

北部九州を発着地とする国内航空需要予測モデル - 複数空港地域における検討 - *

A Modeling for Demand Forecasting of Domestic Air Transport originated from / destined at the Northern Kyusyu

寺田 健児**・石井 伸一***・宮前 直幸****・樗木 武*****・角 知憲*****・河野 雅也*****

by Kenji TERADA, Shin-ichi ISHII, Naoyuki MIYAMAE, Takeshi CHISYAKI, Tomonori SUMI and Masaya KAWANO

1. 研究の背景と目的

現在、北部九州は、3 大都市圏に次ぐ人口・産業集積を持っており、地域構造的にも、九州全域の拠点である福岡と各県それぞれ 40~50 万人の県庁所在都市で特徴づけることができる。空港では福岡空港が九州全域を空港勢力圏としているが、各県にもそれぞれ 3,000m級の空港が存在するなど、一定の地域に複数空港の存在している空港先進地域である。しかしながら、北部九州空港群の中での地域拠点空港である福岡空港は、各県の空港と比較して、就航している路線数、勢力圏の範囲などで大きく抜きん出ている。こうした構造は地域拠点空港としての福岡空港が需要の少ない国内路線や国際線等地域需要を束ねる役割を担っているからであると考えられる。

そこで本研究では、複数空港を持つ北部九州地域を対象とし、特に分布交通量から機関・空港選択を分析する上で、路線就航条件や新規路線の開設効果等も踏まえた、複数空港地域でのより実務的かつ簡便な予測モデルを確立し、概ね 2025 年までの福岡空港の国内旅客需要予測を行うものである。(ただし、予測結果の数値等は、福岡空港将来構想検討委員会の構想に基づいた検討途中段階の数値である。)

2. 基本的な推計方法

本研究は、交通機関及び空港の選択に集計タイプのロジットモデルを活用しているが、非集計分析と同様の方法を用いながらも旅客全体の行動を大枠と

して捉えることで、実務的なメリットを残しつつ需要推計としての精度も高めている点に、その特徴を有している。(詳細は 4 章にて後述。)

なお、予測手法全体に関しての基本的な考え及び工夫は以下によるものとしている。

- ①段階推計法であるが、日本全体の総発生集中から推計するのではなく、4 段階のうちの 2 段階(分布交通量)、3 段階(機関分担・空港選択)を実施。
- ②分布交通量は「北部九州+相手方面の GRP(県内総生産)合計」との相関より全国 9 方面について推計。
- ③機関分担・空港選択モデルは集計ロジットモデルにより推計。パラメータを推計する際に用いたゾーン区分は、北部九州 22 地域×全国 15 方面とした。
- ④航空路線の特性を考慮し、機材・路線別就航条件より最低必要旅客数(足り条件)を設定。
- ⑤山陰+離島路線のみ、福岡県 GRP との相関分析により航空旅客需要を独自に推計。
- ⑥便数予測は、現在の就航機材構成とロードファクター(座席占有率; 以下 L/F)をもとに推計。

具体的には、図・1 のフローに従って予測するが、その元となる流動・路線就航パターンへのデータには、方面別分布交通量に旅客地域流動調査(1985~1996)、機関分担予測のパラメータ推計に幹線旅客純流動調査(1995)、各路線への配分に航空輸送統計年報(1996)をそれぞれ利用した。また、各段階推計時に用いるゾーン区分は表・1 のように設定した。

表・1 本研究の予測で用いたゾーン区分

北部九州 2.2 ゾーン (北部九州:福岡県・佐賀県・長崎県・熊本県・大分県・山口県の 6 県)	福岡・久留米・飯塚・北九州・佐賀・唐津・伊万里・長崎・平戸・佐世保・熊本・八代・人吉・日田・大分・中津・佐伯・山口・下関・徳山・宇部・萩
全国 9 方面 (分布交通量推計時及び空港選択の将来推計時)	北海道・東北・関東甲信越・北陸・東海・関西・四国・宮崎・沖縄
全国 15 方面 (空港選択モデルにおけるパラメータの推計時)	北海道・東北・福島・関東・新潟・北陸・東海・関西・鳥取・島根・徳島・香川・愛媛・高知・宮崎

* Keywords: 交通手段選択、交通行動分析、公共交通需要

** 正員 修(工) 株式会社野村総合研究所
(〒100-0004 東京都千代田区大手町 2-2-1)

*** 正員 博(工) 株式会社野村総合研究所

**** 正員 株式会社野村総合研究所

***** フェロー 工博 九州大学大学院工学研究院

***** 正員 工博 九州大学大学院工学研究院

***** 正員 工博 西日本工業大学土木工学科教授

表-2 方面別分布交通量モデルの予測式

方面	予測式	相関係数	t値 GRP, ダミー
北海道	$-703 + 19G_1 + 268D_1$	0.988	5.2, 6.9
東北	$-164 + 6G_2 + 125D_2$	0.915	2.7, 3.2
関東甲信越	$-3552 + 77G_3$	0.982	16.3
北陸	$-165 + 11G_4$	0.856	5.2
東海	$14 + 31G_5$	0.948	9.4
関西	$2631 + 71G_6$	0.894	6.3
四国	$250 + 7G_7 + 191D_7$	0.991	4.0, 9.4
宮崎	$-68 + 44G_8$	0.834	4.8
沖縄	$-365 + 37G_9$	0.985	18.2

$G_1 \sim G_{10}$: 北部九州 GRP + 相手地域 GRP (十億円)
 D_1 : 北海道 / 新規路線就航ダミー (1992 年以降は 1 とする)
 D_2 : 東北 / 新規路線就航ダミー (1995 年以降は 1 とする)
 D_7 : 四国 / 瀬戸大橋架橋ダミー (1988 年以降は 1 とする)

[山陰+離島航路は以下の式によって推計]
 $167,702 + 24.9 \times (\text{福岡県 GRP})$ 相関係数: 0.939

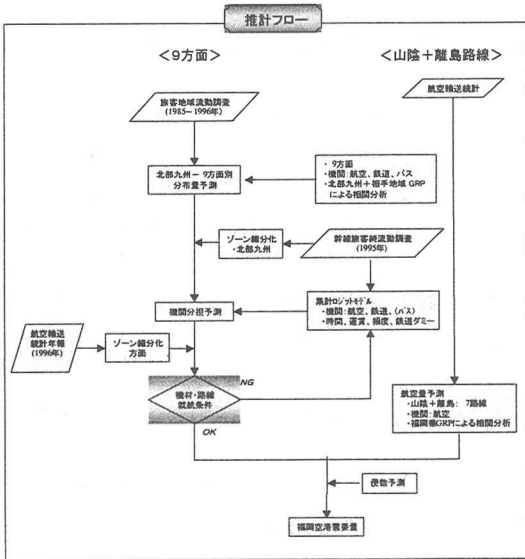


図-1 福岡空港(国内旅客)需要量の推計フロー

3. 分布交通量の予測

北部九州地域 6 県(福岡県・佐賀県・長崎県・熊本県・大分県・山口県)×全国 9 方面について、回帰分析により分布交通量を推計する。

被説明変数となる交通量(人/年)には、旅客地域流動調査の値を利用する。対象とする交通機関は基本的に「航空+鉄道」で考えるが、競合関係を考慮し、宮崎方面は「航空+鉄道+バス」、沖縄方面は「航空」のみとした。

一方、説明変数には、「北部九州 GRP + 相手地域 GRP (十億円)」を用いる。各地域の GRP の値には県民経済計算年報を用い、1985～1996 年を回帰期間とする。

このとき、方面別分布量モデルの式は表-2 のように推定される。なお、山陰方面は離島航路と合わせて検討することとした。山陰+離島路線として扱う路線は、米子・出雲・宍岐・対馬・小値賀・上五島・福江の 7 路線である。これらの航路の利用者は、住民及び山陰・離島諸島への観光客等となっており、航路運営に際しても生活維持路線としての性格を持つ。このため、段階予測は行わず、福岡県 GRP との相関分析により山陰+離島路線の航空旅客を予測する。

4. 輸送機関分担及び空港選択モデル

(1) 機関分担・空港選択モデルの考え方

本研究においては、輸送機関選択および空港選択モデルとして、ロジットモデルを採用している。

本研究で用いた手法は、非集計モデル的な方法を用いながらも集計モデルの性質を有している点にその特徴を持っている。具体的には、同属性のサンプルを多数持つサンプル群を用いて、そのまま非集計ロジットモデルと同様の計算手順によるパラメータ推計を行った。また、同属性のサンプルを多く含んだまま推計していることから、得られた結果についてはすでに内部で集計化されているものとして捉え、属性別の選択確率をそのまま機関分担率と同一であるとして取り扱うこととした。

なお、本研究では単純な集計ロジットモデルについても検討を行っている。このとき、北部九州及び方面のゾーン区分を細分化するほど、ビッグM(存在しない航路の時間・運賃に対して設定した非常に大きい値)に引張られて収束しない、あるいは運賃のみで選択行動が完全に決定づけられる(100% or 0%)というような、現実に即さない結果となった。このため、非常に大きくくりなゾーン区分によるケースを採用せざるを得なかったという経緯がある。

(これはゾーンを細分化する際、主要路線と地方路線のウエイトが同一になるためと思われる。)

よって、本研究では、表-3に示した各モデルの長所・短所を勘案し、さらに、実際にモデルの収束及び再現性について、あらゆるケースを試行錯誤によって検証した結果から、上述のように同属性サンプルを含んだサンプル群を用いてロジットモデルを作成した。

表-3 集計モデルと非集計モデルの概要及び長所・短所

〔単純〕集計ロジットモデル	
○全データ集計結果をそのままパーセンテージの形で代入。	
〔メリット〕	
・選択肢ごとの時間・運賃等は各属性(ゾーン)ごとに代表地点間で計測すれば良いため、手間が少ない。	
・得られる結果も集計データであるため、選択確率がそのまま機関分担率として活用できる。	
〔デメリット〕	
・ゾーンを細分化する際、主要路線と地方路線のウエイトが同一になるため、ビッグMの値などに引っ張られやすい。	
・このため、大きく異なるゾーン区分モデルが採用されやすいものと考えられる。	
非集計ロジットモデル	
○サンプル数を絞り、選択結果を集計しないまま代入。	
〔メリット〕	
・現実に即したモデルであり、各個人の効用及びその選択行動結果について比較的緻密に現状再現できる。	
〔デメリット〕	
・全てのサンプルにおいて選択肢ごとの時間・運賃等を細かく計測する必要があるため、幹線旅客純流動調査等のデータを用いて分析することは、実質上不可能に近い。	
・実際に将来需要予測への適用を行う際は、集計化に伴う問題を含んでいる。	
本研究で利用したモデル	
○以上の長所・短所を勘案し、同属性のサンプルを多数持つサンプル群を用いて、そのまま非集計ロジットモデルと同様の計算手順によるパラメータ推計を行った。	
○同属性のサンプルを含んだまま推計するので、得られた結果についてはすでに内部で集計化されているものとして捉え、属性別の選択確率をそのまま機関分担率と同一であるとして取り扱うこととした。	
○地方路線に属するサンプルの数は、羽田～福岡等の主要路線のサンプル数に比べると少数であるため、ビッグMの値などに必要以上に引っ張られることがない。	

(2) モデルの構造と前提条件

モデルにおける選択行動の構造は、①福岡空港、②福岡空港以外の北部九州内他空港(以下、その他空港)、③鉄道またはバスの3項選択とする。簡便のため、交通機関(空路 or 陸路)をネスト構造では捉えず、代わりに「鉄道ダミー」を設定するものとした。

一方、説明変数には、時間・運賃・運行間隔(待ち時間)を取り上げている。時間・運賃は時刻表データを用いてドアツードア(各ゾーンの市役所・県庁所在

地の最寄駅を起終点とする)で計測した。ただし、鉄道ルートには特急・急行(基本的にはひかり)を利用する。時間には、乗換時間を含めるが、待ち時間は含めていない。また、1日あたりの運航本数から頻度を規定し、「1日あたり生活時間(=18時間)/頻度」から運行間隔を計算した。なお、その他空港ルートにおいて、存在しない路線の時間・運賃・運行間隔には、十分大きな値(ビッグM)を与えている。

北部九州22ゾーンの最寄駅・その他空港は表-4のように設定した。

表-4 各ゾーンの最寄駅及び使用交通機関の設定

地域区分	最寄駅	交通機関	北九州	佐賀	長崎	熊本	大分	山口/宇部	新幹線または特急の最寄駅
福岡県	福岡	博多	○	○	○	○	○	○	博多
	久原	久原	○	○	○	○	○	○	博多
	熊本	新熊延	○	○	○	○	○	○	博多
	北九州	小倉	○	○	○	○	○	○	小倉
佐賀県	佐賀	佐賀	○	○	○	○	○	○	佐賀
	唐津	唐津	○	○	○	○	○	○	博多
	伊万里	伊万里	○	○	○	○	○	○	有田
長崎県	長崎	長崎	○	○	○	○	○	○	長崎
	芦屋	たむらぎ芦戸	○	○	○	○	○	○	佐賀
	佐世保	佐世保	○	○	○	○	○	○	佐賀
(他県)	福岡	福岡	○	○	○	○	○	○	福岡
	熊本	熊本	○	○	○	○	○	○	熊本
	大分	大分	○	○	○	○	○	○	大分
	山口	山口	○	○	○	○	○	○	山口
大分県	日田	日田	○	○	○	○	○	○	日田
	大分	大分	○	○	○	○	○	○	大分
	中津	中津	○	○	○	○	○	○	中津
	佐伯	佐伯	○	○	○	○	○	○	佐伯
山口県	山口	山口	○	○	○	○	○	○	山口
	下関	下関	○	○	○	○	○	○	下関
	徳山	徳山	○	○	○	○	○	○	徳山
	宇部	宇部	○	○	○	○	○	○	宇部
広島県	広島	広島	○	○	○	○	○	○	広島
	尾道	尾道	○	○	○	○	○	○	尾道
	庄原	庄原	○	○	○	○	○	○	庄原
	府中	府中	○	○	○	○	○	○	府中

○:分析時に扱わなかったゾーン
 ※1:パラメータ推計時は熊本空港を想定(過去の実績データがないため)
 ※2:パラメータ推計時は長崎空港を想定(過去の実績データがないため)

(3) パラメータの推計

パラメータ推計は、モデル構造式(説明変数)の選択、サンプル数による影響検討の2段階で行った。2段階による推計結果を表-5に示す。ケースNo.①～③の比較では、Hit-Ratioの高い①、及び相関係数の高い③が有効なモデルとなっている。しかし、

表-5 パラメータの推計結果

ケースNo.	サンプル数	各説明変数に対するパラメータ(下段は確)				符号条件	t値	Hit-Ratio	相関係数※
		時間	運賃	運行間隔	鉄道ダミー				
①	1,009	-0.021720	-0.320285	-0.124588	0.584675	○	○	80.8%	0.929
		<-15.282194>	<-10.536198>	<-5.788856>	<2.147553>				
②	1,009	-0.019556	-0.352872	-0.123899	0.584675	○	○	80.4%	0.908
		<-21.086205>	<-13.259739>	<-5.788856>	<2.147553>				
③	1,009	-0.023898	-	-0.134744	2.325236	○	○	79.0%	0.957
		<-17.145559>	-	<-7.368558>	<10.939522>				
①-b	495	-0.020205	-0.335532	-0.133566	0.185272	○	△	80.0%	0.914
		<-10.317928>	<-7.769137>	<-4.232814>	<0.475728>				
①-c	2,116	-0.021172	-0.285637	-0.100225	0.632891	○	○	82.2%	0.931
		<-22.059816>	<-14.182578>	<-10.615857>	<3.469348>				
①-d	3,620	-0.021174	-0.301347	-0.147042	0.558290	○	○	79.6%	0.929
		<-28.822682>	<-19.266102>	<-12.831584>	<3.959922>				

[時間] 単位: min. [運賃] 単位: 千円. [運行間隔] 単位: hour としてパラメータを推計
 ※ ○Dごとに集計した場合の、幹線旅客純流動調査から得られる実績値(年間拡大係数の合計)と、モデルによる推計値との相関を計算したものである

表-6 将来需要予測結果

A 方面別分布量(航空+鉄道)

(単位:千人)	1996	2000	2005	2010	2015	2020	2025
北海道	737	790	911	1,044	1,127	1,215	1,308
東北	439	423	468	518	550	583	618
関東甲信越	14,029	15,126	16,969	18,994	20,262	21,601	23,015
北陸	423	463	525	593	636	681	728
東海	3,505	3,627	3,984	4,376	4,621	4,880	5,154
関西	11,436	11,817	12,723	13,719	14,343	15,001	15,697
四国	819	856	897	942	970	1,000	1,031
宮崎	1,541	1,490	1,644	1,813	1,918	2,030	2,148
沖縄	1,242	1,312	1,478	1,659	1,773	1,894	2,021
山陰+離島	570	623	668	717	748	781	815
合計	34,740	36,528	40,267	44,376	46,948	49,665	52,534

※ 宮崎は「航空+鉄道+バス」、沖縄・山陰+離島は「航空」のみ

B 機関分担・空港配分例(関東甲信越方面, 2010年)

合計(千人)	福岡	北九州	佐賀	長崎	熊本	大分	山口宇部	鉄道	
福岡	6,534	5,991	306	0	0	0	0	237	
久留米	805	710	0	64	0	0	0	31	
熊本	321	255	56	0	0	0	0	10	
北九州	2,004	1,013	529	0	0	0	0	482	
佐賀	777	522	0	228	0	0	0	27	
唐津	118	105	0	10	0	0	0	3	
伊万里	107	90	0	13	0	0	0	4	
長崎	1,687	328	0	0	1,336	0	0	23	
平戸	195	94	0	0	96	0	0	5	
佐世保	545	224	0	0	306	0	0	15	
熊本	2,135	493	0	0	0	1,612	0	30	
八代	140	38	0	0	0	99	0	3	
大分	38	9	0	0	0	29	0	0	
日田	75	63	0	0	0	0	10	2	
大分	1,512	96	0	0	0	0	1,390	26	
中津	142	61	57	0	0	0	0	24	
佐伯	31	2	0	0	0	0	28	1	
山口	459	56	0	0	0	0	0	256	147
下関	425	137	210	0	0	0	0	0	78
徳山	425	31	0	0	0	0	0	101	293
宇部	419	25	0	0	0	0	0	333	61
萩	105	19	0	0	0	0	0	29	57
合計	18,999	10,364	1,159	315	1,737	1,739	1,428	718	1,539

※ 四捨五入による端数の調整は行っていない

C 福岡空港国内旅客需要予測

	2000	2005	2010	2015	2020	2025
旅客数(千人)	(17,001)	18,082	19,906	21,199	22,317	23,665
便数(千便)	(121)	119	130	138	145	154

※ 2000年の値には鹿児島便を含む

③は鉄道ダミーのt値が非常に高く、他の説明変数よりダミー変数の方が選択確率に大きな影響を与えるモデルとなっており、構造上望ましいモデルとは言い難い。そのため、モデル構造式には、時間・運賃・運航頻度・鉄道ダミーの全ての説明変数を含む①の形式を採用することとした。

さらに、サンプル数の大小によるバイアスをチェック(①, ①-b, ①-c, ①-d)したところ、各ケース間には大きな差異が見られなかった。これらの中では、約2,000サンプルを利用した①-cのモデルが、Hit-Ratio、相関係数ともに最も高いモデルとなっているので、パラメータの値にはこの①-cのケースを適用するものとした。

(4) その他の設定

福岡空港ルートについては、毎日運航路線(離島除く)を対象とし、最低必要旅客数(足きり条件)を設定した。これらの値は、現状の機材構成・便数・L/Fから、大都市幹線路線11.4万人/年、中国・四国路線2.8万人/年、その他5.7万人/年とし、これを下回る需要予測結果の生じた路線については、将来就航されないものとして他の路線への再配分を行った。

また、空路の便数計算にあたっては、機材構成・機材定員・L/Fを現状と同様としている。

なお、将来予測上の前提として、福岡空港発着2路線(静岡・神戸)、新北九州空港発着4路線(名古屋・伊丹・宮崎・那覇)が新規に発生するものとし、これら新規路線の便数・機材条件を独自に設定した。また、九州新幹線の開通を想定し、福岡～鹿児島島の航空路線は将来廃止されるものとした。

5. 将来需要予測結果

以上の条件に基づき、北部九州地域内の機関分担・空港配分、及び福岡空港の国内旅客需要について予測した結果を、表-6にまとめる。配分結果については、現状のパターンからも大きく外れておらず、比較的良好な推計結果であると言える。

6. 結論

福岡空港の需要予測を行う中で、実務的なメリッ

トを残しつつ推計精度の高い予測モデルを構築したことが本研究の成果である。課題としては、①ネステッドロジットモデルの適用性の検討、②予測結果である「便数」を説明変数の「運行間隔」へとフィードバックさせる繰り返し計算、③航空の規制緩和による運賃の低下・多様化の影響の検討、④(現在は別個に予測を行っている)国内長距離旅客と国際旅客の競合の問題などが挙げられる。

謝辞

なお、本論文をまとめるにあたり、快く資料提供に応じて下さった福岡空港将来構想検討委員会事務局の方々に深くお礼を申し上げます。