# ベルトラン・ナッシュ均衡モデルによる格安航空会社(LCC)の本邦航空市場参入の影響に関する分析

格安航空会社(LCC)参入が、旅客の選択行動及び航空便数の配分戦略の変化に与える影響を分析するため、エアライン間の運賃競争を考慮した、ベルトラン・ナッシュ均衡モデルに基づくシミュレーションプログラムを開発するとともに、実データに基づき、首都圏〜関西圏、首都圏〜北部九州、関西圏〜北部九州の三地域間の旅客流動を対象としたシミュレーションを行った。その結果、LCC参入による旅客需要及び経路運賃の変化の様相は、三地域圏間において、それぞれ大きく異なるものと推計された。

キーワード 格安航空会社(LCC)、ベルトラン・ナッシュ均衡、空港計画

修(工) 修(公共政策) 国土交通省国土技術政策総合研究所空港研究部主任研究官

井上 岳 INOUE, Gaku

丹生清輝 TANSEI, Kiyoteru 修(工) 国土交通省国土技術政策総合研究所空港研究部空港計画研究室長

喜渡基弘

| |修(工)|| パシフィックコンサルタンツ株式会社交通基盤事業本部航空部プロジェクトマネージャー

KIDO, Motohiro

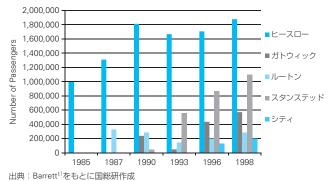
修(工) パシフィックコンサルタンツ株式会社交通基盤事業本部航空部研究員

今村喬広 IMAMURA, Takahiro

# 1――はじめに

2012年3月,わが国初の本格的格安航空会社(LCC)となるピーチ・アビエーションが,関西~新千歳線,関西~福岡線の開設を皮切りに,関西~長崎線,関西~鹿児島線を順次開設した.続く7月には,ジェットスター・ジャパンが成田~関西,成田~那覇線のデイリー運航を開始した.エアアジア・ジャパンも,成田空港を拠点とした国内航空路線の開設を予定している.

一方、LCCの参入が活発である欧米では、例えば Ryanairの参入により、ロンドンを出発・目的地とする近距 離国際航空旅客の交通行動に大きなインパクトが与えら れた。図―1は、ロンドン〜ダブリン間の国際航空旅客の うち、ロンドン側の発着空港別の利用人数を時系列的に 示したものである。ルートン空港にRyanairが就航開始し



■図―1 ロンドン〜ダブリンにおけるRyanairの参入効果

た1987年においては、ルートン空港のシェアが0から約20%に皆増している。その後、Ryanairは、より低価格の空港施設利用料を模索し、乗入空港をスタンステッド空港に変更したが、それに伴い、ルートン空港の利用客は減少に転じる一方、スタンステッド空港の旅客数は、その後も順調に増加した。また、Hess and Adler²)は、米国において経年的に実施された対話的表明型選択調査(Stated Choice Surveys)の結果を統計分析することにより、乗換回数、飛行時間、空港アクセス時間の回避に係る旅客の支払意志額(Willingness to pay)に、経年的な変化が見出せることを実証的に示している。

以上の例のように、LCCの国内航空路線の開設によって本邦航空市場に与えるインパクトは大きなものとなることが想定される。わが国における航空・空港政策上の課題としては、地方空港等におけるLCCターミナルの必要性等の検討、首都圏等の混雑空港における今後の需要予測及び近隣空港との機能分担の可能性検討、空港経営改革等による本邦航空市場へのインパクト及びその効果の予測等が想定される。LCC就航によるインパクトの本質は、既存エアラインと新規LCCとの間の差別化された運賃競争並びに運賃及び旅行時間といった交通サービス水準の諸要素を総合的に勘案した、旅客の交通選択行動との相互作用にあるものと考えられるが、本邦航空市場を対象にした上記を十分踏まえた分析フレームワークは、十分に準備されたものではない。

わが国の航空需要予測に用いられるモデルとしては, 国土技術政策総合研究所<sup>3)</sup>が四段階推計法に基づく既存の手法を改善した「2005年国総研航空需要予測モデル」がある.上記モデルにおいて,エアラインの航空運賃は,単一の外生変数としており,同一路線内での運賃の多様性とエアライン間の競争といった側面は表現できない.

竹林<sup>4)</sup>,竹林·黒田<sup>5)</sup>,石倉<sup>6)</sup>,石倉・丹生<sup>7)</sup>, Takebayashi<sup>8)</sup> は,エアライン間の競争を考慮した航空輸送市場モデルの分析フレームワークを提供したが,エアライン間の競争を,その供給量を制御変数とするものと捉えるとともに,運賃の外生を仮定していて,エアライン間の差別化された運賃競争といった側面が考慮されない.

エアラインの運賃競争を明示的に扱った研究の例としては、Tuba<sup>9)</sup>等がある. Tubaは、航空に係るEU-ETS(欧州連合域内排出量取引制度)が、欧州の航空市場に与える影響について、欧州の18の航空会社に係るパネルデータにより分析した. この際、Tubaは航空市場を、エアラインが利潤最大化を目的に運賃競争をするベルトラン・ナッシュ近衡として捉えている. しかしながら、Tubaの分析は、EU-ETS導入による追加コストの旅客への転嫁の度合い及びエアラインの総供給量等の変化のシミュレーションを目的としたものであって、航空ネットワークの個々の路線の旅客需要や運賃の予測を目的とした分析ではない.

加藤<sup>10)</sup>は、ベルトラン・ナッシュ均衡を組み込んだ計量 経済モデルに基づく航空市場モデルにより、航空路線の 存続・撤退分析並びに既存エアライン及びLCCのキャリ ア運賃の変化に係るシミュレーションを行ったが、日本都 市と上海間のネットワークを単純化したもので、本邦航空 市場における同一地域複数空港等への適用には、再現性 の検証等が必要である.

竹林<sup>11)</sup>は,竹林<sup>4)</sup>,竹林・黒田<sup>5)</sup>, Takebayashi<sup>8)</sup>等のモデルを拡張し,輸送頻度に加え,運賃を制御変数としたモデルによるシミュレーションを行ったが,加藤と同様に本邦航空市場を直接対象としたものではない。モデルの均衡解を左右する旅客の行動に係るモデル式は,容量制約を考慮しつつも,航空運賃に係る効用パラメタ等が課題であり,実市場への適用には,更なるモデルの精緻化が必要である。

そのほか、Barbot<sup>12)</sup>は、ゲーム理論を基礎とするLCCによる参入阻止や環境順応について理論モデルを構築した上で、定性的分析を試みている。理論モデルから導かれるエアラインの行動は、運賃、路線間距離のほか、必ずしも観測が容易とは言えないエアラインの特性パラメタ(時刻表、スタッフ、定時性)に左右されるものであり、実データに基づく定量的分析を直ちに行うのは難しい。Fuet al.<sup>13)</sup>は、1990年から2004年までの四半期時系列デー

タを用いて、需要関数及びエアラインの価格反応関数を推定している。しかしながら、同様の手法をLCCの就航開始直後である本邦市場に直ちに適用することは困難である。Pels<sup>14)</sup>は、米国~欧州の航空市場自由化を念頭に、費用関数及び需要関数の特性がエアラインの路線参入戦略に及ぼす影響について定性的分析を試みているが、実データに基づく分析の例はない。Murakami<sup>15)</sup>は、1998年におけるDB1Aクロスセクションデータを用いて、LCC参入による厚生効果などを推計している。しかしながら、執筆時点において、本邦におけるLCCの参入実績は少なく、かつ、実勢運賃などのデータが未取得であるため、本邦航空市場を対象にMurakamiと同様の分析をおこなうのは困難である。

本邦航空市場におけるLCCを含めたエアライン間競争が、ベルトラン型/クールノー型/これらの中間形態/その他の形態なのかについては、議論が分かれるところであり、実データに基づく精緻な分析が待たれるが、分析データとして有効性の高い航空旅客動態調査が、2012年度に実施される予定はなく、直ちに結論を得るのは困難である。

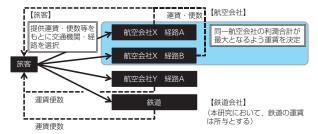
現時点で利用可能なデータ及び方法論に上記のような制約があるものの、LCC参入による本邦航空市場への影響分析を実データに基づいて行った例は他になく、ニーズは高いと考えられる。

そこで、本研究は、LCC参入後の航空市場がベルトラン型競争であると仮定した上で、当該分析を試みた.具体的には、日本各地~上海間の国際航空旅客を対象とした加藤<sup>10)</sup>のアプローチに倣い、交通統計データに基づく旅客の行動モデルの定式化を行うとともに、ベルトラン・モデルを組み合わせ、ユニットコストがネットワークキャリアとは異なるLCCの本邦航空市場参入の影響に関する定量的分析を行った。そして、高需要路線であり、かつ、複数のエアライン及び新幹線により旅客輸送が行われ、ユニットコストの異なるエアラインの参入が想定される、首都圏~関西圏、首都圏~北部九州及び関西圏~北部九州の航空市場に適用し、LCCが本邦航空市場に参入した場合における旅客需要、運賃及び便数の変化に与える影響を分析した。

#### 2——手法

## 2.1 モデルの概要

本研究は、加藤<sup>10)</sup>のアプローチに倣い、本邦航空市場を、旅客の効用最大化行動のもとの経路選択と、エアラインの利潤最大化のための運賃戦略の相互作用との表れとしてモデル化する。モデルのイメージを図―2に示す。即ち、旅客については、エアラインが提供する運賃及び便数



■図―2 航空市場モデルのイメージ

をもとに、その効用が最大となるよう、交通機関及び経路 を選択するものと仮定し、エアラインについては、同一会 社の利潤(合計)が最大となるよう提供運賃を決定するも のとする。本邦航空市場においては、鉄道と航空が競合 関係にあると捉えられるが、本研究において、鉄道会社 は旅客及びエアラインの行動を受容するのみで、鉄道運 賃及び便数を変更しない. 即ち, 鉄道運賃及び便数は所 与のものとして扱う.

#### 2.2 旅客の行動のモデル化

旅客の経路選択は、ロジットモデルにより、確率的に決 定するものとして、モデル化する. ある出発地iと到着地i を結ぶ経路kにおける交通量を $x_{ij,k}$ とすると,

$$x_{ij,k} = OD_{ij} \operatorname{Pr}_k \text{ for } k \in R(i,j)$$
 (1)

$$\begin{aligned} x_{ij,k} &= OD_{ij} \ \text{Pr}_k \ \text{for} \ k \in R(i,j) \\ \text{Pr}_k &= \frac{\exp U(r_k)}{\displaystyle\sum_{k' \in R(i,j)}} \end{aligned} \tag{1}$$

と表されるものとする. ただし、

Pr<sub>k</sub>:経路kの選択確率

ODii:出発地i,到着地jに対応する交通量 R(i,j):出発地i,到着地jを結ぶ経路の集合  $U(r_k)$ :経路kを選択した場合の旅客の効用(確定項) である.

経路kとは、単なる路線のことでなく、任意のOD間を結 ぶ路線及びエアラインまたは鉄道の組み合わせを言う. 即ち、本研究において、JALが運航する羽田~伊丹路線、 ANAが運航する羽田~伊丹路線は、別の経路として取り 扱う。本研究の目的は、異なるユニットコストのエアライン が本邦航空市場に参入した場合,どのような影響を及ぼ すかを分析することにあるため、このような取扱いとした.

旅客の効用 $U(r_k)$ は、運賃・便数といった交通サービス 水準の関数によって表すことができるものとする。本研究 の分析に用いた効用関数は、3.2節に改めて示す.

式(1)及び式(2)の連立により、経路kにおける交通量 $x_{ij,k}$ は、当該経路における運賃の需要関数の形に表される.

## 2.3 エアラインの行動のモデル化

各エアラインは、旅客の選択行動を踏まえ、自社の利潤

が最大となるよう,各路線の輸送サービスレベル(運賃,便 数)を決定するものとする. ここで、複数存在するエアライ ンは、自社が提供する路線運賃を制御変数として、他社の 運賃選択を踏まえ,利潤最大化行動をとる. 即ち,ベルト ラン・モデル (Bertrand Model) による運賃競争として、エア ラインの行動をモデル化する. これにより、複数のエアラ インによる、運賃が差別化された航空市場が表現される. ここで、エアライン $\alpha$ の目的関数(利潤関数) $\pi$ 。を次式に

$$\max_{P_a^l, l \in L(a)} \pi_a = \sum_{l \in I(a)} \left\{ P_a^l x_a^l - C_a(x_a^l) \right\}$$
 (3)

ただし.

L(a):エアラインaが運航する路線lの集合  $P_a^l$ :エアラインaの路線lにおける運賃  $x_a^l$ :エアラインaの路線lにおける旅客数  $C_a(x_a^l)$ :エアラインaの路線lにおける費用関数

利潤最大化のための必要条件(一階の条件)は,式(3) を $P_a^l$ で偏微分して、

$$\frac{\partial \pi_a}{\partial P_a^l} = x_a^l + \sum_{l' \in L(a)} \left\{ P_a^{l'} \frac{\partial x_a^{l'}}{\partial P_a^l} - MC_a^{l'} \frac{\partial x_a^{l'}}{\partial P_a^l} \right\} = 0 \quad (4)$$

である. ただし、MClaは、エアラインaの経路Iにおける限 界費用関数を表す. なお, 本研究のシミュレーションに用 いたエアラインの費用関数 $C_a(x_a^l)$ の設定については、3.3 節において改めて説明する.

## 2.4 モデルの計算方法

航空市場における均衡運賃は、ナッシュ均衡(Nash Equilibrium)により、実現するものとみなす、ここでナッ シュ均衡とは、他のエアラインの運賃戦略を所与とした場 合,いかなるエアラインも,自社の運賃戦略を変更するこ とによって、より高い利潤を得ることが不可能となる戦略 の組み合わせをいう、厳密に記述すると、すべてのエアラ インa,経路1について,

$$\pi_a(P_a^{l^*}, P_{-a}^{l^*}) \ge \pi_a(P_a^l, P_{-a}^{l^*})$$
 (5)

を満たす運賃ベクトルの集合 $S(P_{*}^{l*})$ を、分析対象の航空 市場における均衡運賃とみなすことにする. ただし,

 $P_{-a}^{l}$ :a以外のエアラインの運賃ベクトル

Pla:a以外のエアラインの運賃ベクトルが与えられた場合 における、エアラインaの最適運賃戦略 である.

このような均衡条件のもとでは、どのエアラインも自らの 運賃戦略を変更する誘因を持たない. また, 本研究では, 航空市場の均衡を上記のような静学的な均衡状態として モデル化し、エアラインが時々刻々と運賃戦略を変更させ るような動学的競争は考慮しない.

## 3---計算条件の設定

前章によるモデルを本邦航空市場に適用するため,式(1)及び式(2)による需要関数等を同定する必要がある。本章では,シミュレーションに用いるODゾーニングの設定,旅客の需要関数の設定,エアラインの費用関数の設定を行う.

## 3.1 ODゾーニングの設定

本研究におけるODのゾーニングは、石倉<sup>6)</sup>及び石倉・丹生<sup>7)</sup>と同一とした. 具体的には、第3回全国幹線旅客純流動調査(2000年度)における207生活圏ゾーンごとに、当該生活圏における旅客需要が最大となる空港を代表空港とし、代表空港が同一となる生活圏ゾーンを同一ゾーンとして統合する. ただし、伊丹空港を代表空港とするゾーンと関西国際空港を代表とするゾーンは統合し、関西国際空港を代表空港とするゾーンに統一している. その結果、本研究におけるODゾーニングは、図一3に示す47ゾーンとした.

首都圏-図-3におけるゾーン番号18の区域 関西圏-図-3におけるゾーン番号25の区域 北部九州-図-3におけるゾーン番号37の区域



注:紙面の制約から、八丈島 (ゾーン番号19)、奄美大島 (同45)、那覇 (同46) 及び石 垣島 (同47) を省略して記載した.

■図─3 本研究における47ODゾーン

#### 3.2 旅客の需要関数の設定

旅客の需要関数を実データを用いて推定する。まず、需要関数の礎となる効用関数 $U(r_k)$ を推定する。その際、的中率、尤度比及び係数の符号条件を考慮しつつ、より高い再現性が得られる説明変数の組み合わせを採用した。なお、 $U(r_k)$ は確定項のみで記述している。

$$U(r_k) = \sum_{i=1}^{7} \beta_i s_i \tag{6}$$

ただし、 $s_1$ : 所要時間(分)、 $s_2$ : 費用(円)、 $s_3$ :  $\ln$ (航空便数)(鉄道の場合0)、 $s_4$ : 滞在可能時間(分)、 $s_5$ : r0 セシビリティ指標(詳細な説明は3.2.6項に後掲)、 $s_6$ : ダミー変数(航空0、鉄道1)、 $s_7$ : x7 エアライン参入数、である。各パラメタの値は、表一1に掲げるとおりである。パラメタ推定に係るデータセットは、以下のように作成した。

■表─1 効用関数のパラメタ

	Parameter	t-Value	
$\beta_1$	-1.18E-02	-17.5	
$\beta_2$	-5.87E-05	-2.9	
$\beta_3$	5.80E-01	9.8	
$\beta_4$	5.50E-04	4.7	
$\beta_5$	8.55E-01	22.4	
$\beta_6$	3.37E+00	18.5	
β <sub>7</sub>	6.06E-01	8.0	
No	No. of Sample		
	0.7286		
Like	0.2750		

#### 3.2.1 効用関数の同定に用いた需要データ

効用関数の同定に用いた需要データは,第4回全国幹線旅客純流動調査(2005年度)による. ただし,本項における効用関数の同定に係る需要データに限り,全国223の生活圏ゾーンに分割したデータを用いた. ここで,223生活圏ゾーンとは,全国幹線旅客純流動調査で用いられる207生活圏ゾーンを基礎として,空港位置や首都圏・関西圏における空港間競合を考慮し,首都圏・関西圏等のゾーンをより細分化したものである(詳しくは国土技術政策総合研究所3)を参照). ただし,本研究では,首都圏〜関西圏,首都圏〜北部九州及び関西圏〜北部九州の旅客輸送において,エアラインと鉄道が競合している状況を踏まえ,これら2モード間に係る旅客の交通手段選択行動が十分モデルに反映されるよう,223ODゾーンのうち,エリア内を新幹線が通過する115ODゾーンに係るデータのみ,効用関数の同定に用いた.

なお、旅行目的は業務・観光・私用の区別をせず、全目的を対象としてパラメタを推計した。また、羽田〜伊丹等、複数のエアラインが就航する路線にあっても、これを1経路とみなした。これは、全国幹線旅客純流動調査により提供される原データに、利用したエアラインに係る情報が含まれないからである。また、パラメタ推計には、上記の条件を満たす原データから無作為抽出した、5,000サンプルを用いた。

#### 3.2.2 所要時間

2005年10月の時刻表を基準に設定した.

航空の所要時間は,出発空港から到着空港までの所要時間とした.

報告論文 Vol.16 No.2 2013 Summer 運輸政策研究 033

鉄道の所要時間は,223ODゾーンにおけるゾーン中心地の最寄駅間の最短所要時間とした.ここで,ゾーン中心地とは,当該ゾーンに都道府県庁が所在する場合にあっては都道府県庁所在地,それ以外の場合にあっては,当該ODゾーン区域内で最大の人口を擁する市の市役所所在地である.

#### 3.2.3 費用

2005年10月の時刻表を基準に設定した.

航空に係る費用は、丹生<sup>16)</sup>、丹生ほか<sup>17)</sup>が推定した実 勢運賃(航空券の額面等を、券種毎の利用者数の按分に より、平均運賃を推計したもの)とした。

鉄道に係る費用は、最短時間経路の正規運賃とし、閑 散期の運賃(指定席利用)とした。東海道・山陽新幹線を 経路の一部として選択する場合にあっては「のぞみ」号を 利用可とした。

#### 3.2.4 航空便数

航空便数は,2005年10月の時刻表をもとに,片道便数の自然対数をとった.なお,経路が鉄道となる場合にあっては,当該変数を0とした.

## 3.2.5 滞在可能時間

滞在可能時間を,午前5時以降に出発し,翌日午前1時 までに帰着する条件下における,旅行先での最長滞在時 間と定義した.

## 3.2.6 アクセシビリティ指標

旅客の交通機関・経路選択行動において、空港または 鉄道駅までのアクセス容易性を考慮するため、以下の方 法により「アクセシビリティ指標」を設定し、効用関数の説 明変数に加えた. 具体的な設定方法は、国土技術政策 総合研究所3)のとおりである. ここでは、その概要を記す.

空港または鉄道駅までのアクセス交通機関として、鉄道、バスまたは自動車を選択する場合の効用をそれぞれ  $V_{ratl}$ 、 $V_{bus}$ 、 $V_{auto}$ (いずれも確定項のみで記述)とし、これらの確定項から計算されるログサム変数を、アクセシビリ



■図―4 アクセス交通のツリー構造(航空利用の場合)



■図-5 アクセス交通のツリー構造(鉄道利用の場合)

ティ指標(ACC)とする. ただし, 効用の最大値の期待値を計算するにあたり, 図—4及び図—5のようなツリー構造を考え,式 $(7.1)\sim(7.5)$ により計算した. 当該, ログサム変数は, 航空を利用する場合, 鉄道を利用する場合の二つの場合に分けて計算した.

$$ACC = \ln(\exp V_{public} + \exp V_{auto})$$
 (7.1)

$$V_{public} = \gamma_0 \ln(\exp V_{rail} + \exp V_{bus})$$
 (7.2)

$$V_{auto} = \gamma_1 q_1 + \gamma_2 q_2 + \gamma_3 \tag{7.3}$$

$$V_{rail} = \delta_1 r_1 + \delta_2 r_2 + \delta_3 r_3 + \delta_4 \tag{7.4}$$

$$V_{bus} = \delta_1 r_1 + \delta_2 r_2 + \delta_3 r_3 \tag{7.5}$$

ただし.

V<sub>public</sub>: アクセスに公共交通機関を選択する場合の効用 における最大値の期待値(確定項のみで記述)

q1:自動車に係るアクセス所要時間(分)

 $q_2$ :自動車に係るアクセス費用(円)

 $r_1$ :公共交通に係るアクセス所要時間(分)

r<sub>2</sub>:公共交通に係るアクセス費用(円)

r3:公共交通に係る乗換回数(回)

 $\gamma_0 \sim \gamma_3$ ,  $\delta_1 \sim \delta_4$ : パラメタ. 特に $\gamma_0$ は $V_{rail}$ ,  $V_{bus}$ から, rクセス交通機関として公共利用機関を利用する場合の効用を算出するための係数

である. なお,各係数 $(\gamma_0 \sim \gamma_3, \delta_1 \sim \delta_4)$ の値は,国土技術政策総合研究所 $^3$ )の業務目的の値を用いた(表-2).全目的を対象とした当該係数は公表されていない. また,本研究の主眼はアクセス交通の影響を精緻に分析することにはない. そのため,今回分析対象とした地域圏間の航空路線 $(羽田 \sim \theta + \phi)$ /関西/福岡,伊丹 $^2$ 福岡)における旅客の旅行目的は,過去の航空旅客動態調査の集計結果から業務目的が明らかに卓越することから,このような取扱とした.

なお、アクセスとイグレスのACCをそれぞれ計算し、効用関数の同定の際に、これらを合算したものを説明変数 (式(6))における $s_5$ )とした.

鉄道駅までのアクセシビリティ指標を算定する際の注 意点を以下に記す.

第一に、当該アクセシビリティ指標は、本研究のため新 たに交通サービス水準データを作成し、計算したもので

■表-2 アクセシビリティ指標算定に用いたパラメタ

	アクセス	ス	イグレス		
	パラメタ	t値	パラメタ	t値	
γ <sub>0</sub>	2.16E-01	5.5	1.54E-01	6.1	
Υ 1	-1.78E-02	-6.4	-1.11E-02	-4.0	
γ <sub>2</sub>	-2.72E-04	-2.3	-1.90E-04	-2.5	
γ <sub>3</sub>	6.74E-01	4.2	4.45E-01	3.3	
$\delta_1$	-5.48E-02	-15.4	-6.12E-02	-12.7	
$\delta_2$	-7.47E-04	-7.4	-9.64E-04	-8.8	
$\delta_3$	-1.90E-01	-2.6	-1.02E+00	-9.9	
$\delta_4$	1.12E+00	17.9	1.71E+00	14.0	

ある. その際, 簡便的に, 最寄駅からの距離2kmまで160円, 以降40円/kmを乗じた値を, バスのアクセス費用として用いた.

第二に、鉄道駅までのアクセシビリティ指標を考慮する際、式(7.2)において、 $V_{rail}=0$ とみなして算出したACCを、効用関数のパラメタ推計に用いた。

#### 3.2.7 エアライン参入社数

2005年10月の時刻表を基準として,路線毎のエアライン参入社数を説明変数に加えた.経路が鉄道となる場合,当該変数は0として計算した.

## 3.3 エアラインの費用関数の設定

式(4)における限界費用関数 $MC_a^l$ を、以下の式(8)のように、路線距離の線形関数と表されるものとして、計算した。Brander and Zhang<sup>18)</sup>等のように、総費用が総供給量に対して逓減する規模の経済性を考慮したモデルも想定されるところ、本研究を実施する過程においても、当該モデルを組み入れたシミュレーションを行ったが、線形関数(同モデルにおいて $\theta=0$ とした場合と同値)と結果に差異が殆ど見られなかったため、上記のように簡便な形の費用関数を用いることにした。

ユニットコスト $cpm_a$ (円/キロ)は、公表資料(JAL投資家情報、ANAアニュアルレポート)から、可変費用に相当する営業費目を集計し、旅客人キロ(RPK)で除した値を算出するとともに、橋本・屋井<sup>19)</sup>による「ユニット・コストの国際比較」を参考に設定した。ここで、可変費用とは、人件費、航空燃油費、整備費、運航施設利用費、代理店手数料から構成されるものとした。本研究のシミュレーションでは、既存大手エアラインにあっては11円/キロ、既存エアライン(低コスト構造)にあっては9円/キロと設定した。

なお,各経路における便数は当該経路の旅客数とロードファクター(実績値)に応じて決定されるものとし,具体的には,以下の式(9)に従うものとした. なお,本研究におけるシミュレーションにおいて,このロードファクターの値は所与(一定)としている. この仮定は,「エアラインが利潤最大化を達成するならばロードファクターを最大値に近づける経営が行われるため,大きく変化することがないと考える」とした,石倉<sup>6)</sup>及び加藤<sup>10)</sup>のアプローチに倣ったものである.

$$MC_a^l = cpm_a DIS_k$$
 (8)

$$Freq_k = \frac{x_{ij,k}}{Seat_k LF_k} \tag{9}$$

ただし,

報告論文

DIS<sub>k</sub>:経路kの路線距離(2005年度航空輸送統計年報の 記載値) Freqk: 経路kの便数

Seat<sub>k</sub>:経路kの機材座席数(2005年度航空輸送統計年報 における供給座席数を運航回数で除したもの)

LF<sub>k</sub>: 経路kの実績ロードファクター(2005年度航空輸送統計年報における座席利用率の年度実績値)である.

## 4------結果

格安航空会社(LCC)の参入が,旅客の選択行動の変化,航空便数の配便戦略の変化に与える影響をシミュレーションした。

#### 4.1 前提条件

## 4.1.1 需要データ

本研究における首都圏〜関西圏,首都圏〜北部九州及び関西圏〜北部九州を対象とした航空市場の分析は,路線ごとのみならず,エアライン別の航空需要,運賃及び運航便数をシミュレーションするものである.一方,全国幹線純流動調査によるOD間純流動データには,旅客が選択したエアラインに関する情報が含まれないため,これを直接利用することができない.

そこで本研究では、2005年度航空輸送統計年報において、エアライン別に集計された路線別輸送実績を代替的に航空需要データとして用いた。同年報の輸送実績は、空港ノード間の輸送実績であり、純粋な純流動データとは必ずしも言い難いが、①エアライン別の輸送実績データとして他に利用可能なデータが存在しないこと、②航空輸送統計年報による首都圏、関西圏又は北部九州を出発/到着空港とする輸送実績データ及び全国幹線旅客純流動調査による首都圏、関西圏又は北部九州をODとする純流動データを照合した結果、両者の間に大きな差異が見られなかったことから、上記のような取り扱いとした。

鉄道需要データは,第4回全国幹線旅客純流動調査 (2005年度)の年間拡大値(推計実績値)を使用した.

航空ネットワークは,第4回全国幹線旅客純流動調査の 実施時点(2005年10月)の実績とした.

なお、航空需要データと鉄道需要データを合算した値、 つまり、 $OD_{ij}$ はシュミレーションにおいて一定である.

## 4.1.2 旅客の効用関数の補正

式(6)の効用関数は、全国のODを対象に推計したものであり、首都圏〜関西圏、首都圏〜北部九州、関西圏〜北部九州の個別ODに直接適用しても、実績値を完全に再現することが困難である。また、当該効用関数は、3.2.1項に述べたとおり、同一路線に複数のエアラインが就航

する場合にあっても、これを1経路とみなして推計したものであるが、本研究の分析は、エアライン別の航空需要、運賃及び運航便数をシミュレーションするものであるため、エアライン別の経路選択確率を算定する必要がある。

そこで本研究では、式(2)による経路選択確率を、式(10)により補正した確率 $\hat{P}_{r_k}$ に代えて、シミュレーションした.

$$\hat{P}r_k = \frac{\alpha_k \exp U(r_k)}{\sum_{k' \in R(i,j)} \alpha_{k'} \exp U(r_{k'})}$$
(10)

ここで $\alpha_k$ は、経路毎の初期状況(LCC参入前における航空会社別の航空と鉄道に関するシェア)を、計算値と実績値とで完全に整合させるために導入する、経路kに関する経路選択確率補正係数である。つまり、ロジットモデルで十分表現できない各選択経路の固有のパラメタとして、現況再現性を確保するために導入するものであり、LCC参入を考慮したシミュレーションにおいては経路毎の確定値(外生値)として一定となる。このような補正は、石 $\alpha$ 6 $\alpha$ 0°でも行われている。

#### 4.1.3 交通サービス水準データ

入力する交通サービス水準データの設定方法は,原則として3.2節に掲げるとおりであるが,当該シミュレーションは,223生活圏ODゾーンではなく,3.1節において定義した47ODゾーンで行うため,入力データの変換が必要となる.

# (1)所要時間及び費用

47ODゾーンの中心地を以下のように定義する.即ち,都府県庁所在地(北海道にあっては支庁所在地.以下,都府県庁所在地とあわせて,「県庁等所在地」という.)である.同一のODゾーンに複数の県庁等所在地が含まれる場合にあっては,当該県庁等所在地を含む207生活圏ゾーンの中で,経済規模(内閣府の2005年度県民経済計算年報における県内総生産(実績)を207生活圏の推計人口(総務省統計局)で按分したもの)が大きい生活圏ゾーンにある県庁等所在地を,47ODゾーンにおけるゾーン中心地とした.具体的には,首都圏にあっては東京都新宿区,関西圏にあっては大阪府中央区,北部九州にあっては福岡市博多区をゾーン中心地とした.

航空に係る所要時間は,3.2節と同様,出発空港から到着空港までの所要時間とした。また,鉄道に係る所要時間は,47ODゾーン中心地の最寄駅間の最短所要時間とした。

航空に係る費用は、シミュレーションにおける制御変数であり、外生的に与えない。また、鉄道に係る費用は、47ODゾーン中心地最寄駅間の最短時間経路における正

規運賃とした. 設定の考え方は, 3.2節と同様である.

#### (2)航空便数

シミュレーションの内生変数であり、外生的に与えない. 鉄道の場合にあっては、3.2節と同様、当該変数を0として 扱う.

#### (3)滞在可能時間及びアクセシビリティ指標

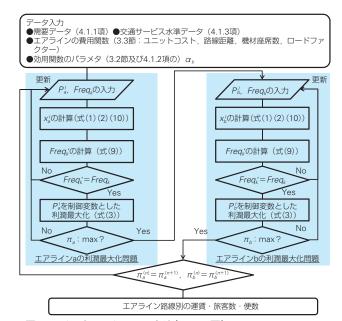
滞在可能時間及びアクセシビリティ指標は、3.2節の方法により、223生活圏ODゾーン毎の値が既に得られている。これを、2005年度航空旅客動態調査に基づく出発・到着の旅客数の合計により加重平均し、47ODゾーンにおける滞在可能時間及びアクセシビリティ指標としてシミュレーションした。

#### 4.1.4 シミュレーションの方法

シミュレーションの方法を、フロー図として図一6に示す. 入力データは4.1.1項の需要データ、4.1.3項の交通サービス水準データ、エアラインの費用関数に関するパラメタ(3.3節)、効用関数のパラメタ(3.2節及び4.1.2項の $\alpha_k$ )である.これらの値は、シュミレーション中、不変である.次に、運賃を制御変数とするエアライン毎の利潤最大化問題を、エアライン $\alpha$ エアライン $\beta$ -・・・の順に解く.この際、他のエアラインの運賃は、前のステップで得られた運賃を与える.図一6はエアラインが2社の場合を示しているが、エアライン数が増加しても、解き方は変わらない.最終的に、式(5)の運賃ベクトルが得られるまで、収束計算を繰り返す.

## 4.1.5 シミュレーション・シナリオ

シミュレーション・シナリオは、現況ケース(以降の図表



■図─6 シュミレーションの方法(フロー図)

等において"Base"という。)及び格安航空会社(LCC)参入後のケース(以降の図表等において"Simulation"という。)の2ケースを考えるものとする。Simulationのケースにおいては、橋本・屋井<sup>19)</sup>による米国LCCのユニットコストの平均値(5.7円/座席・キロ)を参考に、既存の大手エアラインに比べユニットコストが半分程度であるLCCが、既存エアラインの路線を承継・代替した場合を想定し、シミュレーションした。

具体的なシミュレーション・シナリオは、表―3に示すとおりとする. ただし、同表中のエアライン「既存A」及び「既存B」は、既存の大手エアラインを表象するとともに、「既存C」は、既存エアライン(低コスト構造)を表象する. また、同表中、色つきの箇所は、エアライン及びそのユニットコストが、Baseと異なることを示す.

## 4.2 シミュレーションの現況再現性

本節では、シミュレーションの現況再現性を確認する. 式(10)による補正前の経路別分担割合の再現性及び運賃の再現性を示す.

経路別分担割合の再現性を図―7~9に示す.同一路線において,異なるエアラインの旅客数を合算して示した.首都圏~北部九州において鉄道分担率が過大に推計される一方,関西圏~北部九州においては鉄道分担率が過小推計されるなど,再現性が十分良好であるとは言い難い.効用関数の同定に用いたデータに,分析対象とした三地域間以外の全国旅客非集計データが含まれることが,要因の一つとして考えられる.また,IIA特性の課題が生じるロジットモデルを採用したことも大きい.ネス

■表-3 シミュレーション・シナリオ

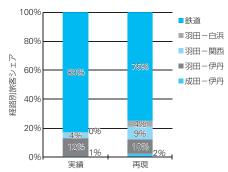
経路	[	Base	Simulation		
7至12日	エアライン	ユニットコスト	エアライン	ユニットコスト	
成田~伊丹	既存A	11.0	既存A	11.0	
ルローデ力	既存B	11.0	既存B	11.0	
羽田~伊丹	既存A	11.0	既存A	11.0	
<u>МШ. «ЊД</u>	既存B	11.0	既存B	11.0	
	既存A	11.0	既存A	11.0	
羽田~関西	既存B	11.0	既存B	11.0	
	既存C	9.0	LCC	5.5	
羽田~白浜	既存A	11.0	既存A	11.0	
	既存A	11.0	既存A	11.0	
羽田~福岡	既存B	11.0	既存B	11.0	
	既存C	9.0	既存C	9.0	
羽田~北九州	既存A	11.0	既存A	11.0	
羽田~佐賀	既存B	11.0	既存B	11.0	
成田~福岡	既存A	11.0	既存A	11.0	
ルロで個画	既存B	11.0	LCC	5.5	
伊丹~福岡	既存A	11.0	既存A	11.0	
1尹77~個回	既存B	11.0	既存B	11.0	
関西~福岡	既存A	11.0	既存A	11.0	
	既存B	11.0	LCC	5.5	
伊丹~佐賀	既存B	11.0	既存B	11.0	

注: ユニットコストの単位は円/人キロ. 色つきの箇所は, エアライン及びそのユニットコストが, Baseと異なる.

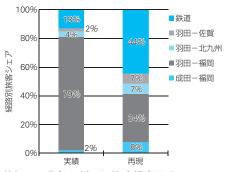
ティッドモデルの採用も考えられたが、3.2.1項で述べた幹線純流動調査の制約から、選択ツリーの設定に困難が生じたため、上記の取り扱いとした。新たな説明変数を導入するなどの発展・改良が必要だが、今後の課題としたい、さらに、本稿では、現況再現性が十分良好ではない首都圏〜北部九州間のシュミレーション結果についても、本モデルの特性把握に資すると思われるところ、その結果を記載する.

次に,運賃の再現性を示す.航空に係る費用(空港間の運賃)は,シミュレーションの結果,内生的に定まるものであるが,Base により推計された運賃と3.2.3項で定義した実勢運賃と比較する.ここで,対照のため用いる実勢運賃は,丹生 $^{16}$ ,丹生ほか $^{17}$ の方法により作成したものであるが,別途,エアライン別に集計した値を用いた.その結果を,図 $^{-10}$ ~12に示す.

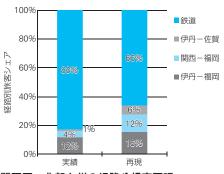
羽田~関西及び成田~福岡以外にあっては、シミュレーションにより求まる運賃と、実勢運賃の実績値との乖離が、最大でも3,000円以内となっており、概ね良好な再現性を



■図-7 首都圏~関西圏の経路分担率再現



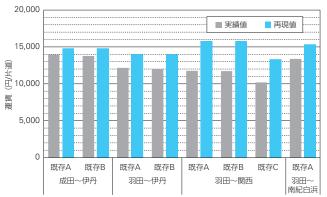
■図―8 首都圏〜北部九州の経路分担率再現



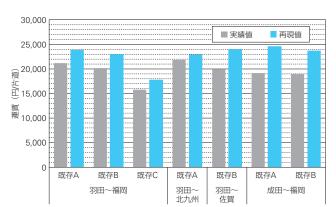
■図―9 関西圏〜北部九州の経路分担率再現

得ている。羽田~関西及び成田~福岡にあっては、概ね3,000~4,000円程度の乖離となり、いずれも過大推計となっている。

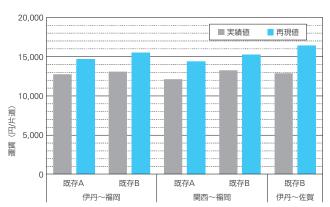
当該路線では、国際便への乗継客が相当程度利用して



■図-10 首都圏~関西圏の航空運賃再現



■図-11 首都圏~北部九州の航空運賃再現



■図―12 関西圏〜北部九州の航空運賃再現

いることが見込まれる。そのため、当該国際便乗継客に対するエアラインの運賃戦略としては、国内運送分のみならず国際運送分を合算した上での収支を最大化する戦略を選択しているものと考えられる。一方、国内地域間運送における利潤最大化のみを考える本研究のモデルでは、こうしたエアラインの行動は表現されない。また、このような運航便に同乗する国内旅行客に対する運賃戦略も、自ずから異なったものになろう。

上記が過大推計の要因の一つと考えられるが,その妥当性に係る検証及びそれを踏まえたモデルの改善については,将来の課題としたい.

# 4.3 シミュレーション結果

#### 4.3.1 首都圏~関西圏

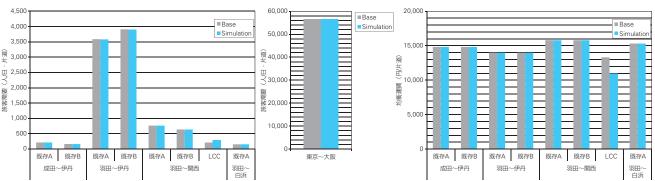
LCCが参入したと仮定した場合における旅客需要, 航空運賃及び航空便数をシミュレーションした結果を, 図―13及び表―4にそれぞれ示す.

首都圏〜関西圏における旅客の経路選択行動に大きな変化は見られず、いずれの経路も100人以内の変動となった. LCCを利用する旅客が微増、他の経路については、総て微減である. 即ち、LCCを利用する旅客の増加分は、他の経路から広く薄くとられる傾向であることが分かる.

LCCの運賃は、Base Caseと比較して約18%減少している。他の経路については、大きな変化は見られない。これらの要因として、次の二点が考えられる。

第一に,首都圏~関西圏を対象としたシミュレーションでは,既存エアラインのうち,低コスト構造(「既存C」)の路線をLCCが承継・代替したシナリオを想定したが,エアラインのユニットコストの低減が限定的(9.0円→5.5円)であるため,その効果も限定的であったと考えられる.

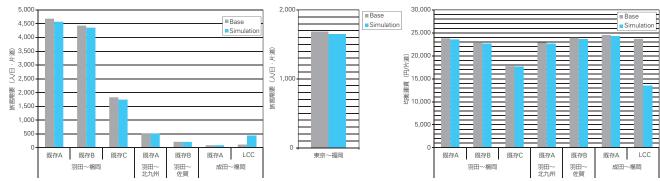
第二に、関西空港の立地が考えられる。関西空港を ノードに含む経路の選択割合は、もともと僅少であり、旅客 の大部分は鉄道または伊丹空港をノードに含む経路を選 択している。本研究において、旅客の経路選択確率は、ロ ジットモデルに従うものと仮定しているが、Base Caseの



■図―13 首都圏〜関西圏のシミュレーション結果(左:航空旅客,中央:鉄道旅客,右:航空運賃)

■表─4 シミュレーション結果

経路	エアライン等	需要(人:片道/日)		便数(便:片道/日)		均衡運賃(円/片道)	
小工厂口	エアプイプ寺	Base	Simulation	Base	Simulation	Base	Simulation
成田~伊丹	既存A	213	212	1.0	1.0	14,822	14,818
ル田でデガ	既存B	162	161	1.0	1.0	14,820	14,816
羽田~伊丹	既存A	3,589	3,581	12.7	12.7	13,997	13,993
МШ, «I <del>У</del> /Л	既存B	3,910	3,902	11.6	11.5	13,995	13,991
	既存A	764	762	4.4	4.4	15,801	15,797
羽田~関西	既存B	638	637	4.4	4.4	15,799	15,795
	既存C/LCC	211	293	2.7	3.7	13,314	10,959
羽田~白浜	既存A	153	152	2.1	2.1	15,317	15,313
東京~大阪	鉄道	56,611	56,549	-	_	14,436	14,436
	既存A	4,684	4,570	19.5	19.0	23,819	23,589
羽田~福岡	既存B	4,431	4,357	16.3	16.0	22,969	22,683
	既存C	1,829	1,744	9.1	8.7	17,753	17,685
羽田~北九州	既存A	524	511	5.2	5.0	22,906	22,676
羽田~佐賀	既存B	214	211	2.0	2.0	23,948	23,662
成田~福岡	既存A	90	87	0.7	0.6	24,545	24,315
7兆山 ~ 1田山	既存B/LCC	113	444	1.5	5.7	23,695	13,516
東京~福岡	鉄道	1,691	1,651	_	_	22,320	22,320
伊丹~福岡	既存A	496	472	3.6	3.4	14,681	14,588
产力: *1田   山	既存B	714	734	4.8	4.9	15,501	14,845
関西~福岡	既存A	202	192	1.6	1.6	14,406	14,313
天  四  一	既存B/LCC	308	521	3.4	5.8	15,226	11,016
伊丹~佐賀	既存B	64	65	1.4	1.4	16,403	15,747
大阪~福岡	鉄道	7,703	7,502		_	16,177	16,177



■図―14 首都圏〜北部九州のシミュレーション結果(左:航空旅客,中央:鉄道旅客,右:航空運賃)

経路分担率に大きな差がある場合、ロジットモデルの特性上、多少交通サービス水準が向上しても、旅客の経路選択行動に与える影響への感度は、さして大きなものとならない.

#### 4.3.2 首都圏~北部九州

首都圏〜北部九州を対象に, 旅客需要, 航空運賃及び 航空便数をシミュレーションした結果を, 図―14及び表― 4(再掲)にそれぞれ示す.

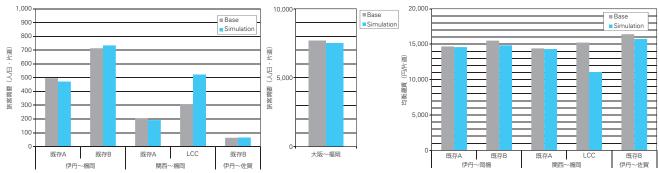
首都圏〜北部九州の場合, 既存エアラインBの成田〜福岡路線を継承したLCCの航空需要が約4.0倍(113→444人)となる結果となった. エアライン間の競合状況がみられ, 特に, 既存エアラインAの羽田〜福岡路線の需要が100人以上減少する結果となった. 一方, 鉄道への影響は軽微で, 減少幅は数十人程度に留まった.

LCCに係る航空運賃は大幅に低減し、約24,000円→約14,000円(約43%減)となった。一方、他のエアラインの運賃は、いずれも数百円程度の減少に留まった。

これらの要因の一つとして、次のことが考えられる.

即ち,首都圏〜北部九州間の旅客流動は,航空の機関分担率が元々高く,鉄道の機関分担率は僅少である。このため, LCCへの利用転換は主として競合エアラインからなされ,鉄道需要への影響は限定的である,とのシミュレーション結果になったものと考えられる。また, Base Caseにおいて,羽田〜福岡路線に需要が集中しており,羽田〜福岡路線を選択する際の効用(-1.4〜-1.2)が,成田〜福岡路線を選択する際の効用(-5.9〜-4.9)を大きく上回るが,係る市場において, LCCの運賃戦略としては,旅客の取り込みを図り利潤を最大化するべく,自らの運賃を相当程度下げるのが合理的であるという状況を示唆している。

報告論文 Vol.16 No.2 2013 Summer 運輸政策研究 039



■図―15 関西圏〜北部九州のシミュレーション結果(左:航空旅客,中央:鉄道旅客,右:航空運賃)

## 4.3.3 関西圏~北部九州

関西圏〜北部九州を対象に、旅客需要、航空運賃及び 航空便数をシミュレーションした結果を、図―15及び表― 4(再掲)にそれぞれ示す。

関西圏〜北部九州の場合,既存エアラインBの関西〜福岡路線を継承したLCCの航空需要が約1.7倍(308→521人)になった.首都圏〜北部九州のケースと異なり,既存エアラインへの影響は軽微であり,LCCの旅客増は,鉄道からの需要転換が太宗(鉄道は201人の減)となった.また,競争が誘発された結果,既存エアラインBの伊丹〜福岡路線の運賃が微減となり,その結果,需要は微増となっている.ただし,当該路線単独の利潤は,LCC参入後,減少するとのシミュレーション結果を得た.

## 4.3.4 シミュレーション結果の考察

LCC参入による旅客の経路選択行動及びLCCに承継・ 代替された路線運賃の変化の様相は,首都圏〜関西圏、 首都圏〜北部九州及び関西圏〜北部九州で,大きく異な る結果となった. 表一5はLCC参入前後における,エアラインの利潤の変化を算出したものである。表一3のとおり,計算上,既存エアラインAは路線の撤退・LCCへの代替はないものとしているが,LCC参入による需要減,運賃低下により,利潤は減少する。路線別に詳しく見ると,既存エアラインAの利潤の減少は,専ら,羽田~福岡路線の需要減に起因するものであった。

また,既存エアラインが運賃について鈍い反応しか見せない要因の一つとして,時間価値が割高(約12,000円/時間)に推計され,旅客の運賃に対する感度が,旅行時間と比較すると非常に小さくなっている点が考えられる.この影響をみるため,効用関数のパラメタ $\beta_2$ を2倍にしてシミュレーションした結果を,表-6の左段に示す(紙面の都

■表─5 エアラインの利潤の変化(円/日)

	Base	Simulation	Difference
既存A	221,362,099	214,914,074	-6,448,025
既存B	208,017,962	194,537,091	-13,480,871
既存C	33,710,141	29,012,236	-4,697,905
LCC		19,134,278	19,134,278
合計	463,090,202	457,597,679	-5,492,524

■表─6 パラメタの感度分析

		(i) β <sub>2</sub> の値を2倍にして計算			(ii) $\alpha_{\it k}$ =1として計算		
		Base	Simulation	(A) – (B)	Base	Simulation	(A) – (B)
成田~伊丹	既存A	11,017	11,007	-10	20,263	19,996	-268
136日,51万月	既存B	10,998	10,988	-10	14,395	14,352	-43
羽田~伊丹	既存A	10,192	10,182	-10	19,438	19,171	-268
初四个开门	既存B	10,173	10,163	-10	13,570	13,527	-43
	既存A	11,996	11,986	-10	21,242	20,975	-268
羽田~関西	既存B	11,977	11,967	-10	15,374	15,331	-43
	既存C/LCC	9,713	7,366	-2,347	13,997	11,848	-2,148
羽田~白浜	既存A	11,512	11,502	-10	20,758	20,491	-268
	既存A	18,102	17,845	-256	22,166	21,072	-1,095
羽田~福岡	既存B	17,306	17,064	-242	23,313	20,718	-2,595
	既存C	13,425	13,372	-53	16,991	16,837	-154
羽田~北九州	既存A	17,189	16,932	-256	21,253	20,159	-1,095
羽田~佐賀	既存B	18,285	18,043	-242	24,292	21,697	-2,595
成田~福岡	既存A	18,828	18,571	-256	22,892	21,798	-1,095
	既存B/LCC	18,032	9,906	-8,127	24,039	16,370	-7,669
伊口- 炉田	既存A	10,817	10,633	-184	15,044	14,684	-361
伊丹~福岡	既存B	11,502	10,838	-665	19,318	17,455	-1,863
明本 石田	既存A	10,542	10,358	-184	14,769	14,409	-361
関西〜福岡	既存B/LCC	11,227	7,523	-3,705	19,043	11,775	-7,268
伊丹~佐賀	既存B	12,404	11,740	-665	20,220	18,357	-1,863

合上,均衡運賃のみ示す). 既存エアラインの反応は相変わらず鈍い反応しか示さない. 更に,他の要因の一つとして,式(10)による補正係数  $\alpha_k$ の効果が考えられる. その効果をみるため,総ての $\alpha_k$ を1としてシミュレーションした結果を,同表右段に示す.

首都圏〜北部九州間で最大2,600円程度,関西圏〜北部九州間で最大7,300円程度の運賃低下が見られる.つまり,式(1)(2)(10)の表現如何により,運賃に対するエアラインの反応の度合が変わるという状況が示唆される.

既存エアラインの運賃に対する反応が実際どの程度なのかについては、航空旅客動態調査などのデータに基づく、実証分析が必要であり、今後の課題としたい。当面の課題として、少なくとも効用関数 $U(n_k)$ の発展・改良が必要であろう。この精緻化がなされれば、可能な限り1に近似した $\alpha_k$ が得られると考えられるからである。また、旅客の経路選択行動や路線運賃の変化は、各都市間ODにより大きく異なるものと推計されたが、LCCへの代替による影響が各ODで真に異なることによるものか、あるいは、ロジットモデルを各ODに適用した場合の現況再現性の優劣によるものか、本論文の結果のみでは必ずしも明らかではない。精緻な効用関数を用いた再推計により、係る点につき一定の示唆が得られる可能性がある。このため、効用関数の精緻化は重要な課題であると考える。

# 5----モデルの適用性に係る考察

本研究における分析は、実データに基づき、現実の本邦航空ネットワークを対象として、シミュレーションを行ったものであるが、利用可能なデータの限界等から、データの不整合等の課題を残しつつも、現実的にシミュレーション可能な手法を採用せざるを得なかった。今後の課題を整理すると、以下のとおりとなる。

- ①旅客の経路選択モデルについては、需要関数の同定において、複数のエアラインが就航する路線にあっても、これを同一経路とみなし当該関数を同定する一方、シミュレーションの際に用いる需要関数は、異なるエアラインが就航する同一路線を個々の経路とみなしてシミュレーションした。両者は、必ずしも整合したものとはいえず、ロジットモデルのIIA特性という課題も残る。そのため、本研究の手法では、新たにLCCが新規参入するケースに係る分析を直ちに実施することが難しい。また、首都圏〜北部九州のように、ロジットモデルの再現性が芳しくないODが存在し、効用関数の精緻化が必要である。
- ②シミュレーションに用いた航空需要データは, 航空輸送 統計年報に基づく, 空港ノード間に係る輸送データで

- あり、厳密には純流動データとは言えない. 即ち、旅客の効用関数同定に用いた非集計データ及び鉄道に係る輸送データでは、その性質が整合していない. 利用可能なデータの制約から、現段階の対応としては、止むを得ないと考えているが、今後、当該不整合を是正・緩和するための方策の検討が必要である.
- ③本研究においては、機材容量及びロードファクターを一定(所与)としてシミュレーションを行った。しかし、現実には、これらの要素についても、戦略的な経営判断がなされているものと考えられる。このため、機材容量及びロードファクターについて、独立変数として明示的に考慮したモデルへの改善が必要である。

# 6---まとめ

本研究において、加藤<sup>10)</sup>のアプローチを本邦航空市場に適用したシミュレーションプログラムを開発し、首都圏〜関西圏、首都圏〜北部九州、関西圏〜北部九州の航空市場を対象に、格安航空会社(LCC)の参入により、旅客の選択行動及び航空便数の配分戦略にどのような影響があるかについて、実データを用いて分析した。本研究のシミュレーションモデルの特長は以下のとおり。

- ①本邦航空市場を,旅客の効用最大化行動のもとでの経路選択と,エアラインの利潤最大化のための運賃戦略の相互作用の表れとして,モデル化した.エアラインの利潤最大化行動は,他社の運賃戦略及び旅客の選択行動を踏まえ,自社の利潤が最大となるよう,各路線の輸送サービスレベル(運賃)を決定する,ベルトラン・モデルによる運賃競争として,モデル化した.その結果,複数のエアラインによる,運賃が差別化された航空市場が,モデルにより表現される.
- ②旅客の経路選択は、ロジットモデルにより、確率的に決定するものとして、モデル化した。 鉄道を選択可能な経路選択肢に含めることにより、 鉄道との輸送機関分担を前提とした複数エアラインの競合関係が、モデルにより表現される.
- ③効用関数や費用関数の同定は,入手可能な実データに基づいており,現実の航空ネットワークが考慮可能である.

本研究における分析には、依然として5章で述べた課題が残るほか、空港の容量制約など物理的な制約が明示的に考慮されていない。今後もモデルの改善等を進めていきたい。

#### 参考文献

 Barrett, S.(eds.) [2009], Deregulation and the Airline Business in Europe -Selected Readings, Routledge.

- 2) Hess, S. and Adler, T.[2011], "An Analysis of Trends in Air Travel Behaviour Using Four Related SP Datasets Collected between 2000 and 2005", *Journal of Air Transport Management*, Vol. 17, pp. 244-248.
- 3)国土技術政策総合研究所空港計画研究室[2007], "航空需要予測について 第II編: 航空需要予測モデルの改善(1. 国内航空旅客需要予測手法)", (オン ライン), http://www.ysk.nilim.go.jp/kakubu/kukou/keikaku/juyou1.html, 2012/7/18.
- 4)竹林幹雄[2005], "ローコストキャリアの行動を考慮した航空旅客輸送市場のモデル化",「土木計画学研究・論文集」, Vol. 22, pp. 609-616.
- 5)竹林幹雄・黒田勝彦[2007], "ネットワーク均衡分析による関西3空港における 機能分担に関する考察", 「土木計画学研究・論文集」, Vol. 24, pp. 427-435.
- 6)石倉智樹[2007], "寡占市場モデルと路線配便モデルの組合せによる国内航空市場分析手法",「土木計画学研究・論文集」, Vol. 24, pp. 413-420.
- 7) 石倉智樹・丹生清輝[2009], "空港近接地域における需要分析のための国内 航空市場モデルの構築", 「国土技術政策総合研究所報告」, No. 38.
- 8) Takebayashi, M.[2011], "The Runway Capacity Constraint and Airline's Behavior: Choice of Aircraft Size and Network Design", *Transportation Research Part E*, Vol. 47, pp. 390-400.
- 9) Tuba, T. [2010], "How Do Sustained Changes in Cost of Airlines Influence Air Traffic", (online), http://www.eurocontrol.int/eec/gallery/content/public/ document/eec/report/2010/Account % 20 Paper-TT 290910.pdf
- 10)加藤浩徳[2008], "東アジア圏の航空ネットワークを考慮した我が国の広域 ブロック圏ゲートウェイ政策の評価に関する研究", 「平成19年度国土政策関 係研究支援事業研究成果報告書」.

- 11) 竹林幹雄[2011], "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", 「土木計画学研究・講演集 |, Vol. 43, CD-ROM.
- 12) Barbot, C.[2008], "Can Low Cost Carriers Deter or Accommodate Entry?", Transportation Research Part E, Vol. 44, pp. 883-893.
- 13) Fu, X. et al. [2011], "Effects of Transport Service Differentiation in the US Domestic Airline Market", *Transportation Research Part E*, Vol. 47, pp. 297-305.
- 14) Pels, E. [2009], "Network Competition in the Open Aviation Area", Journal of Air Transport Management, Vol. 15, pp. 83-89.
- 15) Murakami, H. [2011], "Time Effect of Low-Cost Carrier Entry and Social Welfare in US Large Air Markets", *Transportation Research Part E*, Vol. 47, pp. 306-314.
- 16) 丹生清輝[2010], "国内航空の運賃に関する分析", 「国土技術政策総合研究所資料」, No. 612.
- 17) 丹生清輝・磯野文暁・大石礎[2011], "国内航空の運賃に関する分析",「土 木計画学研究・講演集」, Vol. 44, CD-ROM.
- 18) Brander, J. A. and Zhang, A. [1993], "Dynamic Oligopoly Behaviour in the Airline Industry", *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 11, pp. 407-435
- 19) 橋本安男・屋井鉄雄[2011], 『リージョナル・ジェットが日本の航空を変える』, 成山党書店。

(原稿受付 2012年7月25日)

## An Analysis on the Impact of LCC Entry into the Domestic Aviation Services in Japan

By Gaku INOUE, Kiyoteru TANSEI, Motohiro KIDO and Takahiro IMAMURA

This paper developed a method of simulating air transport demand changes when low cost carriers (LCCs) entry into the domestic aviation services based on Bertrand Nash Equilibrium. Consequently, we analyzed the changes in passenger demands, average flight fares and the number of flights on three major routes: capital region to Kansai area, capital region to North Kyushu area, and Kansai area to North Kyushu area. The changes are estimated to be significantly different among the routes.

Key Words: low cost carriers(LCC), Bertrand-Nash Equilibrium, airport planning