

航空交通管制を支援するシステム

応
般

2.

蔭山 康太 青山 久枝
(独) 電子航法研究所

管制情報処理システム

複雑で大規模な人間機械系である航空交通管制(航空管制)システムにおいて航空管制官(以下、管制官)は航空交通の監視や判断、および管制指示のパイロットへの発出など主要な機能を担っている。航空交通管制情報処理システム(以下、管制情報処理システム)は、管制官がそれらの機能を遂行する上で必要な情報提供などを行い、その果たす役割は非常に大きい。

現在の我が国の国内定期航空の旅客数は1971年の値と比較して5倍以上になっている¹⁾。このように近年において航空輸送は、その役割を増加してきているが、この役割の増加に管制情報処理システムは、大きく寄与してきた。

航空需要の増加とともに、管制情報処理システムはレーダ導入前の第1世代、レーダ導入後の第2世代、そしてレーダや計算機、通信網が複雑に構成された第3世代と発展してきた²⁾。その後も、現在までに航空交通流管理システムや空域管理システムの導入、レーダ情報処理システムの高機能化などが行われており、発展を継続している。

管制情報処理システムの目的

管制情報処理システムは、航空の安全運航および定時運航を図り、かつ管制業務などの円滑な実施を支援する³⁾。航空需要の増大とともに、管制官は高

密度な航空交通の安全性と効率を維持するような交通流の形成が求められている。

この交通流の形成のために、管制官はすべての航空機について正確な位置、航空機の計画する飛行経路や目的空港などの情報を容易に把握する必要がある。管制情報処理システムはレーダ情報とフライトプランを加工して、管制官の理解が容易な形式に変換して提供することを目的とする²⁾。

代表的な構成要素

管制情報処理システムは大規模なシステムであり、多様な要素より構成される。構成要素の代表例としては、次のようなものがある^{3), 4)}。

- 飛行情報管理システム (FDMS : Flight Data Management System)
- 航空路レーダ情報処理システム (RDP : Radar Data Processing system)
- ターミナルレーダ情報処理システム (ARTS : Automated Radar Terminal System)
- 洋上管制データ表示システム (ODP : Oceanic Data Processing system)
- 空域管理システム (ASM : Air Space Management system)
- 航空交通流管理システム (ATFM : Air Traffic Flow Management system)
- スポット総合調整サブシステム (SMAP : Spot-information Management And Planning system)
- 航空交通情報システム (CADIN : Common

Aeronautical Data Interchange Network)

飛行情報管理システム (FDMS)

航空機が飛行を行う際は、原則としてフライトプランを航空管制機関に通報することが義務付けられている。これには予定飛行経路、高度、搭載機器などが記載される⁵⁾。フライトプランは航空管制における最も基本的な情報となる。

フライトプラン情報の流れを図-1に示す。同図に示されるように、FDMSはフライトプランにかかわる管制情報処理において中心的な役割を果たす。FDMSは航空会社などから提出されたすべてのフライトプランを集約し、各々のフライトプランを、それを必要とする全国の管制部など他のシステムの構成要素へ配信する。

FDMSは航空情報にかかわるシステムの総称であるが、特にフライトプラン情報の処理を行う処理システムは、管制情報処理部 (FDPS : Flight Plan Data Processing Section) と呼ばれる。

FDPSは、端末から入力されるフライトプランの検査および解析処理を随時行い、各予定通過地点における通過時刻や高度などの飛行業務に必要なデータを算出する。算出されたデータ (フライト・データ) は、航空機が着陸するまでの間、航空交通管制部や空港事務所に設置されている端末からの入力やRDPやARTSなどの他の管制情報処理システムからのデータ受信により適宜、更新される。FDPSは更新された最新のフライト・データをもとに、航空管制に必要な情報を、適切なタイミングで、他の管制情報処理システムや端末に提供している。

1967年に導入されたFDPSの前身は、我が国の航空管制にコンピュータを導入した管制近代化の最初のステップを担った最も歴史の深い管制情報処理システムである²⁾。

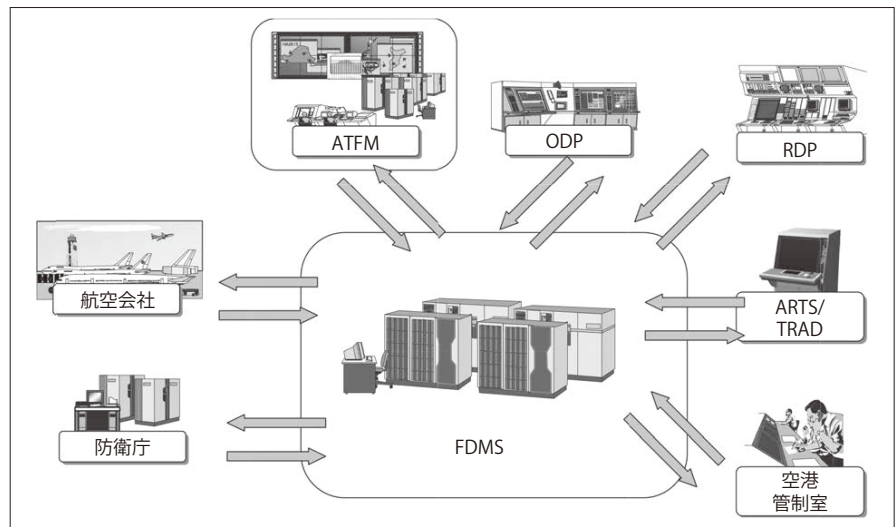


図-1 フライトプラン情報の流れ⁶⁾

航空路レーダ情報処理システム (RDP)

航空管制官が管制業務を行うためには航空機の位置情報の取得が必要である。レーダにより多数の航空機の位置や飛行方向の容易な取得が可能となった⁵⁾。

一方、RDPシステムの導入以前は、管制官は多数の航空機の中から、どの機影がどの航空機であるかを正確に識別して記憶に頼って機影を追尾する必要があったために、作業負荷は高いものであった¹⁾。

RDPシステムの導入により、レーダ画面に表示される航空機情報は、各航空機について飛行計画情報と航空機の位置が関連付けられた表示が可能となった。これにより航空機の位置と便名、高度、対地速度などの迅速な把握が可能となった。

我が国の航空路は洋上を除き、すべて航空路監視レーダの覆域下にあり、レーダ管制が実施されている。日本列島の空域は、全国20カ所に設置された航空路監視レーダに覆われており、それらのレーダ情報は、全国4カ所の航空交通管制部のRDPシステムに送信される。

RDPシステムは、レーダからの受信情報とFDMSから送信されるフライトプラン情報を照合して航空機を識別し、呼出符号や飛行高度などを付加した航空機の位置をレーダ画面上にシンボル表示して、当該機の識別と追尾を自動的に行う。この結果、管制官の作業負荷は軽減され、管制業務の能率は向上する。

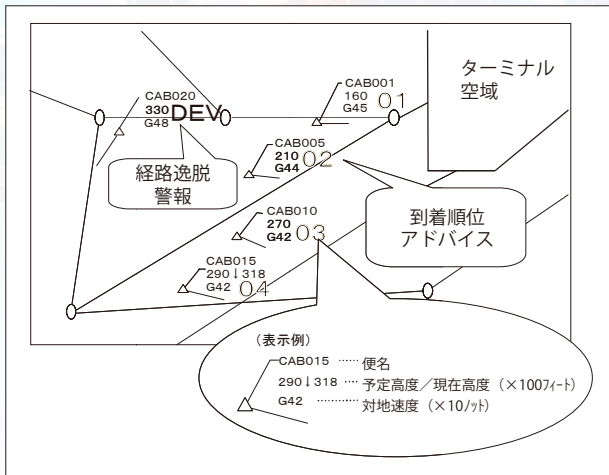


図-2 IECS の画面表示例⁷⁾



図-3 IECS の外観⁸⁾

現在の RDP システムは、2008 年より運用を開始した第 4 世代となり、レーダ画面に対する表示制御機能について新航空路管制卓システム (IECS : Integrated En-route Control System) が導入されている。IECS では管制支援機能の充実が図られており、航空機の位置には呼出符号や飛行高度に加えて、ターミナル空域への到着順序や経路逸脱情報が付加されて表示される。図-2 に IECS の航空機の位置の表示例を示す。図中における三角形は各航空機の位置を示す。三角形から伸びる直線により飛行方向が示される。そして便名、予定高度/現在高度、対地速度が表示される。図の表示例では便名が CAB015 である飛行の現在高度は 31,800 フィート (9,693 メートル) であり、予定高度 29,000 フィート (8,839 メートル) まで降下中である。また、その対地速度は 420 ノット (時速 778 キロメートル/時) である。

また、従前は紙に印字されていたフライトプラン情報 (運航票) の電子表示化による作業の省力化および情報の統合表示や、無線通信や専用電話に対するタッチパネルなどの使用による操作性の向上なども IECS の特徴である。

図-3 に IECS の外観を示す。同図では上部に 2 種類のディスプレイが表示されているが、向かって左側は航空機の位置、右側は運航票の表示画面となる。下部には無線通信などに対するタッチパネルが設置されている。

ターミナルレーダ情報処理システム (ARTS)

空港への離発着直後の航空機に特化したレーダ管制はターミナルレーダ管制と呼ばれる。我が国の主要空港には空港監視レーダが設置されており、ターミナルレーダ管制が行われている。空港監視レーダは空港周辺の交通流を取り扱うために、対象とする範囲は航空路監視レーダに比して狭く、一般的には半径 60NM (112 キロメートル) 程度である。

特に交通量の多い空港には、管制処理能力の向上のために ARTS が導入されている。ARTS の目的は、RDP システムの場合と同様にレーダ目標の識別と追尾の自動化である。空港周辺のターミナル空域では特に交通流が集中するが、ARTS の導入により安全性と効率を維持した交通流が形成される。

我が国において ARTS は、1970 年代の半ばに導入され、現在、羽田・中部・関西・那覇・福岡・鹿児島・宮崎の各空港に導入されている⁴⁾。中でも関西空港に導入されている ARTS は広域管制システムと呼ばれ、隣接する複数のターミナル空域を一元管理している。

一方、中規模空港の函館・仙台・新潟・広島・高松・高知・長崎・熊本・大分および下地島には ARTS の構成と機能を中規模空港向けに再編成したターミナルレーダ・アルファニューメリック表示システム (TRAD : Terminal Radar Alfa numeric Display system) が稼働している⁴⁾。TRAD の機能は ARTS のサブ



図-4 ARTS-F 管制卓の外観⁹⁾

セットという位置づけになる。

ARTSの最新モデルであるARTS-Fでは航空管制官への支援機能として、順序・間隔付け機能を有する。この機能では、複数の方面から空港に到着する航空機の交通流を最終進入点で1つの流れにまとめるために、各到着機の最終進入点通過時刻を割り当てる。そして、各到着機について予測経路、割り当てられた最終進入点通過時刻、その最終進入点通過時刻を実現するための推奨情報（針路・速度・高度）などを支援情報として提供する。図-4にARTS-F管制卓の外観を示す。

洋上管制データ表示システム (ODP)

ODPシステムはレーダ電波の届かない洋上空域を飛行する航空機および、これらの管理管制官にさまざまな情報を提供することにより、洋上空域の運航の安全と効率の確保を目的とするものである。

ODPシステムの主な機能は、次の通りである。まず、FDPSで作成されるフライト・データに基づき予測位置を30秒ごとに計算して画面に表示する航空機位置表示機能を有する。ADS-C (Automatic Dependent Surveillance-Contract) やCPDLC (Controller-Pilot Data Link Communication)、あるいは短波 (HF: High Frequency) の音声情報に基づいた予測位置の計算も可能である。

電子運航票機能として、飛行中または飛行予定の

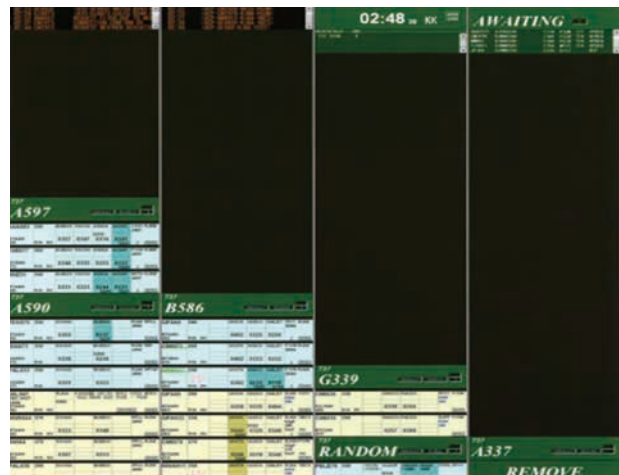


図-5 ODP 電子運航票機能の表示画面¹⁰⁾

航空機について情報を表示し、各種情報の入力や変更を容易に行うことを可能としている。図-5に電子運航票機能の表示画面の例を示す。図ではA597、A590、B586などの航空路ごとに分類して、各運航の情報が表示される。

さらには、管制支援機能として、航空機相互間または制限空域との異常接近が認められた場合に警告を行う機能や異常接近状態を事前に検出する機能などを備える。

空域管理システム (ASM)

ASMシステムは、日本の空域の有効利用を目的とする。日本における空域の主たる利用形態は、利用者により以下の3つに分類できる。

- 航空会社による2空港間を結ぶ航空路線の飛行
- 航空機使用事業者（航空機を使用した操縦訓練、薬剤散布、広告宣伝などを請け負う事業者）による飛行
- 防衛省や在日米軍による訓練・試験を目的とした飛行

安全の確保のために、従前は空域利用形態により利用する空域を完全に分離することで対応していた。しかし、近年の交通量の増大は、我が国の狭い空域の完全に分離した運用を困難としてきた。このため、空域の分割に対して時分割分離方式が導入された。

ある利用者が空域を使用していない時間帯にほか



図-6 ATFMシステム表示端末の外観¹¹⁾

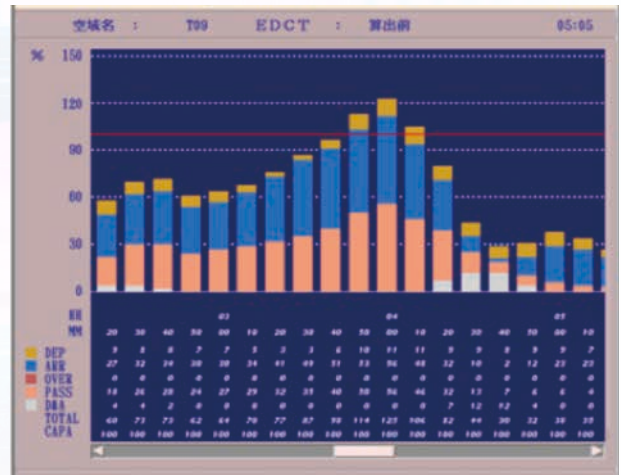


図-7 ATFMシステムの交通量表示例¹²⁾

の利用者のために空域が開放される時分割分離方式では、空域を利用するすべての関係者が情報を共有する必要がある。航空機事故の防止のためには、空域利用に関する齟齬のない情報の提供機能と同時に、空域への誤進入が予測されるような状況においては、それを検出・回避するための支援機能が必要である。

ASMシステムは、空域利用に関する情報提供として、空域の利用状況や将来の利用計画を可視化し、利用者に提供する機能を有する。同時に、従前は電話などの手段を要した空域利用の調整を、さまざまな手段により効率的に実施することを可能とした。ASMシステムには、空域利用に関する日本全国のすべての関係者からの要求が一元的に収集される。

特に全国の管制機関と主要な空域利用者である航空会社とは仮想専用線で相互接続され、システム的に情報共有できる構成となっている。

航空交通流管理システム (ATFM)

滑走路は一度に一機の飛行機しか利用できないため、その使用頻度には限界が存在する。また、航空機間で間隔を確保した場合、各空域で飛行できる航空機数には限界が生じる。天候などにより滑走路が閉鎖される場合、空中での大混雑を回避するために当該空港へ到着する航空機数の制限が必要とされる。これらのような理由により、航空交通の量を適度に制御する必要がたびたび生じる。

ATFM業務は空域ユーザとの協調を図りながら交通需要と空域容量とのバランスを図る業務であり、フライトプラン経路の管理・調整、混雑や悪天回避のための飛行経路調整および航空機のフライトプランの承認に関する業務と同時に、空域容量と航空需要の監視を行う。

ATFMシステムはATFM業務に関するさまざまな機能を提供する。ATFMシステムでは、気象情報に代表される空域容量に関する情報ならびにフライトプランやレーダ情報などの航空需要に関する情報を統合的かつ一元的に収集し、将来の空域容量と航空交通量を予測する機能を有する。

図-6にATFMシステムの表示端末の外観を示す。向かって右側の表示端末には、図-7のように対象空域における予測交通量がグラフ表示される。空域内からの出発機は黄土色、到着機は青色、国内空港を出発した通過機は橙色といったように、交通の性質に応じてグラフは色分け表示される。また、図では空域容量が赤の線で表示されている。

予測交通量が空域容量を超過する場合には、交通流制御が実施される。制御の方法としては、①出発予定時刻の制御（遅らせる）、②経路変更、③出発間隔指定、④飛行中の飛行時間を調整（インフライト制御）などがあるが、現在は①の方法が主体である。

スポット総合調整サブシステム (SMAP)

SMAPはATFMシステムの構成要素の1つであり、航空会社による各空港の滑走路や誘導路、駐機場の有効利用の促進を目的とする。

SMAPは航空機の運航前に、全国の空港における運航スケジュールおよび各航空機が駐機する駐機場の情報を入手する。また、航空機の運航に伴い、運航に関する情報（駐機場を離れた時刻、離陸時刻など）をリアルタイムに入手し、天候などによる空港閉鎖が発生した場合や特定の航空路や空港に航空機が集中した場合には、着陸可能な空港および駐機場の情報をATFMシステムに提供する。同時にATFMシステムが発出する航空機の出発制限に関する情報を関係機関へ提供する。

さらには、運航終了後、滑走路の使用実績や誘導路の走行時間などの統計をとり、将来の運用に役立てている。

航空交通情報システム (CADIN)

CADINは、全国の空港などに設置されたデータ端末やFDMSなどを網羅する情報通信ネットワークの総称である。

気象庁、防衛省および航空会社のシステムなどとCADINは接続しており、航空機の運航に必要なフライトプラン、気象情報、捜索救難に必要な情報を

はじめとする多種多様の情報の伝達、交換、通信処理を行う。

参考文献

- 1) (財)日本航空機開発協会：平成22年度版 民間航空機関連データ集 (2010)。
- 2) 宮村，東福寺：航空管制情報処理システムとその将来，日本航空宇宙学会誌，第38巻，第437号 (1990)。
- 3) 国土交通省 Web サイト，http://www.mlit.go.jp/koku/15_bf_000352.html
- 4) 国土交通省航空局：数字でみる航空2011，航空振興財団 (2011)。
- 5) (財)航空交通管制協会：航空管制入門 (2010)。
- 6) 国土交通省 Web サイト，http://www.mlit.go.jp/koku/04_hoan/j/53.pdf
- 7) 国土交通省航空局：参考資料：航空路管制卓システム (IECS) の概要について，<http://www.mlit.go.jp/common/000026905.pdf>
- 8) (財)航空交通管制協会機関誌「航空管制」，2009-No.1 (2009)。
- 9) (財)航空交通管制協会機関誌「航空管制」，2007-No.3 (2007)。
- 10) 運輸省航空局資料「洋上管制データ表示システム」。
- 11) (財)航空交通管制協会機関誌「航空管制」，2007-No.2 (2007)。
- 12) 福島幸子：管制官の業務におけるヒューマンインターフェースタスク分析，航空人間工学部会第90回例会 (2008)。(2012年1月23日受付)

■ 蔭山 康太 kage@enri.go.jp

1994年東京理科大学大学院工学研究科経営工学専攻修了。同年運輸省電子航法研究所，2001年より組織改編に伴い現職。航空交通管制シミュレーション，ATMシステム・パフォーマンスの研究などに従事。

■ 青山 久枝 aoyama@enri.go.jp

運輸省（現国土交通省）航空管制官として採用，東京航空交通管制部航空管制官，航空局管制情報処理システム室にて開発評価管理官，航空保安大学校管制科教官を経て，現在（独）電子航法研究所主幹研究員。