

アジア旅客を対象とした国際航空旅客輸送市場のモデル分析

Model Analysis on International Aviation Transport Market

Focusing on Asian Passengers' Behavior

黒田勝彦*, 竹林幹雄**, 鈴木秀彦***, 宮内敏昌***

By Katsuhiko KURODA*, Mikio TAKEBAYASHI**, Hidehiko SUZUKI*** and Toshimasa MIYAUCHI***

1.はじめに

来世紀初頭には、北米やヨーロッパ地域を抜きアジアが世界最大の航空市場になると予測されている。一方、国際航空旅客輸送においては自由化、いわゆる"Open Sky"が進行しつつある。国際航空旅客輸送市場はアジアを中心として大きく変化することが予想され、空港計画を検討する上で、このような変化に対応した旅客需要予測モデルの開発が急務となってくる。

そこで本研究では自由化が進化した将来のアジアを中心とした国際航空旅客市場を予測するために、航空旅客輸送市場のモデル化を試みる。そして、提案したモデルの特性を検討し、モデル分析を通じてアジアにおける航空旅客輸送市場構造について考察を加える。

また、本研究では、ユーザの目的は、自らの移動コストを最小化するものとした。

以上のモデルの概念図を図-1に示す。

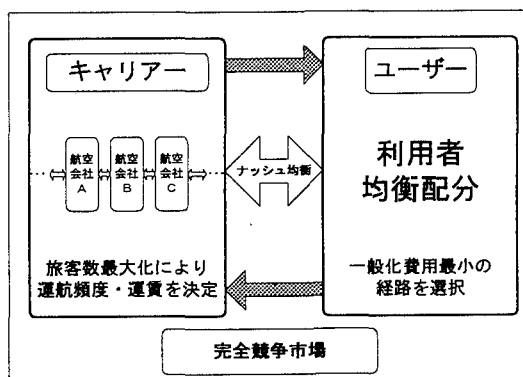


図-1 モデルの概念

2.国際航空旅客需要推定モデルの構築

航空旅客流動およびキャリアーの空港選択行動を扱った研究には黒田らの研究²⁾や小林らの研究³⁾が挙げられるが、本研究では黒田らの研究で提示された完全競争市場の仮定を踏襲し、小林らの指摘した「密度の経済性」を考慮しつつ、空港における滑走路容量を制約として設け、モデルを拡張する。

まず、国際航空旅客市場は完全競争市場であるものと仮定し、キャリアーは市場の拡大を目指すものとした。

次に、キャリアーとユーザの関係をナッシュ的であると仮定した。すなわち、情報が対称であり、市場における意思決定が階層的には行われぬ、と仮定した。

Key Words 空港計画

*フェロー会員 神戸大学工学部建設学科

(神戸市灘区六甲台町 1-1; TEL 078-803-6008)

**正会員 神戸大学工学部建設学科

***学生員 神戸大学大学院自然科学研究科

(1) キャリアーの行動

キャリアーは、旅客市場の拡大、すなわち各路線の獲得する旅客の最大化を目的として、便数を決定するものとする。便数については空港容量内で配便し、往復での便数は等しいものとする。さらに、便数と運賃は連続変数として取り扱い、OD交通量はすべて運ばなければならないものとする。以下に定式化を示す。

$$\max \sum_i x_i \quad (1)$$

$$s.t. \sum \delta_h^i \cdot f_i \leq CA^h \quad (2)$$

$$x_i \leq f_i \cdot CP_i \quad (3)$$

$$f_i = f_i \quad (4)$$

$$f_i, p_i \geq 0 \quad (5)$$

ここで、(2)式 滑走路容量制約式、(3)式 リンク容量

制約式, (4)式 往復リンク運航頻度等号制約式, (5)式 非負条件式である。また, f_l :リンク l の運航頻度(便/週), x_l :リンク l の旅行者数(人/週), AC^l :リンク l に機材を投入する際の運航費用(USドル/機), LC^h :空港 h を使用するときの 1 回あたりの空港使用料(USドル/回), $\Theta(f_n)$:空港の混雑費用(USドル), f_h :空港 h の総乗り入れ便数(便/週), δ_k^l :クロネッカーデルタ(リンク l が空港 h を通るとき 1, そうでないとき 0), p_l :リンク l の運賃(USドル/人), CA^h :空港 h の滑走路容量(便/週), CP_l :リンク l の機材 1 機あたりの機材容量(人/機)である。

キャリアーは獲得する旅客数最大化を目的としているが, 各リンクごとに完全競争状態である場合, 長期的にキャリアーの収入と支出が均衡する。すなわちキャリアーの利潤はゼロになる。したがって運賃は均衡価格として提示され, 以下のように導出される。

$$P_l = P_l = \frac{1}{2} \left(\frac{f_l \cdot (AC^l + \delta_k^l \cdot LC^h) + \Theta(f_l)}{x_l} + \frac{f_l \cdot (AC^l + \delta_k^l \cdot LC^h) + \Theta(f_l)}{x_l} \right) \quad (6)$$

ここで, $\hat{l}$:リンク l の復路である。(6)式で, 右辺第一項は往路の平均費用, 第二項は復路の平均費用を示す。

(2) ユーザ(旅行者)の行動

ユーザは, 一般化費用(旅行時間に時間価値換算係数を乗じたものと旅行費用の和)を最小化する路線を選択するものとする。旅行者の空港での待ち時間において, キャンセル待ちなどによる混雑がコスト化され, 意思決定に反映されるものと仮定した。

以下に定式化を示す。

$$\sum_k \delta_k^l \cdot u_l = \sum_k \delta_k^l \cdot \{p_l + \varepsilon \cdot t_l + \Omega(x_l)\} \quad (7)$$

$$s.t. \quad X_{ij} = \sum_k x_{ij}^k \quad (8)$$

$$x_l = \sum_i \sum_j \sum_k \delta_k^l \cdot x_{ij}^k \quad (9)$$

$$x_{ij}^k \geq 0 \quad (10)$$

式(8)は OD 交通量の保存式, 式(9)はリンク旅行者の保存式, 式(10)は非負条件式である。

また, u_l :リンク l の一般化費用(USドル/人), p_l :リンク l の運賃(USドル/人), t_l :リンク l の旅行時間(分), ε :旅客の時間価値, δ_k^l :クロネッカーデルタ(ij 間 k 経路がリンク l を通るとき 1, そうでないとき 0), x_{ij}^k : ij 間 k 経路の旅行者数(人/週), X_{ij} :ゾーン ij 間の旅行者数(人/週)を指すものとする。

さて, OD 交通量 X_{ij} に関しては, 重力モデルを仮定し, ij 間の旅行者数を以下のように表すこととした。

$$X_{ij} = K \cdot \frac{(G_i G_j)^\alpha \cdot (P_i P_j)^\beta \cdot D_1^{d_1} \cdot D_2^{d_2} \cdot \dots \cdot D_k^{d_k}}{(\sum_l \delta_k^l \cdot u_l)^\gamma} \quad (11)$$

ここで, X_{ij} :ゾーン ij 間 OD 交通量(人/週), u_l :リンク l の一般化費用(USドル/人), G_i :ゾーン i の一人あたり GDP(USドル/人), G_j :ゾーン j の一人あたり GDP(USドル/人), P_i :ゾーン i の都市圏人口(人), P_j :ゾーン j の都市圏人口(人), $K, \alpha, \beta, \gamma, d_1, d_2, \dots, d_k$:パラメータ, $D_1, D_2, \dots, D_k$:ダミー変数である。

ユーザが選択する経路において, 利用者均衡が成立すると仮定した場合, 以下の均衡条件を導出できる。

$$x_{ij}^k > 0 \text{ ならば, } \sum_l \delta_k^l \cdot u_l = \lambda_{ij} \quad \forall i, j \quad (12)$$

$$x_{ij}^k = 0 \text{ ならば, } \sum_l \delta_k^l \cdot u_l > \lambda_{ij} \quad \forall i, j \quad (13)$$

ここで, λ_{ij} :ゾーン ij 間で選択された経路の一般化費用(USドル)とする。

3. モデルの適用

本研究では, 将来のアジア-太平洋-欧米航空旅客輸送市場を対象として, 規制緩和の進んだ自由競争市場が成立した状態を想定し, 本研究で構築したモデルの特性について検討を加える。

図-2, 3 より, まず各空港における経路便利用者数はソウル, 上海, 香港, 台北, シンガポールなどで多く, ソウルおよび香港が極東地域の, シンガポールが東南アジア地域のハブ空港として機能し, 極東, 東南アジアにハブ空港が 2 極分化する傾向にあることがわかる。この 3 つの空港は, キャリヤーに対する空港容量が比較

的大きいこと、空港使用料が比較的安価であることなど、キャリアーに対するサービスレベルが高いために多くサービスルートが設定されたと考えられる。また、上海、台北に関しては中継空港別に検討すると、それぞれソウル、香港の機能補完的な役割を行うように挙動することが把握できる。

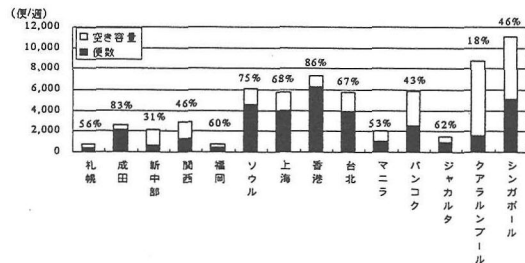


図-2 空港別就航便数(基本ケース)

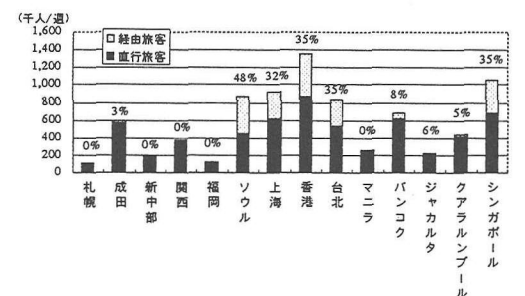


図-3 空港別利用者数(基本ケース)

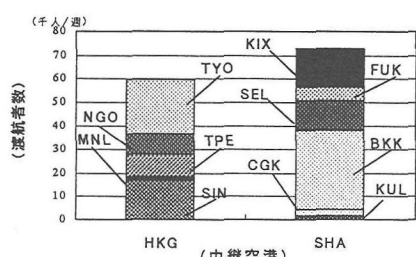


図-4 北米方面

次に、渡航方面別に検討を行う。北米方面については、経由便旅行者は香港および上海の各空港を選択する傾向にある。その内訳は、香港では、成田・新中部・台北・シンガポール、上海では関西・福岡・ソウル・台北の各空港からの乗り継ぎである。上海がハブ空港として利用されるのは、ソウルの空港稼働率の上昇により、本来ソウルを利用する旅客が上海で乗り継ぎを行うため

であると考えられる。

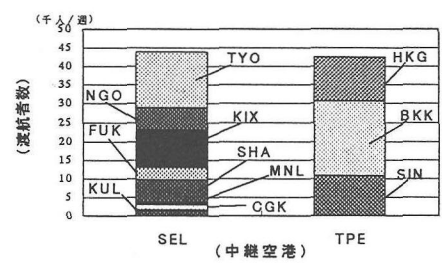


図-5 西ヨーロッパ方面

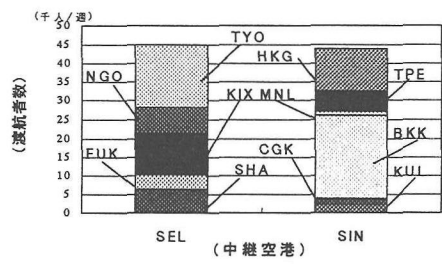


図-6 東ヨーロッパ方面

西ヨーロッパ方面については、ソウルおよび台北で多数の経由便旅行者が利用する傾向にあることがわかる。ソウルでは、日本を含む極東地域の各国の旅客が、台北では香港・バンコク・シンガポールの旅客が乗り継ぎをおこなっている。台北で経由便旅客が多く生じる理由としては香港の空港稼働率の上昇により、旅客が地理的に近い台北を利用したためであると考えられる。

東ヨーロッパ方面においては、ソウルおよびシンガポールがハブ空港として機能する。東ヨーロッパ方面への乗り継ぎは極東および東南アジアのハブ空港の2極分化が顕著に現れており、ソウルでは上海・日本の旅客が、シンガポールにおいては香港・台北および東南アジア各国の旅客が利用する傾向にあるといえる。

また、日本を発着とする旅行者の多くがソウルおよび香港を経由しており、日本の空港はローカル空港となっている。

以上のように、各空港間にはハブ/ローカルという階層構造が形成され、空港の離発着数、空港使用料がハブ化における主要な要因であると推察される。この点から考えれば、我が国の空港はアジア諸空港に比して不利であること否めない。

そこで、次に、我が国の空港が利用者数を増加させるための要件について検討を加える。ここでは1例として、日本の各空港と競合関係にあると考えられるソウルで、経済的な理由などでの空港計画の遅延があった場合の経便旅客の動向を、ケーススタディとして取り上げる。

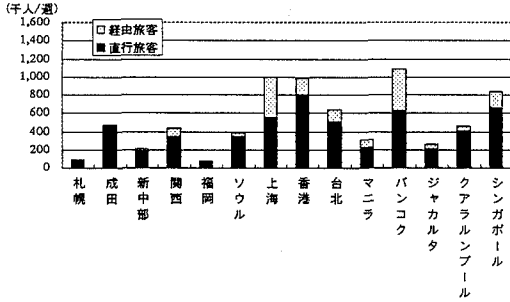


図-7 ソウルが滑走路を2本供用(Case1)

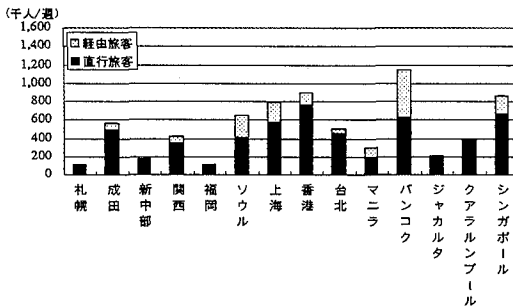


図-8 ソウルが滑走路を3本供用(Case2)

図-7, 8 より、ソウルの空港容量を変化させても、ジャカルタおよびクアラルンプール、シンガポールの旅客数はほとんど変化しないことがわかる。一方、東アジア地域(上海・香港およびバンコクを含む)の空港の旅客数は大きく変動しており、これらの空港はソウルの旅客を東アジア地域の空港全体で補完していると考えられる。基本的に日本の空港は、地理的にソウルと近いため、ソウルの旅客が多く利用すると考えられる。しかし、空港容量が小さいために旅客を受け入れることができない。一方、空港容量が比較的大きい上海がソウルの経便旅客の受け皿になっており、そこから波及してバンコクの旅客が増加していると考えられる。

図-9 は日本の各空港を発着とする旅客数の変化をソウルでの滑走路容量の変化と対応させたものである。これより、ソウルが2本、3本、4本(基本ケース)と供用し

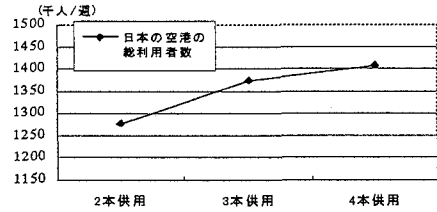


図-9 ソウルの滑走路供用の影響

ていくにつれ、日本発着旅客数が増加していくことがわかる。これは日本発着旅客のコストの減少がソウルの拡張によって生じることを示しており、結果的に free ride が生じていることがわかる。

さて、空港政策の点からは、ソウルの拡張への free ride、我が国の空港の拡張、さらには双方のコンビネーションの効果を比較することが重要である。この点について検討を加えるためにさらにシミュレーションを行ったが、紙面の都合上、詳細に関しては講演時に発表することとする。

4. おわりに

本研究では、国際航空旅客市場を規制緩和の進んだ完全競争市場として、エアラインと旅客によって構成される国際航空旅客需要推定モデルを構築した。そして、構築したモデルを用いて、アジア内における空港間の階層構造、およびその成立要因について検討を加えた。

今後は、複数の異なるサービスを提供するエアラインの競合、属性の異なる旅行者の存在などをモデルで取り扱うことが可能なように、モデルを拡張する必要がある。

【参考文献】

- 1) IATA: Asia-Pacific Air Transport Forecast 1985-2010, 1993.
- 2) 黒田勝彦, 竹林幹雄ほか: 国際ハブ空港の立地が国際航空旅客輸送市場に与える影響に関する研究, 土木計画学研究・講演集, 733-736, 1998.
- 3) 小林潔司, 栗野盛光ほか: 空港料金が航空ネットワーク構造に及ぼす影響に関する一考察, 土木学会第 53 回年次学術講演集, 284-285, 1998.10.