

令和元年度  
航空機等に関する技術開発動向調査報告書

2020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にあって、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。

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。令和元年度においても、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。

2020年3月

公益財団法人航空機国際共同開発促進基金

令和元年度「技術開発動向調査委員会」委員名簿

区分	氏名	所属・役職
委員長	石川 隆司	名古屋大学 特任教授 ナショナル・コンポジット・センター担当 総長補佐
委員	今村 太郎	東京大学大学院 工学系研究科航空宇宙工学専攻 准教授
	奥田 章順	株式会社三菱総合研究所 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 主任研究開発員
	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 聰 横倉 修一 久留 和彦	公益財団法人航空機国際共同開発促進基金 専務理事 公益財団法人航空機国際共同開発促進基金 企画調査部長 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

令和元年度 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……………4
- 2.4 民間航空機等に関する技術研究開発の主要動向……………7
  - 2.4.1 民間航空機市場及び機体開発動向……………7
  - 2.4.2 エンジン関係……………15
  - 2.4.3 装備品関係……………19
  - 2.4.4 航空システム・航空管制・無人機・飛行制御関係……………25

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……………28
- 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……………28
  - 3.2.1 航空機業界動向情報（月次）……………28
  - 3.2.2 航空機関連動向解説事項の解説概要……………29
- 3.3 大学・研究機関・企業等から公表された動向情報……………30
  - 3.3.1 国内学会等における研究開発動向……………30
  - 3.3.2 国外学会等における研究開発動向……………35

第4章 まとめ

- 4.1 今後の調査課題……………58
- 4.2 令和元年度調査のまとめ……………59

添付資料

- 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(2019年1月～2019年12月)
- 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(2019年1月～2019年12月)
- 資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト(2019年1月～2019年12月)

## 第1章 はじめに

### 1.1 調査事業の趣旨と目的

公益財団法人航空機国際共同開発促進基金（以下、「当基金」という。）は、航空機工業振興法に基づく指定開発促進機関として、開発助成金の交付の対象となる航空機、航空機用エンジン及び装備品等の国際共同開発事業を選定し、助成業務の的確な実施を遂行することにより、我が国の航空機産業の拡大を促進することを業務の主目的としている。また当基金は、同時に助成業務の的確な実施に必要な知識及び能力を有することを求められており、今後益々航空機等の国際共同開発事業の拡大と多様化が予想される中で、航空機等の国際共同研究開発を行う者等に対する助成事業の遂行に必要な情報を収集し、分析、編纂して資料として取り纏めておくことは有効なことである。

平成21年度から開始した技術開発動向調査事業では、外部の専門家等から成る航空機等に関する「技術開発動向調査委員会」を設置して、毎年度航空機等の技術開発動向等に関わる最新情報を収集し、現状確認と分析、更には将来展望等を取り纏めることを目的とする。

### 1.2 調査委員会の構成と運営

#### (1) 調査委員会の構成

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

#### (2) 調査委員会の運営

委員会の運営は全員参加型の委員会活動を旨とし、実際の調査活動を分担して行い、委員会にて全体の合意を形成する方針で臨んだ。具体的には以下の様な運営を実施した。

##### ア 活動内容の具体的イメージ創り

本調査事業の趣旨・目的・活動内容について委員全員のイメージ合わせと認識の共通化を図り、極力中味の明確化に努めた。

##### イ 情報の共有化と共通化

航空機等の研究開発事業に関する技術研究開発動向について、委員会での活発な議論の展開と因るべき情報の共有化と共通化を図った。

##### ウ 共通課題の抽出

航空機等の技術研究開発動向に関する議論から抽出される、時宜を得た課題についての共通化を図った。

## 第2章 民間航空機等の国際共同開発に関する動向

### 2.1 調査対象期間

令和元年度の調査対象期間は、主として平成31年（2019年）1月1日から令和元年（2019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<sup>(1)~(12)</sup>

先進国を中心とした世界的な金融緩和と各種経済施策により世界経済は緩やかに成長しており、わが国の製造業は長期にわたるデフレや過度の円高による低迷を乗り越え、本格的な復活に向けて歩み始めている様子も窺える。航空機産業においては世界的に民間航空機分野が成長を牽引しており、格安航空会社（LCC：Low Cost Carrier）の世界的な台頭やアジア・太平洋地域を中心とした航空旅客需要の継続的な増加を背景に今後20年間で3万機を越える新規需要を含む右肩上がりの成長が見込まれる中で、わが国の航空機産業は、ボーイング社、エアバス社、サフラン社等との技術開発協力の深化、全国航空機クラスター・ネットワーク設立、装備品実証試験インフラ整備、非破壊試験技術者資格試験国内開催などの施策を進めつつある。以下に今年度の航空機産業に関わる政策動向等をまとめる。

#### (1) 経済産業省

- ・2019年1月15日 磯崎経済産業副大臣とボーイング社グレッグ・ハイスロップ CTO が日本国経済産業省とボーイング社との間の航空機の技術協力に係る合意書に署名
- ・2019年6月17日 経済産業省とフランス環境・エネルギー・海洋省民間航空総局は、第53回パリ国際航空宇宙ショーにおいて、フランスのサフラン社と日本の航空機産業間の協力を拡大することで合意した。
- ・2019年7月25日 経済産業省とボーイング社は、「電動航空機ワークショップ」を東京都内で開催し、重工メーカーや商社、電機メーカー、研究機関など20社が参加した。
- ・2019年8月30日 経済産業省は令和2年度概算要求案を発表した。同年度概算要求のうち航空機武器宇宙産業課の関係では「次世代電動航空機に関する技術開発事業」に15億円、新規の「次世代複合材創製技術開発事業」に18.5億円を計上した。
- ・2019年10月7日 経済産業省は、令和元年度省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託の一環として国際ルールインテリジェンスに関する調査「国際標準化を含む電動航空機のルール形成に係る調査研究」を公募。11月～3月までの5か月、一般財団法人日本航空機開発協会(JADC)が受託。
- ・2019年12月2日 航空機産業、一般社団法人非破壊検査協会、関係省庁、自治体と協力して、国内で初めての航空機産業における非破壊試験技術者資格試験を実施すると発表した。

(2) 国土交通省

- ・2019年3月14日 FAA（アメリカ連邦航空局）がボーイング 737MAX8 型機および 737MAX9 型機の米国運航者による運航および米国の領域における運航を禁止したことを受け、当分の間、同型機の日本への乗り入れを停止することとし、日本に乗り入れる外国航空会社に通知した。
- ・2019年4月25日 ドローン等の無人航空機の運航者が飛行日時・経路・高度等の飛行計画情報を登録することで、他の無人航空機の運航者や航空機の運航者と情報共有できるオンラインサービスを開始した。

(3) 文部科学省

- ・「航空科学技術委員会（第56回）」（平成30年2月23日）で次世代航空科学技術の研究開発（平成30年度予算額33億4000万円）を提言。以下をフォローする。

目標：2025年までに以下の目標を達成するための基盤技術を獲得

航空機事故の25%を低減する安全性の実現→乱気流事故防止機体技術

騒音を1/10に低減する環境適合性の実現→機体騒音低減技術

燃費半減による画期的な経済性の実現→コアエンジン技術

このほか、超音速機等の研究開発等を実施。

- ・2019年10月1日 航空科学技術委員会研究開発ビジョン検討作業部会（第4回）を文部科学省で開催し、研究開発ビジョンの検討などを行った。
- ・2019年10月24日 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 航空科学技術委員会では、航空科学技術分野に関する研究開発ビジョン中間とりまとめを行った。

(4) 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）

- ・2019年2月1日 JAXA とボーイング社は、航空分野における「協力協定」を新たに締結したと発表。
- ・JAXA と鳥取県は、鳥取空港における「低層風情報提供システム(Sodar-based Low-level Wind Information : SOLWIN)」の運用を開始すると発表した。

(5) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

- ・2019年4月10日 NEDO と南相馬市は、福島ロボットテストフィールドなどを活用したロボット関連人材育成等に関する協力協定を締結した。
- ・2019年7月24日 NEDO と民間会社5社は、福島県、南相馬市、（公財）福島イノベーション・コースト構想推進機構協力の下、南相馬市の広域飛行空域において相対速度 100km/h で中型無人航空機の自律的な衝突回避試験を世界で初めて実施した。
- ・2019年10月3日 NEDO は、民間会社3社、福島県、南相馬市、（公財）福島イノベーション・コースト構想推進機構の協力の下、「福島ロボットテストフィールド」において、同一空域で複数事業者のドローンが安全に飛行するための運行管理シス

テムとの相互接続試験の環境を構築したと発表。

- ・2019年12月3日 NEDO は、「バイオジェット燃料生産技術開発事業／技術動向調査／国内外における微細藻類技術開発の国際動向調査」に係る公募を実施し、実施予定先を三菱総合研究所に決定したと発表。
- ・2019年12月16日 NEDO と民間会社5社は、愛知県、豊川市、田原市の協力の下、無人航空機が緊急時でも自律的に危険を回避できる技術（自律的ダイナミック・リルーティング技術）を実証する飛行試験を三河湾海上で実施した。

#### (6) 省庁間協力

- ・2019年8月2日 経済産業省、国土交通省を中心に官民一体で「空飛ぶクルマ」などによる空の移動を身近にすることを旨とする「空の移動革命に向けた官民協議会」は、東京都内で「福島県と三重県の空飛ぶクルマ開発、実用化に向けた協力協定締結式」と「空の移動革命に向けた構想発表会」を実施。福島県、三重県、東京都、愛知県、大阪府が空飛ぶクルマに対する今後の取り組みや構想について発表した。

### 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

平成22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、平成23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 エアロ・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、平成23年10月から共同開発が開始された。なお、平成21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開発事業は、PW1100G-JMエンジン開発事業の開始に伴い、平成23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。平成26年12月にエンジン型式承認を取得、同エンジン搭載のA320neo型機は平成27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型機は平成28年12月に、A319neo型機は令和元年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令和4年頃の型式証明取得を目指し、設計作業を実施している。

PW1100G-JMエンジンは、令和2年年1月半ば時点で累計558機分を納入済みである。



(2) 大型民間輸送機(777X)開発事業

平成 25 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、平成 26 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。本開発事業は平成 26 年 9 月の基金助成対象事業としての選定を経て、平成 26 年 10 月から国際共同開発が開始された。なお、平成 25 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、平成 26 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。

令和元年 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、令和 2 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。令和 3 年度第 1 四半期の就航目標に向け作業を継続中。

(3) 次世代大型民間輸送機用エンジン(GE9X)開発事業

平成 25 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。本開発事業も平成 26 年 9 月に基金助成対象事業として選定され、平成 26 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、平成 28 年地上性能確認試験開始、平成 30 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。

令和元年 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、令和 2 年度第 2 四半期の型式承認取得、令和 3 年第 1 四半期の就航目標に向け作業を継続中。

(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）を平成 26 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。令和元年は、ほぼ計画通りに作業を実施中であり、併せて今後の試験・開発の方向性を検討中。

(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、平成 29 年 8 月から米国プラット・アンド・ホイットニー社と共同で開発を実施している。令和元年は、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中。

[2.2 項 出典(1)～(12):各、資料1の P2019D001～P2019D012 参照]

## 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

737MAX 型機のライオン・エア 610 便墜落事故とエチオピア航空 302 便墜落事故に伴う全世界的飛行停止処分は、Boeing 社の業績に大きく影響。純受注は 54 機(2018 年は 893 機)、出荷は 2018 年の 806 機の半分以下の 380 機と大きく減らす結果となった。エアバス社は特に A321neo 型機が好調で、受注は 768 機、出荷は 863 機と 8 年ぶりに Boeing 社を上回った。

また、欧州では CO<sub>2</sub> 排出が多い飛行機に代えて鉄道等の利用を促す声が高まる中、環境保護プロジェクトへの寄付、代替燃料への切り替えなど、各エアラインは環境意識の高い消費者の飛行機離れ防止策を講じ始め、航空輸送は新たな局面を迎えている。

一方、FAA (Federal Aviation Administration) は、技術の進歩が再び SST を実用化できる可能性があるとし、Mach 1 以上の民間機が FAA の特別認証を得て飛行できるよう基準の変更を提案。AIAA (American Institute of Aeronautics and Astronautics)、Lockheed Martin 社、及び GE 社は歓迎の意を表明<sup>(1)</sup>。超音速機の開発を後押しする動きも活発。

#### 2.4.1.1 市場動向

表 2.4.1.1-1 各メーカーにおける 2019 年の純受注数<sup>(2)(3)(4)</sup>

	Airbus	Boeing	Bombardier	Embraer	ATR
Very Large	-70	0	-	-	-
Twin Aisle	121	105	-	-	-
Single Aisle	717	-51	-	-	-
Regional Jet	-	-	2	68	-
Turbo prop	-	-	10	-	44
合計	768	54	12	68	44

表 2.4.1.1-2 各メーカーにおける 2019 年の出荷数<sup>(1)(2)(3)</sup>

	Airbus	Boeing	Bombardier	Embraer	ATR
Very Large	8	7	-	-	-
Twin Aisle	165	246	-	-	-
Single Aisle	690	127	-	-	-
Regional Jet	-	-	26	88	-
Turbo prop	-	-	14	-	57
合計	863	380	40	88	57

表 2.4.1.1-3 該当機体分類

	Airbus	Boeing	Bombardier	Embraer	ATR
Twin Aisle	Very Large	A380	747	n/a	n/a
	Large Twin Aisle	A350-1000	777 777X	n/a	n/a
	Midsized Twin Aisle	A330 ceo A330 neo A350- 800/900	767 787	n/a	n/a
Single Aisle	A320 ceo A320 neo A220(CSeries)	737 737 MAX	n/a	n/a	n/a
Regional Jet	n/a	n/a	CRJ	E170 E175(含むE2) E190(含むE2) E195(含むE2)	n/a
Turboprop	n/a	n/a	Q400	n/a	ATR 72/42

#### 2.4.1.2 Boeing 社の動向

##### (1) Boeing 社

737MAX 型機問題で 10 月 23 日、民間航空機部門の Kevin McAllister CEO の退任と、Stan Deal 副社長の CEO 就任を発表<sup>(5)</sup>。

10 月 30 日に米議会の公聴会に Muilenburg CEO が出席。737MAX 型機開発時の安全性の懸念等が示されるなどし、Boeing 社に対する不信感が一段と強まっており、飛行再開は 2020 年以降の見通し<sup>(6)</sup>。

1 月 29 日に通期決算を発表。売上は前年比 24%減の 765 億 5,900 万ドル（約 8 兆 3400 億円）、純損益は 6 億 3,600 万ドルの赤字（前年は 104 億 6,000 万ドルの黒字）となった。通期の赤字は 1997 年以来 22 年ぶり。737MAX 型機の運航停止に伴うコストは 180 億ドル以上とも報じられている<sup>(7)</sup>。

EU は Boeing 社が Embraer 社商用機部門の 80%を買収する件に関し、再び検討を中断した。現在この案件を承認していないのは EU だけで、米国、中国、日本、南ア、ケニア、コロンビア、モンテネグロの当局は無条件で認めた。EU は必要な重要情報が適時提出されないと審査は中断すると述べた(AIAA0124)

##### (2) Boeing 737MAX 型機

2019 年 4 月 5 日、Boeing 社は 737MAX 型機の墜落事故 2 件について、いずれも機体を制御する MCAS (Maneuvering Characteristics Augmentation System) に不具合があったことを認め、737 型機の製造を月産 52 機から 42 機に落とすことを明らかにした。

737MAX 型機は、2016 年 1 月 29 日に初飛行。2018 年 10 月 29 日に発生したライオン・エアの JT610 便事故と、2019 年 3 月 10 日に発生したエチオピア航空の ET302 便事故は、フライトレコーダを解析する中で事故原因の類似性が指摘されてきた。

現在 737MAX 型機の引き渡しは中止しており、FAA による MCAS のソフトウェア修正版の認証取得に重点を置いている<sup>(8)</sup>。

2019 年 5 月 16 日、Boeing 社は 737MAX 型機のソフトウェア改修が完了したと発表した。改修したのは、2 度発生した墜落事故の原因とみられる MCAS で、737MAX 型機で新たに採用されたもの。関連するシミュレータのテストや、207 回、360 時間以上に及ぶ飛行試験を完了した<sup>(9)</sup>。

2019 年 6 月 27 日、FAA はシミュレータにおけるテスト飛行において、テストパイロットの操作では問題を回復できない場合があることを確認。Boeing 社は、ソフトウェアに関し FAA からさらなる変更の追加要件を受け、必要な対応に取組中との声明を出した<sup>(10)</sup>。

11 月 22 日、MAX9 型機より胴体を 64in 延長し、2 クラスで 188-204 席となって A321 型機と対抗する MAX10 型機がロールアウト。2020 年に初飛行予定。MAX 型機

全体で 4400 機受注のうち 550 機が MAX10 型機<sup>(11)</sup>。

Boeing 社は現地時間 1 月 21 日（日本時間 22 日）、737MAX 型機の運航再開時期について、今年半ばになる見通しだと声明を発表した<sup>(12)</sup>。

### (3) Boeing 787 型機

Boeing 社は 2020 年 1 月 29 日、787 型機の減産を 2021 年から拡大すると発表。787 型機は既に、現在の月産 14 機を 2020 年後半から 12 機に減らす計画を公表していたが、2021～2022 年は、さらに減らして 10 機となる<sup>(13)</sup>。

### (4) Boeing 777X 型機

2019 年 3 月 13 日、Boeing 社は 777X 型機をシアトル近郊のエバレット工場に従業員向けにお披露目した。同年 3 月 10 日にエチオピア航空の 737MAX8 型機が墜落し、乗客乗員 157 人全員が亡くなったことを受け、同日に予定されていたロールアウト式典は中止となった。

777X 型機は標準座席数が 3 クラス 350～375 席の 777-8 と、400～425 席の 777-9 の 2 機種で構成され、航続距離は 777-8 型機が 8,700NM、777-9 は 7,600NM となっている。エンジンは GE 社製の GE9X エンジンを 2 基搭載。翼は CFRP を用いて軽量化するとともに、翼端を折りたためるようにしている。

生産は 2017 年に開始し、初飛行は 2019 年、初納入は 2020 年を予定している<sup>(14)</sup>。

2019 年 7 月 25 日、Boeing 社の Muilenburg CEO は、GE9X エンジンの再設計に伴い、777X 型機の初飛行が 2020 年初頭になると説明。一方、2020 年中に納入開始する計画は堅持する姿勢を示した<sup>(15)</sup>。

2019 年 8 月 14 日、Boeing 社は 737MAX 型機の対応にエンジニアリング・リソースを投入するため 777-8 型機の開発を遅らせることを認めた。これにより-8 型機の出荷は 2023 年以降になることはほぼ確実<sup>(16)</sup>。

2020 年 1 月 25 日に Paine Field から初飛行。8 航空会社から約 350 機の受注残があるものの、出荷開始は 2021 年になる。Boeing 社は折畳機構の故障が破滅的事故に繋がることを認め、FAA は離陸時に正規位置でない時の複数の警報装置や飛行中の作動を防ぐ装置等の 10 項目の特別要件を設定している<sup>(17)</sup>。

### (5) Boeing 767 型機

Boeing 社は、GEnx エンジンで換装する 767X 型機を検討している。貨物機向けだが旅客機も視野。767 型機の出荷は 2020 年代も続き、米空軍では今後 40 年も運用される<sup>(18)</sup>。

## (6) NMA (New Mid-market Airplane)

新 CEO Dave Calhoun は、NMA 計画の再検討を指示。新たな市場要求を満たす、次世代の仕様に焦点を合わせる<sup>(19)</sup>。

### 2.4.1.3 Airbus 社の動向

#### (1) Airbus 社

2019年6月17日、Airbus社はA321neo型機の航続距離をさらに延長した超長距離型「A321XLR」型機をローンチしたと発表した。A321neo型機の長距離型となるA321LR型機と比較し、航続距離を15%延長しており、2023年の納入開始を予定する。

A321XLR型機は最大離陸重量が101トンで、A321LR型機同様、2クラス180～220席、1クラスの場合最大244席設定できる。航続距離は4,700NMで、単通路機では世界最長となる。A321LR型機に設定する3個目の中央燃料タンクに加え、より多くの燃料を搭載できる後方の中央燃料タンクも追加することにより、航続距離の延長が可能となった。

Airbus社によると、東京を起点とした場合、シドニーやデリー、アンカレッジ（米アラスカ州）などへ飛行できるという<sup>(20)(21)</sup>。

11月19日、Airbus社のGuillaume Faury CEOは、エンジン、機体、製造の技術進歩を採り入れた全くの新型狭胴型機は2020年代後半に開発が始まり2030年代初に就航するだろうと述べた。生産システムの自動化が鍵で、デジタル技術基盤に基づく一貫した設計、生産及びサービス(DDMS=digital design, manufacturing and services)となる事は間違いなく、また、機体自体にも全般的にデジタル技術が適用されデジタルネイティブとなる。また“脱炭素化=Decarbonisation”がもう一つの鍵で、機体形態もCO<sub>2</sub>排出量最小化に向けて最適化される<sup>(22)</sup>。

#### (2) Airbus A220 型機(Bombardier CSeries)

ボンバルディア社が合弁事業から完全に撤退するため、エアバスA220プログラムはエアバスとケベック州政府の所有となる。ボンバルディア社は、約31%を591百万米ドルで譲渡した<sup>(23)</sup>。

#### (3) Airbus A320neo 型機

6月17日、Airbus社は、A321neo型機の航続距離をさらに延長した超長距離型「A321XLR」型機をローンチしたと、パリエアショーで発表。A321neo型機の長距離型となるA321LR型機と比較し、航続距離を15%延長した。2023年の納入開始を予定<sup>(24)</sup>。

12月3日、ユナイテッド航空（United Airlines）は、Boeing757-200型機の置き換えのため、A321XLR型機を50機注文したと発表。Boeing社がNMAで狙っていた市

場において、ユナイテッド航空が NMA でなく A320XLR 型機導入に踏み切ったことになる<sup>(25)</sup>。

#### (4) Airbus A330 型機

10月30日、Airbus社のGuillaume Faury CEOは、A330-800型機のTC取得を今年末から2020年に遅らせることを表明。受注はKuwait航空の8機とUganda航空の2機、合計10機しかない一方、-900型機は250機受注し、今年3月から29機出荷している<sup>(26)</sup>。

#### (5) Airbus A380 型機

2019年2月14日、Airbus社は、エミレーツ航空がA380型機の注文を162機から123機に削減(40機のA330-900型機と30機のA350-900型機を注文)したことを受け、2021年でA380型機の出荷を終了すると発表。A380型機の実質的な受注残がなく、生産を維持する基盤がなくなったため<sup>(27)</sup>。

2019年7月5日、Airbus社とEASA(European Union Aviation Safety Agency)は、初期のA380型機25機を対象とした外翼後桁の検査プログラムとまめ、EASAからAD(耐空性指示)を発行。ADによると、検査結果に基づき対象機を拡大する可能性もあるとのこと<sup>(28)</sup>。

### 2.4.1.4 その他各社の動向

#### (1) Embraer 社

2019年4月15日、Embraer社はE2シリーズのうち最大の機体サイズとなるE195-E2型機が、型式証明をブラジル国家民間航空局、FAA、EASAから取得したと発表した。2018年2月のE190-E2型機に続き、3つの主要航空当局からの同時取得となった。E195-E2型機は、E2シリーズのうち最も大きな機体で、標準座席数は1クラス146席、2クラス120席、航続距離は2,450NMとなっている。

ローンチ・カスタマーは、ブラジル最大の航空会社であるアズール・ブラジル航空で、2017年3月には確定発注30機とオプション20機の最大50機を発注したと発表した。初号機はアズール・ブラジル航空へ引き渡し、2019年下期に就航する見通しである<sup>(29)</sup>。

Embraer社のJohn Slattery民間機部門最高経営責任者は、1月20日にBoeing社と計画しているベンチャーを通じて開発する新たなターボプロップ機のローンチを検討中と述べた。70席のATR-72型機と同じサイズか、或いは大きくなるとのこと<sup>(30)</sup>。

#### (2) Bombardier CRJ

6月25日、三菱重工は、CRJ事業を取得する契約を締結したと発表。CRJの受注残

は、3月31日時点で51機あり、2020年後半までBombardier社のミラベル工場を受託生産しプログラムを終了する<sup>(31)</sup>。

Spirit Aerosystems社は、Bombardier社のBelfast、Casablanca及びDallasにある構造生産とサービス事業を5億5千万米ドル+負債で取得する事に合意<sup>(32)</sup>。

### (3) COMAC C919 型機

COMAC社は、飛行試験の更なる遅れの兆候を受け、型式証明取得目標を2020年から2021年に変更。8月1日にC919型機の飛行試験4号機が初飛行。残りの2機の飛行試験機は第3四半期と第4四半期にそれぞれ飛行する予定<sup>(33)</sup>。

### (4) COMAC ARJ21 型機

10月26日、ARJ21双発ジェット旅客機が、国際線に就航。黒竜江省の哈爾濱（ハルビン）太平国際空港を離陸し、1時間3分の飛行時間を経て、ロシアのウラジオストク国際空港に無事着陸した<sup>(34)</sup>。

### (5) Irkut MC-21 型機

2019年3月16日、Irkut社はMC-21-300型機の3号機の初飛行を実施した。初飛行の時間は1時間30分で、高度は3,500m、速度は約240ktに達したという。

当該機には2名の乗組員が搭乗し、飛行試験のタスクを完璧に遂行したとIrkut社は述べている<sup>(35)</sup>。

### (6) Mitsubishi Aircraft MRJ 型機

2019年6月13日、三菱航空機は開発中のMRJ型機について、三菱スペースジェット（Mitsubishi SpaceJet）に改称すると発表した。標準型のMRJ90型機（標準座席数88席）はSpaceJet M90型機に、短胴型のMRJ70型機（標準座席数76席）はSpaceJet M100型機に、名称をそれぞれ変更する。M90型機の量産機納入開始は、これまで通り2020年半ばを維持し、M90型機をベースに新設計するM100型機の市場投入は2023年を目指す。

M100型機は米国市場に最適化した機体サイズで、座席数は3クラス65～76席、最大で1クラス88席まで設定できる。M100型機は、北米市場に存在する「スコープ・クローズ」と呼ばれる、リージョナル機の座席数や最大離陸重量を制限する労使協定に準拠した仕様とした。M100型機の客室は1列2-2席のシート配列で、クラス最大のオーバーヘッドビンを設け、機内インターネット接続にも対応できるようにする。

M100型機は現在、機体をどのように設計するかを検討する「コンセプトスタディ」を進めている。ローンチが決定した場合、2019年後半の発表を計画している<sup>(36)(37)</sup>。

三菱航空機はUnited航空のリージョナル運航を担当するMESA航空と、米操縦士



組合の Scope clauses(労使協定)に適合する 70 席クラスの SpaceJet M100 型機 100 機(確定 50 機+購入権 50 機)の MoU を交わした。2024 年納入を目指す。尚、認証飛行試験中の 90 席クラスの M90 型機は 2020 年中期に ANA に納入予定<sup>(38)</sup>。

三菱航空機の親会社である三菱重工業は、2 月 6 日、SpaceJet の初号機納入が 2021 年度以降になると発表。6 度目の延期。飛行試験 10 号機の完成が 1 月 6 日まで遅れたことを受け判断。同試験機は春先に初飛行予定で、米国での TC 飛行試験に供される。

10 号機の完成遅れは、配線系統の課題に対応するため、機器の配置や配線、配管、空調ダクト、ワイヤーハーネス、システムなどを変更したことによる。

また、三菱航空機は 4 月 1 日付で水谷社長の会長就任と、米国三菱重工の丹羽社長の社長就任を発表<sup>(39)</sup>。

#### (7) 三菱重工

2019 年 6 月 5 日、三菱重工は Bombardier 社と CRJ の事業買収に向けて事前協議を進めていることを明らかにした。三菱重工の子会社である三菱航空機が MRJ (2019 年 6 月 13 日、Mitsubishi SpaceJet に改称) を開発しているが、当初 2013 年だった初号機引き渡しは、5 度の延期により現在は 2020 年半ばとなっている。開発発表時に目玉であった新型エンジンも、Embraer 社が E2 シリーズで導入しており、すでに納入を開始している。こうした中、航空機事業の整理を進める Bombardier 社から CRJ 事業を買収することで巻き返しを狙う。

一方で、2018 年 10 月 19 日、Bombardier 社は三菱航空機を米ワシントン州シアトルの連邦地裁に提訴。Bombardier 社の機密情報を入手するため、元社員らを雇用し、MRJ の開発段階で情報を不正利用したと訴えている。双方は全面的に争っており、今回の CRJ 事業売却で訴訟の行方が注目される<sup>(40)</sup>。

6 月 25 日、三菱重工は、Bombardier 社から同社 CRJ 事業を取得する契約を締結したと発表。CRJ シリーズに関する保守、カスタマーサポート、改修、マーケティング、販売、型式証明を継承する<sup>(41)</sup>。

#### (8) Sukhoi Superjet 100 (SSJ100)

ロシア通産省は、2024 年までに \$239M をかけ、Superjet-New と称する現行システムの信頼性、居住性及び安全性を向上させたロシア版 SSJ100 を開発する。機器の一部は海外で設計されるが、製造は露国内で生産される。(AIAA1224)

#### (9) その他機体開発動向

##### a. 超音速旅客機「Overture」

超音速旅客機を開発中の Boom Technology 社 (米) は、超音速飛行の 2 人乗り技術実証機「XB-1」を 2020 年にロールアウトする計画である。マッハ 2.2 で飛行する

史上最速の 55～75 人乗り旅客機「Overture」を 2020 年代半ばに実現させるプロジェクトで、日本航空も 1,000 万ドルの資金を提供している<sup>(42)(43)</sup>。

b. 無人機

UPS 社は、子会社の UPS Flight Forward Inc. が 10 月 1 日に米国内での宅配に無人機システムを用いる為の FAA Part 135 基準の認証を得たと発表。UPS 社は、この春からクラウド管理の宅配システム開発業者 Matternet 社と共同で、ノースカロライナ州の病院間で医療品の宅配を行ってきた。これは Part 107 基準に基づく 55lb 以下の無人機によるものだったが、Part 135 の下で運航認可を取得すれば、55lb 以上の機材を用い、夜間や目視域外までの宅配も可能になる<sup>(44)</sup>。

[2.4.1 項 出典(1)～(44):各、資料3の P2019D201～P2019D244 参照]

## 2.4.2 エンジン関係

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

#### a. GE9X

2019年5月後半のブロックテストで高圧圧縮機2段可変静翼の耐久性が予想より低く、排気温度が予測範囲より上昇し早期の取卸しにつながるおそれがあることが分かった。GE社は耐久性のある再設計部品を組み込んでブロックテストを実施し、試験後の評価結果で問題無いことが確認された。

上記不具合の影響により、当初予定されていた2019年実施予定から遅れていたが、2020年1月25日午前にGE9Xエンジンを搭載したBoeing 777X飛行試験初号機はBoeing社Everett工場に隣接するPaine Field飛行場より初飛行を行った<sup>(45)(53)(54)</sup>。



図 2.4.2-1 777X 型機初飛行

#### b. 米陸軍ヘリコプター用エンジン T901

2019年2月1日にアメリカ陸軍はUH-60 ブラック・ホークおよびAH-64 アパッチ用のエンジンを更新するプロジェクト(ITEP: Improved Turbine Engine Program)で新しいエンジンとしてGE社の提案するT901を選定した。来年春までにGE社が重要な設計レビュー完了させ、2021年夏にテスト用のT901-GE-900エンジンを納入する。

1,300機のUH-60と600機のAH-64ヘリコプターの現在のエンジンT700-GE-701がT901に置き換えられる。T901はT700と同じエンジンベイに搭載されるが50%以上の出力向上(T700: 1622~2380shp に対し 3000shp)と25%の燃費向上、20%長い寿命を実現する。これによりこれまで余裕が少なかったアフガニスタン等の気温35℃の高温環境、6,000ftの高高度での能力向上と行動範囲の増加が可能となる。

T901は、T700と同様のレイアウトのパワータービン・モジュール、シングルスプール、ガスジェネを備えるが、3,000shpクラスの高温に対応するためにセラミック・ローラーと金属レースを組み合わせたハイブリッド・ベアリングを採用している。

T901は将来攻撃偵察航空機(FARA: Future Attack Reconnaissance Aircraft)の候補であるS-97にも搭載される見込み<sup>(46)(47)(48)</sup>。

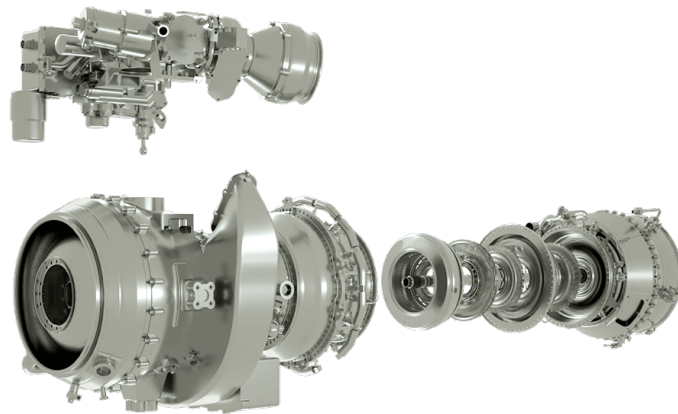


図 2.4.2-2 GE T901 ターボシャフトエンジン

c. Catalyst (Advanced Turboprop)

2015 年に開発を開始した Catalyst は、Textron Aviation の Cessna Denali に搭載される出力 1,240shp の先進ターボプロップ・エンジンである。圧力比 16 : 1 で、同クラスの競合他社製品と比較して燃料燃焼率を 20%削減し、巡航時の出力を 10%向上させる。

Catalyst は GE 社で唯一、完全にヨーロッパで開発および生産されたエンジンである。

チェコのユニットはエンジニアリングを担当し、トリノ近くのリバルタにある Avio Aero 社の工場はギヤボックス、パワータービンおよび燃焼器の製造を担当する。回転部品は、Avio Aero 社のワルシャワ子会社で生産されている。

Catalyst は、2017 年 12 月に最初のエンジン試験が実施されて以来、4 つの供試体で総計 1,350 時間以上試験され、認証試験が開始された。エンジンは、今年の終わりまでに GE 社のビーチクラフト・キングエア 350 飛行テストベッドで初飛行を行う。最初の Catalyst 搭載のデナリはそのすぐ後に飛行する予定。

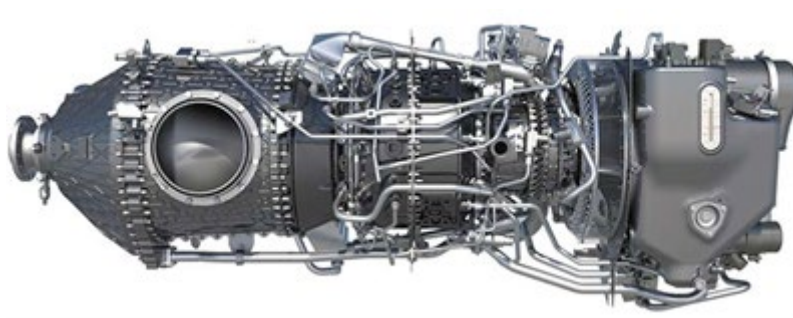


図 2.4.2-3 GE Catalyst ターボプロップ・エンジン

- (a) XTI Aircraft 社が開発中の TriFan 600 垂直離着陸機 (VTOL) のハイブリッド電気推進システムのコアとして GE 社の Catalyst エンジンを選択

TriFan600 は 6 席で 3 つのダクテッド・ファンを持つ VTOL 機で、巡航速度 300kt

(560km/h)で、航続距離 1,200NM (2,220km)である。Cessna Denali に続いて Catalyst の 2 番目のアプリケーションとなる。XTI はこれまでに 80 機の TriFan の予約を確保している。

TriFan の開発は予定通り進行中。65%スケールのプロトタイプ機の飛行試験が 5 月に開始され、20 回以上の係留飛行(tethered flight)を行い、第 3 四半期末の自力飛行を計画し、2020 年の終わりの飛行を予定している。本格的なプロトタイプ機の製造が、今後数か月のうちに開始される<sup>(49)</sup>。

(b) ITAR 規制を受けない Catalyst、ヨーロッパの軍用市場へ

GE 社のイタリア子会社である Avio Aero 社にとって、その全デジタル電子式制御 (FADEC) エンジンの最大の機会、軍用および特殊任務機市場にある。

それが、Catalyst を完全にヨーロッパで開発し、子会社がイタリア、チェコ共和国、ポーランドに知的財産を保有している理由である。すなわち、国家安全保障に敏感な技術移転を制限する、米国の国際武器輸送規制 (ITAR) の規制を受けないことを意味する。

Avio Aero 社の軍用ターボプロップ・エンジンのセールス・ディレクター、Paolo Salvetti 氏は特殊任務に適応できる無人航空機、訓練機、または軽量有人航空機は、850-1600shp (630-1190kw) エンジンの一般的な航空機以外の「2 つの主要なセグメント」と述べている。

商用型はプラハで組み立てられ、チェコのサイトとトリノは最終顧客に応じて軍事用の最終組立を分担する。

Catalyst は、練習機または特殊任務機のメーカーに、より安い運用コストでパフォーマンスの大きな変化を提供する。典型的な MALE [中高度長時間滞空無人航空機] ミッションでは、競合他社と比較してペイロードが 10%改善されると推定されている。これは 2 時間、滞空時間が延びることに相当する<sup>(50)</sup>。



図 2.4.2-4 TriFan600 スケールプロトタイプ機による試験

## (2) ロールス・ロイス (Rolls-Royce) 社

### a. Pearl700

Pearl700 がガルフストリームの新しい最高級長距離機 G700 型機に採用されることが発表された。Pearl700 はボンバルディア・グローバル 5500/6500 型機に採用された Pearl15 に続いて Advance2 テクノロジーに基づいて開発された 2 番目のエンジンである。

エンジンは既に 1,200 テスト時間と 3,500 サイクル以上を達成しており、試験プログラムは 4 か国で実行されている。高高度試験 (米国)、水吸込み試験 (カナダ)、メンテナンス試験 (ドイツ)、横風試験 (NASA 米国)、-40C (-40F) までの氷結試験 (カナダ マニトバ州)、ファンブレード・オフテスト (英国のブリストル) など全試験が成功裏に完了した。

Pearl700 の推力は 18,250lb で Pearl15 より約 3,000lb 強力。この推力には、直径 51.8in、24 枚のチタン・ブレードを備えたブリスクファンが寄与している。ブリスクファンはロールス・ロイス社のビジネスジェット・エンジンでは初めて使用された。

圧力比 24 : 1 の高圧コアは Pearl15 と共有で、10 段の高圧コンプレッサー (そのうち 6 段はブリスク)、低エミッション燃焼器、2 段のシュラウドレス高圧タービンを備える。

低圧系には、大きなファンを駆動するため追加された第 4 段のタービンが含まれている。推重比は BR725 よりも 12% 優れており、燃料消費量は 5% 低く、バイパス比は 5 : 1 をわずかに超えている。

他の技術としてサフラン社が開発したスリムなナセルが含まれる。最新の音響減衰ライナー処理を組み込んだナセルには、複合ファンカウルドアと、同社の 2 ドア・ターゲットタイプ・スラストリバーサーが含まれている<sup>(51)(52)</sup>。

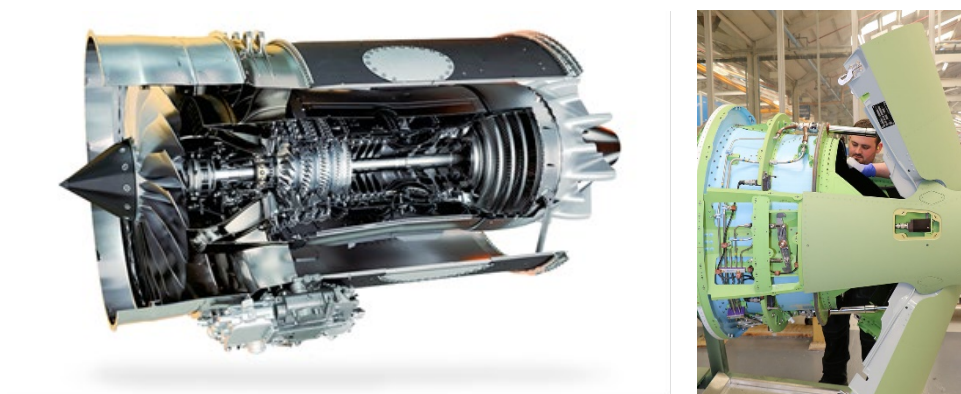


図 2.4.2-5 Rolls Royce 社製 Pearl700 ターボファン・エンジン (左)<sup>(51)</sup>と  
サフラン社製 2 ドア・ターゲットタイプ・スラストリバーサー (右)<sup>(52)</sup>

[2.4.2 項 出典(45)~(54):各、資料3の P2019D245~P2019D254 参照]

### 2.4.3 装備品関係

航空機装備品については、近年の電動化、コネクテッド等の潮流にも注目して、技術・製品動向とともに、業界動向（特に業界再編）等についてとりまとめる。

#### (1) 航空機装備品業界の動向

##### a. 航空機装備品に関わる業界再編、M&A の動向

##### (a) Raytheon 社と UTC 社の合併

2019年6月9日、UTC（United Technologies）社の Collins Aerospace（旧 UTAS : UTC Aerospace Systems）社と P&W 社が、Raytheon 社との合併を検討していることが発表された（UTC 社の Otis elevator と Carrier building-systems は切り離される）。2社の合併は Raytheon 社側から提案、2020年の第1四半期の合併を目指しており、合併が認められた場合、従業員 18 万人の新会社（社名は Raytheon Technologies 社）となる。

2社の売上合計は、2018年実績で 740 億ドル、1,010 億ドルの Boeing 社に次ぐ、第二位となる（2018年第二位の Airbus 社の 710 億ドルをしのぐ）。また、合併後の体制は Raytheon 社最高経営責任者である Tom Kennedy 氏が会長に、UTC 社の会長兼最高経営責任者である Greg Hayes 氏が、新会社の最高経営責任者となる予定である。なお、新会社の株主比率は、UTAS 社の株主が約 57%、Raytheon 社が約 43%となる。

現状、Raytheon 社と Collins Aerospace 社、P&W 社の事業は、売上ベースでは 1%程度しかオーバーラップしていないが、4年以内に年間 10 億ドルのコスト削減を行うことができるとしている。合併後、新生 Raytheon Technologies 社は、Collins、P&W、Integrated Defense and Missile Systems、Intelligence, Space and Airborne Systems の 4 部門から構成されることになる。



図 2.4.3-1 Raytheon 社と UTC 社(Collins Aerospace, P&W, その他)の従業員・売上高の比較<sup>(55)</sup>

Rockwell Collins や B/A Aerospace、Goodrich など傘下に収めた UTAS 社は、売上の約 75%が民生部門、25%が防衛部門であるのに対して、Raytheon 社の売上の多くは防衛関連のため、合併後の新会社では民生部門、防衛部門の売り上げはほぼ同じと見られている。このため、Raytheon 社は民生部門の事業拡大を図ることができ、同社のパト

リオット等に代表されるミサイル・システム技術が、UTAS、特に旧 Rockwell Collins のアビオニクス関連に適用されると考えられている。

両者の合併は、今後、民間航空機の装備品市場や GE 社、Honeywell 社、Parker 社などの大手装備品メーカーの動向にも影響を与えると考えられる。

なお、トランプ大統領は両者の合併について、防衛分野のプレイヤー数が減少することはコスト高につながるとの見解を示している（あまり良く考えていない模様）。

#### (b) 航空機 OEM の動向

Raytheon 社と Collins Aerospace 社、P&W 社などスーパーTier1 の集約が進む中、Boeing 社は 777 の降着システムを Collins Aerospace (UTAS) 社からカナダの Heroux-Devtek 社に変更。2019 年 6 月には座席やギャレーの開発・認証取得・製造を行っている、カリフォルニア州の EnCore Group 社を買収した。一方、Airbus 社はここ数年、ソフトウェア関連企業や MRO 企業などを買収しているが、装備品メーカーの買収は無い。

ただし、A320neo シリーズ向けカウルの構造部品を Collins Aerospace (UTAS) 社に加えて、Bombardier (構造部位部門) 社からも調達している。今後、航空機装備品ビジネスでは、スーパーTier1 の集約化とこれに対抗する航空機 OEM の動きがさらに進む可能性があり、以下、Boeing 社の事例を記す。

##### ア. Boeing 社のアビオニクス製造・サービス部門「AvionX」

Boeing 社は 8 月半ばに 2018 年 7 月に設立したアビオニクスを内製する部門の名称を公表した。この部門は「AvionX」と呼ばれ、現在、約 600 名が従事しており、テキサス州のプラノ (Plano) を拠点としている。「AvionX」のトップである Brendan Curran 氏は、元 Crane 社の社長で、その前は United Technologies 社で、傘下の P&W 社と Hamilton Sundstrand 社を担当する VP だった。

「AvionX」では、アビオニクス・システム、特にナビゲーション・システム、フライト・コントロール・システム、インフォメーション・システムなどの開発・商品化に注力しており、また、製造だけでなくアフターマーケット市場を重視している。実際、

「AvionX」事業の成功は、アフターマーケット技術とイノベーションにあるとされている。Boeing では、新型機開発のコスト低減も勘案して、アビオニクス、APU、ナセルなどで内製化・他社との共同事業化 (Safran 社など) を手掛けており、ノンリカ・コスト (初期費用) の削減に力を入れている。このため、こうした Boeing 社の動きは、今後の NMA 等の開発にも影響してくるものと考えられる。

##### イ. Boeing 社とアディエント社 (Adient plc) とのジョイントベンチャーの動向

2018 年初め、Boeing 社は自動車向け座席などのメーカーである、アメリカ・ミシガン州のアディエント社 (Adient plc) の自動車座席部門と連携して航空機向け座席を開発・製造するアディエント・エアロスペース社 (Adient Aerospace) を設立した (アディエント社 51%、Boeing 社 49%)。



アディエント社は元 Johnson Controls Inc と呼ばれた企業で、オートモーティブシステムズ部門、パワーソリューションズ部門、ビルディングシステムズ部門の3つの部門から構成されている。このうち、オートモーティブシステムズ部門は、全体売上の半分以上を占めており、シート事業と内装部品事業の2つの事業からなっていた。このうちシート事業は2016年10月にスピンオフして、アディエント社となり、自動車向けシートシステム、シートフォーム、シートトリム、機構部品などを製造している。ちなみにパワーソリューションズ部門は電気自動車/ハイブリッド自動車向けバッテリー、スタート/ストップシステム搭載用バッテリーなどを製造している。ただし、モーターなどは扱っていない。

スピンオフしたアディエント社は、従業員数 75,000 名、33 カ国に 230 の製造拠点を有している。このうち中国市場には、17 のシート合弁会社があり、32 都市に 60 の生産拠点を持っている。

アディエント・エアロスペース社では航空会社やリース会社向けに、新型機、既存機の双方に座席を供給することを検討している。本社はドイツ、ラインラント＝プファルツ州のカイザースラウテルン市（フランクフルトの南西 70km 程度のところ）にあり、アフターサービスは Boeing 社の子会社のアヴィオール（Avall）社が担当することになっている。

2019 年には、ハワイアン航空が現在 10 機発注しているボーイング 787-9 型機（2021 年から引渡し開始）向けビジネスクラスのフルフラット座席を初めて受注した。ハワイアン航空ではカスタマイズできるフレキシブルな座席を求めており、このニーズにアディエント・エアロスペース社の製品がマッチした。一般に多くのフルフラット座席はビジネス顧客向けに設計されているが、ハワイアン航空のビジネスクラスの利用者は、ビジネス顧客とデモグラフィが異なり、ハネムーンのカップルや子供が多く、同社はこれらの顧客にあったビジネスクラス・シートを求めていた。アディエント・エアロスペース社のシートは「Cabana」と呼ばれ、座席間中央のパーティションや通路側のプライベート・スクリーンがスライド方式となっている。エアラインの利用者ニーズにあわせることで、新規参入企業が受注を獲得した事例として注目される。



図 2.4.3-2 アディエント・エアロスペースのハワイアン航空向けビジネスクラス・シート<sup>(56)</sup>

## b. 電動化の動向

### (a) Rolls-Royce 社が Siemens 社の「eAircraft」部門を買収

Rolls-Royce 社は 2019 年 6 月 18 日に、Siemens 社の「eAircraft」部門を買収すると発表した。Siemens 社は、これまで Airbus 社と共同で、E-Fan など複数の小型電動航空機、特に電動推進システムを供給してきた。既に重量当たり出力で 5kw/kg を超えるモーターで、300kw クラスの推進システムを開発している。このシステムはハルバッハ方式のコアレス・モータを採用しており、液冷システムも特殊な添加物を加えたりしている。

今回、Rolls-Royce 社が買収したのは、ドイツとハンガリーを拠点とする約 180 名の電気関連の設計者・エンジニアからなる組織で、2019 年後半には買収を完了させる予定である。また、買収にあたってはドイツの DLA パイパー・オフィス（法律事務所）のブタベスト・オフィス・チームがアドバイザーとして参加していた。

Rolls-Royce 社では、電動推進システムを将来の重要な技術と捉えており、eVTOL、ジェネラル・エビエーション機などは全電動、それ以外のリージョナル機やより大型の民航機はハイブリッドと想定している。今回、Rolls-Royce 社が Siemens 社の「eAircraft」部門を買収したことで、現在、開発が進められている 2MW クラスの E-FanX は、Airbus 社と Rolls-Royce 社が中心となり進められることになる。

エンジン・メーカーでは、GE 社と P&W 社がターボプロップ機の電動化を目指して 1MW クラスの電動推進システムを開発中で、主要エンジン・メーカー 3 社の電動推進システムへの取組が、今後さらに進むこととなる。

また、Rolls-Royce 社はドイツ・ブランデンブルグ州にハイブリッド電動システム（出力 400-1,000kW クラス）を開発・生産する施設を 2019 年に建設している。研究活動では BTU（Brandenburg Technical University）と連携している。さらにノルウェーのリージョナル・キャリアであるヴィデロー航空（Wideroe）と、2030 年までにリージョナル機を電動機に代替するプログラムを行っている。なお、ヴィデロー航空はエンブラエル社の E2 シリーズを最初に就航させたエアラインである。

### (b) BAE システムズ社が電動化（フル電動、ハイブリッド）事業本格化

2019 年 9 月 1 日、英国の BAE システムズ社は、eVTOL やリージョナルジェット機向けの電動関連システムの事業を本格化することを発表した。

BAE システムズ社では、UAM（Urban Air Mobility）やリージョナルジェット向けのアビオニクス、パワー・コンバージョン・システム、エネルギー・マネジメント・システムなどの開発を対象としており、特にエネルギー・マネジメント・システムとフライ・バイ・ワイヤ／インテグレートッド・フライトコントロール・システムが、UAM などの安全性の確保から、重要な装備システムとなると考えている。

BAE システムズ社では Uber Elevate などの eVTOL プログラムを進めている企業をパートナーとして、これら電動関連システムを開発、2021 年には実証機による飛行テストを

行う計画である。また、スタートアップ企業であるアメリカのライト・エレクトリック社 (Wright Electric) と、電動航空機向けのアビオニクスやエネルギー・マネジメント・システムでの連携について話し合いを行っている。

ライト・エレクトリック社は 2016 年に、アメリカ、ロサンゼルスに設立された、電動の小型旅客機の開発を目指している企業で、英国の LCC であるイージージェットが計画している電動小型旅客機 (2027 年の就航を目指している 180 席クラスの機体) の開発に関わっている。

ライト・エレクトリック社では 2 席の小型実証機を開発しており、272 kg のバッテリーを搭載している。この機体はスイスの FAI (Fédération Aéronautique Internationale) の Tecnam P92 Echo 軽飛行機に、スペインの AXTER の AX-40S ハイブリッド・システムを搭載している。また、ライト・エレクトリック社は、P&W 社製 PT-6A のハイブリッド・システム向けモーターの評価なども行っている。

BAE システムズ社は、複数のハイブリッド・システム機を開発しているライト・エレクトリック社と連携することで、電動/ハイブリッド・システムなどの電動航空機関連の装備品事業に取り組んでいくものとみられる。同社では 2020 年代半ば以降の電動関連市場に期待している。

この他、E-FanX については、空力設計試験、1/8 モデルによる風洞実験などを実施、2021 年の初飛行を目指している。



図 2.4.3-3 ライト・エレクトリック社の AXTER 搭載電動航空機<sup>(57)</sup>

### c. その他

(a) 三菱航空機「スペースジェット」のサイバーセキュリティに関する SC (スペシャル・コンディション)

FAA は 2019 年 8 月 19 日に、Docket No. FAA-2019-0312; Special Conditions No. 25-755-SC (Special Conditions: Mitsubishi Aircraft Corporation Model MRJ-200 Airplane; Airplane Electronic-System Security Protection from Unauthorized Internal and External Access) について発表した。FAA の SC (Special Condition) は、特定の航空機等に対する規則作成 (rule making) のためのアクションである。<sup>(58)</sup>

FAA は、三菱航空機「スペースジェット」のエレクトロニック・システム (ネットワー

ク・システム、データベース)は、従来の航空機と異なり、外部の認められていない者からアクセスされる可能性があるとしている。従来の航空機は、イーサネット及びAFDX (Avionics Full-Duplex switched Ethernet)を適用しており、キャビン内のTCP/IPを適用したPFI (Passenger Flight Information)やIFEとは別のシステムとなっている。しかし、「スペースジェット」のゲートウェイ技術は、異なる通信システムの接続が可能で、衛星通信を介して地上からインターネットでアクセスすることが可能としている。

このため、FAAでは以下の対策を三菱航空機に求めている。

- ア. システム及びネットワークが、外部・内部からのアクセスに対して安全であることを確認する
- イ. どのような危険 (Security threat) があるかを確認する
- ウ. 航空機システム及びネットワークに対して、TCに基づく設計が維持できるように、適切な安全対策プロシージャを作成する

航空機のネットワーク化が進展した場合、外部からのアクセスなどサイバーセキュリティが今後、重要な課題となってくると考えられる。

[2.4.3 項 出典(55)～(58):各、資料3の P2019D255～P2019D258 参照]

## 2.4.4 航空システム・航空管制・無人機・飛行制御関係

### (1) NASA ATM-X プロジェクト

NASA では、航空交通管理のためのテストベッドを用いて、航空管制の研究を進めている<sup>(59)</sup>。このテストベッドの機能の一つとして、自動シナリオ生成機能がある。これは、人が参加した航空交通管理システムの評価を行う際に使われるシナリオを自動生成するもので、自動的に生成したシナリオから、様々な条件から不適切なデータを削除することで実際に近いシナリオを生成できる。これにより、様々な ATM 関連の評価が行えるだけでなく、モンテカルロシミュレーションのような膨大な数のケースを生成することも可能となった。

### (2) Uber Elevate Summit 2019 (2019/6 @Washington DC)

2019年6月11日–12日にかけて、米国ワシントン DC で Uber Elevate Summit 2019 が開催された。これは、地上ライドシェア最大手の Uber 社が 2017 年に開始した「無人 eVTOL による空のライドシェア (=空飛ぶ無人タクシー)」プロジェクトに関するカンファレンスである。これまでの 2 回は、本プロジェクトのコミュニティ形成のため技術的にも深い内容が多くあったが、2020 年の機体飛行試験や 2023 年の実験的サービス開始に向け、今回は開催場所もワシントン DC とし、政府関係者、投資家、専門でもないより多くの人を集めたものとなった。

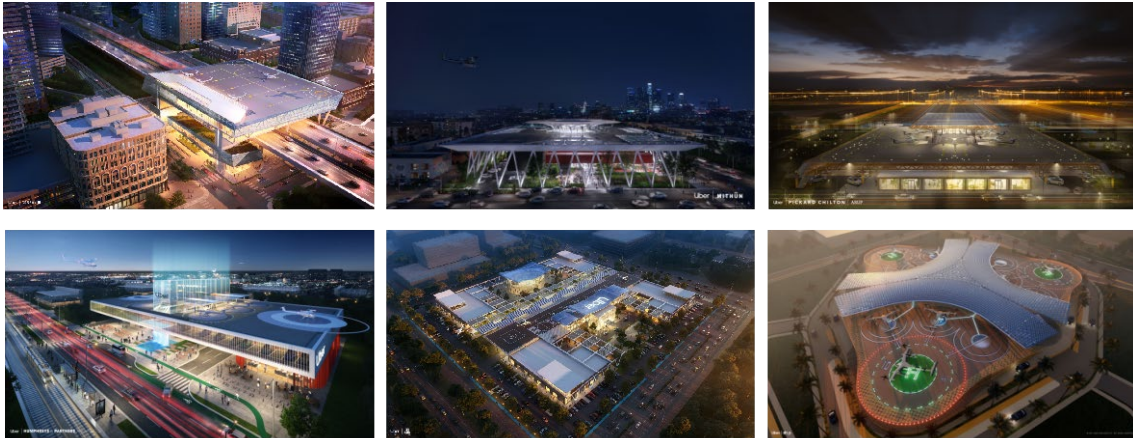
Uber では、eVTOL によるサービスを地上ライドシェアサービスやレンタル電動自転車サービス(Uber Jump)と一体運行することを計画している。今後は、2020 年に eVTOL のデモを開始、2023 年に有人パイロットによるサービスを一部の都市で開始、2026 年に一般的に商業化の予定としており、2030 年代には完全自動化によるパイロットレス運航の実証を目指している。2023 年に向け、Uber 社では以下の 4 項目に注力している。

- 電気航空機
- 空のライドシェア
- ライドシェアの拠点としての Skyport
- 空域管理

Uber 社は機体の Reference Design と Requirement を示すが、開発はメーカーが実施する体制となっており、いずれのメーカーも電動化分散ファンは共通しているが、固定翼の有無、ティルトロータの有無などメーカーごとにアプローチは異なる。機体に関する課題として、低騒音化、バッテリーのコスト(性能は現状を容認)、耐空性審査などがあり、特に耐空性審査のために必要な規制緩和を念頭に、ワシントン DC で本カンファレンスを開催したと思われる。

空のライドシェアの実証として、2019 年 7 月からニューヨークマンハッタンと JFK 空港を結ぶオンデマンド・ヘリコプタ・シェアライドを開始。Route Network と呼ぶ候補経路から飛行ルートを決定するダイナミック・スカイ・レーン・コンセプトを想定しているが、現状では通常のヘリコプタの VFR ルートを使用しているため、既存のレギュレーションから外に出していない。

Skyport について、「Skyport Architecture for 2023」セッションで 5 社からコンセプトに関するプレゼンがあり、モジュール化によりサイズを柔軟に変更できる案が目立った。



<https://techcrunch.com/>

図 2.4.4-1 各社の Skyport コンセプト

空域管理に関連して、NASA や FAA などの国の機関と産業界が協力して、運用の概念、データ交換の要求、複数機による BVLS（目視外飛行）などについて検討を進めている。Uber では、以下の方法を検討している。500ft から 1000ft の高度でノードとノードを繋いだ Skylane Network を、都市ごとに複数用意し、交通の状況(時刻、渋滞の状況など)に応じてシナリオを切り替えて使用され、同時に利害関係者間で共有される。ECS(Elevate Cloud Services)は、Uber が提供する個別の機体を識別・トラッキングするクラウドサービスで、ECS が目的地までのルートを選択するとともに進路の予測情報を共有する。Uber Copter では、ECS をバックグラウンドで使用し進化させることを目指している。

### (3) ICAO の世界航空交通計画 (Global Air Navigation Plan, GANP) の改訂<sup>(60)</sup>

ICAO では、3 年ぶりに世界航空交通計画を改定した。GANP とは、世界の航空航法システムの進化を推進するための計画であり、世界の利害関係者との協調の元、ICAO の戦略目標や国連の SDG s の実現のために重要な役割を果たしている。対象とする分野は、図に示す 4 階層に分かれている。このうち、グローバル技術レベルでは、航空航法システムの基礎となる技術を記載した BBB(Basic Building Blocks)、段階的に高度化を進めるための施策集 ASBU(Aviation System Block Upgrades)、パフォーマンス目標と主要業績評価指標(KPI)が定義されている。ICAO 加盟各国は、GANP に従った協調的な取り組みが求められる。

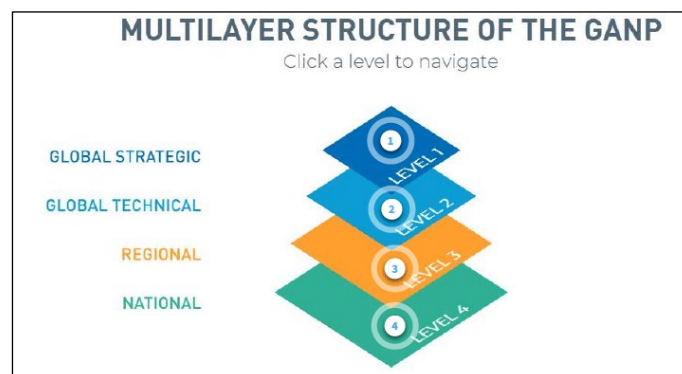


図 2.4.4-2 GANP の概念 ～階層構造～

今回改定された 6th Edition では、今後 20 年を見据えた概念的なロードマップを提示した。最初のステップとして、システム容量の改善のためにデジタル化・自動化を進める必要がある。次のステップでは個別のデータの共有を進め、効率、予測可能性、費用対効果の改善を進める。第 3 ステップでは、インターネットに接続可能な航空機内のすべてのものが接続されるシナリオを想定し、各航空機を取り巻く大気条件などを活用して軌道ベースの管制を行うことで効率化を図る。最後のステップでは、情報豊富な環境を活用して意思決定を完全に最適化し、空域ユーザのニーズを満たすことを目指している。

#### (4) ENRI EIWAC2019

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所(ENRI) (以下、ENRI と記す。) が主催するシンポジウム EIWAC2019 は、Exploring Ideas for World Aviation Challenges というテーマで開催された。基調講演として、ICAO、SESAR-JU、FAA と航空局(JCAB)、エアライン (JAL、ANA) の講演が行われ、一般の研究 72 件の発表が行われた。ATM の課題として、増大する交通量にどう対応するか、環境負荷をどのように減らしていくが挙げられるため、ATM の容量増大および効率化のための研究が進められている。通常の ATM に含まれていなかった高高度や低高度の ATM や無人機を融合した UTM(UAV Traffic Management)の研究などが今後盛んになる見込みであり、日本では高高度の ATM の研究があまり行われていない。

#### (5) サイバーセキュリティへの取組について

11 月 21-22 日に開催された AAPA(Association of Asia Pacific Airlines)の総会で、6 件の決議案をまとめた。その中で、サイバーセキュリティと体の不自由な乗客の対応の円滑化が新しい項目としてあげられた。AAPA の局長によると、最近ではキャセイパシフィック航空とライオン航空が被害にあっており、EU の情報保護規制に対する対応も重要である。エアラインと政府が共同してサイバーセキュリティに取り組むことが重要で、航空機は外部からの攻撃に対して比較的安全だが、ATM は脆弱な状況となっている。<sup>(61)</sup>

ICAO の第 40 回総会で、GNSS(Global navigation Satellite System)の脆弱性について議論が行われた。これは、IATA(International Air Transport Association)、Ifalpa(International Federation of Air Line Pilots' Association)、International Federation of Air Traffic Controllers' Association が共同で問題提起をした。現在、中東ではロシアのシリアにおける軍事行動によると推定されるジャミングにより、GNSS を使用できない事例が多発している。この夏には数週間にわたりイスラエルのベングリオン空港で ILS に頼らざるを得ない状態となった。GNSS への干渉は ADS-B の実用化に向けても大きな懸案事項で、ICAO に対して数段階の対策が提案された。GNSS で使用する周波数の干渉低減、GNSS が使用できない場合の代替手段の確保、最終的には、GNSS に代わる世界的な航法システムの開発プランを立てることを求めている。<sup>(62)</sup>

[2.4.4 項 出典(59)～(62):各、資料3の P2019D259～P2019D262 参照]

## 第3章 その他資料の分析

### 3.1 関係団体の刊行物における動向情報

[3.1項 : 資料1のP2019D001~P2019D012参照]

### 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 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、737MAX-8型機2機の墜落に端を発したMCAS（機動特性改善システム）に関する問題である。ボーイング社のMCASに対する設計ポリシー、型式証明における認証機関と検証機関の関わり方、運航会社におけるパイロット育成の方法と継続的教育カリキュラム、事故発生時の飛行／音声情報と追跡情報の規制当局への迅速提供等、様々な分野における課題が浮き彫りになった。また、ボーイング社にとっては、737MAX型機に留まらず、777X開発、NMAローンチ判断への取組を遅らせる結果となった。

一方、エアバス社は経営陣の交代が計画的に運ぶとともに、A320/321型機及びA220型機の受注及び出荷が好調に推移している。但し、Brexit及びEUとUS間の関税問題が先行きに影を落としている。

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航空機電動化への各国の取組が明らかになってきた。

都市交通システム(UAM)レベルでは、マルチコプター・タイプの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、EASAの新レギュレーション適用を狙って独Volocopter社がVoloCityの型式証明取得に名乗りを上げた。シンガポール特区でのUAM実証実験を目指している。

小型航空機ではタービンエンジンと電動モーターのハイブリッド形式が注目され、欧州ではエアバス社とロールス・ロイス社を核とするBAe 146型機を母機とするシリーズ・ハイブリッド機計画E-FAN Xが進行している。米国では、UTC社のエレメンコ氏をリーダーとする先進プロジェクト・チームUTAPによるDHC-8-Q100型機を母機とするパラレル・ハイブリッド機計画が進行中である。

超音速ビジネス機の実証機計画では、NASAのX-59静粛超音速技術実証機の組立が進んでいる。陸上での超音速飛行に対するパブリック・アクセプタンス確立を目指している。航空管制では、衛星利用型ADS-Bにより洋上飛行中も継続して位置監視が可能になりつつあり、また米国では管制官と機上との通信をデータ通信でカバーするシステムを、一部の地域から全土に広げる取組がスタートした。

航空機製造技術では、エアバス社が主要コンポーネントの結合までロボットで実施するA320/321用自動最終組立ライン(FAL)を、ハンブルグで稼働させたことが注目される。



### 3.2.2 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。令和元年度は、以下の解説事項 6 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 「R1-1 航空交通管理とデジタル変革」<sup>(1)</sup>

航空交通管理システムを発展させるためには、新しい科学技術を実装するだけでなく、経済、法律、倫理、国際政治の観点からも社会と向き合う必要がある。本稿では、航空交通管理の歴史も追いながらデジタル変革を取り巻く研究開発の世界動向を解説。

#### イ 「R1-2 バイオジェット燃料の最新動向」<sup>(2)</sup>

航空の CO<sub>2</sub> 排出量抑制には、バイオマスのように製造段階において空気中の CO<sub>2</sub> を取り込む原料から精製され、系総量としての CO<sub>2</sub> 排出量削減を実現するバイオジェット燃料の普及が不可欠であるとされ、世界中で投資・実用化推進が進んでいる。本稿では、バイオジェット燃料の最新動向を解説。

#### ウ 「R1-3 炭素繊維リサイクルの現状と今後の展望」<sup>(3)</sup>

炭素繊維は飛行機やロケットなどのハイテク産業に多く使用されてきたが、製造時に膨大なエネルギーを消費し廃材や使用済み製品の多くは埋立処理されている。今後も使い続けるにはリサイクル技術の開発と実用化は不可欠である。本稿では、最新の炭素繊維リサイクル技術と実用化への課題を解説。

#### エ 「R1-4 アーバンエアモビリティの開発動向」<sup>(4)</sup>

都市の交通渋滞が深刻化している中、身近で手軽な空の移動手段を実現し問題を解決しようとするアーバンエアモビリティが注目されている。鍵となる機体は、垂直離着陸機能を有し電動モーターで推力を得ることから eVTOL と呼ばれる。本稿では、eVTOL 開発を含めた国内外の動向について解説。

#### オ 「R1-5 晴天乱気流事故防止に向けたシステム開発」<sup>(5)</sup>

晴天乱気流による航空機内での負傷事故は、航空安全上重要な課題である。エアライン、機体メーカー、装備品メーカー、政府機関および研究開発機関は、航空安全向上の活動を今も続けている。本稿では、平成 22 年度解説概要以降の、晴天乱気流事故の傾向および事故低減技術の現状について解説。

#### カ 「R1-6 複合材の疲労・経年劣化」<sup>(6)</sup>

複合材は繊維方向と荷重方向が一致する場合は、疲労が直接問題となることは殆どないが、繊維方向が荷重方向に一致しない層を含む積層板の場合は、剥離を引き起こす。本稿では、機械的結合様式のうち最もシンプルなシングルラップ試験片の疲労試験の疲労寿命データを解説。

[3.2.2 項 出典(1)～(6) : 各、資料 2 の P2019D101～P2019D106 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 50 期定時社員総会および年会講演会

2019 年 4 月 18 日（木）～19 日（金）にかけて、第 50 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、306 名の参加があった。一般セッション 70 件の他に、オーガナイズドセッションとしては、「機体騒音低減技術の飛行実証 FQUROH プロジェクトの進捗と今後」が企画された。パネルディスカッションとしては、「航空における実務専門高等教育の体制構築に向けて～ 長期インターンシップを核とした産学連携の推進～」と男女共同参画委員会による「Diversity in JSASS -男女共同参画を学ぶ-」が開催された。また、日本航空宇宙学会が学会名に「宇宙」を取り入れてから 50 年になることを機に策定された学会初の宇宙長期ビジョン『JSASS 宇宙ビジョン 2050』に関して航空宇宙ビジョン委員会から報告する企画があった。

本年度の特別講演では、『これまでの仕事 これからの仕事』～飛行機的设计・製作と技能伝承～と題し、四戸哲（エアクラフト・オリンポス）氏より、同氏が代表を務めるエアクラフト・オリンポスがこれまで手掛けた、古典機の復元、アニメ作品中仮想飛行機の実体化、研究機関実験機の開発、世代間の技能伝承の重要性について講演があった。

学会二日目（4 月 19 日）には代議員による社員総会が実施され、第 50 期会長の大林茂氏（東北大学流体科学研究所教授）から第 51 期会長の渡辺重哉氏（宇宙航空研究開発機構）への引継ぎが行われた。社員総会終了後には、会員の集いが開かれ、名誉会員推挙状の贈呈、名誉会員ご挨拶、学会賞授与等が執り行われた。

なお、次回は 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る。

《論文賞》：2 件

・ Compression Buckling Analysis of Flat Panels with Z-section Stiffeners

滝 敏美（川崎重工）

・ Exploration of Wind Structure on Mars using an Airplane and Flight Feasibility Study

得竹 浩（金沢大）、平栗 弘貴（金沢大 / 現・ヤマハ）、西澤 誠也（理研）

《技術賞》：4 件

[基礎技術部門]

・ 光ファイバひずみ分布センシングシステムの開発と飛行実証

井川 寛隆，和田 大地，玉山 雅人，有菌 仁，  
葛西 時雄，高戸谷 健，中村 俊哉（JAXA），村山 英晶（東大）

・ 低衝撃型衛星分離部／分離機構

伊海田 皓史，寺島 啓太，宇井 恭一，紙田 徹，井元 隆行（JAXA）  
堀江 洋一，渡辺 悠弥，寶川 兼人，鬼鞍 宏樹，中川 康，小林 正和（川崎重工）

[プロジェクト部門]

- ・先進技術実証機(X-2)の研究

古川 徹 (防衛装備庁), 簗原 和彦 (三菱重工), 中村 則之 (IHI),  
真杉 京一 (SUBARU), 松島 雄一郎 (フジワラ)

- ・はやぶさ2による小天体ランデブーのための深宇宙航行技術の進展と小惑星 Ryugu への到着

はやぶさ2プロジェクトチーム (代表: 津田 雄一 (JAXA))

《奨励賞》: 1 件

- ・齋藤 勇士 (東北大)

端面燃焼式ハイブリッドロケットの推力制御特性に関する研究、他

## (2) 第 51 回流体力学講演会 / 第 37 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム

第 51 回流体力学講演会 / 第 37 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウムが 2019 年 7 月 1 日 (月) ~ 3 日 (水) にかけて、早稲田大学国際会議場にて開催された。本講演会は、主に航空宇宙分野における流体力学分野の実験や解析技術に関する研究や、数値シミュレーション技術に関する研究、を主な対象としている。本年度は 3 件の招待講演、150 件の一般講演からなり、326 名の参加者があった。

初日 (7 月 1 日) の午前中には JAXA が開発しているソフトウェアのユーザー会が開催された。FaSTAR-Move 等 JAXA ソフトウェアの開発状況・新機能の紹介や、ソフトウェア利用にあたってのトラブルシューティング手順の提案、ユーザーからのミニプレゼンとディスカッションが行われた。初日 (7 月 1 日) の午後中には Aerodynamics Prediction Challenge V (APC V) ワークショップが開催された。本企画は、実機開発に活用されている数値流体力学 (Computational Fluid Dynamics、以下 CFD と記す。) と同規模の解析課題を選定し、JAXA で取得された風洞試験データとの詳細な比較を行うことによって、航空分野における CFD の発展に向けた課題抽出を目指すものである。毎回、国内の研究所、大学、ソフトウェア・ベンダーが共通の課題に取り組み、その解析結果について発表する。本年度は、高揚力装置 (二次元 30P30N 翼型) 周りの空力・空力音響解析が課題であり、11 件の発表に続き、全体をまとめた発表とディスカッションが行われた。次年度以降も継続する予定である。

なお、次回は 2020 年 7 月 1 日 (水) ~ 3 日 (金) にかけて、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がアイーナ盛岡 (盛岡市) にて開催される予定である。

### ○招待講演 (Invited Lectures)

#### 1) Professor Pierre Sagaut (Aix-Marseille Université)

講演題目: 「Advanced simulation of turbulent flows: UQ, Data Assimilation and learning-based approaches」

2) 川添 博光 教授 (鳥取大学)

講演題目:「流れに誘われて」

3) 吉田 憲司 前航空プログラムディレクタ (JAXA)

講演題目:「超音速旅客機と空力研究に魅せられて」

○企画講演

(FDC/ANSS 合同企画 1)「高レイノルズ数流れと空気力学」: 5 件

(FDC/ANSS 合同企画 2)「航空宇宙流体データ科学の新展開」: 4 件

(FDC/ANSS 合同企画 3)「低レイノルズ数流れ」: 15 件

(FDC/ANSS 合同企画 4)「革新回転翼機・eVTOL 機の空力的課題」: 8 件

(FDC/ANSS 合同企画 5)「空力音の予測と低減」: 5 件

(FDC/ANSS 合同企画 6)「民間超音速機実現のための空力設計技」: 9 件

(企画 FDC1)「先進流体計測技術」: 6 件

(企画 FDC2)「デトネーションおよび圧縮性反応流の応用」: 10 件

(企画 ANSS1)「航空機開発のための多分野統合シミュレーション」: 9 件

(企画 ANSS2)「宇宙輸送を支えるシミュレーション」: 15 件

(企画 ANSS3)「複雑形状の高精度 CFD 解析」: 5 件

(3) 第 61 回構造強度に関する講演会

第 61 回構造強度に関する講演会が 2019 年 8 月 7 日 (水) ~9 日 (金) にかけて、長野市生涯学習センター (長野県長野市) に開催された。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 170 名が参加し、一般講演 85 件、特別講演 2 件の発表が行われた。特別講演の講演リストを以下にまとめる。

1) 「複合材料の壊れ方への興味」 宇田 暢秀 教授 (九州大学)

2) 「北アルプスの生成-マグマとプレート運動の競演-」 原山 智 名誉教授 (信州大学)

なお、次回は 2020 年 8 月 5 日 (水) ~7 日 (金) にかけて、第 62 回構造強度に関する講演会がアバンセ佐賀 (佐賀市) にて開催される予定である。

(4) 第 57 回飛行機シンポジウム

第 57 回飛行機シンポジウムが 2019 年 10 月 16 日 (水) ~10 月 18 日 (金) にかけて、海峽メッセ下関 (山口県下関市) にて開催された。本シンポジウムは日本航空宇宙学会および日本航空技術協会によって主催され、国内における航空機関連の最大の学会会議として毎年開催されており、本年は 516 名の参加があった。本年度は、6 件の特別講演を始めとする、202 件の講演 (特別企画・企画講演 7 企画 58 件、一般公演 130 件、学生講演 14 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。

なお、次回は 2020 年 11 月 25 日 (水) ~27 日 (金) にかけて、第 58 回飛行機シンポジウムはアスティ徳島 (徳島市) にて開催される予定である。

特別講演：

- 1) 無人航空機の研究開発動向と社会実装への取り組み 鈴木真二 (東京大学)
- 2) KARI Tiltrotor UAV Development and Technology Application to eVTOL ○Jai Moo Kim (Korea Aerospace Research Institute)
- 3) 将来の航空交通システムに関する長期ビジョン 本江信夫 (国土交通省航空局)
- 4) ヘリコプターの開発について (開発の現場から) 村山滋 (川崎重工株式会社)
- 5) 航空機整備におけるデジタル技術の活用～あたらしい整備への挑戦～ 石井秀樹 (株式会社 JAL エンジニアリング)
- 6) 国産バイオジェット・次世代バイオディーゼルの開発 尾立維博 (株式会社ユーグレナ)

特別企画：

- ・複雑化するフライトコントロールシステムの課題と「空飛ぶクルマ」時代の航空管制のありかたについて：4件

企画講演：

- ・航空分野におけるバイオメティックス適用の試み：13件
- ・無人機の社会利用とそれを支える機器・システム：12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
- ・航空機における生産技術の動向と課題：5件
- ・航空技術 開発と活用：5件
- ・新技術を活用した航空機の運航・整備：3件

#### (5) 第25回スカイスポーツシンポジウム

第25回スカイスポーツシンポジウムが2019年11月30日(土)、12月1日(日)に、東京都立産業技術高等専門学校(荒川キャンパス)にて開催された。本シンポジウムは、日本航空宇宙学会が主催、日本航空協会が共催となり、人力飛行機・グライダー・模型ロケット・紙飛行機・気球・スカイスポーツ全般に関して、学術的な発表はもちろん、技術的・経験的・解説的な発表も行われている。本年度は112名の参加があり、一般講演21件が行われた。また2019年12月1日(日)には「こども模型飛行機教室」が開催された。

なお、次回は2020年12月(予定)に、第26回スカイスポーツシンポジウムが開催される予定である(開催場所は未定)。

(6) 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2019年3月6日-7日に、岐阜県岐阜市にて開催された。

特別講演

「再使用ロケット実験機RV-Xによる飛行実験について」

野中 聡 准教授 (JAXA/ISAS)

「マイクロ波放電型イオンエンジン ～『はやぶさ2』までの実績と今後の展開～」

西山 和孝 准教授 (JAXA/ISAS)

企画セッション

研究開発における安全・品質管理 5編

モジュール化によりスケラビリティを実現する将来型エンジン 4編

将来戦闘機用エンジンに関する研究 4編

航空機電動化・電動航空機 推進系技術 9編

圧縮機流れシミュレーション の最前線 5編

一般セッション

化学ロケット 11編

電気推進・先端推進 16編

流体・伝熱技術 9編

極超音速推進 3編

(7) 日本ガスタービン学会第47回定期講演会(GTSJ 47)

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47回となる今回は2019年9月18日-20日に、北海道函館市で開催された。

企画セッション 「ガスタービンの構造材料研究開発の最新動向と今後の展望」

[モデレーター]

吉岡洋明(東北大学)

[パネリスト]

竹村誠洋(科学技術振興機構) SIP革新的構造材料の研究開発について

阿部俊夫(三菱エンジニアリング) 航空機構造向け複合材開発

御手洗容子(物質・材料研究機構) 大型鍛造シミュレータを用いたNi,Ti合金鍛造プロセス

今成邦之(IHI) 航空エンジン用CMCコーティング材料の開発

### 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) 2019<sup>(1)</sup>

米国航空宇宙学会（American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA）主催による Scitech2019 が 2019 年 1 月 7 日（月）～11 日（金）にかけて、米国サンディエゴにて開催された。本年度のテーマは Aerospace On Demand であり、44 か国から約 5,000 名の参加者（内 1,400 名が学生）があった。口頭発表は約 2,800 件あり、航空宇宙分野における世界最大の研究開発に関する講演会・展示会である。以下に 5 件の特別講演に関する題目と講演者・パネリストに関する情報をまとめる。

なお、次回は 2020 年 1 月 6 日（月）～10 日（金）にかけて、Scitech2020 が米国オーランド（フロリダ州）にて開催される予定である。

##### 1) Enabling the Replicator

司会：Heather Bulk, Chief Executive Officer and Co-Founder, Special Aerospace Services and SAS Manufacturing

登壇者：

Tony Gingiss, Chief Executive Officer, OneWeb Satellites

Robert Gold, Director, Engineering Enterprise, Office of the Deputy Assistant Secretary of Defense for Systems Engineering, U.S. Department of Defense

Jeff Miller, Senior Technical Fellow, Production Engineering, The Boeing Company

##### 2) Exploration for Everyone

司会：Frank Moring Jr., Senior Editor, Space, Aviation Week & Space Technology (ret.)

パネリスト：

Ariane Cornell, Head, Astronaut Strategy and Sales, Blue Origin

Richard DalBello, Vice President, Business Development and Government Affairs, Virgin Orbit

Lon Levin, President and Chief Executive Officer, GEOshare LLC

Bradley Schneider, Vice President, Launch Services, Rocket Lab USA

John Tylko, Chief Innovation Officer, Aurora Flight Sciences

##### 3) Flying Anyone from Here to There – Anytime, Anywhere

司会：Bruce Holmes, Vice President, Digital Aviation, SmartSky Networks, LLC

講演：Eduardo Dominguez-Puerta, Head, Urban Air Mobility, Airbus

##### 4) Applying Disruptive Technologies in Disney Parks, Experiences and Consumer Products

司会：Amy Pritchett, Professor and Head, Department of Aerospace Engineering, Pennsylvania State University

講演：Kathy de Paolo, Vice President, Technology, The Walt Disney Company

5) Customized Learning, When and Where You Need It

登壇者：

Eric Paterson, Aerospace and Ocean Engineering Department Head and  
Rolls-Royce Commonwealth Professor of Marine Propulsion,  
Virginia Polytechnic Institute and State University

John Tangney, Director, Human and Bioengineered Systems Division, Office  
of Naval Research

(2) AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference 2019

AIAA/CEAS 共催による AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference 2019 が、2019 年 5 月 20 日（月）～23 日（木）にかけて、デルフト工科大学（オランダ）にて開催された。本会議は 2 年間米国、3 年目欧州の三年周期で開催地が決まっており、本年度は欧州開催となった。本講演会は、航空機エンジン騒音（Jet 騒音、ファン騒音等）や機体空力騒音（高揚力装置や降着装置）の予測・低減に関する、実験的・解析的な発表が一堂に集まる場である。本年度は 4 件の特別講演と約 350 件の一般講演があった。以下に特別講演のリストを示す。

- 1) 25 Year of successful CEAS-AIAA collaboration on aeroacoustics, Hanno Heller (first CEAS Aeroacoustics ASC chair) & Phil Morris (AIAA Aeroacoustics TC member)
- 2) From fundamental validation to predictive aeroacoustics: the joy and hurdles of PowerFLOW journey, Damiano Casalino (TU Delft / Dassault Systèmes)
- 3) CEAS aeroacoustics award 2019 lecture and ceremony, Roland Ewert (DLR)
- 4) AIAA aeroacoustics award 2019 lecture and ceremony, William J. Devenport (Virginia Tech)

一般講演に加えて、2 件の特別セッションが企画された。特別セッションでは通常 30 分の発表時間が 60 分に延長され、より詳細な内容に関する発表が行われた。

1 件目は、NASA Flight Demonstrations and Capabilities (FDC) プロジェクトにおける機体空力騒音の飛行試験や数値解析に関する企画である。騒音予測とその低減手法に関する 5 件の講演が行われた。

- 1) NASA Airframe Noise Reduction and Prediction: ARM Flight Tests and Companion Simulations, M. Khorrami (NASA Langley Research Center)
- 2) Flight-Test Evaluation of Landing Gear Noise Reduction Technologies, M. Khorrami (NASA Langley Research Center), et al., AIAA-2019-2455
- 3) Assessment of Airframe Noise Reduction Technologies based on EPNL from Flight Tests, P. Ravetta (AVEC, Inc.) et al., AIAA-2019-2456
- 4) Simulation-Based Assessment of a Full-Scale Installed Quiet Landing Gear, B. Duda (Exa GmbH) et al., AIAA-2019-2476



- 5) Measured and Simulated Acoustic Signature of a Full-Scale Aircraft with Airframe Noise Reduction Technology Installed, M. Khorrami (NASA Langley Research Center) et al., AIAA-2019-2477

2件目は International Forum for Aviation Research (IFAR)における音響ライナー研究に関する企画である。IFARは各国の研究機関により構成されており、航空に関する研究活動の情報交換を目的に設立された組織である。この企画では、2つのテーマについてこれまでの研究を通じて得られた成果が紹介された後、今後の研究の方向性について議論された。一つ目のテーマは類似のライナーについて複数の研究機関で検討した結果の比較、二つ目のテーマはベンチマーク・データに対する三次元空力音響伝搬コードの比較検証である。以下に本企画セッションにおいて発表された7件の講演リストを示す。日本からは JAXA からの発表が一件あった。

- 1) Overview of Liner Activities in Support of the International Forum for Aviation Research, M. Jones, et al. (NASA Langley Research Center), AIAA-2019-2599
- 2) Impedance measurements for 3-D printed liners, H. Boden (Royal Institute of Technology, KTH, スウェーデン) et al., AIAA-2019-2600
- 3) IFAR Liner Benchmark - Challenge #1 - DLR, F. Bake (DLR Berlin) et al., AIAA-2019-2601
- 4) Experimental Study of Acoustic Liner Panels Shared in IFAR Program, T. Ishii (JAXA), et al., AIAA-2019-2602
- 5) Experimental Investigation of Mean Flow Profile Effects on Impedance Education for Multi-Segment Liners, N. Ostrikov (TsAGI) et al., AIAA-2019-2638
- 6) Liner Impedance Education under shear grazing flow for high sound pressure level, F. Mery (ONERA), et al., AIAA-2019-2639
- 7) Investigation of Sound Propagation in Rectangular Duct with Transversally Non-uniform Flow and Anisotropic Wall Impedance by Asymptotic Theory and 3D Finite Element Method, S. Denisov (TsAGI), et al., AIAA-2019-2640

### (3) AIAA AVATION2019

AIAA 主催による AVIATION2019 が、2019年6月17日(月)～21日(金)にかけて、米国ダラスにて開催された。本講演会は、AIAAにおける航空関連(空力、熱流体、数値流体力学、地上試験技術、航空機設計、航空機システム等)の技術講演会として最大である。将来航空機システムが、急速に変化するテクノロジーと新しいトレンド(環境適合性等)のため、先駆者によって構築されてきた現在の航空輸送システムの延長上とは異なるところに向かっていることを踏まえ、本年度のテーマは **Shaping the Future of Flight** であった。30か国から479人の学生を含む2,100人以上が参加し、1,100件を超える口頭発表が行わ

れた。以下に5件の特別講演に関する題目と講演者・パネリストに関する情報をまとめる。

なお、次回は2020年6月15日(月)～19日(金)にかけて、AVIATION2020が米国リノ(コロラド州)にて開催される予定である。

1) Living in the Age of Airplanes

KEYNOTE: Brian J. Terwilliger, Producer and Director

2) NASA Aeronautics

KEYNOTE: Stephen Jurczyk, Associate Administrator, NASA

3) The Reality of a Vertical Dream

KEYNOTE: Christopher Emerson, President, and Head, North America Region,  
Airbus Helicopters

4) The Future of Mobility – Aviation is Changing the World

KEYNOTE: Greg Hyslop, Chief Technology Officer, The Boeing Company

5) Apollo's Legacy and Impact on Modern Flight

SPEAKERS: Bill Barry, Chief Historian, NASA

James R. Hansen, Author, First Man: The Life of Neil A.

Armstrong, and Professor Emeritus, History, Auburn University

(4) アジア太平洋航空宇宙技術国際シンポジウム 2019

(2019 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology, APISAT-2019)

日韓中豪4カ国の航空宇宙学会の共催により、APISAT2019が2019年12月4日(水)～6日(金)にかけて、ゴールドコースト(オーストラリア)で開催された。オーストラリア、韓国、日本、中国、ベトナム、米国、ドイツから、約300名の参加者があった。4件の特別講演と、空気力学、航空機/UAV設計、航法、燃焼および推進、誘導および制御、構造および材料、航空交通管理などのトピックを網羅した43の技術セッションの中で150件を超える口頭発表と約50件のポスター発表が行われた。最終日にはQueensland大学 the Center of Hypersonicにある極超音速風洞関連施設へのテクニカルツアーが実施された。

なお、次回は2020年11月17日(火)～19日(木)にかけて、APISAT2020が済州島(韓国)にて開催される予定である。

特別講演

1) Australian Defense Research Capability, Professor Michelle Gee (オーストラリア)

2) A Flight Demonstration Project for Airframe Noise Reduction Technologies, FQUROH, Dr Kazuomi Yamamoto (宇宙航空研究開発機構, 日本)

3) On the advance of optimization methods for aerospace structures integrated design and cutting process, Prof. Weihong Zhang (中国)

4) Current Research Activities and Future Plans on Unmanned Aerial Vehicles in Korea, focused on drone with 5G network & Autonomy, Dr Wang - Gu Kang (韓国)

(5) 32st Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS 2020)

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（本年度は開催のない年）。

次回は 2020年9月14日（月）～18日（金）にかけて、ICAS 2020が上海（中国）にて開催される予定である。

(6) ASME Turbo Expo 2019

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年には韓国ソウルでアジア初開催。2019年は米国のフェニックスで開催。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以上のパラレノレ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。

キーノート

“Turbomachines for Clean Power and Propulsion Systems”

- + Janet L. Kavandi (Center Director NASA Glenn Research Center)
- + Andrew “John” Lammas (Vice President & CTO Gas Power Systems GE)
- + Thomas Alley (Vice President, Generation Electric Power Research Institute (EPRI))

パネルディスカッション

“Developments in Hybrid-electric Propulsion and Enabling Technologies”

- + Prof. Konstantinos Kyprianidis (Malardalen University Vasteras, Sweden)
- + Dr. Kurt Rouser (Oklahoma State University Stillwater)
- + Prof. Anestis Kalfas (Aristotle University Of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece)

パネルディスカッション

“Opportunities for Fuel Variability in Aircraft Gas Turbine Engines”

- + Dr. Meredith Colket (Combustion Consulting Services)

パネルディスカッション

“Role of High-Performance Computing, in-Situ and ex-Situ Characterization in

Qualification of AM Components”

+ Dr. Dheepa Srinivasan (Adjunct Faculty, IIT, Ropar Bangalore, India)

+ Mr. Pontus Slottner (Siemens Industrial Turbomachinery AB Finspang, Sverige, Sweden)

一般セッション(ジャンル別抜粋)

空力 Compressor Design

Transonic Compressors

Stability & Stall

Tip-clearance Flows

Inlet Distortion

End-wall Flows

Experiments & Rigs

Casing Treatments

Flow Control

Leakage Flows

Endwall Profiling

Unsteady Flows and Transition

Low Pressure Turbine Aerodynamics

LES, DNS & Optimization Methods and Applications

Fan / Compressor Design Methods and Applications

Turbine Design Methods and Applications

Multi-physics or Multi-component Design Methods and Applications

Cavity, Bearings and Seal Design Methods and Applications

Novel Solver and Simulation Framework

Radial Turbomachinery Design Methods and Applications

Numerical Design Methods, Meshing and Blading

Inter-Component Ducts in Compressors and Other Rotating Components

Inter-Component Ducts in Turbines

Compressor noise and methods

Radial and Mixed Flow Turbine Design

Centrifugal Compressors

Radial and Mixed Flow Turbine Modelling

Unsteady Flows in Compressors

Unsteady Flows in Turbines

Modeling and Control Methods for Unsteady Flows

伝熱 Conjugate Heat Transfer  
Numerical Internal Cooling  
Miscellaneous  
Endwall  
Advanced Turbulence Modeling/Simulation  
Hole Shape Studies  
General Experimental Heat Transfer  
Tutorial of Basics I: Turbine Cooling Fundamentals  
Tutorial of Basics II: Conjugate Heat Transfer methodologies for GT  
Combustor Aerothermal Investigat  
Hot Gas Ingestion: Ingress/Egress  
Rotor Disk and Cavity  
Seals and Rigs  
Miscellaneous  
Experimental Internal Cooling  
Combustor Liner Cooling  
Combustor Cooling  
Impingement Heat Transfer  
Tip Clearance Control  
Experimental Film Cooling  
hermofluids and Thermomechanical Modeling and Optimization  
Heat Transfer: Additive Manufacturing  
General Computational Heat Transfer

燃焼 Combustor Design and Development  
Atomization and Sprays  
Fundamental Combustion - Flame Stabilization  
Fundamental Combustion - Flame Propagation and Quenching  
Combustor Diagnostics  
Pollutant Emissions Formation and Control  
Combustion Modeling - Effect of Chemistry Model  
Combustion Modeling - Effect of Turbulent Combustion Model  
High Hydrogen Combustion  
Combustor Flowfields  
Novel Combustor Concepts  
Chemical Kinetics

Fuel Effects  
 Combustion Dynamics: Damping & Control  
 Combustion Dynamics: Flame-to-Flame Interaction  
 Combustion Dynamics: High Frequency Instabilities  
 Combustion Dynamics: Hydrodynamic Instabilities -1  
 Combustion Dynamics: Hydrodynamic Instabilities -2  
 Combustion Dynamics: Rotating Detonation  
 Combustion Dynamics: Instability Mechanisms  
 Combustion Dynamics: Nonlinearities  
 Combustion Dynamics: Annular & Can-Annular Systems  
 Combustion Dynamics: POD & DMD Analysis  
 Combustion Dynamics: Flame Transfer Functions  
 Combustion Dynamics: Liquid Fuels  
 Combustion Dynamics: Numerical Approaches  
 Combustion Dynamics: Stability Analysis  
 Combustion Dynamics: Advanced Optical Investigations  
 Blow-Off, Flashback & Ignition  
 Opportunities for Fuel Variability in Aircraft Gas Turbine Engines  
 Soot Modeling for Gas Turbines Engines: Recent Developments, Remaining  
 Gaps, and Emerging Needs  
 Life Cycle Assessment  
 Alternative Liquid Fuels  
 Alternative Gaseous Fuels (Hydrogen)  
 Biomass and Coal  
 Basics of Biomass  
 Challenges of Combustion Computational Fluid Dynamics for Industrial Gas  
 Turbine engines  
 Environmental impact assessment on the Life Cycle for industrial gas  
 turbines - Is it still an option  
 振動・動力学  
 Analysis  
 Modeling improvements  
 Experiments and special investigations  
 Applications  
 Bearings and seals  
 Gas Turbine Rotordynamics - Practical Aspects

Introduction to Torsional Rotordynamics  
Rotordynamics - Theory, Vibration Monitoring, and Case Studies  
How to Apply API Standards to Turbomachinery Rotordynamics  
Mistuning  
Dynamics of bladed disks with nonlinearities  
Frictional Joints  
Vibration and Damping of Bladed Disks  
Rotor-Stator Interaction  
Experimental Vibration Analysis  
Turbomachinery Aeromechanics  
Compressor Aerodynamic Forcing  
Aerodynamic Forcing in Different Turbomachinery Applications  
Compressor Aerodynamic Damping and Flutter  
Turbine Aerodynamic Damping and Flutter  
Aeroelastic Stability of Compressors and Seals  
Aerodynamic Excitation Mechanisms  
Advice for Developing Effective Technical Presentations

材料 CMC Components  
CMC Behavior: Fast Fracture  
CMC Material Behavior: Fatigue  
CMC Material Behavior: FOD, Erosion and CMAS  
Lifetime Prediction Methods  
Creep Modelling, Analysis and Testing  
Fatigue Crack Initiation  
Material Constitutive Modelling  
Fatigue Crack Growth Analysis

潤滑・二次空気  
Gas Bearings  
Tilting Pad Bearings  
Fluid Film Bearings  
Magnetic Bearings  
Squeeze Film Dampers  
Seals

性能 Operability

Modeling, Simulation and Validation

Inlets, Exhausts and Ducts

Thermal Management Systems and Aero-engine Oil Systems

Whole Engine Performance and Novel Concepts

Propellers and Open Rotors

Inlets, Nacelles, Nozzles, and Mixers

On-Wing Engine Condition Monitoring, Modelling and Optimization

Basics of Gas Turbine Cycle Modelling

Developments in Hybrid-electric Propulsion and Enabling Technologies

Basics of Gas Turbine Engine (GTE) Core

Propulsion System Integration – an Airframer View

Lifting-line Aerodynamics of Propellers, Propfans, and Windprops With  
Application to Electric Flight

Developments in Hybrid-electric Propulsion and Enabling Technologies  
(continued)

サイクル

Fuel Cell Driven Cycles

Cycle Innovations in Small Scale Applications

Cycle Innovations in Renewable Power Systems

Innovative Power Cycles

Combined Cycle Performance

Operations Simulation and Diagnostics

Turbomachinery Design Aspects in Cycle Innovation

Hybrid Electric System Design in Cycle Innovations

Introduction to Dynamic Analysis and Hybridisation of Plant Systems

Overview of Grid-Scale Energy Storage Systems and Technologies

Simulation of Gas Turbine Dynamic Behavior at Design, Off-Design and  
Adverse Dynamic Operation

Future of Power Systems

Sustainable business opportunities in low-income countries

Turbines for sCO<sub>2</sub> Power Cycles

Compressors and Seals for sCO<sub>2</sub> Power Cycles

Compressors for sCO<sub>2</sub> Power Cycles - Near-Critical Point Considerations

Testing of sCO<sub>2</sub> Power Cycles

Modeling and Control of sCO<sub>2</sub> Power Cycles



sCO<sub>2</sub> Power Cycles - I  
 sCO<sub>2</sub> Power Cycles II  
 Properties and Physical Behavior for sCO<sub>2</sub> Power Cycles  
 Oxy-Combustion  
 Technoeconomic Assessments & Plant Concepts for sCO<sub>2</sub> Power Cycles  
 Fundamentals of Supercritical CO<sub>2</sub> Power Cycles  
 Heat Exchangers for Supercritical CO<sub>2</sub> Power Cycle Applications  
 Turbomachinery Design for Supercritical CO<sub>2</sub> Applications  
 Supercritical CO<sub>2</sub> Power Cycle Modeling and Fluid Properties  
 Materials for Supercritical CO<sub>2</sub> Applications  
 Fundamentals of Direct-Fired Supercritical CO<sub>2</sub> Combustion  
 Components, Subsystems and Materials for sCO<sub>2</sub> Power Cycles Part A  
 Components, Subsystems and Materials for sCO<sub>2</sub> Power Cycles Part B  
 GT Power Augmentation Technologies (- Inlet Fogging, Wet Compression, water  
 Injections and Compressor -)  
 Waste Heat Recovery and Energy Storage Technologies  
 Co-Generation Power Plant Performance, Operation and Condition-Based  
 Maintenance  
 Hybrid Industrial Co-Generation Systems  
 Compressing a Wet Gas: Perspectives and Experience Across a Range of  
 Applications.  
 Combustion and Emissions  
 Design and Evaluation Considerations of Waste Heat Recovery Technologies  
 Cogeneration from Solar and Biomass Energy Sources Including Thermal  
 Storage  
 Cogeneration and the Future of Gas Turbine Systems  
 Organic Rankine Cycle Design and Exploitation  
 Last Stage Blades  
 Wet Steam  
 Valves and Seals  
 Operational Aspects  
 Mechanical Aspects of Steam Turbines  
 HP/IP Aerodynamics and General Design Aspects  
 High Temperature Research in Mechanical Integrity I  
 Mechanical Aspects of Steam Turbines II  
 High Temperature Research in Mechanical Integrity II

製造 Additive Manufacturing: Materials and Processes  
Additive Manufacturing: Structures and Performance  
Surfaces and Coatings  
Role of High-Performance Computing, in-Situ and ex-Situ Characterization in  
Qualification of AM Comp  
Machining  
Subtractive Manufacturing  
Prognosis and Prediction  
Thermal Barrier Coatings  
Narrow and Wide Gap Diffusion Braze Repair Technology including  
Applications  
Turbomachinery Manufacturing in a Digital Environment  
Material and Manufacturing Considerations in Life Prediction  
Probabilistic Analysis Methods and Applications For Rotors  
Application Challenges in Probabilistic Methods  
Industry Challenges in Uncertainty Quantification: Narrowing the Simulation –  
Test Gap with Statisti  
Introduction to Probabilistic Analysis and Uncertainty Quantification  
Moving Additive Manufacturing beyond Trial and Error with Probabilistics and  
Machine Learning

運用・信頼性  
Design, Development & Applications  
Auxiliary and Support Systems  
Testing  
Gas Turbine Controls  
Microturbines: Component Design and Performance Analysis  
Micro Gas Turbine: Combustion and Fuels  
Microturbines for Distributed Power Generation and Hybrid Energy Grids  
Microturbines: Compressors  
Microturbines and Turbochargers: Emerging System and Application  
Microturbines and Turbochargers: Turbines  
Turbochargers: Performance Evaluation and Prediction  
Turbochargers: Compressors  
Introduction to Gas Bearings for Oil-Free Turbomachinery  
LNG Applications  
Wet Gas Compression and Multiphase Flow

Systems, Components and Auxiliary Devices Analysis  
Performance Degradation and Critical Conditions  
Diagnostics, Maintenance, Operation  
Performance Analysis  
Power Cycles and Thermodynamics  
Upgrades and Updates of Gas Compressors and Gas Turbines  
Industrial Gas Turbines - An Introduction  
Oil and Gas Applications  
Basics of Rotordynamics Instrumentation and Data Acquisition  
Dry Gas Seals and Panels: Design, Operation, and Maintenance Techniques  
for Improved Reliability  
Compressor Dynamics  
Emerging Methods on Advanced Designs  
Emerging Methods on Structural Design System

制御 Topics in Controls  
Topics in Diagnostics  
Free stream flow diagnostic Instrumentation  
Performance Monitoring for GT  
Advances in Pressure Meas.  
Near Wall Flow Diag. Instrumentation  
Surface Diag. Instrumentation Applications  
Advanced Controls for GT  
Data Analytics & Parameter Estimation  
Transient Gas Turbine Engine Simulation and Controls Basics

#### (7) AIAA Propulsion and Energy Forum 2019 (AIAA P&E)

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/ASSEE Joint Propulsion Conference の会議名も依然として掲げており第55回となる。例年、米国内で開催され、今回は2019年8月19日-22日に、米国インディアナ州インディアナポリスで開催された。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。

#### キーノート

"Optimizing the U.S. Air Force's Operational Energy Use through 21st Century Tools and Technologies"

+ Roberto Guerrero (Deputy Assistant Secretary of the Air Force for  
Operational Energy, Office of the Assistant Secretary of  
the Air Force for Installations, Environment and Energy)

[モデレーター]

+ Jim Free (Senior Vice President, Aerospace Systems, Peerless Technologies)

#### フォーラム(パネルディスカッション)

"Propulsion Efficiency: Engine Optimization and MRO Advancements"

#### # PART I : TURBINE AND COMBUSTION EFFICIENCY TRENDS

This session is dedicated to discussions around research and implementations to improve overall engine efficiency through combustion optimization, turbine design/operations, bypass configurations and alternative fuels.

[モデレーター]

+ Kenneth Suder (Senior Technologist, Airbreathing Propulsion, Propulsion  
Division, NASA Glenn Research Center)

[パネリスト]

+ William Cummings (Chief, Combustor and Turbine Aero, Rolls-Royce  
Corporation)

+ Eric Falk (Military Aerodynamics Lead, GE Aviation)

+ Sunil James (Senior Technical Manager, Propulsion Technologies,  
Honeywell Aerospace)

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

#### # PART II: FLEET REPLENISHMENT, MODERNIZATION AND MRO MOVEMENTS

This session is dedicated to discussions around efficiencies which can be found in planning for and implementation of fleet changes, re-engining and optimization of maintenance activities including consortium performance.

[モデレーター]

+ Marc Meredith (Executive Director, Global MRO Network and Cost  
Management, Pratt & Whitney)

[パネリスト]

+ Meagan Austgen (Vice President, Sales, Rolls-Royce Corporation)

+ Shawn Gregg (General Manager, Predictive Technology Engineering, Delta  
Air Lines)

#### フォーラム(パネルディスカッション)

"Next Steps in Supersonic and Hypersonic Propulsion: Platforms and Applications"

#### # PART I: HYPERSONIC PROPULSION ADVANCEMENTS

The hypersonic regime has a simple definition, Mach 5, but the solution to propelling a vehicle to those speeds is not at all simple. Like every aerospace design, the solution is mission and technology dependent and the two primary missions for airbreathing hypersonics today are: point-to-point for global high-speed travel, and responsive access to space. Even with a known mission there are different approaches to airbreathing hypersonic propulsion from turbine-based combine cycle engines (TBCC) to air-breathing rockets. This panel will discuss these different missions and propulsion systems, and provide their perspective on the drivers.

[モデレーター]

+ Steven Sinacore (Deputy Project Manager, Hypersonic Technology Project, Aeronautics Research Mission Directorate, NASA)

[パネリスト]

+ Robert Bakos (Principal and Co-Founder, Innoveering, LLC Glenn Case, Founder and Chief Technology Officer)

+ Glenn Case (Founder, Chief Technology Officer, Hermeus)

+ Adam Dissel (President, Reaction Engines Inc.)

#### # PART II: COMMERCIAL SUPERSONIC PROPULSION ADVANCEMENTS

This session is dedicated to exploring the current state of propulsion technology for commercial supersonics. Hear from the major engine OEMs, regulators, and NASA about the value of supersonics in commercial or business aviation, and the successes and challenges in bringing higher-speeds to market.

[モデレーター]

+ Peter Coen (Low Boom Flight Demonstration Mission Manager, Aeronautics Research Mission Directorate, NASA)

[パネリスト]

+ Eric Falk (Military Aerodynamics Lead, GE Aviation)

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

+ Jonathan Seidel (Chief Engineer, Propulsion Systems Analysis Branch, NASA Glenn Research Center)

+ Donald Scata (Noise Division Manager, Office of Environment and Energy, FAA)

+ PJ Steffen (Chief Future Projects Engineer, Rolls-Royce Corporation)

#### フォーラム(パネルディスカッション)

"Challenges and Opportunities in Continuing Advancement of Gas Turbine Technologies"

Interest is building in technology growth areas such as hypersonics, commercial supersonic, and electric/hybrid-electric. But there are still exciting advances to be made in core gas turbine technologies and in

integration of components into optimized systems and sub-systems. The panelists will discuss the challenges of continuing to improve gas turbine technologies when there is competition for limited resources in this time of opportunity for the industry.

#### # PART I: FUNDING AGENCIES

[モデレーター]

+ Barbara Esker (Deputy Director, Advanced Air Vehicles Program,  
Aeronautics Research Mission Directorate, NASA)

[パネリスト]

+ Robert Hancock (Principal Scientist, Turbine Engine Division, Air Force  
Research Laboratory)

+ Steven Martens (Program Officer, Power, Propulsion and Thermal  
Management, Office of Naval Research)

+ Simon Weeks (Chief Technology Officer, Aerospace Technology Institute)

#### # PART II: OEMS

[モデレーター]

+ Barbara Esker (Deputy Director, Advanced Air Vehicles Program,  
Aeronautics Research Mission Directorate, NASA)

[パネリスト]

+ Eric Ducharme (Chief Engineer, General Manager, GE Aviation)

+ Michael Winter (Senior Fellow, Advanced Technology, Pratt & Whitney)

+ Mark Wilson (Chief Operating Officer, Rolls-Royce LibertyWorks)

#### フォーラム(パネルディスカッション)

##### "Electrified Aircraft Propulsion Technologies Air Taxis to Airliners"

Rapid advances in technology of engines, electric motors, power converters, and batteries are ushering in a new era of electrified air transport systems, from vertical take-off and landing (VTOL) to large transport aircraft. The electric VTOL (eVTOL) technology inspires the Urban Air Mobility (UAM) community to revolutionize commuting within metropolitan areas while the larger electric transport aircraft address energy usage and environmental issues on a global scale. Many companies are already developing a variety of eVTOL vehicles with the intent of commercialization. Similarly, there is an increasing interest in the electrification of larger aircraft systems. Airbus, Boeing, and other companies have already suggested the feasibility of these airplanes and are planning to commercialize them in the near future.

In this panel, representatives from organizations that are actively engaged in the research and development of such vehicles will discuss technologies and challenges involved, including transitioning technologies up in scale from air taxis to airliners.

[モデレーター]

+ Marty Bradley (Technical Fellow, The Boeing Company)

[パネリスト]

- + Barbara Esker (Deputy Director, Advanced Air Vehicles Program,  
Aeronautics Research Mission Directorate, NASA)
- + Andrew Gibson (President, Empirical Systems Aerospace, Inc.)
- + Hao Huang (Technology Chief, Electrical Power, GE Aviation)
- + John Nairus (Chief Engineer, Power & Control Division, Air Force Research  
Laboratory)

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

キーノート

"Toward Sustainable Aviation"

- + Alan Newby (Director, Aerospace Technology and Future Programmes,  
Rolls-Royce Corporation)

[モデレーター]

- + Jason Gardellis (Manager, Engineering Partnership Programs, Rolls-Royce  
Corporation)
- + Daniel L. Dumbacher (Executive Director, American Institute of  
Aeronautics and Astronautics)

キーノート

"Electric Aircraft Technologies Symposium Keynote: Electric Flight - Challenges  
and Opportunities"

- + Andreas Klockner (Coordinator Electric Flight, Programme Strategy  
Aeronautics, German Aerospace Center (DLR))

キーノート

"The Many Possible Futures of Electric Flight"

- + Paul Eremenko (Chief Technology Officer, United Technologies Corporation)

フォーラム(パネルディスカッション)

"Safety, Standards, and Regulations for Electrified Aircraft"

[モデレーター]

- + Phil Krein

[パネリスト]

- + Bob Bayles (Collins Aerospace)
- + Nick Borer (Advanced Concepts Group Lead, Aeronautics Systems Analysis,  
NASA Langley Research Center)
- + Mark DeAngelo (Aerospace Engineer, SAE)
- + Wes Ryan (Unmanned and Pilotless Aircraft Technology Lead, Policy &

Innovation Division, Aircraft Certification Service, FAA)  
+ Herb Schlickemaier (President, HS Advanced Concepts)

フォーラム(パネルディスカッション)

"Electrified Propulsion Technologies for Emerging Small Aircraft Markets"

[モデレーター]

+ Starr Ginn (Urban Air Mobility Grand Challenge Lead, NASA Aeronautics)

[パネリスト]

+ Carey Cannon (Chief Engineer - Innovation, Bell Helicopter)

+ Sean Clarke (Senior Research Systems Development Engineer, NASA  
Armstrong Flight Research Center)

+ Mike Mekhiche (Deputy Director, Rolls-Royce)

+ Rich Oullette (AQUIFER project, Boeing)

フォーラム(パネルディスカッション)

"Progress in Energy Storage & Conversion for Aeropropulsion"

[モデレーター]

+ Kaushik Rajashekara

[パネリスト]

+ Babu Chalamala (Head of the Energy Storage Technology and Systems  
Department, Sandia National Laboratories)

+ Mike Armstrong (Chief Technology Officer, Electric Power Systems)

+ Marianne Mata (Mechanical Engineer, Fuel Cell and Power Systems  
Technology, Boeing)

+ Ajay Misra (NASA)

一般セッション(抜粋)(P&Eのみ)

空力 GTE-01: Compressors I

GTE-02: Gas Turbine Noise

GTE-12: Turbines I

GTE-18: Gas Turbine Heat Transfer I

INPSI-01: Propulsion Aerodynamics Workshop: S-Duct Session (Invited)

INPSI-02/GTE-05: Green Propulsion for Advanced Gas Turbine Engines

INPSI-03: Propulsion Aerodynamics Workshop: Nozzle Session (Invited)

INPSI-04: Propulsion Aerodynamics Workshop: Special Topic, External  
Compression Inlet (Invited)

INPSI-05: Nozzle Performance

INPSI-06: Inlets: Integration and Performance I

INPSI-08: Inlets: Integration and Performance II



INPSI-09: Hands-On OpenFOAM Aerospace/Propulsion Tutorial

INPSI-10: Inlet Particle Ingestion and Separation

INPSI-11: Nozzle Thrust Vectoring

INPSI-12: Supersonic Inlets

伝熱 TM-01: Future Demands for Thermal Management Technologies in Aerospace  
and Terrestrial Applications: Challenges and Opportunities

TM-02: Thermal System Applications and Unique Environment

TM-03: Heat Transfer and Transport I

TM-04: Thermal Systems and Components

TM-05: Heat Transfer and Transport II

TM-06: Thermal Modeling, Simulation, and Analysis

燃焼 GTE-22: Combustion and Thermal Management

GTE-26: Gas Turbine Combustion

GTE-27: Gas Turbine Fuels

PC-01: Combustion Dynamics in Gas Turbine Combustion Systems

PC-02: Combustion Dynamics I

PC-03: High Fidelity Combustion Modeling I

PC-04: Model Validation for Propulsion

PC-08: Optical Combustion Diagnostics at Engine Conditions

PC-12: Additive Manufacturing for Energetics and Propellants

PC-13: Combustion Chemistry

PC-15: Intelligent Data Analysis for Combustion and Flow Dynamics

PC-17: Solid Propulsion Modeling

PC-18: High-Pressure Combustion

PC-21: Air-Breathing Combustion

PC-22: Reduced-Order Combustion Modeling

PC-24: Combustion Diagnostics

PGC-01: Pressure Gain Combustion: Component and Subsystem Development

PGC-02: Modeling Approaches for Rotating Detonation Engines (RDE)

PGC-03/HSABP-03: Pressure Gain Combustion: Physics Modeling  
and Exploration I

PGC-04: Experimental Efforts with Rotating Detonation Engines (RDE)

PGC-05/HSABP-05: Pressure Gain Combustion: Measurement Techniques and  
Test Facilities I

PGC-08: Pressure Gain Combustion: Performance, Integration and Applications I

潤滑・二次空気

GTE-25: Analysis and Reduction of Losses for Low Pressure Turbine Secondary Flows

性能 APS-02: Aircraft and Spacecraft Power System Technologies

AVS-02: Advanced Vehicle Designs of Launch Vehicles and Drones

FPG-01: Fuels and Power Generation I

GTE-03: Advanced Engine Cycles I

GTE-04: Multidisciplinary Design, Analysis, Optimization I

GTE-06: Combustion in Supercritical CO<sub>2</sub> Medium - Fundamentals and Recent Progress

GTE-07: Introduction to Dynamic Propulsion System Modeling for Control Design, Analysis, and Simulation

GTE-10: Multidisciplinary Design, Analysis, Optimization II

GTE-11: Test Facilities for Gas Turbine Engines and Components

GTE-13: A Contemporary Approach to Modeling Existing Gas Turbine Engines

GTE-14: Gas Turbine Measurement Techniques

GTE-24: Introduction to Propulsion Simulation Using NPSS and OTAC

UAS-01: Unmanned Aircraft Systems: Propulsion, Energy and Applications I

UAS-03: Unmanned Aircraft Systems: Propulsion, Energy and Applications II

性能(電動)

EATS-01: Rolling Recap on Aircraft Electrified Propulsion and Power/NASA Urban Air Grand Challenge

EATS-02: Topic Area 1: Electrified Aircraft System Studies

EATS-03: Topic Area 2: Motor Power Electronics and System Fault Detection

EATS-04: Topic Area 3: Component Integration and System Architectures

EATS-05: Electric Propulsion - Challenges and Opportunities,  
A NASA University-Led Initiative

EATS-06: Safety, Standards, and Regulations for Electrified Aircraft

EATS-07: Topic Area 1: Electrified Aircraft Design and Novel Concepts

EATS-08: Topic Area 2: Energy Storage Systems

EATS-09: Topic Area 2: Power Converters

EATS-10: Electrified Propulsion Technologies for Emerging Small Aircraft Markets

EATS-11: Topic Area 2: Electromechanical Interactions and Modeling

EATS-12: Topic Area 2: Design and Test of Electric Motor Systems

EATS-13: Topic Area 3: System Optimization  
EATS-14: Topic Area 1: Electrified Aircraft Subsystem Simulations and Methods  
EATS-15: Topic Area 2: Superconducting Materials  
EATS-16: Topic Area 3: Power Management Systems  
EATS-17: Progress in Energy Storage and Conversion for Aeropropulsion  
EATS-18: Topic Area 1: Challenges and Opportunities in Electrified Aircraft Systems  
EATS-19: Topic Area 2: Electric Motor Wire and Power Transmission Insulation  
EATS-20: Topic Area 2: Megawatt-Scale Motor Systems  
EATS-21: Electric Aircraft Technologies Symposium Keynote  
EATS-24: The Many Possible Futures of Electric Flight  
EATS-25: Electric Aircraft Technologies Symposium Lunch  
EATS-27: Electric Aircraft Technologies Symposium Keynote  
EATS-29: Electric Aircraft Technologies Symposium Closing Remarks  
GTE-19: Hybrid-Electric and Mechanical Systems

#### 超音速

HSABP-01: Reduced-Order Analysis and Engineering  
HSABP-02: Flowpath Plasma Applications  
HSABP-04: Flowpath Dynamics and Control  
HSABP-07: High-Speed Injection and Mixing  
HSABP-08: Flameholding and Combustion  
HSABP-10: Performance of Components and Systems  
ITAR-03: Hypersonics  
ITAR-04: Scramjet School

#### 製造 AMP-01: Additive Manufacturing: Test Results and FeasibilityI

AMP-03: Additive Manufacturing Technology

#### 制御 ITAR-05: Advanced Intelligent Controls II

### (8) GPPS (Global Power and Propulsion Society) Forum 20

ASME IGTI (米国機械学会ガスタービン部門)が主催するASME Turbo Expo とは異なる学術的な視点でエネルギーと航空エンジンを議論することを目指した国際会議であり、欧米の大学関係者を中心に2017年に設立。毎年1月にスイスでフォーラムを開催。9月前後にアジア地区で地域フォーラムを開催。発電関係の講演に加え、航空エンジンに関する要素技術と基礎研究の話題提供が全体の1/4~1/3程度を占める。エネルギー・環境・運輸政策に関するパネルディスカッションも活発。今年のフォーラムから、一般セッションを行わず、基調講演とパネルのみの構成となった。

キーノート ※航空推進に関するもののみ抜粋

“Aviation - A look into the Future”

+ Michael P. Delaney (Boeing Commercial Airplanes)

“Forefront of Aviation Industries and for the Future”

+ Toshinori Sekido (IHI Corporation)

パネルディスカッション

“Global Competition in Aerospace Research and Development”

The demand for the aircraft is approximately evenly distributed between the US, Europe, China, Asia (except China), and the rest of the world. Until recent times, over 90% of these aircraft would have been supplied by either Boeing or Airbus, with engines provided by GE, Rolls-Royce or Pratt and Whitney. Chinese investment in new aviation technology has been extraordinarily active, being focused on COMAC and AECC as regional commercial aircraft and engine manufacturers. The expansion of global OEM has created further incentives to invest in R&D to provide a unique selling proposition by each company. The new political reality of much greater scrutiny by society or the environmental footprint of commercial aircraft has necessitated the development of new quiet, low emission and carbon footprint aircraft and associated airline operation. The panel will discuss the challenges and opportunities brought to industry on what is to become a total global environment.

[モデレーター]

+ Mike Benzakein (The Ohio State University)

[パネリスト]

+ Mike Delaney (Boeing),

+ Hiroki Haraikawa (JALEC),

“Propulsion for the Future I”

The panel will discuss the goals and challenges of aircraft propulsion in the next 20 to 30 years. The environmental goals of noise and emission, as well as the maintenance and operational goals, should be reviewed. The advancements in technology like high-pressure ratio combustion, high-pressure ratio compressors, as well as new high bypass architectures, should be discussed. The panel should strive for recommendations for the future of the industry.

[座長]

+ Chiyuki Nakamata (IHI Corporation)

[パネリスト]

+ Alan Newby (Rolls-Royce),

+ Vincent Garnier (Safran),

+ Darin DiTommaso (GE Aviation),

+ Toshinori Sekido (IHI Corporation)

“Propulsion for the Future II”

The panel will capture and discuss the needs required for newly developed propulsion systems. The environment and economic goals will be prevalent, and essential tradeoffs will be necessary. Strong partnerships between industry and government agencies will have to work together to provide the right products for the future.

[座長]

+ Reza Abhari (ETH Zurich)

[パネリスト]

+ Pawel Stężycki (Institute of Aviation),

+ Tatsuya Ishii (JAXA),

+ Nicolas Noiray (ETH Zurich)

[3.3.2 項 出典(1) : 資料 3 の P2019D376 参照]

## 第4章 まとめ

### 4.1 今後の調査課題

(1) 平成31年1月から令和元年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：

737MAX 型機飛行復帰への展望、777X の開発進捗状況、NMA のローンチ Go/No Go 判断、737 型機及び 757 型機後継機戦略

エアバス社：

A220 型機の受注動向、NMA に対抗する A321XLR、A330neo 戦略、A321XLR 最終組立自動化ラインの稼働、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、機体メーカーの超音速ビジネス機プログラムの進捗  
X-57Maxwell 電動分散型技術実証機進捗

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

(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（NMA、FSA、A320/321、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輸送機開発動向（SpaceJet、MC-21、C919、SSJ）
- ・NMA 技術（扁平楕円断面胴体、低コスト複合材主翼&胴体構造）
- ・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（空地統合 SWIM、5G、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（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（軽量で高効率な低圧システム関連技術等）
  - ・環境適合性向上に資するための先進燃焼システム関連技術の開発動向
  - ・その他熱効率の向上に資する先進機械要素関連のエンジン技術開発動向
  - ・その他エンジン高効率化、CO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> 低減、騒音低減等の環境技術の開発動向
- (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 令和元年度調査のまとめ

当基金では、平成 21 年度下期から、外部の専門家等から成る航空機等に関する「技術開発動向調査委員会」を設置し、調査対象期間における航空機等の技術開発動向等に関わる情報を収集、現状確認と分析を行ない、将来展望等も含めて報告書を編纂する事業を実施している。

令和元年度は、昨年度に引き続き、年間を通じた対象期間において、航空機等に関する技術開発動向について広く情報を集め分析する委員会活動を実施し、調査課題に対する世界的な技術研究開発動向について取り纏めた。その中で、737MAX 型機の MCAS に関する問題に端を発して、飛行安全をより一層高めるための様々な分野での課題が浮き彫りになった年であった。

また、世界的な環境問題への高まりを受けて、航空機電動化やバイオジェット燃料実用化の取組が、各国で具体化してきた。一方で、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いる。技術の追求に留まらず、パブリック・アクセパタンス醸成に向けた評価方法の検証も研究課題の 1 つになっており、技術実証の有り方を示唆する重要な雛形になるかもしれない。

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 (2019年1月～2019年12月)

資料番号	標 題
P2019D001	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.783
P2019D002	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.784
P2019D003	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.785
P2019D004	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.786
P2019D005	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.787
P2019D006	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.788
P2019D007	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.789
P2019D008	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.790
P2019D009	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.791
P2019D010	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.792
P2019D011	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.793
P2019D012	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」ISSN1344-1760 No.794



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(2019年1月~2019年12月)

資料番号	標 題
P2019D101	IADF 航空機等に関する解説概要 R1-1 「航空交通管理とデジタル変革」
P2019D102	IADF 航空機等に関する解説概要 R1-2 「バイオジェット燃料の最新動向」
P2019D103	IADF 航空機等に関する解説概要 R1-3 「炭素繊維リサイクルの現状と今後の展望」
P2019D104	IADF 航空機等に関する解説概要 R1-4 「アーバンエアモビリティの開発動向」
P2019D105	IADF 航空機等に関する解説概要 R1-5 「晴天乱気流事故防止に向けたシステム開発」
P2019D106	IADF 航空機等に関する解説概要 R1-6 「複合材の疲労・経年劣化」

資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト (2019年1月～2019年12月)

資料番号	標 題
P2019D201	The Regulatory Review (2020年1月15日)
P2019D202	Airbus Orders and Deliveries (2020年1月31日)
P2019D203	Boeing Orders and Deliveries (2020年1月14日)
P2019D204	Flightglobal Flight Fleets Analyzer (2020年2月1日)
P2019D205	Reuter business news (2019年10月23日)
P2019D206	日経 (2019年10月31日)
P2019D207	時事通信 (2020年1月29日)
P2019D208	Aviation Wire (2019年4月7日)
P2019D209	Aviation Wire (2019年5月18日)
P2019D210	Aviation Wire (2019年5月18日)
P2019D211	Flightglobal (2020年1月22日)
P2019D212	Aviation Wire (2019年11月23日)
P2019D213	SankeiBiz (2020年17月31日)
P2019D214	Aviation Wire (2019年3月15日)
P2019D215	Aviation Wire (2019年7月25日)
P2019D216	Aviation Week & Space Technology (2019年8月16日)
P2019D217	CNET (2020年1月25日)
P2019D218	Flightglobal (2019年10月10日)
P2019D219	Aviation Week Network (2020年1月25日)
P2019D220	Aviation Week Network (2020年1月25日)
P2019D221	Airbus Press Release (2019年6月17日)
P2019D222	Flightglobal (2019年11月19日)
P2019D223	One Mile At A Time (2020年2月13日)
P2019D224	Reuter (2019年6月17日)
P2019D225	AFP BB News (2019年12月4日)
P2019D226	Flightglobal (2019年11月5日)
P2019D227	Aviation Wire (2019年4月16日)
P2019D228	エアバス社プレスリリース(2019年2月14日)
P2019D229	Aviation Week & Space Technology (2019年7月8日)
P2019D230	Reuter (2020年1月21日)
P2019D231	Aviation Week & Space Technology (2019年6月28日)
P2019D232	Financial Times (2019年10月31日)
P2019D233	Aviation Week & Space Technology (2019年8月26日)
P2019D234	Record China (2019年11月3日)
P2019D235	Flightglobal (2019年3月16日)
P2019D236	Aviation Wire (2019年6月13日)
P2019D237	Aviation Wire (2019年6月18日)
P2019D238	日経新聞 (2019年9月6日)
P2019D239	Aviation Wire (2020年2月6日)
P2019D240	Aviation Wire (2019年6月6日)
P2019D241	Aviation Week & Space Technology (2019年6月28日)
P2019D242	Aviation Wire (2019年5月20日)
P2019D243	Flightglobal (2019年6月19日)
P2019D244	UPS press room(2019年6月19日)
P2019D245	<a href="https://www.flightglobal.com/news/articles/paris-ge-redesigns-ge9x-compressor-part-for-777x-en-458998/">https://www.flightglobal.com/news/articles/paris-ge-redesigns-ge9x-compressor-part-for-777x-en-458998/</a>
P2019D246	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ MARCH 26-APRIL 08, 2019

資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト (2019年1月～2019年12月)

資料番号	標 題
P2019D247	Flight International/12-18 February 2019
P2019D248	<a href="https://www.geaviation.com/military/engines/t901-turboshaft-engine">https://www.geaviation.com/military/engines/t901-turboshaft-engine</a>
P2019D249	Flight International/30 July – 05 August 2019
P2019D250	Flight International/01 – 07 October 2019
P2019D251	<a href="https://www.aviationwire.jp/archives/187894">https://www.aviationwire.jp/archives/187894</a>
P2019D252	<a href="https://www.safran-nacelles.com/media/three-new-business-jets-are-certified-and-ready-service-safran-nacelles-thrust-reversers-20191023">https://www.safran-nacelles.com/media/three-new-business-jets-are-certified-and-ready-service-safran-nacelles-thrust-reversers-20191023</a>
P2019D253	<a href="https://www.flightglobal.com/analysis/ge-wraps-up-ge9x-trials-as-777x-flight-tests-near/135271.article">https://www.flightglobal.com/analysis/ge-wraps-up-ge9x-trials-as-777x-flight-tests-near/135271.article</a>
P2019D254	<a href="https://www.flightglobal.com/air-transport/boeings-777x-takes-to-the-skies/136368.article">https://www.flightglobal.com/air-transport/boeings-777x-takes-to-the-skies/136368.article</a>
P2019D255	Financial Times, JUNE 10, 2019
P2019D256	<a href="https://onlinekmp.com/aix-hawaiian-becomes-first-customer-for-adiant-aerospaces-seats/">https://onlinekmp.com/aix-hawaiian-becomes-first-customer-for-adiant-aerospaces-seats/</a>
P2019D257	Axter Aerospace ( <a href="https://axteraerospace.com/">https://axteraerospace.com/</a> ) <a href="https://www.federalregister.gov/documents/2019/08/19/2019-17695/special-conditions-mitsubishi-aircraft-corporation-model-mri-200-airplane-airplane-electronic-system">https://www.federalregister.gov/documents/2019/08/19/2019-17695/special-conditions-mitsubishi-aircraft-corporation-model-mri-200-airplane-airplane-electronic-system</a>
P2019D258	Chatterji, Gano B. and Yun Zheng, "Automated Scenario Generation for Meeting Human-in-the-Loop Simulation Requirements," SciTech 2019, 2019.01.
P2019D259	ICAO, ICAO GANP Portal, <a href="https://www4.icao.int/ganportal/">https://www4.icao.int/ganportal/</a> , 2019.12.2 閲覧.
P2019D260	Chuanren, Chen, "Cybersecurity growing concern for airlines: AAPA," Air Transport world, <a href="http://atwonline.com/technology/cybersecurity-growing-concern-airlines-aapa">http://atwonline.com/technology/cybersecurity-growing-concern-airlines-aapa</a> , 2019.11.25 閲覧.
P2019D261	Carey, Bill, "Aviation Groups Seek Action on Global Navigation Vulnerability," Aviation Week & Space Technology/ September 30, p31-32, 2019.
P2019D262	Flightglobal 2019年7月3日
P2019D263	AIN 2019年7月2日
P2019D264	Flightglobal 2019年11月18日
P2019D265	AW&ST 2019年12月2日
P2019D266	AW&ST 2019年12月10日
P2019D267	AIN 2019年9月26日
P2019D268	Flightglobal 2019年9月26日
P2019D269	Aviation Week & Space Technology 2019年4月5日
P2019D270	Flightglobal 2019年4月8日
P2019D271	AviationWeek&Space Technology 2019年6月10-14日
P2019D272	AW&ST 2019年11月25日
P2019D273	CompositesWorld 2019年12月27日
P2019D274	AviationWeek&Space Technology 2019年10月15日
P2019D275	東レ プレスリリース (2019年4月18日)
P2019D276	SIP「革新的構造材料」研究開発成果報告書 (p17-p21)
P2019D277	CompositesWorld (2019年2月25日)
P2019D278	JEC (2019年3月6日)
P2019D279	Applus Servicios Technologicos,S.L..System for forming stacks of composite materials.U.S.Patent 9,969,132. 2018-05-15
P2019D280	ザ・ボーイング・カンパニー, アプラス・セルビシオス・テクノロジコス.成形マンドレル上に形成する際に複合チャージを保持するためのクランプシステム.特開 2019-18552.2019-02-27

資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト (2019年1月～2019年12月)

資料番号	標 題
P2019D282	ザ・ボーイング・カンパニー、アブラス・セルビシオス・テクノロジコス、コンポジットチャージを形成するためのヒートブランケットアセンブリ.特開 2019-18553.2019-02-27
P2019D283	Aviation Week & Space Technology 2019年10月28日
P2019D284	JEC (2019年2月8日)
P2019D285	3D printing industry.com (2019年2月8日)
P2019D286	Aviation Week & Space Technology April 8-12, 2019
P2019D287	Composites World (2019年5月3日)
P2019D288	中日新聞 2019年5月22日夕刊
P2019D289	Flightglobal 2019年8月16日
P2019D290	Aviation Week & Space Technology 2019年8月19日
P2019D291	Aviation Week & Space Technology 2019年8月27日
P2019D292	Aviation Week & Space Technology 2019年7月29日
P2019D293	AviationWeek&Space Technology 2019年7月1日
P2019D294	AIN 2019年11月27日
P2019D295	AviationWeek&Space Technology 2019年5月30日
P2019D296	Flightglobal 2019年10月30日
P2019D297	AIN 2019年10月30日
P2019D298	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ MARCH 11-24, 2019
P2019D299	Flight International/05-11 March 2019
P2019D300	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ MARCH 25 – APRIL 07, 2019
P2019D301	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ APRIL 22 – MAY 05, 2019
P2019D302	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ APRIL 08 – 21, 2019
P2019D303	Flight International/26 March – 01 April 2019
P2019D304	Flight International/18 – 24 June 2019
P2019D305	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ MAY 20 – JUNE 02, 2019
P2019D306	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ JULY 17 – 30, 2019
P2019D307	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ AUG 19 – SEPTEMBER 01, 2019
P2019D308	<a href="https://www.flightglobal.com/news/articles/ej200-trial-to-accelerate-uk-hypersonics-research-460030/">https://www.flightglobal.com/news/articles/ej200-trial-to-accelerate-uk-hypersonics-research-460030/</a>
P2019D309	<a href="https://www.iop.org/activity/business/innovation/2017-winners/commended-innovation/rolls-royce/page_70258.html#gref">https://www.iop.org/activity/business/innovation/2017-winners/commended-innovation/rolls-royce/page_70258.html#gref</a>
P2019D310	<a href="https://www.flightglobal.com/news/articles/rolls-royce-eyes-electric-engine-start-on-business-j-459322/">https://www.flightglobal.com/news/articles/rolls-royce-eyes-electric-engine-start-on-business-j-459322/</a>
P2019D311	<a href="https://www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/19454/Fully-Superconducting-Motor-Prepares-for-Testing.aspx">https://www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/19454/Fully-Superconducting-Motor-Prepares-for-Testing.aspx</a>
P2019D312	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ OCTOBER 28 – NOVEMBER 10, 2019
P2019D313	AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY/ NOVEMBER 11 – NOVEMBER 24, 2019
P2019D314	<a href="https://www.reactionengines.co.uk/media?folder=Technology">https://www.reactionengines.co.uk/media?folder=Technology</a>
P2019D315	<a href="https://www.demaco.nl/en/demaco-joins-the-hannover-messe-2019/asumed-superconductive-motor-2/">https://www.demaco.nl/en/demaco-joins-the-hannover-messe-2019/asumed-superconductive-motor-2/</a>
P2019D316	Wong, Jackie, et al. "Flight Test Methodology for NASA Advanced Inlet Liner on 737MAX-7 Test Bed (Quiet Technology Demonstrator 3)." 25th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference. 2019. AIAA paper 2019-2763.
P2019D317	<a href="https://www.tudelft.nl/en/2019/tu-delft/klm-and-tu-delft-join-forces-to-make-aviation-more-sustainable/">https://www.tudelft.nl/en/2019/tu-delft/klm-and-tu-delft-join-forces-to-make-aviation-more-sustainable/</a>
P2019D318	<a href="https://www.tudelft.nl/en/ae/flying-v/">https://www.tudelft.nl/en/ae/flying-v/</a>
P2019D319	<a href="https://www.zeroavia.com/">https://www.zeroavia.com/</a>
P2019D320	<a href="https://aviationweek.com/future-aerospace/startup-sees-fuel-cell-future-regional-aviation">https://aviationweek.com/future-aerospace/startup-sees-fuel-cell-future-regional-aviation</a>
P2019D321	<a href="https://www.piper.com/aircraft/m-class/matrix/specs-performance/">https://www.piper.com/aircraft/m-class/matrix/specs-performance/</a>
P2019D322	<a href="https://www.nasa.gov/nasa-x59-quesst-takes-shape">https://www.nasa.gov/nasa-x59-quesst-takes-shape</a>
P2019D323	<a href="https://www.nasa.gov/feature/langley/testing-of-x-59-virtual-forward-window-successful">https://www.nasa.gov/feature/langley/testing-of-x-59-virtual-forward-window-successful</a>
P2019D324	<a href="http://news.mit.edu/2019/engineers-demonstrate-lighter-flexible-airplane-wing-0401">http://news.mit.edu/2019/engineers-demonstrate-lighter-flexible-airplane-wing-0401</a>

資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト (2019年1月～2019年12月)

資料番号	標 題
P2019D325	Jenett, Benjamin, et al. "Digital morphing wing: active wing shaping concept using composite lattice-based cellular structures." <i>Soft robotics</i> 4.1 (2017): 33-48.
P2019D326	<a href="https://www.nasa.gov/feature/langley/langley-aerodrome-created-to-explore-urban-air-mobility">https://www.nasa.gov/feature/langley/langley-aerodrome-created-to-explore-urban-air-mobility</a>
P2019D327	<a href="https://www.nasa.gov/image-feature/3d-printing-and-the-future-of-aeronautics">https://www.nasa.gov/image-feature/3d-printing-and-the-future-of-aeronautics</a>
P2019D328	<a href="http://www.aero.jaxa.jp/collabo/public-invitation/fv30-challenge-dbj_rep.html">http://www.aero.jaxa.jp/collabo/public-invitation/fv30-challenge-dbj_rep.html</a>
P2019D329	<a href="https://newswitch.jp/p/19102">https://newswitch.jp/p/19102</a>
P2019D330	<a href="https://www.nikkei.com/article/DGXMZO36553550W8A011C1L31000/">https://www.nikkei.com/article/DGXMZO36553550W8A011C1L31000/</a>
P2019D331	<a href="https://www.dlr.de/content/en/articles/news/2019/03/20190910_optimisation_approach_procedures_to_lessen_noise.html">https://www.dlr.de/content/en/articles/news/2019/03/20190910_optimisation_approach_procedures_to_lessen_noise.html</a>
P2019D332	<a href="https://www.nasa.gov/feature/glenn/2019/memory-metals-are-shaping-the-evolution-of-aviation">https://www.nasa.gov/feature/glenn/2019/memory-metals-are-shaping-the-evolution-of-aviation</a>
P2019D333	<a href="https://www.boeing.com/principles/environment/ecodemonstrator">https://www.boeing.com/principles/environment/ecodemonstrator</a>
P2019D334	"Development of a Ducted Propulsor for BLI Electric Regional Aircraft - Part I: Aerodynamic Design and Analysis", Kenneth A. Brown 他, AIAA 2019-3582
P2019D335	"Development of a Ducted Propulsor for BLI Electric Regional Aircraft - Part II: Aeroacoustic Analysis", Kyle Schwartz 他, AIAA 2019-3583
P2019D336	"A Compact Icing Research Tunnel", Edem Tetteh, Jim Loebig 他, AIAA 2019-4002
P2019D337	日本ガスタービン学会第 47 回定期講演会「SOFC 複合サイクルエンジンの起動試験」、小島孝之、田頭剛、高將治、岡井敬一、西沢啓(JAXA)
P2019D338	<a href="https://www.cleansky.eu/contributing-projects-to-the-disruptive-cockpit-for-lpa">https://www.cleansky.eu/contributing-projects-to-the-disruptive-cockpit-for-lpa</a>
P2019D339	<a href="https://www.businessinsider.com/airbus-smart-seat-concept-economy-flying-better-2019-2">https://www.businessinsider.com/airbus-smart-seat-concept-economy-flying-better-2019-2</a>
P2019D340	<a href="https://expliseat.com/tiseat/">https://expliseat.com/tiseat/</a> 、De Havilland Aircraft of Canada プレス資料
P2019D341	<a href="http://aviointeriors.it/it/2018/press/aviointeriors-skyrider-2-0/">http://aviointeriors.it/it/2018/press/aviointeriors-skyrider-2-0/</a>
P2019D342	<a href="https://www.collinsaerospace.com/newsroom/News/2019/04/collins-new-m-flex-duet-monument-adds-new-service-possibilities-wo-sacrificing-seat-count">https://www.collinsaerospace.com/newsroom/News/2019/04/collins-new-m-flex-duet-monument-adds-new-service-possibilities-wo-sacrificing-seat-count</a>
P2019D343	<a href="https://www.thalesgroup.com/en/group/journalist/press-release/thales-reinvents-inflight-experience-best-and-most-secure-4k">https://www.thalesgroup.com/en/group/journalist/press-release/thales-reinvents-inflight-experience-best-and-most-secure-4k</a>
P2019D344	<a href="https://concourse.gogoair.com/gogo-to-launch-5g-network-for-aviation/">https://concourse.gogoair.com/gogo-to-launch-5g-network-for-aviation/</a>
P2019D345	<a href="https://www.aviationtoday.com/2019/06/18/curtiss-wright-cto-talks-reality-cyber-threats-connected-avionics-systems/">https://www.aviationtoday.com/2019/06/18/curtiss-wright-cto-talks-reality-cyber-threats-connected-avionics-systems/</a>
P2019D346	<a href="https://www.aviationtoday.com/2019/07/11/new-appliance-monitors-aircraft-network-traffic-cyber-threats/">https://www.aviationtoday.com/2019/07/11/new-appliance-monitors-aircraft-network-traffic-cyber-threats/</a>
P2019D347	<a href="https://www.emirates.com/media-centre/emirates-engineers-efficiencies-with-rfid/">https://www.emirates.com/media-centre/emirates-engineers-efficiencies-with-rfid/</a>
P2019D348	<a href="https://runwaygirlnetwork.com/2019/07/19/phasor-and-gogo-advance-work-on-ku-electronically-steerable-antenna/">https://runwaygirlnetwork.com/2019/07/19/phasor-and-gogo-advance-work-on-ku-electronically-steerable-antenna/</a>
P2019D349	<a href="https://uploadvr.com/british-airways-vr/">https://uploadvr.com/british-airways-vr/</a>
P2019D350	<a href="https://cleantechnica.com/2019/11/07/safrans-new-aviation-electric-motors-cleantechnica-interview/">https://cleantechnica.com/2019/11/07/safrans-new-aviation-electric-motors-cleantechnica-interview/</a>
P2019D351	<a href="https://www.aeroexpo.online/prod/true-blue-power/product-171881-45961.html">https://www.aeroexpo.online/prod/true-blue-power/product-171881-45961.html</a>
P2019D352	<a href="https://grainger.illinois.edu/news/30918">https://grainger.illinois.edu/news/30918</a>
P2019D353	電子航法研究所 2019 年 (第 19 回) 研究発表会、2019.6.6～7、 <a href="https://www.enri.go.jp/report/hapichi/dkh19.htm">https://www.enri.go.jp/report/hapichi/dkh19.htm</a> 、
P2019D354	JARUS, "Recommendations for UAS category A & Category B Operations," JAR doc 14, 2019.
P2019D355	JARUS, "JARUS Recommendation for Remote Pilot Competency (RPC) for UAS Operation in Category A and Category B," JAR DOC 15, 2019.
P2019D356	JARUS, "JARUS CS-UAS Recommendations for Certification Specification for Unmanned Aircraft Systems," JAR DOC 16, 2019.
P2019D357	Naden, Clare, "DRONE MARKET SET TO TAKE OFF WITH NEW ISO STANDARD," ISO, <a href="https://www.iso.org/news/ref2461.html">https://www.iso.org/news/ref2461.html</a> , 2019.12.5 閲覧
P2019D358	GUTMA, GUTMA Annual Conference, <a href="https://gutma.org/portland-2019/">https://gutma.org/portland-2019/</a> , 2019.8.30 閲覧
P2019D359	SESAR, U-space Blueprint, 2019.8.30 閲覧 <a href="https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/U-space%20Blueprint%20brochure%20final.PDF">https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/U-space%20Blueprint%20brochure%20final.PDF</a>
P2019D360	Carey, Billy, "NASA Advances UTM Concept With Dual Drone Flight Demonstrations," <i>Aviation Week &amp; Space Technology</i> / September 16-29, p48, 2019.
P2019D361	FAA, UTM Pilot Program (UPP), 2020.1.29 閲覧 <a href="https://www.faa.gov/uas/research_development/traffic_management/utm_pilot_program/">https://www.faa.gov/uas/research_development/traffic_management/utm_pilot_program/</a>

資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト（2019年1月～2019年12月）

資料番号	標 題
P2019D362	NASA, NASA's UAM Grand Challenge, 2020.1.29 閲覧 <a href="https://www.nasa.gov/uamgc">https://www.nasa.gov/uamgc</a>
P2019D363	FAA, UAS Integration Pilot Program, 2020.1.29 閲覧 <a href="https://www.faa.gov/uas/programs_partnerships/integration_pilot_program/">https://www.faa.gov/uas/programs_partnerships/integration_pilot_program/</a>
P2019D364	FAA, "Press Release – U.S. Transportation Secretary Elaine L. Chao Announces FAA Certification of UPS Flight Forward as an Air Carrier," <a href="https://www.faa.gov/news/press_releases/news_story.cfm?newsId=24277">https://www.faa.gov/news/press_releases/news_story.cfm?newsId=24277</a> , 2019.10.1 閲覧.
P2019D365	SESAR, SESAR JOINT UNDERTAKING   U-space, 2020.1.30 閲覧 <a href="https://www.sesarju.eu/U-space">https://www.sesarju.eu/U-space</a>
P2019D366	SESAR GOF U-space, SESAR U-space demonstrations: Safe drone traffic integration in the Gulf of Finland(GOF), 2020.01.30 閲覧 <a href="https://www.frequentis.com/sites/default/files/news/2018-10/PR_GOF_USpace_Website.pdf">https://www.frequentis.com/sites/default/files/news/2018-10/PR_GOF_USpace_Website.pdf</a> ,
P2019D367	SESAR PODIUM Project, PODIUM Demonstration Report, 2020.1.30 閲覧 <a href="https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/projects/783230_D1_2_PODIUM_Demonstration_Report%20(1_0).pdf">https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/projects/783230_D1_2_PODIUM_Demonstration_Report%20(1_0).pdf</a>
P2019D368	NEDO 「一般のドローン事業者も参画したドローン運航管理システムの相互接続試験に成功—29事業者が飛行試験を実施—」、2019.12.3 閲覧、 <a href="https://nedo-dress.jp/news/1691.html">https://nedo-dress.jp/news/1691.html</a>
P2019D369	NEDO 「世界初、相対速度 100km/h での無人航空機の衝突回避試験を実施—搭載した各種センサーで有人ヘリコプターを探知し自律的に衝突を回避—」、2019.12.3 閲覧、 <a href="https://nedo-dress.jp/news/1791.html">https://nedo-dress.jp/news/1791.html</a>
P2019D370	Sean Broderick, Guy Norris and Graham Warwick, "The Boeing 737 MAX MCAS Explained," Aviation Week & Space Technology, 2019.3.20 閲覧 <a href="https://aviationweek.com/commercial-aviation/boeing-737-max-mcas-explained">https://aviationweek.com/commercial-aviation/boeing-737-max-mcas-explained</a>
P2019D371	Sean Broderick, "The MAX, what happened and what now," Aviation Week & Space Technology/ August 19 - September 1, p30-37, 2019.
P2019D372	George, Fred, "Pilots Say MCAS Software Updates Prove Effective in Simulator Demo," Aviation Week & Space Technology/ April 22 - May 5, p16-18, 2019.
P2019D373	Komite Nasional Keselamatan Transportasi, "Aircraft Accident Investigation Report," <a href="http://knkt.dephub.go.id/knkt/ntsc-aviation/baru/2018%20-%20035%20-%20PK-LQP%20Final%20Report.pdf">http://knkt.dephub.go.id/knkt/ntsc-aviation/baru/2018%20-%20035%20-%20PK-LQP%20Final%20Report.pdf</a> , 2020.2.25 閲覧
P2019D374	Sean Broderick, "Technology versus Training," Aviation Week & Space Technology/ October 14-127, p18-19, 2019.
P2019D375	Sean Broderick, "MAX lessons prompt FAA shift in training evaluations," Aviation Week & Space Technology/ September 2-15, p17, 2019.
P2019D376	AIAA Science and Technology Forum and Exposition (Scitech) 2019 <a href="https://www.aiaa.org/SciTech/utility/past-forums">https://www.aiaa.org/SciTech/utility/past-forums</a>