

複数空港地域における航空旅客の空港選択に関する研究*

A Study on Airport Choice Behavior of Air Passengers in Multiple Airports Region*

山下良久**・井上真志***・早崎詩生****・石倉智樹*****

By Yoshihisa YAMASHITA**・Masashi INOUE***・Shio HAYASAKI****・Tomoki ISHIKURA*****

1. はじめに

現在、東京圏、大阪圏、北部九州等の複数の空港が近接する都市圏では、近接空港においてこれらの都市圏間を結ぶ航空路線が複数運航されている。例えば、東京圏と大阪圏間を例に挙げると、羽田 - 関空便、羽田 - 伊丹便、羽田 - 神戸便、成田 - 伊丹便の4路線を、JAL・ANA両エアラインが運航している。このような複数空港地域においては、関西3空港における先例からも見られるように、空港運営および利用者利便の観点から、機能分担や乗り入れ規制等の航空政策を包括的に検討する余地が多く残されている¹⁾。

これまで、実務的に実施されてきた国内航空需要予測では、四段階推計法に即した国内航空需要予測モデルに、与件として設定された運航頻度や運賃等を入力することで航空旅客数の予測が行われてきた^{2),3)}。最新の需要予測モデル⁴⁾においては、1便当たり旅客数算定モデルを新たに導入することで、航空旅客数に加え、日便数を内生的に算出する仕組みが取り入れられた。

しかしながら、複数空港地域の抱える課題を鑑みるに、運航規制や空港使用料の変化といったエアラインの供給行動に影響を及ぼす政策に対する反応を分析する必要性は極めて高い。すなわち、エアラインの供給行動とそれに伴い変化する航空旅客の空港選択行動を考慮した需要分析モデルが必要であると言えよう。既に国土技術政策総合研究所において、エアラインの供給行動と旅客の交通機関選択・航空経路選択行動との相互関係を分析可能な需要分析モデル⁵⁾が提案され、再現性の検証や政策シナリオ分析が行なわれているが、現況再現性に課題を残す等、実務的な需要予測モデルの代替手法として用いるには更なる精度向上が必要である。

* Keywords：経路選択，空港計画，

** 正 員，博(工)，社会システム株式会社 社会経済部

（東京都目黒区東山1-5-4 中目黒ビル1階
TEL 03-5773-0001，e-mail yamashita@crp.co.jp

*** 正 員，学(工)，社会システム株式会社 社会経済部 次長

**** 正 員，学(工)，社会システム株式会社 取締役

***** 正 員，博(情報科学)，東京大学都市持続再生研究センター
(前 国土技術政策総合研究所 空港研究部主任研究官)

本研究は、当モデルの精度向上の取り組みの一つとして実施するものである。具体的には、需要分析モデルは、「ODゾーン間航空市場モデル」と「路線別便数配分モデル」の2つのサブモデルから構成されるが、本研究では、特に路線別便数配分モデルの精度向上に寄与すると考えられる航空旅客の航空経路選択モデルの精緻化を試みる。エアラインの路線便数配分と、旅客の航空経路選択行動の均衡解として、路線便数および旅客数が導出される構造であるため、航空経路選択モデルの精緻化は、モデルの再現性向上に寄与すると期待できる。なお、本稿は、航空経路選択モデルのモデル構造について検討を行なったものであり、ネットワークレベルでの再現性の検証までには至っていない。これについては別の機会に譲ることとしたい。

2. 航空経路選択モデル構築に当たっての諸設定

(1) 航空経路の選択肢集合設定の考え方

後述する航空経路選択モデルとしては、非集計型のモデルを検討する。そのため、モデル構築に当たっては、航空旅客の実選択経路に加え、代替経路となり得る航空経路を設定する必要がある。本研究では、複数空港地域における国内線の主要空港である羽田空港、伊丹空港、福岡空港の3空港について空港勢力圏を設定した上で、その勢力圏内に位置するもしくはその勢力圏内の地域からアクセス実績のある空港を競合空港として抽出し、これらの空港についても勢力圏を設定する。空港勢力圏が重複する地域における旅客については、それぞれの空港が選択可能として代替経路の設定を行う。

(2) 3 空港の空港勢力圏の設定

空港勢力圏は、平成19年度航空旅客動態調査（国土交通省 航空局）（以下、動態調査）を、以下に示す発着地ベースおよび空港ベースで集計し、各空港を利用する旅客の空間的な広がりを把握した上で設定する。

a) 発着地ベースの集計

第4回全国幹線旅客純流動調査で用いられる生活圏ごとに、生活圏内航空旅客の空港利用率を計算する。利用率10%を閾値として10%以上の生活圏を把握する。

b) 空港ベースの集計

各空港の旅客の市区町村別構成率を計算し、構成率の高い市区町村から順に並べ累積構成率が90%以内（閾値）に含まれる市区町村を把握する。

c) 空港勢力圏の設定

発着地ベース、空港ベースでの集計において、それぞれの閾値内に含まれる地域の空間的な広がりを比較し、広範をカバーしている方を空港勢力圏として設定する。以上の方法で設定された3空港の空港勢力圏は、図 - 1～図 - 3において色づけされた範囲である。なお、参考として空港利用率が50%以上と50%未満に分けて色付けをしている。

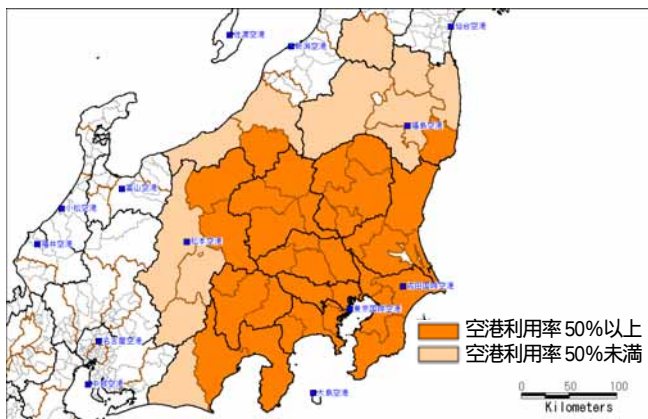


図 - 1 羽田空港勢力圏

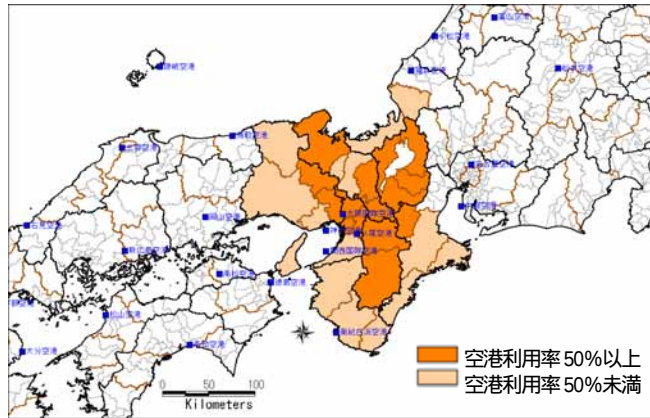


図 - 2 伊丹空港勢力圏

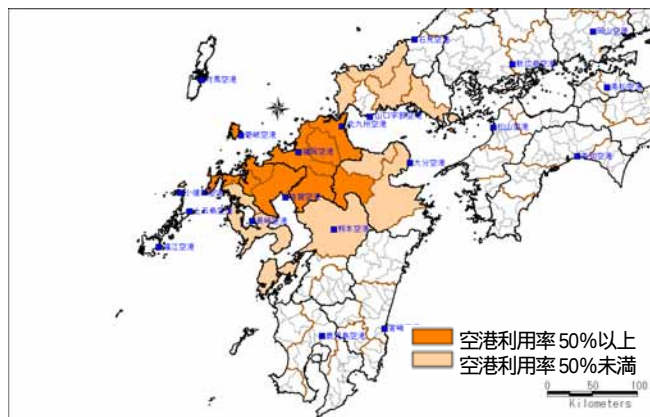


図 - 3 福岡空港勢力圏

表 - 1 競合空港の抽出

	競合空港
羽田空港	福島空港、小松空港、成田空港、松本空港、新潟空港
伊丹空港	中部国際空港、南紀白浜空港、関西国際空港、鳥取空港、神戸空港、岡山空港
福岡空港	山口宇部空港、北九州空港、佐賀空港、熊本空港、長崎空港、大分空港、鹿児島空港

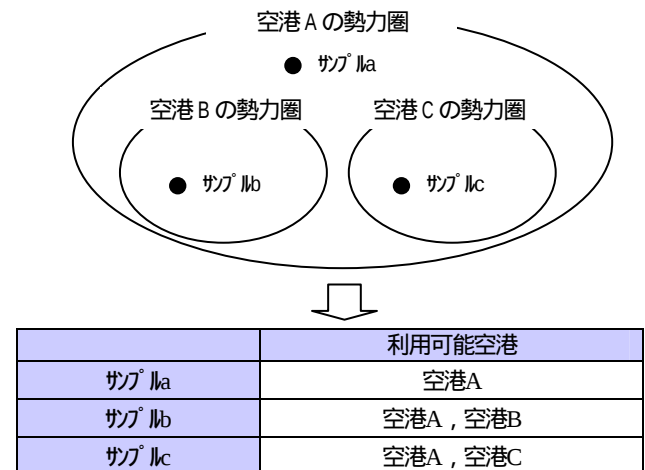


図 - 4 代替経路の設定方法

(3) 競合空港の抽出

3空港の勢力圏内に位置するもしくは勢力圏内の地域からアクセス実績のある空港を競合空港として抽出する。3空港それぞれの競合空港として表 - 1に示す空港が抽出された。

(4) 競合空港における空港勢力圏の設定

抽出された3空港それぞれの競合空港について、3空港と同様の方法で空港勢力圏を設定する。航空経路選択モデルの構築に当たっては、図 - 4に例示するように、空港勢力圏が重複する地域のサンプルについては、それぞれの空港が利用可能として代替経路が設定される。

3. 航空経路選択モデルの構築

(1) 説明変数

航空経路選択モデルの説明変数としては、航空ラインホール時間、路線運航頻度および空港アクセスの利便性に関する変数とする。

航空ラインホール時間は、平成17年時刻表から設定する。航空ラインホール費用（実勢運賃）については、動態調査において取得されている各旅客が回答した航空運賃の路線別平均値を求め設定している。空港アクセスの利便性に関する変数について、別途推定される空港アクセス交通機関選択モデルより算出されるアクセシビリティ

ティ指標を用いる場合と、代表的なアクセス交通機関の所要時間，費用を変数として用いる場合とを検討する．

(2) モデル構造

航空経路選択モデルのモデル構造は、非集計型のモデルを検討する．空港アクセスの利便性に関する変数にアクセシビリティ指標を用いる場合には、下層に空港アクセス交通機関選択モデルを連結したNested Logit型のモデル構造とした．一方、代表的なアクセス交通機関のサービス変数を用いる場合には、Logit型のモデル構造とした．

(3) 空港アクセス交通機関選択モデル

空港アクセスの利便性に関する変数として検討を行なうアクセシビリティ指標を算出するため、空港アクセス交通機関選択モデルを構築する．パラメータ推定は、3空港へのアクセスサンプルを用いて行なう．

モデルの説明変数としては、総所要時間、総費用、鉄道定数項、バス定数項、ログサムパラメータ λ を設定する．なお、動態調査で把握可能な航空旅客の発着ゾーンの最小単位が市区町村であるため、総所要時間、総費用については、各市区町村で平均的な位置となる点を代表点とし、そこからの値を計測した．

モデル構造としては、公共交通機関相互間の選択と、公共交通機関と自動車との選択をツリー構造で表現するNested Logitモデルを適用する．なお、パラメータ推定には愛媛大学作成の同時推定プログラムを使用した．

表-2、表-3に居住者および旅行者の目的別空港アクセス交通機関選択モデルの推定結果を示す．いずれのモデルもパラメータの符号条件、t値、尤度比から見る限り有意なモデルが推定されている．ログサム変数パラメータ λ が、(0,1)区間の条件を満たしていることから、想定したツリー構造が効用最大化理論と整合していることを示唆している．また、時間価値について見ると、居住者・旅行者ともに業務目的が最も高くなっており、また値についても既往モデルと同様の傾向を示している．

統計的精度の観点から判断するに、構築された空港アクセス交通機関選択モデルから計算されるアクセシビリティ指標を航空経路選択モデルの説明変数として用いることに問題はないと考えられる．

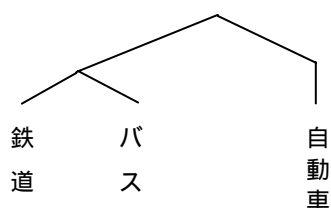


図-5 空港アクセス交通機関選択モデルのツリー構造

$$P_r = P_{rb} \cdot P_{r|rb}$$

$$= \frac{\exp[\lambda'' V_{rb} + \lambda' \ln(e^{\lambda V_{1a}} + e^{\lambda V_{4a}})]}{\exp[\lambda'' V_{rb} + \lambda' \ln(e^{\lambda V_{1a}} + e^{\lambda V_{4a}})] + \exp[\lambda'' V_c]} \cdot \frac{e^{\lambda V_{1a}}}{e^{\lambda V_{1a}} + e^{\lambda V_{4a}}}$$

(式3)

$$V_r = \theta_1 X_{1r} + \theta_2 X_{2r} + \theta_3$$

(式4)

$$V_b = \theta_1 X_{1b} + \theta_2 X_{2b} + \theta_4$$

(式5)

$$V_c = \theta_1 X_{1c} + \theta_2 X_{2c}$$

(式6)

P_r ：鉄道(r)を選択する確率

V_n ：効用 ($n=r, b, c$ 鉄道、バス、自動車)

X_1 ：総所要時間(分)

X_2 ：総費用(円)

θ_1 ：所要時間のパラメータ

θ_2 ：費用のパラメータ

θ_3 ：鉄道定数項

θ_4 ：バス定数項

表-2 空港アクセス交通機関選択モデル(居住者)

	業務	観光	私用等
総所要時間(分)	-0.0362 (-48.1)	-0.0229 (-45.5)	-0.0222 (-27.3)
総費用(円)	-0.000650 (-31.7)	-0.00108 (-49.4)	-0.000761 (-30.4)
鉄道定数項	8.27 (12.9)	6.90 (11.9)	11.8 (5.08)
バス定数項	7.57 (11.8)	7.27 (12.6)	11.5 (4.95)
λ	0.231 (12.0)	0.165 (11.8)	0.0954 (4.96)
尤度比	0.344	0.203	0.224
サンプル数	56,679	42,112	30,445
時間価値 (円/時間)	3,342	1,272	1,750

表-3 空港アクセス交通機関選択モデル(旅行者)

	業務	観光	私用等
総所要時間(分)	-0.0285 (-35.4)	-0.0195 (-34.7)	-0.0247 (-33.7)
総費用(円)	-0.000442 (-19.5)	-0.000760 (-35.1)	-0.000608 (-28.0)
鉄道定数項	7.51 (8.59)	7.66 (7.98)	10.1 (6.02)
バス定数項	7.06 (8.05)	7.79 (8.12)	9.75 (5.84)
λ	0.225 (8.26)	0.151 (7.96)	0.121 (5.86)
尤度比	0.295	0.196	0.227
サンプル数	41,959	36,349	39,055
時間価値 (円/時間)	3,869	1,539	2,438

(4) 航空経路選択モデル

航空経路選択モデルの推定結果を表-4に示す。説明変数の組み合わせにより3つのモデルを推定している。

モデル1は、アクセシビリティ指標を取り入れたモデルである。パラメータの符号条件、t値、尤度比と統計的に有意であるものの、アクセシビリティ指標が(0,1)区間内の条件を満たしていない。すなわち、下層に空港アクセス交通機関選択モデルを連結したツリー構造が、効用最大化理論と整合していない。実務で用いられている航空経路選択モデルは、アクセシビリティ指標が導入されたモデルとなっているが、全国を対象としたモデルであることから、パラメータ推定には複数空港地域以外のサンプルも用いられている。本推定結果は、複数空港地域においては、航空旅客の航空経路選択構造が異なっている可能性があることを示唆している。

モデル2,3は、最短所要時間の交通機関を代表アクセス交通機関として、その交通機関の所要時間、費用を採用したモデルである。パラメータの符号条件、t値、尤度比から見る限り、有意なモデルとなっているが、運航頻度のパラメータが大きく、運航頻度の増減に敏感なモデルとなっている。これは、空港アクセスによる効用差を代表交通機関のサービス差では十分に表現できないため、運航頻度のパラメータを大きくすることで、その埋め合わせがされたものと推察される。当モデルを用いたネットワークレベルの需要分析を行っていないため、運航頻度の増減によりどの程度の需要変化をもたらすかを定量的に把握できていないが、非現実的な予測結果となる恐れがある。

4. おわりに

本研究は、エアラインの供給行動と航空旅客の空港選

択行動を考慮した需要分析モデルの精度向上を目的に、サブモデルの一つである路線便数配分モデルに内生された航空経路選択モデルの精緻化を試みた。本研究の成果を以下に示す。

- 1) 複数空港地域における航空経路選択行動は、下層に空港アクセス交通機関選択モデルを連結したNested Logit型のモデル構造では、表現し難い。
- 2) そのため、代表的なアクセス交通機関のサービス変数を直接的に説明変数として導入するLogit型のモデル構造が適していると考えられる。しかしながら、代表的な交通機関のサービスでは、空港アクセス利便性の差を十分表現できない場合、他の変数のパラメータに影響を及ぼすため、空港アクセスに関するサービス変数の設定方法についてさらに検討を進める必要がある。

参考文献

- 1) 竹林幹雄，黒田勝彦：関西3空港における国内航空旅客需要に関する研究，運輸政策研究，Vol.11 No.4，pp. 21-29，2009。
- 2) 国土交通省 航空局：平成13年度 航空需要予測手法に関する調査報告書，2001。
- 3) 国土交通省 航空局：国内航空需要予測の一層の精度向上について，航空局HP（http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha02/12/120109_.html），2002。
- 4) 国土交通省国土技術政策総合研究所：航空需要予測について，国土技術政策総合研究所HP（<http://www.nilim.go.jp/engineer/index.html>），2005。
- 5) 石倉智樹，石井正樹：国内航空市場における寡占競争を考慮した需要分析モデルの構築，国土技術政策総合研究所資料，No.314，2006。

表-4 航空経路選択モデル

	モデル1			モデル2			モデル3		
	業務	観光	私用等	業務	観光	私用等	業務	観光	私用等
航空ラインホール時間 (分)	-0.0903 (-40.6)	-0.0470 (-19.9)	-0.0655 (-25.4)	-0.0624 (-28.3)	-0.0517 (-20.9)	-0.0507 (-18.0)	-0.0719 (-32.5)	-0.0610 (-25.1)	-0.0589 (-21.7)
Ln(運航頻度) (本/日)	0.684 (33.4)	0.766 (30.4)	0.634 (30.3)	1.24 (47.1)	1.01 (36.1)	1.11 (40.6)	1.15 (46.4)	0.949 (35.9)	1.05 (40.3)
アクセシビリティ指標	3.50 (66.8)	3.36 (49.2)	6.79 (54.9)						
アクセス所要時間 (分)				-0.0387 (-43.0)	-0.0223 (-25.4)	-0.0365 (-35.5)	-0.0469 (-67.9)	-0.0297 (-51.8)	-0.0428 (-55.9)
アクセス総費用(円)				-0.000245 (-12.5)	-0.000230 (-10.4)	-0.000194 (-8.43)			
尤度比	0.503	0.422	0.414	0.583	0.452	0.535	0.577	0.444	0.531
サンプル数	15,310	6,731	9,552	15,310	6,731	9,552	15,310	6,731	9,552