

9. 管制官の負荷・負担に関する考察

航空交通管理領域 ※青山 久枝
機上等技術領域 塩見 格一
労働科学研究所 飯田 裕康

1. はじめに

航空交通量の増大に伴い、航空交通管制官（以下、管制官）の業務量は確実に増えている。航空保安業務を司る管制官の精神的負担も増大し、当然ヒューマンエラーを誘発する原因にもなりかねない状況である。安全性の低下が許されない業務でありながら、管制官の負担についてはその様相が目に見えないため、これをいかに明確にするかが課題となっている。

本稿では、航空路管制業務に特化して、取り扱い機数や通信量だけではない、数値化し難いが考慮されるべき交通の質による管制官の負荷・負担について考察した。

2. 管制業務の分析

2.1 管制業務の特殊性

航空保安業務の一つである航空管制（以下、管制）は、他に比較する業務を見つけ難い。航空業界では、パイロットと同じような職種として考えられがちであるが、根本的な違いがある。

パイロットは自然を相手に移動体自体を動かしている。航空機の操縦操作をすること、目視による見張り業務などを行っている。

それに対して管制業務では、管制機器、運航票などから得る情報を基に、人間である管制官が人間である操縦士に指示や許可を音声やデータリンクによって伝えている。この指示や許可は、航空機同士の間隔を「諸規程が定める状態」に保つための制御手段である。管制過程が管制官のイメージした状況に合致していくか否かをレーダ画面上で追尾・確認し続けている。その結果により変更指示の発出や同じ指示の再発出など必要な措置を継続する。管制官は移動体を直接動かさずに、管制間隔を満足させなければならない。

管制業務は、管制官とパイロットの間に信頼関係がなければ成立しない。また管制官同士も同様で、円滑な業務の遂行には人間関係が大き

な要素であるといえよう。指示の伝達手段であるコミュニケーションの良否も信頼関係成立のための重要な要素である。

2.2 管制業務のタスク分析の必要性

航空保安業務とは一手間余分にかけてでも安全性の確保を重視するべきであると考え。この一手間とは指示として現れているが、管制官はこれにより管轄している航空機の安全の現実性が高められ、該当機に対する注意配分量を抑制することができる。特に交通量の多い時間においては精神的負担を減少させるものと思われる。

管制官が発出した指示が気象などの理由により航空機の運航に支障をきたすと予測された場合は、パイロットは指示に従えない旨を連絡する。管制官は自分のイメージした方針を変更せざるを得ないこともある。このようなパイロットからの要求に対する管制官の負荷・負担も数値化されるデータでは見つけられない。通信負荷は、観察記録が容易で数値化可能な分析要素であるが、管制官の思考過程を考慮していないタスク分析からでは、管制官が安全確保のために手間をかけている部分は見つけられない。

RDP（Radar Data Processing）システムには、管制官のヒューマンエラー防止を考慮した異常接近警報表示が装備されている。しかし、管制官はこれに全面的に頼って業務を行っているわけではない。利用できる情報に基づいた予測によって危険回避手段を決めているが、不測の事態が発生しても危険な状態に陥らないように、安全の現実性を高め、且つ交通流や気象を考慮に入れた合理的なやり方を選択している。

管制の自動化が考えられる中、このような不測の事態まで考慮した安全性向上策の自動化は、考えられていないのが現状である。

基本的には、管制している複数の航空機の飛行計画経路同士が交差・競合したり、高度が変

化していなければ管制官の負担・負荷は少ないものとする。

したがって、管制官の負担・負荷の軽減を考えるのであれば、一つ指示を増やさなければならぬような箇所を減らすように空域・航空路等を整え、欲しい情報が欲しいときに得られ且つできる限り入力不要な管制機器を作るべきである。

管制官の負担・負荷の評価には、作業の表面的な分析に加えて、思考や予測に関わる部分の分析が不可欠であるとする。

3. 管制間隔と交通流の複雑さ

管制官にとって、安全のための間隔設定が第一の業務である。その中で、管制間隔の基準が異なるレーダ管制とノンレーダ管制の混在や、交通流の複雑さなどの交通の質による負担・負担の様相をいくつかの面から考察してみる。

3.1 レーダ管制とノンレーダ管制

まず、交通の質の一つとして管制間隔の異なるレーダ管制とノンレーダ管制の混在から検討してみる。

国内空域においてはレーダ管制が主となっているが、現状では一部ノンレーダ管制を行っている。

航空路管制においてノンレーダ管制を行わなければならない例として、外国管制機関との管制移管、管制官のいない空港への出入機、洋上セクターとの管制移管を扱う場合があげられる。

ノンレーダ管制はレーダ管制に比べ大きな管制間隔が必要であり、特にレーダ管制からノンレーダ管制への移行時には、管制官が考慮すべき事項が増え、必要な指示や取得情報も増えるため通信負荷も高くなる。ユーザー（パイロット）にとっても手間のかかる部分である。

セクターの最大交通量を検討するためにはノンレーダ管制の有無や頻度が考慮に入れられるべきとする。

3.2 出発機・到着機・通過機

次に、航空交通を分類するときによく用いられるのが出発機・到着機・通過機という大まかな分け方である。出発機と到着機はセクター内

で上昇・降下という高度変更をしているイメージを含んでいるが、通過機は巡航高度でセクターを通過していただくイメージで捉えられがちである。しかし、特定の通過機について、あるセクターでは出発機と同様の上昇中であつたり、到着機としての降下の指示が必要となる。つまり、セクターによっては通過機であっても出発機・到着機と同じような扱いをしている。管制官の負担・負担はその分だけ大きくなっているはずである。

実例として、東京航空交通管制部の関東北セクターについて、交通量カウントでは通過機として扱われるが、実際には上昇中あるいは規程には含まれていないが降下を必要とする航空機の経路を調べた。該当する通過機は、仙台空港出発機・到着機、山形・新潟到着機などである。これらの航空機は、セクター境界線の外側近くに各空港があるため、到着機とカウントされるセクターでの降下だけでは間に合わず、通過機として扱われるセクターでの高度処理が必要となる。

これらの指示は、内容と地域特性の分析をしなければ表面化しない。

このように、単に航空機の飛行計画経路から大まかな分類だけでセクターの交通量、そして管制官の負担・負担の評価をすることには、不合理な面を含んでしまうと思われる。

3.3 経路の交差点

交通の質としてあげられる3つめは、セクターに関わる定期便などの経路同士が交差・競合し、特に上昇・降下中の経路と干渉するという事態である。

図1は3.2において実例をあげた関東北セクターの主な飛行経路である。

図1には、羽田空港出発（緑）・到着機（マゼンタ）の経路、成田空港出発（茶）・到着機（赤）の経路、通過機として扱われるが出発・到着と同じような処理が必要な仙台空港出発・到着機の経路（青）を示している。便数の多い経路だけを示したが、どの経路も何箇所か上昇・降下中の航空機同士が交差する点が見える。

他の飛行経路を含めると交差点はさらに増加し、交差場所もセクター内に点在する。経路が

交差している場合には垂直間隔あるいはレーダ誘導による水平間隔を適用する。どちらを選択するかは担当管制官の判断によるが、何らかの処理をする必要があることを表している。特に交通量が多いときには、航空機を効率よく扱うために管制官は各航空機に対する注意配分量を変えていると思われる。すべての交差する航空機をレーダ誘導することは、注意すべき航空機数を増やしてしまうため、リスクを付加することになる。いずれにしても管制官の負荷・負担が高い状態になるのは避けられない。

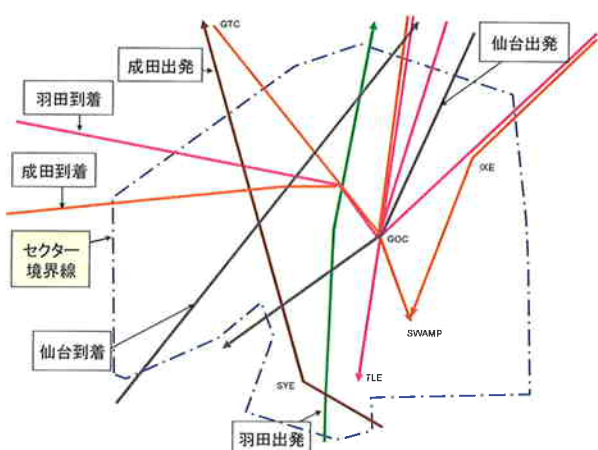


図1 関東北セクターの主な飛行経路

図1で示しているのは飛行計画経路による交差点であるが、到着機など管制移管の規程を満足するためにレーダ誘導を行えば、交差する位置がずれたり、交差する地点が増える可能性もある。逆に、レーダ誘導を利用して交差点をずらすことで高度差を付けて交差させることもできる。管制官の効率的なレーダ誘導が要求されるセクターであるため、繁忙時などにセクター全体の交通流の構想が見えなくなると、次々に現れる交差点での対応に追われ、オーバーロード状態になる可能性もある。

3.4 ルーティーン^[1]

セクターの地域特性を表すものとして、飛行経路による交通を分類してルーティーンとした。ここでいうルーティーンとは、ある程度パターン化され繰り返される頻度の高い管制処理過程である。経路毎の飛行形態の特徴や、規程等を満足するための処理の特徴などを含んでいる。

類似経路で同様の管制処理をするものを同一のルーティーンとして分類した。

図2は関東北セクターの主なルーティーンの関わりを示したものである。図中の矢印は、それぞれのルーティーンが干渉し合う関係を示し、矢印を多くもつルーティーンは干渉する機会が多いことを表している。ここでは関東北セクターについて分析したが、他のセクターについても同様の分析を行うことで、各セクターにおける交通の複雑さが比較できると思われる。

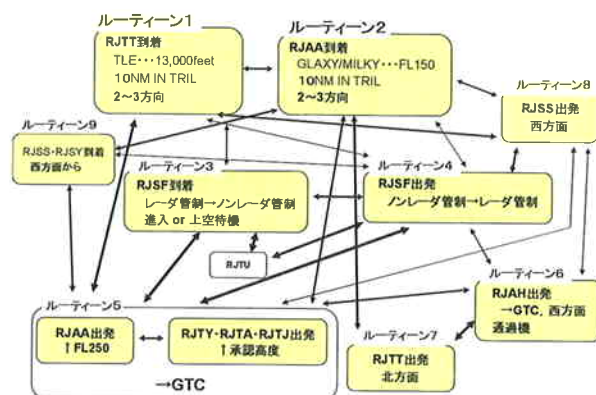


図2 関東北セクターのルーティーンの関わり

実際、このような干渉経路を多くもつセクターの管制官の負荷・負担は評価され難い。セクターの忙しさは、交通量だけでなく質的な側面も加味して評価するべきである。

ルーティーンの数が多ければ、管制官はいろいろな種類の管制間隔を設定するなど、各航空機に対する管制処理の種類が多くなる。また、ルーティーンの関わり方が複雑になれば、管制官の思考も複雑になる。複雑な交通流のセクターに対して、単純な交通流のセクターの交通量と同じ考え方を当てはめるのは、安全を損なう可能性が高いと考える。

4. 通信量・通信回数と負担・負荷について

セクター内の取り扱い機数が増加すれば当然通信量・通信回数も増加するはずである。セクターに入域してから出域するまで、最低でも管制官から2回、パイロットから2回、計4回の通信が行われる。これは高度や経路などに関する指示が行われない場合であり、このような航空機ばかりであれば機数を多く扱うことは可能

である。

今までの管制官のワークロード測定^[3]には通信量が主に用いられてきた。ここには、「意思決定所要時間に通信量は対応する」という前提があったように思われる。航空機の交通状況が格段に複雑化した現在、ルーティーンの内容や数、経路の交差状況、交通量などによって思考所要時間や通信回数・通信量も多様に変化していると思われる。

指示をするためにはまず思考が必要であり、複雑な思考を必要とするセクターにおいては思考に費やす時間が増えるはずである。管制官の負荷・負担の評価には、このような業務の多様性を考慮に入れるべきである。

5. レーダ対空席とレーダ調整席

昨年11月に当研究所において、前述の関東北セクターのシミュレーション実験を行った。被験者は当該セクターの有資格管制官である。実験に使用したシナリオは現実に近いもので、交通の質としては図1に示した経路の交差を利用した思考の難度の高いものである。

通常業務は、各セクターにレーダ対空席（以下、対空席）とレーダ調整席（以下、調整席）の最低2名体制で行われる。しかし、実験では各被験者に対空席のみでの試行を行った。この設定は、対空席の思考・判断が調整席によって左右されないよう配慮したものである。

試行後のインタビューでどの被験者も調整席がないことに対する不安感を述べた。通常と異なる配置も原因の一つだが、調整席によるダブルウォッチと支援を期待していた。安全を第一に考えるため、対空席が一人でレーダ画面上の交通に対応するより、冷静且つ客観的に監視する人間が必要と思われる。また、両席のコミュニケーションを通じて思考・判断や誤指示の訂正、欠落部分の補助をしていると見られる。

実際には対空席だけではできない業務がある。出発機の管制承認、口頭によるレーダ移管、移管先への高度や移管点の変更調整などである。管制機関相互に移管点や移管高度等が定められているが、この規程を満足できない状態で移管をしようとする場合、調整席の移管先への調整業務が発生する。このような規程を、移管点に

については移管範囲とすることで、範囲内での移管について調整業務が不要となるはずである。また、移管高度についても、移管高度に上限高度を加えることで、移管時の高度範囲を設け、範囲内での移管については調整不要となるはずである。移管時の規程を緩和することで、現在対空席の調整席に対する依頼や、調整席の移管先機関に対する調整件数を減少させることができるはずである。これによるユーザーのメリットについても検討する必要があると考える。

調整席の業務は対空席の業務負荷・負担に大きな影響を与えていると思われる。今後は調整席にも思考を含むタスク分析を行い、ワークロード測定や対空席への影響なども管制官の負荷・負担の対象とするべきである。

6. まとめ

管制官の負荷・負担について、航空路管制業務に特化して、交通の質に基づいて検討した。業務特性、地域特性、ルーティーンなど表面化していないが考慮されるべき項目や数値だけのデータ分析では評価されない負荷・負担について考察した。また、このような負荷・負担の評価のために、管制官の思考や予測を含めたタスク分析が必要であることを検討した。さらに、調整席についての評価の必要性も考察した。

今後、セクターによる地域特性やルーティーンを検討するために複数のセクターについての業務分析、調整席の業務分析による負荷・負担の評価手法を試みたい。

謝辞

本実験にご協力いただいた東京航空交通管制部の航空管制官各位に感謝いたします。

文献

- [1]井上 諭:航空路管制業務における管制官のヒューマンモデルに関する研究、東京大学大学院博士論文、2006年
- [2]井上 幸一:航空路管制官のワークロード評価手法とタスクプランニング分析に関する研究、東京大学大学院修士論文、2007年
- [3]労働科学研究所:管制業務におけるワークロード調査、1988年