

IV-85 発生交通量を未知としたリンクフローからのOD推計モデルの精度比較

金沢大学工学部 正会員 ○高山純一
京都大学工学部 正会員 飯田恭敬

1. はじめに

リンク観測交通量に基づく各種OD推計モデル(OD交通量を未知変量とする場合)のモデル構造比較については、既に発表した¹⁾。ここでは、発生交通量を未知変量とする2タイプ4種類のモデルについて、シミュレーションにより、その推計特性を明かにする。

2. 発生交通量を未知変量とする残差平方和最小化モデル²⁾

(1) 道路区間モデル

このモデルは、道路区間交通量の推計値 EX_k と実測値 RX_k の残差平方和(式(1))が最小になるようにモデル定式化を行えばよい。

$$G = \sum_k (EX_k - RX_k)^2 \\ = \sum_k (\sum_i \sum_j A_i F_{ij} P_{ij}^k - RX_k)^2 \Rightarrow \text{Min.} \quad (1)$$

ここで、 A_i はゾーンiの発生交通量を表わし、 F_{ij} はゾーンiからゾーンjへのOD推移確率($\sum_j F_{ij} = 1.0$)を表わす。また、 P_{ij}^k はOD交通量 T_{ij} が道路区間kを利用する確率(道路区間利用率)を表わす。ただし、 F_{ij} 、 P_{ij}^k は外生的に与えられるものとする。

(2) 発生交通量モデル

道路区間交通量を制約条件として、発生交通量の残差平方和が最小になるようにモデル定式化を行えばよい。

$$H = \sum_i (T \cdot F_i - A_i)^2 \Rightarrow \text{Min.} \quad (2)$$

制約条件

$$RX_k = \sum_i \sum_j A_i F_{ij} P_{ij}^k \quad (k=1, 2, \dots, m) \quad (3)$$

$$T = \sum_i A_i \quad (4)$$

ここで、 T はトータル交通量であり、 F_i はゾーンiの発生確率($\sum F_i = 1.0$; 外生値)を表わす。

(3) 結合モデル

式(1)と式(2)を結合し、道路区間交通量と発生交通量の総残差平方和が最小になるようにモデル化を行えばよい。

$$L = \sum_k (\sum_i \sum_j A_i F_{ij} P_{ij}^k - RX_k)^2 \\ + \sum_i (T \cdot F_i - A_i)^2 \Rightarrow \text{Min.} \quad (5)$$

制約条件 $T = \sum_i A_i$

残差平方和最小化モデルは、いずれもラグランジュの未定乗数法を用いれば、簡単に連立一次方程式を解くだけでOD交通量を推計することができる。

3. 発生交通量を未知変量とするエントロピー最大化モデル(発生エントロピーモデル)³⁾

このモデルは、発生交通量の同時生起確率(式(6))を最大化するようにモデル定式化を行えばよい。

$$I = (T! / \prod_i A_i!) \prod_i (F_i)^{A_i} \Rightarrow \text{Max.} \quad (6)$$

制約条件

$$RX_k = \sum_i \sum_j A_i F_{ij} \cdot P_{ij}^k \quad (k=1, 2, \dots, m) \\ T = \sum_i A_i$$

このモデルの解法においても、ラグランジュの未定乗数法を用いるが、非線形の連立方程式を解く必要があるため、ここではその解法にプレント法を用いた。

4. シミュレーションの方法

本研究では、図-1に示す田字形の道路網(リンク上の数値はリンク所要時間を表す)を用いてシミュレーションを行った。具体的には、既存OD交通量 t_{ij}^* を任意に設定し、推計時の現実OD交通量 RT_{ij} とのOD分布パターンのずれの影響を考慮するために、次に示す3通りのODパターン変動シミュレーションを行った。ただし、 Z_{ij} 、 Z_i 、 Z_j は標準正規乱数である。

(1) ランダム型変動シミュレーション

$$RT_{ij} = \kappa \cdot t_{ij}^* (1.0 - \sigma_T \cdot Z_{ij}) \quad (7)$$

(2) 重力モデル型変動シミュレーション

$$RA_i = \kappa \cdot a_i^* (1.0 - \sigma_A \cdot Z_i) \quad (8)$$

$$RB_j = \kappa \cdot b_j^* (1.0 - \sigma_B \cdot Z_j) \quad (9)$$

$$RT_{ij} = \alpha_i RA_i \beta_j RB_j (\tau_{ij})^{-\gamma} \quad (10)$$

(3) OD推移確率型変動シミュレーション

$$RA_i = \kappa \cdot a_i^* (1.0 - \sigma_A \cdot Z_i) \quad (11)$$

$$RT_{ij} = RA_i F_{ij} (1.0 - \sigma_F \cdot Z_{ij}) \quad (12)$$

ここで、 κ は傾向変動の大きさを表わす係数であり、 σ_T 、 σ_A 、 σ_B 、 σ_F はそれぞれ T_{ij} 、 A_i 、 B_j 、 F_{ij} の変動の大きさを示すランダム誤差である。また、 α_i 、 β_j はトリップエンド条件式を満足させるための重力モデルのパラメータであり、 τ_{ij} はゾーンij間の所要時間、 γ はトリップ長指数を示す。

なお、 $a_i^* = \sum_j t_{ij}^*$ 、 $b_j^* = \sum_i t_{ij}^*$ である。

道路区間交通量の観測値 RX_k は RT_{ij} をDial確率配分法を用いて道路網に配分することにより計算した。

5. 推計結果と考察

シミュレーションはそれぞれ5組の正規乱数を発生させて行った。ただし、道路区間利用率の推定誤差 σ_p および道路区間交通量の観測誤差 σ_x はないものとした。推計結果の一例を表-1、表-2、表-3に示す。なお、残差平方和最小化モデルについてはOD推移確率（目的地選択確率）を修正重力モデルにより更新（Update）した場合⁴⁾の結果も合わせて示す。

これらの表より、OD分布パターンの変動の仕方および選択するリンク数によって各推計モデルの推計精度が異なることがわかる。まず、道路区間モデルではOD推移確率 F_{ij} が変化しなければ、まったく誤差なく推計することができる（表-3）。また、ODパターンが重力モデルに従って変化する場合（表-2）には、OD推移確率のUpdateの効果がみられ、その大きさは選択リンク数が多いほど大きい傾向にある。しかも、道路区間モデルにおいて特にその傾向が強い。しかし、ODパターンがランダムに変化する場合（表-1）には、ほとんどUpdateの効果は見られない。

選択リンク数の影響を比較すると、残差平方和最小化モデルにおいては選択リンク数が多いほど推計精度がよく、そのバラツキも小さい傾向にあるが、発生エントロピー法では逆に選択リンク数を多く取り過ぎると推計精度が悪化する傾向にある。これは、エントロピー最大化モデルの場合、モデルが非線形の最適化問題となるために、制約条件式の数が多い

くなると解の存在範囲が狭くなり、ODパターンのずれの影響が大きくなるためと考えられる。なお、観測誤差がある場合については講演時にまとめて発表する。最後に、本研究は文部省科学研究費の補助により行われた研究成果の一部である。ここに記して感謝したい。

6. 参考文献

- 1) 高山、他2名；リンク観測交通量に基づく各種OD推計法のモデル構造比較、第42回土木学会年報、pp.128～129、1987年
- 2) 飯田・高山；リンクフローによるOD交通量推計モデル、土木計画学講習会テキスト、pp.97～118、1987年11月
- 3) 飯田、他2名；リンク観測交通量を用いたエントロピー最大化による道路網交通需要推計法、土木計画学研究・講演集、No.9、pp.441～448、1986年
- 4) 飯田、他2名；目的地選択確率の更新を考慮したリンク交通量によるOD推計法、第42回土木学会年報、pp.122～123、1987年

表-1 モデル構造の相違による推計精度比較

（ランダム型変動シミュレーション、 $\kappa=1.4$ 、 $\sigma_x=0\%$ ・ $\sigma_p=0\%$ ）

変動の大きさ（ランダム誤差）		0%	$\sigma_T=20\%$					
シミュレーションの回数		1	1	2	3	4	5	平均
乱数発生による相対誤差		40.0	42.2	44.0	41.4	40.3	42.9	42.2
道路区間モデル	m=2 4	0.0	20.9	16.9	15.3	17.4	17.7	17.6
発生交通量モデル	m=6	0.0	21.7	20.2	19.0	19.2	21.7	20.4
結合モデル	m=2 4	0.0	21.9	17.8	16.1	18.2	17.2	18.2
発生エントロピー法	m=6	0.0	71.6	70.9	68.9	71.8	71.4	70.9
Update道路区間モデル	m=2 4	0.0	20.9	16.9	15.3	17.4	17.7	17.6
Update発生交通量モデル	m=6	0.0	21.7	20.2	19.0	19.2	21.7	20.4
Update結合モデル	m=2 4	0.0	21.9	17.8	16.1	17.8	16.7	18.1
道路区間モデル	m=1 2	0.0	25.0	18.7	16.1	20.7	22.1	20.5
発生交通量モデル	m=3	0.0	24.2	18.2	17.9	19.3	18.4	19.6
結合モデル	m=3	0.0	26.2	18.3	20.6	19.2	19.8	20.8
発生エントロピー法	m=3	0.0	22.2	20.2	16.8	20.2	17.2	19.3
Update道路区間モデル	m=1 2	0.0	25.0	18.7	16.1	20.7	22.1	20.5
Update発生交通量モデル	m=3	0.0	24.2	18.2	17.9	19.3	18.4	19.6
Update結合モデル	m=3	0.0	26.1	18.3	20.5	19.2	19.2	20.7

表-2 モデル構造の相違による推計精度比較

（重力モデル型変動シミュレーション、 $\kappa=1.4$ 、 $\sigma_x=0\%$ ・ $\sigma_p=0\%$ ）

変動の大きさ（ランダム誤差）		0%	$\sigma_A=20\%$ ・ $\sigma_B=20\%$					
シミュレーションの回数		1	1	2	3	4	5	平均
乱数発生による相対誤差		40.0	43.7	42.6	42.0	41.3	45.9	43.1
道路区間モデル	m=2 4	0.0	23.2	21.8	14.8	26.6	15.5	20.4
発生交通量モデル	m=6	0.0	30.7	33.8	23.1	38.5	19.8	29.2
結合モデル	m=2 4	0.0	25.0	26.8	16.8	31.1	18.9	23.7
発生エントロピー法	m=6	0.0	68.8	65.5	68.0	65.0	71.0	68.5
Update道路区間モデル	m=2 4	0.0	19.9	6.7	12.8	3.9	1.1	8.9
Update発生交通量モデル	m=6	0.0	30.7	27.1	19.3	35.8	18.9	26.4
Update結合モデル	m=2 4	0.0	23.2	23.2	14.4	26.7	15.6	20.6
道路区間モデル	m=1 2	0.0	27.3	24.8	18.2	27.1	17.1	22.9
発生交通量モデル	m=3	0.0	24.7	40.0	18.0	36.9	22.4	28.4
結合モデル	m=3	0.0	25.4	42.2	21.4	38.3	23.0	30.1
発生エントロピー法	m=3	0.0	30.0	34.3	23.5	51.4	21.3	32.1
Update道路区間モデル	m=1 2	0.0	24.6	19.3	19.1	4.4	9.3	15.3
Update発生交通量モデル	m=3	0.0	22.7	40.4	14.7	35.8	22.6	27.2
Update結合モデル	m=3	0.0	25.0	42.1	20.6	37.8	23.0	29.7

表-3 モデル構造の相違による推計精度比較

（OD推移確率型変動シミュレーション、 $\kappa=1.4$ 、 $\sigma_x=0\%$ ・ $\sigma_p=0\%$ ）

変動の大きさ（ランダム誤差）		0%	$\sigma_A=20\%$ ・ $\sigma_F=0\%$					
シミュレーションの回数		1	1	2	3	4	5	平均
乱数発生による相対誤差		40.0	41.9	40.4	41.2	37.5	45.2	41.2
道路区間モデル	m=2 4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
発生交通量モデル	m=6	0.0	12.1	6.7	3.1	19.6	9.8	10.3
結合モデル	m=2 4	0.0	11.8	15.0	9.2	16.0	10.1	12.4
発生エントロピー法	m=6	0.0	70.2	70.9	70.5	67.4	71.8	70.2
Update道路区間モデル	m=2 4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Update発生交通量モデル	m=6	0.0	12.1	6.7	3.1	19.6	9.8	10.3
Update結合モデル	m=2 4	0.0	11.8	15.0	9.2	16.0	10.1	12.4
道路区間モデル	m=1 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
発生交通量モデル	m=3	0.0	14.5	35.7	12.9	23.5	16.6	20.7
結合モデル	m=3	0.0	15.8	35.9	18.1	25.2	16.5	22.3
発生エントロピー法	m=3	0.0	20.4	32.8	18.6	36.9	18.2	25.4
Update道路区間モデル	m=1 2	0.0	0.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Update発生交通量モデル	m=3	0.0	14.5	35.7	12.9	23.5	16.6	20.7
Update結合モデル	m=3	0.0	15.8	35.9	17.8	25.1	16.5	22.2

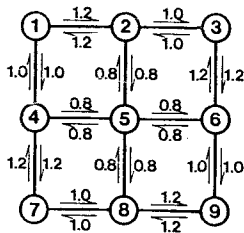


図-1 計算に用いた対象道路網とリンク所要時間