

旅客とエアラインの地域特性を考慮した国際航空市場分析

Study on international aviation market considering the characteristics of passenger and carriers

高田和幸*, 屋井鉄雄**, 原田誠***

Kazuyuki TAKADA, Tetsuo YAI and Makoto HARADA

1. はじめに

国際航空政策の評価立案に向けては、市場内の需要者、供給者の行動特性を十分に把握する必要がある。これまで筆者らは、需要行動に関する分析を行ってきたが、企業行動について十分分析したとはいえない。

そこで本研究では、これまで考慮してきた旅客の異質性に加え、エアラインの異質性を考慮した分析を実施する。このように需要者、供給者の異質性が考慮されることにより、方向別の運賃設定が可能になるなど、より現実的な市場を反映させた分析が可能となる。

本論においてはまず初めに市場内の行動主体を旅客とエアラインとして、市場モデルの定式化を行う。次にエアラインの総費用関数の推定を行い、エアラインの属性によりコスト構造が異なることを明らかにする。

次に数値解析により市場均衡状態を算出し、異なる企業が市場に存在する際の市場形態を考察する。最後にわが国で見受けられるように、高コストエアラインの弱い競争力と着陸料の高さを関連づけて、着陸料の低下が市場へどのような影響を及ぼすかを考察する。

2. 市場のモデル化

(1) 旅客の行動

旅客は既に目的地が決定している状況において、自身の効用が最大となる航空サービスを選択することとする。ここで旅客のサービス選択行動を定式化する。いま発地(O), 着地(D)間のルート(r)が Airline(n)により運行されているとき、そのルートの効用は(1)で示される。

$$U_{nr}^{OD} = V_{nr}^{OD} + \varepsilon_{nr}^{OD} \quad (1)$$

ここで V_{nr}^{OD} は効用の確定項、また ε_{nr}^{OD} は効用の誤差項を表す。ここで ε_{nr}^{OD} が各ルートに独立なガンベル分布に従うとすると、旅客が選択可能なルートの中からこのルートを選択する確率は(2)で示されるロジットモデルで表される。

$$Pr_{nr}^{OD} = \frac{\exp(V_{nr}^{OD})}{\sum_n \sum_r \exp(V_{nr}^{OD})} \quad (2)$$

N : エアラインの数

キーワード : 国際航空, 均衡分析, 方向別運賃, コスト関数

* : 正会員 工修 東京工業大学情報環境学専攻
〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1

** : 正会員 工博 東京工業大学土木工学科

*** : 正会員 工修 パシフィックコンサルタンツ

$R(n)^{OD}$: airline(n)が運行するマーケット(OD)のルート数。

よって各ルートの利用客数, 各リンクの乗客数は(3), (4)で表される。

$$T_{nr}^{OD} = T^{OD} \cdot Pr_{nr}^{OD} \quad (3)$$

$$T_{nl(b-e)} = \sum_r \sum_n \delta_{nr}^{l(b-e)} \cdot T_{nr}^{OD} \quad \text{for } n \in N \quad (4)$$

$$\delta_{nr}^{l(b-e)} = \begin{cases} 1 & \text{airline(n)が運行するルート(r)がregion(b)} \\ & \text{とregion(e)間のリンクを通る場合,} \\ 0 & \text{その他の場合} \end{cases}$$

T^{OD} : マーケット(OD)の需要。

なお本論では、旅客の国籍別のサービス選択モデルとして筆者らの既往研究における推定結果¹⁾を用いる。

(2) エアラインの行動

エアラインは利潤が最大となるようにサービス水準(運賃と頻度)を決定する。エアラインの利潤は収入とコストの差から算出され、(5)で表される。

ただし本論で扱ったネットワークはエアラインが実際に運行するすべての路線を反映させたものではなく特定の範囲のネットワークである。そこでシステム内の費用を算出するために、全生産量とシステム内の生産量との比を用いて、総費用に掛け合わせることでシステム内の費用を算出。

$$\begin{aligned} \pi_n &= Rev_n - Cost_n \\ &= \sum_r \sum_n \sum_r \text{fare}_{nr}^{OD} T_{nr}^{OD} - \frac{Y_n^{in}}{Y_n^{in} + Y_n^{out}} \cdot TC_n \end{aligned} \quad (5)$$

π_n : airline(n)の利潤

Rev_n : airline(n)の収入

$Cost_n$: airline(n)の費用

Y_n^{in} : airline(n)の対象ネットワーク内の生産量(旅客 km)

Y_n^{out} : airline(n)の対象ネットワーク外への生産量(旅客 km)

TC_i : airline(n)の総費用。

ここで航空機による輸送においては定員数以上に輸送することが不可能なため、(6)で示される各路線上の容量に関する制約が生じる。

$$T_{nl(b-e)} \leq seat_{nl(b-e)} \cdot freq_{nl(b-e)} \quad (6)$$

$seat_{nl(b-e)}$: airline(n)のリンク(b-e)の機材あたり座席数

$freq_{nl(b-e)}$: airline(n)のリンク(b-e)の頻度

よって各エアラインは上記の制約条件の下、(5)で示された

よって各エアラインは上記の制約条件の下、(5)で示された利潤を最大化するよう行動する。

3. エアラインの総費用関数の推定

ここで市場モデルを構成するに際して(5)の総費用関数を同定する必要がある。

これまで線形やコブ・ダグラス型の費用関数は生産要素間の代替の弾力性や、結合変数、ネットワーク変数の導入に対する限界が指摘され²⁾、通常トランス・ログ型の費用関数を用いることが多い^{3)~5)}。しかしながら本論では、精緻な費用関数を推定することよりは、むしろ市場内の各主体の異質性を反映させた分析を行うことを目的としたため、データ作成コストのかからない(7)式で示されるコブ・ダグラス型費用関数を採用した。

$$\ln TC = \alpha_0 + \alpha_Y (\ln Y) + \alpha_N (\ln N) + \sum_{i=1}^2 \alpha_i (\ln P_i) + \sum_k \delta_k d_k \quad (7)$$

$$s.t. \quad \alpha_1 + \alpha_2 = 1$$

TC: 総費用

Y: 生産量(総旅客キロ)

N: ネットワーク特性変数(就航都市数)

P_1 : 可変費用単価

P_2 : 固定費用単価

d_m : エアライン属性ダミー

(アメリカ系エアライン: $m=1$,
日系エアライン: $m=2$)

$\alpha_0, \alpha_Y, \alpha_N, \alpha_i, \delta_k$: パラメータ

ここで運行費用、整備費用およびサービス費用を可変費用の構成要素とし、また有効座席数当りの可変費用を可変費用単価とする。一方原価償却費、地上サービス費用、販売費用を固定費用の構成要素とし、従業員当りの固定費用を固定費用単価とした。推定にはICAO統計⁶⁾、OAG⁷⁾に基づき、1981, 1987, 1993年時のアジアと米国のエアラインのデータをブーリングして用いた。

図1には推定に用いたデータの生産量(旅客キロ)と総費用の関係を示している。この図より生産量と総費用の間には対数線形の関係があることが示される。

総費用関数は(7)の全体系を同時に推定するため、3段階最小2乗法を用いて推定した。推定結果を表1に示す。

どちらのモデルにおいても生産量に関するパラメータが0.856, 0.776と1より小さいことから、この産業においては生産量に関して規模の経済性が存在することが示されている。つまりエアラインにとっては規模(生産量)拡大が平均費用通減のためのインセンティブとして働くことを示している。

またモデル2におけるエアラインの属性に関するダミー変数の値においては、米国系、日本系の符号が共に正であり、基準に用いたアジア系エアラインよりも双方のエアラインは高コストであること、また日本系エアラインは米国系エアライン

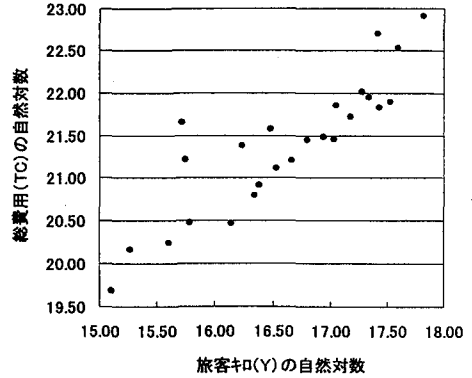


図1 旅客キロと総費用の関係

表1 総費用関数の推定結果 ()内t値

変数		モデル1	モデル2
生産量(旅客・キロ)	α_Y	0.856 (28.29)	0.776 (14.32)
就航都市数	α_N	0.071 (1.06)	0.105 (1.31)
可変費用	α_1	0.853 (28.86)	0.809 (20.38)
固定費用	α_2	0.147 (4.97)	0.191 (4.81)
定数項	α_0	1.850 (4.59)	2.770 (4.47)
米国系エアラインダミー	d_1		0.085 (1.20)
日系エアラインダミー	d_2		0.141 (2.09)
サンプル数		23	23
決定係数		0.995	0.996

よりも高コストであることが示されている。

以下の市場均衡分析においては、このコスト構造の相違をエアラインの異質性を表す特性として扱う。

3. 市場の設定条件

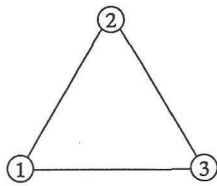
(1) 分析対象マーケット

本論では扱うネットワーク形態およびエアラインのマーケットを図2に示す。図中の $m(od)$ は発地 o と目的地 d 間のマーケットを表し、また $m(ovd)$ も o と d 間のマーケットであり、かつ地域 d を経由することを示している。

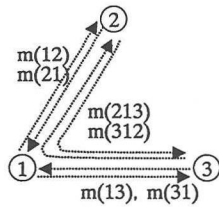
本論ではエアラインが運行する路線は外性的に決定され、図中に示されるようにairline(A)はlink(1-2)とlink(1-3)で運行する。括弧内の数値はリンク両端の地域を示す。同様にairline(B)はlink(2-1), link(2-3), airline(C)はlink(3-1), link(3-2)を運行する。

(2) 市場均衡条件

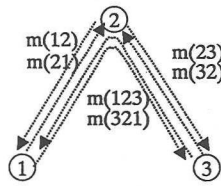
各エアラインの利潤最大化問題は以下のラグランジュ関数 (Φ_n) を解くことと同値である。



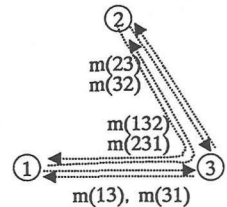
(1)Network Structure



(2)Markets of airline(A)



(3)Markets of airline(B)



(4)Markets of airline(C)

図2 分析対象ネットワークと各エアラインの路線

表2 外生変数の設定値

変数		設定値	注
空港間旅客需要	T^{OD}	250000	全マーケットで一定
機材当り座席数	S_i^1	300 seats	全機材一定
空港間距離	L_i^1	2000 km	全区間一定
所要時間	t_i^r	3.39 hour	直行ルート
		7.71 hour	経由ルート

表3 エアラインの費用構成変数

	エアライン 1	エアライン 2	エアライン 3
総座席キロ (億キロ)	592.2	1403.5	381.3
就航都市数	53	37	49
固定費用単価(US\$) (従業員あたり)	192392	89976	90797
可変費用単価(US\$) (有償座席数あたり)	64.5	27.5	31.0

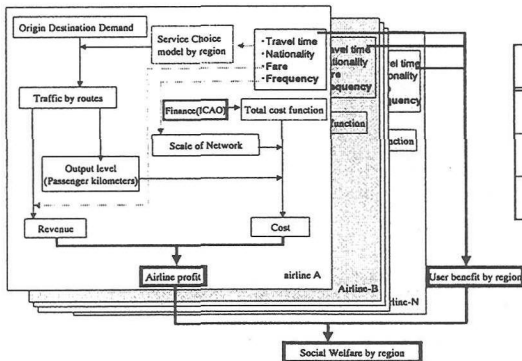


図3 市場均衡の枠組み

表4 航空サービス(市場均衡状態)

Market	Airline(A)		Airline(B)		Airline(C)	
	Frequency	Fare	Frequency	Fare	Frequency	Fare
1-2	7.6	10.4	28.8	8.3		9.0
2-1		10.2		8.9		9.0
1-3	6.8	10.3		7.5	21.1	8.2
3-1		10.4		8.2		8.5
2-3		16.6	26.5	7.7	19.1	7.4
3-2		16.9		7.9		8.1

ラインでも方向別に異なる運賃が設定されることを示している。

$$\Phi_n = \pi_n + \sum_{l(b-e) \in L(n)} \mu_{nl(b-e)} (seat_{nl(b-e)} \cdot freq_{nl} - T_{nl(b-e)}) \quad (9)$$

$\mu_{nl(b-e)}$: クンタッカー乗数

$L(n)$: airline(n) が運行する路線の集合

ここで各エアライン毎に定式化されたラグランジュ関数を、各社各リンクの頻度 $freq_{nl(b-e)}$ 、およびマーケット毎の運賃 $fare_{nr}^{OD}$ 、および $\mu_{nl(b-e)}$ による一階の条件を解くことにより市場均衡解が算出される。

(3)市場均衡解

表2, 表3はそれぞれ市場の設定条件, および各エアラインの特性変数である。また表4にはこれらの条件下における市場均衡解を示す。

airline(A)は他社より高コスト構造であるために競争力が弱く、低頻度、高運賃のサービスしか供給できないことを示している。また旅客の選好の異質性を反映して、同じエア

4. ケーススタディ

ここで airline(A)の高コストが region(1)の着陸料の高さに起因するものと仮定し、この着陸料が低減した際に市場にどのような影響が及ぶのかを考察する。

いま region(1)における着陸料が 8 万円低減されるとすると、各エアラインは追加的な利潤を得ることになり、その額は低減額に着陸回数を乗じたものとなる。そこでこの 8 の値を変化させて均衡状態を求め市場に及ぼす影響を考察する。

なお airline(A)の着陸回数のみ実績データに基づいて先の均衡解に週あたり 250 便を加えることとした。

(1) 評価指標

市場状態の変化をエアライン利潤、利用者便益、社会的余剰の変化をもって評価する。以下に各指標の定義を示す。

(a) エアライン利潤変化

これは2-(2)に記述されている。

(b) 利用者便益

利用者便益は市場状態変化前後のサービスに対する旅客の支払い意思額として補償変分の概念を用いて算出される。ここでサービス前後の航空サービス選択における最大効用の期待値はそれぞれ(8),(9)で表され、サービス変化に対する支払い意思額は、これらの期待値を価格パラメータで除すことにより(10)で算出される。また各地域の総利用者便益は(11)により算出される。

$$UL^{OD(b)} = \ln \sum_n \sum_r^{R(n)^{OD}} \exp V_{nr}^{OD(b)} \quad (8)$$

$$UL^{OD(a)} = \ln \sum_n \sum_r^{R(n)^{OD}} \exp V_{nr}^{OD(a)} \quad (9)$$

$$UB^{OD} = -\frac{UL^{OD(a)} - UL^{OD(b)}}{\beta_1^0} \quad (10)$$

$$TUB^O = \sum T^{OD} \cdot UB^{OD} \quad (11)$$

$UL^{OD(b)}$: O から D へ移動する旅客のサービス選択行動から得られるサービス変化前の最大効用の期待値

$UL^{OD(a)}$: O から D へ移動する旅客のサービス選択行動から得られるサービス変化後の最大効用の期待値

UB^{OD} : O から D へ移動する旅客一人の利用者便益

TUB^O : region(O)に帰着する利用者便益

(c) 社会余剰

社会余剰は各地域のエアラインの利潤変化と利用者便益の変化として(12)により算出される。

$$SW^O = \sum_n \delta_n (\pi_n^a - \pi_n^b) + TUB^O \quad (12)$$

SW^O : region(O) の社会余剰

π_n^b : サービス変化前の airline(n)の利潤

π_n^a : サービス変化後の airline(n) の利潤

$$\delta_n = \begin{cases} 1 & \text{airline}(n) \text{のベースがregion(O)にある場合} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

図4は region(1)の着陸料変化によるエアラインの利潤、利用者便益、社会余剰の変化を示したものである。これより着陸料の低下とともに全てのエアラインの利潤が低下していることが分かる。これは airline(A)のコスト低減がA社の低運賃設定を可能とし、他の2社と共に一層の低運賃競争状態になったためである。そのため利用者便益は運賃低下の恩恵を受け大きく増加することとなった。また社会余剰においては region(1)のみで増加することとなった。このように region(1)における着陸料の低減は直接的には企業の利潤を増加させるが、より競争的な環境を作り出す効果として働き、最終的には利用者に便益を

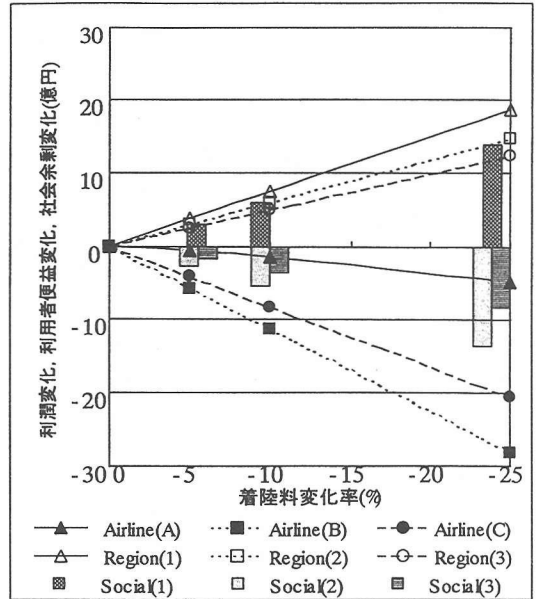


図 4 着陸料変化率の市場への影響

もたらすことが示されている。

5. おわりに

本研究では旅客とエアラインの異質性を反映した航空市場モデルを作成した。市場均衡分析により企業のコスト構造の違いが市場競争力に大きな影響を及ぼすことを示すとともに、着陸料低減がエアラインの低コスト化を進め、市場をより競争的にすることにより利用者に便益が波及することを示した。今後は企業数、対象ネットワークの拡大を進め、市場の一般的な特性を明らかにして行く。

参考文献

- 1) 屋井鉄雄, 高田和幸, 岡本直久: 東アジア圏の航空ネットワークの進展とその効果に関する研究, 土木学会論文集 No. 597, pp71-85,
- 2) 中村良平: 民鉄企業の費用構造: 運輸と経済, Vol.54, No.12, pp.36-44, 1994.
- 3) D.W.caves, L.R. Christensen and M.W. Tretherway: Economy of Density versus Economy of Scale: Why Trunk and Local Service Airline Costs Differ, Rand Journal of Economis, Winter .1984, pp471-489, 1984.
- 4) T.H. Oum and Y. Zhang: Utilization of Quasi-Fixed Inputs and Estimation of Cost Functions, Journal of Transport Economics and Policy, May , pp.121-134, 1991.
- 5) 衣笠達夫: トランス・ログ型関数による航空輸送産業の費用構造の分析, 地域学研究, pp. 147-159, 1994.
- 6) Financial, International Civil Aviation Organization, 1981, 1987, 1993
- 7) Official Airways Guide, 1981, 1987, 1993