

令和 2 年度
航空機等に関する技術開発動向調査報告書

2021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

世界の民間航空機市場はめまぐるしい変化の中にあります。その市場規模はアジア市場を中心に今後益々拡大していくと見込まれていますが、一方で航空機の開発には莫大な投資が必要であり、技術開発競争や M&A 等も激しく、世界の巨大企業といえども、もはや単独でそのリスクを取り切るのはなかなか困難なのが現状です。

このような巨大市場の中であって、我が国の航空機産業は、1973 年に YS-11 型機の生産が中止されて以降、国際共同開発の形態で機体やエンジンの開発に積極的に係わり、その主要部品のサプライヤーとして技術力を培ってきました。

一方で、2019 年 11 月以降世界的に猛威を振るった新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) は、2021 年に入っても衰えを見せず、ワクチン接種の効果に期待する状況です。航空輸送事業は、航空機の過半数近くを地上待機に回し、かつ減便を余儀なくされています。その影響は航空機産業にも及んでおり、新製機の生産のみならず MRO 事業も規模を縮小せざるを得ない状況が続いています。

感染症の苦境を克服し日本の航空機産業をより高いステージに引き上げるためには、国際共同開発の場において我が国航空機産業の役割を揺るぎのないものにしていくことはもちろんのことですが、航空機に係る先端技術開発における確固たる戦略の下で、我が国の主要産業の一つとして高付加価値産業化を促進し、確実に育成、ステップアップを図っていくための努力が必要と考えるところです。

このような考えの下、公益財団法人航空機国際共同開発促進基金では、当基金が行う「情報収集及び情報提供事業」の一つとして、毎年、航空機等に関する世界の技術開発等の動向を調査して参りました。令和 2 年度においても、当基金に外部専門家から成る航空機等に係る「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、この成果を反映し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・発展のために大いに役立つことを期待するところです。

2021年3月

公益財団法人航空機国際共同開発促進基金

令和２年度「技術開発動向調査委員会」委員名簿

区 分	氏 名	所 属 ・ 役 職
委員長	石川 隆司	名古屋大学 特任教授 ナショナル・コンポジット・センター担当
委 員	今村 太郎	東京大学大学院 工学系研究科航空宇宙工学専攻 准教授
	奥田 章順	株式会社三菱総合研究所 コンサルティング部門 経営イノベーション本部 客員研究員
	田岡 智毅	株式会社IHI 航空・宇宙・防衛事業領域 民間エンジン事業部 技術部 主幹
	長嶋 哲矢	三菱重工業株式会社 民間機セグメント 技術統括室 主席技師
	二宮 哲次郎	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 航空技術部門 飛行技術研究ユニット 主幹研究開発員
	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 准教授
事務局	飛田 聡 関 淳夫 横倉 修一 久留 和彦	公益財団法人航空機国際共同開発促進基金 専務理事 (R2.9.30迄) 公益財団法人航空機国際共同開発促進基金 専務理事 (R2.10.1～) 公益財団法人航空機国際共同開発促進基金 企画調査部長 公益財団法人航空機国際共同開発促進基金 企画調査部部長代理

令和2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 我が国の航空機国際共同開発の動向	2
2.4 民間航空機等に関する技術研究開発の主要動向	5
2.4.1 民間航空機市場及び機体開発動向	5
2.4.2 エンジン関係	1 5
2.4.3 装備品関係	1 7
2.4.4 航空システム・航空管制・無人機・飛行制御関係	2 3

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	2 4
3.2 公益財団法人航空機国際共同開発促進基金の刊行物における動向情報 ..	2 4
3.2.1 令和2年度航空機業界動向情報（月次）	2 4
3.2.2 令和2年度航空機関連動向解説事項の解説概要	2 4
3.3 大学・研究機関・企業等から公表された動向情報	2 6
3.3.1 国内学会等における研究開発動向	2 6
3.3.2 国外学会等における研究開発動向	3 0

第4章 まとめ

4.1 今後の調査課題	4 7
4.2 令和2年度調査のまとめ	4 8

資料

資料1 関係省庁の刊行物リスト（令和2年1月～令和2年12月）

資料2 関係団体の刊行物リスト（令和2年1月～令和2年12月）

資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト（令和2年1月～令和2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。

2009年度から開始した技術開発動向調査事業では、外部の専門家等から成る航空機等に関する「技術開発動向調査委員会」を設置して、毎年度航空機等の技術開発動向等に関わる最新情報を収集し、現状確認と分析、更には将来展望等を取り纏めることを目的とする。

1.2 調査委員会の構成と運営

(1) 調査委員会の構成

令和2年度の技術開発動向調査委員会のメンバーは、冒頭の委員会構成表に示すとおり、学界・公的研究機関・航空機関係業界等の専門家7名から構成されている。委員長には航空宇宙分野で幅広く活躍されている名古屋大学特任教授の石川隆司氏にご就任いただき、多大のご教示とご指導を賜った。

(2) 調査委員会の運営

委員会の運営は全員参加型の委員会活動を旨とし、実際の調査活動を分担して行い、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

COVID-19の状況に応じて柔軟なやり方で調査を進める。具体的には、会議形式を採らずにEメールにて連絡を取り合う方法も選択肢とし、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

令和2年度の調査対象期間は、主として令和2年1月1日から令和2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^{(1)~(12)}

COVID-19の世界的な感染拡大は、世界の民間航空輸送及び航空機・エンジン製造、MRO、リース業界、それらのサプライチェーンに大きなインパクトを及ぼし、我が国の航空機産業にも深刻な打撃を与えている。日本航空宇宙工業会報によれば、令和2年度の生産額は対前年比86%の水準となる見通しとのことである。また、令和2年7月24日開幕を予定していた東京オリンピック大会がCOVID-19に対する警戒と対策への関心の高まりを受け、3月30日に約1年の延期が決定された。

令和2年4月7日に、東京、神奈川、埼玉、千葉、大阪、兵庫、福岡の7都府県に緊急事態宣言が下され、4月16日には対象が全国に拡大した。

そして、5月14日に北海道・東京・埼玉・千葉・神奈川・大阪・京都・兵庫の8つの都道府県を除く、39県で緊急事態宣言を解除することを決定した。

5月21日には、大阪・京都・兵庫の3府県について、緊急事態宣言を解除することを決定した。緊急事態宣言は、東京・神奈川・埼玉・千葉・北海道の5都道県で継続。5月25日には首都圏1都3県と北海道の緊急事態宣言を解除。およそ1か月半ぶりに全国で解除されることになった。

しかし、その後10月から12月にかけて感染者数の増加を受け、1月7日に再び1都3県に緊急事態宣言を出し、1月13日には11都府県に拡大された。

(1) 経済産業省

令和3年1月15日、COVID-19の影響に伴い航空産業が大きな影響を受けている現状から、関係省庁や地方自治体、大手メーカー、日本航空宇宙工業会(SJAC)、政府系金融機関などの関係者が出席して「航空機産業サプライチェーン対策関係者会議」を開催した。

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12月に欧州エアバス社が120~220席クラスのA320型機のエンジン換装型A320neo型シリーズ機の開発を決定し、その搭載エンジンの一つとして米国プラット・アンド・ホイットニー(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9月に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アエロ・エンジンズ社がPW1100G-JMエンジンの共同事業(Joint

Venture) 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。なお、2009 年度から P&W 社と共同で開発を開始した基金助成事業の次世代中小型民間輸送機用エンジン関連技術(複合材ファンケース・ファン構造物) 開発事業は、PW1100G-JM エンジン開発事業の開始に伴い、2011 年 10 月以降に着手する作業より PW1100G-JM エンジン開発事業に統合された。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 型機は 2015 年 11 月に型式証明を取得し、商用運航を開始した。また、派生型の A321neo 型機は 2016 年 12 月に、A319neo 型機は 2019 年 11 月に型式証明を取得した。

運航後に見つかった問題への対応など更なるエンジン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行っている。更に、推力・燃費向上型(PIP)エンジンの開発作業も、設計作業を実施している。

なお、新型コロナウイルスの影響等により開発計画の見直しが行われている。

PW1100G-JM エンジンは、2021 年 2 月時点で累計 822 機分を納入済みである。

(2) 大型民間輸送機(777X)開発事業

2013 年 11 月に米国ボーイング社が 777 型機後継として 310~399 席クラスの 777X 型機の開発を正式決定し、2014 年 6 月にボーイング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(三菱重工業株式会社、川崎重工業株式会社、株式会社 SUBARU(当時は富士重工業株式会社)、新明和工業株式会社、日本飛行機株式会社)が、777X 型機の開発・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、平 2014 年 10 月から国際共同開発が開始された。なお、2013 年 9 月から基金助成事業としてボーイング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より 777X 開発事業に統合された。

2019 年 9 月 5 日、777-9 型機の静強度試験中に後部貨物ドアの不具合による減圧を生じたが、開発計画に重大な影響はなく、2020 年 1 月 25 日から飛行試験 1 号機による飛行試験が開始された。

なお、商用運航開始は 2023 年(令和 5 年)後半に延期するとの発表が、ボーイング社 2020 年第 4 四半期決算で行われた。FAA による承認要件の更新や既存顧客の受領延期要望、新型コロナウイルスによる需要動向が主な理由とのこと。

(3) 次世代大型民間輸送機用エンジン(GE9X)開発事業

2013 年 3 月にボーイング社が 777X 型機の搭載エンジンとして米国ゼネラルエレクトリック(GE)社の GE9X エンジンの採用(独占搭載)を決定し、JAEC および株式会社 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し、共同開発契約書(Risk and Revenue Sharing Partner)に調印した。本開発事業も 2014 年 9 月に基金助成対象事業として選定され、2014 年 10 月から開発作業が開始された。

本エンジン開発事業には GE 社と日本側の他、仏サフラングループ（仏スネクマ社とベルギー テックススペース・エアロ社） および MTU エアロ・エンジンズ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 回目となる高空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 型機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。なお、777X 型機の商用運航開始延期の動きを受けて、性能改善活動も数年後ろ倒しとなると見られる。

(4) 中小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 月からボーイング社と共同開発契約を結び、基金助成事業として共同作業を開始している。2019 年は、ほぼ計画通りに作業を実施したが、2020 年は、新型コロナウイルスの影響等により開発計画の見直しが行われている。

(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、2017 年 8 月から P&W 社と共同で開発を実施している。2019 年は、ほぼ計画通りに供試体及び補助用具の設計製作、評価確認作業を実施したが、2020 年は、新型コロナウイルスの影響等により開発計画の見直しが行われている。

[2.2 項 出典(1)～(12):各、資料1の P2020D001～P2020D012 参照]

2.4 民間航空機等に関する技術研究開発の主要動向

2.4.1 民間航空機市場及び機体開発動向

COVID-19 の影響を大きく受け、2020 年の世界の航空旅客は 2019 年と比べ 67%減の 1999 年レベルに後退。2024 年までに航空需要は 2019 年のレベルに回復する見通しがあるなか、変異ウイルスの感染拡大の可能性が拡大しつつあり、予断を許さない状況が続く。

737MAX 型機の運航及び Boeing 社からの出荷が再開された。1 年 8 か月と長期の運航停止期間中にキャンセルや注文変更が相次いだ。COVID-19 の打撃を受けた航空業界の回復が見通せない中、生産体制の回復にも数年かかる見通し。

2020 年の Boeing 社は、COVID-19 の影響に加え 2019 年に続き 737MAX 型機運航停止の影響を受け、単通路機の出荷が 43 機に留まった結果、総出荷機数は 157 機（2018 年：806 機、2019 年：380 機）となった。一方、Airbus 社も出荷は低迷し、総出荷機数は 566 機（2019 年：863 機）となった。

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 2020 年（1Q/2Q/3Q/4Q）の純受注数⁽¹⁾

	Airbus	Boeing	Bombardier De Havilland	Embraer	ATR
Very Large	-	-16 (0/-16/0/0)	-	-	-
Twin Aisle	-30 (0/-1/0/-29)	41 (26/7/0/8)	-	-	-
Single Aisle	194 (473/-334/ 18/37)	-655 (-173/-322/ -58/-102)	-	-	-
Regional Jet	-	-	-3 (0/-3/0/0)	-94 (0/-101/5/2)	-
Turbo prop	-	-	-43 (-45/2/0/0)	-	5 (5/0/0/0)
合計	164	-630	-46	-94	5

表 2.4.1.1-2 各メーカーにおける 2020 年（1Q/2Q/3Q/4Q）の出荷数⁽²⁾

	Airbus	Boeing	Bombardier De Havilland	Embraer	ATR
Very Large	-	5 (0/1/1/3)	-	-	-
Twin Aisle	82 (18/10/13/41)	109 (45/15/24/25)	-	-	-
Single Aisle	484 (104/64/ 132/184)	43 (5/4/3/31)	-	-	-
Regional Jet	-	-	17 (5/0/6/6)	44 (5/4/8/27)	-
Turbo prop	-	-	12 (5/1/2/4)	-	7 (0/1/0/6)
合計	566	157	29	44	11

表 2.4.1.1-3 該当機体分類

	Airbus	Boeing	Bombardier De Havilland	Embraer	ATR
Twin Aisle	Very Large	A380	747	-	-
	Large Twin Aisle	A350-1000	777 777X	-	-
	Midsized Twin Aisle	A330ceo A330neo A350-800/900	767 787	-	-
Single Aisle	A320ceo A320neo A220(CSeries)	737 737MAX	-	-	-
Regional Jet	-	-	CRJ	E170 E175(含む E2) E190(含む E2) E195(含む E2)	-
Turboprop	-	-	Q400	-	ATR 72/42

(2) COVID-19 の影響

Avolon(リース会社)は 2020~2023 年に受領予定の 75 機の 737MAX 型機と 4 機の A330neo 型機の発注を取消し、16 機の 737MAX 型機と 9 機の A320neo 型機を受領を延期。同社の保有機材は 549 機、発注残は 306 機⁽³⁾。

世界の運航会社は 2020~2021 年に、1,546 機の Airbus 機、1,159 機の Boeing 機の合計約 2,700 機を受領し、地域的にはアジア太平洋が最多でその 33% (902 機) を占める計画であったが、2020 年 2 月は 11 機、3 月は 13 機を受領に留まり、中国向けはゼロだった。金融サービス Jefferies の今年の出荷予測では、広胴機は 118 機(A:45,B:73)で 2019 年比 70%減、狭胴機は 709 機(A:489,B:220)で 2019 年比大幅減の見通し⁽⁴⁾。

AirAsia は、349 機の A321neo 型機と 13 機の A320neo 型機の総額\$46B の発注残をもつ Airbus 社の最大顧客の 1 つだが、2020 年はこれ以上機体を受領せず、残る受注残も再検討する方針とのこと。なお、Airbus 社は、AirAsia が受領しなかった 6 機を競売にかけている⁽⁵⁾。

Lufthansa 航空は、96 機の A320neo 型機と 27 機の A350-900、及び 20 機の 777X 型機、20 機の 787 型機に関し Airbus 社と Boeing 社に出荷延期を交渉中⁽⁶⁾。

Qantas 航空は、Airbus 社と Boeing 社に、近い未来に新機材を受領できるとは思えないと通知。3 機の 787-9 を 2020 年末迄、18 機の A321neo 型機を 2022 年迄に受領する予定であった⁽⁷⁾。

Emirates 航空は、A380 型機の発注残 8 機のうち、来年 3 月迄に 3 機受領し、残り 5 機の取消を申し出たが、既に組立を始めており Airbus 社は拒んでいる⁽⁸⁾。

世界の商用機の 2/3、17,000 機が駐機を余儀なくされている。これらの機材も償却は必要で、運航会社には財務的負担がかかる。また早急な再使用に備えた整備や劣化防止のための湿度や塩害を避ける駐機場所の確保も大きな負担となる⁽⁹⁾。

Etihad 航空は、3 月から駐機中の 10 機の A380 型機を退役させ、A350 型機の発注を取消す⁽¹⁰⁾。

世界の旅客が殆どなくなり旅客便が大幅運休となる一方で電子商取引は増加しており、貨物容量の不足に対応する為、貨物運航会社は現有機材の稼働率を上げると共に、新旧機材の追加を検討している（2020年の第1四半期に通常航空貨物が年率8.5%で拡大したのに対し小包急行便は20.5%で増加）。業界1位のFedExは、保有する450機中431機が稼働しており、加えて73機の767型機及び777型機の発注残をもつ。業界2位のUPSは265機を運航し、15機の747-8に13機を追加すると共に10年以上前に退役したMD-11型機を5~6機追加する計画。業界3位のAtlas Airも保有79機中69機が稼働中⁽¹¹⁾。

IATAは、2020年の世界の運航会社の旅客は、2019年比50%減の22.5億人で2006年並みとなり、売上高\$419Bに対し、コスト面では燃料費等が減少するも35%の削減に留まり、最終損益は\$84.3Bの赤字と予測。2021年も売上高は29%減で、\$15.8Bもの赤字が残る見通し⁽¹²⁾。

IATAによると4月のRPK(有償旅客^{*})は前年同月比94.3%減。Boeing社CEOは「回復に2~3年かかる」としている⁽¹³⁾。

IATAは、COVID-19で落ち込んだ航空需要が2019年の水準に戻るの、早くとも2024年とした。世界航空市場の4割を占める米国での感染拡大、予算縮小やビデオ通話の利用による企業での出張減、そして消費者の旅行意欲の低下等が背景。2021年の需要は2020年の75%増の予測であるが、2019年比では36%減に留まる。2025年時点でコロナ前の予測の16%減となり、失われた需要は大きい⁽¹⁴⁾。

S&P Globalは2020年の旅客(RPK)予測を2019年比で5月の50~55%減から60~70%減に修正。その後の予測は2021年;30~40%減、2022年;15~20%減、2023年;10~15%減⁽¹⁵⁾。

American航空はこの3月に、1984年以来初めて777-300による貨物専用便20便をDFW~FRAで試験的に運航。その後、幾何級数的に増大し、行先も香港、上海、北京、ソウルまで広がり、この9月には1,000便以上となる見込みである⁽¹⁶⁾。

United航空は3月以来、貨物専用便を5,000便運航、緊急医療品等を1.7億^{kg}輸送した⁽¹⁷⁾。

COVID-19感染拡大が続く中、世界の商用機の32%、8,600機が夏の最盛期に入っても駐機中。2020年になって34社の運航会社が破綻、既に2019年の27社を超え、最終的には70社に達する見込み。需要拡大を前提に投資してきたリース産業や金融商品もリスクに曝され、Airbus社/Boeing社への発注取消は3月以降500機以上、リーストプライスで\$66Bを超える。大口の取消はリース大手やLCC。Boeingは、「旅客回復に3年、機材需要が成長軌道に戻るには更に数年を要する」と予測⁽¹⁸⁾。

IATAによると世界の運航会社(約290社)の2020年合計売上高は2019年実績の半分に落ち込み、最終赤字合計は過去最大の\$84.3Bに達すると予測。このため雇用や金融面で政府支援が必要な運航会社が多い。一方、政府主導の支援の手法は各国で異なり、公正な競争の確保や説明責任が課題である。アメリカ政府は、3月末に運航会社に対す

る総額\$50Bの巨額支援枠を設け、このうち\$25Bが9月末までの雇用向け融資と補助金に充てられた。9月末の期限切れを控え、American航空は10月に従業員の14%、19,000名を強制的に無給休職にすると通知、Delta航空も10月に操縦士の2割、1,900名の削減を、またUnited航空も操縦士2,850名の一時帰休の上積みを発表。政府の雇用向け支援の延長を催促している⁽¹⁹⁾。

IATAによると、7月の航空貨物は前年比14%減だったが、貨物機容量が29%増えたものの、床下貨物容量が70%減ったため総容量は31%減となり需要を満たさず、貨物運賃は高止まりし、Atlas Air等航空貨物会社は高い収益を上げている⁽²⁰⁾。

IATAの2020年の推計需要は2019比66%減、2021年はワクチンの実用化と普及を前提に2020年比50%増(2019比50%減)なるも、運航会社の経営は苦しい状況が続く見通し。業界の推計赤字総額は6月予測から更に悪化し、2020年は\$84.3Bから\$118.5Bに、2021年は\$15.8Bから\$38.7Bに赤字幅が広がった⁽²¹⁾。

ANAが現有機材の1/10に当たる、777型機を含む35機の退役を発表。JALも777型機24機を2023年3月迄に退役させると発表⁽²²⁾。

JALはコロナ禍後の展開に備えて公募増資等で1,680億円を調達すると発表。時価総額(6,213億円)の30%にも相当するが、世界中でコロナ禍が再拡大し需要減の長期化が懸念される中で、果たして調達資金で想定通りの復活への道筋が描けるのかが問われる⁽²³⁾。

LCCのAirAsia Japanは主要株主AirAsia(マレーシア)からの支援打ち切りで、破産手続き開始を申し立てた。中部国際空港を拠点とする唯一の運航会社だが、販売切符の返金が出来ず債権者は23,000名以上、負債総額は217億円。国内運航会社で初の経営破綻となる⁽²⁴⁾。

IATAは、ワクチン普及等を見込み、2021年の航空需要を2019年比51%まで回復するとの見通しを示しているが、変異ウイルスの感染拡大する場合、2021年の航空需要は、2019年比38%の水準にとどまるとの見通しを示すなど予断を許さない状況が続いている⁽²⁵⁾。

(3) COVID-19 対策

EASAと欧州防疫センターは、共同で旅客の安全を守る以下の方法を勧告⁽²⁶⁾。

(AVD0522)

- ・ 経済損失が大きい中央席を空けることは勧めないが、可能な限り家族以外には隣接した席を指定しない
- ・ 混雑して間隔を空けることが難しい時は、旅客と乗員は常に手洗いや呼吸エチケットを守り、マスクを着用するなどのあらゆる予防手段を講じる
- ・ 遵守しない旅客には搭乗拒否などのしかるべき処置をとる
- ・ 空港ターミナルには旅客と乗員以外は近づけない
- ・ 搭乗券受領時には、非感染の証明書の提示

- ・ 客室空気の再循環時には高効率フィルターを使用
- ・ 適切な換気なしで旅客を 30 分以上客室に留めない

コロナ時代を見据えて企業は資産規模の見直しに入り、Subscription Service 事業が広がり始めた。航空分野では米 Surfair が種々ビジネス機を月額 20 万円で使い放題のサービスを提供している。利用者は車で専用駐車場に乗り入れ、搭乗手続なしで搭乗できる。頻繁に出張する営業マンを多く抱える企業には時間短縮が利点。会員数 3000 名以上、2013 以来累計 75,000 便、延べ 25 万名以上を輸送した⁽²⁷⁾。

(4) MRO

世界で約 9,000 機が短期駐機、3,000 機以上が長期保存の工程に入っており、運航会社や MRO 業者は通常運航に戻るまで機体を健全な状態に維持するのに腐心している⁽²⁸⁾。

2.4.1.2 Boeing 社の動向

(1) Boeing 社

新型コロナウイルスから従業員の健康と安全を守る為、ワシントン州の 2 つの工場は 3/25 から 2 週間の予定で休業していたが、4/8 以降も別途通知するまで再開を延期すると発表。この地域の全従業員 7 万人中 3 万人の工員が影響を受けた。休業中の有給休暇を 5 日から 10 日に増やしたが、その後は無給になる。需要が低迷する中で工場従業員の希望退職を募っている⁽²⁹⁾。

サウスカロライナ州政府の住民に対する在宅指示に従い、Charleston の 787 型機組立工場も 4/8 から別途通知するまで閉鎖となる⁽³⁰⁾。

ワシントン州での 3 週間の生産休止後、4/13 から工員 2,500 人のみを呼び戻し、マスク等の防護器具を支給の上、Renton での P8 対潜哨戒機及び Everett での KC46 給油機を生産を再開する⁽³¹⁾。

4/23 から 27,000 名の従業員で 747 型機、767 型機、777 型機、787 型機を生産を再開する⁽³²⁾。

4/29 の記者会見にて CEO は、旅客需要が大幅減退する中で、中・大型機より小型機の方に需要があると見て、次世代新型中型機 NMA の開発は中止、787 型機の月産は現行 14 機から年内に 10 機、2022 年には 7 機へと半減、777 型機は現行 4.5 機から 2021 年に 3 機へ 1/3 減らす一方、現在運航停止中の 737MAX 型機を主力に据え、今年半ばから生産を再開、2021 年には従来の月産 52 機の 6 割の生産規模を目指すとした。このため従業員の 1 割相当 16,000 名を削減。商用機と MRO 部門の 70,000 名を対象に希望退職を募り、不足すれば指名解雇に踏み切る。737MAX 型機出荷停止に加え、コロナ禍による運航会社の受領延期や支払い遅延で業績は悪化し、資金繰りが逼迫。Embraer 社商用機部門の統合に向けた \$4.2B 出資計画は撤回。2020 年第 1 四半期の商用機出荷は前年同期比 7 割減の 50 機に留まり、純現金収支の赤字が 2019 年第 4 四半期から大幅に増加し 5,000 億円に達した。1 年以内に返済予定の短期借入金が 5,500 億

円あり、また 737MAX 型機生産再開に 5,000~6,000 億円必要となり 3 月末に 1 兆 6,000 億円あった手元資金は年内に底を突く見通し。1 兆円規模の社債発行も検討している模様。米政府は\$2.2T の経済対策に「国家安全保障に関わる企業」として Boeing 社向けに\$17B の融資枠を用意したが、政府出資が前提のため会社側は難色を示している。事業縮小で世界のサプライチェーン 17,000 社への打撃も避けられない。中でも Boeing 社に多くを依存する日本企業は苦しい⁽³³⁾。

Boeing 社商用機部門の 2020 年第 2 四半期出荷機数は前年同期比 8 割減の 20 機(2019 年第 2 四半期は 90 機)に留まり、売上高は 7 割減、サービス部門も 2 割減で全社の売上高は 737MAX 型機が全面出荷停止となった前年同期よりも更に 25%減の \$11.8B、最終赤字は\$2.4B、3 四半期連続の赤字である。2020 年上期の出荷は計 70 機(2019 年上期は 239 機)で、この間に 843 機、定価で約 9 兆円の発注が取り消され受注残は 4,552 機まで減少し、Airbus 社の 7,584 機に大差を付けられた。需要低迷の中 747 型機は受注残 12 機で 2022 年での生産終了を決め、777-300ER/777F は月産 3 機から 2021 年に 2 機に下げ、777X 型機出荷は 2022 年からの後送りした。787 型機は月産 14 機から 10 機に下げたが 2021 年には 6 機まで下げ、ワシントン州とサウスカロライナ州での生産を 1 か所に纏める事を検討している。焦点は 737MAX 型機の運航再開だが、見通しは不透明。生産を再開したいが既に完成機が 450 機滞留しており、月産 31 機への復活計画は 2021 年から 2022 年に後送りされた。商用機部門の 15%、19,000 名を削減する計画で、6 月末までに 6,000 名が自主退職している⁽³⁴⁾。

商用機部門では、今後 3 年は市場が低迷するとし、最初の 19,000 名に続き今年 2 度目の自主退職を募る。一方、防衛宇宙では 3,000 名を追加雇用する⁽³⁵⁾。

Boeing 社は 2020 年の需要予測(2021-2039)を発表。過去 10 年の乗客(RPK)の年平均伸び率は 6.5%と長期傾向の 5%より高く、運航機材は急増し、旧型式機の退役が遅れ、現用機材 25,800 機の内 4000 機以上が機令を超えている。今後の世界の GDP 年平均伸び率は 2.5%、乗客は 4.0%で伸び、運航機材数の伸びは 3.2%で、2039 年時点で 48,400 機機(昨年予測より 2,260 機、4%減)となる。この間の出荷機材数は 43,110 機。前年の予測と比べ、狭胴機はほぼ不変、広胴機と貨物機は 10%程度減り、リージョナル・ジェットは約 10%増。地域別にはアジア太平洋 17,485 機、北米 8,995 機、欧州 8,810 機、中東 2,945 機、中南米 2,610 機、露/中央アジア 1,250 機、アフリカ 1,015 機。今後 10 年の出荷機数は 18,350 機(昨年予測より 2,000 機、11%少ない)に留まる⁽³⁶⁾。

(2) 737MAX 型機

FAA の 737MAX 型式審査委は書類審査を終え、6/29 にも飛行審査を始めると議会に通知⁽³⁷⁾。

FAA は 737MAX 型機に関する AD(耐空性指示書)を発行し、Lion Air と Ethiopia 航空の事故調査で指摘された安全性の問題点に対して提案された設計変更と操縦手順に

関し、45 日間に亘り公衆の意見を募る⁽³⁸⁾。

American 航空と Southwest 航空は復帰遅延とコロナ禍にも拘らず、従来同様に 737MAX 型機に期待している。しかし Southwest 航空は契約条件の見直しは必要だとし、2021 年までに 48 機以上は受領できないと述べている。American 航空は発注残 100 機を維持し、今年受領分 17 機の融資条件で Boeing 社と合意したと述べた⁽³⁹⁾。

FAA は運航再開に必要な 36 頁の詳細設計変更の耐空性指示を発表した。FAA は運航を再開する来年初頭までに、幾つかの技術検討結果、模擬装置データ及び一般の公募意見を待っている。重要な設計変更の一つは、必要な速度センサーを 1 個から 2 個にし、両者の差異が一定値を超えたら MCAS を不作動とするよう要求している⁽⁴⁰⁾。

Enter Air(ポーランド)が今年初となる 737MAX 型機 4 機を発注。同社では進行中の厳しい調査・改修で今後長い間、世界で最善の機体になると信じると述べた。7 月末までに受注残は 836 機減少している⁽⁴¹⁾。

FAA は 11/18 に自動操縦装置 MCAS の操縦士を主体とする大幅な改修と新たな操縦士訓練計画を条件に、20 か月続いた 737MAX 型機の運航禁止を解除。今後機材の改修と操縦士訓練に約 1 か月が必要。Boeing 社は出荷を再開しているが、2 件の墜落事故と運航停止による損失は\$20B と推定。EASA も来週に解禁文書案を発行し、30 日間の公衆意見聴取を経て、来年 1 月中旬には解禁すると見られる⁽⁴²⁾。

11/18、FAA は 737MAX 型機の運航再開を承認すると発表。2 度の墜落事故以来の運航停止措置が、1 年 8 か月ぶりに解除される。年内にも航空路線に復帰、出荷が再開される⁽⁴³⁾。

12/3、Boeing 社は欧州の LCC 最大手のライアンエアーから 737MAX 型機を 75 機受注したと発表。墜落事故後で初の大口受注となり、受注額は 70 億ドル以上。ライアンエアーは欧州における 737MAX 型機の最大顧客で、受注数は累計 210 機となった。2021 年夏までに 25~30 機を出荷、残りは 24 年末までの引き渡し予定⁽⁴⁴⁾。

1/19、EASA 事務局長のパトリック・キー氏は、737MAX 型機の運航再開が来週承認されると発表⁽⁴⁵⁾。

(3) 787 型機

ワシントン州及びサウスカロライナ州の工場では顧客の受領を待つ 787 型機が、通常の倍の 50 機以上滞留し、駐機する舗装スペースは残り少ない⁽⁴⁶⁾。

コロナ禍により月産 14 機から 6 機まで減産する 2021 年中期に、コスト削減と競争力向上の為に 787 型機の生産をサウスカロライナ州に統合する。この為ワシントン州では 900 名が余剰になるが処遇は未だ不明。労働組合は、Boeing 社がコロナ禍を口実にワシントン州の 787 型機作業を労組が組織されていないサウスカロライナ州に移すと非難している⁽⁴⁷⁾。

(4) 777X 型機

最大の顧客 Emirates 航空は、コロナ禍と TC 取得過程遅れの影響で 2022 年以前に初号機を入手できそうにないと述べた。また発注機数 115 機の一部をコロナ禍以降の運航にもっと適した小型の 787 型機への転換を交渉中と明かした⁽⁴⁸⁾。

3 号機が飛行試験に加わった。尚就航はコロナ禍による大型機の需要減退で、2021 年から 2022 年へ後送りされている⁽⁴⁹⁾。

2/2、Boeing 社は、出荷遅れにより、売買契約を顧客が破棄する権利が生まれるため、777X 型機の受注の 1/3 程を失うリスクがあることを示唆。777X 型機の初期顧客の 1 社であるエミレーツ航空は、発注済の 115 機の 777X 型機の一部を、787 型機に変更する意向を示している。機体の引き渡しが 1 年以上遅れたとき、顧客が取引を破棄できる条項が両社間の契約に含まれている場合、エミレーツはさらに 777X 型機の注文を減らす可能性がある⁽⁵⁰⁾。

(5) 747 型機

Boeing 社は、50 年に及ぶ 747 型機生産の終了を準備しているとの報道を否定しているが、昨年主要サプライヤに 2023 年迄の出荷完了計画を説明しており、今年初の財務報告書からも従来の「747-8 計画の実行可能性を今後も検証していく」という文言が消え、販売及び生産ラインの維持努力の中止を示唆している。現受注残は貨物型 12 機で、現行月産 0.5 機で 2022 年末には完了する。⁽⁵¹⁾

2.4.1.3 Airbus 社の動向

(1) Airbus 社

2020 年第 1 四半期は生産機数の内 60 機が COVID-19 の影響で出荷できず、出荷は 122 機に留まった(2019 年第 1 四半期;162 機)。当面は月産機数を従来の 33%減とする⁽⁵²⁾。

Airbus 社の 2020 年第 2 四半期決算はコロナ禍で出荷機数は前年同期の 1/3 以下の 74 機、売上高は 55%減の€8.32B、最終損益は€1.23B の赤字(2020 年第 1 四半期も€1.31 の赤字、2019 年第 2 四半期は€2.19B の黒字)。需要減で A350 型機の月産機数は 9.5 機から 4 月に 6 機に下げたが、更に 5 機に下げる。CEO によると、需要回復は緩慢で、狭胴機は 2022 年から戻り始めるが、需要全体が戻るのは 2023~25 年になるとの見解⁽⁵³⁾。

(2) A320neo 型機

Airbus 社は現金節約の為に他の計画は取り止めたが、昨年のローンチ以来 450 機以上受注した航続距離 4,700mile の A321XLR 型機は 2023 年就航を目指して開発を進めている⁽⁵⁴⁾。

A320 型機ファミリー 1 万機目の A321neo 型機が Middle East 航空に納入された⁽⁵⁵⁾。

Airbus 社は、コロナ禍が過ぎ旅客が回復し始めるとみて、サプライヤに現行の月産 40 機から 2021 年後半には 47 機への増産に備えるよう要請⁽⁵⁶⁾。

(3) A330neo/A330

COVID-19 の影響で、A330 型機受注残の 25%を占める AirAsia グループが受領を延期する等、大手運航会社が計画を再検討している為、Airbus 社は A330neo 型機の減産を検討中。以前から路線の細分化で狭胴機需要が好調な一方、広胴機は停滞気味であった⁽⁵⁷⁾。

2/4、Airbus 社は、王立航空協会のイベントで A330 型機ベースの BelugaXL の ETOPS 計画を発表。6 機製造される BelugaXL のうち、最後の 2 機が 180 分の ETOPS 承認を受けるというもの。

北米の打上げステーションへの BelugaXL による衛星輸送の可能性を示唆。現在の A300 型機ベースの Beluga は段階的に廃止される⁽⁵⁸⁾。

(4) A380 型機

最終号機の超大型部材が Toulouse に到着。A350 型機や 787 型機等の効率の良い小型広胴機との競争に敗れ、就航後僅か 14 年の 2021 年に生産を終了する。Airbus 社は A380 型機に数十億ユーロを投じたが、仏、独、英、西の欧州統一企業の構築に貢献したと評価⁽⁵⁹⁾。

2.4.1.4 その他各社の動向

(1) Embraer 社

商用機部門を分社化して、この 4/24 迄に事業を統合する計画だったが、Boeing 社は「期間延長の条件を満たさなかった」として中止を発表。Embraer 社は不服で法的措置も示唆している。Boeing 社が\$4.2B を出資して 80%の株式を取得する計画だったが、COVID-19 による需要低迷で Embraer 社の株価は年初から 70%下落、商用機部門の事業価値も買収予定価格の 1/4 迄落ち込み、当初の条件では Boeing 社に巨額の暖簾代が発生する。Boeing 社側も 1 年以上に及ぶ 737MAX 型機運航停止に重なる需要低迷で、財務状況は大きく悪化しており、2020 年第 1 四半期株主総会直前の決断となった。なお EU 独禁当局の承認審査遅延も遠因である⁽⁶⁰⁾。

商用機部門提携計画を破棄した Boeing 社に対して仲裁手続きに入るが、アメリカとブラジルの何れの裁判所に訴えるかは明かしていない。軍用機材の最大の顧客であるブラジル軍部は 新たな 提携相手に中国を検討している⁽⁶¹⁾。

Embraer 社はコロナ禍後の市場回復に向け、大幅にコストを下げる Turbo Prop 機の開発を計画。78 席の E175 型機の Turbo Fan エンジンを Turbo Prop に置換するもので、2021 年に開発着手、2027 年の就航を目指し、数社のリスクシェアリング・パートナーと交渉中である⁽⁶²⁾。

9/4、Embraer 社は解雇と自主退職により合計 2,500 人の人員削減を発表。COVID-19 の影響で航空機需要が激減した上、Boeing 社との合併が破談したことによる経営体制の立て直しの一環。Embraer 社の 2020 年 1～6 月期の旅客機の引渡しは前年同期比で 75%減となり、航空輸送機分野は短・中期的に回復しないと説明⁽⁶³⁾。

(2) Mitsubishi Aircraft SpaceJet

三菱重工業 (MHI) の泉沢 CEO は、財務上の対策として、SpaceJet リージョナル・ジェットの M100 バージョンの開発を一時停止することを発表。北米市場向け M100 型機は、米国の主要運航会社のスコープクローズ条項に合致する仕様として提案されていた⁽⁶⁴⁾。

三菱航空機は、モーゼスレイクで実施中の飛行試験を中止、生産をゼロ、名古屋の開発拠点の人員も削減する予定。また、プロトタイプを保管するモーゼスレイクの飛行試験基地を除いて、日本国外での操業を閉鎖する⁽⁶⁵⁾。

10/30、三菱重工業は 2020 年度第 2 四半期決算概要説明において、Mitsubishi SpaceJet M90 について、開発活動は「いったん立ち止まる」と説明。資金配分計画で、2018～2020 年度の 3,700 億円に対し、2021 年～2023 年度は 200 億円に削減する⁽⁶⁶⁾。

(3) 三菱重工

Bombardier 社の CRJ 計画取得を完了し、MHI RJ Aviation グループを発足。MHI は CRJ シリーズの TC と関連知的財産と共に、整備、技術支援、耐空性維持、資産管理、市場・販売の事業を獲得した⁽⁶⁷⁾。

(4) その他機体開発動向

a. 超音速旅客機「Overture」

Rolls-Royce 社は Boom Technology 社が開発を目論む 55～75 席、巡航速度 M=2.2 の“Overture”超音速旅客機に向けた推進システムの開発に合意。試験機は 2025 年にロールアウトし、5 機による飛行試験により 2029 年に耐空証明取得、就航を目指す⁽⁶⁸⁾。

b. 小型無人機「PrimeAir」

FAA は Amazon のドローン(小型無人機)による小包配送を Part135 に基づき承認。Alphabet の Wing と UPS に次ぐ 3 番目の承認となる。Amazon のドローンは 5 ポンド迄の小包を輸送可能だが、頻繁な輸送に耐えるインフラ整備には時間を要する⁽⁶⁹⁾。

[2.4.1 項 出典 (1) ～(69) : 各、資料 3 の P2020D201～P2020D269 参照]

2.4.2 エンジン関係

(1) GE アビエーション社

a. GE9X

ボーイング社の 777X 型機用ターボファン GE9X エンジンの認証を受け、GE アビエーション社は、年末までに延長運航承認のための試験を完了させることを目指しており、埃やゴミが耐久性に与える影響を軽減するように設計された革新的なフロー・インデューサー装置の検証試験に向けて、別のエンジンを準備している。

開発史上最大のターボファンである GE9X エンジンは、2022 年に 777-9 に搭載される予定で、エミレーツ航空のような高温・粉塵の多い過酷な環境で運航する運航会社向けに開発された。GE アビエーション社はエンジンの耐久性と砂や埃に対する耐性を向上させるために、コアから異物を除去する標準的な可変バイパス・バルブ・システムに加えて、抽気した冷却空気から粒子をフィルタリングするシステムを追加した。

高温で乾燥した地域や大気汚染の激しい地域では、粉塵はブレードやステータの外面に堆積し、遮熱コーティングを劣化させたり、ブレードやノズル内部の冷却空気流路を塞ぎ冷却効果を低下させるなど、耐久性の問題を引き起こす。

異物除去装置の動作についての詳細は明らかにされていないが、特許文書によると、インデューサがブリード・システムから冷却流を取り込み、遠心分離であらゆる粒子を分離することが明らかになっている。クリーンな空気は冷却システムに導かれ、異物を含む空気は排出口からバイパス・ダクトに流れる。GE アビエーション社は代表的な粉塵の混合物を作成したり、また世界中の地域から粉塵を持ち込んでファンに粒子を噴射してエンジンを運転し、ボアスコープを使った検査を行い、意図通りの結果が得られたかどうかを検証する。

この試験は、2021 年半ばまでに完了する予定。インデューサは、GE9X エンジンの他のいくつかの要素と同様に、3D 印刷技術を用いてコバルト・クロム合金で作られている。従来の製造技術では 13 個の要素から構成される必要があったが、3D 印刷を使用することで、このデバイスは 1 つの部品として製造することができる。

GE アビエーション社はまた、CFR Part 25 ETOPS の承認のために、エンジン試験を継続する予定である。この試験には、初期整備点検 (IMI) のために、1,000 サイクルを蓄積したエンジンが含まれる。これらの試験は年内に完了する予定である⁽⁷⁰⁾。

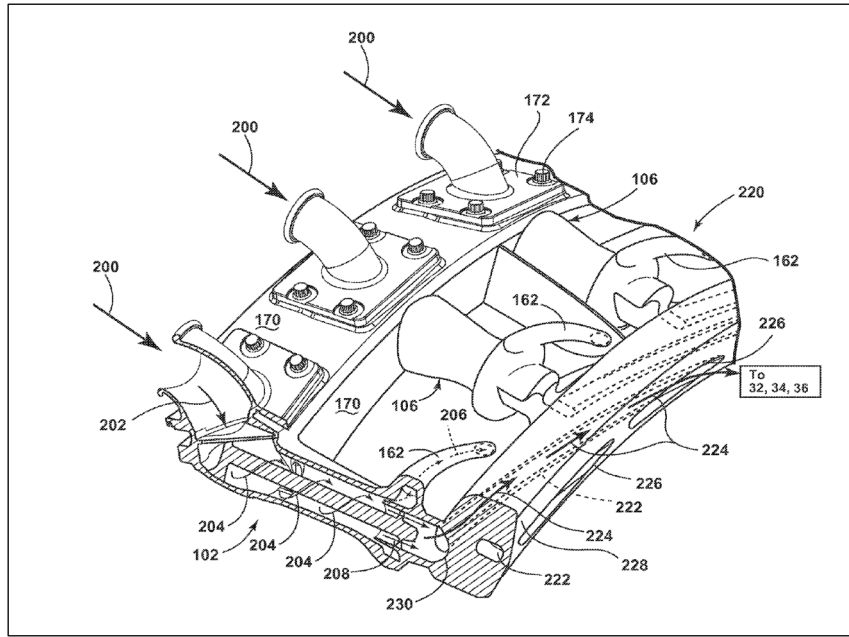


図 2.4.2-1 特許情報からの図 Cyclonic Separator(US20170122202A1)

[2.4.2 項 出典 (70) : 資料 3 の P2020D270 参照]

2.4.3 装備品関係

2.4.3.1 航空機装備品関係の全般的な動向（COVID-19 の影響を含め）

(1) 航空機装備品業界の技術開発動向（COVID-19 の影響）

COVID-19 による世界的な航空需要、航空機生産などの減少により、航空機装備品分野も大きな影響を受けている。（図 2.4.3-1 参照）ここでは、技術開発の視点から、主に下記の動向について調査・とりまとめを行った。

① COVID-19 対策に関連した装備品技術開発（短期的）

② 旅客機の貨物機転用に関連した技術開発（短期的）

③ 電動化、自動化等の技術開発（中・長期的）

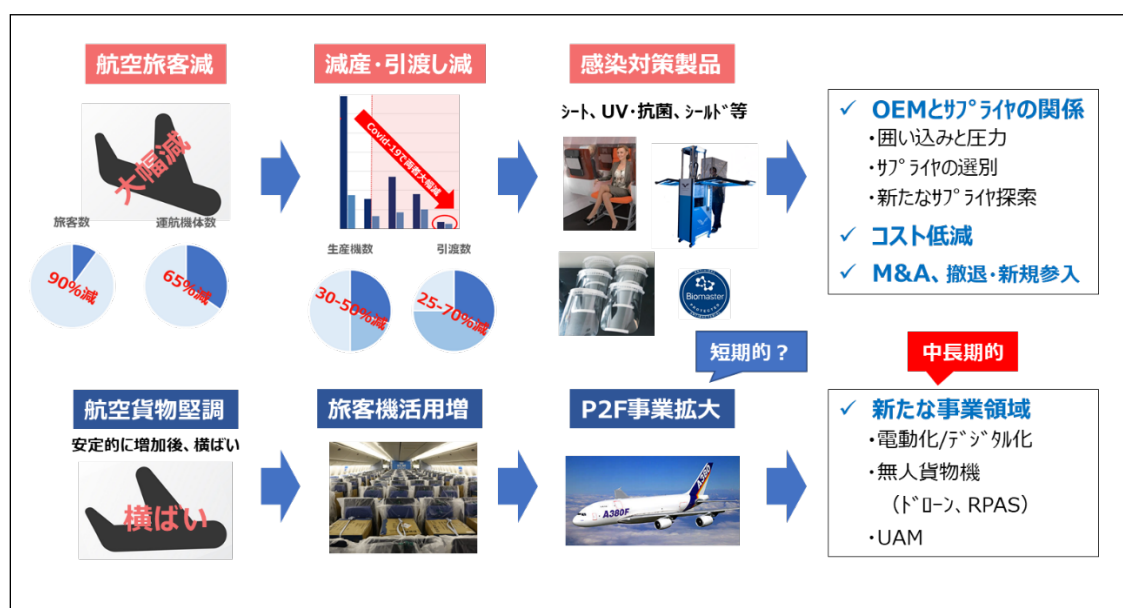


図 2.4.3-1 COVID-19 による航空機産業へのインパクト（イメージ）(71)

(2) 航空機装備品業界の業績動向（COVID-19 の影響）

航空機装備品は航空機 1 機の価値構成の中で全体の約 40%を占め（図 2.4.3-2 参照）、近年の装備品技術の高度化等により、その比率も増加傾向にある。また、航空機向けソリューション・サービス等、アフターサービスの収益も多く、2019 年の主要航空機装備品メーカーの営業利益率の平均は約 18%となっている（大手装備品メーカー 4 社の平均）。

しかしながら、COVID-19 の影響でエアラインの ASK（有効座席キロ）は 2020 年 6 月時点で前年同期に比べて約 8 割減少、アジア・太平洋地域、北米、ラテンアメリカでは 4 月時点よりも、さらに状況は悪化している。また、Boeing 社、Airbus 社など主要航空機メーカーでは機種により 3～5 割減産していることから、航空機装備品業界も大きな影響を受けている。

主要な航空機装備品メーカーである Raytheon 社（2020 年 4 月に United Technologies の UTAS : UTC Aerospace Systems と P&W と合併）、Honeywell、Safran、BAE Systems

の 2020 年上半期の収益を前年と比較した場合、いずれも減少していることがわかる。

航空機主要装備品メーカーの 2020 年、2019 年上半期収益

	million \$, €, £	2020 1st half	2019 1st half	Change
Collins Aerospace	Revenue	\$4,202	\$6,576	-36.1%
	Operating Profit	(\$317)	\$1,276	-124.8%
【参考】 P&W	Revenue	\$3,487	\$5,154	-32.3%
	Operating Profit	(\$457)	\$449	-201.8%
Honeywell Aerospace	Revenue	\$2,543	\$3,508	-27.5%
	Operating Profit	\$528	\$907	-41.8%
Safran	Revenue (Consolidated)	8,902 €	12,315 €	-27.7%
	Operating Profit (Consolidated)	715 €	1,909 €	-62.5%
BAE Systems	Revenue (IFRS)	£9,180	£8,674	5.8%
	Operating Profit (IFRS)	£808	£896	-9.8%

航空機装備品の価値構成

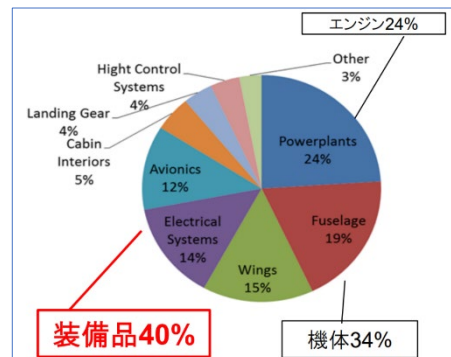


図 2.4.3-2 航空機装備品の価値構成等⁽⁷²⁾⁽⁷³⁾

2020 年上半期の収益を見た場合、旧 UTAS の Collins Aerospace 社、P&W 社（エンジン）はいずれも売上が 3 割以上減少し、赤字となっている。Honeywell Aerospace 社の売上は約 28%減、営業利益は約 42%減、Safran 社は連結で売上が 3 割弱、営業利益は 6 割以上減少している。Safran 社の売上を部門別で見た場合、Zodiac 社に代表される航空機機内装備（Aircraft Interiors）が 36.4%減と最も減少幅が大きく、次いでエンジンが 31.4%減、装備品及び防衛関連が 20.1%減となっている。一方、英国の BAE Systems 社の今期売上は前期と比べて 6%弱伸びている。ただし、営業利益は 1 割弱減少している。なお、BAE Systems 社の収益は、航空機（主に軍用）以外に船舶・陸上車両、エレクトロニクス・システム、プラットフォーム&サービス全体の数値であるため、他の 3 社とは事業構成も異なり、単純に比較することはできない。

以上、2020 年上期の業績を見た場合、Raytheon 社（旧 UTAS）、Honeywell 社、Safran 社については、前年同期と比べて、売上で 3 割程度、営業利益はそれ以上に大きく落ち込んでいることが分かる。

※Raytheon 社と United Technologies の UTAS（UTC Aerospace Systems 社と P&W 社）合併

2020 年 4 月に Raytheon 社と UTAS が合併、合併後の社名は Raytheon Technologies 社。2019 年の売上高で 740 億ドル（2019 年、防衛 38%、民間 62%、従業員数 195,000 人、売上では Lockheed Martin 社を抜き業界 3 位の規模である。

2.4.3.2 航空機電動化技術の技術開発への COVID-19 の影響

航空機電動化については、COVID-19 が「向かい風」、「追い風」の両面で影響しており、現時点で、航空機電動化に対する COVID-19 の影響を見極めるのはやや難しい状況にある。こうした中、アフターCOVID-19 も見据え、温暖化対策や COVID-19 で厳しい事業環境に

ある航空機産業を、各国政府が支援する動きがあり、航空機電動化関連の技術開発もその対象となっている。

(1) COVID-19 の負のインパクト（向かい風）：プロジェクト中止、厳しい資金調達

航空機電動化に限らず、COVID-19 により航空機産業の業績が悪化（Boeing 社、Airbus 社ともに 2020 年上期は赤字）、結果、新型航空機の開発計画が中止、棚上げされる事例が複数みられる（Boeing 社 NMA、MITAC スペースジェット、Embraer 社新型ターボプロップ機等）。

航空機電動化においても、2020 年 4 月 27 日に Airbus 社、Rolls Royce 社が「E-FanX」プログラムの中止を発表。ただし、Rolls Royce 社は地上試験については完了させると表明している。

Boeing 社も Boeing NeXt の CEO Steve Nordlund 氏がすべての活動を中止することを発表。Boeing 社としては、コア事業に集中するとしている。なお、UAM 等の研究開発活動は既存の部署で継続的に取り組み、NeXt の人材約 100 名もコア事業への配属を考え、レイオフは避けたいと述べている。（The Seattle Times 2020/9/16,18）

また、民間輸送機ではないが、2010 年代半ば頃から注目されてきた eVTOL 機の開発も、COVID-19 の影響で複数の機種で試験飛行が延びており、開発に遅れがみられ、Uber も同社の Uber Elevate の実証運用を 2023 年から 2024 年に遅らせることを発表している。また、eVTOL 開発では、シリコンバレーに代表されるファンドからの資金調達が厳しい状況にある。

(2) COVID-19 の正のインパクト（追い風）：政府支援

航空機電動化に関する技術開発については、COVID-19 の前から国が資金を拠出する例（英国の「Future Flight Challenge」等）がみられた。こうした中、COVID-19 で航空機産業が厳しい状況にあることから、フランスでは環境対策向けに 3 年間で 150 億€（2020 年は 3 億€）の支援を行うことを発表しており、航空機電動化もその対象となる。また、7 月半ばには、EC が「A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe」を発表、航空機分野では、2035 年までに水素を燃料とする推進システム等を搭載した短距離民間輸送機の実用化可能性について触れられている。なお、こうした欧州の航空機電動化などに対する公的支援の背景には、2050 年に向けての温暖化対策がある。

一方、資金調達が厳しくなっている eVTOL 機の開発では、米国空軍が 2020 年になり、新たに「Agile Prime」プログラムを立ち上げ資金支援を行うとともに、国防総省の DIUx（Defense Innovation Unit）も資金支援を行っている。

2.4.3.3 水素航空機関連の開発動向

(1) EC の水素プロジェクト（2020）

EC は 2020 年 7 月「A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe（欧州の気候中立に向けた水素戦略）」を発表、これは 2050 年までに気候中立（二酸化炭素の排出実質ゼロ）を目指す。

ロ) を目指す欧州グリーン・ディールの一環で、「エネルギー・システム統合戦略」を補完するものであり、以下の3つのフェーズから成っている。

第1フェーズ（2020-2024）

- ・最低でも6GWの再生エネルギー利用の水素電解装置の設置
- ・最低でも、年産100万トンの水素製造

第2フェーズ（2025-2030）

- ・2030年までに、最低でも40GWの再生エネルギー利用の水素電解装置の設置
- ・EU内で年産1,000万トンの水素製造

第3フェーズ（2030-2050）

- ・再生エネルギー利用の水素技術をマチュアなものとする
- ・CO₂削減が難しい分野へ大々的に適用する

(2) 航空機への水素燃料の適用形態

航空機への水素燃料の適用形態は、水素燃料電池、水素タービン、水素ブレンドの合成燃料（CO₂と水素から製造）がある。（図2.4.3-3参照）CO₂の削減効果は、燃料電池が75～90%と最も高く、次いで水素タービンが50～75%、合成燃料（水素ブレンド）が30～60%となっている（AWST2020/10/12-25）。また、燃料電池、水素タービン、合成燃料の開発とともに、水素製造、水素供給用のインフラの開発・整備が課題となる。

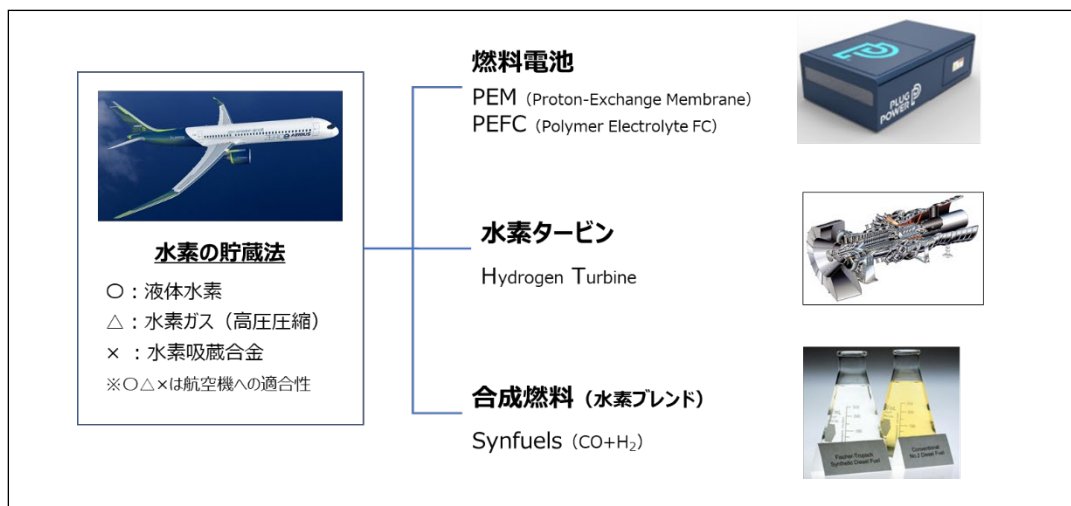


図 2.4.3-3 航空機への水素燃料の適用形態⁽⁷⁴⁾

航空機装備品としての水素燃料電池は、既に欧米では複数の航空機向け燃料電池の研究開発プロジェクトが実施されている。なお、日本では航空機用ではないが、トヨタ自動車の「MIRAI」に代表される燃料電池車が実用化、市販されている。

水素は、CO₂排出量は低減されるが、現状、コストが高い（2020年10月末時点で、「MIRAI」でのコストは約0.32\$/kWh程度）。（図2.4.3-4参照）また、CO₂排出量は低減

されるが、高空での水蒸気（飛行機雲）による温室効果が指摘されている（DLR 報告等、https://www.dlr.de/content/en/articles/news/2019/02/20190627_climate-impact-of-clouds-formed-from-aircraft-condensation-trail.html）。例えば、ターボプロップ用水素貯蔵システムを開発している Universal Hydrogen では、燃料電池から出た水は外翼タンクで回収する案を検討している。

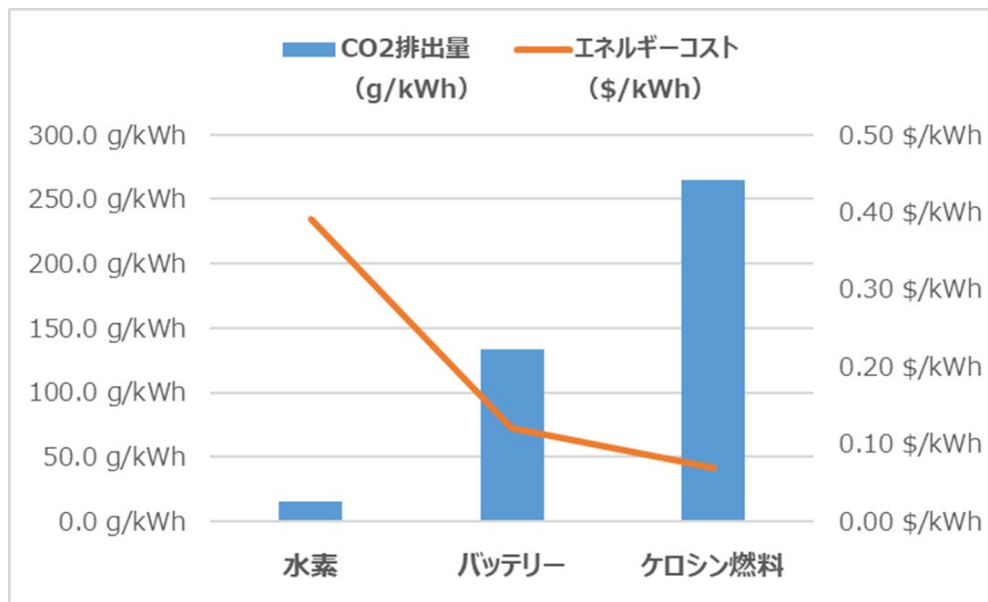


図 2.4.3-4 水素、バッテリー、ケロシン燃料の比較（CO₂ 排出量とエネルギーコスト）(75)

(3) 航空機装備品としての水素燃料電池

航空機装備品としては、水素燃料電池が APU の代替や eVTOL、電動航空機の ESS（Energy Storage System）として開発が取り組まれている。また、ジェネラル・アビエーション機では燃料電池を搭載した航空機がいくつか開発されている（NASA の Fuel cell E-plane、Boeing Fuel Cell Demonstrator Airplane、DLR HY4、Zero Avia HyFlyer 等、多くが水素ガスを適用）。現状、航空機向け燃料電池は、出力密度向上（自動車の 2～3 倍）、小型軽量極低温タンクの開発などが課題となっている。

■EU-FP（Horizon2020）での航空機用燃料電池システム開発事例

欧州では Horizon2020 で、「MAHEPA : Modular Hybrid Electric Propulsion Architecture」、「HEAVEN（High power density FC System for Aerial Passenger VEHICLE fueled by liquid HydrogeN）」等のプロジェクトを進めている。

「MAHEPA」は、4 年間で約 1,000 万ドルを投じて、4 人乗りのハイブリッド航空機（バッテリー及び燃料電池）を開発することを目的としており、スロベニアの Pipistrel が担当している。（図 2.4.3-5 参照）

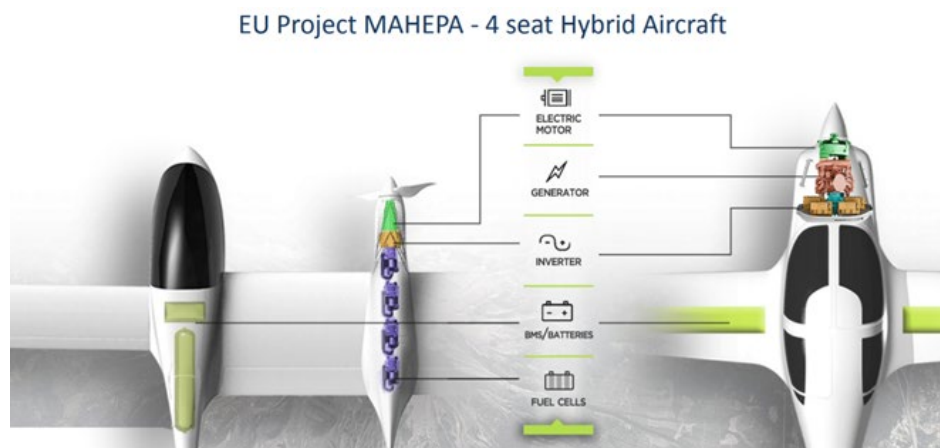


図 2.4.3-5 Pipistrel が開発している「MAHEPA」のシステム⁽⁷⁶⁾

「HEAVEN」は、スペインの Fundación Ayesa がコーディネータとなり、45kW の PEM（プロトン交換膜）型燃料電池をベースに 90kW の燃料電池を開発している。このシステムは世界で初めて液体水素を適用する計画で、以下の開発に取り組んでいる（予算額は約 400 万€）。なお、Fundación Ayesa はセルビア、アンダルシア地方での先進技術開発を目的に、2009 年に Ayesa グループにより設立された。なお、Ayesa グループは航空宇宙分野では設計、製造、メンテナンスなどを手掛けている。

- ・スタック性能：2kW/kg 以上
- ・コンバータ：最大で 5kW/kg
- ・水素貯蔵質量：全質量の 5.5%以下
- ・システム・ライフタイム：4,000 時間以上
- ・システム運用時の騒音：60dB(A)を目指す
- ・スケジュール：2018 年~2020 年
- ・目標 TRL：TRL3~4 からはじめ、最終的には TRL6 を目指す
- ・予算：約 400 万€

[2.4.3 項 出典(71)~(76):各、資料3の P2020D271~P2020D276 参照]

2.4.4 航空システム・航空管制・無人機・飛行制御関連

(1) NASA ATM-X プロジェクト

- 大きな進捗の報告は無し。

(2) UBER Elevate 関連

- UBER Elevate Summit 2020 年は開催されず。
- Joby 社が Uber Elevate を買収し、2023 年までに eVTOL 機を使った商用エアタクシー・サービスを開始する計画である。取引の一環として Uber Technologies 社は、総額 1 億 2,500 万ドルを Joby 社に投資することになり、Joby 社と Uber 社は、地上と空の旅行のシームレスな統合を目指して、それぞれのサービスを統合していく。他の Uber Elevate のパートナーとの関係については、Joby 社は詳細を明らかにしなかった⁽⁷⁷⁾。

(3) サイバー・セキュリティへの取組について

- 世界経済フォーラムのグローバル・リスク・レポート 2019 によると、サイバー攻撃は今後 10 年間で最も懸念されるグローバル・リスクのトップ 10 の 1 つで、データ詐欺、窃盗が 4 位、サイバー攻撃が 5 位にランクインしている。2019 年 1 月、世界経済フォーラムは、多くのステークホルダーの支援を受けて、航空業界のサイバー・レジリエンスを高めるためのイニシアチブを開始した。2019 年に実施された調査の結果によると、航空業界はデジタル化とコネクティビティの高度化を進める他の業界と同様のサイバー・リスクを経験する可能性が高いことが示唆されている。公的・民間のステークホルダーからの複数の視点を含め、ここに提示された知見は航空業界で首尾一貫したビジョンの策定に貢献することを目指している⁽⁷⁸⁾。

[2.4.4 項 出典 (77) ～(78) : 各、資料 3 の P2020D277～P2020D278 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P2020D001～P2020D012 参照]

3.2 公益財団法人航空機国際共同開発促進基金の刊行物における動向情報

3.2.1 令和2年度航空機業界動向情報（月次）

基金内部及び関係団体向けにまとめている航空機業界動向情報において、特に4月以降注目されたトピックスは、COVID-19 パンデミックに伴う渡航制限を受け、世界の旅客運航便が大幅に減少し、それがいつどの地位から回復するかということである。当初、渡航制限の解除に伴って夏以降回復に転じると見られていたが、9月以降感染率が再び増加に転じ旅行制限が厳しくなる中、運航会社のみならず OEM や MRO 及びそのサプライチェーンにまで深刻な影響が出始めた。

ボーイング社は、11月18日、2年に及んだ737MAX型機の運航停止がFAAによって解除された。今後はCOVID-19の影響下、在庫の一掃と生産再開及び737MAX-10型式証明取得に向けて取り組んで行くことになる。FAAの認証プロセス見直しも進められており、777X型機の型式証明取得試験を円滑に進めていくことも重要である。

一方、エアバス社はボーイング社に比べると恵まれた状態でCOVID-19の影響を被ることとなったが、それでも60機を超えるナローボディ月産機数を40機にまで下げることが余儀なくされ、A380型機旧生産設備の再利用計画、A220型機との製品ラインナップ上の棲み分けなどが課題と見られる。

航空技術面でのトピックスとしては、世界的な環境問題への関心の高まり等を背景に、水素を燃料とする航空機の研究が注目されるようになった。特に、フランス及びドイツ政府は、COVID-19に対する救済策として研究資金を支援することを発表した。

都市交通システム(UAM)では、様々な形態の小型完全電動垂直離着陸形式(eVTOL)が各国で開発中であり、プロトタイプングから認証へと進む企業が増え、量産に向けてサプライベースを探す企業も増えている。今後、どの企業が生き残るか注目される。

超音速実証機では、NASAのX-59QueSST、ブーム・スパーソニック社のXB-1、アエリオン社のAS2などの計画が進捗している。また、FAAは超音速機の飛行試験の承認を得ようとしている企業のためのガイドラインを提供している。

3.2.2 令和2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。令和2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 「R2-1 水素燃料航空機の研究開発動向」

航空機のCO₂排出抑制をはじめとした環境適合性向上に向けた取組が加速する中、

エアバス社を中心とした欧州の水素燃料航空機への研究開発シフトの背景に触れ、目標としている水素燃料航空機技術の検討の経緯（明確には 2000 年初頭に遡る）、その後の技術進展などについて解説する。

イ 「R2-2 国内における航空機装備品関連環境試験施設

「産業振興と人材育成の拠点」～S-Bird（エス・バード）～」

2018 年 3 月にオープンした S-Bird(エス・バード)は、南信州広域連合、長野県工業技術総合センター、信州大学、(公財) 南信州・飯田産業センターなどが連携し、航空機産業をはじめとする飯田下伊那地域の産業の高度化、高付加価値化を実現するための施設である。この S-Bird(エス・バード)について解説する。

ウ 「R2-3 機体騒音低減技術の研究開発動向」

機体騒音の特徴について簡単に述べた後、2010 年以降の 10 年間ににおける各国の技術開発動向や JAXA で実施された FQUROH プロジェクトの内容について、特に技術が進んだ CFD による機体騒音予測と、2016 年から続く飛行試験による技術実証を中心に研究開発の動向について概説する。

エ 「R2-4 複合材構造の非破壊検査・修理技術の最新動向

～AFP 積層インライン検査とスカーフ自動加工機～」

ボーイング 787 型機以降、旅客機構造への CFRP 大量使用の道が開かれ、自動積層の生産効率や月産レートの向上、修理の際に必要な加工技術の自動化などについて取組が進められている。これら近年取り組まれている自動積層の非破壊検査と複合材構造の修理に必要な加工の自動化の動向について解説する。

オ 「R2-5 感染症拡大による航空輸送需要への影響と要因」

近年、世界経済のグローバル化の進行や輸送手段の発達により、人や物の移動が活発化し、かつ短時間に移動が行われるようになった。特に、航空機を利用した海外旅行が身近になり、国境を越えての感染症の拡大が発生しやすくなっている。感染症拡大が航空輸送需要に与える影響とその要因について解説する。

カ 「R2-6 次世代ドローンや空飛ぶクルマのバイオミメティック技術」

ドローンと空飛ぶクルマの共通課題に、ロバスト性（墜ちない）、知能性（ぶつからない）が挙げられる。昆虫や鳥は自然環境を巧みに飛んできており、これらを規範とするバイオミメティクスが革新を導く新領域として期待されている。ドローンと空飛ぶクルマに共通する技術開発動向、バイオミメティクス事例を紹介する。

キ 「R2-7 航空機の与圧・空調システム～機内環境と新型コロナウイルス感染症～」

COVID-19 の感染拡大により航空運送需要は未曾有の落ち込みを示している。このような社会情勢の中で、航空機を利用した移動に伴う COVID-19 への感染リスクを心配して、航空機内の空調環境についての関心が高まっている。航空機の与圧・空調システムについて概説し、機内環境での感染リスクが低いことを説明する。

[3.2 項 出典(1)～(7)：各、資料 2 の P2020D101～P2020D107 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 51 期定時社員総会および年会講演会

2020 年 4 月 16 日（木）～17 日（金）にかけて、第 51 期定時社員総会および年会講演会が東京大学生産技術研究所にて開催される予定であったが、新型コロナウイルスの政府専門家会議の提言を受け、2020 年 3 月 23 日に開催中止が発表された。既に講演原稿は受理されていたが、未発表扱いとなった。また、2020 年 4 月 7 日の緊急事態宣言をうけ、第 51 期定期社員総会(4/17)は代議員限定の Web 会議で実施された。例年とは異なり、代議員以外の会員の参加はみおくられた。

なお、今回は、2021 年 4 月 19 日（木）～20 日（金）にかけて東京大学生産技術研究所（状況に応じてオンライン）にて開催される予定である。

(2) 第 52 回流体力学講演会／第 38 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム

第 52 回流体力学講演会／第 38 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウムを 2020 年 7 月 1 日（水）～3 日（金）にかけて、アイーナ：いわて県民情報交流センター（盛岡市）にて開催予定であったが、2020 年 3 月 31 日に開催中止が発表された。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。

現地開催は中止となったものの、流体力学講演会/航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム（2020 オンライン）が 2020 年 9 月 28 日（月）～30 日（水）で開催された。特別講演や表彰（優秀講演賞、学生賞等）は行われなかったが、226 名がオンライン参加し、一般講演 99 件のほか、2 件のワークショップとパネルディスカッションが企画された。

一つ目のワークショップは Sixth Aerodynamics Prediction Challenge (APC-6) であり、航空分野における CFD の発展を目的とする。本年度の課題は NASA-CRM（Boeing 社製 777 型機相当の研究用空力形状モデル）の低速・高迎角流の予測である。低速・高迎角時に、主翼で剥離して失速する場合や、主翼の後流が尾翼に干渉して機体が振動する場合があります、それらがフライトエンベロープを定める為、現象を正確に予測することが求められる。また、レギュレーションによる安全性要求として、不意に失速しても急激なピッチアップにならないことが求められており、失速付近でのピッチングモーメント傾向予測も重要である。このように巡航、離陸、着陸のいずれの形態でも低速・高迎角時の空力特性予測は重要であることを踏まえ、APC-6 ではそれらのベース形状である巡航形態の低速・高迎角特性を対象とし、CFD と実験を比較することで、現状の CFD の予測精度を把握することを目的とした。JAXA、大学、産業界から 9 件の発表があり、オンラインにもかかわらず参加者は約 90 名であった。

二つ目は直交格子 CFD ワークショップである。近年 CFD においては複雑形状を扱うためのニーズが高まっており、その解決策として直交格子法に基づく CFD 解析手法に注目が

集まっている。一方で、物体適合格子による従来の CFD と比較すると、物体形状の再現性や固体壁面境界の取り扱いに課題が残っている。本ワークショップではそれらの課題を解決すべく、ベンチマーク的な課題を設定し、参加者が相互に解析することにより、直交格子法に基づく CFD 解析手法の向上を目指すものである。5つの大学・研究機関から6グループによる発表と、全体をまとめた発表がなされた。

なお次回は、2021年6月30日（水）～7月2日（金）にかけて東京大学生産技術研究所（状況に応じてオンライン）にて開催される予定である。

(3) 第62回構造強度に関する講演会

第62回構造強度に関する講演会を2020年8月5日（水）～7日（金）にかけて、アバンセ（佐賀県佐賀市）にて開催予定であったが、2020年4月27日にオンライン開催へと変更となった。日本航空宇宙学会としては初の完全オンライン開催（Webex を利用）の講演会となった。本講演会は、航空宇宙工学分野の構造・材料関係の研究および技術交流の場である。本年度は一般講演86件（昨年は85件）実施された。例年実施される、特別講演の発表は行われなかった。

なお次回は、2021年8月4日（水）～8月6日（金）にかけてオンライン開催される予定である。

(4) 第58回飛行機シンポジウム

第58回飛行機シンポジウムを2020年11月25日（水）～11月27日（金）にかけて、アスティとくしま（徳島県徳島市）にて開催予定であったが、同一日程でオンライン開催された。

本年度は、395名がオンライン参加し、6件の特別講演を始めとする、192件（昨年は202件）の講演（特別企画・企画講演8企画73件、一般公演100件、学生講演19件）が実施された。特別講演の講演リストおよび特別企画・企画講演リストを以下にまとめる。

- ・特別企画（ランチセッション）：男女共同参画セッション

- ・企画講演（73件＋パネルディスカッション1件）

- 無人機の社会利用とそれを支える技術：10件

- 航空機における生産技術の動向と課題：10件

- 航空機電動化・電気推進技術の推進：9件

- 航空技術・開発と取り組み：4件

- 航空ビジョン2020とこれからの航空のありかたについて：4件

- ＋パネルディスカッション

- 風洞技術～風洞の将来像と航空機設計の今後について～：8件

- 民間超音速機開発のための要素・システム統合研究：16件

回転翼航空機の最新技術：12件

・特別講演

空の産業革命、移動革命に向けた政府の取組

伊藤貴紀（経済産業省製造産業局）

空飛ぶクルマ開発コンテスト Go Fly (Boeing)優勝までの軌跡と今後

中井佑（テトラ・アビエーション株式会社）

飛翔生物を規範としたドローンの高性能化

中田敏是（千葉大学）

ACMS による Health Monitoring とその先の Predictive Maintenance

谷口誠、松井雄大（全日本空輸株式会社）

まちかどの貨物機：空陸両用システムとしての『空飛ぶトラック』の実現に向けて

伊藤祐（ヤマトホールディングス）

飛鳥プロジェクトでの経験とその意義

大和裕幸（海上・港湾・航空技術研究所）

なお次回は、2021年11月30日（火）～12月2日（木）にかけてアスティとくしま（徳島県徳島市）にて開催される予定である。

(5) 日本航空宇宙学会原動機推進講演会

航空宇宙推進関連の研究発表が行われる国内学会。隔年(奇数年度)で国内開催、隔年(偶数年度)で国際学会として日中韓の順で開催。今回は2020年3月に、韓国仁川市にて開催予定であったが、新型コロナウイルス感染症拡大の影響で2021年へ延期された。

(6) 日本ガスタービン学会第47回定期講演会(GTSJ 48)

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48回となる今回は2020年10月14日・15日に、オンライン開催された。

次年度は2021年10月13日・14日に、福岡県福岡市にて開催予定。

基調講演

"ニューノーマルで加速するエネルギートランジションとターボマシナリーに課せられた使命"

+ 福泉靖史（三菱重工）

招待講演（航空関係のみ抜粋）

"エアラインにおける環境への取り組み"

+ 萩川宏樹(JALエンジニアリング)

企画セッション

"脱炭素社会実現に向けた水素利用技術の動向"

[モデレーター]

+ 幸田栄一 (電力中央研究所)

[パネリスト]

+ 高木英行(産総研)

水素社会実現に向けた戦略と動向

+ 谷村聡 (三菱パワー)

大型水素ガスタービンの開発

+ 藤森俊郎 (IHI)

アンモニアを燃料とする発電システム等の

開発動向

+ 足利貢 (川崎重工)

国際水素サプライチェーンの構築と

ガスタービン発電での水素利活用

+ 小島孝之 (JAXA)

航空機の電動化および水素適用の動向

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) 2020⁽¹⁷⁸⁾

米国航空宇宙学会（American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA）主催による Scitech2020 が 2020 年 1 月 6 日（月）～10 日（金）にかけて、米国オーランド（フロリダ州）にて開催された。2020 年大会のテーマは「Driving Aerospace Solutions for Global Challenges」であり、持続可能な未来への航空宇宙産業の貢献について議論がなされた。気象と極冠の氷をマッピングするための地球観測衛星を用いた気候変動との闘いや、無人ドローンを用いて都市部や遠隔地の農村に救命用品を届ける、などの事例に代表されるように、航空宇宙技術は地球上の人類の繁栄を支えるものである。

AIAA Scitech は世界最大の航空宇宙研究開発および技術のイベントであり、プログラムは 2 つの主要部分（技術講演会と、基調講演・フォーラム 360 のセッション）から構成されている。本年は 1,500 名の学生を含む約 5,000 名が参加した。技術講演会では、544 のテクニカルセッションで 2,400 を超える講演の発表があった。

・ 基調講演

Using Space to Support a Sustainable Society

The Next Giant Leap

Igniting Tomorrow: Stories from America's Favorite Museum

Engineers Build the World and We Can't Survive Without Them!

Multi-Use Aerospace Technologies

・ Forum 360 Sessions

Achieving Sustainable Aviation

Aerospace Innovation Enables Resilient Communities

AI in Emerging Aerospace Manufacturing

Is Hypersonic Flight The Next Big Thing?

Connecting Faster

Idea Challenge

The Next Challenge for Aerospace: Global Climate Change

High Performance Computing's Impact on Aerospace Prediction

Wow! Look at What We Discovered: Impacts of Multiple Use Aerospace Technology

(2) AIAA AVATION2020

AIAA 主催による AVIATION2020 が 2020 年 6 月 15 日（月）～19 日（金）にかけて、米国リノ（ネバダ州）にて開催予定であったが、2020 年 4 月 22 日にオンライン開催になることが決まった。AIAA にとって初のオンライン開催となった。2000 名以上の参加者があり 800 件以上の講演が実施された。また、340 時間以上のライブ配信があった。また講演

会終了後、講演会の聴講申し込みは 2020 年 8 月 1 日まで可能であり、繰り返し技術講演会や基調講演・Forum360 の内容を聴講することができる。

・ 基調講演

Plenary 1 - Keynote Address by Walt Odisho, Vice President & General Manager, 737 Program and Renton Site, Boeing Commercial Airplanes: Engineering in the Production System

Plenary 2 - Keynote Address by Jim Bridenstine, Administrator, NASA

Plenary 3 - Keynote Address by Tom Vice, Chairman, President and Chief Executive Officer, Aerion Corporation

Plenary 4 - Keynote Address by Grazia Vittadini, Chief Technology Officer, Airbus: Tackling the Imminent Questions

Plenary 5 - Keynote Address by Richard Aboulafia, VP, Analysis, Teal Group Corporation: COVID-19 and Civil Aviation Markets: A Bit Like Falling Off a Cliff, Only Without the Nice View

・ Forum 360 Sessions

F360 1 - Sustainable Product Lifecycle - Integration Everywhere

F360 2 - NASA Aeronautics: Shaping the New Era of Aviation

F360 3 - CFD2030 – Aerospace Grand Challenges for Revolutionary CFD Capabilities

F360 4 - Need for Speed

F360 5 - Growing Today's Workforce for Tomorrow's Technology

F360 6 - View From the Inside: The Promise of Electric Propulsion across the Aviation

F360 7 - View from Technology: A National Blueprint for Advanced Aerial Mobility

F360 8 - Sometimes you will never know the value of something, until it becomes a memory. - Dr. Seuss

(3) ICAS 2020

2020 年 9 月 14 日～18 日に中国上海で開催が予定されていた ICAS2020 上海大会は、1 年延期され、2021 年 9 月 6 日～10 日開催に変更された。ICAS は、日本航空宇宙学会を含む 28 か国の航空関係学会、36 の協賛団体からなる国際航空学術団体である。航空分野の学術発展と国際連携推進を目的として、1957 年にフォン・カルマン博士の提案によりオランダを本部として設立され、1958 年開催のマドリッド大会から隔年で大会を開催している。

(4) アジア太平洋航空宇宙技術国際シンポジウム 2020 (2020 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology, APISAT-2020)

APISAT2019 は日韓中豪 4 カ国の航空宇宙学会の共催により、2020 年 11 月 16 日 (月)

～18日（水）にかけて、済州島（韓国）で開催予定であったが、2021年11月15日（月）～17日（水）に延期となった。

(5) AIAA Propulsion and Energy Forum 2020 (AIAA P&E)⁽¹⁷⁹⁾

米国航空宇宙学会を中心とした航空宇宙推進関連の研究発表が行われる学会。その前身であるAIAA/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference の会議名も依然として掲げており第56回となる。例年、米国内で開催されているが、今回は新型コロナウイルス拡大に伴い、2020年8月24日-26日に、オンライン形式で開催された。21世紀に入ってから、宇宙推進（固体・液体・ハイブリッド・電気推進）関連の講演が多いが、近年は将来技術を中心に、航空推進（極超音速・電動化など）関連の講演が増えつつある。

2018年以降は、電動化航空機に関するセッションが独立して、AIAA/IEEE Electric Aircraft Technologies Symposium (EATS) となり、同一会場で連続して開催される形態が続いている。

次年度は2021年8月9日-11日に、米国コロラド州デンバーにて開催予定。

基調講演

- + Marla E. Pérez-Davis (Center Director, NASA Glenn Research Center)
- + Robert Lightfoot (Vice President, Strategy and Business Development, Lockheed Martin Space)

キーノート #1

- “Future Aviation Powered by Advanced Propulsion”
- + Robert Pearce (Associate Administrator, Aeronautics Research Mission Directorate, NASA)

フォーラム(パネルディスカッション)

“What’s the Next Breakthrough? Technology or Integration?”

What’s next on the horizon for the gas turbine engine, the workhorse propulsion system for aviation? Whether it’s making transportation faster, cleaner, and more efficient, or increasing its performance, it is clear air-breathing propulsion still has lots of opportunities. But does it require a breakthrough in technology or a higher level of integration? Hear a robust discussion on the future of gas turbine systems and technologies including a diversity of perspectives from government, industry, and academia.

[モデレーター]

+ Mary F. Wadel (Deputy Director, Aeronautics, NASA Glenn Research Center)

[パネリスト]

+ Charles (Chuck) J. Cross (Chief, Turbine Engine Division, Aerospace Systems Directorate, Air Force Research Laboratory)

+ Arjan Hegeman (General Manager, Advance Operations, GE Aviation)

+ Irewale Wally Orisamolu (Associate Director, Advanced Propulsion Technologies, Pratt & Whitney)

+ Lisa Teague (Head of Research and Technology, Rolls-Royce Corporation)

+ Karen Thole (Department Head, Mechanical Engineering, Pennsylvania State University)

フォーラム(パネルディスカッション)

“Perspectives on Electrified Aircraft Propulsion”

The panel brings together representatives from industry, government, and academia to discuss their perspectives on electrified aircraft propulsion. What propulsion architectures are being considered, what progress is being made, and which technology challenges are limiting successful applications?

[モデレーター]

+ Amy Jankovsky (Project Manager, Electric Aircraft, NASA Glenn Research Center)

[パネリスト]

+ Zubair Baig (Electrification Lead, Pratt & Whitney)

+ Fayette Collier (Associate Director for Flight Strategy, Integrated Aviation Systems Program, Aeronautics, NASA)

+ Evgeni Ganev (CEO, EMPS Consulting)

+ Ignacio Echavarría Díaz-Guardamino (Deputy Power System IPT & Battery Management Lead, Skydweller Aero Inc.)

+ David_Hall (Research Engineer, MIT Gas Turbine Laboratory)

フォーラム(パネルディスカッション)

“Electrified Flight Development Programs”

The Electrified Flight Development Programs panel will focus on the

system overview, demo goals, potential end product value proposition, development status and lessons learned in the electric aircraft industry.

[モデレーター]

+ Gökçin Çınar (Research Engineer, Aerospace Systems Design Laboratory, Georgia Institute of Technology)

[パネリスト]

+ Remo Gerber (CCO, Lilium)

+ Ed Lovelace (Technical Fellow, High Power Electrical Systems, Aurora Flight Sciences, A Boeing Company)

+ Alberto Aurelio Molina Sanchez (Electric/Hybrid Propulsion System Architect, Airbus E-Aircraft Systems Program, AIRBUS)

+ Tine Tomažič (Group CTO, Pipistrel Vertical Solutions)

+ Susan X. Ying (Senior Vice President of Global Partnerships, Ampaire)

フォーラム(パネルディスカッション)

“A Control Systems Perspective of Electrical Aircraft Propulsion: Vision and Challenges”

The integration of turbine engines and electric machines into a hybrid electric-gas turbine engine systems presents new opportunities to improve the design, operability, and performance of aircraft propulsion systems. To achieve these benefits, a number of unique challenges for aircraft and engine manufacturers must be overcome. This session brings together controls experts from NASA, and industry address the following goals:

1. Communicate a vision for how the development of controls technologies can enable new hybrid propulsion and power systems that meet NASA's strategic vision for electrified aircraft propulsion.
2. Identify gaps in controls technology that present roadblocks to commercialization of those systems as a basis for motivating future research investment.

[パネリスト]

+ Martin Amari (Senior Manager, Software Engineering, Pratt & Whitney)

- + Dominic Barone (Research and Development Engineer, Propulsion Group, Aurora Flight Sciences, A Boeing Company)
- + Joseph Connolly (Technical Lead, Electrified Aircraft Propulsion Controls, NASA)
- + Jeff Lawrence (Rolls-Royce Electrical Technical Lead, Controls, Rolls-Royce)
- + Kevin Melcher (Supervisor, Intelligent Control and Autonomy Branch, NASA)
- + Robert McQuiston (Manager, Engine Control Systems, General Electric Aircraft Engines)

《AIAA/IEEE Electric Aircraft Technologies Symposium (EATS)》

キーノート #1

- + Mike Mekhiche (Deputy Director, Rolls-Royce)

キーノート #2

- + Valery Miftakhov (Founder & CEO, ZeroAvia)

キーノート #3

- + Andreas Kollbye Aks (Chief Strategy Officer, Widerøe AS)

フォーラム(パネルディスカッション)

“Hydrogen Aircraft Panel”

[モデレーター]

- + Phil Krein

[パネリスト]

- + Phillip J. Ansell (Assistant Professor and Allen Ormsbee Faculty Fellow , Department of Aerospace Engineering, University of Illinois)
- + Josef Kallo (Head of Energy Systems Integration, DLR, Germany)
- + Valery Miftakhov (Founder & CEO, ZeroAvia)
- + Thomas Rötger (Assistant Director Environment Technology, IATA)
- + Bobby Sethi (Deputy Director of Research for Aerospace, Transport and Manufacturing, Cranfield University)
- + Simon Taylor (Chief Engineer, Hybrid & Electric Aircraft , GKN)

パネル(大学活動)

“NASA University Leadership Initiative (ULI) Panel”

The Ohio State University is executing a ULI entitled “Electric Propulsion – Challenges and Opportunities” and the University of

Illinois is executing a ULI to form the ‘Center for High-Efficiency Electric Technologies for Aircraft’ both focused on electrified propulsion. Each team will provide a ~1/2 hour update of progress followed by a panel discussion including industry representatives who can provide perspective on how the ULI effort will transition to technology industry can use.

[モデレーター]

+ John Cavolowsky (NASA)

[パネリスト]

+ OSU, UIUC, Boeing, GE, P&W, RR

一般セッション(航空関係抜粋)

空力

GTE-03: Turbomachinery Components

GTE-06/HSABP-05/INPSI-03: A Contemporary Approach to Modeling Existing Gas Turbine Engines

GTE-10: Turbomachinery Topics I

INPSI-02: Inlets and Ducts

INPSI-04: Nozzles and BLI

伝熱

GTE-07: Turbomachinery Heat Transfer

TM-01: Thermal System Applications and Unique Environment I

TM-02: Heat Transfer and Transport Modeling and Analysis I

TM-03: Thermal System Applications and Unique Environment II

TM-04: Heat Transfer and Transport Modeling and Analysis II

燃焼

GTE-04: Combustors I

GTE-09: Combustors II

PC-01: Sprays

PC-02: Application of Nanosecond Repetitively Pulsed Discharges for Combustion (Invited)

PC-03: Ignition and Detonations

PC-04: Combustors

PC-06: Energetic Materials, Liquids, and Solid Propellants
PC-07: Combustion Dynamics
PGC-01: Diagnostics and Analysis Development
PGC-02: Pressure Gain Fundamentals I
PGC-03: Pressure Gain Fundamentals II
PGC-04: PGC Laser Based Diagnostics
PGC-05: Numerical Simulation of Pressure Gain Combustion
PGC-07: Numerical Simulations of Pressure Gain Devices
FPG-01: Alternative Fuels and Combustion Turbines
HSABP-06/PC-05: Flameholding and Combustion
HSABP-08/PGC-06: Pulsed or Rotating Detonation Engines for High Speed Applications

潤滑・二次空気

単独セッション無

性能

GTE-02: Cycle Performance and MDAO
GTE-05: Introduction to Propulsion Simulation Using NPSS and OTAC

性能(電動)

EATS-01: Rolling Recap
EATS-02: Student Challenge Workshop
EATS-03: Electrified Flight Development Programs Panel
EATS-04/GTE-12: A Control Systems Perspective of Electrical Aircraft Propulsion Panel: Vision
EATS-05: Battery Pack Integration Panel
EATS-06/GTE-14: Software Systems and Modeling for Electrified Propulsion
EATS-07/GTE-13: Turboelectric and Hybrid-Electric Power Coupling
EATS-08: Superconducting Machines and Power Systems
EATS-09: Hydrogen & Fuel Cell Powered Airplanes Panel
EATS-10: Electrified Propulsion System Design and Impacts
EATS-11: Integrated Motor System Developments
EATS-12: Aircraft Operations Analysis
EATS-13: NASA University Leadership Initiative (ULI) Panel
EATS-14: Aircraft Thermal Management Systems
EATS-15: Electrified Aircraft Power System Sizing and Design Methods

EATS-16: High-Power Electric Machines and High-Voltage Operations
EATS-17: High Voltage Distribution Panel – Partial Discharge Mitigation and Detection, Arc De
EATS-18: Aircraft Concept System Studies and Distributed Propulsion Systems
EATS-19: Drives and Inverters
EATS-20: Developments of the NASA High Efficiency Megawatt Motor
EATS-21: Thermal Management Panel / Challenges and Opportunities

超音速

HSABP-02: Flowpath Optimization and Performance Prediction I
HSABP-03: Flowpath Optimization and Performance Prediction II
HSABP-04: Model Based System Engineering and Reduced-Order Analysis
HSABP-07: The Hypersonic Gap: Connecting Industry Need with Academic Rigor

製造

AMP-01: Introduction to Additive Manufacturing
AMP-02: Additive Manufacturing Technology for Propulsion Systems
AMP-03: Additive Manufacturing Concepts and Test Results for Propulsion Systems

制御

AIIPC-01: Advanced Integrated Intelligent Propulsion Controls I
AIIPC-02/GTE-08: Advanced Integrated Intelligent Propulsion Controls II
UAS-01: Unmanned Aircraft Systems I
UAS-02: Unmanned Aircraft Systems II
UAS-03: Unmanned Aircraft Systems III

(6) ASME Turbo Expo 2020⁽¹⁸⁰⁾

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1000、参加者3000人以上にもものぼる非常に大きな講演会。近年は毎年6月に北米、欧州交互に開催されているが、2016年には韓国ソウノでアジア初開催。2020年は英国のロンドンで開催予定であったが、新型コロナウイルス拡大のため対面開催が見送られ、9月21日～25日にオンライン開催へ変更となった。エンジンシステムとしての航空エンジンに関するセッションの他、圧縮機、タービン、軸受けなどの要素、非定常流れ、CFD、伝熱、燃焼、制御、材料などの基礎研究、さらに産業用ガスタービンや蒸気タービン風車まで非常に幅広い研究が、20以上のパラレノレセッションで報告される。論文講演の他、"Thtorial"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。

キーノート

“Disruption, Agility and Zero Carbon”

[スピーカー]

+ Glenn Llewellyn (Vice President, Zero Emission Aircraft, Airbus)

+ Patrick Nathen (Vice President & Co-Founder, Lilium)

[モデレーター]

+ Prof Rob Miller FRAeS (University of Cambridge)

パネルディスカッション

“Accelerating Technology Development”

[パネリスト]

+ David Pitchforth (Ex-President of Boeing Defense, Space & Security)

+ Prof Rob Miller FRAeS (University of Cambridge)

+ Paul Clarke (Chief Technology Officer, Ocado)

[モデレーター]

+ David Cleevely (Chairman, the Raspberry Pi Foundation)

パネルディスカッション

“The Challenge of Reaching Net Zero Carbon by 2050”

[パネリスト]

+ Lord Turner (Chairman, Energy Transitions Commission)

+ Prof Frank Haselbach (Chief Engineer, Rolls-Royce)

+ Stephen Scrimshaw (Managing Director, Gas and Power, Siemens plc.)

[モデレーター]

+ Dame Polly Courtice (Director, Cambridge Institute for Sustainability Leadership)

空力

Advances in Pressure Measurements
Aerodynamic Analyses & Improvements
Aerodynamic excitations and damping 1
Airfoil aerodynamics
Axial Compressors Design Optimization
Casing Treatment
Centrifugal Compressors
Clearance Flows
Compressor Design
Compressors
Compressors and Properties
Computational Fluid Dynamics
Design methodologies for fans and blowers
Experimental evaluation of fans
Fan / Compressor Design Methods and Applications
Fan and Compressor Noise
Fan and Propeller Design Optimization
Fan component design
Fans & Blowers: On-Demand Session
Flow Control
High Fidelity CFD & Numerical Studies
High-Speed LPT & Geared Turbofan
HP/IP Aerodynamics and General Design Aspects
Icing
Inlet Distortion - Compressors
Inlet Distortion - Fans
Inlet Distortion and Operability
Last Stage Blades
Last Stage Blades and Exhausts
LES and DNS Methods and Applications
Methods for Unsteady Flow Modelling
Numerical Design Methods, Meshing and Blading
Radial and Mixed Flow Turbines

Radial turbines characterization and analysis
 Radial Turbomachinery Design Methods and Applications
 Small Turbines and Compressors
 Stall and Surge
 Supercharger and Turbocharger radial Compressors. Inlet flow aerodynamics and efficiency
 Tandem Blade-Rows
 Transonic Compressors
 Turbine aerodynamic excitation and damping
 Turbine/Combustor Noise and Inter-Turbine Ducts
 Turbochargers. Radial Compressor. Outlet Flow Aerodynamics and modelling
 Turbulators
 Turbulence Closure Methods and Applications in Compressors
 Unsteady Flows in Compressors
 Unsteady Flows in Radial Machines
 Unsteady Flows in Turbines
 Wakes & Secondary Flows
 Wet Steam

伝熱

Advanced Techniques in Cooling Analysis
 Aero-Thermal Optimization of Bladeless Turbines
 Aircraft Engine System Heat Exchange
 Axial Turbines Design Optimization, Including Cooling/Aero-Thermal Design and Seals
 CMC Coatings
 Experimental Film Cooling
 Experimental Film Cooling: Airfoil
 Experimental Film Cooling: Endwall
 Experimental Film Cooling: Endwall
 Experimental Film Cooling: Hole Shape Studies
 Experimental Film Cooling: Multi-Row
 Experimental Film Cooling: Tip and Trailing Edge
 External Flow/Heat Transfer
 Film Cooling Optimization and Machine Learning
 General Numerical Film Cooling for Turbomachinery
 Heat Transfer

Heat Transfer: Combustors (Joint with Combustion, Fuels & Emissions): On-Demand Session
 Heat Transfer: Film Cooling
 Heat Transfer: General Interest
 Heat Transfer: Internal Air Systems & Seals
 Heat Transfer: Internal Cooling
 Jet Impingement
 Numerical Film Cooling Applications
 Numerical Film Cooling Methods
 Pin Fins
 Scale-Resolved Turbulence Modeling of Film
 Special Topics In Heat Transfer
 Steam Turbine

燃燒

Atomization and Sprays
 Combusters, Mixers and Nozzles
 Combustion and Controls
 Combustion Design Methods and Applications
 Combustion Dynamics: Machine Learning
 Combustion Dynamics: Adjoint Stability Analysis
 Combustion Dynamics: Annular & Can-Annular Systems
 Combustion Dynamics: Fuel Effects
 Combustion Dynamics: High-Frequency Instabilities
 Combustion Dynamics: Liquid Fuels
 Combustion Dynamics: Low-Order Modelling
 Combustion Dynamics: Numerical Modeling
 Combustion Modelling
 Combustion Systems: Concepts & Engine Programs
 Combustion, Fuels & Emissions
 Combustor Cooling
 Combustor Diagnostics & Design
 Combustor Flows
 Dry Low-NO_x Combustor Development
 Emissions: Experimental Studies
 Emissions: Fuels Containing Hydrogen
 Emissions: Modelling

Emissions: Soot
 Fuels
 Fundamental Combustion
 High Hydrogen Combustion
 Hydrogen Combustion
 Ignition: Auto-Ignition
 Ignition: General
 Ignition: Liquid Fuels
 Interactions in Combustion Systems
 Liner Heat Transfer in Combustion Systems
 Novel Combustion Concepts
 Novel Combustor Concepts - Axial Staging
 Novel Concepts
 Novel Experimental Methods I
 Novel Experimental Methods II
 Novel Solver and Simulation Framework
 Novel Solver and Simulation Framework
 Novel Solver and Simulation Framework
 Novel Thermal and Low Emission Cycles
 Pressure Gain Combustion

振動・動力学

Emerging Methods on Structural Design System :Dynamics Analysis
 Emerging Methods on Structural Design System :Mechanical Analysis
 Friction Damping
 Mechanical Aspects
 Methods for aerodynamic excitation and damping prediction
 Mistuning
 Modeling, Simulation and Validation
 Non-synchronous vibrations in axial compressors
 Rotor dynamic testing and balancing
 Structures & Dynamics: Aerodynamic Excitation &Damping: On-Demand Session
 Structures & Dynamics: Bearing & Seal Dynamics- On-Demand Session
 Structures & Dynamics: Emerging Methods in Design & Engineering - On-Demand Session
 Structures & Dynamics: Fatigue, Fracture & Life Prediction: On-Demand

Session

Structures & Dynamics: Rotor dynamics: On-Demand Session

Structures & Dynamics: Structural Mechanics, Vibration & Damping: On-Demand Session

Vibration Analysis for Condition Monitoring

Vibration Safety and Modal Analysis

材料

Creep Analysis and Modelling

Erosion

Fatigue Crack Initiation and Prediction

Materials Constitutive Modelling

Probabilistic Lining Applications and Developments for Rotors

Probabilistic Methods and Framework for LCF Prediction and Experiments

Superalloys

Turbine External Surface Deposition – Including TBCs

潤滑・二次空気

Air System and Seal Design

Annular Seals

Bearings

Bearings and Seals

Bearings, Seals, Gears

Brush Seals

End-wall, Seal & Leakage Flows

Face Seals

Gas Bearings

Heat Transfer, Thermal Management Systems, and Aero-Engine Oil Systems

Oil & Gas: On-Demand Session

Oil bearings

Pipelines

Purge & Leakage Flows

Rim Seals

Rotating Cavities

Squeeze Film Dampers

Valves and Seals

性能

Advanced Controls for Propulsion Systems
Computational Techniques
Condition Monitoring
Controls and Diagnostics
Controls, Diagnostics & Instrumentation
Damage Modelling and Life Analysis
Data Based Life Prediction
Deposition Modeling & System Level Engine Degradation
Digitalization with Applied Analytics
Experiments, Rigs & Methods
Experiments, Rigs & Methods
Inlets, Combustor/Turbine Interactions, and Exhaust Systems
Integrity of Engine Components
Life Cycle Analysis
Machine Learning and Digital Twin for Diagnostics
Machine Learning, Data Assimilation and Exploitation of Surrogates
Marine
Operability, Water Ingestion
Operational Aspects
Optimization Methods and Applications
Optimization Methods and Applications
Topics in Diagnostics
Topics in Instrumentation
Turbine Design Methods and Applications
Turbochargers. Turbocharger-engine system interactions
Turbomachinery: Multidisciplinary Design Approaches, Optimization &
Uncertainty Quantification
Whole Engine Performance and Novel Concepts

サイクル

Combined Cycles and Stationary Gas Turbines Performance
Component Interaction
Cycle Innovations in micro Gas Turbines
Cycle Innovations: Energy Storage
Cycle Innovations: On-Demand Session
Cycles for Propulsion I

Cycles for Propulsion II
Energy Storage Based on Micro Gas Turbines
Energy Systems Simulation and Optimization(Virtual Session)
Fuel Cell Driven Cycles
Gas Turbine and Power Plant
Large-scale Thermal storage and Power-to-gas Energy Storage
Micro Gas Turbines: Combustion and Fuels
Microturbines for Distributed Power Generation and Hybrid Energy Grids
Microturbines, Turbochargers & Small Turbomachines
Organic Rankine Cycle Power Systems
Power Cycles and Testing
Supercritical CO₂:
Boundary-Layer-Ingesting Fans
Electric Power
Hybrid Electric Propulsion system

製造

Additive Manufactured Cooling Channels
Additive Manufacturing Processes
Internal Heat Transfer / AM Considerations
Machinery
Manufacturing Materials & Metallurgy
Manufacturing Uncertainties and Engine Wear
Manufacturing Variations & Deterioration

[3.3.2 項 出典(178)～(180) : 各、資料 3 の P2020D378～P2020D380]

第4章 まとめ

4.1 今後の調査課題

- (1) 令和2年1月から令和2年12月までの技術研究開発動向調査期間においては、各団体及び分野において、次の事項が注目された。

ボーイング社：

COVID-19の影響、777X型機の開発進捗状況、737MAX型機飛行復帰への取組、エアバス社：

COVID-19の影響、A220型機の受注動向、E-FAN X技術実証機進捗状況

NASA：

X-59 静粛超音速実証機の進捗状況、機体メーカーの超音速ビジネス機進捗状況

X-57Maxwell 電動分散型技術実証機進捗状況

FAA/EASA：

型式証明における認証機関と検証機関のあるべき姿の議論と合意

航空管制：

衛星利用型 ADS-B と管制一機上のデータリンク通信、次世代 FDR/CVR

その他：

UAM 形態（電動／ハイブリッド、プロペラ数、制御方式）

SKYRON SABRE エンジンの開発進捗状況

- (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（A320/321、A220、737MAX）
- ・次期中大型民間輸送機の開発動向（777X、CRJ929）
- ・二大メーカー以外の民間ジェット機開発動向（MC-21、C919、SSJ、E175-E2、MSJ）
- ・民間ターボロップ機開発動向
- ・水素燃料航空機の研究・開発動向
- ・電動化に向けた各種技術（モーター、バッテリー、制御回路、ハイブリッド）の動向
- ・低コスト複合材（RTM: Resin Transfer Molding 等）、熱可塑複合材の技術動向
- ・高強度アルミ合金（Al-Li 等）、その他先進金属材料（Mg, Ti 等）の開発動向
- ・3D Printing、Additive Manufacturing 技術の開発動向
- ・先進操縦システム（操縦席オープン化、自律飛行、テレグジスタンス等）の動向
- ・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（有人航空機、無操縦者航空機、無人航空機、200g 以下無人航空機 共存）

- (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。

- ・次世代中小型民間輸送機用エンジン開発の動向（GTF 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
 - ・超音速ビジネス機用エンジンの開発進捗（GE Affinity）
 - ・極超音速用統合型空気吸入式ロケット・エンジン（Skylon 用 SABRE）
 - ・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
 - ・環境適合性向上に資するための先進燃焼システム関連技術の開発動向
 - ・その他熱効率の向上に資する先進機械要素関連のエンジン技術開発動向
 - ・その他エンジン高効率化、CO₂/NO_x 低減、騒音低減等の環境技術の開発動向
- (4) 将来航空交通システム・航空管制等に関するものとしては、引き続き以下の項目を調査する必要がある。
- ・NextGen、SESAR、CARATS 各プログラムの進捗状況と相互調整状況、及び目標値達成に向けた高度航空管制システム技術の開発動向
 - ・先進航空交通システム（ATM）、航法システムの開発動向
 - ・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

4.2 令和 2 年度調査のまとめ

当基金では、2009 年度下期から、外部の専門家等から成る航空機等に関する「技術開発動向調査委員会」を設置し、調査対象期間における航空機等の技術開発動向等に関わる情報を収集、現状確認と分析を行い、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。

令和 2 年は、COVID-19 の影響を受けて、年間を通した対象期間において委員会実開催や海外調査は控え、E メール及び Web 会議で成果を報告するのみに留めた。

COVID-19、世界の民間航空輸送及び航空機・エンジン製造、MRO、リース業界、それらのサプライチェーンに大きなインパクトを及ぼし、我が国の航空機産業にも深刻な打撃を与えていることから、これまでの調査研究課題への COVID-19 の及ぼした影響を含めて調査することとした。

その中で、技術研究開発活動の多くが計画に見直しを受け、令和 3 年もその影響を引き続きフォローする必要がある。しかし、世界的な環境問題の高まりを受けて、航空機電動化やバイオジェット燃料実用化の取組に加えて、新たに欧州を中心に水素燃料航空機への投資の動きが出てきており、今後世界的な活動の広まりが期待される。また、2 年に及ぶ 737MAX 型機の対策が行われ運航禁止が解除されたこと及び FAA の認証プロセスの見直しが行われることで、今後飛行安全に寄与することが期待される。

静粛な超音速飛行技術を実証する取組が NASA や FAA を中心に進められており、FAA は超音速機の飛行試験の承認を得ようとしている企業のためのガイドラインを提供している。

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 関係省庁の動向に関する関連団体の刊行物リスト（2020 年 1 月～2020 年 12 月）

資料番号	標 題
P2020D001	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.795
P2020D002	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.796
P2020D003	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.797
P2020D004	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.798
P2020D005	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.799
P2020D006	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.800
P2020D007	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.801
P2020D008	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.802
P2020D009	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.803
P2020D010	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.804
P2020D011	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.805
P2020D012	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.806

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(2020 年 1 月～2020 年 12 月)

資料番号	標 題
P2020D101	IADF 航空機等に関する解説概要 R2-1「水素燃料航空機の研究開発動向」
P2020D102	IADF 航空機等に関する解説概要 R2-2「国内における航空機装備品関連環境試験施設 「産業振興と人材育成の拠点」～S-Bird (エス・バード)～」
P2020D103	IADF 航空機等に関する解説概要 R2-3「機体騒音低減技術の研究開発動向」
P2020D104	IADF 航空機等に関する解説概要 R2-4「複合材構造の非破壊検査・修理技術の最新動向 ～AFP 積層インライン検査とスカーフ自動加工機～」
P2020D105	IADF 航空機等に関する解説概要 R2-5「感染症拡大による航空輸送需要への影響と要因」
P2020D106	IADF 航空機等に関する解説概要 R2-6「次世代ドローンや空飛ぶクルマのバイオミメティック技術」
P2020D107	IADF 航空機等に関する解説概要 R2-7「航空機の与圧・空調システム～機内環境と新型コロナウイルス感染症～」

資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト（2020年1月～2020年12月）

資料番号	標 題
P2020D201	Flight Global
P2020D202	Flight Global
P2020D203	SPN（2020年4月3日）
P2020D204	FLT（2020年4月7日）
P2020D205	AIAA（2020年4月30日）
P2020D206	AIAA（2020年5月6日）
P2020D207	AIAA（2020年5月11日）
P2020D208	AIAA（2020年5月12日）
P2020D209	AIAA（2020年5月19日）
P2020D210	AIAA（2020年5月22日）
P2020D211	A4A（2020年5月28日）
P2020D212	日経（2020年6月10日）
P2020D213	日経（2020年6月13日）
P2020D214	日経（2020年7月29日）
P2020D215	WS（2020年8月17日）
P2020D216	A4A（2020年8月19日）
P2020D217	A4A（2020年8月21日）
P2020D218	日経（2020年8月23日）
P2020D219	日経（2020年8月30日）
P2020D220	A4A（2020年9月4日）
P2020D221	日経（2020年11月25日）
P2020D222	AIAA（2020年11月2日）
P2020D223	日経（2020年11月8日）
P2020D224	日経（2020年11月18日）
P2020D225	IATA Press Release No.6（2021-02-03）
P2020D226	AVD（2020年5月22日）
P2020D227	日経（2020年5月29日）
P2020D228	MRO（2020年4月15日）
P2020D229	日経（2020年4月6日）
P2020D230	AVW（2020年4月6日）
P2020D231	AIAA（2020年4月13日）
P2020D232	SPN（2020年4月17日）
P2020D233	日経（2020年5月1日）
P2020D234	AVD（2019年7月30日）
P2020D235	AIAA（2020年8月18日）

資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト（2020年1月～2020年12月）

資料番号	標 題
P2020D236	Boeing HP
P2020D237	AIAA（2020年6月29日）
P2020D238	AIAA（2020年7月22日）
P2020D239	AIAA（2020年7月24日）
P2020D240	AIAA（2020年8月4日）
P2020D241	AIAA（2020年8月20日）
P2020D242	AIAA（2020年11月18日）
P2020D243	日経（2020年11月18日）
P2020D244	日経（2020年12月4日）
P2020D245	REUTERS（2021年1月20日）
P2020D246	AIAA（2020年7月20日）
P2020D247	AIAA（2020年10月2日）
P2020D248	AIAA（2020年7月10日）
P2020D249	AVW（2020年8月17日）
P2020D250	Bloomberg（2021年2月2日）
P2020D251	AVW（2020年8月13日）
P2020D252	SPN0410（2020年4月10日）
P2020D253	AIAA（2020年7月30日）
P2020D254	AIAA（2020年8月12日）
P2020D255	SPN（2020年10月9日）
P2020D256	AIAA（2020年10月23日）
P2020D257	AIAA（2020年3月5日）
P2020D258	Flightglobal（2021年2月5日）
P2020D259	AIAA0618（2020年6月18日）
P2020D260	日経（2020年4月26日）
P2020D261	AIAA（2020年4月27日）
P2020D262	AIAA（2020年11月2日）
P2020D263	日経（2020年9月4日）
P2020D264	AWN（2020年5月12日）
P2020D265	AWN（2020年5月15日）
P2020D266	日経（2020年10月30日）
P2020D267	AIAA（2020年6月2日）
P2020D268	AIAA（2020年7月31日）
P2020D269	AIAA（2020年9月1日）
P2020D270	Aviation Week& Space Technology/October 12-25, 2020

資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト（2020年1月～2020年12月）

資料番号	標 題
P2020D271	航想研
P2020D272	各社 IR 情報をもとに作成
P2020D273	METI: http://www.aero.jaxa.jp/news/event/pdf/event190314/sobihin01.pdf
P2020D274	写真は三菱パワーシステムズ、Ballard、 en.wikipedia.org/wiki/Synthetic_fuel
P2020D275	https://aviationweek.com/air-transport/aircraft-propulsion/atr-sees-hydrogen-path-decarbonizing-regional-aviation から作成
P2020D276	EU MAHEPA Charles Alcock, Joby Takes Over Uber Elevate's Urban Air Taxi Plans. 閲覧日 2020 年 12 月 10 日
P2020D277	https://www.ainonline.com/aviation-news/business-aviation/2020-12-09/joby-takes-over-uber-elevates-urban-air-taxi-plans
P2020D278	World Economic Forum, Advancing Cyber Resilience in Aviation: An Industry Analysis, 閲覧日 2020 年 12 月 13 日 https://www.weforum.org/whitepapers/advancing-cyber-resilience-in-aviation-an-industry-analysis
P2020D279	日経 2020 年 7 月 21 日
P2020D280	Airbus News Release 2020 年 9 月 21 日
P2020D281	Aviation Week & Space Technology 2020 年 7 月 3 日
P2020D282	FlightGlobal 2020 年 12 月 29 日
P2020D283	Aviation Week & Space Technology 2020 年 8 月 27 日
P2020D284	Aviation Week & Space Technology 2020 年 9 月 21 日
P2020D285	Aviation Week & Space Technology 2021 年 1 月 11 日
P2020D286	The Week In Technology 2021 年 1 月 11-15 日
P2020D287	FlightGlobal 2021 年 1 月 7 日
P2020D288	Aviation Week & Space Technology 2020 年 7 月 27 日
P2020D289	AIN 2020 年 9 月 15 日
P2020D290	FlightGlobal 2020 年 9 月 21 日
P2020D291	FlightGlobal 2020 年 9 月 22 日
P2020D292	FlightGlobal 2020 年 12 月 16 日
P2020D293	CNN Travel 2020 年 10 月 12 日
P2020D294	https://www.youtube.com/watch?v=R9SRn5n7enQ&feature=youtu.be
P2020D295	川崎重工業プレスリリース 2020 年 10 月 6 日
P2020D296	FlightGlobal 2020 年 12 月 1 日
P2020D297	Aviation Week & Space Technology 2020 年 11 月 23 日
P2020D298	Aviation Week & Space Technology 2020 年 5 月 4 日
P2020D299	UDAILY 2020 年 7 月 17 日
P2020D300	FlightGlobal 2020 年 10 月 30 日
P2020D301	Aviation Week & Space Technology 2020 年 2 月 21 日

資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト (2020年1月～2020年12月)

資料番号	標 題
P2020D302	Aviation Week & Space Technology 2020年6月22日
P2020D303	Flight Global 2020年4月1日
P2020D304	Flight Global 2020年6月2日
P2020D305	Aviation Week & Space Technology 2020年6月17日
P2020D306	Flight Global 2020年6月26日
P2020D307	Aviation Week & Space Technology 2020年8月10日
P2020D308	Aviation Week & Space Technology 2020年8月21日
P2020D309	AIN 2020年8月25日
P2020D310	Aviation Week & Space Technology 2020年9月7日
P2020D311	Flight Global 2020年10月1日
P2020D312	日経 2020年7月21日
P2020D313	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY / APRIL 06 – 19, 2020
P2020D314	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY / AUGUST 17 – 30, 2020
P2020D315	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY / SEPTEMBER 14 – 27, 2020
P2020D316	https://www.geaviation.com/military/engines/ge-adaptive-cycle-engine
P2020D317	https://aviationweek.com/defense-space/aircraft-propulsion/rotating-detonation-engines-are-emerging-priority-us-air-force
P2020D318	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY / OCTOBER 12 – 25, 2020
P2020D319	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY / OCTOBER 26 – NOVEMBER 8, 2020
P2020D320	https://www.airbus.com/newsroom/stories/Imagine-travelling-in-this-blended-wing-body-aircraft.html
P2020D321	https://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2020/02/airbus-reveals-its-blended-wing-aircraft-demonstrator.html
P2020D322	https://twitter.com/SpaethFlies/status/1265653349485105152 (2020年5月27日)
P2020D323	https://www.dlr.de/content/en/articles/news/2020/02/20200527_dlr-studies-the-spread-of-viruses-in-aircraft-and-trains.html
P2020D324	https://www.mpg.de/14852592/0522-chem-099020-bluesky-examines-the-atmosphere-during-the-coronavirus-lockdown
P2020D325	https://s23.a2zinc.net/clients/aiaa/AVIATION20/public/eBooth.aspx?BoothID=101969&Task=PressReleases&PrID=8
P2020D326	https://www.tudelft.nl/en/ae/flying-v/flying-scale-model/
P2020D327	https://www.youtube.com/watch?v=UMSiBCrvOj0
P2020D328	Miller, Eric J., et al. "X-57 Wing Structural Load Testing." AIAA AVIATION 2020 FORUM. 2020-3090.
P2020D329	https://www.riken.jp/pr/news/2020/20201126_2/index.html
P2020D330	https://press.jal.co.jp/ja/release/202011/005866.html
P2020D331	https://www.r-ccs.riken.jp/outreach/formedia/201126.html
P2020D332	NON-AXISYMMETRIC DESIGN-OPTIMIZATION OF INLET GUIDE VANES FOR A FAN WITH INLET DISTORTION (GPPS-CH-2020-0151)
P2020D333	次世代ジェット・エンジンの性能・重量評価
P2020D334	The Clean Sky 2 Programme: Progress overview andv Cfp11 Call

資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト（2020年1月～2020年12月）

資料番号	標 題
P2020D335	Airbus vision for a “disruptive” human-centred use of space of the aircraft fuselage
P2020D336	https://www.flightglobal.com/systems-and-interiors/safran-unveils-seating-innovations-for-post-COVID-market/138644.article
P2020D337	Aviointeriors
P2020D338	https://www.designboom.com/design/zephyr-seat-lie-flat-economy-class-06-19-2020/
P2020D339	Boeing
P2020D340	https://www.tapiscorp.com/products/ultraleather/promessa/
P2020D341	Dimer UVC Innovations
P2020D342	IPVideo Corp
P2020D343	https://paxex.aero/boeing-digital-direct-wireless-ife-immfly/ https://transportup.com/headlines-breaking-news/vehicles-manufactures/pipistrel-certifies-its-e-811-engine-available-to-other-oems/
P2020D344	https://www.pipistrel-aircraft.com/world-renowned-electric-vehicles-charging-pioneer-green-motion-joins-forces-with-pipistrel-to-define-the-future-of-electric-airplane-charging/ https://aerospace.honeywell.com/en/learn/products/air-and-thermal-systems/micro-vapor-cycle-system?utm_medium=publicrelations&utm_campaign=20_msc_microvcs&utm_content=organic&utm_term=press+release
P2020D345	https://www.h2-view.com/story/dlr-mtu-aero-engines-study-fuel-cell-propulsion-system-for-aviation/
P2020D346	Flight Global などから作成
P2020D347	AWST 2020/9/14-27 などから作成
P2020D348	https://evtol.com/news/honeywell-acquires-ballard-unmanned-systems-will-introduce-family-of-fuel-cell-power-systems-for-uas/
P2020D349	https://newatlas.com/aircraft/hypoint-turbo-air-cooled-fuel-cell-hydrogen-evtol-electric-aircraft/
P2020D350	https://newatlas.com/aircraft/hypoint-turbo-air-cooled-fuel-cell-hydrogen-evtol-electric-aircraft/
P2020D351	https://www.ainonline.com/aviation-news/business-aviation/2020-08-20/xwing-unveils-plans-autonomous-cargo-operations?utm_source=Electric+VTOL+News&utm_campaign=cd4ed3bed7-eVTOL+eNews%2C+Sept+29%2C+2017_COPY_01&utm_medium=email&utm_term=0_5d82db6e49-cd4ed3bed7-50781913
P2020D352	https://www.irisonboard.com/casia/
P2020D353	Airbus 社
P2020D354	各社公表資料から作成
P2020D355	第10回将来の航空交通システムに関する推進協議会, 閲覧日 2020年12月10日. https://www.mlit.go.jp/koku/kouku_tk13_000020.html
P2020D356	電子航法研究所 第20回研究発表会, 閲覧日 2021年2月10日. https://www.enri.go.jp/report/hapichi/dkh20.htm
P2020D357	TurnerAimee, Pilots Ill-equipped for Cockpit Cyberattacks, Says Oxford Team. AIN online. 閲覧日 2020年3月3日.
P2020D358	
P2020D359	

資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト (2020年1月～2020年12月)

資料番号	標 題
P2020D360	https://www.ainonline.com/aviation-news/air-transport/2020-03-03/pilots-ill-equipped-cockpit-cyberattacks-says-oxford-team Immuni Web, State of Cybersecurity at Top 100 Global Airports, Immuni Web, 閲覧日 2020年4月21日.
P2020D361	https://www.immuniweb.com/blog/state-of-cybersecurity-top-100-airports.html ISO, ISO/TC 20/SC 16 Unmanned aircraft systems, 閲覧日 2021年2月10日. https://www.iso.org/committee/5336224.html
P2020D362	GUTMA, GUTMA Connected Skies, 閲覧日 2021年2月10日. https://gutma.org/cs-webinars-2020/
P2020D363	Graham Warwick, Cooperative Benefit. Aviation Week & Space Technology Feb 24-Mar 8, 2020.
P2020D364	Garrett-Glaser Brian, NASA Signs 17 Space Act Agreements for Urban Air Mobility Grand Challenge. Aviation Today. 閲覧日 2020年3月3日. https://www.aviationtoday.com/2020/03/03/nasa-signs-17-space-act-agreements-urban-air-mobility-grand-challenge/
P2020D365	FAA, UTM Pilot Program (UPP), 閲覧日 2021年2月12日. https://www.faa.gov/uas/research_development/traffic_management/utm_pilot_program/
P2020D366	FAA, UAS Integration Pilot Program (IPP), 閲覧日 2021年2月12日. https://www.faa.gov/uas/programs_partnerships/integration_pilot_program/
P2020D367	SESAR JU, SUPPORTING SAFE AND SECURE DRONE OPERATIONS IN EUROPE, 閲覧日 2021年2月12日. https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/u-space/U-space%20Drone%20Operations%20Europe.pdf
P2020D368	NEDO, ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト, 閲覧日 2021年2月12日. https://nedo-dress.jp/
P2020D369	Garret Reim, US Air Force to launch 'Agility Prime' eVTOL development on 27 April, Flight Global. 閲覧日 2020年4月16日. https://www.flightglobal.com/helicopters/us-air-force-to-launch-agility-prime-evtol-development-on-27-april/137897.article
P2020D370	Bill Carey, Drones Join the Flight, Aviation Week & Space Technology April 20-May 3, 2020.
P2020D371	Tony Osborn, Medical Drone Flights Demonstrate Confidence in BVLOS Operations, Aviation Week & Space Technology June 1-14, 2020.
P2020D372	Andre Orba, Amsterdam airport Schiphol begins one-week trial with inspection drones. Aviation24.be. 閲覧日 2020年10月13日. https://www.aviation24.be/airports/amsterdam-schiphol-ams/schiphol-begins-one-week-trial-with-inspection-drones/
P2020D373	Sean Broderick, FAA Certification Needs Tweaks, Not Overhaul, Special Committee Says. Aviation Week & Space Technology. 閲覧日 2020年1月16日. https://aviationweek.com/air-transport/faa-certification-needs-tweaks-not-overhaul-special-committee-says
P2020D374	Ian Duncan and Lori Aratani, FAA gives preliminary approval on design fixes for 737 Max. The Washington Post. 閲覧日 2020年8月5日. https://www.washingtonpost.com/local/trafficandcommuting/faa-

資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト（2020年1月～2020年12月）

資料番号	標 題
	gives-preliminary-approval-to-design-fixes-to-boeing-737-max-moving-plane-closer-to-resuming-flight/2020/08/03/f40bd854-cdbe-11ea-bc6a-6841b28d9093_story.html
P2020D375	Keith Griffith, Air Force plans to pit autonomous fighter drone against human pilot in dogfight to test AI warfare. Dailymail online. 閲覧日 2020年10月8日. https://www.dailymail.co.uk/news/article-8395001/Air-Force-plans-pit-autonomous-fighter-drone-against-human-pilot.html
P2020D376	Charles Alcock, Airbus Demonstrates Autonomous Flight with ATTOL Project. AIN online. 閲覧日 2020年10月15日. https://www.ainonline.com/aviation-news/air-transport/2020-06-29/airbus-demonstrates-autonomous-flight-attol-project
P2020D377	Thierry Dubois, New Research and Technologies Fuel Single-Pilot Operations Debate, Aviation Week & Space Technology June 29-July 12, 2020.
P2020D378	https://www.aiaa.org/SciTech/utility/past-forums
P2020D379	AIAA P&E 2020 Final Program
P2020D380	Turbo Expo 2020 Final Program