

ATM（航空交通管理）研究の拠点として

研究企画統括 ※長岡 栄

1. はじめに

現在、航空機は我々の社会生活に不可欠の存在である。航空機の数が少ない間は自由に飛べた大空も、機数の増加につれ、安全確保のため、交通整理が必要となった。こうして始まったのが安全で効率的に航空機を飛行させる航空交通管制（ATC）である。

近年では、航空需要の増大や化石燃料の高騰への対応と環境負荷の低減などが課題となっている。こうした問題に対処するため、航空交通管理（Air Traffic Management: ATM）が期待されている。

電子航法研究所（ENRI）は、この数年、このATM研究の拠点として様々な活動を行ってきた。本稿ではこうした背景、ATMの将来像、研究拠点としての取り組み、今後の研究などについて概説する。

2. 航空交通管制

航空機の衝突を防止し、航空交通の秩序ある流れを維持・促進するのが航空交通管制（以後、航空管制と呼ぶ）である。衝突の防止には、航空機相互間に安全な間隔を設定し、飛行計画に沿って航空機を誘導している。管制官の受け持つ航空機は所定の担当空域（「セクター」などと呼ばれる）を飛行するものに限定されている。

図1に一種の制御系としての航空管制を示す。管制官は担当空域内の対象機の状況を把握する（監視システムを介し）。これに基づき将来の状況を予測し、問題が発生しないように適切な指示をパイロットに発出する（通信システムを介し）。パイロットは指示に従がい（人間—機械インターフェースを介し）航空機を操縦する。ここには、状況認識、意思決定、情報伝達、飛行制御などの一連の過程がある。各過程が正しくしかも迅速に実行されることが望ましい。

安全や効率を追求するには、管制官の指示通り航空機が飛行することが必要である。これには、この制御系において

- (1) 状況把握の正確さと信頼性
- (2) 適切な意思決定と対応
- (3) 迅速な情報伝達
- (4) 正確な航空機の飛行制御

などが必要となる。

(1)には監視システムの性能（精度、信頼性）向上、(2)には人間の作業負荷を軽減する支援ツールや人間・機械インターフェイスなど、(3)には通信システムが関係し、高性能のデータリンクなどが必要となろう。(4)は航空機の性能が問題となる。

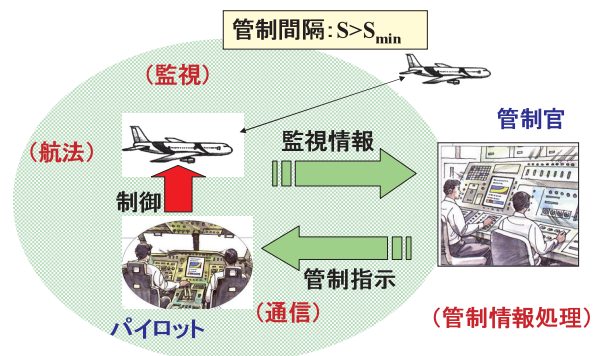


図1 制御系としての航空交通管制

3. 航空交通管理

3.1 航空交通管理

従来は航空管制、航空交通流管理と空域管理をまとめて航空交通管理と称していた^[1]。近年の国際民間航空機関（ICAO）の文書（全地球的ATM運用概念）^[2]による航空交通管理の定義は次のとおりである。

「全ての関係者の協力下での便宜の提供と継ぎ目のないサービスを通じた、動的で統合的な航空交通と空域の、安全、経済的かつ効率的な管理」

別の見方をすれば、航空管制に経営管理的な考え方を取り入れたのが航空交通管理ともいえる。航空機については出発ゲートから到着ゲートまでの全運航過程が管理の対象となる。図2に全地球的航空交通管理の運用概念を示す。

この特徴的なのは、関係者の期待を満たすような意思決定により航空機を運航させることである。できるだけ航空機側の要望に沿った飛行軌道で飛行させることが期待される。このためには関係者間（特に、機上と地上間）の情報の共有が必要になる。



図2 全地球的航空交通管理の運用概念

3.2 ATMの将来ビジョン

今後、世界的に航空需要は増大し、地域にもよるが2025年頃には2～3倍程度の交通量が予想される。この需要に対応できるATMシステムが求められている。欧米では、将来のATMの長期ビジョンが作成され、この実現に向けて研究・開発が進められている^{[3],[4]}。これらには、欧州のSESAR (Single European Sky ATM Research)^[5]と、米のNextGen (Next Generation Air Transportation)^[6]がある。SESARは2020年、NextGenは2025年頃を想定したビジョンである。双方ともICAOの全世界的ATM概念とほぼ合致して、4次元の飛行軌道 (Trajectory) による航空交通管理が中心を占めている。

Trajectoryとは時間を含めた位置情報、 $P(x,y,z,t)$ の記述のことである。監視にはこのPを正確に知ることが望ましい。管理のためには将来のPの値も知りたい。このためPとその時間変化である速度、 dP/dt の情報が重要である。

図3に監視のパラダイム変化を示す。現在では、マニュアル (Procedural) 管制からレーダ

管制になっているが、今後は、Trajectoryによる管理へと移行すると考えられる。これまでの2次元または3次元の情報による管制が、時間を含めた4次元情報による管理へと変わることになるだろう。

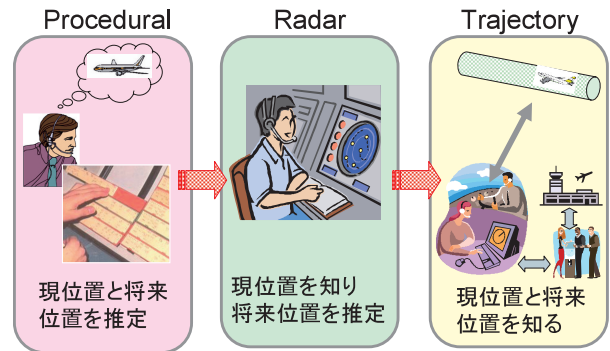


図3 航空交通管制／管理のパラダイム変化

4. 研究拠点に向けて

4.1 組織の再編

当所は電子航法に関する試験・研究機関である。ここでの航法は単に航空機を目的地に導くという狭い意味ではなく、いかに目的に沿った飛行をさせるかの管理、いわゆるATMなどを含めた広い意味のNavigationである。

近年の科学・技術の進歩に伴い、同等な性能を有する複数の装置が存在するようになった。従来、ICAOの航空関係の国際標準では装置やシステムで規定されていた。近年、それが性能や機能の基準になりつつある。航空のシステムの基準や仕様もハードウェアではなく性能・機能で記述される傾向にある。パラダイム変化としてみれば、ハードウェア重視からソフトウェアへ、装置から性能・機能へ、あるいは、サブシステムから総合システムへの移行とも考えられる。

当所の研究対象は、これまで航法援助機器、レーダ、電子航法装置など、どちらかと言えばハードウェア指向であった。近年では安全性評価や航空管制関連のソフト指向の研究も増えてきている。

こうした社会的背景の下で、社会の期待に沿うべく、独立行政法人としての第二中期計画ではATMの中核的研究機関となることを目指し組織を再編した。具体的には、平成18年度から研究体制を従来の四部体制からATMに重点を

おいた三領域制に変更した。また、同時に各領域の研究体制を統括する研究企画統括というポストを設立した。

4.2 学会での活動

研究の専門家組織が学会で、発表や情報交換の場が研究会などである。航法や航空管制に関連した技術を主対象とする学会は少ない。わが国では、従来、こうした分野の研究は、表1の研究専門部会などで扱われてきた。しかし、ATMを中心に扱う学会は、平成19年まで存在していなかった。

表1 学会における研究部会（航法関連）

学会名	研究専門部会名
電子情報通信学会	宇宙・航行エレクトロニクス研究専門委員会
日本航海学会	航空宇宙研究会、GNSS研究会
日本航空宇宙学会	運航整備部門、電子機器部門
日本機械学会	交通物流部門

表2 航空宇宙学会航空交通管理部門の活動

時期	ATM 関連の活動内容
H19.10	<ul style="list-style-type: none"> ■ 日本航空宇宙学会飛行機シンポジウム（於：北九州国際会議場） ・ 特別講演：1件 ・ 企画講演①テーマ：「航空交通管理における最近の話題」 10件 ・ 企画講演②（共同企画）テーマ「航空気象」 6件
H19.10	<ul style="list-style-type: none"> ■ 見学会：航空交通管理センター
H19.11	<ul style="list-style-type: none"> ■ 自動制御連合講演会（於：慶応大） ・ 企画講演テーマ：「航空交通管理における最近の研究開発」 6件
H20.4	<ul style="list-style-type: none"> ■ 日本航空宇宙学会年会講演会（於：JAXA） ・ 企画講演テーマ：「安全と効率を追求する航空交通管理」 11件

ATMシステムは大規模で複雑なシステムである。そこで扱う分野は電気工学・機械工学・人間工学・情報工学・通信工学・経営工学・システム工学など広範である。こうした境界領域的な研究分野には多くの関係者の参画があって、始めて発展するものと思われる。このためATMに関する研究を取り扱う部門が必要とされた。

そこで、平成19年1月に当所の平澤理事長が発起人となり、日本航空宇宙学会に航空交通管理部門の設立を申請した。その結果、3月に航空交通管理部門委員会が発足し、委員長に当時ATM領域長であった著者が指名された⁷⁾。

当該部門委員会には大学、研究所、航空会社、メーカー、航空局などの関係者の参画を得て、学会の度に企画講演などを行った。これにより情報交換と技術情報の普及を目指してきた。表2にその活動実績を示す。

4.3 国際化に向けて

全地球的なATMの研究には国際化が必要なのは無論であろう。これには共通言語である英語での情報のやりとりが必須である。そこで、可能な限り国際会議等への参加と外国からの訪問者や研究者の受け入れを推進している。

平成19年には欧州より契約研究員を招聘し、これまで当所で行われていなかった、航空交通流の統計数値的研究⁸⁾などを進めている。

また、平成17年よりフランスの民間航空大学(ENAC)からは研修生を受け入れてきた(H17(1名)、H18(2名)、H19(3名))。こうしたことで、所内の研究が活性化している。

4.4 外部機関との連携

わが国のATMの研究は、残念ながら、欧米のそれと比べると量的に見劣りするの否めない。研究の勢いは当該分野の研究者の数と質に依存すると思われる。従って、レベルの向上にはATM研究者の層を広げることが肝要である。これまで、航空管制業務を国が提供してきたこともあり、この分野の研究は殆どが国の機関または独立行政法人で行われてきたようである。

図4には当所の外部との係わりを示す。大学とは共同研究や、研修生の受入・指導などを行っている。また、東京海洋大学の連携大学院には、3名の教員(客員教授2名、客員準教授1名)を派遣している。また東京大学大学院にも客員教授1名を派遣し、ATM関連の講義を担当させ当該分野の研究の促進に努めている。

当所での研究成果等は学会の他に、行政機関(国土交通省航空局など)、ICAOやRTCAなどの国際機関などに技術資料として報告している。

これらは行政の意思決定や国際標準の制定などに活用されている。

また、仏国航空局の研究開発部門(DSNA/DTI)とは共同で講演会を開催したり、研究員を派遣して研究交流などを行っている。

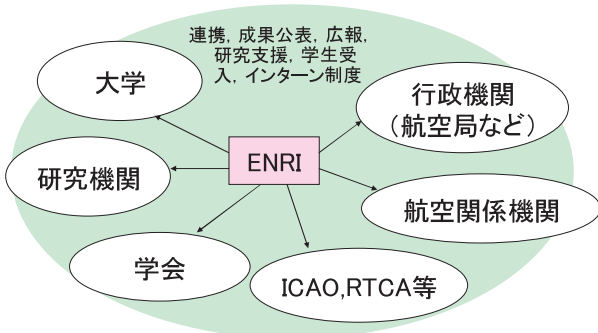


図4 外部機関等との連携や貢献

4.5 現在の研究

研究課題はその予算規模などにより重点、指定、基礎研究などに分類して設定している。図5は平成20年度に実施している重点研究項目である。また、予算規模は小さいが将来必要とされる基盤的な研究課題にも取り組んでいる。詳細については年報⁹⁾などを参照されたい。

研究成果の発表については、国内外の学会での受賞が増えている。2007年以降の受賞例は以下のとおりである。①日本航海学会論文賞、②ION(米国航法学会) Best Presentation 賞、③IEEE AES Japan Chapter 優秀論文賞、④同学術奨励賞、⑤宇宙科学連合講演会若手奨励賞。

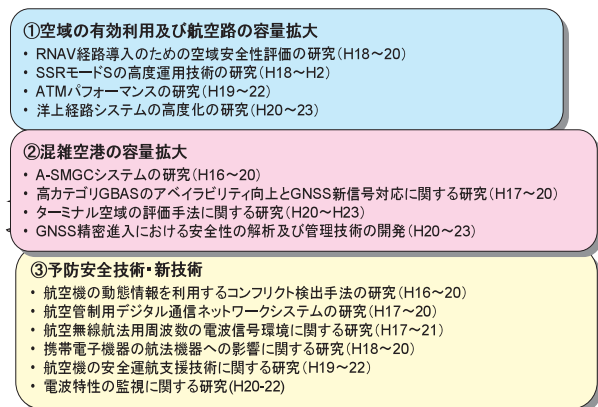


図5 ENRIにおける重点研究項目

4.6 今後の研究

3. 2章で述べたように、2025年頃には飛行軌道情報に基づいた航空交通管理の実現が期待されている。当所では、これまで、長期ビジョンを作成すべく調査等を行ってきた¹⁰⁾。こうした背景を考慮し調査結果を反映させ、現在、当所の研究の長期ビジョンを取りまとめているところである。これに基づき今後の研究計画などを策定する予定である。

5. おわりに

本報告では電子航法研究所におけるATM研究の拠点としての取り組みについて概説を試みた。これまでの研究体制を再編し、ハード指向の研究のみならずソフト指向の研究にも力を入れている。また、学会でのATM研究の啓蒙、研究所の研究環境を含めた国際化につとめている。

参考文献

- [1] Procedures for Air Navigation Services: Air Traffic Management (PANS-ATM), ICAO Doc 4444, 2001
- [2] Global Air Traffic Management Operational Concept, ICAO Doc 9854AN/458, 2005
- [3] 木村 章: 航空交通管理とATMセンター, 日本航空宇宙学会第45回飛行機シンポジウム講演論文集, 1D10, 2007年10月
- [4] 長岡 栄: 航空交通管理(ATM)の動向, 日本航空宇宙学会誌, Vol. 56, No. 649, pp. 7-11, 2008年2月
- [5] http://www.eurocontrol.int/sesar/public/subscribe_homepage/homepage.html
- [6] http://www.jpdo.gov/library/In_Brief_2006.pdf
- [7] 長岡 栄: 航空交通部門委員会の設立について, 日本航空宇宙学会誌, Vol. 55, No. 640, pp. 146-147, 2007年5月
- [8] C. Gwiggner et al, "Common Trends in Japanese- and European Airspace Data", 平成20年度電子航法研究所研究発表会講演概要, 2008年6月
- [9] http://www.enri.go.jp/info/nenpou/nenpou_index.htm
- [10] 白川昌之: 長期ビジョンについて(中間報告), 電子航法研究所研究発表会講演集, pp. 1-8, 2007年6月