

岐阜大学工学部 正員 宮城 俊彦
佐藤 工業 正員 吉田 俊和
岐阜大学工学部 正員 加藤 晃

1. はじめに

利用者均衡概念に基づく分布・配分交通量の同時推定法の実用性については、著者らの研究によりある程度成果が得られており、⁽¹⁾また、統合モデルに利用する需要モデルのパラメータ推定問題についても既に報告済みである。⁽²⁾本研究はパラメータ推定問題に対する前の研究成果をもとに、従来の分布・配分統合モデルをさらに発生交通推定を含めるように発展させたものであり、利用者均衡の実用モデルの一搬入を試みたものである。ただし、ここで提案される推定法はモデルの構築上、短期予測への適用に限定されることに留意する必要がある。

2. 分布モデルによる発生・集中交通量の推定について

分布モデルを用いて発生交通量を求めようとする試みはいくつか成されており、著者も交通行動時間を利用した発生・分布交通量の同時予測法を提案している。⁽³⁾しかし、このモデルは滞留時間や戸外での行動時間などの従来利用されてない時間データを必要とし、適用が限定されたものとなる。それに対し本研究では従来よく利用されている重力モデルを用いて発生交通量を求めることができないかを検討したものである。重力モデルによる発生交通量推定法が普及しなかった原因は、次のような理由が考えられる。

- (1) 統計的に推定されたパラメータを用いて、推定分布交通量を求めた場合、推定分布交通量と観測値（孤立大標本値）の相関係数は低く、また、推定値の列和および行和によって与えられる推定発生量、推定集中量は観測値と一致しない。
- (2) 交通の生成は、土地利用や地域や個人の社会経済的特性に応じて決定されるが、交通分布モデルにはそうした要因が含まれていない。
- (3) 長期的な交通計画を考えた場合、その地域の将来の土地利用、経済計画が優先されるべきで、その結果どれ位の大きさの交通量がどの方向に移動するかをまづ決定する必要があり、ネットワーク計画はそれをスムーズに達成するよう行なわれるべき補完的なものである。

こうした理由により、従来は、発生モデルと分布モデルを分離し、個々に予測が行なわれていたと考える。しかし、従来の予測手法は、(1)～(3)を考慮している反面、次のような問題をも抱えていることを指摘する必要がある。

- (i) 発生あるいは集中モデルがネットワークのサービス属性を含まないため、道路の改善に伴って生じる誘発交通量を推定できない。
- (ii) 道路改善によってもたらされる利用者の社会的便益の測定が予測モデルと整合した形で行なえない。
- (iii) 概念的には、交通費用を利用者の意思決定要因の一つとみなしているのに、モデル構成上はそうはなっていない。

こうした問題を解決する一つの方法が、ここで提案する発生・分布・配分統合モデルであり、その前提として上記(1)の問題を解決する必要がある。

(a) Hyman-Evans法の再考

初めHymanによって提案され、後にEvansによって取り上げられた分布モデル（以後H-E法とよぶ）とそのパラメータ推定法は次のようである。⁽⁴⁾

$$T_{ij} = T \cdot g_{ij}, \quad g_{ij} = U_i V_j \exp(-\gamma C_{ij}) \quad (1)$$

T : 総トリップ数 T_{ij} : ゾーン間交通量

g_{ij} : 単位分布交通量（ゾーン間トリップ発生起確率）

モデルパラメータの推定には、最大尤度法が用いられる。昭和46年の中京圏パーソントリップ調査の岐阜市データをを用いて、モデルパラメータおよび分布交通量を求めた結果と観測値との相関係数を求めたのが表-1である。表には参考のため、線形回帰法による推定交通量の精度についても併記している。この結果から判るように分布交通量の推定精度は高く、これを用いて将来、発生集中交通量を求めることは問題ないと思われる。ただし、総トリップ数は前もって与えられる必要がある。

(b) Cesario法⁽⁵⁾

Cesarioは次のような非線形分布モデルを想定し、これを非線形最小二乗法で解く方法を提案している。

$T_{ij} = U_i V_j \exp(-r C_{ij}) + e_{ij}$ (2)

このモデルの特徴は観測データを用いて、 r だけでなく U_i, V_j を定めることができるという点にある。推定結果は、表-1に示す。表-1より明らかなように、分布交通量の領域を閉じた集合として扱い、それによって、交通量のみならず、発生・集中交通量も高い精度で予測しうる。相関係数でみる限りでは、既存の発生・分布モデルと比較しても遜色ないといえよう。Cesario法はH-E法と異なり総トリップ数を与える必要がない。こうした、実的分析から判るように両モデルとも発生・分布交通の同時推定に適用することが可能であり、したがって、分布・配分統合モデルと組み合わせることによって、発生・分布・配分の同時推定が可能となる。ただし、ゾーンのトリップ発生および集中特性を表わす係数、 U_i, V_j は、将来とも固定されたままであるため、この方法によって交通量推定を行なう場合には、将来とも土地利用に変化がないと想定される地域が、あるいは、短期予測に限定される。土地利用の変化に対応したモデルに発展させるためには、 U_i, V_j を土地利用変数の関数として設定した二次モデルを作成し、(2)式と連立させてパラメータを解く。計量経済モデルを作成する必要がある。

3. 発生・分布・配分統合モデル

発生・分布・配分交通量は次に示す非線形計画問題を解くことによって得られる。すなわち、

$$\text{Max. } F = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \int_0^{T_{ij}} D_{ij}^r(T) dT_{ij} - \sum_{l \in L} \int_0^{P_l(f)} P_l(f) df_l \quad (3)$$

$$\text{s.t. } \sum_{r \in R_{ij}} x_{r,ij}^r = T_{ij} (C_{ij}) \quad (4)$$

$$f_l = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} S_{r,l,ij} x_{r,ij}^r, \quad x_{r,ij}^r \geq 0 \quad (5)$$

ここに、 $x_{r,ij}^r$: ゾーン ij 間の r 番目経路利用交通量

f_l : リンク交通量 D_{ij}^r : 逆需要関数

P_l : リンク走行時間関数 L : リンク集合

I : 起点ゾーン集合 J : 目的地ゾーン集合

R_{ij} : ゾーン間利用可能経路集合

式(1)(2)の推定分布モデルは、独立需要関数となっているため、一意的な逆関数が存在し、式(3)に代入することができる。本来のBeckmannモデルでは、決定変数は経路交通量のみであり、分布交通量やリンク交通量はその結果として得られる値にしかすぎない。しかし、こうした定式化では、統合モデルの有効な解法であるFrank-Wolfeアルゴリズムが利用できない。なぜ

ならば、子問題となる線形計画問題の制約領域が閉じた集合となるためである。それに対し、本研究では、式(4)を導入し、 C_{ij} によって定まる分布交通量によって、経路Frank-Wolfe法の利用を可能にしている。

計算結果は、表-2に示すとおりで、配分を含めた段階にまでモデルを統合しても、発生・集中および分布交通量の予測精度はさほど低下してない。また、リンク交通量の予測は、観測分布交通量を与え、それを均衡配分法で配分した場合の推定結果と比較しても劣っていない。

表-1 推定値と観測値の相関係数

	R1	R2	R3	Total Trips
Models	-	-	-	310,141*
LR法	0.7204	0.8803	0.9803	403,120
Cesario法	0.8820	0.9765	0.9887	299,247
H-E法	0.9363	1.0000	1.0000	310,141

R1: 分布交通量 R2: 発生交通量

R3: 集中交通量 *: 実測値

表-2 発生・分布・配分統合モデルの予測精度

Demand Model coeff.		Cesario 法	H-E 法
Interzonal Trips T_{ij}	R	0.8526	0.8396
	U	0.2355	0.2472
Interzonal Travel Times C_{ij}	R	0.8098	0.8179
	U	0.2713	0.2460
Trip Generations O_i	R	0.9803	0.9800
	U	0.0840	0.0921
Trip Attractions D_j	R	0.9827	0.9861
	U	0.0748	0.0745
Link Flows f_l	R	0.7541	0.7484
	U	0.1740	0.1783
Total Trips			
		310,141**	302,341 310,653

(注)

R: 相関係数

U: Teilの係数

**: 観測値

20回目反復後の値

参考文献

- (1)加藤、宮城、吉田“交通分布・配分統合モデルとその実用性について”交通工学, Vol.17, No.6, 1982
- (2)宮城、吉田“分布・配分統合モデルにおける利用者便益の測定方法について”計画学発表会, No.5, 1983
- (3)宮城、加藤“交通関連行動時間と考慮した都市交通需要モデル”JSCE, No.254
- (4)Hyman“The Calibration of trip distribution model”, Environmental & Planning, No.1, 1969
- (5)Cesario“Least-squares estimation of trip distribution parameters”, Transpn. Res. 1975