

神戸大学工学部 学生会員 ○柴田 大輝
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 三好 礼子
神戸大学工学部 フェロー会員 黒田 勝彦

1. はじめに

本研究では、関西に立地する3空港における将来需要を予測するためのモデルを開発する。特に国内中・長距離旅客輸送市場を検討する上で、モード間競争の有無を分析し、国内市場が異なる2つの市場として表現できることを示す。

さらに国内市場を寡占市場として数理計画モデルとして定式化し、将来予測を行う。

2. 市場分析とモデル化

(1) 市場分析

わが国において国内市場は供給側の競争としては(i)明示的なモード間競争が存在しない、(ii)明示的なモード間競争が存在する、という2つの状態が考えられ、このため、ODペアごとに市場分析を行った結果、表-1に示すような結果を得た。このことから国内市場は(i)(ii)それぞれに分割して表現することが妥当であると考えられる。以下では、供給者の行動 $x(i)(ii)$ をそれぞれ定式化することとした。

表-1 市場分析結果 (部分)

	路線	経路数	自由競争正済みP	パラメータ(内は値)			
				α (距離)		β (供給者数)	
モード間競争が存在しない路線	詳細はゾーニング参照	32	0.92	0.600 (16.52)		-0.022 (-2.29)	
モード間競争が存在する路線	路線	経路数	自由競争正済みP	パラメータ(内は値)			
	東京-東海道線 (大阪・岡山・広島・山口)	40	0.912	1.440 (18.148)	-4.035 (-2.920)	3.674 (8.018)	-2.463 (-3.521)
	大阪-東京-東北線	40	0.99	0.819 (61.528)	3.686 (12.465)	2.91 (14.350)	-1.798 (-5.045)
	西手-福岡-秋田・山形						
	全路線	28	0.76	1.261 (45.15)			

(2) モデル

本モデルの主体は利用者として旅客、供給者としてエアライン、競合交通機関の鉄道の3種類と仮定する。ただし、鉄道は航空との競合のみを考慮してダイヤ並びに運賃が構成されていないため、ここでは能動的な主体としては取り扱わない。同様に、空港管理者に関しても行動はシナリオとして与えられるにとどめる。

(a) 航空会社

各エアラインは既往の研究¹⁾と同様に、自己の利潤最大化を目的として行動するものと仮定する。また、2(1)に従い航空会社の行動はそれぞれで定式化が異なるものとした。

i) モード間競争が存在しない

航空会社による同一モードにおける寡占市場である。このような市場では Cournot 競争ないしは Bertrand 競争が仮定されるが、本研究では統計分析で実勢価格ではなく正規運賃を説明変数としたことから、Cournot の量的競争が優位と判定された。これは価格競争が終了した安定的な寡占競争が実現しているということを意味する。よって本モデルでは Cournot の量的競争が行われていると考え、定式化を行った。決定変数はシート数であるが、静学的な分析にとどまるため、現在投入されている機材からの変更はないと仮定したため、実質的には便数が制御変数となる。

ii) モード間競争が存在する

ここでは価格構成者(price leader)として鉄道が優位に機能していると判断された路線を取り扱う。すなわち、航空会社は自己の価格を形成する場合、他社のサービスレベルにより決定するのではなく、鉄道の価格構成を参照することになる。このため、Cournot の量的競争は実現せず、供給能力による顧客獲得競争が生じる。通常、このような価格享受者(price taker)として主体が行動する場合は、限界費用まで切り下げる企業が市場に生き残ることになる。しかし、本研究では実証レベルでの分析を行うため、互いにコスト構造が非対称な場合でも現実には複数社が存在しうる場合を考慮し、参入した全ての企業がゼロ以上の利潤で行動できる範囲に競争を緩和する、という条件のもとにモデルを構成した。

(b) 旅客

旅客は自己の効用の最大化を目的として行動する。ただし、航空市場においては標準的に個人の効用にはランダム効用論が採用されている²⁾ため、本モデルもそれに準じることとした。なお、ここではビジネス・観光という旅客の弁別はデータの制約から行っていない。

(3) 定式化

各主体の行動の定式化を行う

【エアライン m 社の行動】

$$\begin{aligned} \max Z^m(f_i^m) = & \\ \sum_{i \in I} (p_i^{air} \cdot x_i^m - C_i^m \cdot x_i^m \cdot d_i - f_i^m \cdot AC_i^m) & \\ - \sum_j PC \cdot \delta_j^m - FC^m & \end{aligned} \tag{1}$$

subto

$$x_l^m \leq CA_l^m \cdot f_l^m \quad (2), \quad \sum_m \sum_l \delta_l^i \cdot f_l^m \leq F_i \quad (3)$$

$$\sum_l d_l \cdot x_l^m \leq V^m \quad (4), \quad x_l^m \geq \frac{f_l^m \cdot AC_l^m}{p_l - C_l^m \cdot d_l} \quad (5),$$

$$f_l^m \geq 0 \quad (6), \quad x_l^m = \text{arc}\{V_{rs}^k(f_l^m)\} \quad (7)$$

各代数の意味付けは表2の通りである。

表-2 航空会社の最適化問題で使用する代数一覧

p_l^m	リンクlの価格
A	航空リンクの集合
x_l^m	エアラインmのリンクlにおける旅客数
C_l^m	エアラインmの単位運行費用
d_l	リンクlの距離
AC_l^m	エアラインmのリンクlを運行する時の空港発着料金
PC^m	エアラインmの空港業務費用
δ_l^m	クロネッカーデルタ (エアラインmが空港を通るとき1, そうでないとき0)
FC^m	エアラインmの固定費用
CA_l^m	エアラインmのリンクlの機材容量
δ_l^i	クロネッカーデルタ (リンクlが空港を通るとき1, そうでないとき0)
F_i	空港iの滑走路容量
V^m	エアラインmのサービス容量

式(1)はエアラインの目的関数である。(2)は各リンク間での供給座席数に関する制約であり、(3)は便数に関する制約であり、(4)はサービス容量に関する制約である。(5)はモード間競争が存在する場合において、各リンク間でのエアラインの利潤の非負条件である。また、(6)は操作変数の非負条件である。(7)は旅客の行動が航空会社の行動により変化するという関係を記述したものである。

【価格関数】

i) モード間競争が存在しない路線

$$p_l^{air} = (d_l)^\alpha (\sum_m y_l^m)^\beta \quad (8)$$

ここで、 $\alpha > 0$, $\beta < 0$; パラメータ, y_l^m ; エアラインmのリンクlにおける供給座席数とする。また、 α , β は表1で用いた値を採用した。ただし、

$$y_l^m = CA_l^m \cdot f_l^m \quad (9)$$

式(8)では航空運賃の価格関数はリンク間距離と参入している全てのエアラインの合計供給座席数で決定されるものとした。(9)は供給座席数が機材容量と便数により決定されているということを表す。

ii) モード間競争が存在する路線

$$p_l^{air} = \alpha p_l^{rail} + d_{price} + d_{unity} + \omega \quad (10)$$

ここで、 $\alpha > 0$, ω ; パラメータ, p_l^{rail} ; リンクlにおける鉄道運賃, d_{price} ; 航空運賃多様化ダミー, d_{unity} ; JAL・JAS統合ダミーとする。また、 α , ω は表1で用いた値を採用した。

式(10)は航空運賃を定量的に定めるとし、回帰式を採用した。

パラメータの推計結果は講演時に発表する。

【旅客の行動】

$$x_{rs}^k = \frac{\exp(V_{rs}^k)}{\sum_k \exp(V_{rs}^k)} X_{rs}^k \quad (11)$$

$$\text{subto} \quad \sum_k x_{rs}^k = X_{rs}^k \quad (12), \quad \sum_{rs} \sum_k x_{rs}^k \cdot \delta_{rs}^{kj} = x_l^m \quad (13)$$

$$V_{rs}^k = \theta_1 ACT_{rs}^k + \theta_2 IGT_{rs}^k + \theta_3 LT_{rs}^k + \theta_4 SC_{rs}^k + \theta_5 f_{rs}^k \quad (14)$$

$$SC_{rs}^k = ACC_{rs}^k + IGC_{rs}^k + p_{rs}^k \quad (15)$$

各代数の意味付けは表3の通りである。

表-3 航空会社の最適化問題で使用する代数一覧

V_{rs}^k	ODペア r s における経路kの旅客の効用
x_{rs}^k	r s 間のk番目の経路を通る旅客数
X_{rs}^k	r s 間のOD旅客数
ACT_{rs}^k	r s 間のk経路のアクセス時間
IGT_{rs}^k	r s 間のk経路のイグレス時間
LT_{rs}^k	r s 間のk経路のラインホール時間
SC_{rs}^k	r s 間のk経路の総旅行費用
f_{rs}^k	r s 間のk経路の運航頻度
ACC_{rs}^k	r s 間のk経路のアクセス費用
IGC_{rs}^k	r s 間のk経路のイグレス費用
p_{rs}^k	r s 間のk経路のラインホール費用
θ_i	各説明変数のパラメータ ($i=1, 2, 3, 4, 5$)

式(11)は旅客の経路選択確率により各経路の旅客配分を決定している。(12)はODの保存を表し、(13)はフローの保存を表す。(14)、(15)は効用の構成を表している。

3. 国内航空旅客市場へのモデルの適用

(1) ソーニング

関西圏および、首都圏との空港間旅客数が、5000 (人/年) 以上の路線を扱う。詳細は講演時に発表する。

(2) 数値計算

構築したモデルを用いて現状の再現性を確かめた。また2010年において、モード間競争が存在する路線において、価格競争に関するシナリオスタディを行った。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) 竹林幹雄, 黒田勝彦, 三好礼子, 吉永保子; カボタージュ規制緩和が航空旅客流動に与える影響分析, 土木計画学研究・論文集, No20, 619-627, 2003
- 2) Kanafani, A. and Ghobrial, A.; Airline hubbing: some implications for airport economics, Transportation Research, A, 19, No.1, 15-27, 1985