

神戸大学大学院	学生会員	吉田 純土
神戸大学工学部	フェロ-会員	黒田 勝彦
神戸大学工学部	正 会 員	竹林 幹雄
東日本旅客鉄道(株)	正 会 員	鈴木 秀彦
神戸大学大学院	学生会員	宮内 敏昌

1. 研究の背景と目的

静学均衡理論にもとづいた航空旅客輸送市場分析では、旅客のフライト選択は同一リンク内におけるフライトには差異がなく、空港での乗り継ぎは機材容量が確保されている限り、自動的に実現されると仮定されていた。しかし、路線運営においては、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くと考えられる。本研究では以上のような視点から、このマッチング機能を明示的に取り扱う方法論の開発を行う。

2. 航空旅客輸送市場シミュレーションモデルの構築

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。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。旅客の行動は次のように定式化される。

$$\min Z_{user}^{ij,u} = \sum_f \delta_u^f \cdot U_f = \sum_f \delta_u^f \cdot (p_f + \varepsilon \cdot t_f) + \varepsilon \cdot (GT_u + \delta_u^t \cdot WT_u) \quad (1)$$

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

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^t : クロネッカーデルタ (旅客 u が経路便を利用するとき 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, それ以外は 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ただ 1 社存在するものとし、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。

$$\max Z_{carrier} = (x_l \cdot p_l + x_h \cdot p_h) - \left\{ f_l \cdot (AC^l + \delta_h^l \cdot LC^h) + f_h \cdot (AC^h + \delta_l^h \cdot LC^l) \right\} \quad (3)$$

キーワード：航空旅客輸送市場、シミュレーション、マッチング

連絡先：〒657-8501 神戸市六甲台町 1-1 078-881-1212

$$\text{s.t.} \quad \sum_l \delta_h^l \cdot f_l \leq CA^h \quad (4)$$

$$x_l = \sum_i \sum_j \sum_f \delta_f^l \cdot x_{ij}^f \quad (5)$$

$$x_l \leq f_l \cdot CP_l \quad (6)$$

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

$$f_l \geq 0 \quad (8)$$

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。

$$p_l = p_i = \frac{f_l \cdot (AC^l + \delta_h^l \cdot LC^h) + f_i \cdot (AC^i + \delta_h^i \cdot LC^h)}{x_l + x_i} \quad (9)$$

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）を適正便数投下の際の判断基準とした。ここでは、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

減便の場合

$$\gamma_l = \frac{x_l + d_l}{f_l \cdot CP_l} \geq \gamma^u \quad \text{かつ} \quad \gamma_i = \frac{x_i + d_i}{f_i \cdot CP_i} \geq \gamma^u \quad (10) \quad \gamma_l = \frac{x_l + d_l}{f_l \cdot CP_l} < \gamma^l \quad \text{かつ} \quad \gamma_i = \frac{x_i + d_i}{f_i \cdot CP_i} < \gamma^l \quad (11)$$

$$\text{ただし, } d_l = \sum_f \delta_f^l \cdot d_f \quad (12)$$

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_l :リンク l の運航頻度(便/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)、 x_l :リンク l の旅客数(人/週)、 p_l :リンク l の運賃(USドル/人)、 CP_l :リンク l の機材1機あたりの機材容量(人/機)、 \hat{l} :リンク l 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)、 l_h :クロネッカーデルタ(リンク l が空港 h を通るとき1、それ以外は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_l :リンク l の d_f の合計(人/週)、 d_f :便 f の潜在需要(便 f を第一希望とするが搭乗不可能な旅客の集合)(人/機)、 f_l :クロネッカーデルタ(便 f がリンク l を通るとき1、それ以外は0)、 γ_l :リンク l 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

本研究では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した。数値計算では、5ゾーンによって構成される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.