

分布・配分交通量の同時推定モデルについて(その2)

— 発生・分布・配分同時モデルへの拡張 —

岐阜大学 正員 宮城 俊彦

岐阜大学 学生員 ○吉田 俊和

岐阜大学 学生員 小山 耕治

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モデルに関する実用性は、著者らの研究によりある程度成果が得られており、また、同時モデルに適用する需要モデルのパラメータ推定問題についてもすでに報告している。¹⁾このとき、需要モデルとしては、分布モデルとしての重力モデルを種々仮定しているが、Hyman や Evans によって提案された重力モデル^{2),3)}は、総発生・集中量を満足するように分布交通量が求められるので、同時モデルに適用する時、発生・集中制約をはずすことによって発生・分布・配分交通量の同時モデルへの発展が期待できる。よって本研究では、Hyman-Evans モデルを同時モデルにおける需要関数として採用することによって、現況をどの程度再現できるかについて議論する。なお、比較のために、Cesario によって提案された重力モデル⁴⁾についても同様の検討を加えた。

2. 需要モデルの定式化

Hyman や Evans は、次式で与えられる重力モデルを仮定し、パラメータを最小推定法で求める方法を提案している。^{2),3)}(以後 H-E 法と呼ぶ。)

$$\hat{T}_{ij} = W g_{ij}, \quad g_{ij} = U_i V_j \exp(-r C_{ij}) \quad (1)$$

ここで、 $\hat{T}_{ij}$: ゾーン i - j 間の推定分布交通量、 W : 総発生・集中量、 U_i : ゾーン i の発生特性を表す係数、 V_j : ゾーン j の集中特性を表す係数、 C_{ij} : ゾーン i - j 間の所要時間、 r : パラメータ、をそれぞれ表している。さらに、 g_{ij} がゾーン i からゾーン j へのトリップ確率とすれば、(1)式のパラメータは、次式で与えられる尤度関数を最大化

することによって得られる。

$$L = \prod_{i,j} g_{ij}^{T_{ij}} = \prod_{i,j} \{U_i V_j \exp(-r C_{ij})\}^{T_{ij}} \quad (2)$$

ただし、 $\sum_j g_{ij} = 1$ 、また、 P_{ij} はゾーン i - j 間の実績値より得られるトリップ確率である。

一方、Cesario は、次式で示されるようなモデルの誤差構造を仮定し、パラメータを最小自乗法で求める方法 (Cesario 法と呼ぶ) を提案している。⁴⁾

$$\hat{T}_{ij} = U_i V_j \exp(-r C_{ij}) + e_{ij} \quad (3)$$

ここで、 e_{ij} : 誤差項、この時、最小自乗法は、非線形最適化問題となるが、Cesario は、これを効率的に解く方法を提案している。

3. 需要モデルの統計的検定

需要モデル (ここでは重力モデル) の予測精度の向上は、同時モデルの予測精度の向上につながると思われるので、(1)および(3)式で与えられる各重力モデルのパラメータに対し、統計的検定を試みた。その結果をまとめたものが表-1である。

この時、Cesario 法によるパラメータは、非線形最小自乗法によって求められるために、パラメータの厳密な分散は推定できないが、Hartley と Booker⁵⁾は、非線形最小自乗法による推定パラメータの漸近的分散推定量の計算法を提案しており、本研究では、この方法を用いて計算している。

表-1 より次のことが言えよう。H-E 法および Cesario 法による各推定パラメータの分散は非常に小さく、また、帰無仮説検定に対し十分有意であるという結果を得た。さらに、相関係数もかなり高いことより、これらのモデルは重力モデルとして十分な予測精度があると言える。

表-1 需要モデルの各統計的指標*

	H-E 法	Cesario 法
パラメータ $\hat{f}$	0.084	0.058
分散 ($\hat{\sigma}$)	0.2609×10^{-7}	0.1805×10^{-5}
t 値	520.06	43.18
$\hat{f}$ の 95% 信頼区間	± 0.0003	± 0.0026
相関係数	0.9363	0.8820

* サンプル数は 1260 個 95% t 値: 1.96

4. 同時モデルへの適用

同時モデルの目的関数は次式で与えられる。¹⁾

$$\max_{T_{ij}, f_i} F: F = \sum_{i,j} \int_{T_{ij}} g_{ij}(x) dx - \sum_i \int_{f_i} p_i(y) dy \quad (5)$$

$$s.t.: x_{ij} \geq 0 \quad (6), \quad \sum_j T_{ij} = O_i, \quad \sum_i T_{ij} = D_j \quad (7)$$

ここで、 x_{ij} はゾーン i - j 間の交通量のうち、 r 番目経路を選択する交通量であり、 $g_{ij}(\cdot)$, $p_i(\cdot)$ は、それぞれゾーン i - j の逆需要関数、リンク i のパフォーマンス関数を表している。よって (1), (3) 式の逆関数を取り、それを (5) 式の第一項に代入することによって同時モデルに適用できる訳であるが、H-E 法は、総発生・集中量を満足するように分布交通量が求められるので、制約条件式 (7) をはずすことによって発生・分布・配分交通量を同時に求めることができる。すなわち、(5) 式で得られた分布交通量を各ゾーンで集計することによって発生・集中量が得られることになる。岐阜市の自動車交通解析に適用した結果を以下に示す。(均衡計算対象ゾーン数: 36×36 , リンク数: 350)

表-2 同時モデルによる各推定量の再現性

		H-E 法	Cesario 法
分布交通量	R	0.8396	0.8526
	U	0.2472	0.2355
配分交通量	R	0.7484	0.7541
	U	0.1783	0.1740
O-D 間所要時間	R	0.8179	0.8098
	U	0.2463	0.2713

R: 相関係数 U: 不一致係数 注) 反復回数は 20 回

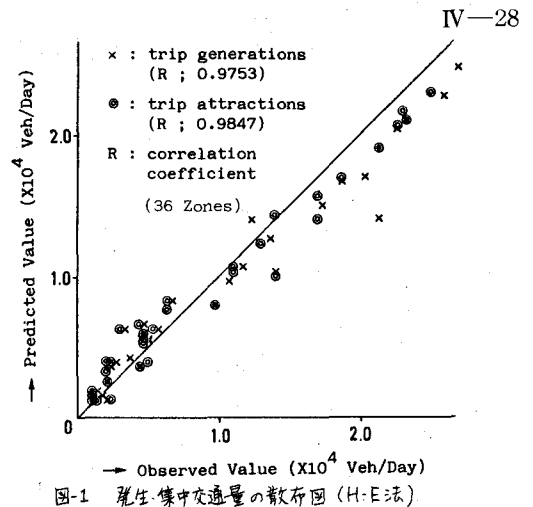


表-3 総交通量の比較

実績値	H-E 法	Cesario 法
310,141	310.653	302,341

5. おわりに

以上の分析結果から次のことが言えよう。

- (1) 両モデルとも実績交通量を十分に説明しうる。
- (2) 推定パラメータの統計的性質については、推定分散が小さく、高い精度のパラメータを得ることが可能である。
- (3) 分布交通量の推定精度の違いは、リンク交通量の推定精度に、大して影響しない。
- (4) 現在パターン法と重力モデルとの中間的な性格をもつ。
- (5) 誘発交通量の推定が可能である。

Cesario 法は、リンク交通量の推定に関しては、現況分析、将来推定 (参考文献 2) 参照) とも H-E 法よりも良い結果を示すが、パラメータの推定精度については、H-E 法が優れているのであり、この点をどう解釈していくかが今後の課題である。

参考文献

- 1) 宮城幸田; 分布・配分統合モデルにおける利用客便益の測定方法について、交通工学研究発表会論文集 5, 1993
- 2) Hyman, G.M.; The calibration of trip distribution models, Environment and Planning 1, pp.105-112, 1969.
- 3) Evans, A.W.; The calibration of trip distribution models with exponential or similar cost functions, Transpn. Res. Vol. 5, pp.15-38, 1971.
- 4) Cesario, F.J.; Least-squares estimation of trip distribution parameters, Transpn. Res. Vol. 9, pp.13-18, 1975.
- 5) Hartley, H.O. and Booker, A.; Non-linear least squares estimation, Ann. Math. Statist. Vol. 36, pp. 638-650, 1965.