

IV-259 同一都市圏における複数空港間の路線配分に関する基礎的研究 -東京圏を事例として

東京大学 学生員 斎藤博之
東京大学 正 員 渡邊法美
東京大学 正 員 國島正彦

1. はじめに

現在我国において一つの都市圏に複数の主要空港を持つ都市圏は東京だけであるが、今後、関西新空港の完成により大坂圏もそれに加わることになり、我国の2大都市圏はともに複数の主要空港を持つことになる。このときそれらの複数の空港への国内線・国際線両路線の配分に関する問題——即ち現在の東京圏のように両路線を分離するべきか、或いはニューヨーク圏のように混在させるべきか——について検討することは航空輸送が一般化し、国民にとって特別なものではなくなってきた現在重要であると考えられる。本研究は、複数空港間への路線の最適配分を決定する第一歩として、利用者の時間的利便性に着目した意思決定モデルを構築し、東京圏を事例にシミュレーションを行った。

2. 路線配分決定基本モデル

本研究では、アクセス時間や乗継ぎ時間など利用者の時間的利便性に関連する要因に着目し、利用者の総旅行時間と新たに導入した利用者のアクセス指数の総和を最小化するモデルを構築した。これらのモデルは次のように表される。

1. 総旅行時間最小化モデル

目的関数:

$$\text{最小化 } Z = \sum_{k \in K_A} \sum_j \sum_{i \in I_A} T_{ijk} P_{ijk} + \sum_{k \in K_L} \sum_j \sum_{i \in I_A} t_{ijk} P_{ijk} + \sum_{k \in K_A} \sum_j \sum_{i \in I_L} t_{ijk} P_{ijk} \quad (1)$$

$$\text{制約条件: } \sum_{i \in I_A} \sum_l \sum_m m x_{ijm}^l \leq M_j / 2 \quad (2)$$

$$\sum_j \sum_l \sum_m \alpha_l m x_{ijm}^l \geq P_i \quad (3)$$

$$\begin{cases} \sum_j P_{ijk} = P_{ik} \\ \sum_j P_{ijk} = P_{ik} \end{cases} \quad (4)$$

$$\sum_l \sum_m x_{ijm}^l = 1 \quad (5)$$

2. 総アクセス指数最小化モデル

目的関数:

$$\text{最小化 } Z = \sum_{k \in K_A} \sum_j \sum_{i \in I_A} A_{ijk} P_{ijk} + \sum_{k \in K_L} \sum_j \sum_{i \in I_A} a_{ijk} P_{ijk} + \sum_{k \in K_A} \sum_j \sum_{i \in I_L} a_{ijk} P_{ijk} \quad (6)$$

制約条件: モデル1と同じ

ここで i, j, k はそれぞれ出発地・空港・目的地を表し、 l, m は航空機の機種と路線の便数を表す。ここで、 I_A, K_A は航空機を用いて東京圏の空港と結ばれている出発・目的地の集合を表し、 I_L, K_L は陸上交通機関で東京圏の空港と結ばれている出発・目的地の集合を表す。また T, P はそれぞれ旅行時間・旅客数を表し、その時大文字で示されたものは全て航空利用のトリップを、小文字で示されたものは陸上移動区間も含むトリップを表す。また、 x は路線の便数が整数であることを規定する 0-1 変数とする。 M, α はそれぞれ空港の最大離発着回数と航空機の平均搭乗旅客数を表す。 A はアクセス指数であり、アクセス時間と乗継ぎ時間の和を飛行時間で除したものと定義する。

(2),(3),(4),(5) 式はそれぞれ空港容量、路線旅客数、発生旅客数、整数規定に関する制約条件を表す。以上のモデルは $P_{ijk}, P_{ijk}, x_{ijm}^l$ を意思決定変数とする混合 0-1 計画問題となり、 P_{ijk}, P_{ijk} は連続変数、 x_{ijm}^l は 0-1 変数である。

3. 事例研究

以上述べたモデルと、東京圏の2空港（東京国際空港、以下羽田と新東京国際空港、以下成田）に関するデータを用いて分枝限定法で求解し、シミュレーションを行った。東京圏に関するデータは、運輸省による平成3年度航空旅客動態調査と平成元年度国際航空旅客動態調査の結果を用いて作成した。ここで出発・目的地は国内29地点、海外16地点の合計45地点にまとめた。その際、意思決定変数の総数は約4250個（うち0-1変数は約700個）、制約条件式は約1860個となった。

また、税関・出入国管理・検疫（CIQ）の運営などの現実的問題から前述の(2)式の空港容量制約を、国内線・国

際線別に分けて出発便数の制約を定め、いくつかの段階に変化させたものについても計算を実行した。

[3.1] 計算結果とモデルによる相違

モデル1とモデル2について計算を行ない結果を比較したところ、大きな相違点は存在しなかったが、モデル2のほうに、東京圏を起点及び終点とする旅客が羽田を用い、東京圏で乗り継ぐ旅客が成田を用いる傾向が若干強くみられた。その際の羽田、成田の出発便数と利用旅客数、主要な地域別便数は図1,2,3のように表される。ここで、現況値とは本研究で仮定した各機種別の平均搭乗旅客数を現状の路線に当てはめ便数を算出したものである。総旅行時間や総アクセス指数の減少率は5%程度であったが、総アクセス時間だけとってみると20%弱の減少となった。

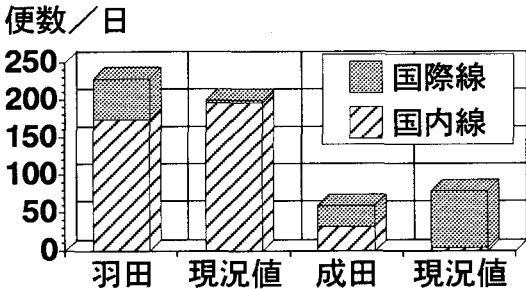


図1 空港別出発便数

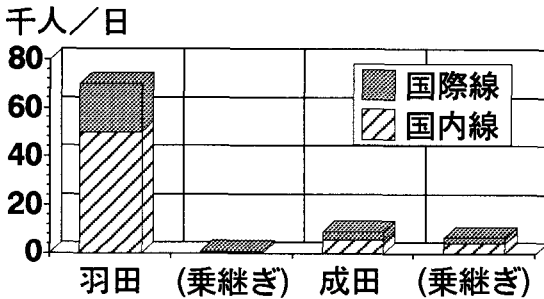
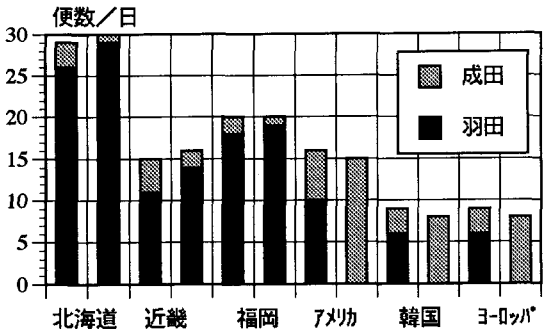


図2 空港別利用者数



左：計算値、右：現況値

図3 主要地域別便数

[3.2] 国内線・国際線別制約付き計算結果

国内線・国際線別に制約を定めた計算結果を図4に示す。このとき羽田の国内線の発着枠と成田の国際線の発着枠の交換数が0から増加していくにつれて総アクセス指数は減少し、成田における国内線の総便数が約50になった時点で最小値をとった後、増加に転じることが判明した。

総アクセス指数（単位：10万）

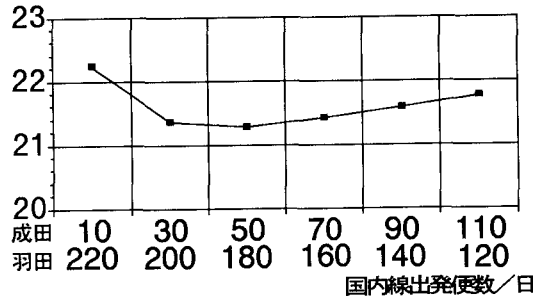


図4 空港別国内線出発便数－総アクセス指数グラフ

4. おわりに

利用者の時間的利便性を表す指標として総旅行時間並びに新たに定義したアクセス指数を導入した後、これらの指標を最小化するような路線配分を決定する意思決定モデルを構築し、航空旅客動態調査で得られた結果を用いてモデルを計算した。その結果利用者の時間的利便性のみに着目した場合、国内線・国際線を分離して運用するより混在して運用するほうが望ましいことが明かになった。

今後の課題として、運賃や運行頻度など利用者の空港利用に影響を及ぼすその他の要因のモデルへの導入、航空企業や政府の視点に立脚した検討、計算時間を短縮する解法アルゴリズムの開発等が挙げられる。

[謝辞]

資料の収集等にあたり運輸省航空局飛行場部計画課の皆様にご協力頂きました。ここに深く感謝の意を表す次第です。

[参考文献]

- [1] FAA/MIT(Richard de Neufville), Multi-Airport System in Metropolitan Regions, March 1986.