

金沢大学工学部 正会員 ○ 高山純一
 金沢大学工学部 正会員 飯田恭敬
 ソイルアンドロックエンジニアリング 竹内宏樹

1. はじめに

井上^(1,2,3) 必著者等^(4,5) は交通量変動特性を考慮した
 実測路上交通量モデルの研究開発をこれまで行っ
 てきた(表-1)。本研究では、OD交通量変動に
 相関関係が存在する場合に適用するモデル、すな
 わち交通量変動の周期性を考慮したモデル(ケー
 ス2)について検討を行う。既に、その基本的な
 考え方については発表済みである⁽⁶⁾ので、ここでは
 簡単なシミュレーションモデルにより、その適用
 性を検討する。

表-1 交通量変動の変動要因と各種推計法の関係

ケース	不規則変動	周期変動	傾向変動	井上の方法	著者の方法
ケース1	○	×	×	井上の推計法1 井上の推計法2	OD推計法1 母数推計法1
ケース2	○	○	×		OD推計法2
ケース3	○	○	◎	井上の推計法3	OD推計法3 母数推計法2

(× 無視できる ○ 無視できない ◎ 特に大きい)

2. 周期変動を考慮した場合のモデルの定式化

OD交通量変動に周期変動が存在する場合には、
 OD交通量を独立な確率変数として取扱うことは
 できない。そこで、「OD交通量 T_{ij} は正規分布
 $N(\mu_{ij}, \sigma_{ij}^2)$ に従い、互いに相関を持つ」と仮
 定してモデル化を行う。モデル式を式(1)に示す。

$$T_{ij}(t) = \mu_{ij} + \sum \xi_{ij}^s(t) + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

ここで、 μ_{ij} は正規母集団 T_{ij} の母平均(平均
 OD交通量)を表わし、 ξ_{ij}^s は周期変動成分を表
 わす。また、 ε_{ij} は $N(0, 1)$ に従う強定常な確率
 変数である。したがって、OD交通量 T_{ij} の同時
 確率は多次元正規分布に従い、 T_{ij} の実現値 t_{ij}
 が生起する同時確率密度は式(2)で表わされる。

$$P(t_{ij}) = \frac{1}{(2\pi)^n \sqrt{|B|}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (t - \mu)^T B^{-1} (t - \mu) \right\} \quad (2)$$

ここで、 $B = [b_{ij,os}]$ (共分散行列)

$$(t - \mu) = \begin{bmatrix} t_{11} - \mu_{11} \\ t_{12} - \mu_{12} \\ \vdots \\ t_{nn} - \mu_{nn} \end{bmatrix}, \quad b_{ij,os} = \rho_{ij,os} \cdot \sigma_{ij} \cdot \sigma_{os}$$

$\rho_{ij,os}$; T_{ij} と T_{os} の相関係数
 σ_{ij}, σ_{os} ; T_{ij}, T_{os} の標準偏差

出現確率が最大となる $(t_{11}, t_{12}, \dots, t_{nn})$ 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)の最小化問題として書き直すこと
 ができ、道路区間の制約条件を満足しなければなら
 ないため次のような条件付き最適化問題となる。

$$Q = (t - \mu)^T B^{-1} (t - \mu) \Rightarrow \text{Min.} \quad (3)$$

$$\text{制約条件} \quad x_{ij}^* = \sum_j P_{ij}^* \cdot t_{ij} \quad (4)$$

ここで、 x_{ij}^* は道路区間 ij の実測交通量であり、
 P_{ij}^* はODペア ij が道路区間 ij を利用する確率
 を示す。解法はラグランジェの未定乗数法を用い
 ることにより簡単に行うことができるが、問題は
 母数 μ_{ij} 、 σ_{ij}^2 の与え方と相関係数 $\rho_{ij,os}$ の推定法
 である。母平均 μ_{ij} 、母分散 σ_{ij}^2 については、既
 存OD交通量 t_{ij}^* を用いて近似的に $\mu_{ij} = t_{ij}^*$ 、
 $\sigma_{ij}^2 = \alpha (t_{ij}^*)^2$ とした。 $\rho_{ij,os}$ については、母集団
 の真実値を用いて推計する場合と真実値からずれ
 た値を用いる場合を比較し、影響度を検討した。

3. シミュレーションの方法と推計手順

本研究では、図-1に示すようなシミュレーシ
 ョンを用いて推計精度の検討を行う。ここで注意
 しなければならないのは、周期変動が無視できな
 い場合、実現値としての既存OD交通量 t_{ij}^* (あ
 るいは推計時真実OD交通量 t_{ij}^*) はODペア
 とに独立に生起するのではなく、ある相関を持っ
 て生起するということである。それゆえ、シミュ
 レーションではその現象を再現するために、正規
 母集団に付しある相関係数 $\rho_{ij,os}$ (真実値)を設

定し、その相関係数に従う正規乱数を2組発生させ、その1組を μ_{ij}^* 、もう1組を $\mu_{ij}^{\#}$ とシミュレーションを行う。

推計に用いる実測交通量 x_{ij}^* 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 $x_{ij}^{\#}$ との間に式(5)の関係があるとする。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(6)が成り立つものとする。したがって、シミュレーションではそれら σ_x 、 σ_p の影響についても検討する。

$$x_{ij}^* = x_{ij}^{\#} (1.0 - \sigma_x \cdot z_R) \quad (5)$$

$$P_{ij}^* = P_{ij}^{\#} (1.0 - \sigma_p \cdot z_p) \quad (6)$$

ここで、 z_R 、 z_p はそれぞれ x_{ij}^* 、 P_{ij}^* に対する標準正規乱数を示し、 $N(0,1)$ より作成する。

4. 計算例と考察

本研究では、モデルの適用性を検討するために、OD交通量に関して仮想的な正規母集団を考え、図-2に示す簡単な対象道路網を用いて推計精度の検討を行った。なお、母集団の変動の大きさの違いによる影響度を比較するために、次のような2通りの母集団を設定した。

- (a) 母集団A, $N(\mu_{ij}^*, \sigma_{ij}^2)$, $\sigma_{ij}^2 = 0.05 \mu_{ij}^{*2}$
 (b) 母集団B, $N(\mu_{ij}^*, \sigma_{ij}^2)$, $\sigma_{ij}^2 = 0.20 \mu_{ij}^{*2}$

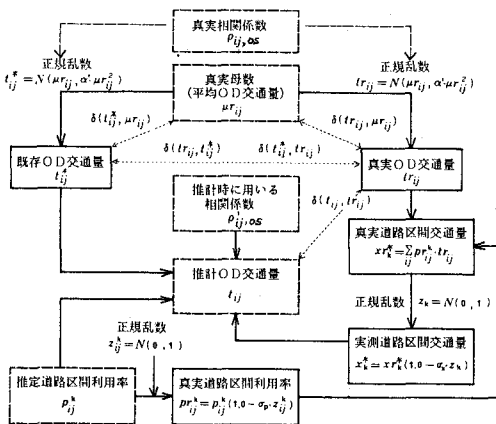


図-1 推計手順を示すシミュレーションのフローチャート

4.1 相関係数の大きさが推計精度に及ぼす影響

母集団の相関係数の大きさが推計精度にどのような影響を及ぼすか確かめるために、相関係数を0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9とシミュレーションを行った。ただし、 $\sigma_x = 0\%$ 、 $\sigma_p = 0\%$ としている。図より、相関係数が高くなるほど推計精度が向上し、その傾向は母集団の変動が大きい場合（母集団B）に特に著しい。

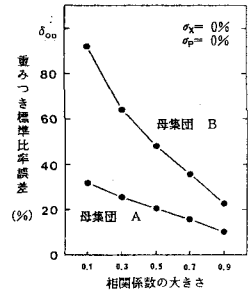


図-3 相関係数の大きさが推計精度に及ぼす影響（ $\sigma_x = 0\%$ 、 $\sigma_p = 0\%$ ）

4.2 相関係数の推定誤差が推計精度に及ぼす影響

金沢市内の道路区間交通量をデータとして作成した3種類の相関係数 ρ^1, ρ^2, ρ^3 （それぞれの平均値、0.58, 0.59, 0.59）を用いて検討を行う。シミュレーションでは、 ρ^1 を真実相関係数とし、推計に用いる相関係数として ρ^1, ρ^2, ρ^3 を用いた場合と、相関を考慮しない井上の推計法1を用いた場合の計4通り行い、推計精度を比較する。結果の一部を表-2に示す。各シミュレーションによって多少異なるが、相関を考慮しない井上の推計法1よりも、かなり推計精度が良いといえる。しかも、真実値からずれた相関係数（ ρ^2, ρ^3 ）を用いても精度の悪化は小さい。

なお、 σ_x 、 σ_p の推計精度への影響は講演時に発

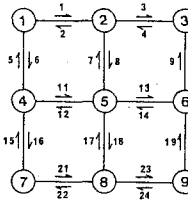


図-2 対象道路網

表-2 井上の推計法1とOD推計法2の推計精度の比較（母集団B、重み付き標準比率誤差%）

実相関係数との相対誤差 $\rightarrow$	OD推計法2 推計に用いた相関係数 ρ^1 (0%)	ρ^2 (9%)	ρ^3 (60%)	井上の推計法1
1回目	9.95	10.08	10.22	18.48
2回目	15.21	16.96	21.31	25.95
3回目	15.72	16.29	22.32	24.51
平均	13.63	14.44	17.95	22.98

ただし、道路区間交通量の観測誤差 $\sigma_x = 0\%$
 道路区間利用率の推定誤差 $\sigma_p = 0\%$

参考文献 1) 井上博司; スクリーンライン調査によるOD調査の精度の検定およびOD表の修正法, 交通工学, Vol.12, No.6, p.11~19, 1977年, 2) 井上博司; 路上交通量観測による自動車OD交通量の推計, 第1回土木計画学研究発表会講演集, p.37~40, 1979年, 3) 井上博司; 交通量観測資料を用いるOD交通量の統計的推計法, 第36回土木学会年次学術講演会概要集, p.383~384, 1981年, 4) 飯田恭敬, 他1人, OD交通量変動が相関を有する場合の道路網交通需要推計モデル, 第2回土木計画学研究発表会講演集, p.161~165, 1980年, 5) 高山純一, 他3人, 傾向変動を考慮した確率論的手法による道路網交通需要推計法, 第5回土木計画学研究発表会講演集,