

供給制約を考慮した航空需要モデル

Air passenger demand model constrained by seat-capacity

森地 茂*、 屋井 鉄雄**、 兵藤 哲朗***

by Shigeru MORICHI, Tetsuo YAI, Tetsuro HYODO

The airline demand is constrained under supply capacity.
And demand models without supply constraints have biased parameters.

In this paper, we developed a new forecasting method by disequilibrium estimation with the excess supply probability. And aggregate logit models were calibrated for the domestic airline.

The properties of this methodology were well examined, and the higher goodness of fit and forecasting ability comparing the conventional models were shown. Finally, we presented the procedure of demand forecasting with supply constraints.

1. はじめに

従来より、都市間交通需要の予測モデルは、両端都市の経済規模や、都市間の交通条件を説明変数とするものが多く、供給量制約要因は考慮されることが少なかった。しかし、提供される供給量の上限值が明確な場合、観測される需要量は供給制約を受けた値であることが考えられる。このようなケースにおいて、供給制約を無視した需要推計を行うと、パラメータに偏りをもつモデルが構築される。供給制約下の需要分析に関しては、その需要量が供給制約を受けた値か否かという情報は本来は重要である。航空需要推計の場合は供給量上限値を把握し易いため、供給量を合理的に取り込むモデル構造により、供給制約問題に対応できる。

* 正会員 工博 東京工業大学教授 土木工学科
(〒152 目黒区大岡山2-12-1)

** 正会員 工博 東京工業大学助手 同上

***学生員 工修 東京工業大学大学院博士課程

本研究では需要・供給両サイドの情報をいかした新たな需要推計方法のひとつとして、不均衡分析によるモデル構築方法を開発する。その際、現実の適用性や操作性を考慮し、分担型モデルをとりあげて理論展開を行う(2章)。これにより、従来試みられることが少なかった、供給制約を前提とした需要推計が可能となる。実データを用いた具体的適用は3章のケーススタディにおいて行う。さらに、供給制約の度合を量的に把握することにより、新しい観点に基づく需要分析方法の適用性に関して考察を行う(4章)。

2. 不均衡分析に基づく供給制約下の需要推計手法

(1) 供給制約の捉え方

交通量を需要・供給の相互の関係式で求める方法として均衡交通配分モデルも考えられる。しかし、均衡交通配分モデルの構築には、供給側のパフォー

マンス関数を同定できるかという問題点と、需給が常に均衡状態であるという強い仮定が成立しているかという問題点が存在する。これらの問題点より、本研究で取り扱う供給制約問題には均衡交通配分モデルの適用は困難であろう。

また、単純に供給制約問題を、供給制約の有無の判別、及びそれに応じた需要関数パラメータの推計問題、の二つにわければ、まず、供給制約の有無に関連すると想像される外生変数（ロードファクターなど、施設当りの利用者数）をもとに局面分離を行い、次に制約の有無に応じた需要関数を推計する、段階的モデル構築が考えられる。しかし、分離の基準となる外生変数や、制約有無の局面の分離基準値を事前に決定しなければならないため、多分に恣意的であり、合理的モデルとはいえない。そこで本研究では、供給制約有無の局面分離を不均衡分析手法により行うことを考える。この手法は、需要超過・供給超過の局面分離を、需給両関数のモデル推計を通じて行う方法である。このモデルの推計結果より、供給制約の度合も、量的に把握することが可能となる。

(2) 不均衡推計の基本式展開

不均衡分析の特徴は、観測された量 Q_j が、需要量 D_j ・供給量 S_j の小さい側に属するという、ショートサイド原則（或は minimum condition）を前提とすることにある。この際、 Q_j が需要・供給どちらのサイドに属するかを判別する必要がある、その判別に用いる情報の違いや、判別方法を中心に不均衡推計手法の分類が行える^{2), 3)}。本研究でとりあげるのは、事前に Q_j が需給どちらに属するかを表す先決変数が存在しない場合（sample separation unknown）の分析手法である。その尤度関数の導出を以下に簡単に示す。

いま、需要関数・供給関数を

$$D_j = g_d(X_{dj}, \theta_d) + \varepsilon_{dj} \quad (1)$$

$$S_j = g_s(X_{sj}, \theta_s) + \varepsilon_{sj} \quad (2)$$

$$(\varepsilon_{dj} \sim (0, \sigma_d^2) \quad \varepsilon_{sj} \sim (0, \sigma_s^2))$$

とすれば、ショートサイド原則から、

$$Q_j = \min[D_j, S_j] \quad (3)$$

である。ここで供給超過の確率 π_j 、

$$\pi_j = \Pr[D_j < S_j]$$

$$= \int_{-\infty}^{(g_s - g_d)/\sigma} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-u^2/2} du \quad (\sigma^2 = \sigma_d^2 + \sigma_s^2) \quad (4)$$

を考える。さらに、モデルの観測値に対する密度関数、分布関数を、

$$\begin{aligned} f_d(Q_j) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_d} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma_d^2}(Q_j - g_d(X_{dj}, \theta_d))^2\right] \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_d} e^{-h_d^2/2} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} F_d(Q_j) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_d} \int_{-\infty}^{Q_j} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma_d^2}(Q_j - g_d(X_{dj}, \theta_d))^2\right] dQ_j \\ &= \int_{-\infty}^{h_d} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-u^2/2} du \quad (h_d = (Q_j - g_d)/\sigma_d) \end{aligned} \quad (6)$$

（供給側についても同様）

と定義する。ここで Q_j が需要側に属するという条件下での Q_j の密度関数を考えると、それは以下の式で表される。

$$\frac{f_d(Q_j) F_s(Q_j)}{\int_{-\infty}^{\infty} f_d(Q_j) F_s(Q_j) dQ_j} \quad (7)$$

上式の分母は供給超過の確率 $\Pr[D_j < S_j]$ と考えられるので、結局(7)式は

$$\frac{f_d(Q_j) F_s(Q_j)}{\pi_j} \quad (8)$$

となる。 Q_j が供給側に属するケースも同様に考えられる。以上の(5)～(8)式より、 Q_j の密度関数は

$$\begin{aligned} f(Q_j | X_{dj}, X_{sj}) &= \pi_j \left[\frac{f_d(Q_j) F_s(Q_j)}{\pi_j} \right] + (1 - \pi_j) \left[\frac{f_s(Q_j) F_d(Q_j)}{1 - \pi_j} \right] \\ &= f_d(Q_j) F_s(Q_j) + f_s(Q_j) F_d(Q_j) \end{aligned} \quad (9)$$

となる。(9)式より、次式で与えられる対数尤度関数を最大化することによってパラメータ値が推計される。

$$L = \sum_{j=1}^J \log(f(Q_j | X_{dj}, X_{sj})) \quad (10)$$

(3) 配分型（シェアタイプ）モデルへの拡張

前節においては需給式として単純な線形式を考えていた(1)、(2)式。一般には、交通量は四段階推定法に代表されるように、競合する交通機関との分担モデルを通じて求められる。また供給制約の存在するODペアの追加の利用者は、供給制約のない競合する他の交通機関を利用すると考える方がより合理的であろう。この点を踏まえ、本節では不均衡分析を配分型（シェアタイプ）のモデルにおいても適

用可能となるように、理論展開を行う。

ここで考える分担モデルは、従来より多く用いられている集計ロジットモデルである。選択肢は二つの場合に限定する。不均衡概念に関する仮定として、供給制約は二つの選択肢のうち、一選択肢にのみ存在することを考える。つまり、その交通機関が供給制約を受けるとき、そのODペアに対する追加的交通量は供給制約のない、もう一方の交通機関に割り当てられることになる。ここでは、便宜的にモード1を供給制約を受ける交通機関、モード2を供給制約の無い交通機関とする。

いま、正規分布をする推計誤差項 ε_{dj} 、及びそれが変数変換された値である η_{dj} を考える。両者の変換式に相当する需要関数式を以下のように仮定する。

$$T_{jl} = T_j \frac{1}{1 + e^{\varepsilon_{dj}(X_{dj}) + \varepsilon_j}} \quad \left(\bar{P}_{jl} = \frac{1}{1 + e^{g_d(X_{dj})}} \right) \\ = T_j \frac{1}{1 + e^{g_d(X_{dj})}} + \eta_j \quad (11)$$

ここで

$$T_j = T_{j1} + T_{j2} \quad 1 = \bar{P}_{j1} + \bar{P}_{j2} \quad P_{j1}^o = T_{j1} / T_j$$

T_j ：路線 j の総需要 T_{j1} ：モード1の需要

$\bar{P}_{j1}$ ：モード1の推計分担率

P_{j1}^o ：モード1の観測分担率

η_{dj} は正規分布ではないが、 ε_{dj} の分散パラメータを用いることにより、その密度関数が定義可能である。誤差項に着目した式展開より、観測値 T_{j1} を用いて得られる密度関数は、

$$f_d(T_{j1}) = \frac{|J|}{\sqrt{2\pi}\sigma_d} \exp \left[-\frac{1}{2\sigma_d^2} \left(\log \frac{P_{j2}^o}{P_{j1}^o} - g_d(X_{dj}) \right)^2 \right] \\ = \frac{|J|}{\sqrt{2\pi}\sigma_d} e^{h_d^2/2} \quad (12)$$

$$\left(J = \frac{1}{T_j P_{j1}^o P_{j2}^o} \quad h_d = \frac{\log(P_{j2}^o / P_{j1}^o) - g_d(X_{dj})}{\sigma_d} \right)$$

で与えられる。上式の $|J|$ は変数変換におけるヤコビアンである。(12)式は線形の場合の(5)式に相当する。また、(12)式を積分計算することにより(6)式に相当する分布関数も、

$$F_d(T_{j1}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{h_d} e^{-u^2/2} du \quad (13)$$

のように得られる。(12)、(13)式をもとに、(10)式で表される尤度関数が得られる。よって、パラメータの推定も線形の場合と同様に(10)式を最大化することにより行える。

3. 供給制約を考慮した航空需要モデルの作成

本章では、前章で示した不均衡タイプの配分型モデルの具体的な適用を行い、そのモデル結果について考察をする。

(1) 使用データの概要

本分析で使用するの、「航空輸送実績」から得られる国内路線別航空利用者数、「旅客地域流動調査」の県間鉄道ODデータである。ここでは森地他(1985)の結果を踏まえ、主要国内路線を、鉄道との分担率・路線距離をもとにA～Hの8グループに分類し、各セグメントグループごとのモデル構築を行う。分類の目的は、モデル自体の精度の向上を図ることと、適用対象を多くすることで本分析手法の特性を明らかにすることの2点である。路線の分類を表-1に示す。

(2) モデル推計結果

推計に使用したデータは昭和48～56年のプーリングデータで、需要関数・供給関数における被説明変数は各路線の年間利用者数である。集計ロジットモデルである需要関数の説明変数は、航空・鉄道の所要時間差、費用差を考えた。一方、供給関数の説明変数には、年間の提供座席量の合計値を使用した。年間の提供座席量を供給量そのものとししない理由は、不均衡状態を考える時間的スパンが短く、対象とする供給量は年間量で代表される確率変動量と考えたことによる。また、供給主体の行動に即したモデル構築を目的とするときには、供給関数に、便

表-1 各グループの路線

A	東京 - 福岡	C	東京 - 熊本	F	大阪 - 仙台
	東京 - 大阪		東京 - 長崎		名古屋 - 仙台
	大阪 - 福岡		東京 - 宮崎		小松 - 福岡
	東京 - 広島		東京 - 大分		広島 - 鹿児島
	名古屋 - 福岡		名古屋 - 鹿児島		
B	大阪 - 鹿児島	D	大阪 - 高知	G	東京 - 仙台
	大阪 - 熊本		大阪 - 松山		東京 - 花巻
	大阪 - 宮崎		大阪 - 徳島		東京 - 青森
	大阪 - 長崎		名古屋 - 高知		東京 - 小松
	大阪 - 大分		名古屋 - 松山		東京 - 秋田
C	福岡 - 鹿児島	E	福岡 - 松山	H	東京 - 山形
	福岡 - 宮崎		東京 - 千歳		東京 - 富山
	長崎 - 鹿児島		大阪 - 千歳		
			福岡 - 千歳		大阪 - 高松
			千歳 - 名古屋		高松 - 福岡
C	東京 - 松山	E	千歳 - 小松	H	
	東京 - 高知		千歳 - 仙台		
	東京 - 徳島				
	東京 - 鹿児島				

数や、機材の大きさ、提供量の季節変動等の詳細な変数を含むべきであろう。しかし、ここでは需要推計において単に供給制約を考慮するモデル開発を主要目的とするため、以下のように簡便な、一変数のみの供給関数を用いる。

$$S_j = \theta_0 W_j + \theta_0^0 \quad (14)$$

W_j : 年間提供座席数 (人)

パラメータの推計は(10)式を最大化することにより行えるが、この尤度関数は unbound であることが知られている²⁾。そのため、安定的に解を求めるた

めには、需要・供給両関数の誤差分散比を固定すればよいが、本分析の適用時はこの操作を必要とすることなく求解が可能であった。なお、推計の際のパラメータ初期値は、需要・供給モデルを個別に最小自乗法で仮推計したときのパラメータ値(個別推計値)とした。その際、需要関数の集計ロジットモデルは、2章の式展開に基づき次の形で行っている。

$$\log\left(\frac{P_{ij}^2}{P_{ij}^0}\right) = g_d(X_{ij}) + \varepsilon_{ij} \quad (15)$$

(モード1: 航空 モード2: 鉄道)

表-2-1 モデル推計パラメータ値(需要) () 内 t 値

変数名	グループA		グループB		グループC		グループD	
	個別推計	不均衡推計	個別推計	不均衡推計	個別推計	不均衡推計	個別推計	不均衡推計
費用(1000円)	-0.1272 (2.70)	-0.2047	-0.1591 (2.83)	-0.06947	-0.1886 (3.89)	-0.2347	-0.5811 (11.4)	-0.4815
時間(1000分)	-8.512 (6.07)	-16.50	-2.957 (3.89)	-3.983	-3.391 (3.53)	-5.948	-3.212 (2.45)	-2.871
定数項	1.015 (3.07)	0.5021	-0.6718 (1.98)	-0.9376	-1.569 (3.40)	-2.125	-3.241 (14.3)	-3.328
標準偏差	0.7068	0.07659	0.7552	0.1465	1.014	0.3415	0.5103	0.2888
重相関係数	0.6794	—	0.4272	—	0.4036	—	0.8584	—
配分量相関係数	0.8560	—	0.6806	—	0.9426	—	0.9874	—
サンプル数	4 5		7 1		8 0		4 8	

表-2-2 モデル推計パラメータ値(需要) () 内 t 値

変数名	グループE		グループF		グループG		グループH	
	個別推計	不均衡推計	個別推計	不均衡推計	個別推計	不均衡推計	個別推計	不均衡推計
費用(1000円)	-0.2423 (10.0)	-0.2041	0.05254 (0.310)	-0.01850	-0.3399 (7.00)	-0.3220	-0.1707 (2.78)	0.04734
時間(1000分)	-7.438 (10.8)	-6.328	2.257 (0.266)	2.370	-0.7127 (0.738)	-0.1779	0.09546 (0.0267)	7.220
定数項	0.6794 (2.02)	0.1601	0.01719 (0.0173)	-1.257	0.7054 (2.55)	-0.8977	0.1163 (0.338)	0.6028
標準偏差	0.4744	0.2307	0.6653	0.1222	0.6158	0.03790	0.4323	0.01365
重相関係数	0.8497	—	—	—	0.7175	—	0.7027	—
配分量相関係数	0.9997	—	0.6774	—	0.7074	—	0.9856	—
サンプル数	4 6		1 8		6 3		2 7	

表-3-1 モデル推計パラメータ値(供給) () 内 t 値

変数名	グループA		グループB		グループC		グループD	
	個別推計	不均衡推計	個別推計	不均衡推計	個別推計	不均衡推計	個別推計	不均衡推計
提供座席数 (席/年)	0.6835 (28.1)	0.7480	0.6559 (33.2)	0.7341	0.6547 (47.6)	0.7629	0.9231 (83.4)	0.9207
定数項	37697 (0.599)	21632	28344 (1.81)	-8135.3	26611 (3.04)	7394.6	-23905 (3.99)	-7539.8
標準偏差	258001	194335	54129	33690	46785	26636	24085	16448
重相関係数	0.9733	—	0.9697	—	0.9830	—	0.9966	—
サンプル数	4 5		7 1		8 0		4 8	

表-3-2 モデル推計パラメータ値(供給) () 内 t 値

変数名	グループE		グループF		グループG		グループH	
	個別推計	不均衡推計	個別推計	不均衡推計	個別推計	不均衡推計	個別推計	不均衡推計
提供座席数 (席/年)	0.6347 (76.5)	0.7885	0.6467 (10.7)	0.8702	0.7713 (70.7)	0.8527	0.9536 (39.3)	0.9461
定数項	10489 (0.473)	-785.2	9508.0 (0.858)	-8737.1	13334 (3.40)	378.4	-13591 (2.18)	-9172.6
標準偏差	122846	15231	20488	10667	23766	7968.7	19842	18597
重相関係数	0.9962	—	0.9325	—	0.9939	—	0.9917	—
サンプル数	4 6		1 8		6 3		2 7	

表-4 各推計方法結果と観測値との相関係数

グループ	A	B	C	D	E	F	G	H
相関係数	0.9890	0.9899	0.9905	0.9988	0.9998	0.9864	0.9990	0.9921
需要個別推計	0.8561	0.6806	0.9426	0.9874	0.9998	0.6774	0.7074	0.9856
供給個別推計	0.9739	0.9702	0.9833	0.9967	0.9963	0.9366	0.9940	0.9920
(D+S)/2	0.9676	0.9224	0.9896	0.9970	0.9994	0.9501	0.9773	0.9923

$$※(D+S)/2 = (需要個別推計 + 供給個別推計) \div 2$$

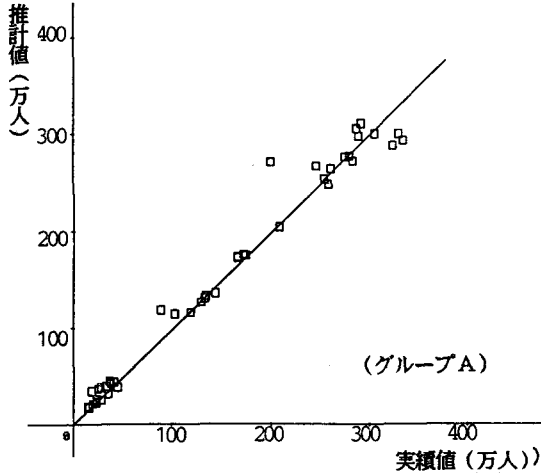


図-1 実績値と推計値との相関図（不均衡推計）

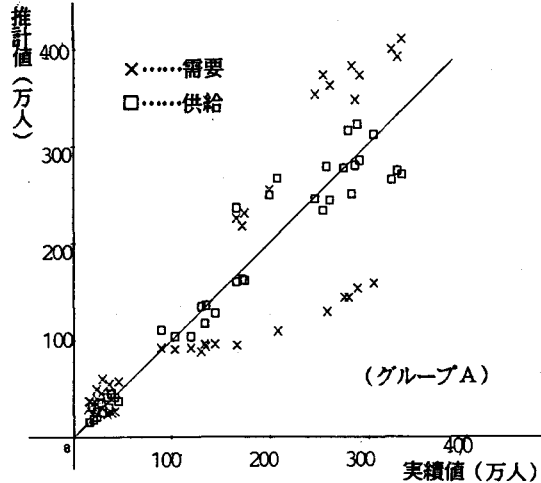


図-2 実績値と推計値との相関図（個別推計）

グループA～Hの8通りの推計結果を表-2、3に示す。表-2の「重相関係数」は(15)式に関する値を、「配分量相関係数」は総量に分担率を乗じて得られる推計値と実績値との相関係数をそれぞれ示す。推計の結果、個別推計において需要・供給両関数の説明力に大きな差があり、解が収束条件を満たしにくいケース（B、G）が見られたが、全体として良好な推計結果が得られた。推計パラメータを個別推計のものと比較すると、それらは推計値がより大き

く算出される方向に変化していることが見てとれる。これは、不均衡分析の結果として、需要超過・供給超過、両局面が分離される効果の現れであり、この不均衡分析のパラメータで推計される需要量は、潜在的需要を表すものと推察される。

また、不均衡推計における一つのパラメータである推計誤差標準偏差を同様に個別推計のものと比較すると、いずれのケースにおいても小さな値が得られており、モデル自体の精度の向上が認められる。

ここで、表-2、3のパラメータで推計される、不均衡概念を前提とした需要・供給量を用いて、次の式により、同モデルにおける推計値を求めた。

$$\hat{Q}_j = \pi_j D_j + (1 - \pi_j) S_j \quad (16)$$

$$\left(\pi_j = \frac{\sum_{x=0}^{\infty} f_d(x) F_s(D_j(x)) \Delta x}{\sum_{x=0}^{\infty} f_d(x) F_s(D_j(x)) \Delta x + \sum_{x=0}^{\infty} f_s(x) F_d(S_j(x)) \Delta x} \right)$$

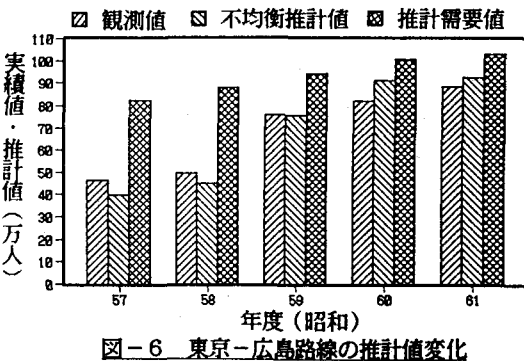
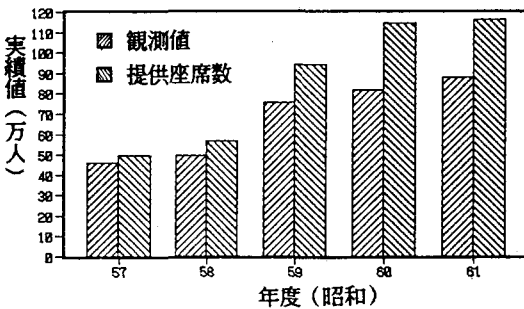
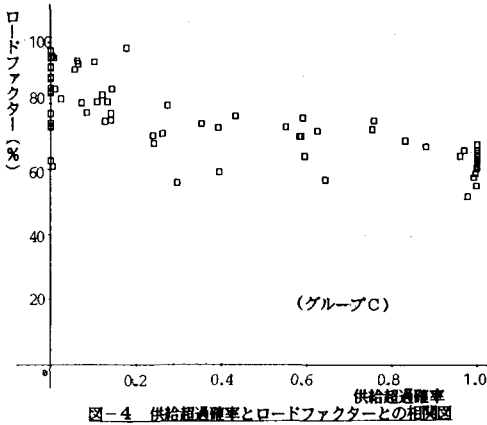
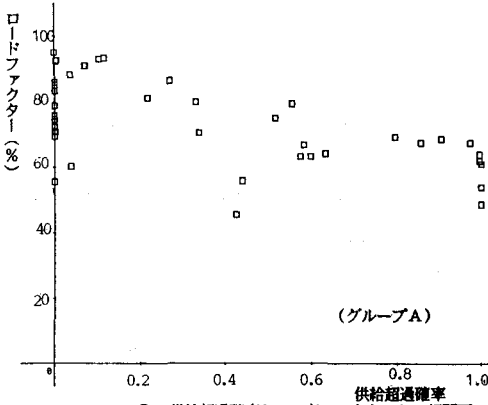
需要・供給を個別に推計したときの推計値、及び(16)式による推計値の、観測値との相関係数を算出した結果を表-4に、両者の散布図を図-1、2に示した。また、需要・供給両情報を使用するという観点から、単純に個別推計値の平均をとった値も示した（表中「(D+S)/2」）。需給個別に推計した場合に比べ、不均衡分析を通した需要・供給、2つの情報を含む推計値の方が再現性も高くなっていることがわかる。

4. 本モデルの特性分析

本章では3章で得られた算出結果をもとに、本分析手法の適用性に対する検証を行い、実際の予測及び政策評価の観点から本方法論について考察する。

(1) 供給制約の再現性

(4)式で算出される供給超過確率は、0に近いほど、その路線が供給制約的性格を有していることを表す。供給制約の有無を現象に即して捉えたとき、提供座席数に対する利用者数の割合であるロードファクターが高ければ、より強い供給制約を受けていることが想像される。そこで、この検証のために、3章における供給超過確率の推計結果と、実際に観測されたロードファクターとの相関を調べた。8グループの中から、

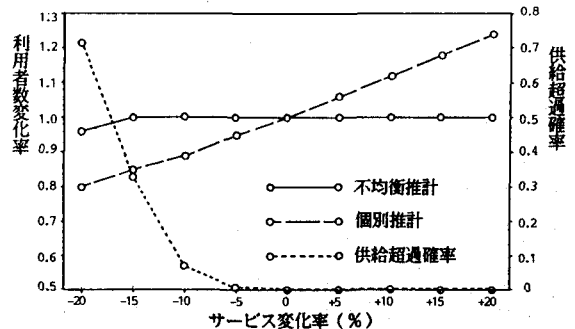
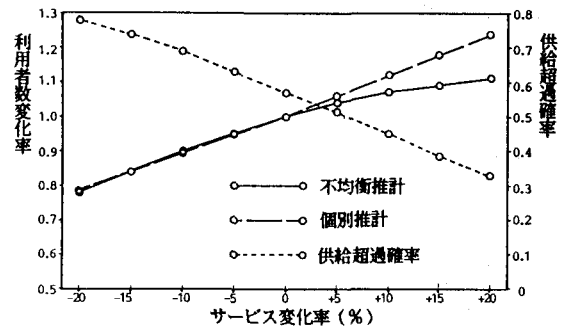


代表例として図-3、4にグループA、Cの相関図を示す。図を見ると、供給超過確率とロードファクターとの間に明瞭に相関関係が認められる。

仮に、図において、あるロードファクター値を境界に局面が明確に分離されるならば、前述したような、ロードファクターを基にした供給制約局面の二分推計も考えられる。しかし、図で見る限りロードファクター単一変数による局面分離は認められないため、そのような局面分離方法は推計誤差を多く含むと考えられる。

(2) 本モデルの予測力の確認

本分析のモデル算出は昭和48～56年のデータを用いた。本節ではこの推計パラメータにより、モデルの昭和57年以降のデータへの予測力を検証する。対象としては、本分析手法の特徴を考慮し、供給制約の度合の時系列変化が考えられる、東京-広島路線を選んだ。同路線は、図-5に示されるように、近年供給量が大きく増加しており、それに伴った利用者数増も観測されている。本研究の見地からは、この様な需要増の原因は、供給制約を受けていた路線の上限(供給)量が引き上げられたことであ



ると考えられる。図-6が不均衡推計をした値と観測値との関係図である。図中、「推計需要値」は、不均衡分析において供給制約がなかった場合の推計需要値を表す。需要側の交通サービス変数は変えていないので、図における不均衡推計値の伸びは、供給量増加の結果である。また、潜在需要を表すと考えられる推計需要値は各年次において高い値であるが、その伸びは顕著ではない。これより、この路線の需要の伸びは、供給制約が解除されることにより、潜在需要が顕在化してゆく過程として表現されることがわかる。

(3) 供給制約を考慮した需要予測

各種の政策評価を行うとき、対象路線の供給制約の度合いがわかれば、それは有用な情報として活用することができる。すなわち、供給制約の認められる路線においては、交通サービスレベル向上などの需要増加策を行っても、供給制約の存在により利用者数自体の増加は望めない。逆に供給制約のない路線では、供給量の多少の増減は路線利用者数に影響を与えないであろう。前者の例を、モデルの感度分析を通じて表したものが図-7、8である。ここで示したのは、昭和56年度のグループAのうち、名古屋-福岡(図-7)、東京-大阪(図-8)の2路線であり、航空費用に関する感度を算出した。図-7を見ると、需要の減少方向の変化率は通常の推計モデルである個別モデルの場合と変わらない。これに対して、供給制約を受け始める需要増加方向の変化は、供給超過確率の低減に伴い個別モデルの結果と乖離してゆく様子がみてとれる。これは供給制約により需要増加が抑えられることによる。また、図-

8は変数変化によっても供給制約が解除されない例であり、推計値が上限値である供給量で決定されている様子うかがえる。

5. おわりに

本研究では、不均衡概念に基づく、供給制約下の需要推計方法を新たに開発した。本研究の成果を以下に列挙する。

1)交通機関分担交通量推計モデルとして、供給制約を考慮した不均衡タイプの需要モデルの開発を行った。

2)実データにより、本モデルが従来手法に比べ推計精度が高いことを確認できた。

3)本モデルを用いることにより、供給制約を量的に把握した政策評価が可能であることを示した。本研究で開発した方法論は、従来試みられることのなかった分析方法によっているため、今後多くの適用事例を積み重ねることが必要である。また、本分析手法を基に、需給の関わりを供給制約に限定しない、供給主体の行動規範に即した供給関数を含むモデル開発も可能である。これらの点をまとめ、最後に本研究の今後の課題を挙げる。

1)供給主体の行動に即した供給関数の作成。

2)便数、機材、及びそれらの季節変動などを含んだ詳細な需給モデルの検討。

3)需給2主体の行動モデルとして捉えたときの本手法の一般化。

<参考文献>

- 1)Maddala et al.(1974):"Maximum likelihood methods for models of markets in disequilibrium", *Econometrica* vol. 42 No. 6, pp. 1013-1030.
- 2)Maddala(1983):"Limited-dependent and qualitative variables in econometrics", Cambridge University Press.
- 3)伊藤隆敏(1985):「不均衡の経済分析」、東洋経済
- 4)森地他(1985):国内航空需要予測モデルの構築、第40回年次学術講演集
- 5)森地・屋井・兵藤(1986):施設供給関数を用いた観光交通の需要予測手法に関する研究、第21回都市計画学会学術研究論文集