

## 新しいグローバル航空計画と電子航法研究所の研究の方向性について

研究企画統括 藤井 直樹

### 1. はじめに

国際民間航空機関(ICAO: International Civil Aviation Organization)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管制システムを実現するための世界共通の目標に向かって、各国、各地域、航空会社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の勧告を策定する第 12 回航空管制会議(ANC-12: 12th Air Navigation Conference)を 2012 年 11 月に開催した。会議は、グローバル航空交通管理(ATM: Air Traffic Management)システムの調和と相互運用性に焦点を当てたグローバル航空計画(GANP: Global Air Navigation Plan)[1]の改訂などを議論した。ANC-12 で検討した GANP 改訂案は、2013 年 9 月の ICAO 総会において提案、承認された。

国土交通省航空局は平成 22 年度の策定した、将来の航空交通システムに関する推進協議会による将来の航空交通システムに関する長期ビジョン(CARATS)のロードマップ[2]を平成 25 年 3 月に改訂した。

このような大きな変化の中、当電子航法研究所としても、平成 20 年 7 月に作成し、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[3][4]の見直しに着手した。ここでは現在検討を行っている新しい研究長期ビジョンの検討状況について述べる。

### 2. GANP の特徴

改訂された新しい GANP は、ICAO が実現可能なタイムラインを提供することによって、地域における技術向上の調和を図りながら、各国のニーズに応じた航空管制システムの発展改良を実施する図 1 に示す ASBU(Air System Block Upgrade)[5]概念と、そのための技術分野におけるロードマップを含んでいる。

この ASBU は、航空管制容量及び効率の向上という目標に対して、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 つの改善業務分野を設定し、実現した運用概念と

して Full AMAN/DMAN/SMAN, FF/ICE (Full Flight and Flow-Information for a Collaborative Environment), 複雑性管理及び全軌道ベース運航(Full TBO: Trajectory Based Operation)を掲げるとともに、実現のために必要な 21 の構成技術と 4 つの発展段階に分けて、地域航空の調和と容量拡大並びに効率の向上を行う計画である。

### 3. 2040 に実現する航空交通環境の予想

#### 3. 1 航空需要の変化

当所では、研究長期ビジョンの策定に必要な将来の日本の航空交通環境の変化について検討した。社会的には、少子高齢化に伴う人口の減少、都市への集中とそれに伴う地方の衰退、リニア新幹線をはじめとする高速鉄道網の拡大により、航空幹線国内便に対する旅客需要の頭打ちが見込まれる。しかし、利便性向上のための

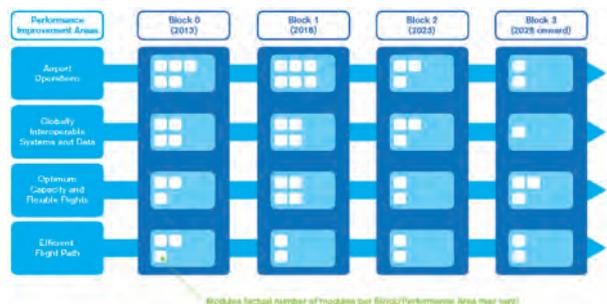


図 1: ICAO GANP における ASBU の概念

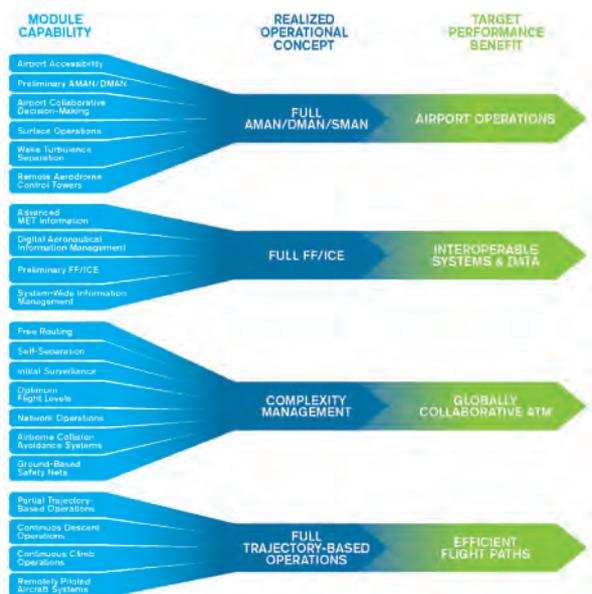


図 2: 4 つの改善業務分野と実現した運用概念並びに必要な 21 の構成技術の関係

運航の高頻度化及び地方都市間や離島を結ぶ利用が拡大、並びに、アジア諸国の経済成長に伴い、国際便や上空通過機の堅実な増加が予測される。さらに、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増加も見込まれる結果、航空交通管制の取り扱い機数の増加が見込まれる[6]。

### 3. 2 航空機技術等の変化

航空機技術もゆるやかに進展することが考えられ、定期旅客運航する有人機についても、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、貨物輸送分野を中心として無人機の普及が進む可能性もある。そのために必要とされる機体やエンジンに対する故障検知や、不具合対応を迅速に行うためのモニタリング技術に必要な空地間の通信が大幅に増大する。

今後、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、高い燃料効率特性を持つオープンローター機、電動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。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。

機体の制御方式も、飛行制御コンピューター(FMC)の更なる高度化により、効率の良い運航が可能になるとともに、機材の軽量化のためのフライバイワイヤレス方式の採用が考えられる。低騒音旅客機やグリーン燃料を用いた低環境負荷の航空機により、都市部上空を飛行するときの環境問題が軽減される。

空港設備技術も、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0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ローリングシステムが開発運用される。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。これらの結果、空港面及び周辺空域の交通流の高密度化・効率化が進む。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。

### 3. 3 CNSの変化

航空の運航を支える通信航法監視(CNS: Communication, Navigation and Surveillance)システムにおけるも進展が見られる。まず航法では、測位精度が向上した次世代の全地球航法衛星システム(GNSS: Global Navigation Satellite System)の利用が促進され、従来航法施設の縮退が進み、全ての航空機が航法機器としてGNSSを用いるようになる。さらには曲線精密進入などの高度運航が行われる。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が航法装置として用いられるようになっている。

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受動型監視が主流となり、現在使われているレーダーはバックアップとして使用される。また、航空機のインテント情報の取得や航空機同士の監視も広く行われ、より効率的で安全な運航が行われる。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多い水平回避が実現される。

通信では、大容量・高速化が進み、空地間における気象情報など安全で効率的な運航に必要な情報のやり取りが可能となる。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データ通信が主として用いられる。航空管制における情報通信の重要性が増すとともに、セキュリティ強化のための技術が航空無線通信においても導入される。

航空機の運航に必要な情報共有基盤が整備され、セキュリティを保ちながら、乗客、航空会社、管制機関などのステークホルダー間での情報共有がスムーズに行えるようになる。

### 3. 4 航空交通管理の変化

飛行する航空機の種類の多様化に伴い、多様な運航方式に対するニーズが高まる。一部の小型機を除いては、TBO:といわれる、離着陸を含めすべてのフェーズにおける航空機の自動制御が実現し、航空機は非常に高い精度で決められた軌道を計画通りに飛行できるようになる。燃料効率における最適な軌道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、ほぼ最適な軌道で飛行しながらも、異常接近等の問題が発生しない飛行が可能となる。

極端気象時を除いた天気予報の精度が向上し、天候を原因とする事前に作成した飛行軌道の変

更がほとんどなくなる。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飛行軌道の変更は減ると予想されるが、旅客の都合による出発時刻などの変更は依然として残る。

飛行経路や飛行方式の設定の柔軟性が増すことにより、騒音被害を分散化させるため航空機毎に異なる飛行経路を割り当てるなどの運航が可能になる。その結果、種々の航空機が異なる軌道で飛行することが予想されるため、管制作業の複雑さが増すものの、低騒音機の導入と合わせて都市部上空を低高度で飛行する進入や出発方式が可能となる。

管制の自動化が推進され、異常接近回避などの問題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、自動化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システムのレジリエンスは確保されている。

#### 4. 実現するための技術開発

3章で述べた予想される航空交通を実現するために必要な航空交通管理やそれを支える航空通信・航法・監視技術に関する開発課題としては数多く存在する。GANP の中でも各分野におけるロードマップを策定している。その一例として図3に空地間通信のロードマップを示す。今回、当所で提案しようとするロードマップは、必要な要件だけでなくできるだけ解決できる技術開発課題を提示することを目指している。

航空機技術の進歩に対しては、無人機やパイロット1名運航に必要な航空機モニタリングのための通信技術や非常時の操縦技術の開発、航空機同士の監視による安全性の向上や衝突回避技術の開発、さらに、操縦に専念するための管制との交信時間を減らす技術の開発、並びに、多様な機体特性に対応した管制支援ツールの開発という課題がある。

空港設備技術の開発では、空港面異物探知レーダーの開発や空港面における機上・地上の協調による地上自動走行誘導・管制技術の開発、さらには、後方乱気流の検出システムや無人トーイングシステムによる空港面誘導の自動化技術の開発などの空港施設に関する技術の開発も必要となる。

CNS 技術では、航空需要の変化に対応した高密度運航を可能とする TBO 技術の確立や CNS

システムの機能、信頼性及びロバスト性の向上が要求される。例えば、GNSS に対する脆弱性を解決するための代替航法に対して、従来の DME-DME/INS システムでは達成していない GNSS 相当の精度が将来の高密度運航では求められる。また、監視システムにおいても、機上システムを含めた ADS-B や SSR モード S システムの信頼性向上が必要となる。通信システムにおいては、管制官-パイロット間データリンク通信(CPDLC)などにおいて、セキュリティの面からも、なりすましなどを防ぐ技術の向上などの高い信頼性技術と、そのための高速化・大容量化技術が望まれる。

航空交通管理に関して、短期的には地方空港の利便性向上のためのリモートタワーや SBAS による精密進入方式を実現する技術開発、及び回転翼機の就航率の向上を図る離発着運航方式である Point-in-Space 方式や低高度 RNP-0.3 運航支援技術の開発がある。

長期的には、上空通過機のためのフローコリドーによる空域分離が可能となる技術開発、TBO を可能とさせる、飛行前及び出発から到着までの任意の時点における、空港面、ターミナル及びエンルート交通流を含め、同期した安全で効率的な軌道に対する予測、制御技術の開発がある。また、進入出発時における、天候等による時間替わり経路を設定誘導する技術の開発、極端気象及び乗客の都合による運航時刻の突然の変更に対応した飛行時における FMS 入力が可能で高信頼性の通信システムの開発がある。

管制システムのレジリエンス確保のための、管制官が直観的に理解しやすく、従来型の管制方式と相互に移行することが容易な表示技術及び交通流の時間管理ツールの開発がある。また、

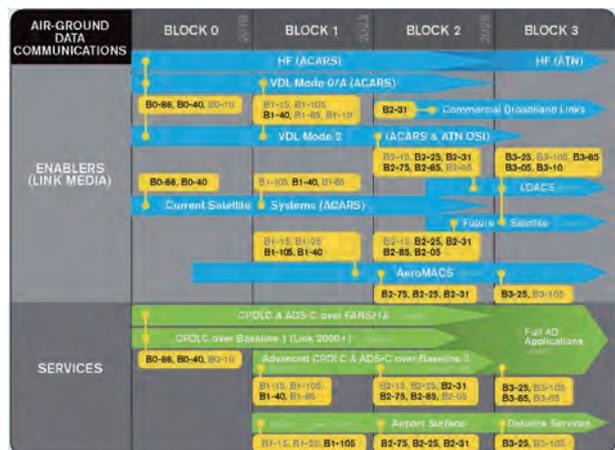


図3:ICAO GANP 記述された空地間データ通信に関するロードマップ

ステークホルダー間の情報を共用し、必要とされる人に分かりやすく提示するための情報インフラの構築することも必要である。

## 5. ENRI における研究の方向性

安全で環境にも優しい効率的な航空交通の実現のためには、ATM/CNS の分野に限っても、必要とされる技術開発分野は多岐にわたる。これら分野に対して、当所単独ですべての研究分野を網羅することは、非常に難しく、行政を支援するための短期的な研究分野も合わせて行う必要もある。

ATM/CNS の研究分野は、今までは大学などでは行っていない分野であったが、航空局の航空交通データの公開や当所の研究の公募などにより、大学でも興味を示す大学も多くなってきている。大学などにおいては、主として基礎的な分野を行っており、当所の長期的研究分野と適合性がある場合が多く、これらの大学などと共同研究を行って行く必要があると考える。

今後、当所としても、重点的に行う分野の決定に際し、多くの人たちと話し合いと進めながら、効率的に進められる分野及び体制を検討し、研究を精力的に進める予定である。

## 6. まとめ

ATM/CNS システムの進むべき道として GANP が 2013 年 9 月の ICAO 総会において承認された。2013 年 3 月には航空局の CARATS のプログ्रेसレポートが発行され、ロードマップも改訂されたとともに、一層の確実な航空交通管理システムの進捗を図ることとなった。当所においても、2013 年 2 月にアジアでも最大級の ATM/CNS に関する研究集会である EIWAC2013 を開催し、多くの研究者を集めた議論が交わされ、このワークショップの中においても、今後の長期的な ATM/CNS 技術の方向性が示された。

平成 20 年に策定し、平成 23 年に改訂した電子航法研究所の研究長期ビジョンも、それに合わせて新たな見直しが必要とされており、そのための活動を開始している。

このような状況下において、当所としても、なお一層航空交通管理に関する研究の促進を行うことにより、アジアを代表する研究機関としての地位を確立するとともに、航空行政及び関係学会並びに国民生活に貢献する存在として努力する所存である。

## 参考文献

- [1] ICAO: “2013-2028 Global Air Navigation Plan”; Doc. 9750-AN/963 Forth Edition, ICAO, Montreal, Quebec, Canada, Oct. 2013  
[http://www.icao.int/Meetings/a38/Documents/GAN\\_P\\_en.pdf](http://www.icao.int/Meetings/a38/Documents/GAN_P_en.pdf)
- [2] 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 24 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 25 年 3 月  
<http://www.mlit.go.jp/common/000993375.pdf>  
<http://www.mlit.go.jp/common/000993376.pdf>
- [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
- [4] 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  
[http://www.enri.go.jp/news/osirase/pdf/choki\\_ver1\\_1.pdf](http://www.enri.go.jp/news/osirase/pdf/choki_ver1_1.pdf)
- [5] ICAO: “Working Document for the Aviation System Block Upgrades”; ICAO, Montreal, Quebec, Canada, July 2012
- [6] ICAO: "Global Air Transport Outlook to 2030 and trends to 2040", Cir333, AT/190, ICAO, Montreal, Quebec, Canada, Sep. 2013