IV—17　分布・配分交通量の同時推定モデルについて

岐阜大学工学部　正　員　宮城俊彦
岐阜大学大学院　学生員　○野々山弘紀
岐阜大学工学部　学生員　吉田俊和

1．はじめに

従来の段階的需要推計法における分布・配分同時モデルの基本的考え方を提案したのはおそらくBeckmann[1]が初めてであろう。彼の提案したモデルは次のようなものである。各個人のとる交通行動がまったく同様であると仮定でき、選好に関して独立であるならば，単純集計によって需要曲線が得られる。また、交通施設のもつパフォーマンス関数を総利用量に対して定義したならば，この需要曲線とパフォーマンス曲線の交点において地域間の交通需要量と，施設利用量が求められるというものである。しかし，彼の予測モデルにはいくつかの実用上の問題点がある。その一つは，逆需要関数の存在を仮定していることである。第2点は，このモデルによって推定される地域間交通需要量を集計した場合，各ゾーン間の発生、集中交通量に通常一致しないという点である。本研究は以上の2点のうち，特に後者に重点をおいて議論を進めている。すなわち，本稿では発生、集中交通量に関する制約条件を考慮した修正モデルを提案し、その実用性を確かめようとするものである。この場合の需要関数としては逆需要関数が存在する通常の重力モデルを用いる。

2．分布・配分交通量の同時推定モデル

Beckmannの提案した予測モデルは，需要曲線と個々の道路区間のパフォーマンス曲線が与えられたとき、OD交通量とリンク交通量をいかに求めるかを与えるものである。これは個人の最小時間経路選択仮説を含む数学的存在問題を与え，等価的に非線形最適化問題となることが知られている。

本稿で提案する修正モデルは最適化問題[P1]として定式化できる。

[P1]

最小化：　$\sum_{l=1}^{L}\int_0^{y_l} B_l(y)\,dy - \sum_{i}^{I}\sum_{j}^{J}\int_0^{X_{ij}} g_{ij}(x)\,dx$　(1)

制約条件：　$\left.\begin{array}{l} \sum_j X_{ij}=O_i\ ,\ \sum_i X_{ij}=D_j\ ,\ X_{ij}\geq 0 \\ \sum_{ij}\sum_r \delta_{l,r}^{ij} x_r^{ij}=y_l\ ,\ \sum_r x_r^{ij}=X_{ij}\ ,\ x_r^{ij}\geq 0 \end{array}\right\}$　(2)

X_{ij}：ゾーンi-j間の分布交通量
O_i：ゾーンiの発生交通量$(i=1,2,\cdots,I)$
D_j：ゾーンjの集中交通量$(j=1,2,\cdots J)$
$\delta_{l,r}^{ij}$：パス行列の要素
x_r^{ij}：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
$B_l(y)$：リンクlのパフォーマンス関数
$g_{ij}(x)$：ゾーンi-j間の逆需要関数

ところで，ゾーンi-j間の需要曲線として次式のような重力型モデルを考えてみる。

$$X_{ij}=\kappa A_{ij}e^{-\gamma t_{ij}} \quad (3)$$

ここに，t_{ij}：ゾーン間所要時間，$A_{ij}=(O_i D_j)^{\alpha}$，
κ，α，γ：パラメータ

このとき[P1]は次の最小化問題[P2]となる。

[P2]

最小化：$\frac{1}{\gamma}\sum_i\sum_j X_{ij}\{\ln(X_{ij}/\kappa A_{ij})-1\}+\sum_l\int_0^{y_l} B_l(y)\,dy$　(4)

制約条件：　式(2)に等しい

ただし，式(4)を誘導する際$\lim_{X_{ij}\to 0} X_{ij}\ln X_{ij}\to 0$　を仮定している。

式(4)は明らかにEvans[2]の提案した同時推定モデルと等価である。[P1]，[P2]の解は以下のようである。

$$\overset{*}{X}_{ij}=\kappa(O_iD_j)^{\alpha}e^{-\gamma(\varphi_{ij}-\lambda_i-\mu_j)} \quad (5)$$

$$\left.\begin{aligned}\varphi_{ij}&=\sum_{l}\delta_{l,r}^{ij}B_l(y_l) \qquad x_r^{ij}>0\\ \varphi_{ij}&\leq\sum_{l}\delta_{l,r}^{ij}B_l(y_l) \qquad x_r^{ij}=0\end{aligned}\right\} \quad (6)$$

$$\sum_{j}\overset{*}{X}_{ij}=O_i \quad , \quad \sum_{i}\overset{*}{X}_{ij}=D_j \quad (7)$$

ここで，λ_i, μ_j, φ_{ij} は各々Kuhn-Tucker乗数である。上式において $a_i=e^{\gamma\lambda_i}$, $b_j=e^{\gamma\mu_j}$ とおき，式(7)を考慮すると

$$X_{ij}=\kappa a_ib_j(O_iD_j)^{\alpha}e^{-\gamma\varphi_{ij}} \quad (8)$$

$$\left.\begin{aligned}a_i&=1/\kappa O_i^{\alpha-1}\sum_{j}b_jD_j^{\alpha}e^{-\gamma\varphi_{ij}}\\ b_j&=1/\kappa D_j^{\alpha-1}\sum_{i}a_iO_i^{\alpha}e^{-\gamma\varphi_{ij}}\end{aligned}\right\} \quad (9)$$

Evansはパラメータγの決定方法について具体的な方法を示していないが，ここではこれを先験モデル(3)を用いてデータより回帰分析で求められているものとする。γが先決されているので[P1]はEvansの提案したアルゴリズムを用いて解くことができる。

3. 岐阜市への適用例

配分結果の適合度を表1にあげておく。適合度の測度としてはTheilの不一致係数を用いた。未修正OD交通量とは，パーソントリップ調査より求められたOD交通量をそのまま用いたものであり，また，修正OD交通量とは，スクリーンライン交通量に一致させるようOD表を修正したものである。

表1の結果から次のことが言える。修正OD交通量と未修正OD交通量の配分結果を較べた時，当然のことながら前者の方がよい適合度を示している。[3] さらに注目すべきことは，配分方法に分布・配分同時推定法を用いた場合，その適合度は修正OD交通量を配分した値にほぼ等しい値を得る。このことは，以下のような意味をもつ。従来の段階的需要推計法においては，パーソントリップ調査により一旦得られたOD交通量をスクリーンライン交通量に一致させるように修正し，その結果を配分するのであるが，分布・配分交通量の同時推定法を用いるならば，この作業を省略することが可能になると思われる。

表2は，実測ODと同時推定モデルによるODとを比較した結果であるが，これからも同時推定モデルの適合度がよいことがわかる。以上の結果より同時推定モデルのもつ実用性が確かめられた。

表1. 配分結果の適合度

配分方法	配分したOD交通量	Theilの不一致係数
OD交通量固定(利用者最適化配分法)	未修正OD交通量	0.247
	修正OD交通量	0.213
同時推定法		0.218
5分割法	未修正OD交通量	0.283

注：走行時間関数として修正BPR関数[3]を使用している。

表2. 実測ODと同時モデルによるODとの比較

χ^2/n	相関係数	Theilの不一致係数
61.7	0.951	0.137

n：ゾーンペア数 (36×36)

注：この表の数値は反復回数40回の時の値である。

4. おわりに

本研究で考察した分布・配分同時推定モデルは，従来のヒューリスティックな需要推計法で用いるOD間所用時間のずれが解消されるという点で整合性が保たれている。また，実用的にも十分適用可能であることが明らかにされた。これは本研究の大きな成果の一つと言えよう。

なお，今後進める方向としては，推定値の信頼度分析を行ない，本モデルを用いた場合の交通量の区間推定法を発展させていきたい。

参考文献

(1)Beckmann, M.J et al ; Studies in the Economics of Transportation (1956)
(2)Evans, S.P ; Derivation and Analysis of Some Models for Combining Trip Distribution and Assignment. Trans, Res(1976)
(3)加藤・宮城・平岡；最短経路原則に基づく交通配分法の比較・検討，交通工学(1979)