

航空会社の便数設定と利用者の空港選択の均衡を考慮した国際航空需要分析*

INTERNATIONAL AIR TRANSPORTATION DEMAND ANALYSIS CONSIDERING EQUILIBRIUM BETWEEN CARRIERS' AND PASSENGERS' BEHAVIOR

高瀬達夫**・森川高行***

By Tatsuo TAKASE and Takayuki MORIKAWA

1. はじめに

アジア地域ではこれまで新東京国際空港がアジアと欧米を結ぶ航空輸送におけるハブ空港として重要な役割を果たしてきた。しかしながら、近年では新東京国際空港の容量の問題などから、韓国、ホンコン、台湾など日本を経由しないアジア各国発着需要が増加しており、これらの都市ではアジアにおけるハブ空港を念頭に入れた大規模空港の整備が進んでいる。一方日本ではその膨大な航空需要に比べて空港整備が遅れており、国際ハブ空港や大規模ゲートウェイ空港の整備の必要性が叫ばれている。しかし、空港整備計画の為に最も重要な情報となるべき航空需要の予測手法が確立されていないことが大きな問題となっている。

航空需要分析において、一般の交通需要分析手法を援用する際には以下のような航空需要の特徴があることを留意すべきである。

- 1) 航空会社は旅行者に対してはサービス供給者となるが、空港施設運営者に対しては路線を設定する需要者となる。
- 2) 空港利用者には出発、到着者のみならず通過客も含んでいる。
- 3) 航空機の利用者は、選択したい空港・便に路線が設定されていない、または空席がない場合には他の空港を選択するといった制約がある。従って観測される需要量が潜在需要とは限らない。

これらの航空需要の特徴を明示的に取り入れた研究はいくつかある。黒田¹⁾らは、旅客・エアライン・

空港運営者の3者の行動をシュタッケルベルグ型の均衡問題として定式化した。森地・屋井²⁾は、航空便の座席供給量制約を明示的に取り入れた需要モデルを開発した。また、古市³⁾は、空港選択と目的地選択をネスティッドロジットモデルで表現した。

本研究では図-1に示した流れに従って、国際航空旅客輸送に関する方面別・直行経由便別の需要・供給各モデルを構築し、その後均衡分析を行い空港ごとの最適便数及び利用者数を求める方法論を提案し、併せて実証的な分析を行うことを目的としている。

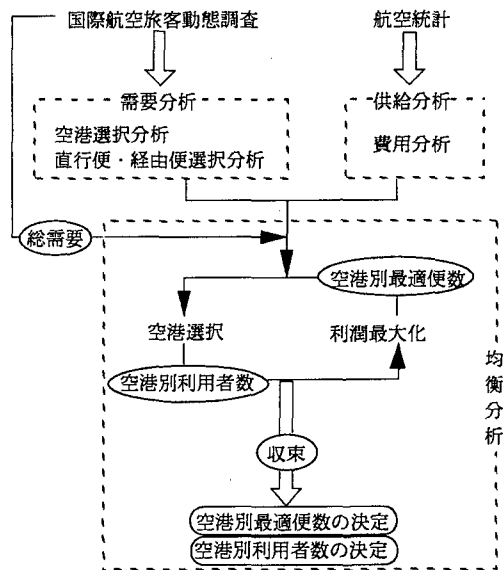


図-1 研究の流れ

2. モデルの構築

(1) 需要分析モデル

a) モデルの概要

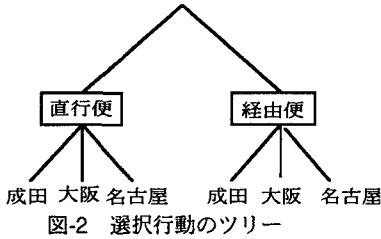
本研究で需要分析に使用するデータとしては、平成3年国際航空旅客動態調査を用いた。空港選択モデル推定のために、各県毎に航空会社別・目的方面

* Key Words: 交通行動分析, 空港計画

** 学生員 工修 名古屋大学大学院 工学研究科
(〒464-01 名古屋市千種区不老町
TEL 052-789-3730 FAX 052-789-3738)

*** 正会員 Ph.D. 名古屋大学助教授 工学部土木工学科
(〒464-01 名古屋市千種区不老町
TEL 052-789-3564 FAX 052-789-3738)

別（北米，ヨーロッパ，オセアニア，アジアの4方面）の各国際空港利用者数の集計を行い，又各県から各空港までの平均アクセス時間を用いた．空港ごとの航空会社別，目的方面別のフライト時間，便数は平成3年度の時刻表を用いた．



利用者は出国空港とエアライン（または便）の同時選択を行っていると考えられる．ところが，エアラインの選択をモデル化することはデータの制約上不可能であり，ここでは直行便または経由便（ヨーロッパ方面については直行便に北回り・モスクワ線を含む）の選択のモデルを作成した．モデル推定の試行錯誤の結果，基本的には図-2に示すネステッドロジットモデルの形が選ばれた．ただし，行き先方面によっては各段階が独立であるとの仮説を棄却できないこともあった．各階層のモデルを以下に示す．

$$\text{空港選択モデル： } p_{im}(k|l) = \frac{e^{U_{ikml}}}{\sum_k e^{U_{ikml}}} \quad (1)$$

$$U_{ikml} = \alpha_1 AT_{ik} + \alpha_2 F_{kml} \quad (2)$$

AT_{ik} : i 県- k 空港間のアクセス時間（分）
 F_{kml} : k 空港 m 方面 l ルートのフライト頻度（便/週）

$$\text{ルート選択モデル： } q_{i,m}(l) = \frac{e^{B_{i,m,l}}}{\sum_l e^{B_{i,m,l}}} \quad (3)$$

$$B_{i,m,l} = \beta_1 + \beta_2 FT_{..ml} + \beta_3 FC_{..ml} + \beta_4 \ln\left(\sum_k e^{U_{ikml}}\right) \quad (4)$$

$FT_{..ml}$: m 方面 l ルートのフライト時間（時）
 $FC_{..ml}$: m 方面 l ルートのフライト費用（万円）
 $\ln\left(\sum_k e^{U_{ikml}}\right)$: ログサム変数
 β_1 : 直行便定数

b) モデルの推定

モデルパラメータの推定結果を本欄では特に2方

面，すなわち表-1に北米方面を，また表-2にはヨーロッパ方面を示した．ただし北米方面においては，ネステッドロジットモデル上位層におけるログサム変数のパラメータ値が0から有意に離れていない結果が得られたため空港選択とルート選択は独立であると捉えて推定を行った．

表-1 北米方面パラメータ推定結果

ルート選択モデル (t -statistics)		
直行便定数	-0.0883	(-16.6)
フライト時間	-0.229	(-78.9)
フライト料金	-0.0180	(-3.9)
N	69685	
χ^2	0.618	

空港選択モデル（直行便選択層） (t -statistics)		
アクセス時間	-0.0176	(-115.3)
フライト頻度	0.0192	(150.5)
N	59620	
χ^2	0.481	

空港選択モデル（アジア経由便選択層） (t -statistics)		
アクセス時間	-0.0120	(-30.7)
フライト頻度	0.0889	(64.1)
N	10065	
χ^2	0.518	

本モデルにおけるパラメータ推定結果は北米，ヨーロッパ両方面ともにパラメータ絶対値及びトレッドオフ関係に非常に似た傾向が現れた．その中で主な点を挙げると，一つは旅客はフライト費用に比べてフライト時間を重要視していること，もう一つは空港選択モデルにおいて，アジア経由便選択層の方がフライト頻度により敏感なことである．このような結果が得られた要因として次のようなことが各々挙げられる．前者に関しては，両方面のフライト時間の関係上，夜出発し朝目的地に到着することが多く，

フライト時間の増加は到着日のビジネス・観光時間に直接影響することが考えられる。後者に関しては、成田以外の空港において経由便でもよいから便数を増やすことによって成田に回っている旅客を取り戻せる可能性があることを示唆している。

表-2 ヨーロッパ方面パラメータ推定結果

ルート選択モデル (<i>t</i> -statistics)		
直行便定数	-0.0894	(-18.5)
フライト時間	-0.195	(-47.8)
フライト料金	0.0374	(12.3)
ログサム変数	0.447	(13.4)
<i>N</i>	47853	
<i>Q</i> ²	0.721	

空港選択モデル (北回り, 直行便選択層) (<i>t</i> -statistics)		
アクセス時間	-0.0104	(-72.6)
フライト頻度	0.0288	(148.2)
<i>N</i>	41853	
<i>Q</i> ²	0.533	

空港選択モデル (アジア乗換便選択層) (<i>t</i> -statistics)		
アクセス時間	-0.0107	(40.6)
フライト頻度	0.0836	(47.6)
<i>N</i>	6300	
<i>Q</i> ²	0.423	

(2) 供給分析モデル

本研究では航空会社は利潤最大化行動をとるものとして捉え、供給関数を設定した。費用関数にはデータとして航空統計要覧(1992-93年版)より各航空会社の営業費用等を用いた。

m 方面 l ルート便の利潤最大化:

$$\text{Max. } P_{ml} = \sum \{FC_{kml} \cdot X_{kml} - F_{kml}(MC_{ml} + UC_k)\} \quad (5)$$

FC_{kml} : k 間 l ルートの運賃

X_{kml} : km 間の l ルート利用者数

F_{kml} : k 空港における m 方面 l ルート便頻度

MC_{ml} : m 方面 l ルート便 1 機当たりの費用 (ただし、空港利用料を除く)

UC_k : k 空港利用料

ここで制約条件として

$$\sum_j (SA_j \cdot F_{kml}) \geq X_{kml}$$

$$F_{kml} \geq 0$$

SA_j : 機材 j の座席数

3. 需給均衡分析

(1) 均衡分析の方法

図1の流れに従い以下の繰り返し計算を行うことによって、航空会社の方面別、空港別の最適便数及び旅客のルート、空港別需要量の均衡状態を求める。

1) 平成3年国際旅客動態調査より得られた日本人の出国先、出国空港及びルート別の利用者数と外国人の国内最終立ち寄り地別の出国空港数及び出国空港別出国先数を需要量の初期値とする。ただし外国人は全て直行便を利用するものとする。またトランジット客は96%を成田空港、4%を大阪空港の固定利用客とした。

2) 1)の出国先、出国空港及びルート別の利用者数の初期値を用いて式(5)で表される航空会社の利潤最大化問題に適用し、最適便数 F_{kml} を求める。なお本研究では直行便における使用機材を、B747(約500席)を使用するものとして推定を行った。また座席利用率は0.7とした。

$$\text{Max. } P_{ml} = \sum \{FC_{kml} \cdot \bar{X}_{kml} - \bar{F}_{kml}(MC_{ml} + UC_k) \cdot R\} \quad (6)$$

(ただし $\bar{F}_{kml} \geq 0$, $\sum_j (SA_j \cdot F_{kml}) \geq X_{kml}$)

$\bar{X}_{kml}$: m 方面 k 空港 l ルート利用者推定量

$\bar{F}_{kml}$: k 空港における m 方面 l ルート便推定頻度

R : 座席利用率

3) 2) で得られた各空港ごとの最適便数 F_{kml} を旅客のルート、空港選択モデルに代入し、新たな選択確率を計算する。 i 県 m 方面 k 空港 l ルート利用者の推定量を各空港ごとに集計する。ただし、

外国人旅客は国内最終目的地を出発地として日本人と同様の選択行動をとるものとする。

$$\bar{X}_{ikml} = X_{i,m} \cdot p_{im}(k|l) \quad (7)$$

$$\bar{X}_{kml} = \sum_i \bar{X}_{ikml} \quad (8)$$

(ただし $\bar{X}_{ikml} \geq 0$)

$\bar{X}_{ikml}$: i 県 m 方面 k 空港 l ルート利用者推定量

$\bar{X}_{i,m}$: i 県 m 方面利用者推定量

$\bar{X}_{kml}$: m 方面 k 空港 l ルート利用者推定量

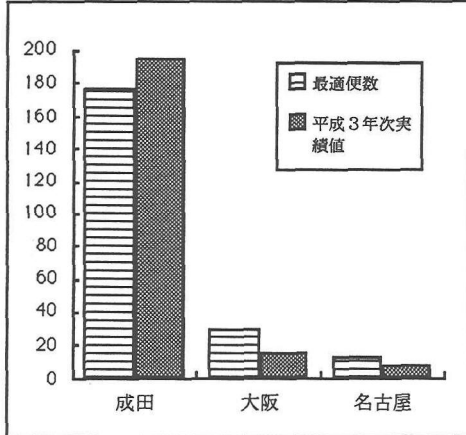
$p_{im}(k|l)$: i 県 m 方面 l ルートにおいての k 空港選択率

- 4) 2), 3) を繰り返して k 空港における m 方面 l ルート便推定頻度 $\bar{F}_{kml}$ 及び需要量 $\bar{X}_{ikml}$ が収束するまでおこなう。その収束値が最適便数及び空港別の利用者数となる。

(2) 均衡分析結果

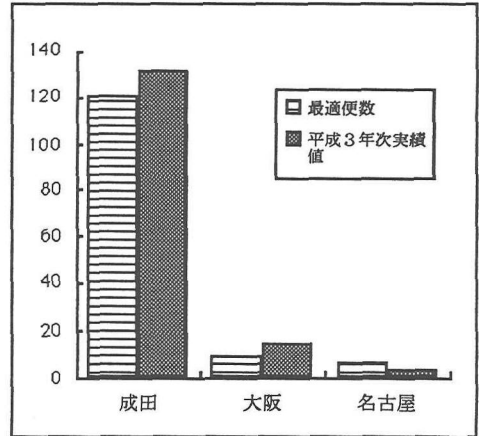
前節のような均衡分析を行い、得られた結果と平成3年次の実績値(週間便数)を図-3, 4に示す。

図-3 推定値と実績値の比較(北米方面直行便)



北米方面においては大阪・名古屋両空港ともに実績値を上回る結果が得られた。この要因としては、旅客が空港選択を行う際にアクセスを重要視していることや、他方面に比べて北米方面への関心が全国的に高いことが挙げられる。これらの事柄より大阪・名古屋空港の潜在需要が高いことが伺える。

図-4 推定値と実績値の比較
(ヨーロッパ方面直行便・北回りモスクワ便)



ヨーロッパ方面への路線は、短期間の間に設置、廃止が繰り返されている。これは需要を各航空会社ともに掴みかねているように見える。大阪空港の推定結果が実際よりも小さな値となったが、現に平成3年3月から平成4年3月の間に週あたり18便から10便に減っている。また、実績値の総便数が推定値の総便数を上回っているのは、便数をカウントする際に大阪-成田-ヨーロッパ方面のような路線の場合、大阪、成田両方でカウントしているためこのような結果となった。

4. おわりに

本研究では、国際航空の需要分析において、航空会社と利用者の需給均衡型のモデルを提案し、現況値を用いて分析を行った。また本モデルでは新規路線、便数の変化、アクセスの充実等の環境の変化に対応することができる。しかし、総需要の内生化、固定費用の考慮など費用関数の改良などに今後の課題を残している。

参考文献

- 1) 黒田勝彦・大橋忠宏：シュタッケルベルグ問題としての空港ネットワーク最適化モデル，土木計画学研究・講演集No.16，pp.737-744，1993。
- 2) 森地茂，屋井鉄雄：供給制約を考慮した航空需要モデル，土木計画学研究・論文集，No.6，pp.209-215，1988。
- 3) 古市正彦・Koppelman,F.：国際航空旅客需要に関する統合型予測モデルの開発，土木計画学研究・論文集，No.11，pp.239-246，1993。