

金沢大学工学部 学生員 山口義雄
 金沢大学工学部 正会員 飯田恭敬
 金沢大学工学部 正会員 高山純一

1. はじめに

著者等は交通量変動特性を考慮した奥測路上交通量モデルの研究開発を行ってきたが、その変動特性をつぎの3つのケース(表-1)に大別し、それぞれに対応したモデル化を行っている。本報告では、ケース2・ケース3の考え方の基本モデルであるケース1(OD推計法1)について、その適用性を検討するとともに新たに制約条件(発生交通量条件, 集中交通量条件)を付け加えた推計法(制約条件付加法)を提案し、制約条件がない場合と比較検討する。ここでは、制約条件付加法についてその基本的考え方を示し、簡単なシミュレーションによりその適用性を検討する。

表-1 実験要因の内容と各種推計法の関係

ケース	不規則変動 ε_{ij}	周期変動 $\sum \varepsilon_{ij}^*(t)$	傾向変動 $\phi_{ij}(t)$
ケース1	○	×	×
ケース2	○	○	×
ケース3	○	○	◎

(×: 無視できる場合, ○: 無視できない場合, ◎: 特に大きい場合)

2. 不規則変動を考慮した場合のモデルの定式化

ここでは、OD交通量を1つの確率変数としてモデルの定式化を行う。OD交通量変動の不規則変動のみを考慮する場合、OD交通量 T_{ij} は互いに独立で正規分布 $N(\mu_{ij}, \sigma_{ij}^2)$ に従うと仮定できる。モデル式を式(1)に示す。ここで $T_{ij}(t)$ は時間 t におけるOD交通量の母確率変数を表わし、

その1つの実現値が t_{ij} である。 μ_{ij} は正規母集団 T_{ij} の母平均(平均OD交通量)を表わし、 ε_{ij} は不規則変動成分を表わす確率変数で、 $N(0, \sigma_{ij}^2)$ に従う。したがって、OD交通量 T_{ij} の実現値 t_{ij} は互いに

$$T_{ij}(t) = \mu_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

独立であると考えられるので、 t_{ij} の同時確率密度は式(2)で表わされる。出現確率が最大となる $(t_{i1}, t_{i2}, \dots, t_{in})$ を推計値と考えれば、式(2)の最大化問題を解けばよい。これは、式(3)の最適化問題として定式化される。ただし、 μ_{ij} , σ_{ij}^2 は既知とする。このとき、OD推計法1では、道路区間条件式(4)のみを満足するように式(3)の最適化問題を解く。一方、制約条件付加法では、式(4)の他に発生条件式(5)と集中条件式(6)をも満足するように式(3)を解くことになる。ここで X_K は道路区間 K の奥測交通量であり、 P_K^* はODペア ij が道路区間 K を利用する確率を示す。また、 O_i はゾーン i における発生交通量を示し、 D_j はゾーン j における集中交通量を示す。解法としてはラグランジェの未定乗数法を用いるが、問題は制約条件付加法の場合、発生条件式(5)と集中条件式(6)を同時に用いると、式(7)のごとく従属関係となる。このため、式(5)と式(6)は同時に用いることが不可能である。そこで、第1段階では式(4)と式(5)の制約条件の下に式(3)の最適化問題を解き、さらに第2段階では、第1段階で求めた推計OD交通量 t_{ij} を母平均 μ_{ij} に置き換えて、式(4)と式(6)の制約条件の下に式(3)の最適化問題を解く。また、母平均 μ_{ij} は母数推計法1を用いて求め、分散 σ_{ij}^2 については既存OD交通量 t_{ij}^* を用いて近似的に $\sigma_{ij}^2 = 1.0 \times (t_{ij}^*)^{1.0}$ とした。

$$P(t_{ij}) = \prod_{ij} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{ij}} \cdot \exp\left\{-\frac{1}{2} \sum_{ij} \frac{(t_{ij} - \mu_{ij})^2}{\sigma_{ij}^2}\right\} \quad (2)$$

$$Q = \sum_{ij} \frac{(t_{ij} - \mu_{ij})^2}{\sigma_{ij}^2} \rightarrow \text{Min} \quad (3)$$

$$X_K^* = \sum_{ij} P_{ij}^* \cdot t_{ij} \quad (4)$$

$$O_i = \sum_j t_{ij} \quad (5)$$

$$D_j = \sum_i t_{ij} \quad (6)$$

$$\sum_i O_i = \sum_j D_j = \sum_{ij} t_{ij} = \sum_{ij} t_{ij}^* = \sum_{ij} D_j \quad (7)$$

3. シミュレーションの方法と推計手順

図-1に示すようなシミュレーションにより、推計精度の検討を行う。実際のOD交通量の変動現象を再現するために、OD交通量についてある正規母集団を考え、正規乱数 $N(\mu_{ij}, \sigma_{ij}^2)$ を用いて2組のOD交通量を作成

し、その1組を既存OD交通量 t_{ij}^* 、もう1組を推計時点における真実OD交通量 t_{ij} としてシミュレーションを行う。推計に用いる観測交通量 x_k^* には、一般に観測誤差 σ_x (比率誤差)

%が含まれ、真実道路区間交通量 x_k^* との間に式(8)の関係があるとする。

$$x_k^* = x_k^* (1.0 - \sigma_x \cdot Z_k) \quad (8)$$

また、先決値として外生的に与える推定道路区間利用率 P_{ij}^* にも、一般に推定誤差 σ_p (比率誤差) %が含まれ、真実道路区間利用率 P_{ij}^* との間に式(9)が成り立つものとする。ここで、 Z_k, Z_{ij}^* はそれぞれ x_k^*, P_{ij}^* に対する標準正規乱数を示し、 $N(0, 1)$ より作成する。ただし、ここでのシミュレーションでは $\sigma_p = 0$ として σ_x の影響についてのみ検討する。

$$P_{ij}^* = P_{ij}^* (1.0 - \sigma_p \cdot Z_{ij}^*) \quad (9)$$

4. 計算例と考察

本報告では図-2に示すような道路網を用いて、推計精度の比較検討を行う。母集団の変動の大きさにより推計精度が異なると考えられるため、母分散として i) $\sigma_y^2 = 10 \cdot M_{ij}$ (母集団A), ii) $\sigma_y^2 = 90 \cdot M_{ij}$ (母集団B) の2通りを設定した。

4. 1. 推計方法の違いによる推計精度への影響

用いる推計法によって、推計精度にどのような影響が及ぶのかを確かめるため、OD推計法1・制約条件付加法さらに、フレーター法(現在パターン法)を用いてシミュレーションを行った。また、母集団のODパターンによって推計精度がどのように異なるか、比較検討するために母集団として表-3・1, 3・2, 3・3に示すようなOD交通量を用いた。結果を表-2に示す。ただし、 $\sigma_x = 0\%$, $\sigma_p = 0\%$ としている。表-2より、フレーター法を用いるよりも、観測交通量を用いたOD推計法1の方が推計精度が良いといえる。しかも、条件式を付加した制約条件付加法の方がさらに精度の向上がみられる。

4. 2. 道路区間交通量 x_k^* の情報量が推計精度に及ぼす影響

観測可能な道路区間が限定されている場合、観測区間の数と観測区間の位置が、推計精度にどのような影響を及ぼすか検討するため、つぎに掲げるような4通りの情報量を仮定して検討を行った。図-3はOD推計法1についてシミュレーション($\sigma_x = 0 \sim 10\%$, $\sigma_p = 0\%$)を行、たものである。1)全区間既知(全24区間の交通量が観測されている場合)、2)中央区間既知(区間7,8,11,12,13,14,17,18の交通量のみが観測されている場合)、3)ランダム区間既知(区間1,2,4,5,7,8,10,11,13,14,16,17,19,20,22,23の交通量のみが観測されている場合)、4)周辺区間既知(区間1,2,3,4,5,6,9,10,15,16,19,20,21,22,23,24の交通量のみが観測されている場合)。図-3より、道路区間の観測誤差 σ_x が大きくなるにつれて推計精度は悪くなっている。しかも、その傾向は変動の大きい母集団Bよりも、変動の小さい母集団Aの方が著しいといえる。なお、詳しい解析結果は講演時にまとめて発表する。

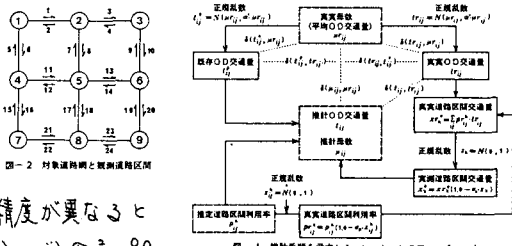


図-1 推計手順を示すシミュレーションのフローチャート

表-2 推計法の違いによる推計精度への影響

母集団A	基本ODパターン			一律ODパターン			通過ODパターン		
	OD推計法1	制約条件付加法	フレーター法	OD推計法1	制約条件付加法	フレーター法	OD推計法1	制約条件付加法	フレーター法
t_{ij} と t_{ij}^* の相対偏差	8.717	7.897	9.880	11.323	11.255	13.574	11.323	11.255	13.574
σ_y^2 と σ_y^{*2} の相対偏差	3.995	3.758	4.535	21.060	21.176	24.513	21.060	21.176	24.513

表-3・1 母平均 μ_{ij} の基本ODパターン

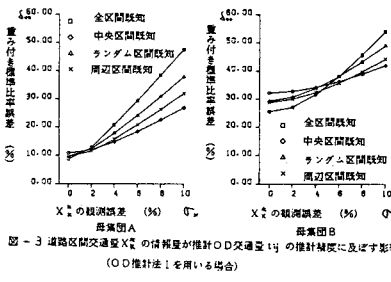
OD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	O(i)
1	0	860	1410	1410	2230	1260	1430	1140	2740	11790
2	860	0	760	880	1120	530	1700	820	1630	8700
3	1410	760	0	1180	2130	360	1330	1030	2740	10940
4	1410	880	1120	0	1100	320	1700	960	1420	8180
5	2230	1120	2130	1100	0	1140	2260	1180	1280	10050
6	1260	530	360	320	1140	0	1430	830	1720	10320
7	1430	1700	1330	1700	2260	1430	0	960	760	10860
8	1140	820	1030	960	1180	830	960	0	1630	8700
9	2740	1630	2740	1420	1280	1720	760	1630	0	10860
D (i)	10090	7710	10390	7820	13860	7560	10650	7790	10390	98870

表-3・2 母平均 μ_{ij} の一律ODパターン

OD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	O(i)
1	0	860	1410	1410	2230	1260	1430	1140	2740	11790
2	860	0	760	880	1120	530	1700	820	1630	8700
3	1410	760	0	1180	2130	360	1330	1030	2740	10940
4	1410	880	1120	0	1100	320	1700	960	1420	8180
5	2230	1120	2130	1100	0	1140	2260	1180	1280	10050
6	1260	530	360	320	1140	0	1430	830	1720	10320
7	1430	1700	1330	1700	2260	1430	0	960	760	10860
8	1140	820	1030	960	1180	830	960	0	1630	8700
9	2740	1630	2740	1420	1280	1720	760	1630	0	10860
D (i)	16000	15710	12290	14820	13860	15560	14650	15790	17390	136870

表-3・3 母平均 μ_{ij} の通過ODパターン

OD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	O(i)
1	0	860	1410	1410	2230	1260	1430	1140	2740	98050
2	860	0	760	880	1120	530	1700	820	1630	38670
3	1410	760	0	1180	2130	360	1330	1030	2740	42800
4	1410	880	1120	0	1100	320	1700	960	1420	33110
5	2230	1120	2130	1100	0	1140	2260	1180	1280	67840
6	1260	530	360	320	1140	0	1430	830	1720	44900
7	1430	1700	1330	1700	2260	1430	0	960	760	43140
8	1140	820	1030	960	1180	830	960	0	1630	33620
9	2740	1630	2740	1420	1280	1720	760	1630	0	41490
D (i)	57370	39030	65340	29690	13860	29970	71040	27320	76720	414940



参考文献 1) 高山純一、飯田恭敏、高村義博、竹内宏樹：OD交通量の不規則変動を考慮した交通量観測による道路網交通量推計法、金沢大学工学部紀要、16巻1号 pp. 61~72、1983年。2) 高山純一、飯田恭敏、竹内宏樹：OD交通量変動が相関を有する場合の道路網交通量推計法の適用性について、土木学会中部支会研究発表会講演要録集、pp. 306~307、1982年。3) 高山純一、飯田恭敏、竹内宏樹：傾向変動を考慮した確率論的手法による道路網交通量推計法、第5回土木計画学研究発表会講演要録、pp. 306~332、1983年。