

地域-空港関係指数に基づく空港集約戦略

山口 裕通¹・奥村 誠²・Tirtom Huseyin³・金 進英⁴

^{1,3}学生会員 東北大学大学院 工学研究科 土木工学専攻 (〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1通研2号館)

¹E-mail: h-ymgc@cneas.tohoku.ac.jp

³E-mail: tirtom@cneas.tohoku.ac.jp

²正会員 東北大学教授 災害科学国際研究所 (〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1通研2号館)

E-mail: mokmr@m.tohoku.ac.jp

⁴正会員 東北大学助教 災害科学国際研究所 (〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1通研2号館)

E-mail: kim@irides.tohoku.ac.jp

我が国では、多くの地方空港が赤字状態であるが、各地方の都市間交通手段を確保するために公的資金を用いて維持されてきた。しかし、将来の人口減少や空港の規模の経済性を踏まえると、一部の地方空港の維持をあきらめ近隣の主要空港に集中的に投資する「空港集約戦略」によって、効率化を図りつつ都市間交流を促進できる可能性がある。本研究では、空港集約戦略の可能性を検討するために、地域の都市間交通量と空港の関係を示す、地域-空港関係指数RFRAを提案した。2005年時点のRFRA値の推計結果から、[1] 羽田空港と伊丹空港の重要性を確認し、[2] 長野県・山口県・佐賀県においては空港集約戦略が優位になることを明らかにした。

Key Words : *intercity travel demand, regional airport, reducing strategy*

1. はじめに

我が国では、多くの地方空港を維持するために多額の公的資金が投入されている。国土交通省が平成24年に公表した空港別収支の試算 (EBITDA試算)¹⁾ では、国管理の24空港のうち平成22年度に赤字であった空港は16空港 (なお、空港関連事業の収支を合算した場合は8空港) とされた。その他の地方自治体が管理する空港ではより深刻で、離島部を除く24空港中で一般財源なしで維持できている空港は2空港 (県営名古屋空港, 神戸空港) のみで、ほとんどが公的資金 (一般財源) を用いて空港設備を維持している。しかも、11空港では維持に必要な経費に対して、着陸料等の使用料収入が半分にも満たないのが現状である¹⁾。

このような現状は、空港の作りすぎによる行政の無駄

として批判されることも多い²⁾が、空港が地方に果たす役割を考えると、簡単に無駄と断定できるものではない。空港を発着する航空路線が“地方の唯一の都市間交通手段”である場合や、観光面などで地方経済の必要な役割を担っている場合など、地方の財源を用いて空港を維持すべき事例も存在するであろう。では、全ての空港を公的資金で維持することが、各地方にとって最も合理的な選択なのだろうか？ またそれが、我が国の都市間交流を促進する結果につながるのだろうか？

本研究では、上述のような疑問に否定的な考えを持ち、より少数の空港に資源を集約し、効率的に交通利便性の向上・都市間交流の促進を図る方策を検討する。このような施策の根拠として、[1] 人口減少、[2] 高速道路・鉄道網などの近距離都市間交通網の発達、[3] 空港の規模の経済性、の3点が挙げられる。まず、[1] 人口減少が進む中で、同数の空港施設を維持しようとする、必然的に一人あたりの負担が増加する。そのため、維持する空港を絞り込む「集約」を進めることが望ましいと考える。次に、[2] 高速道路・鉄道などの近・中距離都市間交通網が発達することによって、近隣空港同士の時間的な距離が近くなりつつある点である。これは、近隣の都道府県にある空港を利用することが容易になっていることを

¹⁾ 各空港管理自治体 HP で公開されている平成 22 年度 (一部平成 23 年度) の収支を用いた算出結果。なお、“着陸料等の使用料収入”としては「地方債」と「一般会計繰入金」を除く (ただし、航空機燃料贈与税は含む) 歳入を、“維持に必要な経費”としては「空港整備事業費」と「減価償却費」を除く歳出を用いた。

意味する。さらに、より利用者数の多い空港ほど多くの路線で高頻度・低価格な直行便サービスが可能であるという、[3] 空港の規模の経済性も考慮すると、一部の空港の維持をあきらめ、少数の空港により広域の自治体の資源を集中的に投入する戦略が、自治体にとって経済的に合理的かつ、さらなる都市間交流の促進につながると考える。

このとき、空港のLOS(Level of Service)と各都道府県の都市間交通量との関係を定量的に明らかにすることが重要になる。このことを通じて、他県に立地する空港の重要性を認識することによってはじめて、複数の都道府県で協力して集約の施策を検討・実施することができる。そこで、本研究では 空港と都道府県の都市間交通需要との関係を定量的に明らかにする方法を提案し、より広域で一つの空港に投資する空港集約戦略によって、地方都市の都市間交流を促進できる可能性を検討する。

2. 地方の航空サービス維持の現状と既存研究

(1) 地方の航空サービス維持の取り組みと本研究の着眼点

我が国では、国と都道府県の施策によって、採算のとりにくい地方航空路線の維持が行われている。まず、国の施策として、羽田空港の発着枠配分の政策が挙げられる。国土交通省は、限られた羽田空港の発着枠を地方路線向けに確保し、航空会社に運行させることによって、儲けの少ない地方路線を維持している。一方、都道府県の施策としては、空港の維持管理と航空路線を維持するための施策が行われている。多くの地方空港は都道府県が管理者であり、維持管理費用を一般財源から負担することによって、地方空港を維持している。さらに、搭乗率保障や空港利用料の減免といった航空会社への施策や、利用者への助成制度を通じて、航空路線の維持を図っている事例も多く存在する。

地方路線を維持する施策は我が国だけでなく、海外でも行われている。アメリカのEAS (Essential Air Service) Program³⁾と、ヨーロッパのPSO (Public Service Obligation)⁴⁾がそれに該当する。これらの施策は、採算の取れないような地域でも“ある最低限以上の航空サービス”を維持することを目的としている。例えば、EASでは政府が指定した地域の空港とハブ空港間をつなぐ路線を運行する航空会社に助成金を支払うことによって、一定頻度以上の航空サービスを確保している。

本研究では、空港を集約する施策の検討を行う。しかし、採算性のみを考えてむやみに空港数を減らすと、極端に都市間交流が困難となる地域が発生し、最低限度の

交通サービスを維持できなくなる危険性がある。ここで、代替空港との「空港間競争」が生じている場合には、空港を集約化しても最低限度の交通サービスを確保できる可能性がある。このようなケースで、公的資金を用いた空港の維持を行うことは、極端に非効率な結果につながる。そこで、本稿ではこのような空港間競争を取り扱った研究のレビューした上で、空港集約戦略の可能性を検討する。

(2) 地方部の空港間競争に関する既存研究

空港間競争は、空港間の距離によって、[a] (当該空港間の航空路線が存在する) 遠距離のハブ空港間の競争、[b] (当該空港間を鉄道等で容易に行き来ができる) 近距離の空港間での競争、[c] 同一都市圏内における空港間競争、の3種類に分けられるが、以降では [b] の空港間競争について取り扱う。[a]や[c]に関する研究は、「ハブ空港間競争」あるいは「混雑状況下における空港の役割分担」といった内容を軸に多くの研究がなされ、空港の着陸料や航空会社の戦略が重要なファクターと考えられてきた。これらは、航空路線だけでなく鉄道や高速道路網なども重要なファクターとなる[b]の競争とは大きく異なるものである。

[b]の空港間競争に関する近年の研究として、Frohlich and Niemeier (2011)⁵⁾やLian and Roennevik(2011)⁶⁾が挙げられる。Lian and Roennevik(2011)では、ノルウェーを対象に、地方部の旅客がより高いサービスを求めて最寄りではない主要空港を利用する行動をとりあげ、空港間の距離・旅行目的・空港のジェット化の有無と、地方空港の利用シェアの関係をロジスティック回帰によって分析している。その結果に基づき、まず地方空港の利用を促進するための割引制度を提示したうえで、少数の空港に集中的に投資しジェット化を進め、当該空港における航空会社間の競争促進によりサービス向上を図るという空港集約戦略を提案している。後者の空港集約戦略は政治的に困難としながらも、高速道路等の整備によって空港間の時間的距離が短くなることで、将来的に優位な戦略になるとしている。

我が国のケースを考えてみると、高速鉄道・高速道路の整備により、空港間の所要時間は短縮されてきた。さらに、新規参入航空会社や格安航空会社 (LCC) が参入し、主要幹線において航空会社間の競争が進むことで、地方路線と主要幹線のサービスレベルの差は拡大しつつある。このことから、我が国の多くの地方においても、Lian and Roennevikが提案する空港集約戦略が優位となる環境が整いつつある。そこで、本研究では空港間の時間的距離・航空路線のLOS・鉄道経路のLOSを用いて、我が国の空港と地域の都市間交通需要との関係を定量的に

評価することで、空港集約戦略が優位となるケースを実証的に探索する。

3. 地域-空港関係指数(RFRA)の定義と価値

空港と地域の都市間交通需要との関係を定量的に示す最も代表的な指標として、“地域ごとの空港利用者数”が挙げられる。しかし、集約戦略を検討する上では、高速鉄道との競合関係と旅客のLOS評価構造の差異を扱う必要があり、空港利用者数を見るだけでは十分とはいえない。まず我が国では、多くの航空路線に競合する高速鉄道が存在する。このように代替となる交通機関が存在し、航空路線のサービスレベルが下がってもシェアが変わるだけで地域の総都市間流動量に影響を与えない地域であれば空港集約戦略をとりやすい。次に、旅客のLOS評価構造を考慮することによって、集約の戦略が優位となる場合もある。例えば距離帯や旅行目的等の違いから、所要時間より運賃を重視する旅客が多い空港では、近隣の別の空港に路線を集約し航空会社間の競争関係を促進することで運賃の低価格化を図る、という集約の戦略が優位となる。

そこで、上述の要素を包括した指標として、本研究では地域-空港関係指数 (RFRA, Relationship Factor between Region and Airport)を提案する。地域 m と空港 a の関係を示す $RFRA_{m,a}^N$ を式(1)のように定義する。

$$RFRA_{m,a}^N = \frac{A_m(\mathbf{C} - \delta_a N) - A_m(\mathbf{C})}{A_m(\mathbf{C})} = \frac{\sum_{i \in m} \sum_j \sum_{k \in P_{ij}} f_k(\mathbf{C} - \delta_a N) - \sum_{i \in m} \sum_j \sum_{k \in P_{ij}} f_k(\mathbf{C})}{\sum_{i \in m} \sum_j \sum_{k \in P_{ij}} f_k(\mathbf{C})} \quad (1)$$

$$\delta_{a,k} = \begin{cases} 1 & \text{if } a \in U_k \\ 0 & \text{if } a \notin U_k \end{cases} \quad (2)$$

- $A_m(\mathbf{C})$: 地域 m の総流動量
- $f_k(\mathbf{C})$: 経路 k の流動量
- \mathbf{C} : 経路 LOS 評価値ベクトル
- U_k : 経路 k のリンク集合
- P_{ij} : OD ij の経路集合

$RFRA_{m,a}^N$ は、空港 a を利用する経路のLOSが N だけ向上した時の、地域 m の総流動量の変化率を示しており、 $RFRA_{m,a}^N$ が大きい空港ほど地域 m の総流動量との関係が大きいことを意味する。

このRFRA値を算出するには、LOS評価構造の差異や、経路間の競合関係を考慮しつつ、経路流動量 $f_k(\mathbf{C})$ を推計するモデルが必要である。本研究では既発表の、OD毎にLOS評価構造が異なる都市間交通マクロ需要モデル⁷⁾を用いて、RFRA値を推計する。

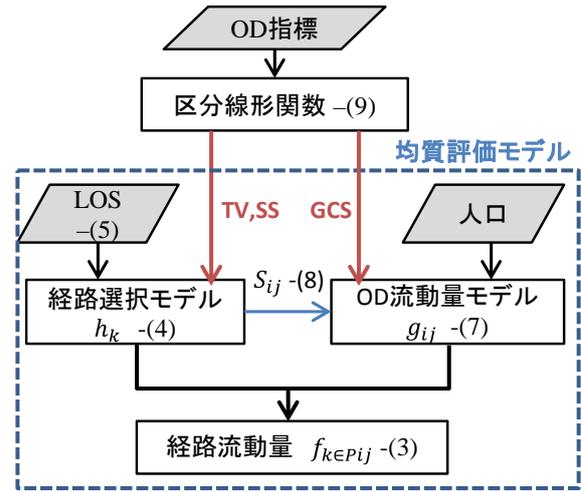


図-1. OD 毎に LOS 評価構造が異なる都市間交通マクロ需要モデルの全体像

4. RFRA値の推計方法

(1) OD毎にLOS評価構造が異なる、都市間交通マクロ需要モデル

本モデルは、図-1 に示のように OD 流動量モデルと経路選択モデルを組み合わせ、式(3)のように経路流動量を表現するモデルである。

$$f_{k \in P_{ij}}(\mathbf{C}) = g_{ij}(\mathbf{C})h_k(\mathbf{C}) \quad (3)$$

- $g_{ij}(\mathbf{C})$: OD ij 間の流動量
- $h_k(\mathbf{C})$: 経路 k の経路選択率

経路 k の選択率を表現する経路選択モデル $h_k(\mathbf{C})$ には、最も一般的な補償型の離散選択モデルであるロジットモデルを用いる。これは、式(4)と式(5)のように定式化される。

$$h_k(\mathbf{C}) = \frac{\exp(-\theta C_k)}{\sum_{k \in P_{ij}} \exp(-\theta C_k)} \quad (4)$$

$$C_k = F_k + \beta_{TV,ij} \left\{ \sum_{l \in U_k} (T'_l) + \beta_{SS,ij} W_k \right\} \quad (5)$$

$$W_k = \left(\frac{60 \times 24 / 2}{\min_{l \in U_k} H_l} \right) \quad (6)$$

- C_k : 経路 k の経路 LOS 評価値
- F_k : 経路 k の運賃
- W_k : 経路 k の期待待ち時間
- T'_l : リンク l のリンク所要時間
- U_k : 経路 k のリンク集合
- H_l : リンク l の日頻度
- β, θ : パラメータ

式(5)に示すように、本研究では経路LOS評価値 C_k として運賃 F_k ，経路所要時間 $\sum_{l \in U_k} (T'_l)$ ，経路期待待ち時間 W_k に換算係数をかけて和をとったものを用いる。なお、期待待ち時間 W_k は、式(6)で示されるように最小頻度の逆数をとった指標であり、頻度に関するLOSを示す。

経路 LOS 評価値 C_k を算出するための換算係数は、 $\beta_{TV,ij}$ と $\beta_{SS,ij}$ の 2 つがあり、これらは実際の流動データを用いて推定を行う。この、パラメータ $\beta_{TV,ij}$ は所要時間を運賃に換算する「時間価値・TV (Time Value)」を意味する。また、パラメータ $\beta_{SS,ij}$ は、期待待ち時間を所要時間の価値に換算する換算係数であり、期待待ち時間 1 単位の所要時間に換算した価値を意味する。交通サービスの提供時間に合わせて、スケジュールを変更しやすい旅客が多い OD では、（実現する待ち時間が最小とするスケジュールに調整可能であるため、）所要時間に対する期待待ち時間の価値であるパラメータ $\beta_{SS,ij}$ は小さいと推測される。つまり、パラメータ $\beta_{SS,ij}$ はスケジュールの調整しにくさを示す指標であり、本研究ではパラメータ $\beta_{SS,ij}$ を「スケジュール固定性 SS (Schedule Solidity)」と呼ぶ。

OD 流動量モデル $g_{ij}(\mathbf{C})$ として、LOS 評価値のログサム変数として導出される (式(8))，期待 LOS 評価値 $S_{ij}(\mathbf{C})$ を用いた無制約型の重力モデルを用いる。本モデルは、OD 毎の LOS 評価値の期待値を示す期待 LOS 評価値を含むことで、LOS 向上による誘発需要を推計することができる。このモデルは式(7)のように定式化される。

$$g_{ij}(\mathbf{C}) = \exp(\alpha_i) (\text{Pop}_i \text{Pop}_j)^{\alpha_p} (S_{ij}(\mathbf{C}))^{-\beta_{GC,ij}} \quad (7)$$

$$S_{ij}(\mathbf{C}) = -\frac{1}{\theta} \ln \sum_{k \in P_{ij}} \exp(-\theta C_k) \quad (8)$$

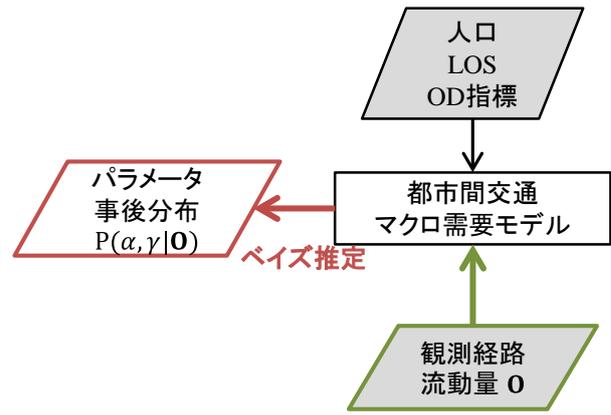


図-2. パラメータ推定の流れ

- Pop_i: 都市 i の人口
- $S_{ij}(\mathbf{C})$: OD ij の期待 LOS 評価値
- α, β, θ : パラメータ

なお、パラメータ $\beta_{GC,ij}$ は OD 需要に対する期待 LOS 評価値の効果の大きさを示しており、以降 GC 感度・GCS (Generalized Cost Sensitivity) と記す。

さらに、OD 毎の LOS 評価の差異を扱えるよう、OD 毎にパラメータ β が異なるように拡張を行う。具体的には、パラメータ β を、式(9)に示すように、 m 種類の OD 指標 Z_{mij} による区分線形関数で表現する。

$$\beta_{n,ij} = \begin{cases} \gamma_{n0} + \sum_m \gamma_{nm} Z_{mij} & \gamma_{n0} + \sum_m \gamma_{nm} Z_{mij} > 0 \\ 0 & \gamma_{n0} + \sum_m \gamma_{nm} Z_{mij} \leq 0 \end{cases} \quad (9)$$

Z_{mij} : OD ij の指標 m
 γ : 推定パラメータ

ここで区分線形関数を用いる理由は、OD ごとにこの符号条件が反転する (e.g. 一部の OD では、時間価値が負の値をとる) ことは考え難いため、すべての OD で符号条件を満たす必要があるためである。

表-1. 利用データ一覧

	定義とデータ元	データ年次
観測経路流動量 \mathbf{O}	国土交通省：全国幹線旅客純流動調査（以下、「純流動調査」）個票データより	1995,2000,2005
LOS 関連データ		
経路運賃 F_k	航空：JTB 時刻表の最安正規運賃 鉄道：距離と平均速度を用いた近似式	1995,2000,2005
リンク所要時間 T'_l	JTB 時刻表より	1995,2000,2005
リンク日頻度 H_l	JTB 時刻表より	1995,2000,2005
経路集合 P_{ij}	純流動調査の個票データより、観測シェアが 1 割を超えるものを抽出	1995,2000,2005
ゾーン人口	総務省統計局：国勢調査より	1995,2000,2005
OD 指標 Z_{mij}		
鉄道距離 Dist_{ij}	JTB 時刻表の営業キロと Dijkstra 法から算出	1995,2000,2005
本所支所係数 Brch_{ij}	都市 i に本所がある企業の都市 j にある支所の従業員数とその逆の従業員数の和を、都市との人口和で除算したもの 総務省統計局：事業所・企業統計調査より	1996,2001,2006

表-2. パラメータ推定結果

	最頻値	95%信用区間	Geweke
定数項 α_i			
(Intercept)	-20.53	(-21.26, -19.88)	0.07
'00 dammy	-0.187	(-0.256, -0.138)	0.40
'05 dammy	-0.311	(-0.370, -0.245)	0.34
人口項 α_p	0.942	(0.919, 0.963)	0.07
GC 感度 GCS $\beta_{GC,ii}$			
GCS_定数項 $\gamma_{GC,0}$	0.0997	(0.1181, 0.0832)	0.08
GCS_鉄道距離 $\gamma_{GC,D}$	0.00393	(0.00444, 0.00337)	0.27
GCS_本所支所係数 $\gamma_{GC,B}$	-1.145	(-0.991, -1.420)	0.39
時間価値 TV $\beta_{TV,ii}$			
TV_定数項 $\gamma_{TV,0}$	163.2	(144.7, 183.9)	0.01
TV_鉄道距離 $\gamma_{TV,D}$	-11.49	(-13.04, -9.75)	0.13
TV_本所支所係数 $\gamma_{TV,B}$	1.07	(-43.94, 280.12)	0.40
スケジュール固定性 SS $\beta_{SS,ii}$			
SS_定数項 $\gamma_{SS,0}$	0.229	(0.194, 0.277)	0.03
SS_鉄道距離 $\gamma_{SS,D}$	-0.0114	(-0.0223, -0.0017)	0.40
SS_本所支所係数 $\gamma_{SS,B}$	0.293	(0.066, 1.703)	0.36
LOS 評価値分散 θ	3.91E-05	(3.85E-05, 4.33E-05)	0.00
[A] 残差逸脱度		13,147	
[B] Null 逸脱度		24,790	
適合度(1-[A]/[B])		0.470	

- Geweke < 0.05 : 5%有意で収束していない
- 鉄道距離は 1/100 (km) の値を利用
- 本所支所係数は 1/10000 の値を利用
- 10000 回分発生させた MCMC サンプル中、後半 6500 回分を利用した結果

(2) 純流動データによるパラメータの推定

経路距離が300kmを超える流動を対象とし、'95,'00,'05年の観測経路流動量に対して当てはまりの良いパラメータ α, γ を推定する (図-2)。利用データは、表-1に示す通りである。なお、観測経路流動量 \mathbf{O} は、純流動調査の個票データに、最短経路探索により詳細な経路情報を追加し、それを集計することで算出した。なお、本研究では純流動調査の207地域生活圏を、沖縄県・離島を除き、61ゾーンに集計したデータを用いる。この61ゾーンは都道府県単位を基本とし、利用空港が異なるか別の幹線鉄道が整備されているなど、都市間交通環境の大きく異なる主要都市が県庁所在地の他に存在する道府県について、複数のゾーンに分割したものである。

表-1に示したようにOD毎の経路集合 P_{ij} として、実際に観測された経路集合を用いる。このことから、新規路線の就航等の新しい経路を作成する (経路集合 P_{ij} を変える) 施策の分析には適さないが、本研究の目的である (経路選択枝を減らす) 空港集約戦略の検討であれば問題なく適用が可能である。

本研究では、無情報事前分布 $P(\alpha, \gamma) = \text{const}$ を仮定して、推定パラメータの事後分布をベイズ推定する。ベイズのアプローチをとることによって、RFRA値も事後分布 $P(\text{RFRA}_{m,a}^N | \mathbf{O})$ として確率分布の形で推定される。

この確率分布を用いることで、空港間のRFRA値の大小関係の検定を容易に実施できる利点がある。また、MCMC法を用いて推定する場合、本論文で扱う尤度関数が複雑なモデルでも比較的容易に推定計算が可能であり、さらに確率分布自体を推定することから局所解の誤認もしにくくなる特徴がある。

表-2に、パラメータの推定結果を示す。まず、Geweke 指標⁹⁾を見ると、大半のパラメータが十分大きい値をとっているが、時間価値の定数項やスケジュール固定性の定数項など、一部のパラメータのGeweke指標が0.05を下回っており事後分布に収束していない可能性を示唆している。本来であれば、計算回数を多くとるかアルゴリズムを工夫してより安定的なMCMCサンプルを作成すべきであるが、本稿ではこの結果を用いてRFRA値を算出した結果を示す。

表-2のGC感度、時間価値、スケジュール固定性に関するパラメータの符号を見ると、[1] 鉄道距離の大きいODではGC感度が大きく、時間価値・スケジュール固定性が小さい、[2] 本所支所係数が大きいODではGC感度が小さく、スケジュール固定性が大きいことがわかる。また、時間価値にかかる本所支所係数のパラメータは95%信用区間にゼロを含み、本所支所係数と時間価値の間には有意な関係がないことを示している。

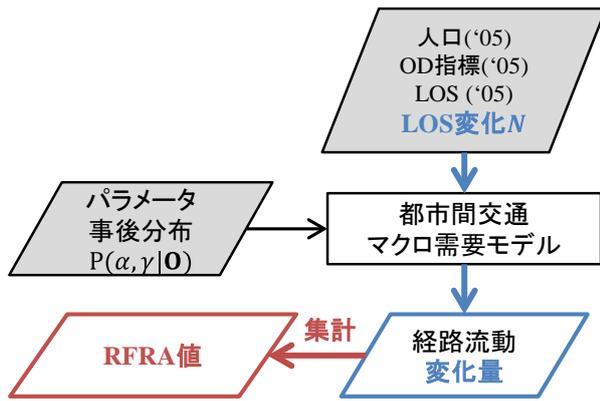


図-3. RFRA 値推計の流れ

(3) RFRA値の推計

本研究では、推計したパラメータと2005年時点のデータを用いて、RFRA値を算出する(図-3)。なお、LOSの変化量 N は分析者があらかじめ設定する必要があるが、この設定を変えた場合の影響は5.(2)で確認する。

5. 全国RFRA値

(1) 空港利用者数と全国RFRA値

本章では、地域 m として全国の61ゾーンすべてをとった場合のRFRA値(以下、全国RFRA値と称する)を用いて、国全体の視点からの空港戦略を考えつつ、RFRA値の性質を確認する。この全国RFRA値が大きい空港ほど、我が国の都市間交通量に与える影響が大きいことを意味する。

表-3に、我が国で全国RFRA値が大きい上位10空港を

示す。表-3から、東京・羽田空港の全国RFRA値が突出して高いことが分かる。それに次いで、大阪・伊丹空港、福岡空港、北海道・新千歳空港、愛知・中部空港が続く。このことから、これらの空港は我が国の国内都市間交流に対して、特に重要な役割を担っていることが確認できる。

また、表-3をみると、基本的に空港利用者数が多い空港ほど全国RFRA値が大きい傾向にあるが、いくつか順位が異なる場合がある。例えば、新千歳空港と広島空港、小松空港は利用者数の順位と比較して、RFRA値の順位は低い結果となっている。これは、高速鉄道との競合関係と、旅客のLOS評価構造の差異によるものである。まず、最もシェアが大きい羽田空港路線が鉄道と競合している広島空港と小松空港では、航空経路のLOSが向上してもシェアが変わるだけで、全体の流動量への影響は小さいために、RFRA値が比較的小さい結果となっている。次に、新千歳空港のRFRA順位が低い原因は、表-4に示す様に、新千歳空港を利用する利用者の移動距離が他の空港の利用者に比べて特に大きい点にある。長距離の旅客が多いことから、新千歳空港の利用者の平均推計時間価値が小さく、所要時間変化に対する感度が小さいためにRFRA値も小さい結果となっている。このように、RFRA値を用いることで、モード間の競争条件や空港利用者の性質も踏まえて、空港の重要性を議論することができる。

(2) LOS変化量 N とRFRA値の関係

本節では、RFRA値を算出する際に外生的に分析者が設定するLOS変化量 N と、RFRA値の関係を確認する。

表-3. 全国 RFRA 値の大きい空港 top10

全国 RFRA 値 ^{**}				純流動調査 空港利用者数		
順位	空港	RFRA 値 ($\times 10^4$)	p 値	順位	空港	利用者数 (人/日)
1	羽田	7.08	<input type="checkbox"/> <0.01	1	羽田	113,726
2	伊丹	4.01	<input type="checkbox"/> <0.01	2	新千歳	35,215
3	福岡	3.38	<input type="checkbox"/> <0.01	3	伊丹	35,004
4	新千歳	1.81	<input type="checkbox"/> 0.10	4	福岡	31,313
5	中部	1.74	<input type="checkbox"/> <0.01	5	中部	10,681
6	仙台	1.08	<input type="checkbox"/> <0.01	6	広島	7,222
7	松山	0.97	<input type="checkbox"/> <0.01	7	鹿児島	6,675
8	関西	0.79	<input type="checkbox"/> 0.19	8	仙台	6,068
9	熊本	0.75	<input type="checkbox"/> 0.20	9	松山	5,939
10	鹿児島	0.74		10	小松	5,697

^{**} m と N の設定: $m = \{all\}, N = 20(\text{min})$

- 2005年のデータを用いて算出
- RFRA値は最頻値

表4. 全国 RFRA 値が大きい空港利用者の特性

全国 RFRA 順位	利用者数 順位	空港	利用者数 (人)	平均推計 GC 感度 $\beta_{GC,ij}$	平均推計 時間価値 $\beta_{TV,ij}$ (円/分)	平均 鉄道距離 (km)	平均 本所支所 係数 ($\times 10^5$)
1	(1)	羽田	113,726	0.0507	143.9	1,004	0.482
2	(3)	伊丹	35,004	0.0431	171.4	767	0.806
3	(4)	福岡	31,313	0.0478	134.5	1,092	0.451
4	(2)	新千歳	35,215	0.0870	96.4	1,425	0.225
5	(5)	中部	10,681	0.1150	127.6	1,142	0.039
6	(8)	仙台	6,068	0.0834	143.2	1,006	0.068
7	(9)	松山	5,939	0.0692	162.7	836	0.094
8	(13)	関西	5,242	0.0955	117.6	1,229	0.086
9	(12)	熊本	5,316	0.0841	130.5	1,122	0.087
10	(7)	鹿児島	6,675	0.0899	118.8	1,231	0.089
15	(6)	広島	7,222	0.0593	139.0	1,045	0.338
21	(10)	小松	5,697	0.0652	176.6	715	0.113

表5. LOS 変化量 N (所要時間) による RFRA 値の差異

10分短縮 $m = \{all\}, N = 10(\text{min})$				20分短縮 $m = \{all\}, N = 20(\text{min})$				30分短縮 $m = \{all\}, N = 30(\text{min})$			
空港	RFRA 値 ($\times 10^4$)	p 値		空港	RFRA 値 ($\times 10^4$)	p 値		空港	RFRA 値 ($\times 10^4$)	p 値	
1	羽田	3.46	<input type="checkbox"/> <0.01	1	羽田	7.08	<input type="checkbox"/> <0.01	1	羽田	10.88	<input type="checkbox"/> <0.01
2	伊丹	2.04	<input type="checkbox"/> <0.01	2	伊丹	4.01	<input type="checkbox"/> <0.01	2	伊丹	6.20	<input type="checkbox"/> <0.01
3	福岡	1.64	<input type="checkbox"/> <0.01	3	福岡	3.38	<input type="checkbox"/> <0.01	3	福岡	5.21	<input type="checkbox"/> <0.01
4	新千歳	0.91	<input type="checkbox"/> 0.06	4	新千歳	1.81	<input type="checkbox"/> 0.10	4	新千歳	2.81	<input type="checkbox"/> 0.15
5	中部	0.85	<input type="checkbox"/> <0.01	5	中部	1.74	<input type="checkbox"/> <0.01	5	中部	2.69	<input type="checkbox"/> <0.01
6	仙台	0.54	<input type="checkbox"/> <0.01	6	仙台	1.08	<input type="checkbox"/> <0.01	6	仙台	1.65	<input type="checkbox"/> 0.01
7	松山	0.46	<input type="checkbox"/> <0.01	7	松山	0.97	<input type="checkbox"/> <0.01	7	松山	1.50	<input type="checkbox"/> <0.01

表6. LOS 変化量 N (運賃) による RFRA 値の差異

1000円割引 $m = \{all\}, N = 1000(\text{円})$				3000円割引 $m = \{all\}, N = 3000(\text{円})$				5000円割引 $m = \{all\}, N = 5000(\text{円})$			
空港	RFRA 値 ($\times 10^4$)	p 値		空港	RFRA 値 ($\times 10^4$)	p 値		空港	RFRA 値 ($\times 10^4$)	p 値	
1	羽田	2.75	<input type="checkbox"/> <0.01	1	羽田	8.55	<input type="checkbox"/> <0.01	1	羽田	14.77	<input type="checkbox"/> <0.01
2	新千歳	1.52	<input type="checkbox"/> 0.16	2	新千歳	4.78	<input type="checkbox"/> 0.11	2	新千歳	8.61	<input type="checkbox"/> 0.06
3	福岡	1.43	<input type="checkbox"/> <0.01	3	福岡	4.57	<input type="checkbox"/> <0.01	3	福岡	8.02	<input type="checkbox"/> <0.01
4	伊丹	1.36	<input type="checkbox"/> <0.01	4	伊丹	4.15	<input type="checkbox"/> <0.01	4	伊丹	7.18	<input type="checkbox"/> <0.01
5	中部	0.63	<input type="checkbox"/> <0.01	5	中部	1.97	<input type="checkbox"/> <0.01	5	中部	3.40	<input type="checkbox"/> <0.01
6	仙台	0.42	<input type="checkbox"/> 0.07	6	仙台	1.31	<input type="checkbox"/> 0.11	6	仙台	2.26	<input type="checkbox"/> 0.18
7	鹿児島	0.41	<input type="checkbox"/> <0.01	7	鹿児島	1.27	<input type="checkbox"/> <0.01	7	鹿児島	2.21	<input type="checkbox"/> <0.01

- ・ 2005年のデータを用いて算出
- ・ RFRA 値は最頻値

表5では、LOS変化量 N を3種類設定して全国RFRA 値を比較している。表5のRFRA 値をみると、LOS変化量 N の絶対値が大きいほど、RFRA 値も大きいことがわかる。ただ、空港のRFRA 順位をみてみると、LOS変化

量 N を変えても空港間のRFRA 値の大小関係は変わらないことがわかる。次に、LOSを変化させる指標として、所要時間ではなく運賃を用いた結果を表6に示す。まず、所要時間のケース同様、LOS変化量 N の大きさを変え

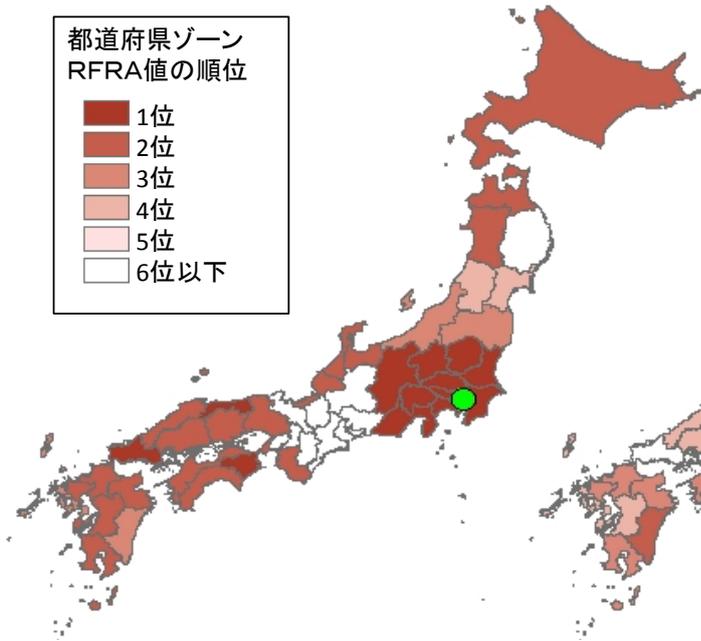
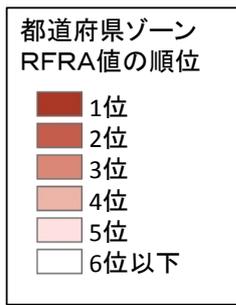


図4. 羽田空港の都道府県ゾーン RFRA 順位

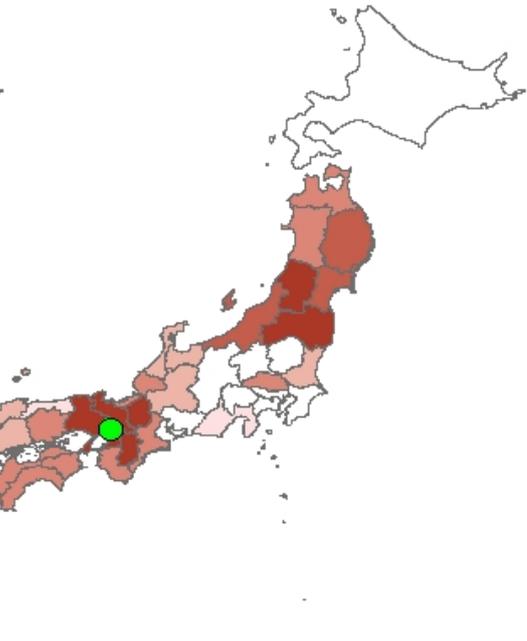


図5. 伊丹空港の都道府県ゾーン RFRA 順位

ると、RFRA値は変わるが、空港間の大小関係は変わらないことが確認できる。そして、表-5と表-6を比較すると、変化させるLOS指標を変えると空港のRFRA順位が異なることが分かる。これは、式(5)から分かるように、所要時間を変化させた場合は、OD毎の時間価値の大きさがRFRA値に影響するが、運賃の場合は時間価値の影響を受けないことによる。

以上から、[1] LOS変化量 N の大きさを変えると、RFRA値は変わるが、空港間でのRFRA値の大小関係は変わらない、[2]変化させるLOSとして運賃をとった場合と所要時間をとった場合では、空港間でのRFRA値の大小関係は異なる。これらの性質を踏まえて、以降では空港間でのRFRA値の大小関係を中心に議論する。また、地方空港が担っている役割を考えると、我が国では離島部・沖縄県を除くほぼ全域に鉄道網・高速道路網が整備されており、運賃面でなく速度面で優位な交通機関を地域に提供することが地方空港の重要な役割であろう。そこで、以降ではRFRA値を算出する際に変化させるLOSとして、所要時間を用いた結果を用いて議論する。

6. 都道府県ゾーンRFRA値

(1) 羽田空港・伊丹空港の重要性

本章では、各都道府県の視点から空港戦略を考える。そこで、地域 m として各都道府県をとった場合のRFRA値（都道府県ゾーンRFRA値と称する）を用いる。まず、全国RFRA値が大きかった、羽田空港と伊丹空港の都道

府県ゾーンRFRA値の順位を図-4と図-5に示す。図-4と図-5から、羽田空港・伊丹空港はともに、ほとんどの県にとって重要な空港であり、国の施策としてアクセス向上や能力の増強を実施していくべき空港であることが確認できる。

(2) 空港集約戦略の可能性

空港集約戦略について考えると、他県立地空港の都道府県ゾーンRFRA値が県内立地空港より大きい値を持つ県では、空港集約戦略が優位になる可能性が高い。このような県では、空港アクセス改善等の施策をRFRA値の大きい他県立地空港に対して実施した方が、当該県の都市間交通量への効果が大きい。本研究で提案した手法を用いて、都道府県ゾーンRFRA値を推計した結果、表-7に示す7県において上述のような関係が見られた。ただし、千葉県に立地する空港は（2005年時点で）ほぼ国際線専用として機能している成田空港であり特殊な事例として除外すると、山形県・福島県・長野県・鳥取県・山口県・佐賀県の6県である。

このうち、山形県・福島県・鳥取県は、それぞれの県から距離の離れた大都市の空港（山形県・福島県では伊丹空港、鳥取県では羽田空港）が最もRFRA値が大きく、それに次いで県内立地空港が大きい。これは、最もシェアの大きい羽田空港・伊丹空港へ向かう旅客（または、羽田空港・伊丹空港から当該県へ向かう旅客）が近隣の複数空港に分散していることによる。ただ、これらの空港の中では、県内立地空港のRFRA値が最大となっていることから、これらの県では他県に立地する空港への積

表-7. 他県立地空港の都道府県ゾーン RFRA 値が県内立地空港より大きい県の、RFRA 値 Top5

山形県				福島県				千葉県			
空港	RFRA 値 ($\times 10^4$)		p 値	空港	RFRA 値 ($\times 10^4$)		p 値	空港	RFRA 値 ($\times 10^4$)		p 値
1	伊丹	11.17	⌋ <0.01	1	伊丹	8.59	⌋ 0.38	1	羽田	12.90	⌋ <0.01
2	山形	10.25	⌋ 0.01	2	福島	8.27	⌋ 0.01	2	福岡	3.61	⌋ <0.01
3	仙台	9.78	⌋ <0.01	3	羽田	6.86	⌋ 0.04	3	成田	2.35	⌋ 0.17
4	羽田	4.51	⌋ <0.01	4	仙台	6.19	⌋ <0.01	4	新千歳	2.21	⌋ <0.01
5	庄内	4.30		5	福岡	3.63		5	広島	1.05	

長野県				鳥取県				山口県			
空港	RFRA 値 ($\times 10^4$)		p 値	空港	RFRA 値 ($\times 10^4$)		p 値	空港	RFRA 値 ($\times 10^4$)		p 値
1	羽田	8.03	⌋ <0.01	1	羽田	26.97	⌋ <0.01	1	羽田	18.21	⌋ <0.01
2	福岡	4.96	⌋ <0.01	2	鳥取	14.28	⌋ <0.01	2	福岡	9.47	⌋ <0.01
3	松本	3.07	⌋ <0.01	3	米子	11.11	⌋ <0.01	3	宇部	8.13	⌋ <0.01
4	新千歳	2.52	⌋ <0.01	4	出雲	3.36	⌋ <0.01	4	広島	4.45	⌋ <0.01
5	中部	2.05	⌋ <0.01	5	伊丹	2.60	⌋ <0.01	5	仙台	0.74	⌋ <0.01

佐賀県			
空港	RFRA 値 ($\times 10^4$)		p 値
1	福岡	38.44	⌋ <0.01
2	羽田	15.52	⌋ <0.01
3	伊丹	10.32	⌋ <0.01
4	中部	6.13	⌋ 0.28
5	佐賀	4.94	

- **太字**は県内立地空港
- 2005年時点のデータを用いて算出
- RFRA 値は最頻値

極的な集約は考え難い。

一方、長野県・山口県・佐賀県の3県では、県内立地空港より近隣県に立地する空港（長野県では羽田空港、山口県・佐賀県では福岡空港）の方がRFRA値が大きい。特に、長野県における羽田空港のRFRA値は松本空港の2倍、佐賀県における福岡空港のRFRA値は佐賀空港の8倍程度であり、都市間交流の促進という視点では、県内の空港に投資するより羽田空港・福岡空港へのアクセス改善を図る方がはるかに効率的である。

しかし、現行の各都道府県が空港の運営・管理主体を担っている状況では、当該県の都市間交流に重要な役割を担っている他県の空港を“空港運営上の競争相手”と認識してしまう。その結果として、県内立地空港の利用促進に多額の公的資金を浪費するという、非効率な施策がとられかねない。本研究で提案したRFRA値を地方自治体が活用し、空港の経営者ではなく利用者を考える地方自治体として空港戦略を検討することで、効率的に都市間交流を促進できると考える。

7. まとめ

本研究では、地域の都市間交通需要と空港のLOSとの関係を示す指標として、地域-空港関係指数・RFRAを提案し、OD毎にLOS評価構造が異なる都市間交通マクロ需要モデルを用いて、我が国の2005年時点のRFRA値を推計した。RFRA値の推計結果から、[1]羽田空港・伊丹空港が、我が国のほとんどの都道府県の都市間交流に重要な役割を担っていること、[2]長野県・山口県・佐賀県では、県内に立地する空港より近隣に立地する空港の利便性向上を図る方が、各県の都市間交通量の促進につながる事が明らかになった。[2]で挙げた県では、積極的に空港集約戦略を進めていくべきである。

ただし、RFRA値の地域*m*の取り方には議論が必要であろう。主に地方の空港政策を担当している主体が、都道府県であることから、本稿では都道府県単位でRFRA値を算出した。しかし、最低限の交通サービスを提供するという観点ではゾーンが広すぎるかもしれない。純流動調査の207生活圈など、さらに細かい区分でもRFRA値を算出して結果の頑健性を確認する必要がある。

また、新規空港の建設やLCCの就航など、近年の航空

を取り巻く環境は大きく変わっており、最新のデータを用いて分析が求められるが、本稿では2005年時点の結果しか示せていない。発表会では、最新の2010年の純流動調査データを用いた分析結果を発表する予定である。

謝辞：本論文は、平成25年度～28年度日本学術振興会科学研究費基盤研究(B)「人口減少下の持続的都市間交通ネットワーク計画論の確立」の成果の一部である。また本研究を進めるに当たり、広島大学工学研究科の塚井誠人准教授にリンクLOSデータを提供していただいた。記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省：平成22年度 空港別収支の試算結果について、*国土交通省HP* (<http://www.mlit.go.jp>), 2012.
- 2) 森功：*税空港 本日も遠く高く不便な空の便*, 幻冬舎, 2009.
- 3) U.S. Department of Transportation : *Essential Air Service, HP of DOT* (<http://www.dot.gov>), 2013.
- 4) Aisling Reynolds-Feighan : *European Air Transport Public Service Obligations: A Periodic Review*, *Fiscal Studies*, Vol.16, pp.58-74, 1995.
- 5) Karsten Frohlich, Hans-Martin Niemeier : The importance of spatial economics for assessing airport competition, *Journal of Air Transport Management*, Vol.17, pp.44-48, 2011.
- 6) Joe Inge Lian, Joachim Ronnevik : Airport competition - Regional airport losing ground to main airports, *Journal of Transport Geography*, Vol.19, pp.85-92, 2011.
- 7) 山口裕通, 奥村誠, Tirtom Huseyin : 都市間交通需要の LOS 弾力性に関する研究, *土木計画学研究・講演集*, Vol.47 (CD-ROM), 2013.
- 8) 伊庭幸人, 種村正美, 大森裕浩, 和合肇, 佐藤整尚, 高橋明彦 : 計算統計Ⅱ マルコフ連鎖モンテカルロ法とその周辺, *岩波書店*, 2005.

(2013.08.02 投稿)

Airport Reducing Policy considering Relationship Factor between Region and Airport

Hirromichi YAMAGUCHI, Makoto OKUMURA, Huseyin TIRTOM and Jinyoung KIM

In Japan, some airports with deficit are maintained using public subsidy in order to keep accessibility of rural area. In the situation of population decline and economies of scale in airport, "Airport Reducing Policy" may make intercity transport network more efficiently and increase intercity traffic. In this paper RFRA (Relationship Factor between Region and Airport) are proposed. Our estimated results of RFRA in 2005, suggests that [1] HND and ITM are very important airports for inter-city traffic in Japan and [2] for 3 prefectures (Nagano, Yamaguchi and Saga), "Airport Reducing Policy" is better.