

講 演

航空管制と情報処理*

飯 塚 良 政**

1. はじめに

最近発生した日本航空機のハイジャック事件の報道などでわかるように、例えばダッカからアルジェまで行くにしても、途中各国の管制機関と交信を保ちつつ、空中衝突などがなく、航空路上を管制の引き継ぎが行われ無事アルジェに着いたものである。このように航空管制は国際的な性格を有し、航空機の運航の安全を守る重要な役割を果たしている。航空機は運航に適した空中の通路である航空路や、飛行場ごとに定められている出発、進入経路上を、地上から行われる航空交通管制の指示や助言に従って飛行することにより、航空交通は安全に適切に効率よく、秩序正しくコントロールされることになる。

航空交通は、陸上、海上の交通と異なりジェット機の場合は、時速 800 km～900 km の高速で上空 1 万数千メートルに及ぶ空間を飛行し、かつ、空中では停止できないなど、いろいろな特性があるので、航空交通を管制するためには、空域の有効利用に必要な各種の要素、及び個々の航空機の特性、行動予定などに関するあらゆる情報を基礎とし、計画性をもって対処しなければならない。従って管制機関はこれらの情報を、航空機の離陸前から刻々と正確に入手することが不可欠となってくる。このように航空管制に必要な情報は多岐にわたり、かつ膨大な量になり、また、時間をかけて処理するようなことは許されない性格のものである。航空の発達は日進月歩といわれるように、プロペラ機からジェット機へと高速化し、更にジャンボ機の如き大型機の出現、交通量の増大など極めて著しい。このような情勢に対処するため、各国はそれぞれ国情に応じて航空交通管制の近代化を進めている。管制の初期の時代はいわゆるマニュアル管制といわれ、管制に必要な情報は手書きの運航票のデータと航空機から

の位置通報にもとづき、管制官の記憶に依存する方式により行われていたが、1940 年代にはレーダが利用されるようになり、航空機の正確な位置情報が豊富に入手されるようになり、交通状況の把握が容易になるとともに空域の有効利用が飛躍的に進展した。近年は更に電子計算機の利用による情報処理システムが導入され、関連する情報処理システムと有機的に結合され管制システムの高度化が進められている現状である。将来は衛星システムなどの利用による画期的な方法も実用化されるであろう。

わが国においては、航空管制業務は戦後から米軍により行われてきたが、昭和 34 年 7 月、管制の主権が運輸省に移管され管制システムの運営と、その拡充強化の努力がなされてきたところであるが、昭和 46 年に発生した一連の航空事故を契機として、各方面にわたる航空関係の改善施策の一環として、航空管制の近代化が強力に推進されることとなり、レーダその他の航空保安施設の整備とともに管制情報処理システムの導入整備が計画的に進められている。以下にその概要について述べることにしたい。

2. 航空交通管制

(1) 管制空域

管制空域は国際的なとりきめとして飛行情報区 (FIR) がある。この空域は国際民間航空機関 (ICAO) により設定され、この空域内においては飛行情報業務および捜索救難業務の提供が行われる。わが国は「東京飛行情報区」および「那覇飛行情報区」を担当している (図-1 (次頁参照))。

FIR 内には管制区、管制圏等管制業務の行われる空域が設定されており、これらの空域は有機的に結合され、管制業務と空域とは不可分の関係にあり、空域構造は航空交通にとって重要な要素となっている。

管制機関は、管制センタの役割をもつ航空路管制機関と、空港を中心として管制を行う管制塔で象徴され

* 情報処理学会第 18 回全国大会招待講演 (昭和 52 年 10 月 4 日)

** 運輸省航空局管制保安部長

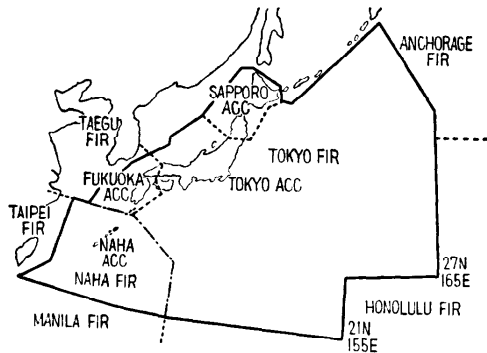


図-1 東京、那覇飛行情報区 (FIR)

るターミナル管制機関とがあり、航空路管制機関 (ACC) は札幌、東京、福岡、那覇の4カ所の運輸省航空交通管制部で構成され、各機関はそれぞれを分担し管轄している。

(2) 航空管制の例

一例として東京から福岡へのフライトについて概略を説明する。パイロットは飛行前に、便名、機種、速度、予定飛行経路、希望高度など必要事項を記入した飛行計画を東京国際空港の空港事務所に提出する。飛行計画は計器飛行方式の場合には東京 ACC にテレタイプにより送付され、管制用運航票として形式を改められた後、管制官の前に配布される。出発準備の整った出発機は管制塔と連絡する。管制塔は東京 ACC の管制官に対し飛行経路、飛行高度などの管制承認を求め、発出された管制承認をパイロットに伝達する。管制塔から離陸の許可をうけた出発機はターミナルレーダによる出発管制の後、同機の管制は東京 ACC に引き継がれる。管制承認高度は、東行きの場合は奇数 1,000 フィート、西行きは偶数 1,000 フィートの高度で即ち高度間隔は 1,000 フィート、更に高度 29,000 フィート以上の場合には 2,000 フィート間隔の奇数高度となっている。高度差がとれない場合には経路を別にするか又は時間差を設けることにより管制間隔を確保する。飛行経路上では所定の航空保安無線施設を利用する位置通報点上空に達すると、パイロットは東京 ACC に対し位置情報を行う。管制官はこれらの位置通報あるいはレーダ情報にもとづき、管制情報を更新するとともに管制間隔をチェックし必要に応じて管制指示や助言などをパイロットに伝え、円滑な交通の流れを確保する。隣接 ACC (福岡) の管轄空域に入る前に担当の ACC (東京) は、隣接 ACC (福岡) に当該機の飛行 (管制) 情報をあらかじめ通報しておく。当該

機が管制移管点に達すると福岡 ACC と交信するよう指示を行う。両 ACC が管制移管を確認すると当該機の管制は福岡 ACC の担当となる。福岡 ACC では、目的空港である福岡空港のターミナル管制所との間の管制移管点において最適の高度となるよう、他の交通をにらみながら当該機の高度を下げるため逐次指示をする。かくして ACC 間におけると同様に ACC-ターミナル間の管制移管が行われる。福岡空港のターミナル管制所はレーダにより着陸間隔を考慮して着陸順序を設定し、高度、経路、速度などの調整を行い、空港への計器進入を許可する。最終進入降下を開始すると管制塔と交信するよう指示する。管制塔は、到着機、出発機との関係を見極めた上で着陸の許可を行い、着陸後は地上滑走の指示をする。東京国際空港を出発した航空機は、この間、航空保安施設、管制、通信、気象、運航管理など各方面からの援護のもとに福岡空港に到着し、予定された飛行計画が終了することとなる。

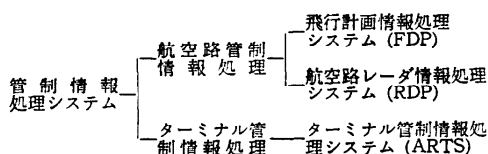
3. 管制情報処理システム

(1) 概要

従来の航空管制は、パイロットが出発前に提出する飛行計画書の記載事項の中から便名、機種、速度、高度、経路、通過予定フィックス名、出発予定時刻など管制に必要な事項を抽出し、管制官が運航票を作成する。航空路管制機関では出発用と経路用数枚必要なので 1 日に数千枚作成することになり、処理が間に合わなければ運航の遅延を生ずる。管制官はこれらの運航票により航空機の流れを頭の中で立体的に組み立て、パイロットとの無線電話による連絡で航空機の位置、高度などを確認し管制間隔を設定する。この方法では運航票の作成、更新、頭脳の中での組み立て、記憶など大変な労力と神経を使い、またエラーが介在する危険もある。

また、従来のレーダ管制は、表示装置のブラウン管上に映る輝点 (または短輝線) の中から、管制する航空機をパイロットとの交信により一旦識別し、以後は記憶に基づいて追尾を続けなければならないと非常に困難なことである。更に、航空機の高高度情報の表示がないので必要の都度パイロットに報告を求め、運航票に記入し高度間隔を確認しなければならないなど、幾多の弱点がある。以上のような問題点を、近年とみに発達した電子計算機システムを組み合わせて利用することにより解決しようとするのが管制情報処理システムである。

管制情報処理システムには次のような種類がある。



このような管制情報処理システムの導入により期待される効果としては次のようなことがあげられる。

- 管制業務のうち、単純で処理量の多い事務的な作業を電子計算機に行わせ、管制官を過重な労働から解放する。
- 管制情報をより見やすい形式で管制官に提供することにより、交通状況の把握を容易にし遅延を減少させる。
- 管制相互間の定形的連絡業務を機械的に処理する。
- 精度の高いデータを管制官に提供し人間のエラーを減少し安全性を高める。
- 画像表示により航空機の位置の連続的監視が可能となる。
- システムの動作状況の連続的監視により異常事態に対する警告が可能となる。
- 飛行経路について正確、迅速な予測が可能となり空域の利用度が向上する。
- 電子計算機を使用し、より高度な交通実態の分析が可能となり管制システムに関するマネージメントが向上する。

(2) 飛行計画情報処理システム (FDP)

FDP システムは、東京航空交通管制部に設置された大型電子計算機によって、テレタイプ自動中継システムから受信された全国の計器飛行方式の航空機の飛行計画を集中的（札幌、東京、福岡、那覇の全管制部に係るもの）に処理し、運航票など管制に必要な資料をプリンタ及び CRT 表示装置によって管制官に提供するシステムである。このシステムは、昭和 45 年から運用されてきた東京管制部システムを更新し、適用規模を全管制部に拡大するとともに機能の追加を行い、新システムとして本年から逐次運用を開始している。

イ. システムの構成

東京管制部の中央処理装置は、N 575 電子計算機 3 系統で構成され、そのうち 2 系統はデュアル運転され他の 1 系統は故障時のバックアップとして待機する一方、同システムのプログラム作成、評価及び訓練に使用される。東京以外の 3 管制部には集配信装置が 2 台あり、デュプレクス構成でメッセージの伝送制御を行っている。

ロ. 機能の概要

- 各管制部の管制席に設置されたプリンタに、当該管制部に係る出発機の運航票を印刷する。
- 航空機の出発時刻を計算機に入力することにより各管制席に必要な経路用運航票を印刷する。
- 東京、大阪の各ターミナル管制所に必要な運航票を印刷する。また、ターミナル管制情報処理システム (ARTS) に対して表示に必要な飛行計画

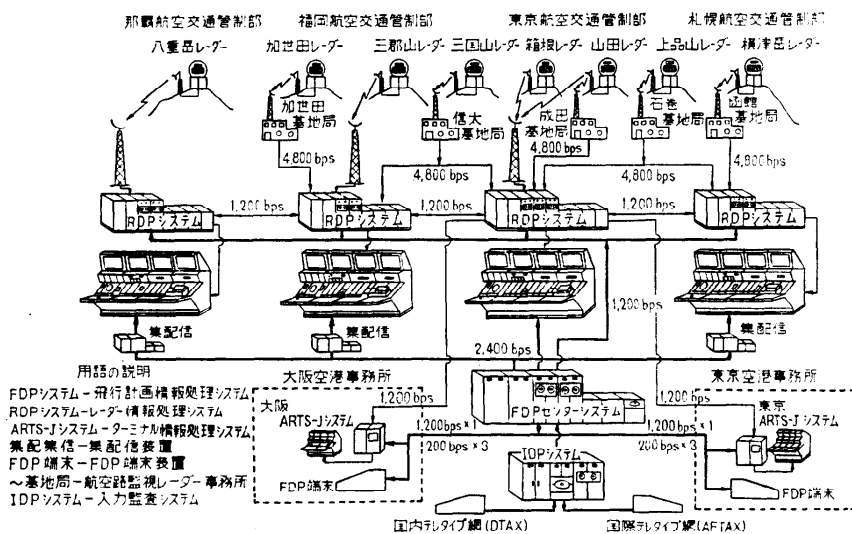
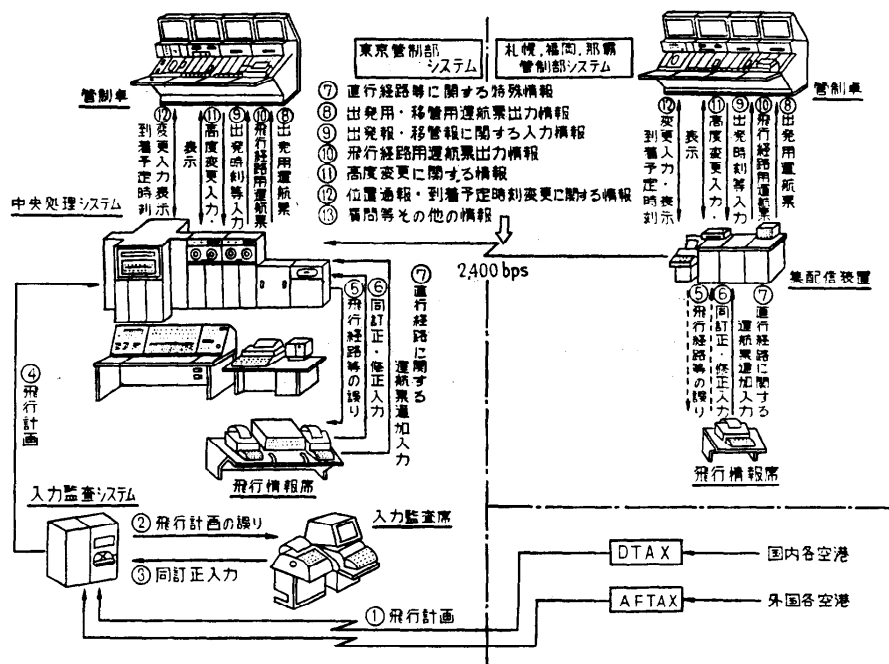


図-2 管制情報処理システム概念図



のデータを提供する.

- 各管制部の RDP システムに対して、表示に必要な飛行計画の資料を提供する。
- 飛行計画情報が更新された場合、それらの変更情報を各管制部の管制席の CRT 表示装置に表示する。

(3) 航空路レーダ情報処理システム (RDP)

航空路を飛行している航空機をレーダーでキャッチするため、日本国内には現在8カ所の航空路監視レーダー(ARSR)がある。これらのレーダーの情報を、札幌、東京、福岡、那覇の各管制部のRDPシステムによって処理し、各管制卓に設置されている表示装置のブラウン管の上に航空機を示すシンボルと、これに付加して便名、高度(承認高度および現在高度)など必要な情報を英字及び数字により表示するシステムである。このシステムは日本電信電話公社に建設が委託され、本年より逐次試験的運用を行っている。

イ. システムの構成

RDP システムは、各管制部にそれぞれ中央処理装置を有し、追尾制御装置、表示制御装置、表示装置などで構成されている。中央処理装置は高信頼性電子計算機 RN 575 の 2 系統が東京管制部に、その他の管制

部には RN 375 の 2 系統が設置されデュアル構成となっている。追尾制御装置は管制部に引き込まれているレーダサイト 1 局に対して 1 組のデュアル構成で、また、表示制御装置は各管制卓の表示装置 1 台に対して 1 台の対応で設置されている。

ロ. 機能の概要

- 一次レーダ及び二次レーダ（航空機を識別するためのレーダビーコン装置で機上の装置を含めたもの）情報の量子化
- 二次レーダ情報の自動追尾
- 飛行計画情報とレーダ情報との照合
- 航空機映像のシンボル及び飛行情報、飛行方向/速度ベクトルなどの表示
- レーダ管制移管情報のデータ伝送回線による交換

なお、表示装置の表示モードとして「デジタルモード」、「テレビモード」及び「ミックスモード」の3種類あり、いずれも選択可能となっている。表示モードの例を 図-5（次頁参照）に示す。

(4) ターミナル管制情報処理システム (ARTS)

航空路レーダ情報処理システムとはほぼ同様に、このシステムは空港監視レーダ (ASR) からのレーダ情報

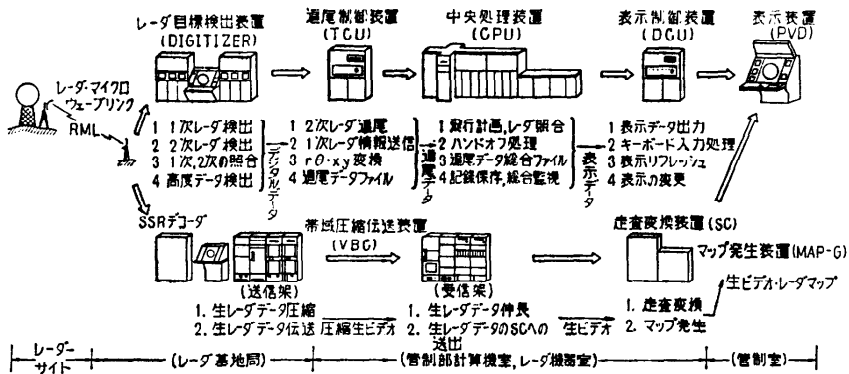


図-4 レーダ情報処理 (RDP) システムの情報の流れ

を管制卓の表示装置上に、航空機位置を示すシンボルとこれに付加して便名、現在高度、速度などを表示するもので、FDP システムと結合され同システムから飛行計画情報及び二次レーダビーコンコード (航空機を識別するための重要な要素で、個々の航空機に対してそれぞれ異なったコード番号を割り当てるが、その管理は FDP システムが一括して行っている) を自動的に伝送する。一方、ARTS から出発情報を伝送している。また、RDP システムとも結合され、レーダ管制移管情報の交換伝送を行う。ARTS の構成は、ビーコンビデオデジタイザ2台、演算処理装置2台、記憶装置3台、表示装置6台などから構成され、重要部分に冗長性をもたせたマルチプロセッサ方式となっている。

このシステムは東京及び大阪両国際空港に設置され昨年より運用中である。

(5) 今後の計画

FDP, RDP, ARTS の各システムは現在までに、それぞれ異なった時点で基本機能の整備が完了し逐次運用に移行しつつある。一方、システム間の結合試験が進められており、昭和 53 年度からはシステム間及び

今後開発されるシステムとの結合を緊密化し、機能の拡張、高度化を図る必要があり、次のような機能の開発を見込んでいる。

- 多重レーダ情報の処理
- 一次レーダ情報の半自動追尾
- 悪気象状態の表示
- レーダによる航空機位置情報に基づく飛行計画情報の更新
- 最低安全高度警告
- 着陸順序の勧告
- 異常接近探査
- 集中処理方式による交通流制御
- 対空通信のデータリンク
- 衛星システムの利用

このように現在のシステムを基礎として、更に有効な機能の研究と開発が行われ、航空の安全性を確保しつつ、管制システムの効率化に寄与する方向に進展している。

参考文献

航空局：航空保安業務の概要 (1977)

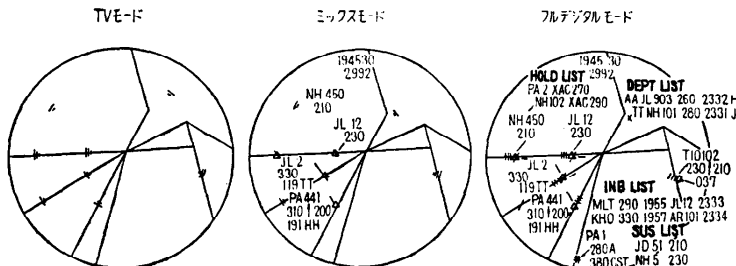
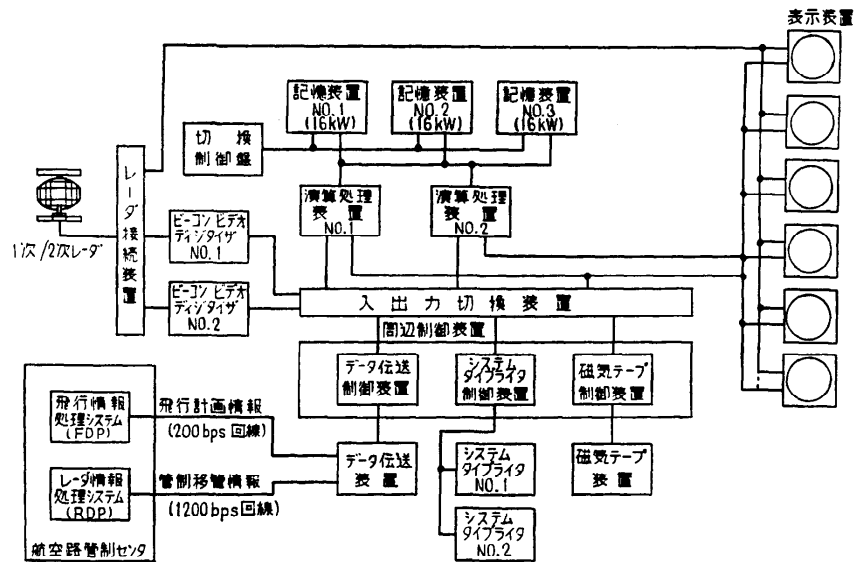


図-5 レーダ情報処理 (RDP) システムの表示の種類



主要仕様

データ処理装置

ワード形式 : 30データビット+2パリティビット
 メモリサイクルタイム : 750ns
 加減算 : 1.5μs

表示位置

CRTサイズ : 22インチ
 アルファニューメリック
 表示エリア : 東京 63 $\frac{15}{16}$ NM
 大阪 55NM

表示容量 : フルタグ 24機
 限定タグ 100機 } フルタグ
 シングルシンボル 50機 } 100機相当
 リスト 15機
 表示種類 : 英字(26), 数字(10), 記号(6), 計42種
 文字の大きさ : 4種類
 輝度 : 4段階(プログラム制御)

図-6 ターミナル情報処理システム (ARTS-Automated Radar Terminal System) の構成