

羽田空港における国際路線導入による航空市場への影響に関する基礎的分析*

A Simulation Study on the Air Network Market by Internationalization of Haneda Airport *

石倉智樹**, 竹林幹雄***, 下山彰宏****

By Tomoki ISHIKURA **, Mikio TAKEBAYASHI ***, Akihiro SHIMOYAMA ****

1. はじめに

大都市における複数空港システムは通常、国内と国際の分割や、ペリメータ規制のような、運行ルールを設定する。我が国においては、東京国際空港（以下羽田空港と呼ぶ）では国際定期路線の乗り入れが制限されているが、国内航空輸送のみについても空港容量が逼迫している。しかし、現在進められている再拡張事業により、発着容量に一定の余裕が生じる可能性があるため、余裕のあるスロットを国際定期航空に配分し、羽田空港における限定的な国際定期路線解放が予定されている¹⁾。

こうした新たな空港システム管理政策により市場に与えられる影響の予測は、その政策意思決定のために、重要な課題である。これまで、羽田空港再拡張による経済波及効果を分析した研究²⁾、羽田空港の容量拡大による生産性向上を考慮してその経済効果計測を行った研究³⁾などが実施されている。これらの研究は、集計的な経済効果として、国民経済や首都圏地域にもたらされる経済効果を推定したものである。しかし、航空ネットワークについては明示的に考慮しておらず、航空ネットワーク市場にいかなる影響が生じるかについては、言及されていない。

また、羽田空港再拡張後の国内航空ネットワーク市場への影響を検討した研究⁴⁾も実施されているが、ここでは国際路線の分析が行われていない。

このように、羽田空港の再拡張後に検討されている定期路線導入に関して、航空ネットワーク市場における定量的な分析は行われていない。そこで本研究は、羽田空港の国際路線導入による市場

への影響を推定するために、ネットワーク均衡モデルを用いてシミュレーション分析を行う。

2. モデル

(1) モデルの概念

本研究は、国際航空市場における国籍別キャリア間の競争と旅客の選択行動を、均衡モデルを用いて分析する。モデルは、Takebayashi and Kanafani⁵⁾の発展系である容量制約つき SUE⁷⁾を含む bi-level 型均衡モデル⁶⁾を採用する。

本モデル分析においては、本邦エアラインと海外エアラインの2種のエアラインが存在すると想定する。我が国の国際航空協定は、原則として二国間協定により決定される。現在定期便の就航していない羽田空港への国際路線導入においては、本邦エアラインと協定相手国エアラインの参入が現実的と考えられる。エアライン間の費用構造の異質性は、同国籍間よりも異国籍間のほうが大きいと考えられる。

本研究では、運賃は外生変数として扱うこととする。エアラインは国際頻度を制御して利潤を最大化する。これは、モデル単純化のための処理であるが、事実として同一の区間においては、費用構造によらずエアライン間での運賃差は小さい。

運賃差が小さいことは、市場における競争の結果として捉えることもできるが、その他の要因として、IATA 運賃の存在による影響が考えられる。極東アジア地域の国際航空市場は、欧米に比べて自由化の進展度合が小さく、IATA ペックス運賃等が運賃基準としての影響力を持っている可能性がある。

なお、本モデルの枠組みは、将来的には市場において運賃が決定される枠組みへと発展させることも可能であるが、この改良については今後の課題とする。この他にいくつかの仮定を設ける。まず、OD 需要は一定として扱い、国際航空路線における競合経路間の市場状態変化のみを分析の対象とする。また、エアラインの保有機材制約や機

*キーワード：空港計画，羽田空港，多階層ネットワークモデル

**正員，博（情），国土技術政策総合研究所
（横須賀市長瀬3-1-1，TEL: 046-844-5032，

E-mail: ishikura-t92y2@ysk.nilim.go.jp)

***正員，工博，神戸大学工学部

****学生員，神戸大学工学部

材スケジューリングについては、本モデルでは考慮しない。

(2) エアラインの行動

エアライン n の利潤最大化問題を以下のように定式化する⁶⁾。

[エアラインの利潤最大化問題: AMAX]

$$\text{Object } \pi^n(f_{l^n \in I^n}, \tilde{f}_{l^n \in I^n}) = \sum_{rs} \sum_k p_k^{rs} x_k^{rs} \delta_n^{rsk} - \sum_{l^n \in I^n} C_n^{OP}(f_{l^n}) \rightarrow \max, \text{ for } \forall n \quad (1)$$

subject to:

$$f_{l^n} v_{l^n} \geq x_{l^n} = \sum_{rs} \sum_k x_k^{rs} \delta_l^{rsk}, \text{ for } \forall l^n \in I^n \quad (2)$$

$$\mathbf{G}(f_{l^n}) \leq 0 \quad (3)$$

$$f_{l^n} \geq f_{LOW}, \text{ for } \forall l^n \in I^n \quad (4)$$

$$x_k^{rs} = \arg\{\min : \Gamma(x_k^{rs})\}, \text{ for } \forall k \in K^{rs} \text{ and } rs \in \Omega \quad (5)$$

ここで、

rs : r 地域発 s 地域着の OD ペア

Ω : OD ペアの集合

l^n : エアライン n によって運航されるリンク

k : 経路

K^{rs} : OD ペア rs において利用可能な経路の集合

f_{l^n} : リンク l^n において供給される便数

v_{l^n} : リンク l^n における機材サイズ

x_{l^n} : リンク l^n における旅客数

x_k^{rs} : OD ペア rs において経路 k を利用する旅客数

δ_l^{rsk} : リンク l が OD ペア rs 経路 k に含まれるとき

1, それ以外のときには 0 となるバイナリ変数

$\mathbf{G}(f_{l^n})$: リンクの便数制約に係る制約条件群

(例: 滑走路容量制約など)

$C_n^{OP}(f_{l^n})$: エアライン n の運航費用関数

である。

すなわち、エアライン n は、市場における競合企業の最適反応行動（供給便数）および、式(5)に示される旅客の反応行動に対して、利潤を最大化するように自社各リンクにおける供給便数を決定する。

(3) 旅客の行動

旅客行動については、リンク容量制約付き確率的利用者均衡配分（SUE）問題として考える⁶⁾⁷⁾⁸⁾。すなわち、旅客は自己の不効用 u （リンクコスト）を最小化するように経路選択を行うこととし、以下のように定式化する。この定式化においては、混雑によるリンクコスト増加は、リンク容量制約に係る Lagrange 乗数の値として記述される。

[旅客の経路選択行動: PMIN]

$$\text{Object } \Gamma(x_k^{rs}) = \frac{1}{\theta} \left\{ \sum_{rs \in \Omega} \sum_{k \in K} x_k^{rs} (\ln x_k^{rs} - 1) + \sum_{l \in I} u_l x_l \right\} \rightarrow \min \quad (6)$$

subject to:

$$\sum_{k \in K^{rs}} x_k^{rs} = X^{rs}, \text{ for } \forall rs \in \Omega \quad (7)$$

$$x_{l^n} = \sum_{rs} \sum_k x_k^{rs} \delta_{l^n}^{rsk} \leq f_{l^n} v_{l^n}, \text{ for } \forall l^n \in I^n, \forall n \in N \quad (8)$$

$$x_k^{rs} \geq 0, \text{ for } \forall k \in K, \forall rs \in \Omega \quad (9)$$

ここで、

θ : SUE 配分における分散パラメータである。

3. 羽田空港国際化に関するシナリオ分析

(1) 基礎的条件設定

シナリオ分析では、日本発海外都市着航空旅客輸送市場を対象とする。各航空経路においては、運航エアライン毎に別経路と見なす。なお、簡単のために、エアラインは国籍毎に 1 社と想定し、国際航空路線は複占市場と仮定した。

分析のためのデータとして国際航空旅客動態調査（年間拡大値）を利用した。なお、日本国内のゾーニングは、都道府県単位に分割し、面積が大きな北海道のみさらにサブ地域へ分割した結果、国内 60 ゾーンと設定した。

国際路線における機材サイズについては、B767クラスの利用を想定し、1機あたり300座席と設定することとした。

(2) 国際化後のシナリオ設定

現在、羽田空港から最遠の国内定期路線は、石垣路線であり、これをペリメータールの基準として、2000km以内の海外都市に対して、国際定期便の就航を認める方法が検討されている。そこで、本研究は、羽田空港の国際定期路線導入シナリオとして、韓国の就航地としてソウルが、中国の就航地として上海と北京が、羽田空港からの新たな定期路線導入ルートとなった状況を想定して分析を行う。

北京については、わずかであるが羽田空港から2000kmを超える距離に位置している。しかし、既に我が国発着の国際旅客需要について、一定規模の実績があり、中国における主要な就航地点の一つであることから、分析対象の路線として検討することとした。

具体的には、これらの各都市に対して、国際定期路線を解放した状況をシナリオとして設定し、羽田空港の国際化以前の基準均衡状態からの市場の変化を分析する。本シミュレーションでは、各エアラインの便数変化、旅客数変化などへの影響が分析対象となる。

(3) モデルのパラメータ推定

前章では、理論的枠組みについての定式化を行ったが、実際の市場へモデルを適用して分析するためには、各関数のパラメータを同定する必要がある。

エアラインの費用関数については、有効座席キロあたりの限界費用を一定と見なした線形の費用関数を仮定する。本分析においては、エアラインの費用データとして、ICAO統計のFinancialデータ⁹⁾を利用し、日韓中の国籍毎に、エアライン間の有効座席キロあたり費用パラメータの平均値を採用する。

旅客のODデータおよび経路選択行動パラメータの推定には、国際航空旅客動態調査(年間拡大)¹⁰⁾を用いた。航空輸送、日本国内鉄道輸送、空港アクセスに関するLOS変数は、時刻表より与える。成田空港および羽田空港の乗り継ぎ時間は、OAG Flight Guide¹¹⁾の値を用いている。

パラメータ推定においては、羽田空港発着の国際定期航空サービスが実施前であること、およびデータとして利用した国際正規航空運賃は航空会社を問わず同一であること理由から、地方発着

直行路線経路と成田空港経由経路の2択問題として推定した。なお、運賃変数については、110¥/\$の為替レートを仮定し、全てドル建てとしている。関数形は、以下のように設定した。

$$u_i = \alpha_1 \cdot D_p_i + \alpha_2 \cdot I_p_i + \alpha_3 \cdot T_i + \alpha_4 \cdot TYO \quad (10)$$

$$T_i = \left(I_T_i + \frac{T}{2f_{i^n}} \right) + \left(D_T_i + \frac{T}{2ff_{i^n}} \right) + ACT_i \quad (11)$$

- D_p_i : リンク i における国内移動費用
- I_p_i : リンク i における国際移動費用
- T_i : リンク i における移動時間
- D_T_i : リンク i における国内移動時間
- I_T_i : リンク i における国際移動時間
- ACT_i : リンク i における空港アクセス時間
- T : 利用可能時間
- TYO : 東京経由経路ダミー

パラメータ推定の結果は以下のとおりである。

表-1 パラメータ推定結果

	parameter	t-value
α_1	-0.0234	-150.36
α_2	-0.0098	-112.30
α_3	-0.0630	-128.84
α_4	0.71	28.52
Adjusted Likelihood Ratio		0.305

(4) 羽田空港国際化による航空市場変化シミュレーション分析

以上の設定に従い、2003年時点での実績を基に、実際にパラメータ推定を行い、日本-ソウル市場および、日本-北京・上海市場へモデルを適用した。なお、基準時点においては、羽田空港からの国際定期路線が未就航である。シミュレーション分析においては、羽田空港からソウルおよび北京・上海路線が開設された状況を想定する。本邦エアラインと、相手国系エアラインは、東京の2空港と相手先空港の間の市場においてのみ競争していることとする。

表-2に日本-韓国市場におけるシミュレーション結果を示す。基準状態として羽田空港が国際化される前の状況を設定し、日韓両国のキャリアに羽田空港の国際線枠を解放した場合(Case 1)、日系キャリアにのみ開放した場合(Case 2)、韓国系キャリアにのみ開放した場合(Case 3)をそれぞれ想定し、各々の均衡解を推定した。

表-2 日本-韓国市場の分析結果

Scenarios	Carriers	Airport	Freq.	PAX	Load Factor
Both use NRT (Benchmark)	JPN	NRT	5.40	1363	84%
	KOR	NRT	5.84	1375	78%
Both use NRT and HND (Case 1)	JPN	NRT	0.93	1.5	1%
		HND	5.40	1362	84%
	KOR	NRT	0.97	1.5	1%
JPN uses HND (Case 2)	JPN	NRT	0.99	296	100%
		HND	4.67	1402	100%
	KOR	NRT	5.06	1040	68%
KOR uses HND (Case 3)	JPN	NRT	4.49	995	74%
		KOR	NRT	0.96	287
			HND	4.85	1456

Case 1 では、両キャリアが成田から羽田へ便数をシフトする結果が観察された。一方、日韓キャリアのどちらか一方にのみ国際線枠を解放した場合には、羽田の国際線を保有するキャリアは、全ての便数を成田から羽田にシフトさせ、かつロードファクターが 100%となるように便数を減じるという結果が見られる。これは、非対称利用が認められたことにより、独占的供給量決定が行われたと思われる。

4. まとめ

本研究は、羽田空港の国際路線導入による市場への影響について、ネットワーク均衡モデルによるシミュレーション分析を行った。本研究では、仮想的なキャリア単位の国際認可シナリオ分析のみを行ったが、今後は国際線枠数や就航地点別枠数など、より現実的な政策シナリオ分析へと発展させることを考えている。

参考文献

- 1) 国土交通省航空局: 交通政策審議会航空分科会答申, 2002
(http://www.mlit.go.jp/koku/04_outline/08_shingikai/05_bunkakai/index.html)
- 2) 国土交通省航空局: 羽田空港の再拡張による経済波及効果について, 2003
(http://www.mlit.go.jp/koku/04_outline/01_kuko/02_haneda/hakyu.html)
- 3) 石倉智樹, 土谷和之: 羽田空港の容量拡大による航空輸送の生産性への寄与とその経済効果, 土木計画学研究・講演集, vol.32, 2005
- 4) 国土交通政策研究所: 政策効果の分析システムに関

する研究 -国内航空分野における規制緩和及び航空ネットワーク拡充に関する分析-, 国土交通政策研究, 第13号, 2002

- 5) Takebayashi, M. and Kanafani, A.: Network Competition in Air Transportation Markets: Bi-level approach, Global Competition in Transportation Markets: Analysis and Policy Making, 101-120, Elsevier, 2005
- 6) 竹林幹雄: 複数空港時代における空港間の機能分担: ネットワークデザインの視点から, 第32回土木計画学研究講演会 (CDROM)
- 7) Zhou, J., Lam, W.H.K., and Heydecker, B.: The generalized Nash equilibrium model for oligopolistic transit market with elastic demand, Transportation Research 39B, 519-544, 2005
- 8) Bell, M.: Stochastic User Equilibrium Assignment in Networks in Queues, Transportation Research, 29B: 125-137, 1995.
- 9) International Civil Aviation Organization: Digest of Statistics Series F, 2000
- 10) 国土交通省航空局: 平成15年度国際航空旅客動態調査, 2004
- 11) OAG, OAG Flight Guide Nov 2000, 2000