

28航企0324第1号

平成28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28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28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29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 藤 廣 士

平成28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 ものづくり革新事業センター 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 研究領域主幹
事務局	飛田 聰 佐々木 秀朗 横倉 修一 久留 和彦	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 (H28. 10. 31 迄) 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 (H28. 11. 1～) 企画調査部部長代理 (H28. 10. 31 迄) 企画調査部部長代理 (H28. 11. 1～)

平成28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	14
2. 3. 3	装備品関係	21
2. 3. 4	航空システム・航空管制関係	25
2. 3. 5	無人機・飛行制御関係	28
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	33
3. 1. 1	平成28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）	33
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	国内学会等における研究開発動向	36
3. 2. 2	国際学会等における研究開発動向	41
第4章	平成28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	50
第5章	まとめ	
5. 1	今後の調査課題	52
5. 2	平成28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28年1月～平成28年12月）
- 資料2 関係団体の刊行物リスト（平成28年1月～平成28年12月）
- 資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト（平成28年1月～平成28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28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28年度の調査対象期間は、主として平成28年1月1日から平成28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を含む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 Tier 1 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。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 航空機産業戦略策定以降の取組について

平成28年は、重工メーカー、装備品メーカー、エアライン等が一堂に会する「航空機産業戦略研究会」を5月から7月までの間に4回開催し、これらを踏まえて産業構造審議会製造産業分科会「航空機宇宙産業小委員会」が12月26日に開催された。議題は、「今後の我が国航空機産業政策の進むべき方向性について」と「次世代中小型航空機エンジン事業について」の2点で、経済産業省のホームページに議事要旨が公開されている（http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/seizou/airplane_space/001_giji.html）。

会議の中で、製造産業局が提示した資料⁽¹⁾によれば、今後の発展に向けた提言が以下の骨子で述べられている。

完成機事業の競争が激化する中、機体 OEM(Original Equipment Manufacturer)の価格競争に勝ち抜き、将来の完成機事業に向けた” Readiness” を高めるため、完成機事業の遂行にあたり重要な要素を伸ばすことが重要である。それらは、

- ①巨額の開発資金・長期回収期間にも耐えうる企業体力
- ②グローバル人材の活用
- ③市場の潜在・顕在ニーズに応える解決策の提案力
- ④国際ルール及び認証制度等への対応力
- ⑤国内外のサプライチェーン構築力

装備品市場の寡占化が進む中、機体 OEM・航空会社から新規参入者を囑望する声に

応え、かつ国際競争力のある国内 Tier1 を育成するため、装備品事業の新規参画及び Tier 地位向上にあたり重要な要素を伸ばすことが重要である。それらは、

- ①巨額の開発資金、長期回収期間にも耐えうる企業体力
- ②OEM・航空会社のニーズに応える製品の企画提案・開発力
- ③装備品分野特有の認証プロセスへの対応力
- ④高度な生産技術により生み出される価格競争力
- ⑤国内外におけるカスタマーサポート体制の構築力

装備品分野の競争力強化と製造プロセスの改善のため、次のアクションプランを発動する。

- ・装備品分野の連携可能性について、製品分野ごとに実務レベルで検討を行う場を設置。重工メーカー・一般財団法人日本航空機開発協会(JADC)が提唱する「魅力的な航空機」も参考とする。
- ・日本の強みを活かす自動車産業等との連携を追求し、海外大手メーカーと協調・折衝するためのオールジャパン体制の強化を目指す。
- ・高品質・高信頼性を前提とした価格競争力を向上させるため、自動車産業等の「カイゼン」の先進事例を航空機産業に適用させるために必要な取組を議論。
- ・完成機の量産体制を整えるため、生産・物流両面においてサプライチェーン・マネジメントの抜本的改革を行う。

イ 日仏／日欧航空機産業の関係深掘り⁽²⁾

日欧航空機産業の関係深掘り；平成 28 年 6 月、ベルリン市内のドイツ航空宇宙センター(DLR : Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt)研究本部で、SUNJET II (Sustainable Network for Japan-Europe aerospace Research and Technology Cooperation) の今後の進め方を決める会議が持たれ、日本からは JADC、一般社団法人日本航空宇宙工業会(SJAC)、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)、東大、経済産業省(METI)航空機武器宇宙産業課、オブザーバー3 社が参加した。

その中で、平成 28 年 3 月末に提案された 11 件のテーマを日欧両政府で検討し、2016 年国際航空宇宙展(JA2016)に合わせて、10 月に東京で同規模のプロジェクト会議を経て、平成 29 年度中に契約を取り交わし、平成 30 年から実研究をスタートさせる方針が示された。

なお、METI とフランスの民間航空総局(DGAC)の第 4 回日仏民間航空機産業協力に関するワークショップが、11 月 9 日、パリの DGAC 本部で開催され、日仏間で起業や団体の協力関係、交流を深めるプレゼンテーションが行われた⁽³⁾。

(2) 国土交通省

ア 交通政策審議会 航空分科会 基本政策部会等取り纏めを踏まえた展開

交通政策審議会航空分科会基本政策部会においては、平成 24 年 10 月 23 日の設置以

降、計 15 回に渡り、今後の航空のあり方についての審議を重ね、平成 26 年 6 月に「新時代の航空システムのあり方～世界のダイナミズムへの扉を開き、日本の明日を育む航空システム～」が公表された。http://www.mlit.go.jp/report/press/kouku19_hh_000046.html

一方、技術・安全部会では、国際民間航空機関（ICAO）の「State Safety Programme（SSP）」導入国際標準制定を受けて、平成 25 年に国土交通省航空局が主導して、民間航空を監督する者として、民間航空の安全のために自らが講ずべき対策等を網羅的に規定する規程として「航空安全プログラム」を策定した。そして、平成 26 年 7 月から航空安全情報自発報告制度（VOICES : Voluntary Information Contributory to Enhancement of the Safety）をスタートさせた。

平成 27 年 4 月には平成 27 年度航空安全プログラム実施計画を策定し、VOICES を定着させるべく、第三者機関である ATEC に運営を委ね、吸い上げられた報告を集約し航空局安全部安全企画課に対して提言が行われるようになった。平成 28 年度は 11 月現在 229 件の報告が上がっており、平成 27 年度の 11 月時点の約 160 件を大きく上回り、VOICES の活性化が進んでいることがうかがえる⁽⁵⁾⁽¹¹⁾。

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」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（CARATS : Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems）に関する長期ビジョン」が平成 22 年 9 月に公表され、実施フェーズ 5 年目を迎えた。

平成 28 年 3 月に行われた「第 6 回将来の航空交通システムに関する推進協議会」では、今年度の活動案として以下が揚げられた⁽⁶⁾。

- ①ICAO の Aviation System Block Upgrades の分析
- ②指標に係るデータの評価分析
- ③Mini Demonstration II の実施
- ④航空分野関係者の増加に向けた取組の実施

ウ オープンスカイ交渉の進展

平成 26 年にオーストリアが加わって計 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%）との間で合意された。

その後、スペイン、ポーランドと協定が結ばれ、平成 28 年 5 月 26 日にはカンボジアの間で「オープンスカイ協定」が発効し、カンボジアは記念すべき 30 番目の国および地域になった⁽⁷⁾。

（3）文部科学省「戦略的次世代航空機研究開発ビジョン」を踏まえた展開

文部科学省は、平成 28 年 11 月 10 日に第 52 回航空科学技術委員会を開催し、平成 29 年度の次世代航空学術の研究開発概算要求を審議し取り纏めた⁽⁸⁾。

概算要求として、2040年に我が国の航空機産業の世界シェア 20%達成を目指して、以下の目標を設定し、研究開発を進めることとした。

＜2025年までに達成すべき目標＞

航空機事故の 25%を低減する安全性の実現

騒音を 1/10 に低減する環境適合性の実現

燃費半減による画期的な経済性の実現

関係する主なプロジェクトは、

JAXA で進めている WEATHER-Eye コンソーシアム関連研究

- ・雪氷、雷、火山灰、乱気流に対する気象影響防御技術の開発

- ・特殊気象の検知・回避技術の開発

- ・危機管理などのヒューマン・ファクターによる防御技術の開発

同じく JAXA で進めている FQUROH 及び aFJR プロジェクト関連研究

であり、総額 27 億 4300 万円が計上されている。

（４）「防衛装備移転三原則」について

平成 26 年 4 月に防衛装備移転三原則の運用指針が国家安全保障会議で決定され、防衛装備の海外移転の許可が検討され実施されてきた。運用指針 5.（１）項に基づき、経済産業省が、平成 26 年度の状況は「防衛装備の海外移転の許可の状況に関する年次報告書（平成 27 年 10 月）」^⑨に、平成 27 年度は「防衛装備の海外移転の許可の状況に関する年次報告書（平成 28 年 8 月）」^⑩に報告を取り纏めている。

一方、昨年 10 月に開催された JA2016 では、防衛装備庁をはじめとする装備品メーカーのブースにおいて、従来の JA には見られなかった、タービン・エンジンや飛行艇、無人機等、具体的な可能性を模索する明示的・積極的な展示・宣伝が見られた。

[2. 2 項 出典（１）、（５）、（６）、（７）、（８）、（９）、（１０）：

各、資料 1 の P2016D001～P2016D007 参照]

[同 出典（２）、（３）：各、資料 2 の P2016D101～P2016D102 参照]

[同 出典（１１）：資料 2 の P2016D103 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 民間航空機等に関する市場の主要動向

2015年の実績と比較し、2016年のAirbus社とBoeing社の純受注数は、それぞれ約350機及び約100機減少し、両社の合計純受注数は1,399機となった（2015年：Airbus社1,080機、Boeing社768機）。納入機数は、Airbus社が約50機増加した一方、Boeing社はわずかに減少した。

Bombardier社は、CSeriesの純受注数が大幅に増加すると共に2016年から納入が開始された。Embraer社およびATR社の純受注数は2015年と比べて大幅に減少した（2015年：Embraer社183機、ATR社76機）。

表 2.3.1.1-1 各メーカーにおける2016年純受注数⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾

		Airbus	Boeing	Bombardier	Embraer	ATR
Net Orders	Very Large	0	17	–	–	–
	Twin Aisle	124	101	–	–	–
	Single Aisle	607	550	117	–	–
	Regional Jet	–	–	19	45	–
	Turboprop	–	–	25	–	36
	合計	731	668	161	45	36

表 2.3.1.1-2 各メーカーにおける2016年出荷数⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾

		Airbus	Boeing	Bombardier	Embraer	ATR
Deliveries	Very Large	28	9	–	–	–
	Twin Aisle	115	249	–	–	–
	Single Aisle	545	490	7	–	–
	Regional Jet	–	–	46	108	–
	Turboprop	–	–	33	–	80
	合計	688	748	86	108	80

※Bombardier社とEmbraer社は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
Twin Aisle	Very Large	A380	747	n/a	n/a	n/a
	Large Twin Aisle	A350-1000	777 777X	n/a	n/a	n/a
	Midsize 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

2016 年 12 月、国際航空運送協会（IATA）は世界の航空会社の 2016 年総利益の予測を 2016 年 6 月発表の 394 億ドルから、GDP 成長率の低下と燃料費の高騰を要因に、356 億ドルに下方修正。そのうち北米の航空会社の純利益が、203 億ドルと過半数を占める。更に、燃料費高騰と旅客数の伸び率低下から、2017 年の総利益は 298 億ドルに下落すると予測⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

2. 3. 1. 2 Boeing 社の動向

(1) Boeing 社

2016 年 11 月 28 日、WTO は米ワシントン州による Boeing 社への 777X プログラムに対する減税措置を協定違反と判じたが、それ以外の 6 件の Airbus の訴えは退けた。Boeing 社は、協定違反と裁定された減税措置も、反論により退けることが可能と述べている⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

(2) Boeing 737 MAX

2016 年 4 月 21 日、Boeing 社は A320 や CSeries との競争をかわすため、販売が低迷している 737Max7 の座席数を現行の 126 席から 150 席に拡大修正する事を正式に検討中。Southwest 航空と United 航空が興味を示していると報じられた⁽⁹⁾。

2016 年 7 月 11 日、Boeing 社は Farnborough Air Show にて、737Max7 の胴体を延長して座席を 2 列増設し、737-700 から最大 12 席増やすことを発表。同機は、2019 年第 2 四半期の納入を予定している⁽¹⁰⁾。

(3) Boeing 787

Boeing 社は、2016 年 12 月 8 日にサウスカロライナ州ノースチャールストンの工場 で 787-10 の最終組立を開始したと発表。787-10 は 2017 年に初飛行、2018 年に初納入を予定している⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。

(4) Boeing 777 後継機（777X）

777X プログラムの関係者は、777X の EIS を 2020 年から 2019 年後半に早めることを明らかにした。Boeing 社は、GE 社 GE9X エンジンと機体の TC 取得プランを 2019 年 12 月の EIS を目標に開発を進める計画を立てているとのこと⁽¹³⁾。

Boeing 社は 2016 年 5 月 20 日、ワシントン州エバレットで建設を進めてきた次世代大型機 777X の複合材主翼の製造施設「コンポジット・ウイング・センター(CWC)」が完成したと発表。建設費用は\$1B(約 1068 億 7000 万円)以上であり、複合材を積層した後高温高圧で焼き固めるオートクレーブが 3 基設置された。オートクレーブは、737 型機 2 機分の胴体が収まる世界最大のものになる⁽¹⁴⁾。

(5) Boeing 747-8

2016年7月27日、Boeing社は今後747-8の受注が見込めない場合、製造中止を検討する事をSEC(米国証券取引委員会)への提出書類に示した。航空貨物需要の低迷による貨物型の受注減に加え、低燃費の双発大型機の台頭により、4発機である747-8の受注は減少しており、9月からは月産0.5機となる⁽¹⁵⁾。

Boeing社はA380との市場競争において、777-9の胴体延長型である777-10X（座席4列増、450席）をA380の最大顧客であるEmirates等に提案。EISは2020年を予定⁽¹⁶⁾。777-8X/-9X用のGE9Xは推力102,000~105,000lbで認証取得の予定であり、777-10Xにも十分対応可能と見られている⁽¹⁷⁾。

2. 3. 1. 3 Airbus社の動向

2016年9月22日に、WTOは、EUによるAirbus社への補助金がBoeing社の輸出機会の縮小につながったとして、Airbus社への補助金に対する米国の主張を大方認めた。主な補助金として、開発・工場用地のリース・拡張滑走路の独占使用に対する補助金が挙げられる。Airbus社は、補助金はWTOのルールを逸脱していないと反論すると述べている⁽¹⁸⁾。

(1) Airbus A320

初めてA320/A321を旅客機から貨物機へ改修するP2Fプログラムは、今後数週間以内に最終設計審査を開始する見込み。A320改修型貨物機の耐空性証明取得は2017年6月、A321改修型は2017年末の予定である。改修プログラムの一環として、メインデッキに貨物扉、Class E貨物室内装、9G障壁^{※1}、及び手動貨物積込装置を装備する。A320/A321の貨物機は、他のNarrowbody貨物機と比べ、床下貨物室にもコンテナ式貨物を積載できることが主な特長である⁽¹⁹⁾。

2016年4月25日、エアバス社は米モバイルにあるSingle-aisle機組立ラインの初号機となるA321をJetBlue航空に引き渡した⁽²⁰⁾。2016年5月17日には二号機をAmerican航空に納入。エアバス社として米国初となるモバイルの組立施設は2015年9月より稼働しており、2017年末には月産4機の組立レートを想定するとのこと⁽²¹⁾。

※1 9G障壁：貨物と運航乗務員の間に必要なネット。急激な減速等による貨物の乗務員エリアへの侵入を防止する。

(2) Airbus A320neo

【機体開発について】

CFM社は4月2日、LEAP-1Aエンジン搭載型A320neoの顧客向け初号機に搭載されるエンジンをエアバスに納入。同エンジン搭載のA320neoは、2016年半ばに航空会

社に納入される予定⁽²²⁾。

2016年3月9日、Airbus社はPW1100Gを搭載したA321neoの独ハンブルグ組立工場から仏トゥールーズへの初飛行に成功した⁽²³⁾。

2016年7月22日、Airbus社は今回が初納入となるLEAP-1Aエンジン搭載型A320neoをトルコのペガサス航空に納入⁽²⁴⁾。

【P&W エンジン問題】

2016年2月12日、P&W社は、A320neoに搭載するPW1100Gエンジンのスタートアップ時間の問題を4月までに解消すると発表。PW1100Gエンジンは、スタートアップ時間が従来のターボファンエンジンより2~4分程度長く必要。原因は主にソフトウェアの問題であるが、一部の初期に製造されたエンジンは、部品交換も要する⁽²⁵⁾。

2016年4月17日、Lufthansa社は、A320neoのPW1100Gエンジンのスタートアップ時間に係る課題が解決されるまで、A320neoの受領を延期すると発表。4月中旬時点で、ソフトウェア問題の約半分が解決しており、さらに約24台分の初期バッチのエンジンはハードウェアの交換も必要⁽²⁶⁾。Airbus社は、2016年中旬までに信頼性の高いPW1100G搭載A320neoの納入を目指している。

2016年12月15日に、A321neoのPratt & Whitney PW1100G-JMエンジン搭載型が、EASAとFAAの型式証明を取得。CFM社製LEAP-1Aエンジン搭載型A321neoは、今後数カ月以内に取得する見込み⁽²⁷⁾。

(3) Airbus A330

Airbus社は、中東エアラインのSaudia社に納入するA330-300 Regionalの最終組立を開始した。A330-300 Regionalは、通常のA330より200tに軽量化し、最大3,000nmの短中距離路線での運航を想定しており、座席数を最大400席としている⁽²⁸⁾。

(4) Airbus A350XWB

Airbus社は、A350-900の最大離陸重量をA350-900ULRと同じ280トンに引き上げた航続距離延長型を提供する予定。今回計画されている機体は、A350-900ULRに施される燃料システム改善がなされないため、従来のA350-900より500nm長い8,100nmの航続距離に止まるが、空力性能とエンジン性能の改善により燃費が2%向上する。Airbus社は既に268トン、272トン、275トンのA350-900を提供しており、新しい280トン型は2020年から出荷予定⁽²⁹⁾。

Airbus社はA350-1000初号機について、ロールアウトの日程は決まっていないが、構造組立が完了しており、今年中に初飛行すると発表した。A350-900のストレッチ型であるA350-1000は、増強されたTrent XWB-97エンジンを装備し、主脚は4輪から6輪ボギーとなった⁽³⁰⁾。

2016年5月31日、Airbus社はA350ファミリーの短胴型(A350-800)の開発中止

を発表。A350 ファミリーの 4 月末における受注機数 798 機のうち、A350-800 の受注機数は 16 機のみであり、A350-900 と A350-1000 で Boeing 社 777 シリーズからの長距離国際線向け機材の市場シェア奪取に狙いを絞るとのこと。A350-800 を発注した顧客に対しては、A350-800 と同クラスの A330-900neo や大きさの近い A350-900 への変更を提案する予定⁽³¹⁾。

2016 年 11 月 24 日、A350-1000 初号機は、仏トゥールーズにて 4 時間 18 分の初飛行に成功した⁽³²⁾。Airbus 社は、2017 年後半の初納入に向けて、3 機体制で 1 年間の飛行試験プログラムを行う計画。A350-1000 の受注機数は現在約 200 機⁽³³⁾。

(5) Airbus A380

Airbus 社は、2018 年から A380 の生産レートを現在の約半分にあたる年間 12 機に減産することを発表。レートダウンは受注の停滞に対する処置と見られる⁽³⁴⁾。

Airbus 社は、A380 の座席数増加を目的とした複数の客室仕様変更を検討している。前方・後方階段の設計変更、2 階の窓側収納ビン除去、11 列エコノミーと 9 列プレミアム・エコノミーの採用、Combined crew rest の採用により計 77 席を増加できる⁽³⁵⁾。

2. 3. 1. 4 その他各社の動向

(1) Embraer E-Jet E2

Embraer 社は 2016 年 4 月 4 日に E190-E2 に搭載した Pratt & Whitney 社製 PW1900G エンジンを初めて始動したと発表した。E190-E2 試験機は今年の後半から飛行試験を開始し、2018 年に就航する予定⁽³⁶⁾。

Embraer 社は 2016 年 5 月 23 日、当初今年下半期に予定していた E190-E2 の初飛行を実施した。3 時間 20 分の飛行に成功し、高度 41,000ft、マッハ 0.82 に達した。初飛行では主脚と前脚の格納、フラップの操作も行った。エンブラエル社は、E190-E2 飛行試験機を 4 機製造する予定である⁽³⁷⁾。

(2) Bombardier CSeries

2016 年 6 月 16 日、Bombardier 社は CS100 の FAA/EASA からの型式証明取得を発表⁽³⁸⁾。2016 年 6 月 29 日にローンチカスタマーである Swiss 航空へ CS100 初号機を納入。EIS は 7 月 15 日を予定している⁽³⁹⁾⁽⁴⁰⁾。

2016 年 10 月 7 日、Bombardier 社は EASA から CS300 の型式証明を取得⁽⁴¹⁾。

2016 年 11 月 28 日、Bombardier 社は CS300 の 1 号機をエア・バルティック社へ納入。同機は 2016 年 12 月 14 日にリガ発アムステルダム行きで初運行を予定している⁽⁴²⁾。

2016 年 11 月 28 日に、Bombardier 社は CS300 のローンチオペレーターであるエア・バルティック社に初号機を引き渡した。エア・バルティック社は 12 月 14 日から、リガとアムステルダムの間で運航開始した⁽⁴³⁾。

【助成金問題】

Bombardier 社は 2016 年 6 月 30 日, 2015 年 10 月に Bombardier 社への約 10 億ドルの投資を発表したケベック政府から最初の CSeries 救済金 5 億ドルを受領。残りの 5 億ドルは 9 月末に支払われる予定⁽⁴⁴⁾。ブラジルの外務大臣は, この救済金はライバルである Embraer 社に不利益を与えるとして, 公で初めてカナダを WTO に訴える可能性を示した⁽⁴⁵⁾。

2016 年 12 月 19 日に, ブラジル外務省は, カナダ政府による Bombardier 社への補助に関して WTO に正式に訴えることを表明。対象となるのは, ケベック政府が Bombardier 社の鉄道部門及び CSeries プログラムに投資した 25 億ドルを含む, 40 億ドル以上の補助金。Bombardier 社は現在, 更にカナダ連邦政府による 10 億ドルの投資について交渉中である⁽⁴⁶⁾。

(3) COMAC C919

Comac 社は, 中国民用航空局 (CAAC) 経由, 欧州航空安全機関 (EASA) に C919 の型式証明申請を提出した。Comac 社によると, 2016 年末に予定していた初飛行は, 2017 年の前半にずれ込む見込みであると述べている⁽⁴⁷⁾。

CFM International 社は, Comac C919 に搭載される Leap-1C エンジンの型式証明を, 2016 年 12 月 21 日に EASA 及び FAA から取得したと発表⁽⁴⁸⁾。

(4) COMAC ARJ21

成都航空は 2016 年 6 月 28 日に, ARJ21 初号機の運用を開始。初運航は成都から上海の約 2 時間であった。現時点では ARJ21 初号機を北京, 西安, 武漢, 深圳, 上海等, 短距離国内路線で運用する方針⁽⁴⁹⁾。

Comac 社は, 2017 年完了を目途に ARJ21 を下記の通り改善予定⁽⁵⁰⁾。

機内騒音を低減

- ・ 警戒システムの単純化
- ・ 乗務員 対処/警告システムの装備
- ・ 扉の与圧問題解決
- ・ 豪雨(滑走路上的水が 3mm 以上)の中でも安全に運航できるように, エンジンによる水の吸込みを防止
- ・ 重量削減
- ・ 空力抵抗の低減

(5) Irkut MC-21

Pratt & Whitney 社は, A320neo の PW1100G エンジンのクールダウン時間短縮の

ためになされた改善を、MC-21 の PW1400G エンジンにも適用する。PW1400G と PW1100G はナセルや発電機が異なるが、エンジンの内部機構はほぼ同一である。具体的には、エンジンのソフトを更新し、シャフトベアリングの剛性を上げる。

Irkut 社は 6 月 8 日に、MC-21-300 初号機をロールアウトした。MC-21 は、Pratt & Whitney 社製の最新型エンジンの搭載オプションや Single-Aisle クラスで最大の胴体幅と最低の胴体与圧高度、Out-of-autoclave 製法による複合材主翼、高度な組立自動化などといった最新技術を多く盛り込む。現時点では Airbus 社と Boeing 社が支配する Single-Aisle 市場の僅かな一部に当たる 175 機の確定受注をロシアや中東の航空会社から集めている。MC-21 ファミリーは現在 2 機種ローンチされているが、将来的には 240 席クラス (MC-21-400) のローンチを目標として掲げている。

(6) Mitsubishi Aircraft MRJ

2016 年 4 月 26 日、三菱航空機は 2 号機の走行・飛行試験に向けてエンジン試験の段階に移行した事を発表。2 号機は、5 月より走行・飛行試験に移行する予定。1 号機は、飛行試験の初期フェーズを完了し、5 月中旬まで計画改修に入り、試験に必要な計測計器の搭載を行う⁽⁵¹⁾。

2016 年 5 月 31 日、三菱航空機は 2 号機の初飛行を実施。130 分間の飛行に成功し、太平洋上空 27,500ft へ向かい、最高速度 250kt にて、基本的な飛行特性を確認した⁽⁵²⁾。

三菱航空機は 2016 年 8 月 27 日に、モーゼスレイクにある飛行試験場に向けた 1 号機のフェリー飛行を実施したが、空調システムのセンサに異常が発生し、1 号機は飛行開始から 63 分で引き返した。センサを交換し、8 月 28 日にフェリー飛行を試みたが、空調システムの不具合により再び引き返す結果となった。不具合を解消し次第、フェリー飛行の日程を決定する⁽⁵³⁾。

MRJ の 1 号機が、現地時間 9 月 28 日にモーゼスレイクにあるグラント郡国際空港に到着。飛行距離は約 8,300km で、飛行高度は 27,000ft、巡航速度は M0.55 に達し、総飛行時間は 13 時間 8 分であった⁽⁵⁴⁾。

MRJ 飛行試験 4 号機が現地時間 11 月 18 日にモーゼスレイクにあるグラント郡国際空港に到着。4 号機は南回りのルートを飛行し、総飛行距離は約 14,000km、総飛行時間は 18 時間 43 分であった。4 号機が到着したことで、米国での飛行試験は 2 機体制へ移行する⁽⁵⁵⁾。

2016 年 11 月 22 日、三菱航空機は MRJ 飛行試験 3 号機が初飛行。飛行時間は 2 時間 4 分であった⁽⁵⁶⁾。

2017 年 1 月 23 日に、三菱重工業と三菱航空機は、MRJ 初号機の納期を 2 年遅らせ 2020 年半ばに延期すると発表した。「スケジュールの変更は、一部の装備品の配置を変更するほか、電気配線を最新の安全性適合基準を満たす設計へ変更するため」と述べた。また、「これらの設計変更が機体の構造、性能、燃費性能、機能性に影響を与える

ことはなく、現在実施している飛行試験によるデータの収集は継続していく」とも述べている⁽⁵⁷⁾。

(7) Sukhoi Superjet 100 (SSJ100)

Sukhoi 社は SSJ100LR と呼ばれる、SSJ100 の長距離型の開発を進めている。SSJ100LR の航続距離は、従来型の SSJ100 の 1,645nm と比べて、2,470nm に延長される⁽⁵⁸⁾。

Sukhoi 社は SSJ100 を 20 席増設する 120 席型を検討している。最大離陸重量は 49 トンから 55 トンに増加するが、エンジンを現在の SaM146 から 2.5%増強して 18,000lb にすることで対応でき、高い開発コストは要さないとの見方⁽⁵⁹⁾。

Sukhoi 社は 2016 年 10 月 21 日に、航続距離を従来型 Superjet 100 の 1,645nm から 2,470nm に延長した Superjet 100LR の初号機をロシアのヤクーチヤ航空に納入した⁽⁶⁰⁾⁽⁶¹⁾。

2016 年 12 月 21 日、Sukhoi Superjet 100 の長距離型 (Superjet 100LR) は、EASA より型式証明を取得。Sukhoi 社は、既に 2 年前から、ロシア国内顧客に向けて Superjet 100LR を出荷していたが、今回の EASA 型式証明取得により、販売先の拡大が期待されている⁽⁶²⁾⁽⁶³⁾。

(8) その他機体開発動向

● Russian-Chinese Widebody

COMAC 社はロシアの United Aircraft (UAC)社と共同開発する Widebody 機を座席数 280 席、航続距離約 12,000km の双発機とすることを発表。現時点では 2022 年に初飛行の予定。COMAC 社と UAC 社は上海で JV を登録し、両社メンバーから結成するチームで設計・開発を進める方針。最終組立センターも上海に配置する。同機の EIS は 2025～2027 年頃を想定。ロシアが MC-21 に適用した CFRP 主翼、Fly-by-wire, Active Sidestick コントローラ、6,000ft 相当のキャビン内圧等の技術を同機にも応用するとのこと⁽⁶⁴⁾。またエンジンオプションは、Rolls-Royce 社製エンジンと GE 社製エンジンが既に提案されている。第 3 のエンジンオプションとして、UAC 社の関連設計企業である Aviadvigatel 社が開発中の PD-35 エンジンを基盤とする中露共同開発エンジンが検討されている⁽⁶⁵⁾。

[2. 3. 1 項 出典 (1)～(65) : 各、資料 3 の P2016D201～P2016D265 参照]

2. 3. 2 エンジン関係

(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-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。2016 年 5 月に EASA/FAA からエンジン型式証明を取得し、2016 年 8 月には、-1A を搭載した A320neo の商業運行がトルコのペガサス航空にて開始された⁽¹⁾⁽²⁾。また、-1A を搭載した A321neo の飛行試験が 2016 年 2 月に開始された。商業運行は 2017 年の開始予定である⁽³⁾。

-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。2016 年 12 月に EASA/FAA から型式証明を取得した⁽³²⁾。初飛行は 2016 年後半に予定されていたが、2017 年の初旬に延期された⁽³¹⁾。

-1B は、ボーイング 737MAX 向けの 28,000 ポンドのエンジンである。CFM-7B の燃料消費より 14%改善する。2016 年 1 月にボーイング 737MAX の初飛行が行われた。CFM 社とボーイング社は、-1B の性能に関して要求どおりであると発表した⁽⁴⁾。5 月には、EASA/FAA からエンジン型式証明を取得した。商業運行開始は 2017 年を予定している⁽⁶⁾。

CFM 社は、商業運行開始に先立ち LEAP エンジンファミリーに対して、耐久性改善のため、低圧圧縮機翼の翼形状の変更および翼先端隙間の改善を行うアップグレードを行うと発表した⁽⁴⁾。本アップグレードは、737MAX に関して 2017 年半ばの量産開始時から、A320neo については 2017 年半ばから適用される。

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、777-300ER に搭載される GE90-115B に対して、燃費 10%の改善を目指す。

燃焼ライナー、高圧タービン初段静翼、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 が適用される。また、低圧段動翼の最終 2 段には電子ビーム金属焼結プロセスを用いた 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。さらに、高圧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には、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

チタン合金から合金鋼に変更されている。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 CAPE/8 の要求に対し NO_x を 30%低減させる。なお、燃焼器の燃焼ノズル先端にも AM が適用されている。

CMC 部品は、GEnx-1B デモエンジンに組み込まれ耐久試験が実施された。2015 年には、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 段静翼が組み込まれ 2,800 サイクルまで実施された。2016 年には、CMC 製の高圧タービン初段静翼が次世代のタービン動翼とともに組み込まれ、1,800 サイクルの耐久試験が行われた。今回は、様々な地域における腐食環境を模擬するため、独自に埃や異物を調合して吸込ませた。その量は約 3,000 回の離発着に相当するとのことである。通常、異物がタービン翼表面に堆積すると、表面に施された遮熱コーティングの劣化を引き起こす。さらに、内部冷却流路に堆積して冷却穴を塞ぐと冷却性能が著しく低下し、エンジン耐久性の問題を引き起こす。今回の試験を通じて、新設計された部品・材料が、異物吸込みを含む様々な環境下においてどのような挙動を示すか確認された。(6)(20)(36)

2016 年 3 月に GE 社の Peebles 試験場において GE9X フルスケールの初回エンジン試験が行われた。エンジン性能、騒音、排出物は計画通りであった。初回エンジン試験は、累積 167 時間・213 サイクル実施され、空力、熱特性、作動性など多くのデータが取得された。これらの結果は、2017 年 4 月初旬より開始される型式承認試験用エンジンに反映される。なお、初回試験に使用されたエンジンは、引き続き、Peebles 試験場において着氷試験に向けた予備試験に供試される (7)(36)。

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 10 月、商業運行開始は 2019 年に計画されている⁽⁶⁾。



図 2. 3. 2-1 GE9X 初回エンジン試験の様子⁽⁷⁾

c. 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。ファン部には、複合材ファンケースに、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 インチ径のファンブリスが組合される。高圧タービンには、シリコンカーバイド系 CMC 製タービンシュラウドが適用される。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、オキサイド/オキサイド CMC が採用される。

2016 年 4 月に、FAA からエンジン型式証明を取得した。2016 年 11 月には Global 7000 の初飛行が行われた⁽³³⁾。なお、商業運行開始は 2018 年の第 2 四半期である⁽⁸⁾。

d. その他

① アラバマ州 Huntsville に CMC 新工場建設開始

GE 社は、2 億ドルを投資しアラバマ州 Huntsville にある 0.4 平方キロメートル (100 エーカー)の敷地に、隣接する 2 工場からなる CMC 量産工場を建築する。第 1 工場では、SiC 繊維を製造し、第 2 工場では SiC 繊維から CMC 部品の製造に必要な一方向 CMC テープを製造する。2018 年半ばに建設を完了させ、同年から生産を開始する。現在、SiC 繊維の量産を行っているのは、日本カーボン、GE、Safran 社の合弁会社である NGS アドバンスファイバー社 (日本) のみであるが、これにより、GE 社は米国内に CMC 部品の完全なサプライチェーンを構築する。なお、CMC の需要は今後 10 年間で十倍に成長すると予想されている⁽²⁹⁾。

② Additive manufacturing (AM) 技術への取り組み

GE 社は、AM 技術の有数のエンドユーザーであり、数年にわたり AM 技術への投資を行っている。GE 社の Global Research Center (GRC)にもおよそ 15 億ドル投資しており、航空宇宙、電力、エレクトロニクス、医療などの事業領域で、AM 装置、材料、ソフトウェアのリーディングサプライヤーになることを目指している。

その一環として、GE 社は、10 月にドイツの Concept Laser 社を 599 百万ドルで 75% の株式を取得すると発表した、さらに、11 月にはスウェーデンの Arcam AB の支配株士の購入に合意したと公表した。Concept Laser 社は、AM 分野のパイオニアであり、レーザを用いた AM 装置を設計・製造する。また、Arcam AB は、電子ビームを照射し溶解・焼結する AM 装置を発明した会社であり、先進の金属粉末の製造も行う。GE 社は、2020 年までに AM 事業を 1 億ドルまで拡大することを目指しており、今後 10 年間で 1 万台の AM 装置の販売を計画している⁽³⁰⁾。

③ IoT を利用したエンジンのフィールドサポート

GE 社は、自社が開発した産業機械を監視および制御するためのプラットフォーム Predix を利用し、フィールドにある膨大なエンジンデータを取り込み精度良く解析することにより、信頼性の高いエンジン診断を可能にしている。GE 社のフリートサポートチームは、世界中で運行される凡そ 35,000 台の GE/CFM のエンジンの年間 1 億フライト

を超えるデータを処理している。GENx や LEAP など最新のエンジンでは過去のエンジンに比べて非常に多いセンサーを持ち、データ量は急速に増加している。Predix プラットフォームの物理学と分析論を融合した新しい手法が、精度を向上させて比較的容易に早期の異常検出を可能にしている⁽²³⁾。

2016 年 7 月には、マイクロソフト社と IoT 分野における提携を発表した。Predix をマイクロソフト社のクラウドプラットフォーム Azure を通じて利用できるようにする。Azure 経由の Predix は、年内に開発者向けプレビューを発表し、2017 年第 2 四半期に正式にリリースする。また両社は、Predix をマイクロソフト社の IoT 向けクラウドサービス Azure IoT Suite やビッグデータ解析のクラウドサービス Cortana Intelligence Suite、さらに Office 365、Dynamics 365、Power BI といったビジネスアプリケーションと統合させることでも協力する⁽²⁴⁾。

(2) プラット&ホイットニー

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、高バイパス比化と低圧圧縮機・低圧タービンの高効率化・大幅な段数の削減を行った。

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TiAl製のLPT動翼があげられる⁽⁹⁾。

2016年1月には、PW1100G-JMを搭載したA320neoの商業運行がルフトハンザ航空にて開始された。当初、2015年からカタール航空にて商業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エンジンモータリングが通常より長いことに対し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。

ローター変形問題は、エンジン停止後ローターの冷却が不均一になることからローターに曲がりが生じ、エンジン再起動時に圧縮機動翼先端が接触・磨耗するという問題である。ローターの変形はエンジン停止後1～2時間で最大になるため、モータリングを長めにし、ローター内部の熱分布を均等にして変形を無くすという方法が採られて来た。P&W社はこの問題を解決するため、NO.3およびNO.4ベアリングダンパー変更して剛性を上げるとともに、モータリング時間を短縮するソフトウェアの変更を行った。

これらのハードウェアを変更したエンジンが5月より順次エアバス社に納入され、8月にはルフトハンザ航空に引き渡された⁽²⁾。P&W社は、これにより最大の冷却時間を

V2500エンジン並みの90秒程度にするとしている。なお、本改善には、高圧圧縮機翼の先端に Cubic Boron Nitride (CBN)耐摩耗性コーティングの適用も含まれ、長期の性能維持が図られている⁽¹⁰⁾。

PW1100G-JM エンジンの燃料消費率は、現在の V2500 エンジンに対し 16%改善しているが、P&W 社は、商業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 年から供給すると発表した⁽¹¹⁾。また、新たにエアバス社の A321neoLR 向けに、推力 35,000lbf の PW1135-JM をローンチしたと発表した⁽¹²⁾。

b. PW1400G-JM

イルカート MC-21 に搭載する推力 31,000 ポンドのエンジンであり、大部分において PW1100G-JM との共通化が図られている。2016 年 5 月、FAA の型式証明を取得した⁽¹³⁾。また、PW1100G-JM と同様に、エンジン冷却時間短縮のため、NO.3 および NO.4 ベアリングのダンパーおよびソフトウェアの変更が適用された⁽¹⁴⁾。

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。なお、本エンジンには、P&W 社が商業運行されるエンジンとして初めてとなる AM 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。

2013 年のカナダ航空局からのエンジン型式証明取得に続き、2016 年 5 月に EASA から型式証明を取得した⁽¹⁵⁾。2016 年 7 月にはスイス航空にて PW1500G を搭載した CS100 の商業運行が開始された⁽¹⁶⁾。

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、騒音、排出物の大幅な低減が図られている。当初、高出力の GTF エンジンに適用されているハイブリッドファン動翼の小型版の適用が考えられていたが、P&W と三菱航空機は性能および耐衝撃性を改善した中実チタン翼に変更した。エンジン作動確認も意図通りであり、ファン翼振動試験、ファン動翼飛散試験、鳥打ち込み試験が完了した。150 時間耐久試験も開始されており、型式証明取得に向けたエンジン試験は 2017 年第一四半期に完了する見込みである⁽³⁵⁾。

e. その他

① IoT を利用したエンジンのフィールドサポート

P&W 社は、世界中で稼動する 10,500 以上の大型商用エンジンから得られる膨大な量のデータを収集し研究をおこなってきた⁽²⁸⁾。2014 年には IBM 社とパートナーを組

み、大量のデータを処理して可視化することにより予期しないエンジン整備を大幅に減少させるプロジェクトを開始した。2016 年 7 月には、P&W 社のエンジニアリング・製造システムを IBM のクラウド環境に移行すると発表した。2020 年までに製造するエンジンは現在の倍以上になると予測されており、拡大する工場やサプライチェーンからのデータが著しく増加する。IBM のクラウドを利用し、セキュリティストア、迅速なデータアクセスに対応していく⁽²⁶⁾。

(3) ロールスロイス

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、現在の“Package C”に対し 2%の燃費改善を見込む。1000-TEN 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追加されるなど一層の高性能化が図られている。

2016 年 3 月から 747 FTB に搭載され飛行試験が開始された。新しく導入したシステムの作動を確認し性能・Operability が評価された。

エンジン型式承認については、当初の計画から遅れて 2016 年の 7 月に EASA よりエンジン型式承認を取得した⁽²¹⁾。これは、2015 年のエンジン試験においてコスト削減と滑らかな流路の形成を狙った新設計の圧縮機静翼セグメントにクラックが発生し、従来の設計に戻すという変更を行ったためとのことである。2016 年 12 月には 787 を用いた初飛行が行われた⁽³⁴⁾。現在の 787-8、-9 モデルで予定されている 2017 年の商業運行開始は変更せず、787-10 の商業運行開始は 2018 年とされている⁽¹⁷⁾。

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る。ロールスロイス社では最大推力のエンジンとなる。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、コアを拡大し流量を増加させ、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を適用して高温化することにより、XWB-84 と同等の燃費を維持している⁽²²⁾。

2015 年 11 月から A380 FTB に搭載され飛行試験が開始された。これまでに全飛行エンベロープをクリアし、高空での燃焼器の再点火試験が行われている。さらに、4 基の XWB-97 を使った地上試験も進行中であり、スラスト・リバーサーとの統合評価、着氷試験、雨・雹吸込試験が行われている⁽¹⁸⁾。2016 年 11 月には A350-1000 の初飛

行が行われた⁽²⁷⁾。

c. トレント XWB-84 EP

ロールスロイス社は、2016 年 2 月に Trent XWB-84 EP (Enhanced Performance) のローンチを発表した。Trent XWB-97, Advance エンジンプログラムなどの技術を導入することにより Trent XWB-84 に対して、燃料消費率を 1%改善させる。ローンチカスタマーとなるシンガポール航空への供給は、2019 年の第四半期である。

主な技術変更点は、XWB-97, Advance プログラムからのタービン冷却・空力性能改善、Trent XWB-97 からの二次空気システム・インターステージシールの改善、さらに、他のプログラムで採用されているタービン翼先端隙間制御の最適化である⁽¹⁹⁾。

d. その他

① IoT を利用したエンジンのフィールドサポート

ロールスロイス社は、エンジンのフィールドサポートにマイクロソフト社と協働して進める。新しい運行サービスは、ロールスロイス社の TotalCare®サービスに組み込まれる。マイクロソフト社のクラウドプラットフォーム Azure 上に構築され、Azure IoT Suite を利用して分散した地域からのデータ収集し、Cortana Intelligence Suite が持つ様々なスマートデータ解析、予測ツール、専門知識を用いて解析する。ロールスロイス社はこの結果を用いて、エアラインに対して、燃料の削減や飛行ルート最適化の提案、高い稼働率を維持するための整備を提供する⁽²⁵⁾。

[2. 3. 2 項 出典(1)～(36) : 各、資料 3 の P2016D266～P2016D301]

2. 3. 3 装備品関係

(1) 装備品の ICT 化、電動化の進展

近年、航空機では MEA (More Electric Aircraft)、AEA (All Electric Aircraft) の考え方、研究が進んでいるが、MEA 化、AEA 化の中核技術となるのが、ICT (Information and Communication Technology) 化や電動化の技術である。さらに、ICT 化や電動化の研究開発プログラムの多くは、装備品（エンジン関連も含めて）が中心となっている。また、営業利益率、航空機の生み出す利益シェアなどはいずれも増加傾向にある（下図参照）。ただし、利益構造はデータが取得できる限られた主要メーカのデータから作成している。

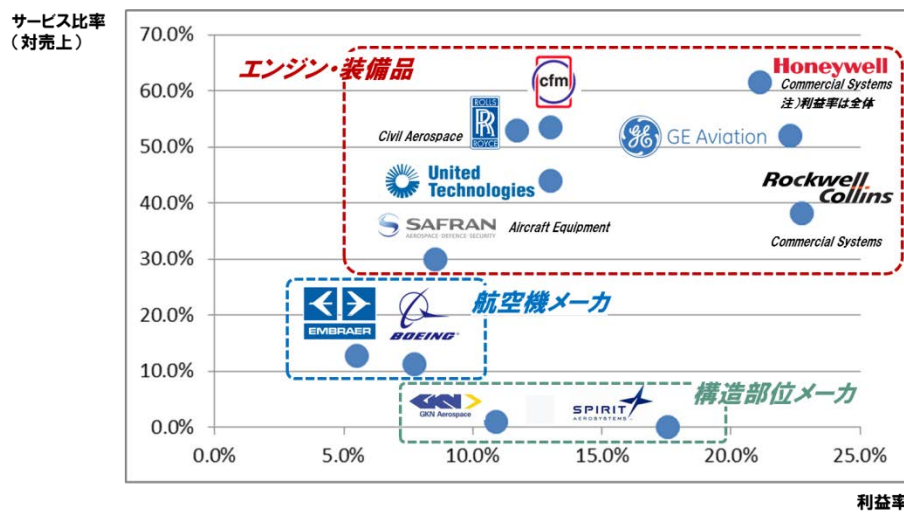


図 2. 3. 3-1 主要メーカの営業利益率とサービスの対売上比率の関係 (2015 年)
出所) 各社 IR 資料、アニュアルレポートから作成

表 2. 3. 3-1 航空機の利益シェア変化

	2014		2015
航空機 (機体全体)	39.4%	↓	36.8%
エンジン	31.0%	↓	23.9%
装備品	15.5%	↑	30.0%
構造部位(素材を含む)	14.1%	↓	9.3%
計	100.0%		100.0%

出所) 主要メーカ IR 資料等から作成

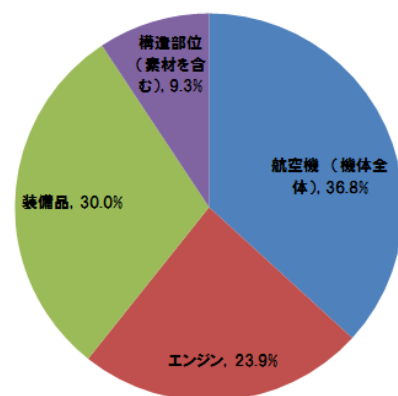


図 2. 3. 3-2 2015 年利益シェア

現状、航空機の ICT 化、電動化に関連しての技術開発テーマの例を次頁の表に示す。

ICT 化ではサイバーセキュリティ、電動化では発熱対策（熱制御）も重要な技術開発課題である。また、ICT 化、電動化関連の技術開発の多くが装備品と関連していることがわかる。

表 2. 3. 3-2 航空機の ICT 化、電動化に関連しての技術開発テーマ例

航空機(製品)及びバリューチェーン		ICT化	電動化
		・ICT/IoT ・ビッドデータ ・AI/DL ・フログノシス ・Rモニタリング ・ウェアラブル ・VR/AR 等	・次世代バッテリー ・次世代電源 ・ロボット化 ・電動アクチュエータ ・AM 等
航空機機体	従来の航空機	ICT化/ネットワーク化/AI化	MEA/AEA
	新コンセプト航空機(UAT等)	Airbus E-fan/Vahana, UBER Elevate, Terrafugia TFX, AeroMobile	
構造部位	主翼、胴体、尾翼、制御舵、ナセル等	SHM、自己修復技術、モルフロジー	Electrical Wing
内装品(キャビン)	II: インテリア・インテグレート	・キャビン・モニタリング	・電動シート(ハワーシート) 電源プラグ
	内装装備(座席、ギャレー、トイレ、FSE、ビン等)	・ユーザ・エクスヘリエンス(旅客)	・ロボット/コンヘア・フード・サブライ (特許ベース)
	IFE(Wireless IFE, FTTS、コンテンツ・プロバインド等)	・ネットワーク/サイバセキュリティ	
	キャビン・システム(CCS、CMS、CAS、PCS、PCU等)		
	照明(LED)、その他		
フライトデッキ/アビオニクス	フライトデッキ/コックピット・インテグレート(IMA等)		
	コミュニケーション・システム	・EFB/PED ・AFDX ・Human-Centered Cockpit	
	ナビゲーション・システム	・EVS/SVS ・SPOC(Single-Pilot operation)	
	コネクタビリティ	・Brainflight	
	サーベイランス 等		
フライトコントロール	FBW、FBL	・自己修復FCS ・AI適用	・舵等の電動制御(EHA、EMA)
電源システム	PMG、APU、Li電池、RAT	・電源分散・最適化	・航空機グリッドシステム ・燃料電池 ・超伝導
降着システム	電動タキシング、タキシングサポート		・電動タキシング ・電動トーイング ・電動ブレーキ
空調システム	エンジン抽気型、e-ECS		・e-ECS ・高効率/小型軽量熱交換器
油圧システム	電動アクチュエータ、バックアップ用		・EHA ・EMA ・パワーバイワイヤ
エンジン	電動化、電動推進機関	・Smart Engine・・・	・Sugar Volt ・・・

設計・開発	バーチャル化	・VR/AR ・ウェアラブルデバイス活用 ・シミュレーション(材料、機能等)	・AM/3Dプリンティング利用
製造・量産	ロボット化	・IoT ・ウェアラブルデバイス ・ビッドデータ ・AI	・知能ロボット(製造、検査等)
認証	シミュレーションの活用	・認証向けシミュレーション	・認証向け試験支援
MRO	デジタル化	・IoT、ビッドデータ、ウェアラブルデバイス活用	・修理から交換、資産管理へ
運用(運航)	最適運航支援	・IoT、ビッドデータ、AI(Predix等)	・リアルタイム・モニタリング
管制交通システム	次世代管制、BBインフラ	・NextGen/Sesar、BB向けLEO衛星インフラ(OneWeb、Boeing BB-NGSO等)	
空港	空港IoT	・Airport CDM:Collaborative Decision-Making	

出所) MRI 注) UAT:Urban Air Transport SHM : Structural Health Monitoring FSE:Food Service Equipment FTTS: Fiber To The Screen CCS: Crew Communication System
 CMS:Cabin Management System CAS:Cabin Address Systems PCS:Personal Communication Systems PCU: Passenger Control Unit IMA: Integrated Moduler Avionics AFDX :
 Avionics Full-Duplex Switched Ethernet EVS:Enhanced Vision System SVS : Synthetic Vision System PMG:Permanent Magnet Generators NGSO:Non Geo-stationary Satellite
 Orbit

装備品の電動化は、電動アクチュエータ、電動タキシング、e-ECS、電源システムなどの技術開発が取り組まれている。電動タキシングでは Safran と Honeywell が共同開発した EGTS が開発を棚上げする一方で、TaxiBot や WheelTug が認証取得に向けての申請や試験を進めている。なお、国内でも NEDO の「航空機用先進システム実用化プロジェクト」で、電動タキシング、次世代ブレーキ、電動アクチュエータ、大型コクピットディスプレイなどの研究開発が実施されている。

ICT 化はキャビンやフライトデッキなどを対象にネットワーク化や Wifi サービスの提供、キャビン・モニタリング、ユーザエクスペリエンスの活用などの技術開発が行われている。2016 年 11 月には、Rockwell Collins がキャビン装備の大手、B/E Aerospace を買収、ICT 化が進む中、フライトデッキ、キャビンの双方をカバーする今後の事業展開が注目される。

（２）装備品の主なトピック（概要）

①コクピット関連

コクピット関連では IMA（Integrated Modular Avionics）化が進展しており、Rockwell Collins、Thales、Honeywell、Garmin 等が主要プレイヤーとなっている。一方でコクピットやフライトデッキの基本仕様を提示する航空機メーカー（Boeing、Airbus 等）でも、コクピットの高機能化とそれに伴い必要となる電子機器数の増加に対応して、IMA 化を進めている。また、中国は C919 向けに AVIC と GE のジョイントベンチャーである Aviage Systems が IMA を開発している。

次世代コクピットに向けては、EU-FP で Thales が開発した ODICIS（One Display for a Cockpit Interactive Solution）の発展型システムの開発が FP8（Horizon2020）で進められており、大型ディスプレイ部は横河電機が複数のディスプレイを組み合わせたものを NEDO の「航空機用先進システム実用化プロジェクト」で開発している。

また、Embraer は EVS-HUD（Enhanced Vision System - Head Up Display）を Legacy500 シリーズに採用している。

②キャビン関連

キャビン関連は座席・ギャレーや IFE、キャビン・マネジメント・システム等での動きがある。座席・ギャレーでは、スリッパ・スライド型座席（3 座席の中央をスライドさせるもの）や ATR 向けのモジュール型ギャレーなどが発表されている。また、キャビンをはじめ機内の通信ネットワーク向けには TTP（Time-Triggered Protocol）ベースの AFDX（Avionics Full Duplex Switched Ethernet）が Boeing787 や AirbusA380 向けの通信プラットフォームとして採用されている。

コネクタビリティはキーワードで、BAE システムズがコネクティビティ・ソリューション「IntelliCabin」を発表、フィンランドの Reaktor やフランスの Thales は IFE を活用したユーザエクスペリエンス関連のアプリケーションを発表している。

なお、キャビン関連では大きな M&A が続き、2016 年 10 月には Rockwell Collins が大手キャビン関連メーカーである B/E Aerospace を 64 億ドルで買収、年明けには Safran が Zodiac Aerospace を 105 億ドルで買収した。この結果、キャビンとコックピット、さらには他の装備品を統合した大手プレイヤーが複数誕生した。

③その他

電動アクチュエータの研究は国内を含め進められているが、スペインの CESA (COMPAÑIA ESPAÑOLA DE SISTEMAS AERONAUTICOS SA) では、EMA への HUMS (Health and Usage Monitoring System) の適用研究を実施している。Liebherr は 50kW のターボ・コンプレッサを搭載した E-ECS の飛行テストを開始、カリフォルニア大学や Siemens LMS Imagine Lab は ECS 開発向けシミュレーション技術を開発している。

(3) Digital Transformation への取り組み

装備品限らず、航空機全体や主要システム、航空機の設計・開発、生産、認証、アフターサービス、運航支援など、航空に関わるあらゆる分野でデジタル化を進める「Digital Transformation」は、多くの航空機関連企業で進展している。

GE が開発・販売しているプラットフォーム、「Predix」はよく知られているが、GE の CEO、Jeffrey Robert Immelt と同様、Airbus Group では 5 月に Marc Fontaine が DTO (Digital Transformation Officer) に就任した。

「Digital Transformation」は航空機製造をはじめ、製造業のあり方を大きく変えるものだが、実際、進めていく上では装備品の ICT 化や電動化が重要な役割を果たす。例えば、機体やエンジンのリアルタイム・モニタリングを行う場合、今後、大容量のデータ伝送能力が必要となってくるが、現状の伝送容量は限られている。こうした中、6 月に Boeing が発表した Boeing Broadband NGS Vision や Airbus 等が参加している OneWeb といった低軌道衛星を利用したグローバルなブロードバンドサービスは注目される。

「Digital Transformation」の進展は、装備品に求められる性能や技術、販売や MRO、装備品ビジネスのビジネスモデル、さらには今後、必要となる人材やその能力などに大きな変化をもたらす可能性がある。

2. 3. 4 航空システム・航空管制関係

(1) 航空交通管理システムの近代化プログラム

ア SESAR

欧州の SESAR (Single European Sky ATM Research) プログラムにおいて、本年(2016 年)は 2008 年から始まった SESAR1 プログラムの最終年度であり、その成果が ATM 近代化に資する 63 のソリューションとして纏められた⁽¹⁾。一方、2014 年に始まった SESAR2020 プログラムによる研究開発は本年から本格化する。2015 年に公募が行われた調査研究 (Exploratory Research, ER 1 ; ~2018 年、総額 20.4M ユーロ) では、ATM の発展を支える科学的または応用的な研究を幅広くカバーする 28 のプロジェクトが採択、開始された⁽²⁾。また、産業的研究及び大規模実証活動 (Industrial Research and Very Large-scale Demonstration, IR-VLD ; ~2019 年、総額 260M ユーロ) については、その第 1 弾として 20 を超えるプロジェクトが採択、開始された⁽³⁾。さらには、無人航空機に関する調査研究 (ER2-RPAS) や、ATM に関する新たな調査研究 (ER3) の公募が行われた⁽⁴⁾⁽⁵⁾。なお、後者には軌道ベース運用 (TBO) や統合情報管理 (SWIM) による運航効率化、ジェネアビやドローンなど全ての空域ユーザの相互運用性等に関する大規模実証 (VLD) が含まれる。

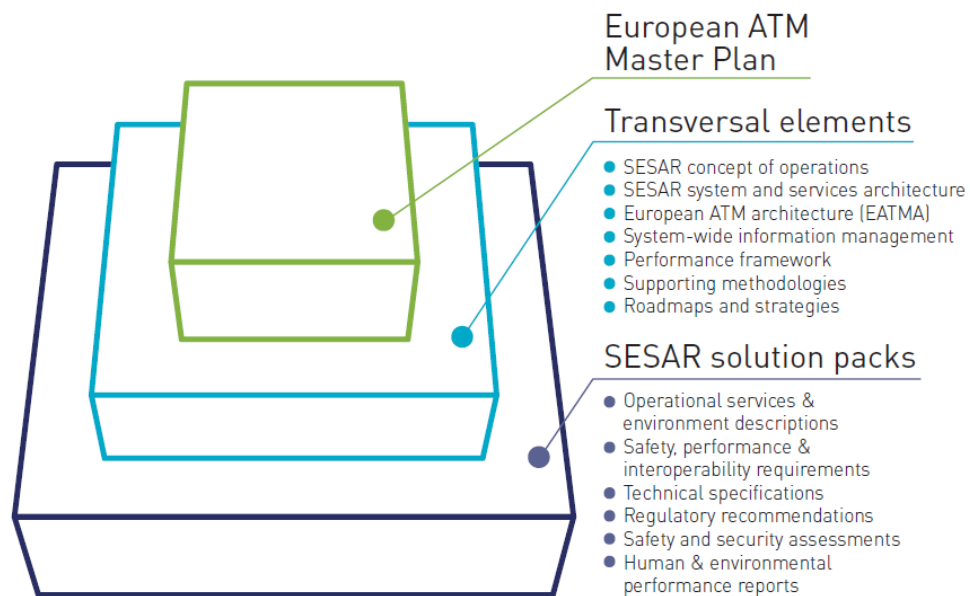


図 2. 3. 4 - 1 SESAR における横断的要素⁽¹⁾

イ CARATS

2016 年 3 月に開催された「第 6 回 将来の航空交通システムに関する推進協議会」では本年度の主要な取組みとして以下が挙げられている⁽⁶⁾。

1) ICAO の Aviation System Block Upgrades の分析

- ・平成 28 年度、ICAO において世界航空交通計画の見直しが予定され、当該計画には各種施策の実施環境が整う時期を明示した Aviation System Block Upgrades (ASBUs) が含まれている。
- ・今後の施策の検討・導入準備に資するよう、ASBUs と CARATS の各種施策について比較分析作業等を行う。

2) 指標に係るデータの評価分析

- ・CARATS の指標のうち平成 20 年度と比較して状況が悪化したものについて部分的な傾向を確認したところであり、今後は遅延等について詳細分析を行い、問題を抽出・評価することを目指す。

3) Mini Global Demonstration II の実施

- ・米国 FAA が進める世界的な航空交通情報の情報交換ネットワークのデモンストラーションに参画し、技術的知見を獲得しつつ、国際的な次世代の運用概念の実現など貢献する。

4) 航空分野関係者の増加に向けた取組の実施

- ・本年度作成したパンフレット等を活用した CARATS の取組の周知、CARATS オープンデータの活用の拡大などにより、航空分野に興味を持つ一般の方々に対する普及啓発を促進し、航空分野の関係者の増加に貢献する。

(2) 無人航空機の空域統合に向けた研究開発

無人航空機（遠隔操縦航空機、Remotely Piloted Aircraft System, RPAS）の非隔離空域における運航（空域統合）は、ICAO による GANP/ASBUs に掲げられた重要な課題であり、その実現に向けた研究開発が各国で進められている。

ア SESAR RPAS demonstration projects

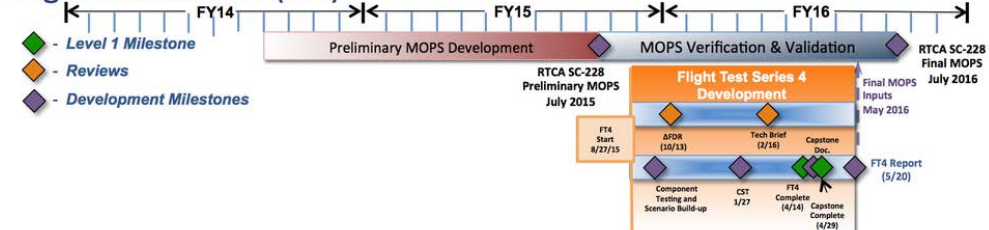
SESAR JU(Joint Undertaking) は、「民生用無人航空機の欧州航空交通システムへの統合に関するロードマップ」にもとづいて、2013 年から欧州各地の空港を拠点に管制サービスプロバイダと無人機オペレータ、産業界の連携協力を得て 9 件の実証プロジェクトを実施し、現行のルールや運用環境、技術のもとで、無人航空機をどの程度まで運用できるかを検証した。その結果、性能特性が異なる一部の無人機を除き、ATC 下における運用性は小型のジェネアビ機と大きな相違は無いものの、以下の技術的または運用上の課題が指摘された⁷⁾。

- 1) 調和し確立された基準及び認証の体系
- 2) ATC との交信の指針と手順
- 3) 衝突回避の能力と装備要求への適合
- 4) 信頼できる制御用通信リンク
- 5) 遠隔操縦者の訓練及び認可

イ NASA UAS Integration in the NAS project

NASA による無人航空機の空域統合プロジェクトでは、2016 年 4 月より第 4 フェーズ飛行試験（FT4）が実施された⁽⁸⁾。試験では、NASA が General Atomics Aeronautical Systems Inc.（GA-ASI）や Honeywell 等と共同で開発した Detect-And-Avoid（DAA）のアルゴリズムに対して、RTCA SC-228 が策定した Minimum Operational Performance Standards (MOPS)への適合を確認した。また、NASA Langley Research Center が開発した別の DAA アルゴリズムも適用し、無人航空機 Ikhana と、それぞれ異なる監視システムを搭載した様々な有人航空機との遭遇シナリオを 260 ケース以上試験した。得られたデータは RTCA SC-228 が DAA の性能標準を定義するために使用される。

Flight Tests Series 4 (FT4)



Flight Test Series 4 (FT4) Infrastructure

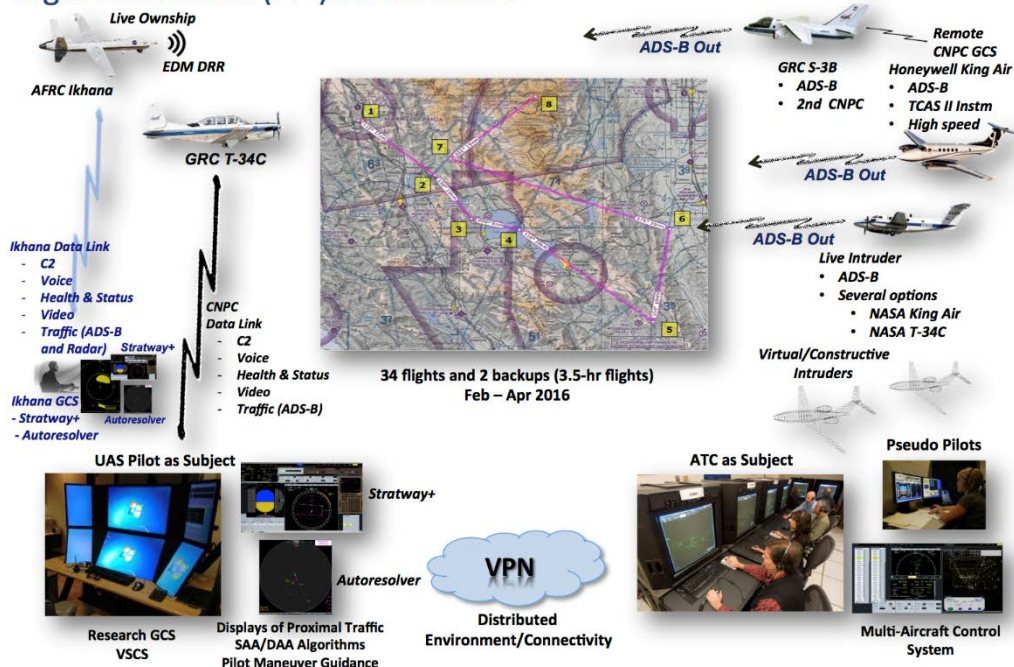


図 2. 3. 4 - 2 第 4 フェーズ飛行試験⁽⁹⁾

[2. 3. 4 項 出典(1)～(9) : 各、資料 3 の P2016D381～P2016D389 参照]

2. 3. 5 無人機・飛行制御関係

(1) 小型無人機の運用環境整備に係る取組み

急速に広がる小型無人機の民生利用に対して、各国で安全性確保のための運用環境の整備が進められている。

欧州ではEASAがリスクに応じた3つの運用カテゴリと規制の枠組みを提唱し⁽¹⁾⁽²⁾、有人航空機との衝突によるリスク評価⁽³⁾や空域制限（Geo-Limitation）に関する検討⁽⁴⁾などが進められている。

米国ではFAAが2015年2月に公表した告示（Notice of Proposed Rulemaking, NPRM）をもとに寄せられたコメント等を反映して55ポンド以下の小型無人機の商業運用に対する運用規則を2016年6月21日に発表し、8月29日から施行した⁽⁵⁾。この新しい規則では、小型無人機の運用を日中または薄明において操縦者が機体を目視できる範囲に限り、高度を400ft以下、速度を100mph以下に制限するとともに、（建物などに遮蔽されていない）第三者上空の飛行を禁じている（注；適用除外の承認が得られればその限りでは無い）。また、操縦者については、新たに制定された遠隔操縦者の認証（または認証を受けた者の監督下での運用）が必要となり、飛行前の検査や事故時の報告などが義務付けられるが、機体に対しては耐空性の認証を必要としないこととなった。

我が国では、2015年12月に航空法が改正（施行）され、小型無人機に対する基本的な飛行ルールが定められたところであるが、更なる安全性の確保と『空の産業革命』の実現に向けて、「小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会」が立ち上がり、急速に進展する新技術の社会実装や利活用の多様化に対応するための制度設計のあり方等について議論がなされ、「小型無人機の利活用と技術開発のロードマップと制度設計に関する論点整理」、「小型無人機の更なる安全確保に向けた制度設計の方向性」が公表された⁽⁶⁾。

制度設計の方向性	
<基本的飛行ルール> ・ 飲酒中の飛行禁止や出発前確認について周知啓発を進め、効果の検証結果を踏まえてルール整備 ・ 事故等情報の義務報告制度や、いわゆるヒヤリ・ハット情報の報告の仕組み、事故等情報の収集・分析システム構築を検討	
<機体、操縦者、運航管理体制の更なる安全確保> ・ 民間団体等による講習会や運航管理マニュアルについて、一定の基準に適合しているものを国交省HPに掲載し、これを利用する場合、審査を一部簡素化 ・ 離島、山間部等における荷物配送を、2018年頃に本格化させる仕組みを導入 ・ 都市部等における荷物配送を、2020年代頃に本格運用できるよう機体の認証制度や操縦者の資格制度等について早期に検討・整備 ・ 許可・承認対象外の場合も講習会等の受講やマニュアル等の使用により安全を向上	<航空機、小型無人機相互間の安全確保と調和> ・ 小型無人機と航空機の運航者等が参画する検討会を早期に立ち上げ、2016年度末目途に有人機と無人機、無人機同士の衝突回避ルール等を整備 ・ 空港等周辺において、誤作動・誤操作による危険を未然に防ぐルールや対策を検討 ・ 有人機と無人機の運航者が、飛行情報を共有できる仕組みを構築。また、航空情報（ノータム）の運用を改善
<その他> ・ 加入保険の継続徹底など、安全意識の維持・向上 ・ フライバシーの保護や第三者の土地の上空飛行について、ガイドラインの周知や自主的ルールの策定を促進 ・ 所有者を把握する自主的取組を推進 ・ 目視外飛行を支える無線システムのあり方	

図2. 3. 5 - 1 小型無人機の更なる安全確保に向けた制度設計の方向性(概要)⁽⁶⁾

(2) 小型無人機の運航管理システム

欧州 EASA の運用コンセプトにおける「OPEN」カテゴリ、米国の無人機運用規則（米国連邦航空規則 Part 107）、日本の改正航空法のいずれにおいても、小型無人機の飛行は、遠隔操縦者（または監視者）の目視による安全確保が前提となっている。しかし、広域のインフラ点検や農業、物流などの分野に無人機の利用を拡大するためには目視外飛行が不可欠であり、これを実現するための概念（または地上インフラ）として無人機の運航管理システム(UAS Traffic Management, UTM)が注目を集めている。

運航管理システム/UTM とは小型無人機の低高度空域における運航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 部門が中心となって研究を開始した⁽⁷⁾。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おり、2016 年 4 月には FAA が米国内 6 ヶ所に設置したテストサイトにおいて第 1 段階（Technology Capability Level 1）の実証試験が行われた。そして同年 10 月には米国 Nevada 州 Reno-Stead Airport において第 2 段階（Technology Capability Level 2）の実証試験が行われ、農業や捜索など 4 つのミッションシナリオに従って複数の固定翼型またはマルチコプタ型小型無人機が飛行し、うち 2 機は操縦者の目視範囲外を同時に飛行した⁽⁸⁾。これらの無人機のオペレータは、NASA が開発した UTM システムと接続して、他の無人機や有人航空機に関する情報を入手する。第 2 段階の実証試験では、UTM にレーダーによる監視システムが接続され、無人機や有人航空機の接近警報が、気象その他のハザードに対する情報とともに提供された。また、飛行計画の変更要請に対する動的な経路変更機能などの実証も行われている。

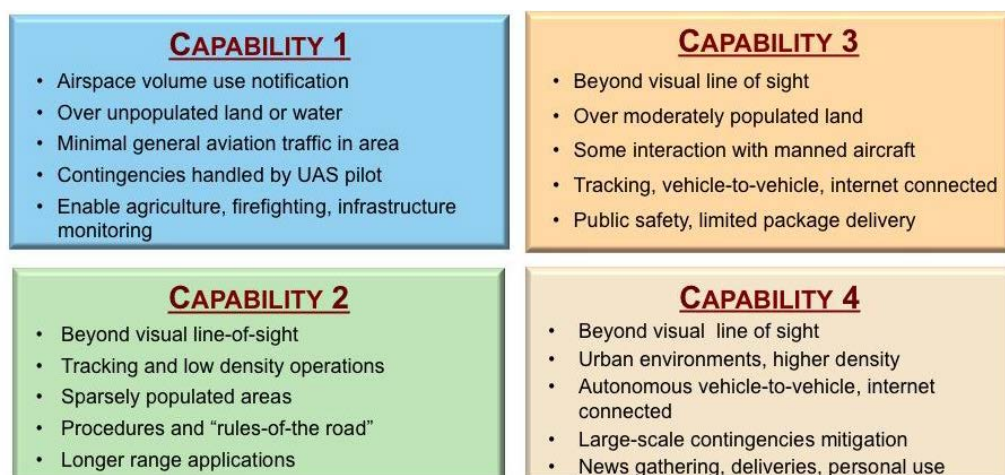


図 2. 3. 5 - 2 NASA UTM 計画のスケジュール⁽⁷⁾

2016 年 11 月には、前年に続き UTM Convention が開催された。今回は無人機産業の育成に力を入れている New York 州での開催となり、同州にある FAA テストサイトの拠点となっている Griffiss International Airport において、Lockheed Martin・Sikorsky の 4 機の無人機／OPV（K-MAX、SARA、Desert Hawk III、Indago）による火災消火～捜索救助ミッションのデモンストレーションが行われた。New York 州は、無人機の性能標準に関する試験機関（National UAS Standardized Testing and Rating, NUSTAR）を設立するほか、3 千万ドルを投じて無人機の長距離飛行実験を可能とする 50 マイルのコリドーを整備することなどを発表している。一方、基調講演では、NASA UTM プロジェクトの進捗として、TCL2 に対するデモンストレーションの他、UTM のシステム構成や官民の基本的な役割分担について合意形成がなされたこと、NASA-FAA 間で Research Transition Team が組織され密接な連携のもとで技術開発～移転が進められること等が示された。

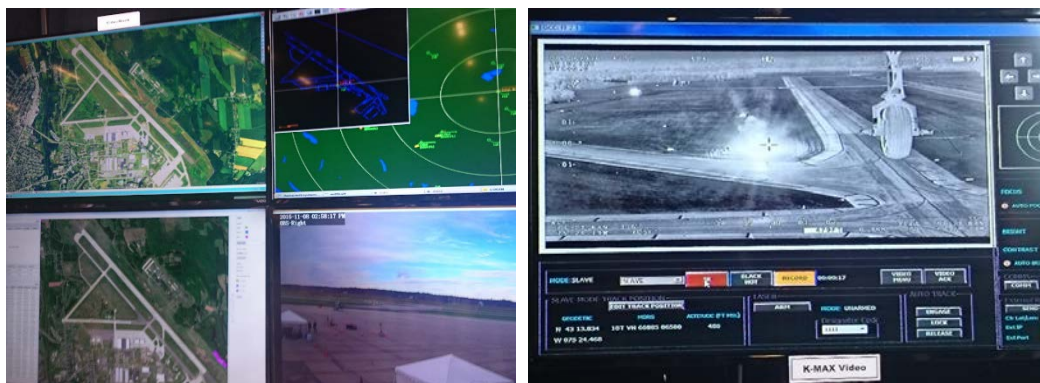


図 2. 3. 5－3 デモンストレーションにおける監視画面（左）・機上撮影画像（右）

欧州では、SESAR 2020 プログラムにおいて、特に低高度における目視外飛行を目的に、運航管理システムを想定した運用及び技術課題に対する研究公募（SESAR 2020 RPAS Exploratory Research Call）が行われた⁽⁹⁾。

民間企業の取組みも活発である。無人機の操縦者/運用事業者に対して、気象情報や地理空間情報（飛行可能／禁止空域等）を提供するシステム（これも運航管理システムと呼ばれる）が開発、運用されている。また、そのような企業や航空管制機関等が集まり、UTM のアーキテクチャ／統合運用性に関する具体像を描くことを目的として Global UTM Association が立ち上げられた⁽¹⁰⁾。スイスを拠点に欧州のほか米国、中国、日本など 15 ヶ国以上から、多くの企業が参加している。

国内でも、無人機（但し陸上及び水上/水中無人機を含む）の運行管理及び電波管理を対象に、その研究開発や社会実装を推進するためのコンソーシアム（日本無人機運行管理コンソーシアム、JUTM）が立ち上げられた⁽¹¹⁾。

(3) 飛行制御技術

ア HORIZON2020 VISION プロジェクト

EU の HORIZON2020 プログラムのもと、日欧共同による VISION (Validation of Integrated Safety-enhanced Intelligent flight cONtrol) プロジェクトが本年 4 月に開始された⁽¹²⁾⁽¹³⁾。同プロジェクトでは先進的な航法誘導制御技術の T R L 向上を目指しており、画像処理技術を活用した耐故障制御 (舵面故障検知) や着陸誘導システムを開発し、実験用航空機や無人機を用いて飛行実証を行う。欧州からは、ONERA (仏) をコーディネータとして、Dassault Systèmes (仏)、ハンガリー科学アカデミー、Unmanned Solution (スペイン)、Exeter 大学 (英)、Bristol 大学 (英) が、日本からは、NEDO の航空機用先進システム実用化プロジェクトにおける「次世代自動飛行システム研究開発」として、東京大学、リコー、JAXA、ENRI、三菱スペースソフトウェアが参加している。

イ DARPA ALIAS プログラム

DARPA は、Aircrew Labor In-Cockpit Automation System (ALIAS) プログラムとして、航空機の自動操縦 (乗員業務の自動化) に関する研究開発を行っている⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾。異なる機種にも対応できる自動遠隔操縦システムを開発し、パイロットのワークロード低減によって少人数での運用を実現する計画で、本年 10 月には Aurora Flight Science 社と Sikorsky 社によるフェーズ 2 のデモ飛行が行われた。

ALIAS は、あらゆる航空機に装備できるようにアナログ計器を読み取るカメラシステムや操縦桿などを動かすロボットアーム、地上と機上の複数のオペレータによる協調的な操作を可能とするタブレット型の共通インターフェースなどから構成される。Aurora Flight Science 社は、このシステムを Cessna Caravan の副操縦席に設置し、同社の Centaur 及び Diamond DA-42 とともに飛行させた。一方、Sikorsky 社は、同社の S-76B ヘリコプタをフライバイワイヤ化した SARA (Sikorsky Autonomy Research Aircraft) を OPA (Optionally Piloted Vehicle) として飛行させている。SARA は下方及び前方にライダーを備え、自動で地形や前方障害物 (他機) との衝突回避を行いながら飛行することができる。



図 2. 3. 5－4 Aurora Flight Science 社による ALIAS のイメージ⁽¹⁴⁾



図 2. 3. 5－5 Sikorsky 社の SARA⁽¹⁴⁾

[2. 3. 5 項 出典(1)～(15) : 各、資料 3 の P2016D390～P2016D404 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28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）

（1）平成28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28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、A320/A321neo 型機、737MAX 型機、A350XWB 型機の運航状況、並びに 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や飛行試験進捗状況も話題となっている。

また、OPEC 石油輸出国機構の産油量調整の動き、一方で米国のシェール・ガス田からの原油供給量の増大の駆け引きで、アジア・中東地域を中心とした航空需要の伸びが将来どうなるか、先行きに注目が集まる。また、ギリシャやイタリアの景気低迷、英国の Brexit、米国大統領選におけるトランプ氏の勝利など、今後の航空需要への影響が懸念される経済動向が生じた1年だった。

航空管制では米国で ADS-B の搭載が義務化され、今後無人航空機へも適用を広げる可能性が十分にあり、運航安全への波及効果が期待される。

無人航空機では、世界的に有人航空機と同じ法の下で運航ルールが制定され、各国で運用が始まった。マルチコプターを用いた宅配事業・測量事業など新たなビジネスが提案され、特別に認められた特区の中で実験的に運用を試みる取組も始まっている。

平成27年から平成28年にかけて、Aviation Week 誌発行100周年を記念した特集記事が幾つか発表され、業界動向情報ではそれらを分類整理して、特集号3部作をまとめた。

Vol.1「航空機の技術史」：航空機、特に、固定翼航空機、回転翼航空機、無人航空機の技術史を紹介。

Vol.2「航空用推進機関の技術史」：航空機のスピード追求の歴史と絡めて、推進機関特に、ピストン・エンジン（プロペラ含む）とガスタービン・エンジンその他の技術史を紹介。

Vol.3「航空安全等に寄与した技術史」：安全性・快適性・効率性・生産性等に寄与した技術史を紹介。

また、マルチコプターという無人航空機で広まった新しい分散推力形態・制御則が、有人航空機への応用につながるなど、これまでにない逆方向の技術移転が起こりつつある。

(2) 平成28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28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 「28-1 静粛超音速機技術の研究開発～低ソニックブーム設計概念実証 (D-SEND) プロジェクト～」⁽¹⁾ (機体・研究開発)

次世代超音速旅客機実現のための最大の技術課題であるソニックブーム低減に関して、JAXA が取り組んでいる小型無人試験機による設計概念実証 (D-SEND) プロジェクトの概要および成果について解説。

イ 「28-2 HondaJet 用 HF120 エンジンの開発」⁽²⁾ (エンジン・市場)

Honda における航空用ガスタービン・エンジン研究に関するこれまでの取組と、同社が小型ビジネスジェット機 HondaJet 用に開発した HF120 ターボファン・エンジンの性能や特徴について解説。

ウ 「28-3 ビジネスジェット機向け GE Passport 20 エンジンの開発」⁽³⁾

(エンジン・市場)

GE 社、SAB 社、JAEC の 3 社が、Bombardier 社の大型ビジネスジェット機 Global 7000 および 8000 用に共同開発した GE Passport 20 エンジンの概要や特長について解説。

エ 「28-4 航空機用アルミニウム合金開発の最近の動向～Recent Trend of development in Aluminium Alloys for Aircraft～」⁽⁴⁾ (機体・製造)

航空機材料の世界が CFRP に代表される複合材料を含むマルチマテリアルの時代に入ってくる中、CFRP の欠点を補う役割を担う航空機用アルミニウム合金開発の経緯および最近の動向、日本にとっての課題等について解説。

オ 「28-5 最近の降着装置システムに関する技術動向」⁽⁵⁾ (装備品・運航安全)

降着装置システムは、これまで新材料開発およびその設計・製造技術を中心に発展してきたが、最近では電動化技術の導入が積極的に進められるようになってきている。電動化を中心とした最近の技術動向について解説。

カ 「28-6 航空宇宙における特殊工程作業に関する国際的認証制度 (Nadcap)」⁽⁶⁾ (その他・製造)

航空宇宙・防衛部品製造におけるサプライヤの品質維持を目的とした特殊工程

管理のための国際的認証プログラムである Nadcap に関して、その概要および認証取得のための審査手続き、注意事項等について解説。

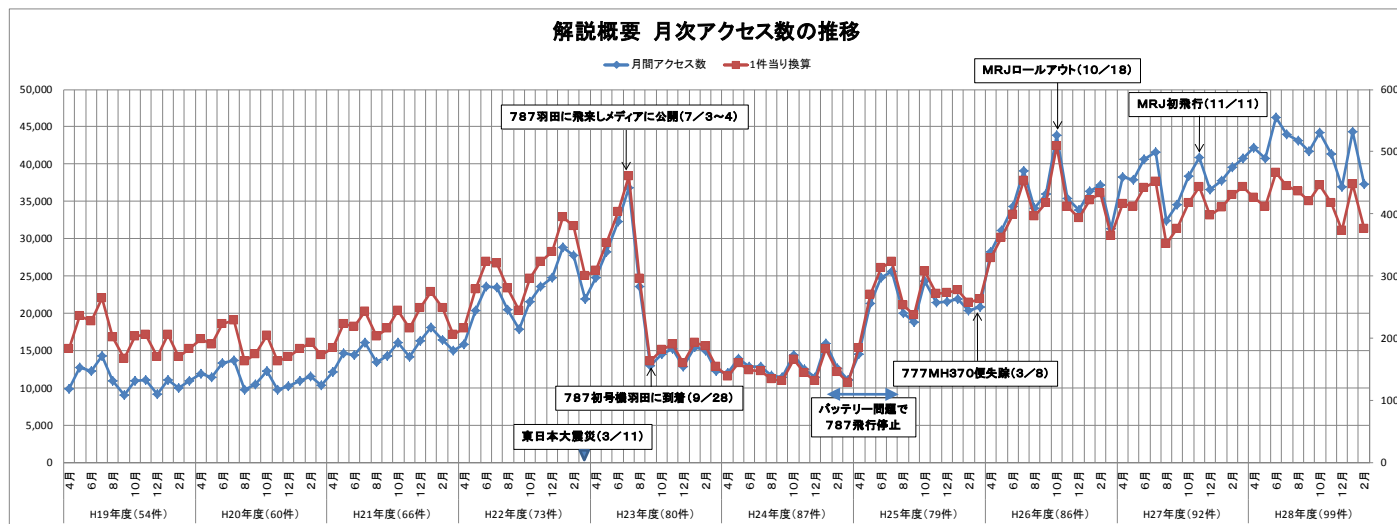
キ 「28-7 災害救援航空機情報共有ネットワーク (D-NET)」⁽⁷⁾

(交通管制・運航安全)

地震等の大規模災害時における、ヘリコプターを主とする救援航空機運用の現状と課題、および JAXA が中心となって開発が進められている災害救援航空機情報共有ネットワーク (D-NET) 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。解説概要への平成 28 年の年間アクセス件数は、約 50 万件 (月平均 4.2 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。

平成 12 年度から平成 28 年度までの月次アクセス数の推移を下図に示す。青が月間アクセス数 (左端スケール)、赤が解説事項 1 件当りに平均化した月間アクセス数 (右端スケール) を表している。平成 23 年度のボーイング 787 型機の羽田飛来及び型式証明取得の時期をピークに一旦件数が 1/3 近くまで激減したが、その後再び右肩上がりアクセス件数が伸びてきて、平成 26 年以降は先のピークとほぼ同じレベルまで回復していることが判る。



[3. 1. 1 項 出典(1)~(7) : 各、資料 2 の P2016D106~P2016D112 参照]

3. 2 大学・研究機関・企業等から公表された動向情報（機体関係）

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 47 期年会講演会⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾

平成 28 年 4 月 14 日、15 日の両日、日本航空宇宙学会第 47 期年会講演会が東京（東京大学本郷キャンパス山上会館）にて開催された。本年の参加者数は招待客を含め 389 名、口頭論文発表数は 129 件であった。今期は、特別講演 2 件、オーガナイズドセッション 4 件のほか、「若手企画セッション」、「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。なお、本年は、特別講演は年会講演会に登録していない一般にも公開され、会場から人があふれるほど多数の聴講者であった。

社員総会では、青木隆平前会長（東京大学）から、澤田恵介会長（東北大学）へバトンが引き継がれた。また本年度は、石川隆司先生、中道二郎先生の両名が名誉会員に推挙され、会員の集いにて、授与式が行われた。

オーガナイズドセッション：4 企画 40 件

「D-SEND#2」 8 件

「脱化石・水素・電動航空機技術」 5 件

「柔軟構造を用いた空力減速装置」 15 件

「宇宙からの超高性能観測を可能にする技術」 12 件

若手企画セッション：1 企画

「航空宇宙×ビッグデータ＝” ”」 5 件

第 25 回（平成 27 年度）学会賞の表彰

論文賞

○「Flight Trajectory Optimization for Operational Performance Analysis of Jet Passenger Aircraft」

Navinda Kithmal WICKRAMASINGHE、宮本 侑斗、原田 明德、小塚 智之、重富 貞成、宮沢 与和（九州大学）、Mark BROWN、福田 豊（電子航法研究所）

○「One-Dimensional H₂/O₂ Counterflow Diffusion Flame Simulation for Flamelet Table Construction at Supercritical Pressure」

溝渕 泰寛（宇宙航空研究開発機構）、平川 香林（アドバンスソフト）

技術賞〔基礎技術部門〕

○「分散型次世代運航技術（DREAMS）」

張替 正敏、辻井 利昭、奥野 善則、船引 浩平、又吉 直樹、石井 寛一、藤原 健、飯島 朋子、津田 宏果（宇宙航空研究開発機構）福島 莊之介、齊藤 真二、齋藤 享、吉原 貴之（電子航法研究所）

技術賞〔基礎技術部門〕

- 「民間航空エンジンのSGV(構造案内翼)およびファンケースへの複合材適用技術」
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 (代表者：盛田 英夫)

奨励賞

- 「A Self-separation Algorithm using Relative Speed for a High-density Air Corridor」
中村 陽一 (電子航法研究所)
- 「サーモパイルセンサを利用した小型姿勢検出システムの開発」
栗原 真之 (金沢大学)

特別講演

- 「国産旅客機 MRJ の開発と今後」
岸信夫 (三菱航空機 (株) 取締役副社長)
- 「21st Century Aviation –Challenges and Opportunities」
Jaiwon Shin (NASA 航空局長)

(2) 第 48 回流体力学講演会／

第 34 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム⁽⁵⁾⁽⁶⁾

平成 28 年 7 月 6 日 (水) ～ 8 日 (金) にかけて、第 48 回流体力学講演会/第 34 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウムが石川県金沢歌劇座で開催された。本年度は 300 名を超え、同シンポジウムとしては過去最高であり、147 件の一般講演があった。

講演会の初日には、Second Aerodynamics Prediction Challenge (APC-II)が開催された。本ワークショップは、実際の航空機設計の現場で課題となっている数値流体力学の諸問題を研究者が共有することにより、より実用的な数値流体力学コードの開発並びに同分野の活性化につなげることが目的である。米国航空宇宙学会 (AIAA) 主催の Drag Prediction Workshop で用いられている Boeing 777 クラスの標準模型 (NASA-CRM) 周りの遷音速流れを対象とし、様々な数値流体力学ソルバーを用いて解析した結果について報告があった。国内の大学・研究機関・企業を中心に、9 件の発表があった。また、対応した風洞試験結果や計測手法についても計 3 件の報告がなされ、数値解析結果と風洞試験結果のより詳細な比較のための議論がなされた。

講演会二日目、三日目には、一般講演並びに特別講演が行われた。

特別講演：

「航空宇宙と燃焼」 林 光一 教授 (青山学院大学)
“Aerospace and Combustion”

by Prof. A. Koichi Hayashi, Aoyama Gakuin University

“Advanced measurement techniques for high Re-number testing and CFD validation”

by Dr.-Ing. Lars Koop, Head of Department Experimental Methods
German Aerospace Center (DLR), Institute of Aerodynamics and Flow Technology

「科学稀観書で語る科学史 - 世界を変えた書物」 竺 覚曉 教授（金沢工業大学）
*金沢工業大学が収集したプリンキピアを初めとする科学稀観書コレクション『工学の曙文庫』の科学史的な紹介をしていただきます “Books that changed the world”
by Prof. Kagugyo S. Chiku, Kanazawa Institute of Technology

特別企画：

- FDC/ANSS 合同企画 1) 「EFD/CFD 融合・解析技術」：5 件
- FDC/ANSS 合同企画 2) 「民間超音速機実現のための空力設計技術」：13 件
- FDC/ANSS 合同企画 3) 「非定常空力と空力音響技術」：9 件
- FDC/ANSS 合同企画 4) 「低レイノルズ数流れ」：18 件
- FDC/ANSS 合同企画 5) 「航空教育支援フォーラム」：講演＋パネルディスカッション
- ANSS 企画 1) 「航空宇宙における HPC の動向-JSS2 重点課題」：7 件
- ANSS 企画 2) 「宇宙輸送を支えるシミュレーション」：9 件
- ANSS 企画 3) 「H3 ロケット開発を支える数値シミュレーション」：12 件
- FDC 企画 1) 「先進流体計測技術」：8 件
- FDC 企画 2) 「デトネーションおよび圧縮性反応流の応用」：12 件

（３）第 58 回構造強度に関する講演会^㉗

平成 28 年 8 月 3 日(水)～5 日(金)にかけて北海道大学において、「第 58 回構造強度に関する講演会」が開催された。航空機や宇宙機等の大型軽量構造物にかかわる構造材料や強度等に関する講演が行われた。本年度は、2 件の特別講演に加え、92 件の口頭発表が行われた。

特別講演 1

「複合材構造の最適化と同定」
福永久雄 氏（東北大学 教授）

特別講演 2

「いま、もっとも注目のワイン産地 北海道」

阿部 眞久 氏 (NPO 法人ワインクラスター北海道 代表)

(4) JAXA 航空シンポジウム 2016⁽⁸⁾

平成 28 年 10 月 13 日 (木) に、東京ビッグサイトで開催された「2016 年国際航空宇宙展」の併催イベントの 1 つとして開催された。

プログラム

13:30～14:00 「JAXA 航空技術部門が目指すもの
～高い技術にチャレンジ、社会・産業へスピーディに貢献～」
伊藤 文和 JAXA 理事／航空技術部門長

14:00～15:00 「航空分野におけるオープンイノベーションへの挑戦」
JAXA による航空イノベーションハブの取り組みと WEATHER-Eye コンソーシアム活動について講演。

■ J A X A 次世代航空イノベーションハブにおける取り組み

渡辺 重哉 JAXA 航空技術部門 次世代航空イノベーションハブ長

■航空輸送における特殊気象の影響と技術的課題

北田 裕一 日本航空株式会社 整備本部 副本部長

■機体防着氷技術に関わるこれまでの取組と今後の課題

木村 茂雄 神奈川工科大学 工学部 機械工学科 教授

15:00～16:00 【パネルトーク】

「MRJ 開発が拓く航空産業の将来と JAXA 航空が果たすべき役割」

・パネリスト

佐倉 潔 三菱航空機株式会社 技術本部 副本部長

大貫 武 JAXA 航空技術部門 航空プログラムディレクタ

・コーディネータ

寺門 和夫 科学ジャーナリスト

(5) 第 54 回 飛行機シンポジウム⁽⁹⁾

平成 28 年 10 月 24 日 (月) ～26 日 (水) にかけて富山市富山国際会議場において、「第 54 回 飛行機シンポジウム」が開催された。本年度は APISAT2016 と併催され、一般講演、企画講演、学生講演を合わせて 246 件の発表がなされた。

企画講演セッション

- ・ 航空の発展を支える航空技術 5 件
- ・ 翼面上デバイスによる流体制御 5 件
- ・ 民間超音速機実現に向けた研究開発 8 件
- ・ **First Aerodynamics Prediction Challenge (APC II)** 8 件
- ・ 機体騒音低減技術の飛行実証 (FQUROH) プロジェクトの現状 7 件
- ・ 風洞技術 ～最新の画像計測技術の動向～ 8 件
- ・ **JAXA** における航空機開発の高速化を目指した研究開発 5 件
- ・ ヘリコプタの先進技術 7 件
- ・ SafeAvio についての取り組み 4 件
- ・ 次世代航行技術 4 件
- ・ ロボット／センサー技術の動向 4 件
- ・ 航空宇宙機の雷対策 9 件
- ・ 航空機製造における最新生産技術の動向 5 件
- ・ 実運航データを用いた研究開発 8 件
- ・ 気象影響防御技術 (WEATHER-Eye) コンソーシアムの活動・研究 4 件
- ・ 無人機の飛行誘導制御・飛行試験 11 件
- ・ 低コスト機体開発を実現するための数値シミュレーション技術 7 件
- ・ 航空宇宙分野における材料技術 17 件
- ・ 航空機の搭載物分離特性に関する複合的研究 5 件
- ・ 航空ビジョン in 2016 4 件

一般講演：95 件

学生講演：16 件

特別講演は下記の 5 件が行われた。

- 1) 富山県警察山岳警備隊の活動状況 高瀬洋 (富山県警察)
- 2) CARATS における指標分析 伊藤正宏 (国土交通省航空局)
- 3) The Art and Practice of Innovation (APISAT2016 と合同)
Mr. Ronald Lopez, Boeing Defense, Space & Security
- 4) 日の丸ジェットを世界のベストセラー旅客機に・メーカーとユーザーの開発協力体制
松浦一夫 (全日本空輸株式会社)
- 5) 特別講演 事故調査の過去 30 年 後藤昇弘 (元運輸安全委員会委員長)

3. 2. 2 国際学会等における研究開発動向

(1) SCITECH2016 関連⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾

平成 28 年 1 月 4 日～8 日にかけて、米国 San Diego（カルフォルニア州）にて SCITECH2016 が開催された。SCITECH2015 は米国航空宇宙学会（AIAA）が主催する航空宇宙全般に関する会議である。本年度は 39 カ国 800 以上の研究機関からの参加があり、2,584 件の講演発表があった。

各講演会と発表件数の内訳：

15th Dynamics Specialists Conference	40
18th AIAA Non-Deterministic Approaches Conference	39
24th AIAA/AHS Adaptive Structures Conference	36
34th Wind Energy Symposium	77
3rd AIAA Spacecraft Structures Conference	47
54th AIAA Aerospace Sciences Meeting	1405
57th AIAA/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference	352
AIAA Atmospheric Flight Mechanics Conference	97
AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference	260
AIAA Infotech @ Aerospace	128
AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference	103
Grand Total	2584

国別講演件数：

United States	1765
United Kingdom	131
Germany	113
Japan	93
Canada	70
Netherlands	67
China	57
France	36
Korea (the Republic of)	31

特別講演：

- 1) Aerospace Science and Technology Policy in the 2016 Political Arena
- 2) Aerospace Generations - Lessons Learned from a Half Century of Innovation in Aerospace Technology

- 3) Designing for Resilience
- 4) Aerospace Frontiers - Strengthening Collaboration For Continued Progress
- 5) Commercial Use of Unmanned Systems

(2) 22nd AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference⁽¹³⁾

平成 28 年 5 月 30 日 (月) ~ 6 月 1 日 (水) にかけて、リヨン (フランス) にて 22nd AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference が開催された。本講演会では主として航空機の空力音響に関連した研究発表が行われる。2014 年以降、AIAA AVIATION の中で開催されるようになったが、本講演会は欧州の CEAS との共催であることから、三年に一度欧州で開催される。航空機の騒音発生、伝播、そして騒音低減を対象とし、風洞試験、音響試験、数値解析など幅広い分野の研究成果についての報告があった。

特別講演：

1) Jeremy Astley, (ISVR, University of Southampton)

Propagation and radiation modelling for fan noise. Can CAA tools deliver accurate predictions?

2) Cédric Morel, (Safran-Snecma)

Future power plant systems challenges

3) Sanjiva Lele, (Stanford University)

A Second Golden Age for Aeroacoustics ? Aeroacoustic Modeling - a view towards the future

また、本年は Aeroacoustics Conference に引き続きリヨン (フランス) にて、2016 年 6 月 2 日 (木) - 3 日 (金) の日程で 4th AIAA Workshop on Benchmark Problems for Air frame Noise Computations (BANC-IV) が開催された。航空機機体空力騒音を対象とし、その数値計算技術の向上を目指したものである。NASA, ONERA, DLR, JAXA などの研究機関を中心に、研究成果の発表が行われた。

(3) AIAA AVIATION 2016 関連⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾

平成 28 年 6 月 13 日 (月) ~ 17 日 (金) にかけて、米国ワシントン D.C. にて AVIATION 2016 が開催された。AVIATION 2016 は米国航空宇宙学会 (AIAA) が主催する講演会の中で航空機に関するものが集約されたものであり、12 の講演会が併催された。本年度は 34 カ国 600 以上の研究機関からの参加があり、1548 件の講演発表があった。尚、Honda Aircraft Company の藤野道格氏が、HondaJet の開発についての特別講演を行った。特別講演については、AIAA のウェブサイトから動画を視聴できる。

各講演会と発表件数の内訳：

16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference	252
17th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference	108
32nd AIAA Aerodynamic Measurement Technology and Ground Testing Conference	84
34th AIAA Applied Aerodynamics Conference	199
46th AIAA Fluid Dynamics Conference	347
46th AIAA Thermophysics Conference	137
47th AIAA Plasmadynamics and Lasers Conference	42
8th AIAA Atmospheric and Space Environments Conference	106
8th AIAA Flow Control Conference	91
AIAA Atmospheric Flight Mechanics Conference	62
AIAA Flight Testing Conference	21
AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference	99
Grand Total	1548

国別講演件数：

United States	949
China	130
Germany	84
United Kingdom	63
Canada	43
France	40
Japan	36
Brazil	32

特別講演：

- 1) The Second Century of Flight — Looking Back to Look Forward
Michael Delaney, Vice President and General Manager, Airplane Development, Boeing Commercial Airplanes
- 2) Making Dreams into Reality — The Epochal Stories That Define The Boeing Company
Michael Lombardi, Director of Boeing Archives, The Boeing Company
- 3) Renewing Innovation in U.S. Aeronautics
Congressman Steve Knight (R-CA), House Committee on Science, Space, and Technology

4) Balancing Innovation and Inspiration The HondaJet

Michimasa Fujino, President & CEO, Honda Aircraft Company

5) Cybersecurity

Richard A. Clarke, Chairman & CEO, Good Harbor Security Risk Management, LLC

6) The Ascent of (Un)manned

John S. Langford, Chairman and Chief Executive Officer,

Aurora Flight Sciences Corporation

7) Concept to Reality — Our Journey to Transforming Aviation

Charles F. Bolden Jr., Administrator, NASA

(4) ICAS2016 関連⁽¹⁶⁾

平成 28 年 9 月 25 日（月）～30 日（金）にかけて、韓国大田(テジョン)にて ICAS2016 が開催された。ICAS は 1957 年にセオドア・フォン・カルマンによって創立された航空関連唯一の国際的な組織であり、30 カ国の航空関連の学会とそのメンバーから構成されている。本年度は 1958 年にマドリッドで開催された第 1 回目から数えて、第 30 回目の記念大会となった。38 カ国より約 600 名の参加者があり、2 件の特別講演、5 件の招待講演(General Lecture)が行われた。尚、招待講演の一つでは、JAXA が 2015 年度に実施した D-SEND#2 飛行試験の成功を受け、これまで JAXA を中心に進められている超音速旅客機研究開発について、吉田憲司氏（JAXA）より発表があった。

研究発表分野：

1. Aircraft and Systems Integration
2. Aerodynamics
3. Materials and Structures
4. Propulsion
5. Flight Dynamics and Control
6. Systems, Subsystems and Equipments
7. Manufacturing and Supply Chain Management
8. Air Transport System Efficiency
9. Safety and Security
10. Challenge of the Environment
11. Operations and Sustainment

特別講演：

1) ICAS DANIEL & FLORENCE GUGGENHEIM MEMORIAL LECTURE

Seung Jo Kim, Design, Development and Flight test of Vertical Take-Off and Landing

UAV, Cyclocopter

2) ICAS PAUL KEUK CHANG LECTURE FOR INNOVATION IN AERONAUTICS -

Leitung: Joao Luiz Azevedo, EC member, BR

- Gregg Pyers, The JSF Lift System

3) VON KARMAN LECTURE - Leitung: Susan Ying, Chair ICAS Programme Committee, US

- Gordon McConnel, Didier Evard, The Airbus 350 XWB Programme

招待講演：

1) General Lecture 1 (Part 1) - Leitung: Christian Mari, ICAS president, FR

- Sebastien Remy, Airbus / Keoki Jackson LMCO, Airframer vision of the aircraft of the future

General Lecture 1 (Part 2) - Leitung: Christian Mari, ICAS president, FR

- Mike Sinnett, Boeing / Frank Haselbach, Rolls Royce / Bruno Stoufflet, Dassault Aviation / Sung Sub Jang, Korean Aerospace Industry , What do Airframers want from Equipment makers in terms of leading edge technologies

2) General Lecture 2 - Leitung: Shinji Suzuki, SPSC Chair, JP

- Kenji Yoshida, D-SEND#2 - Flight tests for low sonic boom design technology

3) General Lecture 3 - Leitung: Gunnar Holmberg, ICAS treasurer, SE

- Ed Crawley, Complex System Architecture

4) General Lecture 4 - Leitung: Detlef Müller-Wiesner, Honorary fellow, DE

- Chantal Fualdes, Experience and Lessons of a full composite passenger aircraft development

(5) Greener Aviation 2016⁽¹⁷⁾

平成 28 年 10 月 11 日 (火)～13 日 (木) にかけて、ブリュッセル (ベルギー) にて Greener Aviation 2016 が開催された。今回の会議では、2008 年より始まった Clean Sky1 (FP7) の最終報告や 2014 年より始まった Clean Sky2 (Horizon 2020) の経過報告を中心に、non-EU の成果 (カナダ、日本、ロシア、米国) も含めて 145 件の口頭発表、5 つの Round Table セッションが行われた。25 カ国 (13 ヨーロッパ、12 ヨーロッパ外) より 317 名の参加者があった。会議では、航空機、推進器、装備品、システム技術、航法、温室効果ガス低減、環境汚染と騒音、をテーマとした講演が行われた。セッションタイトルと講演件数は下記の通りである。

1) 一般講演

New Aircraft Configuration 10

Material & Eco-design 13
Evaluation of environment impact 14
Propulsion 18
Onboard energy management 13
Noise reduction 21
Aerodynamics 19
Structure 17
Green and safe systems and operation 9
Alternative fuels 6

2) Round Table

- International National programs

Moderator : Valérie GUÉNON, Conference chair

Fayette COLLIER, NASA, USA

Sylvain COFSKY, GaRDN, Canada

Hiroyuki HIRABAYASHI, NEDO, Japan - Mr. TAKAHASHI, METI, Japan

Serguei CHERNYSHEV, TsAGI, Russia

Moderator : Valérie GUÉNON, Conferene Chair

- Atmospheric Impact of Aviation

Moderator : Giuseppe Pagnano, Clean Sky JU

Philippe NOVELLI, R&T Director, ONERA

Olivier PENANHOAT, Research & Technology, Safran Aircraft Engines

Inmaculada GOMEZ, ITAKA Coordinator, SENASA

Robert SAUSEN, Institute of Atmospheric Physics, DLR

- Towards Electric Propulsion

Moderator : Christian Mari, 3AF

Peter ROSTEK, Head of Hybrid Electric Propulsion, Airbus Group

Michael CERVENKA, Head of Future Technologies, Rolls Royce

Pierre-Alain LAMBERT, Head of Energy & Propulsion R&T, Safran

Igor PERKON, R&D Program Manager, Pipistrel

- Airlines and airports point of view on disruptive configurations and operations

Moderator : Eric Dautriat, ex-Executive Director, CSJU

Thomas ROETGER, Deputy Director, Aviation Environment - Technology, IATA

Chris SCHNEIDER, Senior Airside Masterplanner, Munich Airport

Ron van MANEN, Program Manager, Clean Sky JU

Kay PLOTNER, Team leader, Bauhaus Institute

(6) APISAT-2016 関連⁽¹⁸⁾

2016 年 10 月 25 日 (火) ～27 日 (木) にかけて、富山市富山国際会議場にて 2016 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT-2016) 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り、本年度は日本開催ということで第 54 回飛行機シンポジウムと併催された。空気力学、推進、構造、誘導制御・無人航空機等のテーマを中心とした発表が行われた。

一般講演 (300 件)

誘導制御・システム・UAV 111 件

空力・空力設計 79 件

構造 59 件

推進 51 件

特別講演

- 1) The Art and Practice of Innovation Mr. Ronald Lopez, Boeing Defense, Space & Security
- 2) Active Control of Flow Separation and Drag Reduction Prof. Song Fu, Tsinghua University
- 3) Principal Results of Low Sonic Boom Flight Demonstration in the D-SEND Project of JAXA Dr. Kenji Yoshida, JAXA
- 4) "Propellers, small and big alike," Prof. Jon Ahn, Sejong University
- 5) "Airborne Remote Sensing for Evaluation of Environmental Change," Prof. Jason Middleton, University of New South Wales

[3. 2 項 出典(1)～(18) : 各、資料 3 の P2016D405～P2016D422 参照]

第4章 平成28年度海外調査報告

4.1 調査目的

(1) 調査目的

平成28年度事業「航空機等に関する技術動向調査委員会」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) 調査訪問先の選定

Future Aircraft、Green Aviation の技術研究動向を主眼に調査し、関係する技術者・研究者と意見交換を行うことを基本に、以下を選定した。

<カナダ モントリオール地区>

ア CAE 社

イ Consortium for Research and Innovation in Aerospace in Quebec(CRIAQ)

<米国 東部・西部地区>

ウ NASA Langley Research Center(LaRC)

エ NASA Ames Research Center(ARC)

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28年11月 6日(日): 成田出発、Washington DC 経由 Montreal 入り

平成28年11月 7日(月): CAE 社訪問及び CRIAQ 訪問

平成28年11月 8日(火): 移動日 (Montreal から Norfolk へ移動)

平成28年11月 9日(水): NASA Langley Research Center 訪問

Norfolk から San Francisco に移動

平成28年11月10日(木): NASA Ames Research Center 訪問

平成28年11月11日(金): San Francisco から帰国

平成28年11月12日(土): 成田到着

イ 調査団メンバー

石川 隆司 委員長 (調査団長)

寺本 進 委員

横倉 修一 企画調査部長 (事務局)

(2) 調査結果概括

ア カナダ航空機産業の現状と先端技術開発状況等の資料収集等

a. CAE 社訪問

モントリオール国際空港の南西に隣接した工業団地にある社屋を訪問し、その活動状況を調査した。シミュレータ製造のリーディング・カンパニーであるが、最近ではシミュレータ製造からそのシミュレータを使用した訓練サービスに力点を移しつつあり、訓練サービスの売り上げが機器製造のそれを上回るようになってきている。また、CAE は民間航空機パイロット養成においても世界シェア 1 位を占めている。今後、世界的なパイロット需要の高まりに応じて、パイロット養成だけでなくパイロットの事派遣業務も視野に入れているとのことである。他に、フライトシミュレーション技術を活かし、医療用機器、ヘルスケア関連、手術・採掘・Fire Fighting 等のシミュレータなど、航空以外の分野への進出をはかっている。ミスの許されないオペレーションの訓練という点で、飛行訓練と共通する要素がある。

b. CRIAQ(Consortium for Research and Innovation in Aerospace in Quebec)訪問

ケベック州航空宇宙研究革新連合体 (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・研究機関と産業界を連携させ業界主導の共同研究を推進するというユニークなビジネスモデルとなっている。

今回は、ケベック州のイノベーション・センターが仲立ちとなって、CRIAQ 及び環境技術の研究開発を行っている GARDN の代表者らとディスカッションを行う機会を得た。

イ 米国航空研究機関の現状と先端技術開発状況等の資料収集等

a. NASA Langley Research Center 訪問

LaRC は、NASA の 4 つある研究所 (Langley, Ames, Glenn, Armstrong Flight RC) の中でも最初に設立された研究所であり、米国東海岸のバージニア州ハンプトンにあり、今年開設 100 周年を迎える。研究対象は航空機技術の広くカバーしており、今日の旅客機に用いられているフライバイワイヤ、遷音速機のエリアルール、B787 のシェブロンノズル、ウィングレットなどは NASA 航空の研究成果である。近年では航空関係のみならず、火星ミッション、地球観測など NASA の様々なプロジェクト関連の他、“911 Call” として緊急のトラブル対応にもあたっている。

今回の訪問では、将来旅客機の研究及び複合材部品の自動製造に関する研究状況のプレゼン及び試作品見学を行う機会を得た。

b. NASA Ames Research Center 訪問

ARC はサンフランシスコの 60km 南のシリコンバレーに位置する米国西海岸の研究拠点で、1939 年に NACA 研究所として設立されて以降、風洞試験・飛行試験・数値シミュレーションによる航空技術開発のみならず、宇宙プロジェクトも含めた米国の航空宇宙プロジェクトをリードして来ている。現在の主要な航空系研究部門としては

- ・ Aviation Systems Division
- ・ Aeromechanics Office
- ・ Systems Analysis Office
- ・ Intelligent Systems Division
- ・ Human Systems Integration Division
- ・ Wind Tunnel Division

がある。

今回の訪問では、歴史的な研究設備、Vertical Motion Simulator（以下 VMS と称す。）、低速・亜音速・遷音速・超音速複合風洞の施設を見学する機会を得た。

4. 3 訪問先面会者一覧

<カナダ>

CAE 社

Ms. Helene V. Gagnon, Vice President, Public Affairs and Global Communications

Mr. Houssam Alaouie, M.Eng. Director, Research & Development Programs
and University Relations Technology and Innovation

Mr. Aulelian Constantinescu, PhD, Project Manager, Research&Development Programs
and University Relations Technology and Innovation

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

Ms. Helene V. Gagnon, Vice President, Public Affairs and Global Communications

Mr. Houssam Alaouie, M.Eng. Director, Research & Development Programs
and University Relations Technology and Innovation

Mr. Aulelian Constantinescu, PhD, Project Manager, Research&Development Programs
and University Relations Technology and Innovation

GARDN (Green Aviation Research & Development Network)

Mr. Sylvain Cofsky, Exective Director

CARIC (Consortium for Aerospace Research and Innovation in Canada)

Ms. Helene V. Gagnon, Vice President, Public Affairs and Global Communications

Mr. Houssam Alaouie, M.Eng. Director, Research & Development Programs
and University Relations Technology and Innovation

Mr. Aulelian Constantinescu, PhD, Project Manager, Research&Development Programs
and University Relations Technology and Innovation

Ministere de l'Economie, de la Science et de l'Innovation Quebec

Ms. Magdalena Planeta, Coordinator, International Partnerships Innovation Sector

Ms. Inji Yaghmour, International Affairs Advisor,

International Partnerships Innovation Sector

< 米国 >

NASA Langley Research Center

Mr. Clayton P. Turner, Deputy Director

Mr. George Finelli, Director for Aeronautics Research

Mr. Bill Bissett, Operations Manager, National Transonic Facility

Mr. Frank Quinto, Facility Manager

Mr. Doug Nark, Structural Acoustic Branch

Mr. Mark Guynn, Aeronautics Systems Analysis Branch

Ms. Sally Viken, Configuration Aerodynamics Branch

Ms. Karen Taminger, Advanced Materials & Processing Branch

Mr. Ray Grenoble, Structural Mechanics & Concepts Branch

NASA Ames Research Center

Ms. Huy K. Tran, Director Aeronautics Directorate

Mr. William R. Van Daisem, PhD, Deputy Director Aeronautics Directorate

Mr. Girish Chachad, Simulation Labs Outreach Manager

Mr. Frank Kmak, Chief, Wind Tunnel Operations Branch

第5章 まとめ

5. 1 今後の調査課題

- (1) 平成28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 5,001 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 3,605 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運航及び開発とそれらに搭載する新型エンジンの量産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12月末現在)

また、ナローボディ市場でボーイング社とエアバス社に挑もうとしているボンバルディア社では、CSeries 型機の CS100 と CS300 の生産が、エンジンの生産遅れの影響はあるものの、ケベック州の投資を得て、増産に向けて順調に推移し始めている。ブラジルでは、エンブラエル社が E-Jet E2 型機ファミリーの開発を進めており、E190-E2 型機は 2018 年から商用運航を開始する予定である。ロシアでは、6月にイルクート社の MC-21 型機がロールアウトした。中国では、既にロールアウトを済ませた C919 型機が、2017 年4月頃の初飛行へ向けて準備を進めている。

国内では、半世紀ぶりとなる国産旅客機 MRJ が、型式証明取得に向けて米国で試験を進めるため飛行試験機2機が自力で飛行渡米した。また、4月には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 が初飛行を成功させるなど、我が国の航空機産業にとって記念すべき出来事があった。

- (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, MC-21, 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28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28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、カナダ・モントリオール、米国バージニア州とカリフォルニア州にて企業（CAE）、公的研究機関（CRIAQ、NASA LaRC & ARC）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28年1月～平成28年12月）

資料番号	標 題
P2016D001	経済産業省「航空機産業戦略策定以降の取組について」（平成28年12月26日） http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/seizou/airplane_space/pdf/001_02_00.pdf
P2016D002	国土交通省ホームページ「航空安全情報自発報告制度〔VOICES〕について」 http://www.mlit.go.jp/common/001047254.pdf
P2016D003	国土交通省ホームページ「第6回将来の航空交通システムに関する推進協議会」 http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk13_000009.html
P2016D004	国土交通省ホームページ「国際的取り組み」 http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk1_000021.html
P2016D005	文部科学省ホームページ「航空科学技術委員会 議事要旨・議事録・配付資料」 http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/004/giji_list/index.htm
P2016D006	経済産業省「防衛装備の海外移転の許可の状況に関する年次報告書」（平成27年10月） http://www.meti.go.jp/press/2015/10/20151015007/20151015007-3.pdf
P2016D007	経済産業省「防衛装備の海外移転の許可の状況に関する年次報告書」（平成28年8月） http://www.meti.go.jp/press/2016/08/20160831005/20160831005-1.pdf

資料2 関係団体の刊行物リスト（平成28年1月～平成28年12月）

資料番号	標 題
P2016D101	日本航空宇宙工業会「航空と宇宙」(2016.7月号 No.751 P49-51) http://www.sjac.or.jp/common/pdf/kaihou/201607/20160709.pdf
P2016D102	日本航空宇宙工業会「航空と宇宙」(2017.1月号 No.757 P40-41) http://www.sjac.or.jp/common/pdf/kaihou/201701/20170111.pdf
P2016D103	公益財団法人航空輸送技術研究センター 第23回 航空輸送技術講演会 要約集「これからの航空安全情報の保護、共有と活用について」 http://www.atec.or.jp/03_symposium/H28_23/第23回航空輸送技術講演会要約集(HP公開版).pdf
P2016D104	ブランク
P2016D105	ブランク
P2016D106	公益財団法人航空機国際共同開発促進基金解説概要 28-1 静粛超音速機技術の研究開発～低ソニックブーム設計概念実証(D-SEND)プロジェクト～ http://www.iadf.or.jp/document/pdf/28-1.pdf
P2016D107	公益財団法人航空機国際共同開発促進基金解説概要 28-2 HondaJet 用 HF120 エンジンの開発 http://www.iadf.or.jp/document/pdf/28-2.pdf
P2016D108	公益財団法人航空機国際共同開発促進基金解説概要 28-3 ビジネスジェット機向け GE Passport 20 エンジンの開発 http://www.iadf.or.jp/document/pdf/28-3.pdf
P2016D109	公益財団法人航空機国際共同開発促進基金解説概要 28-4 航空機用アルミニウム合金開発の最近の動向～Recent Trend of development in Aluminium Alloys for Aircraft～ http://www.iadf.or.jp/document/pdf/28-4.pdf
P2016D110	公益財団法人航空機国際共同開発促進基金解説概要 28-5 最近の降着装置システムに関する技術動向 http://www.iadf.or.jp/document/pdf/28-5.pdf
P2016D111	公益財団法人航空機国際共同開発促進基金解説概要 28-6 航空宇宙における特殊工程作業に関する国際的認証制度 (Nadcap) http://www.iadf.or.jp/document/pdf/28-6.pdf
P2016D112	公益財団法人航空機国際共同開発促進基金解説概要 28-7 災害救援航空機情報共有ネットワーク (D-NET) (http://www.iadf.or.jp/document/pdf/28-7.pdf)

資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト（平成28年1月～平成28年12月）

資料番号	標 題
P2016D201	Airbus Press Release(2017年1月11日)
P2016D202	Boeing News Releases/Statements(2017年1月6日)
P2016D203	Ascend Data(2017年1月24日)
P2016D204	ATR PRESS RELEASES(2017年1月23日)
P2016D205	Flightglobal (2016年12月8日)
P2016D206	Aviation Week(2016年12月12日)
P2016D207	Aviation Week(2016年11月28日)
P2016D208	日本経済新聞 (2016年11月30日)
P2016D209	REUTERS (2016年4月21日)
P2016D210	Flightglobal(2016年7月11日)
P2016D211	Aviation International News(2016年12月8日)
P2016D212	Aviation Wire(2016年12月9日)
P2016D213	Flightglobal(2016年3月11日)
P2016D214	Aviation Wire (2016年5月23日)
P2016D215	Aviation Wire (2016年7月29日)
P2016D216	Bloomberg News(2016年6月30日)
P2016D217	Aviation Wire (2016年7月15日)
P2016D218	Aviation International News(2016年9月22日)
P2016D219	AINOnline (2016年3月14日)
P2016D220	Airbus Press Release (2016年4月25日)
P2016D221	Airbus Press Release (2016年5月17日)
P2016D222	FlyTeam (2016年4月15日)
P2016D223	Flightglobal (2016年3月9日)
P2016D224	Flightglobal (2016年7月22日)
P2016D225	Flightglobal (2016年2月12日)
P2016D226	Flightglobal (2016年3月17日)
P2016D227	Airbus Press Release (2016年12月15日)
P2016D228	Flightglobal (2016年3月1日)
P2016D229	Flightglobal (2016年3月29日)
P2016D230	Flightglobal (2016年5月18日)
P2016D231	Aviation Wire (2016年6月1日)
P2016D232	Airbus Press Release (2016年11月24日)
P2016D233	FlightGlobal (2016年11月24日)
P2016D234	Flightglobal (2016年7月13日)

資料番号	標 題
P2016D235	Flightglobal (2016 年 10 月 19 日)
P2016D236	Flightglobal (2016 年 4 月 5 日)
P2016D237	Aviation Wire (2016 年 5 月 24 日)
P2016D238	Flightglobal (2016 年 6 月 16 日)
P2016D239	Flightglobal (2016 年 6 月 29 日)
P2016D240	Flightglobal (2016 年 6 月 30 日)
P2016D241	Flight International (2016 年 10 月 18 日-24 日)
P2016D242	Aviation Wire (2016 年 11 月 29 日)
P2016D243	Aviation International News(2016 年 11 月 28 日)
P2016D244	Flightglobal (2016 年 7 月 1 日)
P2016D245	Financial Post(2016 年 7 月 15 日)
P2016D246	Flightglobal (2016 年 12 月 20 日)
P2016D247	FlightGlobal (2016 年 11 月 1 日)
P2016D248	CFM Press Release (2016 年 12 月 21 日)
P2016D249	Flightglobal (2016 年 6 月 28 日)
P2016D250	Flightglobal (2016 年 9 月 2 日)
P2016D251	Flightglobal (2016 年 4 月 26 日)
P2016D252	三菱航空機ニュースレター (2016 年 5 月)
P2016D253	Flightglobal (2016 年 8 月 28 日)
P2016D254	Flightglobal (2016 年 9 月 29 日)
P2016D255	Aviation Wire (2016 年 11 月 21 日)
P2016D256	Aviation Wire (2016 年 11 月 22 日)
P2016D257	Flightglobal (2017 年 1 月 23 日)
P2016D258	SuperJet International (2011 年)
P2016D259	Aviation week(2016 年 7 月 13 日)
P2016D260	Flightglobal (2016 年 10 月 21 日)
P2016D261	Flightglobal Ascend Data (2016 年 10 月)
P2016D262	Flightglobal (2016 年 12 月 22 日)
P2016D263	Aviation Daily(2016 年 12 月 22 日)
P2016D264	Flightglobal (2016 年 7 月 13 日)
P2016D265	Flightglobal (2016 年 7 月 19 日)
P2016D266	https://www.cfmaeroengines.com/press-articles/cfm-news-release-first-leap-1a-powered-a320neo-aircraft-delivered-pegasus-airlines/
P2016D267	Flight International 2-8 August 2016
P2016D268	http://bikeshop.geaviation.com/magnificent-technologies/first-flight-for-leap-1a-powered-airbus-a321neo/

資料番号	標 題
P2016D269	Flight International 10-16 May 2016
P2016D270	http://bikeshop.geaviation.com/magnificent-technologies/cfm-leap-1b-achieves-joint-certification/
P2016D271	Flight International/ 22-28 Mar 2016
P2016D272	http://www.geaviation.com/press-release/genx-engine-family/first-full-ge9x-engine-hits-mark-ground-testing
P2016D273	http://www.geaviation.com/press-release/business-general-aviation/ge-passport-achieves-faa-certification-business-jet
P2016D274	http://www.pratt-whitney.com/Press/Story/20150402-1330/2015/All%20Categories
P2016D275	http://aviationweek.com/commercial-aviation/pratt-whitney-ships-first-modified-a320neo-engines
P2016D276	Flight International/ 19-25 Apr 2016
P2016D277	http://www.purepowerengine.com/press/14052000.htm
P2016D278	http://www.pw.utc.com/Press/Story/20160509-1000
P2016D279	Flight International/ 17-23 May 2016
P2016D280	http://news.commercialaircraft.bombardier.com/pw1500g-engine-receives-easa-certification/
P2016D281	http://www.bombardier.com/en/media/newsList/details.swiss-launches-revenue-service-with-state-of-the-art-bombardier-bombardiercom.html
P2016D282	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ MAY 23—JUNE 5, 2016
P2016D283	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ FEBURARY 29—MARCH 13, 2016
P2016D284	http://www.rolls-royce.com/media/press-releases/yr-2016/pr-2016-02-16-rr-launches-enhanced-performance-trent-xwb-with-singapore-airlines-as-first-customer.aspx
P2016D285	http://bikeshop.geaviation.com/magnificent-technologies/dust-vs-cmcs-a-cool-winner/
P2016D286	http://www.rolls-royce.com/media/press-releases/yr-2016/11-07-2016-trent-1000-ten-certified-by-easa.aspx
P2016D287	http://www.rolls-royce.com/media/insights/simon-burr.aspx
P2016D288	http://bikeshop.geaviation.com/industrial-internet/predix-powers-fleet-support/
P2016D289	http://news.microsoft.com/2016/07/11/ge-and-microsoft-partner-to-bring-predix-to-azure-accelerating-digital-transformation-for-industrial-customers/#sm.0000odapqznr4e5av552qpcngcjtz
P2016D290	https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/yr-2016/11-07-2016-rr-takes-totalcare-digital-with-microsoft-and-singapore-airlines.aspx
P2016D291	http://www.pw.utc.com/Press/Story/20160712-0300/2016/All%20Categories
P2016D292	http://www.rolls-royce.com/media/press-releases/yr-2016/24-11-2016-rr-trent-xwb-powers.aspx
P2016D293	http://www.pw.utc.com/Press/Story/20160216-0015/2016/All%20Categories
P2016D294	http://bikeshop.geaviation.com/advanced-manufacturing/sweet-home-alabama-ge-aviation-to-build-unique-materials-factories-in-huntsville/

資料番号	標 題
P2016D295	http://www.geadditive.com/press-releases/ge-well-positioned-to-accelerate-additive-revolution.html
P2016D296	Flight International 18-24 Oct 2016
P2016D297	http://bikeshop.geaviation.com/product/a-leap-forward-the-leap-1-c-becomes-third-member-of-engine-family-to-earn-joint-faa-easa-certification/
P2016D298	http://www.bombardier.com/en/media/newsList/details.bba-20161104-bombardier-global-7000-aircraft-successfully-comple.bombardiercom.html
P2016D299	http://www.rolls-royce.com/media/press-releases/yr-2016/08-12-2016-rr-tr ent-1000-ten-powers-boeing-787-for-first-time.aspx
P2016D300	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ DECEMBER 5-25, 2016
P2016D301	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ JANUARY 9-22, 2017
P2016D302	SESAR JU website, http://www.sesarju.eu/newsroom/brochures-publications/sesar-solutions-catalogue
P2016D303	SESAR JU website, http://www.sesarju.eu/newsroom/all-news/sesar-2020-exploratory-research-gets-underway
P2016D304	SESAR JU website, http://www.sesarju.eu/newsroom/all-news/sesar-2020-industrial-research-projects-get-underway
P2016D305	SESAR JU website, http://www.sesarju.eu/newsroom/all-news/call-launched-exploratory-research-projects-drone-integration-civil-airspace
P2016D306	SESAR JU website, http://www.sesarju.eu/newsroom/all-news/new-call-launched-sesar-exploratory-research-and-very-large-scale-demonstration
P2016D307	国土交通省ウェブサイト（将来の航空交通システムに関する推進協議会） http://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr13_000006.html
P2016D308	SESAR JU website, http://www.sesarju.eu/newsroom/all-news/demonstrating-rpas-integration-european-aviation-system
P2016D309	NASA website, http://www.nasa.gov/feature/two-month-uas-flight-test-series-concludes
P2016D310	NASA website, https://www.nasa.gov/aeroresearch/programs/iasp/uas/flight-test-series4
P2016D311	AIAA2016-3292, Parimal Kopardekar, et al., Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) Concept of Operations
P2016D312	NASA website, https://www.nasa.gov/feature/ames/nasa-plans-first-beyond-visual-line-of-sight-drone-demonstration-in-nevada
P2016D313	SESAR website, http://www.sesarju.eu/newsroom/all-news/call-launched-exploratory-research-projects-drone-integration-civil-airspace
P2016D314	Global UTM Association website, https://utm.aero/
P2016D315	JUTM website, http://www.jutm.org/index.html
P2016D316	Popular Mechanics (2016 年 7 月 13 日)

資料番号	標 題
P2016D317	Aviation Week (2016 年 2 月 22 日)
P2016D318	American Genius (2016 年 5 月 12 日)
P2016D319	NASA (2015 年 11 月 6 日)
P2016D320	Aviation Week(2016 年 10 月 20 日)
P2016D321	gkn.com (2016 年 1 月 11 日)
P2016D322	saabgroup.com (2015 年 12 月 10 日)
P2016D323	Aviation Week (2016 年 11 月 4 日)
P2016D324	The Economic Times
P2016D325	Composites World (2016 年 4 月 21 日)
P2016D326	JEC Composite (2016 年 12 月 23 日)
P2016D327	3D Printing Industry (2016 年 4 月 7 日)
P2016D328	www.3ders.org (2014 年 10 月 21 日)
P2016D329	3D Printing Industry (2016 年 4 月 8 日)
P2016D330	3D Printing Industry (2016 年 5 月 6 日)
P2016D331	3D Printing Industry (2015 年 11 月 9 日)
P2016D332	3D Printing Industry (2015 年 12 月 8 日)
P2016D333	3D Printing Industry (2015 年 11 月 9 日)
P2016D334	3DPrint.com (2016 年 5 月 25 日)
P2016D335	3D Printing Industry (2016 年 5 月 26 日)
P2016D336	Aviation Week (2016 年 7 月 11 日)
P2016D337	Composites World (2016 年 9 月 2 日)
P2016D338	Officially Guinness World Records Amazing (2016 年 8 月 29 日)
P2016D339	Third Dimension(2016 年 5 月 24 日)
P2016D340	AIN online(2016 年 10 月 20 日)
P2016D341	Aurora 社 HP(2016 年 10 月 17 日)
P2016D342	Aviation Week (2016 年 5 月 30 日)
P2016D343	ライス大学 HP (2016 年 5 月 23 日)
P2016D344	AVIATION WEEK (2016 年 12 月 12 日)
P2016D345	http://aviationweek.com/commercial-aviation/rolls-royce-builds-next-gen-advance-demo-engine
P2016D346	http://i1.wp.com/www.envirotrec.ca/wp-content/uploads/2016/05/DF-TECH-RRProjects-1-Rolls-Royce.jpg
P2016D347	Flight International/ 24-30 May 2016
P2016D348	http://www.amtesting.it/index.php/innovation-sage/sage-2-geared-open-rotor-eng
P2016D349	http://bikeshop.geaviation.com/advanced-manufacturing/new-cmt-process-significantly-reduces-repair-cycle-time-improves-yield/

資料番号	標 題
P2016D350	http://www.aichi-sangyo.co.jp/products/fronius/index.html
P2016D351	Flight International 27 Sept-3 Oct 2016
P2016D352	http://www.rolls-royce.com/media/press-releases/yr-2016/pr-24-10-2016-rr-runs-worlds-most-powerful-aerospace-gearbox-for-the-first-time.aspx
P2016D353	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ JANUARY 9-22, 2017
P2016D354	https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/research/aircraft_technology/cleen/2013_consortium/media/Rolls-Royce_CLEEN_Projects_Briefing_Nov_2013.pdf
P2016D355	http://www.flugrevue.de/flugzeugbau/triebwerke/open-rotor-konzepte/527792#1-669424
P2016D356	JSASS-2016-1078 日本航空宇宙学会第 47 期年会講演会 「D-SEND プロジェクトの成果概要」吉田憲司, 本田雅久, 川上浩樹
P2016D357	JSASS-2016-1079 日本航空宇宙学会第 47 期年会講演会 「D-SEND#2 第 1 回飛行試験結果及びその後の対策」本田雅久, 富田博史, 原田賢哉, 川上浩樹
P2016D358	JSASS-2016-1080 日本航空宇宙学会第 47 期年会講演会 「D-SEND#2 機体システムの開発」富田博史, 本田雅久, 佐々木豊
P2016D359	JSASS-2016-1081 日本航空宇宙学会第 47 期年会講演会 「D-SEND#2 構造設計に関する評価」高戸谷健, 平野義鎮, 本田雅久
P2016D360	JSASS-2016-1082 日本航空宇宙学会第 47 期年会講演会 「D-SEND#2 誘導制御系評価」川口純一郎, 鈴木広一, 二宮哲次郎, 富田博史
P2016D361	JSASS-2016-1083 日本航空宇宙学会第 47 期年会講演会 「D-SEND#2 空力特性モデルの評価」牧野好和, 二宮哲次郎
P2016D362	JSASS-2016-1084 日本航空宇宙学会第 47 期年会講演会 「D-SEND#2 ブーム計測システムと計測結果」中右介, 川上浩樹, 馬屋原博光, 金森正史
P2016D363	JSASS-2016-1085 日本航空宇宙学会第 47 期年会講演会 「D-SEND#2 低ブーム設計コンセプト検証」牧野好和, 金森正史, 石川敬掲
P2016D364	http://www.jaxa.jp/press/2016/10/20161013_fquroh_i.html
P2016D365	JSASS-2016-2030-A 第 48 回流体力学講演会／第 34 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム「機体騒音低減技術の飛行実証プロジェクト FQUROH における CFD」山本一臣、伊藤靖、村山光宏、坂井玲太郎
P2016D366	西澤敏雄「JAXA における低燃費エンジン技術の研究開発」日本ガスタービン学会誌、vol.43, No.3 (2015)
P2016D367	JSASS-2016-2031-A 第 48 回流体力学講演会／第 34 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム「aFJR プロジェクトにおける数値シミュレーション」西澤敏雄、榎本俊治、賀澤順一、北條正弘、石井達哉
P2016D368	NASA/CR-2014-218178 CFD Vision 2030 Study: A Path to Revolutionary Computational Aerosciences
P2016D369	“Design Optimization of Flapping Ornithopters: The Pterosaur Replica in Forward Flight“, Mohamed Y. Zakaria (Virginia Polytechnic Institute and State University), Haithem E. Taha, Muhammad R. Hajj, Journal of Aircraft Volume 53 (2016) Issue 1, January
P2016D370	“Insect Contamination Impact on Operational and Economic Effectiveness of Natural -Laminar-Flow Aircraft“, Kai Wicke, Florian Linke, Volker Gollnick, Martin Kruse (DLR, German Aerospace Center), Journal of Aircraft Volume 53 (2016) Issue 1, January

資料番号	標 題
P2016D371	“Flyover Noise Measurements and Predictions of Commercial Airplanes”, Antonio Filippone, Adrian Harwood (University of Manchester), Journal of Aircraft Volume 53 (2016) Issue 2, March
P2016D372	“Applicability of a Counterpropagating Laser Airspeed Sensor to Aircraft Flight Regimes”, Joe Kurtz, Sven Wittig, Sean O’Byrne (University of New South Wales–Canberra), Journal of Aircraft Volume 53 (2016) Issue 2, March
P2016D373	“Forced and Aeroelastic Responses of Bird-Damaged Fan Blades: A Comparison and Its Implications”, Eric R. Muir(Engineering, University of Michigan), Peretz P. Friedmann(Boeing), Journal of Aircraft Volume 53 (2016) Issue 2, March
P2016D374	“Ultrasonic Ice Protection Systems: Analytical and Numerical Models for Architecture Tradeoff”, Marc Budinger, Valérie Pommier-Budinger, Gael Napias, Arthur Costa da Silva(Université de Toulouse, France), Journal of Aircraft Volume 53 (2016) Issue 3, May
P2016D375	“Robust Gas Turbine and Airframe System Design in Light of Uncertain Fuel and CO2 Prices”, Stephan Langmaak, James Scanlan, András Sóbester (University of Southampton), Journal of Aircraft Volume 53 (2016) Issue 5, September
P2016D376	“A New Particle Image Velocimetry Technique for Turbomachinery Applications”, Sayantan Bhattacharya, Reid A. Berdanier, Pavlos P. Vlachos and Nicole L. Key (Purdue University), Journal of Turbomachinery Issue 1-3
P2016D377	“Measurement Uncertainty Analysis in Determining Adiabatic Film Cooling Effectiveness by Using Pressure Sensitive Paint Technique”, Blake Johnson and Hui Hu (Iowa State University), Journal of Turbomachinery Issue 1-3
P2016D378	“A direct approach for instantaneous 3D density field reconstruction from background-oriented schlieren (BOS) measurements”, F. Nicolas, V. Todoroff, A. Plyer, G. Le Besnerais, D. Donjat...(ONERA, France), Experiments in Fluids Issue 1-7
P2016D379	“Full-field pressure from snapshot and time-resolved volumetric PIV”, A. Laskari, R. de Kat, B. Ganapathisubramani, Experiments in Fluids Issue 1-7
P2016D380	“Flow visualization by mobile phone cameras2”, Christian Cierpka, Rainer Hain, Nicolas A. Buchmann (The Universität der Bundeswehr München, Germany), Experiments in Fluids Issue 1-7
P2016D381	SESAR JU website, http://www.sesarju.eu/newsroom/brochures-publications/sesar-solutions-catalogue
P2016D382	SESAR JU website, http://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/sesar-factsheet-2017.pdf
P2016D383	SESAR JU website, http://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/sesar-factsheet-2017.pdf
P2016D384	SESAR JU website, http://www.sesarju.eu/newsroom/all-news/call-launched-exploratory-research-projects-drone-integration-civil-airspace

資料番号	標 題
P2016D385	SESAR JU website, http://www.sesarju.eu/newsroom/all-news/new-call-launched-sesar-exploratory-research-and-very-large-scale-demonstration
P2016D386	国土交通省ウェブサイト（将来の航空交通システムに関する推進協議会） http://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr13_000006.html
P2016D387	SESAR JU website, http://www.sesarju.eu/sites/default/files/INSuRE_Demonstration_Report_00_01_01.pdf
P2016D388	NASA website, http://www.nasa.gov/feature/two-month-uas-flight-test-series-concludes
P2016D389	NASA website, https://www.nasa.gov/aeroresearch/programs/iasp/uas/flight-test-series4
P2016D390	EASA website, https://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/204696_EASA_concept_drone_brochure_web.pdf
P2016D391	EASA website, https://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/A-NPA_2015-10.pdf
P2016D392	EASA website, https://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/GTF%20-%20Report_Issue2.pdf
P2016D393	EASA website, https://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/TF%20Drone%20Collision_Report%20for%20Publication%20(005).pdf
P2016D394	FAA website, https://www.faa.gov/uas/media/Part_107_Summary.pdf
P2016D395	首相官邸 website, http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/
P2016D396	AIAA2016-3292, “Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) Concept of Operations”, Parimal Kopardekar, et al.
P2016D397	NASA website, https://www.nasa.gov/feature/ames/nasa-plans-first-beyond-visual-line-of-sight-drone-demonstration-in-nevada
P2016D398	SESAR website, http://www.sesarju.eu/newsroom/all-news/call-launched-exploratory-research-projects-drone-integration-civil-airspace
P2016D399	Global UTM Association website, https://utm.aero/
P2016D400	JUTM website, http://www.jutm.org/index.html
P2016D401	駐日 EU 代表部, http://eumag.jp/news/h042216/
P2016D402	航空情報 2016 年 10 月号
P2016D403	Aviation Week & Space Technology, Nov.18, 2016
P2016D404	DARPA website, http://www.darpa.mil/program/aircrew-labor-in-cockpit-automation-system
P2016D405	http://www.jsass.or.jp/web/annai/content0281.html
P2016D406	http://www.jsass.or.jp/web/uploads/kcfinder/files/pro_0302.pdf
P2016D407	http://www.jsass.or.jp/web/annai/content0294.html
P2016D408	第 47 期定時社員総会/年会講演会報告 日本航空宇宙学会誌 Vol.64, No.8 p.24

資料番号	標 題
P2016D409	https://cfdws.chofu.jaxa.jp/apc/summary/APC-II-summary-final.pdf
P2016D410	https://cfdws.chofu.jaxa.jp/apc/
P2016D411	http://www.jsass.or.jp/strcom/strcom48/sc58.html
P2016D412	http://www.aero.jaxa.jp/publication/event/event161013.html
P2016D413	http://www.jsass.or.jp/uacftcom/AS2016/downloads/schedule_54th.pdf
P2016D414	http://www.aiaa-scitech.org/program/
P2016D415	http://www.aiaa-scitech.org/2016archives/
P2016D416	http://www.aiaa-scitech.org/TechnicalProgramOverview/
P2016D417	http://www.aeroacoustics2016.com/
P2016D418	http://www.aiaa-aviation.org/TechProgramOverview/
P2016D419	http://livestream.com/AIAAvideo/aviation2016
P2016D420	http://www.icas2016.com/
P2016D421	http://www.greener-aviation2016.com/
P2016D422	http://www.jsass.or.jp/apisat2016/files/APISAT-2016_Program.pdf