

電子航法研究所 研究長期ビジョン

令和元年



電子航法研究所
研究長期ビジョン検討委員会

目次

| | |
|--|----|
| 1. はじめに..... | 1 |
| 2. 電子航法研究所の研究活動の方向性..... | 2 |
| 2.1 電子航法研究所の理念..... | 2 |
| 2.2 電子航法研究所の将来像..... | 2 |
| 2.3 今後の研究活動の方向性..... | 2 |
| 3. 航空交通を取り巻く状況..... | 3 |
| 3.1 全般..... | 3 |
| 3.2 航空の安全性..... | 3 |
| 3.3 航空需要..... | 4 |
| 3.3.1 航空旅客輸送予測..... | 4 |
| 3.3.2 航空貨物輸送予測..... | 5 |
| 3.4 環境問題への対応..... | 5 |
| 3.4.1 地球大気への影響..... | 5 |
| 3.4.2 騒音規制..... | 6 |
| 3.5 超音速機等の開発..... | 6 |
| 3.5.1 ボーイング社..... | 6 |
| 3.5.2 エアバス社..... | 7 |
| 3.5.3 米国ブーム社..... | 7 |
| 3.6 無人航空機..... | 7 |
| 4. 航空交通管理の世界動向..... | 7 |
| 4.1 GANP 改訂状況..... | 8 |
| 4.1.1 GANP の概要..... | 8 |
| 4.1.2 KPA(Key Performance Area)における目標..... | 8 |
| 4.2 ASBU (Aviation System Block Upgrades)..... | 9 |
| 4.2.1 ASBU の概要..... | 9 |
| 4.2.2 ブロックアップグレードの概要..... | 10 |
| 5. 将来の航空交通管理..... | 12 |
| 5.1 【出発前】..... | 12 |
| 5.2 【出発】..... | 13 |
| 5.3 【巡航】..... | 13 |
| 5.4 【到着】..... | 14 |
| 6. 電子航法研究所において実施する研究開発..... | 14 |
| 6.1 空域の有効利用に資する技術..... | 15 |
| 6.1.1 運航の安全性・信頼性向上に係る技術..... | 15 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 6.1.2 空域運用の効率化に係る技術..... | 16 |
| 6.2 空港運用の効率化に資する技術..... | 18 |
| 6.3 航空交通システムの高度化に資する基盤技術..... | 20 |
| 7. まとめ..... | 21 |
| 参考文献..... | 22 |
| 付録：電子航法研究所研究長期ビジョン検討委員会 委員名簿..... | 23 |
| 略語集 | 24 |
| 電子航法研究所 研究長期ビジョンロードマップ..... | 26 |

1. はじめに

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: Electronic Navigation Research Institute) は、昭和42年の設立以来、電子航法に係わる研究を行う我が国唯一の機関として、航空交通の安全性の向上、高度化、効率化、環境負荷の軽減等に貢献してきた。

ますます増加しつづける航空交通量に対応するため、電子航法研究所が「航空交通システムの中核的研究機関」となり、我が国に適した航空交通システムの実現に向けた課題を把握し、それらの課題を解決するための研究開発を通じ、国民生活の向上及び科学技術の発展に貢献することが、電子航法研究所の重要な責務である。また、グローバルに相互運用性が確保された技術標準が策定されるよう、標準化活動に積極的に参画していくことも重要である。

そこで、電子航法研究所は2008年(平成20年)7月に研究長期ビジョン(2008年版)を作成し、2011年(平成23年)3月、2015年(平成27年)5月に内外の情勢の変化に合わせて改訂して公表した[1-3]。しかし、2015年(平成27年)の研究長期ビジョン改訂以降、国際民間航空機関(ICAO: International Civil Aviation Organization)をはじめとして、航空交通分野ではさまざまなプランが策定されている。

ICAOは国際民間航空のための調和のとれたグローバルな航空交通システムを実現するという世界共通の目標に向かって、各国、各地域、航空会社、航空産業などの各ステークホルダー間の合意による作業計画及び技術開発案である世界航空航法計画(GANP: Global Air Navigation Plan)の第5版を、2016年(平成28年)9月のICAO総会において議論・承認した[4]。このGANP第5版には、世界各国、各地域間における調和と相互運用性を確保しながら、安全で効率的なATMシステムの実現を目指す世界的ATM運用コンセプト(GATMOC: Global Air Traffic Management Operational Concept [5])の実現に必要な具体的段階的な指針であるASBU(Aviation System Block Upgrades [6])が含まれている。

現在、ICAOにおいては第6版となるGANPを策定中であり、2019年(令和元年)のICAO総会に向けて、第13回航空航法会議(AN-Conf/13: 13th Air Navigation Conference)が2018年(平成30年)10月に開催されたところである。

また、我が国においてもCARATS(将来の航空交通システムに関する長期ビジョン)が産学官連携のもとに策定されており[7]、現在、当該計画に沿う計画で航空交通システムの高度化が実施されている。

このように航空交通を取り巻く環境が変化する中、電子航法研究所としても、2019年(令和元年)6月に電子航法研究所の研究長期ビジョンを改訂し、新しい時代に合った研究長期ビジョンを作成することとした。なお、本長期ビジョンの位置付けは、長期ビジョン策定時における航空関連技術の動向および関連研究の見通しを示すものであって、当研究所における実際の研究計画立案については、本長期ビジョンを参考にしつつ、航空交通システムを取り巻く状況の変化を考慮し、機動性かつ柔軟性を持ったものとするのが望まれる。

2. 電子航法研究所の研究活動の方向性

2.1 電子航法研究所の理念

電子航法研究所は、昭和42年の設立以来、航空交通システムの近代化に貢献しつづけて来た。

電子航法研究所の担う社会的役割としての理念は、

電子航法研究所と研究員は共に、

- ・航空躍進の礎を担う
- ・航空交通の安全性・効率性向上、地球環境保全に貢献する
- ・世界に通じる中核的研究機関を目指す

とされている。

2.2 電子航法研究所の将来像

現在、数々の新しい技術が世界的に検討されると同時に、新技術の安全性や信頼性、日本への導入の際の問題点等を研究開発により解決することにより、航空交通の安全性・効率性の向上や日本メーカーの海外進出に寄与してきており、この役割は今後も変わることはない。

電子航法研究所は、2.1で述べた理念に基づき、研究開発を通じて航空交通の安全性・効率性向上等を実現し、国民生活をより豊かにするとともに、さらに安全・安心な航空交通システムの構築に寄与するものである。

また、研究成果を積極的に広報するだけでなく、産官学の連携を重視し、将来の日本の航空産業の育成に貢献していくことが望まれる。

2.3 今後の研究活動の方向性

2.2で述べた将来像を実現するため、電子航法研究所と研究員は個々の研究計画を立案する際に、出口を考慮し、社会実装までのマイルストーンを考慮する必要があるとともに、知的財産権の取得や行政への貢献、国際標準策定への貢献等についても考慮する必要がある。

また、限られたリソースを有効に活用するため、運航者や行政機関等との連携を密にし、真に社会から求められているニーズを的確に把握し、研究開発の優先度を精査して行く必要がある。

ただし、電子航法研究所は、我が国の電子航法に係る唯一の研究所として、企業では実施できない長期的な視点や学術的必要性の観点からの基礎・基盤研究も重要であることに留意する必要がある。これは、短期的に社会実装が行われると考えられなくとも、今後重要性が高まると予想される分野については長期的な視点から実施が必要となる研究テーマもあるためである。そのため、将来的に発展する可能性のある技術分野等について着目し、電子航法研究所として人材を育成しつつ、研究者が十分に活躍できる機会および研究環境を提供することが望ましい。

さらに、研究活動を効率的に推進するために、産学官や航空交通分野の研究活動を実施している機関等とも連携し、効率的な研究活動を実施する必要がある。

昨今、航空局の航空交通データの公開や電子航法研究所の公募型研究の実施などにより、この分野に対して関心を示す大学も多くなってきており、今後、多くの大学と共同研究等が行える

可能性がある。また、同様な研究を行っている研究機関に対しては、価値観を共有し、共同研究などを進めることにより、効率的な研究を実施できる可能性がある。このような状況のなか、大学や研究機関との共同研究の実施などを含めて連携を強化・拡大することにより、最大限の研究成果が得られるものとする。

3. 航空交通を取り巻く状況

3.1 全般

航空交通を取り巻く状況の推移については、一般的に入手可能な航空需要予測等は 20 年間程度であるが、可能な限り長期にわたる予測を取りまとめることとした。

国外においては中国を始めとするアジア諸国の経済発展に伴う航空需要増が見込まれている。また、国内においては航空旅客輸送と競合する中央新幹線の整備や、少子高齢化という社会環境の変化やそれに伴う産業構造の変革等、様々な要素が国内航空需要へ影響を及ぼすことが考えられる。

また、無人航空機や超音速機などの研究・開発が国内外で積極的に行われており、今後、これらの分野においても技術革新が進んで行くと考えられることから、より多様な特性を持つ航空機等が航空交通管制空域を飛行することも想定する必要がある。

3.2 航空の安全性

航空交通の安全性は、航空交通の発展にとって非常に重要である。

下記図 3-1、3-2 は定期便の運航における死亡者数、死亡事故数の推移（ICAO Safety Report 2018 Edition より）であるが、死亡者数、死亡事故数共に減少傾向にある。しかしながら、増加し続ける航空交通量を鑑み、更なる安全性の確保を目指す必要がある。

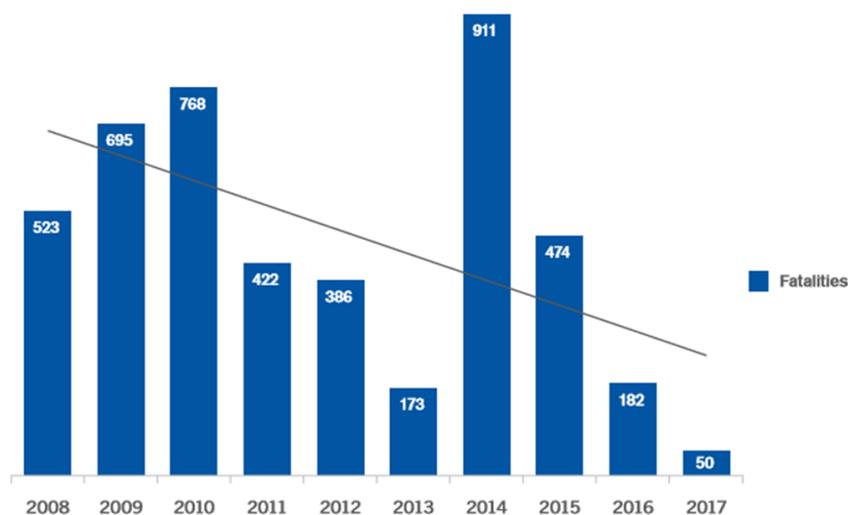


図 3-1 定期便の運航における死亡者数の推移 [8]

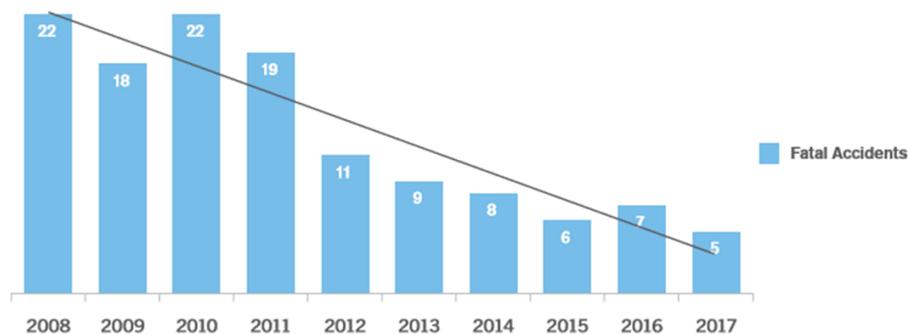


図 3-2 定期便の運航における死亡事故数の推移 [8]

そのため、ICAO においては、GANP に加えて、航空安全計画（GASP、Doc 10004）グローバル航空保安計画（GASeP、Doc 10118）と呼ばれる、安全とセキュリティに関する世界的な計画を策定している。

特に GASP での安全戦略は、航空安全の優先順位付けと継続的な改善をサポートしている。また、GASP は、2030 年までに商業活動における死亡者数をゼロにするという安全上の目標を掲げており、死亡者数を継続的に減らし、事故に関連した死亡リスクを減らすことを目標としている。

現在 ICAO にて策定中である GANP においても、航空交通サービスに関連する航空事故をゼロにすること、及び、航空交通サービスに関連する重大インシデントを 50%にすることが、野心的な目標として設定される場所である。

3.3 航空需要

3.3.1 航空旅客輸送予測

ICAO は、2011 年から 2016 年間の GDP やその他の経済指標、旅客動態指標（RKP、ASK、Load Factor 等）をもとに、2032 年までの 20 年間の推定で、全世界の旅客数が年率 4.6% で増加し、2042 年までの 30 年間では 4.5% の伸びを予測している。また、FAA、ボーイング社、エアバス社等の予測でも概ね 4.5% 前後の伸びを予測している。

この需要は、一般的に個人所得、運賃、人口、移動距離、便数、季節、代替交通手段の有無等の影響を受けるといわれており、特に所得と運賃との関連が強い傾向にある。このことは、昨今の LCC の台頭による潜在的需要が掘り起こされている現象に繋がっていると考えられる。

また、旅客需要は、戦争（大きな地域紛争を含む）、テロ、伝染性疾病、金融危機といった外的要因により大きく変動することがある。しかし、このようなイベントリスクによる需要減少は、過去の事例から、当該事象が解消することにより、単年或いは比較的短い年数で回復する傾向にあり、長期的に見ると上述の各機関等の需要予測で示される数値と大きな乖離はないものと考えられる。

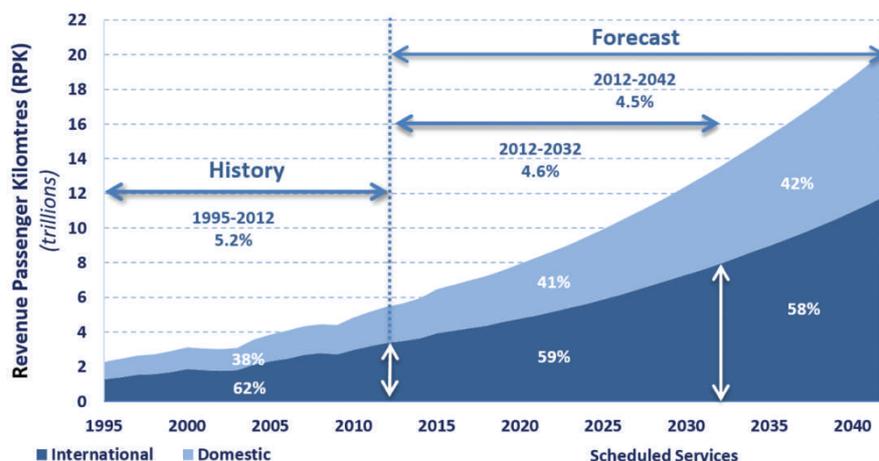


図 3-3 旅客輸送量予測 [9]

3.3.2 航空貨物輸送予測

ボーイング、エアバスの航空機製造社及び日本航空機開発協会(JADC)は貨物輸送量を、次の表 3-1 に示すとおりと予測している。

表 3-1 貨物輸送量予測

| 予測機関 | 予測期間 | 年平均伸び率 |
|------------|------------|--------|
| ボーイング社[10] | 2019-2038年 | 4.2% |
| エアバス社[11] | 2018-2037年 | 3.4% |
| JADC[12] | 2019-2038年 | 3.9% |

RTK: Revenue Ton Km (有償トン・キロ)

3.4 環境問題への対応

3.4.1 地球大気への影響

近年、地球温暖化問題がクローズアップされるようになり、航空機からのCO₂排出量にも注目が集まるようになってきた。国際航空輸送でのCO₂排出量は2015年には5億3千万トンで、全世界で排出されるCO₂総排出量の約1.6%であるが、今後、航空輸送量の伸びに伴って増加すると予測される。

ICAOは、2010年の第37回ICAO総会で、先進国も途上国も含めた目標として、2050年まで燃料効率を年率2%改善し、2020年以降CO₂排出量を増加させないというグローバル削減目標を決議した。さらにICAOは、2013年の第38回ICAO総会で、2010年に決議した削減目標を達成するために各国があらゆる施策によって包括的に取り組むことを確認し、市場メカニズム（いわゆる排出権取引など）を活用した排出量削減制度を2016年中に構築し2020年から適用する目標を定めた。

2016年の第39回ICAO総会では、191カ国が、国際線の温室効果ガス排出規制の枠組みに合意した。この合意は、航空機から排出されるCO₂を2020年以降増やさない内容で、超過分は各エアラインに排出権購入を義務づけるものである。本制度に基づく排出権購入による温室効果ガス排出削減は、2021年から自発的参加国64ヶ国を対象に開始され、2027年以降は、一定以下の排出量の国等を除き参加が義務づけられる。

また、機体規模ごとに設けられる排出ガス規制は、航空機の燃料消費率に基づく指標が一定値以下になるように義務づける基準として、国際民間航空条約（シカゴ条約）附属書16の第3巻「航空機のCO₂排出基準」を新設した。基準の対象は、最大離陸重量5.7トンを超えるジェット機及び同8.6トンを超えるプロペラ機であり、対象となる航空機については、基準を満たさない限り航空機を新規に製造することはできない。

3.4.2 騒音規制

空港周辺の騒音問題は、McDonnell Douglas DC-8やBoeing 707が主流であった時代と比べると、はるかに低騒音な機体が出現しているが、現在でも大きな環境問題となっている。多くの主要空港においては、騒音対策を目的とした機材制限、離発着制限、夜間運航制限等が課せられている。航空輸送量の伸びにともない、離着陸便数の増加が求められているが、空港周辺の騒音問題を解決しつつ、既存空港の離発着制限緩和や空港拡張等に適応して行く必要がある。

こうした状況のなかで、ICAOは、2013年8月の第38回ICAO総会において現行基準より厳しい騒音基準Chapter 14の適用を採択した。新基準の適用時期と対象は、2018年1月1日（最大離陸重量が55トン未満の航空機は2020年末）以降に型式証明を申請する機体となっている。

3.5 超音速機等の開発

3.5.1 ボーイング社

2018年6月26日、米国アトランタで開催されたAIAA (American Institute of Aeronautics and Astronautics)の席で、ボーイング社は北米と欧州間の北大西洋を2時間、マッハ5の速度で飛行する航空機の製造計画のコンセプトを明らかにした。ボーイングは、速度、材料、推進力の組み合わせによって、マッハ5に対応する航空機を技術的に達成できるだけでなく、2040年頃には経済的に収益性の高いものにできると表明している。

また、同社は、速度マッハ1.2で、衝撃波が地上に影響しない超音速ビジネスジェット機の開発を2023年までに行うと公表している。

3.5.2 エアバス社

エアバス社は、マッハ 4.5 の速度で、3 トンの貨物または 20 人の乗客を搭乗し、米国欧州間 5,600 マイルの距離を 3 時間で飛行する極超音速機の特許を申請した。

この極超音速機は、ロケットのように垂直方向に上昇することで、衝撃音が地面に到達する前に消散するため、衝撃波が地上には到達することはない。

3.5.3 米国ブーム社

ブーム社の超音速機は、現在、プロトタイプ of 機体ではあるが、座席数 55、マッハ 2.2 で飛行し、2020 年代半ばに就航予定である。

3.6 無人航空機

無人航空機は、UAV (Unmanned Aerial Vehicle, Unmanned Air Vehicle) と呼ばれることも多いが、国際的にその呼称は様々である。ICAO においては RPAS (Remote Piloted Aircraft Systems)、FAA では UAS (Unmanned Aircraft Systems) を使用し、欧州では一般的に RPAS を含めドローン (Drone) と呼ばれている。

従来は、目視範囲内で操縦するラジオコントロール機を想定していたが、技術の進歩と共に、各産業分野の特性にあわせた多目的な利活用が要望されている。また、高性能のマルチコプターが廉価に入手可能となったこともあり、空撮中の墜落や空港への侵入、有人航空機とのニアミスなどの問題が発生するようになった。

このような状況を踏まえ、各国では法整備が行われてきている。我が国でも、2015 年 12 月 10 日施行の改正航空法で「無人航空機」が定義され、飛行ルールが定められた。また、2016 年 (平成 28 年) 4 月 7 日施行により、国の重要施設、外国公館や原子力事業所などの周辺地域の上空でドローン等を飛行させることが禁止された。

無人航空機を導入することによって、さまざまな可能性が開かれたが、同時に独自の運用上の課題も生じている。これらの課題にもかかわらず、無人航空機分野は航空写真から小包配達に至るまでの幅広い用途で、非常に大きな潜在性を有している。

4. 航空交通管理の世界動向

将来の航空交通管理に向けた新技術の導入については、ICAO において GANP や ASBU と呼ばれる具体的な長期計画が策定されているところである。

各国は、個々の航空事情を考慮し、ASBU で計画されている新技術の導入を計画的に進めていくこととなっている。

また、ICAO においては、現在、GANP の改訂作業が行われているところである。

米国においては NextGen、欧州においては SESAR とよばれる長期計画が策定・実施されており、日本においても CARATS と呼ばれる長期計画が策定・実施されているところである。

ここでは、ICAO が策定している現在検討されている最新の GANP の概要及び現行 ASBU の詳細について記載する。

4.1 GANP 改訂状況

4.1.1 GANPの概要

国際航空輸送の継続的な成長を実現するためには、高度でシームレスな世界的航空交通システムが不可欠である。

GANP (Doc 9750) は、ICAO が策定する高度な航空戦略文書かつ計画書であり、全世界的な航空交通システムの変革を先導し、地域や各国の実施計画を策定する上でも重要な役割を担っている。

また、GANP は航空交通システムの相互運用性や調和等を確保しながら、容量拡大や効率性向上等の運用改善に向けた方向性を示している。

航空関係者間における意思疎通を向上させ、すべての国や利害関係者とも調和を図るため、GANP の第 6 版[13]では、さまざまなレベルの関係者に合わせた多層構造が提案されている。

次の図 4-1 に示す 4 層の多重層の構造は、2 つのグローバルレベルと地域レベル及び国レベルで構成され、地域的、準地域的、国家計画との整合に関わる具体的な枠組みを示している。



図 4-1 GANP の多重階層[13]

4.1.2 KPA(Key Performance Area)における目標

第 6 版の GANP 改訂においては、11 の分野に渡る、野心的な目標が設定されている。

これらの目標は、安全性や経済性等の基本的な航空交通の原則に加えて、航空航法システムが航空分野の増大し続ける期待を満たすため達成しなければならない。

11 の KPA(Key Performance Area)は下記のとおりである。

表 4-1 Key Performance Area ごとの野心的な目標[13]

| SUMMARY OF THE GANP PERFORMANCE AMBITIONS | |
|---|---|
| “A high performing system by 2040 and beyond” | |
| KPA | Ambition |
| ACCESS AND EQUITY | No aviation community member excluded or treated unfairly |
| CAPACITY | Nominal capacity easily scalable with demand |
| | Disruptive events do not interrupt service provision and do not significantly affect the performance of the system. |
| COST-EFFECTIVENESS | No increase of total direct ANS cost while maintaining the safety and quality of service. |
| | Significant increase of ANS productivity, irrespective of demand |
| EFFICIENCY | Reduction of the gap between the flight efficiency achieved and the desired optimum trajectory of airspace users. |
| ENVIRONMENT | ANS-induced inefficiencies to be progressively removed to contribute to the global ICAO aspirational goals for CO ₂ emissions. |
| | To benefit from achieved flight efficiency gains. |
| FLEXIBILITY | To absorb required changes to individual business and operational trajectories. |
| INTEROPERABILITY | Essential at an operational and technical level. |
| PARTICIPATION BY THE ATM COMMUNITY | Pre-agreed level of participation to make the maximum shared use of the air navigation services. |
| PREDICTABILITY | No increase in ANS delivery variability including asset availability. |
| SAFETY | Zero ANS-related accidents and a significant (50%) reduction of ANS-related serious incidents. |
| SECURITY | Zero significant disruptions due to cyber incidents. |

4.2 ASBU (Aviation System Block Upgrades)

4.2.1 ASBU の概要

ASBUとは、Aviation System Block Upgradesの略であり、運航者が希望する飛行経路を計画した時刻どおりに、最小限の制約で安全に運航できるような、「シームレスな世界規模のATMシステムの構築」を目的としている。

また、上記を実現するために「Greener Airports」、「Globally Interoperable Systems and Data」、「Optimum Capacity and Flexible Flights」、「Efficient Flight Paths」の4つの分野に分類し、各々の具体策のマイルストーンを6年ごとのブロックで示している。これは、航空交通システムの高度化の方向性を明示することにより、各国のシステム開発計画を整合させることを目的とした取組手法である。

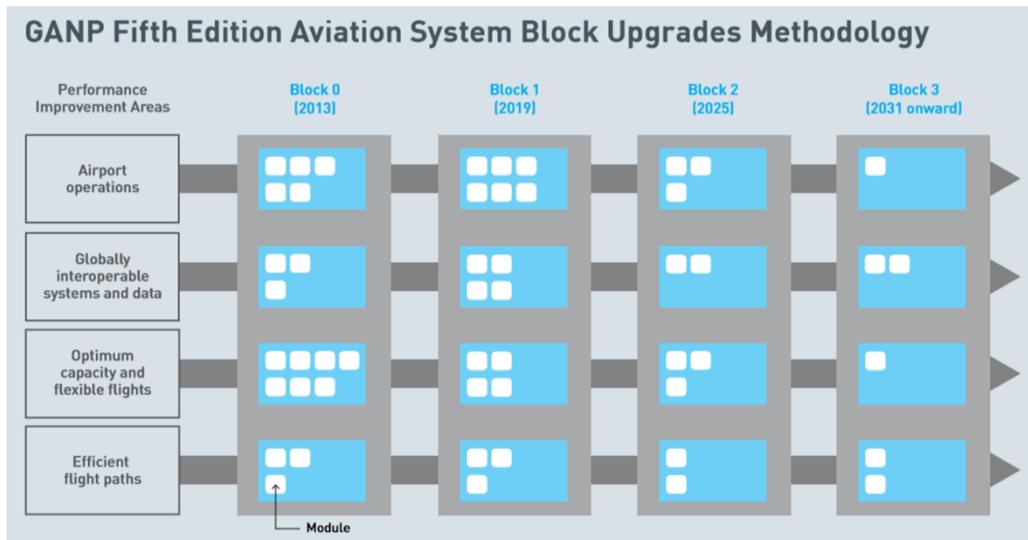


図 4-2 ASBU の構成[6]

4.2.2 ブロックアップグレードの概要

ASBU が規定する 4 分野は次のような目標を設定している。

「Airport Operations (Greener Airports)」分野では、空港及び空港周辺における排出ガス（CO₂、NO_x など）の削減、騒音の軽減及び空港における安全性向上を目的としている。具体策としては、空港内での航空機の効率的な誘導（出発待ち時間短縮）、滑走路利用の効率化（出発、到着間隔の縮小）、効率的な出発・到着飛行経路の設定（市街地上空の飛行回避）などが挙げられている。



図 4-3 Airport Operations 分野における運用コンセプトとパフォーマンスの向上[6]

「Globally Interoperable Systems and Data」分野では、航空機及び航空サービスに関連するすべての関係者（航空管制部門、空港会社、航空会社等）間での情報交換を目的とし、そのためのシステム（SWIM: System Wide Information Management他）構築に必要なとなる具体策を設定している。

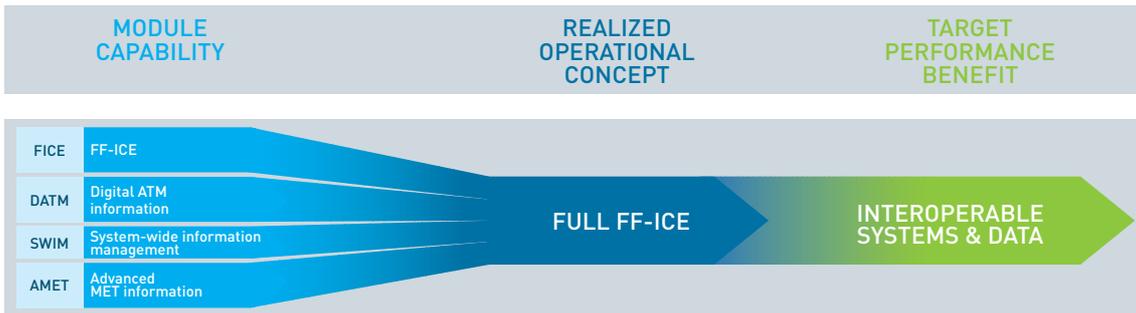


図 4-4 Globally Interoperable Systems and Data 分野における運用コンセプトとパフォーマンスの向上[6]

「Optimum Capacity and Flexible Flights」分野では、航空機の性能を考慮した最適な発着間隔、管制間隔、柔軟な飛行ルートの設定及び安全な飛行を目的とした、航空交通システムの構築に必要となる具体策を設定している。

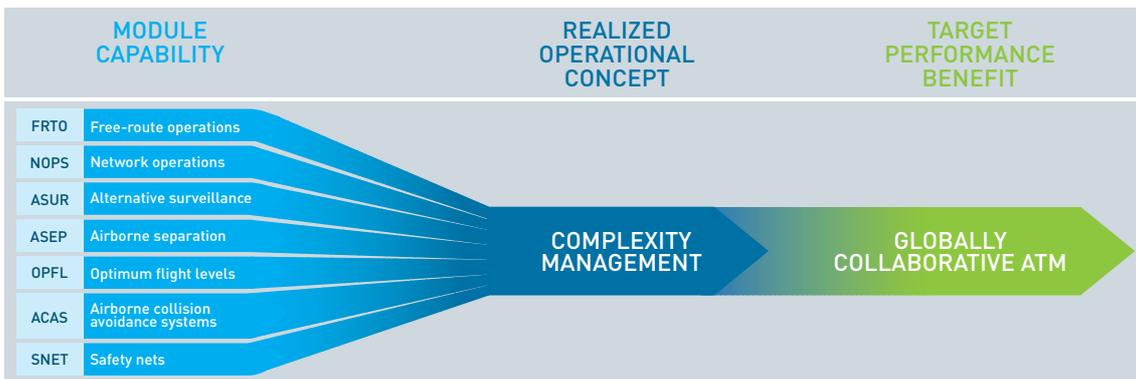


図 4-5 Optimum Capacity and Flexible Flights 分野における運用コンセプトとパフォーマンスの向上[6]

「Efficient Flight Paths」分野では、空港周辺での待機時間短縮など、効率的な飛行計画を策定するため、「時間軸を考慮した軌道ベース運用（4D-TBO 4D Trajectory based Operations）」の実現に必要な具体策を設定している。

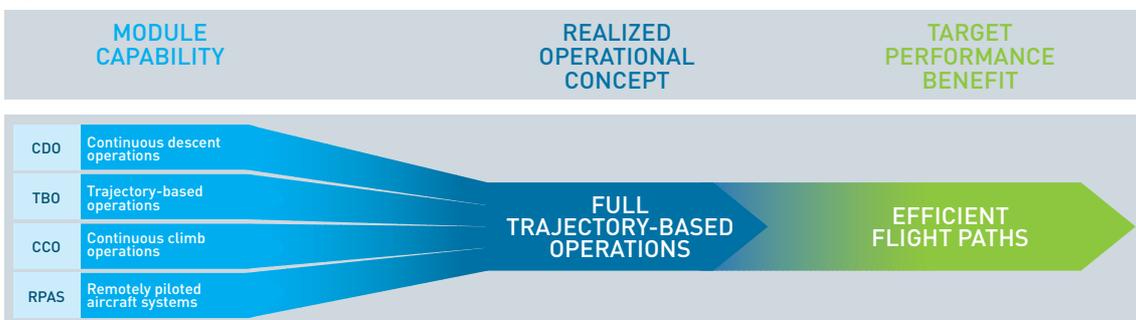


図 4-6 Efficient Flight Paths 分野における運用コンセプトとパフォーマンスの向上[6]

5. 将来の航空交通管理

将来においては、従前の航空機に加えて、性能や目的の異なる様々な機体が飛行することが予想され、より多様性に対応できる柔軟な空域管理が必要となるであろう。例えば、高高度においては大型無人航空機・超音速機・サブオービタル機、低高度においては小型無人航空機やアーバンエアモビリティ機等の考慮が必要となるであろう。

また、航空交通管理自体も高度化され、軌道ベース運用 (TBO: Trajectory Based Operations)と呼ばれる航空交通管理が実現するであろう。

TBO とは、航空機同士の干渉や経済性等を考慮し、航空機の飛行軌道を予め調整、決定した上で、当該軌道上を定められた時間どおりに飛行するものであり、様々な施策の導入が必要となる。

高度化された航空交通管理を実現するためには、更なる技術の革新が前提となるが、将来における航空交通管理は、運航フェーズ毎に、下記のとおりと予想される。

5.1 【出発前】

出発前に、運航者は気象情報等運航に係る情報を収集し、飛行効率や悪天域の回避等を考慮した運航者希望飛行経路を作成する。

次に、運航者と管制サービスプロバイダ間で、飛行経路、ウェイポイントの通過時刻等の軌道調整が実施される。管制サービスプロバイダにおいては、交通流や巡航高度、滑走路占有時間等を予測し、最適化された軌道が運航者側に提示される。これら、飛行軌道の調整は協調環境のための飛行情報共有 (FF-ICE: Flight and Flow Information for Collaborative Environment) と呼ばれ、TBO を実現する上で重要な構成要素である。調整の実施には、航空交通情報共有基盤 (SWIM) が用いられ、調整された軌道は航空用空港面移動通信システム (AeroMACS: Aeronautical Mobile Airport Communications System) 等の通信技術を用い、航空機側に伝送される。

航空機のブロックアウト、離陸時間は秒単位の誤差で管理され、後方乱気流の影響を鑑み出発順序付けが行われることになる。離陸時刻には出発空港の気象が大きな影響を与える場合があるため、積雪などの予測精度の向上も望まれる。その際、空港面管理 (SMAN: Surface Management)、到着管理 (AMAN: Arrival Management)、及び出発管理 (DMAN: Departure Management) と呼ばれる技術を用いることによりブロックアウトの時間と出発順序が最適化されている。SMAN を実現する上では、航空機の位置情報はもとより、グラウンドハンドリング車両等の位置情報の取得が不可欠となるが、車両の位置については AeroMACS 等の通信技術を用いてリアルタイムで管制サービスプロバイダに送信される。

出発承認については、データリンクを用いた出発承認 (DCL: Departure Clearance via DataLink) が行われ、出発承認が発出された後の離陸滑走路の変更にも対応している。

また、コックピット内ではデータリンクによる地上走行経路に関する指示 (D-TAXI:

Datalink TAXI)により離陸予定の滑走路までの経路が表示される。

5.2 【出発】

滑走路の末端まで移動した航空機は、管制塔からの離陸許可により離陸するが、管制塔からの離陸許可は AeroMACS を活用したインターネットプロトコルによる音声通信 (VoIP: Voice over Internet Protocol)が用いられるようになる。

また、現在の運航において離陸した航空機は、到着機等との間隔確保のため、水平飛行を行うことがある。しかしながら、将来の航空交通においては、離陸許可を得た航空機は、継続的な上昇(CCO: Continuous Climb Operations)が可能となる。

管制圏を離れた航空機は、航空機上のフライトマネジメントシステム(FMS: Flight Management System)に予め指定されたウェイポイントを指定された時間どおりに通過する。

5.3 【巡航】

離陸上昇した航空機は、高度化した FMS により目的地空港まで決められた軌道を飛行する。

巡航中の航空機からは、航空機の状態や位置情報、各ウェイポイントの通過予想時刻が地上にダウンリンクされる。

地上においては、航空機からのダウンリンク情報を基に随時、軌道の修正が行われ、航空機側の有する軌道情報との同期が行われる。

飛行中の全航空機からは上空の気象情報がリアルタイムで地上に伝送され、それらのデータは、航空機の最適軌道を算出するために利用される。

監視システムは、当該航空機のみならず様々な空域利用者の状態を即時に観測し、交通状況を把握する。

そして、これら交通状況や気象状況の変化等により、予定されていた軌道を変更する必要が生じた場合、地上側において新しい経路を瞬時に計算し、航空管制官と運航乗務員とのデータリンク(CPDLC: Controller-Pilot Data Link Communications)により航空機側に伝送される。

管制空域については、交通量に応じて空域の形状が変化する動的運用が行われ、一部の空域においてはフローコリドーと呼ばれる航空交通管理が導入される。

フローコリドーは TBO とは異なる概念の航空交通管理であり、一部特定の空域に適用される可能性がある。フローコリドー内の航空機は間隔を自律的に確保し、安全且つ効率的な運航を行う。

空域管理の高度化は重要であり、セクタレス管制に代表される新たな概念に基づく手法の導入も考えられる。また、無人航空機管理(UTM: UAS Traffic Management)など新たな航空交通管理の概念が検討されているところである。

将来においては、これらの新たな概念と既存の空域管理手法を融合させ、新しい空域管理に対応した通信基準や空域管理手法、情報提供サービスの検討が必要である。

5.4 【到着】

航空機の到着順序は、極力、先行機が発生させる後方乱気流が後続機へ影響が少なくなるよう戦略的に行われ(AMAN)、先行機との間隔は機上での監視情報によって自律的に間隔を確保できる(ASAS: Airborne Separation Assurance Systems)。

管制間隔については、発生する後方乱気流の強さに応じて Super Heavy, Heavy, Medium, Light の四つのカテゴリーに分類されているが、これを細分化し、管制間隔を最適化することにより到着フェーズの航空機の処理を効率化する後方乱気流管制間隔の見直し(RECAT: Wake Turbulence Re-categorization)が国際的に導入されつつある。将来的には、先行機と後続機の機種組み合わせ毎に設定する等の更なる細分化や、気象条件に応じてそれらを動的に変化させた運用により空港容量の拡大を図るといったことが期待される。

また、空港への進入経路については、航法性能要件(RNP: Required Navigation Performance) に従う飛行から地上型衛星補強システム(GBAS: Ground-Based Augmentation System) を用いた着陸を行うことにより、比較的自由的な進入経路や同一滑走路に複数の着地点を設定した運用が可能となる。空港に向けた降下時には、水平飛行をほとんど行わず、エンジン推力を最小とした状態で降下(CDO: Continuous Descent Operations)を行う。

これにより空港周辺の騒音軽減や滑走路の効率的な運用に寄与することが可能となる。

6. 電子航法研究所において実施する研究開発

上記5.で述べたような、将来の航空交通システムを実現するためには実現しなければならない技術が数多く存在する。

電子航法研究所の新しい研究長期ビジョンにおいては、今後20年間の研究開発目標として「空域の有効利用」及び「空港運用の効率化」を挙げるとともに「航空交通システムの高度化に資する基盤技術」を3つの柱としている。

また、「空域の有効利用」については「運航の安全性・信頼性向上」と「空域運用の効率化」に便宜上分けてはいるものの、双方は同時に確立することが不可欠である。

ここでは、「空域の有効利用」(運航の安全性・信頼性向上)及び、「空域の有効利用」(空域運用の効率化)、「空港運用の効率化」、「航空交通システムの高度化に資する基盤技術」と大きく4つのカテゴリーに分類し、現時点において研究開発を推し進めるべきであると思慮される要素技術について、主なものを下記のとおりまとめた。

また、電子航法研究所の新しい研究長期ビジョンのロードマップは別紙の通りである。

6.1 空域の有効利用に資する技術

6.1.1 運航の安全性・信頼性向上に係る技術

航空機の運航において最も重要なのは言うまでもなく安全性の確保である。

現在、航空機には航空機衝突防止装置(ACAS: Airborne Collision Avoidance System)が装備されており、航空機同士が接近するとパイロットに回避行動を促す。しかしながら、ACAS は最終段階の警告を発するシステムであり、現時点においても、また将来においても、航空管制官により航空機の間隔は常に監視されている必要がある。

将来においては、ドローンや無人航空機、超高高度を飛行する機体が登場することが予想される。航空交通システムはそれらの新しい機体にも対応し、安全性を確保しなければならない。

そのため、航空管制官により監視が可能な、より高精度で広範囲、高高度まで監視できるシステムの研究開発が必要となるであろう。

さらに、新しく登場すると予想される航空機または無人航空機の中には、ATC トランスポンダを搭載せず、極めて小型の航空機または無人航空機が登場する可能性があるため、それらを監視するための新しい監視技術が求められると考える。

将来の航法システムについては衛星を用いたものが主流となるが、安定的な航法システムを確立するためには、複数のコア衛星および周波数を利用することによる安全性・信頼性の向上が必要である。なお、我が国においては、単独システムで測位が可能となるコア衛星を有しないこともあり、衛星システムの利用が不可能となった場合に代替となる航法システム(APNT: Alternate Position, Navigation, and Timing) の構築が重要である。

(代表的な研究課題例)

- マルチコア・マルチ周波数(MCMF: Multi-Core, Multi-Frequency) 全地球測位システム(GNSS: Global Navigation Satellite System)の利用技術 (中期)
将来の航法システムは、衛星を用いた航法が主流となるが、安定的な航法システムを確立するためには、複数のコア衛星および周波数を利用することによる安全性・信頼性の向上が必要であり、そのための研究を実施して行く必要がある。
- 高高度監視能力の確保 (中期)
将来、高高度を飛行するサブオービタル機が飛行することが予想される。そのため、従来の監視システムの能力を超える覆域、高度の監視技術についての研究を実施して行く必要がある。
- 小型飛行物体に対する監視性能向上に関する研究 (中期)
昨今、小型無人航空機による空撮等が容易に行われるようになってきているが、空港周辺で小型無人航空機が使用された場合、航空機にとっては非常に大きな脅威となる。そのため、ATC トランスポンダを搭載せず、従来の1次監視レーダでは監視できない小型無人航空機等の飛行物体を監視することが必要であり、そのための研究を実施して行く必要がある。

- 衝突回避技術の高度化（中期）
主に、有視界飛行を行っている航空機や無人航空機による衝突を回避するため、ミリ波や画像認識等による先進技術による研究を実施して行く必要がある。
- 監視能力の多様化に係る技術開発（長期）
エアライン機などの従来ユーザに加え、異なる目的・性能を持った空域利用者が増大し混在する環境下では、従来型の ATC トランスポンダに依存した監視技術のみならず、多様なセンサを用いて監視対象の拡大を図る必要がある。併せて、処理すべき航空機数も増大するため、飛躍的な監視容量の拡大も必要である。そのため、必要とされる監視性能に合わせたシステムの組み合わせ方や情報処理手法についての研究を実施して行く必要がある。
- ロバスト性確保のための代替航法システム（短期～長期）
将来の航空航法システムは衛星を活用したものが主となる。しかしながら、衛星航法のみ reliant した場合、衛星システムの不具合等が発生した場合には、安定した航空交通サービスの提供が困難となる。そのため、衛星システムの利用が不可となった場合においても代替となる航法システム（APNT）の構築が必要であり、そのための研究を実施して行く必要がある。
- 画像認識による航法システム（長期）
遠い将来、安定した航空交通サービスを目的とし、画像認識を活用した航法システムの出現についても考えはじめられており、地上の地形等を認識し航法に活用する研究を実施して行く必要がある。

6.1.2 空域運用の効率化に係る技術

航空交通システムの将来においては、TBO が実施される。TBO は、予め軌道調整された最適な軌道を航空機が飛行することにより、安全かつ効率的な航空機の運航を実現する運用である。

TBO を実現するためには、まず、ウェイポイントと呼ばれる地点に対する機上側と地上側の通過予測時刻を精度よく同期させる必要がある。

また、TBO を実施する上では、軌道を最適化するのはもちろん、交通流予測を高度化するとともに、軌道上に予測される悪天域を回避する必要がある。そのため、飛行経路上の気象情報の取得及び気象予報の高度化が重要となる。

また、それらを実現するためには、空地を結ぶ高速通信技術の高度化が不可欠である。

航空管制業務については、TBO に対応する管制空域の最適化を行うとともに、セクタレス管制についても視野に入れておく必要がある。

将来の航空交通システムにおいては、TBO 以外にもフローコリドーと呼ばれる概念の導入が考えられている。フローコリドーとは、決められた空域の中を同一方向に飛行するというもので、航空機同士は自律的に間隔を確保するものである。

上記以外についても、無人航空機や超高高度を飛行するサブオービタル機等様々な機体の飛行が予測される場所であるが、これらの動向を注視し、柔軟に研究計画を修正していくことが肝要である。

(代表的な研究課題例)

- ウェイポイント通過時刻予測精度の向上 (短期)
TBO においては、地上及び機上におけるウェイポイント通過予測時刻を精度よく予測することが重要である。また、機上と地上において通過時刻を同期させることも重要であり、これらに係る技術を高精度化させる研究を実施して行く必要がある。
- 空対空監視能力の向上 (短期)
空対空の監視システムは単に安全性を向上させるだけでなく、他の航空機の位置情報を把握することにより柔軟な高度変更を可能とする。特に、上空通過機が増加傾向にある我が国においては、効率的な運航を実現する上で空対空監視能力の向上に係る研究を実施して行く必要がある。
- UTM に係る運航概念及び安全評価手法の開発 (短期～中期)
将来、無人航空機等様々な機体の飛行が予測される場所であるが、それらの運用手法や航空交通管理システムに係る研究を実施して行く必要がある。また、無人航空機と有人航空機が混在する環境下においては、運航に係る新たな基準作りが必要になるため、経路設定等に係る安全性評価手法の研究についても実施して行く必要である。
- 気象情報の活用高度化 (中期)
航空機の運航において、気象情報は重要な情報であり、飛行経路上に悪天候が存在する場合はその空域を回避する必要がある。正確な気象情報を入手し有効に活用することは、飛行計画や TBO における軌道計算、交通流管理等にとって非常に重要であり、それらに係る研究を実施して行く必要がある。
- 地対空通信システム (中期)
将来の航空通信はデータ通信が主流となり、取り扱う情報も多岐に渡ると予想されるため、さらに高速大容量かつ安定した通信システムの研究を実施して行く必要がある。
- TBO に対応した管制空域の最適化 (中期～長期)
TBO 導入の際においても、増大した航空交通量の安全性を確保するためには航空管制業務への負荷が増大するものと考えられる。そのため、航空交通量の多い高密度空域や複雑な空域の交通を考慮し、管制空域の動的運用を含めた、空域の最適化を行う必要がある。また、長期的にはセクタレス運用の導入を考慮しつつ、航空局との十分な連携調整の上で研究を実施して行く必要がある。
- TBO に係る軌道の最適化 (中期～長期)
将来、TBO 導入の際には、運航者が希望する最適な飛行経路を実現し、悪天候を回

避した適切な飛行軌道を設定する必要がある。また、交通流を考慮した効率の良い管制処理を実施するためには軌道の最適化が必要であり、そのための手法に係る研究を実施して行く必要がある。

- フローコリドー導入に係る自律間隔確保技術（長期）
フローコリドーの導入においては、自律間隔確保技術を確立し、安全性を航空機自ら担保する必要がある。そのため、機体側の装備はもとより、コリドー内の航空交通を最適化し、航空機同士の安全間隔を確保するための研究を実施して行く必要がある。
- 高高度（FL600以上）、サブオービタル機および超音速機等新たな航空モードの登場に対応する空域利用の在り方（長期）
標記について、常に最新の動向を把握しつつ、長期的視野を持って研究を実施して行く必要がある。

6.2 空港運用の効率化に資する技術

日本の首都圏空港の離着陸回数は既に上限に達しており、これ以上の回数増については極めて困難な状況である。

しかしながら、首都圏空港への旺盛な需要を鑑み、可能な限り離着陸回数増に向けた研究開発を進めていくことが重要である。

具体的には、航空機の管制間隔の最適化、到着管理、空港面の交通管理や出発管理の研究開発により、円滑な空港運用はもとより、空港の離着陸回数増が期待される。これらの技術については、現在、開発途上であるため、今後、さらに研究開発を進めていく必要がある。

その他、リモートタワーを用いた震災対応や、空港運用を効率化させるための滑走路異物監視システムを用いたランウェイチェックの省力化、GBASを用いた着陸方式による経路下の騒音低減等の技術が期待されている。

また、データリンクによる出発管制承認の高度化や地上走行承認の導入が見込まれるが、それらに係る研究開発についても推進していくことが必要である。

（代表的な研究課題例）

- 空港面の異物監視技術の高度化（短期）
空港面異物監視システムによる空港面監視技術の高度化を計ることにより、ランウェイチェックや滑走路上の異物除去に要する時間が減少し、空港運用の効率化を実現することが可能になるため、それらに係る研究を実施して行く必要がある。
- リモートタワー技術の高度化（短期）
遠隔業務支援技術を開発することにより、遠隔による航空交通管理業務や大規模震災によるバックアップシステムとして利用することが可能となるため、それらに係る研究を実施して行く必要がある。

- 空港面監視技術の高度化（短期）
現在、空港面の監視技術は空港面監視レーダ(ASDE: Airport Surface Detection Equipment)に加えてマルチラテレーション(MLAT: Multilateration)の情報を補完しているが、将来の航空交通システムを導入に合わせて、更なる高精度、高信頼性の空港面監視技術について研究を実施して行く必要がある。
- 柔軟な進入経路を構築するための技術開発（短期～中期）
空港周辺における運航効率の向上、環境負荷の低減、空港容量の拡大を目的として、様々な進入、着陸方式の研究を実施して行くことが必要である。例としては、SBAS (Satellite-Based Augmentation System)を活用した APV (Approach Procedures with Vertical guidance)進入や、GBAS を活用した曲線精密進入等が挙げられる。
- 有人・無人航空機の混在環境における離着陸（中期）
将来的に有人・無人航空機が混在する環境になった場合、混在環境における離着陸については、何らかの新しい基準や技術が必要となるため、それらに係る研究を実施して行く必要がある。
- 空港面・出発管理の高度化(AMAN, SMAN, DMAN)（中期）
出発便の離陸時刻を高精度に予測し、到着便の着陸時刻と地上走行時間の予測をもとにした到着走行管理を行うことにより、空港面における交通流の輻輳を解消することが可能となる。効率性と定時性の高い空港運用を行うために、それらの研究を実施して行く必要がある。
- 空港面における通信システム（中期）
空港面における通信システムに関しては、現在、AeroMACS の利用が想定されているところである。しかしながら、将来、更なる情報の共有化が進むことが想定されるため、更に高速で大容量の通信が可能となるシステムに係る研究を実施して行く必要がある。
- 先進型地上航法システム（中期）
滑走路の視程不良時には、航空機は空港場面を移動することは困難である。GBAS を用いることによって、スポットと滑走路間の誘導が可能となり、空港運用の効率性向上が期待されるため、それらに係る研究を実施して行く必要がある。
- D-TAXI（中期～長期）
D-TAXI は、スポットから滑走路端までのタキシング経路をデータや視覚情報によりパイロットに伝達するシステムである。D-TAXI を実装することにより、聞き間違いや言い間違いを防止するとともに、管制官とパイロットのワークロードの低減に資することが可能となるため、D-TAXI に係る研究を実施して行く必要がある。
- DCL の高度化（中期～長期）
現在実施されている DCL を高度化した場合、データリンクにより出発承認を发出するとともに、交通状況や気象状況の変化により離陸滑走路が変更された場合には、

データリンクにより航空機側に変更情報を発出することが可能となり、管制官とパイロットのワークロードの低減に資することができる。そのため、DCLに係る研究を実施して行く必要がある。

- RECATの高度化（長期）

現在、航空機の後方乱気流の大きさに応じた管制間隔が定められているところであるが、この管制間隔を最適化することにより、空港における離着陸容量が増大することが期待されている。将来においては、空港周辺の気象条件を加味した上で、動的に管制間隔を変化させることが考えられており、そのための研究を実施して行く必要がある。

6.3 航空交通システムの高度化に資する基盤技術

将来の航空交通システムにおいては、TBOやフローコリドー、AMAN、DMAN、SMAN等の新しい運用コンセプトにより、より効率的な航空交通システムが実現される。

そのためには、それらを支える要素技術についても着実に研究開発を推進し、航空交通システムとして実装することが必要である。

代表的なものとしてはSWIMと呼ばれる情報共有基盤が挙げられる。SWIMのコンセプトは、航空会社や管制機関、グランドハンドリング会社をはじめ官公庁を含めたステークホルダー間で運航や飛行計画等の情報を共有し、効率的な航空交通システムを構築しようというものである。

また、新しい運用コンセプトを用いたシステムを構築するためには、SWIM以外にも無線通信に係る技術や運航の安全性に係る研究開発を進めて行く必要がある。

（代表的な研究課題例）

- 航空機の安全性確保に係る技術（中期）

今後、新しい技術を用いた航空機が登場することが予想されるが、装備品等についても行政側の要請に応じ、安全性の検証等に貢献していくことが必要である。

- シームレスな航空通信サービスの構築に係る技術（中期）

将来の航空無線通信システムは、複数の通信システムによって高速かつ大容量な通信サービスが実現される。しかしながら、これらのシステムをパイロットおよび管制官が意識することなく、機上において必要な情報が入手できるよう、シームレスな通信サービスが提供されるよう、それらに係る研究を実施して行く必要がある。

- 無線関連基礎および応用技術（短期～長期）

アンテナや電波伝搬等に係る無線関連技術については、基礎的ながら通信の基礎となる技術であるため、継続的に研究を実施して行く必要がある。

例として、フェーズドアレイアンテナやビームフォーミングなどのアンテナ関連技術、電波伝搬に係るシミュレーション・伝搬測定・モデル化等の技術、電波資源の有効利用に資する技術等が挙げられる。

- SWIMに係る技術（短期～長期）
 将来の航空交通システムにおいては情報の共有化が最も重要であり、TBO などの新しい運用方式を実現するため、SWIM という航空交通情報共有基盤が必要となる。また、地上システム間での情報共有だけではなく、空地統合 SWIM の構築も求められている。SWIM は、航空機の運航に携わるすべてのステークホルダーの情報を共有し、より効率的な航空交通を実現しようという、謂わば、情報共有基盤である。そのため、ICAO における航空情報、運航情報と気象情報などの標準化に対応し、運航効率化に必要なサービスが提供できる SWIM 構築に必要な関連技術について研究を実施して行く必要がある。
- ATM パフォーマンスの研究（短期～長期）
 航空交通システムの高度化に係る各施策の実施に際しては、その効果の検証が必要となる。そのため、交通流の構造や特性の把握を行い、施策の導入が航空交通に及ぼす影響について適切な評価を可能とするための研究を実施して行く必要がある。
- 空地高速データリンク（長期）
 近い将来、VDL (VHF Data Link)を用いた航空管制、運航及び気象に関する情報共有等が実施される見通しである。しかしながら、今後、情報の共有化が進むにつれ、更に高速かつ大容量な空対地高速通信システムが必要となると予想されるため、新しい空対地高速通信システムに係る研究を実施して行く必要がある。
- 航法システム基盤の高度化（長期）
 遠い将来、混雑空域での更なる安全性・効率性の向上を目指して、現在の気圧高度ベースの運用から幾何高度ベースの運用に移行していく可能性がある。
 また、GPS (Global Positioning System) の RAIM (Receiver Autonomous Integrity Monitoring)予測の高度化や FL600 以上を飛行するサブオービタル機等の運航の際には、電離圏情報等の利用も必要になる可能性がある。
 それらをはじめとした、航法システムの基盤的な技術についても着実に研究を実施して行く必要がある。

7. まとめ

最近の社会状況変化、新たに明らかになった知見、技術等を反映するため、現在の研究長期ビジョンの見直しを行った。今回の見直しは、CARATS の進捗状況、2016 年 9 月発行の ICAO GANP をはじめ、2018 年 10 月の AN-Conf/13 の議論を参考に見直しを実施したものである。しかしながら、改訂版の GANP については現在、ICAO 事務局で作成中と聞いており、CARATS についても改定予定とのことである。電子航法研究所の取り組むべき研究課題はとりまく社会状況等の変化に大きく左右されるため、研究長期ビジョンの改訂は今後とも必要に応じて実施して行く必要があると考える。

参考文献

- [1] 電子航法研究所 研究長期ビジョン検討委員会,「電子航法研究所の研究長期ビジョン報告書」, 独立行政法人電子航法研究所, 2008年7月
- [2] 電子航法研究所 研究長期ビジョン検討委員会,「電子航法研究所の研究長期ビジョン(2011年版)報告書」, 独立行政法人電子航法研究所, 2011年3月
- [3] 電子航法研究所 研究長期ビジョン検討委員会,「電子航法研究所研究長期ビジョン報告書」, 国立研究開発法人電子航法研究所, 2015年5月
- [4] ICAO, "Global Air Navigation Plan," Document 9750 Fifth Edition, ICAO, 2016
<https://www.icao.int/airnavigation/Documents/GANP-2016-interactive.pdf> (2019/7/25 閲覧)
- [5] ICAO, "Global Air Traffic Management Operational Concept," Document 9854, ICAO, June 2005
https://www.icao.int/Meetings/anconf12/Document%20Archive/9854_cons_en%5B1%5D.pdf (2019/7/25 閲覧)
- [6] ICAO, "The Aviation System Block Upgrade," AN-Conf/12 Working Document, ICAO, July 2016
https://www.icao.int/airnavigation/Documents/ASBU_2016-FINAL.pdf (2019/7/25 閲覧)
- [7] 将来の航空交通システムに関する研究会,「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン」, 国土交通省航空局, 2010年9月
<https://www.mlit.go.jp/common/000123890.pdf> (2019/7/25 閲覧)
- [8] ICAO, "ICAO Safety Report (2018 Edition)," ICAO, 2018
https://www.icao.int/safety/Documents/ICAO_SR_2018_30082018.pdf (2019/7/25 閲覧)
- [9] ICAO, "ICAO World Civil Aviation Report 2nd Edition," ICAO, 2017
- [10] Boeing, "Commercial Market Outlook 2019-2038," Boeing, 2019
<https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/market/commercial-market-outlook/assets/downloads/cmo-2019-report-final.pdf> (2019/7/25 閲覧)
- [11] AIRBUS, "Global Market Forecast 2018-2037," AIRBUS, 2018
<https://www.airbus.com/content/dam/corporate-topics/publications/media-day/GMF-2018-2037.pdf> (2019/7/25 閲覧)
- [12] 一般財団法人日本航空機開発協会, 「民間航空機に関する市場予測 2019-2038」, 一般財団法人日本航空機開発協会, 2019年3月
http://www.jadc.jp/files/topics/143_ext_01_0.pdf (2019/7/25 閲覧)
- [13] ICAO, "Global Air Navigation Plan Strategy," ICAO, 2019
<https://www4.icao.int/ganportal/GanpDocument/> (2019/7/25 閲覧)

付録：電子航法研究所研究長期ビジョン検討委員会 委員名簿

委員長

研究統括監 松永 博英 (2018.4～2018.8)

特別研究主幹 植木 隆央 (2018.9～2019.6)

外部委員

国立大学法人東京大学 公共政策大学院 特任教授 渋武 容

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 航空技術部門 対外業務課長 仲田 貴文

国土交通省 航空局交通管制部交通管制企画課 管制技術調査官 本江 信夫

所内委員

航空交通管理領域 住谷 美登里, 森 亮太

航法システム領域 毛塚 敦

監視通信領域 角張 泰之, ニツ森 俊一

外部オブザーバー

株式会社レイメイ 宮津 義廣 (委託調査等実施者)

事務局

研究統括監付

ニツ森 俊一 (2018.4～2018.6)

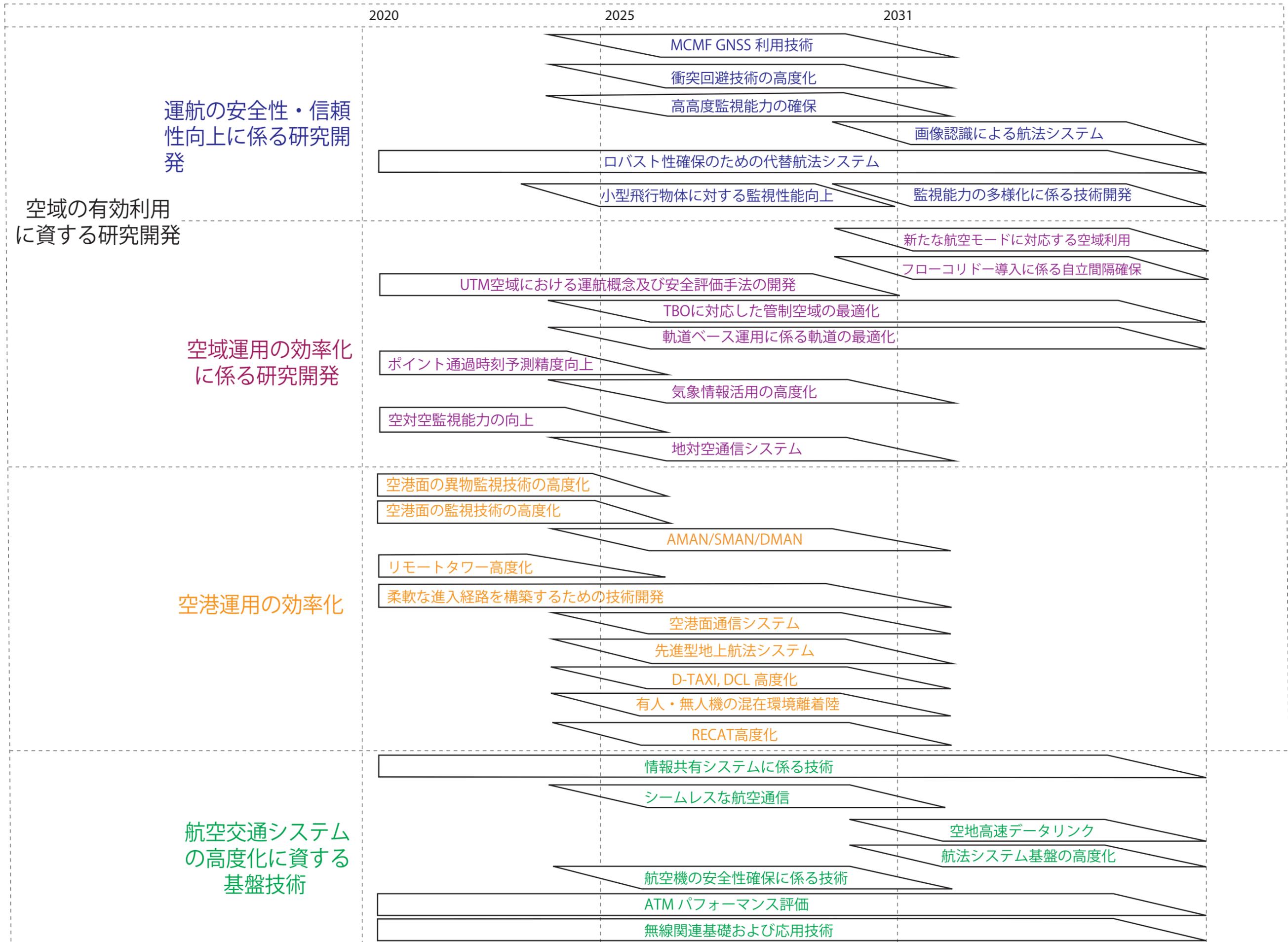
金田 直樹 (2018.7～2019.6)

略語集

| | |
|------------|---|
| ACAS | Airborne Collision Avoidance System |
| AeroMACS | Aeronautical Mobile Airport Communications System |
| AIAA | American Institute of Aeronautics and Astronautics |
| AMAN | Arrival Management |
| ANC | Air Navigation Commission |
| AN-Conf/13 | 13th Air Navigation Conference |
| APNT | Alternate Position, Navigation, and Timing |
| APV | Approach Procedures with Vertical guidance |
| ASAS | Airborne Separation Assurance Systems |
| ASBU | Aviation System Block Upgrade |
| ASDE | Airport Surface Detection Equipment |
| ASK | Available Seat Kilometers |
| ATC | Air Traffic Control |
| ATM | Air Traffic Management |
| BBB | Basic Building Block |
| CARATS | Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems |
| CCO | Continuous Climb Operations |
| CDO | Continuous Descend Operations |
| CPDLC | Controller-Pilot Data Link Communications |
| D-TAXI | Datalink TAXI |
| DCL | Departure Clearance via DataLink |
| DMAN | Departure Management |
| ENRI | Electronic Navigation Research Institute |
| FAA | Federal Aviation Administration |
| FF-ICE | Flight and Flow Information for Collaborative Environment |
| FL | Flight Level |
| FMS | Flight Management System |
| GANP | Global Air Navigation Plan |
| GASeP | Global Aviation Security Plan |
| GASP | Global Aviation Safety Plan |
| GATMOC | Global ATM Operational Concept |
| GBAS | Ground-Based Augmentation System |
| GDP | Gross Domestic Product |
| GNSS | Global Navigation Satellite System |
| GPS | Global Positioning System |

| | |
|---------|---|
| ICAO | International Civil Aviation Organization |
| KPA | Key Performance Area |
| LCC | Low Cost Carrier |
| MCMF | Multi-Core, Multi-Frequency |
| MLAT | Multilateration |
| NextGen | Next Generation Air Transportation System |
| RAIM | Receiver Autonomous Integrity Monitoring |
| RECAT | Wake Turbulence Re-categorization |
| RKP | Revenue Passenger Kilometers |
| RNP | Required Navigation Performance |
| RPAS | Remotely Piloted Aircraft Systems |
| RTK | Revenue Tonne Kilometres |
| SBAS | Satellite-Based Augmentation System |
| SESAR | Single European Sky ATM Research |
| SMAN | Surface Management |
| SWIM | System Wide Information Management |
| TBO | Trajectory Based Operations |
| UAS | Unmanned Aircraft System |
| UAV | Unmanned Aerial Vehicle |
| UTM | UAS Traffic Management |
| VoIP | Voice over Internet Protocol |
| VDL | VHF Data Link |

電子航法研究所 研究長期ビジョンロードマップ



令和元年度 電子航法研究所 研究長期ビジョン
令和元年7月30日 発行
編集兼発行人 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
発行所 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
〒 182-0012
東京都調布市深大寺東町7丁目42番23
電話 0422-41-3168
ホームページ <http://www.enri.go.jp/>
