

航空管制の仕組み

—航空管制官の眼から—

1.

青山 久枝

(独) 電子航法研究所

航空管制のイメージ

航空管制業務(管制業務)は、日本では航空管制官(管制官)として採用された国家公務員が行っています。空港に勤務する航空会社の社員、旅客機のパイロットなど、一般的に知られている職種とは少々異なっており、業務の内容が理解されにくく、業務内容を誤解されることもあります。ここでは、航空管制がどのような業務か、管制官はどのように航空の安全にかかわっているかを少しでもイメージしていただけるように紹介します。

管制業務は航空法で航空交通業務の一部として位置付けられ、航空法や規程に定められた飛行中の航空機相互間の間隔^{☆1}をとること、空港では地上走行する航空機や車両などの衝突回避を行い、併せて気象情報、空の交通情報などの提供も行う業務です。ロケットの管制のように、多くの管制官が1機を同時に見守っているのではなく、2名程度の管制官が受け持つ範囲で走行あるいは飛行する航空機を同時に複数機担当します。また、それぞれの担当範囲は日本の管制機関が受け持つ空域をいくつにも分割して、同時に業務を行っています。航空機1機の飛行から見ると、出発空港から到着空港まで1人の管制官が担当するのではなく、航空機の位置によって空港、飛行経路を管轄するたくさんの管制官が受け渡



図-1
日本の管制空域¹⁾

しながら飛行の安全をサポートしています。

図-1は日本の管制空域です。日本の管制官が扱う空域は、陸地だけではなく、太平洋上にも広がり、外国の管制空域と接しており、国際線の航空機については外国の管制官と受け渡しをしています。

最近、管制官を主人公にしたドラマや業務の紹介をした番組などが放映されましたが、管制官の業務中の姿を目にすることは珍しいことです。

管制業務の性質上、管制官の採用時には視力、聴力などの身体的な基準のほかに、適性試験も必要とされています。

管制業務とは

基本的には、管制官は担当する航空機の位置情報を取得し、管制間隔が常にとれるようにパイロットに対して指示や許可を出します。複数の移動している航

^{☆1} 管制間隔：安全のために管制官が確保すべき最小の間隔で、レーダを使った管制業務では、水平間隔 5NM (Nautical Mile) もしくは垂直間隔 1,000feet。

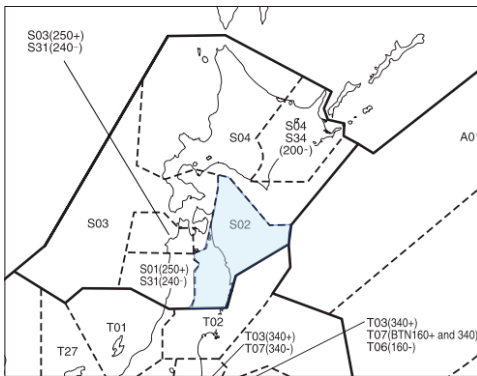


図-2 空域の一例²⁾

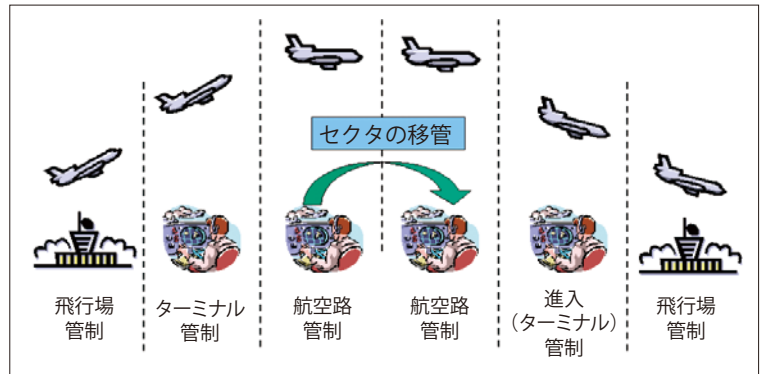


図-4 管制業務の流れ³⁾

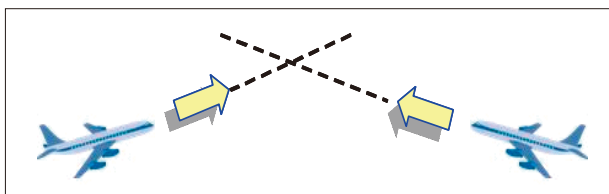


図-3 どうしますか？

空機を扱っている場合が多く、それぞれの航空機について取得した位置情報から数分後の航空機の位置を予測して、管制間隔を維持することが第一の業務です。

空域を緯度・経度あるいは高度により3次元的に分割して、それぞれの空域に配置された管制官が担当して業務を行っています。どの空域を管制するかによって業務の形態がかなり異なります。図-2は、管制空域を分割して1チームの管制官が担当する空域の例（青色の部分）を示しています。

それでは、実際どのようなことを管制官は考えているか、という問いに対して、一例として図-3のような場合を想定してみてください。

このまま飛行を続けると、大変なことが予想されるでしょう。管制官は、管制塔から見た空港の状況やレーダ画面に表示された航空機の位置から、予測を行い、その結果いずれ両方の航空機に管制間隔がなくなると判断した場合、どちらかの航空機あるいは両機に対して針路変更、高度変更などの指示を出して管制間隔を保てるようにします。間隔がなくなる前に、間隔が保たれるように指示をする業務です。

それでは、このような場合に何通りの方法を思いつくでしょうか。気象状況によっては、航空機は出した指示を受け入れられないかもしれません。時間

はどんどん経過して、さらに両機は近付いていきます。

どのような回避方法でも、指示を出して、航空機にその行動をとってもらえて、管制間隔が保たれなければ管制業務を行ったとは言えません。

今の例では、2機の航空機についてでしたが、十数機を一度に扱って、このような状況を予測できるようにすることが管制業務の第一歩です。

航空機の運航の流れと管制業務

管制業務の対象となる主な航空機は、民間の定期便で用いられている飛行方式（計器飛行方式）で運航しています。図-4は管制業務の流れを示しています。以下で航空機運航の流れと管制業務について説明します。

飛行前

飛行に先立ち、パイロットまたは航空会社は飛行計画を作成して管制機関に提出します。この計画には便名、出発・到着空港、飛行予定高度、速度、出発・到着予定時刻などの情報が含まれており、管制機関はこれを管制情報処理装置で解析して、必要な情報を関係機関に配信することによって、管制官は飛行の予定を知ることができます。

離陸まで

パイロットは出発準備が終わり次第無線通信によって管制機関にプッシュバック（航空機は後ろに進めないため、車両によってゲートから誘導路まで押



図-5 空港の管制塔⁴⁾

し出すこと)、地上走行に関する許可を要求します。このような地上面の管制業務は飛行場管制業務と呼ばれ、管制塔にいる管制官が目視によって航空機の現在位置を確認し、その動きを予測します。管制官は、空港面の交通状況を見ながらゲートから出発する航空機への飛行計画に基づいた管制承認、プッシュバック、ゲートと滑走路間の走行経路の指示、離陸の許可や必要な情報等を、無線通信を使って音声でパイロットに伝えます。“CLEARED FOR TAKE OFF”や“CLEARED TO LAND”という離着陸許可はよく知られています。

通常、管制官は滑走路に向かって業務を行っていますが、真後ろを飛行する航空機に対しては後ろを向いて航空機の位置を確認します。また、羽田空港や関西空港など大規模空港では、空港面を区分して、各区域に管制官のチームが配置されています。

図-5は管制塔内の管制官です。

空港面を扱う飛行場管制では、停止できる航空機を扱っているという点が、他の管制業務と異なる特長です。ちなみに、離島などの一部の空港には管制官が配置されていませんが、パイロットは飛行場の管制業務の代わりに提供される空港面の交通情報を得て離着陸します。

飛行中では

飛行経路など承認された飛行計画は航空機の飛行管理システム(FMS: Flight Management System)に入力され、これに沿った飛行をすることができます。離陸した航空機は、管制官から指示された高度まで



図-6 ターミナルレーダ管制所⁴⁾

上昇し、到着空港の近くまで巡航します。航空機側では飛行中も管制機関との音声通信は常に維持するとともに、航法情報等は地上の航法無線装置や機上の慣性航法装置等から得ます。

目視で行われる飛行場管制と異なり、管制官は飛行中の航空機の位置を目視で確認することはできません。そこで、レーダなどの管制機器を利用して、航空機の位置や高度などを表示させています。管制官は、2次元で表示された航空機の情報を目で見て、頭の中で3次元の情報へと変換して複数の航空機の位置関係を組み立てています。このようなレーダを使用した管制業務には、空港近辺を担当するターミナルレーダ管制業務、それ以外の広い空域を担当する航空路管制業務があります。

ターミナルレーダ管制業務は空港内のターミナルレーダ管制所において、空港近辺の空域で離発着する上昇中、あるいは降下中の航空機を扱っています。航空路管制業務より扱う航空機の手数は遅く、担当空域も狭い範囲ですが、大規模空港の周辺では大変複雑な業務となっています。特に、到着機が集中する時間帯では、管制官が決めた着陸の順に、滑走路の延長上に一列に並ぶようレーダ誘導、速度調整などの指示を出しています。図-6はターミナルレーダ管制所の一例です。

次に、航空路を飛行する航空機を扱う航空路管制業務は札幌、東京、福岡、那覇の4つの管制区管制所(ACC: Area Control Center)で行われています。各管制所で担当する空域は広く、時速900km以上で飛行する航空機を扱っています。図-7は管制区

図-7 管制区管制所⁵⁾

管制所での業務の様子を示しています。

各空域は2名の管制官チームで運用され、1名の管制官は音声による無線通信を使用して、パイロットに直接指示することにより管制間隔を維持する業務をしています(図-7:左側の管制官)。もう1名は、地上で出発準備をしている航空機に飛行経路や高度など飛行計画に基づいて管制承認を出したり、隣接する空域を担当する管制官との業務の引き継ぎなど、広い範囲で航空機が円滑な飛行ができるように全体的な調整を行っています(図-7:右側の管制官)。

しかし、日本が管制を行う空域すべてにおいてレーダで航空機の位置情報が取得できるわけではありません。太平洋上や山に囲まれた空域では、レーダによっても航空機の位置情報が得られないため、無線通信やデータリンクによって特定地点での通過時刻や高度などの情報を得ています。管制官は、このような情報をもとに、航空機間の距離、高度、時間による間隔が常に維持できるような指示や許可をパイロットに出して、確認、監視を繰り返しています。

着陸から到着まで

巡航している航空機も目的空港に近づくと無線通信による管制官からの指示を受けて降下を始めます。パイロットは管制官から空港への進入許可とともに滑走路の情報等の提供を受け進入します。

管制業務は到着空港の飛行場管制に受け継がれ、管制官から着陸許可を得てから着陸し、その後も管制官からゲートまでの走行経路の指示を受け、ゲートに到着します。

業務に使われる言葉や道具

略号、記号、用語

管制業務に使用される用語は英語または日本語ですが、便名や地点名などは、定められた略号や記号としてアルファベットまたは数字によって表記されています。これらを使って飛行計画に基づく情報や現在の位置情報など管制業務に必要なとされる最低限の情報がレーダ画面や運航票などの限られたスペースに表示されます。管制官同士はこのような略号や記号による簡易な表示によって、航空機の情報を共有することができます。

管制官はパイロットと無線通信によって指示などを伝達するため、航空無線通信士の資格を持たなければなりません。また、無線通信では国際的に決められた用語やフレーズを使用することによって、パイロットとの会話を簡潔で誤解のないものにして、意思疎通を図っています。

管制官の基礎研修では、用語、管制機関や航空機の呼出符号などを覚えて、状況によつて的確に使えるよう訓練をしています。訓練の段階が進むと多くの航空機に対して効率の良いサービスを提供できるように、無線通信のテクニックも訓練しています。

たとえば、顔の見えない相手と無線通信で話すときに大事なこととして、相手の呼びかけにすぐ返事をするのがあげられます。呼びかけに対して応答がなければ、相手に呼びかけが伝わっていないという不安や、通信機器障害の疑いを抱かせることになります。管制官はパイロットからの呼びかけがはっきり聞き取れない場合に、“Station calling, say again call sign?”あるいは“Radio check, how do you read?”と管轄している航空機に向かって呼びかけます。

担当する空域ごとに異なる無線周波数が割り当てられていますが、同じ周波数を管制官と複数の航空機が使用しています。管制官は、意図した航空機と間違いなく会話をするため、通信の最初に相手の呼出符号を付けて、通信相手を明確にします。また、指示や許可を出した場合は、パイロットに復唱して

便名	高度 (feet)	通過地点名	飛行経路	目的空港
ANA227	320	DF	RJTT DF Y20 TTE OKINO SANDY	RJFF
H333/ S3203 450		0145		
		0155		
真対気速度 (knot/h)		通過予定時刻 (世界標準時)		

図-8 運航票の例

もらうことにより、パイロットの誤解や間違いなどが含まれていないかを確認しています。

このような用語は、聞き間違いなどを起こしにくいように変更されることがあります。航空従事者はこれらの変更に関する公示を確認して、覚えた用語を更新していくことも業務の1つです。

道具

運航票

パイロットへの指示、ほかの管制官との調整事項、必要となる情報について、管制官は運航票へ記入あるいは管制機器に入力します。地点略号や航空路名のほかに矢印やアンダーラインなどによって、扱っている航空機の状態や飛行方向などをイメージできます。指示などにより更新された情報をほかの管制官へ伝達する手段として、また、注意を喚起するなど管制官の記憶の補助としても使います。

図-8は数年前から管制区管制所で使い始めた電子運航票の例（羽田空港から福岡空港までのフライト）です。運航票によって、自分の担当空域を飛行する予定の航空機の情報を事前に知ることができます。

レーダ

レーダなどの管制機器が開発され、航空機の性能も向上したことにより、航空機相互間の間隔が短縮されてきました。同時に多くの航空機が飛行可能になったことで、管制官が同時に取り扱う機数がどの空域でも増えてきました。このように管制機器は管制官にとって大変頼りになる道具です。

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り、相互の位置関係に便名などの付帯情報を1つの画面で表示できる画面は業務

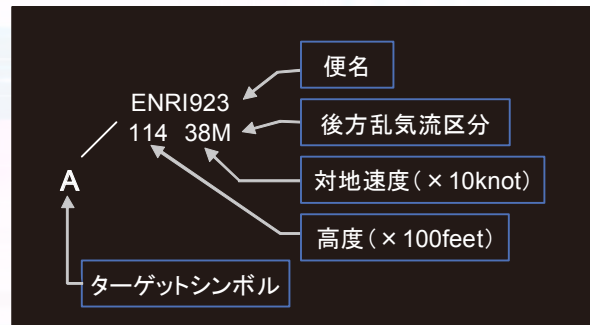


図-9 ターミナルレーダ画面の表示例

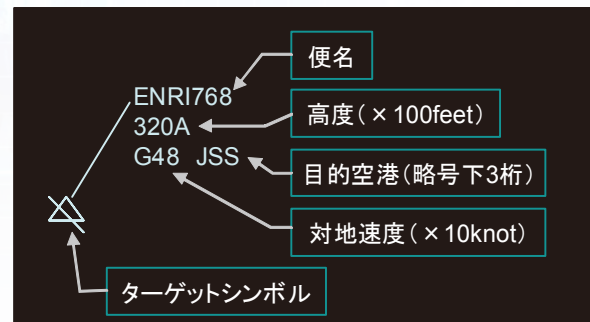


図-10 航空路レーダ画面の表示例

効率に大きく貢献していると言えます。

レーダ画面に表示される航空機の情報は、1機ごとに飛行計画情報と航空機の位置をリンクさせています。これにより航空機の位置と便名、高度、対地速度などが一目で分かるようになっています。

レーダを主体とした管制業務を行っているターミナルレーダ管制所と管制区管制所では、管制業務の特徴が異なるため、常時表示する項目、機能、操作方法などが違ってきます。

図-9はターミナルレーダ画面の表示例です。ターミナルレーダ管制業務では、空港への離発着直後の航空機を扱うため、半径50～60NMの狭い範囲を表示しています。

これに対して、航空路管制業務では、広い範囲の空域を表示しており、各航空機に高度、針路などの指示を入力できるような機能を備えています。

図-10に航空路レーダ画面の表示例を示します。

しかし、管制業務は、航空機間を維持して、円滑な飛行を支援することにあります。それぞれの航空機について位置情報を取得するだけでは終わりません。それをもとに数分後の位置を予測して、航空機間を維持できるようにするための指示をパイ

ロットに伝えなければなりません。このような指示や許可を伝達する機器として無線通信は最も大事な機器と言えます。太平洋上を飛行する航空機などでは、無線通信だけでなく、データリンクも用いています。

このように無線通信やデータリンクは管制官とパイロットを繋ぐ大切な役目を担っています。

レーダが落雷などで障害になった場合は、航空機の位置情報などレーダ画面上の情報は途切れてしまいます。しかし、無線通信が途絶えなければパイロットと管制官は、位置情報の取得や確認ができます。指示を伝えられる状態を保つことができます。航空機の正確な位置が分からなくなり、レーダを使用している場合より、管制間隔を大きくとらなければならないため効率こそ落ちますが、緊急の場合でも無線通信があれば、管制業務を継続することは可能です。

緑の下の管制業務

管制業務はパイロットと管制官とで無線通信によりやりとりすることが特徴とされますが、その通信を行うため、あるいは指示を出すためには管制官同士の通信も必要となっています。

たとえば、隣り合う空域の管制官同士が扱っている航空機の最新情報を共有し、隣接する空域の管制官に引き継ぐにはそれぞれの管制業務に支障をきたさないように受け渡しのルールを決めています。管制間隔を基本として、空域による特性を反映したものの、管制機関相互に定められたもの、軍や自衛隊と結ばれたものなど相当数あります。

また、パイロットは管制官の指示に必ず従えるとは限りません。たとえば、パイロットが乱気流や雷雲の発生など、事前に予期していなかった気象状況によって指示に従うことが困難だと判断した場合は、管制官はパイロットからその旨の通報を受けます。管制官にとって、航空機が飛行している位置の気象状況は、気象台による気象情報あるいは飛行中のパイロットの通報が業務を遂行するための重要な情報となります。管制官は安全を考慮して可能な代替案を検討します。

さらに、担当する空域を飛行する予定の航空機や、管制官同士が必要と判断した情報を伝達し、共有することによってお互いに円滑な管制業務の運用を行えるように調整を行っています。このような管制官同士の情報伝達や調整などには有線通信を使用しています。また、複数の回線を同時に扱っているため、各担当空域の特性に基づく優先順位や機能が設定されています。

やはり人間性

管制官には、短時間で航空機の位置関係などの状況把握、安全性の高いプランニング、タイミングのよい行動が必要です。また、複数の航空機を同時に扱っていることから、マルチタスクを処理しなければならないため、業務の優先順位を的確に判断することが必要なスキルの1つと言えます。

航空機の位置関係、高度など変化する状況に臨機応変な対応を求められているとともに、表にはまったく見えませんが、時間的な余裕も含めさまざまな状況に対していくつかのバックアップの方法を頭の中に用意することも必要です。管制官として、業務に前向きであることも大事な姿勢です。

航空管制は、最新鋭の航空機のように技術を駆使してコンピュータ化され、全自動で行われているように思われます。しかし、実際は人間と人間とのコミュニケーションに基づく信頼関係に多くを依存している業務です。

“Good day!”

参考文献

- 1) 国土交通省航空局 Web サイト (2009).
- 2) 国土交通省航空局: AIP Japan (2011.10.20).
- 3) 古田, 方, 青山, 高橋: 認知工学的手法に基づく航空管制システムに関する研究 (1) 概要と現場業務の観察, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2007 (2007).
- 4) 国土交通省大阪航空局中部空港事務所: 中部国際空港の概要 (2006).
- 5) 国土交通省東京航空交通管制部: 東京航空交通管制部 (2010). (2012年1月31日受付)

■ 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。