

神戸大学工学部

学生員 ○岩塚 貴寿

神戸大学工学部

正会員 竹林 幹雄

神戸大学大学院自然科学研究科

学生員 大江 洋史

神戸大学工学部

フェロー 黒田 勝彦

1. はじめに

航空市場において規制緩和が行われたことにより、エアラインの参入・退出が自由となり、また運賃も自由に決めることができるようになった。その結果、需要の高い空港では慢性的な混雑が生じており、一方では、スロット容量に空きがある空港が多く存在するという問題が生じ、非効率的な状態となっている。現在の空港使用料金は、IATA が推奨する料金手法に従うことが一般的である。この設定方法では混雑によって生じるコストについては考慮されていない。現在の空港利用状況を考慮した新たな料金体系を模索する必要性が叫ばれている¹⁾。

このような背景から、本研究では社会厚生の上を目指し、現在の空港使用料金の決定手法を再考し、現在の航空市場で望まれる航空使用料金のメカニズムについて考究する。

2. モデルの概要

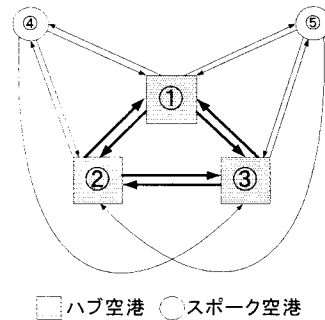
(1) モデルの概要

(a) 前提条件

- 参加主体は、エアライン、旅客、空港管理者の三者とする。
- 市場が参入・退出のない成熟し安定した寡占市場とする。
- エアラインは利潤最大化を目指して、供給座席数を戦略としたクールノー＝ナッシュ均衡に基づいて行動する。
- エアラインは自社のサービス容量内かつ空港のスロット容量内で配便を行う。
- エアラインが使用する機材は一種類とする。
- 往復で運賃・便数は等しいものとする。
- 旅客はロジットモデルを用いて確率的に配分される。

- 空港管理者は、自己の空港利用者全体の社会厚生の最大化を目指して行動する。

(b) 想定するネットワーク



(2) エアラインの行動

エアラインは旅客に航空輸送サービスを提供し、その代価として運賃を受け取る。また、滑走路やターミナルなどの施設を利用する代価として、空港管理者に空港使用料金を支払う。また、空港のスロット容量内かつ自己のサービス容量内での配便が可能とし、配便できる機材は一種類のみとする。リンクにおける供給座席数、便数、運賃は往復で等しいものとし、一便を運行するのに要する費用はエアライン間で変わらないものとする。各エアラインは自社の利潤最大化を目指し、供給座席数を戦略としたクールノー＝ナッシュ均衡に基づいて行動するものとする。また本モデルでは全てのエアラインに利潤の総和が均衡状態において最大となる正規ナッシュ解を最適解として採用する。

$$\max Z^m(y_i^m) = \sum_i Z_i^m - \left(\sum_i UC_i^m \cdot \delta_i^m + FC^m \right) \quad (1)$$

$$Z_i^m = p_i \cdot x_i^m - f_i^m \cdot C_i \quad (2)$$

$$C_i = \rho \cdot d_i + \frac{AC_i + AC_j}{2} \quad (3)$$

Sub.To

$$x_i^m \leq y_i^m \quad (4)$$

$$\sum_m \sum_l f_l^m \cdot \delta_l^n \leq F^n \quad (5)$$

$$\sum_l x_l^m \cdot d_l \leq V^m \quad (6)$$

$$f_l^m \geq 0, p_l \geq 0 \quad (7)$$

ここで、 Z^m ：エアライン m の利潤、 Z_l^m ：エアライン m のリンク l の利潤、 p_l ：リンク l の運賃、 x_l^m ：エアライン m のリンク l の旅客数、 f_l^m ：エアライン m のリンク l における便数、 y_l^m ：エアライン m のリンク l における供給座席数、 d_l ：リンク l の距離、 C_l ：リンク l の運行費用、 AC_n ：空港 n の発着料金、 UC^n ：空港 n の施設契約料金、 FC^m ：エアライン m の固定費用、 F^n ：空港 n のスロット容量、 V^m ：エアライン m のサービス容量、 ρ ：パラメータ、 δ_n^k ：クロネッカーデルタ（エアライン m が空港 n と契約している場合は1、それ以外は0）、 δ_l^n ：クロネッカーデルタ（リンク l に空港 n が含まれていれば1、それ以外は0）

運賃は各リンクにおいてただ一つとし、リンクの距離と全エアラインの総供給座席数からなる価格関数によって決定される。

$$p_l = (d_l)^\alpha \left(\sum_m AS_l^m \right)^\beta \quad (8)$$

$\alpha > 0, \beta < 0$ ：パラメータ

(2) 旅客の行動

旅客はエアラインに対して、運賃を支払う代わりに輸送などのサービスを受ける。旅客の経路選択行動は、ランダム効用理論を導入し、ロジットモデルを用いて確率的に配分する。旅客は、リンクの運賃、各エアラインにおけるリンクの総旅行時間、および始点空港での混雑遅延時間から構成される不効用が最小となるように配分される。

$$x_{rs}^k = \frac{\exp \varphi(-u_{rs}^k)}{\sum_k \exp \varphi(-u_{rs}^k)} X_{rs} \quad (9)$$

Sub.To

$$\sum_k x_{rs}^k = X_{rs} \quad (10)$$

$$\sum_{rs} \sum_k x_{rs}^k \cdot \delta_{rs}^{k,l} = x_l^m \quad (11)$$

リンク l における旅客の不効用 $u_{l,i}^m$ は以下のように表される。またODペア rs における経路 k の旅客の不効用 u_{rs}^k は経路を構成するリンクの不効用の和で求められる。

$$u_l^m = p_l + \tau(T_l^m + \text{delay}^i) \quad (12)$$

τ ：時間価値係数、 T_l^m ：エアライン m のリンク l における総旅行時間、 delay^i ：空港 n における混雑遅延時間

$$u_{rs}^k = \sum_l u_l^m \cdot \delta_{rs}^{k,l} \quad (13)$$

$\delta_{rs}^{k,l}$ ：クロネッカーデルタ（ODペア rs の経路 k にリンク l が含まれていれば1、それ以外は0）

(3) 空港管理者の行動

空港管理者は、エアラインに空港施設などを利用できるサービスを提供する代わりに、空港使用料金を受け取る。空港管理者は、自己の空港の利用者全体の社会厚生を最大化するように行動する。

$$\begin{aligned} \max W^n(AC_n) = & \sum_m \sum_l Z_l^m \cdot \delta_l^n - \tau \cdot \text{delay}^n \\ & - \left(\sum_m \sum_l q_l^{m,OFF} \cdot \delta_l^n \cdot u_l^m + \sum_m \sum_l q_l^{m,ON} \cdot \delta_l^n \cdot u_l^m \right) \end{aligned} \quad (14)$$

sub.to

$$AC_n \cdot TF^n - \Gamma^n \geq 0 \quad (15)$$

W^n ：空港 n における社会厚生、 $q_l^{m,ON}$ ：リンク l の一端の空港からエアライン m に乗る旅客数、 $q_l^{m,OFF}$ ：リンク l の一端の空港でエアライン m から降りる旅客数、 Γ^n ：空港 n における就航便数を処理するのに要する費用

3. 数値計算

構築したモデルを用いて、社会厚生や着陸料金に対する混雑の影響の分析を行った。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) Oum, T.H., Zhang, A. and Zhang, Y.: A NOTE ON OPTIMAL AIRPORT PLACING IN A HUB-AND-SPOKE SYSTEM