

複数空港システムにおける機能分担の評価

- 首都圏複数空港を事例として -

世界の主要な都市圏の多くは複数の空港を有しており、各空港が互いに補完的な役割を担うように機能を分担して運用されている。この「複数空港システム」において、新空港の整備等に伴い機能分担ルールを変更する際には、航空旅客の空港選択行動や利便性に与える影響を考慮することが必要である。そこで本研究では、複数空港システムにおける機能分担ルールの変更が航空旅客の利便性に及ぼす影響を評価する手法を構築し、わが国の首都圏を対象として、機能分担ルールの複数の代替案について比較評価を行った。これにより、本研究で構築した手法が機能分担ルールの評価手法として実用性のあることを示した。

キーワード 複数空港システム, 機能分担ルール, 空港選択モデル

花岡伸也
HANAOKA, Shinya

博(情報科学)(財)運輸政策研究機構運輸政策研究所研究員

1 はじめに

わが国をはじめ、世界の主要な都市圏の多くは複数の空港を有している。こうした都市圏では、各空港の特性を踏まえ、ある空港に特定の航空路線の運航を制限するルール(貨物専用便や定期国際線の運航禁止等)を適用し、各空港が互いに補完的な役割を担うように機能を分担させることが多い。本研究では、複数空港を一体的に運用するこのようなシステムを「複数空港システム」と呼ぶ。

複数空港システムにおいて、各空港の分担する機能が変化すると、旅客、航空会社、空港管理者等の航空関連主体の行動や計画に影響を与える。例えば、わが国の首都圏において、羽田空港の再拡張や第3空港の開港に伴って各空港の機能が変化すれば旅客の空港選択行動は変化し、それに伴い航空会社の運航計画も影響を受けると考えられる。従って、複数空港システムの効果的な運用には、適切な機能分担ルールを定めることが不可欠と言える。

では、複数空港システムにおける機能分担ルールはどのような観点から評価するべきだろうか。従来、Hansen^{1) 2)}が複数空港システムにおけるハブ機能の影響を評価するモデルを構築している。ハブの指標となる要因(幹線路線旅客数¹⁾、総乗継旅客数²⁾)とアクセス条件が、複数空港間の旅客数シェアに及ぼす影響を評価したものである。浦田ら³⁾もHansenのモデルを新千歳空港と丘珠空港のある札幌都市圏に適用し、同様の分析を行って

る。しかし、これらの研究はハブ機能の評価を目的としており、機能分担ルールを評価したものではない。また、空港側の視点から旅客数シェアを評価しているものの、旅客が航空サービスを利用する際の利便性の変化、例えば一般化費用の増減とそれによる利用者便益の変化は評価していない。しかし、航空旅客の利便性向上は空港整備計画の重要な目的の一つであり、このことは機能分担ルールの評価においても同様である。

以上より、本研究では、複数空港システムにおける機能分担ルールの変更が航空旅客の利便性に及ぼす影響を評価する手法を構築し、その実用性について検討することを目的とする。

以下、2章では同一都市圏内の複数空港を対象とした旅客の空港選択モデルを構築し、3章ではこのモデルを用いて、機能分担ルールが航空旅客の利用者便益に及ぼす影響を評価する手法を開発する。4章でわが国の首都圏に本手法を適用し、その実用性について検討する。最後に5章で本研究の成果をまとめる。

2 同一都市圏内の複数空港を対象とした旅客の空港選択モデル

2.1 旅客の分類とモデル

大都市圏の空港は、その都市圏を発着地とする旅客(以下、都市圏旅客)の需要が非常に大きく、多くの路線が集中している。また路線集中の結果として、乗継旅客の割合も少なくない。都市圏旅客と乗継旅客の複数空港

選択行動は当然異なることから、都市圏旅客だけでなく、乗継旅客の複数空港選択モデルも構築する必要がある。乗継旅客の乗継パターンとして、関西空港で多い国際・国内乗継、成田空港で多い国際・国際乗継、羽田空港で多い国内・国内乗継の3種類がある。本研究では、東アジアのゲートウェイ空港間競争が激しくなりつつある実情を踏まえ、国際・国内乗継旅客を対象に空港選択モデルを構築する。以下、特に断りのない限り、乗継旅客を「国際・国内乗継旅客」の意味で用いる。

既に筆者ら⁴⁾は、都市圏旅客と乗継旅客が機能分担ルールの変更から受ける影響を評価するシミュレーションモデルを構築している。しかし、このモデルはアクセス時間(代表交通機関として鉄道の値を利用)のみを航空サービスの利便性を評価する指標としており、運航頻度等の他の重要な要因が考慮されていない。そこで、非集計行動モデルを用いて、同一都市圏内の複数空港を対象とした旅客(都市圏と乗継)の空港選択行動モデルを構築する。

2.2 複数空港選択モデルの既往研究

従来多くの空港選択モデルが構築されてきたが、ここでは同一都市圏の複数空港を対象とした空港選択モデルに限定してレビューする。このような空港選択モデルは、選択行動に有意な説明要因の推定を目的として、Hansen¹⁾²⁾、Skinner⁵⁾、Augustinus⁶⁾、Harvey⁷⁾、Windle⁸⁾、Pels⁹⁾によって構築されてきた。研究対象とした都市圏とモデルの説明要因を表1にまとめる。これより、主たる説明要因はアクセス時間と運航頻度であることがわかる。ただし、これらのモデルは代表アクセス交通機関を自家用車としており、Skinner⁵⁾とAugustinus⁶⁾はタクシーとリムジンバスをダミー変数で考慮)、アクセス交通機関選択行動を明示的に考慮したものではない。Pels⁹⁾は空港と航空会社の選択行動をネスティッドロジットモデル(NLモデル)によって構築しているが、同様にアクセス交通機関選択行動は考慮していない。一方で、Harvey¹⁰⁾は

表 1 同一都市圏内複数空港を対象とした空港選択モデルの既往研究とその説明要因

	都市圏	説明要因
Skinner (1976)	Washington	アクセス効用(時間と費用の関数) or アクセス時間、運航頻度
Augustinusら (1978)	New York	アクセスコスト(時間と費用)
Harvey (1987)	San Francisco	運航頻度、アクセス時間、直行路線総運航頻度(空港間の相対値)
Hansen (1993, 1995)	San Francisco	アクセス時間、ラインホール距離、幹線路線旅客数(1993)、総乗継旅客数(1995)
Windleら (1995)	Washington	アクセス時間、運航頻度、空港利用経験
Pelsら (2001)	San Francisco	運航頻度、アクセス時間

複数空港地域のアクセス交通機関選択モデルを構築しているが、逆に空港選択を同時に考慮していない。

他方、同一都市圏の複数空港を選択肢とした乗継旅客の空港選択行動モデルは、筆者の知る限り現在まで構築されていない。

2.3 都市圏旅客の複数空港選択モデル

本研究は首都圏を評価対象としていることから、首都圏のデータを用いて都市圏旅客の複数空港選択モデルを構築する。既往研究^{1),2),5),7),8)}では、複数空港選択モデルは多項ロジットモデル(MLモデル)によって構築されてきたが、前述のようにこれらのモデルはアクセス機関選択行動を明示的に考慮したものではない。わが国の首都圏は、既往研究で対象とされた米国の都市圏とは異なり、鉄道等による公共交通アクセス整備が充実している。アクセス交通機関の整備状況は空港選択行動に強い影響を与えることから¹¹⁾、都市圏旅客については、NLモデルを用いて空港選択とアクセス交通機関選択を同時に考慮したモデルを推定する。選択ツリー構造は図1を仮定する。

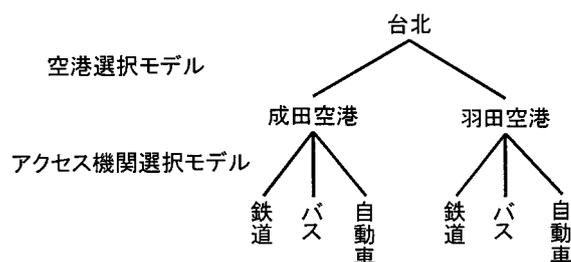


図 1 都市圏旅客の選択ツリー構造

過去、首都圏の2空港にて競合していた路線は台北路線のみである^{注1)}。そこで、台北路線の利用者をサンプルとしてモデルを推定する。データは平成11年(1999年)の国際航空旅客動態調査¹²⁾を利用する。推定に用いる都市圏の範囲は、成田空港が主たる出入国空港であり、かつ陸上交通アクセス圏でもある、関東8都県および宮城、福島、新潟、長野、静岡の計13都県とした。またゾーンの単位は国際航空旅客動態調査で用いられている市区群単位とし、中心地はゾーン内の代表駅とした。出国日本人と訪日外国人(主に台湾人)のデータがあるが、訪日外国人の国内訪問地は明確でないこと、また台北のフラッグキャリアであるチャイナエアラインが羽田空港のみを利用していることから、訪日外国人はサンプルとしない。

説明変数は、既往研究で検討されてきたアクセス時間、アクセス運賃、運航頻度、航空運賃の他に、アクセス交通機関乗換回数、機材規模、航空会社の選好などが考えられる。本研究では、モデル分析に用いるこれらのLOS(Level of Service)データを次のように作成した。

まず、運航頻度は航空会社の違いを考慮せず、空港毎に季節別曜日別に時刻表を用いて設定した。この設定方法は、航空会社の選好以上に希望出発時刻を優先して空港選択を行うとの仮定に基づいている。1日当たり運航頻度が両空港共に一桁である台北路線の場合、妥当な設定と言えよう。なお、Harvey⁷⁾は運航頻度の限界効用は逓減し、1日9便を越えるとゼロになるとの分析結果を示している。具体的な頻度は都市圏や年代によって異なると考えられるが、運航頻度の限界効用はHarveyが指摘したとおり逓減すると言えることから、本研究では運航頻度を対数で示す。

アクセスデータは、時刻表、道路時刻表¹³⁾、首都高速所要時間早見表¹⁴⁾をもとに作成した。自動車の走行費用は、高速道路利用料金だけでなく、走行経費(需要予測調査¹⁵⁾で設定された燃料原単位を利用)を加えた。航空運賃データは、旅行代理店へのヒアリングと1999年当時の旅行雑誌を参考にし、IT運賃(Inclusive tour運賃)を基準として航空会社別季節別曜日別に設定した。

推定の結果、尤度比は十分大きいとは言えないものの、パラメータの符号条件が正しく、有意なモデルとして表2の結果を得た。航空運賃は有意な説明変数とならなかったが、これは正確な実勢運賃を反映できなかったことが理由と考えられる。以上より、本研究では表2の推定結果を都市圏旅客の複数空港選択モデルとし、次章の機能分担ルールの評価で用いることとする。

表2 都市圏旅客の複数空港選択モデル推定結果

選択段階	説明変数	パラメータ (t値)
空港選択	運航頻度(ln(便数)/日)	2.8812 (5.44)
	アクセス合成変数 (ログサム変数)	0.8257 (5.96)
	尤度比	0.16
	的中率(%)	66.7
アクセス 機関選択	アクセス運賃(千円)	-0.6361 (-3.74)
	アクセス時間(百分)	-1.3000 (-3.06)
	鉄道ダミー	1.0615 (7.13)
	尤度比	0.21
	的中率(%)	75.8
	サンプル数	234

2.4 乗継旅客の複数空港選択モデル

北米、欧州等の長距離国際線は地方空港で運航されていない。そのため、わが国の地方都市から北米、欧州等に向けて出入国するには、成田空港や関西空港のようなゲートウェイ空港で乗り継ぐ必要がある。

そこで、地方空港で運航されていない長距離国際線を利用する地方都市の旅客を対象に、乗継空港の選択モデルを構築する。ただし、ゲートウェイ空港のある首都圏と関西圏は、共に複数空港を持つ都市圏である。よって、複数空港間の移動なしにゲートウェイ空港で直接乗り継ぐ場合と、空港間移動を必要とする場合で選択肢を区分する。乗継旅客に関するこのような空港選択モデルは現在まで構築されておらず、新しい試みである。これより、国際・国内乗継旅客が複数空港を選択する際の説明要因を明らかにできる。

わが国は新幹線網が発達しており、地方からゲートウェイ空港までのアクセスに空路ではなく新幹線を選択する旅客が少なくない。しかし、ここでは複数空港間移動に焦点を絞るため、ゲートウェイ空港のある都市圏へのアクセス手段として主に空路を選択する地域の旅客を対象に分析を行う。北海道、北東北、九州の各地域は、成田空港や関西空港までの主たるアクセス手段を空路としている。そこで、新千歳空港、青森空港、福岡空港、鹿児島空港、那覇空港の5つの地方空港を発着地とする旅客をモデル構築のサンプルとする。ただし、出発地から地方空港までの陸上アクセスは考慮しない。

選択肢は図2のように5肢とし、首都圏2空港、関西圏2空港の空港間移動の有無を考慮した。また、ソウルの仁川空港、台北の中正空港、香港のチェックラップコック空港を東アジアのゲートウェイ空港として一つにまとめ、選択肢として含めた。これは、これら他国のゲートウェイ空港で乗り継ぐ地方の旅客が近年増加しているためである。

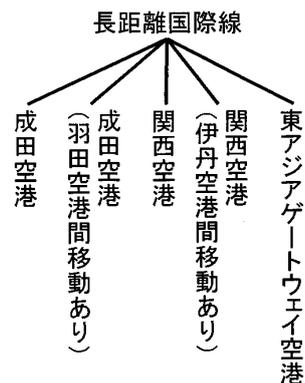


図2 乗継空港の選択肢

地方空港までの陸上アクセスを無視した場合、乗継旅客の空港選択行動の説明変数は、航空運賃、フライト時間、乗継空港待ち時間、アクセス国内線とラインホールの運航頻度、航空会社の選好、複数空港間の移動コスト等が考えられる。これらの変数を考慮し、MLモデルを用いてモデルの推定を行う。

LOSデータは次のように作成した。航空運賃は実勢運賃の推定が困難なことから、IATA PEXのベーシック

の運賃¹⁶を用いた。東アジアゲートウェイ空港を発着するラインホールの運航頻度は、当該空港関係者へのヒアリング調査によってデータを作成した。またフライト時間はOAG Flight Guide¹⁷を用いて作成した。

推定結果を表 3 に示す。このモデルにおいても航空運賃は有意な変数とならなかった。しかしパラメータの符号条件と有意性が適切であり、的中率と尤度比も高いモデルを構築できた。よって、本研究では表 3 の推定結果を国際・国内乗継旅客の空港選択モデルとし、次章の機能分担ルールの評価で用いることとする。

ここで、一般化費用の算出には価格あるいは費用に関する変数のパラメータが必要となる¹⁸。しかし、表 3 のモデルには価格・費用の変数がない。そこで、総フライト時間のパラメータに適当な時間評価値を乗じた値を価格・費用変数のパラメータとし、一般化費用を算出する。

表 3 乗継旅客の複数空港選択モデル推定結果

説明変数	パラメータ (t値)
総フライト時間(百分)	-0.4006 (-2.15)
空港間移動ダミー	-2.4239 (-27.3)
アクセス国内線運航頻度 (ln(便数)/週)	0.6800 (21.6)
ラインホール運航頻度 (ln(便数)/週)	0.4880 (7.88)
尤度比	0.22
的中率(%)	81.6
サンプル数	254

3 複数空港システムにおける機能分担ルールの評価手法の構築

3.1 複数空港システムの構成要素

本章では、複数空港システムにおける機能分担ルールの変更が航空旅客の利便性に及ぼす影響を評価する手法を構築する。まず、航空旅客の利便性の評価という観点から、複数空港システムの構成要素について考える。前章で構築した都市圏旅客と乗継旅客の複数空港選択モデルにおける説明変数は、アクセス運賃、アクセス時間、運航頻度、総フライト時間、空港間移動であった。そこで、これらの説明変数を参考に、複数空港システムの構成要素として、アクセス運賃やアクセス時間を定める「立地点」と「アクセス条件」、また運航頻度を定める「発着容量」の3つを定める。これに機能分担ルールを含めた4つの要素で、複数空港システムが構成されているものとする。

3.2 評価手法

評価手法のフローを図 3 に示す。以下、その手順を説明する。

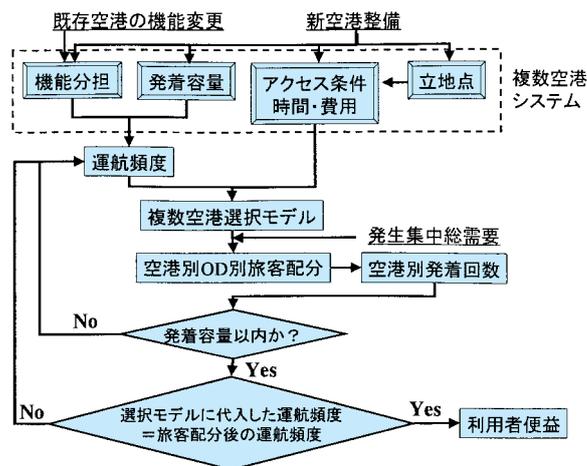


図 3 複数空港システムにおける機能分担ルールの評価手法のフロー

目的地ゾーンの設定

本研究は首都圏を評価対象としていることから、首都圏発着路線の地域性や路線別需要を考慮し、目的地のゾーンを国内線11ゾーン、国際線6ゾーンに分ける(表 4)。なお説明の便宜上、首都圏を出発する都市圏旅客や地方空港を出発する乗継旅客の立場から出発地、目的地と表現しているが、国内や海外から首都圏や地方空港を訪問する旅客も評価対象としている。これら訪問旅客の空港選択行動は、表 2、表 3 のモデルと同様と仮定する。

表 4 本研究における目的地ゾーン区分

国内線 (11)	新千歳空港、他北海道方面、東北方面、北陸方面、関西・伊丹空港、広島空港、中国方面、四国方面、福岡空港、他九州方面、沖縄諸島方面
国際線 (6)	北米方面、ハワイ・マリアナ方面、東アジア方面、東南アジア方面、欧州方面、その他方面

立地点とアクセス条件の設定

空港の立地点とそこまでのアクセス条件は、実際の空港整備計画を参考にして設定する。なお、複数空港システムにおいては、機能分担ルールの変更のみならず、立地点やアクセス条件の変更についても当然評価可能である。

運航頻度の初期値の算出

運航頻度の初期値は以下の方法で算出する。まず、実際の空港整備計画を参考に、空港 k 別の年間発着容量 CAP_k を外生的に与える。次に、機能分担ルールによって設定された国際線と国内線の発着枠配分比に従い、各空港の国際線と国内線の年間発着容量を求める。こ

れより、国際線・国内線別の1日あたり最大総出発頻度を求める。なお、出発頻度と到着頻度は同数と仮定している(以上、式(1))。

$$(MS_k^I + MS_k^D) = CAP_k / (365 \times 2) \quad \forall_k \quad (1)$$

CAP_k : k 空港の年間発着容量

MS_k^I : k 空港からの国際線最大総出発頻度(回/日)

MS_k^D : k 空港からの国内線最大総出発頻度(回/日)

ここで、成田空港を出発する国際線の目的地ゾーン別に、現状(2002年7月時点)の1日あたり出発頻度を求める(図4)。同時に、羽田空港を出発する国内線の目的地ゾーン別に、同じく現状の1日あたり出発頻度を求める(図5)。国際線のゾーンを s 、国内線のゾーンを t とすると、図4と図5はそれぞれ式(2)、式(3)のように示すことができる。

$$\sum_s F_{narita/s}^I = S_{narita}^I \quad (2)$$

$$\sum_t F_{haneda/t}^D = S_{haneda}^D \quad (3)$$

s : 国際線目的地ゾーン, t : 国内線目的地ゾーン

$F_{narita/s}^I$: 現成田空港発国際線目的地ゾーン s へのお出発頻度(回/日)

$F_{haneda/t}^D$: 現羽田空港発国内線目的地ゾーン t へのお出発頻度(回/日)

S_{narita}^I : 現成田空港からの国際線総出発頻度(回/日)

S_{haneda}^D : 現羽田空港からの国内線総出発頻度(回/日)

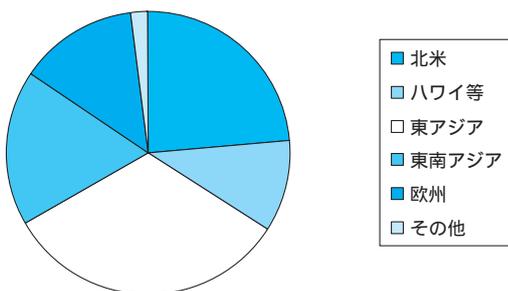


図4 成田空港を出発する国際線目的地ゾーン別の頻度構成(2002年7月時刻表から作成)

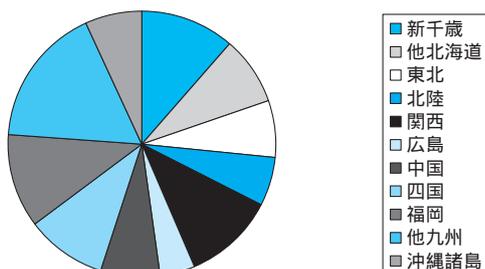


図5 羽田空港を出発する国内線目的地ゾーン別の頻度構成(2002年7月時刻表から作成)

これより、 k 空港発目的地ゾーン空港への1路線あたり出発頻度を、国際線は式(4)から、国内線は式(5)から求める。ここで求めた F_{ks}^I と F_{kt}^D を複数空港選択モデルの運航頻度の初期値として用いる。なお、ほとんどの目的地ゾーンには複数の路線が含まれているが、ここでは各目的地ゾーンを1路線と見なす。

$$F_{ks}^I = MS_k^I \cdot \frac{F_{narita/s}^I}{S_{narita}^I} \quad \forall_k \quad (4)$$

(ただし、 k = 羽田空港を除く)

$$F_{kt}^D = MS_k^D \cdot \frac{F_{haneda/t}^D}{S_{haneda}^D} \quad \forall_k \quad (5)$$

F_{ks}^I : k 空港発国際線目的地ゾーン s へのお出発頻度(回/日)

F_{kt}^D : k 空港発国内線目的地ゾーン t へのお出発頻度(回/日)

ここで、式(4)、式(5)は以下の考え方を仮定している。

国内線について、図5に示した目的地ゾーン別出発構成は、羽田空港の発着容量が厳しい状況においても、既に需給調整規制が廃止されていることを鑑みると、市場の需給関係の結果であるとみなせる。よって、国内線の目的地ゾーン別出発頻度構成は、機能分担ルールによって外生的に頻度設定が行われないう限り、将来も各空港において同じ比率が維持されるものと仮定する。

一方、国際線については成田空港の発着容量制約が非常に厳しく、現時点で乗り入れを希望しているにもかかわらず実現していない国(路線)が数多くある。そのため、現状の目的地ゾーン別出発頻度構成が将来も維持されるかどうか不透明である。しかし本研究では、二国間協定の枠組みの中で定められた各路線の運航頻度は今後も大きく変化することはないものと考え、運航頻度の初期値として式(4)を用いる^{注2)}。ただし、次章の首都圏への適用において、羽田空港の国際線は機能分担ルールによって目的地ゾーンを限定することから、羽田空港には式(4)を適用しない。羽田空港の国際線のお出発頻度 F_{ks}^I は機能分担ルールと総発着枠配分比から求める。

空港別OD別旅客数の算出

都市圏旅客の場合は、 t で求めたアクセス時間、アクセス費用、運航頻度の初期値を複数空港選択モデルに与え、空港別OD別選択確率を求める。乗継旅客の場合は、 s で求めたアクセス路線とラインホール路線の運航頻度の初期値を複数空港選択モデルに与え、空港別OD別選択確率を求める。ここで、首都圏の複数空港を利用する旅客の年間発生集中総需要(コントロールト

ータル)を、外生変数として別途既存のモデルの結果¹⁵⁾から定める。本評価手法ではこれを一定とし、これに空港別OD別の選択確率を乗じることによって、空港別OD別年間旅客数を算出する。

空港別出発頻度の算出

で求めた空港別OD別年間旅客数より、空港別に国内線・国際線別の出発頻度を求める(式(6)、式(7))。

$$TF_k^I = \sum_{i,s} (PAX_{iks} + PAX_{ski}) / (RF_{ks} \cdot 365 \cdot 2) \quad (6)$$

$$TF_k^D = \sum_{i,t} (PAX_{ikt} + PAX_{tki}) / (RF_{kt} \cdot 365 \cdot 2) \quad (7)$$

- TF_{ks}^I : k 空港からの国際線出発頻度
- TF_{kt}^D : k 空港からの国内線出発頻度
- i : 出発地ゾーン(首都圏空港の後背圏ゾーン)
- PAX_{iks} : i ゾーン発 k 空港經由 s ゾーン着路線年間旅客数
- RF_{ks}, RF_{kt} : k 空港発路線別1便あたり旅客数

国際線と国内線の別に頻度を求める理由は、次章において、機能分担ルールとして国際線と国内線の別に発着容量を定めるためである。また、ルールとして国際線と国内線の発着枠の比率を固定した場合は、仮に国際線の発着枠に余裕があっても、それを国内線に転用できないことを仮定している。

各空港の路線別1便あたり旅客数 RF_{ks}, RF_{kt} は外生的に与える。羽田空港の国内線については、航空輸送統計年報¹⁹⁾を用いて、羽田空港発着路線の過去10年間の平均座席数および平均ロードファクターを算出し、両者を乗じたものを1便あたり旅客数とする。成田空港の国際線については、使用機材がほとんどB747であることから、座席仕様の資料²⁰⁾を参考に平均座席数を350席とする。また各路線のロードファクターは、ICAOの資料²¹⁾を参考として路線別に過去10年間の平均ロードファクターを算出する。これより、平均座席数と平均ロードファクターを乗じたものを成田空港と羽田空港の国際線各路線の1便あたり旅客数とする。ここでは、羽田空港の全路線と成田空港の国際線における将来の機材の小型化は見込まず、1便あたり旅客数は将来も変化しないものと仮定している。

ただし、羽田空港利用客の約7%²²⁾を占める国内・国内乗継旅客、また成田空港利用客の約19%²³⁾を占める国際・国際乗継旅客を本研究では対象としていない^{注3)}。後述するように、羽田空港は国内線主体、成田空港は国際線主体という拠点体制は今後も維持されることから、両空港でこれらの乗継旅客比率は今後も維持されるも

のとし、その半分の値を差し引いて1便あたり旅客数 RF_{ks}, RF_{kt} を定める。

一方、成田空港の国内線や第3空港の全路線では小規模機材の利用が増加すると仮定する。そこで、座席仕様の資料²⁰⁾を参考に、成田空港と第3空港の国内線の平均座席数は羽田空港の6割とし、また第3空港の国際線の平均座席数は250席(B777, B767の仕様)とする。これらの路線の平均ロードファクターは、羽田空港の国内線および成田空港の国際線と同じとする。

発着容量制約の設定

で求めた出発頻度は、各空港の国際線・国内線別の容量制約を超える場合がある。そこで、空港別の容量制約式を、国際線は式(8)、国内線は式(9)のように定める。

$$TF_k^I \leq MS_k^I \quad \forall_k \quad (8)$$

$$TF_k^D \leq MS_k^D \quad \forall_k \quad (9)$$

式(8)、式(9)を満たしていない空港がある場合、容量制約を満たすように、国内線と国際線の別に各路線の出発頻度を均等に削減する。容量超過した頻度分の旅客については、に限り、容量制約を超えていない残りの空港を選択肢として再度計算をやり直す。

収束条件

全ての空港が容量制約を満たしたあと、旅客配分前後の運航頻度が一致するように収束するまで計算を繰り返す必要がある。そこで、本評価手法の収束条件を下記のように定める。まず複数空港選択モデルに代入した出発頻度と、旅客配分後に更新された出発頻度とを比較し、更新前後の頻度が2便差以上の路線がある場合は、更新された出発頻度を再度空港選択モデルに代入して計算を繰り返す。全空港の全路線で更新前後の出発頻度差が1便以内になったとき、収束したものとみなす。

利用者便益の計測

収束した時点で各空港に配分された空港別OD別旅客数とそのときの一般化費用^{注4)}を用いて、利用者便益を計測する。空港整備事業の費用対効果分析マニュアル²⁴⁾と同様、利用者便益は消費者余剰分析によって求める^{注5)}。

4 首都圏複数空港の機能分担ルールの評価

4.1 評価の目的と前提

2001年12月、羽田空港に4本目の滑走路が建設されることが正式に決定された^{注6)}。その上で、引き続き第3空港の候補地を検討することとなった。このように、首都圏

の空港容量は将来確実に増加する予定であり、機能分担ルールについても再検討が求められている。そこで、首都圏を事例として本評価手法の実用性を検討する。

評価の前提となる空港整備計画については表 5 を仮定する。ただし、各整備年はコントロールトータルの需要予測結果¹⁵⁾で設定された予測年に基づいており、実際にこのような計画で進められるわけではない。

表 5 評価の前提とする首都圏空港整備計画

	with	without
2010年	羽田空港再拡張	羽田空港現状のまま
2020年	第3空港開港	羽田空港再拡張

4.2 海外複数空港の機能分担ルール

欧州や北米には複数空港を有する都市圏が数多くあり、その内のいくつかは一定のルールに基づいて各空港の機能が分担されている。表 6 にその一覧を示す。ルールの詳細については筆者の既存研究^{25),26)}を参照されたい。この表より、各都市で機能分担ルールが制定された背景は、混雑空港の容量限界と大規模空港のハブ機能強化であることがわかる。相対的に小規模あるいは都心に近接している混雑空港から、大規模なあるいは都心から離れた空港に特定の路線を移転させることが、各都市圏で共通したルールの目的となっている。具体的な方法は各都市圏で異なるが、明確な理由に基づきルールを定めていることがわかる。

表 6 複数空港を持つ都市圏の機能分担ルール一覧

都市圏	空港	規則	方法	理由
London	Heathrow	路線制限	貨物専用便・GAの運航禁止	Heathrow, Gatwickの容量問題
	Gatwick			
	Stansted	なし		
Paris	Orly	便数制限	使用機材条件	Orlyの容量問題とCDGのハブ機能強化
	C.D.G.	なし		
Milan	Linate	便数制限	需要実績	Malpensaのハブ機能強化
	Malpensa	なし		
New York	LaGuardia	距離制限	1,500mile以内	LaGuardiaの容量問題
	J.F.K.	なし		
	Newark			
Washington	National	距離制限	1,250mile以内	Dullesのハブ機能強化
	Dulles	なし		
	Baltimore			

4.3 羽田空港再拡張の場合

4.3.1 機能分担ルールの考え方

ここでは表 5 で定めた前提に基づき、羽田空港が再拡張されたときの機能分担ルールの評価を行う。

国土交通省は、羽田空港を再拡張した場合、羽田空港は国内線主体、成田空港は国際線主体という現行の拠点体制を維持しつつ、羽田空港に定期国際線乗り入れ

を認める構想を表明している^{注7)}。ただし、仮に羽田空港に定期国際線乗り入れが認められたとしても、与えられる発着枠は限定的になると考えられる。そこで、羽田空港に定期国際線の発着枠を割り当てる場合、どの方面の国際線を優先するべきかについて、表 6 の海外事例を参考に2つの考え方を述べる。

業務目的旅客の多い路線は都心近接空港で運航

業務目的の旅客は、一般に他の旅行目的と比較して時間価値が高い。よって、都心に近接した空港で業務目的旅客割合の高い路線を運航することは、効率性の観点から望ましいと言えよう。

表 7 に日本人出国者数の国別ランキングと旅行目的比を示す。総数も業務目的も米国が最大だが、業務目的の上位は、米国に次いで中国、台湾、韓国、香港と日本から近距離の東アジア諸国が続く。近距離国際線に限定して羽田空港への乗り入れを認めた場合、考え方として米国で適用されている距離制限(Perimeter Rule)に近いものとなる。

表 7 日本人出国者数国別ランキングと旅行目的比

単位(千人)

	国名	総数	観光		業務	
1	米国	4,951	4,285	87%	484	10%
2	韓国	1,899	1,696	89%	189	10%
3	中国	1,002	634	63%	337	34%
4	タイ	778	643	83%	121	16%
5	台湾	766	530	69%	227	30%
6	オーストラリア	727	667	92%	41	6%
7	香港	651	455	70%	176	27%
8	シンガポール	556	437	79%	101	18%
9	イタリア	489	444	91%	39	8%
10	イギリス	399	285	71%	74	18%

出典：出入国管理統計年報(1999年)²⁷⁾

高需要路線は複数の空港で運航

首都圏空港を発着する国際線の中には、旅客需要で国内線に匹敵する路線がある。ソウル路線やホノルル路線は、新千歳、福岡、伊丹、那覇の各国内幹線には及ばないものの、それに次ぐ年間200万人前後の旅客需要がある。また、香港、台北、ロサンゼルス各路線も年間150万人以上の利用がある²¹⁾。

筆者ら²⁶⁾によると、表 6 の各都市圏において、高需要路線はルールの範囲内で必ず複数の空港で運航されている。高需要路線を利用する旅客の空港選択を制限しないことは効率性の観点から望ましいことから、羽田空港に乗り入れるべき国際線の対象の一つになるであろう。なお、ミラノのLinate空港は路線別需要実績によって運航条件を定めており、この考え方と共通している。

4.3.2 機能分担ルールの設定

羽田空港への定期国際線乗り入れの影響を評価するため、前節の考えに従って機能分担ルールの代替案を設定する。表 8 にルールの代替案と総発着枠の配分比を示す。なお、羽田空港における夜間早朝の特定時間枠は考慮していない。

表 8 機能分担ルールの代替案と総発着枠の配分比

	機能	総発着枠配分比		発着容量 (万回/年)
		国内線	国際線	
A1	羽田 国内線専用	100%	0%	40.7
A2	羽田 国際線乗り入れ (東アジア方面の一部) 国際・国内乗継出入国不可	90%	10%	40.7
A3	羽田 国際線乗り入れ (北米・ハワイ方面の一部) 国際・国内乗継出入国可	90%	10%	40.7
without	羽田 国内線専用	100%	0%	27.5
	成田 現状維持	10%	90%	22

A1, A2, A3の成田空港の機能はwithoutケースと同様とする。

A1は羽田空港再拡張後も定期国際線の乗り入れを認めず、国内線専用空港として羽田空港を運用するルールである。A2は羽田空港に総発着枠の10%の定期国際線乗り入れを認め、近距離国際線である東アジア方面を乗り入れるルールである。これは距離制限の考え方に基づくルールである。A3は同じく羽田空港に10%の定期国際線乗り入れを認めるが、その路線を高需要の北米・ハワイ方面とするルールである。A2, A3の場合、国際線の乗り入れを10%認めた分、国内線の総発着枠を10%削減する必要が生じる。このとき、特定の国内線目的地ゾーンではなく、各目的地ゾーンから均等に10%ずつ削減することとする。

また、成田空港では新滑走路の供用に伴って総発着枠の約1割が国内線枠として確保されたことから、withoutも含めた全てのルールでこの配分比を適用する。

乗継旅客は、前章で推定したモデルのサンプル特性から、東アジア方面を除いた中長距離方面を目的地としている旅客を対象とする。よって、東アジア方面を羽田空港に乗り入れるA2の場合、羽田空港で国際・国内乗継旅客が出入国できないこととする。一方、北米・ハワイ方面を羽田空港に乗り入れるA3の場合、羽田空港からも国際・国内乗継旅客が出入国できることとする。

4.3.3 複数空港システムの構成要素の条件設定

アクセス条件については、2010年に成田新高速鉄道が開業予定であることから^{注8)}、これを新規の条件として加える。羽田空港へのアクセス条件や成田空港への他交通機間のアクセス条件は現状の値を用いる。

発着容量は首都圏第3空港調査検討会で発表された値(羽田空港約40.7万回/年、成田空港約22万回/年)を

用いる^{注7)}。Withoutケースの羽田空港の発着容量は現状の27.5万回/年^{注9)}とする。また乗継旅客の評価では、首都圏2空港の他、関西空港と仁川空港を選択肢とする。関西空港の国際線の発着容量は12万回/年と仮定する^{注10)}。仁川空港の発着容量は、仁川空港公社の発表した計画^{注11)}に基づき17万回/年とする。

4.3.4 その他の条件設定

都市圏旅客モデルの都市圏の範囲は空港選択モデル構築のときと同様とし、出発地ゾーンの区分は発生集中需要のデータに合わせて都道府県単位とする。ゾーンの中心地は県庁所在地の代表駅とした。また乗継旅客モデルの出発地ゾーン区分は地域単位とし、北海道、東北太平洋側、東北日本海側、北陸、四国、福岡、他九州、沖縄の8ゾーンに区分し、代表空港を定めた。

ここで、上記のゾーン区分を用いる場合、中部地域、関西地域、中国地域から首都圏の空港を利用して出国する国際線旅客が含まれないこととなる。これら地域の旅客の割合は、現状で成田空港利用旅客の約10%¹²⁾に該当することから、成田空港の1便あたり旅客数については、この分も差し引くこととする。

4.3.5 結果と考察

3章の評価手法を用いて、機能分担ルール別に空港別旅客数と利用者便益を求めた結果を都市圏旅客(表 9)と乗継旅客(表 10)の別に示す。

計算過程において、A2, A3では羽田空港の国際線発着枠が容量制約値(4.7万回/年)に達したものの、A1を含めて羽田空港の国内線および成田空港の国内線と国際線は発着容量に達しなかった。この理由は、2010年時点の国際線と国内線のコントロールトータルが、両空港の発

表 9 羽田空港再拡張時における都市圏旅客の配分旅客数と利用者便益

	旅客数 (百万人/年)		総便益 (億円)	一人あたり 便益 (円/人)
	羽田	成田		
A1	69.8	28.6	671.9	683
A2	77.3	21.1	741.2	753
A3	77.3	21.1	702.6	714

表 10 羽田空港再拡張時における乗継旅客の配分旅客数と利用者便益

	旅客数 (万人/年)			総便益 (億円)	一人あたり 便益 (円/人)
	成田	関西	仁川		
A1	63.8	48.9	18.8	4.8	362
A2	63.8	48.9	18.8	4.8	362
A3	73.7	41.6	16.2	44.3	3,366

A3の成田空港旅客数は羽田空港から出入国した場合も含む

着容量制約に及ぶほど十分大きくないためである。ただし、コントロールトータルが一定のため、潜在需要を考慮できなかったのも一因である。A2とA3の旅客数配分結果が同じとなったのも、コントロールトータルを一定としていることが理由である。

表 9の旅客数配分結果を見ると、羽田空港に国際線乗り入れを認めたA2、A3の方が、羽田空港を国内線専用としたA1より多い。これは、成田空港を利用していた国際線旅客の一部が、機能分担ルールによってアクセス利便性の高い羽田空港を利用できるようになったことで、利用空港を変更したためである。また利用者便益についても、一部国際線旅客のアクセス利便性が向上したことによって、A1よりA2、A3の方が大きくなった。A2、A3において、羽田空港の国内線運航頻度が発着容量にまで至らず、国内線の発着枠を削減する必要がなかったことも理由の一つである。

A2とA3を比較すると、旅客数配分結果は同じであるものの、利用者便益は異なる結果となった。A2とA3の全ての路線で運航頻度が同数となったことから、これは東アジア方面と北米・ハワイ等方面の出発地ゾーン需要分布の相違が理由である。具体的には、東アジア方面の方が東京を発生集中する旅客が相対的に多かったことから、A2の利用者便益の方が大きくなっている。

なお、本研究では全ての路線に対して一律に表 2のモデルを適用している。しかし、国内線と国際線の間でアクセス時間や運航頻度のパラメータの相対関係が異なることも考えられる。今後、この点を考慮した複数空港選択モデルを構築する必要がある。

表 10の乗継旅客の結果では、A1とA2が全く同じとなった。これは、両ルールとも羽田空港の国内線が容量制約にまで達しなかったことで、アクセス国内線全路線の運航頻度が同一となり、ルール間の差がなくなってしまったためである。ただし、A3では北米方面やハワイ等方面へ空港間移動なしに羽田空港から出入国できることから、成田と羽田の首都圏2空港を利用する旅客が大幅に増加した。同時に、空港間移動コストが減少したことによって利用者便益も大きく向上した。北米方面やハワイ等方面のみならず、欧州方面のような他の中長距離路線を羽田空港に乗り入れる場合でも、このような結果が得られるのは明らかである。

なお、A3の利用者便益はかなり大きいですが、空港間移動ダミー変数には移動費用と移動時間が含まれていると解釈できることから、妥当な値と考える。

4.4 第3空港開港の場合

4.4.1 機能分担ルールの設定

表 5で定めた前提より、羽田空港の再拡張後に第3空港が建設された場合の機能分担ルールの評価をここで行う。ただし、乗継旅客の3空港間相互の空港間移動行動をモデルで表現できていないことから、都市圏旅客に対してのみ評価を行う。

第3空港の機能は羽田空港再拡張後の機能分担ルールに依拠することから、将来予測的に設定するのは難しい。そこで、第3空港と羽田空港がそれぞれ個別にルールを変化したときの比較を試みる。表 11に機能分担ルールの代替案と総発着枠の配分比をまとめて示す。以下、その内容を説明する。

表 11 機能分担ルールの代替案と総発着枠配分比

		機能	総発着枠配分比		発着容量 (万回/年)
			国内線	国際線	
B1	第3	ルールなし	(70%)	(30%)	16
B2	第3	国際線機能強化	50%	50%	16
B1, B2 without	羽田	国際線乗り入れ(A2)	90%	10%	40.7
	成田	現状維持	10%	90%	22
B3	羽田	国内線専用	100%	0%	40.7
	第3	ルールなし	(70%)	(30%)	16
B4	羽田	国際線乗り入れ 東アジア方面の一部	90%	10%	40.7
	第3	ルールなし	(70%)	(30%)	16
B3, B4 without	羽田	国内線専用(A1)	100%	0%	40.7
	成田	現状維持	10%	90%	22

B1, B2羽田空港と成田空港の機能、およびB3, B4の成田空港の機能はwithoutケースと同様とする。

まず、第3空港の機能を定めるルールとして次の2つを考える。一つは、第3空港には特定の機能を持たせないこととし、これをB1とする。このとき、運航頻度の初期値を求めるために総発着枠の配分比を定める必要があることから、1999年における首都圏空港利用者総数の比(国内線:国際線=7:3)を総発着枠配分比として用いる。もう一つは、第3空港の国際線機能を強化するルールとし、これをB2とする。このとき、総発着枠は国内線と国際線を1対1の割合で配分する。両ルールにおいて、羽田空港と成田空港のルールはwithoutケースと同様とする。羽田空港のwithoutケースは、羽田空港の国際化が実現していることとし、東アジア方面の国際線が乗り入れるA2のルールとする。成田空港のwithoutケースは、羽田空港再拡張の時から変わらないこととする。

次に羽田空港のルールの比較を行う。まず、この時点で羽田空港の国際化が実現していないこととし、羽田空港のwithoutケースを国内線専用(A1)とする。その上で、B3は羽田空港を国内線専用空港として引き続き運用するルール、B4は羽田空港に総発着枠の10%の定期国際線乗り入れを認めて東アジア方面を乗り入れるルール、

とする。B3、B4において、第3空港のルールはB1と同様とし、変化させないものとする。

4.4.2 複数空港システムの構成要素の条件設定

首都圏第3空港調査検討会は、東京湾内を中心に8つの第3空港の候補地を挙げている^{注7)}。そこで、東京湾東岸と東京湾西南岸の2地点を第3空港の比較対照立地点とし、全てのルールにおいて両者の結果を比較する(具体的な場所については割愛する)。

第3空港へのアクセス条件として、鉄道はアクセス優等列車が整備されるとし、自動車は現状の道路条件が維持されることとした。また、バスの時間と費用は次のように設定した。まず、現在羽田空港および成田空港で運行されているリムジンバスの移動時間と運賃、またそれと同ルートの自動車アクセスの移動時間と走行費用を比較し、それぞれの相関式を推定する。そして、第3空港への自動車のアクセス条件を設定した後、この相関式を用いて、バスのアクセス条件を設定した。

第3空港の発着容量は16万回/年と仮定する。また、羽田空港と成田空港のアクセス条件と発着容量は、羽田空港再拡張の時と同様とした。

なお、ここでは国際・国内乗継旅客を評価の対象としていない。これら乗継旅客の割合は、現状で成田空港利用旅客の約3%¹²⁾に該当することから、成田空港の1便あたり旅客数についてはこの半分の値をさらに差し引くこととする。

4.4.3 結果と考察

表 12に、空港別旅客数と利用者便益の結果を、機能分担ルール別・立地点別に示す。なお、成田空港の旅客数の結果には、乗継旅客や中部・関西・中国地域からの国際線旅客を含んでいないことに留意されたい。

全てのケースにおいて、その計算過程で羽田空港と成田空港の発着容量を超えることとなった。これは、第3空港が国際線を受け入れざるを得ず、国内線専用空港として運用するのは不可能であることを意味している。また、第3空港の旅客数のほとんどは他2空港の容量超過分の旅客であり、最大効用を得られる選択肢として第3空港を選んだ旅客はわずかであった。全てのケースにおいて配分された旅客数がほぼ同じとなったのは、コントロールトータルを一定としているためである。B3の羽田空港が他より多い理由は、羽田空港を国内線専用としたことで、国際線を1割乗り入れた場合と比較して1便あたり旅客数が異なるためである。

利用者便益を比較してみると、B1とB2は、ほぼ同じ結果となった。この結果は、発着容量にまで達しない第3空港に対して何らかの機能分担ルールを適用しても、

表 12 第3空港開港時における都市圏旅客の配分旅客数と利用者便益

		旅客数 (百万人/年)			総便益 (億円)	一人あたり 便益 (円/人)
		羽田	成田	第3		
B1	西南	85.3	38.7	9.4	133.4	95
	東	85.3	38.7	9.4	140.8	100
B2	西南	85.3	38.7	9.4	132.9	95
	東	85.3	38.7	9.4	140.6	100
B3	西南	86.2	38.7	8.5	111.8	80
	東	86.2	38.7	8.5	96.7	69
B4	西南	85.3	38.7	9.4	-122.2	-87
	東	85.3	38.7	9.4	-114.8	-82

利用者便益は変わらないことを意味している。

一方、B3とB4は大きく異なる結果となった。Withoutで羽田空港を国内線専用としたとき、引き続き羽田空港を国内線専用としたB3では利用者便益が正となったが、羽田空港に国際線乗り入れを認めたB4では利用者便益が負となった。これは、一部国際線旅客が羽田空港を利用することによって増えるアクセス利便性向上の便益よりも、羽田空港の容量超過のために成田空港や第3空港を選択せざるを得ない国内線旅客の増加による不便益、および羽田空港を利用している国内線旅客全体の運航頻度の減少による不便益の方が大きいからである。羽田空港の総発着回数が国内線だけで空港全体の容量制約に達しているとき、国際線を乗り入れるためには国内線の発着枠を削減しなくてはならない。しかし、羽田空港の国内線発着枠を削減してまで国際線の乗り入れを認めると、都市圏旅客の利用者便益は負になってしまう。

B3とB4において、立地点の違いによる利用者便益の大小関係への影響は異なる結果を得た。B3の場合、羽田空港が国内線専用のため、成田空港の容量超過分の国際線旅客は全て第3空港を選択せざるを得ない。このとき、東京湾東側は立地点が成田空港と近いことからアクセス条件で競合してしまい、相対的に小さな便益となる。一方、B4の場合は羽田空港が一部国際線旅客を受け入れるため、これら旅客にとって羽田空港と東京湾西南側が競合関係になり、負の値ではあるが東側と比べて相対的に小さな便益となる。しかし、その他の国際線旅客は成田空港と競合するため、立地点間の差はB3と比べて小さいものとなっている。

5 まとめ

本研究では、都市圏旅客・乗継旅客別に構築した複数空港選択モデルを用いて、複数空港システムにおける機能分担ルールが利用者便益に及ぼす影響を評価する

手法を開発した。

また、新空港の整備が検討されている首都圏に評価手法を適用し、機能分担ルールの複数の代替案について比較評価を行った。その結果、次のような知見を得た。

- ・羽田空港が容量制約に達しているときに国内線発着枠を削減して国際線を乗り入れる場合、首都圏を発着地とする都市圏旅客全体の利用者便益が低下する。しかし、羽田空港が容量制約に達していなければ、国際線を乗り入れると利用者便益が向上する。
- ・羽田空港に北米路線のような中長距離国際線を乗り入れる場合、空港間移動を必要とする国際・国内乗継旅客が減少するため、国際・国内乗継旅客の利用者便益が大きく向上する。
- ・第3空港のようなアクセス利便性が相対的に低い空港に対して機能分担ルールを適用しても、利用者便益に及ぼす影響は変わらない。
- ・第3空港の立地点間の利用者便益の大小関係は、機能分担ルールの違いによって空港間の競合関係が異なるため、変化する。

以上の結果はデータやモデルの制約下から得られたものであり、当然議論の余地がある。しかし、機能分担ルールの変更による利用者便益の変化を明らかにすることで、空港整備計画において機能分担ルールを考慮することの重要性を示すことができた。このように、本手法は機能分担ルールを評価する方法として実用性があることを示した。

一方、本研究で構築した空港選択モデルと機能分担ルールの評価手法は下記の問題を抱えているため、これを今後の課題とする。

- ・本研究では航空運賃を説明要因に含めた空港選択モデルを構築できなかった。しかし、航空運賃は航空会社選択やフライト選択に大きな影響を及ぼす説明要因であることは明らかであり、その結果として空港選択にも影響を与え得ると言える。空港選択モデル構築の際に常に指摘されている問題であるが、今後、より実勢を反映した運賃データの入手方法を考える必要がある。
- ・機能分担ルールや第3空港の立地点は需要に影響を与えるサービス変数自身であり、本来はそれが変わるとコントロールトータルも変化する。しかし、本研究ではコントロールトータルを一定としているため、機能分担ルールや第3空港の立地点の違いによる潜在需要の顕在化を考慮できていない。今後、潜在需要の推定を考慮した既存の需要予測モデルとの融合を検討する必要がある。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、運輸政策研究所の中村英夫所長には、研究の着想、方向性について終始ご指導、ご鞭撻を頂き、大きな示唆を得た。また匿名の査読者から貴重なコメントを頂いた。ここに深く感謝する。

注

- 注1)1999年当時、成田と羽田の両空港から定期便として運航されていた路線は、台北の他、ホノルル、新千歳、福岡、伊丹の計5路線があった。しかし、台北路線の他はどちらかの空港に旅客が集中しており、競合していたとは言えない。台北路線は成田空港：羽田空港 = 6：4の比率で利用されていた。ただし、2002年4月に成田空港の新滑走路が供用されたことに伴い、羽田空港で台北路線を運航していた中華航空とエバー航空は、成田空港に運用空港を移転した。よって、現時点では両空港間の競合路線は存在しない。
- 注2)2002年4月の成田空港新滑走路の供用開始後、新滑走路の国際線発着枠の多くを東アジア方面が占めた。このように、今後も発着容量に大きな変化（滑走路長の延長など）があった場合は、頻度構成も変わる可能性がある。
- 注3)乗継旅客比率は次式を用いて求めた。
(乗継旅客 * 2) / (出発旅客 + 到着旅客 + 乗継旅客 * 2)
- 注4)一般化費用は、ロジットモデルによって推定された間接効用関数から求められる。詳しくは、Small and Rosen¹⁸⁾を参照されたい。
- 注5)消費者余剰分析より、利用者便益は次式によって求められる。森杉編²⁸⁾に詳しい。

$$UB = \sum_{i,j} \frac{1}{2} (Q_{ij}^0 + Q_{ij}^1) (C_{ij}^0 - C_{ij}^1)$$

UB : 利用者便益

Q_{ij}^0 : WithoutケースのゾーンiからゾーンjへのOD別旅客数

Q_{ij}^1 : WithケースのゾーンiからゾーンjへのOD別旅客数

C_{ij}^0 : Withoutケースのゾーンiからゾーンjへの一般化費用

C_{ij}^1 : Withケースのゾーンiからゾーンjへの一般化費用

- 注6)羽田空港の再拡張に関する基本的考え方について(国土交通省航空局、2001.12)にて発表。
- 注7)第6回首都圏第3空港調査検討会(2001年7月31日開催)における国土交通省航空局配付資料を参照。
- 注8)第3回成田空港アクセス充実検討会(2001年12月26日開催)の配付資料を参照。
- 注9)羽田空港の発着調整基準の改定について(運輸省航空局、1999.10)を参照。
- 注10)国土交通省は関西空港の発着処理能力を年間16万回としている。
- 注11)仁川空港は2段階に分けて建設されることになっており、第1段階の発着容量は年間17万回とされている。仁川空港公社発行の空港紹介パンフレット(Incheon International Airport)を参照。

参考文献

- 1) Hansen, M. and Du, Q. [1993], "Modeling multiple airport systems: A positive feedback approach", UCB-ITS-RR, No.93-12.
- 2) Hansen, M. [1995], "Positive feedback model of multiple-airport systems", J. Transp. Engng., Vol.121(6), pp.453-460.
- 3) 浦田康滋, 松本直彰, 田村亨, 齊藤和夫 [1997], "マルチ・エアポート・システムのモデル化 - 複数空港が存在する地域の空港選択構造 -", 「土木計画学研究・論文集」, Vol.14, pp.765-772.
- 4) 花岡伸也, 有村幹治 [2001], "旅客のアクセス利便性からみた複数空港の機能分担の評価", 「土木計画学研究・論文集」, Vol.18(4), pp.675-680.
- 5) Skinner, R. [1976], "Airport choice: an empirical study", Transp. Engng. J., Vol.102(4), pp.871-882.
- 6) Augustinus, J.G. and Demakopolous, S.A. [1978], "Air passenger distribution model for a multiterminal airport system", Transp. Res. Rec., No.673, pp.176-180.
- 7) Harvey, G. [1987], "Airport choice in a multiple airport region", Transp. Res. A, Vol.21A(6), pp.439-449.
- 8) Windle, R. and Dresner, M. [1995], "Airport choice in multiple-airport regions", J. Transp. Engng., Vol.121(4), pp.332-337.

- 9) Pels, E., Nijkamp, P., and Rietveld, P. [2001], " Airport and airline choice in a multiple airport region: An empirical analysis for the San Francisco Bay Area ", *Regional Studies*, Vol.35(1), pp.1-9.
- 10) Harvey, G. [1986], " Study of airport access mode choice ", *J. Transp. Engrg.*, Vol.112(5), pp.525-545.
- 11) 榊原胖夫, 加藤一誠 [1999], " 国内旅客のアクセス手段選択の分析 ", 「交通学研究」, 1998年研究年報, pp.81-89.
- 12) 国土交通省航空局 [2001], " 平成11年度国際航空旅客動態調査 ".
- 13) 道路時刻表研究会 [1999], " 道路時刻表1999年版 ", 道路整備促進期成同盟会全国協議会 .
- 14) 財)首都高速道路厚生会 [1999], " 首都高速所要時間早見表・平日用 ".
- 15) 財)運輸政策研究機構 [2001], " 長期輸送需要予測に関する調査報告書 ".
- 16) OFC [1999], " OFCタリフシリーズ・日本発特別運賃 ".
- 17) OAG [2002], " OAG Flight Guide Worldwide ".
- 18) Small, K. A. and Rosen, H.S. [1981], "Applied welfare economics with discrete choice models", *Econometrica*, Vol.49, pp.105-130.
- 19) 国土交通省総合政策局情報管理部編, " 航空輸送統計年報 ".
- 20) イカロス出版 [2002], " 日本の旅客機2002 ".
- 21) JCAO [2001], " Traffic by flight stage 1999 ", *Digest of statistics* No. 485.
- 22) 国土交通省航空局 [2001], " 平成11年度航空旅客動態調査報告書 ".
- 23) 新東京国際空港公団 [2002], " 2001年度成田空港運用状況 ", <http://www.narita-airport.or.jp/naa/>.
- 24) 運輸省航空局監修 [1999], " 空港整備事業の費用対効果分析マニュアル1999 ", (財)運輸政策研究機構 .
- 25) 花岡伸也 [2001], " 複数空港における機能分担規則の国際比較 - 欧州を事例として - ", 「交通学研究」, 2000年研究年報, pp.31-40 .
- 26) Hanaoka, S., Inamura, H. and Ishikura, T., [2001], " Air traffic distribution policies in multiple-airport regions: International comparison, analysis and future perspectives for Tokyo ", *Proceedings of the 9th World Conference on Transport Research*, CD-ROM
- 27) 法務大臣官房司法法制調査部編 [2000], " 第39出入国管理統計年報平成12年版 ".
- 28) 森杉壽芳編 [1997], " 社会資本整備の便益評価 ", 勁草書房 .

(原稿受付 2002年2月15日)

Evaluation of air traffic distribution policies in multiple-airport systems - Case of Tokyo metropolitan area -

By Shinya HANAOKA

The airports in multiple-airport areas are operated as a multiple-airport system. The system assigns roles or functions to the airports using air traffic distribution policies such as the exclusive use of passengers for domestic or international. Those policies are based on planning factors of airports such as location, accessibility and slot capacity. This study develops method of evaluating alternative rules of traffic distribution in a given system by using the criterion of passengers benefit. The evaluated method is used to calculate multiple-airport choice models for both terminal and transit passengers. The model was applied to the Tokyo Metropolitan area and the alternative of distribution rules was evaluated based on several feasible rules.

Key Words ; **Multiple-airport system, Air traffic distribution rules, Airport choice model**
