

電子航法研究所 研究長期ビジョン報告書

平成27年5月

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. 2040年に実現することが予想される航空交通環境	3
2. 1 航空需要の変化	3
2. 2 航空機技術等の変化	4
2. 3 空港設備の変化	6
2. 4 航空交通管理（ATM）の変化	6
2. 5 運航支援技術（CNS-IM）の変化	7
3. ICAO GANPの概要	8
4. 技術開発の方向性	11
4. 1 実現するための技術開発	11
4. 2 研究ロードマップ	13
4. 2. 1 「航空交通の安全性向上及び処理容量の拡大」に対応して 行う技術開発	15
4. 2. 2 「運航効率化による環境負荷軽減」に対応して行う技術開発	16
4. 2. 3 基盤的研究分野	17
4. 3 ENRIにおける研究の方向性	17
5. まとめ	18
参考文献	19
付録-I 電子航法研究所研究長期ビジョン検討委員会 委員名簿	22
付録-II 電子航法研究所研究長期ビジョン検討委員会 開催状況	24
付録-III 図2の中で記号化されたASBUにおける4分野における4段階の 21の施策の内容	25

1. はじめに

国立研究開発法人電子航法研究所 (ENRI: Electronic Navigation Research Institute) は、昭和42年の設立以来、電子航法に係わる我が国唯一の研究機関として航空交通の安全、高度化、効率化、環境負荷の軽減等に貢献してきた。ENRIでは、世界の航空交通の動向、課題について把握に努め、航空交通管理 (ATM: Air Traffic Management) の高度化が、より安全で高質・廉価な航空サービスを求める社会ニーズに即した重要な課題になるとの見通しを得た。その課題を解決するために、ENRIが「ATMの中核的研究機関」となり、ATMに関わる研究・開発を実施し質の高い成果を上げ世界に発信することが重要な使命と考えた。つまり、ENRIが、我が国に適したATMの実現に向けた課題を把握し社会の要請に的確に応える研究を行い、それらの課題を解決する技術開発や提案を行うことにより、社会で活用される成果を上げ国民生活の向上及び科学技術の発展に貢献することは、国立研究開発法人としての責務を果たすことである。ENRIがその目的を達成するためには、研究の基本方針、長期的方向性を定め、それらを所内全員で共有すると共に、所外の関係者にも理解を頂き、研究実施への協力を得ることが重要である。

そこで、ENRI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[1]、2011年(平成23年)3月に内外の情勢の変化に合わせた改訂版を公表した[2]。これらの活動により、ENRIの研究長期ビジョンは国土交通省航空局の「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン」(CARATS: Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems)の中に反映されるとともに[3]、文部科学省、日本航空宇宙学会及び宇宙航空研究開発機構等で策定した我が国の航空技術に係わる将来計画にも影響を与えた[4,5,6]。また、所内では研究長期ビジョンを念頭に置いた研究計画が作成されており、全体的に方向性が統一された研究が行われてきた。

しかし、2011年(平成23年)の研究長期ビジョン改訂以降、我が国及び国際民間航空機関 (ICAO: International Civil Aviation Organization) などにおける航空交通に関する分野では大きな変化が起こってきている。我が国においては、今後とも増加が見込まれる航空交通に対応して、航空局は2010年(平成22年)9月に、安全性を5倍、管制処

理容量を2倍、定時制などの運航のサービスレベルの10%向上及び燃料消費量とCO2排出量の10%削減などの目標を、2025年(平成37年)までに実現するための「CARATSロードマップ」をとりまとめた。そのCARATSによる活動は、我が国のATMパフォーマンスの着実な向上に寄与しており[7]、ENRIの活動も大きくその活動に寄与している。

我が国の航空機産業界においても、三菱航空機株式会社が開発しているMRJが、2014年(平成26年)10月にロールアウトを行い、2015年(平成27年)下半期の初飛行と2017年(平成29年)の型式証明取得に向けた活動を行っている。このことは我が国の航空機製造会社による、約50年ぶりの国産旅客機の完成機製造事業を通じた、米国のボーイング、欧州のエアバスに次ぐ、カスタマーサポートなどを含む航空システム産業としての航空インテグレータになることを目指した動きでもある[8]。航空インテグレータは、単なる航空機製造だけでなく、ユーザーである航空会社の要望を取り入れた新しい運航技術などの提案が必要であり、そのために必要なATMシステムや航空機の運航も含めた航空交通システムへの理解が不可欠な事業である。今後、我が国の航空機製造会社が航空インテグレータになり、航空産業のイニシアティブをとるために航空機の頭脳と言われる飛行管理システム(FMS: Flight Management System)の開発を行うとなれば、我が国でも新しいATMコンセプトに対応した機上システムと地上システムを統合した先進的なATMシステムの開発が可能となることが考えられる。

ICAOにおいては、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4版を、2012年(平成24年)11月の第12回航空航法会議(ANC-12: 12th Air Navigation Conference)で議論し、2013年(平成25年)9月のICAO総会で承認し、2013年(平成25年)12月に発行した[9]。このGANP第4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システムを目指す世界的ATM運用コンセプト(GATMOC: Global Air Traffic Management Operational Concept)[10]の実現に必要な段階的で具体的な指針を定めたASBU(Aviation System Block Upgrades)[11]が含まれている。

現代の人類の大きな課題でICAOの重要な目標の一つでもある環境負荷低減に向けた活動は、2010年(平成22年)のICAO総会において、「今後燃料効率を毎年2%改善」、「2020年以降においてCO2排出量を増加させない」というグローバルCO2削減目標を決議した[12]。そのため、各ステークホルダーは、目標達成に向け、航空機に対する新技術の導入、運航方式の改善、代替燃料の活用などの技術的な取組を行うことが必要とされており、GANPやCARATSによる活動は、運航方式の改善の面で環境負荷低減に向けた活動に対して大きな役割を果たすこととなっている。

このような大きなATMを含む航空交通を取り巻く環境の変化の中、ENRIとしても2011年(平成23年)3月に改訂した電子航法研究所の研究長期ビジョンの見直しに着手し、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。

2. 2040年に実現することが予想される航空交通環境

今回の研究長期ビジョンの見直しに当たっては、今後の15年間に研究開発を行う上で考慮しなければならない技術を網羅、抽出するために、25年後の2040年までに起こりうる航空交通環境の変化等について、少しでも可能性があるものも考慮して記述した。

2.1 航空需要の変化

世界の航空需要(有償旅客キロ:RPK: Revenue Passenger Kilometres)は、ICAO等において今後20年間に約2.5倍程度に膨らむと予想されている[13]。特に、アジアにおける今後20年間の年間の平均伸び率は、世界全体の伸びが年率4.6%であるのに対し、年率6.2%と高くなっている。一方我が国においては、社会的には少子高齢化に伴う人口の減少、都市への集中、平成39年(2027年)の東京・名古屋間のリニア新幹線の開通予定[14]をはじめとする高速鉄道網の拡大等により、航空国内旅客数の頭打ちが見込まれるものの、乗客の要望による従来の大型機から小型機を使用した多頻度運航の流れやLCCの就航によって、国内運航便数はほぼ現状維持もしくは若干の増加が予想される。さらに、アジア諸国の経済成長に伴う国際航空需要の伸びに合わせて、国際便や上空通過機の堅実な増加が予測され、アジア各都市からの地方都市への国際便の就航、並びに

地方都市間や離島を結ぶ航空便の拡大、アジアをはじめとする世界の富裕層の増加などによるビジネス機の運航の増加も見込まれる結果、図-1で示すとおり、2033年には2013年に比べて日本の航空交通管制機関の取り扱い航空機数は約1.4～1.6倍に増加することが見込まれている[15]。この参考資料によると、2020年代に国内空域取り扱い航空機数が、現在我が国で行われている航空管制方式による管理処理能力を超過することになる。

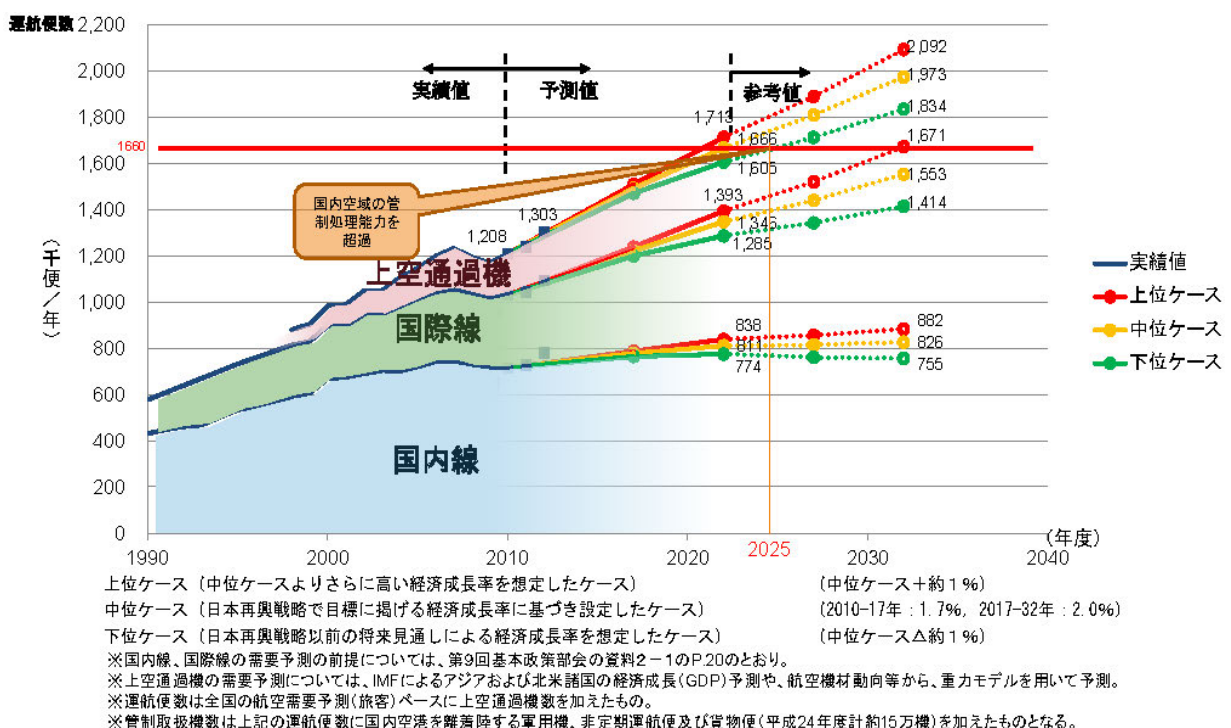


図-1 2033年までの国内空域の管制が必要となる航空需要の予測
(平成26年6月、交通政策審議会航空分科会基本政策部会参考資料より)

2.2 航空機技術等の変化

航空機技術も着実に進展することが考えられ、定期旅客運航する航空機についても、現在パイロット2名が必要とされているが、自動化・省力化のための技術開発やシステムの信頼性の向上により、パイロット1名での運航が可能となることが考えられる。さらには、一般空域においても貨物輸送分野を中心としてICAOなどで遠隔操縦航空機(RPA: Remotely Piloted Aircraft)と言われている無人機の運航が普及する可能性もある。その

結果、無人機などの運航に不可欠な周辺状況などの把握や機体やエンジンなどに対する故障・不具合検知のための空対地間のモニタリングに関する通信量及び通信頻度が大幅に増大することが考えられる。

垂直離着陸機などの高い運動性能を持つ機体の使用が促進されるとともに、超音速機などの高速機、電動航空機などの低速機が飛行する可能性があり、一般の空域においても運航速度域が大きく異なる航空機が共存する可能性もある。航空機のサイズもバリエーションが増え、多様な需要に合わせた大型から小型まで色々なサイズの航空機が同一の空域を飛行するようになる。また、更なる低騒音旅客機の出現により、都市部上空を飛行するときの騒音問題が軽減されるとともに、グリーン燃料を用いた環境負荷の少ない航空機などの出現により、航空機による環境負荷が軽減される。

運航面では、全地球航法衛星システム (GNSS: Global Navigation Satellite System) 受信機とFMSを搭載した航空機による RNP (Required Navigation Performance) 運航方式の普及に続き、機上監視応用システム (ASAS: Aircraft Surveillance Applications System) を用いたITP (In-Trail Procedure)、FIM (Flight-deck Interval Management) などの運航が可能になる。また、FMSの信頼性向上と機能の高度化により、一層効率の良い運航が可能になる。さらには、FLS (FMS Landing System) による自動着陸も可能となってくる。

航空機アビオニクスの更なる進化による運航のインテリジェンス化が進み、高密度空域では安全で航空機にとって最適な時刻を含む4次元の飛行経路であるトラジェクトリを運航できるトラジェクトリ・ベース運用 (TBO: Trajectory Based Operation) が可能となるとともに、低密度空域では航空機にとって最適なトラジェクトリを自律的に飛行するフリーフライトの運航が可能となる。また、航空機が燃料効率の高い空路を高密度で同一の方向に飛行するフローコリドーを用いた運航方式や、複数の航空機が同一トラジェクトリを飛行するグループ飛行方式の採用も考えられる。さらには、機材の軽量化のためのフライバイワイヤレス (WAIC: Wireless Avionics. Intra-Communications) 方式の採用なども考えられる。

2.3 空港設備の変化

空港設備も変化する航空機や高密度運航に合わせて進化する。例えば、進入経路の後方乱気流やウインドシアの検知システム、視界ゼロでも航空機の誘導路走行を可能とする空港面全体を走行する全自動トーイングシステムが開発運用されると考えられる。航空機・車両及び空港面の異物に対する監視技術が向上し、空港面の管理の自動化や情報化が進む。その一方で、需要の多くない空港や時間帯において、監視・通信・制御技術の向上により、遠隔地からの空港管制が可能になり、地方空港などの管理効率化が進む。

2.4 航空交通管理(ATM)の変化

一部の小型機を除いては、TBOによる離着陸を含めすべてのフェーズにおける航空機のより安全で効率的な運航が実現し、航空機は非常に高い精度で決められたトラジェクトリを計画通りに飛行できるようになる。TBOでは、運航時刻や燃料効率を最適にするトラジェクトリは航空会社や機種毎に異なるものの、出発時刻等を飛行計画段階で調整しておくことにより、飛行目的にほぼ最適なトラジェクトリで飛行しながらも、異常接近(コンフリクト)等の問題が発生しない運航が可能となる。さらに、上空通過機等のためにASASと空対空通信を利用する航空機の自律間隔維持機能を用いて飛行するフローコリドーやグループ飛行による運航を行うために、ATMが変化することが考えられる。

飛行する航空機の種類の多様化や、後方乱気流を避けた運航及び騒音を分散化させる航空機毎に異なるトラジェクトリを割り当てる運航などの多様な運航に対するニーズが高まるために、トラジェクトリや飛行方式の柔軟な設定に対応できるATMが必要となる。その結果、管制作業の複雑さが増すものの、支援ツールによる柔軟な飛行方式に対応したATMシステムの導入が図られ、低騒音機の導入と合わせて都市部上空を飛行する進入及び出発方式の運用により、空港容量の増加が期待される。

天気予報の精度が向上し、事前に作成したトラジェクトリが天候の理由により変更されることが、極端気象時を除きほとんどなくなることが考えられる。航空機のモニタリング技術の向上により、機体やエンジンの故障及び不具合などによるトラジェクトリの変更は減

少すると予想されるが、旅客の都合等による出発時刻などの変更は依然として残ると考えられる。

究極的にはATMシステムの自動化が推進され、異常接近などの問題回避のための管制官のタスクの多くを自動システムが解決することが期待される。その結果、多くの航空機が異なる飛行方式で飛行していても、管制官が交通流を直接制御する機会が減少する。しかも、自動システムが故障した際のバックアップシステムの活用など、人間を含めたATMシステムのロバスト性やレジリエンス性は確保されている。

2.5 運航支援技術(CNS-IM)の変化

航空の運航を支えるイネーブラ(Enabler)と呼ばれる運航支援技術である通信・航法・監視(CNS: Communication, Navigation and Surveillance)及び情報管理(IM: Information Management)に関する技術も進展が見られる。航法では、時刻・位置基準として全地球航法衛星システム(GNSS: Global Navigation Satellite System)がすべての航空機のすべてのフェーズの運航で使われ、従来航法施設の縮退が進む。さらにはGNSSの地上型補強システム(GBAS: Ground-Based Augmentation System)と、RNP-AR(Authorization Required)を組み合わせた曲線精密進入方式や、GBAS TAP(Terminal Area Path)などによる自由度の高い運航が行われる。従来は気圧高度が用いられていた垂直方向の航法に関しても低高度を中心にGNSSが用いられるようになる可能性がある。

監視では、航空機が航法装置を用いて測位した位置を送信する自動位置情報伝送監視(ADS: Automatic Dependence Surveillance)、特に放送型自動位置情報伝送監視(ADS-B: ADS-Broadcast)が主流となり、現在使われているレーダーなどはバックアップとして使用される。また、ADS-BやSSR mode-SのDAPs(Downlink Aircraft Parameters)機能による航空機の飛行予定計画である_intent情報の利用によるトラジェクトリ予測、及びADS-B-inを用いたASASの利用による航空機同士の監視が広く行われ、より効率的で安全な運航が行われる。さらに、衝突防止に関しては航空機衝突防止システム(ACAS: Airborne Collision Avoidance System)の機能改善により、信頼度向上や自由度の高い水平回避が実現されると考えられる。

通信では大容量・高速化技術が進化し、飛行情報や気象情報など安全で効率的な運航に必要な情報に対して、航空機からも航空交通情報共通基盤(SWIM: System Wide Information Management) を通じてのアクセスが可能となる。さらには航空機間で情報の直接的なやり取りが可能となる空対空通信システムも装備されるようになる。その結果、非常時を除いて音声通信の利用は減少し、すべての飛行フェーズにおいて管制官パイロット間管制データリンク通信(CPDLC: Controller-Pilot Data Link Communications) などのデジタル通信が主として用いられる。ATMにおけるデジタル通信の重要性が増すとともに、セキュリティ技術が航空無線通信においても導入され、高度化・強化される。SWIMの普及により、利用者、航空会社、管制機関、気象機関などのステークホルダー間での情報共有をスムーズに行うのに必要な高度なセキュリティ技術が求められ、乗客などの要望に添った付加価値の高い使い勝手の良い情報を供給する新しい産業が発展してくる。

3. ICAO GANPの概要

国際的なATMの変化については、ICAOにおけるGANPの動向に注視した。ICAOは、2003年(平成15年)の第11回航空航法会議(Air Navigation Conference-11)において、将来航空航法計画(FANS: Future Air Navigation System)を元に、21世紀の相互運用可能なシームレスでグローバルなATMシステムの開発と実現を目指した、新しいATMコンセプトを議論した。その結果、全ての関係者の協力に基づく必要な情報と継ぎ目のないサービスの提供による全運航フェーズにおける安全、経済的かつ効率的、しかも動的で統合的な航空交通を実現することを目的とする、協調的意志決定(CDM: Cooperative Decision Making)による交通需要量調整とTBOによる運航を核とした、グローバルATM運用概念(GATMOC: Global ATM Operational Concept)をとりまとめ、その文書(ICAO DOC9854)を2005年(平成17年)に発行した。

このDOC9854ではATMの要素として、空域構成管理(AOM: Airspace Organization and Management)、コンフリクト管理(CM: Conflict Management)、交通需要と容量の均衡(DCB: Demand/Capacity Balancing)、航空会社の参画(AUO: Airspace User

Operations)、空港運用(AO: Aerodrome Operations)、ATM情報共有(ATM SD: ATM Service Delivery management)及び交通同期(TS: Traffic Synchronization) の7つを挙げ、さらに研究開発する課題として、データ通信(Data link communications)、衛星航法(Satellite navigation and augmentation)、機上情報を使った監視(Enhanced surveillance using aircraft-provided information)、管制支援ツール(Controller decision-support tools)、機上地上間の状況認識共有(Cockpit and controller shared situational awareness)及びヒューマンファクタ(Human factors evaluations of new concepts of use for CNS/ATM technologies) を提案している。

それを受けてENRIでは、GATMOCの核であるTBOの実現を目指した研究計画である研究長期ビジョンの第1版を策定した。研究長期ビジョンの第1版では、航空機のトラジェクトリに着眼し、“実際のトラジェクトリ”を“飛行すべきトラジェクトリ”にできるだけ近くなるように運用・管理することを目指している。この“飛行すべきトラジェクトリ”は関係者の“期待するトラジェクトリ”に一致することが望ましいとされるともに、“期待するトラジェクトリ”は、気象などの諸条件により時々刻々変化するために臨機応変に対応した動的な運用・管理が必要とされている。

ICAOは提案したGATMOCを実現するために、必要な事項を記載したGANPの第3版を2007年(平成19年)に出版した。ただし、それには技術課題は記述されていたものの、実現する方法が十分には記述されていなかった。そこでICAOは、GATMOCの実現を進めるために、2011年(平成23年)にGlobal Air Navigation Industry Symposium (GANIS)を開催し、その会議において、CNS、IM及びアビオニクス技術ロードマップを含む航空交通システムの調和と効率の向上を目指した5カ年4期を重ねた20年計画としてのASBUを策定した。ASBUは、ICAOが実現可能な施策のタイムラインを提供することによって、地域における技術レベルの向上と調和を図りながら各国のニーズに応じたATMの発展改良の実施を目指すものである。このASBUでは、図-2で示される空港運用、システムとデータの相互運用性、全世界的に協調したATM及び効率的な飛行経路の4つの改善業務分野が設定されている。ASBUでは、この4つの分野に対して、実現すべき運用概念として、空港管理(Full AMAN/DMAN/SMAN: Full Arrival Management/Departure

Management/Surface Management)、航空機・交通流情報共有環境 (Full FF/ICE: Full Flight and Flow-Information for a Collaborative Environment)、複雑性管理 (Complexity Management) 及び全運航フェーズのTBO (Full TBO: Full Trajectory Based Operation) などを掲げ、その実現のために21の施策を提示するとともに時間的に四つの段階に分けて、地域航空の調和と容量拡大並びに効率の向上を目指している。2012年(平成24年)のANC-12において、このASBUを含む新しいGANP案を提案し、2013年(平成25年)のICAO総会で承認し、第4版として発行した。GANP第4版においては、ICAOの第一目標としては航空の安全性の向上を図ること挙げており、そのために必要な全世界航空安全計画(GASP: Global Aviation Safety Plan)[16] とともに確実に実施することを目指している。

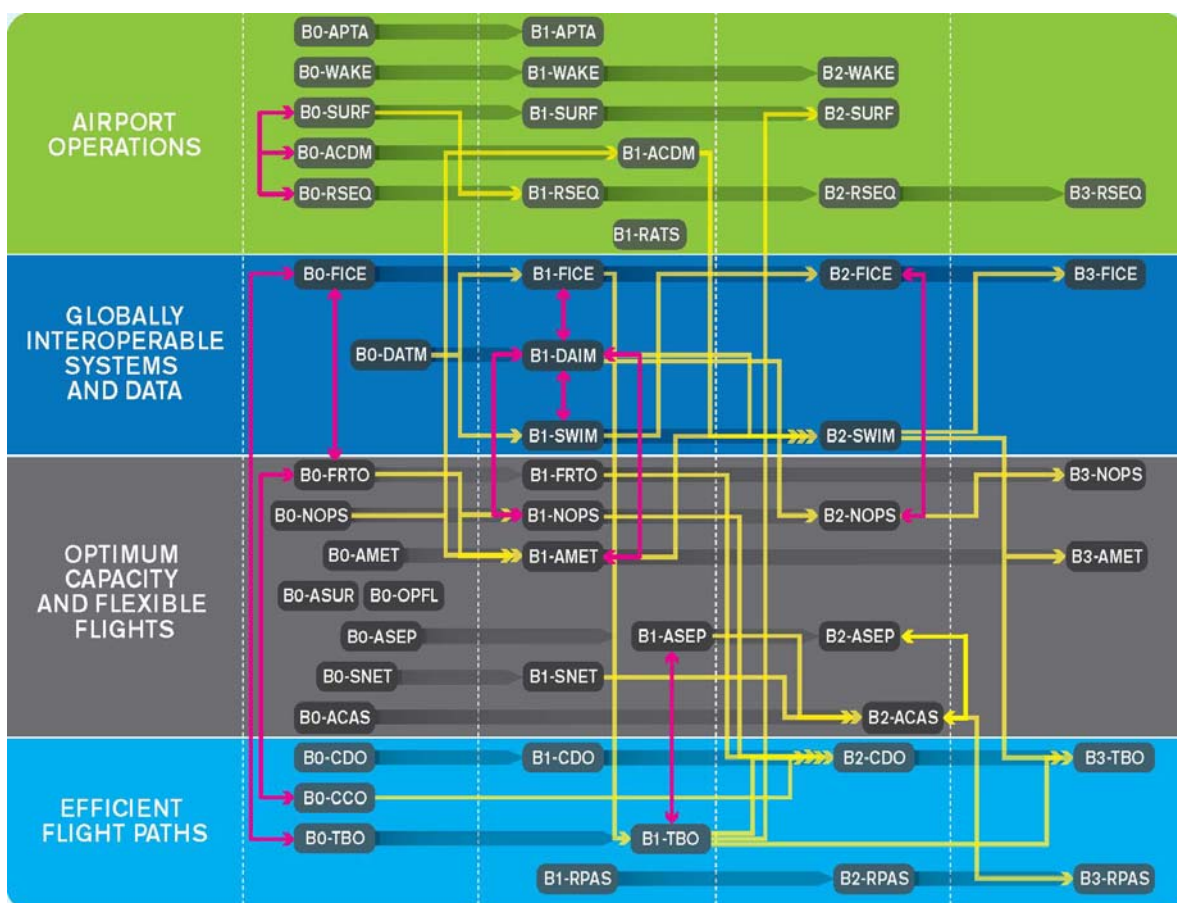


図-2 GANP の中で示された ASBU における 4 分野における 4 段階の 21 の施策の相互関係(ブロックの中の記号は施策内容を示している。その詳細については付録Ⅲを参照のこと)

4. 技術開発の方向性

4.1 実現するための技術開発

2章に述べた予想される航空交通環境の変化や、3章で述べたICAOのGANPなどの変化に伴い、ATM/CNS及びIMの分野などに想定される要素について研究開発課題を抽出した。ただし、気象に関する課題は除外した。それらについて、通信、航法、監視、情報管理、空港設備及びATMの分野に分けるとともに、さらに研究開発に必要な期間を、5年までの期間に対応した短期、5～10年間に対応する中期、10年以上の研究期間が要する長期に分類した。その結果を、表-1に示す。

表-1 開発すべき技術課題及び対応研究開発項目一覧

分野	期間	技術課題	対応ロードマップ研究開発項目
通信 (C)	短期	CPDLCのための取り扱い機数の拡大	高速通信のための次世代航空通信技術の開発
		空港面の航空機・車両への伝送システム	高速通信のための次世代航空通信技術の開発
	中期	運航・気象情報大容量通信システム	高速通信のための次世代航空通信技術の開発、航空交通情報共有基盤(SWIM)の技術開発
		機体モニタリングのための通信容量の拡張	高速通信のための次世代航空通信技術の開発
		空対空の通信システム	機上監視による安全性向上及び航空機間隔最適化の研究
		航空管制通信へのセキュリティ技術	高速通信のための次世代航空通信技術の開発、航空交通情報共有基盤(SWIM)の技術開発
	長期	遠隔操縦航空機に対応した通信システム	無人機等の安全性向上のためのCNS/ATMに関する研究
		通信航法統合化システム	通信航法統合化システムの開発
		フライバイワイヤレス: Wireless Avionics. Intra-Communications. (WAIC).	電波資源活用技術
航法 (N)	短期	GBASを利用した高角度進入、Displaced Threshold、RNP-ARからの曲線精密進入	GNSSを利用した曲線精密進入方式及び動的最適化経路設定技術の開発
		マルチコア・マルチ周波数GNSSシステムの利用技術	リスクに強いレジリエントCNS/ATMシステムの開発
		GNSS高度計の対応	GNSSを利用した曲線精密進入方式及び動的最適化経路設定技術の開発
	中期	新しい運航基準の整備及び安全評価手法の開発	安全性評価及びATMパフォーマンス評価技術
		GBAS-TAPIによる進入経路提供	GNSSを利用した曲線精密進入方式及び動的最適化経路設定技術の開発
	長期	ロバスト性確保のための代替航法システム	リスクに強いレジリエントCNS/ATMシステムの開発
		通信航法統合化システム	通信航法統合化システムの開発、電波資源活用技術

分野	期間	技術課題	対応ロードマップ研究開発項目
監視(S)	短期	機上監視を含めた監視情報のインテグリティ監視	機上情報による監視性能向上の研究
		洋上の監視技術(ADS-B via Satellite)	機上情報による監視性能向上の研究
		空港面の異物に対する監視	空港面及び空港周辺空域における監視技術の高度化
	中期	機上監視応用システム(ASAS)による自動間隔制御	機上監視による安全性向上及び航空機間隔最適化の研究
		ロバスト性確保のための代替監視システム	リスクに強いレジリエントCNS/ATMシステムの開発
長期	次世代ACAS	無人機等のCNS/ATMに関する研究、超高密度運航方式に関する研究	
情報管理(IT)	短期	SWIMのための情報標準化	航空交通情報共有基盤(SWIM)の技術開発
	中期	Aircraft Access to SWIM (AAoS)	航空交通情報共有基盤(SWIM)の技術開発
		情報共有基盤のアシュアランス技術	航空交通情報共有基盤(SWIM)の技術開発
空港設備	短期	リモートタワー技術	空港面及び空港周辺空域における監視技術の高度化
	中期	無人トーイングシステムによる空港面誘導の自動化	空港面管理技術と出発到着システム管理技術の連携
ATM	短期	機上・地上の協調による誘導・管制技術	機上監視による航空機間隔最適化の研究、空港面管理技術と出発到着システム管理技術の連携
		AMAN/DMAN技術	空港面管理技術と出発到着システム管理技術の連携
		ポイント通過時刻予測精度向上	トラジェクトリ・ベース運用(TBO)概念の実装技術の開発
		管制システムの安定性・安全性の指標の構築	安全性評価及びATMパフォーマンス評価技術
		最適誘導管制システム(アルゴリズム)の開発 最適経路割り当て及び航空機誘導技術(アルゴリズム)の開発	空港面管理技術と出発到着システム管理技術の連携
		航空路及び空域の動的編成	効率的管制空域及び飛行経路の管理技術の開発
	中期	AMAN/DMAN/SMANの融合	空港面管理技術と出発到着システム管理技術の連携
		航空路のTBO	トラジェクトリ・ベース運用(TBO)概念の実装技術の開発
	長期	フローコリドー対応	超高密度運航方式に関する研究
		TBOとAMAN/DMAN/SMANの融合	空港面管理技術と出発到着システム管理技術の連携
管制システムのレジリエンス技術の開発		リスクに強いレジリエントCNS/ATMシステムの開発	
アビオニクス	短期	GBAS-TAPまたはFLSによる曲線進入が実現できる航法制御技術	GNSSを利用した曲線精密進入方式及び動的最適化経路設定技術の開発
	中期	フローコリドーに必要な監視運航技術	超高密度運航方式に関する研究

新しいシステムの運用が実現する時期を考える場合には、研究開発の時期だけに注目するだけではなく、システム自体の開発、地上施設の整備、機上システムの装備などの時間に加え、国際標準及び関連文書、並びに必要な法や制度の整備などの時間を考慮する必要がある。さらに、実際のATM環境下で運用されるためには運用に対するノウハウも必要なために、実用化には、いくつかの段階を踏まえながら運用と同じ環境下で開発評価を進める必要がある。

4.2 研究ロードマップ

研究ロードマップの作成に関しては、GANPの中にASBUのロードマップとは別に、11技術分野のロードマップも合わせて提示されている。しかしながら、このロードマップは、単に、どのような技術がいつ頃にどの施策に必要であるかを書いてあるだけで、研究開発自体のロードマップではない。そのため、今回のENRIの研究長期ビジョンにおける必要なロードマップは、2011年の改訂された研究長期ビジョンにおけるロードマップを元に修正を行い作成した。

作成に当たっては、ロードマップに沿って研究開発を実施することにより、確実に航空交通の安全性向上、管制処理容量の拡大及び運航の効率化による環境に配慮した運航が2040年に達成できることを目指した。図-3にENRIの新しい研究長期ビジョンのロードマップを示す。また、表-1に示した技術課題については、対応する研究開発項目をロードマップに記載された時期に実施することにより、解決を図ることとした。

日本における航空需要やCARATSやICAOにおける目標に対応して、ENRIの新しい研究長期ビジョンにおいては、今後15年間の研究開発目標として「航空交通の安全性向上及び処理容量の拡大」及び「運航効率化による環境負荷軽減」を挙げるとともに、そのために必要な4つのプロジェクト型の技術開発研究分野と、その中に含まれる14の技術開発項目を掲げた。これとは別に、経常的に研究を行い、プロジェクト型研究開発分野に成果を移転するための3つの基盤的研究分野を定めた。

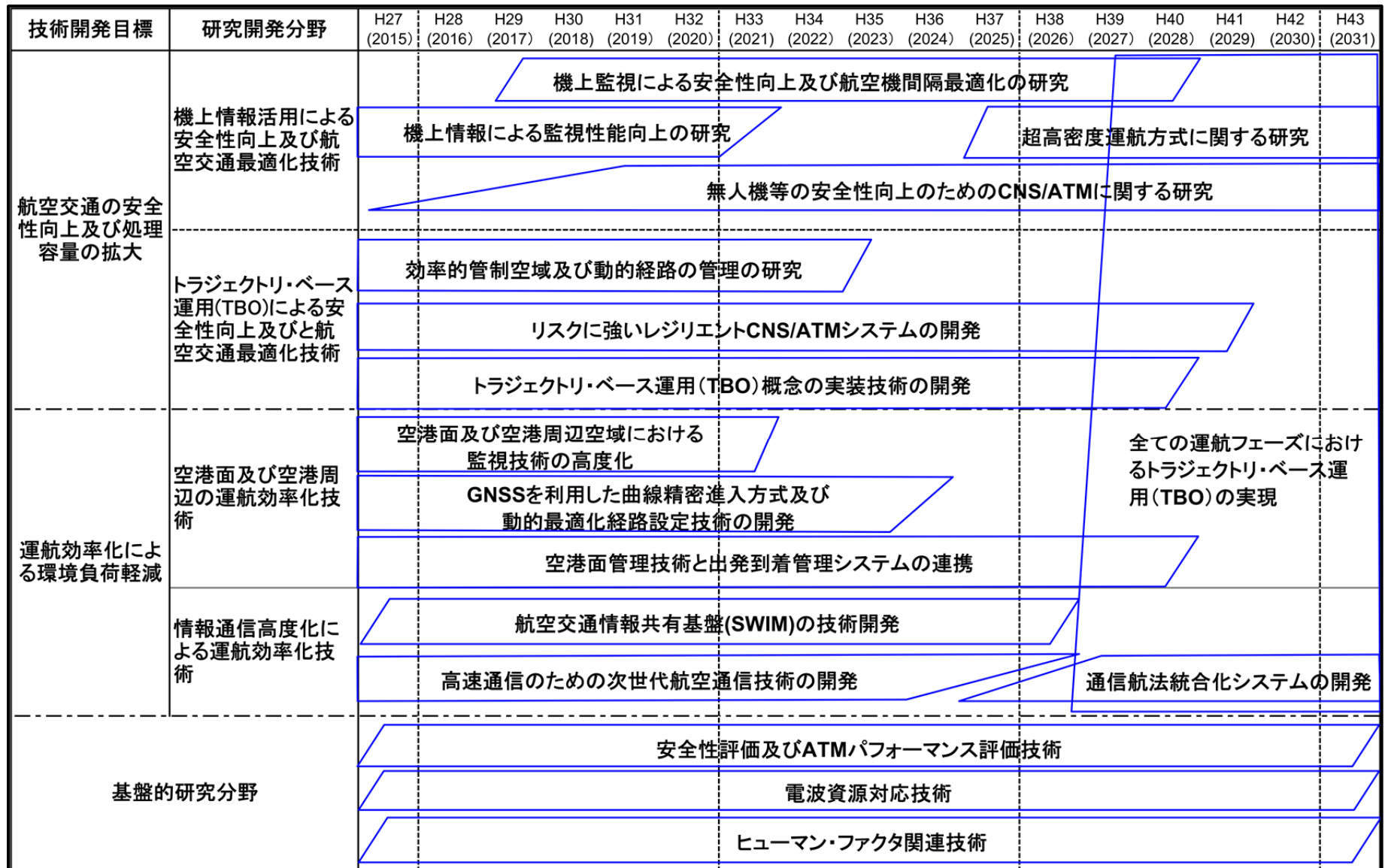


図-3 電子航法研究所研究長期ビジョンのロードマップ

4. 2. 1 「航空交通の安全性向上及び処理容量の拡大」に対応して行う技術開発

(1) 機上情報活用による安全性向上及び航空交通最適化技術

(1.1) 機上情報による監視性能向上の研究(～2021(H33))

航空機が持つ情報(機上情報)を地上のATMなどにおいて活用するために、機上情報の品質監視及び通信監視覆域の拡大などの監視性能向上に関する技術開発を行う。

(1.2) 機上監視による安全性向上及び航空機間隔最適化の研究(2017(H29)～2028(H40))

航空機監視応用システム(ASAS: Aircraft Surveillance Applications System)と地上管制の連携による安全性向上及び航空機間隔最適化技術や、自動的に先行機との機体間隔を維持して運航する機上ベース間隔管理方式(FIM: Flight-deck Interval Management) などに関する技術開発を行う。

(1.3) 無人機(遠隔操縦航空機)の安全性向上のためのCNS/ATMに関する研究(2015(H27)～)

ICAOで遠隔操縦航空機と定義されている無人機などの運航に対応した通信方式及び無人機にも対応した次世代衝突防止システム(ACAS: Airborne Collision Avoidance System)、並びに、従来の航空機と無人機が混在する空域に対応したATMに関する技術開発を行う。

(1.4) 超高密度運航方式に関する研究(2025(H37)～)

超高密度運航方式であるフローコリドーなどに必要なCNS/IMに関する技術開発及びこれらに対応したATMに関する研究を行う。

(2) トラジェクトリ・ベース運用(TBO)による安全性向上及び航空交通最適化技術

(2.1) 効率的な管制空域及び飛行経路の管理手法の開発(～2022(H34))

運航者が希望する最適な飛行経路を実現しつつ安全性向上と適切な管制処理容量を確保するための効率的な管制空域及び飛行経路の管理手法を開発する。

(2.2) リスクに強いレジリエントCNS/ATMシステムの開発(～2029(H41))

TBOの円滑な導入のために、気象条件や運航状況等の様々な条件変化が発生する中で稼働する複雑系である航空交通システムを安全かつ安定的に機能させるATM/CNS/IMシステムのロバスト性を高める技術開発や、人間の適応的な判断・行動に対して高い親和性を有するシステムデザイン等の適応能力(レジリエンス)を有するATMに関する研究・開発に取り組む。

(2.3) トラジェクトリ・ベース運用(TBO)概念の実装技術の開発(～2028(H40))

洋上空域などの航空路空域をはじめ、航空交通量が多い高密度空域や複雑な空域においても、TBOによる運航を実現する技術開発を行う。

(2.4) 全ての運航フェーズにおけるトラジェクトリ・ベース運用(TBO)の実現(2027(H39)～)

さらなる安全性の向上と航空交通の最適化を図るため、空港面管理システムや出発到着管理システムとも連携した、全ての運航フェーズにおけるゲート・ツー・ゲートのTBOを実現する技術開発を行う。

4. 2. 2 「運航効率化による環境負荷軽減」に対応して行う技術開発

(1) 空港面及び空港周辺の運航効率化技術

(1.1) 空港面及び空港周辺空域における監視技術の高度化(～2021(H33))

ミリ波と光学センサーを組み合わせた空港面異物監視システム等による空港面監視技術及び光ファイバー技術を応用した空港周辺空域に対する監視技術の高度化を図るとともに、タワー業務の遠隔業務支援技術を開発する。

(1.2) GNSSを利用した曲線精密進入方式及び動的最適化経路設定技術の開発(～2024(H36))

GNSSを利用した曲線精密進入着陸方式等の高度な飛行方式の研究や、大規模空港における継続降下運航の運用拡大に関する研究を行い、空港周辺における運航効率の向上、環境負荷の低減、空港容量の拡大に必要な技術を開発する。

(1.3) 空港面管理技術と出発到着システム管理技術の連携(～2028(H40))

空港面の混雑を抑制し、出発便の離陸時刻を高精度に予測し管理を行うことに加

え、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、空港面における到着便と出発便の交通流の輻輳を解消し、出発・到着フェーズの運航の連携のとれた効率性と定時性の高いATMを実現する技術開発を行う。

(2) 情報通信高度化による運航効率化技術

(2.1) 航空交通情報共有基盤(SWIM)の技術開発(2015(H27)～2026(H38))

ICAOにおける航空情報、飛行情報や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セキュアなSWIMシステム構築に必要な技術を開発する。

(2.2) 高速通信のための次世代航空通信技術の開発(～2026(H38))

ATM、運航及び気象に関する情報などを共有するための空対地間をつなぐセキュアな高速通信システムに関する技術を開発する。

(2.3) 通信航法統合化システムの開発(2023(H35)～)

通信・航法機能を統合し、電波資源を有効活用する超高速通信に対応したシステムに関する技術を開発する。

4. 2. 3 基盤的研究分野

(1) 安全性評価及びATMパフォーマンス評価技術

新しい運航方式や管制方式に対する安全評価手法及びATMパフォーマンスの指標及び算出方法などに係わる研究を行う。

(2) 電波資源活用技術

航空交通システムに必要な電波資源の有効活用のための電波干渉対策技術、電波伝搬解析技術及び信号設計技術などに係わる研究を行う。

(3) ヒューマンファクタ関連技術

航空交通システムに関するヒューマンファクタに基づく安全評価及びヒューマンエラー低減管理技術及びヒューマンファクタを考慮した運航・管制方式及びその訓練シ

システムなどに係わる研究を行う。

4.3 ENRIにおける研究の方向性

今後の増大する航空交通量に対応し、安全で環境にも優しい効率的な航空交通システムの実現のためには、ATM/CNS及びIMの分野に限っても必要とされる技術開発課題は多岐にわたる。また、ENRIとしては行政当局を支援するための短期的な研究課題の実施についても考慮する必要がある。

これらの研究課題に対して、ENRI単独ですべての研究分野を実施することは困難である。これまで、ENRIが行っているATM/CNSに対する研究分野に対して大学などではあまり盛んに行われていなかったが、航空局の航空交通データの公開[17]やENRIの公募型研究の実施などにより[18]、この分野に対して関心を示す大学も多くなってきている。その結果、大学における研究では主として基礎的な分野を行っていることから、ENRIの長期的研究課題と共通性がある場合が多く、今後共同研究などが多くの大学と行える可能性が増大しつつある。さらに、同様な研究を行っている国内外の研究機関に対しては、国際学会・会議の交流、CARATSにおける活動や研究長期ビジョンの広報活動により、研究目的に対する価値観を共有し、効率的な共同研究を実施できる体制が生まれつつある。従って、このような状況のなか、限りあるENRIの研究資源を有効に活用するために、真に必要とされている研究開発課題に対して重点的に配分するとともに、大学や他の研究機関との共同研究の実施などを含めて研究の体制を最適化し、最大限に成果が得られるように研究を実施する必要がある。

ENRIとしては、今後、重点的に実施すべき課題の決定に際し、大学や他の研究機関はもとより、行政当局、航空機運航会社などの多くの関係者とも議論を進めて行くとともに、効率的に研究を進められる研究連携の強化・拡大、そのための体制作り、さらには研究に必要な研究施設の整備などを着実に実施しながら、国民生活に活力を生む研究・開発を精力的に進める予定である。

5. 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、2013年(平成25年)12月に発行されたICAO GANPをはじめ、2013年(平成25年)2月のENRIが主催するATM/CNSに関するアジアでも最大級の研究集会であるEIWAC2013 (ENRI International Workshop on ATM/CNS)[19] の議論などを参考にしながら、研究目標の明確化、我が国が直面する課題とそれに対応した開発すべき技術分野などを考慮し、2013年(平成25年)6月から開始した。その結果、「航空交通の安全性向上及び処理容量の拡大」及び「運航効率化による環境負荷軽減」の2つの技術開発目標と、「機上情報活用による安全性向上及び航空交通最適化技術」、「トラジェクトリ・ベース運用(TBO)による安全性向上及び航空交通最適化技術」、「空港面及び空港周辺の運航効率化技術」及び「情報通信高度化による運航効率化技術」の四つのプロジェクト型研究開発分野、並びに、3つの基盤的研究分野を定めた新しい研究長期ビジョンを策定した。ENRIはこの改訂した長期ビジョンに基づき、なお一層ATMに関する研究の促進することにより、「アジア地域におけるATMの中核的研究機関」として、アジアを代表する研究機関の地位を確立するとともに、社会、行政、関係学会及び国民生活に貢献する存在として努力していく所存である。

一方で、ENRIの有する研究員数、研究員の専門性及びこれまでの研究実績等を考慮すると実施できる研究分野や課題数には限りがあるため、知見を有し共に研究を遂行しうる国内外の他の研究機関や大学等との連携や、共同研究などを通じ、社会の要望などに応えられるよう努めたい。さらに、今回の研究長期ビジョンには記述されなかったが、研究員の「研究力」向上のための長期的視点からの育成計画も必要である。なお、将来にあたっては、ENRI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ので、研究長期ビジョンの見直しは今後とも必要に応じて実施してい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 研究長期ビジョン検討委員会，電子航法研究所，東京調布，平成20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 研究長期ビジョン検討委員会，電子航法研究所，東京調布，平成23年3月
- [3] 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”，将来の航空交通システムに関する研究会，国土交通省航空局，平成22年9月，<http://www.mlit.go.jp/common/000123890.pdf>（2015/3/15参照）
- [4] 航空科学技術委員会：「航空科学技術に関する研究開発の推進方策について」，航空科学技術委員会，文部科学省 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 航空科学技術委員会，平成25年6月
- [5] 航空ビジョン策定委員会；“航空ビジョン”，日本航空宇宙学会，2009年3月
- [6] 航空科学技術ロードマップ検討委員会：「航空科学技術ロードマップ検討委員会報告書」，航空科学技術ロードマップ検討委員会，宇宙航空研究開発機構 航空本部 航空科学技術ロードマップ検討委員会，平成25年3月
- [7] 将来の航空交通システムに関する推進協議会：“将来の航空交通システムに関する推進協議会平成25年度活動報告書”，将来の航空交通システムに関する推進協議会，国土交通省航空局，平成26年3月
<http://www.mlit.go.jp/common/001041598.pdf>（2015/3/15参照）
- [8] 航空イノベーション研究会：“提言「航空イノベーションに向けて」～失われた20年からの脱却における航空産業の貢献～”：東京大学航空イノベーション総括寄付講座，2014年7月
<http://aviation.u-tokyo.ac.jp/eventfile/20140731Teigen01.pdf>（2015/3/15参照）
- [9] ICAO: “2013-2028 Global Air Navigation Plan”; Doc. 9750-AN/963 Forth Edition, ICAO, Montreal, Quebec, Canada, Oct. 2013

- http://www.icao.int/publications/Documents/9750_cons_en.pdf (2015/3/15参照)
- [10] ICAO: “Global Air Traffic Management Operational Concept”; Doc. 9854-AN/458 First Edition, ICAO, Montreal, Quebec, Canada, June 2005
[http://www.icao.int/Meetings/anconf12/Document Archive/9854_cons_en\[1\].pdf](http://www.icao.int/Meetings/anconf12/Document Archive/9854_cons_en[1].pdf)
(2015/3/15参照)
- [11] ICAO: “WORKING DOCUMENT FOR THE Aviation System Block Upgrade”; AN-Conf/12 Working Document, ICAO, Montreal, Quebec, Canada, March 2013
<http://www.icao.int/Meetings/anconf12/Documents/ASBU.en.Mar. 02013.pdf>
(2015/3/15参照)
- [12] ICAO: “Resolution A37-19 : Consolidated statement of continuing ICAO policies and Practices related to environmental protection – Climate change”; Resolution A37-19 of The 37th Session of International Civil Aviation Organization Assembly, ICAO, Montreal, Quebec, Canada, Oct. 2013.
http://www.icao.int/environmental-protection/37thAssembly/A37_Res19_en.pdf
(2015/3/15参照)
- [13] ICAO: "Global Air Transport Outlook to 2030 and trends to 2040", Cir333, AT/190, ICAO, Montreal, Quebec, Canada, Sep. 2013
- [14] 交通政策審議会陸上交通分科会鉄道部会中央新幹線小委員会: "中央新幹線の営業主体及び建設主体の指名並びに整備計画の決定について", 交通政策審議会陸上交通分科会鉄道部会中央新幹線小委員会 答申, 平成23年5月
<http://www.mlit.go.jp/common/000144328.pdf> (2015/3/15参照)
- [15] 交通政策審議会航空分科会基本政策部会: "交通政策審議会航空分科会基本政策部会参考資料(1/2)", 第15回基本政策部会 配布資料
<http://www.mlit.go.jp/common/001037759.pdf> (2015/3/15参照)
- [16] ICAO: “2014-2016 Global Aviation Safety Plan”; Doc. 10004, ICAO, Montreal, Quebec, Canada, 2013
http://www.icao.int/publications/Documents/10004_cons_en.pdf

[17] 国土交通省航空局交通管制部交通企画課：“交通管制部の所有するデータの提供について”，国土交通省ホームページ，

http://www.mlit.go.jp/report/press/kouku13_hh_000074.html（2015/3/15参照）

[18] 電子航法研究所：“研究計画提案の公募について” 電子航法研究所ホームページ，http://www.enri.go.jp/news/koubo/koubo_index.htm（2015/3/15 参照）

[19] 電子航法研究所：“第3回 ATM/CNSに関する国際ワークショップ EIWAC2013”，電子航法研究所ホームページ，

http://www.enri.go.jp/eiwac/eiwac_2013_eng.html（2015/3/15 参照）

付録-I 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

研究企画統括 藤井 直樹

外部委員

国立大学法人 東京大学 総括プロジェクト機構 飯塚 秋成 特任准教授

独立行政法人 宇宙研究開発機構 航空本部 辻井 利昭 研究領域リーダー

ボーイングジャパン株式会社 小林 美和 ディレクター

国土交通省航空局交通管制部交通管制企画課 山田 伸一 管制技術調査官

所内委員

航空交通管理領域 井上 諭

森 亮太

航法システム領域 坂井 丈泰

監視通信領域 大津山 卓哉、

河村 暁子(- H26. 3. 31)

呂 暁東(H26. 4. 1 -)

外部オブザーバー

株式会社ANA総合研究所 主席研究員 山田 圭一

株式会社ANA総合研究所 主席研究員 山本 哲士 (委託調査等発表者)

株式会社ANA総合研究所 研究員 植野 史央

内部オブザーバー

理事長 山本 憲夫

理事 台木 一成 (- H26. 7. 31)

高木 育男 (H26. 8. 1 -)

企画課長 伊藤 正宏 (H26. 9. 1 -)

研究内容紹介者（第12回(第3回拡大)検討委員会）

航空交通管理領域 福島 幸子 上席研究員

ブラウン マーク 主幹研究員

山田 泉 主任研究員

事務局

研究企画統括付 藤田 雅人(-H26. 3. 31)、

河村 暁子(H26. 4. 1 -)

付録-Ⅱ 電子航法研究所研究長期ビジョン検討委員会 開催状況

- 第 1 回 平成 25 年 8 月 28 日
- 第 2 回 平成 25 年 10 月 28 日
- 第 3 回 平成 25 年 12 月 16 日
- 第 4 回 平成 26 年 1 月 22 日
- 第 5 回 平成 26 年 2 月 25 日
- 第 6 回 平成 26 年 4 月 22 日
- 第 7 回 平成 26 年 6 月 16 日
- 第 8 回(第 1 回拡大) 平成 26 年 6 月 26 日
- 第 9 回 平成 26 年 8 月 4 日
- 第 10 回 平成 26 年 8 月 29 日
- 第 11 回 (第 2 回拡大) 平成 26 年 9 月 5 日
- 第 12 回 (第 3 回拡大) 平成 26 年 11 月 11 日
- 第 13 回 (第 4 回拡大) 平成 27 年 3 月 27 日

付録-Ⅲ 図2の中で記号化されたASBUにおける4分野における4段階の21の施策の内容(1/2)

	Block 0 (2013-2017)	Block 1 (2018-2022)	Block 2 (2023-2027)	Block 3 (2028-2033)
Airport Operations	B0-APTA Optimization of Approach Procedures including vertical guidance	B1-APTA Optimised Airport Accessibility		
	B0-WAKE Increased Runway Throughput through Optimized Wake Turbulence Separation	B1-WAKE Increased Runway Throughput through Dynamic Wake Turbulence Separation	B2-WAKE Advanced Wake Turbulence Separation (Time-based)	
	B0-SURF Safety and Efficiency of Surface Operations (A-SMGCS Level 1-2)	B1-SURF Enhanced Safety and Efficiency of Surface Operations- SURF, SURF-IA and Enhanced Vision Systems (EVS)	B2-SURF Optimized Surface Routing and Safety Benefits (A-SMGCS Level 3-4 and SVS)	
	B0-ACDM Improved Airport Operations through Airport-CDM	B1-ACDM Optimized Airport Operations through Airport-CDM		
	B0-RSEQ Improved Traffic Flow through Sequencing (AMAN/DMAN)	B1-RSEQ Improved Airport Operations through Departure, Surface and Arrival Management	B2-RSEQ Linked AMAN/DMAN	B3-RSEQ Integrated AMAN/DMAN/SMAN
		B1-RATS Remotely Operated Aerodrome Control		
Globally Interoperable Systems and Data	B0-FICE Increased Interoperability, Efficiency and Capacity through Ground-Ground Integration	B1-FICE Increased Interoperability, Efficiency and Capacity through FF-ICE, Step 1 application before Departure	B2-FICE Improved Coordination through multi-centre Ground-Ground Integration: (FF-ICE, Step 1 and Flight Object, SWIM)	B3-FICE Improved Operational Performance through the introduction of Full FF-ICE
	B0-DATM Service Improvement through Digital Aeronautical Information Management	B1-DATM Service Improvement through Integration of all Digital ATM Information		
		B1-SWIM Performance Improvement through the application of System-Wide Information Management (SWIM)	B2-SWIM Enabling Airborne Participation in collaborative ATM through SWIM	

図2の中で記号化されたASBUにおける4分野における4段階の21の施策の内容(2/2)

	Block 0 (2013-2017)	Block 1 (2018-2022)	Block 2 (2023-2027)	Block 3 (2028-2033)
Optimum Capacity and Flexible Flights	B0-FRTO Improved Operations through Enhanced En-Route Trajectories	B1-FRTO Improved Operations through Optimized ATS Routing		
	B0-NOPS Improved Flow Performance through Planning based on a Network-Wide view	B1-NOPS Enhanced Flow Performance through Network Operational Planning	B2-NOPS Increased user involvement in the dynamic utilization of the network	B3-NOPS Traffic Complexity Management
	B0-AMET Meteorological information supporting enhanced operational efficiency and safety	B1-AMET Enhanced Operational Decisions through Integrated Meteorological Information (Planning and Near-term Service)		B3-AMET Enhanced Operational Decisions through Integrated Meteorological Information (Near-term and Immediate Service)
	B0-ASUR Initial Capability for Ground Surveillance			
	B0-OPFL Improved access to Optimum Flight Levels through Climb/Descent Procedures using ADS-B			
	B0-ASEP Air Traffic Situational Awareness (ATSA)	B1-ASEP Increased Capacity and Efficiency through Interval Management	B2-ASEP Airborne Separation (ASEP)	
	B0-SNET Increased Effectiveness of Ground-based Safety Nets	B1-SNET Ground-based Safety Nets on Approach		
	B0-ACAS ACAS Improvements		B2-ACAS New Collision Avoidance System	
Efficient Flight Paths	B0-CDO Improved Flexibility and Efficiency in Descent Profiles (CDO)	B1-CDO Improved Flexibility and Efficiency in Descent Profiles (CDOs) using VNAV	B2-CDO Improved Flexibility and Efficiency in Descent Profiles - Continuous Descent Operations (CDOs) using VNAV, required speed and time of arrival	
	B0-TBO Improved Safety and Efficiency through the initial application of Data Link En-Route	B1-TBO Improved Traffic Synchronization and Initial Trajectory-Based Operation		B3-TBO Full 4D Trajectory-based Operations
	B0-CCO Improved Flexibility and Efficiency in Departure Profiles - Continuous Climb Operations (CCO)			
		B1-RPAS Initial Integration of Remotely Piloted Aircraft (RPA) Systems into non-segregated airspace.	B2-RPAS RPA Integration in Traffic	B3-RPAS RPA Transparent Management