

IV-11

同一都市圏内における航空会社の複数空港選択モデルの開発

○東北大学 学生会員 伊藤修平
東北大学 学生会員 石倉智樹
東北大学 710-会員 稲村 肇

1. はじめに

ロンドン、パリ、ニューヨーク、ワシントンといった欧米諸国の大都市では、都市圏内に複数の大規模空港を有しており、機能が分担されている。例えば、パリでは、CDG 空港は全世界の方面を網羅しているが、Only 空港は国内線が主体である。

一方我が国の東京圏では、国内線は羽田空港、国際線は成田空港と機能が分担が明確である。しかし、現在立地選定が検討されている首都圏第三空港が開港された場合、国内線は羽田空港と、国際線は成田空港とそれぞれ競合関係になる。第三空港の立地条件（位置、容量等）によって、航空会社の空港選択行動は変化すると思われる。

空港選択行動に関する研究として、Hansen³⁾によるハブ・アンド・スポーク戦略に関連するモデルがある。しかし、アメリカ国内全域のハブ空港選択競争について論じたものであり、同一都市圏内の空港選択とは状況が異なる。そこで本研究では、既存空港のある都市圏内に新空港が開港された場合の航空会社の空港選択行動について、ゲーム論を用いてモデル化する。

2. モデルの定式化

(1) 航空会社の行動

同一都市圏内に新空港が開港した際、既存空港にて複数路線を運航している大手航空会社の移転行動の意思決定をモデル化する。空港移転行動の意志決定基準は利潤最大化行動とする。また、各航空会社は同一都市圏内では一つの空港を選択すると仮定する。この仮定は、航空会社がある空港を拠点とすることを意味しており、実状を示した現実的なものと言える。このとき、路線 r を運航している航空会社 i が k 空港を利用したときの利潤 Π_{ik} を以下のように定式化する。

$$\Pi_{ik} = \sum_{r=1}^R \{p_{ir}^k x_{ir}^k + q_{ir}^k y_{ir}^k - N_{ir}^k (C_{ir} + H_{ik})\} - F_i \quad (1)$$

ここで、 Π_{ik} ：航空会社 i が k 空港を利用したときの利潤、 r ：路線、 R ：航空会社 i の運航する全路線、 p_{ir}^k ：端末旅客の運賃、 x_{ir}^k ：端末旅客数、 q_{ir}^k ：

乗継旅客の運賃、 y_{ir}^k ：乗継旅客数、 C_{ir} ：運航費用、 H_{ik} ：空港使用料、 N_{ir}^k ：運航頻度、 F_i ：固定費用とする。移転費用は新空港への参入抵抗として存在するが、長期的には十分小さいとして 0 とする。端末旅客とは都市の背後圏からの旅客であり、また乗継旅客とは都市圏を発着地としない国際・国際乗り継ぎ旅客、国際・国内乗り継ぎ旅客のことを指す。

いま、端末旅客の一般化費用が運賃と時間費用で表されるものとする。

$$V_{ir}^k = -(p_{ir}^k + ap_k) - \alpha(AT_k + \frac{PT_k}{4N_{ir}^k}) \quad (2)$$

ここで、 $a p_k$ ： k 空港までのアクセス運賃、 AT_k ： k 空港までのアクセス時間、 PT_k ： k 空港の利用可能時間、第 4 項は平均待ち時間を意味している²⁾。

背後圏需要は空港までのアクセス時間で減衰し、逆に運航頻度によって増増するものとする、 k 空港の路線 r の端末旅客数 X_{rk} は(3)式となる。 I は寡占市場における航空会社数、 a は路線別ロードファクターと機材容量により算出される値、 b は規模の経済を表すパラメータである、 c はアクセス時間の減衰の度合いを意味する。

$$X_{rk} = a \left(\sum_i N_{ir}^k \right)^b \cdot \exp(-cAT_k) \quad (3)$$

(2)式(3)式より、航空会社 i が k 空港で運航している路線 r を利用する端末旅客数 x_{ir}^k は、ロジットモデルを用いて次のように表せる。

$$x_{ir}^k = X_{rk} \frac{\exp(V_{ir}^k)}{\sum_i \exp(V_{ir}^k)} \quad (4)$$

また、乗り継ぎ便の旅客数 y_{ir}^k は定数とする。

以上より、航空会社は利潤最大化を目的として、旅客需要に応じて運航頻度 N_{ir} を決定する。

(2) 複占市場の場合

(a) 2 企業競争モデル

単純化のため寡占市場は J 社（国内の会社）と O 社（外国の会社）の 2 社のみからなる複占状態にあると考える。

また、J社は国内線と国際線を運航し、O社は国際線を運航するものとする。このとき、2社はそれぞれが空港を移転するか否かを戦略とするゲーム状態であると解釈できる。従って、各航空会社は新空港へ移転するか、既存空港にとどまるかの二通りの戦略を持つことになる。このときの、航空会社 i の利潤、運航頻度を移転したときをそれぞれ $\Pi_{i,t}$ 、 $N_{i,t}$ 、移転しなかったときを $\Pi_{i,s}$ 、 $N_{i,s}$ と表すことにする。

(b) 乗り継ぎ旅客数

乗り継ぎ旅客数については次のように仮定する。O社にとっては、J社と同一の空港を選択した方が別の空港を選択したよりも乗り継ぎ旅客数の増加が見込める。しかしJ社は、同一の空港を選択するよりも別の空港を選択した方が、独占によって国際・国内乗り継ぎ旅客数の増加が見込める。よって、乗り継ぎ旅客数について以下のように表す。

$$y_J = \begin{cases} y_{Jc} & : S_J = S_O \\ y_{Jd} & : S_J \neq S_O \end{cases} \quad (5)$$

$$y_O = \begin{cases} y_{Oc} & : S_J = S_O \\ y_{Od} & : S_J \neq S_O \end{cases} \quad (6)$$

ここで、 $y_{Jc} < y_{Jd}, y_{Oc} > y_{Od}$ とする。

(c) 航空会社の利潤

以上をもとに、空港移転に関する結果について考える。この結果は、J社及びO社が空港移転するか否かの戦略の組み合わせとして4通り存在することになる。それぞれの企業の戦略を 1:「移転する」、0:「移転しない」として表すと、この4通りの結果は、(1,1),(1,0),(0,1),(0,0) と表すことができる。ここで、(i,j)中の i はJ社の移転に関する戦略であり、 j はO社のそれである。

このとき、それぞれの場合での各航空会社の利潤は、J社O社それぞれが移転したとき、移転しなかったときの運航頻度をそれぞれ、 $N_{J,t}$ 、 $N_{J,s}$ 、 $N_{O,t}$ 、 $N_{O,s}$ とおくと、以下のように与えられる。

(1,1)のとき、

$$\begin{aligned} \Pi_{J,t} &= pa(N_{J,t} + N_{O,t})^b \frac{e^{V_{J,t}}}{e^{V_{J,t}} + e^{V_{O,t}}} e^{-cAT_t} \\ &\quad + qy_{J,c} - (C + H_s)N_{J,t} - F \\ \Pi_{O,t} &= pa(N_{J,t} + N_{O,t})^b \frac{e^{V_{O,t}}}{e^{V_{J,t}} + e^{V_{O,t}}} e^{-cAT_t} \\ &\quad + qy_{O,c} - (C + H_s)N_{O,t} - F \end{aligned} \quad (7)$$

(1,0)のとき、

$$\begin{aligned} \Pi_{J,t} &= pa(N_{J,t})^b e^{-cAT_t} + qy_{J,d} - (C + H_s)N_{J,t} - F \\ \Pi_{O,s} &= pa(N_{O,s})^b e^{-cAT_s} + qy_{O,d} - (C + H_s)N_{O,s} - F \end{aligned} \quad (8)$$

(0,1)のとき、

$$\begin{aligned} \Pi_{J,s} &= pa(N_{J,s})^b e^{-cAT_s} + qy_{J,d} - (C + H_s)N_{J,s} - F \\ \Pi_{O,t} &= pa(N_{O,t})^b e^{-cAT_t} + qy_{O,d} - (C + H_s)N_{O,t} - F \end{aligned} \quad (9)$$

(0,0)のとき、

$$\begin{aligned} \Pi_{J,s} &= pa(N_{J,s} + N_{O,s})^b \frac{e^{V_{J,s}}}{e^{V_{J,s}} + e^{V_{O,s}}} e^{-cAT_s} \\ &\quad + qy_{J,c} - (C + H_s)N_{J,s} - F \\ \Pi_{O,s} &= pa(N_{J,s} + N_{O,s})^b \frac{e^{V_{O,s}}}{e^{V_{J,s}} + e^{V_{O,s}}} e^{-cAT_s} \\ &\quad + qy_{O,c} - (C + H_s)N_{O,s} - F \end{aligned} \quad (10)$$

また、

$$V_{J,t} = \exp \left(- (p + ap_t) - \alpha \left(AT_t + \frac{PT_t}{4N_{J,t}} \right) \right)$$

$$V_{J,s} = \exp \left(- (p + ap_s) - \alpha \left(AT_s + \frac{PT_s}{4N_{J,s}} \right) \right)$$

$$V_{O,t} = \exp \left(- (p + ap_t) - \alpha \left(AT_t + \frac{PT_t}{4N_{O,t}} \right) \right)$$

$$V_{O,s} = \exp \left(- (p + ap_s) - \alpha \left(AT_s + \frac{PT_s}{4N_{O,s}} \right) \right)$$

ここで、 AT 、 H 、 ap 、 PT の下付の t は新空港での、また下付の s は既存空港での値とする。

このとき、利潤最大化の一階条件より航空会社J社、O社の運航頻度をあらわす。

3. おわりに

本研究では、航空会社の同一都市圏内の空港選択行動をゲーム論的にモデル化した。今後は適切なパラメータの設定を試みた上で、シナリオによる政策分析を行う。

<参考文献>

- 1) Mark Hansen "Airline Competition in a Hub-dominated Environment: An Application of noncooperative Game Theory" *Transportation Research Part.B* Vol.24B, No.1, 1990, pp.27-43
- 2) 大橋忠宏、安藤朝夫：複数主体の行動に基づく国内航空旅客輸送のモデル化と航空政策の役割、土木計画学研究・講演集、No. 19(1), pp. 205-208, 1996.