

日建設計(株) 正会員 ○金井一二

金沢大学工学部 正会員 飯田恭敬 高山純一 学生員 水口玲二

1. はじめに

著者等はこれまで道路区間で観測された実測交通量を用いて、道路網内の各種交通需要量(発生・集中交通量, OD交通量, 経路交通量)を推計する, いわゆる実測路上交通量モデルを提案してきた。これらのモデルでは, 道路区間交通量は発生交通量, OD間抵抗係数, OD別道路区間利用率の3変数からなる関数として表わされており, 先決変数の組合せによって, 4つのモデルに分類されている。^{1), 2)} 本報告では, 発生交通量とOD別道路区間利用率を未知変量としたモデル3について検討を行う。このモデルの特徴は, 分布モデルとしての重力モデルと配分モデルとしてのDialの確率配分法³⁾を結合させて, 同時決定するとともに, このことによってOD別道路区間利用率に対する電算機容量の節約をはかることにある。なお, このモデルは解法の違いによって3つのタイプに分けることができる。今回はモデルの基本的な考え方を説明するとともに, モデル計算によりモデル適用上の留意点(収束性, 推計精度 etc)を明らかにする。

2. 基本的な考え方

交差点(ノード)に交通量の発生・集中機能と通過機能を持たせ, ネットワークを作成すると, ノード*i*からノード*j*へのOD交通量 T_{ij} はノード*i*からの発生交通量 A_i とノード*i* j 間の交通量抵抗係数 R_{ij} を用いて, 式(1)のように表わすことができる。ここで, α_i , β_j はトリップエンド条件式を満たすための調整係数であり, ΔD_j はノード*j*に固有な定数(ノード*j*からノード*k*へ向かう道路区間の実測交通量を RX_{jk} としたとき, 式(2)で計算される値)である。

$$T_{ij} = \alpha_i A_i \beta_j (A_j - \Delta D_j) R_{ij} \quad (1)$$

$$\Delta D_j = \sum_k RX_{jk} - \sum_k RX_{kj} \quad (2)$$

また, ここではDialの確率配分法を用いて T_{ij} を各道路区間へ配分する。この配分法は, 経路*k*の選択確率を P_k , 効率的経路の集合を P , 最短経路の所要時間を t^* , 経路*k*の所要時間を t_k とした場合, 式(3)で表わされるロジットモデルにより, OD交通量 T_{ij} を効率的経路に配分するものである。

$$P_k = \begin{cases} \frac{\exp(\theta(t^* - t_k))}{\sum_{p \in P} \exp(\theta(t^* - t_p))} & \text{if } P \in P \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

ここで, 効率的経路(parallel probabilistic assignment による定義)とは, この経路を進むことにより必ず出発点から遠ざかる経路のことを言う。 θ (配分パラメータ)は $0 \leq \theta \leq \infty$ の値であり, θ がゼロならばすべての効率的経路に等確率で配分される。 θ が ∞ ならば最短経路配分となる。なお, この配分方法は計算アルゴリズムが単純であるため計算時間, 計算機容量の節約という点でも有効である。

モデル3では, 発生交通量 A_i と配分パラメータ θ (あるいは, 交差点分岐率 iS_{jk})が未知変量となるため, 推計は A_i の収束計算と θ (あるいは, iS_{jk})の収束計算を交互に繰り返すことにより行う。以下に, その推計手順を示す。

(1) 配分パラメータ θ を用いる場合(モデル3 a, 3 b)

①道路区間*m*の実測交通量 $RX_m(\Delta D_j)$, 所要時間 t_m , OD間抵抗係数 R_{ij} を外生的に与える。② A_i , θ に初期値を与える。③式(1)により T_{ij} を求める。④式(3)により配分を行う。

⑤配分で得られた推計交通量を EX_{ik} とし, 式(4)を用いて A_i の修正(n は修正回数を示す)を行う。⑥ θ の修正は, 式(5)または式(6)を用いて行う。このとき, 式(5)の最小自乗法を用いるものをモデル3 a, 最尤法を用いて誘導された式(6)⁴⁾を用いるものをモデル3 bとする。⑦修正された A_i , θ を用いて道路区間交通量 EX_m を推計する。⑧実測値との誤差が小さくなるまで⑤以下を繰り返す。

$$A_i^{(n+1)} = \frac{A_i^{(n)} \left\{ \sum_k RX_{ik} - \sum_k EX_{ik}^{(n)} \right\}}{\sum_k RX_{ik}} + A_i^{(n)} \quad (4)$$

$$\sum_m (RX_m - EX_m)^2 \rightarrow \min. \quad (5)$$

$$\sum_m (t_m RX_m - t_m EX_m) = 0 \quad (6)$$

(2) 交差点分岐率 $iS_{j,k}$ を用いる場合 (モデル3c)

この方法は配分パラメータ θ の代わりに、効率的経路を対象として仮定した発生ノード別の交差点分岐率 $iS_{j,k}$

(i は発生ノード, j は分岐ノード, k は j に隣接するノード) を用いて配分計算を行うものである (モデル3c)。

$$S_{7,8}^{(n+1)} = \frac{S_{7,8}^{(n)} (RX_{7,8} / EX_{7,8}^{(n)})}{S_{7,8}^{(n)} (RX_{7,8} / EX_{7,8}^{(n)}) + S_{7,12}^{(n)} (RX_{7,12} / EX_{7,12}^{(n)})} \quad (7)$$

$$\sum_i (A_i / \sum_j A_j - SA_i / \sum_j SA_j)^2 \rightarrow \min. \quad (8)$$

推計手順のうち θ を用いる場合と異なるのは、④配分計算、⑤ A_i の修正、⑥ $iS_{j,k}$ の修正の3箇所である。配分計算は A_i に $iS_{j,k}$ を順次 (効率的経路の順に) 掛け合わせるようにして行う。ただし、 $iS_{j,k}$ の初期値は適当に仮定した配分パラメータ θ^* を用いて1回だけDialの配分を行うことにより求める。交差点分岐率 $iS_{j,k}$ の修正は計算交通量 $EX_{j,k}$ と実測交通量 $RX_{j,k}$ の比を用いて行う。一例をあげて説明すると、たとえば図-1の道路網において、ノード1を発生ノード、ノード7を分岐ノード (ノード8とノード12へ分岐する) とした場合、ノード8への分岐率 $S_{7,8}$ は式(7)のようにして修正する。なお、 A_i の修正は式(4)を用いるが、 θ の代わりに $iS_{j,k}$ を用いることで未知変量が多くなり、解が唯一ではなくなるため式(8)の目的関数を導入する。これは、推計OD交通量の発生パターンが既存OD交通量 (または、サンプルOD交通量) の発生パターンとなるだけ等しくなるようにするためのものであり、 SA_i は既存のパーソントリップ調査資料等から得られるノード i の発生交通量を示す。

3. 計算例と考察

図-1の道路網を対象にモデル計算を行った。シミュレーションではサンプルOD交通量 (または既存OD交通量) を任意に仮定し、その10倍が真実OD交通量であるとする。 θ の真実値 $R\theta$ を任意に設定して、Dialの方法で真実OD交通量を道路網へ配分する。各道路区間の配分交通量を実測道路区間交通量とみなして推計を行う。OD間抵抗係数 R_{ij} はサンプルOD交通量を用いて算出する。 θ の推計精度 (δ_θ) は比率誤差で表わし、道路区間交通量 EX_m とOD交通量 T_{ij} の推計精度 (δ_x , δ_T) は重みつき標準比率誤差で表わす。今回は、 $R\theta$ を任意に設定し、 θ の初期値 $\theta^{(n=0)}$ が推計精度にどのような影響を及ぼすかについて検討を行った。結果の一例を、表-1~表-3 ($E\theta$ は θ の推計値) に示す。

モデル3aの場合、初期値 $\theta^{(n=0)}$ の設定によって多少推計精度は異なるが、どのケースにおいてもほぼ良好な推計結果が得られている。特に、 $R\theta$ が小さい場合に精度が良いといえる。モデル3bの場合は $R\theta$ が1.0以上 (ケース3, ケース4) になると、 θ の推計が不可能となり解が求まらない場合がある。したがって、モデル3bは $R\theta$ が小さい値のときのみ有効な手法といえる。モデル3cの場合、やはり初期値 $iS_{j,k}$ (θ^*) の与え方によって推計精度は異なるが、ほぼ良好な推計結果が得られている。ただし、モデル3cでは式(8)に示すように、既存ODの発生パターン (発生交通量比率) を用いているため、ODパターンが大きく変化しない場合に有効な手法といえる。なお、詳しい解析は講演時に発表したい。

参考文献

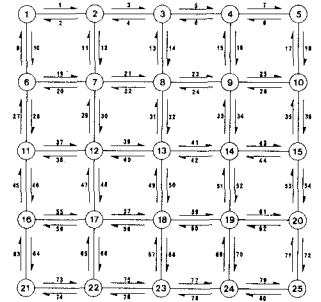


図-1 モデル計算に用いた対象道路網

表-1 モデル3aの推計結果 (修正回数50回)

ケース	$R\theta$	$\theta^{(n=0)}$	$E\theta$	δ_θ (%)	δ_x (%)	δ_T (%)
ケース1	0.152	1.000	0.155	1.97	0.39	4.75
ケース2	0.355	0.050	0.354	0.28	0.33	4.63
ケース3	0.355	3.000	1.362	1.97	0.42	7.48
ケース4	1.313	0.100	1.175	10.51	1.22	10.64
ケース5	1.313	5.000	1.301	9.91	1.07	11.50
ケース6	2.733	1.000	2.534	7.28	1.32	12.10
ケース7	2.733	5.000	2.483	9.15	1.26	7.53

表-2 モデル3bの推計結果 (修正回数50回)

ケース	$R\theta$	$\theta^{(n=0)}$	$E\theta$	δ_θ (%)	δ_x (%)	δ_T (%)
ケース1	0.152	1.000	0.153	0.66	0.24	4.10
ケース2	0.355	0.050	0.359	1.13	0.45	5.07
ケース3	1.313	0.100	—	—	—	—
ケース4	2.733	1.000	308.328	11181.67	3.14	19.25

表-3 モデル3cの推計結果 (修正回数40回)

ケース	$R\theta$	θ	δ_x (%)	δ_T (%)
ケース1	0.300	0.100	2.27	2.72
ケース2	0.300	1.000	4.72	3.59
ケース3	1.000	0.300	3.78	3.19
ケース4	1.000	3.000	1.68	0.50
ケース5	3.000	1.000	2.10	0.98
ケース6	3.000	5.000	0.83	0.16