

管制処理能力からみた航空交通管制セクタの交通容量

原子燃料工業(株)正会員 信原 伸司
 (株)原子力エンジニアリング 正会員○本間 一
 鳥取大学工学部 正会員 喜多 秀行

1. はじめに

近年の航空需要の増加にともない、多数の航空路が集中する地域では、複数の空港が近接して設置されるといった状況が生じてきている。これらの空港に離着陸する航空機は、同一空域を同時に使用することになるが、空域内の航空機数が極めて多くなると、所定の安全飛行間隔が確保できなくなる可能性が生じるとともに、安全飛行間隔を保つための航空交通管制自体の作業量が処理能力を超える恐れが生じ、空港周辺空域が交通容量の面で航空交通のボトルネックとなることが懸念される。

このような観点から著者の一人は空港周辺空域の交通容量を検討するための枠組みを提示し、極めて単純化されたモデルを用いて試算を行った¹⁾。本研究ではこの枠組みに沿い、管制空域を構成する管制セクタに着目した、より実的なモデルを構築し、安全飛行間隔の確保と管制処理能力の両者からそれぞれ規定される交通容量を比較する。

2. セクタにおける管制交通容量算定モデル

管制セクタの交通容量が増えるにつれて管制官の作業量が増加し、その作業量が一定限度を越えると航空機からの要求に即座に対応できなくなり待ちが生じる。また管制官は、複数の航空機を同時に管制下においており、必要に応じて管制作業を行っている。そして、各航空機に対する管制作業は、原則として必要性が生じた時点で見た先着順に行われ、管制処理回数はそれぞれ異なる。よって、管制処理作業を航空機に対する管制官のサービスと考え、上記の特性から、管制処理作業は一種のタイムシェアリング型待ち行列システムとみなせる。

そこでまず、セクタにおける管制作業を待ち行列システムとしてモデル化した。次いで、サービス特性としての管制処理時間（一回の管制処理に用いられる時間）を定めるとともに、客の特性である平均

管制要求間隔（航空機が管制官に管制処理を要求する平均間隔）と交通量、ルート配置などとの関係を定式化して組み込んだ。図1で示すように、モデルの出力として得られる平均管制処理間隔と平均管制要求間隔の差が実質的な管制待ち時間であり、この待ち時間がある一定限度（許容待ち時間）を越えないときの航空機数を算定して、これを管制処理能力から定まる交通容量とした。この容量を安全飛行間隔から算定される交通容量と比較し、小さい方が空港周辺空域の管制セクタの交通容量となる。

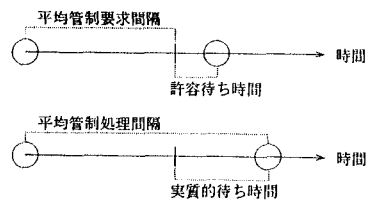


図1 実質的待ち時間と許容待ち時間

3. 仮想空域を対象とした数値解析

単純化された3つの仮想セクタ（図2）を設定し、種々の条件下で数値解析を行った。ただし航空機は速度は250 ノットとし、ルーチン作業単位距離（航空機が管制官にルーチン作業を要求する距離的な間隔）は、10～100 kmの間で変化させた。

(1) 許容待ち時間と交通容量

許容待ち時間を0から60秒に変化させると、交通容量は数機増加する。しかし、さらに60秒の待ちを認め許容待ち時間を120秒としてもあまり変化が見られなかった。このことから、ある一定の交通容量になるまでは待ち時間は緩やかに増えるが、一定量を越えると急激に待ちが増加するといえる。その結果、許容待ち時間をいくら多くとっても交通容量には限界があることが分かる。

(2) ルーチン作業時間と交通容量

ルーチン作業とは管制処理作業の一種であり、

航空機のレーダ管理や情報提供などを含んでいる。ルーチン作業時間が短くなれば、航空機1機に対するサービス時間が減少し、より多くの交通容量に対応可能である。(図3)

(3) ルートの長さ(セクタの大きさ)と交通容量

ここでいうルートの長さとはセクタの流入点から流出点までの距離のことで、交通容量は最初、ルートが長くなるにつれて増加するが、ある長さを越えると逆にルートが長くなるにつれて減少している。このような現象は次の理由によると考えられる。ルートが長くなると航空機1機に対するルーチン作業回数は増え、単位時間あたりの管制処理作業量が多くなるため交通容量は減少する。逆にルート shorten するとルーチン作業回数は少なくなるが、セクタへの出入りに必要な作業の回数、及び、ルート交差点で発生する交差処理作業の回数は変化しない。その結果、ルートの短縮効果の方が管制処理回数の減少効果より卓越するため管制要求間隔が短くなり、交通容量が減少する。これより、セクタには交通容量を最大にする最適な大きさがあると考えられる。(図4)

(4) セクタと交通容量

セクタa~cの交通容量にはかなりの差があった。これは、セクタaでは、航空機どうしが交差する可能性がなく交差処理作業を行う必要がないため、航空機1機に対する管制処理回数が少なく、より多くの交通容量に対応できるためである。

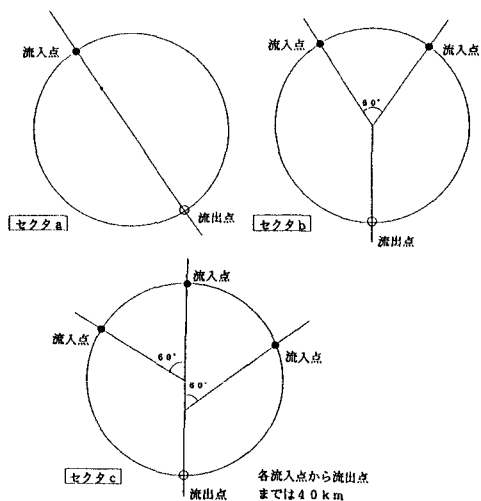


図2 仮想セクタの概念図

このことは、ネットワーク構造が管制交通容量にも大きく寄与していることを示している。

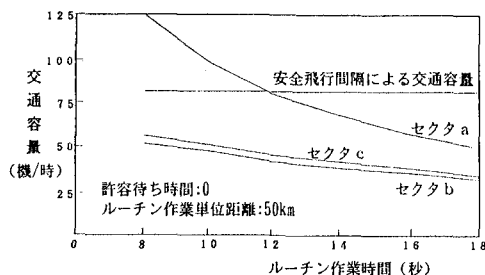


図3 ルーチン作業時間と交通容量

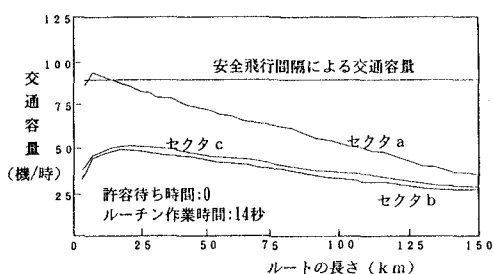


図4 ルートの長さで交通容量

4. 安全飛行間隔に基づく交通容量との比較

セクタの安全飛行間隔に基づく交通容量は、ルート上に安全飛行間隔で航空機を密に並べた時の交通容量である。ここでは安全飛行間隔を3海里とし、交通容量は各セクタとも83機となった(交通容量はルートの交差点の容量に支配されるためルート数には依存しない)。図3、図4からも理解されるように、検討した条件下ではセクタの交通容量はほぼ管制処理能力によって規定されることが考えられる。

5. おわりに

本報告では、空港周辺空域における1つの管制セクタに着目して交通容量の検討を行った。空域全体の交通容量を論じる場合には空域のセクタ分割法についても考慮する必要があるが、これについては別に機会に発表する予定である。

参考文献

- 1) 喜多・舟木・大江: 空港周辺空域の最大交通容量に関する一考察, 土木計画学研究・講演集, No.14(1), pp.97 ~104, 1991