IV－199　交通量データを用いた非集計行動モデルの改良方法

京都大学　正　屋井鉄雄
東京工業大学　正　森地茂

1. はじめに

本研究は、森地ほか(1985)において提案した、非集計目的地選択モデルを用いて分布交通量を推計する方法論を発展させたものであり、種々の交通量データが与えられた条件下で、それらを有効に利用してモデルを改良し、分布交通量等の推計精度を高める方法論を開発している。たとえば、パーソントリップ調査データのない中小都市においても、国勢調査より市町村間通勤通学ＯＤ表を得ることができる。その際、少数データの抽出をもとに非集計目的地選択モデルを構築し、市町村間ＯＤ交通量を総量制約として導入した上で分布交通量を推計すれば、より精度の高い結果を得ることが可能となる。

本研究では上記の例に代表されるような交通量データの種類を、生成交通量、発生交通量、集中交通量、所要ＯＤ表よりも粗い分布交通量とし、これらの任意の組合せに対する方法論を提案している。

なお、分布交通量の推計は、①現況ＯＤ表がない場合にそれを推計するためと、②将来ＯＤ表を推計するためとの２つの目的で成されるが、本方法は両者に対応可能なものである。

2. 分布交通量の推計方法論

非集計行動モデルにおける従来の需要予測方法では、対象人口と発生頻度選択モデル、もしくは生成交通量と発地選択モデルのいずれかの組合せによって発生交通量が得られ、それと目的地選択モデルとを用いることによって分布交通量を推計できる。また発生交通量の推計段階に非集計行動モデルを用いない場合には、集計型モデル等を適用した上で、同様に分布交通量を算出できる。

1)集中交通量が与えられた場合

ここで更に、集中交通量が得られている状況を考える。非集計目的地選択モデルを発地 i ごとに分類法を用いて集計すれば、シェア $\hat{S}_{j|i}$ は、

$$\hat{S}_{j|i} = \sum_{g=1}^{G} W_{ig}\, P(j \mid \bar{Z}_{jg|i}, \hat{\theta}) \tag{1}$$

によって求まる。(1)式で W_{ig} は i ゾーンにおける層 g の割合、$\bar{Z}_{jg|i}$ は層ごとの変数平均値、$P(j \mid \bar{Z}_{jg|i}, \hat{\theta})$ は各層の j 目的地(ゾーン)選択確率を表わす。層ごとの効用を、

$$V_{jg|i} = \sum_{k=1}^{K} \hat{\theta}_k \bar{Z}_{jgk|i} \tag{2}$$

とおけば、ロジットモデルでは、

$$\hat{S}_{j|i} = \sum_{g=1}^{G} W_{ig}\, e^{\lambda V_{jg|i}} \Big/ \sum_{j' \in D} e^{\lambda V_{j'g|i}}, \quad D\text{：ゾーン数} \tag{3}$$

となる。このとき、(3)式より求まる集中交通量（$\hat{t}_{\cdot j} = \sum_{i \in D} t_{i\cdot} \hat{S}_{j|i}$）を所与の値 $t_{\cdot j}$ に一致させるために、効用項に新たな定数項 δ_j を導入し、

$$t_{\cdot j} = \sum_{i \in D} t_{i\cdot} \sum_{g=1}^{G} W_{ig}\, e^{\lambda V_{jg|i} + \delta_j} \Big/ \sum_{j' \in D} e^{\lambda V_{j'g|i} + \delta_{j'}}, \quad \forall j \in D \tag{4}$$

を満たすようにそれを求める。その結果、集中量制約を満足するように分布交通量 $\hat{t}_{ij}$ を推計できる。(森地ほか(1985))

2)粗分割ゾーンのＯＤ表が与えられた場合

前述した国勢調査の例のように所要単位よりも粗い単位のＯＤ表が得られている場合に、そのデータを有効に利用して分布交通量を推計する方法を以下に示す。

粗分割されたＯＤ表における発生、集中、分布の各交通量を、それぞれ $t_{k\cdot}$, $t_{\cdot\ell}$, $t_{k\ell}$ とし、k, ℓ に含まれる所要単位のゾーンの集合を D_k, D_ℓ とする。単純化のために、所要ゾーンの発生交通量 $t_{i\cdot}$ が既知の場合を考える。このとき、

$$t_{k\ell} = \sum_{i \in D_k} \sum_{j \in D_\ell} \hat{t}_{ij}, \quad k, \ell = 1, \cdots B,\ B\text{：粗分割ゾーンの数} \tag{5}$$

なる等式が総ての k, ℓ で成立するように $\hat{t}_{ij}$ を求めることを考える。

$$\hat{t}_{ij} = t_{i\cdot} \cdot \hat{S}_{j|i} \tag{6}$$

(6)式における $\hat{S}_{j|i}$ を(1)式と同様に分類法で表わした上で、新たな定数項 $\mu_{\ell|k}$ を導入し、

$$\hat{S}_{j|i} = \sum_{g=1}^{G} W_{ig}\, e^{\lambda V_{jg|i} + \mu_{\ell|k}} \Big/ \sum_{\ell'=1}^{B} \sum_{j' \in D_{\ell'}} e^{\lambda V_{j'g|i} + \mu_{\ell'|k}} \tag{7}$$

と表わす。$\mu_{\ell|k}$ は粗分割ＯＤ表の各セルに対応する定数で、(5)～(7)式より、結局、

$$t_{k\ell} = \sum_{i \in D_k} t_{i\cdot} \cdot \sum_{g=1}^{G} W_{ig} \frac{e^{V_{\ell g|i} + \mu_{\ell|k}}}{\sum_{\ell'=1}^{B} e^{V_{\ell' g|i} + \mu_{\ell'|k}}} \tag{8}$$

$$V_{\ell g|i} = \ln \sum_{j' \in D_\ell} e^{V_{j'g|i}} \tag{9}$$

が得られる。$\mu_{\ell|k}$ の決定には、

$$f(\mu_{\ell|k}) = t_{k\ell} - \sum_{i \in D_k} t_{i\cdot} \cdot \sum_{g=1}^{G} W_{ig}\, \hat{S}_{\ell g|i} \tag{10}$$

$$\hat{S}_{lg|i} = \frac{e^{V_{lg|i} + \mu_{l|k}}}{\sum_{l'=1}^{B} e^{V_{l'g|i} + \mu_{l'|k}}} \quad , \; i \in D_k \tag{11}$$

とおけば、

$$\frac{\partial f(\mu_{l|k})}{\partial \mu_{l'|k}} = \sum_{i \in D_k} t_{i\cdot} \sum_{g=1}^{G} w_{ig} \hat{S}_{lg|i} \left(\Delta_{l'} - \hat{S}_{l'g|i} \right) \tag{12}$$

$$\Delta_{l'} \begin{cases} = 1 & l' = l \\ = 0 & l' \neq l \end{cases}$$

と求まるので、$f(\mu_{l|k}) = 0 \; (l = 1, \cdots, B)$となるように$k$ごとに逐次計算を行えば良い。これによって粗分割ゾーンの分布交通量を総量制約とした所要単位のOD表を推計することができる。

以上では、発生交通量$t_{i\cdot}$を既知としたが、これが得られておらず、非集計行動モデルで推計する場合を次に考える。発生交通量$\hat{t}_{k\cdot}$は、発地選択モデルを集計し、それに生成交通量$t_{\cdot\cdot}$を乗じることよりもとまるが、それより求まる$\hat{t}_{k\cdot}$は、所与の値$t_{k\cdot}$に一致しない。分類法を例に取れば、発地のシェア$\hat{S}_{i_k}$は、

$$\hat{S}_{i_k} = \sum_{h=1}^{H} w_h e^{\lambda' V_{i_k h}} \Big/ \sum_{k'=1}^{B} \sum_{i \in D_{k'}} e^{\lambda' V_{ih}} \tag{13}$$

で表わされる。w_hは層の割合、$V_{i_k h}$は層hのゾーンi_kに対する効用を表わし、

$$V_{i_k h} = \frac{1}{\lambda} \ln \sum_{l'=1}^{B} \sum_{j' \in D_{l'}} e^{\lambda V_{j'h|i_k}} + V^{o}_{i_k h} \tag{14}$$

である。従って$\hat{t}_{k\cdot}$は、

$$\hat{t}_{k\cdot} = \sum_{i \in D_k} t_{\cdot\cdot} \sum_{h=1}^{H} w_h \frac{e^{\lambda' V_{i_k h}}}{\sum_{k'=1}^{B} \sum_{i' \in D_{k'}} e^{\lambda' V_{i'h}}} \tag{15}$$

より得られる。ここで、$\hat{t}_{k\cdot}$を$t_{k\cdot}$に一致させ、粗分割ゾーンにおける発生量との斉合を取るために、(4)式と同様な定数η_kを導入し、

$$\begin{aligned} \hat{t}_{k\cdot} &= t_{\cdot\cdot} \sum_{i \in D_k} \sum_{h=1}^{H} w_h \frac{e^{\lambda' V_{i_k h} + \eta_k}}{\sum_{k'=1}^{B} \sum_{i \in D_{k'}} e^{\lambda' V_{ih} + \eta_{k'}}} \\ &= t_{\cdot\cdot} \sum_{h=1}^{H} w_h \frac{e^{V_{kh} + \eta_k}}{\sum_{k'=1}^{B} e^{V_{k'h} + \eta_{k'}}} \end{aligned} \tag{16}$$

$$V_{kh} = \ln \sum_{i \in D_k} e^{\lambda V_{ih}} \tag{17}$$

とした上で、$t_{k\cdot} = \hat{t}_{k\cdot}$となるように(12)式と同様な逐次計算を行えば良い。以上は定数η_kを$\mu_{l|k}$とは別に2段階で推計する方法を述べたものであるが、発地選択と目的地選択とを同時選択モデルとして表現する場合には、$\mu_{kl} (= \mu_{l|k} + \eta_k)$として2種類の定数を一度に求めることも可能である。

3) 方法論の一般化

以上に示した方法論は、条件が幾分変化しても十分に適用、拡張可能である。たとえば、集中交通量に関して、粗分割ゾーンに対する値のみが得られていれば、1)の方法を粗分割ゾーンに適用して総量制約を満足させられる。また2)において、更に所要単位の集中交通量$t_{\cdot j}$が得られていれば、(11)式の$\mu_{l|k}$のかわりに、

$$\rho_{kj} = \mu_{l|k} + \gamma_j \qquad , \; j \in D_l \tag{18}$$

を導入し、集中交通量に対する制約式、

$$t_{\cdot j} = \sum_{k=1}^{B} \sum_{i \in D_k} t_{i\cdot} \sum_{g=1}^{G} w_{ig} \frac{e^{V_{jg|i} + \rho_{kj}}}{\sum_{l'=1}^{B} \sum_{j' \in D_{l'}} e^{V_{j'g|i} + \rho_{kj'}}} \tag{19}$$

をも同時に満足するように、$\mu_{l|k}$ $(k = 1, \cdots, B, \; l = 1, \cdots B-1)$、$\gamma_j$ $(j = 1, \cdots, J-1$：JはDの要素数$)$を推計することが可能である。また(13)~(17)式で示した発生交通量に対する総量制約の導入に留まらず、交通手段別交通量に対する制約の導入等も、分布交通量の場合と同様に行えることは容易に理解されよう。

3. 各種集計方法への対応

2.では分類法を例に方法論を展開したが、本方法は平均値法や数え上げ法に対しても容易に適用できる。すなわち、(1)式において、$G = 1$の場合が平均値法であり、また$G = N_i$ (N_iはサンプル数)で、$w_{ig} = 1/N_i$の場合、

$$\hat{S}_{j|i} = \sum_{g=1}^{N_i} \frac{1}{N_i} P(j \mid z_{jg|i}, \hat{\theta}) \tag{20}$$

が数え上げ法である。従って何れの場合でも分類法と同様に推計を行える。ただし、数え上げ法では層の数が極端に増えるため計算量が増すことは避けられない。

4. おわりに

本研究で示した非集計行動モデルによる分布交通量の推計方法は、@所与の交通量の種類(発生、集中、…、細分割、粗分割等)、Ⓑ集計方法、©モデルの構成(段階選択モデル、同時選択モデル)といった幾つかの条件によって異なる。これは非集計行動モデルの特徴の1つと言える、任意の段階で集計が行える利点を生かした結果であり、一般に集計モデルにおいて行われる総量制約の導入方法が、交通量自体を修正する論理的根拠の不十分なものであった点を、交通行動にさかのぼって対処したものと言える。ただし、定数項の決定に際して、それを裏付ける、行動原理に則した適切な論理の構築が、今後必要と言える。

森地茂，屋井鉄雄，田村亨（1985）；非集計行動モデルによるOD交通量推計方法，土木計画学研究・論文集2，pp45～52.