

N-207

キャリアーと旅行者との均衡を考慮した国際航空旅客需要予測モデルに関する基礎的研究

建設省 正会員	三保木悦幸
神戸大学工学部 フェロー会員	黒田 勝彦
神戸大学工学部 正会員	竹林 幹雄
神戸大学大学院 学生会員	正木 智也

1. はじめに

我が国の航空需要は、経済成長とともに、近年まで著しい増加をたどってきた。バブル経済の崩壊後一時的に停滞したものの、関西国際空港開港後は増加の兆しを見せ、前年比で約10%の伸びを示しており、国際旅客数にいたっては、2010年には1993年の2.6倍になると発表されている。

こうした中で我が国では航空需要の伸びに対する空港整備の遅れが指摘されており、我が国の経済的・社会的な発展のためには、空港容量がそのボトルネックにならないための空港整備を行っていく必要があると思われる。そのためには航空旅客輸送市場の構造を明らかにする必要がある。

本研究では、国際航空旅客流動を検討するために、集計的なアプローチから、精度の高い簡便なモデルの構築を目的としている。

2. 航空旅客輸送均衡モデルの構築

本研究では、キャリアーと旅行者の関係をシュタッケルベルグ均衡関係¹⁾と仮定してモデルの構築を行った。ただし、本研究において、対象旅客輸送市場をキャリアーの独占市場であるとして定式化を行っている。

(1) キャリアーの行動

航空会社は、旅行者の経路選択行動が最適化されることを前提条件として、自己の利潤を最大化する戦略を採り得るとし、以下のような定式化を行った。

$$\begin{aligned} \max B(y^i) = & \sum_i \sum_j \sum_k \left(\sum_k p^i \cdot \delta_k^i \cdot x_{ijk} \right) \\ & - \sum_m \sum_{i \in L} y_m^i \cdot AC_m^i - \sum_m \sum_{i \in L} \delta_h^i \cdot LC_m^h \cdot y_m^i \quad (1) \\ \text{s.t.} \quad & \sum_m \sum_{i \in L} \delta_h^i \cdot y_m^i \leq CA^h \quad (2) \\ & y_m^i = y_m^j \quad (3) \\ & y_m^i \geq 0 \quad (4) \\ \text{and} \quad & \boxed{\text{ユーザー行動式} \quad \text{s.t. 制約条件式}} \end{aligned}$$

ここで、 x_{ijk} : ij 間 k 経路の旅行者数(人)、 δ_k^i : クロネッカー δ (ij 間 k 経路がリンク l を通るとき 1、そうでないとき 0)、 p^i : リンク l の運賃(円/人・回)、 y_m^i : リンク l の機材 m の運航頻度(回/日)、 y_m^j : リンク l の往復リンク $\hat{l}$ での機材 m の運航頻度(回/日)、 AC_m^i : リンク l に機材 m を投入する際の運航費用(円/回)、 LC_m^h : 空港 h を使用するときの機材 m の 1 回あたりの着陸料(円/回)、 δ_h^i : クロネッカー δ (リンク l が h 空港を通るとき 1、そうでないとき 0)、 CA^h : 空港 h の空港容量(便/日)、 L : 路線の集合。

(2) 旅行者の行動

旅行者の行動は、キャリアーの頻度、所要時間および路線運賃を知らされて、自己の経路選択行動を最適化することとする。

本研究では旅行者の行動規範として、総時間価値最小を設けた。以下に総時間価値最小規範の場合の行動式を示す。

$$\begin{aligned} \min CT(x_{ijk}) = & \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} \cdot \left\{ p_{ijk} + \alpha \cdot t_{ijk} \right\} \\ = & \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} \cdot \left\{ \left(p_{ijk}^m + \sum_{i \in L} \delta_k^i \cdot p^i \right) \right. \\ & \left. + \alpha \cdot \left(t_{ijk}^m + \sum_{i \in L} \delta_k^i \cdot t^i + \sum_{i \in L} \delta_{2k}^i \cdot \delta_{2k}^i \cdot \frac{OT^h}{2 \cdot \sum_m y_m^i} + \sum_{i \in L} \sum_h \delta_{3k}^i \cdot \delta_{2k}^i \cdot WT \right) \right\} \quad (5) \end{aligned}$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_k x_{ijk} = X_{ij} \quad (6)$$

$$\sum_i \sum_j \sum_k \delta_k^i \cdot x_{ijk} \leq y^i \cdot CP^i \cdot \lambda \quad (7)$$

$$x_{ijk} \geq 0 \quad (8)$$

ここで、 X_{ij} : ij 間の旅行者数(人/日)、 δ_{2k}^i : クロネッカー δ (リンク l が ij 間 k 経路の第 1 リンクであるとき 1、そうでないとき 0)、 δ_{3k}^i : クロネッカー

key word 需要予測、国際航空旅客、経路選択行動、シュタッケルベルグ均衡

〒657 神戸市灘区六甲台町 1-1 TEL 078-881-1212

δ （リンク l が ij 間 k 経路の第2リンクであるとき1、そうでないとき0）、 δ_{2h}^l :クロネッカー δ （リンク l の出発空港が h であるとき1、そうでないとき0）、 CP^l :リンク l の機材容量（人/便）、 t_{ijk} : ij 間 k 経路の総旅行時間（分）、 t_{ijk}^a : ij 間 k 経路のアクセス・イグレス時間（分）、 t^l :リンク l の旅行時間（分）、 OT^h :空港 h の営業時間（分）、 p_{ijk} : ij 間 k 経路の総旅行費用（円）、 p_{ijk}^a : ij 間 k 経路のアクセス・イグレス費用（円）、 p^l :リンク l の運賃（円）、 WT :中継空港での平均乗り継ぎ待ち時間（分）、 λ :ロードファクター（=0.7）、 α :時間価値換算係数（円/分）（=平均年間収入/平均年間総労働時間）。

3. 国際航空旅客流動分析

（1）現状再現性の検証

まず、平成5年次を対象として、本モデルの再現性の検証を行った。結果を以下に示す。

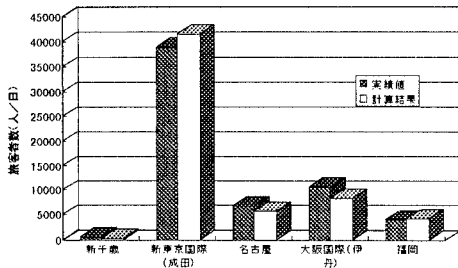


図-1 実測値と計算値の比較

この結果、国内の主要空港での利用者に関しては、非常に高い相関が得られた。

（2）政策シミュレーション

本研究では、政策シミュレーションを行う際の対象航空旅客市場として中部新国際空港開港後の2010年²⁾を想定し、中部新国際空港の空港使用料³⁾が(1)関西国際空港と同値、(2)ソウル金浦と同値、の2種類のシナリオを考え、将来国際航空旅客流動分析を行った。以下に、ケース(1)の計算結果を示す。

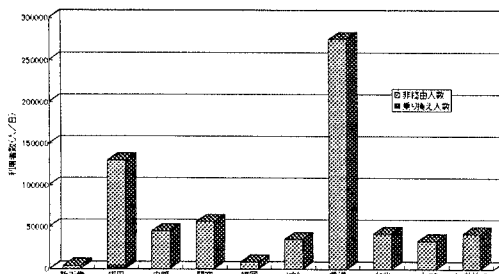


図-2 アジアの各空港の総利用者数

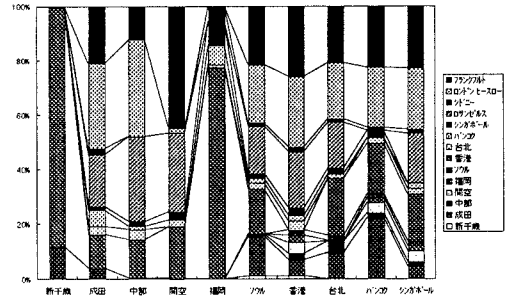


図-3 アジアの各空港の方面別旅客割合

結果の考察を以下に示す。

- ①日本の空港は北米方面に対してアジアの他の空港よりも優位性をもつ。
- ②空港の需要はその空港の背後圏となる地域の需要に依存する。
- ③特に成田空港への利用者の集中が顕著となる可能性がある。

またケース(2)の結果より、キャリアの戦略に対する中部新国際空港の空港使用料の影響はないという結果を得た。

以上の結果から、将来（2010年）の国際航空旅客需要に対しては、空港容量がそのボトルネックになる可能性が示唆された。逆に中部新国際空港の空港使用料については、空港使用料を低く設定することによるメリットはほとんど無いものと考えられる。

4. おわりに

本研究では国際航空旅客輸送市場に参加する主体としてキャリアおよび旅行者を取り上げ、それぞれの定式化を行い、平成5年の空港で再現性を検証した。その後、中部新国際空港の空港使用料の変化させるというシナリオにより、2010年における将来国際航空旅客流動を推計した。しかし、待ち時間の算出方法に改良の余地があり、OD需要量の変化についても考慮していく必要があると思われる。

＜参考文献＞

- 1) 黒田勝彦、竹林幹雄、三保木悦幸：シュタッケルベルグ均衡による国内航空ネットワークの最適化、土木計画学研究・講演集 No.19(1) 1996.11 pp265-268
- 2) IATA：Asia-Pacific Air Transport Forecast 1980- 2010
- 3) ICAO：DIGEST OF STATISTICS No.409 1992