

IV-29

通勤ター航空のネットワーク構成に関する研究

北海道大学 正員 ○ 田村亨
建設省 正員 稲野茂
北海道大学 正員 五十嵐日出夫

1. はじめに

近年の交通需要の多様化や高速交通の需要増大により、地方自治体でも通勤ター航空導入を本格的に検討しているところが増えつつある。通勤ター航空の特徴としては、交通システムとしての導入の費用は鉄道や高速道路に比べてかなり低いものの、その運営費用に見合う運賃収入を得ることが難しい点あげられる。採算性を向上させる手段としては、路線をネットワーク化して運航の効率を向上させることが指摘されているが、従来の通勤ター航空に関する研究では、対象を単一路線とし、その需要予測を行ったに過ぎないものが多い。

そこで本研究は、複数の路線を組み合わせたネットワーク交通として通勤ター航空を捉え、ネットワークに対する航空機材のスケジュールの最適化分析により、通勤ター航空の導入の可能性について考察することを目的とする。

2. 航空旅客予測モデル

航空需要が1日の時間をおいて変動している原因は、個々の利用者における交通機関選択も時間をおいて変動していることによるものと考えられる。つまり交通行動を起こす個人には航空機を利用できる時間帯が定まっており、航空機を選択する場合には、その利用できる時間帯の範囲内に航空機の運航がある場合であると考える。そこでこの個々の利用者の航空機選択が時間をおいて、利用できない(しない)時間帯と利用できる(する)時間帯といった2段階の[0,1]に変化していると仮定すると、運航時刻の要因を取り上げた航空需要予測モデルとして以下の定式化が可能になる。

$$P = N / n \times \sum \delta_i$$

P: 路線の航空機旅客数 N: 路線の総航空需要量 n: Nより抽出したサンプル数

以下の δ_i は抽出した1個人iについて

$\delta_i = 1$: 利用できる時間帯内に航空機の運航がある

$\delta_i = 0$: 利用できる時間帯内に航空機の運航がない

航空需要予測モデルを実データに基づいて構築するために航空機利用者に対してアンケート調査を実施した。

調査は、日本近距離航空の丘珠空港を離発着している航空路線(使用機材YS-11)の一日計10便の乗客を対象とし、昭和61年12月17日～19日に実施し、482の有効票を得た。

図1は航空機利用者実態調査に基づき、個々の利用者の希望する運航時刻を集計したものである。ここで希望する運航時刻と実際の運航時刻との差と、利用者の航空機選択率を線形回帰させると以下の式になる。

$$R_{ts} = 1 - |t - s| \times K_s, \quad M_{ts} = M_t \times R_{ts}, \quad P_s = \sum M_{ts}$$

M_t : 時刻tを希望する人数、 P_s : 時刻sの便の旅客数

M_{ts} : 時刻tを希望する人で、時刻sの便を利用可能な(する)人数

K_s : 定数、s: 航空機の出発時刻、t: 出発希望時刻

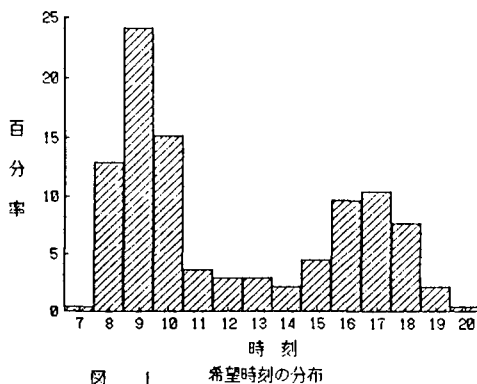


図1 希望時刻の分布

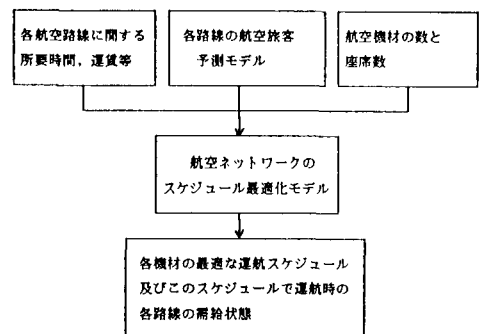


図2 航空ネットワークのスケジュール最適化モデル

ここで調査結果により、 $k s$ を航空機の運航時刻 s により回帰させると以下の式になる。

$$\begin{cases} t < s \text{ の場合} \\ k s = 24.092 - 0.742 \times s \quad \text{相関係数 } 0.75 \end{cases} \quad \begin{cases} t > s \text{ の場合} \\ k s = -16.373 + 2.536 \times s \quad \text{相関係数 } 0.93 \end{cases}$$

（ s の単位は時間である。9時30分→9.5）

3. 航空ネットワークのスケジュール最適化モデル

ここでは複数路線を組み合わせた航空ネットワークを対象として、航空機の運航スケジュールの最適化分析を行う。最適化を行う際の目的関数は、ネットワークの1日の延べ旅客数を取り上げ、その最大化を図る。つまり、航空機を複数機保有している航空会社が定められた航空路線において航空機を運航する際に、得られる総運賃収入が最大になるように各航空機の1日の運航スケジュールを求めるものである。この問題は組合せ最適化問題として捉えることができ、列挙法による解法が一般的と考えられる。しかし列挙法は可能な組合せ全てを調べ、その中での最適解を求める方法であり、問題の規模が大きい場合には組合せ数が指数的に増大し現実的な時間内に解くことが不可能になる場合がある。本研究においては列挙法の中に一部以下の式に示す分枝限定法概念を導入して、組合せ数の指数的増大を抑えている。

$$P_{i-1} \geq P_i, \quad (N+1-i) \times P_i \geq P_{\max} - \sum_{j=1}^{i-1} P_j$$

以上の条件が満足された場合にのみ、次の機材のスケジュール探索へ進む。

但し、 N ：航空機材の数、 $P_{\max}$ ：探索途中の目的関数の最大値

P_i ：機材 i の1日の運航によって得られる部分的目的関数

図2に航空ネットワークのスケジュール最適化モデルの概念図を示す。実際にこの最適化モデルを適用する場合には、航空路線長（時間距離）、各路線の航空旅客予測モデル、航空機材の定員と保有機材数の3つを外生要因としてモデルに入力し、制約条件内の各航空機の可能な運航スケジュール列挙探索することにより、ネットワーク全体として最適な運航スケジュールを求めるものである。今回は図3に示すような5空港からなるハブ&スポークの航空ネットワークに対して本モデルを適用した。なお諸条件については表1に示しているが

航空機の数に関しては2機、3機、4機の3つの場合についてそれぞれ行った。各場合における旅客等の予測値を表2にまとめている。

4. 本研究の成果

以上、研究の成果として以下の点があげられる。

○コムーター航空のネットワーク構成に関して、ネットワーク全体の最適な航空機運航スケジュールを求める方法を明示した。

○航空旅客予測モデルとして、航空需要と供給の両方の点について考慮したモデルの構築の概念と方法を明示した。

今後はこれらの手法を実際のネットワークに適用し、最適スケジュールにおける採算性を考慮することにより、地域レベルにおけるコムーター航空の導入の可能性について検討を加えていくことが必要となる。

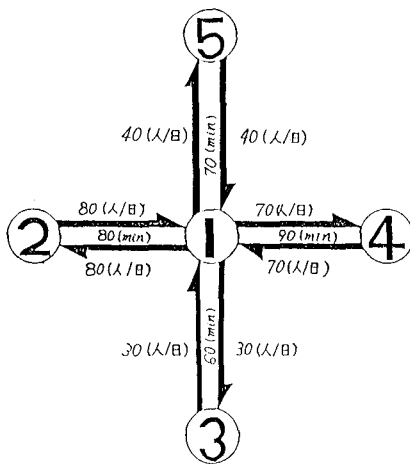


図3 最適化対象航空ネットワーク

表1 スケジュール最適化モデルの諸条件

目的関数	1日の総航空旅客最大
制約条件	○航空機の運航時間は8時から17時とする。ただし着陸に関しては17時以降もこれを認める。 ○各航空機は8時に空港1を出発し、運航時間内にこの空港に戻ってくる。 ○各路線の所要時間には整備のための時間30分を含んでおり各航空機は、この整備が終了したと同時に離陸するものとする。 ○各航空機の定員は19名とする。

表2 各場合における需給関係

対象路線	全路線（8路線）		
機材数	2機	3機	4機
便数	16便	24便	32便
旅客数	271人	344人	379人
座席利用率	89.1%	75.4%	62.3%
顕在化率	61.6%	78.2%	86.1%