

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

井上 岳¹・丹生 清輝²・喜渡 基弘³・今村 喬広³

¹正会員 工修 国土交通省 国土技術政策総合研究所 空港研究部（〒 239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1）
E-mail: inoue-g23i@ysk.nilim.go.jp

²正会員 工修 国土交通省 国土技術政策総合研究所 空港研究部

³正会員 工修 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

格安航空会社（LCC）参入が、旅客の選択行動の変化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。

Key Words : 格安航空会社（LCC）、ベルトラン・ナッシュ均衡、空港計画

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のが知られている。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が減少に転じる一方、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。更に、Hess and Adler¹⁾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、LCC参入による、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（Willing 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る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とし、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²⁾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。本モデルにおいて、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³⁾、竹林・黒田⁴⁾、石倉⁵⁾、石倉・丹生⁶⁾、Takebayashi⁷⁾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、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、Tuba⁸⁾等がある。Tuba は、航空市場をエアラインが利潤最大化を目的とした運賃競争の表れとしたベルトラン・ナッシュ均衡として捉え、欧州の18の航空会社に係るパネルデータを用い、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を分析した。しかしながら、Tuba の研究は、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ものではない。

加藤⁹⁾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¹⁰⁾は、竹林³⁾、竹林・黒田⁴⁾、Takebayashi⁷⁾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。

そこで、本研究は、日本各地～上海間の国際航空旅客を対象とした加藤⁹⁾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、これを本邦航空市場に適用するシミュレーションプログラムを開発した。そして、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。

本研究の構成は以下のとおりである。2章は分析手法を提示する。3章は、当該手法を本邦航空市場に適用するにあたっての条件を提示する。4章は、首都圏～関西圏、首都圏～北部九州及び関西圏～北部九州において、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結果を示す。5章は、本研究におけるシミュレーションモデルの適用性について考察する。6章は、本研究のまとめである。

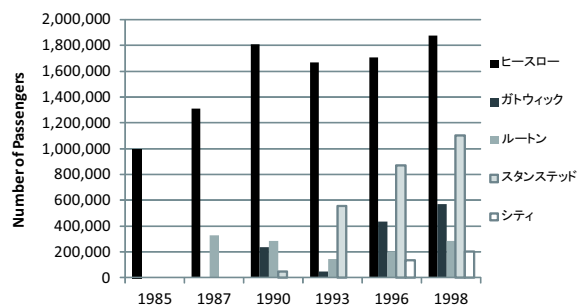


図-1 ロンドン～ダブリンにおける Ryanair 参入効果 (Barrett¹¹⁾をもとに国総研作成)

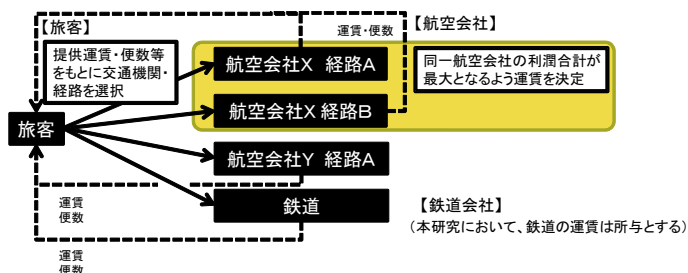


図-2 航空市場モデルのイメージ

2. 手法

(1) モデルの概要

本研究においては、加藤⁹⁾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のの経路選択と、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、本研究において、鉄道運賃及び便数は所与のものとして扱う。

(2) 旅客の行動のモデル化

旅客の経路選択は、条件付ロジットモデル (Conditional-Logit Model) 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 j を結ぶ経路 k における交通量を $x_{ij,k}$ とすると、

$$x_{ij,k} = OD_{ij} Pr_k \text{ for } k \in R(i,j) \quad (1)$$

$$Pr_k = \frac{\exp U(r_k)}{\sum_{k' \in R(i,j)} \exp U(r_{k'})} \quad (2)$$

と表されるものとする。ここで、

Pr_k : ルート k の選択確率

OD_{ij} : 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 を利用した場合の旅客の効用

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。

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)** 節において改めて説明する。

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。

(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 a の目的関数（利潤関数） π_a を次式により表す。

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

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

である。

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、 MC_a^l は、エアライン a の経路 l 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。

(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、どのエアラインも、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な戦略の組み合わせのことをいう。厳密に記述すると、すべてのエアライン a , 経路 l について、

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

を満たす運賃ベクトルの集合 $S(P_a^{l*})$ 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

P_a^{l*} : 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。

(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⁵⁾及び石倉・丹生⁶⁾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



図-3 本研究における 47OD ゾーン

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-3 に示す 47 ゾーンとした。

なお、本研究における地域を以下のように定義する。

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

(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。

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

ただし、

s_1 : 所要時間 (分)

s_2 : 費用 (円)

s_3 : $\ln(\text{航空便数})$ 鉄道の場合は 0

s_4 : 滞在可能時間 (分)

s_5 : アクセシビリティ指標

s_6 : ダミー変数 (航空 0, 鉄道 1)

s_7 : エアライン参入数

である。パラメタの値は、表-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
β_1	-1.18E-02	-17.5
β_2	-5.87E-05	-2.9
β_3	5.80E-01	9.8
β_4	5.50E-04	4.7
β_5	8.55E-01	22.4
β_6	3.37E+00	18.5
β_7	6.06E-01	8.0
サンプル数		5,000
的中率		0.7286
尤度比		0.2750

a) 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、本節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 の生活圈ゾーンに分割したデータを用いた。ここで、223 生活圈ゾーンとは、全国幹線旅客純流動調査で用いられる 207 生活圈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²⁾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。

b) 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。

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。

c) 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¹²⁾、丹生ほか¹³⁾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）、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。

d) 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。

e) 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。

2005 年 10 月の時刻表を基準に設定した。

f) 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²⁾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 $V_{rail}, V_{bus}, V_{auto}$ とし、これらの効用の最大値の期待値であるログサム変数を、アクセシビリティ指標 (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) による計算した。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計算した。

$$\begin{aligned} \text{ACC} &= \ln(\exp V_{\text{public}} + \exp V_{\text{auto}}) \\ V_{\text{public}} &= \gamma_0 \ln(\exp V_{\text{rail}} + \exp V_{\text{bus}}) \\ V_{\text{auto}} &= \gamma_1 q_1 + \gamma_2 q_2 + \gamma_3 \\ V_{\text{rail}} &= \delta_1 r_1 + \delta_2 r_2 + \delta_3 r_3 + \delta_4 \\ V_{\text{bus}} &= \delta_1 r_1 + \delta_2 r_2 + \delta_3 r_3 \end{aligned} \quad (7)$$

ただし、 V_{public} : アクセスに公共交通機関を選択する場合の効用の最大値の期待値、 q_1 : 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_2 : 公共交通に係るアクセス費用 (円)、及び、 r_3 : 公共交通に係る乗換回数 (回) 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²⁾の業務目的の値を用いた (表-2)。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) において、 $V_{\text{rail}} = 0$ 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。

g) 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) 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 Zhang¹⁴⁾等のように、総費用が総供給量に対して通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¹⁵⁾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」と考えた。石倉⁵⁾及び加藤⁹⁾のアプローチに倣ったものである。

表-2 アクセシビリティ指標算定のためのパラメタ

	Access		Egress	
	parameter	t-value	parameter	t-value
γ_0	2.16E-01	5.5	1.54E-01	6.1
γ_1	-1.78E-02	-6.4	-1.11E-02	-4.0
γ_2	-2.72E-04	-2.3	-1.90E-04	-2.5
γ_3	6.74E-01	4.2	4.45E-01	3.3
δ_1	-5.48E-02	-15.4	-6.12E-02	-12.7
δ_2	-7.47E-04	-7.4	-9.64E-04	-8.8
δ_3	-1.90E-01	-2.6	-1.02E+00	-9.9
δ_4	1.12E+00	17.9	1.71E+00	14.0

$$MC_a^l = \text{cpm}_a \text{DIS}_k \quad (8)$$

$$\text{Freq}_k = \frac{x_{ij,k}}{\text{Seat}_k \text{LF}_k} \quad (9)$$

ただし、

cpm_a : エアライン a のユニットコスト

DIS_k : 経路 k の路線距離 (2005 年度航空輸送統計年報の記載値)

Freq_k : 経路 k の便数

Seat_k : 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_k : 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)

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。

(1) 前提条件

a) 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、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、航空輸送統計年報による首都圏、関西圏又は北

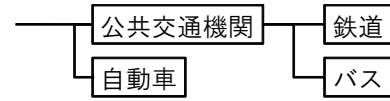


図-4 アクセス交通のツリー構造（航空利用の場合）

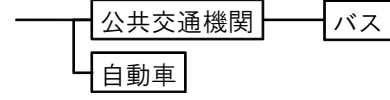


図-5 アクセス交通のツリー構造（鉄道利用の場合）

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ところ、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。

b) 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) 及び式 (11) により補正した確率 $\widehat{\text{Pr}}_k$ に代えて、シミュレーションした。

$$\widehat{\text{Pr}}_k = \frac{\alpha_k \exp U(r_k)}{\sum_{k' \in R(i,j)} \alpha_{k'} \exp U(r_{k'})} \quad (10)$$

$$\alpha_k = \frac{\overline{x}_{ij,k}}{\text{Pr}_k} \quad (11)$$

ただし、

α_k : 経路 k に関する経路選択確率補正係数

$\overline{x}_{ij,k}$: エアライン別路線別旅客運送実績

である。

表-3 シミュレーション・シナリオ（航空路線及びユニットコスト）

路線	Base		Simulation	
	エアライン	ユニットコスト (円／人キロ)	エアライン	ユニットコスト (円／人キロ)
成田～伊丹	既存 A	11.0	既存 A	11.0
	既存 B	11.0	既存 B	11.0
羽田～伊丹	既存 A	11.0	既存 A	11.0
	既存 B	11.0	既存 B	11.0
羽田～関西	既存 A	11.0	既存 A	11.0
	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
羽田～福岡	既存 A	11.0	既存 A	11.0
	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
	既存 B	11.0	LCC	5.5
伊丹～福岡	既存 A	11.0	既存 A	11.0
	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：表中、白抜き文字の箇所は、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。

c) 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。

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 ゾーン中心地の最寄駅間の最短時間経路の正規運賃とした。設定の考え方は、**3(2)** 節と同様である。

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。

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た値

を、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。

エアライン参入社数

本研究では、計算の便宜上、経路によらずエアライン参入社数を、航空に係るものは1、鉄道に係るものは0として、シミュレーションした。

d) 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¹⁵⁾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、ユニットコストが既存の大手エアラインの半分程度の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）を表象している。また、同表中、白抜き文字の箇所は、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。

(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。本研究において、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)c)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¹²⁾、丹生ほか¹³⁾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-6～図-8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、最大のものでも3,000円以内となっており、概ね良好な再現性を得ている。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。

当該路線にあっては、国際便への乗継客が相当程度利用していることが見込まれるところ、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者に対する運賃戦略も、自ずから異なったものにな

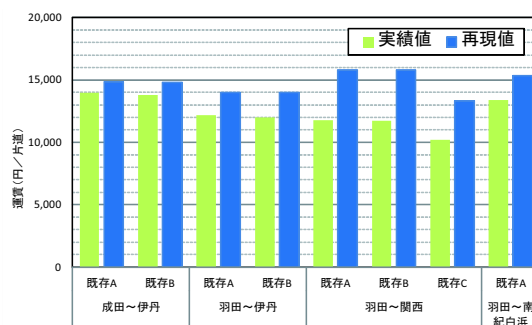


図-6 モデルによる首都圏～関西圏の航空運賃再現

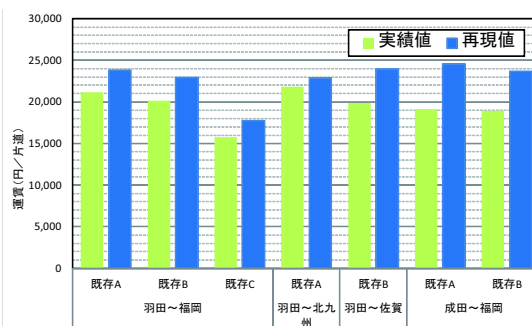


図-7 モデルによる首都圏～北部九州の航空運賃再現

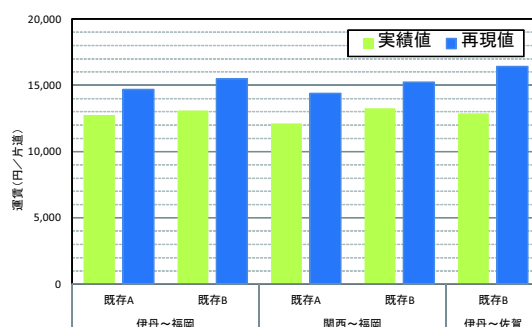


図-8 モデルによる関西圏～北部九州の航空運賃再現

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。

(3) シミュレーション結果

本節では、4(1)節の前提条件下において、首都圏～関西圏、首都圏～北部九州及び関西圏～北部九州間を対象に格安航空会社（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結果を示す。

a) 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-9～図-11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な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、運賃に大きな変化は見られなかった。

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、条件付ロジットモデルに従うものと仮定しているが、Base Case の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。

b) 首都圏～北部九州

結果を、図-12～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、鉄道需要への影響が限定的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が、成田～福岡路線を選択する際の効用を大きく上回ることを示唆されるが、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。

c) 関西圏～北部九州

結果を、図-15～図-17 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。

d) 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ている。

表-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-3 のとおり、計算上、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。

表-6 は、LCC 参入前後における、運賃・便数による旅客の効用の変化を算出したものである。運賃による効用の変化は、LCC 参入前後における運賃と需要の積の差分とした。また、便数による効用の変化は、LCC 参入前後における便数の自然対数と需要の積の差分に、式（6）の効用関数のパラメータ（表-1）である β_3/β_2 を乗じ、金銭換算したものである。その結果、旅行費用に係る効用については、エアライン運賃が総ての路線で低下したこともあり、各地域間輸送において、当該効用が増加する結果になっている。便数に係る効用については、首都圏～関西圏間及び関西圏～北部九州間で増加する一方、首都圏～北部九州間では、当該効用が減少する結果となった。これは、多頻度運航の既存大手エアライン（A,B）から、運賃は格安であるものの依然として便数が少ない LCC へ需要転換した結果であるものと考えられる。

表-4 シミュレーション結果（需要及び便数は片道/日）

	エアライン等	需要		便数		均衡運賃	
		Base	Simulation	Base	Simulation	Base	Simulation
成田～伊丹	既存 A	213	212	1.0	1.0	14,823	14,818
	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
	既存 B	3,910	3,902	11.6	11.5	13,995	13,991
羽田～関西	既存 A	764	762	4.4	4.4	15,802	15,797
	既存 B	638	637	4.4	4.4	15,799	15,795
	LCC	211	293	2.7	3.7	13,314	10,959
羽田～白浜	既存 A	153	152	2.1	2.1	15,318	15,313
東京～大阪	鉄道	56,611	56,549	-	-	14,436	14,436
羽田～福岡	既存 A	4,684	4,570	19.5	19.0	23,819	23,589
	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
	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
	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
	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

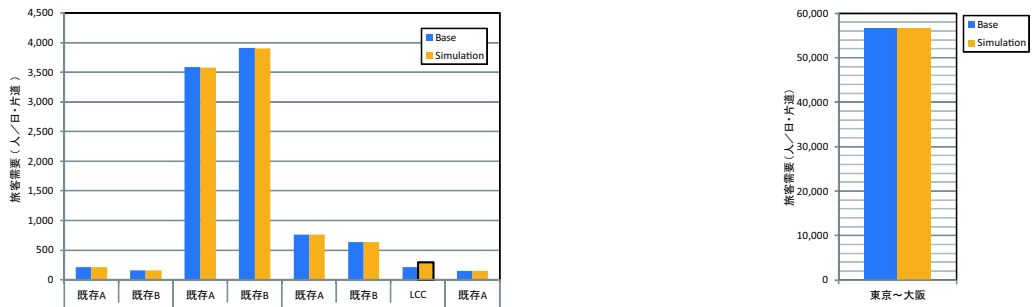


図-9 首都圏～関西圏の旅客需要シミュレーション結果（左：航空，右：鉄道）

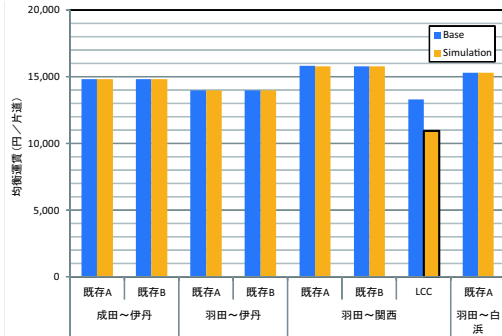


図-10 首都圏～関西圏の航空運賃シミュレーション結果

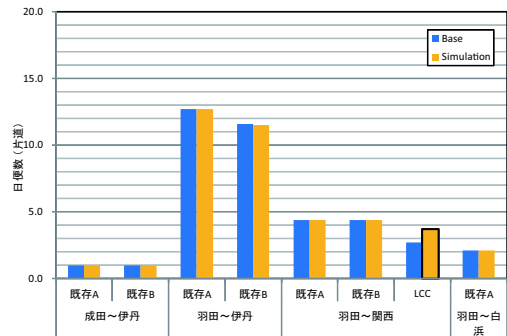


図-11 首都圏～関西圏の航空便数シミュレーション結果

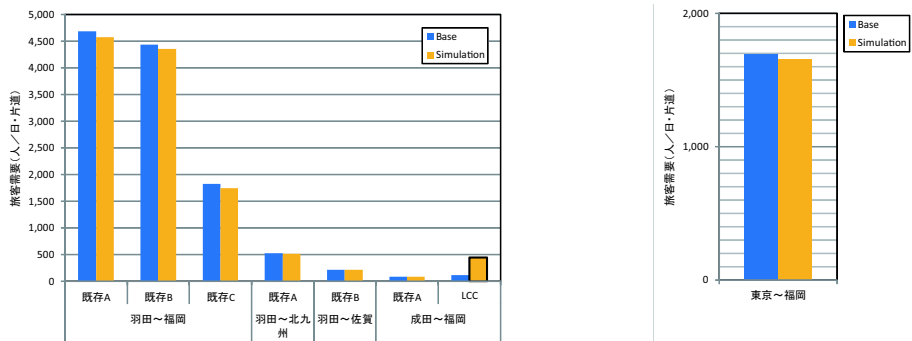


図-12 首都圏～北部九州の旅客需要シミュレーション結果（左：航空，右：鉄道）

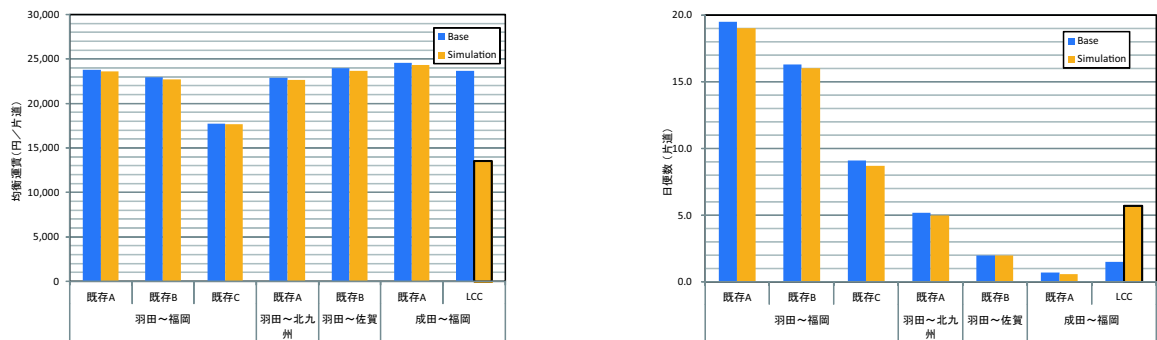


図-13 首都圏～北部九州の航空運賃シミュレーション結果

図-14 首都圏～北部九州の航空便数シミュレーション結果

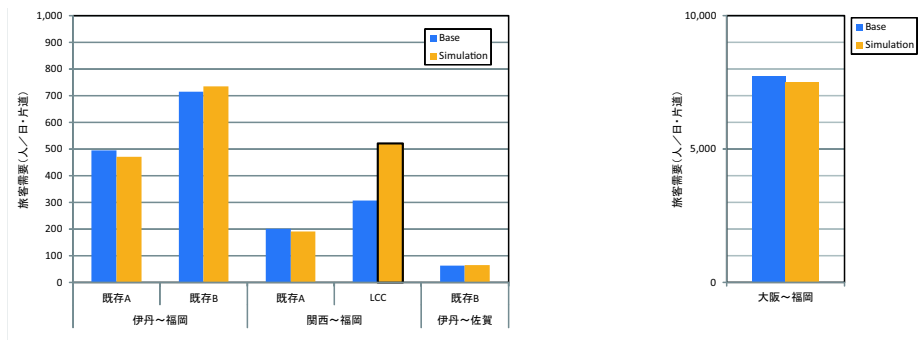


図-15 関西圏～北部九州の旅客需要シミュレーション結果（左：航空，右：鉄道）

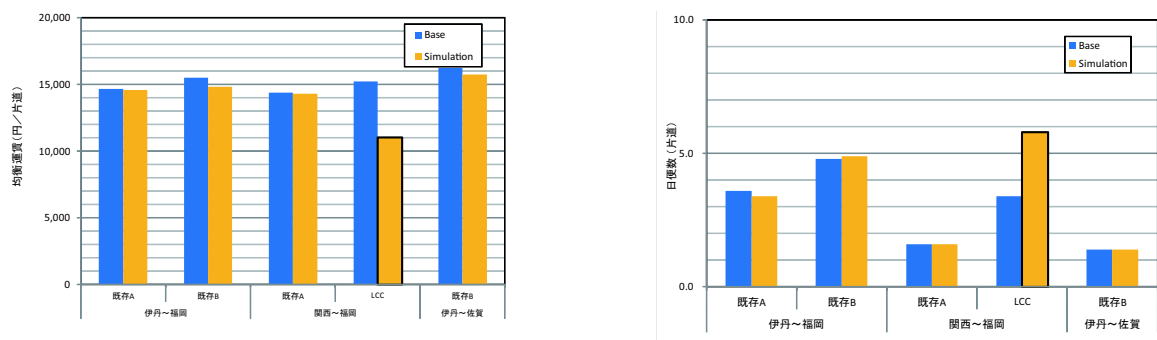


図-16 関西圏～北部九州の航空運賃シミュレーション結果

図-17 関西圏～北部九州の航空便数シミュレーション結果

表-5 エアラインの利潤の変化 (円/日)

	Base	Simulation	Difference
既存 A	221,362,213	214,914,042	-6,448,170
既存 B	208,018,217	194,537,022	-13,481,196
既存 C	33,710,213	29,012,224	-4,697,990
LCC		19,134,256	19,134,256
合計	463,090,644	457,597,544	-5,493,100

表-6 運賃・便数による効用の変化 (金銭換算, 円/日)

	旅行費用 (A)	便数 (B)	消費者余剰 (A+B)
首都圏～関西圏	1,696,706	1,874,213	3,570,919
首都圏～北部九州	13,100,490	-6,715,319	6,385,171
関西圏～北部九州	5,915,452	10,340,695	16,256,147
合計	20,712,648	5,499,589	26,212,237

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、現実の国内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。

- 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た関数を用い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。上述した課題のため、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。一方、当該ケースのような分析に対するニーズは高く、モデル改善に向けた更なる検討が必要である。また、首都圏～関西圏、首都圏～北部九州、関西圏～北部九州に係るシミュレーションを行うにあたり、輸送実績と整合するよう、需要関数を補正しているが、当該手法の妥当性及び補正係数の頑健性についても、精査が必要であると考えられる。
- 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と、データ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。

- 本研究におけるシミュレーションは、47OD ゾーンに基づき行ったものであり、全国幹線旅客純流動調査や航空需要予測における 207OD ゾーンまたは 223OD ゾーンよりも広範なエリアを対象としている。交通選択行動に少なからず影響を与えると考えられる、滞在可能時間、空港または鉄道駅に係るアクセシビリティ指標については、47OD ゾーンを基準に輸送実績に応じて加重平均した値を用いざるを得なかった。これらの指標による影響をより精緻に吟味するため、OD ゾーンをより細分化した分析に係る検討が、今後必要と考える。
- 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。一方、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。
- 本研究における航空旅客需要、航空運賃及び航空便数は、ベルトラン・ナッシュ均衡の解として表現される。一方、実際のエアラインの経営戦略は、静学的問題として捉えるよりも、他社の戦略を踏まえながら自社の経営戦略を時々刻々と変化させる、動学的問題として捉えるのが、より適切と考えられる。動学的問題としての定式化は、異時点間にわたるエアラインの意思決定問題をモデルに反映させる等、問題の抜本的な変更を余儀なくされる。これを直ちに行うのは非現実的であると考えるが、少なくとも、エアラインの経営戦略策定に係る動学的要素の一部を、単純なモデルに捨象化し、モデルに組み入れるための検討が必要である。
- 序論で既に述べた Hess and Adler¹⁾による実証研究が示唆するとおり、LCC の参入による旅客の選択行動が今後大きく変化することが想定される。実態の調査及び分析を行うとともに、その結果を踏まえ、更なるモデルの改善が必要になる。

6. まとめ

本研究において、加藤⁹⁾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。

本研究におけるシミュレーションモデルの特長は以下のとおりである。

- 旅客の効用最大化行動のものと経路選択と、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、本邦航空市場をモデル化した。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、便数）を決定する、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。
- 旅客の経路選択は、条件付ロジットモデル（Conditional-Logit Model）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。
- 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。また、当該シミュレーションについても、現実的な計算時間で実行可能である。

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。今後もモデルの改善等を進めていきたい。

参考文献

- 1) Hess, S. and Adler, T. : 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, 2011.
- 2) 国土技術政策総合研究所空港計画研究室：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）、2007. <http://www.ysk.nilim.go.jp/kakubu/kukou/keikaku/juyou1.html>.
- 3) 竹林幹雄：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, 2005.

- 4) 竹林幹雄, 黒田勝彦：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, 2007.
- 5) 石倉智樹：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, No. 3, pp. 413–420, 2007.
- 6) 石倉智樹, 丹生清輝：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, 2009.
- 7) Takebayashi, M. : The Runway Capacity Constraint and Airline's Behavior: Choice of Aircraft Size and Network Design, *Transportation Research Part E*, Vol. 47, pp. 390–400, 2011.
- 8) Tuba, T. : How Do Sustained Changes in Cost of Airlines Influence Air Traffic, 2010. <http://www.eurocontrol.int/eec/gallery/content/public/document/eec/report/2010/Account%20Paper-TT290910.pdf>.
- 9) 加藤浩徳：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, 2008.
- 10) 竹林幹雄：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, 2011.
- 11) Barrett, S.(ed.): *Deregulation and the Airline Business in Europe - Selected Readings*, Routledge, 2009.
- 12) 丹生清輝：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, 2010.
- 13) 丹生清輝, 磯野文暁, 大石礎：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, 2011.
- 14) Brander, J. A. and Zhang, A. : Dynamic Oligopoly Behaviour in the Airline Industry, *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 11, pp. 407–435, 1993.
- 15) 橋本安男, 屋井鉄雄：リージョナル・ジェットが日本の航空を変える, 成山堂書店, 2011.

(2012.7.23 受付)

An Analysis on the Impact of Low Cost Carriers(LCC) Entry into the Domestic Aviation Services in Japan: A Simulation Based on Bertrand Nash Equilibrium

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 regions to North Kyushu area, and Kansai area to North Kyushu area. The changes are estimated to be significantly different among the routes.