

25航企0324第1号

平成25年度  
航空機等に関する技術開発動向調査報告書

平成26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、平成21年度から調査研究事業の一つとして、一般会計による「航空機等に関する技術開発動向調査」事業を実施している。本報告書は、平成25年度に実施した調査研究について、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10年以上経過しており、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25年度も当基金内に航空機等に関する外部専門家等から成る「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、将来展望等の調査研究を実施した。

この調査研究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26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25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	名古屋大学大学院工学研究科 航空宇宙工学専攻 教授 名古屋大学 ナショナル・コンポジット・センター センター長
	奥田 章順	株式会社三菱総合研究所 戦略コンサルティング本部 参与 チーフコンサルタント
	鎌田 清敏	三菱重工業株式会社 交通・輸送ドメイン 技術統括室 主席技師
	大場 茂 (H25. 12. 15 迄)	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 エンジンプロジェクトグループ 主幹
	田頭 浩一郎 (H25. 12. 16～)	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
	土屋 武司	東京大学大学院 工学系研究科航空宇宙工学専攻 准教授
	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
	原田 賢哉	宇宙航空研究開発機構 航空本部 航空技術実証研究開発室 ミッション企画グループ 研究領域リーダー
事務局	岩下 正廣 佐々木 秀朗 本田 直志	公益財団法人航空機国際共同開発促進基金 専務理事 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25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 .....6
  - 2. 3. 1 民間航空機市場及び機体開発動向 .....6
  - 2. 3. 2 エンジン関係 .....16
  - 2. 3. 3 装備品関係 .....24
  - 2. 3. 4 航空システム、航空管制関係 .....28
  - 2. 3. 5 無人機、飛行制御関係 .....32

### 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 .....34
  - 3. 1. 1 平成25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） .....34
- 3. 2 大学・研究機関・企業等から公表された動向情報 .....36
  - 3. 2. 1 第53回航空原動機・宇宙推進講演会 .....36
  - 3. 2. 2 日本航空宇宙学会第44期年会講演会における研究開発動向 .....37
  - 3. 2. 3 JAXA 航空プログラムシンポジウム2013における研究開発動向 .....38
  - 3. 2. 4 第45回流体力学講演会/航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム2013における研究開発動向 .....39
  - 3. 2. 5 第55回構造強度に関する講演会における研究開発動向 .....40
  - 3. 2. 6 第51回飛行機シンポジウム/APISAT-2013における研究開発動向 .....41
  - 3. 2. 7 その他国際学会等における研究開発動向 .....43

### 第4章 平成25年度海外調査報告

- 4. 1 調査目的 .....48
- 4. 2 調査結果概要 .....48
- 4. 3 訪問先面会者一覧 .....52

### 第6章 まとめ

- 6. 1 今後の調査課題 .....53
- 6. 2 平成25年度調査のまとめ .....54

### 添付資料

- 資料1 関係省庁の刊行物リスト（平成25年1月～平成25年12月）
- 資料2 関係団体の刊行物リスト（平成25年1月～平成25年12月）
- 資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト（平成25年1月～平成25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、外部の航空機等に関する専門家等から成る「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25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大学院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25年度の調査対象期間は、主として平成25年1月1日から平成25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。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年で約3万機を越える新規需要が見込まれるとの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の台頭を背景としたコスト競争の激化、巨大Tier1の登場など環境変化に、官民共に新たな対応が求められている。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) 経済産業省

##### ア 「航空機国際共同開発に関する基本的指針（開発指針）」の改定と今後の対応

3年半ぶりに、平成25年2月～4月にかけて産業構造審議会 航空機宇宙産業分科会 航空機委員会<sup>(1)</sup>が以下のとおり開催された。

- ・第12回(2/7)：航空機産業の現状と課題、航空機・エンジン産業の現状
- ・第13回(3/25)：航空機用材料、航空機装備品について
- ・第14回(4/19)：航空機運航・整備事業、航空機エンジン事業、航空機リース事業について

今後の航空機産業の成長戦略、育成のあり方、課題等について議論されると共に、航空機工業振興法第3条第1項に規定する開発指針の改定が審議され、6月20日に告示<sup>(2)</sup>された。

これらの議論を通じて、我が国の航空機産業に係わる検討課題として、①平成27年初飛行を目指して開発作業が進められている国産リージョナルジェット機MRJの後の新しい完成機開発をどう考えるか（完成機開発のあり方）、②装備品について実力あるプレイヤーをどう育てるか（装備品のシステムインテグレータ育成のあり方）、③将来性のある航空機産業を国内にどのように取り込んでいくか（素材メーカーと加工／組立メーカーとが連携したサプライチェーン強化のあり方）④大量生産に向けてどのように生産性をあげるか（他産業との連携の可能性を含めた、生産システム改革のあり方）、⑤ものづくりだけでなく、日本発MRO(Maintenance, Repair and

Overhaul) ビジネスの検討(国内の運航会社とメーカーとの力を結集)などが挙げられており、平成26年春頃の委員会再開を念頭に、引き続き意見交換が進められている。

イ 日仏および日欧航空機産業の関係深掘り

平成25年6月に発表された日仏共同声明の附属書「日仏間協力のためのロードマップ(2013-2018年)」<sup>(3)</sup>の経済関係強化の項において「両国は、フランス共和国民間航空総局と日本国の経済産業省が立ち上げる航空機に関するワーキンググループ等の場を通じ、両国航空機産業間の交流を支援する。」との文言が明記され、同月覚書が手交された。

同様に航空機産業の政府間連携を深めることを目的とし経済産業省と欧州委員会がワーキンググループを発足することで6月に覚書が手交された。

なお、12月には日仏民間航空機産業協力に関する官民合同の第1回ワークショップが東京で開催された。

(2) 国土交通省

ア 交通政策審議会 航空分科会 基本政策部会の中間取り纏め

平成24年10月、これまでの航空政策のフォローアップを行うとともに今後の航空行政に関する諸課題について検討することを目的として、国土交通省交通政策審議会航空分科会の下に、新たに基本政策部会<sup>(4)</sup>が常設された。平成25年6月には中間取り纏め<sup>(5)</sup>が行われ、航空機燃料税の軽減措置延長や旅客数に応じた着陸料体系導入などの公租公課等のあり方、また地方航空ネットワーク維持の支援策についての方向性が示された。引き続き、首都圏空港のあり方、新たな国際航空需要への対応、利用者の利便性に配慮した航空各社の連携強化、空港経営改革の円滑な実現、今後の環境対策、インフラの海外展開などの課題について議論がなされており、平成25年度末を目途に航空政策の総合的なビジョンの取り纏めが行われる。

イ 「将来の航空交通システムの実現に向けたロードマップ2013」

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)」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。その後、意思決定年次施策を中心とした短期的施策の検討等が行われ、将来の航空交通システムに関する推進協議会<sup>(6)</sup>により、平成25年3月に「将来の航空交通システムの実現に向けたロードマップ2013」<sup>(7)</sup>として更新され、その進捗状況を示す「CARATS プロGRESSレポート2011-2013」<sup>(6)</sup>が作成された。

ウ オープンスカイ交渉

オープンスカイ交渉は、平成25年新たに、スイス、フィリピン、ミャンマー<sup>(8)</sup>が加わり、計26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%）との間で合意された。今後も、観光・対日ビジネス投資の促進に向け二国間の流動を増やすことが重要であるとして、戦略的に推進していくとしている。

(3) 文部科学省「航空科学技術に関する研究開発の推進のためのロードマップ（2013）」

科学技術・学術審議会 研究計画・評議分科会 航空科学技術委員会<sup>(9)</sup>は、平成25年6月に、「航空科学技術に関する研究開発の推進のためのロードマップ（2013）～日本として取り組むことが必要な研究開発課題を達成する上での産学官の役割分担、及び実施すべき時期 編（役割分担編）～」<sup>(10)</sup>を了承した。

これは、平成24年8月に策定された「航空科学技術に関する研究開発の推進のためのロードマップ（2012）～我が国のあるべき姿とそれを実現するために求められる方向性、強化すべき技術とその優先度編～」の後編にあたり、これをもってロードマップは完成したことになる。今後、ロードマップに示された我が国航空のあるべき姿を実現していくために必要な技術開発を産学官が連携して推進していくことが重要である。

(4) 武器輸出三原則等の緩和関連

平成23年12月末の「防衛装備品等の海外移転に関する基準」についての内閣官房長官談話により、武器輸出三原則等が緩和されたが、平成25年3月初めには、日米の防衛技術協力を深めて同盟関係を強化し国内防衛産業を維持・育成することを狙いとして、航空自衛隊の次期主力戦闘機 F35 の部品製造について武器輸出三原則の例外とし日本企業の参画を容認する内閣官房長官談話<sup>(11)</sup>が発表された。また、7月には米国以外では初めてとなる、日英間の防衛装備品等の共同開発等に係る枠組み及び情報保護協定の署名<sup>(12)</sup>が行われた。日英間のより緊密な防衛装備・技術協力、国内の防衛生産・技術基盤の維持・強化に寄与することが期待される。今後、友好国との防衛装備品等の国際共同開発・生産に日本企業が参加する機会が拡大すると共に受注の機会が拡大することになり、日本の航空機産業の技術力と生産能力の向上を図る機会が増えることが期待されている。

(5) 温室効果ガス（CO2）規制関連

10月、欧州委員会は欧州連合の温室効果ガス排出量取引制度（EU ETS：EU Emissions Trading System）を改正し、航空機の航路のうち、欧州領空域にかかわる部分の排出量を対象にするよう提案<sup>(13)</sup>、今年度末目途で欧州議会・理事会で採択される。

具体的には、以下のとおり。①従来どおり、欧州経済領域（EEA：EU28 カ国にノルウェーとアイスランドを加えたもの）間の空港を飛ぶフライトが対象。② 2014 年から 2020 年まで、EEA 域外国発着のフライトは、EEA 領空域内の排出量のみが対象で、EEA 領空域外の排出については原則として免除。③発展途上国の特別な状況を考慮し、全世界の航空排出の 1%未満しか排出していない第三国発着のフライトは完全に免除。

この法改正の適用期間は、平成 26 年 1 月から、国際民間航空機関（ICAO）が 2020 年までに導入するとした国際航空の排出量に対する世界規模の市場メカニズム適用が実現するまでとした。

[ 2. 2 項 出典（ 1 ） ～ （ 12 ） : 各、資料 1 の P2013D001～P2013D012 参照]

[ 同 出典（ 13 ） : 資料 2 の P2013D101 参照]

2. 3 民間航空機等に関する技術研究開発の主要動向

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

2013年はBoeing社/Airbus社にとって記録的な年となり、Boeing社の純受注/出荷機数は、1,355機（予測市場価値103.5B\$）/648機と純受注で過去2番目、出荷機数で過去最多を記録<sup>(1)</sup>。Airbus社は、1503機（106.5B\$）/626機でそれぞれ過去最多を記録し、純受注ではAirbus社が2年振りに優位に立った。純受注の5割を占める単通路機では、737MAXが699機（38.7B\$）で累計約1,800機<sup>(2)</sup>となり、A320neoが876機（44.6B\$）で累計2,600機以上<sup>(3)</sup>となった。

また、Regional Jet機市場においては、純受注/出荷機数の約8割が80~110席セグメントに偏っているが、いずれもBombardierに対しEmbraer社が優位に立っている。各社の2013年純受注数と出荷機数を表2.3.1.1-1と2.3.1.1-2に示す<sup>(4)(5)</sup>。

表 2.3.1.1-1 Boeing社・Airbus社の純受注/出荷機数<sup>(4)(5)(6)(7)</sup>

	純受注数	出荷機数
<b>Boeing</b>	1355	648
<b>Airbus</b>	1503	626

表 2.3.1.1-2 Regional Jet・Turbo Prop社の純受注/出荷機数<sup>(4)(5)(8)(9)</sup>

Regional		純受注数	出荷機数
	<b>Bombardier</b>	64	26
	<b>Embraer</b>	333	90
Turbo Prop		純受注数	出荷機数
	<b>Bombardier</b>	17	29
	<b>ATR</b>	89	74

2. 3. 1. 2 Boeing社の動向

a. 長期市場予測（2012-2032）の発表

Boeing社は、今後20年間は旅客・貨物輸送共に年率5%で成長し、新造機需要は35,280機と発表した。昨年度の公表値より、1,280機多い予測となった。機体サイズ別の需要予測は、下表の通り。

表 2. 3.1.2-1 機体サイズ別需要予測

機体サイズ	需要予測数(機)
Regional機	2,020
Single-aisle機（737クラス）	24,670
Small wide-body機（787クラス）	4,530
Medium wide-body機（777クラス）	3,300
Large wide-body機（747クラス）	760

b. Boeing 737 MAX

2013年5月中旬に、737MAX7（126席）のローンチが発表された。就航開始は、2019年を予定している。7月には、737MAX8（162席）の最終コンフィグレーションが決定し、2015年に最終組立を開始、2017年第3四半期に就航開始の予定である。また、737MAX9（180席）は、2018年に就航開始予定。航続距離は、737NGよりも400~500nm（741~1,000km）長く、3,500nm（6,482km）となる。

【既存機との変更点】

737 MAX は、既存単通路機と比べて燃料効率性が14%向上し、A320neoと比較しても座席当たりの燃料効率性が9%上回る。エンジンはCFM インターナショナル社のLEAP-1Bを搭載し、最新のウィングレットを採用する。また、操縦室ディスプレイの更新、電動ブリードエア防氷システム、フライバイワイヤ方式によるスポイラコントロールを取り入れる。

【製造レート】

同社は、737の生産レートを2014年半ばには月産38機から42機に、2017年までには月産47機、年間560機以上の生産計画にする予定である<sup>(10)</sup>。

c. Boeing 787

787-8型機では、リチウムイオン電池に起因する火災（JAL機）や発熱・発煙による緊急着陸（ANA機）があり、機体は一時期全て運航停止となった。BoeingやFAAによる原因究明が行われ、問題の原因とされるバッテリーセル損傷の可能性を最小化し、故障時にはその影響を閉じ込める改修作業が施された。これを受け、FAAは3ヶ月に及ぶ運行停止を解除した。また、ロンドン・ヒースロー空港で起きた二酸化マンガ・リチウム電池に起因するEthiopian航空の火災事故では、大規模な複合材胴体構造の修理が初めて行われた。

787-9型機では、9月に初飛行が行われ、飛行試験は順調に進んでいる。2014年半ばには、初号機がニュージーランド航空へ引き渡される予定である。

787-10型機は、6月にローンチが発表され、初飛行は2017年、就航開始は2018年の予定。

【リチウムイオン電池問題】

● 対策・改修案

対策として、バッテリー全体を覆う防火格納箱、セル間の絶縁、緊急時に機体外へ排煙する装置、個別セルの温度・電圧監視等が盛り込まれた<sup>(11)</sup>。

● その後の改修・運行再開への流れ

FAAは、リチウムイオン電池の改修案を承認し、航空会社に機体改修を指示すると共に、改修した電池システムを備える787の運航再開を認める事を発表し、EASA、

JCAB も同案を承認した<sup>(12)</sup>。事故から約 3 ヶ月後の 4 月 20 日には正式に運航停止を解除し、1 機当たり \$456,000 とする改修コストの推定値と、改修作業には約 5 日が必要である事が発表された<sup>(13)</sup>。

#### 【大規模胴体構造修理】

##### ● 事故発生

2013 年 7 月 12 日に、ロンドン・ヒースロー空港に駐機中の Ethiopian Airlines 保有の-8 型機で火災が発生した。イギリスの航空事故調査局(AAIB; Air Accidents Investigation Branch)は、航空機用救命無線機(ELT; Emergency Locator Transmitters)に採用されている二酸化マンガン・リチウム電池に損傷が見られたと公表した<sup>(14)</sup>。調査団は、リチウムイオン電池が ELT に正しく取り付けられていなかったことが原因とみている<sup>(15)</sup>。固定型の ELT について点検か取り外しの措置を実施するように耐空性改善命令(airworthiness directive; AD)が発表された<sup>(16)</sup>。

##### ● 修理

今回の出火事故で、大規模な複合材胴体構造の修理が初めて行われた。修理範囲が広い場合、大きな複合材パネルで交換をするか、最悪時には後胴の全交換となり、修理コストが航空機価格に匹敵する可能性もあった<sup>(17)</sup>。今回のケースでは、パッチの適用による修復が選択された。2014 年 1 月 8 日に、Boeing 社は、2 か月間に及ぶ修理が完了したことを発表した<sup>(18)</sup>。

#### 【787-9】

-9 型(ZB001)の初飛行は、2013 年 9 月 17 日に行われた。飛行試験は、合計 3 機の試験機によって 2014 年前半に完了する予定である。また、内装を完全に施した 2 機を製造し、就航前に内装の機能と信頼性に対する試験も実施する。2014 年半ばには、-9 型の初号機が受け渡される予定である<sup>(19)(20)</sup>。

#### 【787-10】

6 月 18 日、ボーイング社は、787-10 をローンチすると発表した。最終製造と試験飛行は 2017 年に開始され、2018 年には運行開始の予定である<sup>(21)</sup>。ローンチカスタマーは 5 社からなり、合計 102 機の発注を受けた。ローンチカスタマーごとの発注機数は以下の通り(社名の後のカッコは発注機数)。

Air Lease Corp (30), United Airlines(20), British Airways(12),

Singapore Airlines(30) , GE Capital Aviation Services(10)

#### 【製造レート】

-10 型機の供給枠を確保する為、2014 年 1 月に月産レートを 10 機へと引き上げた。今後は、2016 年に月産 12 機に引き上げ、2020 年までに月産 14 機に上げる予定。Boeing 社によると、100 号機の製造コストは 8 号機と比べて 60%下がった。1 機あたりでの黒字化は約 2 年以内に、事業全体では 1,100 号機以降に黒字化すると予想されている<sup>(22)</sup>。

d. Boeing 777 後継機 (777X)

Boeing 社の取締役会は、5月上旬に 777X の ATO(Authorization To Offer)を承認した。その後、2013年11月のドバイ航空ショーにて、4社のエアラインより計 259機の受注を受け、正式に開発がローンチされた。2019年には初飛行を実施し、2020年に納入の予定。また、Washington州で 777X 主翼生産と最終組立が行われる事が決定した。

【特徴】

777-8X が 350 席程度、航続距離は 9,300nm (17,400km)、777-9X が 400 席程度、航続距離は 8,000nm (14,800km)を想定。現在の 777 と比べ、運航コストが 15%低く、燃料費は約 20%削減出来る機材を目指している<sup>(21)</sup>。

● エンジン

複数のエンジンを選択出来るよう要求するエアラインもあったが、Boeing 社はエンジンパートナーとして GE 社のみを選択。これは、Rolls-Royce 社をパートナーとすると、A350XWB に搭載するエンジンよりも大型のエンジンを開発することになり、将来的に A350XWB の大型化に繋がる可能性がある為と見られる<sup>(23)</sup>。

● 機体構造 (胴体/主翼)

Boeing 社は、777X のキャビンが、ライバル機である A350XWB よりも 11%広い(図 2. 3.1.2-1)と発表<sup>(21)</sup>。777X では、過去 10 年間に行ってきた投資を確実に回収するため胴体の断面形状を変更せず、新しい技術を適用しない<sup>(21)(24)</sup>。また主翼は、複合材料の折り畳み式翼端となる可能性が高い<sup>(24)</sup>。

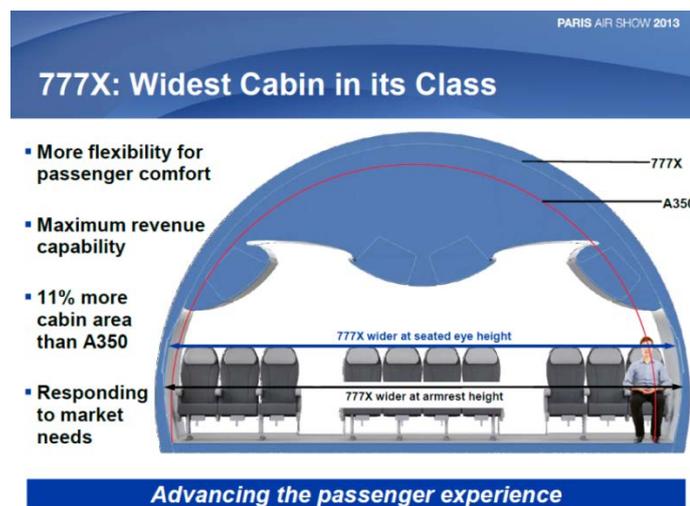


図 2. 3.1.2-1 777X と A350XWB の胴体直径の比較

【ローンチカスタマーと受注状況】

2013年9月19日に34機発注したと公表した Lufthansa 航空は、777X の正式ロー

ンチ前に 777X を確定注文した世界で唯一の航空会社となった<sup>(25)</sup>。

ドバイ航空ショーで発表されたその他ローンチカスタマーの発注機数は以下の通り。

Emirates Airline (発注：150 機、オプション：50 機)

Qatar Airways (発注：50 機)

Etihad Airways (発注：13 機、オプション：12 機<sup>(26)</sup>)

Lufthansa Airlines (発注：34 機)

#### 【開発進捗/スケジュール】

777X の開発スケジュールは、777-300ER と 747-400 の退役時期を考慮し以下の通りとなっている<sup>(27)</sup>。

表 2. 3.1.2-2 777X の開発スケジュール

2014	基本設計の完了
2015	コンフィグレーションを決定
2016	詳細設計の開始
2017	生産開始
2019	初飛行
2020	運航開始

#### e. Boeing 747-8

Boeing 社は、2013 年 4 月に 747-8 の月産レートを 2 機から 1.75 機に下げるとし、さらに同年 10 月には月産 1.5 機まで減産することを発表した<sup>(28)</sup>。これは、747-8 旅客機に対する新規需要喚起に失敗しており、747-8 貨物機も売上不振が続いているためである<sup>(29)</sup>。

### 2. 4. 1. 3 Airbus 社の動向

#### a. Airbus A350XWB

2013 年 6 月に初飛行を行った A350 は、2014 年 9 月の運航開始を目指している。2013 年末までは月産 1 機、2014 年末に月産 3 機を計画しており、月産 10 機を可能とする為に生産能力の向上に努めている。2014 年 1 月には、ローンチカスタマーである Qatar Airways への納入機体が最終組立ラインに入った。

Airbus 社は、-1000 よりも長い胴体を持つストレッチ型機の詳細技術検討や、-900 の派生型（短距離型）の検討を行っている。

#### 【特徴】

A350XWB は、軽量化された複合材機体、先進空力性能、新エンジンの採用により現行の同型サイズ機と比べ 25%燃料消費が少なく CO<sub>2</sub>の削減に貢献する<sup>(30)</sup>。

- 電池システム

初期に納入される A350 は、標準的な Ni-Cd 電池システムを搭載し、後に更に進歩した Li-ion 電池システムで認証を得る計画である。この Li-ion 電池システムは、787 で使用されていたシステムと異なるが、計画の遅れを避けるため、Ni-Cd 電池による早期の認証取得を優先した<sup>(31)</sup>。

**【派生型】**

- ストレッチ型機

Airbus 社は、A350-900 の長胴型である A350-1000 よりも、さらに長い胴体を持つストレッチ型機の詳細技術検討を開始した。この派生型機の構造とシステムを開発するのに必要となる技術作業量を検討しつつ、大型の A350 に対する市場需要を調査する予定である<sup>(32)</sup>。

- A350-900 regional

Airbus 社は、パリ航空ショーで発表された 787-10 に対抗する A350 の新たな派生型（短距離型）を検討中であると発表した。この派生型は、航続距離が 6,800nm 程度の路線に最適となる低出力（エンジン推力が 70,000lb 程度）で、最大離陸重量を 268t から 250t に低減した機体を検討している。一部の航空会社のコミットメントを得ることが出来たが、正式な提案は 2013 年末に発表する予定<sup>(33)</sup>。

- A350-800

Airbus 社は、A350-800 の座席数を 300 席まで増やす可能性が非常に高いとしている。その場合、-800 の EIS は 2016 年から 2020 年に延期される見込みである。そこで Airbus 社は、-800 を発注した顧客に対して注文を-900 や-1000 に変更するよう呼びかけている。

b. Airbus A320neo

アメリカ・アラバマ州モービルで最終組立工場の建設を開始。この工場は、A320 ファミリーを製造する世界で 3 番目の工場となり、全世界で 3,900 機ほどある受注残機体を製造する。モービル工場からの初出荷は、2016 年を見込んでいる<sup>(34)</sup>。なお、Airbus 社は、2018 年に完了が予定される A320ceo から A320neo への転換の前に、A320 の生産レート引き上げを検討中。A320neo の生産レートは月産 42 機を予定。

また、A320 の最大座席数を、現在の 180 席から 189 席に増やし、競合機種 737-800 に対抗することも検討している<sup>(35)</sup>。

c. Airbus A380

Airbus 社は、2015 年の A380 の生産スロットに空白がある事を明らかにし、需要の低さから生産レートを年産 30 機から 25 機に下げた<sup>(36)</sup>。しかし、2013 年 11 月 17 日、ドバイ航空ショーにおいて Emirates Airline から新たに 50 機の追加発注を受けた。こ

れにより、Emirates Airline から合計 140 機の A380 を受注していることになる<sup>(37)</sup>。

d. Airbus A330

Airbus 社は、中国を主なターゲットとした A330-300 の短距離オプションを発表した。EIS は、2015~2016 年前後としている。この A330-300 は、エンジンや機体構造を変更せずに、客室内の配置変更で座席数を増やし、重量を減らす。更に、コクピットには、A350 や A380 に適用されている最新技術（ヘッドアップディスプレイや新航法システム）を導入する。Airbus 社は、重量と航続距離によって 2 つの機体タイプを用意し、199ton の機体は 2,650nm、205ton の機体は 3,000nm 飛行できるとしている<sup>(38)</sup>。

e. Airbus A340

Airbus 社は、市場価値の低下を抑えるため A340 に改良を施す計画を明らかにした。A340 の座席数を 8% 増加し、475 席にする。また Rolls-Royce 社は、メンテナンスコストが双発機と同程度になるように、搭載する 4 つのエンジンに対するメンテナンス契約を修正するとしている。現在主流の長距離双発機に比べ、4 発機を運航することは効率的でないと受け取られ、A340 の売却を希望するエアラインもいる<sup>(39)</sup>。

f. その他

2013 年 7 月 31 日に、EADS は大規模な事業再編に踏み切り、社名も「エアバス・グループ」に改めると発表した。商用機に特化したエアバス、防衛・宇宙関連のエアバス・ディフェンス&スペース、エアバス・ヘリコプターズの 3 部門に改める<sup>(40)</sup>。

2. 3. 1. 4 Regional Jet 動向

a. Sukhoi Superjet 100 (SSJ100)

SSJ100 の航続距離を、3,048km から 4,578km に延長する SSJ100LR の認証飛行試験が始まった。型式証明の取得は、2014 年を予定している。しかし、ロシア国内で運行される機材の空調系統、操縦系統、降着装置、防火系統およびエンジン等に不適合が多く、海外航空会社への引渡しを始めるにあたり、機材の低信頼性を改善するようロシア国内で圧力が高まっている<sup>(41)</sup>。

b. Embraer E-Jet

Embraer 社は、現行 E-Jet の空力特性の改善を進めている。特に E-175 では、翼端を 787 の外翼に似せた浅い角度で延長し、翼と一体化したウィングレットとする。他の全 4 機種での改良点は、水平尾翼と尾胴の間隙縮小、テールコーン、客室扉の雨樋、前脚フェアリングおよび空調用ラムエア扉の形状改善などがある。これらの改良は、2014 年前半の生産機から適用が開始され、E-175 の場合、5%の燃費改善を実現し、競合機 CRJ-900 より燃費が 4%優れる見込み。他の 3 機種 E-170/190/195 の燃料消費の

改善量は約 1~2%である<sup>(42)</sup>。

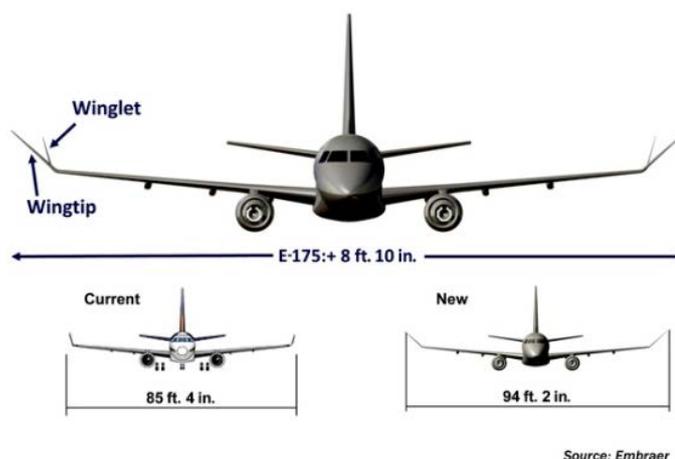


図 2. 3.1.4-1 現行・開発 E-Jet の比較

c. Embraer E-Jet E2

Embraer 社は、6 月 17 日に E-Jet の改良型である E-Jet 2nd Generation に対し 365 機の発注があったことを受け、ローンチを発表した。第二世代は“E2”と呼ばれ、E175-E2 (80~90 席)、E190-E2 (97~114 席)、E195-E2 (118~144 席) の 3 タイプからなる。出荷時期は、E190-E2 が 2018 年の上半期、E195-E2 が 2019 年、E175-E2 が 2020 年に運行開始の予定である<sup>(36)</sup>。E2 は、PW1700/1900G エンジンだけでなく、新主翼や各系統と電子機器の近代化をめざしている<sup>(43)</sup>。



図 2. 3.1.4-2 E-Jet E2 ファミリーの比較

d. Bombardier CSeries

Bombardier 社は、2013 年 6 月に当初行う予定であった初飛行を搭載ソフトウェアのアップグレードの為に同年 7 月末まで遅らせると発表したが、実際には、9 月になって初飛行が実施された。5 機の飛行試験機を用いて、2,500 時間に及ぶ試験を予定しており、順調にいけば 2014 年 9 月に完了する見込み。しかし、2014 年 1 月半ばには、運航開始を当初の予定より少なくとも 9 か月延期させ、2015 年後半になる事を発表した<sup>(44)</sup>。

e. COMAC C919

COMAC 社は、2013 年 1 月に C919 の複合材中央翼の詳細設計を開始すると宣言したが、その 3 ヶ月後には、技術的難易度から複合材構造を大規模に使用する事をやめ通常のアルミ構造にすると発表した。尾翼や舵面の複合材化は行う模様<sup>(45)(46)(47)</sup>。

f. Mitsubishi Aircraft MRJ

三菱航空機は、8 月 22 日に、MRJ の初飛行予定を 2013 年第 3 四半期から 2015 年第 2 四半期に、納入予定を 2015 年度後半から 2017 年第 2 四半期に変更したと発表した。装備品の製造開始・納入時期に遅れが生じたことが、今回のスケジュール変更の主要因としている。試験機の製造については、機体の組立段階へ進んでおり、地上試験、飛行試験、カスタマー・サポートおよび早期量産体制構築の準備も進めている<sup>(48)</sup>。10 月 15 日には、飛行試験初号機の最終組立を小牧南工場を開始すると発表した<sup>(49)</sup>。

更に、10 月 21 日には、主要パートナー企業 7 社が欧州に位置する為、品質保証業務を担う拠点を独ミュンヘンに開設した<sup>(50)</sup>。

g. 世界のターボプロップ機開発動向

ATR 社では、今後 20 年間で燃料効率の良い 90 席前後のターボプロップ機の需要が 1,340 機あると予測しており、この需要に対応する為に、世界の航空機製造企業 5 社 (Avic 社、RTA 社、ATR 社、Bombardier 社、KAI 社) がターボプロップ機を開発している<sup>(51)(52)</sup>。

① Avics 社は、正式に Xlan MA700(78 席)をローンチさせ、EIS を 2019 年に予定している。MA700 は、800km(500mile)の航続距離を持つ中型機の市場をターゲットとし、高温や高高度での運航が可能で、頻繁な短距離離着陸にも対応できる。また、70 席型の他に、長胴型と短胴型の製造も計画している<sup>(53)</sup>。

② インド政府は、70 人から 90 人乗りの民間航空機開発の主要な戦略的計画に決定を下した。今まで、財政面の理由で開発を断念していたが、航空機開発と製造のための特別目的会社も設立される予定である。初期の計画では、70~90 人乗り前後で、航続距離は 1,350nm(2,500km)となっている。NAL は、インド国内において国内輸送用の航空機は 500 機以上の需要があると予測している<sup>(54)</sup>。

③ ATR 社は、今後 5 年間で、5 列席胴体、90~100 席程度、複合材主翼や複合材胴体構造を持つ新機体の開発を \$2 Billion(20 億ドル)で検討中。大株主の EADS が技術者と資金不足を理由に承認を渋っており、開発時期は不透明。検討中の巡航速度は 297knots。

④ Bombardier 社は、Q400 NextGen の座席数を増やした機体仕様をローンチした。この機体仕様は、前方右側の貨物ドアを緊急用ドアにし、前方貨物室を無くし、ギャレーと洋服用棚を変更することで座席数を 14 席まで追加可能とし、最大で 86 人の乗客に対応出来る<sup>(55)</sup>。

- ⑤韓国政府が支援する KAI 社の計画の詳細は未定だが、技術と市場面から海外メーカーとの協力が不可欠。ただ自主性重視のため、Bombardier 社との協調は成立しなかった。検討中の航空機の巡航速度は 367knots。

2. 3. 1. 5 その他

a. ロシアの広胴機

Rosaviaconsortium は、3 通路の楕円断面胴体を持つ Frigate Ecojet(276 席)計画の財務と実行可能性を調査し、2020 年までに EIS に入るべきだとしている。2030 年までに 250 機の生産を目指しており、投資額は 35 億ドルと予想し、その内 30%をロシア政府が負担する<sup>(56)</sup>。

[2. 3. 1 項 出典 (1) ~ (56) : 各、資料 3 の P2013D201~P2013D256 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 と CFM インターナショナル

- a. LEAP は新技術を導入することにより、燃料消費率 SFC を 15%削減、カーボン排出量を 15%削減、NO<sub>x</sub> 排出量を ICAO 規制に対し半減、ノイズは CAEP/6 規制以下、かつメンテ費用削減を目指している。燃料消費改善の半分をファン径とバイパス比による推進効率の改善、半分を熱効率の改善で達成する予定である。導入される新技術としては高压タービン 1 段シュラウドにシリコンカーバイド系 CMC (ceramic matrix composites) を導入する。CMC 導入により重量 1/3、強度 2 倍、20%高温化が得られ、シュラウドの無冷却化による 2 次空気削減で性能改善を狙う。これは商業エンジンで初の採用となる<sup>(1)</sup>。また、先進 3D 織物樹脂成型(3-DW RTM)のファン翼、複合材ファンケース、第 2 世代 TAPS (twin annular mixing swirler) 燃焼器、高压圧縮機のブリスク化 (前 5 段)、粉末冶金、積層造形燃料ノズル、チタンアルミタービン翼が導入される<sup>(2)</sup>。3-DW RTM のファン翼は CFM 社にて MASCOT2 というデモンストレータエンジンで開発地上試験を続行している。試験では性能確認のためファン翼の先端隙間の計測にスネクマ社が開発した装置を適用している。また、コア性能は「e コア」と呼ばれる GENx の心臓部である次世代高压系技術とスネクマ社の先進低压系システム技術を導入しデモンストレータで実証を進めている<sup>(3)</sup>。

3 種類の LEAP 派生エンジンは、双発機 2,679 機に合計 5,358 台の受注を集めている。これらはエンジンが Part33 の型式証明の試験を開始する前に発注され、既に確定受注が 2020 年まで膨らんでおり、CFM 社は 2020 年までに年間 1,700 台に増産するという課題に直面している (これには、3DW RTM ファン翼、CMC タービンシュラウド部品が含まれる)。これらの課題への対応として、CFM 社はこれまで 4 つの新工場を建設することによる 150 万 ft<sup>2</sup>の生産能力増強を含む、新しい主要プロジェクトに 7 億 5000 万ドルを投資してきた。また、更なる投資も検討するとしている<sup>(4)</sup>。

- b. LEAP-1A は、エアバス A320neo 向けの推力 32,900 ポンドのエンジンであり、2012 年に設計が完了しており組立作業に入っている。CFM はパリエアショウにて PW1100G に対し最大 3%SFC が良いと説明している<sup>(1)</sup>。これに対し PW はその SFC 達成は物理的に不可能とし、高温化する以外無いために無理な高温化技術を導入していると反論。基本設計概念の戦いの様相を呈している。また PW は CMC 導入により部品価格とメンテ費用が増大するとも指摘している。開発日程は、2013 年 9 月から地上試験が開始された。747 テストベッドによる飛行試験は 2014 年 9 月、型式証明は 2015 年夏、A320neo による飛行試験は 2015 年第 3 四半期、商用運行は 2016 年の予定<sup>(3)(5)</sup>。
- c. LEAP-1B は、ボーイング 737MAX 向けの 28,000 ポンドのエンジンであり、今年詳細設計を終え長期調達品を発注した。CFM-7B の燃料消費より 13%改善を目指している。

ファン径は CFM の 61 インチから 69.4 インチに拡大し、ファン翼が伸びた分ランディングギアも伸ばされた。またボーイングはナセル材を複合材と断熱材の構成からチタン製に変更しスリム化し流体性能を改善した<sup>(6)</sup>。初号機の組立は開始されており、初号機の地上試験は 2014 年中頃の予定であり飛行試験は 2015 年、型式証明は 2016 年、商用運行は 2017 年を予定しており、LEAP-1A に対し 12 か月遅れで進められている<sup>(7)</sup>。

- d. LEAP-1C は、コマック C919 向けの推力 30000 ポンドのエンジンであり、LEAP-1A と同様に 2012 年に設計を終え初号機を組立て中。2013 年 8 月までに組立完了し 9 月に地上試験を計画している。飛行試験は 2014 中頃、型式証明は 2015 年、商用運行は 2016 年の予定であり、LEAP-1A と開発は同時期に進んでいる。LEAP-1A との設計同等性から開発エンジンの台数は LEAP-1A の 13 台に対し 3 台で実証する計画。また次世代ナセルの複合材製 O 型ダクトスラストリバーサの導入が予定されている。中国での量産組立実施は未定である。



図 2. 3. 2 - 1 Leap エンジン<sup>(18)</sup>

- e. GE9X は、ボーイング 777-8X/9X 向けの 102000 ポンドのエンジンであり、新技術導入により、GE90-115B に対し燃費 10%減、燃料消費率 SFC5%減、また QC0.5 要求を満たす低ノイズ化・低排出物・低メンテ費用を目指している。ファン径は拡大され 132 インチ、巡航時バイパス比 10.2 : 1、 高圧圧縮機の圧縮比 27:1 であり、全体圧縮比は 60:1 となる。導入される新技術は、複合材ファンケース、第 4 世代複合材ファン翼、次世代 HPC、第 3 世代 TAPS 燃焼器、シリコンカーバイド系 CMC の燃焼器内外径のライナー・1 段 2 段タービンノズル・2 段タービン翼への適用拡大等が計画されている<sup>(1)</sup>。

ファン動翼は、第 2 世代の高強度複合材および改良された金属製リーディングエッジシースを適用することにより、強度を維持しながら翼厚を 20%薄くする。さらに、コード幅を増やしよりスウェプトした翼形状を採用することにより、ベースとなる GE90 の 22 枚から 16 枚へと大幅に翼枚数を削減した。ファンケースも同様に次世代高強度複合材を適用することにより、350lb 軽量化できるとされる<sup>(6)(8)</sup>。

圧縮比 27:1 の高圧圧縮機(HPC)は、リグ試験を 7 月に開始する。設計完了する 2015 年前までに追加 2 つの HPC 試験を計画しており、性能・サイズを確認していく。2015 年にはコア試験を実施し、性能・強度を含めた設計の妥当性を確認する計画である。

燃焼器に関しては、燃料ノズルの設計コンセプトの検討、GENx、LEAP に適用される燃焼システムの評価が進められている。また、燃焼器内外径のライナーにはシリコンカーバイド系 CMC が適用され、冷却空気量削減しながらより高い圧力・温度下での低エミッション化が図られる。また、燃焼ノズルの製造には積層造形技術が適用される。早期の設計変更・試験実証が可能になり開発期間の短縮化に貢献するとのこと。

GE9X は、ボーイング次期大型双発機 777X の開発のパートナーに選ばれることになり、777-300ER に対する GE90-115B のように、独占供給されることになった。11 月のドバイエアショーで 777X が 259 機の記録的な受注を受け GE9X がローンチされた。GE9X の低エミッション燃焼器の評価試験のため GE は米国シンシナティに燃焼器試験設備を建設中。また CMC 部品の量産工場を米国デラウェアの工場に建設するため投資を開始。また米国ノースカロライナにも CMC 部品の量産工場を建設中であり当初は LEAP 向けだが GE9X 用も量産予定である<sup>(8)</sup>。先進燃料ノズルはパーカー社との合弁会社で製造し、ノズル先端部は GE が買収した世界最大の積層造形技術会社であるモリス社の積層技術で製造予定。さらに巨大な複合材前部ファンケースは米国ミシシッピの工場を拡張し大型オートクレーブが導入される。以上のように GE9X 量産に向け投資と準備が進められている。

開発は 2010 年に開始され初めの 4-5 年は技術実証と製造性検討に注力する。初号機地上試験を 2016 年半ば、型式証明が 2018 年 5 月、商用運行は 2019 年半ばの予定である。



図 2. 3. 2-2 GE9X エンジン<sup>(19)</sup>

- f. GENx-1B と GENx-2B は、ボーイング 787 と 747-8 向けの推力がそれぞれ 74100 ポン

ド、66500ポンドのエンジンである。GENx-1Bは性能改善型のPIP1(performance improvement package 1)の開発で約1%の燃料消費率の改善を達成しているが、今回次のPIP2の開発で更なる約1%の燃料消費率の削減を進めており、ファン径の拡大などを盛り込み、2013年4月にFAA型式証明を取得した。当開発で推力も78,000ポンドに増強され787-10への搭載も可能。一方、GENx-2Bは現在性能改善型のPIPを開発中であり、燃料消費を1.8%改善する見通し<sup>(4)(9)</sup>。地上試験は完了しており2013年11月にFAA型式承認を取得した。GENx-1B PIP2とGENx-2B PIPの商用運行はいずれも2014年の見通し。

- g. Passportは、ボンバルディアのグローバル7000/8000向けの推力16500ポンドのエンジンであり、新技術の導入によりロールスロイスのBR725に対し燃料消費率SFC8%減・排出物とノイズ規制のクリアを目指す。導入される新技術は、複合材ファンケース、18枚のチタン製ブリスクの一体型52インチ径フロントファン、シリコンカーバイド系CMC製の高圧タービンシュラウド他であり、ファンブリスクの実証リグ試験としてファン翼飛散試験とファン性能確認試験を実施している。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、GEが80年代から研究しているオキサイド/オキサイドCMCが民間エンジンに初めて採用される。強化材と母材が酸化物系の材料であり耐熱性に優れ耐久性と性能の改善に寄与する。また、高圧圧縮機とブリスクの翼面には、独自の表面仕上げ技術を採用する予定であり、これにより従来に比べ4倍以上表面粗さを改善させ燃費の改善を図る予定。これらによりRR製のBR725より燃料消費率が8%改善するとしている<sup>(10)</sup>。開発日程は初号機の地上試験を2013年6月に開始し3時間で18000ポンドを達成し今後4000時間と8000サイクルの試験に臨む。型式証明は2015年、商用運行は2016年の予定<sup>(11)</sup>。
- h. HF20は、Hondaとゼネラル・エレクトリック社による折半出資子会社であるGE Honda エアロ エンジズが、小型ビジネスジェットHonda jet向けに開発した推力2,095ポンドのエンジンである。燃費性能、耐久性、低騒音、低エミッション性能の新たなスタンダードとなるべく開発された。これまでの認定試験では、計13基のエンジンによる広範囲な飛行テストと地上テストが行われ、1万4,000サイクル、9,000時間を超える試験実績を積み重ね、2013年12月に型式承認を取得した。商用運行は2015年の予定<sup>(12)</sup>。

## (2) ロールスロイス

- a. トレントXWB-84は、エアバスA350XWB-800、-900向けの推力84,000ポンドのエンジンであり、各種地上試験とリグ試験を完了し、2013年2月にEASA型式証明を取得、またA380のテストベッド試験機による飛行試験ならびにA350による初飛行試験を実施した。今後もテストベッドによる飛行試験を実施し改善を継続する予定。

トレントXWB-97は、エアバスA350XWB-1000向けの推力97,000ポンドのエンジンであり、基本寸法等は-84と変わらず同じナセルサイズだが、コアを拡大しタービ

ン性能を上げてファンの駆動エネルギーを増しファン流量を増加させる。これにより15%の推力向上を実現する。タービンには、シュラウド無し高圧タービンが採用され、最適化冷却機構、先進翼チップ冷却、耐高温材料・コーティングを導入している。9月中旬に詳細設計を完了し、2014年中頃に地上試験、機体飛行試験は2016年中頃の予定。就航は2017年中頃を目標としている。また、2013年にトレント XWB-84 の開発エンジンを使って XWB-97 の開発材料とチップクリアランス制御システムに関する運転試験を開始した。新規のシュラウドレス HP タービンの動翼とセラミックス製シール部品を試験し、シールの耐ラビング性の改善を評価中である。2014年には動翼チップ隙間制御と冷却システムを導入したシュラウドレス HP タービンの実証試験を実施する予定である<sup>(8)</sup>。

- b. トレント 1000-TEN は、ボーイング 787 向けの推力 76,000 ポンドのエンジンであり、パッケージ B に対し燃費 3%減とともに、78,000 ポンドへの推力増強により 787-10 への搭載を目指している。設計改良として、主流流量の増加、8 段中圧圧縮機の再設計、高圧タービンの冷却改善と 2 次空気系の改善、6 段高圧圧縮機の前 3 段の改善を実施している。中圧・高圧圧縮機の翼列改善は XWB の実績を基にスケーリングしている。開発日程は、初号機組立の準備中であり地上試験は 2013 年後半、2015 年に型式証明、2016 年商用運行の予定である<sup>(8)(9)</sup>。
- c. トレント 1000 パッケージ C は、ボーイング 787-9 向けの推力 74,000 ポンドのエンジンの性能改良型である。中圧圧縮機の動翼の改善と、ケーシングのセミアクティブな冷却システムの導入による低圧圧縮機の動翼チップ隙間の制御を改善することにより、パッケージ B より燃費 1%改善（初期形態より 2.2%改善）するとともに、タービン出口温度のマージンを改善した。2012 年末に 150 時間耐久試験を終え 2013 年夏に型式証明を取得。2014 年中旬に商用運行するトレント搭載の 787-9 型機の標準エンジンとなり、同時期からはトレント搭載の 787-8 型機においても標準エンジンとなる予定である<sup>(8)(9)</sup>。
- d. トレント 900 EP2 (enhanced performance) は A380 向けエンジンの性能改良型である。既に 2012 年から供給中のトレント 900 EP1 は、圧縮機翼に楕円翼先端形状を適用するとともに、低圧タービン翼チップの隙間削減、高圧圧縮機の回転ドラムの新コーティングを採用して 1%の燃料消費を改善している。更に信頼性向上のため高圧・中圧タービンディスクと翼、中圧タービンシノズル、タービンケース冷却、低圧ロータ系ベアリング、軸締結ナット、エンジン制御ソフトウェアを変更した。これに対し EP2 ではトレント XWB の技術からのファン翼チップの隙間削減と低圧タービンシール改善、さらにタービンケース冷却制御改善、中圧圧縮機の空力性能改善、ドラッグ低減により、0.8%の燃料消費改善を狙っている。既に EASA のエンジン試験を完了し

ており、2014年初期のEASAエンジン型式承認に向けたマイルストーンを通過した。

トレント700EP2はA330向けエンジンの性能改良型であり、エアバス社のA330リージョナルプログラムに対応している。主な改良は低圧タービンシステムの変更である。タービンノズルガイドペーンの翼厚を1.5mmから1.0mmに削減しシール隙間削減。また中圧と高圧圧縮機の静翼に3次元的な空力性能改善を導入する。これらにより1%の燃料消費を改善する予定。2015年に導入を計画している。

トレント500EP+はA340向けエンジンの性能改良型であり、楕円翼先端形状の導入で0.5%の燃料消費を改善する。トレント800EPは同様に楕円翼先端形状の導入で0.7%の燃料消費を改善する予定<sup>(1)(9)</sup>。

- e. RRは70年代初期から約40年ぶりに超塑性・拡散接合チタン合金製ファン翼に代わり、複合材ファン翼の開発を進めており112インチのフルサイズの翼試験を準備している。CTi(カーボンとチタン)ファンシステムと呼ぶファン翼とケーシングの開発を進めており、750ポンドの削減を目指している。ケースは、ライナー以外全複合材製で艀装配管等も複合材のラフトに配置し、組立性改善と重量削減を狙っている。既にデモンストレータで縮小版翼飛散試験と鳥打込み試験を完了し、現在、空力性能を改良中であり2010年代には適用したい意向。またCMCについても高圧タービン静止シールセグメントを2012年に試験を実施しており、静止部品やノズルガイドへの適用を検討している。またチタン合金マトリクス複合材を圧縮機適用のため開発している。ディスクのボアが無くなりフープ応力を繊維強化されたリムが受ける設計となり、重量が70%削減される見通し<sup>(13)</sup>。



図2. 3. 2-3 Trent XWB エンジン<sup>(20)</sup>

(3) プラット&ホイットニー

- a. PW1000G シリーズでは、ギアードターボファン(GTF)と呼ばれる高効率の先進ファン駆動ギアシステムが採用される。これにより、ファンと低圧圧縮機および低圧タービンがそれぞれ高効率な回転数で作動できるようになり、高バイパス比化と低圧圧縮機・低圧タービンの高効率化およびそれに伴う段数の削減が可能になった。また、極端な高温化を避けることにより高温部の部品寿命を維持しながら冷却空気流量の最適化を図り冷却空気を削減した。PW1000G シリーズでは、バイパス比 12 : 1、全体圧縮比(OPR) 50:1 を実現し、さらに、先進の材料技術や要素技術の組合せにより従来エンジンに比べ燃料消費率 SFC および CO<sub>2</sub> を 15%削減<sup>(1)</sup>、ノイズは CAEP/6 規制に対し 50%、CAEP/8 規制に対し 35%のマージンを達成する。

GTF システムのキーとなるギアボックスは高強度材の適用により低メンテナンスコストとされる。ファンにはハイブリッド金属ファン動翼が適用され、同サイズの複合材翼と比べても軽量かつ高効率な翼となっている。また、ファンケースには炭素繊維複合材が適用され、さらに、PW1100G-JM、PW1400G-JM にはファン構造出口案内翼にも複合材が適用され一層の軽量化が図られている。また、粉末冶金、チタンアルミ、積層造形技術も適用されている。なお、CMC は類似成分の材料検討をしているがコスト高であり技術リスクもあることから採用を見送った<sup>(1)(14)</sup>。

- b. PW1500G は、ボンバルディアの C シリーズ向けの推力 23,300 ポンドのエンジンであり、C シリーズ機は GTF エンジンが搭載される初めての航空機となる。新技術により燃費を 20%減、ノイズ ChapterIV 規制値に対して 20dB 減、排出物削減を目指している。開発日程は 2013 年 2 月にカナダ航空局から型式証明を取得し飛行試験を開始。2014 年の商用運航を予定。また、最初から C シリーズ機の燃費性能保証を確実にするため PW1500G のマイナー改良を計画している。ボーイング 747SP 型の飛行試験機ならびに CS100 型の飛行試験機の試験によって予定される性能改善に近づきつつあるとしており、CS300 型機の初号機向けの最後の飛行試験エンジンを納入する際にこれらの改良を導入することを目標としている。改良点は、冷却方法の最適化であり幾つかの冷却孔径で流量を絞り抽気源で圧力を上げることによりコンマ数パーセントの燃費改善ができるとしている。

- c. PW1100G-JM は、エアバス A320neo 向けの推力 33,000 ポンドのエンジンであり、JAEC と MTU が開発に参画している。CFM56 との比較で 15%燃費低減を目指している。目標 15%のうち 4-5%を GTF 機構で改善し残り 10-11%をその他の技術で改善する<sup>(1)</sup>。開発日程は 2012 年 11 に地上試験を開始、2013 年 5 月にテストベッドによる飛行試験を開始した。2014 年 8 月に型式証明、飛行試験を経て 2015 年第 4 四半期に商用運行の予定。面積可変式ファンノズル(VAFN)は燃費改善とフラッターマージン確保のため残す方向だったが、最終的に外すことを決定した。2013 年 5 月に実施したブロック 1 形態の低圧系ローターの応力計測試験で高圧タービン 1 段案内翼のプラットフォーム

ーム損傷が発生した。冷却孔追加の対策は、ブロック 2 形態に導入し、型式証明の試験は 2013 年 10 月に開始 2014 年 6 月までに完了させ、2014 年 6 月後半か 7 月初めにエアバス社にエンジンを納入する予定 (5)(8)(15)。

- d. PW1200G は、三菱航空機 MRJ 向けの推力 17,000 ポンドのエンジンであり。燃費、ノイズ、排出物低減を目指している。開発日程は 2013 年 4 月に地上試験を開始。150 時間耐久試験も完了した。2013 年に飛行試験、2014 年後半に型式証明。2015 年に商用運行の予定 (6)(17)(18)。
- e. PW1400G-JM は、イルクート MC-21 向けの推力 33,000 ポンドのエンジンであり。と比較し 20%燃費低減、ノイズ 50%低減を目指している。開発日程は 2013 年飛行試験開始、2017 年に商用運行の予定。面積可変式ファンノズル(VAFN)の採否は未定とされている (17)(18)。
- f. PW1700G、PW1900G は、エンブラエル E-ジェット向けの推力 22,000 ポンドのエンジン、PW1700G はエンブラエル E175-E2、PW1900G はエンブラエル E190/195-E2 に搭載される予定であり 20%燃費低減を目指している。開発日程は 2003 年 4 月に地上試験を開始、2016 年に飛行試験、2016 年後半に型式証明、2018 年に商用運行の予定。



図 2. 3. 2-4 PW1000G-JM エンジン (21)

[2. 3. 2 項 出典 (1) ~ (21) : 各、資料 3 の P2013D257~P2013D277 参照]

### 2. 3. 3 装備品関係

航空機の装備品（装備システム）は、航空機産業全体の中でも、技術（技術研究開発）、事業、そして市場・戦略面からその重要性が増している。経済産業省も「装備システムインテグレータの競争力強化」を目標の一つとしてあげている。

- ・技術面からの重要性：

航空機の電動化、ICT（Information and Communication Technology）化の進展に伴い、より重要な役割を担いつつある

- ・事業（ビジネスモデル）面からの重要性：

装備品（エンジンを除く）は、航空機1機の原価の3割～4割を占め、その比率は増加している。また、装備品事業は、エンジンと同様、プロダクトサポートをはじめとするアフターサービス事業を手掛けていることから、航空機関連事業の中でも利益率が相対的に高い事業となっている。また、民間旅客機の主たる顧客である航空会社が、航空機メーカーに装備品メーカーを指定するケースもみられる。こうした中、装備品メーカーの中には補用品のリース等で顧客である航空会社と直接結びつく例もみられ、「顧客と直接結びついた、アフターサービスを含めたストック・ビジネスモデル」を構築しつつある。

- ・市場・戦略面からの重要性：

従来、装備品市場では代表的な装備品（装備システム）は、欧米を中心とする複数の主要メーカーがキープレイヤとなっていた。しかし、電動化、ICT化の進展に伴い、装備品（装備システム）全体を掌握しようとするキープレイヤ（スーパーTier1）が出現している（例えば、アメリカのユナイテッド・テクノロジー、イギリスのGKN等）。

このように航空機の装備品をとりまく技術、事業（ビジネスモデル）、市場・戦略面が変化している。技術（あるいは技術開発、製品開発）面では、特に電動化、ICT化の流れが今後の装備品の方向性、ひいては将来の航空機の姿を左右する可能性がある。実際、航空機装備品は、フライトデッキ、制御システム、油圧系統、空圧系統、電源系統、降着システム、安全システム、キャビンシステム等に大別されるが、これらの装備品の多くで電動化、ICT化が進展している。

以上のことから、装備品については、電動化、ICT化の流れを中心に技術開発動向をとりまとめた。

#### （1）電動化の流れ

現在、航空機の電動化は多くの装備品（装備システム）で進展している。例えば、1980年代初めに開発されたボーイング767では、エンジンにそれぞれ90KVAの発電機を装備していた（この他にAPUが90KVA）が、1990年代に登場したボーイング777では、発電機は120KVA×2となり、加えて20KVAのバックアップ発電機、120KVAのAPUが取り付けられた。最新のボーイング787では250KVAの発電機が一つのエンジンに2つ装着されており、さらにバックアップの250KVAのAPU2台

が装備されている。バッテリーについてもボーイング 767、777 のニッケル・カドミウム・バッテリーが使われていたが、ボーイング 787 ではリチウムイオン・バッテリーが採用された（2013 年初めにこのリチウムイオン・バッテリーが発火し、ボーイング 787 の運航に大きな影響を与えた）。なお、ボーイング 787 では、負荷側が周波数制御を行うシステムとなっている。また、ボーイング 787 では電動化が進んだことで、空圧システムが基本的に廃止された（エンジンの防水系統に残っている程度）。また、脚システムには電動ブレーキも採用されている。同様に、エアバスも A380 等で電動化が進んでいる。

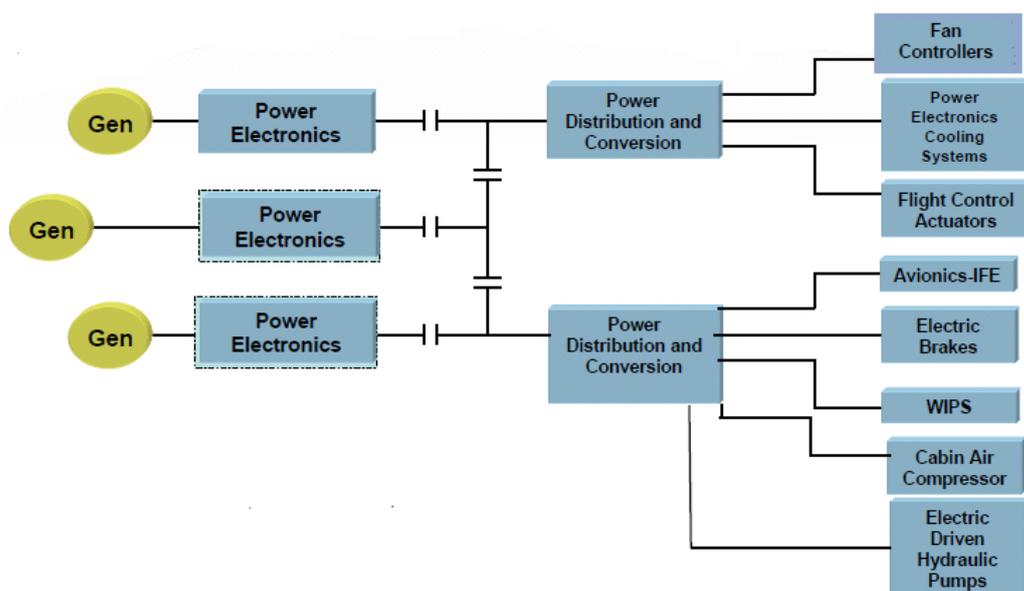


図 2. 3. 3-1 ボーイング 787 における電動化 (1)

装備品（装備システム）の電動化に関して、2013 年は、電動タキシング（降着システムの電動化及び無人トーイングカー）の開発が進み、6 月のパリのエアショーではサフラン／ハネウェルがテスト機を公開した。また、燃料電池や新しい電源システム、空調システム等の研究報告が国内外でなされている。一方で電動タキシングや電動アクチュエータ等、航空機の電動化が進んだ場合、個々の装備品（装備システム）の電動化にとどまらず、航空機全体での MEA 化、AEA 化に向けての最適化（最適マネジメント）が重要となる。

国内では、川崎重工業の新型電源開発の他、電動化に関する研究活動を行っている MEAAP（the More Electric Architecture for Aircraft and Propulsion）が、エネルギー回収型の電動降着システム、エアサイクルに代わるベーパーサイクルシステムの空調システム、航空機のスマートグリッド・システム等について、12 月の航空機電動化ワークショップで発表している。

欧州では、ACARE (Advisory Council for Aeronautics Research in Europe) が 2012 年 9 月にとりまとめた「Strategic Research & Innovation Agenda」の「Development

of technology, demonstration and flight test」の中で、革新的な航空機システムについて、新世代の ICT、全体システムの最適化（MEA 化、エネルギーマネジメント、知的制御コンセプト、インターコネクタビリティ等）を重要な技術課題としてとりあげている。また、オンボードセンサの増加やマンマシン・インターフェイスの重要性を指摘、アビオニクスでは短期的にはワイヤレス・アビオニクス、マルチコア・プロセッシングなどが、今後の技術の方向性としてあげられている。この他、モジュラー型キャビン、フレキシブル・キャビン・コンフィギュレーション、バーチャル・パッセンジャー・エンバイロメントの強化（機内騒音低下、温度、湿度等の制御）などが記されている。

なお、Vol.2 のロードマップの装備システム関連の内容は将来の方向性を考える上で参考となる。

		2020 年		2035 年	
To design thermal management systems that minimise environmental impact and energy consumption		Thermal management system technologies & system demonstrator  highly thermally-efficient components  thermal management system and component modelling capability	Technology	* Design optimisation techniques based on full scale thermal simulation * Low dissipation electronics, power electronics and hydraulics * High efficiency cooling system	* Overall thermal design demonstrator (engines and systems) * Fully integrated thermal management capability with minimum net heat loss at aircraft level
To design energy management systems that minimise environmental impact and fuel consumption	To use energy harvesting to minimise air vehicle environmental impact and energy consumption	Improve electro-mechanical efficiency and reduce mass of generators and motors  Energy harvesting technologies for air vehicle applications	Technology	* Electric motors and power generator with available improved efficiency * Fuel cells used for aircraft operations * e-APU * Low noise APU design & integration * Braking energy recovery	* Electric motors and power generator with further improved efficiency and weight * Capability of reusing wasted thermal energy, including engine exhaust * Aircraft descent energy recovery from airframe and engine * System design for maximum energy recovery

図 2. 3. 3-2 「Strategic Research & Innovation Agenda」ロードマップの装備システム関連の例<sup>(2)</sup>

■ 米国

米国については NASA の Aeronautics Research Mission Directorate プログラム (Aviation Safety Program 等) で AEA 機の開発などに取り組まれている。装備品 (装備システム) については、個々の企業で電動化の取り組みが進んでいる (ユナイテッド・テクノロジー・グループ、ゾディアック等)。

(2) ICT 化の流れ

航空機の ICT 化は、前述の電動化とともに装備品の重要な流れと考えられる。特に航空機機内の ICT 化は、機内での IFE (In-Flight Entertainment) や WiFi 利用等、拡大している。こうした中、近年、注目されるのが航空機の装備品 (装備システム) の状況を無線でモニタリングしたり、現在、装備品 (装備システム) を結んでいるワイヤーハーネスの一部を適用領域を限定した無線システムで置き換えようとする WAIC (Wireless Avionics Intra-Communications) である。WAIC は、AVSI (Aerospace Vehicle System Institute) で標準化 (適用技術や使用する周波数等) 等の検討が、海外の主要航空機関連メーカーが参加して進められており、2013 年にはワークショップが開催されている。なお、同様なコンセプトは独立行政法人電子航法研究所から発表さ

れている。

一方、既に事業化されている IFE には、既に 20 社近い企業が複数の形態で参入しているが、日本のパナソニック・アビオニクスやフランスのタレス・アビオニクス、ロックウェルコリンズ等が大手となっている。こうした中、米国の新興企業である Lumexis が光ファイバーを使ったシステムを実用化している。

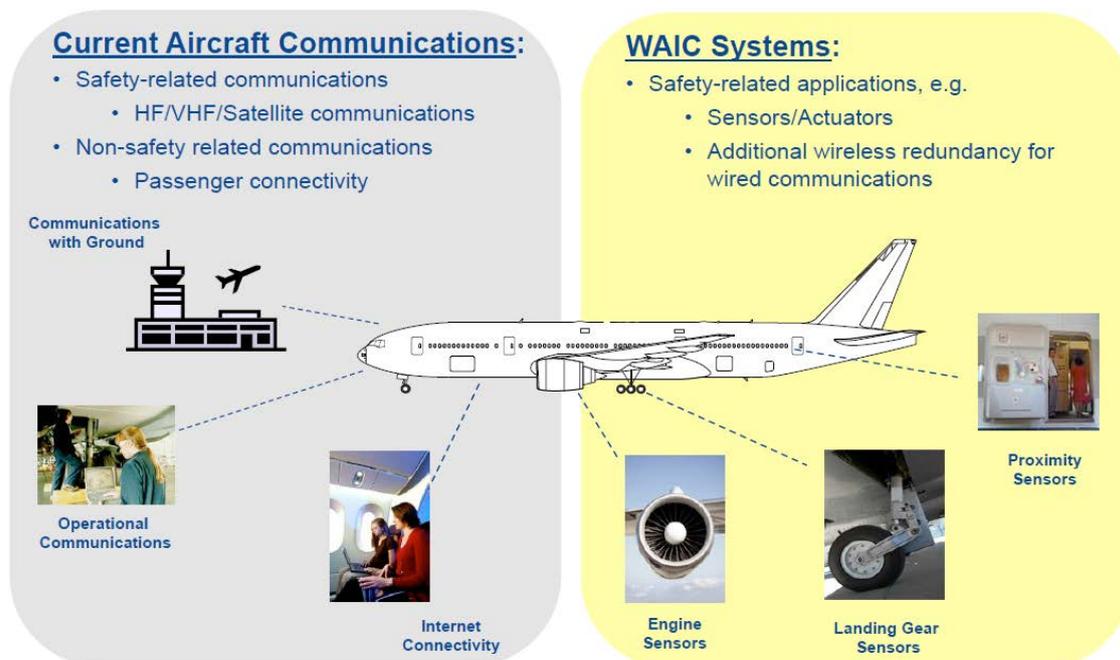


図 2. 3. 3-3 WAIC(Wireless Avionics Intra-Communications)のコンセプト (3)

[2. 3. 3 項 出典 (1) ~ (3) : 各、資料 3 の P2013D278~P2013D280 参照]

## 2. 3. 4 航空システム、航空管制関係

ATC Global 2013 が 2013 年 3 月にアムステルダムで開催された<sup>(1)</sup>。これは、欧州、北米、アジアの ATM に関する企業、管制従事者、研究者の Exhibition と Conference である。NextGen (Next Generation Air Transportation System)、SESAR (Single European Sky ATM Research)、CARATS (Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems) の現状報告がなされた。加えて、各プロジェクト間の相互連携が重要さを増しており、多くの時間が割かれて討議された。9 月に開催された ICAO (国際民間航空機関) 総会でも世界航空交通計画 (GANP) として、各国がハードとソフトの面で調和した航空交通の高度化のためのロードマップを審議し採択している。

国土交通省航空局が設置する「将来の航空交通システムに関する推進協議会」が 2013 年 3 月に開催された<sup>(2)</sup>。将来の航空交通システムには、航空交通量の増大、運航者、利用者の多様化するニーズへの対応、効率的な航空サービスの実現を通じた日本の経済の成長戦略への寄与、地球温暖化対策といった世界共通の課題への対応が求められている。そのためには現行の航空交通システムの大胆な変革が必要であり、本協議会は 2025 年に向けた日本独自の航空交通システムの目指すべき目標と変革の方向性等を記した「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン (CARATS)」を策定し、その実現を目指している。3 月に開催された会合では、ロードマップの見直しと、研究課題の整理、2013 年度の重点的な取り組みを承認した。具体的には、

### ① 通信に関するロードマップ策定と統合管制情報処理システムの整備状況を踏まえた検討

通信に関するロードマップが作成され、統合管制情報処理システムの整備について設計作業が進んでいる。これら状況を踏まえ、通信の関連する運用要件の明確化等の検討を行い、必要なロードマップの修正等を実施する。また、平成 25 年度は、陸域での CPDLC (Controller-Pilot Data Link Communication、航空管制官・パイロット間データリンク通信) 導入の意思決定年次となっており、費用対効果を含めた総合的な検討を行う。

### ② 軌道ベース運用の概念等の検討

軌道ベース運用 (TBO、Trajectory Based Operation) は、航空機を 4 次元軌道 (3 次元位置と時間) に基づいて運航する概念である。航空機の最適な軌道を実現するため、運航前から関係者間で軌道を調整し、飛行中においては航空機と管制機関で軌道を共有し、交通状況、気象の変化などに対応して逐次、修正される。軌道ベース運用は CARATS の中核に据えられ、ロードマップに掲載した施策の多くに関係する重要な概念である。軌道運用の概念に関して、シナリオ等による運用イメージの明確化とい

った具体化を図る。

③ GBAS、SBAS、ABAS 等の衛星航法に関する検討

GBAS (Ground-Based Augmentation System) は地上の GPS 受信機 (基準局) の測定データを解析し、GPS 測位誤差補正情報やインテグリティ情報をデータ通信により地上から航空機に直接提供するシステムであり、SBAS (Satellite-Based Augmentation System) はそれを静止衛星を介して航空機に提供するシステム、ABAS (Aircraft-Based Augmentation System) は航空機の機上システムで衛星航法の補強を行うシステムである。平成 26 年度までに、これら衛星航法に関する方針決定を行うことにしており、PBN (Performance-Based Navigation) 検討ワーキング・グループにアドホック会議を設置し、従来の地上システム (VOR/DME 等) のあり方も含めて検討を開始することとした。

④ SWIM に関するロードマップの見直し

SWIM (System Wide Information Management) は航空交通管理に関する情報処理ネットワークのフレームワークのことであり、協調的意思決定のための情報共有基盤技術と位置づけられている。SWIM については、欧米の動向調査を踏まえ、ロードマップの見直しを行う。

⑤ ICAO の Aviation System Block Upgrades の分析等

9 月に開催される ICAO 総会にて採択されるグローバル航空交通計画 (GANP) の改定案に、各種施策の実現環境が整う時期を明示した Aviation System Block Upgrades (ASBU) や技術ロードマップが含まれる。CARATS のロードマップと ASBU や技術ロードマップの整合性に関する分析を行う。

⑥ 研究開発の推進

研究開発課題の整理作業を進め、研究開発の実施機関が見込まれていない課題 (テーマ) についてどのように対応すべきか、検討を行い、また、研究に必要な情報の共有、大学やメーカーの参加を含めた関係機関の連携強化、研究開発促進策等の検討を行う。

なお、安全保障の観点から、現在、航空局から電子航法研究所に対し行われているレーダーデータ等の管制運用に関するデータの提供は研究目的であっても大学等、他の機関には行われていない。これを可能にするため、手続き方法の検討を行っている。

国土交通省航空局は CARATS を通じ、これまで関係が希薄であった電子航法研究所の以外の大学研究者と関係を深め、これらで行われている航空交通システムに関係した研究の状況を把握しようとしている。2013 年 9 月開催の「第 2 回 CARATS 研究開発推進分科会」では、国土交通省に係る大学研究者が省内に集められ、分科会委員と省内職員向けの研究発表会が行われた。軌道ベース運用の精度向上と最適化に関する研究、航空交通状況の分析、ASAS、管制システムのインターフェースデザインなど、7 件の発表があった。

CARATS を念頭に置いた将来の航空交通システムの研究促進と一般向け理解促進のため、電子航法研究所は講演会等を積極的に開催している。2013 年 2 月には、「第 3 回 ATM/CNS に関する国際ワークショップ EIWAC2013」を日本科学未来館で開催した<sup>(3)</sup>。ICAO、NextGen、SESAR、CARATS 関係者を招いての招待講演に加え、航空交通管理、軌道ベース運用、空港面交通管理、通信／航法／監視、航空安全、搭載電子機器、交通容量／混雑緩和、航空気象等、約 50 件の国内外の研究発表がなされた。加えて、6 月には一般向けに「平成 25 年度（第 13 回）電子航法研究所研究発表会」を開催し、GBAS、GPS 精度向上、ミリ波レーダ（着陸支援）、広域マルチラレーションなどに加え、電子航法研究所が実施している CARATS 関連の公募研究の研究成果 3 件の発表があった<sup>(4)</sup>。また、11 月には「電子航法研究所 講演会」が羽田空港のホールで開催され、電子航法研究所の最近の活動、航空交通管理のパフォーマンス評価、RNP AR 進入の実施状況、GBAS の研究開発と将来の GLS 運航、新しい運用方式に対応する監視応用、滑走路上の異物探知システムの研究開発に関する発表があった<sup>(5)</sup>。

また、CARATS に関連した研究を促進するため、いくつかの関連基礎研究を電子航法研究所と JAXA からの公募研究という形式で進めている。電子航法研究所が 2012 年度に公募し採択した 3 件の研究成果は既述したように研究発表会で発表され、加えて、2013 年度も再び新たな研究公募を行った。その結果、「継続上昇運航（CCO）に関する研究」（横浜国立大学 上野誠也教授）、「Study on Expansion of GNSS Wide Area Augmentation Service」（University of New South Wales Chris Rizoz 教授）、「監視情報のアシユアランスネットワークに関する研究」（早稲田大学 中里秀則教授）の 3 件が採択された。一方、JAXA が 2012 年度に公募し採択した 7 件の研究「低層風擾乱のデータ同化シミュレーションに関する研究」（東北大学 大林茂教授）、「不確実環境下でのコンフリクトフリー 4 次元軌道生成アルゴリズム」（東京大学 土屋武司准教授）、「マルチ GNSS 高精度測位およびその信頼性評価アルゴリズムに関する研究」（立命館大学 久保幸弘准教授）、「曲線進入におけるパイロットの飛行軌道（制御技術）監視・意志決定・介入方法の要件に関する研究」（東京大学 エントジンガー・ヨルグ・オノ助教）、「指向性を考慮した騒音伝搬予測手法に関する研究」（東京大学 坂本慎一准教授）、「動的計画法によるコンフリクトフリー最適軌道の生成に関する研究」（九州大学 宮沢与和教授）、

「混雑空港周辺およびコンフリクト発生空域における最適交通流制御アルゴリズムの開発」(構造計画研究所 矢野夏子氏)の成果はJAXA所内の中間報告会で発表があり、これらの研究は2013年度も継続して行われている。

大学等で航空交通システムに関する研究が盛んにおこなわれるようになった結果、学会、講演会でもそれらに関連したセッションが置かれるようになっている。2013年4月に開催された「日本航空宇宙学会 第44期年会講演会」では「出発/到着に関する新運航技術」が置かれ、そこにはJAXA、電子航法研の公募研究として進められている研究を始め、10件の講演があった<sup>(6)</sup>。また、「第51回飛行機シンポジウム」では「TBOに資する研究開発」「航空交通管理」のセッションで16件の発表があった<sup>(7)</sup>。これら航空交通システムに関する研究には特殊な設備は必要ない。従来から航空機の誘導制御の研究を行ってきた研究者がこの分野の研究を本格的に始めている。

[2. 3. 4項 出典(1)～(7):各、資料3のP2013D362～P2013D368参照]

### 2. 3. 5 無人機、飛行制御関係

大学等では飛行制御の応用として無人機の研究と飛行試験を行うことが盛んになってきている一方、JAXA などでは大学では出来ない規模の無人機システムの提案と研究を行っている。さらに、国内国外の企業による無人機の製品化も著しく、比較的飛行が容易な小型の固定翼機タイプ、ヘリコプタあるいはマルチロータタイプの機体は自律飛行制御システム込みで購入できるようになっており、またそれらを使って空撮を行う企業は国内だけで 50 社を超え、無人機の市場は徐々に拡大しつつある。

JAXA は、平成 25 年度に策定した中期計画、中期目標の中に、防災対応について、関係機関と積極的に連携した上で、無人機技術等必要となる研究開発を推進すると記載している<sup>(1)</sup>。現在、日本原子力研究開発機構と共同で放射線モニタリングを行うための小型無人航空機、屋内空間で飛行する小型飛行ロボット、高高度滞空型無人航空機システムなどの研究開発を進めている。



図 3.7.1 屋内空間で飛行する小型飛行ロボット (JAXA・東大共同研究)

無人航空機の研究動向として、AIAA、日本航空宇宙学会のシンポジウム、講演会を中心に概観してみると、信頼性と安全性向上に向けた研究に向けた研究が多い。例えば、Sense and Avoid System、障害物あるいは他機との衝突回避誘導、ヘルスマニタリング、故障診断などである。また、Path Planning、複数 UAV に対する Task Allocation、Multirotor 機のモデルの高精度化、フォーメーションフライトなどの複数 UAV の制御、Vision 利用による誘導などが無人航空機の研究の主流といえる。日本と比べ、海外の講演会では、信頼性、安全性に関する研究発表、また複数機による誘導制御に関する研究の発表が多い。

飛行制御に関して、例えば、文科省航空科学技術委員会は平成 25 年 6 月に発表した航空科学技術ロードマップ検討委員会報告書のなかで、個々の要素技術について先進の技術力を身につけ、競争力・貢献度を高めていくために、飛行管理装置 (FMS) 技術やオートパイロット技術等を獲得するとともに、先進的アビオニクスシステムとシステム全体のインテグレートを実現する能力を有していくことの重要性を述べている<sup>(2)</sup>。とくに誘導制御系技術・運航系技術について、運航自動化アルゴリズムの基礎研究や、動揺低

減・荷重低減制御技術の実証、及び産業界によるパイロット支援システムや電動アクチュエータ等の開発・実証を通じ、これらの技術を実用化し、実機へ適用することを目指すことが必要とまとめている。そのための研究開発事項として、短・中期的な安全性向上のため、「パイロットや整備士、管制官などを対象としたヒューマンファクターに関する研究」、「航空機の操縦自動化技術」、「乱気流事故を低減する突風応答軽減技術」を挙げ、また、短・中期的な効率化・低コスト化のため、「航空交通量増大へ対応するための運航系技術・誘導制御系技術・インテグレーション系技術」を挙げている。例えば、JAXAではレーザーライダーを用いた突風応答・荷重軽減制御（GLA、Gust Load Alleviation）に取り組もうとしている。これは JAXA 航空本部がこれまで開発してきたレーザーライダーを航空機の比較的直近の気流を計測するために用い、計測された気流に合わせたフィードフォワード制御をおこなうことで積極的に乱気流による機体の動揺を低減しようというものである。JAXA を中心に、大学、装備品メーカ、機体製造メーカが集まり、研究会を立ち上げている<sup>(3)</sup>。

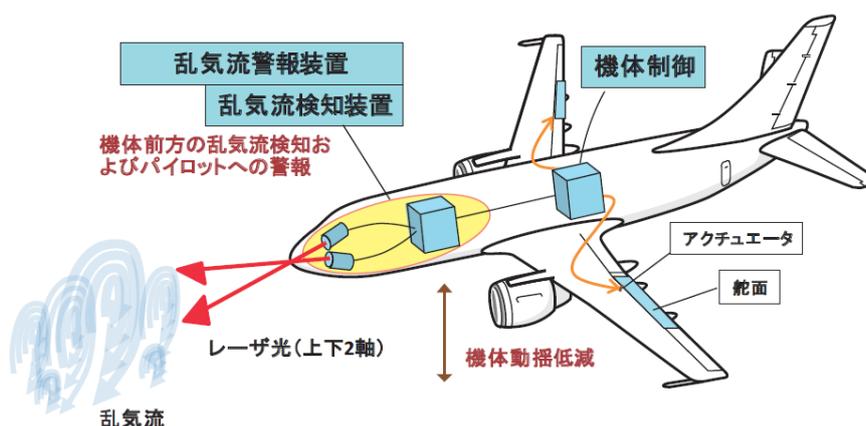


図 3.7.2 レーザーライダーによる突風応答・荷重軽減制御<sup>(3)</sup>

その他の飛行制御に関する研究として国内外で多くみられるのは、適応制御（Adaptive Control）を用いた航空機制御に関する研究である。適応制御とは、制御対象の未知の特性、あるいは時々刻々と変化する特性を推定し、この推定結果に合わせて、制御装置の可調整パラメータを適切に変化させて制御を行う方式である。例えば、航空機の故障に合わせた耐故障制御に応用される。適応制御を含む飛行制御の適応対象としては、無人航空機、故障航空機などが多く見受けられる。

[2. 3. 5 項 出典 (1) ~ (3) : 各、資料 3 の P2013D369~P2013D371 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25年度航空機関連動向情報

###### (1) 平成25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25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。本年9月に初飛行実施したC-Seriesを始めとし、初飛行が近づいたリージョナルジェット（MRJ、E-Jet、C919）および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、高止まりした燃料価格による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24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。

なお、航空機交通量増大に対応して進められている航空交通システムの近代化について、「航空機交通システムの近代化特集」<sup>(1)</sup>と題した上期特集号として、革新技術のポイントを通信、航法、監視、航空交通管理の観点で関連記事と共に取り纏め、配信している。さらには、「無人機システムの民間空域への統合特集」<sup>(2)</sup>と題した下期特集号として、欧米にて取り組まれている無人機システムの民間空域への統合に向けた動向を関連記事と共に取り纏め、配信している。

###### (2) 平成25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25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 「航空機機体数値流体解析技術(CFD)に関する研究動向について

～空力性能予測、空力騒音予測、EFD/CFD融合について～」<sup>(3)</sup>

機体空力特性予測や機体空力騒音予測の精度向上に向けた国際的ワークショップ活動の事例を紹介し、数値流体解析技術の可能性や限界について最新の動向を解説

###### イ 「航空機スマート構造と関連技術の動向

～モーフィング構造とその要素技術を主体として～」<sup>(4)</sup>

航空機構造にセンシング機能や動的変形機能を付与するスマート構造技術について、その歴史と最近の研究開発動向を解説

- ウ 「航空機エンジンへの複合材適用の動向と将来」<sup>(5)</sup>  
航空機エンジンへの複合材適用について、最近の研究開発動向と将来展望を解説
- エ 「飛行機の安全と効率的な運用を支える仕組み～MRB と MEL について～」<sup>(6)</sup>  
航空機の安全性を維持しつつ、効率のよい運航を行うために取られている仕組みについて解説
- オ 「MRO ビジネス（機体）～TAECO を例にして～」<sup>(7)</sup>  
航空機の機体整備受託ビジネスについて、ある整備受託事業者の事例を紹介し、最近の動向を解説
- カ 「民間エンジン MRO ビジネス」<sup>(8)</sup>  
民間エンジンの整備受託事業ビジネスについて、その歴史と最近の動向、ならびに将来展望を解説
- キ 「ICAO が推進する次世代航空交通管理システム構想  
～世界規模の統一運用構想 ASBU について～」<sup>(9)</sup>  
シームレスな世界規模の航空交通管理システムを実現するため、国際民間航空機関が定めた基本構想について解説

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2013年の年間アクセス件数は、232, 272件（月平均19, 356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)～(9)：各、資料2のP2013D102～D110参照]

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 第 53 回航空原動機・宇宙推進講演会

第 53 回航空原動機・宇宙推進講演会が平成 25 年 3 月 4,5 日岡山県倉敷市芸文館で開催された。本学会は、日本航空宇宙学会の主催で原動機・推進部門が運営する講演会であり、航空エンジンや宇宙ロケットに関する講演が行われる。これまで空力や燃焼に関する大学・研究機関からの講演が多かったが、今回は航空材料に関する企画講演が設けられ、航空用エンジンの高温部材開発や、ファンブレードへの鳥衝突解析、SiC 複合材など、航空用エンジンのキーテクノロジーである材料・構造に関する議論も活発に行われた。

特別講演

- 「JAXA クリーンエンジン技術の研究開発について」 二村 尚夫 (JAXA)

企画講演 8 件

- 「航空宇宙先端材料の研究開発動向」

一般講演： 11 セッション 43 講演

- 流体・伝熱 (9)、 極超音速機用エンジン (6)、 革新的航空推進技術 (4)、 燃焼 (8)、 音響 (8)

[資料 3 の P2013D386 参照]

### 3. 2. 2 日本航空宇宙学会第 44 期年会講演会における研究開発動向

2013 年 4 月 18、19 日の両日、日本航空宇宙学会第 44 回通常総会及び講演会が東京で開催された。一般講演では伝統的な分野の基礎研究に関する講演が多い。企画講演の流体制御はここ数年活発に発表されている分野である。基礎研究と実機開発の橋渡しとして、国家プロジェクトの観点からトップダウン的に技術ニーズを論じるパネル講演と、個々の研究者からボトムアップ的にプロジェクトを提案する企画講演の、双方の議論が行われた。

#### 特別講演

- 「新型機 BOEING787 がもたらす新しい可能性」  
運航の視点から 植田 竜 (JAL 運航技術部試験飛行室)  
整備の視点から 岡田 昇 (ANA 整備本部技術部)

#### パネル講演

- 「日本の航空科学技術の推進方策とロードマップ」  
航空科学技術に関する研究開発の推進方策 柳 孝 (文部科学省)  
航空科学技術のロードマップ 奥田 章順 (三菱総合研究所)  
JAXA 航空の新たな研究開発計画 岩宮 敏幸 (JAXA)  
日本の航空技術開発のあるべき姿

#### 企画(OS)講演： 3 企画 37 件

- 「先進的流体制御」 6 件
- 「出発/到着に関する新運航技術」 11 件
- 「未来を築く学術大型研究計画」 14 件

#### (若手企画)

- 「航空宇宙が災害に対して貢献できること」 6 件

#### 一般講演： 12 セッション 46 件

無人機 (8)、誘導・制御 (4)、宇宙システム (4)、空気力学理論 (3)、レーザー・プラズマ応用推進 (6)、高速流・希薄気体 (8)、パラメータ推定 (3)、設計法 (6)、回転翼・フラッタ (4)

[資料 3 の P2013D387 参照]

### 3. 2. 3 JAXA 航空シンポジウム 2013 における研究開発動向

平成 25 年 6 月 28 日に御茶ノ水ソラシティにおいて、JAXA 航空シンポジウム 2013 が開催された。本シンポジウムは、宇宙航空研究開発機構(JAXA)の航空部門が「航空部門」となったことに合わせ、産官学の連携の中心としての JAXA 航空部門の方向性や、研究開発状況、JAXA 外部からの JAXA へよせる期待等について討論が行われた。

当日のプログラムは以下の通り。

- 「新生 JAXA 航空が目指すもの ～新たな空へ 夢をかたちに～」 中橋和博 (JAXA 理事/航空本部長)
- 「将来に向けた JAXA 航空の取り組み」 村上 哲 (JAXA 航空本部 参与)
- 「航空機機体メーカーとしての将来ビジョンと JAXA 航空への期待」 種子田裕司 (三菱重工業株式会社 航空宇宙事業本部 技師長)
- 「航空エンジン分野の技術動向と JAXA 航空への期待」 今成邦之 (株式会社 IHI 航空宇宙事業本部 技術開発センター エンジン技術部長)
- 「航空科学技術における産学官連携の役割と課題」 鈴木真二 (東京大学大学院 教授)
- パネルディスカッション「航空産業のさらなる発展をめざして～将来を見据えた研究開発と産学官連携のあり方～」

<モデレーター>

鈴木真二 (東京大学大学院 教授)

<パネリスト>

種子田裕司 (三菱重工業株式会社 航空宇宙事業本部 技師長)

今成邦之 (株式会社 IHI 航空宇宙事業本部 技術開発センター エンジン技術部長)

前間孝則 (ノンフィクションライター)

中橋和博 (JAXA 理事/航空本部長)

また、JAXA 航空部門の最近の研究プログラムが紹介された。

- デジタル/アナログ・ハイブリッド風洞 (DAHWIN)
- DREAMS プロジェクト (分散型高効率航空交通管理システム)
- D-SEND プロジェクト (低ソニックブーム設計概念による超音速機の飛行実証)
- 次世代ファン・タービンシステム技術の研究開発
- 機体騒音低減技術の飛行実証 (FQUROH)
- 乱気流事故防止機体技術の研究開発
- JAXA 航空技術の社会への貢献

[資料 3 の P2013D388 参照]

### 3.2.4 第45回流体力学講演会/航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム2013 における研究開発動向

平成25年7月4日、5日の両日、第45回流体力学講演会/航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム2013が東京都タワーホール船堀で開催された。特別講演3件の他、約110件の講演発表が行われた。本学会は、航空への応用を意識した研究が多く報告される講演会であり、今回は「民間超音速機実現のための空力技術」として企画セッションが設けられ、超音速機のための実験方法、インテークやソニックブームに関する講演が行われた。このほか、計算機の進歩を踏まえた設計への応用方法、実験とシミュレーションの統合など、新しい概念を目指した意欲的な講演が目立った。

特別講演としては、数値解析の誤差評価を行う **Uncertainty Quantification** の第一人者である Stanford 大 Iaccarino 教授の講演が行われた。

#### 特別講演

- 「ペタフロップス計算機時代における CFD」 中橋 和博 (JAXA 航空本部)
- 「東京スカイツリーの構造設計」 小西 厚夫 (日建設計)
- 「Progress in Quantification of Uncertainties in Fluid Flow Simulations」 Prof. Gianluca Iaccarino (Stanford University)

#### 企画講演 5企画 56件

- |                       |     |
|-----------------------|-----|
| ○ 「EFD/CFD 融合技術」      | 9件  |
| ○ 「民間超音速機実現のための空力技術」  | 10件 |
| ○ 「非定常空力と空力音響技術」      | 11件 |
| ○ 「先進流体計測技術」          | 10件 |
| ○ 「デトネーションエンジン」       | 10件 |
| ○ 「航空宇宙における HPC 利用技術」 | 6件  |

#### パネルディスカッション

- 「航空教育支援フォーラム:空力教育の共通プラットフォーム構築に向けて」

#### 一般講演: 17セッション 58件

格子・解法(7)、安定・乱流(7)、高温気体(3)、風洞とCFD(3)、衝撃波(5)、翼(18)、ジェット(2)、プラズマ・レーザー(9)、飛行体(4)

[資料3の P2013D389 参照]

### 3. 2. 5 第 55 回構造強度に関する講演会における研究開発動向

平成 25 年 8 月 7 日(水)～9 日(金)にわたり、第 55 回構造強度に関する講演会が室蘭工業大学で開催された。特別講演 3 件の他、約 100 件の講演発表が行われた。

#### 特別講演

- 「繊維強化複合材・構造のものづくりとそれらの特性評価」 邊 吾一 (日本大学)
- 「衝撃工学からみた日本刀」 臺丸谷 政志 (室蘭工業大学)

#### 企画講演

- 「大学でできる航空宇宙機分野の実践研究」 棚次 亘弘 (室蘭工業大学)

一般講演： 23 セッション 103 件

ロケット構造、疲労特性、膜面宇宙構造、破壊・き裂進展、衝撃、複合材の熱特性、座屈、宇宙推進系の構造材料、高温腐食、損傷診断、形状計測、振動制御、複合材性能評価、構造継手挙動

[資料 3 の P2013D390 参照]

### 3. 2. 6 第 51 回 飛行機シンポジウム/APISAT-2013 における研究開発動向

第 51 回飛行機シンポジウムは、日本航空宇宙学会、日本航空技術協会の共催で、平成 25 年 11 月 20 日（水）～22 日（金）に、香川県サンポートホール高松にて開催された。当学会は日本航空宇宙学会の特殊航空機、回転翼航空機、飛行力学、航空機設計、空気力学、構造、材料、機器・電子情報システム、生産技術、原動機・推進、航空機運航・整備、航空交通管理の各部門委員会、及び日本航空技術協会によって企画、運営されたものである。多岐にわたる航空技術分野を網羅し、日本の航空機に関する幅広い技術研究成果が報告される学会であるといえる。また、本年度の当学会は、APISAT-2013 (The 2013 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology) (同会場、平成 25 年 11 月 20 日（水）～22 日（金）) と共同開催であった。

特別講演として、「日本の航空機の父」と言われる二宮忠八の功績」(井上千秋氏、八幡浜市教育委員会 学芸員)、「航空交通の研究開発に関する最近の動向」(齋藤賢一氏、国土交通省航空局 交通管制部交通管制企画課 航空管制技術調査官)、「787 導入後の CFRP 修理について」(吉田喜人氏、JAL エンジニアリング 技術部システム技術室 機体技術グループ)、「Airbus Views on Aviation's Future (APISAT-2013 Invited Lecture)」(Mr. Pedro Muñoz-Royo, Future Programmes Manager at Strategy Department, Airbus, France) の講演が企画されるとともに、特別企画として、パネル講演形式の「航空ビジョン Update」、「無人航空機の運航技術における課題と展望」、「JAXA 実験用航空機の紹介 ～飛行実証の活発化に向けて～」、「航空教育支援フォーラムについて」が実施され、活発な議論が行われた。その他の講演数は、企画講演、一般講演、学生講演合わせて 183 件であった(企画講演 12 企画 96 件、一般講演 78 件、学生講演 9 件)。APISAT-2013 の参加者も飛行機シンポジウムでの講演聴講、発表が可能であったため、例年になく多くの参加者数であった。

発表セッションの分類から見る発表の傾向

#### 基礎基盤技術関係

学生講演 (9 件) に加え、一般講演の「飛行力学」(17 件)、「航空機設計」(8 件)、「空気力学」(17 件)、「構造」(4 件)、「原動機・推進」(2 件)、企画講演の「非定常試験・計測技術」(9 件)、「安全性向上のための技術」(9 件)、「航空宇宙材料の特性と評価」(8 件)、「ジェットエンジンの構造・材料技術」(7 件)、「実飛行環境での空気力学」(5 件) 等が含まれる。非定常空気力学、無人航空機、飛行安全、CFRP に関する研究が多く見受けられる。

#### 運航・整備、航空交通管理、装備品技術関係

一般講演の「航空交通管理」(7 件)、「航空機運航・整備」(2 件)、「機器・電子情報システム」(3 件) 企画講演の「TBO に資する研究開発」(9 件)、「航空の安全を支える

機器・電子情報システムの技術」(12件)等が含まれる。ATMの現状と将来技術の基礎研究、そのための機器システムに関する研究が多く見受けられる。

機体、設計、生産技術関係

一般講演の「回転翼航空機」(7件)、「特殊航空機」(15件)、企画講演の「ヘリコプターの先進技術」(7件)、「次期固定翼哨戒機(XP-1)の開発」(11件)、「一体型MDCシステムの研究」(8件)、「航空機製造における最新生産技術の動向と課題」(5件)、「広がる航空技術」(5件)等が含まれる。ヘリコプタ技術、回転翼機を含む無人航空機、XP-1に関する研究が多く見受けられる。

[資料3のP2013D391～P2013D392参照]

3. 2. 7 その他国際学会等における研究開発動向

(1) 51st AIAA Aerospace Sciences Meeting 関連<sup>(1)</sup>

平成25年1月に米国テキサスで開催された51st AIAA Aerospace Sciences Meetingは、AIAA(米国航空宇宙学会)主催の航空宇宙全般に関する会議であり、空気力学に基礎空力、流体制御、数値流体力学技術、試験・計測技術、設計・最適化、無人機など、基礎よりの研究を中心に約1,200件の多様な講演が行われた。特別講演としては、無人機システムと情報技術の融合に関する講演が目立った。

セッションとしては

空気力学

Aeroacoustics (8), Fluid Dynamics (54), Aerodynamic Measurement Technology (12), Applied Aerodynamics (39), Ground Testing (10), Plasmadynamics and Lasers (14), Thermophysics (11)

制御、飛行力学

Atmospheric Flight Mechanics (9), Atmospheric and Space Environment (5), Intelligent Systems (3)

推進

Air Breathing Propulsion Systems (9), Gas Turbine Engines (8), High Speed Air Breathing Engines (6), Propellant and Combustions (18)

設計

Aircraft Design (13), Aerospace Systems Integration (1), Design and Engineering (1), Multidisciplinary Design Optimizations (4), Systems Engineering (2)

エネルギー

Green Engineering (5), Terrestrial Energy (3), Wind Energy (9)

その他

Computational Science (1), Meshing, Visualization and Computational (1) Environments (7), Education (2), History (1)

があり、特に航空系の空気力学、流体力学分野では世界で最も充実した学会の一つである。

(2) 19th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference (34th AIAA Aeroacoustics Conference) 関連<sup>(2)</sup>

19th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference (34th AIAA Aeroacoustics Conference)は、American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA, 米国航空宇宙学会)と German Society for Aeronautics and Astronautics (DGLR, ドイツ航空宇宙学会)の共催で2013年5月27日～29日、ベルリン(ドイツ)で開催された。音に関する研究は、音の発生機構に着目した物理的な研究から、人間の音に対する反応

を研究する心理的な研究、社会の音に関する必要性を論じる社会的な研究まで幅広く、音の発生機構だけでも様々な分野に細分化されている。航空機で問題になる騒音は比較的高速の気流から発生する流体音が多く、航空機に的を絞った様々な音の議論がされる本学会は航空機騒音を扱う研究者にとって密度の濃い講演会と言える。

特別講演としては、Aircraft Noise Reduction by Technical Innovations (Ulf Michel, CFD Software GmbH), Identification and Reduction of the Noise Produced by Falcon Business Jets (Stephane Lemaire, Dassault Aviation) が行われた。

3日間で54セッション約280の講演が行われた。

セッションの傾向としては

基礎的な流れからの音

Acoustic/Fluid Dynamic Phenomena (キャビティ、翼、境界層、ブラフボディ)、  
Jet Aeroacoustics (予測法、数値解析、実験) Duct Acoustics

空力音の数値解析

Computational Aeroacoustics (脚騒音、翼騒音、伝播、数値解析技術、境界条件)  
航空機騒音の社会的影響

Community Noise & Sonic Fatigue

航空機各部からの音

Integration Effects and Flight Acoustics, Interior Noise/Structural Acoustics,  
Propeller, Rotorcraft and V/STOL Noise, Turbomachinery and Core Noise,  
Airframe/High-Lift Noise, Advanced Testing Techniques

などがあり、特にジェットノイズやダクト音響に関する講演が多かった。

(3) AIAA Aerospace Design and Structures Event(54th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference)関連<sup>(3)</sup>

AIAA (米国航空宇宙学会)、ASME (米国機械学会)、ASCE (米国土木学会)、AHS (米国ヘリコプタ学会)、米国複合材料学会が共催する54th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conferenceは、2013年4月8日~11日に米国ボストンで開催された。構造、材料、設計などに焦点をあてた講演会であり、今回は特に材料技術と設計技術の融合によって、新しく開発された素材を迅速に飛行可能な航空機設計にまでつなげる技術がトピックスとして挙げられていた。

特別講演としては、John Tracy氏(Boeing)による”Beyond the 787: Developing the Future of Structures and Materials that Shape Aerospace”が行われ、以下の59セッションが行われた。

Additive Manufacturing, Aeroservoelasticity and Control, Air and Space Survivability, Aircraft Design and Nonlinear Dynamics, Aircraft Dynamics, Aircraft

Gust (2), Analytical Methods for Structures (2), Beam Dynamics (2), Characterization and Estimation of Fatigue Life (2), Characterization and Modeling of Composite Laminates, Composite Structures, Composites (5), Computational Aeroservoelasticity, Damping and Vibration Suppression, Design Process, Design (4), Digital Twin (2), Energy Harvesting and Aeroservoelasticity Design, Fatigue and Fracture, Integrated Computational Material Engineering and the Materials Genome Initiative, Integrated Computational Materials Engineering (ICME), Joints, Aeroelasticity, and Buckling, Limit Cycle Oscillations (LCO) and Aircraft Flutter, MAVs and Flapping Wings (2), Multifunctional Materials, Multiscale Modeling of Damage in Composites, Nanostructured Materials (3), Nonlinear and Nonlocal Material Response, Rotorcraft Applications, Sandwich Structures, Shells, Space Structures, Stitched Unitized Structures, Structural Design, Structural Health Monitoring (2), Structural Optimization, Turbomachinery, Vibration Testing Wind Turbine (3)

(4) AIAA AVIATION 2013 関連<sup>(4)</sup>

AIAA では専門領域ごとに開催していた講演会を、基礎研究系を SciTech、航空よりの研究を AVIATION、推進系を Propulsion and Energy、宇宙よりを SPACE にまとめて開催する方針で、今年は航空よりの講演をまとめた AVIATION 2013 が、2013 年 8 月 12 日～14 日、ロサンゼルスで開催された。

パネルディスカッションとしては

民間航空の将来像

Commercial Aviation: Global Outlook, Opportunities, and Challenges

ビジネスジェット、ジェネラルアビエーション、回転翼航空機の将来像

Business, General Aviation, and Rotorcraft: Global Outlook, Opportunities, and Challenges

代替燃料の動向

The Energy Imperative

UAV の市場性

Developing the Market for UAVs

などが開催された。

セッションとしては

航空交通管制

Air Traffic Management, Airport Capacity Analysis, Airport Surface Scheduling, Airspace Configuration, Descent and Arrivals, Enroute and Mission Optimization, Environmental Technology in Aircraft Operations,

Flight Management, Platform and Fleet Design Methods, Runway Efficiency, Safety in Surface Operations, Separation Assurance, Simulation of Airport Operations, Surface Congestion, Systems Engineering, Terminal, Trajectory, Uncertainty in ATM

性能

Wakes, Drag Reduction, Aerodynamics, Aircraft Subsystem Performance, Structural Design & Analysis, Powerplant Performance

コンセプト設計

Aircraft Conceptual Design, Creative Next Generation Aviation Systems, Conflict Resolution, Electric Aircraft, Software in Aviation, , Transformational Flight, Human Factors in Aviation, Unmanned Air System Design

経済性・安全性

Aviation Economics, Aircraft Subsystem Safety, Environment and Design, Environment Efficiency, Economics and the Value Chain, Fuel Burn, Weather など、実用的なテーマのセッションが多い

(5) ISABE2013 関連

第 21 回エアブリージング国際会議 (International Symposium on Air Breathing Engines, ISABE2013) は、平成 25 年 9 月 9 日 (月) ~13 日 (金) の会期で開催された。

本学会は、The International Association of Airbreathing Engines によって開催されている国際会議であり、その名のとおりジェットエンジン等吸い込んだ空気を噴射することで推進力を得る推進機関に関する講演が行われている。米国、欧州、アジアと順番に隔年開催されており、今年は韓国 (釜山国際展示コンベンションセンター) にて開催された。

元々は RAM ジェット、SCRAM ジェットなど極超音速機用エンジンに関する研究発表が多い会議であったが、近年では亜音速機用ターボファンジェットエンジンに関する発表の方が主体になってきている。

航空用ジェットエンジンに特化した会議ということで、各国ジェットエンジンメーカーからエンジンや技術開発動向に関する基調講演が行われるのもこの会議の魅力であり、今回も GE,PW (米)、RR (英)、MTU (独)、SCNECMA (仏)、IHI (日) Samsung (韓) の講演があり、Geared Turbo Fan, Open rotor, Ultra High-bypass といった近い将来のエンジンや、コアエンジンで発電して分散配置された電動ファンを駆動する Distributed Turbo-Electric Propulsion System 等さらに先のエンジンの展望に関する講演が行われた。

一般講演論文数は 215 で、内訳は Compressor / Fan (34), Turbine (13), Heat Transfer (18), Test & Diagnosis (23), Combustion (33), Intake & Nozzle (7), RAM / SCRAM (40), Engines & Cycles (26), Noise (6), Fluid & Gas Dynamics (10)となっている。

回転機械、熱伝達、エンジン試験や燃焼分野などは従来通り水準で推移している。今回は RAM / SCRAM 及び Engines & Cycles の論文数が大きく伸びたが、

RAM / SCRAM については中国 11 件、韓国 8 件とこの 2 国からの貢献が大きい。

Engines & Cycles については、英国 6 件が最も多く、熱交換器を用いてターボファンジェットエンジンの燃費改善を目指す NEWAC プログラムの影響だと思われる。

この他、電動化あるいは電気エネルギー利用を話題とした推進に関する講演が増え、将来の航空推進の一形態として注目されていることが伺われる。

今回は 2015 年に米国アリゾナ州フェニックスで開催される。

[3. 2. 7 項 出典 (1) ~ (4) : 各、資料 3 の P2013D393~P2013D396 参照]

## 第4章 平成25年度海外調査報告

### 4.1 調査目的

#### (1) 調査目的

平成25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、航空機工業の先進地域である北米地域の航空関係の企業、研究機関を訪問して、航空機関係の最先端技術の研究開発動向を調査する。

#### (2) 訪問調査先の選定

平成25年6月に告示された「航空機国際共同開発に関する基本的な指針」の改定を踏まえ、全機開発能力の獲得や完成機メーカーとして必要とされる能力獲得に資する情報収集・提供を狙いとして、リージョナルジェット機等の最新の開発状況や将来航空機用エンジンの最新の技術動向を、施設調査と先端技術者との意見交換を通して実地調査することを基本に、以下を主要訪問先として選定した。

#### <カナダ モントリオール地区>

##### ア Consortium for Research and Innovation in Aerospace in Quebec (CRIAQ)

カナダおよびケベック州航空宇宙産業の動向ならびに CRIAQ の取り組みに関する資料収集と意見交換

##### イ Bombardier Aerospace 社

リージョナルジェット機の最新の開発状況等の資料収集、施設調査と意見交換

##### ウ CAE 社

シミュレーション技術を活かして世界をリードする企業の最新動向の資料収集、施設調査と意見交換

#### <米国 東部地区>

##### エ NASA Glenn Research Center (Cleveland, OH USA)

航空機用エンジンの最新の技術研究等の資料収集、施設調査と意見交換

##### オ Honda Aircraft Company 社 (Greensboro, NC USA)

ビジネスジェット機の最新の開発状況等の資料収集、施設調査と意見交換

### 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25年10月27日(日): 成田出発、Chicago 経由 Montreal 入り

平成25年10月28日(月): Bombardier Aerospace 社および CAE 社訪問

平成25年10月29日(火): CRIAQ 訪問、夕方 Cleveland へ移動

平成25年10月30日(水): NASA Glenn Research Center 訪問

平成25年10月31日（木）：移動日（Charlotte 経由 Greensboro へ移動）

平成25年11月 1日（金）：Honda Aircraft Company 社訪問

平成25年11月 2日（土）：Greensboro から帰国

平成25年11月 3日（日）：成田到着

イ 調査団メンバー

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

(2) 調査結果概括

今年度は全機開発能力の獲得や完成機メーカーとして必要とされる能力獲得に資する情報収集・提供を狙いとして、リージョナルジェット機等の最新の開発状況等の調査を主眼として、北米地域（カナダ モントリオール地区、米国東部地区）を選定し、3企業、1研究所の4箇所を実地訪問調査した。

実地調査を通じて、航空機産業の特徴として、航空機開発には新規の技術開発（5～10年）を含め長期で費用がかかること、航空機の運用は20～30年と長い（今取り込んだ技術は今後40年間環境に影響を与える）こと、および新機種開発に資本の集中投資が必要であること、並びに、航空業界を取り巻く環境の変化として、国際航空運送協会（IATA、International Air Transport Association）の公約である二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出量の2050年までに50%削減（2005年比）および燃料消費の年率1.5～2%改善（2020年、2050年で、各々20%、45%相当削減（2005年比））が挙げられ、これらに対応するためには、継続的な技術革新が求められること、プログラムローンチまでに取り組む戦略技術が重要であること、そしてローンチの10年以上前から先進研究（大学への委託）を始め、技術開発・技術移転（産学共同研究）、技術実証・検証というステップを踏み、ローンチ以後の製品開発におけるリスク低減を図ることが不可欠と示された。

また、FAA等の航空当局とのきめ細かなコミュニケーションによる相互信頼の醸成と社内認定プロセスの確立が重要と示された。

以下に、その概要を示す。

<カナダ モントリオール地区>

ア Bombardier Aerospace 社訪問

ケベック州航空宇宙研究革新連合体（The Consortium for Research and Innovation in Aerospace in Québec 以下、「CRIAQ」という。）のBazergui博士の案内で、モントリオール・ピエール・エリオット・トルドー国際空港（以下、「モントリオール空港」という。）に隣接するBombardier Aerospace社（以下、「BA社」という。）本社を訪問、戦略技術担当のKafyeke博士に面会し、航空機の技術革新に向けた展望と同社航空機Cシリーズの技術革新について聴取すると共に、隣接するBombardier Challenger工場にてChallengerシリーズ（300/605）の製造状況を実地調査した。

BA社は、航空機メーカーとして世界第3位の規模（2012年売上は86億USドル）を

誇り、CRJ100/200（1989年）をローンチして以来、Cシリーズ（CS100/300）（2008年）、Global7000/8000（2010年）、Learjet70/75（2012年）に至る開発中のものも含め、25年間で30機種もの航空機を開発している。国際競争の激化、厳しい環境規制などの新たな環境変化もあり、航空機の技術革新が求められ、プログラム・ローンチ前までに取り組む戦略技術が欠かせない。ローンチの10年以上前から基礎研究を開始、技術開発、技術実証・検証という手順を踏み、製品開発へ進むことが必要で、このようにたゆまぬ技術開発と航空機の革新を図ることで今のBA社があるとした。また、環境対応の技術革新を図った航空機の第一弾としてのCシリーズ（CS100）が本年9月に初飛行し、その順調な仕上がりに自信を示した。

#### イ CAE 社訪問

CRIAQのBazergui博士の案内で、モンリオール空港に隣接するCAE社を訪問、研究開発・政府プログラム・知的財産担当ポートフォリオマネージャのAlaouie氏、および研究開発・知的財産担当スペシャリストのFürhoff博士に面会し、CAE社の概要を聴取すると共に、同工場にてフライトシミュレータ（CAE3000/5000/7000）の製造状況を実地調査した。

CAE社は、フライトシミュレータ等のシミュレーション製品販売からそのシミュレーション技術を用いたパイロットの訓練等の事業を展開しているが、今では、訓練・サービス分野が売上全体（2012年は21億CDNドル）の約5割を占めるまでになる。従来の核となる事業は維持しつつ、シミュレーション技術を応用した問題解決ビジネスとして医療、鉱業、都市の危機管理分野など新市場の開拓を図っており、各事業で今ある世界No.1の位置を維持するため、毎年売上の約10%を研究開発へ投資していると強調。

#### ウ CRIAQ 訪問

カナダ航空宇宙産業とCRIAQの概要について、CRIAQ共同創設者で前会長のBazergui博士より聴取すると共に、ケベック大学傘下のケベック州立高等工学技術学院（École de technologie supérieure）工学部教授Bocher博士およびHutchinson社研究開発担当のLevesque氏と意見交換を行った。

カナダの航空宇宙産業は、世界第5位の規模を誇り、700社、16万人以上が従事し、売上は220億CDNドル以上（8割以上が輸出）で、売上全体の5割強はケベック州が占め、研究開発施設の7割はケベック州（特に、モンリオール）に集中。

CRIAQは、ケベック州やカナダの航空宇宙産業の競争力強化、学生のより良い教育・訓練を通じた知識基盤の集約強化を目的として、産業界およびケベック州政府の財政援助を受け2002年に設立された非営利団体（コンソーシアム）であり、大学や研究機関と産業界を連携させ業界主導の共同研究を促進する活動を行っている。取り扱う共同研究プロジェクトは、準備中/完了も含めて100件以上（総額1.2億ドル相当の価値）あり、各プロジェクトの活動期間は平均3年、企業・研究機関から少なくとも各々2社・

団体が参画して進められる。CRIAQ はカナダ国内に留まらず、米国・欧州等海外との連携・協力を促進する牽引役も果たしており、そのビジネスモデルは国内外から高く評価されている。

#### <米国 東部地区>

##### エ NASA Glenn Research Center 訪問

米国債務問題に端を発した米国政府機関一時閉鎖に伴い NASA も一時閉鎖し、その後閉鎖解除されたものの、解除後間もない訪問が可能か危ぶまれたが、NASA 関係者の取り計らいにより、オハイオ州クリーブランドの NASA Glenn Research Center (GRC) を訪問した。

GRC では、GRC 所長の Free 氏以下マネージメント・チームと面会し、研究所の概要を聴取すると共に、研究施設を実地調査した。

GRC は、クリーブランド・ホプキンス国際空港に隣接する Lewis Field (約 140 万 m<sup>2</sup>、約 3,000 人勤務) をメインキャンパスとし、そこから車で西に 1 時間ほどの Sandusky にある Plum Brook Station (約 2600 万 m<sup>2</sup>、230 人勤務) の 2 つの研究施設で構成されている。エアブリージング推進、宇宙推進・極低温流体管理技術、宇宙物理学・生物学、通信技術開発、動力・エネルギー貯蔵変換、極限環境での構造・材料などの分野の研究開発を中核とし、2013 年の予算は約 6.8 億ドル、航空関係は約 2 割の 1.4 億ドル。各研究施設にある試験装置は、旧態然とした機器外観ではあるがシステムの維持管理がよくなされている印象を受けた。

##### オ Honda Aircraft Company 社訪問

ノースカロライナ州グリーンズボロのピードмонт・トライアッド国際空港に隣接する Honda Aircraft Company 社 (以下、「HAC 社」という。) を訪問、社長の藤野道格氏に面会し、事業概要および HondaJet の開発状況について聴取すると共に、同工場を実地調査した。

HAC 社は、航空機の開発・製造・販売を目的に 2006 年に設立、約 6 万 m<sup>2</sup> の敷地に、本社、研究開発センター、量産工場および本年 10 月開所のカスタマーサービスセンターで構成され、800 名以上が従事。飛行試験用 4 機と構造強度試験用 2 機を使用した認定試験は順調に進捗しており、6 号機による全機構造疲労試験は、納入までに機体寿命の 3 倍に相当する試験を完了させる予定で順調に進捗している。量産機も 6 機組立中であり、エンジン (HF120) の型式証明が本年末に得られることから、計画どおりの納入開始に自信を示した。

#### 4. 3 訪問先面会者一覧

##### <カナダ モントリオール地区>

###### ア Bombardier Aerospace 社

- Dr. Fassi Kafyeke ; Director – Strategic Technology / Senior Engineering Advisor

###### イ CAE 社

- Mr. Houssam Alaouie ; Portfolio Manager - R&D, Government Programs and Intellectual Property
- Dr. Irena Fürhoff ; Specialist – Research & Development and Intellectual Property, Chief Technology Office

###### ウ CRIAQ (Consortium for Research and Innovation in Aerospace in Quebec)

- Dr. André Bazergui ; Special Advisor to the President & CEO, CRIAQ
- Dr. Philippe Bocher ; Professor - Department of Mechanical Engineering, École de technologie supérieure (ETS)
- Mr. Martin Levesque ; Directeur - recherché et développement, Hutchinson

##### <米国 東部地区>

###### エ NASA Glenn Research Center (GRC)

- Mr. James M. Free ; Director - Glenn Research Center
  - Ms. Janet L. Watkins ; Associate Director - Glenn Research Center
  - Mr. David L. Stringer ; Director - Plum Brook Station
  - Ms. Brunilda DeJesús ; Executive Protocol Officer - Office of the Director
- 他

###### オ Honda Aircraft Company 社

- Mr. Michimasa Fujino (藤野道格氏) ; President & CEO
- Mr. Naofumi Tsuboyama (坪山尚史氏) ; Administration & Legal Coordinator

## 第5章 まとめ

### 5. 1 今後の調査課題

(1) 平成25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月の正式開発着手から3年で2,600機以上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し約1,800機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、787-8型機が平成23年10月に就航開始し生産レートも予定どおり引き上げられつつあることからその派生型機の787-9型機や787-10型機の開発動向、777X型機の開発動向、平成26年後半就航予定の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。

(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)
- ・二大メーカー以外による小型機、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、防水システム、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、CO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>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25年度調査のまとめ

当基金では、平成21年度下期から、外部の航空機等に関する専門家等から成る「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25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、北米地域航空産業の動向について、モントリオール、クリーブランド、グリーンズボローにて企業（Bombardier Aerospace、Honda Aircraft Company 等）・公的研究機関（NASA Glenn Research Center）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25年1月～平成25年12月）

資料番号	標 題
P2013D001	経済産業省 産業構造審議会 航空機宇宙産業分科会 航空機委員会（第12回～第14回）議事要旨（H25/2/7～4/19） ( <a href="http://www.meti.go.jp/committee/gizi_1/4.html">http://www.meti.go.jp/committee/gizi_1/4.html</a> )
P2013D002	経済産業省告示153号（H25/6/20付官報）
P2013D003	外務省 日仏共同声明（附属）－日仏間協力のためのロードマップ（2013-2018年）（H25/6/7） ( <a href="http://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000006139.pdf">http://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000006139.pdf</a> )
P2013D004	国土交通省 交通政策審議会 航空分科会 基本政策部会（第3回～第11回） （H25/2/26～11/18） ( <a href="http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s303_kihonseisaku.html">http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s303_kihonseisaku.html</a> )
P2013D005	国土交通省 交通政策審議会 航空分科会 基本政策部会 中間とりまとめ （H25/7/8） ( <a href="http://www.mlit.go.jp/common/001004201.pdf">http://www.mlit.go.jp/common/001004201.pdf</a> )
P2013D006	国土交通省 将来の航空交通システムに関する推進協議会（第3回）（H25/3/22） ( <a href="http://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr13_000006.html">http://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr13_000006.html</a> )
P2013D007	国土交通省 将来の航空交通システムの実現に向けたロードマップ2013 （以下の「将来の航空交通システムに関する推進協議会 平成24年度活動報告書」 のpp.42-47 <a href="http://www.mlit.go.jp/common/000993375.pdf">http://www.mlit.go.jp/common/000993375.pdf</a> )
P2013D008	国土交通省 日本・ミャンマー航空当局間協議の結果について(H25/10/25) ( <a href="http://www.mlit.go.jp/report/press/kouku03_hh_000219.html">http://www.mlit.go.jp/report/press/kouku03_hh_000219.html</a> )
P2013D009	文部科学省 科学技術・学術審議会 研究計画・評議分科会 航空科学技術委員会 ( <a href="http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/004/index.html">http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/004/index.html</a> )
P2013D010	文部科学省 航空科学技術に関する研究開発の推進のためのロードマップ（2013） ( <a href="http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/004/houkoku/1338016.htm">http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/004/houkoku/1338016.htm</a> )
P2013D011	内閣府 内閣官房長官談話（H25/3/1） ( <a href="http://www.kantei.go.jp/jp/tyokan/96_abe/20130301danwa.html">http://www.kantei.go.jp/jp/tyokan/96_abe/20130301danwa.html</a> )
P2013D012	外務省 日英間の防衛装備品等の共同開発等に係る枠組み及び情報保護協定の署名 （H25/7/4） ( <a href="http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/page11_000022.html">http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/page11_000022.html</a> )

**資料2** 関係団体の刊行物リスト（平成25年1月～平成25年12月）

資料番号	標 題
P2013D101	EU News 438/2013 (H25/10/16) ( <a href="http://www.euinjapan.jp/media/news/news2013/20131016/171039/">http://www.euinjapan.jp/media/news/news2013/20131016/171039/</a> )
P2013D102	航空機業界動向情報「航空機交通システムの近代化特集（平成25年度上期）」 IADF25 航企 0425 第1号
P2013D103	航空機業界動向情報「無人機システムの民間空域への統合特集（平成25年度下期）」 IADF25 航企 1025 第1号
P2013D104	IADF 航空機等に関する解説概要 25-1「航空機機体数値流体解析技術(CFD)に関する研究動向について～空力性能予測、空力騒音予測、EFD/CFD 融合について～」 ( <a href="http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H25_dokojyoho/25-1.pdf">http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H25_dokojyoho/25-1.pdf</a> )
P2013D105	IADF 航空機等に関する解説概要 25-2「航空機スマート構造と関連技術の動向～モーフィング構造とその要素技術を主体として～」 ( <a href="http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H25_dokojyoho/25-2.pdf">http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H25_dokojyoho/25-2.pdf</a> )
P2013D106	IADF 航空機等に関する解説概要 25-3「航空機エンジンへの複合材適用の動向と将来」 ( <a href="http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H25_dokojyoho/25-3.pdf">http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H25_dokojyoho/25-3.pdf</a> )
P2013D107	IADF 航空機等に関する解説概要 25-4「飛行機の安全と効率的な運用を支える仕組み～MRB と MEL について～」 ( <a href="http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H25_dokojyoho/25-4.pdf">http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H25_dokojyoho/25-4.pdf</a> )
P2013D108	IADF 航空機等に関する解説概要 25-5「MRO ビジネス（機体）～TAECO を例にして～」 ( <a href="http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H25_dokojyoho/25-5.pdf">http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H25_dokojyoho/25-5.pdf</a> )
P2013D109	IADF 航空機等に関する解説概要 25-6「民間エンジン MRO ビジネス」 ( <a href="http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H25_dokojyoho/25-6.pdf">http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H25_dokojyoho/25-6.pdf</a> )
P2013D110	IADF 航空機等に関する解説概要 25-7「ICAO が推進する次世代航空交通管理システム構想～世界規模の統一運用構想 ASBU について～」 ( <a href="http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H25_dokojyoho/25-7.pdf">http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H25_dokojyoho/25-7.pdf</a> )

**資料3** 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト (平成25年1月～平成25年12月)

資料番号	標	題
P2013D201	Boeing News Releases/Statements	(2014年1月6日)
P2013D202	Boeing News Releases/Statements	(2014年1月29日)
P2013D203	Airbus News and Events	(2014年1月13日)
P2013D204	The Seattle Times	(2014年1月13日)
P2013D205	The Flying Engineer	(2014年1月23日)
P2013D206	Airbus Orders & Deliveries	(2014年1月13日)
P2013D207	Boeing Orders and Deliveries Time Period Reports	(2014年1月29日)
P2013D208	Bombardier Press Release	(2014年1月20日)
P2013D209	Embraer Press Release	(2014年1月15日)
P2013D210	Boeing News Releases/Statement	(2013年10月31日)
P2013D211	Aviation Week	(2013年3月18日)
P2013D212	Speed News	(2013年4月20日)
P2013D213	Speed News	(2013年4月20日)
P2013D214	Aviation Week	(2013年7月18日)
P2013D215	The Seattle Times	(2014年01月09日)
P2013D216	Aviation Week	(2013年7月26日)
P2013D217	REUTERS	(2013年7月15日)
P2013D218	Seattle Times	(2014年1月8日)
P2013D219	Aviation Week	(2013年9月11日)
P2013D220	Flight global	(2013年9月17日)
P2013D221	Boeing Web Site	(2013年6月17~20日)
P2013D222	Flight global	(2013年4月24日)
P2013D223	Aviation Week	(2013年3月11日)
P2013D224	Leeham News and Comment	(2013年6月16日)
P2013D225	Aviation Week	(2013年9月19日)
P2013D226	Boeing News Releases/Statement	(2013年11月17日)
P2013D227	Flight global	(2013年11月18日)
P2013D228	Flight global	(2013年4月19日)
P2013D229	Flight global	(2013年10月18日)
P2013D230	Airbus News and Events	(2013年2月7日)
P2013D231	Bloomberg	(2013年10月21日)
P2013D232	Aviation Week	(2013年10月22日)
P2013D233	Aviation Week	(2013年7月29日)
P2013D234	Airbus News and Events	(2013年4月8日)
P2013D235	Flight global	(2014年1月13日)

資料番号	標	題
P2013D236	Aviation Week Paris Airshow Show News (2013年6月17日～20日)	
P2013D237	Airbus Press Release (2013年11月17日)	
P2013D238	Aviation Week (2013年9月25日)	
P2013D239	Reuters (2013年12月05日)	
P2013D240	Aviation Week (2013年7月31日)	
P2013D241	Aviation Week (2013年2月25日)	
P2013D242	Flight global (2013年9月13日)	
P2013D243	Aviation Week (2013年2月11日)	
P2013D244	Reuters (2014年1月16日)	
P2013D245	Aviation Week (2013年4月30日)	
P2013D246	Flight global (2013年8月7日)	
P2013D247	Aviation Week (2013年8月19日)	
P2013D248	Mitsubishi Regional Jet News (2013年8月22日)	
P2013D249	Mitsubishi Regional Jet News (2013年10月22日)	
P2013D250	Mitsubishi Regional Jet News (2013年10月22日)	
P2013D251	Aviation Week (2013年8月5日)	
P2013D252	Aviation Week (2013年8月5日)	
P2013D253	Flight global Pro (2013年12月27日)	
P2013D254	Flight global (2013年7月10日)	
P2013D255	Aviation Week (2013年11月19日)	
P2013D256	Flight 誌(2013年7月2～8日号、第13頁)	
P2013D257	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ JULY 1, 2013	
P2013D258	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ JUNE 24, 2013	
P2013D259	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ OCTOBER 28, 2013	
P2013D260	Flight International/ 1-7 October 2013	
P2013D261	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ SEPTEMBER 16, 2013	
P2013D262	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ JUNE 17, 2013	
P2013D263	Flight International/ 14-20 May 2013	
P2013D264	Flight International/ 2-8 July 2013	
P2013D265	Flight International/ 11-17 June 2013	
P2013D266	Flight International/ 8-14 October 2013	
P2013D267	Flight International/ 9-15 July 2013	
P2013D268	<a href="http://www.gehonda.com/company/news/general/13dec2013.html">http://www.gehonda.com/company/news/general/13dec2013.html</a>	
P2013D269	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ JULY 15, 2013	
P2013D270	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ AUGUST 5/12, 2013	
P2013D271	Flight International/ 12-18 February 2013	

資料番号	標 題
P2013D272	Flight International/ 4-10 June 2013
P2013D273	Flight International/ 13-19 August 2013
P2013D274	<a href="http://www.cfmaeroengines.com/">http://www.cfmaeroengines.com/</a>
P2013D275	<a href="http://www.geaviation.com/newengine/">http://www.geaviation.com/newengine/</a>
P2013D276	<a href="http://www.rolls-royce.com/civil/products/largeaircraft/trent_xwb/">http://www.rolls-royce.com/civil/products/largeaircraft/trent_xwb/</a>
P2013D277	<a href="http://www.pw.utc.com/Home">http://www.pw.utc.com/Home</a>
P2013D278	Boeing
P2013D279	ACARE 「Strategic Research & Innovation Agenda」 Vol.2, September 2012
P2013D280	AVSI 「WAIC_Overview_and_Application_Examples」 資料
P2013D281	AIAA Aero Science Meeting Presentation (2011年1月4-7日)
P2013D282	Performance Enhancement of a Vertical Tail Model with Sweeping Jet Actuators, AIAA Paper 2013-0411 (2013年1月7日)
P2013D283	Aviation Week (2013年4月22日)
P2013D284	Aviation Week (2013年11月14日)
P2013D285	Flightglobal (2013年2月28日)
P2013D286	Flightglobal (2013年8月6日)
P2013D287	Aviation Daily (2013年8月30日号)
P2013D288	Lufthansa Technik (2012年10月)
P2013D289	World Industrial Reporter (2013年2月20日)
P2013D290	Flightglobal (2013年9月9日)
P2013D291	DLR (2013年9月3日)
P2013D292	Hanse-Aerospace Bulletin (2013年2月)
P2013D293	Aviation Week (2013年5月6日)
P2013D294	ANS Website
P2013D295	Aviation Daily (2013年8月30日号)
P2013D296	GE Aviation Press Center (2013年5月24日)
P2013D297	Modern Machine Shop (2012年4月16日)
P2013D298	Boeing Research & Technology Presentation (2011年9月19日)
P2013D299	Popular Science (2013年7月8日)
P2013D300	Airbus News and Events (2011年10月24日)
P2013D301	Aviation Week (2013年7月29日)
P2013D302	Aviation Week (2013年11月11日)
P2013D303	Aviation Week (2013年5月6日)
P2013D304	Aviation Week (2013年5月6日)
P2013D305	Seattle Times (2013年8月15日)
P2013D306	Puget Sound Business Journal (2013年11月7日)

資料番号	標	題
P2013D307	Speednews	(2013年11月11日)
P2013D308	Aviation Week	(2013年10月28日)
P2013D309	EADS Press	(2013年12月5日)
P2013D310	Wichita Business Journal	(2013年12月6日)
P2013D311	Aviation Week	(2013年3月18日)
P2013D312	Flightglobal	(2013年6月18日)
P2013D313	Cnet.com	(2013年4月13日)
P2013D314	Los Angeles Times	(2013年5月3日)
P2013D315	National Public Radio	(2013年8月8日)
P2013D316	Mashable	(2013年8月6日)
P2013D317	AZoM	(2013年7月6日)
P2013D318	Aviation Week	(2013年10月14日)
P2013D319	Aviation Week	(2013年8月5日)
P2013D320	Aviation Week	(2013年9月30日)
P2013D321	Science Daily	(2013年11月6日)
P2013D322	Wichita Eagle	(2013年12月8日)
P2013D323	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/	JULY 22, 2013
P2013D324	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/	SEPTEMBER 16, 2013
P2013D325		
		<a href="http://www.rolls-royce.com/about/technology/research_programmes/gas_turbine_programme/s/sage.jsp">http://www.rolls-royce.com/about/technology/research_programmes/gas_turbine_programme/s/sage.jsp</a>
P2013D326	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/	JUNE 24, 2013
P2013D327		
		<a href="http://www.rolls-royce.com/paris_airshow/news_airshow/18062013_power_concept.jsp">http://www.rolls-royce.com/paris_airshow/news_airshow/18062013_power_concept.jsp</a>
P2013D328	Flightglobal	7 May 2013
P2013D329	Aviation Week	(2013年6月17日号)
P2013D330	Aviation Week	(2013年7月22日)
P2013D331	Aviation Week	(2013年9月16日)
P2013D332	Aviation Daily	(2013年9月9日号)
P2013D333	Aviation Daily	(2013年10月29日号)
P2013D334	Aviation Daily	(2013年5月9日)
P2013D335	Flight International	38~39頁 (2013年5月7~13日号)
P2013D336	JAXA 中期目標、中期計画	
		<a href="http://www.jaxa.jp/about/plan/index_j.html">http://www.jaxa.jp/about/plan/index_j.html</a>
P2013D337	JAXA 航空本部の事業方針・事業概要	<a href="http://www.aero.jaxa.jp/about/">http://www.aero.jaxa.jp/about/</a>

資料番号	標 題
P2013D338	JAXA 航空本部 航空環境技術の研究開発プログラム <a href="http://www.aero.jaxa.jp/research/ecat/ecowing/">http://www.aero.jaxa.jp/research/ecat/ecowing/</a>
P2013D339	NASA Whitepaper ; Aeronautics Research Strategic Vision <a href="http://www.nasa.gov/press/2013/august/nasa-announces-new-strategic-vision-for-aeronautics-research/">http://www.nasa.gov/press/2013/august/nasa-announces-new-strategic-vision-for-aeronautics-research/</a> <a href="http://www.nasa.gov/aero/strategic_vision/">http://www.nasa.gov/aero/strategic_vision/</a> <a href="http://www.aeronautics.nasa.gov/pdf/armd_strategic_vision_2013.pdf">http://www.aeronautics.nasa.gov/pdf/armd_strategic_vision_2013.pdf</a>
P2013D340	渡辺安ほか、JAXA における航空新分野創造（スカイフロンティア）プログラムの概要、第 51 回飛行機シンポジウム（2013 年 11 月 20-22 日）
P2013D341	スカイフロンティア（航空新分野創造）プログラム計画検討報告書（その 2）、宇宙航空研究開発機構特別資料 JAXA-SP-13-003（2013 年 10 月）
P2013D342	Shigeya Watanabe, Shigeru Kuchi-ishi, Takashi Aoyama, "A PROTOTYPE SYSTEM TOWARDS EFD/CFD INTEGRATION: DIGITAL/ANALOG-HYBRID WIND TUNNEL" ICAS 2010
P2013D343	JAXA 研究開発本部広報誌「空と宙」 No.52
P2013D344	Gianluca Iaccarino, "Quantification of Uncertainty in Flow Simulations Using Probabilistic Methods", VKI Lecture Series
P2013D345	Aeroweb.fr
P2013D346	<a href="http://www.aero.de/news-17718/Kuck-mal-was-da-rollt-.html">http://www.aero.de/news-17718/Kuck-mal-was-da-rollt-.html</a> 、EAA org
P2013D347	<a href="http://www.pilotinfo.cz/z-prumyslu/vyroba/rlp-cr-s-p-podporuje-zavadeni-leteckeho-elektrick-eho-pohonneho-systemu-wheeltug">http://www.pilotinfo.cz/z-prumyslu/vyroba/rlp-cr-s-p-podporuje-zavadeni-leteckeho-elektrick-eho-pohonneho-systemu-wheeltug</a>
P2013D348	<a href="http://www.mydriver.com.hk">www.mydriver.com.hk</a>
P2013D349	<a href="http://www.khi.co.jp/news/detail/c3061114-1.html">http://www.khi.co.jp/news/detail/c3061114-1.html</a>
P2013D350	DLR
P2013D351	<a href="http://nextbigfuture.com/2013/10/commercial-and-technical-feasibility-of.html">http://nextbigfuture.com/2013/10/commercial-and-technical-feasibility-of.html</a>
P2013D352	<a href="http://nextbigfuture.com/2013/10/commercial-and-technical-feasibility-of.html">http://nextbigfuture.com/2013/10/commercial-and-technical-feasibility-of.html</a>
P2013D353	AVSI 「WAIC_Overview_and_Application_Examples」
P2013D354	AVSI 「WAIC_Overview_and_Application_Examples」
P2013D355	ACP WG-F/29 WP12
P2013D356	<a href="http://www.aviationweek.com/Article.aspx?id=/article-xml/avd_06_11_2013_p01-02-586849.xml">http://www.aviationweek.com/Article.aspx?id=/article-xml/avd_06_11_2013_p01-02-586849.xml</a>
P2013D357	<a href="http://www.imdc.net">http://www.imdc.net</a> 、「An outlook for in-flight entertainment communications」
P2013D358	Lumexis、 <a href="http://www.lumexis.com">www.lumexis.com</a>

資料番号	標	題
P2013D359	JAXA	Flight Path 2013 Winter No.3
P2013D360	Thales Avionics,	「In-flight Investigation of LIDAR based Clear Air Turbulence Detection, DELICAT project - 5B2
P2013D361		<a href="http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2281186/The-revolutionary-new-design-airline-seats-make-economy-just-luxurious-class.html">http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2281186/The-revolutionary-new-design-airline-seats-make-economy-just-luxurious-class.html</a>
P2013D362	ATC Global,	<a href="http://www.atcglobalhub.com/">http://www.atcglobalhub.com/</a>
P2013D363	国土交通省、	将来の航空交通システムに関する推進協議会、 <a href="http://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr13_000006.html">http://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr13_000006.html</a>
P2013D364	独立行政法人電子航法研究所、	第3回 ATM/CNSに関する国際ワークショップ EIWAC2013、 <a href="http://www.enri.go.jp/eiwac/2013/jpn_2013.html">http://www.enri.go.jp/eiwac/2013/jpn_2013.html</a>
P2013D365	平成25年度（第13回）	電子航法研究所研究発表会、 <a href="http://www.enri.go.jp/report/hapichi/dkh13.htm">http://www.enri.go.jp/report/hapichi/dkh13.htm</a>
P2013D366	電子航法研究所	講演会、 <a href="http://www.enri.go.jp/news/osirase/osirase_kouenkai.htm">http://www.enri.go.jp/news/osirase/osirase_kouenkai.htm</a>
P2013D367	一般社団法人日本航空宇宙学会	第44期年会講演会、 <a href="http://www.jsass.or.jp/web/annai/content0196.html">http://www.jsass.or.jp/web/annai/content0196.html</a>
P2013D368	第51回 飛行機シンポジウム、	<a href="http://www.jsass.or.jp/dsgncom/index_51.htm">http://www.jsass.or.jp/dsgncom/index_51.htm</a> JSASS-2013-5043.
P2013D369	JAXA 事業計画、	<a href="http://www.jaxa.jp/about/plan/index_j.html">http://www.jaxa.jp/about/plan/index_j.html</a>
P2013D370	文部科学省、航空科学技術委員会、	<a href="http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/004/index.html">http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/004/index.html</a>
P2013D371	町田茂 他、	乱気流遭遇時の航空機事故防止技術実証への取組み、第51回飛行機シンポジウム講演集、JSASS-2013-5043.
P2013D372	Cir 328 AN/190 Unmanned Aircraft Systems (UAS), ICAO	( <a href="http://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_en.pdf">http://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_en.pdf</a> )
P2013D373	2013–2028 Global Air Navigation Capacity & Efficiency Plan, Draft, ICAO	( <a href="http://www.icao.int/Meetings/anconf12/Documents/Draft%20Doc%209750.GA.NP.en.pdf">http://www.icao.int/Meetings/anconf12/Documents/Draft%20Doc%209750.GA.NP.en.pdf</a> )
P2013D374	Unmanned Aircraft Systems (UAS) and the FAA Modernization and Reform Act of 2012, Richard Prosek UAS Integration Office (AFS-80), August 9, 2012.	
P2013D375	FAA Integration of Civil Unmanned Aircraft Systems (UAS) in the National Airspace System (NAS) Roadmap, First Edition-2013	( <a href="http://www.faa.gov/about/initiatives/uas/media/uas_roadmap_2013.pdf">http://www.faa.gov/about/initiatives/uas/media/uas_roadmap_2013.pdf</a> )

資料番号	標 題
P2013D376	Press Release – FAA Selects Unmanned Aircraft Systems Research and Test Site( <a href="http://www.faa.gov/news/press_releases/news_story.cfm?newsid=15576">http://www.faa.gov/news/press_releases/news_story.cfm?newsid=15576</a> )
P2013D377	<a href="http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/aerospace/uas/index_en.htm">http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/aerospace/uas/index_en.htm</a>
P2013D378	Roadmap for the integration of civil Remotely-Piloted Aircraft Systems into the European Aviation System, Final report from the European RPAS Steering Group, JUNE 2013 ( <a href="http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/aerospace/files/rpas-roadmap_en.pdf">http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/aerospace/files/rpas-roadmap_en.pdf</a> )
P2013D379	Steering the safe integration of RPAS, SESAR ( <a href="http://www.sesarju.eu/node/1627">http://www.sesarju.eu/node/1627</a> )
P2013D380	Debra Randall (NASA), UAS Integration in the NAS Project; Project Overview, presented at AUVSI's Unmanned Systems 2013.
P2013D381	Eric Mueller (NASA), UAS Integration in the NAS Project; SSI Subproject Overview, presented at AUVSI's Unmanned Systems 2013.
P2013D382	Jay Shively (NASA), UAS Integration in the NAS; Human Systems Integration, presented at AUVSI's Unmanned Systems 2013.
P2013D383	Jim Griner (NASA), UAS Integration in the NAS Project; Communication Subproject Overview, presented at AUVSI's Unmanned Systems 2013.
P2013D384	Kelly Hayhurst (NASA), UAS Integration in the NAS Project; Certification Subproject Overview, presented at AUVSI's Unmanned Systems 2013.
P2013D385	張替正敏ほか、無人航空機の運航技術における課題と展望、第 51 回飛行機シンポジウム パネル講演 (2013 年 11 月 22 日)
P2013D386	第 53 回 航空原動機・宇宙推進講演会プログラム <a href="http://www.jsass.or.jp/propcom/ap53/resources/program53_advanced.pdf">http://www.jsass.or.jp/propcom/ap53/resources/program53_advanced.pdf</a>
P2013D387	日本航空宇宙学会 第 44 期年会講演会プログラム <a href="http://www.jsass.or.jp/web/modules/wordpress/attach/pro_0304A.pdf">http://www.jsass.or.jp/web/modules/wordpress/attach/pro_0304A.pdf</a>
P2013D388	JAXA 航空シンポジウム 2013 プログラム <a href="http://www.aero.jaxa.jp/publication/event/pdf/event130628.pdf">http://www.aero.jaxa.jp/publication/event/pdf/event130628.pdf</a>
P2013D389	第 45 回流体力学講演会／航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム 2013 プログラム <a href="http://www.jsass.or.jp/aerocom/ryu/ryu45/45program-ver20130612.pdf">http://www.jsass.or.jp/aerocom/ryu/ryu45/45program-ver20130612.pdf</a>
P2013D390	第 55 回構造強度に関する講演会プログラム <a href="http://www.jsass.or.jp/strcom/strcom45/55programv1.pdf">http://www.jsass.or.jp/strcom/strcom45/55programv1.pdf</a>
P2013D391	第 51 回 飛行機シンポジウム <a href="http://www.jsass.or.jp/dsgncom/index_51.files/2013_program(251111).pdf">http://www.jsass.or.jp/dsgncom/index_51.files/2013_program(251111).pdf</a>
P2013D392	APISAT2013 program <a href="http://www.jsass.or.jp/apisat2013/APISAT-2013-Final_Program.pdf">http://www.jsass.or.jp/apisat2013/APISAT-2013-Final_Program.pdf</a>

---

資料番号	標	題
P2013D393	Proceedings of 51st AIAA Aerospace Sciences Meeting including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition	<a href="http://arc.aiaa.org/doi/book/10.2514/MASM13">http://arc.aiaa.org/doi/book/10.2514/MASM13</a>
P2013D394	Proceedings of 19th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference	<a href="http://arc.aiaa.org/doi/book/10.2514/MAERO13">http://arc.aiaa.org/doi/book/10.2514/MAERO13</a>
P2013D395	Proceedings of 54th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference	<a href="http://arc.aiaa.org/doi/book/10.2514/MSDM13">http://arc.aiaa.org/doi/book/10.2514/MSDM13</a>
P2013D396	Proceedings of 2013 Aviation Technology, Integration, and Operations Conference	<a href="http://arc.aiaa.org/doi/book/10.2514/matio13">http://arc.aiaa.org/doi/book/10.2514/matio13</a>
P2013D397		<a href="http://www.manitoba-aerospace.mb.ca/pdfs2/fassi_kafyeke_bombardier.pdf">http://www.manitoba-aerospace.mb.ca/pdfs2/fassi_kafyeke_bombardier.pdf</a>
P2013D398		<a href="http://www.bciaerospace.com/toulouse/images/stories/forum/pdf_kafyeke_fassi.pdf">http://www.bciaerospace.com/toulouse/images/stories/forum/pdf_kafyeke_fassi.pdf</a>
P2013D399		<a href="http://jp.hondajet.honda.com/gallery-and-downloads/#8">http://jp.hondajet.honda.com/gallery-and-downloads/#8</a> <a href="http://www.honda.co.jp/news/2013/c131022.html">http://www.honda.co.jp/news/2013/c131022.html</a>
P2013D400		<a href="http://www.honda.co.jp/news/2013/c130521.html">http://www.honda.co.jp/news/2013/c130521.html</a>
P2013D401		<a href="http://www.honda.co.jp/news/2013/c131216.html">http://www.honda.co.jp/news/2013/c131216.html</a>

---