

2024 年度

航空機等に関する技術開発動向調査報告書

2025 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では、「情報収集及び情報提供事業」の一環として、毎年、航空機等に関する技術開発動向調査を実施しています。2024年度も、当基金に外部専門家で構成される航空機等に係る「技術開発動向調査委員会」を設置し、航空機の開発・製造等に関する国の政策や内外の最新の技術開発等の動向を調査分析し、将来展望等を議論してまいりました。

本報告書は、2024年度に実施した調査の成果を取り纏めたものです。

この調査報告が、我が国航空機産業の拡大・発展のために役立つことを期待します。

2025年3月

公益財団法人航空機国際共同開発促進基金

2024 年度技術開発動向調査委員会委員名簿

区 分	氏 名 (敬称略)	所 属 ・ 役 職
委員長	石川 隆司	名古屋大学 客員教授
委 員 (五十音 順)	浦野 明崇	三菱重工業株式会社 民間機セグメント 事業開拓室 次長 事業開発グループ グループ長 DX推進室 主席技師
	奥田 章順	株式会社航想研 代表取締役
	成岡 優	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 航空技術部門 事業推進部 (併) 経営企画部 企画課 主任
	姫野 武洋	東京大学大学院 工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授
	森 祐司	株式会社 I H I 航空・宇宙・防衛事業領域 民間エンジン事業部 技術部 システム・構造部品設計グループ グループ長
	横関 智弘	東京大学大学院 工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授
事務局	関 淳夫 水谷 智昭 濱本 健司	公益財団法人航空機国際共同開発促進基金 専務理事 公益財団法人航空機国際共同開発促進基金 企画調査部長 公益財団法人航空機国際共同開発促進基金 企画調査部部長 代理

2024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	3
1.2	調査委員会の構成と運営	3
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（2024年1月1日から2024年12月31日まで）	4
2.2	我が国の航空機産業に関わる政策等の動向	4
2.3	我が国の航空機国際共同開発の動向	7
2.4	民間航空機等に関する市場及び開発の主要動向	10
2.4.1	機体関連	10
2.4.2	エンジン関連	28
2.4.3	装備品関連	31
2.4.4	航空システム・航空管制・無人機・飛行制御関連	36
2.4.5	AAM/eVTOL機関連	40
第3章	その他資料の分析	
3.1	関係省庁の刊行物における動向情報	51
3.2	公益財団法人航空機国際共同開発促進基金の情報調査 及び情報提供における動向情報	51
3.2.1	2024年度航空機業界動向情報	51
3.2.2	2024年度航空機業界動向解説記事	53
3.3	大学・研究機関・企業等から公表された動向情報	55
3.3.1	国内学会等における研究開発動向	55
3.3.2	国外学会等における研究開発動向	59
第4章	まとめ	
4.1	今後の調査課題	67
4.2	2024年度調査のまとめ	69

資料

資料 1 関係省庁の刊行物リスト（2024年1月～2024年12月）

資料 2 関係団体の刊行物リスト（2024年1月～2024年12月）

資料 3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト（2024年1月～2024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、航空機等の国際共同開発を行う者等に対する助成を行い、加えて航空機等の国際共同開発を促進する事業等を行うことにより、航空機産業を振興するとともに、産業技術の向上及び国際交流の進展を図り、我が国産業の発展に寄与することを目的としている。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、現在から将来にわたり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、並びに航空機等の研究開発を行う者等へ情報提供することは重要である。

2009年度に開始した技術開発動向調査事業では、外部の専門家等で構成される航空機等に関する「技術開発動向調査委員会」を設置し、毎年度航空機等の技術開発動向等に関わる最新情報の収集と分析を行い、報告書として取り纏め公開する活動を行っている。本報告書は、その成果を纏めたものである。

### 1.2 調査委員会の構成と運営

#### (1) 調査委員会の構成

2024年度の技術開発動向調査委員会のメンバーは、冒頭の委員名簿に示すとおり、航空機に関わる学界、公的研究機関、企業等の専門家7名から構成されている。委員長には元国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）理事・名古屋大学客員教授の石川隆司氏に就任いただいた。

#### (2) 調査委員会の運営

委員会は、当基金が事務局となり、全員参加型の委員会活動により、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るとともに、実際の調査活動を分担して行い、結果について全体の合意を形成する方針で運営した。

## 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

2024年度の調査対象期間は、主として2024年1月1日から2024年12月31日の1年間とし、この期間に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。(内容により影響の大きいものは一部2025年のものを含めた。)

### 2.2 我が国の航空機産業に関わる政策等の動向

2023年度に経済産業省製造産業局産業構造審議会が行われ、2024年初頭に航空機産業戦略が策定された。我が国の強みを踏まえて、今後の航空機産業の方向性を示すもので、定期的に更新が行われていく。また10年間で20兆円規模のGX移行債をトリガとして官民で150兆円に上る脱炭素化投資を促していく枠組み等も整えられてきている。

日本航空宇宙工業会(SJAC)によれば、我が国の航空機産業の2024年度の生産は、「機体部品」「エンジン部品」「装備品」の全てが2023年度と比べて増加となる見通しである。2024年度の航空機全体の生産額は、対前年度比約132%、対2019年度比で約103%と見通され、生産額全体としては漸くパンデミック以前の状態に回復する見通しである。ただし、主要OEMにおけるサプライチェーン問題による生産低迷の影響が残っており、出荷機数の変更等も予断を許さず、早期の生産増加ならびに安定化が望まれている。一方で今後は従来以上の航空機生産レートも想定されることから、我が国も、先進的な材料/製造技術やデジタル技術等の適用による効率的な生産・供給体制を維持・整備していくことが重要と考えられている。

また環境面においては、2022年の国際民間航空機関(ICAO)総会で合意された国際航空の2050年CO2実質排出ゼロという長期目標に向け、現在、各国において脱炭素化をはじめ気候変動対策に関わる航空分野の技術開発プログラムが進められている。我が国の航空機産業においては、2024年に経済産業省主導で策定された航空機産業戦略に基づき、引き続き完成機事業への参画を目指すとともに、得意とする脱炭素化に資する技術を世界の航空機技術開発競争におけるゲームチェンジの機会と捉え、産官学連携のもと新技術の開発にも注力し、ステップ・バイ・ステップで完成機開発能力の獲得に向け取り組むことが重要と認識されている。

「空飛ぶクルマ」と呼ばれる新航空交通システム(Advanced Air Mobility(AAM))や電動垂直離着陸機(eVTOL機)の開発においても各国企業の取組が進んでいるが、当初のような各国新興スタートアップ企業の乱立状態からは、特に資金面で淘汰の時代に入りつつある。一方、各国航空当局による新たなカテゴリーとしての認証プロセスの策定は進みつつあり、細心の注意を払いつつ、カーボンニュートラルを実現する新しい航空交通手段として前向きな対応が進められている。先行するいくつかの企業は認証取得までを見据えた資金調達にも目途をつけ、着々と認証に向けた地上試験、飛行試験を行うフェーズに入ってきており、2025年度にはいよいよ商業運航の開始が期待されるレベ

ルに至りつつある。以下に、日本航空宇宙工業会会報をもとに我が国の航空機産業に関わる政策等の動向を纏める。

(1) 経済産業省

- ・2024年3月27日 第1回産業構造審議会製造産業分科会航空機産業小委員会を同省内で開催し、平成26年策定の航空機産業戦略に替わる新たな航空機産業戦略の策定に向けた議論を行った。2024年4月に新たな航空機産業戦略を発表。

(2) 国土交通省

- ・2024年2月6日 国土交通省航空局はフランス民間航空総局との6回目の作業部会をパリで実施し、空飛ぶクルマ、ドローンおよび持続可能な航空について事務レベルでの情報交換、意見交換等を実施した。
- ・2024年3月5日 2024年を見据えた「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン(CARATS)」の見直しに向けて、「将来の航空交通システムに関する推進協議会(CARATS 推進協議会)」を開催した。
- ・2024年4月5日 同省航空局の提案により、国際民間航空機関(ICAO)の国際航空宇宙分野の炭素排出削減制度(CORSIA)における持続可能な航空燃料(SAF)原料として、新たに「規格外ココナッツ」が登録されたと発表。
- ・2024年4月26日 我が国の空港全体でのカーボンニュートラル実現に向けて、国が管理する全27空港の空港脱炭素化推進計画を作成したと発表。
- ・2024年6月3日 航空交通分野において日本・欧州との協力を進めるため、欧州航空航法安全機構(EUROCONTROL)本部で将来の協力の可能性についての意見交換を実施した。今後は、EUROCONTROLとの協力覚書の締結に向けた取組を進める。
- ・2024年6月26日 第1回「空港グランドハンドリング作業の生産性向上に関する技術検討会」を開催した。空港グランドハンドリング作業の技術開発・実践の進んでいない分野について必要な技術の開発・実装に向けた検討を行うことを目的とする。
- ・2024年7月19日 資源エネルギー庁とともに「航空燃料供給不足に対する行動計画」を公表した。
- ・2024年7月25日 航空局は、日英航空当局間の相互承認に関する協力範囲のさらなる拡大に向け、英国航空当局との航空の安全に関する相互承認取り決め（本体取り決めと航空製品の耐空性に関する実施取り決めをファンボロー航空ショーで締結した。
- ・2024年10月11日 無人航空機による事業のさらなる促進のため、複数の無人航空機の同時運航の普及拡大に向けて、「多数機同時運航の普及拡大に向けたスタディグループ」新設し、検討を開始すると発表。

(3) 文部科学省（宇宙航空研究開発機構（JAXA））

- ・2024年2月29日 MetCom株式会社、とともに、新たな発想の宇宙関連事業の創出



を目指す「JAXA 宇宙イノベーションパートナーシップ(J-SPARC)」の枠組みのもと、「地上波方式測位システム」に関する共創活動を開始したと発表。

- ・2024年6月3日 「JAXA 航空イノベーションチャレンジ 2024 powered by DBJ」において、イノベーションを起こしうるたくさんの提案応募の中から、フィジビリティスタディ・フェーズの採択案件 19 件を決定したと発表。
- ・2025年1月10日 日本航空株式会社(JAL)、およびオーウェル株式会社とともに、世界で初めて Boeing 787-9 型機 (JA868J) の機体胴体の大部分にリブレット形状の塗膜適用を実施、2025年1月中旬より該当機体を世界で初めて国際線として運航すると発表した。

(4) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)

- ・2024年4月9日 グリーンイノベーション基金事業「次世代航空機の開発」プロジェクトで、新たに「水素燃料電池推進システム技術開発」、「水素燃料電池コア技術開発」、「電力制御及び熱・エアマネジメントシステム技術開発」、「電動化率向上技術開発」の研究テーマ 4 件を採択したと発表。

(5) 情報通信研究機構 (NICT)

- ・2024年1月25日 中継用ドローンを経由させ、遠くに届く 169MHz 帯電波を使い、見通し外を飛行するドローンを安全に制御する実証実験に成功したと発表。

(6) 日本航空宇宙工業会 (SJAC)

- ・2024年10月16日～10月19日 (株) 東京ビッグサイトとともに事務局として 2024 国際航空宇宙展(JA2024)を東京ビッグサイトにて開催した。国内外から 685 社・団体 (海外からの出展者は 201 社・団体) の出展を得て、来場者数 37,168 人と COVID19 パンデミック以降最大規模の展示会となった。

[2.2 項 出典(1)～(12) : 各、資料 1 の P2024D001～P2024D012 参照]

## 2.3 我が国の航空機国際共同開発の動向

### (1) 次世代中小型民間輸送機用エンジン（PW1100G-JM）開発事業

2010年に欧州 Airbus 社が120～220席クラスのA320シリーズのエンジン換装型A320neoシリーズの開発を決定し、その搭載エンジンの一つとして米国 Pratt & Whitney (P&W)社のPW1100G-JMエンジンの採用を正式決定した。その後、2011年にP&W社と一般財団法人日本航空機エンジン協会（JAEC）及び独国 MTU Aero Engines 社がPW1100G-JMエンジンの共同事業覚書に調印し、基金助成対象事業としての選定を経て、2011年10月から共同開発が開始された。2014年12月にエンジン型式承認を取得、同エンジン搭載のA320neoは2015年11月に型式証明（Type Certification:TC）を取得し、商用運航を開始した。また、派生型のA321neoは2016年12月に、A319neoは2019年11月に型式証明を取得した。

現在は、運航開始後に見つかった問題への対応など更なる改善に向けた耐久性向上、軽量化等の改良設計、部品修理技術の開発などを継続して実施している。また、推力・燃費向上に向けたエンジン（GTF Advantage）の開発作業も行われており、2024年の型式承認取得を目指し設計作業、試験用部品製作及び各種試験を実施している。

P&W社は2023年9月に一定の期間において製造された高圧圧縮機及び高圧タービンの一部の部品について、それらの材料として使用されている粉末冶金に不具合の可能性がある旨を公表した。当該部品を使用しているエンジンにおいて定められた使用期限内に点検、または部品の交換が必要になることも公表した。その影響により、今後数年間で整備台数が増加し、2024年から2026年までの期間に平均350機の地上駐機が見込まれている。各社は整備能力増強を図り地上駐機数の低減に向けた対応を進めている。

推力・燃費向上に向けたエンジン（GTF Advantage）は2025年の型式証明取得を目指している。

Airbus社に納入されたPW1100G-JMエンジンは、2024年11月末時点で累計4,181台となった。

### (2) 大型民間輸送機（777X）開発事業

2013年11月にBoeing社が777後継として310～399席クラスの777Xの開発を正式決定し、2014年6月にBoeing社と一般財団法人日本航空機開発協会（JADC）及び日本側機体メーカー5社（三菱重工業、川崎重工業、SUBARU（当時は富士重工業）、新明和工業、日本飛行機）が、777Xの開発・量産事業に参画するための主要契約条件に関する覚書に調印した。本開発事業は2014年9月の基金助成対象事業としての選定を経て、2014年10月から国際共同開発が開始された。なお、2013年9月から基金助成対象事業としてBoeing社と共同で実施してきた、軽量化・低コスト化を実現するための主要材料の実用化技術及び量産工程の早期安定化に資する製造組立技術等の大型民間輸送機関連技術開発事業は、2014年10月以降に着手する作業から777X開発事業に統合された。

2020年1月から飛行試験1号機による飛行試験が開始されたが、FAAによる承認要件の更新、既存顧客の受領延期要望、COVID-19パンデミックによる需要動向、GE9Xエンジンの問題等を主な理由に、型式証明(TC: Type Certification)取得、商用運航開始(EIS: Entry Into Service)は延期されてきた。2022年10月エンジンに問題が発生し、一時飛行試験を停止。2023年1月より飛行試験再開したが、2024年8月に飛行試験中の飛行試験3号機のエンジン・スラストリンクに不具合が見つかり、再度試験が中断された。その後、大規模なストライキ等の影響を受けながらも2025年1月から飛行試験が再開され、EISは2026年内になると発表された。737MAX事故等の影響もあり認証手続きがより複雑化、長期化する傾向であり、777-9の認証スケジュールについても注視していく必要がある。

2022年1月開発着手が発表された777-8F(貨物機)については、2027年EIS予定で、我が国の関連企業からも設計作業支援を実施、ピーク時約170名に達していたが、2024年11月末時点で約140名が作業従事中。777-9の認証スケジュールスライドにより、777-8FのEISが2028年になるとの見通しもあり注視していく必要がある。

### (3) 次世代大型民間輸送機用エンジン (GE9X) 開発事業

2013年3月にBoeing社が777Xの搭載エンジンとして米国General Electric (GE)社のGE9Xエンジンの採用(独占搭載)を決定し、JAEC及びIHIが2014年8月までに本エンジン共同開発事業への参画を正式決定、共同開発契約書(Risk and Revenue Sharing Partner)に調印した。本開発事業は2014年9月の基金助成対象事業としての選定を経て、2014年10月から開発作業が開始された。

本開発事業にはGE社と日本側の他、仏Safranグループ及びMTU Aero Engines社も共に参画しており、2016年地上性能確認試験開始、2018年12月からは2回目となる高気性能確認試験を開始した。

2019年6月に耐久性に係る問題が生じ、高圧圧縮機静翼の再設計を行うことになり、777Xの飛行試験計画に遅れをもたらしたが、2020年9月に型式承認を取得した。エンジンを搭載した777-9は社内飛行試験を行っている。並行して機体の型式証明取得後のエンジン成熟化に向けての改良設計検討作業や技術開発作業なども継続して実施している。

### (4) 中小型民間輸送機関連及び大型民間輸送機関連技術開発事業

120~229席クラスの次世代中小型民間輸送機は、機体の設計開発の高度化及び高付加価値化に寄与するシステム統合技術が要求され、その要求への対応としてシステム関連基礎技術を技術実証するための関連技術開発(発電システム技術の開発・高揚力システム技術の開発・電源安定化システム技術の開発)を2014年10月からBoeing社と共同開発契約を結び、基金助成対象事業として共同作業を開始している。

COVID-19パンデミックの影響等により、2020年にBoeing社から開発計画見直しの

意向が示され、調整の上、作業を継続中。2023年11月に米国 Boeing 社にて評価試験を実施。2024年度以降も信頼性確認のため開発継続予定。

大型民間輸送機関連としては、Factory Automation 方針に沿って2022年度より自動化技術を開始、2024年12月に終了した。

(5) 次世代中小型民間輸送機用エンジン（次世代 GTF）関連技術開発事業

効率性・環境適合性の格段の向上と運航費用の低減を目指す次世代中小型民間輸送機用エンジン（次世代 GTF）の中核技術である軽量で高効率な低圧系システム関連技術及び先進燃焼システム関連技術について、JAEC と P&W 社は2017年6月に共同開発契約を締結、本開発事業は2017年7月に基金助成対象事業として選定された。2017年8月以降、P&W 社と共同で技術開発を実施している。2023年10月より新たに先進機械要素技術として高圧タービン CMC 部品に関する技術開発も実施している。2024年度には、ファン・低圧圧縮機に関してファンブレード非破壊検査技術実証試験、ファンドライブギアシステムに関して実大潤滑試験、低圧タービンに関して材料機械強度確認試験、燃焼器に関してセクタ燃焼器試験、高圧タービン CMC 部品に関して材料最酷試験などを実施した。

2.4 民間航空機等に関する市場の主要動向

2.4.1 民間航空機市場及び機体開発動向

2.4.1.1 市場動向

(1) 機体市場実績

表 2.4.1.1-1 各メーカーにおける 2024 年純受注数<sup>(1)(2)(3)</sup>

	Airbus	Boeing	Embraer
Very Large	-	-	-
Twin Aisle	1Q: 74 2Q: 56 3Q: 70 4Q: 24	1Q: 33 2Q: 22 3Q: 26 4Q: 71	-
Single Aisle	1Q: 96 2Q: 101 3Q: 270 4Q: 187	1Q: 98 2Q: 3 3Q: 133 4Q: 183	-
Regional Jet	-	-	1Q: 90 2Q: 20 3Q: 8 4Q: 0
Turbo prop	-	-	-
合計	878	569	118

表 2.4.1.1-2 各メーカーにおける 2024 年出荷数<sup>(1)(2)(3)</sup>

	Airbus	Boeing	Embraer
Very Large	-	-	-
Twin Aisle	1Q: 14 2Q: 20 3Q: 22 4Q: 33	1Q: 14 2Q: 20 3Q: 24 4Q: 21	-
Single Aisle	1Q: 128 2Q: 161 3Q: 152 4Q: 236	1Q: 67 2Q: 70 3Q: 92 4Q: 36	-
Regional Jet	-	-	1Q: 7 2Q: 19 3Q: 16 4Q: 31
Turbo prop	-	-	-
合計	766	344	73

表 2.4.1.1-3 該当機体分類

	Airbus	Boeing	Embraer
Very Large	-	747	-
Twin Aisle	A350 A330	777 767 787	- -
Single Aisle	A320 A220	737	-
Regional Jet	-	-	ERJ/E-JET
Turboprop	-	-	-

- ・ **2024年1Q受注動向**：Airbus社は、日本航空（JAL）及び大韓航空からA350などの大型受注を獲得<sup>(1)</sup>し、Boeing社は、アメリカン航空から737MAXを85機<sup>(2)</sup>、Embraer社もアメリカン航空からE175シリーズを90機（43機のオプション付き）受注している<sup>(3)</sup>。各社ともに、今後市場は拡大傾向であるとの予測は変わっていない。
- ・ Boeing社については、737MAXの昨年のアラスカ航空機でのドア不具合事故の影響により、5月以降の受注が増えていない。
  
- ・ **2024年2Q受注動向**：Airbus社は、4月にサウディア航空から51機のA321neoの受注を獲得するなど、1Qと同等の受注を得ており、7月以降もA321neo、A350、A330を中心に受注を増やしている。Boeing社は、2Qには737MAXの受注がほとんど無く、7月に57機の受注を得たものの、ストライキの影響や777-9のエンジン取付部の問題などによる影響が心配される。Embraer社は、ヴァージンオーストラリア航空から8機のE190-E2の受注を獲得するなど、堅調に受注を増やしている。<sup>(1) (2) (3)</sup>
  
- ・ **2024年3Q受注動向**：Airbus社は、9月にCDB Leasing社（中国）及びCebu Pacific社（フィリピン）からA320neo/A321neoのまとまった機数を受注するなど、受注を伸ばしている。Boeing社は、3Qに入り、737MAXの受注が増えたものの、ストライキの影響や人員削減問題などによる影響が心配される。Embraer社は、3Qは大型の受注はなかった。<sup>(1) (2) (3)</sup> 各社ともに出荷数よりも受注数が多く、サプライチェーン問題により生産が伸びない背景があると考えられる。
  
- ・ **2024年4Q受注動向**：Airbus社、Boeing社ともに同レベルの受注があり、Airbus社はリヤド航空からA321neoを60機、Boeing社はペガサス航空から737-MAX10を100機受注しているが、昨年の総受注数に比べて両社ともに半数未満に留まっている。出荷数は、Airbus社が昨年より微増なのに対して、Boeing社は昨年の6割程度に留まっており、ストライキや不具合の影響を受けたといえる。

(2) 各社の市場予測

- ・ 7月19日 Boeing社はファンボロー航空ショー開催に先立ち、「2024年民間航空機市場予測」を発表した。Boeing社によると、今後20年間の民間航空機の新造機需要を4万4,000機と予測。世界の旅客機と貨物機の需要は、今後20年間でおよそ倍増する見込みで、今後20年間の新造機需要のうち、単通路機が76%を占め、新造機需要のおよそ半分は、高燃費の航空機への置き換え需要となるとのこと。<sup>(14)</sup><sup>(15)</sup>
- ・ 7月23日 Embraer社は、今後20年間の市場予測を発表した。Embraer社によると、小型の旅客機（ジェット機とターボプロップ機）について、2043年までに1万500機の需要を見込んでおり、世界の6つの地域で新造機への置き換えが進み、200席クラスとの併用による150席以下クラスの需要が確実であると報告している。<sup>(16)</sup>

#### 2.4.1.2 機体開発動向

##### (1) Boeing 社の動向

- ・ 777X : 777-9 初号機の納入は 2026 年見通し。
  - ✓ 7 月 3 日 Boeing は、次世代大型機 777X の型式証明取得に向けた飛行試験をシアトルのボーイングフィールド（キング郡国際空港）で始めたと発表した。777-9 の飛行試験 3 号機（登録記号 N779XY）が使用された。<sup>(17)</sup>



図 2.4.1.2-1 Boeing 777-9

- ✓ 8 月 19 日 Boeing 社が 7 月から飛行試験に投入している 777-9 の飛行試験 3 号機において、エンジンを機体に固定する構造部品（スラストリンク）に不具合が見つかり、飛行試験を中断しているとの報道があった。当機はハワイのコナ空港で型式証明取得に向けた試験を実施しているが、8 月 15 日に約 5 時間 31 分の飛行試験後に発覚したとのこと。Boeing 社は、「定期メンテナンス中に、設計通りに機能していない部品が特定された」と説明している。当該部品は 2 基あるエンジンに 2 つずつ使われており、冗長性を持たせている。<sup>(18)</sup>
- ✓ 10 月 11 日 Boeing 社は、全世界の従業員の 1 割に相当する 1 万 7000 人の人員を削減すると発表し、開発中の新大型機 777-9 の初号機の納入は 1 年遅れて 2026 年とすると発表した。777-9 の初号機の新しい納期は 2026 年、貨物機である 777-8F の納期は 2028 年を予定する。（開発を決定した 2013 年当初は、初号機の納入を 2020 年としていた。）今年度、Boeing 社は、777X の開発の遅れと 767 の生産中止で合計 30 億ドル（約 4470 億円）の損失を計上する。<sup>(29)</sup>
- ✓ 2025 年 1 月 17 日 Boeing 社は、中断していた 777-9 の飛行試験を再開した、と発表した<sup>(39)</sup>。また、1 月 24 日 777-9 の納入は依然 2026 年内である、と報じた。<sup>(40)</sup>



- ・ 737MAX : MAX-7、MAX-10
  - ✓ 新規の報道情報なし。
  
- ・ Boeing 社経営関連状況
  - ✓ 3月25日 Boeing社のカルフーン CEOは、アラスカ航空でのドア脱落事故などを受け、2024年末で退任すると発表した。メディア等に対して、『我々はスピードを落とし、スピードよりも安全性を優先する必要がある』と語っている。<sup>(4)</sup>
  
  - ✓ 7月31日 Boeing社は、8月4日から元Rockwell Collins社CEOのロバート・オルトバーク氏を現デイビッド・カルフーンCEOの後任として、新しい社長兼CEOとして任命すると報じた。<sup>(19)</sup>
  
  - ✓ 9月13日 Boeing社最大の労働組合IAM（国際機械技術者協会）がストライキに突入した。ストライキの実施は、2008年以来16年ぶり。組合執行部とBoeing社が暫定合意した労使契約を組合側が否決。Boeing社のステファニー・ポープ民間航空機部門社長兼CEO（最高経営責任者）は、7月にロンドンで開いた会見で、品質問題が起きている737MAXと787の生産レートを年内に戻す方針を示していたが、労使協定が不調に終わったことで増産が困難な状況に陥ると予測されている。IAMは北米最大の産業別労働組合のひとつで、約60万人が加盟。このうちBoeing社では、ワシントン州とオレゴン州ポートランドを中心に多数の従業員が加盟しており、民間機部門は737MAX、767、777/777X、防衛部門ではKC-46A、P-8、E-7の製造に従事している。<sup>(20)</sup>
  
  - ✓ 11月5日 Boeing社に対する労組のストライキは、会社からの新提案が可決され、終結に向かうこととなった。また、Boeing社は、民間航空機部門の第3四半期の決算報告を行い、売上高は74億ドルで、営業損失率は54.0%となった。ストライキによる一部生産停止と研究開発費の増加が主要因。787の生産レートは月産4機を維持し、今年末までに月産5機に増産する見込みとしている。<sup>(30)</sup>
  
  - ✓ 2025年1月28日 Boeing社は、2024年12月期の決算を発表し、通年で118億2900万ドル（約1兆8000億円）の赤字になったと報告した。最終赤字は6年連続で過去2番目の額。大型ストライキで航空機の出荷が大幅に減少したことが響いた。<sup>(43)</sup>

(2) Airbus社の動向

- ・ A321XLR: 7月19日 EASA（European Aviation Safety Agency : 欧州航空安全機関）

の型式証明取得、イベリア航空に納入され、11月6日より同航空マドリードーパリ線において商用運行を開始した。最大離陸重量 (MTOW) を 101t に増し、Rear Center Tank (リアセンタータンク) と呼ばれる胴体構造と一体化した追加燃料タンクにより、単通路機でありながら最大 4,700NM の飛行を可能とした (A321LR は 4,000NM)。 -

- ✓ 5月20日 イベリア航空は、A321XLR を世界で初めて運航するとの発表を行った。今夏の就航を計画しており、大西洋を横断する長距離路線に投入。投入路線はワシントン DC とボストンの米国 2 路線を予定しているとのこと。<sup>(5)</sup> 5月30日には、Airbus 社が運航に向け最終ステージにあるとの発表を行っている。<sup>(6)</sup>



図 2.4.1.2-2 Airbus A321 XLR

(マドリード・バラハス空港でのイベリア航空との Route-Proving Trial の様子<sup>(6)</sup>)

- ✓ 7月19日 Airbus 社は、A321XLR が EASA から型式証明を取得したと発表した。今回は CFM インターナショナル製エンジン LEAP-1A を搭載する機体に対する型式証明で、Pratt & Whitney 社製 PW1100G 搭載機は今年後半に取得できる見通し。<sup>(21)</sup>

- ✓ 10月30日 Airbus社は、スペインのイベリア航空にA321XLRを引き渡し、イベリア航空が最初の運航会社となると発表した。イベリア航空は、まず欧州の航路でA321XLRを運航し、その後、大西洋を横断する航路での運航を開始している。<sup>(31)</sup>



図 2.4.1.2-3 イベリア航空に引き渡された Airbus A321 XLR

- ✓ 12月16日 Pratt & Whitney社はPW1100G-JM GTFエンジンが12月12日にA321XLR向けのFAA認証を取得したと発表した。<sup>(41)</sup>

### (3) Embraer社の動向

#### ・ E-Jet E2:

- ✓ 4月5日 Embraer社は、E190を旅客機から貨物機へ改修したE190Fの初号機が初飛行したと発表した。E190Fの初飛行は、エンブラエルの工場があるブラジルのサン・ホセ・ドス・カンポスで約2時間行われ、機体の評価が行われた。100席から120席未満のサイズとなるE190と、130席から150席未満のE195を、旅客機から貨物機へ改修する「Eフレイター (E-Freighter)」プログラムを2022年にスタートさせていた。E-Freighterは通常ナローボディ機よりも容積容量が50%以上、航続距離は大型貨物用ターボプロップ機の3倍、運航コストは最大30%低くなるという。床下とメインデッキ(改修前の客室部分)を合わせると、構造上の最大積載量はE190Fが13.5t、E195Fは14.3tになる。<sup>(7)</sup>



図 2.4.1.2-4 Embraer E190F

- ✓ 7月23日 Embraer社は、190F E-Freighterがブラジル航空局ANAC（National Civil Aviation Agency of Brazil）の型式証明を取得したと発表した。ファンボローエアショーでお披露目されたこの機体は、今年の後半にEASAとFAAの型式を取得し、程なくカーゴ・ローディング・システムについても認証を取得する見込みであるとしている。<sup>(22)</sup>
  
- ✓ 10月10日 Embraer社は、190F E-FreighterがFAAの型式証明を取得したと発表した。その後、11月12日にEASAの型式証明も取得した、と発表した。190Fは、2022年5月から開発を開始していた。<sup>(32)</sup>



図 2.4.1.2-5 Embraer E190F

#### (4) Bombardier社の動向

- ・ Global 8000: 2025年の就航計画で開発中。巡行マッハ数0.94、航続距離8,000 NMのプライベートジェット。Smooth Flex Wingと呼ばれる、小型で柔軟な翼により、大きな翼面荷重と低い機内振動を実現するとしている。



図 2.4.1.2-6 Bombardier Global 8000

- ✓ 10月21日 Bombardier社は、Global 8000の主要部品の製造を、カナダのサンローラン（ケベック州）、米国のレッドオーク（テキサス州）及びメキシコのケレタロで開始した、と発表した。また、2025年の第2四半期での運航開始を目標としているとした。<sup>(33)</sup>

#### (5) Leonard社の動向

- ・ AW609: 巡航速度 500km/h (270kt)、巡航高度 7,620m (25,000ft) を誇る与圧胴体を有するティルトロータ機。1996年にBell Helicopter Textron社（現Bell Textron社）とBoeing社が開発に着手したが、現在はイタリアのLeonard社（旧Agusta-Westland社）が単独で開発中。



図 2.4.1.2-7 Leonardo AW609

- ✓ 8月2日 Leonardo社は、AW609の胴体を用いたNext Generation Civil Tiltrotor (NGCTR)の技術実証機（Technology Demonstrator (TD)）の地上試験を開始したと発表した。2024年中に初飛行を行い、200フライト時間を計画している。NGCTR-TDは、最適化されたV-Tailを装備し、Fly-by-Wire技術、騒音低減技術などが盛り込まれているという。<sup>(34)</sup>



図 2.4.1.2-8 Leonardo NGCTR 技術実証機

(6) Gulfstream 社の動向

- ・ G700/G800: G700 は、Gulfstream 社のフラッグシップとなるモデルで、13,890km (7,500NM) 以上の航続距離を持ち、最高速度マッハ 0.925 で飛行できる。機体先端部と翼は G650 と同じだが、胴体は 3m ほど延長されて居住区角が 5 区画に増えている。尾部とウィングレットも新設計で、エンジンには新型の Rolls-Royce 社製 Pearl 700 エンジンを用いる。



図 2.4.1.2-9 Gulfstream G700

- ✓ 5月15日 Gulfstream 社は、同社の G700 が EASA の型式証明を取得したと発表した。同機は、3月29日に FAA の型式証明を取得している。<sup>(8)</sup>

- ・ **G400:** G400 は G500 の派生型の 1 つで、G500 よりも胴体が約 1.5m 短縮されており、座席数は 9～12 席、席数に応じ、3 つの座席配置が用意されている。航続距離は 7,778km で、東京～シアトル間の飛行も可能。巡航速度はマッハ 0.9。エンジンは Pratt & Whitney 社製の次世代型エンジン PW812GA を搭載している。



図 2.4.1.2-10 Gulfstream G400

- ✓ 8月16日 Gulfstream社は、開発中のG400が初飛行に成功したと発表した。同機はアメリカ・サバンナ/ヒルトンヘッド国際空港上空を、2時間54分に渡って飛行した。<sup>(23)</sup>
- ✓ 10月31日 Gulfstream社は、SAFを用いた地上試験を実施したと報告した。使用された機体はG700で、Rolls-Royce社製 Pearl 700エンジン搭載しており、30/70ブレンドSAFなどいくつかの燃料が用いられ、ビジネスジェットの環境課題に貢献していくとした。<sup>(35)</sup>



図 2.4.1.2-11 Gulfstream G700 による SAF 地上試験の様子

(7) Dassault 社の動向

- ・ Falcon 10X: Falcon 10X は、2021 年 5 月に開発開始が発表された最新鋭型機で、最高速度はマッハ 0.925、航続距離 7,500NM (約 1 万 3,900km) の性能で、胴体長さは 33.4m、客室内の高さ 2.03m と幅 2.77m の機体規模で最大 19 人乗り。Rolls-Royce 社製 Pearl 10X エンジンを搭載予定。



図 2.4.1.2-12 Falcon 10X

- ✓ 8 月 6 日 Dassault 社は、Latin American Business Aviation Conference and Exhibition (LABACE) に先立ち、Falcon 10X について、2027 年に型式証明取得した場合、最大規模のビジネスジェット機になるだろう、との見解を示した。<sup>(24)</sup>

(8) 電動航空機

- ・ Eviation Aircraft Alice: 2022 年 9 月にモーゼスレイクで初飛行した唯一の飛行実績を持つ 9 人乗りの電動コミューター (短距離旅客) 機 (6 人乗りのエグゼクティブバージョンと貨物仕様も計画)。2027 年の納入開始を目指し、2025 年に認証試験を開始する計画。magniX 社の電動モーター magni650 を 2 基搭載し、最高速度は時速約 482km (260kt)。



図 2.4.1.2-13 Eviation Aircraft Alice の初飛行



- ✓ 4月25日 Eviation Aircraft社は、AliceのConceptual Design Review (CoDR)を完了した、と発表した。CoDRの前には、シアトルKirstenにおいて風洞試験を完了し、2022年に実施した飛行試験を外挿するための数多くのデータを取得した、と報告している。<sup>(9)</sup>
- ✓ 10月2日 Eviation Aircraft社は、南フロリダを拠点とするUrban Link Air Mobility社と最大20機のAlice購入についてLOIを交わしたと報じた。<sup>(36)</sup>



図 2.4.1.2-14 Eviation Aircraft Alice のイメージ

- ・ Heart Aerospace ES-30 : 2028年に就航する計画の39人乗り電動航空機。Heart Aerospace社は、ノルウェーが2040年までに全ての短距離便の電動化を義務付けたことを受け設立された北欧の電動航空機メーカー。北欧ニッチ市場向け小型機(19人乗りのES-19)の開発を計画していたが、型式証明を14 CFR Part 25で取得する計画に変更。定員30名のES-30はリージョナル機とし、航続距離は200km。リザーブ・ハイブリッド構成とすると、航続距離を400kmまで延伸可能。



図 2.4.1.2-15 Heart Aerospace ES-30

- ✓ 5月15日 Heart Aerospace社は、米国ロサンゼルスに、R&D ハブセンターをオープンしたと発表した。原動機システムその他、いくつかのキーとなる技術の開発に用いるとともに、フルスケールのデモンストレーターも米国に移す計画である、とした。(10)



図 2.4.1.2-16 Heart Aerospace ES-30

- ✓ 9月12日 Heart Aerospace社は、ブラーテンズ・リージョナル航空と共同で、空港オペレーターの Swedavia 社が地上オペレーション試験を実施したと発表した。(25)
- ✓ 11月26日 Heart Aerospace社は、同社の開発する ES-30 の試験機（Heart X1）が、2025年の早い時期に、ニューヨーク州ピッツバーグにて初のフル電動での飛行を行うと発表した。(37)



図 2.4.1.2-17 Heart Aerospace ES-30

(9) ハイブリッド式電動航空機

- ・ Electra Aero eSTOL: 2023 年 11 月にバージニア州で初飛行したハイブリッド式電動モーター駆動の 2 人乗りの短距離離着陸機 (EL-2 Goldfinch)。将来的には、9 人乗り、航続距離 500 マイル、最高速度時速 200 マイルで、2028 年に FAA Part 23 ベースでの運航を目指している。さらに発展形として、2040 年目標の大型機構想も検討している。



図 2.4.1.2-18 Electra Aero EL-2 Goldfinch

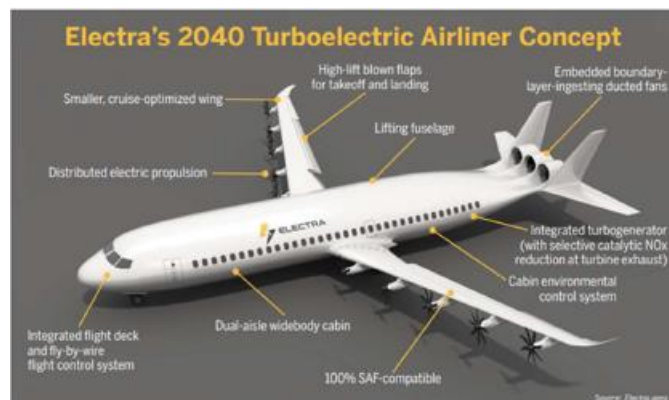


図 2.4.1.2-19 Electra Aero 社のターボ電動航空機コンセプト

- ✓ 5 月 29 日 Electra Aero 社は、同社が開発している EL-2 Goldfinch が、4 月～5 月にかけてバージニア州で飛行試験を行い、短距離離着陸機として、170ft 未満での離陸と 114ft 以下での着陸に成功し、高度 6500ft、最低速度 25kt での飛行を行ったと報告した。(11)
- ✓ 7 月 24 日 Electra Aero 社は、9 人乗りの eSTOL 機に Honeywell 社製フライトコントロールコンピュータと電動アクチュエータシステムを採用すると発表した。(26)
- ✓ 11 月 13 日 Electra Aero 社は、9 人乗りの eSTOL 機の EL-9 のデザインを発表した。また、11 月 26 日には、DOD (Department of Defense) の

Thunderstorm 24-4 にて、EL9 のプロトタイプ機によるデモ飛行を行い、官民デュアルユースの機体として性能をアピールしたと報告した。(38)



図 2.4.1.2-20 Electra Aero EL-9 のイメージ

- ✓ 12月5日 NASAは、12月8日にバージニア州のマナサス空港で行われる Electra Aero 社の EL2 Goldfinch の飛行にメディアを招待するとした。(42)



図 2.4.1.2-21 Electra EL-2 Goldfinch

#### (10) 超音速機

- ・ Boom Overture: 100%持続可能な航空燃料 (SAF : Sustainable Aviation Fuel) を使用し Mach1.7 で飛行する。搭載されるシンフォニーエンジンの開発は、Boom Technology 社主導による FTT (Florida Turbine Technologies) 社、GE Additive 社、StandardAero 社などとのコラボレーションである。Northrop Grumman 社や米空軍も協力を行っており、アメリカン航空、ユナイテッド航空、日本航空 (JAL) など大手エアラインも協力している。



図 2.4.1.2-40 Boom Overture

- ✓ 6月7日 Boom Technology社は、同社の開発する Overture を製造するための Overture Super factory をノースカロライナ州グリーンズボロに開設した、と発表した。年間 33 機の Overture を製造するキャパシティを持つとのこと。なお、超音速試験機である XB-1 が 3 月 22 日にモハベ空港にて初飛行を実施している。<sup>(12)</sup> <sup>(13)</sup>



図 2.4.1.2-41 Boom Overture Super factory

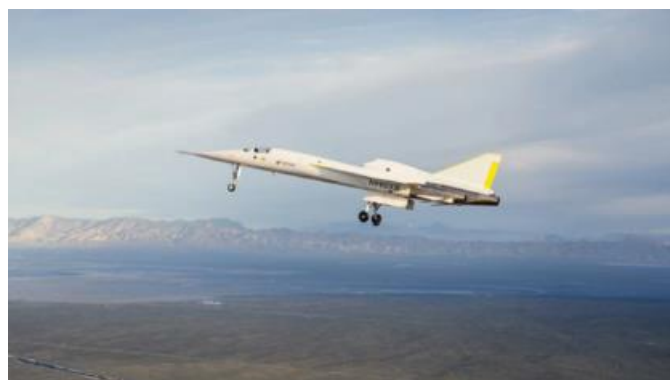


図 2.4.1.2-42 超音速試験機 XB-1 の初飛行



図 2.4.1.2-43 Boom Overture のフライトデッキシミュレータ



図 2.4.1.2-44 シンフォニーエンジンのイメージ

- ✓ 7月23日 Boom Technology社は、同社の開発するOvertureのフライトデッキを公開し、シンフォニーエンジンの進捗を報告した。BAE Systems社の開発するフライトデッキは、アクティブサイドスティックで、ファンボローエアショーにてシミュレータが公開され、シンフォニーエンジンは、コアの試験が18か月以内に始まるとした。<sup>(27)</sup> <sup>(28)</sup>

[2.4.1 項 出典(1)～(43) : 各、資料3のP2024D201～P2024D243参照]

## 2.4.2 エンジン関連

エンジンメーカーの業績動向に関して、主要なエンジンメーカーである GE Aerospace 社, RTX 社 (Pratt & Whitney 社), Rolls-Royce 社, Safran 社 (Propulsion 部門), MTU Aero Engines 社の 2024 年の収益状況を表 2.4.2-1 に示す。2024 年の業績は、前年と比べて売上が約 10%~20%増加、利益も同様に増加している。エンジン売上高の増加およびシヨップビジット数増加およびスペアパーツ販売数増加により、いずれのメーカーにおいても売上、利益が増加している。

表 2.4.2-1 2024 年、2023 年におけるエンジンメーカーの収益<sup>(1)</sup>

(in millions \$, €, £)		First half			Twelve Months		
		2024	2023	Change	2024	2023	Change
GE Aerospace Commercial Engines & Services	Revenues	\$12,228	\$10,969	11 %	\$26,881	\$23,855	13%
	Segment Profit/(Loss)	\$3,098	\$2,603	19 %	\$7,055	\$5,643	25%
GE Aerospace Defense & Propulsion Technologie	Revenues	\$4,713	\$4,341	9 %	\$9,478	\$8,961	6%
	Segment Profit/(Loss)	\$600	\$402	49 %	\$1,061	\$908	17%
Pratt & Whitney	Sales	\$13,258	\$10,931	21 %	\$28,066	\$23,697	18 %
	Segment Profit/(Loss)	\$967	\$870	11 %	\$ 2,281	\$ 1,688	35 %
Rolls-Royce, Civil Aerospace 部門	Revenues	£4,119	£3,257	27%	£9,040	£7,348	24%
	Operating Profit/(Loss)	£740	£405	85%	£1,505	£850	79%
Rolls-Royce, Defence 部門	Revenues	£2,219	£1,913	18%	£4,522	£4,077	13%
	Operating Profit/(Loss)	£345	£261	34%	£644	£562	16%
Safran, Aerospace Propulsion 部門	Adjusted Revenues	€ 6,461	€ 5,677	13.8%	€ 13,652	€11,876	15%
	Operating Income	€ 1,285	€1,051	22.3%	€ 2,819	€ 2,390	17.9%
MTU Aero Engines	Adjusted Revenues	€ 3,429	€ 3,123	10%	€ 7,411	€ 5,363	38%
	Adjusted EBIT	€ 470	€ 405	16%	€ 1,050	€ 818	28%

(1) GE Aerospace 社

2024 年上半期の業績では、商用エンジンに関して注文額は\$174 億で 36%増加し、アフターサービスとエンジン機器が 30%以上増加し、スペアパーツの需要が強かった。収益は\$122 億で 11%増加し、ショップビジットの増加によりアフターサービスが増加。利益は\$31 億で 19%増加した。

2024 年に商用エンジンを 1,911 台納入、その内 LEAP エンジンが 1,407 台であり、防衛用エンジンは 490 台納入している。通期業績では、商用エンジンとサービスの受注は 38%増加し、収益は 13%増加、利益は 25%増加し、マージンは 250 ベーシスポイント拡大した。防衛および推進部門の受注は 10%増加し、収益は 6%増加、利益は 17%増加しました。マージンは 110 ベーシスポイント拡大。

2025 年も引き続き成長が見込まれており、商業エンジンとサービス部門では収益が 10%~20%成長し、防衛および推進部門では収益が 20%~30%の成長を見込む。

表 2.4.2-2 GE Aerospace 社 2024 年上半期、通期の業績<sup>(2)(6)</sup>

	Six months ended June 30			Twelve months ended December 31		
	(Dollars in millions)	2024	2023	year on year	2024	2023
Total Company Results (Non-GAAP Metrics)						
Adjusted Revenue	16,298	14,952	9 %	\$35,121	\$31,959	10 %
Operating Profit	3,447	2,632	31 %	\$7,253	\$5,561	30 %
Operating Profit Margin	21.1 %	17.6 %		20.7 %	17.4 %	
Commercial Engines & Services						
Orders	\$17,466	\$12,847	36 %	\$40,213	\$29,092	38 %
Revenue	12,228	10,969	11 %	\$26,881	\$23,855	13 %
Segment Profit/(Loss)	3,098	2,603	19 %	\$7,055	\$5,643	25 %
Segment Profit/(Loss) Margin	25.3 %	23.7 %		26.2 %	23.7 %	250bps
Defense & Propulsion Technologie						
Orders	\$5,364	\$5,358	— %	\$11,248	\$10,224	10 %
Revenue	4,713	4,341	9 %	\$9,478	\$8,961	6 %
Segment Profit/(Loss)	600	402	49 %	\$1,061	\$908	17 %
Segment Profit/(Loss) Margin	12.7 %	9.3 %		11.2 %	10.1 %	110bps



(2) Pratt & Whitney 社

2024 年上半期の業績では、異物混入不具合対応は継続したものの、調整後売上高は前年同期比 21%増加し、売上高の増加は商用および軍用エンジンならびに商用アフターマーケットの増加による。営業利益の増加は主に商用アフターマーケット売上高の増加による。

2024 年に大型商用エンジンを 996 台納入、防衛用エンジンを 180 台納入。通期業績では、収益は 18%増加、利益は 35%増加し、マージンは 100 ベーシスポイント拡大した。売上の増加は、大型商用エンジンの納入増加と商用アフターマーケットのボリューム増加による。2025 年も引き続き成長が見込まれている。

表 2.4.2-3 Pratt & Whitney 社 2024 年上半期、通期の業績<sup>(3)(4)(7)</sup>

(Dollars in millions)	Six months ended June 30			Twelve months ended December 31		
	2024	2023	year on year	2024	2023	year on year
Net Sales	\$13,258	\$10,931	21 %	\$28,066	\$23,697	18 %
Operating Profit	\$ 967	\$ 870	11 %	\$ 2,281	\$ 1,688	35 %
Segment Operating Profit Margin	7.3 %	8.0 %		8.1 %	7.1 %	100 bps

(3) Rolls-Royce 社

Civil Aerospace 部門の 2024 年度上半期の売上高は £ 41 億で 27%増加した。営業利益は £ 7.4 億（利益率 18.0%）で、前年上半期の £ 4 億（利益率 12.4%）を上回った。業績が大幅に改善したのは、大型エンジンのアフターマーケットとスペア部品販売の利益が増加したこと、ビジネス航空の利益がエンジン販売とアフターマーケットの両方で強化されたためである。<sup>(5)</sup>

表 2.4.2-4 Rolls-Royce 社 2023 年上半期の業績<sup>(5)</sup>

	(in millions)	Half year			Full year		
		2024	2023	change	2024	2023	change
Rolls-Royce, Civil Aerospace 部門	Underlying results						
	Revenue	£4,119	£3,257	27%	£9,040	£7,348	24%
	Operating Profit/(Loss)	£740	£405	85%	£1,505	£850	79%
	Profit Margin	18.0%	12.4%		16.6%	11.6%	
Rolls-Royce, Defence 部門	Revenue	£2,219	£1,913	18%	£4,522	£4,077	13%
	Operating Profit/(Loss)	£345	£261	34%	£644	£562	16%
	Profit Margin	15.5%	13.6%		14.2%	13.8%	

[2.4.2 項 出典(1)~(7) : 各、資料 3 の P2024D244~P2024D250 参照]

2.4.3 装備品関連

(1) 主な装備品メーカーの業績（2024年）

2024年は各社前年に比べ、売上、営業利益とも増加している。2024年の対前年成長率はParker Hannifin社が大きく伸びているが、その他は2023年の伸び率とほぼ同じである。

表 2.4.3-1 主な装備品メーカーの2024年実績

主な装備品メーカー million \$	2024			2023			2022		
	売上	営業利益	営業利益率	売上	営業利益	営業利益率	売上	営業利益	営業利益率
RTX Collins Aerospace	28,284	4135	14.6%	26,253	3,825	14.6%	20,597	2,343	11.4%
GE Aerospace (Equipment) ※1	4,208	-	11.2%	4,000	-	10.1%	3,405	-	12.2%
Safran	28,252	4,274	15.1%	25,107	2,873	11.4%	20,059	914	4.6%
L3Harris (Space & Airborne Systems)	6,869	812	11.8%	6,856	756	11.0%	6,384	665	10.4%
BAE Systems (Air) ※2	-	-	-	14,757	-	-	13,793	-	-
Honeywell Aerospace	15,458	3,988	25.8%	13,624	3,760	27.6%	11,827	3,228	27.3%
TransDigm	7,940	3,531	44.5%	6,585	2,923	44.4%	5,429	2,215	40.8%
Thales ※3	-	-	-	5,777	402	7.0%	5,054	247	4.9%
GKN Aerospace ※4	-	-	-	4,167	71	1.7%	3,642	-165	-
Parker Hannifin (Aerospace)	5,472	1111	20.3%	4,360	562	12.9%	3,191	501	15.7%
Eaton (Aerospace)	3,743	859	22.9%	3,413	780	22.9%	3,039	705	23.2%
Diehl Group ※5	-	-	-	2,376	-	-	1,787	-	-
Moog (Aerospace) ※6	2,618	325	12.4%	2,336	241	10.3%	2,128	211	9.9%
Panasonic Avionics	-	-	-	1,782	-	-	1,340	-	-
Liebherr ※7	-	-	-	1,623	-	-	1,379	-	-
Garmin (Aviation)	877	211	24.1%	846	220	26.0%	793	213	26.9%
Crane (Aerospace and Electronics)	933	209	22.4%	789	159	20.1%	667	120	18.0%

各社 IR 情報から作成、ただし、2024年の最終的な数値は今後、変更になる可能性もある。

注) ※€1=\$1.0425 (2024年12月31日)で換算

※1 GE Aerospace社：2024年のアニュアルレポートでは、事業は「Commercial Engines & Services」と「Defense & Propulsion Technologies」の2部門となり、アビオニクスは「Defense & Propulsion Technologies」に含まれるため、ここでは「Defense & Propulsion Technologies」の「Equipment」の数値を記しており、営業利益率は「Defense & Propulsion Technologies」全体の値

※2 BAE Systems社：2024アニュアルレポートは2025年3月発表予定

※3 Thales社：2024アニュアルレポートは2025年3月発表予定

※4 GKN Aerospace社：2024アニュアルレポートは2025年9月頃に発表される模様（2023年アニュアルレポートは2024年9月発表）

※5 Diehl Group社：2024アニュアルレポートは2025年7月発表予定

※6 Moog社：民間航空部門の2024年の売上額は\$788mil（2023年は\$669mil）、営業利益率は11.8%（2023年は12.7%）

※7 Liebherr社：2024アニュアルレポートは2025年春発表予定

Honeywell社は2025年2月初めに、将来戦略見直しを踏まえ、航空宇宙部門を独立した上場企業としてスピナウトする予定であることを発表。この分割でHoneywell社は、aerospace、automation、advanced materialsの3社に分割、分割は2026年後半に完了する予定である。今回のHoneywell社の分割はアクティビスト株主のElliott Investment Managementからの圧力によるもので、Elliott Investment ManagementはHoneywell社に\$50B出資している。ただし、Honeywell社の主要株主は、Vanguard Group Inc, BlackRock, Inc., State Street Corp, Jpmorgan Chase & Co, VTSMX - Vanguard Total Stock Market Index Fund Investor Shares, Morgan Stanley, Wellington Management Group Llp, VFINX - Vanguard 500 Index Fund Investor Shares, Newport Trust Co, Geode Capital Management, Llc等の各企業となっている。

## (2) 電動化の動向

### 1) モーター

Rolls-Royce 社は、2023 年秋にバッテリーを ESS とする推進システム事業からの撤退を発表したが、2024 年 3 月末には 320kW の電動モータ（9～19 席機向け）のベンチテストをノルウェーのトロンハイムで実施している。しかし 2024 年 11 月に、2019 年に Siemens 社から取得し、2022 年に eAircraft 部門に統合・設立した Rolls-Royce Electric Propulsion 部門の閉鎖を決定した。当初、Rolls-Royce 社は同事業部の売却を検討していたが、買い手は見つからなかった。因みに Rolls-Royce Electric Propulsion 部門では、トランスバースフラックス・モーター（空冷 150～200kW）やラジアルフラックス・モーター（300～400kW）などを開発してきた。

今後は、欧州の航空機向けモーターメーカーとしては、660kW のモーターを発表している ZeroAvia 社、アキシアルフラックス・モーターを開発している Evolito 社、Rolls-Royce 社に代わり Vertical Aerospace 社にモーターを供給するなどしている Equipmake 社、2024 年夏に AAM 向けを含めて電動パワートレイン事業拡大を発表した Helix（旧 Integral Powertrain Ltd.）社などのメーカー動向が注目される。さらに、2025 年 2 月初めに Safran 社は ENGINEUS100 B1 の EASA 認証を取得、同システムのモーターは、2021 年 4 月に EASA が発表した SC E-19 で認証された最初のモーターとなった。

米国では magniX 社が magni650 等の認証取得に取り組んでおり、当初、magni350 の搭載を計画していたカナダのハーバー・エアは、2025 年になり、搭載モーターをより高出力の magni650 に変更することを発表、このため、eBeaver 機の計画は当初よりも遅れることになった。MW 級モーターでは Wright Electric 社が 2.5MW クラス・モーターの試験を開始、2025 年になりモーターにインバーターを接続しての試験を実施している。

国内では多摩川精機が NEDO プロジェクトで 100kW の空冷モーターを開発。モーターは Skydrive 向けのもので、実際に搭載するにはカスタマイズが必要としている。また、シンフォニア・テクノロジーは 500kW（5kW/kg）のモーター及び 550kW のインバーターを開発している。Embraer 社とモーター事業で JV を設立している Nidec は、2024 年 7 月に米国のドローン・メーカー Skydio 社の X10 向けに推進用及びパン/チルト/ロール用シンバルカメラ角度調整向けモーターを供給することを発表しており、今後は eVTOL 機向けにとどまらず、大型産業用無人ドローン、次世代ハイブリッド機、次世代電動機など、より幅広い航空関連市場への展開を構想していることが報じられた。

### 2) バッテリー／充電設備

航空機向けバッテリーでは、2024 年春に米国 EPS（Electric Power Systems）社が、従来のバッテリーよりも最大 30 分飛行時間を長くすることができる EPiC2.0（265Wh/kg）を発表、2025 年の市場投入を計画している。6 月には magniX 社が Samson300 を発表、エネルギー密度は 300Wh/kg、サイクル数が 1,000 サイクル以上とのことだが、詳細は明らかにされていない。

2023年には Amprius 社をはじめ、複数のバッテリー・メーカーから多くの発表があったが、2024年の発表数は減少傾向にあった。また、2025年初めには Airbus 社が現状のバッテリー性能はまだ不十分として eVTOL 機の CityAirbusNG の開発中断を発表、2025年初めに MHES (Micro-Hybridization Energy Storage) 開発で BAE Systems 社との提携、BAE Systems 社では今後、米国で同事業の拡大を図ることを発表している。

一方、欧州を代表するバッテリー・メーカーであるスウェーデンの Northvolt 社は 2024年8月に傘下で Li-Metal バッテリーを開発していた米カリフォルニア州の Cuberg 社の事業停止を発表、さらに Northvolt 社自身も 2024年11月に米国で破産申請を行った。2024年6月に BMW が数10億ドル規模の発注キャンセルを行ったことなどで資金繰りが悪化したことが要因だが、破産申請により \$245mil を調達が可能となった。なお、Northvolt 社 (Cuberg 社) とは、Boeing、VoltAero、Eviation、Ampaire、Vertical Aerospace、Lilium、Spernal などの各企業が関係している。

充電設備では、米国 Beta Technologies 社が 2024年に充電ネットワークを2倍以上に拡大、22州46か所で自社開発の充電設備を稼働させている他、全米23か所で設置を進めている。

なお、2024年12月末に発表された FAA のパーティポート基準最新版では、充電設備についても触れているが、内容は充電設備に関して留意すべき事項や参考にするべき事項等で、具体的な充電設備及びその設置要件などは記されていない。ただし、パーティポート基準で充電設備について記載しているのは、現状、FAA のみで、EASA や JCAB の基準案には充電設備の項目は無い。

### 3) ハイブリッド

2024年9月に米空軍はハイブリッド・システムが最も現実的な推進システムであると発表、このことを受けて eVTOL 機を開発している Beta Technologies 社や Archer Aviation 社はハイブリッド機の開発計画を発表、Beta Technologies 社は既にディーゼルエンジンを搭載したハイブリッド機を開発していたことも報じられた。eVTOL 機に限らず、電動航空機でもハイブリッド機が多く、前述のバッテリーの性能不足の問題とも関連して、今後ハイブリッド化が進む可能性も指摘されている。

2024年6月、GE Aerospace 社は NASA の Turbofan Power Extraction (PEX) Demonstration プロジェクトで、Passport エンジンのハイブリッド・システム開発を発表、また、同時期に米国陸軍の ARC-STEP (Applied Research Collaborative Systematic Turboshaft Electrification) プロジェクトで、ハイブリッド・ターボシャフト・システム (ベースは CT7) の試験を実施している。新興メーカーの米 VerdaGo Aero 社は7月に P&W200 シリーズを搭載した 400kW VH-4T ハイブリッドの計画を発表、9月に空軍から VH-3 電動ハイブリッドシステム (185kW) 向けの \$1.9mil を獲得している。

一方、2024年初めに Safran Helicopter Engines 社は次世代エンジン向けハイブリッド・システムの試験を 2024 年に実施することを発表していたが、同試験についての発表はこれまでのところ無い。

この他、7月にロシアの United Engine 社 が、500kW のハイブリッド・パワートレインをエカテンブルグで開催された Innoprom 展示会で発表している。

### (3) 水素化の動向

#### 1) 水素燃料電池

水素燃料電池推進システムの開発では、英国の ZeroAvia 社、米国の Universal Hydrogen 社がキープレイヤーとして開発を進めてきたが、このうち Universal Hydrogen 社は 2024 年 7 月初めに倒産を発表、会社は清算された。ZeroAvia 社は引き続き、水素燃料電池推進システムの開発を進めており、同社が買収した米 Hypoint 社製の HT-PEM を 2 機種発表している。一方で 10 月に開発中の ZA600 の主要サプライヤーである PowerCell 社と次世代燃料電池開発と中高温燃料電池開発で提携、LT-PEM の高温化にも取り組む模様。

また、2024年初めに Advent Technologies 社と Airbus 社 が高温燃料電池開発で\$13mil のプロジェクトを発表、Advent Technologies 社独自の Ion Fair 膜電極アセンブリ

(MEA : Membrane Electrode Assembly ) の最適化を目的としている。また、4月には GKN Aerospace 社は、HyFIVE コンソーシアムで極低温液体水素燃料システムを開発することを発表、HyFIVE コンソーシアムでスケラブルな極低温液体水素燃料システムを開発、地上実証を目指すとし、7月には 2MW クラス極低温燃料電池システム開発を発表した。

5月、H3 Dynamics 社は Airbus 社の子会社である Airbus UpNext 社の HyPower APU プログラム向けに 500kW の燃料電池を供給すると発表、計画では A330 実証機に搭載するとしている。

9月、MTU Aero Engines 社が液体水素燃料電池推進システム (FFC) の試験・評価完了したと報じた。

一方、オーストラリアでは 2025 年初めに燃料電池航空機を開発している Stralis 社が、水素燃料電池航空機開発でセントラルクイーンズランド大学 (CQUniversity) と提携を発表、Stralis 社は 2025 年に水素航空機 (60kW 燃料電池システム) の飛行を計画している。また、同じくオーストラリアで eVTOL 機を開発している AMSL Aero は 2025 年 2 月に燃料電池開発で Hycel/ディーキン大学と提携した。

#### 2) 水素エンジン

2025 年 2 月初め、Airbus 社は 2035 年の実用化を目指して実施していた ZEROe プロジェクトを 5~10 年延期することを発表、理由として 2024 年末のレビューで多くの課題を確

認、水素インフラ整備の進捗が思わしくないことなどをあげている。また、2024年末のEUのClean Aviation フェーズ2のcall3では水素タービン等の水素関連のプロジェクトは無く、オープンファン（RISE）やRolls-Royce社のUltraFan GTFやP&W社のSWITCH関連など既存の内燃機関タービンの開発のみが選定された。2025年のcall4では水素関連復活の可能性の指摘もあるが、現状、先行きは不透明である。

一方、2025年初めにDoE予算でP&Wが実施しているHySIITE（水素蒸気ハイブリッドエンジンサイクル）の内容が発表された。HySIITEは水素燃焼時のNOx抑制のために水蒸気を混合し燃焼させて燃焼温度を低下、高温水蒸気は回収する仕組みとなっている。

#### (4) 自動操縦システム

米国での自動操縦技術開発に関しては、2025年初めにFAA、NASAが自動操縦実現に向けた取組について発表、FAAはコミュニティ上空での商用遠隔操縦貨物機の運航基準の確立を、NASAは必要な技術ツールとインフラストラクチャの開発を行うとしている。

eVTOL機等でも導入が期待される自動操縦システムだが、現状のその開発は軍の輸送機やCessna Caravan等の固定翼機が中心である。米国のMerlin Labs社は6月にSOF（Special Operations Command）とC-130J輸送機の自動操縦で\$105milの契約を締結、11月にはUSAF 6th Refueling Wing（McDill AFB, FL）のKC-135空中給油機での自動操縦飛行試験を2025年に実施する計画であると発表している。

同じく自動操縦技術を開発しているReliable Robotics社に関連しては、同社の航空機ナビゲーション／自動操縦システムの要件を2月にFAAが受け入れ、8月には自動操縦向けに改修したCessna Caravan機で米空軍向けのデモを実施している。

一方、ヘリコプター・メーカーのSikorsky社はHEX（Hybrid-electric tiltwing experimental vertical flight demonstrator）を4月に公表、2025年に無人での飛行試験、2026～2027年にかけてフルサイズ自律飛行を実施することを目指している。また、Bell Textron社は5月にALFA（Aircraft Laboratory for Future Autonomy）自律飛行テストベッド機を公表した。

この他、スイスのDaedalean社が、10月にAI適用VAW（Visual Awareness System）の飛行テストをEclipse Aerospace機で実施した。

## 2.4.4 将来航空システム・航空管制・無人機・飛行制御関係

### 2.4.4.1 NASA Airspace Operations and Safety Program (AOSP) <sup>(1)</sup>

NASA においては以下、主要な 4 つのプロジェクト；

- (1) エアタクシー技術を対象とした輸送革命を目的とする Air Mobility Pathfinders (AMP)
- (2) 交通管制システムの変革を目的とした Air Traffic Management-Exploration (ATM-X)
- (3) 航空需要の高まりに対応する新しい研究ツールや技術・方法を安全に導入することを目的とした System-Wide Safety (SWS)
- (4) リモート機による山火事の 24 時間監視を可能にする Advanced Capabilities for Emergency Response Operations (ACERO) がある。

以下では今年度に動向があった(1)、(2)、(4)について触れる。

#### (1) Air Mobility Pathfinders (AMP) <sup>(2)</sup>

- NASA では都市環境での ADS-B (自動従属監視放送システム) の能力を評価しており、同機関所有の Pilatus PC-12 を使用して、都市部を低高度で飛行するエアタクシーを想定した ADS-B の性能を調査している。これは FAA が他機と航空交通管制に自機位置を ADS-B を使用してリアルタイムで伝達することを要求しており、人口密集地を飛行するエアタクシーは、距離や干渉により ADS-B 信号の維持に問題が生じる可能性が高いため実施している。2024 年 9 月 23 日から 24 日に行った試験ではカリフォルニア州エドワーズにある NASA のアームストロング飛行研究センターにテストゾーンを設定し、4 つの ADS-B ステーションをグリッドパターンで飛行することで信号カバレッジに関するデータを収集した。データからは信号のドロップアウトが発生した場所が特定され、将来追加の地上局を配置するために必要となる情報が得られた。

#### (2) Air Traffic Management—Exploration (ATM-X) <sup>(3)</sup>

- 複雑性や規模が増す Advance Air Mobility の運航に対応して、空域のロバスト化のために ATM-X 下で協調的に実施されている 4 つの研究サブプロジェクトの紹介。
  - 1) Unmanned Aircraft System Traffic Management Beyond-Visual-Line-of Sight (UTM-BVLOS)、小型ドローンの遠隔操縦に向けデジタル情報交換・協調動作・自動化を用いた Extensible Traffic Management と呼ぶ方式を低高度に焦点を当てて研究中。
  - 2) Digital Information Platform (DIP)、次項参照。
  - 3) Pathfinding for Airspace with Autonomous Vehicles (PAAV)、全ての運航段階での安全な自動化を含めた遠隔操縦を可能にすることを目的に FAA を含めた関係者と、標準・運用指針・手順・技術を評価するためのエコシステムを構築中。
  - 4) NAS Exploratory Concepts & Technologies (NExCT)、高高度・長時間耐空の機体に対応した 60000ft 以上の高度 (Upper Class E) に対応する新しい交通管理コンセプトを FAA や産業界と協力して開発。
- 経路選択に必要な天候や遅延等の情報を集積したデータベース Digital Information Platform (DIP) が公開された。燃料削減や空域の効率化で効果をあげつつある自動化ツール/システムの基盤となるデータベースとして評価されつつある。<sup>(4)</sup>
- AeroVironment 社および Aerostar 社と提携して、気球、飛行船、ソーラー飛行機とい

った航空機が高高度で安全に運航するためのアップークラス E トラフィック管理 (ETM) と呼ばれる新しい航空交通管理コンセプトを NASA は実証した。(5)

- 小型ドローンによる宅配を可能にするため、目視外飛行 (Beyond Visual Line of Sight, BVLOS) における信頼できる自動化技術をドローンと空域双方に構築する必要がある。そこで NASA はドローンの飛行計画を共有する UTM (Unmanned Aircraft System Traffic Management) を主要技術として構築した。この技術はダラスの承認された地域で稼働しており、商用ドローン企業はこの技術を仕様して宅配を行うことができる。(6)
- フライト出発をより効率的にすることで、燃料を節約し、遅延を減らすために開発した Collaborative Digital Departure Reroute ツールの紹介。このツールは遅延に関する既存のデータに基づいて、時間を節約できる可能性があれば出発ルートの変更提案を航空会社に対してリアルタイムで行う。ツールは、アメリカン航空、デルタ航空、ジェットブルー航空、サウスウエスト航空、ユナイテッド航空などの主要な航空会社と協力して、テキサス州のダラスフォートワース国際空港とラブフィールド空港で徹底的にテストされており、ヒューストンの他の主要空港に拡大しつつある。(7)



図 2.4.4.1-1 NASA の Reroute ツール

- 遠隔操縦による貨物飛行テストキャンペーンを開始。カリフォルニア州ホリスターで 11 月に、自律飛行システムの開発企業である **Reliable Robotics** 社は、事前に承認された経路を **Cessna 208 Caravan** で遠隔操縦によって飛行した。セーフティパイロットが搭乗していたが、50 マイル以上離れたマウンテンビューのコントロールセンターから遠隔操縦が行われた。この試験では **Collins Aerospace** 社の地上監視システムが用いられ、近接する機体の情報が提供されていた。この試験から得られた分析結果は **FAA** と標準化団体に提供され、地上監視レーダーを使用して遠隔操縦を行うことが **FAA** の安全規則を満たせるかを検討するために役立てられる。(8)

(3) System-Wide Safety (SWS) ; 今年度動向なし。

#### (4) Advanced Capabilities for Emergency Response Operations (ACERO)

- 増大する山火事の脅威に対処できるよう、緊急対応向けの航空技術の革新が狙い。ACERO は、無人航空機システムによる山火事の通信、監視、ロジスティクス、消火を可能にする取り組みを実施。ACERO は山火事対応中に有人航空機、ドローン操縦者、地上要員の間で情報を共有する空域管理技術を開発。



#### 2.4.4.2 SESAR<sup>(9)</sup>

2024年度当初は58個のプロジェクトが進捗中の状態であったが2024年度末時点では78個(第3回報告時は77個)へと増大。2023年度報告にあった9個のプロジェクト(SAFIR-Ready、SPATIO、ENSURE、OperA、EUREKA、MUSE、ImAFUSA、AI4HyDrop、BURDI)はいずれも2024年度末で継続中。2024年度第1回報告にあたる2024年6月以降に開始されたプロジェクトのうちFlagshipが、

- ①U-space and urban air mobility、
- ②Artificial intelligence for aviation、
- ③Connected and automated ATM、
- ④Virtualization and cyber-secure data-sharing

に属するプロジェクト(①2個、②3個、③3個、④1個)を以下紹介する。

- CORUS five [Flagship: ①U-space and urban air mobility]<sup>(10)</sup>  
欧州でのドローン運航を支援するエコシステムであるU-spaceの第5世代運用コンセプト(ConOps)<sup>(11)</sup>を実現するSEASAR3の探査的研究プロジェクト。EUROCONTROL Innovation Hubが中心となって進めている。COURS、続くCOURS-XUAMの後継。COURS-XUAMの下では現時点で最新版の第4世代のConOpsが2023年7月に発表されている。
- U-AGREE [Flagship: ①U-space and urban air mobility]<sup>(12)</sup>  
無人航空機(UAS)の運用と、安全性、セキュリティ、プライバシー、環境の項目に関してUASが及ぼす可能性のある悪影響を関連付ける統合リスクモデルの開発を目指している。プロジェクトは3段階で進める。まずUAS運用が行われる現実的なシナリオを特定・評価し、前述の項目に及ぼしうる危険をすべて抽出する。次に利害関係者と、これらの危険によるリスクを測定するための指標としきい値を調整する。そして、危険とその影響を結び付ける数学モデルを開発する。開発したモデルはリスクを定量的に推定するとともに、運用に関わる承認プロセスを迅速化することに役立てる。
- AWARE [Flagship: ②Artificial intelligence for aviation]<sup>(13)</sup>  
航空管制官のパフォーマンス向上および作業負荷軽減を目的として、適応力のあるAIアシスタントアプリケーションを開発・テストする。開発するAIは航空管制官の意図や状況認識、心理状態を認識して動作する。そして管制官の主導的な役割を維持しつつ、AIの高度な補助能力を選択的に用いながら、管制官の能力や専門性を鍛えることを目標としている。
- DIALOG [Flagship: ②Artificial intelligence for aviation]<sup>(14)</sup>  
管制官がいつ、どのような支援を必要とするかを予測し、対応できるようにすることで管制官とAIの連携を改善する。方法として、パイロットと管制官のやり取りを音声認識し、管制官の意図を推測するTeamwork Assistantと呼ばれるデジタルアシスタントを開発する。また、機械学習ベースの方法を使用して、音声、生理機能、行動データに基づいて管制官の作業負荷と注意力をリアルタイムで評価する。
- ORCI [Flagship: ②Artificial intelligence for aviation]<sup>(15)</sup>  
交通量の多い主要空港の周囲に指定された管制空域の指定エリアであるTerminal Manoeuvring Area(TMA)の効率化を対象としたプロジェクト。AIベースの自動化ツールを用いて管制官の誘導指示に関わる判断を支援する情報を生成し、それを管制官に提供することで、滑走路のスループットを向上させることを目標としている。AIはレーダー監視データとパイロット管制官間の音声通信を使用してトレーニングする。また

プロジェクト期間中、バルセロナとリスボンの進入運用を評価予定。

- **ASTONISH [Flagship: ③Connected and automated ATM]** <sup>(16)</sup>  
空中および地上交通管理の課題に対処するための新しい監視ソリューションを開発する。開発にあたって3つの解決案を重視する。1)地上ベースの航空路およびターミナルエリア監視システム、2)航空機ベースの代替監視(A-SUR)技術、3)空港および航空機ベースの地上運用のための監視システムである。技術としては新世代の空対地通信システムであるLバンドデジタル航空用通信システム(LDCAS)や、SATCOM、VDLM2(VHF Data Link Mode 2)、5G、LTEといった新しい代替データリンク、ライダーや画像ベースのセンサーといったものを用いる。
- **ANTENNAE [Flagship: ③Connected and automated ATM]** <sup>(17)</sup>  
新たなU-SpaceおよびUrban Air Mobility(UAM)のコンセプトに含まれる低高度で運航される小型高機動な自動操縦航空機を、従来のヘリコプターやジェネアビと共存させるための通信、ナビゲーション、監視(CNS)インフラストラクチャを開発する。具体的には5G New Radio信号、最新のIPベースのソフトウェア定義ネットワーク、分散コンピューティングを利用した柔軟で堅牢なCNS-as-a-Serviceモデルを開発する。
- **SATERA [Flagship: ③Connected and automated ATM]** <sup>(18)</sup>  
容量を拡大するにあたって監視システムの精度や信頼性を向上することが必須であるが、従来のADS-Bによる監視はデータの完全性という点で行き詰っている。そこで本プロジェクトではGNSSに依存しないマルチラテレーションにより、ADS-Bから得られた位置情報をクロスチェックする方法を提供する。また性能評価のための理論モデルや予測ツールを作成し、実際の利用ケースに基づいたシミュレーションによって妥当性の検証を実施する。
- **VISORS [Flagship: ④Virtualization and cyber-secure data-sharing]** <sup>(19)</sup>  
リアルタイムシミュレーションが複雑なATMコンセプトの妥当性を確認するのに重要であるため、本プロジェクトではATMシミュレーションプラットフォーム間の相互運用性を高める標準をけん引する。具体的にはプロジェクトパートナーのシミュレーション基盤を接続し、ATMの妥当性確認プロセス、AAMやU-spaceの相互運用性を分析するとともに、データ収集のための実験的なデモも行う予定である。

#### 2.4.4.3 AAM (Advanced Air Mobility)

無線の周波数に関する調査結果を以下に記す。

- 国内では総務省が周波数を管理しており、ドローン等無人機への割り当ては2.4GHzの他にも色々な周波数が割り当てられている。<sup>(20)</sup>
- 国際的なところでは、ICAOの下にFrequency Spectrum Management Panel : FSMPというのがあり、5GHz帯の利用について議論等がある模様。<sup>(21)</sup>  
また現在もFSPMの中のWP09が議論を継続中。<sup>(22)</sup>

[2.4.4 項 出典(1)~(22) : 各、資料3のP2024D251~P2024D272参照]

## 2.4.5 AAM (Advanced Air Mobility)／eVTOL 機関連

### (1) 主要各社の動向

今年度は、AAM におけるリーダー間の差別化がより顕著になってきている。

米国では FAA により eVTOL 機用認証基準が策定され、リーディング・メーカーである Joby Aviation 社などが TIA (Type Inspection Authorization) に基づく FAA 認証プロセスに進んでいる。また Archer Aviation 社も量産工場の準備等進め、認証に向けた作業を加速している。両社は早ければ 2025 年から 2026 年の商用運航開始も目指し、その実施場所として UAE 等中東地域を目論み、現地政府機関、関連企業等と連携を強めている。

また Beta Technologies 社なども eVTOL 機と並行して eCTOL 機の開発も進捗、これらに対して米軍による評価プログラムが進められ、軍用用途での使用可能性がクローズアップされてきている。軍用評価では、現状のバッテリー能力では電動のみでの使用は要求を満たさず、ハイブリッド化が必要とされており、関連 eVTOL 機企業においては軍用部門設立、ハイブリッド化の推進が見られる。

一方、欧州においては認証当局である EASA が VTOL 機のための特別条件 (SC-VTOL) を早々に策定、基準側の準備を進めているが、各 eVTOL 機メーカーにおいては主に資金調達の困難により進捗が芳しくない状況となっている。中でも、ドイツの Volocopter 社、Lilium 社については試作機の試験に進みながらも、開発継続のための資金調達に見通しが得られず、事業停止、破産申請に至っている。(Lilium 社は一部製造機体の完成を目指し、外部ファンドによる事業継続を模索中。) フランスにおいては、Airbus 社が AAM 事業である CityAirbusNG プロジェクトを停止、実質的な AAM 開発事業はストップした状態となっている。イギリスの Vertical Aerospace 社は辛うじて資金調達の目途をつけ、試作機 VX4 による飛行試験を継続している。欧州勢は一時期の勢いからは停滞し、米国からの遅れ感は否めない状況となっている。

ブラジルでは Embraer 社傘下の EVE Air Mobility 社が EVE eVTOL 機の開発を進めており、フルスケールプロトタイプ機を完成、ブラジル航空局 (National Civil Aviation Agency of Brazil : ANAC) も認証のための要件を策定した。

中国では EHang 社が 2 人乗りの EH216-S の認証を中国民用航空局(CAAC)から受け、国内での商用運航が可能な状況となったが、運航空域・条件に対する制約が多くついている。

eVTOL 機については、当初 2024 年パリ・オリンピックでの商用飛行が目論まれたが、実現せず、また 2025 年の大阪万国博覧会における商用飛行も関連 4 企業グループにより計画されていたが、現時点では一部企業によるデモフライトのみとなっており、開発の長期化、商用運航の開始ずれ込みが生じている。一部企業が認証プロセスに入ったことなどから 1～2 年のうちに商用運航開始の実現可能性が高まっているが、予断は許さない状況。

#### (a) Joby Aviation 社

Joby Aviation S4 : FAA による認証プロセスに入っている世界最初の eVTOL 機。推力偏向式の eVTOL 機で、Joby Aviation 社はエアタクシー、ライドシェアリングサービスを当初 2024 年開始する計画であったが、現時点で 2025 年末までの商用運航開始を目指す、としている。2022 年 5 月 26 日に FAA から Part135 (航空運送事業認可) を取得し、型式証明と製造認証を取得中。パイロット 1 名と乗客 4 名を乗せて、最大 150 マイル (約 240km) の距離を毎時 200 マイル (約 320km/h) で飛行可能。



図 2.4.5-1 Joby Aviation 社の eVTOL 機 S4

- ✓ 5月2日 Joby Aviation 社は、同社が開発するプロトタイプ機が、4年間で1500回の飛行（100回を超える有人飛行）と、33,000マイルの飛行距離を達成したとし、プレ量産機を用いた、商用運航に向けた飛行試験のフェーズへと進むとの発表を行った。<sup>(1)</sup>



図 2.4.5-2 Joby Aviation 社の3機目のプロトタイプ機

- ✓ 8月7日 Joby Aviation 社は、同社が開発するプロトタイプ機の3機目が製造ラインをロールオフしたと発表した。次の4半期までに4機の機体が飛行試験に入るとしている。<sup>(5)</sup>
- ✓ 11月4日 Joby Aviation 社は、トヨタ自動車（以下、トヨタ）と共同で初の国際エキジビション飛行を日本の静岡県にて実施した、と報告した。飛行は、トヨタの東富士技術センターにおいて行われ、それに先立ってトヨタが Joby Aviation

社に対して、5億ドルの追加出資をすると報告している。<sup>(11)</sup>



図 2.4.5-3 Joby Aviation 社の日本でのエキジビション飛行の様子

- ✓ 12月3日 朝日航洋は、2025年7月に社名を『Aero TOYOTA』に変更し、Joby Aviation 社の eVTOL 機開発のため、トヨタとより強い連携を行っていく、と報じた。朝日航洋は、2025年7月に創業70周年を迎える。<sup>(12)</sup>



図 2.4.5-4 Joby Aviation 社と朝日航洋のコラボレーション

- ✓ 12月20日 Joby Aviation 社は、TIA (Type Inspection Authorization) のもとで、初の FAA によるフライトデッキシミュレータを使った試験を行ったと発表した。これにより、認証に向けた最終フェーズに入ったと報じた。<sup>(17)</sup> それに先立つ12月17日には、FAA による構造の試験を完了したと報じている。<sup>(18)</sup>



図 2.4.5-5 Joby Aviation 社のフライトシミュレータでの試験の様子

(b) Archer Aviation 社

Archer Aviation Midnight : パイロット 1 人と乗客 4 人を乗せ、航続距離 100 マイル (約 161km) を飛行する推力偏向式の eVTOL 機。充電に要する時間は約 10 分と、飛行の合間に済ませられる。2025 年の市場投入を計画。



図 2.4.5-6 Archer Aviation 社の Midnight

- ✓ 6 月 8 日 Archer Aviation 社は、同社が開発する Midnight が、飛行試験にて 100mph を超える速度で飛行し、垂直に離陸し、水平方向に推力を変更させて加速し、翼を利用した飛行を行って、垂直に着陸する、トランジション・フライトを成功させた、とした。<sup>(2)</sup>



図 2.4.5-7 400 回の飛行試験を実施した Archer Midnight

- ✓ 9月3日 Archer Aviation社は、今年これまでに400回の飛行を行い、4か月早く400回の飛行試験を達成した、と発表した。<sup>(6)</sup>
- ✓ 11月7日 Archer Aviation社は、2024年第3四半期の報告を行い、近々ジョージア州に建設した生産施設の準備が整い、2025年第4四半期に予定しているUAEでの商用サービス開始に向けて、型式証明取得などの作業を行い、2025年内には、月産2機の体制を計画している、との発表を行った。<sup>(13)</sup>



図 2.4.5-8 Archer Aviation社の生産拠点（米国ジョージア州）

- ✓ 12月9日 Archer Aviation社は、ジョージア州に建設した高レート生産に対応する施設の準備が整ったとして内部を公開した。<sup>(19)</sup>



図 2.4.5-9 Archer Aviation 社の生産拠点内部

(c) Lilium 社

Lilium Jet : 翼上面に設置したダクトファンによる推力偏向式の eVTOL 機。速度 250km/h、航続距離 250km。商業運用は 2024 年に開始される予定。



図 2.4.5-10 Lilium Jet (右は EBACE 2024 に展示されたモックアップ)

- ✓ 5月30日 Lilium 社は、同社が開発している Lilium Jet のフルスケールのモックアップをイタリアのジェノバで開催されている EBACE (European Business Aviation Convention & Exhibition) 2024 にて展示した、と発表した。<sup>(3)</sup>





図 2.4.5-11 Lilium Jet の電気系統試験の様子

- ✓ 8月21日 Lilium社は、同社が開発している Lilium Jet の電源系統のインテグレーション試験の第1段階を完了した、と発表した。試験は同社の研究施設で行われ、型式証明に向けて、システムの検証が行われていく、としている。<sup>(7)</sup>
  
- ✓ 10月24日 Lilium社は、ドイツの裁判所に破産手続きを申請すると発表した。子会社2社が資金調達に行き詰まって破産し、資金繰りが悪化していた同社は、ドイツの金融機関から€1億（約164億円）の融資獲得を目指していた交渉が行き詰まり、事業継続のメドが立たなくなった。11月5日には、M&Aプロセスを実施するために KPMG を指名したことを発表した。これは事業保全を目的とした裁判所命令による再建手続きで、経営陣は引き続き責任者として、経営立て直しの専門家の支援を受けつつ事業を指揮する。<sup>(14)</sup>



図 2.4.5-12 最終組立ラインにある Lilium Jet

(d) Volocopter 社

Volocopter VoloCity、VoloRegion、及び VoloDrone：VoloCity は 2 人乗りのマルチローター式 eVTOL 機。最高速度は 110 km/h で飛行レンジは 35 km。2024 年夏までにフランスの首都パリで VoloCity が商業飛行する予定であったが実現せず。VoloRegion は VoloCity 延長線上に設計され、都市と郊外を結ぶリフト&クルーズ式の固定翼長距離 eVTOL 機。乗客 4 人を、巡航速度 180km/h（最大速度 250km/h）で 100km 先まで運ぶ。VoloDrone は、電動ユーティリティドローンで、デザインは VoloCity に近く、最大 200kg の重量物に対応。最大 40km の距離を飛行する計画。



図 2.4.5-13 Volocopter VoloCity

- ✓ 3 月 1 日 Volocopter 社は、独航空局からトレーニング組織の認可（Approved Training Organization (ATO)）を取得した、と発表した。これにより、同社が開発している Volo City トレーニングプログラムが最終段階へと移行し、独航空局と、新たに制定された EASA による新しいカテゴリ（eVTOL）の運航とパイロット認可に準じる、今年後半での商用運航に向けて、キックオフを行った、としている。<sup>(4)</sup>



図 2.4.5-14 バックingham宮殿で飛行する Volocopter

- ✓ 8月11日 Volocopter社は、バッキンガム宮殿において、eVTOL機による離着陸を世界で初めて行ったと報じた。(8)
- ✓ 12月30日 Volocopter社は、裁判所に破産手続きの開始を申請したと発表した。事業継続に必要な資金を調達できなかったため。今後は管財人の管理下で事業を続けながら、資金の確保を目指す。理由について、「破産手続き以外に通常事業を維持する有効な解決策を見いだすことが不可能だった」と説明している。(20)

(e) EVE Air Mobility 社

EVE eVTOL： Embraer社傘下の EVE Air Mobility社が開発する eVTOL機で乗員は最大6名、航続距離は60マイル(100km)。固定翼を備えつつも、ドローンのようにローターを複数取り付けている。2026年に商用運航を目指している。



図 2.4.5-15 EVE 初のフルスケールのプロトタイプ機

- ✓ 7月21日 EVE Air Mobility社は、ファンボローにおいて、初のフルスケールプロトタイプ機が Embraer社の試験施設でお披露目を行ったと発表した。(9)
- ✓ 11月4日 EVE Air Mobility社は、同社が開発している eVTOL機に対して、National Civil Aviation Agency of Brazil (ANAC) から、耐空証明のための最終的な要件が発行された、と発表した。(15)



図 2.4.5-16 EVE eVTOL のイメージ図

(f) Vertical Aerospace 社

Vertical Aerospace VX4 : イギリスのブリストルに拠点を置く Vertical Aerospace 社が設計した eVTOL 機。翼幅 15 m、全長 13 m で、飛行速度は 320km/h 以上、航続距離は 161km (100 マイル) 以上、パイロット 1 名と乗客 4 名を乗せることができる。



図 2.4.5-17 試験を行う Vertical Aerospace VX4

- ✓ 9月12日 Vertical Aerospace 社は、新しい VX4 プロトタイプ機がパイロット試験の Phase 1 を完了したと発表した。<sup>(10)</sup>
- ✓ 11月12日 Vertical Aerospace 社は、VX4 プロトタイプ機がパイロット試験の Phase 2 を開始したと発表した。この Phase 2 試験では、低速時の機体運動や安定性、バッテリー効率や動的な荷重など、より実運用に近い状態でのデータを取得するとしている。<sup>(16)</sup>



図 2.4.5-18 試験を行う Vertical Aerospace VX4

[2.4.5 項 出典(1)～(20) : 各、資料 3 の P2024D273～P2024D292 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

資料1のP2024D001～P2024D012 参照

#### 3.2 公益財団法人航空機国際共同開発促進基金の情報調査及び情報提供における動向情報

##### 3.2.1 2024年度航空機業界動向情報

2024年度の主なトピックス、情報の概要を以下に記す。

航空輸送市場は2024年2月に旅客需要がコロナパンデミック前に回復、その後も伸びを維持している。貨物機需要については半導体関連の空輸製品の増加、中東情勢悪化による海運迂回ルートの影響等により増加傾向にある。旅客機についてはエアラインからの機材代替需要が高まる一方、主要OEMがサプライチェーン等の問題により生産レートが計画に到達しておらず、供給不足を起こしている。また主要OEM各社は膨大な受注残を抱える中、生産停滞・品質課題等の解決を優先しており、新規開発には積極的ではなく、機体開発は派生型としての貨物機の開発が進められている程度である。

環境対応面では2050年までのネットゼロ目標の実現に向けた取組について、各国で政策的支援枠組が具体化されつつあり、国を挙げて積極的に推進、具体策を固めていくフェーズに入ってきているが、一方で欧州などで一部水素化技術等が技術的成熟度の進捗が芳しくないことから適用時期の先送りなども出てきており、優位性のある技術の見極めが重要になってきている。

Boeing社は、737MAXシリーズで2024年1月に起きたアラスカ航空737-9の胴体プラグドア脱落事故により、全社的な品質管理システムについての懸念が生じ、FAAから月産レートを最大38機に制限され、厳しい監査を受ける事態となっている。またサプライチェーンについても品質問題、納期問題等、各社の経営の根幹に関わる問題が続いているが、その中でも特に影響の大きいSpirit AeroSystems社についてはBoeing社が買収する方向となった。一方、一連の経営課題対処のため、経営陣が刷新されたが、米国内インフレ状況もあり、大規模なストライキが発生、さらなる生産停滞を生じることとなった。約1か月を経てストライキは解決に至ったが、やっと生産、納入が再開された状態で、当初計画には達しておらず、新経営陣も企業文化建て直し、品質課題解決を最重要課題としており生産正常化には時間がかかるものと予想される。

新型機の認証については、737-10及び737-7の認証取得を2025年目標、777-9認証取得を2026年へとそれぞれスライドしており、EISスケジュールが大きな影響を受けている。これまでの重大事故等を背景にしたFAAの認証プロセスの見直し・厳格化とサプライチェーン含む生産混乱の影響が大きい。このような中、777-9については昨年夏から停止していた認証飛行試験が再開され、進展が見られる。787型機についても品質課題を解決して早期生産安定化が期待されている。

サプライチェーン混乱の解決策の一環として機体 OEM による大物構造組立の垂直統合・内製化の動きは、Airbus 社でも同様の動きが見られる。一方、Leonard 社等のメジャーTier1 サプライヤーの中には構造事業撤退の動きもあり、OEM にとって主要構造組立を自社管理下に置くことの重要性が再評価されてきている。

Airbus 社では、長距離細胴機 A321XLR が型式証明を取得し、エアラインへの納入が開始された。A320neo ファミリーを中心に受注を伸ばしており、月産 75 機を目指している。また A220 型機の月産 14 機、A350 型機の月産 12 機を 2026 年から 2028 年に目標としているが、やはりサプライチェーン含め計画未達であり、サプライチェーンの再構築、高効率生産を追求している。Airbus 社も Boeing 社同様、当面は膨大な受注残を抱えている状態で、生産安定化・増産体制構築を最優先課題としている。2050 年カーボンニュートラル目標に向けては、次世代の新型機開発が期待されているが、Boeing 社、Airbus 社両 OEM とも次世代新型機は 2035 年以降の EIS を目指すとしており、各社当面の生産安定化の優先対応状況から新型機の投入時期決定には至っていない。当面は脱炭素目標達成のための適用技術熟成・見極めに注力する状況が続くそうである。

このような中、ブラジル Embraer 社が、民間旅客機市場の Boeing 社、Airbus 社による寡占体制を打破して新型機を開発するのではないかと市場期待もあったが、エンジン不足等により出荷目標を下方修正、生産安定化を優先するとの方針を出しており、これまでよりも慎重な姿勢を見せている。現在の製品ラインアップを拡大するかどうかの決定も先送りされている。

中国では中国民用航空局 (CAAC) の型式証明を 2022 年に取得した C919 型機が昨年度から商用運航を開始、本年度は中国国内エアラインから 200 機規模の受注を獲得、来年度は年産 50 機を目指すとしている。一方、FAA、EASA による認証取得の可能性については依然未定である。

機体技術面では 100%SAF 適用実証や、電動化、水素燃料航空機に関する研究開発が進められており、NASA と Boeing 社による TTBW(Transonic Truss Braced Wing)の実証プログラムも 2028 年から 2029 年にかけての初飛行に向け、機体改修が進められている。一方、革新的な新技術の適用は 2050 年代以降との見方も出てきており、当面 SAF 等による脱炭素化レベルの向上が現実的となってきているが、原油価格の低下見通しや、SAF 生産量の伸び悩みにより、依然として普及拡大には制約が多い状況である。

脱炭素化への大きな貢献として軽量複合材構造の適用研究も高レート生産を念頭に置いて推進されているが、欧州では熱可塑複合材による胴体構造のフルスケール試作が行われ、評価が進んでいる。米国においても NASA と民間企業により複合材高レート生産技術 (Hi-CAM) プロジェクトを進行中である。

超音速実証機では、NASA の X-59 は Lockheed Martin 社のパームデール工場において機体が完成、エンジン運転等、地上試験に入っており、飛行試験に向けて準備が進んでいる。また Boom Technology 社による Overture 計画においては、Boom Technology 社による XB-1 試験機が初飛行ならびに初めての超音速飛行に成功するなど、飛行試験

実証フェーズに入りつつある。今後の商用超音速輸送を目指して進展するものと見られ、今後の進捗を注視していく。

都市航空交通システム(UAM)では、様々な形態の小型電動垂直離着陸機(eVTOL機)の開発が進んでいるが、規制当局も体系的指針を策定するなど動きが加速、先行メーカーでは認証段階に入り、2025年から2026年にかけて認証取得・商用運航開始を目指している。一方、その認証取得までの資金調達困難から、いくつかの企業が倒産・撤退するなど、企業も淘汰されつつある。2025年大阪万博において当初商用運航を目指していた企業グループもデモンストレーションのみの対応となり、想定よりも開発が長期化している。最終的な実用化時期等、注目される。

脱炭素目標達成のため、革新的な新規技術が必要との認識のもと、従来のOEMとは違う新興スタートアップ企業も多く登場し、これらは政府支援や企業連携などにより、電動化、ハイブリッド化、水素燃料電池推進システム、水素燃焼等の技術や新交通システムeVTOL機関連の機体開発をスピーディに進めてきていたが、ここに至ってそれらの中でも資金調達困難による事業中断、倒産する企業も出始めた。水素燃料電池推進システムでリードしていた企業の一つであった米国Universal Hydrogen社は2024年6月、資金調達困難を理由に事業清算を発表した。ただし電動化、水素燃焼・水素燃料電池推進技術は、依然としてカーボン・ゼロ達成のためには有力な技術であることから適用に向けた取組は活発に続いている。

### 3.2.2 2024年度航空機関連動向解説記事

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選定し、その解説記事を作成している。2024年度は、以下の7件を選定し、各専門分野の執筆者に依頼して作成した。

#### ア. 2024-1「低ブーム超音速機設計技術実証(Re-BooT)プロジェクト」<sup>(1)</sup>

次世代超音速機に必要とされる低ソニックブーム設計技術として、過去に実証済みの飛行経路直下のブーム低減に加え、経路側方や加減速中の条件も含めたロバストな低ブーム設計技術を実証するプロジェクトがスタートした。科学技術振興機構(JST) K Program 研究開発構想にて実施されるReBooTプロジェクト及びNASAとの共同研究活動について概説する。

#### イ. 2024-2「長距離物資輸送用大型ドローンの最新動向」<sup>(2)</sup>

国内では市街地上空を目視外飛行可能なレベル4のドローン飛行が始まり、物資輸送用ドローンの機体認証例が増加傾向にある。なかでも輸送業界の2024年問題や過疎地災害対策としてその必要性が注目されている。長距離物資輸送ドローンについて、国内の認証制度、技術課題・解決策及び実証実験の状況及び国内外の最新動向について概説する。



ウ. 2024-3 「航空機内装品の技術開発および製造保守について」<sup>(3)</sup>

航空機のギャレーやトイレ等の内装品について、産業としての位置付けや世界的なシェアおよび製品の動向および最近の技術開発動向について、具体的な航空機（787 や A380 など）への適用も踏まえながら、その特殊性や難しさ、取り組むべき課題及び具体的な設計方法等について概説する。

エ. 2024-4 「D-NET 技術の社会実装と今後の計画について」<sup>(4)</sup>

災害時に、ヘリコプターと地上の災害対策本部等で情報共有を行うことにより、より効率的な救援活動を実現するための「災害救援航空機情報共有ネットワーク（D-NET）」について、衛星や無人機などの航空宇宙機器を統合した運用技術開発、災害時や国家的イベントの警備・警戒への対応とその実運用状況等について概説する。

オ. 2024-5 「CORSIA(Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation)制度の仕組みについて」<sup>(5)</sup>

航空分野における CO2 排出量削減に向け、「国際航空のための炭素オフセットと削減の枠組み」と記される CORSIA 制度が 2021 年から 2023 年の試行期間を経て、2024 年 1 月から第 1 期間として運用開始された。CORSIA 運用のための推奨実施要領標準として発行の ICAO ANNEX 16 Volume IV CORSIA 文書に基づき、制度の目標や仕組みについて概説する。

カ. 2024-6 「航空機搭載用ライダーによる乱気流/対気速度/火山灰/氷晶計測技術」<sup>(6)</sup>

旅客機事故の半数程度は乱気流に関連して生じており、事故防止のためには乱気流を事前に検知または予測して対策を講ずることが必要である。晴天乱気流等の検知・予測に加え、運航の安全性を阻害する火山灰や氷晶の分布等を含め計測可能な航空機搭載用ライダーについて、技術動向と研究開発状況並びに飛行実証成果等について概説する。

キ. 2024-7 「大型貨物用無人 eVTOL 機向けターボジェネレーターの可能性」<sup>(7)</sup>

世界で開発が進められている eVTOL 機（いわゆる空飛ぶクルマ）は、搭載重量と航続距離を拡大することが課題となっており、ガスタービンを活用したハイブリッド動力源に対する期待が高まっている。大型貨物用無人 eVTOL 機用高出力重量密度のターボジェネレーターについて、その必要性和有用性、ユースケース、技術開発状況等について概説する。

[3.2.2 項 出典(1)~(7) : 各、資料 2 の P2024D101~P2024D107 参照]

### 3.3 大学・研究機関・企業等から公表された動向情報

### 3.3.1 国内学会等における研究開発動向

#### (1) 第 55 期定時社員総会及び年会講演会（主催：日本航空宇宙学会）

2024 年 4 月 18 日（木）～19 日（金）にかけて、第 55 期定時社員総会及び年会講演 & BIZ conference 日本橋室町三井タワー（東京）にて開催された。一般講演は 72 件であった。以下に、特別講演、パネルディスカッション、オーガナイズドセッションについてまとめる。

##### ◆特別講演◆

澤井秀次郎氏（JAXA 宇宙研）「小型月着陸実証機「SLIM」の月着陸結果とその意義」

##### ◆パネルディスカッション◆

「航空宇宙ビジョン ―航空と宇宙の新たな連携を目指して―」

「今後の国際宇宙探査で行う科学の検討サイクル構築にむけたタスクフォース報告」

「次世代育成のための中長期戦略」

「新設される『宇宙ビジネス共創アワード』について語ろう」

「航空宇宙技術遺産第 2 号」

「JSASS-宇宙工学委員会共同企画～将来に向けたミッション構想と宇宙技術開発動向の調査について～」

##### ◆オーガナイズドセッション◆

「火星飛行機の高高度飛行試験（MABE-2）」

航空分野では、基盤技術のみならず、水素航空機に関する講演 2 件、エアモビリティ関係の講演 2 件など、喫緊の課題や将来技術に関する講演も散見された。

#### (2) 第 56 回流体力学講演会／第 42 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム （主催：日本航空宇宙学会、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構）

2024 年 7 月 3 日（水）～5 日（金）にかけて、第 56 回流体力学講演会／第 42 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウムが、カクイックス交流センター（鹿児島）にて開催された。本シンポジウムは、流体力学講演会（FDC）と航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム（ANSS）を合同開催するもので、流体力学と数値シミュレーション技術の分野における研究の発展へ寄与することを目的としている。本年度は一般講演 142 件、招待講演 2 件の講演が行われた。

##### ◆招待講演

1) Prof. Wagdi G. Habashi (McGill University)

“The Dangerous Chasm Between Aerodynamic Performance and ice Protection Methodologies: AI (Artificial Intelligence) vs. AI (Antiquated Intelligence)”

2) 李家賢一 教授（東京大学）「グリーン社会において空気力学に求められること ～航空分野からの視点～」

#### (3) 第 66 回構造強度に関する講演会

第 66 回構造強度に関する講演会が 2024 年 7 月 31 日 (水)～8 月 2 日 (金)にかけて、サンメッセ鳥栖 (佐賀県鳥栖市) にて開催された。本年度は一般講演 72 件、特別講演 2 件の講演が行われた。

◆特別講演

- 1) 長嶋利夫 教授 (上智大学) 「拡張有限要素法 (XFEM) による構造強度解析の 25 年」
- 2) 白木原宜氏 (佐賀県文化課) 「吉野ヶ里遺跡の発掘調査とその成果」

トポロジー最適化手法の応用、CFRP や金属の 3D プリント技術、熱可塑性 CFRP や自己修復ポリマーなど資源循環材料に関する研究、水素貯蔵用 CFRP タンクに関する設計・製造技術など、近年の技術動向を反映した研究発表が行われた。

(4) 第 62 回飛行機シンポジウム

第 62 回飛行機シンポジウムが 2024 年 10 月 15 日 (火)～17 日 (木)にかけて、AOSSA (アオッサ) 福井市地域交流プラザ及びハピリンホール (福井市) にて開催された。212 件の講演と、4 件の特別講演、及び 1 件のパネルディスカッションが行われた。

◆招待講演

- 1) ニッ森俊一 (電子航法研究所) 「5G モバイルシステムと電波高度計の電磁干渉問題と国際動向」
- 2) 坂下亜祐子 (ANA) 「新技術活用がもたらす航空機整備の変革について」
- 3) 八木大介、松田剛 (三菱重工業) 「三菱重工の目指す防衛航空機技術開発」
- 2) 小松原明哲 (早稲田大学) 「人を含むシステム設計～ヒューマンファクターズの考え方」

(5) 日本ガスタービン学会第52回定期講演会(GTSJ 52)

日本ガスタービン学会が主催する航空用および産業用ガスタービンならびに関連するエネルギーシステムの研究発表が行われる学会。第52回となる今回は2024年10月22日 (火)～24日 (木) に、香川県高松市で開催された。

企画セッション

"航空エンジン電動化の取り組みと将来展望"

[パネリスト]

- + 関 直喜(IHI) 航空機システム電動化とハイブリッド電動推進
- + 小林 敏和(IHI) 航空機電動化に関わるNEDOプロジェクトの成果と展望
- + 小林 宙(JAXA) JAXAにおけるエンジン電動化ハイブリッド・システムの取組

■ガスタービン学会の講演紹介

- + 題目：航空機電動化に関わるNEDOプロジェクトの成果と展望 (口頭発表)
- + 講師：小林 敏和(IHI)

IHIでは、2010年代初頭に電動化の検討と研究が始まり、その後にNEDOの支援を受け、

2016年度から「航空機用先進システム実用化プロジェクト」を実施した。この中では、エンジン内蔵型のMW級高耐熱電動機(E3M: Engine Embedded Electric Machine)を含む電力系統、ならびに、高出力電動ターボチャージャー (ETC) を含む熱マネジメントシステムを電動化のコア技術と位置付け、開発研究と技術実証が行われた。2024年度からは、同じくNEDOの支援を受けた「電力制御及び熱・エアマネジメントシステム技術開発」(グリーンイノベーション基金プロジェクト) が開始されており、電力と熱マネを統合したフルスケール技術実証を目指す取り組みが進められている。

「航空機用先進システム実用化プロジェクト」では、秋田・電動化システム共同研究センターと連携により、廃校の体育館を活用した実証設備「新世代モーター特性評価ラボ」を設置。電動機特性試験装置、冗長電動アクチュエータ試験装置、冗長燃料システム試験装置、電動空調・エネルギー回収システム試験装置、超高速電動ブロー評価装置、電動燃料ポンプ評価装置、減圧コロナ放電評価装置などを整備のうえ、高耐熱電動機とガス軸受電動機の開発研究を行った。

#### (1) 高耐熱電動機技術：MW 級発電機

航空機の電力需要増加への対応とハイブリッド電動推進化への適用を目指し、世界初となるメガワット級エンジン内蔵型電動機が開発された。本機は高耐熱絶縁性と高出力密度(EV用途の5倍の出力密度)を備えている。従来の高圧軸からの動力抽出と比較して、ターボファン低圧軸のタービン後方に直結される方式はアイドル運転時の燃費改善や非常用電源としての利用など様々な利点がある。

#### (2) ガス軸受電動機技術：高出力電動ターボチャージャー

燃料電池車向け電動ターボチャージャー (ETC) 技術を基礎とし、ガス軸受方式としては世界最大級となる70 kW級電動機が開発された。航空機搭載環境に適合するよう、ローター構造の安定性、軸受の高耐荷重化、巻線の排熱効率化を実現しており、航空機の空調システムでのエネルギー回収や、燃料電池システムへの空気供給システムなど、様々な用途への展開が期待されている。

現在進行中の「電力制御及び熱・エアマネジメントシステム技術開発」では、2030年までに航空機電動化の核心技術である電力制御と熱・エアマネジメントについて、技術成熟度6段階 (TRL6) 以上の達成を目指す。コア技術として、従来の航空機搭載品に対して2倍以上の出力密度を有する1MW 以上の高出力発電機、ならびに、55kW以上の出力を有する航空機向けガス軸受電動機を獲得する。また、両技術を統合したシステムにおいて、エネルギー効率を従来比5%以上改善することを目指し、単通路機を評定としたサイズと運行条件を課したうえで成立性の実証を行う予定。

同事業では、電動航空機の社会実装へ向けた国際標準化団体でのルールメイキングに参画し、獲得技術が採用され得る環境構築も企図する。標準化活動を結実させるためには、産官に学を加えた連携により物理現象の把握に基づく提案活動、ならびに、標準化活動で先行する自動車産業や新規参入を促す材料産業などとの連携が重要。



図4.3.1-1 新世代モーター特性評価ラボ

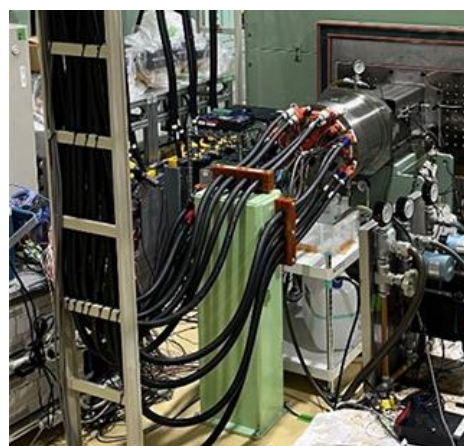
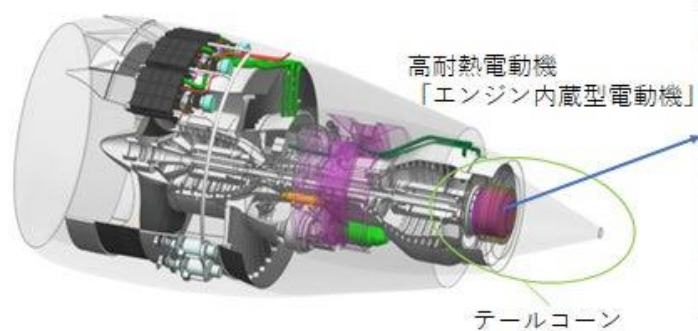


図4.3.1-2 メガワット級のエンジン内蔵型電動機

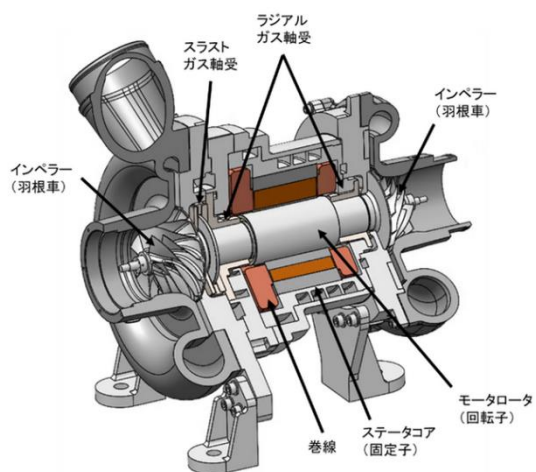


図4.3.1-3 70 kW級ガス軸受電動ターボ機

### 3.3.2 国外学会等における研究開発動向

#### (1) AIAA Science and Technology Forum and Exposition (Scitech) 2024

米国航空宇宙学会(American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA)主催による Scitech2024 が 2024 年 1 月 8 日(月)～12 日(金)にかけて、オーランド(米国、フロリダ州)にて開催された。45 か国から 6,000 人以上(約 2,000 名の学生含む)の参加者、81 の出展者が参加した。774 の技術セッションが行われ、その中で 2,920 件の講演発表があった。

##### 【Plenary Sessions】

- ・“Breakthrough Capabilities”, Lauren Knausenberger (Executive Vice President, SAIC)
- ・“Future of Flight”, Juan Alonso (Professor, Stanford University), Ramy Mourad (Director of Engineering, The Boeing Company), Ken Plaks (Director, DARPA)
- ・“Flight Test in the New Golden Age of Aviation”, Jennifer Uchida (President, Society of Flight Test Engineers)
- ・“Future of Space Operations”, Erica Rodgers (Science and Technology Partnership Forum Lead, NASA)
- ・“Imaging the Aerospace Engineer of Tomorrow”, Larry James (Deputy Director, NASA JPL), Mark Maybury (Vice President, Lockheed Martin), Karen Willcox (Director, University of Texas at Austin)

#### (2) AIAA AVIATION2024

AIAA 主催による AVIATION2024 が 2024 年 7 月 29 日(月)～8 月 2 日(金)にかけて、ラスベガス(米国、ネバダ州)にて開催された。約 2,900 名の参加があり、1354 件の講演発表があった。

##### 【Plenary Sessions】

- ・The View From 50,000 Feet, Russell Boyce (Aeronautics Domain Lead, AIAA), Dan Hastings (President, AIAA)
- ・Shifting the Transportation Paradigm, Amanda Simpson (Founder and CEO, Third Segment LCC), Gwen Lighter (CEO, GoAERO)
- ・Confronting Global Challenges, Ravi I Chaudhary (Assistant Secretary of the Air Force for Energy, Installations, and Environment, United States Air Force)
- ・There’s Blue Sky Over the Horizon, Raquel Girvin (Regional Administrator, FAA)
- ・Bringing It All Together, Dan Dumbacher (Chief Executive Officer, AIAA), James Free (Associate Administrator, NASA)

#### (3) European Conference on Composite Materials

21<sup>st</sup> European Conference on Composite Materials が 2024 年 7 月 2 日(火)～5 日(金)にかけて、ナント(フランス)にて開催された。欧州において 2 年に 1 回のペースで開催される複合材料に関する国際会議であり、49 か国から 1,400 人以上の参加があった。153 の技術セッションが行われ、その中で 1,061 件の講演発表(ポスター発表も含む)4 件の plenary lecture があった。

【Plenary Sessions】

- ・ Sustainability in aerospace composites: how to accelerate, C. Petiot, C. Weimer (Airbus)
- ・ Biomaterials to bio-composites : What can be the translation from material science to health science, P. Weiss (Nantes Université)
- ・ Multiscale composite modelling for aircraft engines, F. Bouillon, N. Feld (Safran Transmission System), J. Schneider-Die-Gross (Safran Aircraft Engines)
- ・ Bridging mechanics and machine learning in composite design and optimisation?, W. Tan (Queen Mary University of London)

欧州では、サーキュラーエコノミーの推進が活発化しており、上述の Airbus 社のプレナリ一でもその研究開発の重要性が語られ、再成形・再製造、自己修復ポリマー、ビトリマーなど関連するセッションが多数(約 10 セッション)あり、また、水素タンク用複合材に関するセッションが 3 セッション、液体水素貯蔵に関わる極低温試験に関するセッションもあった。

(4) International Council of the Aeronautical Sciences Congress (ICAS 2024)

34<sup>th</sup> International Council of the Aeronautical Sciences Congress が 2024 年 9 月 9 日(月)～13 日(金)の日程でフィレンツェ(イタリア)にて開催された。2 年に 1 回のペースで開催される航空技術に関する国際会議であり、世界各国の航空関係の研究者が一堂に会する代表的な国際会議である。Hydrogen Aircraft、EVTOL、Sustainable Aviation など 187 セッションの研究発表が行われた。

【Plenary Sessions】

- ・ Sustainability and future mobility, Jim Hileman (Vice President, Sustainability and Future Mobility, Boeing)
  - ・ Aviation Transformations: Research for the future of flight, Robert Pearce (Associate Administrator for ARMD, NASA)
- など計 8 件

(5) 米国複合材料学会 (American Society for Composites Technical Conference)

米国複合材料学会の年会である ASC が、2024 年 10 月 21 日(月)～24 日(木)にかけてサンディエゴ(アメリカ)で開催された。3 件の特別講演と 272 件の一般講演が行われた。初日の特別講演では、NASA の Hi-CAM プロジェクトに関する講演が行われ、熱可塑性 CFRP を含めた高レート・低コスト製造技術と関連技術に関する研究開発に関する説明が聴衆の注目を集めていた。Hi-CAM の一般セッションも 2 つ、計 7 講演が行われ、高レート・低コスト製造を実現する材料開発、設計・製造の MBE (Model-based Engineering)に関する発表も行われていた。

■ASC の研究論文紹介

“Design for Manufacturing of Structures with Automated Fiber Placement via Integration of Analysis and Process Planning“ by A. Noevere and V. Jomora (Collier Aerospace)

Hi-CAM プロジェクトの Design For Manufacturing (DFM) Software Tool に関する研究

開発である。複合材の構造解析、最適設計、AFP パス設計を完全自動化するツール開発に関する論文である。

構造解析及び最適化ツールとして HyperX、AFP パス生成ツールとして Vericut Composites Programming (VCP)、AFP での初期欠陥を最小化するパス選定支援を行う南カリフォルニア大学で開発された Computer Aided Process Planning (CAPP)を連携させるための自動プログラミングインターフェースとユーザーインターフェース (UI) の開発を行っている。

現状では、まだ完全自動化までには至っていないが、胴体パネルを例として、開発したスキームでの AFP パスを考慮した構造最適化例を示している。

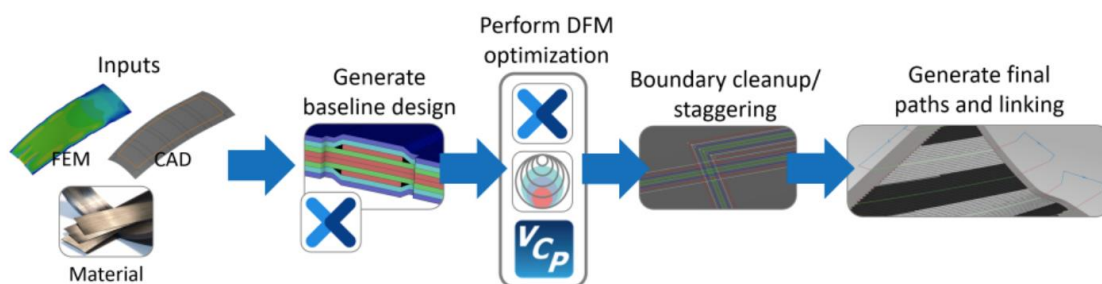


図 4.3.2-1 DFM ツール

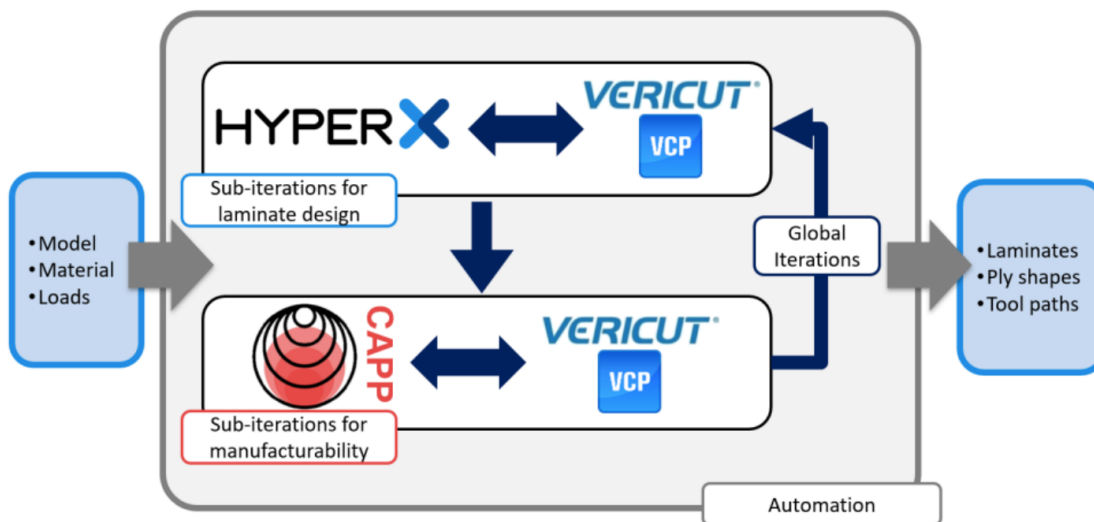


図 4.3.2-2 DFM ツールによる最適化手法の概要



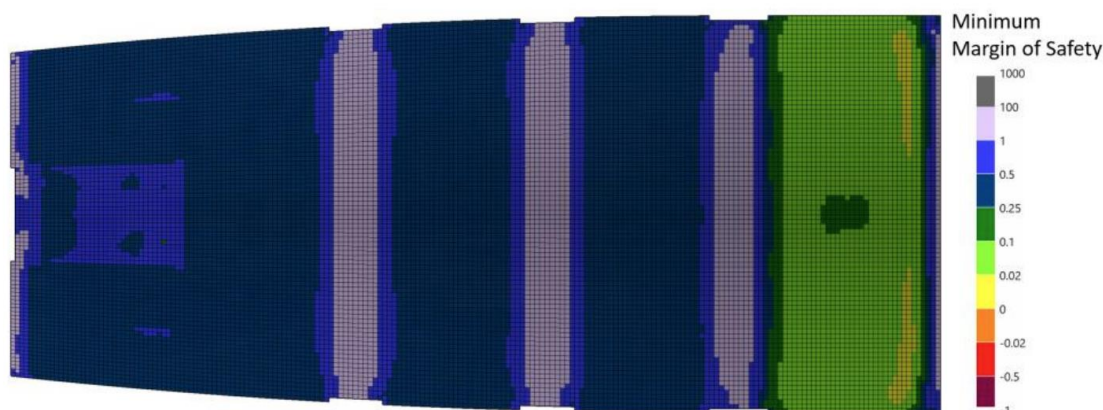


図 4.3.2-3 前方胴体パネル構造の最適化結果の一例

(6) アジア太平洋航空宇宙技術国際シンポジウム 2024 (Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology, APISAT-2024)

APISAT-2024 は日韓中豪 4 か国の航空宇宙学会の共催により、2024 年 10 月 28 日 (月)～30 日 (水)にかけて、アデレード (オーストラリア) にて開催され、特別講演 4 件、一般講演 262 件が行われた。

【Keynote Lectures】

- ・ Sustainable Aerospace-Oriented Development, by Prof. Weiping Li (Civil Aviation Flight University of China)
- ・ Sounding Rocket Space Flight Experiments of Detonation Engines and Its Future Development, by Prof. Jiro Kasahara (Nagoya University)
- ・ Aerospace Industry and University in South Korea, by Prof. Jin-Hwe Kweon (Gyeongsang National University)
- ・ Boeing Research & Technology Asia Pacific – a Focus on Enabling the Future of Sustainable Aerospace, by Michael Edwards (Boeing R&T Asia Pacific)

(7) ASME Turbo Expo 2024

ASME IGTI (米国機械学会ガスタービン部門)が主催するガスタービンに関する国際会議で、論文数1,000、参加者3,000人以上にもものぼる非常に大きな講演会。原則として毎年6月に北米、欧州交互に開催されているが、アジア(2016年、韓国)で開催されることもある。2024年は6月24日(月)～28日(金)に英国のロンドンで開催。エンジンシステムとしての航空エンジンに関するセッションの他、圧縮機、タービン、軸受けなどの要素、非定常流れ、CFD、伝熱、燃焼、制御、材料などの基礎研究、さらに産業用ガスタービンや蒸気タービン風車まで非常に幅広い研究が、20以上のパラレルセッションで報告される。論文講演の他、"Tutorial"として専門家が分野をまとめるレクチャーも開催される。機械系の講演会の中でも査読が厳しいことでも知られており、投稿論文は初回投稿のアブストラクト及びプロシーディングスに掲載するフルペーパーで査読を受ける。

次年度は2025年6月16日-20日に、米国、メンフィスにて開催予定。

【キーノート】

“Accelerating the Transition in Innovation and Technology Towards a Net-Zero World”

2019年以降、本講演会では課題やシナリオを議論し、潜在的な解決策を提示し、2050年のネットゼロ目標達成に向けた軌跡を描いてきた。時の流れは早く、残された2050年までのほぼ5分の1が過ぎた。本基調講演では、それぞれ立ち止まり、「この変革の道のりの20%を本当に進んできたのだろうか？」と問うて、これまでの進捗状況を振り返って全体的に考える機会としたい。さらに重要な問いとして、「残された時間内で目標を達成するために、軌道修正が必要なのだろうか？」を考えたい。

[スピーカー]

- + Dr. Verena Klapdor (Senior Vice President Siemens Energy)
- + Tim Lieuwen (Executive Director Georgia Institute of Technology)
- + Alan Newby (Director of Research and Technology Rolls-Royce)

[モデレーター]

+Professor Mary Ryan (Vice Provost for Research and Enterprise and the Armourers Imperial College London)

【プレナリーセッション】

“Achievements to Date Towards Net-Zero in Propulsion and Power”

ネットゼロと持続可能性に向けた道のりの成果に焦点を当て、将来の計画や予測ではなく、実際の成果について議論することを目指す。電動化、水素、その他の革新的な解決法など、従来のガスタービン技術の領域を超える革新的な技術について掘り下げる。これらの議論や意見交換を通じ、持続可能で革新的な未来へと導く、共通のロードマップを策定することに貢献したい。

[スピーカー]

- + Mathias Andriamisaina (Head of Hydrogen Demonstrators AIRBUS)
- + Seiichi Ibaraki (General Manager, Research & Innovation Center Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.)
- + Kwame Bekoe (Commercial Director Zero Petroleum Ltd.)
- + Jacqueline Castle (Chief Technology Officer Aerospace Technology Institute)

[モデレーター]

- + Eva Alvarez Regueiro (Senior Energy Analyst Aurora Energy Research)

【パネルディスカッション】

“sCO<sub>2</sub> Primary Heat Exchangers Panel”

超臨界二酸化炭素(sCO<sub>2</sub>)は、蒸気サイクル(タービンや熱交換器など)と比較して、より高い出力密度とより小型のコンポーネントを実現しながら、直接または間接的な熱源からの熱を利用する多くの異なる用途において、より高い効率を実現する多くの先進的な電力変換サイクルを可能にする流体として認識されている。間接サイクルの場合、熱源(ガスタービンからの排熱、産業用排気ガス、さらには原子力熱)から熱を伝達する必要があり、そのために一次熱交換器または排熱回収装置と呼ばれる間接接触式熱交換器が使用される。

本パネルでは、これらの製品や関連技術、現在の技術水準、直面する課題、商用規模でのsCO<sub>2</sub>電力変換サイクルの展開を可能にする一環としての今後の開発について検討します。

[パネリスト]

- + Andrew Storer (Reaction Engines)
- + Aramis Cook (Citech)
- + Yves De Vos (Bosal)
- + Renaud Le Pierres (Heatric)

[モデレーター]

- + Renaud Le Pierres (Heatric)
- + David Sanchez Martinez (Universidad de Sevilla)

【パネルディスカッション】

“Trends in damage tolerant lifing”

損傷許容設計と寿命延長アプローチは、主に費用対効果の向上、部品寿命の延長、そしてガスタービンの発電用途における柔軟性の向上への対応を目的として、ガスタービン部品の新たな標準となっている。人工知能ツールの導入により、大規模なフィールド・フィードバック・データセットを組み込むことが可能となり、このような寿命延長アプローチの生産品質を改善し、向上させ、部品のリアルタイム信頼性評価にさらに近づくことが可能となっている。

本パネルでは、学术界および産業界における損傷許容型寿命延長手法の現状について議論する。特に、今後5年から10年の間にこの分野に影響を与えるであろう、現在の開発およびトレンドに焦点を当てた議論を行う。

[パネリスト]

- + Benedikt Engel (Matalyics Ltd., Nottingham, UK)
- + Dipankar Dua (Siemens Energy, Orlando, USA)
- + Sevkert Ertekin (Tusas Engine Industries, Eskisehir, Turkey)
- + Calvin M. Stewart (Ohio State University - Columbus, Ohio)
- + Andrew Moffat (Solar Turbines - Bracknell, UK)

[モデレーター]

+ Karl Michael Kraemer (Technical University Darmstadt - Darmstadt, Germany)

【テクニカルセッション】

一般講演セッションのテーマのうち、航空推進に関連するものを抽出し、分野別に整理して掲げる。

- # Aircraft Engine
- # Ceramics and Ceramic Composites
- # Coal, Biomass, Hydrogen & Alternative Fuels
- # Combustion, Fuels & Emissions
- # Controls, Diagnostics & Instrumentation
- # Cycle Innovation
- # Education
- # Electric Power
- # Energy Storage
- # Fans and Blowers
- # Heat Transfer>
  - Combusters
  - Film Cooling
  - Additive Manufacturing Impacts on Heat Transfer
  - Internal Air Systems
  - Internal Cooling
- # Industrial & Cogeneration
- # Manufacturing Materials & Metallurgy
- # Microturbines, Turbochargers & Small Turbomachines
- # Oil & Gas Applications
- # Steam Turbine
  
- # Structures and Dynamics
  - Aerodynamic Excitation & Damping
  - Bearing & Seal Dynamics
  - Fatigue, Fracture & Life Prediction
  - Probabilistic Methods
  - Rotor Dynamics
  - Structural Mechanics & Vibration
- # Supercritical CO2

# Turbomachinery

Axial Flow Fan & Compressor Aerodynamics

Axial Flow Turbine Aerodynamics

Deposition, Erosion and Icing

Design Methods & CFD Modeling for Turbomachinery

Ducts, Noise & Component Interactions

Multidisciplinary Design Approaches, Optimization and Uncertainty Qualification

Radical Turbomachinery Aerodynamics

# Wind Energy

## 第4章 まとめ

### 4.1 今後の調査課題

(1) 2024年1月から2024年12月までの技術開発動向調査期間において、次の事項が注目された。

- ・ Boeing社：  
737MAX事故の影響、品質問題やサプライチェーン混乱、ストライキ影響等からの回復状況、脱炭素化の取組、737MAXの生産・納入状況、777-9認証の進捗と派生型貨物機777-8Fの開発、次期民間機への取組、NASAと共同研究するTTBW実証機の開発
- ・ Airbus社：  
パンデミック以降続くサプライチェーン混乱からの回復状況、脱炭素化の取組、A320シリーズの生産・納入状況（型式証明取得したA321XLR含む）、A350派生型貨物機の開発、A380を用いた水素航空機の実証試験の動向
- ・ NASA：  
低ソニックブーム実験機X-59の進捗状況、SFD（Sustainable Flight Demonstrator：持続可能飛行実証機）計画の進捗状況、Boeing社と実施するTTBW実証機プログラムの動向、AACES（Advanced Aircraft Concepts for Environmental Sustainability）2050 initiativeプログラムの動向、AAM/eVTOL機関連の研究動向、その他脱炭素化・新技術研究取組
- ・ FAA/EASA：  
737MAXにおける認証関連情報、型式証明における認証機関間の連携に関する議論と合意、ODA（Organization Designation Authorization：指定代行組織承認）の見直し、その他eVTOL機関連の新しい認証プロセスの状況
- ・ 航空管制：  
衛星利用型ADS-Bと地上管制－機上のデータリンク通信、無人機の運航管理、管制の研究、遠隔型管制塔の実用化、AAMに関する新しい航空管制の動向
- ・ その他：
  - － UAM実用化の進捗、各種形態（電動／ハイブリッド、プロペラ数、制御方式）の機体開発と認証取得の進捗
  - － Embraer社の民間機（E175-E2、新型ターボプロップ機）取組状況
  - － 中国（C919、C929）の機体開発・生産状況
  - － Boom Technology社Overture超音速輸送機の開発進捗
  - － ZeroAvia社の水素燃料電池推進技術の開発状況
  - － magniX社はじめとする電動航空機関連装備品ならびに電動航空機動向
  - － Honeywell社、RTX社（Collins Aerospace社）等、システム装備品メーカーの動向

(2) 前項を踏まえ、機体及び装備品関連の技術開発動向として、引き続き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の開発進捗 (321XLR、737MAX 後継機、次期単通路旅客機)
- ・ 次期大型民間輸送機の開発動向 (777X、777X 貨物機、A350 貨物機)
- ・ Boeing 社・Airbus 社以外の民間輸送機の開発動向 (Embraer 社、ATR 社、Bombardier 社、COMAC 社等)
- ・ TTBW やブレンデッドウィングボディ (BWB) 等低燃費に向けた新しい航空機機体形状の研究、開発動向
- ・ 水素燃料航空機など脱炭素化に関する研究、開発動向
- ・ 電動化の各種技術 (システム、モーター、バッテリー、制御回路、ハイブリッド) や装備品の動向
- ・ SAF への対応に関する研究、開発動向
- ・ 低コスト複合材料 (RTM: Resin Transfer Molding 等)、熱可塑性複合材料の技術、複合材料構造・部品の低コスト・高レート生産技術の動向
- ・ 高強度アルミ合金 (Al-Li 合金等)、その他の先進金属材料 (Mg 合金、Ti 合金等) の開発動向
- ・ 3D Printing、Additive Manufacturing 技術の開発動向
- ・ コネクティビティ技術 (衛星通信、5G、大規模データ処理、IoT) の動向
- ・ 航空法規 (有人機、無操縦者航空機、無人機、200g 以下無人機の共存) の動向
- ・ DX 関連技術、高レート生産・生産効率向上等生産技術に関する研究、開発動向
- ・ CbA (Certification by Analysis) に関する研究、開発動向
- ・ 自律飛行制御 (Autonomy) 関連技術の開発動向
- ・ 新カテゴリー (eVTOL 機、無操縦者航空機など) の研究、開発動向
- ・ 超音速輸送機開発の動向
- ・ FAA、EASA 等航空当局の認証プロセスの厳格化

(3) エンジン関連の技術開発動向として、引き続き以下の項目を調査する必要がある。

- ・ 次世代民間輸送機用エンジンの開発動向 (高/超高バイパス比化)
- ・ 熱効率向上に資する先進要素技術の開発動向
- ・ 熱可塑性複合材を含む炭素繊維強化複合材料の開発、エンジン適用拡大の動向
- ・ セラミックス基複合材 (CMC) の開発動向
- ・ エンジン及びナセルの騒音低減技術の開発動向
- ・ 環境適合性向上のための先進燃焼システム関連技術の開発動向
- ・ SAF への対応に関する研究、開発動向
- ・ 電動ハイブリッドエンジンの開発動向
- ・ 水素燃料電池推進、水素燃焼エンジンの開発動向
- ・ DX 関連技術、高レート生産・生産効率向上等生産技術に関する研究、開発動向

- ・ 3D Printing、Additive Manufacturing 技術の開発動向
- ・ CbA（Certification by Analysis）に関する研究、開発動向
- ・ 極超音速用統合型空気吸入式ロケットエンジン（Skylon 用 SABRE）の開発動向

(4) 将来航空交通システム・航空管制等の技術開発動向として、引き続き以下の項目を調査する必要がある。

- ・ NextGen、SESAR、CARATS 各プログラムの進捗状況と相互調整状況、及び目標値達成に向けた高度航空管制システム技術の開発動向
- ・ 新しい航空管制手法の動向
- ・ 先進航空交通システム（ATM）、航法システムの開発動向
- ・ 有人機と無人機の空域統合（遠隔操縦・運航管理）に関する技術動向
- ・ CbA（Certification by Analysis）に関する研究、開発動向
- ・ AAM/eVTOL 機関連の認証プロセス、航空管制システムの動向

#### 4.2 2024 年度調査のまとめ

2024 年は航空旅客需要が国内線、国際線ともパンデミック前の水準に回復、さらなる伸びを示す状況となった。それに伴い昨年度以降、各国エアラインの航空機需要が増大しており Boeing 社、Airbus 社等主要 OEM は大量の受注残を抱える状況となっている。一方でサプライチェーンの混乱が依然として続いており、各社目標とする計画生産機数に到達せず、エアラインへの納入が遅れる傾向にある。特に Boeing 社においては、737MAX 事故に端を発する経営危機問題対処のため経営陣を一新、主要 Tier1 サプライヤーであった Spirit AeroSystems 社の品質問題・経営問題からの建て直しのために買収することとした他、737MAX 事故関連での FAA からの監査強化、大規模ストライキの影響等、多くの経営課題に直面することとなり、生産量が低迷している。

品質問題は、FAA や EASA のより慎重かつ厳格な監督・審査を要求するものとなり、主要 OEM の新型機型式証明等の認証スケジュールに大きな影響が及んでいる。そうした中、Airbus 社の A321XLR は胴体構造と一体化した画期的な後部中央燃料タンクを搭載することで航続距離を大幅に伸ばした新型機として型式証明を取得、エアラインによる運航を開始した。また Boeing 社においても 777-9 について、試験機のスラストリンクに問題が生じたことから一時期飛行試験を停止していたが、2025 年 1 月から飛行試験を再開、徐々にキャッチアップを図っている。

ICAO による 2050 年までに CO<sub>2</sub> 排出実質ゼロの宣言により、SAF の実用化・適用拡大をはじめ、航空機の電動化や水素燃料化に向けた新しい技術開発等、各国における脱炭素化技術の開発・実用化に向けた動きが加速している。一方で、技術成熟に長期的な対応を必要とされる見通しになりつつある技術もあり、水素関連技術等については民間航空機への本格適用は 2050 年代以降になりそうな見通しとなりつつある。各国政府の



支援もより現実的な開発支援の方向へのシフトも見られ、欧州では次期開発機への支援規模が増やされ、環境対応が減らされる兆候も出てきている。ただし将来的には脱炭素化の技術は必須との大きな認識には変更なく、航空分野の脱炭素化手段として依然多様なものを対象とした検討・研究取組は続いていくものと考えられる。今後の動きを注視していく。

機体関連としては、米国では NASA が Boeing 社とともに将来民間機技術の実証を目指す SFD (Sustainable Flight Demonstrator: 持続可能飛行実証機) 計画の一環で TTBW (Transonic Truss-Braced Wing) の実証機開発を推進中である。現在、各種試験や試験機のベースとなる MD-90 型機の改修作業が進められている。また NASA は 2050 年代頃を見据えた将来的な脱炭素航空機のコセプトスタディを進めると発表、提案募集等が開始されている。民間旅客機として次期単通路機が直近のターゲットとなるが、一方で 2050 年代頃をターゲットとした次世代脱炭素航空機に関する検討も進み始め、新技術開発動向として継続的に調査していく。

欧州では Airbus 社を中心に電動化、水素燃料化の研究が飛行実証の計画等を含め推進されており、Airbus 社においては Airbus UpNext 社等子会社による革新的な研究取組も継続中で、機体形状、空力改善、複合材料等による軽量化等、幅広い分野の研究開発が続いている。一方で脱炭素化を目標とする ZEROe プロジェクトについてはその延期が発表されるなど、脱炭素化のレベルに応じて適用時期の見直し等が進みつつあり、技術的成熟度を見据えた長期的実機適用計画となっていく模様である。

コンピューター機をはじめとする小型機分野では、スタートアップ企業の ZeroAvia 社などにより水素燃料電池推進システムが飛行実証、ならびにリージョナルクラス用の大型推進システムの開発に入っている。直近の目標として既存機体の STC (Supplemental Type Certificate: 追加型式証明) による認証取得を目指しており、認証関連調整・作業を進めている。またエアライン等との連携により、水素燃料貯蔵・供給のためのインフラストラクチャーの検討も行われている。その一方で、Universal Hydrogen 社は資金調達難により事業停止、清算に至るなど、企業の淘汰も進みつつある。

エンジン関連では、既存エンジンのさらなる効率化、電動ハイブリッド、オープンローター、水素燃焼技術等、次世代エンジンに向けた種々の新技術の研究が活発に進められている。効率向上、ハイブリッド化、オープンローターなどは技術的成熟度高まりつつあるが、水素燃焼技術は成熟度がまだ低い状況で、適用にも時間がかかる見通しである。

超音速機に関しては、NASA において静粛な超音速飛行技術の実証プログラムの下で、X-59 実験機がロールアウト、エンジン・ラン行われるなど飛行試験の準備に入っている。

また、民間企業による超音速旅客機開発として、Boom Technology 社の Overture とそれに搭載されるシンフォニーエンジンの開発が進行中である。Boom Technology 社は超音速飛行実証機 XB-1 の初飛行に成功、巡行予定速度よりは遅い速度での初めての超音速飛行にも成功した。引き続き飛行試験が行われる予定。またノースカロライナ州グ

リーنزボロに **Overture** 量産組立工場（スーパーファクトリー）を建設した。

航空当局の動きとしては、737MAX 型機の胴体プラグドア飛散事故（2024 年 1 月）を含む一連の 737MAX 事故により、OEM 及びサプライヤー含めた品質管理体制そのものへの対策が必要と判断し、監査対応等を強化している。既認定作業中の機体含め、より慎重かつ厳格な審査が必要とされてきており、複雑化・厳格化する認証取得の影響も見ていく必要がある。

AAM/eVTOL 機については、多くのスタートアップ企業が続々と試作機を飛行させ、一部において軍用での試用も進んでおり、Joby Aviation 社などは認証面でも FAA からの認証基準案を受け、認証プロセスに入っている。先行企業ではドバイなど中東諸国におけるエアタクシー・サービス等、近年中の商用運行開始を目指してプログラムを進めている。一方でドイツの Volocopter 社、Lillium 社などは、資金調達難により開発作業を停止するなど、企業淘汰も進みつつある。こうした中、認証プロセスの進捗や各企業取組、経営状況など動向を含め注視していきたい。

以上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 関係省庁の動向に関する関連団体の刊行物リスト (2024年1月～2024年12月)

資料番号	標 題
P2024D001	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.841
P2024D002	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.842
P2024D003	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.843
P2024D004	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.844
P2024D005	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.845
P2024D006	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.846
P2024D007	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.847
P2024D008	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.848
P2024D009	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.849
P2024D010	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.850
P2024D011	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.851
P2024D012	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.852

資料2 (公財)航空機国際共同開発促進基金の刊行物リスト(2024年1月~2024年12月)

資料番号	標 題
P2024D101	IADF 航空機等に関する解説記事 2024-1「低ブーム超音速機設計技術実証 (Re-BooT) プロジェクト」
P2024D102	IADF 航空機等に関する解説記事 2024-2「長距離物資輸送用大型ドローンの最新動向」
P2024D103	IADF 航空機等に関する解説記事 2024-3「航空機内装品の技術開発および製造保守について」
P2024D104	IADF 航空機等に関する解説記事 2024-4「D-NET 技術の社会実装と今後の計画について」
P2024D105	IADF 航空機等に関する解説記事 2024-5「CORSIA(Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) 制度の仕組みについて」
P2024D106	IADF 航空機等に関する解説記事 2024-6「航空機搭載用ライダーによる乱気流/対気速度/火山灰/氷晶計測技術」
P2024D107	IADF 航空機等に関する解説記事 2024-7「大型貨物用無人 eVTOL 向けターボジェネレーターの可能性」

資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト (2024年1月～2024年12月)

資料番号	標 題
P2024D201	Airbus Web Site, Orders & Deliveries,
P2024D202	Boeing Web Site, Orders & Deliveries,
P2024D203	Embraer Web Site, Orders and Deliveries,
P2024D204	Boeing Web Site, News Releases/Statements, Mar 25, 2024
P2024D205	Iberia Web Site, Newsroom, May 19, 2024
P2024D206	Airbus Web Site, Newsroom, May 30, 2024
P2024D207	Embraer Web Site, News, Apr 4, 2024
P2024D208	Gulfstream, Web Site, Newsroom, May 15, 2024
P2024D209	Eviation Web Site, Newsroom, Apr 25, 2024
P2024D210	Hearts Aerospace, Newsroom, May 15, 2024
P2024D211	Electra Aero Web Site, News, May 29, 2024
P2024D212	Boom Web Site, Newsroom, Jun 17, 2024
P2024D213	Boom Web Site, Newsroom, Mar 22, 2024
P2024D214	Boeing Web Site, Press Release, Jul 19, 2024
P2024D215	Boeing Web Site, Mediaroom, Aug 26, 2024
P2024D216	Embraer Web Site, News, Jul 23, 2024
P2024D217	Aviationwire Web Site, News, Jul 13, 2024
P2024D218	Aviationwire Web Site, News, Aug 20, 2024
P2024D219	Boeing Web Site, Mediaroom, Jul 31, 2024
P2024D220	Aviationwire Web Site, News, Sep 14, 2024
P2024D221	Airbus Web Site, Newsroom, Jul 19, 2024
P2024D222	Embraer Web Site, News, Jul 23, 2024
P2024D223	Gulfstream Web Site, News, Aug 16, 2024
P2024D224	Dassault Falcon Web Site, News, Aug 6, 2024
P2024D225	Hearts Aerospace Web Site, Newsroom, Sep 12, 2024
P2024D226	Electra Aero, Web Site, News, Jul 24, 2024
P2024D227	Boom Supersonic Web Site, Press Release, Jul 23, 2024
P2024D228	Boom Supersonic Web Site, Press Release, Jul 23, 2024
P2024D229	日本経済新聞 Web 版ほか, Oct 12, 2024
P2024D230	Boeing Japan Web Site ほか, Oct 23, 2024
P2024D231	Airbus Web Site, Newsroom, Oct 30, 2024
P2024D232	Embraer Web Site, News, Oct 10 & Nov 11, 2024
P2024D233	Bombardier Web Site, News, Oct 21, 2024
P2024D234	Leonardo Web Site, News, Aug 2, 2024
P2024D235	Gulfstream Web Site, News, Oct 31, 2024

資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト (2024年1月～2024年12月)

資料番号	標 題
P2024D236	Eviation Web Site, Press Release, Oct 2, 2024
P2024D237	Heart Aerospace Web Site, Newsroom, Nov 26, 2024
P2024D238	Electra Aero Web Site, News, Nov 13 & Nov 26, 2024
P2024D239	Aviation Week Web Site, Jan 17, 2025
P2024D240	Aviation Week Web Site, Jan 24, 2025
P2024D241	Pratt & Whitney Web Site, Dec 16, 2025
P2024D242	NASA Web Site, Dec 5, 2024
P2024D243	Boeing Web Site, Jan 28, 2025
P2024D244	各社 IR 情報をもとに作成
P2024D245	GE AEROSPACE ANNOUNCES SECOND QUARTER 2024 RESULTS
P2024D246	RTX 2Q 2024 Earnings Conference Call
P2024D247	RTX Press Release Q2 2024
P2024D248	Rolls-Royce 2024 Half Year Results
P2024D249	GE AEROSPACE ANNOUNCES FOURTH QUARTER 2024 RESULTS
P2024D250	RTX Reports 2024 Results and Announces 2025 Outlook
P2024D251	<a href="https://www.nasa.gov/directorates/armd/aosp/">https://www.nasa.gov/directorates/armd/aosp/</a>
P2024D252	<a href="https://www.nasa.gov/aeronautics/nasa-tests-air-traffic-surveillance-technology-using-its-pilatus-pc-12-aircraft/">https://www.nasa.gov/aeronautics/nasa-tests-air-traffic-surveillance-technology-using-its-pilatus-pc-12-aircraft/</a> (2025/1/23)
P2024D253	<a href="https://www.nasa.gov/directorates/armd/atm-x-description/">https://www.nasa.gov/directorates/armd/atm-x-description/</a> (2024/9/11)
P2024D254	<a href="https://www.nasa.gov/aeronautics/digital-information-platform-could-help-improve-air-traffic/">https://www.nasa.gov/aeronautics/digital-information-platform-could-help-improve-air-traffic/</a> (2024/7/12)
P2024D255	<a href="https://www.nasa.gov/aeronautics/new-class-e-air-traffic-management-demoed/">https://www.nasa.gov/aeronautics/new-class-e-air-traffic-management-demoed/</a> (2024/10/18)
P2024D256	<a href="https://www.nasa.gov/aeronautics/drones/nasa-moves-drone-package-delivery-industry-closer-to-reality/">https://www.nasa.gov/aeronautics/drones/nasa-moves-drone-package-delivery-industry-closer-to-reality/</a> (2024/12/10)
P2024D257	<a href="https://www.nasa.gov/aeronautics/nasa-flight-tool-curbs-delays-emissions/">https://www.nasa.gov/aeronautics/nasa-flight-tool-curbs-delays-emissions/</a> (2024/12/20)
P2024D258	<a href="https://www.nasa.gov/aeronautics/nasa-kicks-off-testing-campaign-for-remotely-piloted-cargo-flights/">https://www.nasa.gov/aeronautics/nasa-kicks-off-testing-campaign-for-remotely-piloted-cargo-flights/</a> (2025/1/7)
P2024D259	<a href="https://www.sesarju.eu/projects/portal">https://www.sesarju.eu/projects/portal</a>
P2024D260	<a href="https://corus-project.eu/">https://corus-project.eu/</a>
P2024D261	<a href="https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/U-space%20CONOPS%204th%20edition.pdf">https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/U-space%20CONOPS%204th%20edition.pdf</a>
P2024D262	<a href="https://cordis.europa.eu/project/id/101167187">https://cordis.europa.eu/project/id/101167187</a>
P2024D263	<a href="https://cordis.europa.eu/project/id/101167442">https://cordis.europa.eu/project/id/101167442</a>
P2024D264	<a href="https://cordis.europa.eu/project/id/101166886">https://cordis.europa.eu/project/id/101166886</a>

資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト（2024年1月～2024年12月）

資料番号	標 題
P2024D265	<a href="https://cordis.europa.eu/project/id/101167539">https://cordis.europa.eu/project/id/101167539</a>
P2024D266	<a href="https://cordis.europa.eu/project/id/101167383">https://cordis.europa.eu/project/id/101167383</a>
P2024D267	<a href="https://cordis.europa.eu/project/id/101167288">https://cordis.europa.eu/project/id/101167288</a>
P2024D268	<a href="https://cordis.europa.eu/project/id/101164313">https://cordis.europa.eu/project/id/101164313</a>
P2024D269	<a href="https://cordis.europa.eu/project/id/101167000">https://cordis.europa.eu/project/id/101167000</a>
P2024D270	<a href="https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/drone/">https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/drone/</a>
P2024D271	<a href="https://www.ituaj.jp/wp-content/uploads/2017/07/2017_07-05-Spot-Drone.pdf">https://www.ituaj.jp/wp-content/uploads/2017/07/2017_07-05-Spot-Drone.pdf</a>
P2024D272	<a href="https://www.icao.int/safety/FSMP/MeetingDocs/FSMP%20WG19/WP/FSMP-WG19-WP09_5GHz%20UAS%20CNPC.docx">https://www.icao.int/safety/FSMP/MeetingDocs/FSMP%20WG19/WP/FSMP-WG19-WP09_5GHz%20UAS%20CNPC.docx</a>
P2024D273	Joby Aviation Web Site, Newsroom, May 2, 2024
P2024D274	Archer Web Site, Press Release, Jun 12, 2024
P2024D275	Lilium Jet Web Site, News, Apr 30, 2024
P2024D276	Volocopter Web Site, Newsroom, Mar 1, 2024
P2024D277	Joby Aviation Web Site, News, Aug 7, 2024
P2024D278	Archer Web Site, News, Sep 3, 2024
P2024D279	Lilium Web Site, Newsroom, Aug 21, 2024
P2024D280	Volocopter Web Site, Newsroom, Aug 11, 2024
P2024D281	Embraer Web Site, News, Jul 21, 2024
P2024D282	Vertical Aerospace Web Site, News, Sep 12, 2024
P2024D283	Joby Aviation Web Site, News, Nov 4, 2024
P2024D284	朝日航洋 Web Site, News, Dec 3, 2024
P2024D285	Archer Web Site, News, Nov 7, 2024
P2024D286	Lilium Web Site, Newsroom ほかに, May 11, 2024
P2024D287	EVE Air Mobility Web Site, Nov 4, 2024
P2024D288	Vertical Aerospace Web Site, Nov 12, 2024
P2024D289	Joby Aviation Web Site, Nov 4, 2024
P2024D290	Joby Aviation Web Site, Oct 24, 2024
P2024D291	Archer Web Site, Oct 23, 2024
P2024D292	Yahoo Web Site ほかに, Jan 2, 2025