

24航企0325第1号

平成24年度  
航空機等に関する技術開発動向調査報告書

平成25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24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24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25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24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	戸田 勸	早稲田大学 理工学術院総合研究所 名誉研究員 元 JAXA 理事 総合技術研究本部長
委員	伊藤 健	宇宙航空研究開発機構 研究開発本部 研究推進部 研究開発企画室 室長
	奥田 章順	(株) 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) 航空宇宙事業本部 民間航空機事業部 民間機技術部 次長
	津江 光洋	東京大学大学院 工学系研究科航空宇宙工学専攻 教授
	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
	守屋 信彦	(株) I H I 航空宇宙事業本部 民間エンジン事業部 新機種開発部 技術グループ担当部長
事務局	岩下 正廣 野崎 明 佐々木 秀朗 本田 直志	(公財) 航空機国際共同開発促進基金 専務理事 (公財) 航空機国際共同開発促進基金 企画調査部長 (H24.9.30 迄) (公財) 航空機国際共同開発促進基金 企画調査部長 (H24.10.1 から) (公財) 航空機国際共同開発促進基金 企画調査部部長代理

## 平成24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 ..... 7
  - 2. 3. 1 民間航空機市場及び機体開発動向 ..... 7
  - 2. 3. 2 エンジン関係 ..... 13
  - 2. 3. 3 装備品関係 ..... 17
  - 2. 3. 4 飛行制御・航空システム・航空管制関係 ..... 22
  - 2. 3. 5 無人機、飛行制御関係 ..... 24

### 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 ..... 27
  - 3. 1. 1 2012年国際航空宇宙展（JA2012）報告 ..... 27
  - 3. 1. 2 平成24年度委託研究成果報告会（（社）日本航空宇宙工業会） ..... 29
  - 3. 1. 3 平成24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） ..... 31
- 3. 2 大学・研究機関・企業等から公表された動向情報 ..... 33
  - 3. 2. 1 日本航空宇宙学会第43期通常総会及び講演会における研究開発動向 ..... 33
  - 3. 2. 2 第44回流体力学講演会における研究開発動向 ..... 34
  - 3. 2. 3 第54回構造強度に関する講演会における研究開発動向 ..... 35
  - 3. 2. 4 第3回JAXA航空プログラムシンポジウムにおける研究開発動向 ..... 36
  - 3. 2. 5 第50回飛行機シンポジウムにおける国内の研究開発動向 ..... 37
  - 3. 2. 6 その他国際学会等における研究開発動向 ..... 39

### 第4章 平成24年度海外調査報告

- 4. 1 調査目的 ..... 41
- 4. 2 調査結果概要 ..... 41
- 4. 3 訪問先面会者一覧 ..... 62

### 第5章 まとめ

- 5. 1 今後の調査課題 ..... 65
- 5. 2 平成24年度調査のまとめ ..... 66

### 添付資料

- 資料1 関係省庁の刊行物リスト（平成24年1月～平成24年12月）
- 資料2 関係団体の刊行物リスト（平成24年1月～平成24年12月）
- 資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト（平成24年1月～平成24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24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早稲田大学理工学術院総合研究所の戸田 勸 名誉研究員にご就任いただき、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24年度の調査対象期間は、主として平成24年1月1日から平成24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

欧州共同体の債務問題や米国の財政赤字問題等の影響により、これまで高成長を続けてきた中国、インド等の成長率にも陰りが見え始めた中で、わが国の製造業は、長引く円高や平成23年3月の東日本大震災に伴う電力供給不安定などの「六重苦」とも「七重苦」ともいわれる厳しい環境下におかれ、予断を許さない状況にあるが、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3万機の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界も歴史的な円高やLCC就航の本格化等の環境変化に、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) 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（2012）」

平成24年8月21日に文部科学省 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 航空科学技術委員会<sup>(1)</sup>は「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）」<sup>(2)</sup>（以下、「航空科学技術ロードマップ」という。）を策定した。

航空科学技術ロードマップは、平成23年8月に閣議決定された平成23～27年度を計画期間とする「第4期科学技術基本計画」に基づき、本年8月に文部科学省 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会にて決定された「航空科学技術に関する研究開発の推進方策」<sup>(3)(4)</sup>を踏まえたものであり、①わが国の航空分野が10年後にあるべき姿、②あるべき姿を実現するために強化すべき技術とその優先度を整理し、今後の航空分野におけるわが国の研究開発の方向性を決める議論に役立てることを目的としている。

航空科学技術ロードマップでは、航空機産業は自動車に次ぐわが国の基幹産業であり、今後も成長が期待されるとして、国際競争力強化が必要と指摘。機体、エンジン、装備品、素材（主に複合材料）の各分野で短期（10年後）、中期（20年後）、長期（30年後）における「あるべき姿」を想定し、各期間に優先的に取り組むべき研究開発課題を挙げている。短期・中期的には、リージョナルジェット分野で高い競争力を持つ必要があると指摘、ロボットを活用した機体の高品質・低コスト生産技術

や複合材の高性能・軽量化技術、全機システム設計技術、エンジン低騒音化のための空力系技術などに力を注ぐべきだとしている。日本が圧倒的な強みを持つ炭素繊維複合材では、現在の地位をさらに確実にするため、加工技術など利用技術の向上に取り組む必要性を指摘している。長期的には、さらなる経済性、低環境負荷、高速性、安全性を追究した技術革新が期待されるとみており、無人運航技術や機体を油圧から全電動化にする技術の確立が重要とみている。また、水素燃料を使うエンジンなど、将来ビジネスにつながる戦略的な基礎・基盤技術への挑戦が必要としている。

また、上述の「あるべき姿」を実現するための活動や技術には、それらを担う人材が必要不可欠であり、産学官が相互に連携し継続的に育成していくことが極めて重要であるとして、「育成すべき人材像」を、航空機開発のプロジェクトマネジメントができる人材、安全認証に精通した人材等の7つのカテゴリに分類し、その人材像毎に具体的な育成の取組み例を挙げると共に、「人材育成に必要な共通的活動」という観点からもその具体的な取組み例を挙げている。

今後は、研究開発を進める際の（独）宇宙航空研究開発機構（JAXA）、大学、産業界等、各部門の役割分担についての検討も加え、今後の航空分野における日本の研究開発の方向性を決める議論に役立てるとしている。

## （2）国土交通省「国際航空政策の戦略的推進」、「航空安全に関する相互承認協定」と「オープンスカイ」交渉等

### ア 国際航空政策の戦略的推進

国土交通省航空局は、航空局の国際分野の戦略的な企画・立案や各部施策の統括を行なう体制を強化する目的で、平成24年7月に国際航空戦略本部を航空局内に設置し、第1回<sup>(5)</sup>を開催。第1回では、政府全体として一体かつ戦略的な施策展開を進める必要があるとし、当面の重点的な取り組みとして、航空整備・運営や航空管制システム等の海外展開の推進等について、以下の3点の取り組みを重点的に行なうことを決定している。①海外展開に向けた官民の連絡協議会の設置等、②官民によるセールス活動の実施、③国際関係施策の情報発信等。具体的には、①では、空港や管制システム等の海外展開に関する官民間の情報の共有や協力体制の構築を図るため官民の連絡協議会を設置し、また航空管制システム等の海外展開に向けて、官民の協議会設置に向けた調整を加速するとしている。②では、具体化した案件の着実な推進として、インドネシアに対し、ハイレベルの定期会合の場において航空整備及び航空管制システムに関する官民共同のプレゼンテーションを実施するとしている。また、③では、空港・管制分野のインフラ海外展開をはじめとする国際航空関係施策についての情報発信を行なうとし、また、航空安全に関する相互承認協定の拡大のため関係国との協議を推進するとしている。

イ 航空安全に関する相互承認協定（BASA：Bilateral Aviation Safety Agreement）

BASA の締結状況としては、米国、カナダ、ブラジルとの間で航空機の耐空性に関して締結済みであり、欧州との間では、特定型式の航空製品について、型式証明等に係わる当局間実施取り決めに締結しているが、BASA は未締結。今後の取り組みとしては、米国等との間で整備施設、乗務員ライセンス分野等への BASA 拡大、および欧州との間で BASA の新規締結に向けて、協議を推進するとしている。

ウ オープンスカイ交渉

オープンスカイ交渉は、東アジア、ASEAN の国・地域を最優先に交渉を推進してきており、これまでに米国、韓国、シンガポール、マレーシア、香港、ベトナム、マカオ、インドネシア、カナダ、オーストラリア、ブルネイ、台湾、英国、ニュージーランド、スリランカ、フィンランド、フランス、中国、オランダ、スウェーデン、デンマーク、ノルウェーおよびタイの計 23 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 91%）との間で合意されている。今後、欧州主要国等、アジアの国・地域以外にも交渉対象を拡大するとしている。

エ 安全に関する技術規制のあり方検討等

平成 22 年 5 月の国土交通省成長戦略会議に基づき、国際競争力の強化を目的として、首都圏空港（羽田・成田）発着枠の増加が完了するまでの期間である平成 23 年度から平成 25 年度までの 3 年間で集中改革期間と位置付けた航空行政の改革が進められており、「LCC 参入促進による利用者メリット拡大」の観点からは、安全に関する技術規制のあり方検討会にて平成 24 年 7 月 31 日付で「航空の安全分野における技術規制のあり方の検討について」の報告書<sup>(6)</sup>が作成され、安全性の確保を大前提とした上で航空会社のコスト削減に資する技術規制の緩和を不断に実施するとしている。

なお、平成 24 年 10 月には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>(7)</sup>が常設され、今後の航空行政に関する諸課題についての調査審議がなされている。

(3) 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 2012」

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が、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>(8)</sup>によって平成 24 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 2012」<sup>(9)</sup>が作成されている。費用対効果分析も含めた具体的な導入計画等の短期的施策の検討、研究開発推進に向けた検討が

引き続きなされている。

なお、CARATS は、ICAO (International Civil Aviation Organization) にて、将来における航空機の安全かつ効率的な運航を支援するため、2025 年およびそれ以降を見据えた世界的に調和のとれた航空交通管理 (ATM : Air Traffic Management) に関する基本的方向性 (グローバル ATM 運用概念) が 2005 年に策定されたことを踏まえたものであり、欧米においても地域に即した長期ビジョン (米国 : NextGen、欧州 : SESAR) が策定されている。今後、急速な需要の増加が見込まれるアジア太平洋地域におけるシームレスな航空交通を実現するため、欧米等の諸外国と連携しつつ、国際的な相互運用性を確保しながら、将来の航空交通システムを構築していく必要性があると、短期的施策からの順次実施と長期的施策については計画的な研究開発推進が重要であるとしている。

#### (4) 武器輸出三原則等の緩和

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ことから、平成 24 年 4 月には米国以外で初めて、英国との間で防衛装備品等の共同開発を進めることが合意<sup>(10)</sup>され、6 月には防衛協力に関する覚書<sup>(11)</sup>も取り交わされている。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道が開け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 (CO<sub>2</sub>) 規制関連活動

##### ア ICAO CAEP の動き

ICAO CAEP (International Civil Aviation Organization - Committee on Aviation and Environmental Protection 国際民間航空機関 航空環境保全会議) は、3 年毎に本会議が開催され、その間、年に一回ステアリンググループ会議 (SG) が開催され、各ワーキンググループ (WG) からの問題提起に対して意思決定を行い、CAEP 本会議に上程する仕組みとなっている。平成 22 年の CAEP8 において、航空機の温室効果ガス (CO<sub>2</sub>) 排出基準を平成 25 年の CAEP9 までに設定することが決定されたものの、難航していた CO<sub>2</sub> 排出規制指標 (燃料効率指標) 策定について、平成 24 年 7 月に①巡航時 (代表 3 点における平均) 燃費、②機体サイズ、③離陸時最大重量の 3 要素で設定することで各国・団体間で合意<sup>(12)</sup><sup>(13)</sup>がなされた。引き続き、平成 25 年末の CO<sub>2</sub> 排出基準制定に向けて活発に活動が行われている。

##### イ 欧州連合域内排出量取引制度 (EU Emissions Trading System – EU ETS) の動き

ICAO における CO<sub>2</sub> 排出基準制定に向けた直近の動きを踏まえ、平成 24 年 1 月、温室効果ガス (CO<sub>2</sub>) に関する欧州連合域内排出量取引制度 (EU ETS) の航空機分野

への適用拡大を一時凍結することが欧州連合の欧州委員会より発表<sup>(14)</sup>されている。あわせて、平成24年全体の航空便に対し規制対象としない方針であること、および平成25年秋までにICAOでの動きがない場合の規制再開も明らかにされている。今後のICAO動向に注目する必要がある。

なお、EU ETSとは、平成17年1月から欧州連合域内のエネルギーを大量に消費する製造工場等の産業設備に限定し導入されていた制度であり、その後、ICAOによる航空分野における当該規制が進まないことに懸念をもったEUが平成24年1月からEU域内に乗り入れる全ての航空機に対して適用拡大していた制度である。EU域外から乗り入れる航空会社はもとより、米国、中国、ロシア、日本等のEU域外主要国から強い反対意見が出され、ICAOにおける排出基準制定に向けた動きが活発化していた。

[2. 2項 出典(1)～(11):各、資料1のP2012D001～P2012D011参照]

[同 出典(12)～(14):各、資料2のP2012D101～P2012D103参照]

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

(1) 市場予測

原油価格の高騰により、787、777、737MAX、A320neoといった低燃費の機体への受注増加、航空機メーカーの受注残増加により、増産が加速している。また、ビジネス機でも大型機材は比較的好調だが、小型機やヘリは極めて低調である。EU ETS (Emission Trading System) が施行されたことやICAOによるCO2排出基準が大筋合意されたことで、機体メーカーおよびエアラインはその基準への対応が求められると予想される。

2012年における純受注/出荷機数は、Airbus社が601機/588機、Boeing社が1203機/601機であった(図2.3.1-1参照)。Boeing社は737MAXの受注が好調で、2012年の年間純受注数は914機を数えており、受注数でAirbus社を大きく引き離している<sup>(1)</sup>。2012年の機体のリストプライスはBoeing社が5.6%値上がりし(787ファミリーのみ7.0%)<sup>(2)</sup>、Airbus社が2011年比で平均3.9%値上がりした。2013年1月に発表されたAirbusのリストプライスは2012年比でさらに3.6%<sup>(3)</sup>値上がりした。

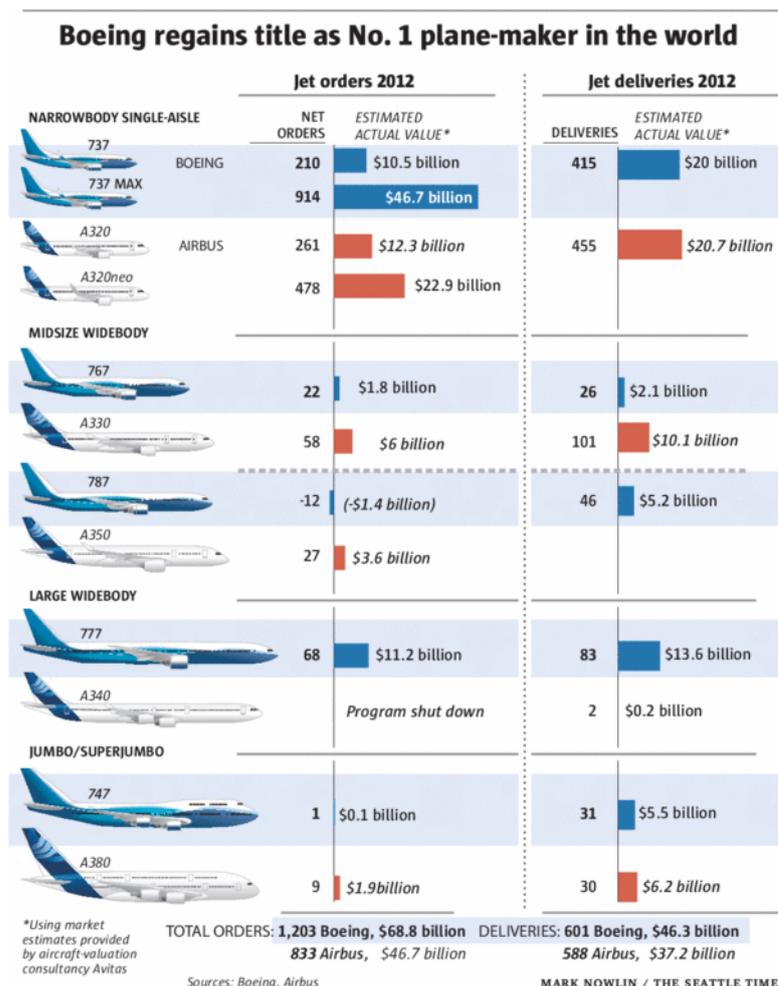


図 2.3.1-1 Boeing社/Airbus社 受注/納入機数 (2012年)

(2) Boeing 社の動向

ア Boeing 747-8I

現在の受注は貨物機 (-8F) がほとんどだが、将来的には旅客機 (-8I) との比率が 50 : 50 になると Boeing 社は予測している。747-8I はフラッタ問題等によりローンチ時の性能を達成できていないが、エンジンの PIP (Performance Improvement Package) 導入等により 2014 年以降はブローシャ値に近いものとなる見込み<sup>(4)</sup>。また、2012 年 7 月から 9 月にかけて 747-8 および 787-8 に搭載されている GEnx エンジンに不具合が発生したものの、現在ではファンシャフトの電界腐食<sup>(5)</sup>、または低圧タービンノズルの誤装着<sup>(6)</sup>が原因であることが特定されている。

イ Boeing 787

現在 Everett および Charleston 工場で合わせて月産 5 機<sup>(7)</sup>だが、2013 年末には Everett で 7 機、Charleston で 3 機の合計 10 機とする計画は順調に進捗しており、10 機を超える計画にも着手したとのこと<sup>(8)</sup>。2012 年 10 月に中東初の航空会社として Qatar 航空へ、また 2012 年 11 月にはヨーロッパ初の航空会社として LOT 航空へ 787 の引き渡しが行われた<sup>(9)</sup>。2012 年 11 月現在、

表 2.3.1-1 エアライン別 787-8 引渡数<sup>(12)</sup>

Air India	3
All Nippon Airways	16
Ethiopian Airlines	3
Japan Airlines	6
LAN Airlines	2
LOT Polish Airlines	1
Qatar Airways	1
United Air Lines	2
<b>Total</b>	<b>34</b>

787 を運航するエアラインは計 8 社である(表 2.3.1-1 参照)<sup>(10)</sup>。-9 は、2012 年 9 月に川崎重工が初号機の前方胴部に客室扉フレームを取り付けたことで、初号機の主要組立が開始された<sup>(11)</sup>。当該機の最終組立は来年 Everett 工場にて行われる予定であり、2013 年の初飛行、2014 年初期の EIS に向けて開発が進んでいる。-10X

は、ローンチ時期が未だ確定していないものの、2012 年 11 月に社内の暫定認可を受けてエアラインおよびリース会社と交渉を開始した。-10X の EIS は早くとも 2010 年末となる見込み<sup>(12)</sup>。

2012 年 7 月、ANA 社が保有する 787 の 5 機のエンジンに問題が見つかり、運航停止した。運航停止から 2 日後に 3 機は改修され運航を再開、残りの 2 機もその後数週間以内に改修作業が完了した。ロールスロイス社製 Trent1000 エンジンの一部に腐食が生じたことが原因と考えられるが、Boeing 社に依れば、これによる 787 型機の納入時期への影響はないとのことである<sup>(13)</sup>。2013 年 1 月には燃料漏れ、バッテリー発煙による緊急着陸等、立て続けに問題が起きた。FAA と Boeing は電気系統を中心に詳細調査をすることを発表。FAA が 787 の運航停止命令を発行、JCAB や EASA も同様の命令を発行し、全世界で 787 の運航が停止する事態となった。Boeing はバッテリー問題が解決するまで当該機種 of 引渡しを延期 (製造は継続) すると発表した<sup>(14)</sup>。

2012 年 8 月 Qantas 航空は労使紛争や事業再編コストに起因する大幅な赤字を計上したことで、787-9 型機計 35 機の発注を取り消した<sup>(15)</sup>。50 機分のオプション発注/購入権を保持するため、それらを確定発注に変更すれば、2016 年に初号機導入となる<sup>(16)</sup>。また、2013 年 1 月にはグループ会社の Jetstar 航空が導入予定の 787-8 計 15 機のうち

1 機をキャンセルした<sup>(17)</sup>。

#### ウ Boeing 737MAX

737MAX 生産ラインは Renton 工場稼働している現行の 2 本の 737NG (New Generation) 生産ラインに並行して第 3 ラインを設けると共に、NG と MAX を混ぜて生産する計画である。このラインも他と同様に月産 21 機の能力があり、合計月産 60 機が可能となる<sup>(18)</sup>。2012 年 11 月、Boeing 社は 737MAX の機体コンセプトを確定させた<sup>(19)</sup>。搭載される CFM インターナショナル社製の新型エンジン Leap-1B、および新型ウイングレットにより、従来機と比較して 13%以上の燃費低減が可能であるとのこと。2013 年半ばまでに詳細設計を開始し、2017 年にデリバリーされる予定である。また 2012 年 10 月には 737MAX8、MAX9 をベースとした新型ビジネスジェット BBJ MAX 8 ならびに MAX 9 も発表された<sup>(20)</sup>。737 の受注に関しては、2012 年 11 月 Singapore Airlines の子会社である SilkAir 社から 737-8 : 31 機、737-800 : 23 機、計 54 機を確定受注したことで、737MAX の合計受注数は 969 機なった<sup>(21)</sup>。また、2012 年の 737 合計発注数が 1031 機となり初めて単年で 1000 機を超えた。SilkAir の保有機は現在全てが Aibus 機 (A319/A320) であることから、Boeing 社は、本件は 737MAX の価値を市場が認めた明らかなサインであるとしている。

#### エ Boeing 777X

Boeing 社は 777 後継機に関し、2015 年のプログラムローンチ、2017 年末もしくは 2018 年の初飛行、2019 年の市場投入を検討していると発表した<sup>(22)</sup>。777X の詳細設計は未だ確定していないものの、折り畳み翼となる可能性が高いとのこと(図 2.3.1-2 参照)。スパン長を長くすることで機体の燃費向上を図りながらも、主要な空港におけるスパン長制約を満足させる目的<sup>(23)</sup>。777 の最大運航エアラインである Emirates 航空の Clark 社長は Boeing 社が 737MAX、787-10 の開発を優先しており、777X の開発決定がなされていないことに苦言を呈した。Emirates 航空は 2017 年度から現有 777 の代替機が必要となるため 2019 年度までには 777X を調達したいと考えている。そのため 777X の EIS がそれ以降となる場合には他の選択肢を考えるとのこと<sup>(24)</sup>。

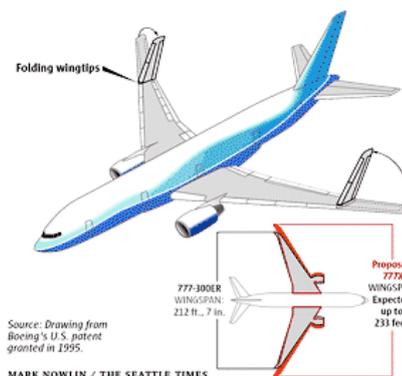


図 2.3.1-2 777X 折り畳み翼

### (3) Airbus 社の動向

#### ア Airbus A350XWB

2011 年 6 月のパリエアショーで Airbus 社が発表した Rolls Royce 社製 TrentXWB エンジンの大型化による A350-1000 の性能改善案に対し、ローンチ顧客の Qatar 航空は、航続性能や経済性で 777-300ER に劣ると不満を述べた。これに Air Lease 社も同調し、中東などの高地高温空港での離着陸性能が 777-300ER に劣る上に、-900 との間

でエンジンの互換性がないことに関し不満を述べた<sup>(25)</sup>。また 2012 年 7 月、A350XWB-900 の市場投入時期が主翼製造工程におけるトラブルによって約 3 ヶ月遅れ、2014 年第二四半期となることが発表された<sup>(26)</sup>。この遅延によって、それぞれ 2016 年、2017 年に市場投入が予定されている-800、-1000 にどの程度影響を与えるのかは、現時点では不透明である<sup>(27)</sup>。2012 年 10 月には A350XWB の最終組立工場が正式稼働した<sup>(28)</sup>。本格稼働する 2018 年には月産 10 機の A350 を生産する予定。現在本工場では、地上試験用機体および飛行試験用機体(MSN1)の最終組立が実施されており、地上試験は 2013 年春から開始予定とのこと(図 2.3.1-3 および 2.3.1-4 参照)。



図 2.3.1-3 MSN1 前胴<sup>(29)</sup>



図 2.3.1-4 MSN1 主翼<sup>(29)</sup>

#### イ Airbus A320neo

2015 年 EIS 予定の A320neo の開発費は、エンジン換装に伴い複数の設計変更を要する 737MAX と比較して半分程度になると予測されている<sup>(30)</sup>。また Airbus 社は、A319、A320、A321 を対象とした最終組立工場をアラバマ州モービルに建設すると発表した。Airbus 社としてアメリカで初めてとなるこの組立工場では、2016 年初めに初号機の引渡し、また 2018 年までに年間 40 機から 50 機の生産を目指している<sup>(31)</sup>。2012 年 11 月、メキシコ LCC の Interjet 社から A320neo40 機の確定受注を得た<sup>(32)</sup>。当該エアラインの運航機は全て Airbus 機(A320-200)である。また、現行の A320 は 2012 年末までに月産 44 機とする予定であったが、サプライヤの供給能力が十分でないとして月産 42 機に変更した<sup>(33)</sup>。

#### (4) リジョナルジェットの動向

##### ア MRJ

MRJ は、2012 年 7 月に米リージョナル航空会社のスカイウェスト社から 100 機受注し合計受注機数を 230 機とした。2015 年第二四半期の市場投入を予定している<sup>(34)</sup>。

##### イ Bombardier C-Series

2012 年 11 月、Bombardier 社は CS100(図 2.3.1-5 参照)の初飛行を 2012 年末から 2013 年 6 月末へと、またエアラインへの引き渡しを 2013 年末から 2014 年半ばへと約半年遅らせることを発表した。CS300 に関し



図 2.3.1-5 C-Series 前胴

ては開発計画に変更はないとしているが、それは非常に楽観的であり、2015年までデリバリーが成されない可能性がある<sup>(35)</sup>。Bombardier社は最大座席数145席で検討していたCS300のhigh densityバージョン(160席)を追加検討中とのこと<sup>(36)</sup>。また、Bombardier社の長期需要予測では今後20年間のリージョナル機のデリバリーは40%がTurbo Propになるとのこと。

#### ウ Embraer ERJ

Embraer社は、Airbus社やBoeing社が大型狭胴機市場を強固に守っていることを理由として新型狭胴機の開発を断念し、代わりに2018年までに”第二世代”のE-Jet、“G2” E-Jetファミリーを開発すると発表した<sup>(37)</sup>。G2ファミリーは現行のE-170/175とE-190/195の4機種のうち座席数最少のE-170を除いた3機種のエンジン換装型であり、Embraer社は現在、それら3機種の主翼共通化の実現可能性を検討している。当該ファミリー向けの次世代エンジンはGE社およびRR社が現在開発中である<sup>(38)</sup>。

#### エ COMAC ARJ21

Comac社ARJ-21のTC取得は2013年前期となることが想定されており<sup>(39)</sup>、また、2012年11月には1年から2年のデリバリー遅延が発表された<sup>(40)</sup>。この遅延はC919開発を長引かせる可能性がある。C919は2014年初飛行、2016年にEISとする予定開発期間8年の約半分を過ぎたが、まだ機体の製作が始まらず余裕が無くなってきた。販売契約に対する遅延最小化のため、あまり最新技術を追わずに開発日程に余裕を持たせていたが殆ど消滅した<sup>(41),(42)</sup>。

#### オ Sukhoi Superjet 100 (SSJ100)

Sukhoi Superjet100が2012年5月にジャカルタでのデモ飛行中に墜落し、乗員乗客45名が死亡した。種々の人為的エラーが墜落の原因と判明しており、機体の製造は継続するとのこと。

### (5) ゼネラル航空およびターボプロップ動向

#### ア 全般

2012年10月30日から11月1日にかけて米国フロリダ州にてNBAA ANNUAL MEETING & CONVENTIONが開催された。200m×300m程度の巨大な展示場で行われた屋内展示および近郊空港で行われた屋外展示には航空機に関わるあらゆるメーカーが出展し、アメリカにおいてゼネラル航空が依然として大きな市場を維持していることが示された。屋内展示では超音速ビジネスジェットの研究開発を行っているAerion社や、Beechjet400の再製造を行うNextant Aerospace社等が、また屋外展示ではHonda jetや、プッシャー式プロペラ形態のPiaggio社P180が展示された(図2.3.1-6参照)。Honda jetは、運航機が未だ世に出ていないもののブースは盛況で、その注目度の高さが伺えた。

イ Honda jet

2012年9月、Hondaの航空事業子会社のHonda Aircraft Company(HACI)はHonda jet用MRO(Maintenance Repair and Overhaul)施設の建設を開始した<sup>(43)</sup>。また2012年10月にはHACI本社に隣接する生産工場にて、Honda jetの量産1号機の機体最終組立作業が開始した(図2.3.1-7参照)<sup>(43)</sup>。Honda jetは2013年後半にデリバリーされる予定である。



図 2.3.1-6 P180



図 2.3.1-7 Honda jet<sup>(44)</sup>

[2.3.1項 出典(1)～(44):各、資料3のP2012D201～P2012D244参照]

## 2. 3. 2 エンジン関係

### 2. 3. 2. 1 全般動向

昨年までに、市場の主力である小型単通路機分野においてエアバスとボーイングが既存機種のエンジン換装計画と受注獲得を発表し、それぞれ A320neo と 737MAX として開発フェーズに入った。A320neo に搭載される 2 機種のエンジンのうち開発が先行するプラット&ホイットニー (P&W) PW1100G-JM は 2012 年 11 月に地上運転試験を開始した<sup>(1)</sup>。一方の CFM インターナショナル (CFMI) LEAP-1A も既に詳細設計を完了しており、2013 年後半より運転試験が始まるとみられる<sup>(2)</sup>。順調に受注数を伸ばしている A320neo のエンジン商戦はこれまでのところ両者がシェアでほぼ拮抗しており、燃料消費の他、維持コストに大きな影響を及ぼすエンジン整備間隔や部品点数等の点でそれぞれのメリットを強調した激しい受注獲得競争が展開されている。

737MAX に独占搭載される CFMI LEAP-1B も開発が本格化している。当初 68 インチとされていたファン直径は A320neo への対抗上 69 インチに拡大して燃料効率を高めることが今年発表され<sup>(3)</sup>、詳細設計が進められているとみられるが、この間もボーイングは 737MAX の大型受注を相次いで発表、機体の地上高に由来するファン直径 (=バイパス比) の制約を克服して市場の信任を得たかたちである。

これら 2 機種のエンジンに共通するのは高効率達成のキー技術である軽量化、高温化のために新素材の適用が拡大していることである。特にきわめて好調な受注状況から開発終了後は急速な生産台数の増加が見込まれるため、大量産を可能とするための生産技術の開発と設備の拡充が各社の課題となっている<sup>(4)</sup>。

単通路機に続いては大型機市場と次世代リージョナル機に供給するエンジンが当面の関心を集めている。いずれも 2010 年代末の投入が予想され、エンジンメーカー各社はエンジン選定に向け適用可能な新技術のリストアップを進めているが、その動向はターボファンの高バイパス比化、高温・高圧縮比化を追及する現在の流れの延長上にある。

ボーイングが計画中の次期双発広胴機 777X については、エンジンメーカー 3 社に対し最大推力 99,500 ポンド級のターボファンエンジンの情報提供要求が出され、GE は GE9X、ロールス・ロイスは RB3025、P&W がギアード・ターボファン (GTF) の概念検討を進めている。いずれもバイパス比 10~12、総圧力比 60 以上でファン直径は 130 インチ前後のエンジンと予想される<sup>(5)</sup>。現行の 777-300ER、-200LR および貨物型 777F のエンジンは GE (GE90) の単独供給であるが、777X シリーズについてエンジンを選択式とすかどうかボーイングは明言を避けている。報道によれば計画されている 777X-8、-9 の 2 モデルのエンジンは共通とする方針。2019 年に運行が開始される次世代エンジンに各社が提案する新技術とその熟成に向けた戦略が注目される。ボーイングによるエンジン選定は 2013 年前半とされる<sup>(6)</sup>。

リージョナル機の分野では新規プログラムの点で 2012 年は目立った動きのない年となったが、2013 年 1 月になりエンブラエルは 2018 年の運行開始を目指して同社が検討している E ジェットシリーズの改良型のエンジン供給元として P&W を選定したと発表し

た<sup>(7)</sup>。

完全な次世代機のエンジン技術については、欧米政府主導の研究プログラムを中心に各社の技術開発とコンセプトスタディが進められている。軸となるギアード・ターボファン（GTF）を含む超高バイパスダクトファンとオープンロータの2種類の基本アーキテクチャ間の優劣や棲み分けの議論にはまだ時間を要するとみられ、当面は両者をにらんだ技術開発が進められることになる。

この他、燃料電池を使用するハイブリッド推進<sup>(8)</sup>やLNG燃料の採用<sup>(9)</sup>など検討対象は多岐にわたり、2030年頃を目処に実用化される推進システムの形態絞り込みが今後数年をかけて行われるとみられる。

## 2. 3. 2. 2 主要各社の動向

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

既述のとおり LEAP-X シリーズエンジンの開発が本格化し、2013年以降地上運転試験、飛行試験が開始される。開発作業と平行して生産態勢の確立に向けた動きが活発で、とりわけこのクラスのエンジンとしては初めて採用される複合材製ファン動翼の大量生産を可能とするために複数の生産拠点を新設したり、高圧タービン部のセラミック基複合材（CMC）製シュラウドの量産化をにらみ GE、サフランが我が国の日本カーボンと合弁会社を設立するなど着々と手を打っている<sup>(10)</sup>。

GEが開発を進める「e コア」と呼ばれる次世代高圧系技術を LEAP-X と共有してボンバルディア社のグローバル 7000/8000 ビジネス機向けに開発中の PASSPORT 20 は設計を完了し、2013年より地上運転試験を開始する。これは推力 16,000 ポンド級の小型ターボファンであり、エンジンの型式承認は 2015 年、運行開始（グローバル 7000）は 2016 年が予定されている。

777X 向けに提案されている GE9X は直径 129.5 インチのファンを持つターボファンである。これは 787 および 747-8 に搭載されて先に運行を開始した GEnx の技術を基本に、「e コア」の高圧系要素技術を適用することで現行の GE90 に比べて 10% の燃料消費低減と 25% の NOx 排出削減を達成するものである<sup>(11)</sup>。

### (2) ロールス・ロイス（RR）

エアバス A350XWB 向けのトレント XWB は 2012 年 2 月に A380 フライング・テスト・ベッドに搭載され飛行試験を開始した<sup>(12)</sup>。A350 に搭載されての初飛行は 2013 年半ばに予定されている。機体の重量増大と長距離機化に伴い推力は最大 92,000 ポンドまで増大したが、A350 シリーズに事実上独占搭載され、2014 年後半の運行開始（A350-900）を目指す。

ボーイング 777X 向けに検討が進む RB3025 はファン直径 132 インチ、バイパス比 12 の 3 軸式ターボファンとした提案内容が伝えられている。当然ながら RR はこれに種々の新技術を投入する計画であるが、その中で注目されるのはファン動翼に同社と

しては初めて炭素繊維複合材の採用を計画している<sup>(13)(14)</sup> ことで、RR では従来同社製エンジンに使用されてきたチタン製中空構造翼に比べ大幅な軽量化が達成可能としている。



図2. 3. 2-1 A380 フライイング・テスト・ベッドに搭載され飛行試験中のトレント XWB (右から2つめのエンジン) (Flightglobal)

### (3) プラット&ホイットニー (P&W)

A320neo のローンチエンジンとして開発が進む PW1100G-JM は 2012 年 12 月にフロリダ州ウェストパームビーチの同社施設で最初の地上運転に成功した<sup>(1)</sup>。2013 年には飛行試験が開始され、2015 年後半の運行開始に向け開発作業が続く。MRJ 向けの PW1217G は 4 月にフライイング・テストベッド (FTB) による飛行試験を開始した。PW1000G シリーズ GTF の中で開発が最も先行するボンバルディア C シリーズ向けの PW1500G は CS100 実機による飛行試験が 2013 年半ばに開始される予定である<sup>(15)</sup>。

前述のとおり、2013 年になりエンブラエルは E ジェットシリーズのエンジン換装を中心とした次世代型開発に同社の GTF を選定したと発表した。E-170/175 には MRJ 向け PW1217G、E-190/195 には C シリーズの PW1524G を基本としたファン直径の異なる 2 系統のエンジンが供給される計画である<sup>(7)</sup>。

777X 計画への対応では、大型機のカテゴリとしては初めて GTF 形式のエンジンが提案されている。3 社のうちではもっとも大型、高バイパス比のエンジンとなる見込みでファン直径は最大 140 インチ、バイパス比も 13 以上という内容が伝えられているが、同社ではこのサイズでも機体への搭載やエンジンの取り回しに不安はないとしている<sup>(16)</sup>。



図 2. 3. 2-2 LAST BOLT CEREMONY (2012 年 10 月 26 日) 時の PW1100G-JM  
(Pratt&Whitney)

[2. 3. 2 項 出典 (1) ~ (16) : 各、資料 3 の P2012D245~P2012D260 参照]

### 2. 3. 3 装備品関係

装備品の技術動向については、2つの視点を考えることが重要となる。第1がエレクトロニクス技術の進展に伴う電動化（MEA：More Electric Aircraft、AEA：All Electric Aircraft）であり、既に20年以上前から構想されていた。特にMEAの考え方は軍用機の軽量化、低メンテナンスコスト、高信頼性、性能の向上、生存率の向上などの要求にこたえるために当初は検討されていたが、現在では広く民間機にも広がっている。

第2は先進のICT（Information and Communication Technology）技術の発展である。具体的にはコックピットのビジョン・システムやキャビンのIFE（In-Flight Entertainment）や通信などがあげられる。また、近年、他産業でも話題となっているクラウドを用いたビッグデータ技術（事業）も含まれる。航空機分野でのビッグデータの活用は、エンジンのヘルスマモニタリングなどで先駆的な例がみられる（1）。

以上、装備品の技術動向をとりまとめるにあたっては、MEA、AEA化の流れの中で、電動化、ICTの発展をという2つに注目して、装備品技術の動向についてとりまとめた。

#### （1）MEA、AEAの流れ

MEAについては、適用箇所が限られているものの、旅客機でも徐々に実用化が進んでいる。MEAを実用化した最初の旅客機はエアバスA380であり、ボーイング787がこれに続いている。今後、開発される新型旅客機では、さらに装備品のMEA化が進むと考えられる。現在、電動化に関連して実用化、研究開発中の主なMEA技術としては次のものがあげられる。

- ・電動アクチュエータ：

  - EHA（Electro Hydro Actuator）：電気油圧式アクチュエータ

  - EMA（Electro Mechanical Actuator）：電気機械式アクチュエータ

- ・環境制御システム：空調機器
- ・電動ギア（電動モータによる走行）
- ・電源機器：発電機（可変周波数発電機）、配電装置、スターター等
- ・補助動力システム：燃料電池（APUの代替）
- ・統合システム（動力最適化）
- ・その他（デアイシング・システム等）

一方、ICT技術（ネットワーク、センサ、ビッグデータ等）の進展については、主に次の技術が注目される。

- ・コックピット（ビジョン・システム等）
- ・キャビンシステム
- ・ビッグデータの活用

## (2) 全般的な動向

航空機の電動化は環境問題、燃費改善、信頼性向上、利用者への新たな価値提供などを目的に欧米の主要装備品メーカーを中心に開発、実用化が取り組まれている。現状、MEA化に関しては、A380、B787といった新しい旅客機で既に導入が進められている。民間旅客機で電動アクチュエータを最初に導入したエアバス A380 では、EHA（電気油圧式アクチュエータ）とともに、従来の油圧システムのバックアップ・システムともなる EBHA（電気油圧式バックアップアクチュエータ）が採用されている。一方、軍用機では戦闘での生存率が高める目的から、油圧を廃した EMA（電気機械式アクチュエータ）への研究が、Moog<sup>(2)</sup>、Parker<sup>(3)</sup> Aerospace、Goodrich（エレクトリック・ブレーキ・システム）<sup>(4)</sup> などで行われている。

空調システムなど環境制御システムでは、ボーイング 787 でブリード・エアを利用せず室内の空気を循環する電気式空調システムが導入されている。このシステムは電動環境制御システムとも呼ばれている。

一方、航空機の電動化は地上走行の分野でも進められており、航空機の車輪にホイールインモータを取り付けるものから、ハイブリッド方式のトーイング・トラクタ<sup>(5)</sup>を活用するものまで、複数の開発プログラムが進んでいる。最も早いものでは2013年中に認証を取得して、2014年からの実用化が計画されている。

また、MEA化が進んだ場合、重要となるのは電源システムである。航空機向けの電源システムについては、複数の方式が採用されてきたが、電動化の適用箇所が拡大するにつれて電源システムの性能向上が求められてくる。これまで民間航空機の電源システムとしては、主としてはサイクロコンバータ付きの定周波定電圧電源システムが使われてきたが、最新のボーイング 787 やエアバス A380 では可変周波数電源システムが採用されている。可変周波数電源システムでは、高出力電流変換や電力調整においてはパワーエレクトロニクスが重要な役割を果たしている。また、先の地上走行の電動化と関連しては、従来からのガスタービンエンジンのAPU（補助動力装置）に代わり、燃料電池を適用する研究例がみられる（ドイツ DLR）。さらに燃料電池については、我が国の IHI が開発したものが、2012年にボーイング 737NG に搭載されて飛行テストに成功している<sup>(6)</sup>。

一方、MEAの進展は航空機の装備システムの多くに深く関係してくる。したがって、個々の装備システム最適化を図る設計・開発から、全体最適を図る設計・開発が重要となってきている。これを受けて、航空機の電力システムを統合的に開発し、効率、安全性を高める取り組みが行われており、例えば、EUではPOA（Power Optimized Aircraft）プログラムが航空機メーカー、エンジンやその他装備品メーカー、研究所、大学などが参加して実施されている。

下表に、ボーイング 787、エアバス A380 等に向けMEA 関連システム・機器を納入しているメーカー例を示す。同表からもわかるように、ほとんどが欧米の主要装備システム・インテグレータ（Tier1）企業である。

表 2. 3. 3 - 1 MEA 関連システム・機器の納入企業例

MEA 関連システム・機器	主な企業例	
電源システム	発電機(可変周波数交流発電機等)	Honeywell, Hamilton Sundstrand, Thales
	配電機器(ソリッドステート配電装置等)	Honeywell, Hamilton Sundstrand, ECE
	変換器(高出力インバータ等)	Honeywell, Thales
	電力調整モジュール	ELDEC
	スターター	Thales
	非常電源システム	Hamilton Sundstrand
	システム制御(タイムリガー制御等)	TTTech
モータ	高出力・高速モータ	Honeywell
電動アクチュエータ	EHA, EMA	Goodrich, Moog, TRW (Northrop Grumman)
環境制御システム(EOC)	e-ECS (電気式空調装置等)	Hamilton Sundstrand, Liebherr
その他	電動式ブレーキ	Messier-Bugatti
	電動式スラストリバーサ	Hispano-Suiza

(各社資料から作成)

将来の AEA (All Electric Aircraft) に向けては、EU の Clean Sky でエンジン、操舵制御、電源、配電、ECS、ギア・システム、防氷システムなどを統合する研究開発が行われている。

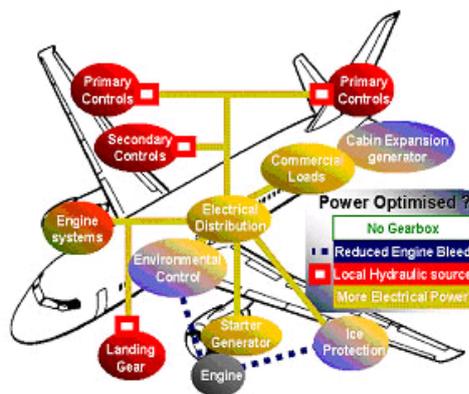


図 2. 3. 3 - 1 欧州の「Clean Sky」における AEA 実現に向けての要素技術<sup>(7)</sup>

なお、航空機の電動化に関連しては、2013 年になり日本航空、全日空のボーイング 787 で搭載していたリチウムイオン電池でトラブルが発生した。日本航空のボーイング 787 では APU 用のリチウムイオン電池が発火、全日空の機体でも前部の主電池から発煙して、機体が緊急着陸を行った。その後、両社はボーイング 787 の運航を停止、FAA も米国籍の同型機に対して緊急耐空性改善命令を発行、これを受けてボーイング 787 は世界中で運航停止となった。そして、2月7日に米国運輸安全委員会は、リチウムイ

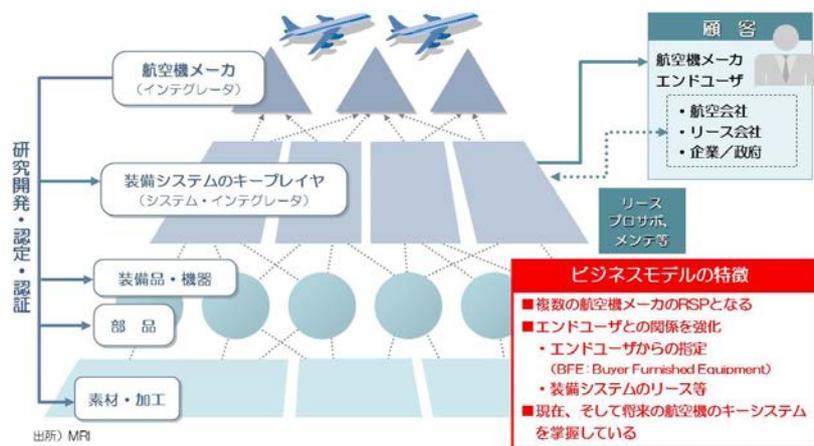
オン電池の認可基準の見直しを表明した。また、日本航空のケースでは熱暴走が発生していたとし、電源の設計や製造工程について調査を行っており、3月前半までに事故調査の暫定報告書が公表される予定である。航空機の電動化において、重要な装備品であるバッテリーで発生した今回のトラブルは、今後の航空機の電動化の進展にも少なからず影響を与える可能性がある。

### (3) 装備品メーカーをとりまく産業構造の変化

昨年度の報告書でも述べたように、現在、欧米の航空機産業では装備システムメーカーが、スーパーTier1を目指してM&Aなどを進めている。

既に米国のユナイテッドテクノロジーが、プラットアンドホイットニー、ハミルトンサンドストランド、シコルスキーに加えてグッドリッチを約1兆円で買収、2012年にはボルボの航空機エンジン部門を英国のGKNが買収した。

下図に装備システムメーカーの動向とビジネスモデルについてとりまとめるが、ストックビジネス化し、かつ、電動化の流れの中で航空機全体のシステムを掌握しようとする動きがみられる。このような動きを受けて、国内外では中小企業を取り込んだ産業クラスターの発展が取り組まれている。





## 2. 3. 4 航空システム、航空管制関係

2025 年の航空交通管理を想定した国際民間航空機関（ICAO）の指針に基づき、次世代航空交通システムに関するビジョンの策定と研究開発が、米国で NextGen（Next Generation Air Transportation System）、欧州で SESAR（Single European Sky ATM Research）、日本で CARATS（Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems）として進行中である。欧州 SESAR に関しては、毎年開催されている ATC Global Conference でその経過が報告されている。2012 年は 3 月 6、7 日にアムステルダム ATC Global 2012 Conference が開催された<sup>(1)</sup>。この Conference は 9 つのセッション「The global ATM system in 2020 – what will the world really need?」、「Are we on track to deliver the required performance?」、「Is sovereignty a major obstacle to a truly global ATM System?」、「Can regulators keep up with industrial change?」、「How should we change to culture of ATM?」、「Re-thinking ATM funding」、「Dealing with disruption」、「New safety and efficiency improvement programmes from dynamic ATM markets」、「The great public debate: Today’s ATM next-generation equipment programmes will meet all their performance and financial targets」から成り、日本、中国からの航空管制関係者も参加した。また、SESAR は、2 月 10 日、エアバス A320 がトゥールーズからストックホルムまで 4D 飛行の試験に初めて成功したと報じた。4D 軌道とはこれまでの 3 次元軌道に時間を加えた概念であり、次世代管制システムにおける軌道ベース運用に欠かせない飛行技術である。航空機上の FMS（Flight Management System）と地上施設の間のデータリンクを通して 4D データを自動で交換した飛行を行い、それらシステムの有効性を実証した<sup>(2)</sup>。

NextGen、SESAR、CARATS などの研究開発が進むにつれ、各国の将来計画の調和を図ることが必要になっている。そこで、ICAO は NextGen と SESAR の相違点を調査するとともに「シームレスな世界規模の ATM システム」を構築するため ASBU（Aviation System Block Upgrade）構想をまとめ、11 月開催の Air Navigation Conference（ANC）において合意に至った。ASBU ではモジュールと呼ばれる 4 つの施策区分「Airport Operation」、「Globally Interoperable Systems and Data」、「Optimum Capacity and Flexible Flight」、「Efficient Flight Path」に対して、整備スケジュールが示されている<sup>(3)</sup>。

日本では、2011 年に定められた CARATS ロードマップに従って、宇宙航空研究開発機構（JAXA）、電子航法研究所（ENRI）、大学等によって次世代航空交通システムの研究が行われている。3 月 19 日、将来の航空交通システムに関する推進協議会は CARATS ロードマップ、スケジュールを現状に合わせた改定を行った。そこでは、WAN（Wide Area Multilateralization 広域マルチラテレーション）運用開始を一年早く 2015 年度に、低高度航空路の設定などの 6 項目は ICAO の基準策定の遅れなどから後ろ倒しにすることが示された<sup>(4)</sup>。WAN とは航空機トランスポンダが送信する航空機衝突防止装置 ACAS

(Airborne Collision Avoidance System) からの信号と二次監視レーダ SSR (Secondary Surveillance Radar) の応答を空港内外の複数の受信局で受信して航空機の位置情報を得るシステムである。現在、羽田空港、成田空港で試験的に運用されており、国内各空港で受信局の整備が行われている。

また、JAXA と ENRI はそれぞれ大学との連携を図り CARATS 関連の研究を進めるため、関連するいくつかのテーマに関して共同研究の公募を行った。JAXA は、6 件の研究テーマ「気象情報の誤差を考慮した 4D 軌道予測の研究」、「悪天領域のリアルタイム回避に関する研究」、「航空機の騒音伝搬特性の研究」、「機上機器による GNSS 補強方式 (ABAS) の研究」、「GBAS に適した自動操縦アルゴリズムあるいは飛行方法の研究」、「コンフリクトフリーの 4 次元軌道生成に関する研究」の共同研究を公募し、7 件の採択があった<sup>(5)</sup>。また、ENRI は、3 件の研究課題「フローコリドーの研究」、「気象による軌道予測の不確定性の研究」、「国内定期旅客便の運航効率の客観分析に関する研究」に対し、3 件の採択があった<sup>(6)</sup>。複数年にわたって研究が実施される予定である。

航空交通管理に関する研究でインフラに関わる研究は ENRI を中心に行われ、2011 年も引き続き、空港面交通管理、衝突危険度推定ソフトウェア、RTA (Required Time of Arrival)、RNP (Required Navigation Performance)、GBAS (Ground-Based Augmentation System 地上型衛星航法補強システム)、準天頂衛星、衝突危険度モデル、WAN、SSR システム、ミリ波レーダ、TBO (Trajectory Based Operation) などの研究が行われていることが、2012 年 (第 12 回) 電子航法研究所研究発表会<sup>(7)</sup>で発表された。一方、大学等で行われている航空交通に関する基礎研究としてよく見られるものを、ICAS 2012<sup>(8)</sup>、第 50 回飛行機シンポジウム<sup>(9)</sup>などから抜粋すると、軌道最適化の手法とその結果の有益性、フローコリドーの実現法に関する基礎研究、継続降下進入の有益性、最終着陸進入の順番付方法、気象環境などの不確定要素を考慮した軌道予測精度の向上などが挙げられる。

[ 2. 3. 4 項 出典 (1) ~ (9) : 各、資料 3 の P2012D327~P2012D335 参照 ]

## 2. 3. 5 無人機、飛行制御関係

### (1) 概要

無人機、UAV (Unmanned Aerial Vehicle)、UAS (Unmanned Aerial System)、飛行ロボットに関する研究は国内外で盛んになっており、学会・シンポジウム等で見られる飛行制御に関する研究発表のかなりの割合が無人機を対象とするようになってきた。一つの理由が、機体キット、特にマルチロータタイプの機体が、大学の研究費として負担できる安価な値段で、購入できるようになったことによる。これまで机上シミュレーションに留まっていた飛行制御の研究と教育が、無人機による実機で可能になった。比較的小型の無人機の性能限界をブレイクスルーするため、米国では DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) が UAVForge というプログラムを実施し、その結果が 2012 年に示された<sup>(10)</sup>。UAVForge は要求された飛行監視能力、静音性、携帯性を有する UAV のアイデアを全米から募るプログラムであり、140 チーム応募から 9 チームが最終的に選ばれた。しかしながら、要求されたミッションのレベルは高く、全ての要求を満たす UAV は存在しなかったと言われている。米国ではコンベンショナルな UAV はすでに軍事目的で使用されているが、X-47B、X-48C、X-51A のような特殊航空機の試験機としても無人機は研究されている。



図 2. 3. 5 - 1 X-47B (Northrop Grumman) <sup>(11)</sup>



図 2. 3. 5 - 2 X-48C (Boeing) <sup>(12)</sup>



図 2. 3. 5 - 3 X-51A (Air Force Research Laboratory, DARPA, Pratt & Whitney Rocketdyne, and Boeing) <sup>(13)</sup>

## (2) 日本における動向

日本の大学以外の公的研究機関で UAV の研究を行っているのは、JAXA と防衛省技術研究本部である。東日本大震災の教訓を受けて無人機の研究プロジェクトを進めている。例えば、JAXA は今年から、日本原子力研究開発機構と共同で放射線モニタリングのための小型固定翼無人機システムの開発を始めた<sup>(14)</sup>。また、高高度長時間滞空型無人航空機のシステム概念と防災ミッションへの利用の検討を始めている。これは、防災ミッション能力の達成と実用化を目指し、既存機を超える長時間飛行が可能な高高度滞空型の無人航空機システムを概念検討する計画である<sup>(15)</sup>。同様な高高度滞空型の無人機システムに関する研究は、防衛目的で防衛省技術研究本部も開始した。その他、JAXA は災害時の屋内探索に対する複数 MAV (Micro Aerial Vehicle) の協調運用などの研究を大学と共同で行っている。

## (3) 安全基準策定について

無人機の研究開発と飛行が進むにつれて、一般の航空機の飛行する空域に無人機の飛行を認めるための安全基準策定の動きが国際的に本格化している。2012 年、米国は 2015 年までに一般空域を無人機に解放し、無人機の飛行が可能となるような法整備をすることを決定した<sup>(16)</sup>。これは無人機が軍事目的だけではなく、商業目的でも利用される機会を開くものである。なお、ここで言う無人機とは遠隔パイロット航空機 (Remotely Piloted Aircraft) であり、完全自律型の無人機は現時点で想定していない。空域飛行に当たっては、一般の航空機同様に地上の管制に従うことが必要最小限の条件となっており、例えば管制官の口頭による管制指示を伝達、理解、実行する能力が要求されている。一方、ICAO では、2011 年 3 月に、無人機の運航方式およびパイロットのライセンスを含む ICAO Circular 328 を発行した<sup>(17)</sup>。このなかで、ICAO として無人機に対する検討の必要性を認識しつつも、現時点で飛行ルールを満たすことはできず、一般航空機との混在は困難であろうと指摘している。技術的課題と社会的課題を認識しつつ、安全性認識、

性能基準、パイロット免許に関する無人機専用の基準制定の必要性を指摘している。既述の ASBU の中では、これら基準整備スケジュールを 2023 年頃としている<sup>3)</sup>。日本では ENRI がフランス民間航空大学 (ENAC) 及び欧州民間航法装置機関 (EUROCAE, The European Organization for Civil Aviation Equipment) と、無人機の機体、搭載装置認証や運航基準等に関する技術交流と共同研究を進めている。また、2013 年から ICAO が組織する UAS 運航に関する検討グループに ENRI の研究員が参加し、国際的な協力を進める予定となっている。

無人機以外の飛行制御に関する研究動向としては、制御理論の基礎的研究を除けば、耐故障制御技術、先進制御理論の航空機制御への応用研究が広く実施されている<sup>8,9)</sup>。また、JAXA は実験用航空機として、「飛翔」の空力特性推定の飛行試験を実施している。これに加えて、飛翔を用いて MRJ に搭載する計測機器の評価試験を行っている。

[2. 3. 5 項 出典 (1) ~ (8) : 各、資料 3 の P2012D336~P2012D343 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 2012年国際航空宇宙展（JA2012）報告

平成24年10月9日から14日の6日間、一般財団法人日本航空宇宙工業会（SJAC）主催の「2012年国際航空宇宙展（JA2012）」<sup>(1)</sup>が愛知県のポートメッセなごや、中部国際空港セントレア（12日から14日）を会場として開催された。JA2012には世界32カ国、664企業・団体の参加があり、参加国数、参加企業・団体数共に過去最高で、入場者数もポートメッセなごや会場が約4万人、セントレア会場が約12万人の合計約16万人と盛況だった。以下に概要を示す。

#### (1) セミナー・シンポジウム（ポートメッセなごや会場等）

##### ア 記念講演

開催初日に JA2012 記念講演が開催され、以下に示す2つの基調講演、5つの特別講演が行われた。なお、(ア)①では、航空機産業を「ものづくり」だけでなく、「アフターサービス」まで含めた戦略産業であると再定義した上で、MRJはそのための重要なプロジェクトだとし、併せて、「ものづくり」においても他産業の強みを糾合させていく必要があるとの認識を示した。

##### (ア) 基調講演

- ①我が国航空機産業の進むべき道：経済産業省製造局長 菅原 郁郎氏
- ②わが国の宇宙政策について：内閣府宇宙審議官・宇宙戦略室長 西本 淳哉氏

##### (イ) 特別講演

- ①防衛航空機開発の歩み：防衛省技術研究本部技術開発官（航空機担当）  
空将 古賀 久夫氏
- ②宇宙・航空に関する JAXA の取り組み：(独) 宇宙航空研究開発機構（JAXA）  
副理事長 樋口 清司氏
- ③MRJ-Made In Japan-を世界の空へ：三菱航空機（株）  
取締役社長 江川 豪雄氏
- ④航空機産業の将来展望と日本への期待：米国航空宇宙工業会会長  
デビット・ヘス氏（P&W 社長）
- ⑤日本と欧州における研究開発協力の現状と将来：欧州委員会研究・イノベーション総局副総局長 ルドルフ・ストロマイヤー博士

##### イ セミナー・シンポジウム等

以下に示すテーマのセミナー・シンポジウム等が開催された。なお、(ア)の中で、ボーイング社 787 サプライヤー管理担当副社長は、「B787 の教訓」として①サプライチェーン・ロジスティックスの改善と可視化、②実績のあるツール／プロセスの使用、③新技術への理解深化、④信頼関係強化を挙げ、またエアバス社北東アジア国際協力

担当責任者は、革新的な技術が必要となる将来航空機（A320neo 後継）開発に向けて日本の先進技術を活用した技術共同開発の機会が近くあるとし日本への期待を寄せた。

- (ア) 米国・欧州航空産業との協力と日本への期待（10件）
- (イ) 宇宙セミナー～主要国の宇宙政策と日本の宇宙利用戦略～（12件）
- (ウ) 革新航空機技術開発センター成果発表会
- (エ) 各国の航空宇宙産業の現状と主要バイヤーによる調達ポリシー（12件）
- (オ) 公開シンポジウム「アジア旅客機フォーラム2012」（6件）
- (カ) 防衛セミナー（13件）
- (キ) 日本の航空技術の最新動向と今後の展望（8件）
- (ク) ICAO の環境規制への取り組み  
～グリーンアビエーションの実現に向けて～（4件）
- (ケ) 中部地区の航空宇宙産業特区の取り組み
- (コ) 第4回超小型衛星シンポジウム
- (サ) 国産航空機の海外市場展開に向けて（3件）
- (シ) JAXA 航空シンポジウム in NAGOYA（セントレア会場）

## (2) 展示会場

### ア ポートメッセなごや会場

国内の出展社では、航空機メーカー各社とも特徴を出した展示をしていたが、国内で初めて公開された三菱航空機（株）の MRJ 実大客室モックアップの前には長蛇に列ができ、盛況であった。また、JAXA は特に宇宙関係の展示品が多く人目を引いていた。また、海外の出展社では、787 型機の展示用シミュレータや各種模型を持ち込んだボーイング社や A380 の模型等を持ち込んだ EADS/エアバス社などの大手航空機メーカーへの関心が高かった。アジア勢では、台湾企業が力を入れており、CFM56 等のエンジン部品や機体の複合材部品の展示には目を引いた。

### イ セントレア会場

屋外展示としては、ボーイング社ドリームリフター等の固定翼機が15機に、消防ヘリ等の回転翼機が8機、飛行展示としては、ブルーインパルス（T-4）6機を含めた消防ヘリ等の11機であり、来場者数も予想を2倍以上上回る盛況振りであった。

[3. 1. 1 項 出典 (1) : 資料2の P2012D104 参照]

3. 1. 2 平成24年度委託研究成果報告会（(社)日本航空宇宙工業会）

社団法人日本航空宇宙工業会革新航空機技術開発センターの委託調査研究成果発表会<sup>(1)(2)</sup>が平成24年10月10日に開催され、8件の研究成果および平成24年度研究賞・技術賞を受賞された研究の特別発表が報告された。研究発表の内訳は、機体/空力分野4件、推進分野2件および制御分野2件であった。

機体/空力分野では、住友精密工業株式会社から「チタン基複合材(TMC)の降着装置部品の実用化研究」に関する研究発表が行われた。TMCの材料特性データおよびFOD特性の把握を行うとともに、実機サイズの脚部品モデルを試作し、全長830mmの試作品において重量軽減効果が従来材料の約30%であることが確認された。しかしながら、量産効果を加味したコストが従来材料の220%となり、量産化効果以外のコスト改善が必要である。その一つとして、摩擦圧接による治具の簡素について検討した結果、摩擦圧接の接合条件の改善および接合部健全性の検証等のさらなる研究が必要であることがわかった。富士重工株式会社の「革新的軽量金属構造材料の研究」では、ハニカムコアの圧縮比強度が1/10程度である従来のポーラスアルミの高強度化を目的として、製造プロセスにおける溶湯温度、溶湯量の最適化を行うとともに、合金元素の最適化を行った。その結果、Al-10Zn-0.5Mgが最も高強度であることを明らかにし、さらにAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を分散粒子とすることで、従来のポーラスアルミの約8倍の圧縮比強度を達成した。また、低コスト製造プロセスとして、型発泡技術の適用を検討し、型発泡アルミの製造を実証し、製造工程時間がハニカムサンドイッチ部材のそれと比較して87%短縮できることを示した。川崎重工業株式会社による「航空機HLD騒音低減技術の研究」では、高揚力装置(HLD)であるフラップ翼端の空力特性を損なうことなく、空力騒音を抑える実用的な騒音低減技術を開発することを目的として、4種類のフラップ形状について風洞試験およびCFD解析を行った。その結果、いずれの形状においても揚力低減を0.4%未満に抑えつつ、騒音を2dB程度低減できることを確認した。また、突起型と端部プレート型の複合型形状が騒音低減効果と空力特性がいずれも良好であることを明らかにした。同社と日本飛行機株式会社による「最適化技術を応用した高揚力装置の設計技術開発」では、前年度に開発した2次元HLD断面設計技術に基づいた5形状の高揚力装置の3次元性能を評価するため、3次元空力設計技術の開発を行った。その結果、モーフィングとスポイラ・ドループを組み合わせることで、ダブル・スロテッド・フラップと同等のアプローチ時揚力を達成することを明らかにするとともに、離陸フラップをモーフィングさせることで従来よりも大きな揚抗比、揚力を得られる見通しが得られた。

推進分野では、株式会社IHIにより「航空エンジンにおける回転体の光学ひずみ・振動計測技術の研究」および「航空エンジンのタービン翼に適用する冷却空気削減技術の研究」が実施された。前者の研究では、回転体のひずみ・振動計測に適用される光信号伝達技術において、光信号伝達部での反射光による光信号損失低減効果を減少させるため、光ファイバ端面にモスアイ構造を用いることで反射損失を低減させることができ

ることを明らかにした。しかしながら、モスアイ構造を光ファイバ端面に確実に密着施工する技術の確立が課題である。後者の研究では、タービン翼の前縁および後縁部に適用可能な革新的冷却法として、翼前縁には **Vortex Reducer** を、また翼後縁には **Skin Turbulator** の適用を提案し、数値シミュレーションを用いることでそれらの詳細形態の最適化および性能評価を行った。前縁に **Vortex Reducer** を用いることで、フィルム効率が従来技術の2倍となること、また後縁の **Skin Turbulator** の適用により熱伝達率が2-3倍に増大することが明らかにされた。

制御分野では、三菱重工業株式会社による「リージョナルジェット機を対象としたダイナミックインバーション飛行制御技術に関する研究」が報告された。制御則内部に航空機特性に関するデータベースを有することで派生型機への適用が容易に可能となる飛行制御則を設計、開発した。基本型機、派生型機の全解析ポイントにおいて安定性・応答特性の設計目標を達成するとともに、パイロットシミュレーション試験において操縦性を評価し、本飛行制御則のパイロット適合性が良好であることを確認した。同じく三菱重工業株式会社による「**Integrated Fault/Damage Detection and Isolation (IFDDI)** 技術に関する研究」では、飛行中の舵面の故障・損傷検知手法として、ハードウェア的検知部とソフトウェア的検知部を統合させた **IFDDI** システムを開発し、アルゴリズムのシミュレーション評価を実施した上で、**HILS** 試験による本システムの妥当性を検証し、従来手法に比べて速やかにかつ精度良く故障・損傷が検知できることを確認した。

発表会の最後に、技術賞受賞特別講演として、株式会社島津製作所による「カドミウムめっき代替プロセスの研究/**Zn-Ni** めっき開発」が報告された。なお、本件は株式会社島津製作所を研究統括とし、住友精密工業株式会社、富士重工業株式会社、メイラ株式会社、旭金属工業株式会社、ディップソール株式会社による共同研究である。航空機分野では **Cd** 含有めっきを現在でも常用しているが、他業界ではほとんど使用されておらず、世界的な有害物質規制の動きに対応する必要がある。そこで、**Cd** めっきの代替技術として **Zn-Ni** めっき技術を確立し、各種評価結果から **Zn-Ni** めっきは **Cd** めっきと同等あるいはそれ以上の性能を有することを明らかにし、さらに安全性向上のため再水素脆化を低減させる技術を開発した。2010年には、本めっき技術を **AMS2417 Type-2 Grade-B** として規定する改定 **H** が発行され、現在でも **Boeing** 社への提案等を継続して実施しており、**Zn-Ni** めっきの普及活動が進められている。

[3. 1. 2項 出典 (1) & (2) : 各、資料3の P2012D105&P2012D106 参照]

### 3. 1. 3 平成24年度航空機関連動向情報

#### (1) 平成24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24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、787-10X）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。初飛行の時期が1年後または2年後と近づいた、リージョナルジェット（MRJ、C-Series、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23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、平成24年11月に一時凍結とはなったものの、平成24年1月から航空機分野への適用が発効され、話題となった欧州連合域内排出量取引制度（EU ETS）について、「航空機のCO<sub>2</sub>排出削減への取組み特集」<sup>(1)</sup>と題した上期特集号として、EU ETSとは/ICAOの活動状況/航空用バイオ燃料動向を関連記事と共に取り纏め、配信している。さらには、「将来航空機の研究開発特集」<sup>(2)</sup>と題した下期特集号として、平成32（2020）年/平成37（2025）年に飛行実証レベルの達成を目指し欧米にて取り組まれている将来航空機の研究プログラムの概要とその将来技術の研究開発動向を関連記事と共に取り纏め、配信している。

#### (2) 平成24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24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 航空機装備品の電氣化（MEA）の動向<sup>(3)</sup>

近年の技術革新により実現している航空機装備品の電氣化（More Electric Aircraft）の概要と利点、航空機への適用事例および装備品電氣化の動向を解説

##### イ 航空機用アルミニウム合金および航空機産業の最近の動向<sup>(4)</sup>

運用コスト低減のために航空機の軽量化が求められる中、複合材料の適用と共にその使用量増加が期待されるアルミニウム合金について、最近の開発動向を解説

##### ウ 無人航空機システム～無人化技術が実現する新たなフロンティア～<sup>(5)</sup>

機体技術、運航技術および基準・法規等、航空分野のおよそ全ての分野において新しい取り組みが求められている無人航空機システムの現状、最新の研究開発事例、

実用化に向けた課題および将来の方向性について解説

エ 極超音速旅客機の実現に向けた研究開発<sup>(6)</sup>

マッハ5クラスの極超音速旅客機の実現に向けた、欧米における研究開発動向と我が国における研究開発動向を解説

オ 航空機用エンジンの構造解析技術とその動向<sup>(7)</sup>

航空機用エンジンにおける構造解析技術全般を紹介すると共に、エンジン・機体構造システム設計のインターフェースとしての役割や最近の技術開発について解説

カ 超低レイノルズ数航空機の翼特性～火星探査航空機への応用～<sup>(8)</sup>

昆虫サイズの超低レイノルズ数領域の翼の空力特性が火星探査機のような特殊航空機の開発において応用される可能性について解説

キ 飛行データ解析技術（FDM/FOQA）の動向<sup>(9)</sup>

当初は事故の原因究明を目的とし、今では事故の芽を未然に摘み取る活動の中心的な役割を担う飛行データ解析技術（Flight Data Monitoring/Flight Operational Quality Assurance 等）の変遷について解説

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2012年の年間アクセス件数は、156,063件（月平均13,005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. 3項出典(1)～(9)：各、資料2のP2012D107～D115参照]

### 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 日本航空宇宙学会第 43 回通常総会及び講演会における研究開発動向

平成 24 年 4 月 12、13 日の両日、日本航空宇宙学会第 43 回通常総会及び講演会が東京で開催された。講演会では東日本大震災における原発事故等を意識した安全・安心に関する企画として、安全マネジメントに関する特別講演セッションが実施された。一般講演では、プラズマアクチュエーターによる流れ場制御の研究発表が多く行われていた。

##### 特別講演

- 「「航空先端国」実現に向けた ALL-JAPAN 体制への結集と JAXA 航空部門の役割」 岩宮 敏幸 (JAXA 航空プログラムディレクタ)

##### 特別講演セッション

- 「航空会社の安全マネジメント」 田中龍郎 (全日本空輸株)
- 「衛星の軌道上故障の統計分析と信頼度解析法の模索」 齋藤宏文 (JAXA)
- 「鉄道における安全マネジメントの支援研究」 宮地由芽子 (鉄道総合技術研究所)

##### パネル講演

- 「産業界が大学に期待すること」
- 「震災を踏まえた航空ビジョンの見直しについて」

##### 企画(OS)講演： 4 企画 32 件

- 「先進的流体制御」
- 「将来の航空交通システムの運用改善とイネーブラ」
- 「新日本創生に向けた宇宙プロジェクト提案」
- 「航空宇宙工学からのスピニアウトと航空宇宙工学へのスピニンインの可能性」

(若手企画)

##### 一般講演： 14 セッション 56 件

惑星探査 (5)、機器・宇宙システム (5)、構造材料 (4)、再使用観測ロケット (3)、空力特性 (4)、空力 (高速流体・希薄流体) (4)、航空機設計 (4)、推進・宇宙航行 1、2 (7)、風洞試験 (4)、空力 (x 線、レーザ・プラズマ応用) (4)、飛行制御 (6)、人材育成 (3)、ロケットエンジン等 (3)

[資料 3 の P2012D344 参照]

3. 2. 2 第44回流体力学講演会(FDC)／航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム 2012 における研究開発動向

第44回流体力学講演会(FDC)／航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム 2012 が平成24年7月5日、6日に富山国際会議場 大手町フォーラムで開催された。企画講演および一般講演合わせて約150件の研究発表が実施された。OS企画において「民間超音速機実現のための空力技術」では翼型やソニックブームの研究が活発に行われ、また「非定常空力と空力音響技術」ではプラズマアクチュエーターの発表が比較的多く行われていた。

特別講演

- 「ウォータージェット技術と用途事例」 三辺 征夫 (株式会社スギノマシン)
- 「気体デトネーション波の開始過程」 大八木 重治 (埼玉大学)
- 「Reflections on RANS Modeling」 Dr. Philippe R. Spalart (The Boeing Company)

企画(OS)講演： 7企画 79件

- 「EFD/CFD 融合技術」 11件
- 「民間超音速機実現のための空力技術」 15件
- 「非定常空力と空力音響技術」 15件
- 「先進流体計測技術」 14件
- 「デトネーションエンジン」 12件
- 「航空宇宙における今後のHPC利用」 4件
- 「宇宙輸送及び推進系技術」 8件

一般講演： 18セッション 67件

乱流 (4)、翼 (8)、格子・解法 (8)、プラズマ・レーザー (18)、再突入 (4)、遷・超音速機 (4)、航空機および関連空気力学 (8)、最適化 (4)、CFDと教育 (2)、宇宙機 (7)

[資料3の P2012D345 参照]

### 3. 2. 3 第54回構造強度に関する講演会における研究開発動向

平成24年8月1日(水)から3日(金)にわたり、第54回構造強度に関する講演会が熊本市国際交流会館で開催された。特別講演2件の他、約100件の講演発表が行われた。

#### 特別講演

- 「宇宙航空構造の無理難題」 小松 敬治 (JAXA)
- 「熊本城の構造と魅力」 北野 隆 (熊本大学)

一般講演： 21セッション 104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 P2012D346 参照]

### 3. 2. 4 第3回 JAXA 航空プログラムシンポジウムにおける研究開発動向

2012年9月10日に日本科学未来館において、第三回 JAXA 航空プログラムシンポジウムが開催された。本シンポジウムは、JAXA 航空部門の最先端の研究開発成果を報告するとともに、JAXA としての研究開発計画を示す場でもあり、研究開発動向が示される。当日のプログラムは以下の通り。

- ・ YS-11 初飛行から50年の今、日本の航空は何を目指すか  
東京大学大学院 工学系研究科航空宇宙工学専攻 教授 鈴木 真二
- ・ JAXA 航空の事業方針と今後の研究開発  
航空プログラムディレクタ 岩宮 敏幸
- ・ エアラインによる整備活動を通じた、産官学協働への取り組みと期待  
株式会社 JAL エンジニアリング 技術部技術企画室 室長 水間 洋一
- ・ 航空環境技術の研究開発プログラム  
環境適合機体技術チーム チーム長 大貫 武
- ・ 次世代エンジン技術の研究開発  
ジェットエンジン技術研究センター センター長 西澤 敏雄
- ・ 機体騒音低減技術の研究開発動向と JAXA の研究計画  
環境適合機体技術チーム セクションリーダー 山本 一臣
- ・ 航空機安全技術の研究開発プログラム  
運航・安全技術チーム チーム長 張替 正敏
- ・ 乱気流動揺低減システムの研究開発  
運航・安全技術チーム アソシエイトフェロー 井之口 浜木
- ・ 航空新分野創造プログラム  
超音速機チーム チーム長 吉田 憲司
- ・ 電動化航空機の動向と JAXA における研究開発の概要  
環境適合機体技術チーム セクションリーダー 西沢 啓

[資料3の P2012D304 参照]

### 3. 2. 5 第 50 回飛行機シンポジウムにおける研究開発動向

第 50 回飛行機シンポジウムは、平成 24 年 11 月 5 日から 7 日まで新潟市の朱鷺メッセ新潟コンベンションセンターで開催された。50 回開催を記念した特別企画、特別講演 4 件の他、企画・一般講演合わせて 200 件近くの発表が行われた。企画講演では、特に無人機、超音速機研究および航空材料に関連した分野の発表件数が多かった。

#### 特別講演

- 「トキよ大空へ」 川瀬翼（環境省 佐渡自然保護官事務所）
- 「衛星航法による精密進入着陸システム（GBAS）の開発」 福島荘之介（電子航法研究所）
- 「ボーイング 787 型機の安定した運航に向けた OESG(Operation Engineering Support Group)を中核とした活動の推進」 満倉達彦（全日本空輸）
- 「航空機のフラッターとその応用」 磯貝紘二（九州大学名誉教授）

#### 特別企画 I

##### 50 回記念講演「50 年のトキ」

- 「過去、現在そして明日への期待」 鳥養鶴雄
- 「JAXA 実験用航空機の 50 年と今後の展望について」 柳原正明
- 「エアバスが描く未来の航空～2030 年の航空機市場予測と 2050 年の空の旅～」 野坂孝博
- 「飛行－これからの空の活用」 坂田公夫

#### 特別企画 II :

##### 50 回記念展示

#### 特別企画 III :

##### ～空に向かって～－航空分野の産学官連携体制の構築－

- 最近の学術会議の活動紹介
- 航空科学技術研究－All-Japan 体制構築に向けた動き－
- 航空ビジョンの現実に向けて－産学官連携－（パネルディスカッション）

#### パネルディスカッション :

- 航空教育支援フォーラムの立ち上げについて

#### 企画講演： 11 企画 95 件

- 「航空技術を支える人材」 5 件
- 「航空分野における協調制御」 5 件
- 「CARATS の推進に資する研究開発」 8 件
- 「ヘリコプタの先進技術」 10 件

公益財団法人航空機国際共同開発促進基金

- 「航空機製造における最新生産技術の動向と課題」 5件
- 「航空宇宙材料研究の最前線」 12件
- 「機器・電子情報システムの技術動向」 8件
- 「従来型風洞計測技術の新展開」 8件
- 「実飛行環境における流体力学」 6件
- 「民間超音速機研究開発」 13件
- 「無人機の新技术と多面的応用」 15件

一般講演： 17セッション 76件

空気力学 1-6 (27)、航空機設計 1-2 (8)、飛行力学 1-4 (17)、機器・電子情報システム/  
特殊航空機 (6)、航空機運航・整備 (4)、航空交通管理 1-2 (9)、構造/材料 (5)

学生講演： 3セッション 14件

[資料3の P2012D347 参照]

### 3. 2. 6 その他国際学会等における研究開発動向

#### (1) 18th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference 関連

平成 24 年 7 月に開催された 18th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference (33rd AIAA Aeroacoustics Conference) <sup>(1)</sup> では、「Jet Noise」、「Computational Aeroacoustics」、「Airframe Noise」、「Turbomachinery and Core Noise」、「Propeller and Rotor Noise」などの分野における研究発表が数多く行われた。昨年と同様に Jet Noise に関する研究発表が最も多く、基礎的な機構解明を目的とした発表が目についた。また、「Airframe Noise」では翼フラップなど高揚力装置からのノイズ、スラットノイズなどに加え、今回は Landing Gear からのノイズを対象とした研究発表が多く見られた。「Propeller and Rotor Noise」は 4 セッションが組まれていたが、その発表の半数程度がオープンローターを対象としたものであり、昨年以上にオープンローターのノイズ研究が活発になっているものと考えられる。

#### (2) 53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference 関連

53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference/ 20th AIAA/ASME/AHS Adaptive Structures Conference/ 14th AIAA Non-Deterministic Approaches Conference/ 13th AIAA Dynamic Specialist Conference/ 13th AIAA Gossamer Systems Forum/ 8th AIAA Multidisciplinary Design Optimization Specialist Conference<sup>(2)</sup>では、主として、構造・材料分野の研究発表が行われていたが、特に「Nanostructured Materials」に関して 4 つのセッションが生まれ、この分野の関心の高さがうかがわれる。また、非決定論手法 (Non-Deterministic Approaches) に関する研究も数多く行われ、その手法自身の開発のみならず、一般的な工学、航空宇宙システム、デザインおよび最適化、ヘルスマonitoringへの適用など多くの応用事例が紹介されている。さらに「Micro-Aircraft」あるいは「Micro Air Vehicle」に関する研究も活発に行われているようである。

#### (3) 12th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference 関連

12th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference and 14th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference<sup>(3)</sup>では、「Multidisciplinary Design Optimization Methodologies」および「Uncertainty and Reliability Methods in MA&O」がそれぞれ 5 セッション組まれており、最適化手法の不確実性および信頼性の検討、「Aeroelastic Design」への適用などの研究例が報告されている。また、「Traffic Flow Management」、「Transformational Flight: Electric Aircraft」、「System Wide Environmental Impact」、「Wing Design and Optimization」、

「UAS: Vehicle Design」、「Arrival Management and Throughput」などの分野に関してセッションが複数組まれている。

#### (4) ICAS2012 関連

International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS)は、航空科学技術についての情報交換を促進するため、1957年に設立された。32か国の学会が参加し、関連企業および公的機関に支援されている。この国際的基盤に基づき、航空科学技術の課題の議論、および国際的な情報交換のためのフォーラムを組織し、国際的な研究協力の促進を目指している。2年に一回開催されている。

2012年9月23日～28日に、オーストラリア、ブリスベンで開催された。総セッション数は123、口頭発表は約450件、また、それ以外にポスター発表は約200件であった。11～12のセッションが並行して実施され、4日間にわたり午前1セッション、午後2セッションが開催され、各セッションでは1件30分で、3～5件の発表が行われた。発表分野は航空科学技術の多岐にわたり、発表セッションの分類を見ても、空気力学、構造力学、複合材等の材料、飛行制御航法、エンジン、などの幅広い要素技術としての取り組みと、将来航空機やUAVなどのシステムの観点での発表など、現在の最先端の技術開発状況を反映したものとなっていた。なお、発表セッションの分類から見る発表の傾向は、以下のとおり。123のセッションのうち、要素技術として、Aerodynamics、Structure/Material、Control/Navigationに関するセッションがそれぞれ25件前後となっており、これらの分野で継続的に幅広く研究開発が進められ、報告された。一方、エンジン関係のセッションが11程度と少なめであった。これは、機体技術中心の位置づけとなっている本学会の特徴である。システムの観点では、Designに関連するセッションが14程度、Safetyに関連するセッションが10程度、UAVに関連するセッションが10であった。2年前と大きく変化は無いが、これらの項目が引き続き注目されていることには変化は無い。更に、Safety関連のセッションについては、これに加え、Navigationの要素技術に関連して、実際のフライトに適用されるATMに関するセッションが8つ置かれ、2年前より倍増した。航空機の運航安全への興味が増大していることが明確に現れたと言える。近年注目を集めている環境関連については、本学会でエンジン関係の発表が少ないこともあり、直接的には3件程度、空力騒音も含めたNoise関係のセッションを加えても5程度のセッションに限られていた。前回に比べ機体技術の観点では注目度が下がっていた可能性もあり、今後注視してゆく事も必要である。ただし、長期的な将来技術として先進コンセプトなどには環境関連への取り組みが重要な位置を占めている。

[3. 2. 6項 出典 (1) ～ (3) : 各、資料3のP2012D348～P2012D350参照]

## 第4章 平成24年度海外調査報告

### 4.1 調査目的

#### (1) 調査目的

航空機に関する技術開発動向調査委員会にて調査課題として取り上げたテーマについての掘り下げ調査の一環として、海外調査を実施する。平成24年度の調査課題として抽出されたテーマは以下のとおりで、本掘り下げ調査として、近年MROビジネスを中心とした航空機産業の発展が著しいアジア・オセアニア地域の研究施設、大学、企業等を訪問先として検討する。

- ① 成長著しいアジア・オセアニア地域における航空機産業の現状と将来動向
- ② アジア・オセアニア地域における航空機関連の研究技術開発状況と部品製作能力やMRO技術レベルの実態調査

#### (2) 訪問調査先の選定

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

#### Singapore Technologies Aerospace Ltd - ST Aerospace (Singapore)

シンガポール最大の航空宇宙企業であると同時に、世界最大級の独立系(third party)航空機MRO事業会社であるST Aerospace社を訪問し、その事業内容と実態を生産設備の視察や関係者との意見交換等により実地調査する。シンガポールという立地条件の持つメリットやMRO事業における核心・強さについても把握されることが目的。

#### GE Aviation Service Operation L.L.P – GEASO (Singapore)

GE Aviation社の子会社であるGEASO社を訪問し、GE社のエンジン部品の生産技術と生産状況を視察することにより、シンガポールにおける航空機部品の生産状況と生産技術能力を実態調査する。

#### Defence Science and Technology Organisation (DSTO) (Australia) 及び

#### CRC-ACS(Cooperative Research Centre for Advanced Composite Structures) (Australia)

オセアニア地域で有数の豪州国立航空機関連研究所であるDSTOと豪州で特徴的な国家研究システムであるCRCの複合材研究機関であるCRC-ACSを訪問し、豪州における航空機関連の先進技術研究開発の実状を研究施設の視察や関係者との意見交換により実地調査する。

QuEST Global Engineering Pty Ltd、他数社 (Australia)

豪州にある航空機関連企業数社を訪問し、ビジネスや研究開発の実状を調査する。

RMIT University (Australia) 及び

Swinburne University/Australian Advanced Manufacturing Research Centre (AusAMRC)

豪州の航空宇宙産業が集積している Victoria 州でも有数の航空機関連の教育と研究を実施している RMIT 及び Swinburne 両大学を訪問し、豪州の大学における航空機関連の教育・研究の実態を研究施設の視察や関係者との意見交換により実地調査する。

Hong Kong Aircraft Engineering Company Limited (HAECO) 及び

Hong Kong Aero Engine Services Limited (HAESL)

香港にある世界最大の独立系(third party)航空機及び航空エンジン MRO 事業会社である HAECO 社と HAESL 社を訪問し、その事業内容と実態を生産設備の視察や関係者との意見交換等により実地調査する。ST Aerospace 社と同様に香港という立地条件の持つメリットや MRO 事業における核心・強さについて、ST Aerospace 社との比較も兼ねて調査する。

#### 4. 2 調査結果概要

##### (1) 日程・調査団メンバー

調査日程

- H24.9.12(水) : 成田出発、Singapore 到着
- H24.9.13(木) : AAIS 訪問(午前)、GEASO 社訪問(午後)
- H24.9.14(金) : ST Aerospace 社訪問
- H24.9.15(土) : Singapore から Melbourne に移動
- H24.9.17(月) : Victoria 州 DBI/DSI と Meeting(午前)、  
DSTO 及び CRC-ACS 社訪問(午後)
- H24.9.18(火) : QuEST Global Engineering 社訪問(午前)、  
Thales Australia 社訪問(午後)
- H24.9.19(水) : RMIT 大学訪問、  
Marand/Lovitt Technologies/Cablex 社代表と昼食会、  
Swinburne 大学(AusAMRC)訪問
- H24.9.20(木) : Melbourne から香港に移動
- H24.9.21(金) : HAECO 社訪問(午前)、HAESL 社訪問(午後)
- H24.9.22(土) : 香港出発、成田到着 (帰国)

調査団メンバー

戸田 勸 委員長(調査団長)、津江光洋 委員、野崎 明 企画調査部長(事務局)

(2) 調査結果概括

ア. 今年度は欧米における航空機関連の最先端技術研究開発状況の調査とは視点を変え、成長著しいアジア・オセアニア地域における航空機産業の発展状況の調査を主題にして、シンガポール・豪州・香港の三地域を選定し、実地調査した。シンガポールでは1団体と2社、豪州は8箇所（1州政府機関、2大学、1研究所、3企業、及び中小企業3社との懇談会）、香港は2社の合計13箇所を実地訪問調査した。

イ. 世界でもトップ3に入る独立系大手MRO会社であるシンガポールのST Aerospace社と香港のHAECO社を訪問し、機体及びエンジン等整備工場の視察と意見交換を実施し、東アジア地域において成長著しい航空機関連MROビジネスの実態を学び、実状に触れることができたのは、大きな収穫であった。両社ともに客先は米国を始めとする世界各国の航空会社であり、コスト(生産性)競争力と共に各国適用規格への対応能力の高さを有し、更に貨物機への改造や装備品の改修を実施する技術力は相当高いレベルにあることが実感できた。今後、日本の航空機産業が世界を相手にMROビジネスを拡大していく上で、多くの示唆を得ることができた。

ウ. 一方、豪州では防衛産業を中心として航空宇宙産業が着実に成長しており、航空機産業が集積しているMelbourne周辺での研究所や大学では、企業と連携した複合材構造や修理技術、装備品の開発等の実務研究に注力して成果を上げており、また、大学の航空学科では極めて実学的な教育と研究が実施されていることに強く印象付けられた。また、日本との共同研究について各訪問先から積極的なアプローチがあったこと、訪問先企業からも(MRJ等の)日本の仕事を取り込みたいとの積極的な発言があった。

エ. シンガポールの航空宇宙産業は民間向けだけで18000人が従事し、生産高は79億SDドル。また、豪州の航空宇宙産業生産高は約260億ドル(軍用含む)で、中心となるVictoria州だけでも22000人が従事している。日本の民間航空機産業が、ここ数年1~1.2兆円で推移している状況を鑑みると、今後日本の航空機産業を飛躍させる上で、新規開発プロジェクトの立ち上げや大規模な国際共同開発への参画拡大の他にも、MROを始めとする考慮すべき検討項目が多くあるのではないかとの印象を今回の実地調査から強く刻み込まれた。

(3) シンガポールの航空関連企業・団体訪問調査

3-1) シンガポール航空宇宙産業協会 (Association of Aerospace Industries – 略称 AAIS)

訪問日時：2012年9月13日 10:30～11:30

面談者：Jean Low, Deputy Director

調査概要

- ・Changi 空港周辺の工業団地の一角にあるシンガポール航空宇宙産業協会(AAIS)を訪問し、シンガポールの航空宇宙産業全般に関する情報を聴取した。当協会はシンガポールの航空宇宙関連企業や研究機関、団体等を会員とする Volunteer 協会であり、民間航空宇宙産業を活動の対象とし、防衛関係は活動の対象外としている。
- ・会員数は現在 110 社・団体であり、会員の 60～70%は MRO ビジネス関係の企業で、その他の会員には大学、エンジニアリング会社、リース会社等が含まれている。協会活動としては会員相互のネットワークングやセミナーの開催、トレーニングの開催 (non-technical aspect)、キャリア・ディベロップメント等の実施がある。なお、協会の full time worker は 20 名。
- ・シンガポール総人口約 500 万人の内、航空宇宙関係約 100 社に 18,000 人が従事しており、生産高は GDP の約 3%である。シンガポール航空宇宙産業の 2011 年度総売上高は約 Sin\$7.9B (防衛含まず)。この金額は直近 10 年間で倍増しており、同様な増加傾向の継続が予測されているため、2020 年には総売上額が Sin\$14B を超えることが予想される。
- ・シンガポールでは 2000 年から 2006 年にかけて航空宇宙関係の大学や技術専門学校 (Technical school)を多く設立して教育に力を入れたことが、航空宇宙産業拡大の原動力(driving force)となった。
- ・政府は Seletar 地区に新たな工業団地を開設し、航空機産業を積極的に誘致している。税制面等の具体的な優遇処置については、進出を希望する企業に対し、政府窓口が個別に対応しているとのこと。なお、Seletar 工業団地は現在敷地の 30%の区画が開発、入居済みの由。

3-2) GE Aviation Service Operation 社 (略称 GEASO 社)

訪問日時：2012年9月13日 13:15～15:00

面談者：Chen Keng Nam, Business Leader - Technology & Engineering Services

調査概要

- GE Aviation 社は Singapore に航空エンジンの修理会社を 2 社設立しており(いずれも GE の 100% 子会社)、Changi 空港に隣接した GEASO 社と市中心部にある GE-ATI 社がある。従業員は両社併せて 10466 人、総売上は約 US\$1.0B (2011 年実績)。事業内容は、現在は民間機用エンジンの部品修理のみを実施しており、軍用エンジンは嘗て取り扱っていたが、今は実施していないとのこと。
- GEASO 社は 1981 年に設立され、138,000 sq.ft. の敷地に 4 階建ビルを含む工場設備を有している。事業内容としては、CF6, CF34, CFM56, GE90 の各航空エンジンと LM2500/5000/6000 の各航空転用型産業用ガスタービンのタービン動静翼の修理を主に実施しており、能力的に殆どの部品修理が可能で、米国外では最大の GE エンジン部品修理会社になっている。また、最近は、新たに CF6/CF34/LM エンジンの動翼ダンパーやシール材の新製部品製造も開始している。
- 一方、GE-ATI 社は 1998 年に設立され、ファンやコンプレッサーの動静翼の修理を専門に実施。CF6, CF34, CFM56, GE90 の他、LM2500/5000/6000 航空転用型エンジンの低圧、高圧圧縮機の部品修理が可能。2005 年には CF6 エンジン 8 段高圧圧縮機静翼(Stage 8 HPC Vanes)の新製部品の製造も開始した。
- 地元大学の NUS (National University of Singapore) や NTU (Nanyang Technological University) との間で新金属素材の検査方法等の共同研究も実施している。また大学生や Poly-technique の学生のインターンシップも受け入れており、標準のインターン期間は大学生が 6 ヶ月、Poly-tech が 3～4 ヶ月である。
- GEASO 社のプレゼンによる概要説明の後、Chen 氏の案内で工場を視察。各ショップとも一部の TIG 溶接が手作業である他は全て自動化が進んでおり(Automation Line)、負荷は 100% に近い状況であった。一部ラインでは 2 シフトを敷いているが、工場全体としては週休 2 日の 1 シフトで操業している。
- シンガポールは地震が無いことと土地が狭く地価が高いことから、4 階建のビルの全てのフロアーに機械設備を設置し、製造ラインが作られていた。タービン動翼の先端(Tip)修理作業や Coating 作業等を視察したが、技術レベルはかなり高く、作業効率は日本よりも高い様に感じられた。シンガポール政府が認定する“A-Star”を受賞している職区が多く見られた。
- 新製部品のダンパーやシールの製造ラインを含め、工場内を殆ど全て案内して貰ったが、技術レベルや生産性は日本と同等か、それ以上に感じられた。但し、安全管理は日本に比して個人に負うところが大きめで、余りシステム化されている様には感じられなかったが特に安全上の問題は起きていない模様であった。

3-3) ST Aerospace 社 (Singapore Technologies Aerospace Ltd – 略称 ST Aerospace)

訪問日時：2012年9月14日 09:00～15:30

ST Aerospace 出席者：

Yip Yuen Cheong, PhD, EVP - Engineering and Development & EVP -  
Freighter Conversions (社内 No.3、現 AAIS 筆頭副会長)

Goh Aik Hoong, VP - Military Business Unit, Engineering & Development  
Center

他 6 名

調査概要

(1) 会社及び事業概要

- ST Aerospace 社の親会社 ST Engineering 社は、年間売上高 S\$6.0B(in 2011)、従業員 22549 人のシンガポール有数の大企業で、Share holder は TEMASEK 社 (Singapore 国有投資会社) が 50.54% を所有し、残り 49.46% が公開株。ST Engineering 社の最大戦略事業が Aerospace 事業を担当する ST Aerospace 社で、当社は 1975 年に設立され、軍用機の整備を実施していたが、1990 年に民間機の MRO 事業に参入。現在、事業の大半は軍用・民間航空機の整備と機体改造関連事業で、年間売上高 S\$1.93B と従業員 7647 人は、共に ST Engineering 全体の約 3 分の 1。2003 年から Singapore 空軍向けの UAV、Skyblade 機(Mission Load: 5～17kg)の開発、納入も行っている。
- ST Aerospace 社の組織は **AMM**(機体の整備・改造)、**CTS**(装備品の整備)、**ETS**(エンジン整備)の 3 部門に分かれ、AMM 事業の中心は機体整備と改造工事を実施している SESCO 社で、Paya Lebar に 2 基、Changi に 5 基の大型ハンガーがある。なお、SESCO は独立会社化され、ST Aerospace が 80%、Singapore 航空と日本航空が各 10%の株式を保有。
- Heavy maintenance (C/D 点検及び重整備) は、現有の Airbus 社、Boeing 社の全ての商用機 (A380、787 を除く) と A-4/F-5/F-16/F-50/L382/C-130/KC-135 の軍用機を実施可能。また、Embraer 機、CRJ 機、各種ヘリコプター、他ジェネアビ機についても整備を実施しており、軍用：商用の割合は約 20：80。民間の最大顧客は Delta 航空と FEDEX 社。
- 将来的に A380 型機は数が少なく取り込む予定無し。787 型機は取り込む方向で検討している。尚、複合材の NDI は取り込みを計画しているが、複合材修理についてどう取り込むかは、これからの課題の由。
- 各国規程の認証(FAA/EASA/JCAB/CAAS/CAAC/他各国認証規程や AS9100/ISO9001/OHSAS18001 等)を受けており、更に各エアラインの Requirement を受けた個別対応を、整備作業開始前に講習会等を開く等して作業員に徹底させている由。工場視察時に 747 型機(Delta 機及び FEDEX 機)と MD11(FEDEX 機)が数機ハンガ

一で整備中であったが、顧客講師による個別 Requirement とスペックの講習会が実施されてもいた。

- 機体改造能力は、貨物機(又は Combi)への PTF(P2F)改造と Cabin 改造を実施。PTFは、顧客の要求を受け、設計や FAA 認証等を含め自社で対応。機体 OEM(Boeing)からは基本データの受領と設計・製造のレビューを受けるのみとの事。757 型機 PTF の実績が最も多く(80 機)、FEDEX 向け PTF ではコックピットも改造。なお、757 型機 PTF Conversion で、Boeing 社の Supplier of the Year を受賞し、RNZAF(New Zealand 空軍)向け 757 型機改造では DICNZ (Defence Industry Committee of NZ) 防衛工業優秀賞を受賞した。一方、Cabin 改造工事は数多く実績があり、今般 JAL からも one-time stop contract にて 767 型機の客室改造を請負った由。
- CTS 事業では、商用機及び軍用機装備品の Total Support を実施。Landing Gear や Actuator 等の装備品と Avionics 機器全 25,000 品目についての修理能力があり、年間 85,000 部品の整備能力がある。現在、750 機の装備品整備契約(Component Total Support)を結んでおり、世界 4 地域にある Warehouse に Inventory を保管している。
- ETS 事業では、エンジン 550 基について maintenance-by-the-hour 契約を結んでおり、全社で年間 350 基の Engine Overhaul 能力がある。(大半が CFM56 エンジン。)なお、丸紅との 50 : 50 の Engine Lease 会社を設立している。(航空機のリース事業も検討中の由。)
- Engineering & Development 関係の従業員数は約 450 人で ST Aerospace 社全体(7647 人)の約 6%であるが、これが MRO 事業の核。95%がシンガポール人で外国人は少ない。54%が大卒以上、23%が Diploma 所持者(シンガポール特有の 3 年制専門学校卒)で、航空関係の学卒者は 10%程度。現在、力を入れている分野は System & Software Engineering とのこと。
- AAIS で Singapore の航空宇宙産業は過去 10 年間で倍増し、今後の 10 年間も同様な拡大傾向にあると聞いたが、ST Aerospace も同様な事業の拡大を計画しているのかとの質問に対して、敢えて事業規模を大きく拡大するよりも現状の品質と利益率を維持した上で新技術にも取り組んでいくつもりであるとの回答を Yip-EVP から得た。理由として MRO Business には限りがあること、ST Aerospace 社の Capacity 自体は増えていかないことを挙げられた。また、Productivity の改善と A330 等の新規 PTF を取り込むこと、現在 25~30%の軍用機関係は減少し、75~70%の商用機関係は増加していくとの見通しが話された。

## (2) 工場視察及び所感

- Paya Lebar 地区にある 2 基の機体整備ハンガー(SASCO 社所有)、装備品整備工場、エンジン整備工場を視察。2 基のハンガーでは Delta 航空の 747 型機各 1 機が整備中で、ハンガーの外では、Fedex 社の MD11 貨物機 1 機が C 点検を実施し、別の 1 機が Waiting となっていた。シンガポール認証機関(CAAS)の規程では C 点検は屋外

実施可能とのこと。また、シンガポールでは台風等の強風雨が無いことから、ハンガーを開け放ったままでの重整備作業が許可されている由。

- Paya Lebar の整備工場は空軍基地に隣接しており、整備機体は Changi 空港から Paya Lebar に Ferry Flight して持ってくる必要があるが、Changi 空港に隣接した Changi 工場では空港到着後、直ぐに整備工場に入ることができる。Paya Lebar 地区視察後に Changi 地区の SASCO 社機体整備ハンガーを視察したが、こちらの#3&#4 ハンガーには Delta 航空の 777 型機と Fedex 社の MD11 が置かれ、その中間に 757 型機が入って同時に 3 機が整備中であった。また、#5 ハンガーは待機中で、#6 ハンガーは Fedex の MD11 が整備中。全体負荷は 90%程度で、更に#7 ハンガーを増設計画中とのこと。
- 機体重整備の ST Aero 標準 TAT は 30 日(Calendar days)で、PTF 等の標準 TAT は 90 日。また、ST Aero に入ってくる機体整備は殆どが Revenue-in/Revenue-out であるが、Non-revenue-in/out で入ってくるものもある由。機体整備用の足場等は簡略なものもあり、ヘルメット等の着用もなく安全性に危惧が感じられたが問題は起きていないとの説明あり。視察した限りでは Worker の質は遜色ないレベルで、生産性とコスト競争力はハイレベルに感じられた。
- Paya Lebar の装備品整備工場(Component Total Support 事業)は新しく、綺麗に整備されていた。Avionics 等の電装部品と油圧機器整備はスペースを広く取って実施しており、装備品整備事業を今後、拡大していく意図が窺えた。各 OEM とライセンス契約結んだ上で整備を実施しており、整備能力は高レベルと感じられた。また、エンジニアリング部門による Reverse Engineering を含めた Fleet Management を実施している。
- Paya Lebar のエンジン整備工場は分解・再組立フロアーに CFM56 エンジンが 20 台以上、整備中であった。Singapore 工場だけで年間 120 基の Overhaul 能力がある由。CFM56 以外にも JT8D が 2 基整備中であり、F110 を含む軍用エンジンの整備も実施している。Max capacity が 95K Pound の Engine Test Cell を所有。エンジン部品修理は実施しておらず、分解点検と各種溶接補修等は自社で実施可能とのこと。
- 工場視察の結果は機体、エンジン、装備品の各整備能力は高いレベルにあると感じられ、エンジニアリング能力や各国・多様な顧客に対する対応能力を備えていることから、航空機整備専門会社としての規模・能力共に十分なものを有しているとの印象を強く持った。

(4) オーストラリアの航空機関連企業・団体訪問調査

4-1) Department of Business & Innovation (DBI), State Government of Victoria  
Australia

訪問日時：2012年9月17日 10:00~12:00

面談者：Prue Holstein, Special Advisor, International Engagement - Japan &  
Korea Trade

Peter Haddad, Strategic Advisor, Defence Ind. Unit, Dept. of Bus. &  
Innovation

Terry Friend, Business Development Manager, Defence Science Institute  
(DSI)

調査結果概要

- ・豪州の航空宇宙産業全般に関する情報入手のため、豪州 Victoria 州の州政府商務開発局を訪問。会議には豪州航空宇宙工業会(Aviation/Aerospace Australia: AAA)の Jim Carden CEO も出席予定であったが、急遽都合が悪くなり欠席。
- ・豪州は人口 22 百万人、GDP 約 1.3 兆 US ドル。航空宇宙産業は軍用を含めて GDP の約 2%。Victoria 州は国土の僅か 3%に 25%の人口が集中しており、GDP も全国 の 25%を占めている。また、Victoria 州には航空宇宙産業が集積しており、豪州の Center of Aviation Excellence となっている。その理由は次の 6 点。
  - ① 豪州航空産業の生誕地で豪州最大の 24 時間空港が存在している (Melbourne 空港を利用する航空旅客数は全国総数の 20%)
  - ② 豪州航空関係 MRO ビジネスの 40%が州内州に集積。航空宇宙関係企業は 500 社以上が存在
  - ③ 世界の航空宇宙関係 Supply Chain に繋がる最先端 R&D と生産技術が存在し、航空宇宙産業の年間輸出額は約 10 億豪ドルに達している
  - ④ 技量の高い航空宇宙関係従事者(skilled aerospace staff) 22000 人が州内に存在
  - ⑤ 年間 9000 人の工科系大学卒業生(IT/Computing/Engineering)を州内で輩出
  - ⑥ 多くの航空宇宙関係研究施設が存在 : AusAMRC (Swinburne Univ.)、CRC-ACS、DMTC(Defence Mat. Tech Center)、DSTO、Wackett Aerospace Center (RMIT Univ.)
- ・Melbourne 地域の航空宇宙産業の競争力：
  - ① 高品質、低価格の部品製造能力 (Toulouse と同品質、低コスト)
  - ② 高品質でコスト競争力のある設計能力 (Toulouse より高品質、低コスト)
  - ③ 高品質で EU より割安な MRO (Seattle, Hong Kong と同等)
- ・なお、豪州において育成産業に対する Financial Aid は豪州政府よりも州政府の方が積極的に実施しており、例えば JSF(F35) 関連では Victoria 州は\$20M の支援をしている由。

#### 4-2) Defence Science and Technology Organisation (DSTO)

訪問日時：2012年9月17日 13:00～15:10

対応者：Jan Drobik, Research Leader, Flight Systems, Air Vehicles Division

Dr Richard Chester, Research Leader – Aircraft Materials, Air Vehicles Division

同行者：Prue Holstein, Special Advisor, International Engagement - Japan & Korea (DBI)

#### 調査結果概要

- DSTO (Defence Science and Technology Organization)は豪州防衛省(Department of Defence, Australian Government)直下の研究機関で次の役割を担っている。
  - ① 防衛機能強化と国家安全保障活動
  - ② 国内防衛能力の維持支援
  - ③ 将来の防衛能力の提案と研究
  - ④ 産業界と連携した国家防衛力の構築
- 組織としては Chief Defence Scientist の下に Platform & Human Systems と Information & Weapon Systems の二つの研究実施部門があり(両部門併せて11の研究部)、他に科学戦略政策部門、企画部門、財務等の管理部門が有る。年間予算は \$447M で、スタッフは 2400 人(内、博士号取得者が 30%)。本部は Canberra にあり、研究施設は Melbourne に集約している。
- 航空機関連の研究は Platform & Human Systems 部門に属する航空機部(Air Vehicle Division; AVD)が担当し、AVD には 5 つのグループ(航空材料、機体構造、推進系、飛行システム、超音速応用)に合計 17 の研究チームと関連施設がある。Fishermans Bend 地区にある研究施設は 1939 年に設立され、疲労クラックの成長・実機大の疲労試験・接着複合材修理技術・推進系・航空事故調査等の研究を実施している。
- DSTO の概要についてのプレゼンを受けた後、Smart structures 研究施設、統合複合材研究施設、風洞(遷音速・低速)、機体疲労試験設備を順に案内され、最新研究状況の説明を受けた。"Smart structures"では機体構造に特殊センサーを組み込んで運航時の機体データや事故発生時の Live data の入手を図る研究状況を、統合複合材施設では接着複合材の製造・修理技術の研究(軍用機の複合材胴体の被弾個所の修理方法等)の実施状況等について説明を受けた。
- 遷音速及び低速風洞では F/A-18F や F-35 の模型実験の他に、艦艇にヘリが着艦する際の気象の影響等を研究している状況の説明を受けた。なお、豪州の軍用機は全て米英等から購入しているが、豪空軍の実際の運用モードに対する性能データや気象による影響等を自前で研究し、データを蓄積しているとの事。機体疲労強度試験設備では実機の Hawk Mk127 戦闘機(英国製)の疲労強度試験を実施中で、取得した疲労試験

データの一部はメーカーのデータと比較検討すると共にメーカーから供給されないデータについても独自に蓄積して、運用時の性能や寿命評価、事故時の強度データ等を纏めているとのこと。

- ・今回は通常余り見せて貰えない軍の研究施設を時間をかけて案内して貰い、訪問成果は大きかった。DBIからの紹介が効を奏したものと思われる。

#### 4-3) CRC-ACS(Cooperative Research Centre for Advanced Composite Structures)

訪問日時：2012年9月17日 15:15～17:00

対応者：Prof Murray Scott, CEO of CRC-ACS/MD of ACS Australia Pty Ltd  
Paul Falzon, PhD, Project Leader of CRC-ACS/Business Manager ACS  
Australia

同行者：Prue Holstein, Special Advisor, International Engagement - Japan &  
Korea (DBI)

#### 調査結果概要

- ・CRC-ACSは1991年に豪州政府が産官学連携のために設立した15のCRC (Cooperative Research Center)の一つで複合材関連の研究を実施。現在、スタッフは30～50人(大学等からの短期スタッフを含む)。豪州政府によるCRC支援プログラム契約は、現在第4期(2010/7月～2015/6月)の3年目に入っており、当期中にCRC-ACSが受ける政府研究基金は\$65M。なお、第4期契約した全6分野42CRCに対する研究支援基金の総額は\$1,417Mとのこと。
- ・CRC-ACSはAirbusと17年に互り共研を継続(EADSが毎年\$550Kの基金支援を実施)し、Boeingとも共研を実施。一方、JAXAや東大との共研は基金が無くなり2010年に終了している。CRC-ACSでの研究成果を積極的に民間企業で活用させるために、2008年に株式会社ACS Australiaをし、Scott教授はACS Australiaの社長を兼務しているとのこと。
- ・CRC-ACSでの第4期研究テーマは以下のとおり：
  - ①材料と製造法関連：植物繊維複合材の研究とCarbon-epoxy部材の新製法。現在Petronas, Malaysiaが開発した直物繊維複合材Kenaf-polypropyleneの応用研究に注力。(本研究にPetronasは毎年\$800Kの基金支援を実施。)
  - ②シミュレーションとシステム開発関連：航空機用複合材の堅牢な修理方法と構造健全性モニタリング(Structural Health Monitoring)における解析ツールや複合材SHMシステムの妥当性の検証。
  - ③教育プログラム関連：CRC-ACSでは高い評価のPostgraduate教育&専門家養成プログラムを実施しており、これまでに84名が修了。2015年6月までに更に20名が修了予定で、大半がPhDレベル。日本からも是非参加して欲しいとの要請が

あった。期間は通例 6 ヶ月間であるが、短縮・延長は可能とのこと。

- ・上記教育プログラムへの参加を含め、CRC-ACS は日本との共研を拡大させたいとの希望を持っており、大学・研究機関関係者に是非、話をして欲しいとの強い要請を受けた。

#### 4-4) QuEST Global Engineering Pty Ltd

訪問日時：2012 年 9 月 18 日 10:00～12:00

対応者：Nick Williams, Australian Operations Manager

Andrew Forbes, Australian Operations Engineering Manager、他 2 名

同行者：Prue Holstein, Special Advisor, International Engagement - Japan & Korea (DBI)

#### 調査結果概要

- ・ QuEST Global Engineering Pty Ltd は、元は GKN Aerospace 社の豪州子会社である GKN Aerospace Engineering Services, Australia 社で、2011 年に QuEST Global 社(本社 Singapore)が M&A により統合して現在の会社名となった。QuEST Global 社は世界 31 個所の拠点に 3250 人以上のエンジニアを有し、売上高は 2011 年実績が\$113.8M で 2012 年計画値は\$180M。エンジニアの内、1800 人以上がアジア太平洋地域を拠点にしており、日本にも 52～80 人が滞在している。
- ・ エンジニアリング業務は①航空宇宙・防衛、②航空エンジン、③産業機械関連、④ Oil & Gas、⑤発電の 5 分野に互り、①と②の分野のエンジニアは 120 人。メルボルン事務所には 70 人のエンジニアがいて、航空宇宙を中心に活動している。
- ・ 航空宇宙関連の契約実績は多岐に互り、A350XWB の複合材構造設計解析、787 型機の構造解析と可動翼の設計、A400 型機の複合材フロントスパーの設計、F35 JSF の複合材設計(豪州担当部分)、Kongsberg 社向け JSM (Joint Strike Missile)の設計等の契約実績がある。
- ・ 複合材設計データや設計基準は、通常設計委託元から受領し、結果のレビューを受ける (L-M、Airbus 社等)。但し、Comac 社の場合は QuEST 社の Criteria で実施した由(Comac からデータの提供等無し)。なお、damage tolerance analysis に関しては QuEST 社もデータを多くは持っていない模様。
- ・ 契約は Fixed price が多い(Airbus UK 等)とのこと。QuEST 社の Engineering 単価は時間当たり\$100～105 で、契約によっては外部(On-shore low cost resources)も活用しているとのこと。
- ・ QuEST 社は航空機関係の多様な Engineering 作業(設計・解析・試験計画等)の実績が多く、主要航空機メーカー(エアバス、L-M 等)からの受注実績も多い Engineering 能力の高い会社と感じられた。日本からの受注(特に MRJ 等)に大きな期待と関心を寄せていた。

4-5) THALES Air Operations Australia

訪問日時：2012年9月18日 14:00～17:00

対応者：Axel Bensch, Director Sales – Asia Pacific, Air Operations

Grant Williams, Innovation Manager, Air Operations

Gaurav Suri, Systems & Software Architect, Air Operations

同行者：Prue Holstein, Special Advisor, International Engagement - Japan & Korea (DBI)

調査結果概要

- ・パリ近郊に本社があるタレスグループは、世界 56 カ国に拠点を有し、従業員数 68,000 人の航空・宇宙・防衛・安全・輸送 (Aerospace/Space/Defence/Security/Transport) の 5 事業を展開する大企業で、年間売上高は約 175 億ドル。豪州での事業は 1890 年代に遡って民間及び防衛事業を開始したとのことで、タレス豪州は豪州内 35 都市に従業員 3,300 人、年間売上高 10 億豪ドル(2011 年)で、豪州から過去 10 年間に 16 億豪ドルを輸出。豪州国内の最大事業は防衛関係で、艦艇・防空システム機器、Bushmaster 等の装甲車両、武器・安全保障機器等が売上全体の 80%以上を占める。
- ・今回訪問したタレス豪州 Air Operations 部門は、航空管制システムのハード及びソフトの販売とプロサポが主業務でタレス豪州売上高の 9%を占めるに過ぎないが、豪州外への輸出案件も多く、一例として、フィリピンから全国 ATM システムの Turnkey 契約を請負っている由。また、豪州の空域は全世界の空域の 11%を占めており、防衛及びビジネス戦略上、極めて重要な地域であるとのこと。Thales 豪州の Air Operations の人員は 350～400 人。
- ・タレス全社での ATM 事業(Thales Air Operations)としては従業員 1,500 人、年間売上高 440M ユーロ。74 カ国で 130 の Thales 社システムが採用されており、基本システムは Eurocat-E システム (現在は Top Sky - ATC Data Link)。また、タレス社は NextGen に関して ITT の主契約者となり ADS-B Radios 計画のライフサイクルサポートを実施しており、SESAR に関してもより多く関与している。豪州の将来 ATM 計画は SESAR oriented のものが進められているとのこと。
- ・面談の後、タレス社の Top Sky - ATC Data Link による ADS (Automatic Dependant Surveillance)システムの実演を Simulation Lab.にて見せて貰ったが、特に目新しい技術のデモンストレーション等は見られなかった。

#### 4-6) RMIT University

訪問日時：2012年9月19日 9:00～10:30

対応者：Prof. Kevin C Massey, PhD, Discipline Head, Aerospace and Aviation  
Pavel M Trivailo, Professor of Aerospace Engineering、他2名

同行者：Prue Holstein, Special Advisor, International Engagement - Japan &  
Korea (DBI)

#### 調査結果概要

- RMIT は創立 1887 年の工科系大学であり、1992 年に現在の総合大学の形になった。キャンパスは Melbourne 地区に 3 箇所とベトナム国内に 2 箇所で、学生総数は約 7 万 5 千人 (Melbourne 市中心部のキャンパスに 5 万人、ベトナムに 1 万 5 千人、残りが Melbourne 郊外の Bundoora、Brunswick 両キャンパスに在籍)。内、約 3 万人が外国人。
- RMIT の School of Aerospace, Mechanical, and Manufacturing Engineering (SAMME) は航空宇宙・自動車・機械工学学部で RMIT で最大の学部であり、豪州でも有数の学部 (Engineering School) である。SAMME は以前、Melbourne 市中心部のキャンパス内にあったが、数年前に今回訪問した Bundoora キャンパスに移転したとのこと。Bundoora キャンパスは Melbourne 市中心部から北西に車で約 40 分 (約 20Km) に位置する、時折キャンパス内にカンガルーが現れる様な田園地帯の中に作られた新しいキャンパスであり、また、RMIT は理工系で常にタイムズ紙の世界トップ 100 大学にランクされるなど、工学レベルの高い大学であるとのこと。
- SAMME での教育は実学主義で、Boeing 社や Airbus 社の基金支援による航空機騒音の研究や、LMS 社との騒音振動環境ラボ (Noise Vibration Harshness Lab)、SAGE 社との自動化訓練施設 (Automation Training Center) 等が設置されている。航空宇宙学科の学部コースには 4 年制 [BEng (Aerospace)] とビジネスマネジメントを含む 5 年制 [BEng (Aerospace)/ BBus (Management)] コースが設置されている。また、これとは別に航空に特化した 3 年制の学部コースと大学院コースも併設されており、学部生は最初の 2 年間に市内のキャンパスにて機械工学一般課程 (Cross Mechanical) を履修してから Bundoora キャンパスに移り、専門課程を履修するとのこと。
- SAMME の航空宇宙関係のフルタイム学生数は約 350 人 (外国人 39%) で、航空関係はその内の約 120 人 (外国人 50%)。また RMIT には SAMME の他に 1991 年に設立された航空宇宙関係の Sir Lawrence Wackett Aerospace Research Center があり、この研究センターでは航空機材料、複合材・多機能構造、空力、UAV、経年機のライフサポート技術等 30 以上の基金助成研究プロジェクトを教授等のスタッフ 20 名、研究者 7 名、PhD を含む学生 35～40 名が関与して研究している。UAV の研究では日本との共同研究を望んでいるとのコメントがあった。

- ・プレゼン及び意見交換の後、SAMMEの研究施設を駆け足で案内された。複合材、航空機内騒音、太陽熱発電、風洞、H2エンジンを含むレーシングカーの性能向上、UAV等の他に身障者 Athlete 用の車いす等の性能向上も研究課題として取り組んでおり、企業と連携した非常に実学的な研究課題が多く実施されていることを実感した。また、訪問当日の午後には小型 UAV の競技会が開かれる予定で、約 150 人の参加者が plastic box を持ち帰る課題に対してシステムエンジニアリング能力を競うことになるとの説明があった。

#### 4-7) Victorian Aerospace Companies: Marand, Lovitt Technologies, Rosebank Engineering

日時：2012年9月19日 12:00～14:00

面談者：James Baker, Sales and Business Development Manager, **MARAND**

Michael J. Ramsay, Chairman of Directors, **LOVITT Technologies**  
Australia

Rakesh Singh, Vice President – Business Development, **CABLEX**

同行者：Prue Holstein, Special Advisor, International Engagement - Japan & Korea (DBI)

#### 背景

QuEST Engineering や Thales は航空関係大企業に属するが、Melbourne 地区の航空宇宙産業を支える中小企業数社が DBI より紹介され、昼食会がアレンジされた。面談した3社は、いずれも小規模な会社であるが、製造技術に自信と実績のある会社であり、各社からは日本からの仕事も是非取り込む機会を持ちたいとの希望が示された。

#### MARAND 社

- ・1969年創立の部品・治工具製作とエンジニアリング支援を業態とする従業員250人強(エンジニアは約40名)のオーナー会社で、年商は\$50M(40～50%が航空関係)。Victoria州のMoorabbinとGeelongに工場があり、航空以外では鉄道、自動車、再生エネルギー産業向けの機器・部品を製造している。航空機関連売上高の80%(約\$16M)は直接海外への輸出であり、客先はKongsberg、BAE等。会社名MARANDはオーナー家族のFirst nameを繋いだものとのこと (Mary, Andy・創立者, Richard, Arbie(?), Nancy, David)。
- ・取得規格としてISO、ASの他にBAA(Boeing)、BAE、L-Mの認定も受けている由。製造実績としては、Airbus向けA380 Wing tip Assembly Jig、L-M向けF35用 Lay-up & Cure Tooling、Boeing向けResin Infusion Lay Up ToolsやComposite Trim Tools、更に787用各種特殊治工具を製作しており、独自設計したResin Infusion Equipment(樹脂充填機)も独自販売している。

- ・地上支援設備として L・M から独占受注した F35 用エンジン据付・取り卸トレーラーは 500 項目に亘る要求に対し 9 年の開発期間をかけて製作した第 4 世代のトレーラーで、今後 20 年間に 2000 基の販売を見込んでいる。また、BAE Australia から受注した F35 Vertical Tail (Composite 製)ではプロジェクト管理とサプライチェーン管理を実施し、製造は Quick Step 社にて実施したもの。
- ・将来向けの投資としては既存のモーター発電機より効率が 15~30%向上する効率 98.4%のモーター発電機(Axial flux permanent magnet motor generator)を開発している。

#### LOVITT Technologies Australia 社

- ・ Lovitt 社は 1954 年創立の George Lovitt Manufacturing Pty Ltd.が原点で、創業時は自動車産業向けの切削工具メーカー。33 年前に現オーナーの Mike Ramsay 氏がこの会社を買い取り、その後は精密機械加工の分野に特化して発展させた。直近の年商は US\$16~18M で従業員は 66 人。売上の 95%は航空関係とのこと。
- ・本社工場はメルボルン市中心部から東北に約 20 km の Montmorency にあり、敷地 61,000 ft<sup>2</sup> に 20 台の CNC Machining Center 設備がある。航空用アルミやチタン製品を請負加工しており、これまでの製造実績には 737NG Flap、787 Movable Trailing Edge、FA-18CD Trailing Edge Flap、F35 Airframe parts 等がある。MARAND 社同様に ISO、AS の他に BAA(Boeing)、L・M 等の認定を取得している。
- ・将来目標として High level、Lean process precision production を標榜しており、AusAMRC にも参加しているとのこと。

#### CABLEX 社

- ・1985 年に創立されたケーブル部品・ハーネス・機電部品の製造及び据付サービスを業容とするオーナー会社で、年商は約\$21M。メルボルン中心部から東南の近郊にある East Bentleigh に本社工場があり、従業員は 140 人。豪州以外にインド(Bangalore)に従業員 12 人の工場があり、米国(Baltimore に登記済)・欧州にも事務所の開設を検討している由。客先は航空宇宙・防衛関係が 40%、交通(電車)40%、通信システム向けが 20%。
- ・航空関係の実績としては AEW&C 哨戒機搭載 Northrop Grumman 製 MESA Radar/IFF System 用ケーブル類、Airbus Military A330 MRTT (給油機)や L・M F-35 JSF 向けの電気部品等があり、Boeing、N-G、Raytheon、Airbus Military、Thales Australia の防衛各社が主要顧客。
- ・製品としては各種 wire harness、多芯ケーブル(φ1.2 mm の精密ケーブルも製作可能)、金属製ケーブル/ハーネス被服、Avionic Bays harness (ヘリコプター用)等を製造しており、これらの機体への据付・修理サービス等も実施。なお、コネクタは外部から購入。ハーネスの製造能力は最大長 35 m、最大径 50 mm、ブランチ数 12、最大

芯 200、自動試験最大容量 1500VDC/ 6400pts、多芯ケーブル最大容量 9GHz/  
DWV=4000Vrms。

#### 所感

Victoria 州にある代表的な航空関係中小企業 3 社と面談し、自社の紹介を受けた。短い時間でのプレゼン等を受けた限りでは、3 社の中で MARAND 社が能力的にも高く、コスト・納期等が折り合えば日本企業としても活用可能と思われ、取引も豪ドルだけで無く、米ドル、ユーロでも可能とのこと。豪州の航空宇宙産業は前出の QuEST 社、Thales Australia を含め、いずれも防衛産業での実績が多く、これらをベースにした設計製造能力は比較的高いと感じられた。

#### 4-8) Swinburne University/ Australian Advanced Manufacturing Research Centre(AusAMRC)

訪問日時：2012 年 9 月 19 日 15:00～17:00

対応者：Prof. Jennelle Kyd, PhD, Senior Deputy Vice-Chancellor and Provost  
John L Wilson, PhD, Executive Dean, Professor of Civil Engineering  
Prof. Sally McArthur, Director-IRIS/ Discipline Leader-Biomedical Engineering  
Dr Michael Elliott, PhD, Univ. Secretary/ Director, Governance and Policy Unit  
他説明者 7 名

同行者：Prue Holstein, Special Advisor, International Engagement - Japan & Korea (DBI)

#### Swinburne 大学の概要

- Melbourne 市近郊の Hawthorn 市にある Swinburne 大学は、100 年前に創立された Swinburne Institute of Technology を母体とする Innovation of Science & Technology に特化した学校で、1992 年に今の形の総合大学(Swinburne University of Technology)になった。ARWU(Academic Ranking of World Universities)による世界トップ 500 大学に名を連ね、特に Physics の分野ではトップ 100 にランクされているとのこと。学生数は学部生 18,000 人、研究生(doctoral)4～5,000 人、その他の大学院生と Technical Trainee(実務訓練生)を併せ、学生総数 29,000 人。Teaching staff は全学で 1,000 人以上で、工学系教授陣(faculty of engineering)は 142 人。キャンパスは当地以外にマレーシアの Kuching, Sarawak にある。
- 現在総額\$250M(約 200 億円)を投資して研究施設の整備と先端技術研究施設の拡充を実施中であるとのこと、実施研究内容は実業界や公益研究団体との共同研究を含

む実際的な研究(製品化)を指向しており、研究開発を支援する商品化研究や知的所有権化の評価も高い。また、Swinburne 大学の研究論文引用数は 2006～2010 年の 5 年間で 56%増加した由。

- ・現在、大学は ARC 基金(Australian Research Council)や連邦政府基金(Commonwealth Government Block Research Grant support)を継続受託している。他にも 7 つの NCRE (National Centres of Research Excellence)研究、6 つの CRC (Cooperative Research Centres)研究、及び 4 つの ARC-CRE(Centres of Research Excellence)研究に参与している。また、航空関係では、Boeing 社と共同で設立した AusAMRC (Australian Advanced Manufacturing Research Centre)にて Boeing 社及び Supplier 各社との各種研究を実施している。なお、AusAMRC は英国 Sheffield 大学での航空関係研究をモデルとしたとのこと。

#### AusAMRC での主要実施研究

##### ①High Performance Ti-Machining (Lovitt 社委託)

Ti 合金の機械加工精度の向上とスピード化を目標に加工片の形状、カッターの選択、切削条件、振動&ダンピングの各要素を分析して最適・低コスト加工条件の割出しを求めている。ケーススタディとして、Ti 製 Fan Disk の加工時間が最初は slot 当たり 54 分、Disk 加工全体に 26 時間掛かったものが、最適条件化することにより slot 当たり 1.5 分、Disk 加工全体を 2 時間以下とすることに成功。

##### ②Adverse Consequences of Residual Stress (AMRC, UK 委託)

Quenching 後の残留応力の FEA による正確な予測方法を研究しており、これにより有害な残留応力の発生を防ぐ条件を探求している。

##### ③複合材加工法の研究 (Sandvik 社共研)

短期研究として CFRP/CFRP 材や CFRP/Metal 材の穴明け加工とトリム加工の最適条件の割出しを、長期研究として穴明け加工や機械加工によって生じる切片やデラミネーション等のダメージの疲労特性研究を実施している。

##### ④厚肉アルミシート・フォーミングのモデル化 (Boeing Global Research 共研)

厚肉シートの成形加工における材料特性、形状モデル、成形時応力モデル、プロセスシミュレーション等の研究を実施。

##### ⑤Al-Li 合金の環境疲労とストレッチ成形の研究 (Alcoa Technical Center, USA 委託)

FML(Fiber Metal Laminate)と FRC (Fiber Reinforced Composite)をモデル化し、飛翔体が衝突した時の強度特性等を研究。Alcoa 社とは FSW の付いた内蔵凝固パネルのバックリングの強度解析研究も実施。

##### ⑥その他

Mg Casting の研究、Al 合金の Texture and Ballistic 強度の研究 (Los Alamos Research Lab 共研)等を実施しており、いずれも産業界との実用化研究がテーマになっている。

### 研究施設見学

大学概要のプレゼン後、Executive Dean の Wilson 教授と McArthur 教授により各研究施設・実験室を案内され説明を受けた。厚さ 1.5mm まで可能なレーザーコーティング法の研究、金型を使用しない Robot による Shot Forming、Al 材と複合材の共明け加工条件の研究、ATC (Advanced Technical Center)における 2 台の 100 トンプレス機械等、いずれも大学の研究室というよりは企業の生産技術研究所か職業訓練施設のような設備と研究実施状況を視察した。RMIT と同様、豪州の工科大学の特徴である企業と連携した実学的研究を主体とする状況が良く理解された。

## (5) 香港の航空機関連企業訪問調査

### 5-1) Hong Kong Aircraft Engineering Company Limited (HAECO)

訪問日時：2012 年 9 月 21 日 9:30～13:00

対応者：Anthony Wong, Commercial Manager(Service Delivery), Airframe  
Maintenance

Sharon Lun, Corporate Communications Manager

Jenny Lei, Corporate Communications Officer

### 調査概要

#### (1) 会社概要・事業概要

- ・ HAECO 社は Swire Pacific グループの Aviation 部門に属し、アジア太平洋地域で最大、且つ世界トップ 3 の独立系航空機 MRO 会社である。Swire Pacific グループは、不動産(Property & Hotel Chain)・飲料(Beverages)・航空(Aviation)・海洋(Marine Services: Offshore marine support incl. towing, oil rig support 本部はシンガポール)・貿易関連(Trading & Industrial)の 5 事業を業容とし、年商 47 億米ドルの企業グループで、Aviation 部門には Cathay Pacific 航空、HAECO 社を含む 5 社が属し、年商 6 億 6,290 万米ドル。Aviation 部門の株式は 75%を Swire Pacific が保持し、25%は公開されている。
- ・ HAECO 社は 1950 年 11 月に香港の航空機整備会社 2 社が統合されて設立。1970 年代に L1011 や RB211 エンジンの整備を開始し、1980 年代に L1011 の機体改造、1990 年代には 747-200 Combi-freighter への改造を開始すると共に、TAECO/HAESL/STAECO の各子会社を設立。2000 年代に入り上海、四川省等の中国各地及び海外に整備工場を開設して事業を拡大。現在は香港を含む 6 箇所を拠点として、機体整備と貨物機への改造・装備品修理・部品製造・エンジン整備事業を実施している。(海外拠点はシンガポールとバーレーン)

- ・ HAECO グループ全体の従業員総数は 14,054 人(HAECO 社単体で 5,102 人)、2011 年の整備実績はエアライン 105 社に対し 195,600 機のラインメンテナンス、1,234 機の機体整備(A check 以上。Total 7,431,000 man-hours)、212 台のエンジン整備を実施した。機体改造全実績は客室改造が 679 機、貨物機への改造が 84 機(内訳は 737-300/400 が 26 機、747 が 53 機、757-200 が 5 機)。なお、HAECO 社自体はコンピ機への改造のみを実施し、Full Freighter 貨物機への改造は Xiamen 及び Jinan の TACO 社で実施しているが、TAT はいずれも約 3 ヶ月とのこと。
- ・ HAECO グループ全体で 15 基の整備ハンガーと 47 のメンテナンス・ベイがある。適用規格は FAA, EASA, HKCAD/CAAC の他、25 カ国の規格を適用可能。重点検整備実施可能な商用機は A320 family/A330/340、Boeing 737/747/757/767/777、MD11、CL-600、CRJ-200/700、ERJ170 の各機体で、構造部材を含む修理と改造、Winglet の取付改造、全塗装、非破壊検査の実施能力があり、複合材の検査、修理も可能とのこと。実績は Boeing 機の整備が遙かに多いが、Boeing 機の方がライフが長く整備性が良いとの HAECO 社の見解。A380 と 787 型機は未だ取り込んでいないが、787(ANA 向け)のラインメンテナンスは実施している由。
- ・ アビオニクス、ランディングギアを含む検査修理も各 OEM とライセンス契約を結びサービス可能で、2011 年実績でアビオニクスの修理・整備を 51,300 件、脚の O/H を 61 件、複合材構造の O/H を 75 件実施。複合材修理に関しては TACO 社に小型のオートクレーブがある由。その他、エンジン(HAESL の項、参照)、整備員の技術トレーニングを業容として実施している。

## (2) 工場視察及び所感

- ・ プレゼンを受けた後、香港国際空港に隣接した HAECO の整備施設を見学。香港にはハンガーが 3 基あり、Hangaer1(18000 m<sup>2</sup>)には広胴機 3 機と狭胴機 2 機が同時に、Hanger2(13000 m<sup>2</sup>)と Hanger3(15750 m<sup>2</sup>)には各々、747 型機 2 機と 767 型機 1 機が同時に整備に入ることが可能。また、各 Hanger の狭胴機用の場所に大型機が入った場合に、Hanger 外に飛び出した機体尾部を覆うための Movable tail bay 2 基を持っている。
- ・ 機体改造は整備ハンガーと同じ場所で行っており、A check 以上は全て屋内ハンガーで実施 (HKCAD の要求による。この点は日本と同様で、シンガポールとは状況が異なる。) 重点検整備(Heavy Maintenance)の TAT は 1~2 ヶ月で、ラインメンテナンスと異なり、non-revenue flight も多いとのこと。
- ・ 主要顧客は American 航空(約 20%)と Cathay Pacific 航空(40~50%)。工場視察時、767 型機が 4 機と 757 型機(客室改造中)が 1 機、及び 747 型機が 2 機整備中であり、767 型機は Winglet の改修作業を併せて実施していた。(Winglet の付け替えは APB 社(Aviation Partners Boeing)社に外注しているとのこと。) 整備作業は専用治具を用いて実施しており、ST Aerospace 社に比べて品質は高いように感じられた。

5-2) Hong Kong Aero Engine Services Limited (HAESL)

訪問日時：2012年9月21日 14:00～16:00

対応者：Stephen Chu, General Manager Commercial & Materials Management  
Billy Wong, Assistant Manager (Module Change – Support Services)

調査結果概要

- ・ HAESL 社は HAECO 社と RR 社及び SIAEC 社との JV として 1997 年に創業を開始(HAECO 45%、RR 45%、SIAEC 10%の持株比率)。香港と Xiamen に整備工場があり、香港工場は香港国際空港から車で約 1 時間の工業団地内に設立され、RB211 と Trent エンジンの整備作業を実施している。Xiamen にある子会社の TEXTL 社では GE90 の整備も実施している由。
- ・ HAESL 社単体の従業員は 1,050 人で、年間 300 台のエンジン O/H が可能な能力を有し、スラスト 13 万ポンドまで吸収できるテストセルがある。また、95%の部品修理が可能とのこと。2011 年実績は顧客 96 社に対し、212 台のエンジン O/H & Repair を実施。また、サービスマンを Field に派遣し、On-wing support も実施している（香港、中国国内、北・南米に派遣実績あり）。年商は約\$222M。
- ・ FAA、EASA を始めとする 18 カ国の耐空認証規格を取得しており対応可能であるが、JCAB は未だ取得していない。会社概要のプレゼン後に、整備工場を案内され説明を受けたが、工場負荷は 90%以上の状況で、トレントエンジンが多数、整備中であった。作業効率及び技術能力は日本と同等レベルと思われ、各国規格対応能力を考慮すると、MRO 事業としては日本より上のレベルにあると実感された。

4. 3 訪問先面会者一覧

Association of Aerospace Industries (Singapore) - AAIS

Jean Low, Deputy Director

GE Aviation Services Operation L.L.P. - GEASO

Chen Keng Nam, Business Leader – Technology & Engineering Services

ST Aerospace

Yip Yuen Cheong, PhD, Executive Vice President, Engineering and Development/  
Executive Vice President, Freighter Conversions

Goh Aik Hoong, Vice President, Military Business Unit, Engineering &  
Development Center

Ng Yuh Jaan, Director(Programme), Military Business Unit, Eng'g & Develop't  
Center

Hui Cin Ee, Senior Programme Manager, Commercial Business Unit, Engineering  
&Development Center

Vincent Soh, Senior Manager, Sales & Marketing, ST Aerospace Systems Pte. Ltd.

Lei Kun Meng, Regional Director, Sales & Marketing-ETS, ST Aerospace Engines  
Pte. Ltd.

Chan Chin Wah, Deputy General Manager, ST Aerospace Services Co Pte. Ltd.  
(SASCO)

Yasushi Matsumoto, Director of Inspectorate, ST Aerospace Services Co Pte. Ltd.  
(SASCO)

State Government of Victoria Australia, Department of Business and Innovation  
(DBI)

Prue Holstein, MBA, Special Advisor, International Engagement – Japan & Korea  
Trade and Industry Department, Department of Business & Innovation

Peter Haddad, AO, Strategic Advisor, Defence Industry Unit, Department of  
Business & Innovation

Defence Science Institute (DSI)

Terry Friend, Business Development Manager, Defence Science Institute

Defence Science and Technology Organization (DSTO)

Jan Drobik, Research Leader, Flight Systems, Air Vehicles Division

Dr Richard Chester, Research Leader – Aircraft Materials, Air Vehicles Division

Cooperative Research Centre for Advanced Composite Structures Ltd (CRC-ACS)

Prof. Murray L. Scott, Chief Executive Officer/ Managing Director, ACS Australia  
Paul Falzon, PhD, Project Leader/ Business Manager, ACS Australia

QuEST Global Engineering Pty Ltd.

Nick Williams, Australian Operations Manager  
Andrew Forbes, Australian Operations Engineering Manager/ Program Manager  
AAE  
Dr Nicholas Bardell, Head of Engineering/ Technical Specialist  
Gary Dolan, Program Manager Australian Projects

THALES Air Operations Australia

Axel Bensch, Director Sales – Asia Pacific  
Grant Williams, Innovation Manager  
Gaurav Suri, Systems & Software Architect

RMIT University, School of Aerospace, Mechanical and Manufacturing Engineering

Prof. Kevin C Massey, PhD, Discipline Head, Aerospace and Aviation  
Pavel M Trivailo, Professor of Aerospace Engineering  
Adrian P. Mouritz, PhD/ScD(Cambridge), Professor of Aerospace Materials  
Yasuhiro Tachibana, PhD, Associate Professor

Victorian Aerospace Companies

James Baker, Sales and Business Development Manager, MARAND  
Michael J. Ramsay, Chairman of Directors, LOVITT Technologies Australia  
Rakesh Singh, Vice President – Business Development, CABLEX

Swinburne University of Technology

Prof. Jennelle Kyd, PhD, Senior Deputy Vice-Chancellor and Provost  
John L Wilson, PhD, Executive Dean, Professor of Civil Engineering  
Prof. Sally McArthur, Director-IRIS/ Discipline Leader-Biomedical Engineering  
Dr Michael Elliott, PhD, University Secretary/ Director, Governance and Policy  
Unit

Hong Kong Aircraft Engineering Company Limited (HAECO)

Anthony K.M.K.K. Wong, Commercial Manager, Airframe Maintenance

Sharon Lun, Corporate Communications Manager

Jenny Lei, Corporate Communication Officer

Hong Kong Aero Engine Services Limited (HAESL)

Stephen Chu, General Manager, Commercial & Materials Management

Billy Wong, Assistant Manager (Module Change – Support Services)

## 第5章 まとめ

### 5. 1 今後の調査課題

(1) 平成24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2年で1500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たものの既に1000機以上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787-9型機の開発動向、並びに787-10X型機や777X型機の開発計画の動向、平成26年後半へと就航予定が遅れた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。

(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)
- ・次世代中大型民間輸送機の開発動向(787-10X、777-X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-X、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、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24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24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、成長著しいアジア・オセアニア地域航空産業の発展状況について、シンガポール・豪州・香港にて公的研究機関 (DBI/DSI、DSTO 等)、大学 (RMIT 等)、MRO (Maintenance, Repair and Overhaul) 企業 (ST Aerospace、HAECO 等) 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24年1月～平成24年12月）

資料番号	標	題
P2012D001	文部科学省	航空科学技術委員会（第39回）議事録・配布資料（H24/8/21） ( <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> )
P2012D002	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（2012）（H24/8/21） ( <a href="http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/004/houkoku/1325817.htm">http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/004/houkoku/1325817.htm</a> )
P2012D003	文部科学省	航空科学技術に関する研究開発研究開発の推進方策 (以下の「研究開発方策」のうち「研究開発方策-10」の pp.239-251 <a href="http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/suishin/1328435.htm">http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/suishin/1328435.htm</a> )
P2012D004	文部科学省	航空科学技術委員会（第38回）の議事録・配布資料（H24/7/18） ( <a href="http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/004/giji_list/index.htm">http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/004/giji_list/index.htm</a> )
P2012D005	国土交通省	第1回国際航空戦略本部 配布資料（H24/7/2） ( <a href="http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk19_000011.html">http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk19_000011.html</a> )
P2012D006	国土交通省	航空の安全分野における技術規制のあり方の検討について（報告書） (以下の「安全に関する技術規制のあり方検討会」における「報告書」参照。 <a href="http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk19_000001.html">http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk19_000001.html</a> )
P2012D007	国土交通省	交通政策審議会航空分科会基本政策部会 議事要旨・議事録・配布資料 ( <a href="http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s303_kihonseisaku.html">http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s303_kihonseisaku.html</a> )
P2012D008	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2回）議事録・配布資料（H24/3/19） ( <a href="http://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr13_000006.html">http://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr13_000006.html</a> )
P2012D009	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2012 (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23年度活動報告書」 の pp.32-36 <a href="http://www.mlit.go.jp/common/000221244.pdf">http://www.mlit.go.jp/common/000221244.pdf</a> )
P2012D010	外務省	日英両国首相による共同声明（H24/4/10） ( <a href="http://www.mofa.go.jp/mofaj/kaidan/s_noda/uk_1204/kyodo_seimei.html">http://www.mofa.go.jp/mofaj/kaidan/s_noda/uk_1204/kyodo_seimei.html</a> )
P2012D011	防衛省	英国国防省及び日本国防衛省の間の防衛協力に関する覚書（H24/6） ( <a href="http://www.mod.go.jp/j/press/youjin/2012/06/03_memo.pdf">http://www.mod.go.jp/j/press/youjin/2012/06/03_memo.pdf</a> )

**資料2** 関係団体の刊行物リスト（平成24年1月～平成24年12月）

資料番号	標 題
P2012D101	日本航空宇宙工業会会報 2012.12月号 (No. 708) p.17
P2012D102	平成24年度第八回 SJAC 講演会 (H24.11.6) のうち「航空機の環境排出物の基準の方向性と取り組み」 ( <a href="http://www.sjac.or.jp/common/pdf/info/news109.pdf">http://www.sjac.or.jp/common/pdf/info/news109.pdf</a> )
P2012D103	EU News 552/2012 (H24.11.12) ( <a href="http://www.euinjapan.jp/media/news/news2012/20121112/105035/">http://www.euinjapan.jp/media/news/news2012/20121112/105035/</a> )
P2012D104	日本航空宇宙工業会会報 2012.11月号 (No. 707) pp.1-20
P2012D105	日本航空宇宙工業会会報 2012.12月号 (No. 708) pp.18-21
P2012D106	平成23年度革新航空機技術開発センター委託研究成果報告書 (平成24年3月 一般社団法人日本航空宇宙工業会)
P2012D107	航空機業界動向情報「航空機のCO2排出削減への取り組み特集 (平成24年度上期)」 IADF24 航企 0604 第1号
P2012D108	航空機業界動向情報「将来航空機の研究開発特集 (平成24年度下期)」 IADF24 航企 1030 第1号
P2012D109	IADF 航空機等に関する解説概要 24-1「航空機装備品の電気化 (MEA)の動向」 ( <a href="http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H24_dokojyoho/24-1.pdf">http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H24_dokojyoho/24-1.pdf</a> )
P2012D110	IADF 航空機等に関する解説概要 24-2「航空機用アルミリチウム合金および航空機産業の最近の動向」 ( <a href="http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H24_dokojyoho/24-2.pdf">http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H24_dokojyoho/24-2.pdf</a> )
P2012D111	IADF 航空機等に関する解説概要 24-3「無人航空機システム～無人化技術が実現する新たなフロンティア～」 ( <a href="http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H24_dokojyoho/24-3.pdf">http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H24_dokojyoho/24-3.pdf</a> )
P2012D112	IADF 航空機等に関する解説概要 24-4「極超音速旅客機の実現に向けた研究開発」 ( <a href="http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H24_dokojyoho/24-4.pdf">http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H24_dokojyoho/24-4.pdf</a> )
P2012D113	IADF 航空機等に関する解説概要 24-5「航空機用エンジンの構造解析技術とその動向」 ( <a href="http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H24_dokojyoho/24-5.pdf">http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H24_dokojyoho/24-5.pdf</a> )
P2012D114	IADF 航空機等に関する解説概要 24-6「超低レイノルズ数航空機の翼特性～火星探査航空機への応用～」 ( <a href="http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H24_dokojyoho/24-6.pdf">http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H24_dokojyoho/24-6.pdf</a> )
P2012D115	IADF 航空機等に関する解説概要 24-7「飛行データ解析技術 (FDM/FOQA) の動向」 ( <a href="http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H24_dokojyoho/24-7.pdf">http://www.iadf.or.jp/8361/LIBRARY/MEDIA/H24_dokojyoho/24-7.pdf</a> )

**資料3** 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト (平成24年1月～平成24年12月)

資料番号	標	題
P2012D201	The Seattle Times	(2013年1月17日)
P2012D202	The Seattle Times	(2012年8月7日)
P2012D203	Airbus website	(2013年1月17日)
P2012D204	Flightglobal	(2012年6月4日)
P2012D205	Flightglobal	(2012年9月15日)
P2012D206	Flightglobal	(2012年10月4日)
P2012D207	Boeing website	(2012年11月12日)
P2012D208	Leeham News and Comment	(2012年9月18日)
P2012D209	Boeing website	(2012年11月14日)
P2012D210	Boeing Order and Delivery	
P2012D211	Aviation week	(2012年9月5日)
P2012D212	Aviation week	(2012年11月7日)
P2012D213	Reuters	(2012年7月24日)
P2012D214	The Seattle Times	(2013年1月18日)
P2012D215	Bloomberg	(2012年8月23日)
P2012D216	Flightglobal	(2012年8月23日)
P2012D217	Reuters	(2013年1月18日)
P2012D218	Flightglobal	(2012年1月10日)
P2012D219	Forecast international	(2012年11月16日)
P2012D220	Boeing website	(2012年10月29日)
P2012D221	Boeing website	(2012年11月14日)
P2012D222	Flight International	(2012年3月13日-19日)
P2012D223	The Seattle Times	(2012年11月6日)
P2012D224	The Seattle Times	(2012年8月22日)
P2012D225	Flightglobal	(2012年9月20日)
P2012D226	Flightglobal	(2012年7月27日)
P2012D227	Leeham News and Comment	(2012年7月27日)
P2012D228	Airbus website	(2012年10月23日)
P2012D229	Aviation week	(2012年10月23日)
P2012D230	Flightglobal	(2012年1月27日)
P2012D231	Airbus website	(2012年7月2日)
P2012D232	Airbus website	(2012年11月13日)
P2012D233	Bloomberg Businessweek	(2012年9月4日)
P2012D234	Aviation week	(2012年7月23日)
P2012D235	Forecast international	(2012年11月7日)

資料番号	標	題
P2012D236	Aviation week	(2012年10月31日)
P2012D237	Flightglobal	(2011年11月10日)
P2012D238	Flightglobal	(2012年6月6日)
P2012D239	Flightglobal	(2012年11月21日)
P2012D240	Air Transport World	(2012年11月22日)
P2012D241	Flightglobal	(2011年8月24日)
P2012D242	Aviation week	(2011年9月12日)
P2012D243	Honda Aircraft website	(2012年9月28日)
P2012D244	Honda Aircraft website	(2012年10月31日)
P2012D245	Aviation week	(2012年12月17日)
		<a href="http://www.aviationweek.com/Article.aspx?id=/article-xml/AW_12_17_2012_p47-526163.xml">http://www.aviationweek.com/Article.aspx?id=/article-xml/AW_12_17_2012_p47-526163.xml</a>
P2012D246	Aviation week	(2012年11月7日)
		<a href="http://www.aviationweek.com/Article.aspx?id=/article-xml/avd_11_07_2012_p05-01-514146.xml">http://www.aviationweek.com/Article.aspx?id=/article-xml/avd_11_07_2012_p05-01-514146.xml</a>
P2012D247		<a href="http://www.b737.org.uk/737max.htm">http://www.b737.org.uk/737max.htm</a>
P2012D248	Aviation Week & Space Technology	(2012年10月22日)
P2012D249	Flightglobal	(2012年3月8日)
		<a href="http://www.flightglobal.com/blogs/flightblogger/2012/03/rolls-royce-pratt-whitney-set.html">http://www.flightglobal.com/blogs/flightblogger/2012/03/rolls-royce-pratt-whitney-set.html</a>
P2012D250	Flightglobal	(2012年11月7日)
		<a href="http://www.flightglobal.com/news/articles/boeing-to-decide-777x-engine-strategy-in-early-2013-378657/">http://www.flightglobal.com/news/articles/boeing-to-decide-777x-engine-strategy-in-early-2013-378657/</a>
P2012D251	Aviation week	(2013年1月8日)
		<a href="http://www.aviationweek.com/Article.aspx?id=/article-xml/awx_01_08_2013_p0-534517.xml">http://www.aviationweek.com/Article.aspx?id=/article-xml/awx_01_08_2013_p0-534517.xml</a>
P2012D252		<a href="http://www.boeing.com/Features/2010/06/corp_envision_06_14_10.html">http://www.boeing.com/Features/2010/06/corp_envision_06_14_10.html</a>
P2012D253	Aviation week	(2012年6月4日)
		<a href="http://www.aviationweek.com/Article.aspx?id=/article-xml/AW_06_04_2012_p59-463154.xml">http://www.aviationweek.com/Article.aspx?id=/article-xml/AW_06_04_2012_p59-463154.xml</a>
P2012D254		<a href="http://www.safran-group.com/site-safran-en/press-media/press-releases/2012-785/article/nipon-carbon-company-ge-and?12070">http://www.safran-group.com/site-safran-en/press-media/press-releases/2012-785/article/nipon-carbon-company-ge-and?12070</a>
P2012D255		<a href="http://www.flightglobal.com/news/articles/369242/">http://www.flightglobal.com/news/articles/369242/</a>
P2012D256	Flightglobal	(2012年2月19日)
		<a href="http://www.flightglobal.com/news/articles/trent-xwb-powerplant-makes-maiden-sortie-368460/">http://www.flightglobal.com/news/articles/trent-xwb-powerplant-makes-maiden-sortie-368460/</a>
P2012D257	Flightglobal	(2012年3月8日)
		<a href="http://www.flightglobal.com/news/articles/rolls-royce-pushes-new-engine-concept-for-777x-369294/">http://www.flightglobal.com/news/articles/rolls-royce-pushes-new-engine-concept-for-777x-369294/</a>

資料番号	標	題
P2012D258	Flightglobal	(2012年7月2日) <a href="http://www.flightglobal.com/news/articles/rolls-royce-reveals-more-details-of-trent-proposal-for-777x-373609/">http://www.flightglobal.com/news/articles/rolls-royce-reveals-more-details-of-trent-proposal-for-777x-373609/</a>
P2012D259	Flightglobal	(2012年5月2日) <a href="http://www.flightglobal.com/news/articles/mrj-engine-begins-flight-testing-despite-aircraft-delay-371372/">http://www.flightglobal.com/news/articles/mrj-engine-begins-flight-testing-despite-aircraft-delay-371372/</a>
P2012D260	Flightglobal	(2012年9月28日) <a href="http://www.flightglobal.com/news/articles/in-focus-engine-makers-prepare-to-do-battle-on-777x-376865/">http://www.flightglobal.com/news/articles/in-focus-engine-makers-prepare-to-do-battle-on-777x-376865/</a>
P2012D261	<a href="http://www.geaviation.com/services/optimization/diagnostics.html">http://www.geaviation.com/services/optimization/diagnostics.html</a>	
P2012D262	<a href="http://www.moog.com/products/actuators-servoactuators/industrial/">http://www.moog.com/products/actuators-servoactuators/industrial/</a>	
P2012D263	<a href="http://www.technical-controls.com/graphics/catalogs/4123-EA.pdf">http://www.technical-controls.com/graphics/catalogs/4123-EA.pdf</a>	
P2012D264	<a href="http://www.goodrich.com/Goodrich/Businesses/Sensors-and-Integrated-Systems/Products/Actuation-and-Control-Systems/Electric-Brake-Control-&amp;-Actuation-Systems">http://www.goodrich.com/Goodrich/Businesses/Sensors-and-Integrated-Systems/Products/Actuation-and-Control-Systems/Electric-Brake-Control-&amp;-Actuation-Systems</a>	
P2012D265	<a href="http://www.iai.co.il/35095-39730-en/Groups%20Military%20Aircraft%20Lahav%20Products%20TaxiBot.aspx">http://www.iai.co.il/35095-39730-en/Groups Military Aircraft Lahav Products TaxiBot.aspx</a>	
P2012D266	経済産業省資料	航空機用先進システム基盤技術開発航空機用再生型燃料電池システム
P2012D267	CleanSky Skyline No.6,	February 2012
P2012D268	Flightglobal	(2012年4月30日)
P2012D269	Puget Sound Business Journal	(2012年8月14日)
P2012D270	Flightglobal	(2011年6月17日)
P2012D271	NASA website	(2012年5月8日)
P2012D272	Aviation week	(2012年2月6日)
P2012D273	SpeedNews	(2012年5月14日)
P2012D274	Flightglobal	(2012年9月12日)
P2012D275	Flightglobal	(2012年10月10日)
P2012D276	Flightglobal	(2011年12月6日)
P2012D277	Flightglobal	(2011年11月24日)
P2012D278	Mohan M. Ratwani,	REPAIR OPTIONS FOR AIRFRAMES
P2012D279	航空機国際共同開発促進基金, 複合材構造の非破壊検査・修理技術の現状と開発	
P2012D280	Flightglobal	(2011年8月9日)
P2012D281	Boeing Media Room	(2012年12月12日)
P2012D282	Websitation	(2011年11月17日)

資料番号	標	題
P2012D283	Science Direct	(2009年2月)
P2012D284	Boeing website	(2012年10月29日)
P2012D285	EADS	(2012年7月10日)
P2012D286	Flight global	(2012年7月12日)
P2012D287	INDUSTRIAL LASER SOLUTIONS	(2012年7月12日)
P2012D288	Aviation week	(2012年2月20日)
P2012D289	Aviation International News	(2012年12月18日)
P2012D290	Flightglobal	(2011年1月29日)
P2012D291	Boeing website	(2012年8月16日)
P2012D292	Popular science	(2012年6月21日)
P2012D293	Rice University	(2012年6月21日)
P2012D294	Aviation week	(2012年9月24日)
P2012D295	Airbus Japan website	(2012年6月21日)
P2012D296	<a href="http://www.nexcelle.com/news-press-release/2008-2009/7-5-2012.asp">http://www.nexcelle.com/news-press-release/2008-2009/7-5-2012.asp</a>	
P2012D297	Aviation Week & Space Technology	(2012年6月4日)
P2012D298	Flightglobal	(2012年3月8日)
	<a href="http://www.flightglobal.com/news/articles/comac-c919-propulsion-integrated-to-the-maximum-339091/">http://www.flightglobal.com/news/articles/comac-c919-propulsion-integrated-to-the-maximum-339091/</a>	
P2012D299	Flightglobal	(2012年1月11日)
	<a href="http://www.flightglobal.com/news/articles/nasa-concludes-noise-remains-a-challenge-for-open-rotor-366802/">http://www.flightglobal.com/news/articles/nasa-concludes-noise-remains-a-challenge-for-open-rotor-366802/</a>	
P2012D300	Flightglobal	(2012年7月5日)
	<a href="http://www.flightglobal.com/news/articles/open-rotor-noise-not-a-barrier-to-entry-ge-373817/">http://www.flightglobal.com/news/articles/open-rotor-noise-not-a-barrier-to-entry-ge-373817/</a>	
P2012D301	Flightglobal	(2012年1月11日)
	<a href="http://www.flightglobal.com/news/articles/nasa-study-shows-aircraft-technologies-that-increase-energy-efficiency-nearly-50-366811/">http://www.flightglobal.com/news/articles/nasa-study-shows-aircraft-technologies-that-increase-energy-efficiency-nearly-50-366811/</a>	
P2012D302	Aviation Week & Space Technology	(2012年6月4日)
P2012D303	Aviation Week & Space Technology	(2012年7月9日)
P2012D304	<a href="http://www.apg.jaxa.jp/publication/event/2012/120913.html">http://www.apg.jaxa.jp/publication/event/2012/120913.html</a>	
P2012D305	Airbus A380 Flight Controls overview, DGLR Deutsche Gesellschaft Fur Luft und Raumfahrt – Lilenthal Oberth E.V.	
P2012D306	ICAS2012 EMA Advanced Technologies for Flight Control, Jean-Claude Derrein, Segma Defenxe Securite	
P2012D307	Goodrich	
	<a href="http://www.goodrich.com/portal/site/Goodrich/menuitem.46d58eae96f986364a27eb1eca87e7aa/?vgnextoid=afa5b4e21b027310VgnVCM100000b3f67eaaRCRD&amp;vgnnextfmt=default">http://www.goodrich.com/portal/site/Goodrich/menuitem.46d58eae96f986364a27eb1eca87e7aa/?vgnextoid=afa5b4e21b027310VgnVCM100000b3f67eaaRCRD&amp;vgnnextfmt=default</a>	
P2012D308	Boeing	

資料番号	標	題
P2012D309	Clean Sky More Electrical Aircraft – Focus on Environmental Control and Ice Protection Jan, 2012	資料
P2012D310	<a href="http://www.safranmbd.com/activites/electric-green-taxiing-system/">http://www.safranmbd.com/activites/electric-green-taxiing-system/</a>	
P2012D311	Electric green taxiing system, An innovative fuel saving system with a positive environmental impact, Safran/Honeywell	
P2012D312	Aviation Week & Space Technology (2012年7月9日)	
P2012D313	<a href="http://www.wheeltug.gi/">http://www.wheeltug.gi/</a>	
P2012D314	Flightglobal (2012年2月21日)	
P2012D315	On using PEMFC for Electrical Power Generation on More Electric Aircraft, World Academy of Science, Engineering and Technology 62 2012	
P2012D316	On using PEMFC for Electrical Power Generation on More Electric Aircraft, World Academy of Science, Engineering and Technology 62 2012	
P2012D317	<a href="http://www.ihl.co.jp/ihl/all_news/2012/press/2012-10-04/index.html">http://www.ihl.co.jp/ihl/all_news/2012/press/2012-10-04/index.html</a>	
P2012D318	Aviation Week & Space Technology (2012年5月14日)	
P2012D319	ORDICS Final public progress report Sept 2012	
P2012D320	ORDICS Final Public Progress Report 2012-9-16	
P2012D321	EU Framework 6 Smart Technologies for stress free AiR Travel	
P2012D322	ACER n-Flight/Onboard Monitoring: ACER's Component for ASHRAE 1262	
P2012D323	ACER Bleed-Air Sensing: Wireless Sensor Networks in Mock-up Cabin	
P2012D324	ACER Exposure to Flame Retardants in Commercial Aircraft	
P2012D325	<a href="http://www.bbc.co.uk/news/technology-20813441">http://www.bbc.co.uk/news/technology-20813441</a>	
P2012D326	GE Aviation Service Solution 資料	
P2012D327	ATC GLOBAL 2012 CONFERENCE EPORT <a href="http://www.atcglobalhub.com/">http://www.atcglobalhub.com/</a>	
P2012D328	SESAR <a href="http://www.sesarju.eu/news-press/news/successful-completion-world%E2%80%99s-first-i-4d-flight-1002">http://www.sesarju.eu/news-press/news/successful-completion-world%E2%80%99s-first-i-4d-flight-1002</a>	
P2012D329	ICAO: GAINS Working Document ICAO Aviation System Block Upgrades, ICAO, Aug. 2011	
P2012D330	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_000024.html">http://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr13_000024.html</a>	
P2012D331	<a href="http://www.apg.jaxa.jp/publication/information/forresearcher/120427.html">http://www.apg.jaxa.jp/publication/information/forresearcher/120427.html</a>	
P2012D332	<a href="http://www.enri.go.jp/news/koubo/koubo_index.htm">http://www.enri.go.jp/news/koubo/koubo_index.htm</a>	
P2012D333	独立行政法人電子航法研究所 2012年(第12回)研究発表会資料	
P2012D334	ICAS 2010 Proceedings (CD-ROM)、2012	
P2012D335	第50回飛行機シンポジウム講演集 (CD-ROM)、2012	

---

資料番号	標	題
P2012D336	<a href="http://www.uavforge.net/">http://www.uavforge.net/</a>	
P2012D337	<a href="http://www.as.northropgrumman.com/products/nucasx47b/">http://www.as.northropgrumman.com/products/nucasx47b/</a>	
P2012D338	<a href="http://boeing.mediaroom.com/index.php?s=43&amp;item=2383">http://boeing.mediaroom.com/index.php?s=43&amp;item=2383</a>	
P2012D339	<a href="http://www.boeing.com/defense-space/military/waverider/">http://www.boeing.com/defense-space/military/waverider/</a>	
P2012D340	村岡浩治、穂積弘毅、鳥居建男、眞田幸尚	放射線モニタリングのための小型固定翼無人機システムの開発、第 52 回(平成 24 年度春季)学術講演会講演集、2012
P2012D341	久保大輔、原田賢哉、石川和敏、佐々修一	高高度滞空型無人航空機を用いた連続監視システムの検討、第 50 回飛行機シンポジウム講演集、2012
P2012D342	AIAA: AEROSPACE AMERICA, AIAA, Dec. 2012	
P2012D343	ICAO: ICAO Circular 328, Unmanned Aircraft Systems (UAS), ICAO Publications, 2011	
P2012D344	<a href="http://www.jsass.or.jp/web/modules/wordpress/attach/pro_20120328.pdf">http://www.jsass.or.jp/web/modules/wordpress/attach/pro_20120328.pdf</a>	
P2012D345	<a href="http://www.jsass.or.jp/aerocom/ryu/ryu44/44program.pdf">http://www.jsass.or.jp/aerocom/ryu/ryu44/44program.pdf</a>	
P2012D346	<a href="http://www.jsass.or.jp/strcom/strcom44/54program_v3.pdf">http://www.jsass.or.jp/strcom/strcom44/54program_v3.pdf</a>	
P2012D347	<a href="http://www.jsass.or.jp/uacftcom/index_50.files/tentativeprogram.pdf">http://www.jsass.or.jp/uacftcom/index_50.files/tentativeprogram.pdf</a>	
P2012D348	AeroA12FPPF.pdf	
P2012D349	SDMFinalIPMatrix_Corrected.pdf	
P2012D350	FinalTechnicalProgram_ATIO-MAO12_11Sep.pdf	

---