

東アジア近距離輸送におけるLCC参入の影響シミュレーション

竹林 幹雄¹

¹正会員 神戸大学大学院海事科学研究科 (〒658-0022 神戸市東灘区深江南町5-1-1)

E-mail: takebaya@kobe-u.ac.jp

本研究は国際貨客輸送の規制緩和が進みつつある東アジア近距離輸送において、市場の競争性を高めるといわれているLCCの参入の可能性と、参入が市場に与える影響について、シミュレーションを通じて検討を加える。まず、bi-level市場モデルを拡張し、頻度に加えて、運賃を制御変数として利潤最大化を行う形式とした。次に、首都圏-ソウル路線を取り上げ、LCCの参入によるネットワーク構成ならびに運賃への影響を分析した。その結果、LCCが羽田に就航する方が既存航空会社の運賃引き下げ効果が大きいことがわかった。

Key Words : air transport, low cost carrier, short haul market

1. はじめに

2010年10月の羽田空港における国際定期航空路線開設は、東アジアにおける航空輸送を考える上で、一時代を画する出来事であったといえる。都心の混雑空港と郊外の空港との棲み分けという、長年の国の方針を大転換し、都心の混雑空港に国際線を就航させることで、空港の戦略性を増そうとする試みは非常に画期的なものであるといえる。中でも、路線設置の点では、既存の大手ネットワークキャリアのみならず、低費用航空会社（いわゆるLow Cost Carrier/LCC）へのスロット割り当てがなされたことは、羽田空港の今後のあり方を考える上でキーとなるものであるといえる。

しかし、一方で郊外空港である成田空港での路線設置への影響に関しては、一部の研究¹⁾では議論されているものの、基本的にはネットワークキャリアに対する分析にとどまるものである。LCC参入はネットワークキャリアの路線設置への影響も大きいと考えられるが、一方で旅客の指向性にも大きく影響する。著者らは先行研究²⁾において、近畿地方発着におけるLCCの影響分析を行ったが、価格は与件であり、LCCのコスト競争力に応じた価格設定や、ネットワークキャリアの運賃への影響は考慮されていなかった。

本論文では、先行研究での成果をさらに発展させ、

LCCの東アジア近距離輸送への参入が航空輸送市場のサービスレベルに与える影響について考究することを目的とする。具体的には著者が提案したbi-levelモデル³⁾を輸送頻度に加えて運賃を制御変数とすることにより、運賃競争も考慮対象としたモデルを提案し、首都圏-ソウル市場を対象として羽田および成田空港への就航パターンと運賃への影響を検討する。

2. モデルの概要およびその適用

(1) モデルの概要

本稿で用いるモデルは、竹林³⁾の開発したbi-level型市場均衡モデルを拡張したものである。既発表モデルとの相違点は、頻度だけでなく運賃も航空会社の制御変数になっている点である。

(2) 旅客の行動

旅客の行動モデルは既発表モデルと全く同じである。すなわち、旅客の経路選択では、経路の不効用を評価するもととする。このとき、旅客はフライトを予約するが、当該リンクを運航するフライトに残席がない場合は、当該フライトを予約することができない。この「予約不可

能となる」状態をコスト化し、不効用に反映させることを考える。なお、旅客行動におけるリンク、パスはともに競争を行う航空会社（ n で表される）の他に、後述するバイパスとして扱われるものも全て配分対象となる。このため、バイパスを運航する航空会社（利潤最大化は行わない主体とし、バイパスの条件は不変である）も含めた航空会社の集合を N として、各航空会社の提供する経路への旅客の配分問題を定式化する。

【容量制約つき確率的利用者均衡配分問題：SUE/FD-CAP】

$$\text{Object : } \min_{x_k^{rs}} \Gamma(x_k^{rs}) = \frac{1}{\theta} \sum_{rs \in \Omega} \sum_{k \in K^{rs}} x_k^{rs} (\ln x_k^{rs} - 1) + \sum_{rs \in \Omega} \sum_{k \in K^{rs}} u_k^{rs} x_k^{rs} \quad (1)$$

Subject to

$$\sum_{k \in K^{rs}} x_k^{rs} = X^{rs}, \forall rs \in \Omega, \quad (2)$$

$$x_{l^n} = \sum_{rs} \sum_k x_k^{rs} \delta_{l^n}^{rsk} \leq v_{l^n} f_{l^n}, \quad \forall l^n \in I^n \text{ and } n \in N \quad (3)$$

$$x_k^{rs} \geq 0, \text{ for } \forall k \in K^{rs} \text{ and } rs \in \Omega, \quad (4)$$

x_k^{rs} は発地 r 着地 s のOD市場の経路 k の旅客フロー、 u_k^{rs} はその不効用、 θ は分散パラメータである。 X^{rs} は rs OD交通量、 Ω はODペアの集合、 x_{l^n} は航空会社 n が運航するリンク l^n の旅客フローである。 $\delta_{l^n}^{rsk}$ は経路 k がリンク l^n を含む場合1を、それ以外はゼロを取る2値変数である。 v_{l^n} 、 f_{l^n} はそれぞれリンク l^n の機材容量、運航頻度である。 I^n は n が運航するリンクの集合である。式(2)はOD交通量の保存、式(3)はリンクでの容量制約、式(4)は制御変数の非負条件である。

ここで、旅客の利用経路選択に関わる不効用は以下のように示されるものとする。

$$u_k^{rs} = \alpha_1 t_k^{rs} + \alpha_2 (p_k^{rs} + \bar{p}_k^{rs}) + \sum_{l^n \in I^n} \frac{\alpha_3}{f_{l^n}} \delta_{l^n}^{rsk} \quad (5)$$

式(5)で示されるように、旅客の不効用は経路の所要時間 t_k^{rs} 、運賃 p_k^{rs} 、運賃を除外したアクセス費用などによって構成される旅行費用 $\bar{p}_k^{rs}$ 、頻度の経済を表す $1/f_{l^n}$ で表される。なお、最終的な旅客の不効用 U_k^{rs} は u_k^{rs} に満席の場合のコスト（混雑項） λ_{l^n} の線形結合 λ_k^{rs} を加えたものとして表される。

$$U_k^{rs} = u_k^{rs} + \sum_{l^n} (\lambda_{l^n}) \delta_{l^n}^{rsk} \quad (6)$$

λ_{l^n} は制約式(3)に対応するLagrange乗数である。なお、この λ_{l^n} は「満席によって失われた機会費用」と解釈することができる。

なお、モデルでは対象とするエアライン n 以外で輸送される経路の存在も仮定し、これをバイパスとしている。このバイパスを設けることにより、OD交通量そのものは非弾力的ではあるが、考察対象の航空旅客需要は弾力的に変化することになる。

(3) 航空会社の行動

エアライン n はOD旅客を輸送することにより、収益を得る。彼らの戦略は空港間（リンクとする） l^n での輸送頻度 f_{l^n} を決定すること、ならびにリンク単位の運賃 p_{l^n} を決定することである。輸送におけるコストは運航に関わる費用のみとし、線形コストを仮定する。このときライバル企業（“ n ”として表記）の行動 $\tilde{f}_{l^n}$ は最適反応であるとする。

航空会社は経路 k が n によって運航されている場合、運賃収入 $p_k^{rs} x_k^{rs}$ を得るものとする。費用に関しては、航空会社はリンク l^n ごとの運航費用 $C_{l^n}^{OP} * f_{l^n}$ を支払わなければならないと考える。また、固定費用は埋没費用と見なし、利潤最大化行動における経常的な費用としては考慮されない。さらに空港において滑走路容量制約がある場合は、航空会社はこの制約を考慮して自らの戦略を立てなければならない。このとき、航空会社 n の直面する利潤最大化問題は次のように表現される。

【航空会社の利潤最大化問題：AMAX】

$$\max_{f^n, p^n} \pi^n(f^n, p^n, \tilde{f}^{-n}, \tilde{p}^{-n}) = \sum_{rs} \sum_k \sum_{l^n \in I^n} p_{l^n} \hat{x}_k^{rs} \delta_{l^n}^{rsk} - \sum_{l^n \in I^n} C_{l^n}^{OP}(v_{l^n}) f_{l^n} \quad (7)$$

subject to

$$G(f^n, p^n) \geq 0 \quad (8)$$

$$p_{l^n} \geq p_{l^n}^{\min}, \quad \forall l^n \in I^n, \quad (9)$$

$$f_{l^n} \geq f_{Low}, \quad \forall l^n \in I^n, \quad (10)$$

$$\hat{x}_k^{rs} = \arg\{\min : \Gamma(x_k^{rs})\}$$

$$\text{subject to (2) to (4)}, \forall k \in K^{rs} \quad \text{and} \quad rs \in \Omega$$

$$, \quad (11)$$

ここで $\hat{x}_k^{rs}$ は均衡旅客フロー、 $G(\cdot)$ は航空会社に関わる一般的な制約条件であり、空港での容量制約などが個々に含まれる。

式(8)は一般的な制約であり、式(9)、(10)はそれぞれ運賃の最少額、ならびに最小運航頻度に関わる制限である。これは運賃は最低でもゼロ利潤でなければ、企業行動として現実的でないため、もうけた。また、最小運航頻度はネットワークの形状の変化を禁止するためにもうけている。式(11)は旅客フローが均衡フローで与えられることを意味する。

なお、本稿ではリンクごとに運賃が設定されるとしているため、経路運賃 p_k^{rs} はリンクごとの運賃の結合で表される。

3. 首都圏-ソウル市場を対象とした分析

(1) 地域、ODゾーン、および空港

本研究で対象とするものは、首都圏と韓国・ソウル間の輸送である。なお、双方ともに地域内に複数の空港を抱えているため、分析は複雑になる。可能な設定だけ考えても、羽田、成田（首都圏）、金浦、仁川（ソウル）について、航空会社ごとに設定できることになり、航空会社が増加すればそれだけ検討対象が増加する。本稿では、できるだけ本質的な部分だけ取り上げて議論することを目標としているため、対象をある程度限定してシミュレーションを行うこととした。以下、その設定を示す。

【ODゾーン】

ODゾーンは、首都圏は東京、神奈川、千葉、埼玉の4都県、ソウルは航空旅客動態調査で「ソウル」と分類されているエリアを対象とする。なお、簡単のためセントロイドは各県庁所在地、ソウル市庁舎とそれぞれ1カ所とし、アクセス条件などはこれらに準じて設定する。OD交通量はH19の国際航空旅客動態調査⁹⁾の年拡大値を日単位に変換した値を用いる。

【航空会社】

日韓路線に就航する航空会社はJALやANA、大韓航空、アジアナに加えて、欧米系航空会社も運航している。また現在ではエアブサン、チェジュ航空などいわゆるLCCも限定的ではあるが就航している。多数の航空会社を取り上げることは、市場の精密な分析のためには必要では

あるが、ODゾーンの項でも述べたように、ネットワークがいたずらに煩雑になり、本質的な議論の阻害要因になる可能性が少なくない。そこで、本稿ではできる限りネットワークを簡略化するため、既存ネットワークキャリアとして日系航空会社2社（JL, NH）、韓国系航空会社2社（KE, OZ）の4社とし、そこにアジア系LCCの参入が参入するという分析の枠組みとした。

なお、ODデータは首都圏-ソウル市場にLCCが参入する前の2007年時点での流動を用いることとした⁹⁾。

(2) 分析結果と考察

まず、旅客行動のパラメータ推定であるが、首都圏発の流動のみから、旅行時間のウェイトとして、0.0028 (t値：2.08)、頻度のウェイトを0.289 (t値：4.12)を得た。残念ながら運賃に対するウェイトは運賃の実勢が不明のため、有効なものが得られなかった。しかし、運賃に対するウェイトがない場合、運賃が非現実的な値として算出されてしまうため、ここでは現状で観測される値にできるだけ近づけるように試行錯誤的にウェイトを設定した。ここでは0.0075とした。

表-1に使用したOD表を示す。これは航空旅客動態調査の年拡大値（日本人、外国人）を合算したものを日単位に変換し、対称なOD表としたものである。

表-1 OD表（日単位）

OD表	埼玉	千葉	東京	神奈川	ソウル
埼玉	0	0	0	0	256.1671
千葉	0	0	0	0	174.1123
東京	0	0	0	0	1963.474
神奈川	0	0	0	0	520.4959
ソウル	256.1671	174.1123	1963.474	520.4959	0

アクセス時間、アクセス費用などはJR時刻表などから代表的な交通機関を使用した場合の時間（分）と費用（USD換算）を用いた。飛行距離は第2四半期で示された530mile（HND-GMP, NRT-ICN共通）とした。単位運航費用（USD/PAXMILE）はJL, NH, KE, OZ, LCCの順で0.243, 0.226, 0.184, 0.201, 0.126とした。これはAviation Weekの2009年度版⁷⁾で掲載された2007年度の各航空会社の平均費用を用いている。初期実行可能解としては運航頻度は2007年度の第2四半期の平均値、運賃は全ての航空会社共通で180USDとした。HNDでのスロット割り当ては特に断らない限り6としている。また、機材容量は現行の状態を考慮し、NHとLCCはA320クラスを、それ以外はA330クラスを使用しているとした。

ここで、基本ケースは2007年度の状態（Base）であり、LCCがHND-GMPに参入した場合（Case 1）、スロット割り当て数を10に拡大した場合（Case 2）、NRTに参入した場合（Case 3）を取り上げる。

表-2は各航空会社の路線ごとの運航頻度の変化を表している。表からLCCが参入することにより、ネットワークキャリアの運航頻度が減少していることがわかる。また、LCCはHNDに参入した方がNRTに参入するよりも運航頻度が高いことがわかる。これは、東京、神奈川のセントロイドから比較的近距离にあるHNDに参入する方が、収益性が高いからであると考えられる。これは運賃の変化からも観測できる。表-3は運賃変化の一覧である。

まず、LCCがHNDに参入した場合についてみると、既存ネットワークキャリアの運賃は一部の路線を除いて低下し、全体的には競争が強化されているといえる。しかし、新規参入のLCCの運賃はいわゆる「低価格運賃」には必ずしもならないという結果を得た。これは運賃と頻度のウェイト比に依存する結果であると考えられる⁹⁾が、ここでの結果は次のように解釈することができる。すなわち、高需要が期待されるHND路線では運航頻度を高くすることで旅客を誘引できるため、LCCは運賃を競争的に低くする動機が少ない。比較的価格が高止まりする可能性があることを示唆している。一方、NRTに参入した場合、HND路線に対して旅行時間が大幅に増加することに加えて、頻度による効果が弱くなるため、LCCのコスト競争力を生かした低価格運賃を提供することになると考えられる。

収益に関してはLCCの参入により、既存ネットワークキャリアは収益を大幅に減じていることがわかる。また、LCCのHND参入の方がNRT参入の場合に比べて、収益の減少が小さいことがわかる。一方、LCCの収益はNRT参入の場合、大幅に減少する。集客力がNRTではHNDに比べて劣るため、大幅な低価格運賃を提供することになると考えられる。

一方シェアについては、LCCの参入により主に韓国系航空会社のシェアが奪われていることがわかる。日系企業はLCCの参入により大幅に運航頻度が変化しないことと対照的に、韓国系航空会社は運航頻度を大きく減じている。これは韓国系はLCCとのコスト差が比較的小さく、頻度競争、運賃競争ともに激しく行うため、シェアが大きく変化するものと考えられる。一方、日系航空会社はコストの差が大きいため、収益を確保するためにはできるだけ現在のシェアを維持する方法を選ぶ方を採択したと考えられる。この競争に関してはさらに考察が必要であり、この議論に関しては今後の課題としたい。

最後に旅客の厚生に関しては、Baseでは総旅客数が5698人であるのに対し、Case 1では5729人、Case 2では5733人、Case 4では5727人となる。大きな差はないが、HNDにLCCが参入する方が旅客にとっては有利であるという傾向が見て取ることができる。

表-2 運航頻度

Freq		Base	Case 1	Case 2	Case 3
JL	NRT-ICN	0.581	0.571	0.566	0.571
	HND-GMP	1.427	1.435	1.422	1.435
NH	NRT-ICN	1.847	1.492	1.492	1.492
	HND-GMP	2.266	2.483	2.483	2.483
KE	NRT-ICN	1.202	0.720	0.720	0.720
	HND-GMP	1.698	1.829	1.787	1.888
OZ	NRT-ICN	0.938	0.933	0.933	0.933
	HND-GMP	2.012	1.647	1.647	1.647
LCC	NRT-ICN	-	-	-	2.707
	HND-GMP	-	2.764	3.120	-

表-3 運賃（往路）

		Base	Case 1	Case 2	Case 3
JL	NRT-ICN	225.94	199.57	198.18	202.50
	HND-GMP	219.65	189.36	186.75	192.23
NH	NRT-ICN	223.76	218.78	215.19	221.61
	HND-GMP	277.22	230.98	227.29	233.91
KE	NRT-ICN	177.24	188.23	184.05	190.16
	HND-GMP	202.47	176.31	173.60	176.98
OZ	NRT-ICN	207.17	177.36	174.61	179.77
	HND-GMP	196.11	186.96	183.86	190.73
LCC	NRT-ICN	-	-	-	158.82
	HND-GMP	-	217.60	199.51	-

(単位：USD)

表-4 収益

	Base	Case 1	Case 2	Case 3
JL	112850.9	71149.23	64819.83	74923.82
NH	148632.2	109039.6	102606.9	112605.3
KE	161742.4	98286.47	92361.51	101041
OZ	152389.5	99282.18	91378.6	103456.3
LCC	-	109965.5	107037.3	62391.88

表-5 市場でのシェアの変化

	Base	Case 1	Case 2	Case 3
JL	0.212	0.205	0.200	0.206
NH	0.199	0.187	0.185	0.187
KE	0.303	0.240	0.236	0.245
OZ	0.286	0.238	0.234	0.238
LCC	-	0.130	0.145	0.124

4. おわりに

本稿では首都圏-ソウル市場に限定してLCC参入の影響を運航頻度、運賃、既存ネットワークキャリアに関して検討した。ここでの結果は設定したパラメータのウェイトに大きく影響されるため、感度分析が必要であるものの、LCC参入により韓国系航空会社の路線運営に影響が出ると同時に、全てのネットワークキャリアの収益性に大きな影響が出ることがわかった。なお、本モデルの挙動に関する理論的考察は別稿で詳しく述べている⁹⁾ので、別稿を参照されたい。

参考文献

- 1) 石倉智樹, 竹林幹雄: 羽田空港への国際定期航空路線
乗り入れによる航空市場への影響分析, 土木学会論文
集, 800, VI-69, 51-66, 2008.
- 2) Mikio Takebayashi, Tomoki Ishikura: Impact of Low Cost Carriers
and Multiple Airport System, Proc. of EASTS 2011 (forthcoming).
- 3) Mikio Takebayashi: Evaluation of Asian Airports as Gateway:
Application of Network Equilibrium Model, Pacific Economic
Review 16(1), 64-82, 2011.
- 4) Mikio Takebayashi: The runway capacity constraint and airlines'
behavior: choice of aircraft size and network design, Transportation
Research E 47, 390-400, 2011.
- 5) Mikio Takebayashi: Managing the multiple airport system: how to
coordinate short haul/long haul flights, Proc. of ATRS 2010, Porto,
2010 (CDROM).
- 6) 国土交通省航空局: 平成19年度国際航空旅客動態調査,
2009.
- 7) Aviation Week and Space Technology Sourcebook 2009, McGraw-
hill, 2009.
- 8) Mikio Takebayashi: Network Design Strategy under Asymmetric
Operating Cost Structure: Model Analysis, Proc. of ATRS 2011,
Sydney (forthcoming).

ENTRANCE OF LOW COST CARRIER TO EASTERN ASIA SHORT HAUL MARKET AND ITS IMPACT

Mikio TAKEBAYASHI

This paper copes with the competition between existing network carriers and new comer low cost carriers in the short haul international passenger transport market. In this paper, the bi-level model which can handle behavior of both carriers and passengers is applied. In the bi-level model, the carriers can control fares as well as service frequency. Through the application analysis, we discuss the impact of entrance of LCC to Tokyo-Seoul market. The results suggest when LCC launch their services from HND, the profit of existing network carriers dramatically decreases because the airfare of network carriers is lowered.