

IV-174

路側観測交通量によるOD推定手法 ～経路選択モデルのパラメータとの同時推定～

東京大学生産技術研究所 正会員 吉井稔雄
東京大学生産技術研究所 正会員 桑原雅夫

1. はじめに

一般的には、路側観測交通量からOD交通量を推定する場合、経路選択の余地のあるOD交通が存在するネットワークにおいては各経路の経路選択確率を外生的に与える必要がある。よく用いられる方法として、ロジットモデルによって経路選択率を設定する方法があるが、ロジットモデルの効用関数のパラメータ自体が対象地域によってどのような値をとるのかわかっていない場合が多い。そこで、本研究では、経路選択モデルのパラメータの同定を内生化した、路側観測交通量から時間変化するOD交通量を推定するモデルを提案する。

2. モデルの基本概念

本研究で提案するモデルは、以下のような繰り返し計算法である。

- ①いくつかのパラメータを有する経路選択モデルにより経路選択確率を求める。
- ②求められた経路選択確率に従って、既存の方法でOD交通量を求める。
- ③推定されたOD交通量と経路選択確率に基づいて計算されるリンク交通量と観測リンク交通量の残差二乗和が最小になるように経路選択モデルのパラメータを更新するものである。

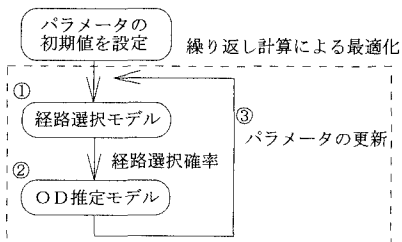


図1 OD推定モデル

3. モデルの構成

3. 1 経路選択モデル

ここでは、モデルの方法論を簡潔に説明するために、各経路の効用を式(2)で与えるロジットモデルを採用する。

すなわち、個人 n が選択可能な経路の集合 J の中から i 番目経路を選択する確率は、

$$P_{ni} = \text{Prob}\{U_i > U_j, j \in J, j \neq i\} \quad (1)$$

$$U_i = \alpha \cdot T_i + \epsilon \quad (2)$$

U_i : i 番目経路の効用

T_i : i 番目経路の（実際に経験する）旅行時間

α : パラメータ

ϵ : 誤差項

となる。

3. 2 OD推定モデル

時間帯別のODの推定には、桑原らによって提案された方法を用いる。以下に簡単に説明する。

- ①観測交通量とOD交通量の関係を経路選択確率を用いて定式化する。

$$v_a(t) = \sum_{rs} \sum_t q_{rs}(tr) \cdot p_{rs}^a(tr, t) \quad (3)$$

$v_a(t)$: リンク a の時間帯 t における観測交通量

$q_{rs}(tr)$: 起点を r 、終点を s とするODペアのうち時間帯 t_r に r を出発するOD交通量

$p_{rs}^a(tr, t)$: 時間帯 t_r に起点 r を出発し、終点 s に向かう交通が時間帯 t に観測地点のリンク a に流入する確率

なお、 $v_a(t)$ 、 $p_{rs}^a(tr, t)$ については、前者が観測により求められる定数、後者が各リンクの所要時間を与えることにより式(1)を用いて計算される定数である。

- ②式(4)で表されるエントロピーを最大化するようにOD交通量を推定する。

$$S(q) = - \prod_{tr} \frac{\left\{ \sum_{rs} q_{rs}(tr) \right\}!}{\prod_{rs} q_{rs}(tr)} \prod_{rs} (Z_{rs}(tr))^{q_{rs}(tr)} \quad (4)$$

$Z_{rs}(tr) : q_{rs}(tr) \text{ の重み}$

この方法を用いると、媒介変数ベクトル Xa を用いて、推定量は

$$q_{rs}(tr) = Z_{rs}(tr) \prod_a \prod_t X_a(t)^{p_{rs}^a(tr, t)} \quad (5)$$

で表され、式(3)の条件は、式(6)に置き換えられる。

$$v_a(t) = Z_{rs}(tr) \prod_a \prod_t X_a(t)^{p_{rs}^a(tr, t)} \cdot p_{rs}^a(tr, t) \quad (6)$$

ただし、観測されていないリンクでは $X_a(t)=1.0$ とする。この条件式は時間帯別の総観測リンク数個有り、未

知数は X_a のみで、観測されていないリンクを除くと条件式と同数になり、全ての制約式が独立であるならば、解は一意に求められることになる。式(6)の連立方程式を解くかわりに以下のような残差二乗和 Z を最小にするように最急降下法で X_a を求める。

$$\min Z = \sum_a \sum_t \left(v_a(t) - \sum_{rs} \sum_{tr} Z_{rs}(tr) \prod_{a \in tr} X_a(t) p_{rs}^a(t, tr) \cdot p_{rs}^a(tr, t) \right)^2 \quad (7)$$

3. 3 パラメータの更新

経路選択モデルのパラメータの更新については、以下の方法を用いる。

- ①初期パラメータベクトル $\mathbf{Y}_0$ を与える。
- ②パラメータを $\mathbf{Y}_0$ とする経路選択モデルを用いた経路選択確率に基づき、OD推定モデルを用いてOD推定を行い、残差二乗和 Z_0 の値を計算する。
- ③ $\mathbf{Y}_m$ の各要素毎に微少量変動させたベクトル $\mathbf{Y}_m^\alpha, \mathbf{Y}_m^\beta, \dots$ を使い、②と同様にして $Z_m^\alpha, Z_m^\beta, \dots$ を計算する。

$$\begin{aligned} \mathbf{Y}_m^\alpha &= \mathbf{Y}_m + \begin{bmatrix} \Delta\alpha \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ \Delta\beta \\ 0 \\ \vdots \end{bmatrix} \\ \mathbf{Y}_m^\beta &= \mathbf{Y}_m + \begin{bmatrix} 0 \\ \Delta\alpha \\ \vdots \\ \Delta\beta \\ 0 \\ \vdots \end{bmatrix} \\ &\vdots \end{aligned} \quad (8)$$

- ④降下方向ベクトル $\mathbf{d}_m$ (式(9)) の方向に一次元探索を行い、その方向での最適解 $\mathbf{Y}_{m+1}$ を決定する。

$$\mathbf{d}_m = - \begin{bmatrix} \frac{\partial Z}{\partial \alpha} |_{\mathbf{Y}_m} \\ \frac{\partial Z}{\partial \beta} |_{\mathbf{Y}_m} \\ \vdots \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$\text{ただし } \left| \frac{\partial Z}{\partial \alpha} \right|_{\mathbf{Y}_m} = \frac{Z_m^\alpha - Z_m}{\Delta\alpha}, \left| \frac{\partial Z}{\partial \beta} \right|_{\mathbf{Y}_m} = \dots,$$

- ⑤ $\mathbf{Y}_{m+1}$ を用いて Z_{m+1} の値を計算し、 $Z_{m+1} = 0$ or $Z_m - Z_{m+1} < r$ (r は収束判定基準値) なら計算終了
そうでなければ、ステップ③へ戻る。

4. モデルの検証

モデルの挙動を確認するため、図1に示すネットワークを用いて、一つの時間帯のOD（静的なOD）について推定を行った。

設定した入力データを表1に示す。

表1 入力データの設定

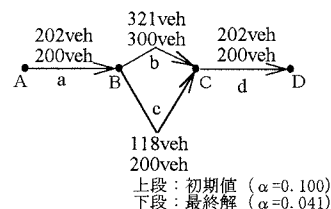
リンク	旅行時間	観測交通量
a	10分	200veh
b	10分	300veh
c	20分	200veh
d	10分	200veh

経路選択モデルのパラメータ（式(2)の α ）の初期値を 0.1[分]としてOD推定した場合の、初期値での推定結果および最終的な推定結果を表2に、それぞれの結果により各リンクに配分される交通量を図2に示す。

表2 推定OD交通量

		単位 (veh)			
OD		B	C	D	
A		8	108	86	
B			137	108	
C				8	

初期解 ($\alpha=0.100$) 最終解 ($\alpha=0.041$)



初期値での推定結果とは、経路選択モデルのパラメータを固定してODの推定を行った場合の一例を示すものである。このように、パラメータを固定した場合には、推定されたODは、観測地点での観測交通量を再現しないが、パラメータに自由度を与えれば、観測交通量を再現するODが得られた。この結果によるOD交通量は正しいものとは限らないが、このODを用いた場合には、少なくとも観測地点に観測交通量に見合った交通量が配分されるので、シミュレーションを適用して現状再現を行う際に、車両の挙動に関するパラメータ（各リンクの交通容量など）を設定するにはかなり有効なODを入力することが可能となる。

5. 今後の課題

今後の課題は、

- ・経路選択行動の分析を行い、モデル化すること
- ・複数あるパラメータの設定方法を確立すること

である。

参考文献

- 1) 桑原、小根山；路側観測交通量からの時間変化するOD交通量の推定、第49回土木学会年次学術講演概要集第4部、pp752-753,1994
- 2) 小根山、桑原；路側観測交通量からの時間変化するOD交通量の推定モデルと適用実験、第50回土木学会年次学術講演概要集第4部、pp154-155,1995