics & Astronautics, MIT)

Julio Navarro, (Senior Technical Fellow, The Boeing Company)

Alton Romig, (Vice President, Advanced Development)

Programs, (The Skunk Works, Lockheed Martin Aeronautics)

Tom Shih, (Professor and Head of Aeronautics and Astronautics, Purdue University)

Yvette Weber, (Director C-5 Program, United States Air Force)

○Entrepreneurial Aerospace George Whitesides, (CEO, Virgin Galactic and The Spaceship Company)

[資料 3 の P2015D463、P2015D464 参照]

(2) ASME Turbo Expo 2015

ASME/IGTI(米国機械学会ガスタービン部門)が主催するガスタービンに関する国際会議で、論文数 1,000、参加者 3,000 人以上にもものぼる非常に大きな講演会である。近年は毎年 6 月に北米、欧州交互に開催されており、2015 年は Turbo Expo 60 周年であり、6 月 15 日から 19 日までカナダのモントリオールで開催された。エンジンシステムとしての航空エンジンに関するセッションの他、圧縮機、タービン、軸受けなどの要素、非定常流れ、CFD、伝熱、燃焼、制御、材料などの基礎研究、さらに産業用ガスタービンや蒸気タービン風車まで非常に幅広い研究が報告される。機械系の講演会の中でも査読が厳しいことでも知られており、投稿論文は初回投稿のアウトプストラクト及びプロシーディングスに掲載するフルペーパーで査読を受ける。

2016 年は、初めてアジア（韓国ソウル）で開催される予定。

Keynote Speech

Technology Reduces Life Cycle Cost.

Mr. Walter Di Bartolomeo (Vice President, Engineering Pratt & Whitney Canada)

Dr. Chris Lorence (General Manager of Engineering Technologies, GE Aviation)

Mr. Richard (Ric) Parker (Director of Research & Technology, Rolls-Royce Group)

一般セッション

Aircraft Engine

Ceramics

Coal, Biomass & Alternative Fuels

Combustion (Fuels & Emissions, Fuels & Emissions, Combustion Design & Test)

Controls, Diagnostics & Instrumentation

Cycle Innovations

Education

Electric Power

Fans & Blowers

Heat Transfer (Conjugate Heat Transfer, Internal Cooling, Film Cooling, General Heat Transfer, Tutorials, Internal Air Systems & Seals (with Turbomachinery), Transitional Flows (with Turbomachinery), Combustors (with Combustion, Fuels & Emissions), Structures (with Structures & Dynamics), Steam Turbine Heat Transfer (with Steam Turbines))

Industrial & Cogeneration

Manufacturing Materials & Metallurgy

Marine

Microturbines, Turbochargers & Small Turbomachines

Oil & Gas Applications

Organic Rankine Cycle Power Systems

Steam Turbines

Structures & Dynamics (Emerging Methods in Design & Engineering, Fatigue, Fracture & Life Prediction, Probabilistic Methods, Rotordynamics, Bearing & Seal Dynamics, Structural Mechanics & Vibration, Damping Technologies, Aerodynamic Excitation & Damping (with Turbomachinery))

Supercritical CO2 Power Cycles

Turbomachinery (Axial Flow Fan & Compressor Aerodynamics, Axial Flow Turbine Aerodynamics, Design Methods & CFD Modeling for Turbomachinery, Ducts & Component Interactions, Noise & Innovative Noise Reduction (with Aircraft Engine), Radial Turbomachinery Aerodynamics, General Interest, Unsteady Flows in Turbomachinery, Multidisciplinary Design Approaches, Optimization & Uncertainty Quantification (with Structures & Dynamics and Heat Transfer))

[資料 3 の P2015D465 参照]

(3) AIAA AVIATION 2015 関連

平成 27 年 6 月 22 日 (月) ~ 26 日 (金) にかけて、米国アトランタ (ジョージア州) にて AVIATION 2015 が開催された。41 カ国から 2,000 名以上参加者 (海外からは 700 名弱) があり、1600 件近い講演があった。

Keynote Speech

○Opening Keynote: Are We Moving Fast Enough?

Tom Enders, (Chief Executive Officer, Airbus Group)

○NextGen: A Model of Stakeholder Engagement

Bill Ayer, (Retired Chairman and CEO, Alaska Air Group)

Edward L. Bolton Jr., (Assistant Administrator for NextGen, Federal Aviation Administration)

○NASA and the Future of Aerospace

Charles F. Bolden Jr., (Administrator, NASA)

○DHS's Perspectives on Cybersecurity in Aviation

Gregory J. Touhill, (Department of Homeland Security)

○The G650 Design, Development, and Test

Kurt Erbacher (Vice President, G650 Aircraft Program, Gulfstream Aerospace Corporation)

[資料3の P2015D466 参照]

(4) AIAA Propulsion and Energy 2015

航空宇宙推進系に関する講演会である Joint Propulsion Conference(JPC)、より広いエネルギーシステムに関する講演会である International Energy Conversion Engineering Conference (IECEC)の二つの米国の主要講演会を統合する形で 2009 年から始まった巨大講演会であり、併催の展示会も含めて非常に幅広い分野の講演を聞くことができる。2015 年は 7 月 27 日から 29 日にフロリダ州オーランドで開催された。

Keynote Speech

"Aviation Innovation" Christopher (Chris) Lorence, General Manager, Engineering Technologies, GE Aviation

"Developing Creative Storytelling Using Model- Based Design" Michael Tschanz, Director, Technology & Analysis, Design and Engineering, Walt Disney World

Panel Discussion

Global Cooperation and Economic Development

Cost and Affordability of Future Systems

Technology Development and Trends in Propulsion and Energy

The Transformation of the Kennedy Space Center

Workforce Development

Forum

Aircraft Electric Propulsion – Bridging the Gap

Government Investments Enabling Advancement of In-Space Propulsion

Evolution of Our National Ground Test Capability
Integrated Roles of Experimental Fluid Dynamics and Computational Fluid
Dynamics
Work/Life Balance Challenges for the 21st Century
Advancing Engineering Through Effective Communication with the Media

航空宇宙関連一般講演

Advanced Engine Controls
Advanced Propulsion Systems
Air Breathing Propulsion Systems Integration
Electric Propulsion
Energetic Components and Systems
Gas Turbine Engines
Green Engineering/Green Energy
High Speed Air Breathing Propulsion
Hybrid Rockets
ITAR
Liquid Propulsion
Nuclear and Future Flight Propulsion
Pressure Gain Combustion
Propellants and Combustion
Propulsion Aerodynamics Workshop Report Out
Propulsion Education
Solid Rocket
Space Transportation
System Concepts and Supporting Propulsion Technology
Vehicle Systems

[資料3の P2015D467 参照]

(5) International Gas Turbine Congress 2015 Tokyo (IGTC2015 Tokyo)

International Gas Turbine Congress (IGTC)は日本ガスタービン学会主催で4年に一度開催されるガスタービンおよびエネルギー関連技術に関する国際講演会。今回は2015年11月15日(日)-20日(金)に東京虎ノ門ヒルズで開催された。ガスタービン、蒸気タービン、風車など幅広い機器について基礎技術からシステム解析まで様々な講演がある他、企業による展示会も併催されるため、学術と産業の両面での情報交換ができる場となっている。

NASA 研究所所長、国内外のガスタービン関連企業トップ、ドイツ ドレスデン工科大学からの特別講演、3 件のパネルディスカッション、213 件の一般講演の他、将来の電気推進航空機、複合材や 3D プリンティングの適用などホットなテーマに関するフォーラムも開催された。

特別講演

NASA Glenn: 75 Years & Beyond Propelling 21st Century Aviation to New Heights (Mr. James M. Free, Director, NASA Glenn Research Center)

Nickel-Base Superalloys – Enabling Future Generations of Power Turbines (Dr. Shailesh Patel, Vice President, Special Metals Corporation)

Probabilistic Analysis of Complex System Behaviour in Turbomachinery Design (Prof. Dr.-Ing. Konrad Vogeler, Technische Universität Dresden)

Challenge for Low BTU Blast Furnace Gas Firing GTCC in Steel Works (Mr. Yoshiaki Tsukuda, Executive Corporate Adviser, Mitsubishi Heavy Industries, Former President of GTSJ)

パネルディスカッション

Challenges in Propulsion Technology for Next Generation Air Transport

Current Status and Future Strategy of Electricity and Energy Supply in Asian Countries

Energy Strategy: Role of Gas Turbines in the Future Energy Network

フォーラム

Perspective on Electric Propulsion Technologies for Aircraft Applications

CFRP in Aircraft Engine Technology

GTSJ-IGTI Joint Forum on Additive Manufacturing

一般講演

Aerodynamics and Design 54 件

Aircraft Engines 8 件

Combustion, Fuel and Emissions 24 件

Control and Diagnostics 10 件

Cycle Innovation 9 件

Heat Transfer 26 件

Industrial Gas Turbine and Power Systems 10 件

Manufacturing Technologies 11 件

Materials and Coatings 17 件

Operational Experiences, Reliability and Maintenance	3 件
Small Gas Turbine and Turbochargers	12 件
Steam Turbines	16 件
Structure and Dynamics	10 件
Wind Turbines	3 件

[資料 3 の P2015D468 参照]

(6) APISAT-2015 関連

2014 年 11 月 25 日～27 日にかけて、オーストラリアのケアンズにて 2015 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT-2015) が開催された。

本シンポジウムは、日本・中国・韓国・オーストラリアの航空宇宙学会が合同で毎年開催している国際会議である。空気力学、推進、構造、誘導制御、無人航空機等のテーマに加え、本年度は ATM のセッションが多く設定された。特に、“ATM Panel Discussion: Toward a Synchronized ATM Environment for the Asia-Pacific Region” というパネルディスカッション企画が実施された。

尚、来年は日本航空宇宙学会が中心となり、2016 年 10 月 25 日～27 日の日程で、富山で開催予定である。

基調講演：

1. Overview of DREAMS (Distributed and Revolutionarily Efficient Air-traffic Management System Project of Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)
Yasuhiro Koshioka, Director, Technology Demonstration Research Unit, Aeronautical Technology Directorate, JAXA, JAPAN
2. ATM and the Harmonisation of the Civil and Military Air Traffic System
Jason Harfield, CEO Airservices Australia, AUSTRALIA
3. Complex Aerodynamic Optimization and Robust Design Based on CFD
Zhenghong Gao, Northwestern Polytechnical University, CHINA
4. LES and Hybrid RANS on multiphase turbulence combustion of air-breathing engines
Hong-Gye Sung, School of Aerospace and Mechanical Engineering, Korea Aerospace University, KOREA

一般講演：270 件

ポスターセッション：62 件

[資料 3 の P2015D469 参照]

第4章 平成27年度海外調査報告

4.1 調査目的

(1) 調査目的

平成27年度事業「航空機等に関する技術開発動向調査委員会」活動に関する調査の一環として、航空機工業の発展著しいアジア・オセアニア地域の関係企業、研究機関等を訪問し、航空機産業の現状と最先端技術の研究開発動向等を調査する。

(2) 訪問調査先の選定

(1) 項に沿ってアジア・オセアニア地域の企業、公的研究機関、大学等を訪問調査対象先として検討し、以下を主要訪問先として選定した。

<シンガポール>

ア Rolls-Royce Singapore Pte Ltd 社

Rolls-Royce 社で最新の生産システムを有する施設調査と意見交換

<オーストラリア メルボルン地区>

イ 公的研究機関・大学

①Defence Science and Technology Group

②RMIT University

オーストラリアにおける航空機関連の先端技術研究開発状況等の資料収集、施設調査と意見交換

ウ 企業

①Advanced Composite Structures Australia Pty Ltd 社

複合材に係る先端技術開発状況等の資料収集と意見交換

②Amaero Engineering Pty Ltd 社

積層造形に係る先端技術開発状況等の資料収集と意見交換

4.2 調査結果概要

(1) 日程および調査団メンバー

ア 日程

平成27年11月 8日(日): 羽田出発、Singapore 到着

平成27年11月 9日(月): Rolls-Royce Singapore Pte Ltd 社訪問

平成27年11月10日(火): 移動日 (Melbourne へ移動)

平成27年11月11日(水): Advanced Composite Structures Australia Pty Ltd 社訪問

Defence Science and Technology Group 訪問

平成27年11月12日（木）：Amaero Engineering Pty Ltd 社訪問

RMIT University 訪問

平成27年11月13日（金）：移動日（Melbourne から Singapore 経由帰国）

平成27年11月14日（土）：羽田到着

イ 調査団メンバー

石川隆司 委員長(調査団長)、寺本進 委員、佐々木秀朗 企画調査部長(事務局)

(2) 調査結果概括

今年度は、成長著しいアジア・オセアニア地域における航空機産業の発展状況の調査を主眼として、シンガポール、オーストラリアを選定し、3企業、1研究所、1大学の合計5箇所を実地訪問調査した。以下にその概要を示す。

<シンガポール>

ア Rolls-Royce Singapore Pte Ltd 社訪問

シンガポール北部のセレーター航空宇宙産業団地（Seletar Aerospace Park）にある Rolls-Royce Singapore Pte Ltd 社（以下、「RR シンガポール」という。）を訪問し、その活動状況を調査した。

2014年業績は、RR 社全体として、売上146億£、利益16億£、受注残737億£。なお、売上は、部門別で61%が航空（民間・防衛）、サービス提供/製品販売が半々（52%と48%）、地域別でも欧州、北米、中東・アジアが各々3割。

今後の10年でアジア（特に東南アジア）の著しい成長が見込まれるため、RR 単独としては最大の投資をシンガポールに行っている。RR シンガポールの全従業員は2500人で、そのうちセレーター航空宇宙産業団地内に2012年開所したセレーターキャンパスに800人。セレーターキャンパス（敷地面積15.4万㎡）には、①A380型機向けTrent900および787型機向けTrent1000エンジンの組立・運転試験場（1施設）、②Trentエンジン用中空チタン製ワイドコードファンブレード（以下、「WCFB」という。）工場、③先端技術センター、④トレーニングセンター、⑤今年開所のカスタマー・サービス・センター（以下、「CSC」という。）がある。

①はTrentエンジン用としては最も近代的で、英国外で初めての組立・運転試験場。製造レートは現状2台/週であるが、2016年には5台/週（250台/年）へ倍増する計画。運転試験場は推力15万ポンド（68t）、ファン径140インチ（3.6m）のエンジンまでの運転試験能力あり。②は英国外で初となるWCFB工場で、年間7,600枚以上の製造能力を有している。⑤は英国外で初となるCSCで、航空機需要の成長著しいアジア・太平洋地域の顧客である航空会社20社以上をサポートしていく計画。なお、実地調査としてTrent900およびTrent1000エンジンの組立・運転試験場、WCFB工場、先端技術センターを調査することができた。

<オーストラリア メルボルン地区>

オーストラリアの航空宇宙産業が集積しているビクトリア州メルボルン地区の企業等訪問に当たり、オーストラリア貿易促進庁（Austrade）、ビクトリア州政府の担当の方々には大変お世話になった。オーストラリアの航空宇宙の売上規模は 4400 億豪 \$ 程で、民間航空機・部品/防衛航空機・部品/MRO の比率が夫々 3 割程。

イ Defence Science and Technology (DST) Group 訪問

DST Group はオーストラリア国防省の研究機関で、作戦指揮、現行国防力の維持および将来の国防力取得に係る専門家の公平なアドバイスと支援を行うことを中心的な役割としている。年間予算\$430M、スタッフ 2100 人、研究施設 8 箇所、航空宇宙部門等 7 つの研究部門を有している。航空宇宙部門は、航空宇宙システムの有効性（ヒューマンファクターや航空作戦模擬等に関すること）、航空機の性能と残存性、機体技術と安全性、機体構造、航空機の健全性と維持、超音速の応用の 6 つの領域に分かれている。国際共同研究としては、F-35、EA-18G 等の主要な国際共同開発プロジェクトへの参画、C-130J、P&W 燃焼器等の民間契約によるもの、科学技術のフェローシップやスタッフ交換の活用、ICAS 等の学会の活用、NATO の科学技術機構の活用等がある。

実地調査として実大空気熱力学実験、燃焼、高温/超高温材料、先進の振動健全性モニタリング確認、低速風洞、シミュレーション技術に関する施設を調査することが出来た。

ウ RMIT University 訪問

RMIT University のメルボルン市内にあるシティキャンパスを訪問し、Sir Lawrence Wackett Aerospace Research Center における研究動向を調査した。

RMIT University の Sir Lawrence Wackett Aerospace Research Center は、航空宇宙の科学技術に関する最先端の研究を目指して 1991 年に設立され、現在、年間予算\$2.1M で、スタッフ 30 人と 50 人の博士研究員が 45 のプロジェクトに従事。主要な研究分野は航空宇宙材料・構造、アビオ・航空交通管制、自律システム、設計・認証・製造、電源・エネルギー・推進システムの 5 つの分野に注力。

航空宇宙材料・構造分野では、複合材に関する特性改善/修理技術/低コスト化/検査技術の研究、積層造形（AM）による軽量化/AM 認証に向けた研究、金属/複合材の疲労寿命予測改善の研究、アビオ・航空交通管制分野では、NEXTGEN の航空交通管制や飛行管制システムの研究、自律システム分野では超小型無人飛行機と無人機の安全性・認証の研究、設計・認証・製造分野では、国防装備品における国内/海外調達の適否やライフサイクル等の評価、電源・エネルギー・推進システム分野では水素燃料電池の研究等を進めている。

エ Advanced Composite Structures Australia Pty Ltd (ACS) 社訪問

前身は CRC-ACS (Cooperative Research Centre for Advanced Composite Structures) で、1991 年に豪州政府が産官学連携のために設立した 15 の CRC(Cooperative Research Center)の一つ。ACS 社は複合材に関する設計・解析・最適化を担っており、複合材技術に関するオーストラリアの最先端組織で、複合材技術の開発からその技術の産業界への橋渡しまでを担っている。複合材部品の設計・解析・最適化、防火対策・モデリング、整備・検査、修理技術といった主要な複合材技術に対し全て対応できる能力を有している。具体的には、RTM/Pultrusion/Infusion といった複合材製造技術、部品製造シミュレーション(最適化)技術、TCW (Thermoset Composite Welding) による接合・組立技術、修理技術 (Thin Walled Sandwich 等)、構造健全性モニタリング(Structural Health Monitoring)システム技術等。

20 数名が従事し、顧客には BAA、Boeing、Airbus、Bombardier、GKN、Rolls-Royce、COMAC 等があり、1 案件に掛ける期間は 6 か月程度、オーストラリア国防省研究機関である Defence Science and Technology Group やオーストラリアの各大学と密接な協力関係を築いており、オーストラリア産官学連携の好例である。

オ Amaero Engineering Pty Ltd (AMAERO) 社訪問

Monash University に隣接した AMAERO 社は、同大学の積層造形センターの商業部門として 2013 年に設立された。Key となる研究者はパートタイムだが 20 人程の研究者が常時従事。研究の大半は産業界との共同研究の形で行われ、基礎的な研究・開発から、試作・製品化までを行う。使用設備として Trumpf 7040 Laser Cell Blown Powder facility 1 台 (4kw、4000x1500x750mm の造形可)、powder bed machine である Concept Laser XLine1000R 1 台 (1kw、400x600x500mm) と EOSINT M280M 2 台に、熱間等方圧加圧 (HIP) 装置 (2000℃、3000 気圧、φ150x300mm) がある。

その研究例として、豪州政府補助金に基づくサフラングループの Microturbo 社等との共同研究により、ジェットエンジン部品を全て積層造形で製造したと 2015 年 2 月に公表している。

5. 1. 3 訪問先面会者一覧

<シンガポール>

Rolls-Royce Singapore Pte Ltd 社

Mr. Jonathan Asherson, Regional Director - ASEAN and Pacific

Dr. Bicky Bhangu, Director - Singapore

Ms. Mary Tan, PA to Jonathan Asherson Regional Director ASEAN & Pacific

<オーストラリア メルボルン地区>

Australian Trade Commission (Austrade), Australian Government

Mr. Raymond Roche, Consul / Assistant Trade Commissioner (Designate) Osaka

Mr. Michael Taylor, Project Manager, International Operations

Department of Economic Development, Jobs, Transport and Resources (DEDJTR), State Government of Victoria

Mr. Peter Fowler, Manager, Aviation Operations, Aviation, Defence and Aerospace

Defence Science and Technology (DST) Group, Department of Defence, Australian Government

Dr. Albert Wong, Research Leader, Aircraft Structures, Aerospace Division

他

RMIT University

Prof. Chun-Hui Wang, Director of Sir Lawrence Wackett Aerospace Research Centre

Prof. Pier Marzocca, Dupty Head of School (Aerospace and Aviation)

Advanced Composite Structures Australia Pty Ltd (ACS)社

Prof. Murray L. Scott, Managing Director

Mr. Andre Duarte, Business Development Manager

Amaero Engineering Pty Ltd (AMAERO)社

Dr. Dwayne Kirk, Chief Executive Officer

Mr. Ben Batagol, Business Development Manager

第5章 まとめ

5. 1 今後の調査課題

(1) 平成27年度の技術研究開発動向調査期間においては、平成22年12月に正式開発着手、平成27年12月にEASA、FAAより型式証明取得し4,508機⁽¹⁾の受注を獲得しているA320エンジン換装型機(A320neo)と、その約9ヶ月遅れで正式開発着手、平成28年1月に初飛行し3,072機⁽¹⁾の受注を獲得している737エンジン換装型機(737MAX)の2つのエンジン換装型派生機の開発とそれらに搭載する新型エンジンの開発に注目が集まると共に、平成23年10月に就航開始し予定通り生産レートも引き上げられつつある787-8型機、その派生型機で平成26年8月から就航開始した787-9型機の動向、787-10型機の開発動向、777X型機の開発動向、平成27年1月に就航開始したA350XWBの開発動向、そしてこれら機体に搭載される新型エンジンの動向が話題の中心であった。(注1：平成28年1月末現在)

また、平成27年11月には国産旅客機では半世紀ぶりとなる初飛行が実施された小型ジェット旅客機MRJ、12月にFAAから型式証明を取得し顧客への引き渡しを開始した小型ビジネスジェット機HondaJet、更には平成28年1月に型式制定され公開された年度内初飛行予定の防衛装備庁が研究試作を行っている先進技術実証機X-2など、我が国の航空機産業にとって「航空元年」とも言える話題の多い年であった。

(2) これらの状況を踏まえ、機体および装備品関連の技術研究開発動向として、環境技術、機体構造、機体システムを含め、以下の項目を引き続き調査する必要がある。

- ・次期中小型民間輸送機の開発動向(A350XWB、A320neo、737MAX)
- ・次期中大型民間輸送機の開発動向(787-10、777X等)
- ・二大メーカ以外による小型機、次期リージョナル機、ビジネス機の開発動向(C-Series, MRJ, ARJ100, MC21, COMAC919等)
- ・機体の高効率化、騒音低減技術の研究開発動向
- ・低コスト複合材(RTM: Resin Transfer Molding等)の技術動向
- ・熱可塑複合材の動向
- ・高強度アルミ合金(Al-Li合金等)の開発動向
- ・その他先進金属材料(Mg合金、チタン合金等)の開発動向
- ・先進操縦システム(安全性向上等)の動向
- ・More Electric Airplane(MEA)用各種技術(アクチュエータ、防氷システム、空調システム等)の動向
- ・光ネットワーク技術(データ処理、Wire Harness等)の動向
- ・燃料電池等の電気システム技術の動向

(3) 次世代航空機用エンジンの関連では、中小型民間輸送機用エンジン開発が先行するものの、今後共、以下の項目を調査する必要がある。

- ・次期中小型民間輸送機用エンジン開発の動向（GTF、LEAP、他）
- ・セラミックス基複合材（CMC）の開発動向
- ・炭化ケイ素繊維複合材の開発動向
- ・エンジン及びナセルの騒音低減化関連技術の開発動向
- ・熱可塑複合材を含む炭素繊維複合材のエンジンへの適用拡大（軽量で高効率な低圧系システム関連技術等）
- ・環境適合性向上に資するための先進燃焼システム関連技術の開発動向
- ・その他熱効率の向上に資する先進機械要素関連のエンジン技術開発動向
- ・その他エンジン高効率化、CO₂/NO_x 低減、騒音低減等の環境技術の開発動向
- ・オープン・ローターの研究開発動向（革新的なファンローター駆動システム関連技術の開発動向）

(4) 将来航空交通システム・航空管制等に関するものとしては、引き続き以下の項目を調査する必要がある。

- ・NextGen、SESAR、CARATS 各プログラムの進捗状況と相互調整状況、及び目標値達成に向けた高度航空管制システム技術の開発動向
- ・先進航空交通システム（ATM）、航法システムの開発動向
- ・先進運行支援システム技術、情報ネットワーク技術の開発動向
- ・安全運航、自動操縦システムの開発動向

5. 2 平成27年度調査のまとめ

当基金では、平成21年度下期から、外部の専門家等から成る航空機等に関する「技術開発動向調査委員会」を設置し、調査対象期間における航空機等の技術開発動向等に関わる情報を収集、現状確認と分析を行ない、将来展望等も含めて報告書を編纂する事業を実施している。

平成27年度は昨年度に引き続き、年間を通した対象期間において、航空機等に関する技術開発動向について広く情報を集め分析する委員会活動を実施し、調査課題に対する世界的な技術研究開発動向について取り纏めることができた。また、アジア・オセアニア地域航空産業の動向について、シンガポール、豪州メルボルンにて企業（Rolls-Royce Singapore Pte Ltd、Advanced Composite Structures Australia Pty Ltd 等）、公的研究機関（Defence Science and Technology Group）、大学（RMIT University）を訪れ、実地調査する機会を得て、有益な最新情報を入手することができたことは大きな成果であった。

これらの調査結果を取り纏め編纂した本報告書が、我が国の航空機等の国際共同開発の促進と航空機産業の発展に貢献することができれば、幸いである。

資料1 関係省庁の刊行物リスト（平成27年1月～平成27年12月）

資料番号	標 題
P2015D001	内閣官房 基幹産業化に向けた航空ビジネス戦略に関する関係省庁会議（第1回 &第2回）（H27/3/12&12/11）（ http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/koku_business/ ）
P2015D002	内閣官房 航空産業ビジョン（平成27年12月11日付基幹産業化に向けた航空 ビジネス戦略に関する関係省庁会議決定） （ http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/koku_business/pdf/vision.pdf ）
P2015D003	外務省 安倍総理とヴァルス仏首相の会談（H27/10/5 http://www.mofa.go.jp/mofaj/erp/we/fr/page4_001430.html ）のうち2（1）項 の日仏ノベーション年事業リスト （ http://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000103049.pdf ）
P2015D004	国土交通省 将来の航空交通システムに関する研究会 （ http://www.mlit.go.jp/koku/koku_CARATS.html ）の最終とりまとめ 将来の航空交通システムに関する長期ビジョン（CARATS） （ http://www.mlit.go.jp/common/000123890.pdf ）
P2015D005	国土交通省 第5回将来の航空交通システムに関する推進協議会（H27/3/13 http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk13_000007.html ）の資料5：平成27年度 の主要な取組について（案）（ http://www.mlit.go.jp/common/001088135.pdf ）
P2015D006	国土交通省 国際的取り組み：オープンスカイ交渉の進捗について （ http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk1_000021.html ）
P2015D007	防衛省 防衛省改革 平成27年度組織改編について（H27/10/1） （ http://www.mod.go.jp/j/approach/others/kaikaku/pdf/h27_kaihen.pdf ）
P2015D008	防衛装備庁 防衛装備庁の概要 （ http://www.mod.go.jp/atla/soubichou_gaiyou.html ）
P2015D009	防衛省 防衛装備移転三原則 （ http://www.mod.go.jp/j/press/news/2014/04/01a.html ）
P2015D010	経済産業省 防衛装備移転三原則 （ http://www.meti.go.jp/press/2014/04/20140401001/20140401001.pdf ）

資料2 関係団体の刊行物リスト（平成27年1月～平成27年12月）

資料番号	標 題
P2015D101	SJAC 第2回日仏民間航空機産業協力に関する官民合同のワークショップ（平成26年12月）（ http://www.sjac.or.jp/common/pdf/kaihou/201502/20150205.pdf ）
P2015D102	IADF 航空機等に関する解説概要 27-1「民間ジェット輸送機の需要推移とその時代背景」（ http://www.iadf.or.jp/document/pdf/27-1.pdf ）
P2015D103	IADF 航空機等に関する解説概要 27-2「マグネシウム合金の航空機への適用」（ http://www.iadf.or.jp/document/pdf/27-2.pdf ）
P2015D104	IADF 航空機等に関する解説概要 27-3「旅客機用エンジンの技術革新～経済性・環境適合性・安全性の向上への取り組み～」（ http://www.iadf.or.jp/document/pdf/27-3.pdf ）
P2015D105	IADF 航空機等に関する解説概要 27-4「航空機の設計・開発における3次元データの活用～3D設計及びCAEについて～」（ http://www.iadf.or.jp/document/pdf/27-4.pdf ）
P2015D106	IADF 航空機等に関する解説概要 27-5「航空機リースの現状 2015～LCCを育ててきた航空機リース～」（ http://www.iadf.or.jp/document/pdf/27-5.pdf ）
P2015D107	IADF 航空機等に関する解説概要 27-6「航空機用エンジンへの線形摩擦接合（LFW）技術の適用」（ http://www.iadf.or.jp/document/pdf/27-6.pdf ）
P2015D108	IADF 航空機等に関する解説概要 27-7「無人機の活用 ～地域振興を例として～」（ http://www.iadf.or.jp/document/pdf/27-7.pdf ）

資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト（平成27年1月～平成27年12月）

資料番号	標 題
P2015D201	基幹産業化に向けた航空ビジネス戦略 ―提言― （平成26年8月26日付自由民主党 政務調査会 宇宙・海洋開発特別委員会） https://www.jimin.jp/news/policy/126072.html
P2015D202	日刊工業新聞（2015年9月2日）
P2015D203	Joint kick-off meeting of the SUNJET II project（2015年3月27日） http://sunjet-project.eu/recent_posts/joint-kick-meeting (http://www.sjac.or.jp/common/pdf/kaihou/201505/20150509.pdf)
P2015D204	Environmental Protection News（2016年2月8日） http://www.icao.int/Newsroom/Pages/New-ICAO-Aircraft-CO2-Standard-One-Step-Closer-To-Final-Adoption.aspx
P2015D205	EU News（2016年2月9日） http://www.euin-japan.jp/resources/20160209/132224/
P2015D206	Airbus Press centre（2016年2月）
P2015D207	Boeing Japan（2016年1月7日）
P2015D208	Bombardier Financial Report（2015年）
P2015D209	ATR Press Releases（2016年1月21日）
P2015D210	Ascend data（2016年2月29日）
P2015D211	Boeing News Release(2016年1月27日)
P2015D212	Airways News（2015年4月7日）
P2015D213	Boeing News Release（2015年5月7日）
P2015D214	Boeing News Release(2015年5月29日)
P2015D215	Boeing News Release（2015年9月15日）
P2015D216	Flightglobal(2015年10月27日)
P2015D217	Flightglobal（2016年1月29日）
P2015D218	The Seattle Times（2015年4月22日）
P2015D219	Boeing News Release（2015年12月2日）
P2015D220	Boeing News Release(2015年8月27日)
P2015D221	Boeing Web（2015年3月18日）
P2015D222	FAA Advisory Circular 120-42B（2008年6月13日）
P2015D223	Flightglobal（2015年3月11日）
P2015D224	The Seattle Times（2015年6月14日）
P2015D225	Flightglobal(2015年7月29日)
P2015D226	Flightglobal(2015年6月9日)
P2015D227	Flightglobal(2015年6月18日)
P2015D228	Flightglobal(2015年11月8日)

資料番号	標 題
P2015D229	Flightglobal (2015 年 9 月 30 日)
P2015D230	Boeing News Release (2015 年 4 月 16 日)
P2015D231	WING DAILY (2013 年 7 月 18 日)
P2015D232	Flightglobal (2015 年 4 月 10 日)
P2015D233	Airbus Press Release (2016 年 1 月)
P2015D234	Airbus Press Release (2016 年 1 月 12 日)
P2015D235	Airbus Press Release (2015 年 10 月 30 日)
P2015D236	Aviation Daily (2015 年 5 月 19 日)
P2015D237	Flightglobal (2015 年 4 月 14 日)
P2015D238	Flightglobal (2015 年 4 月 21 日)
P2015D239	Flightglobal (2015 年 5 月 19 日)
P2015D240	Flightglobal (2015 年 7 月 21 日)
P2015D241	Flightglobal (2015 年 7 月 28 日)
P2015D242	Flightglobal (2015 年 10 月 1 日)
P2015D243	Bloomberg Business (2015 年 10 月 7 日)
P2015D244	Airbus Press Release (2015 年 11 月 24 日)
P2015D245	Flightglobal (2016 年 1 月 21 日)
P2015D246	Airwaysnews (2016 年 1 月 25 日)
P2015D247	Flightglobal (2016 年 1 月 13 日)
P2015D248	Flightglobal (2016 年 1 月 21 日)
P2015D249	Bloomberg (2015 年 6 月 17 日)
P2015D250	Airbus Press Release (2015 年 7 月 2 日)
P2015D251	Flightglobal (2015 年 7 月 3 日)
P2015D252	Airbus Press Release (2015 年 9 月 7 日)
P2015D253	Airbus Press Release (2015 年 9 月 25 日)
P2015D254	Flightglobal (2015 年 11 月 6 日)
P2015D255	Airbus Press Release (2015 年 10 月 13 日)
P2015D256	Aviation Daily (2015 年 4 月 14 日)
P2015D257	Flightglobal (2015 年 11 月 20 日)
P2015D258	Flightglobal (2015 年 4 月 15 日)
P2015D259	Embraer Commercial Aviation (2013 年)
P2015D260	東レ (2015 年 5 月 29 日)
P2015D261	Composites World (2014 年 6 月 30 日)
P2015D262	Flightglobal (2015 年 11 月 10 日)
P2015D263	Flightglobal (2015 年 12 月 24 日)
P2015D264	Flightglobal (2015 年 3 月 27 日)

資料番号	標 題
P2015D265	Bombardier Press Release (2015 年 11 月 17 日)
P2015D266	Flightglobal (2015 年 12 月 18 日)
P2015D267	Flightglobal (2015 年 10 月 29 日)
P2015D268	Seattle Times (2016 年 2 月 25 日)
P2015D269	Flightglobal (2015 年 4 月 23 日)
P2015D270	Flyteam (2015 年 10 月 27 日)
P2015D271	Flightglobal (2015 年 11 月 2 日)
P2015D272	Flightglobal (2015 年 11 月 30 日)
P2015D273	Flightglobal (2016 年 2 月 17 日)
P2015D274	Flightglobal (2015 年 4 月 16 日)
P2015D275	Flightglobal (2015 年 4 月 21 日)
P2015D276	Aviation Week (2015 年 1 月 5 日)
P2015D277	Flightglobal (2015 年 11 月 27 日)
P2015D278	三菱航空機ニュース(2015 年 4 月 10 日)
P2015D279	Flightglobal (2015 年 5 月 13 日)
P2015D280	Flightglobal (2015 年 6 月 17 日)
P2015D281	三菱航空機 (2015 年 8 月 3 日)
P2015D282	Flightglobal (2015 年 11 月 10 日)
P2015D283	Aviation Wire (2015 年 11 月 11 日)
P2015D284	Flightglobal (2015 年 12 月 24 日)
P2015D285	Flightglobal (2015 年 8 月 4 日)
P2015D286	Flightglobal (2015 年 11 月 17 日)
P2015D287	Flightglobal (2015 年 12 月 10 日)
P2015D288	Flightglobal (2015 年 9 月 23 日)
P2015D289	Aviation Daily (2015 年 10 月 8 日)
P2015D290	Flightglobal (2015 年 11 月 9 日)
P2015D291	Flightglobal (2015 年 12 月 8 日)
P2015D292	Honda ニュースリリース (2015 年 12 月 24 日)
P2015D293	Flightglobal (2015 年 12 月 24 日)
P2015D294	Flightglobal (2015 年 12 月 9 日)
P2015D295	Flightglobal (2013 年 12 月 14 日)
P2015D296	http://www.cfmaeroengines.com/press/first-cfm-leap-1a-takes-flight-powering-airbus-a320neo/801
P2015D297	Flight International/ 26 May-1 June 2015

資料番号	標	題
P2015D298		http://www.cfmaeroengines.com/press/cfm-leap-1a-achieves-joint-easa-faa-certification/830
P2015D299		http://www.cfmaeroengines.com/press/cfm-delivers-first-leap-1c-to-comac/820
P2015D300	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ DECEMBER 29, 2014 - JANUARY 14, 2015	
P2015D301		http://www.cfmaeroengines.com/press/cfm-leap-1b-engine-begins-extensive-flight-test-program-2/799
P2015D302	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ JUNE 8-21, 2015	
P2015D303	Flight International/ 9-15 June 2015	
P2015D304		http://www.cfmaeroengines.com/press/cfm-leap-1b-takes-flight-powering-boeing-737-max/833
P2015D305	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ JANUARY 15-FEBRUARY 1, 2015	
P2015D306		http://aviationweek.com/technology/cfm-lifts-veil-leap-engine-test-details
P2015D307	Flight International/ 10-16 February 2015	
P2015D308		http://www.geaviation.com/press/ge90/ge90_20150303.html
P2015D309	Flight International 13-19 Oct 2015	
P2015D310		http://www.geaviation.com/press/ge90/ge90_20140210.html
P2015D311		http://www.geaviation.com/press/ge90/ge90_20151203.html
P2015D312		http://www.geaviation.com/press/genx/genx_20151021.html
P2015D313	Flight International 18-31 Aug 2015	
P2015D314	Flight International 2-8 June 2015	
P2015D315	Flight International/ 3-9 March 2015	
P2015D316	Flight International 4-10 Aug 2015	
P2015D317	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ FEBRUARY 16-MARCH 1, 2015	
P2015D318		http://www.geaviation.com/press/ge90/ge90_20150414.html
P2015D319		http://www.pratt-whitney.com/Press/Story/20150402-1330/2015/All%20Categories
P2015D320		http://www.pw.utc.com/News/Story/20151124-0930
P2015D321		https://www.lufthansagroup.com/en/press/news-releases/singleview/archive/2016/january/22/article/3911.html

資料番号	標	題
P2015D322		http://aviationweek.com/awincommercial/new-pw-president-has-nothing-hide-gtf-starting-is-sue
P2015D323	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ 25NOV, 2015	
P2015D324		http://www.pratt-whitney.com/Press/Story/20150825-0905/2015/All%20Categories
P2015D325		http://www.pw.utc.com/News/Story/20151218-1000
P2015D326		http://www.pw.utc.com/Press/Story/20150401-1500/2015/All%20Categories
P2015D327		http://www.pratt-whitney.com/News/Story/20150729-0900/2015/All%20Categories?JUMPPAGE=ADVERTISE
P2015D328		https://www.flightglobal.com/news/articles/pw-launches-engine-flight-test-campaign-for-new-emb-418560/
P2015D329	Flight International/ 19-25 May 2015	
P2015D330		http://www.pratt-whitney.com/Press/Story/20150402-1000/2015/All%20Categories
P2015D331		http://aviationweek.com/caring-engines-today-and-future/perfect-ten
P2015D332	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ MAY 25—JUNE-7, 2015	
P2015D333		http://aviationweek.com/caring-engines-today-and-future/rolls-royce-trent-xwb-97-engine-a-350-1000-takes-skies
P2015D334	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ MAY 11-24, 2015	
P2015D335		https://www.flightglobal.com/news/articles/picture-a350-1000-engine-fitted-to-a380-testbed-418081/
P2015D336		http://www.rolls-royce.com/media/press-releases/yr-2015/pr-27-11-2015-rr-celebrates-first-run-of-trent-7000-demonstrator-engine.aspx
P2015D337	Flight International/ 24 February-2 March 2015	
P2015D338	IATA Technology Roadmap	https://www.iata.org/publications/Pages/technology-roadmap.aspx
P2015D339	SAE 2015 AeroTech Congress & Exhibition	http://www.sae.org/servlets/techSession?EVT_NAME=AEROTECH&GROUP_CD=INTL&SCHED_NUM=221683&REQUEST_TYPE=SESSION_LIST

資料番号	標 題
P2015D340	SAE 2015 International Conference on Icing of Aircraft, Engines, and Structures http://www.sae.org/servlets/techSession?EVT_NAME=ICE&GROUP_CD=SPEC&SCHED_NUM=225047&REQUEST_TYPE=SESSION_LIST
P2015D341	NextGen Implementation Plan 2015 http://www.faa.gov/nextgen/media/NextGen_Implementation_Plan-2015.pdf
P2015D342	European ATM Master Plan, Edition 2015 http://ec.europa.eu/transport/modes/air/sesar/doc/eu-atm-master-plan-2015.pdf
P2015D343	第 5 回 将来の航空交通システムに関する推進協議会 資料 http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk13_000007.html
P2015D344	藤井直樹, “ENRI の新しい研究長期ビジョンについて”, ENRI 2015 年 (第 15 回) 研究発表会(http://www.enri.go.jp/report/hapichi/dkh15.htm)
P2015D345	越岡康弘, “次世代運航システム(DREAMS)の研究開発の概要”, 第 53 回飛行機シンポジウム, 2015.
P2015D346	Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) Symposium http://www.icao.int/meetings/RPAS/Pages/default.aspx
P2015D347	RPAS - EASA update, presented at ICAO RPAS Symposium, 2015 http://www.icao.int/Meetings/RPAS/RPASSymposiumPresentation/Day%201%20Session%201%20Luc%20Tytgat%20-%20RPAS%20-%20EASA%20update.pdf
P2015D348	JARUS TERMS OF REFERENCE (http://jarus-rpas.org/terms-reference)
P2015D349	小型無人機に関する関係府省庁連絡会議 http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/
P2015D350	無人航空機 (ドローン・ラジコン機等) の飛行ルール http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html
P2015D351	Demonstration activities SESAR http://www.sesarju.eu/innovation-solution/demonstrating-sesar/activities
P2015D352	UAS INTEGRATION IN THE NAS PROJECT http://www.aeronautics.nasa.gov/iasp/uas/index.htm
P2015D353	UAS Integration in the NAS Project FY15 Annual Review http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20150023021.pdf
P2015D354	SAFELY ENABLING UAS OPERATIONS IN LOW-ALTITUDE AIRSPACE http://utm.arc.nasa.gov/docs/pk-final-utm2015.pdf
P2015D355	眞田幸尚ほか, “福島原子力発電所事故後における無人機を用いた放射線モニタリング-UARMS の開発状況”, 第 53 回飛行機シンポジウム, 2015.
P2015D356	Aviationweek (2015 年 5 月 5 日)
P2015D357	Composites World (2015 年 5 月 11 日)

資料番号	標	題
P2015D358	AviationWeek(2015 年 11 月 17 日)	
P2015D359	Aviationweek (2015 年 12 月 21 日)	
P2015D360	Aviationweek (2015 年 12 月 14 日)	
P2015D361	Composite World (2015 年 4 月 15 日)	
P2015D362	Composites World (2015 年 12 月 14 日)	
P2015D363	Clean Sky プレスリリース (2015 年 12 月 10 日)	
P2015D364	Flightglobal (2015 年 5 月 31 日)	
P2015D365	Boeing Press Release, (2015 年 7 月 20 日)	
P2015D366	Flightglobal (2015 年 6 月 3 日)	
P2015D367	Flightglobal (2015 年 6 月 5 日)	
P2015D368	日刊工業新聞 (2015 年 7 月 8 日)	
P2015D369	Flightglobal (2015 年 6 月 17 日)	
P2015D370	日経 BP 社 (2015 年 8 月)	
P2015D371	EE Times (2015 年 6 月 4 日)	
P2015D372	Composite World (2015 年 6 月 12 日)	
P2015D373	Materials Today (2015 年 8 月 27 日)	
P2015D374	Flightglobal (2015 年 2 月 24 日)	
P2015D375	IT media ニュース (2015 年 4 月 16 日)	
P2015D376	CNN (2015 年 4 月 15 日)	
P2015D377	Federal Aviation Administration (2015 年 2 月 15 日)	
P2015D378	Aviation Week (2015 年 10 月 5 日)	
P2015D379	AIN Online (2015 年 10 月 8 日)	
P2015D380	総務省 報道資料 (2015 年 11 月 30 日)	
P2015D381	ITU Press Release (2015 年 11 月 27 日)	
P2015D382	Aviation Week (2015 年 11 月 23 日)	
P2015D383	Air Transport News (2015 年 12 月 30 日)	
P2015D384	Flightglobal (2015 年 3 月 28 日)	
P2015D385	Flightglobal (2015 年 4 月 1 日)	
P2015D386	Flightglobal (2015 年 5 月 28 日)	
P2015D387	Flightglobal (2015 年 7 月 17 日)	
P2015D388	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ MARCH 30-APRIL 12, 2015	
P2015D389		
		http://aviationweek.com/technology/reversed-tilted-future-pratt-s-g geared-turbofan
P2015D390		
		http://aviationweek.com/technology/rolls-freezes-design-first-ultrafan-test-gear

資料番号	標	題
P2015D391		http://www.pratt-whitney.com/News/Story/20150605-1400/2015/All%20Categories
P2015D392	Flight International/ 14-20 Apr 2015	
P2015D393		http://aviationweek.com/advanced-machines-aerospace-manufacturing/utc-unit-advances-low-drag-nacelle-future-airliners
P2015D394		http://aviationweek.com/commercial-aviation/nasa-s-ash-trials-engine-survives-provides-insight
P2015D395	These Engineers 3D Printed a Mini Jet Engine, Then Took it to 33,000 RPM	http://www.gereports.com/post/118394013625/these-engineers-3d-printed-a-mini-jet-engine-then
P2015D396	The FAA Cleared the First 3D Printed Part to Fly in a Commercial Jet Engine from GE	http://www.gereports.com/post/116402870270/the-faa-cleared-the-first-3d-printed-part-to-fly
P2015D397	Airbus seeks patent for 'flying doughnut'	http://www.telegraph.co.uk/news/aviation/11236845/Airbus-seeks-patent-for-flying-doughnut.html
P2015D398		http://www.nasa.gov/centers/armstrong/Features/X-56A_2_first_flight.html
P2015D399	AviationWeek (2015 年 6 月 26 日)	
P2015D400	LEAPTech to Demonstrate Electric Propulsion Technologies	http://www.nasa.gov/centers/armstrong/Features/leaptech.html
P2015D401	Boeing ecoDemonstrator 757 Lifts Off	http://www.boeing.com/features/2015/04/bca-757-ecodemonstrator-04-08-15.page
P2015D402		http://www.aviationwire.jp/archives/61163
P2015D403	Flightglobal (2015 年 5 月 1 日)	
P2015D404	Flightglobal (2015 年 6 月 15 日)	
P2015D405	Flightglobal (2015 年 7 月 16 日)	
P2015D406	Flightglobal (2015 年 7 月 29 日)	
P2015D407		http://www.asahi.com/articles/ASH6J5GS3H6JOIPE019.html
P2015D408	Aviation week (2015 年 8 月 7 日)	
P2015D409	How This Simple Landscaping Project Quiets an Airport's Roar	http://gizmodo.com/how-this-simple-landscaping-project-quiets-an-airports-1711815936
P2015D410	This Crazy Land Art Deflects Noise From Amsterdam's Airport	http://www.smithsonianmag.com/innovation/crazy-land-art-deflects-noise-from-amsterdams-airport-180955398/?no-ist

資料番号	標 題
P2015D411	http://www.aviationwire.jp/archives/66013
P2015D412	http://www.jaxa.jp/press/2015/12/files/20151224_dsend2_j_01.pdf
P2015D413	Aviationweek (2015 年 2 月 2 - 6 日)
P2015D414	JAXA 研究開発 (2015 年 4 月 6 日)
P2015D415	Aviation Week(2015 年 8 月 10 日) http://aviationweek.com/technology/nasa-jaxa-eye-fuel-cell-propulsion-aircraft
P2015D416	JAXA 研究開発の概要と現状について http://www.jaxa.jp/press/2015/05/files/20150519_atc_j_1.pdf
P2015D417	NASA Technology Roadmap http://www.nasa.gov/offices/oct/home/roadmaps/index.html
P2015D418	NASA Technology Roadmap (Aeronautics) http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/2015_nasa_technology_roadmaps_ta_15_aeronautics_final.pdf
P2015D419	Emerging Fuel Cell Developments at NASA for Aircraft Applications https://www.researchgate.net/publication/266583509_Emerging_Fuel_Cell_Developments_at_NASA_for_Aircraft_Applications
P2015D420	Clean Sky 2 Joint Technical Programme http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/other/guide-appl/jti/h2020-guide-techprog-cleansky-ju_en.pdf
P2015D421	More about the programme http://www.cleansky.eu/content/page/more-about-programme
P2015D422	Could DETACHABLE cabins cut boarding times? Airbus patent reveals radical new design for future planes http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3333911/Could-DETACHABLE-cabins-cut-boarding-times-Airbus-patent-reveals-radical-new-design-future-planes.html
P2015D423	http://sunjet-project.eu/sites/default/files/EU%20Commission%20-%20Perez-Illana.pdf
P2015D424	http://www.nedo.go.jp/nedopost/h27kekka_07.html
P2015D425	http://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100104.html
P2015D426	http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100437.html
P2015D427	航空機関連プロジェクト事後評価報告書 (案) http://www.meti.go.jp/policy/tech_evaluation/c00/C0000000H27/150526_kouku2/150526_kouku2.html
P2015D428	航空機用再生型燃料電池システム研究開発の概要について http://www.meti.go.jp/policy/tech_evaluation/c00/C0000000H26/150326_koku1/koku1_siryou5_1_1.pdf

資料番号	標	題
P2015D429	航空機システム革新技術開発（電源安定化システム）の概要について	http://www.meti.go.jp/policy/tech_evaluation/c00/C0000000H26/150326_koku1/koku1_siryo_u5_3_3.pdf
P2015D430	乱気流事故防止機体技術の実証（SafeAvio）	http://www.aero.jaxa.jp/research/star/safeavio/
P2015D431	乱気流事故防止機体技術（SafeAvio）	http://www.aero.jaxa.jp/publication/event/pdf/event140918/sympo09.pdf
P2015D432	NextGen Implementation Plan 2015	http://www.faa.gov/nextgen/media/NextGen_Implementation_Plan-2015.pdf
P2015D433	European ATM Master Plan, Edition 2015	http://ec.europa.eu/transport/modes/air/sesar/doc/eu-atm-master-plan-2015.pdf
P2015D434	第 5 回 将来の航空交通システムに関する推進協議会 資料	http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk13_000007.html
P2015D435	藤井直樹，“ENRI の新しい研究長期ビジョンについて”，ENRI 2015 年（第 15 回）研究発表会	http://www.enri.go.jp/report/hapichi/dkh15.htm
P2015D436	越岡康弘，“次世代運航システム(DREAMS)の研究開発の概要”，第 53 回飛行機シンポジウム，2015.	
P2015D437	辻井利昭ほか，“DREAMS：高精度衛星航法技術の研究開発”，第 53 回飛行機シンポジウム，2015.	
P2015D438	船引浩平ほか，“DREAMS：飛行軌道制御技術の研究開発”，第 53 回飛行機シンポジウム，2015.	
P2015D439	又吉直樹ほか，“DREAMS：気象情報技術の研究開発”，第 53 回飛行機シンポジウム，2015.	
P2015D440	石井寛一ほか，“DREAMS：低騒音運航技術の研究開発”，第 53 回飛行機シンポジウム，2015.	
P2015D441	小林啓二ほか，“DREAMS：防災・小型機運航技術の研究開発”，第 53 回飛行機シンポジウム，2015.	
P2015D442	Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) Symposium	http://www.icao.int/meetings/RPAS/Pages/default.aspx
P2015D443	Concept of Operations for Drones：A risk based approach to regulation of unmanned aircraft	https://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/204696_EASA_concept_drone_brochure_web.pdf
P2015D444	RPAS - EASA update, presented at ICAO RPAS Symposium, 2015	http://www.icao.int/Meetings/RPAS/RPASSymposiumPresentation/Day%201%20Session%201%20Luc%20Tytgat%20-%20RPAS%20-%20EASA%20update.pdf

資料番号	標	題
P2015D445	JARUS TERMS OF REFERENCE	http://jarus-rpas.org/terms-reference
P2015D446	小型無人機に関する関係府省庁連絡会議	http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/
P2015D447	無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール	http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html
P2015D448	Demonstration activities SESAR	http://www.sesarju.eu/innovation-solution/demonstrating-sesar/activities
P2015D449	D02 - TEMPAPERIS Final Report	http://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/TEMPAPERIS_Final_Report.pdf
P2015D450	UAS INTEGRATION IN THE NAS PROJECT	http://www.aeronautics.nasa.gov/iasp/uas/index.htm
P2015D451	UAS Integration in the NAS Project FY15 Annual Review	http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20150023021.pdf
P2015D452	SAFELY ENABLING UAS OPERATIONS IN LOW-ALTITUDE AIRSPACE	http://utm.arc.nasa.gov/docs/pk-final-utm2015.pdf
P2015D453	NASA UTM 2015: The Next Era of Aviation	http://utm.arc.nasa.gov/utm2015.shtml
P2015D454	Revising the Airspace Model for Safe Integration of Small Unmanned Aircraft Systems	http://utm.arc.nasa.gov/docs/Amazon_Revising%20the%20Airspace%20Model%20for%20the%20Safe%20Integration%20of%20sUAS[6].pdf
P2015D455	眞田幸尚ほか、“福島原子力発電所事故後における無人機を用いた放射線モニタリング—UARMS の開発状況—”，第 53 回飛行機シンポジウム，2015.	
P2015D456	日本航空宇宙学会誌 Vol.63 No.8 2014.7 p.275-276 参照	
P2015D457		http://www.jsass.or.jp/aerocom/ryu/ryu47/
P2015D458		http://www.sankei.com/economy/news/150728/ecn1507280033-n1.html
P2015D459		http://www.jsass.or.jp/strcom/strcom47/sc57.html
P2015D460	第 42 回日本ガスタービン学会定期講演会(米子)プログラム	
P2015D461		http://www.aero.jaxa.jp/publication/event/event151015.html
P2015D462		http://www.jsass.or.jp/rotcom/index_53.htm
P2015D463	SCITECH2015 プログラム	http://www.aiaa-scitech.org/uploadedFiles/AIAA-Scitech_Site/Program/15-492%20Scitech%202015%20FP_FINAL_web.pdf
P2015D464		http://www.aiaa-scitech.org/2015archives/
P2015D465	Turbo Expo 2015 Final Program	
P2015D466	AVIATION2015 Program	

資料番号	標	題
P2015D467	AIAA Propulsion and Energy 2015 program	
P2015D468	International Gas Turbine Congress 2015 Tokyo Final Program	
P2015D469	http://apisat2015.com/	
