

神戸大学工学部 フェロー会員 黒田 勝彦
 神戸大学大学院 正 会 員 鈴木 秀彦

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 宮内 敏昌
 神戸大学工学部 学生会員 ○吉田 純土

1. はじめに

従来の航空旅客輸送市場分析では、エアラインの運航計画（スケジュール）と旅客の需要の均衡によって形成されると考えられてきた¹⁾²⁾。静学均衡モデルでは、旅客のフライト選択は同一の空港間を結ぶフライトでは差異はなく、空港での乗り継ぎは機材容量が確保されている限り、自動的に保証されると仮定されていた。しかし、実際の市場においては、エアラインの提示するフライト・スケジュールと旅客の希望するフライトとの「マッチング」という外部経済が働き、市場における規模の経済性はこのマッチングの成否に依存すると考えられる。

そこで本研究では、旅客のルート選択行動をフライト選択行動にまで分解し、エアライン－旅客間のマッチングを明示的に取り扱うことで、現象をより精緻に表現可能なモデルの構築を目的とする。

2. 国際航空旅客輸送市場モデルの構築

本研究では、航空旅客市場は旅客およびエアラインで構成されるものとする。

(1) 旅客の路線選択行動

旅客は自己の一般化費用を最小化する便の組み合わせを選択する。一般化費用とは、旅行費用および旅行時間と旅客の時間に関する不効用（乗り継ぎ待ち時間、希望到着時刻とのずれ）に時間価値換算係数を乗じたものの和で表されるものである。各ゾーン間のOD旅客数は与件であり、旅客はいずれかの便の組み合わせを選択し旅行する。旅客はランダムに発生し、外生的に与えられた目的地到着分布から希望到着時刻を選択し、希望到着時刻に対して一般化費用を最小化する便の組み合わせを選択する。ただし、希望した便の組み合わせが満席の場合は、次善の便の組み合わせを探索するものとする。

旅客の行動は次のように定式化される。

$$\begin{aligned} \min Z_{user}^{i,j,u} &= \sum_f \delta_u^f \cdot U_f \\ &= \sum_f \delta_u^f \cdot (p_f + \varepsilon \cdot t_f) + \varepsilon \cdot (GT_u + \delta_u^f \cdot WT_u) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_i \sum_j \sum_u \delta_{ij,u}^f \leq CP_f \quad (2)$$

ここで、 U_f : 便 f の一般化費用 (USドル/人)、 δ_u^f : クロネッカーデルタ (旅客 u が便 f を利用するとき1, そうでないとき0)、 p_f : 便 f の運賃 (USドル/人)、 t_f : 便 f の旅行時間 (分)、 ε : 時間価値換算係数、 CP_f : 便 f の機材容量 (人/機)、 δ_u^f : クロネッカーデルタ (旅客 u が経由便を利用するとき1, そうでないとき0)、 $\delta_{ij,u}^f$: クロネッカーデルタ (ゾーン ij 間旅客 u が便 f を利用するとき1, そうでないとき0)、 GT_u : 旅客 u の希望到着時刻とのずれ (分)、 WT_u : 旅客 u の乗り継ぎ時間 (分)を表す。

(2) エアラインの行動

エアラインは各往復リンクに1社のみとし、各往復リンクの利潤を最大化するようにネットワークおよび運航スケジュールを決定する。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、OD交通量はすべて運ばなければならないものとする。ここで、旅客とエアラインのフライト・サービスとのマッチングを考慮するために、時間軸を導入する。

$$\begin{aligned} \max Z_{carrier} &= (x_l \cdot p_l + x_i \cdot p_i) \\ &- \{f_i \cdot (AC^l + \delta_h^l \cdot LC^h) + f_i \cdot (AC^i + \delta_h^i \cdot LC^h)\} \quad (3) \\ \text{s.t.} \quad &\sum_l \delta_h^l \cdot f_l \leq CA^h \quad (4) \end{aligned}$$

Katsuhiko KURODA, Mikio TAKEBAYASHI, Hidehiko SUZUKI, Toshimasa MIYAUCHI, Jyundo YOSHIDA

$$x_i = \sum_j \sum_f \delta_f^i \cdot x_{ij}^f \quad (5)$$

$$x_i \leq f_i \cdot CP_i \quad (6)$$

$$f_i = f_j \quad (7)$$

$$p_i = p_j \quad (8)$$

$$f_i, p_i \geq 0 \quad (9)$$

エアラインは利潤最大化を目的としているが、ここでは価格調整が瞬時に行われ、超短期的な超過利潤の獲得は行えないものと仮定した。さらに、ここでは独占競争価格制度が導入されているものと仮定し、価格は内生的に決定されるものとした。したがって運賃は式(3)より以下のように導出される。

$$p_i = p_j = \frac{f_i \cdot (AC^i + \delta_h^i \cdot LC^h) + f_j \cdot (AC^j + \delta_h^j \cdot LC^h)}{x_i + x_j} \quad (10)$$

またエアラインにとって、便 f の潜在需要 d_f を含めた乗客積載率（以下、搭乗希望ポテンシャルと呼ぶ）が適正な範囲にあれば便数を変更しないが、基準値を超えた場合、便数を変更すると考えられる。したがって、式(4)の空港容量制約式のもとで増便および減便の基準は以下のように示される。

増便の場合

$$\gamma_i = \frac{x_i + d_i}{f_i \cdot CP_i} \geq \gamma^u \quad \text{かつ} \quad \gamma_j = \frac{x_j + d_j}{f_j \cdot CP_j} \geq \gamma^u \quad (11)$$

減便の場合

$$\gamma_i = \frac{x_i + d_i}{f_i \cdot CP_i} < \gamma^l \quad \text{かつ} \quad \gamma_j = \frac{x_j + d_j}{f_j \cdot CP_j} < \gamma^l \quad (12)$$

$$\text{ただし、} d_i = \sum_f \delta_f^i \cdot d_f \quad (13)$$

増便の場合、エアラインは自己の利益を最大化する時間帯に増便する。しかし、増便の段階でエアラインの持つ情報から、増便後のネットワークの構成を予測することは不可能である。そこで、ここでは最も多く

の潜在需要 d_f を獲得している便の直近の時間に増便するとし、この増便間隔は外生的に与える。

減便の場合も同様に、自己の利益を最大化する時間帯の便を減便する。すなわち、最も乗客数の少ない便を減便する。

ここで、 f_i : リンク i の運航頻度（便/週）、 AC^i : リンク i に機材を投入する際の運航費用（USドル/機）、 x_i : リンク i の旅客数（人/週）、 p_i : リンク i の運賃（USドル/人）、 CP_i : リンク i の機材1機あたりの機材容量（人/機）、 $\hat{I}$: リンク i の往復リンク、 LC^h : 空港 h を使用するときの着陸1回あたりの空港使用料（USドル/回）、 δ_h^i : クロネッカーデルタ（リンク i が空港 h 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/週）、 x_{ij}^f : ゾーン ij 間便 f の旅客数（人/週）、 d_i : リンク i の d_f の合計（人/週）、 d_f : 便 f の潜在需要（便 f を第一希望とするか搭乗可能な旅客の集合）（人/機）、 δ_i^f : クロネッカーデルタ（便 f がリンク i を通るとき1、そうでないとき0）、 γ_i : リンク i の搭乗希望ポテンシャル、 γ^u : 搭乗希望ポテンシャルの増便基準値、 γ^l : 搭乗希望ポテンシャルの減便基準値を表す。

3. 数値計算によるモデルの挙動特性の把握

本研究では均衡アプローチによる計算は困難であるため、シミュレーションによって、モデルの基本的な挙動の特性を把握することとした。数値計算では、アジア-北米-欧州を想定した5ゾーンの小規模ネットワークを用い、エアラインのサービスルートに影響を与える要因について検討を加えた。紙面の都合上、結果に関しては講演時に発表する。

参考文献

- 1) 黒田勝彦, 竹林幹雄ほか: 規制緩和下における国際航空旅客輸送市場のモデル分析, 土木計画学研究・論文集, No.16, 835-844, 1999.
- 2) Kuroda, K., Takebayashi, M. et al.: Behavior Analysis of the Air Carriers and Air Passengers under the Policy of Open Sky in the Asian-Pacific Air Transportation Network, Proc. Of Civil and Environmental Engineering Conference New Frontiers & Challenges, Vol. 4, II-1-II-10, AIT, 1999.