IV—30

相関乱数シミュレーションによる道路区間交通量推計の適用性について

金沢大学工学部　正会員　飯田恭敬　　正会員　高山純一
金沢大学工学部　学生員　樓山日出男　学生員○伊藤正治

1. はじめに

道路区間交通量の観測は交通需要量の的確な把握につながり、道路網の合理的運用計画策定に際して重要な役割を果す。しかし、現況の交通流動現象を正確に把握するためには、対象地域内のすべての道路区間において交通量観測を行う必要があり、交通流の連続性を考慮すれば同時観測が望ましい。しかし、対象道路網規模が大きくなると、観測人員の関係から同時観測は実施が困難となる。このようなことから、交通量観測の簡素化が望まれてきている。筆者等は既に、道路区間相互の相関関係を利用して、既知観測地点交通量から未知観測地点交通量を推計する方法論（以後、相関推計法1と呼ぶ）を提案している[1]。本研究では、その方法をさらに改良するとともに、金沢市内幹線道路網を例にとりその適用性を検討する。平均値μ_i，分散σ_i^2，相関係数ρ_{ij}がすべて既知の場合には十分な推計精度が得られているので[1]，今回はそれらが未知の場合について検討を行う。なお、本研究では道路区間交通量は互いに相関を有し、その変動は正規分布に従うと仮定している。

2. 推計法の基本的考え方

$$y_i = \frac{Z_i - \mu_i}{\sigma_i} \quad \cdots (1)$$

$$R = \begin{array}{c|c} & \begin{matrix} y_1 & \cdots & y_j & \cdots & y_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} y_1 \\ \vdots \\ y_i \\ \vdots \\ y_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \rho_{11} & \cdots & \rho_{1j} & \cdots & \rho_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \rho_{i1} & \cdots & \rho_{ij} & \cdots & \rho_{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \rho_{n1} & \cdots & \rho_{nj} & \cdots & \rho_{nn} \end{bmatrix} \end{array} \quad \cdots (2)$$

$$n \begin{bmatrix} \rho_{11} & \rho_{21} & \cdots & \rho_{n1} \\ \rho_{21} & \rho_{22} & \cdots & \rho_{n2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{n1} & \rho_{n2} & \cdots & \rho_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & & & 0 \\ a_{21} & a_{22} & & \\ \vdots & & \ddots & \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & \cdots & a_{n1} \\ & a_{22} & \cdots & a_{n2} \\ & & \ddots & \vdots \\ 0 & & & a_{nn} \end{bmatrix} \quad \cdots (3)$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_m \\ y_{m+1} \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{n}} \begin{bmatrix} a_{11} & & & 0 \\ a_{21} & a_{22} & & \\ \vdots & \vdots & \ddots & \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_m \\ x_{m+1} \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad \cdots (4)$$

本推計法は、道路区間交通量相互に存在する相関関係，すなわち、ある道路区間交通量が増加すればその道路区間と相関の高い道路区間の交通量も増加するという関係を利用して交通量推計を行うものである。したがって、道路区間交通量Z_i（平均μ_i，分散σ_i^2の正規分布N（μ_i, σ_i^2）に従う）相互の相関係数$R = [\rho_{ij}]$が推定できれば、それを利用して式(3)に示す非特異な下側三角行列$A = [a_{ij}]$を計算し、それを式(4)に代入することにより、互いに独立な標準正規乱数x_iから互いに相関Rを持つ標準正規乱数y_iを作成することができる。ここで、y_iを式(1)で標準化した道路区間交通量Z_iの標準正規乱数と考えれば、観測交通量（観測地点数m）の標準化値y_i（$i=1,2,\cdots m$）を情報として、式(4)の左辺に代入することにより、右辺x_i（$i=1,2,\cdots,m$）を決定することができる。既に発表した相関推計法1では、右辺残りのx_i（$i=m+1,\cdots,n$）に対し、独立な標準正規乱数N(0,1)を発生させ、左辺y_i（$i=m+1,\cdots,n$）を推計したが、x_i（$i=m+1,\cdots,n$）の期待値は0であるため、本研究ではx_i（$i=m+1,\cdots,n$）に対しすべて0を代入して、y_i（$i=m+1,\cdots,n$）の推計を行う（相関推計法2と呼ぶ）。このようにすることにより、乱数を使ったシミュレーションを行う必要はなくなり、一回の計算で解が求まることになる。

3. 金沢市内幹線道路の適用例

$$\delta_Z = \sqrt{\frac{1}{Z} \sum_{i=m+1}^{n} Z_i \left(\frac{\hat{Z}_i - Z_i}{Z_i} \right)^2} \quad \cdots (5)$$

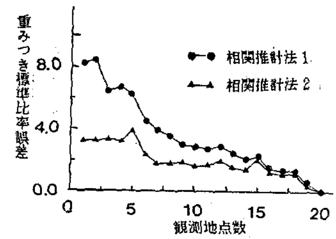
Z_i：未知観測地点iの真実交通量

$\hat{Z}_i$：未知観測地点iの推計交通量

$Z = \sum_{i=m+1}^{n} Z_i$：総合計交通量

交通量感知器の設置されている47地点（道路区間断面）のうち、20地点を任意に選び本推計法を適用する。交通量データとしては昭和56年7月の1カ月間（28日を除く）の1日断面交通量を使用する。まず、相関推計法1と相関推計法2の推計精度の比較を行う。結果を図—1に示す。

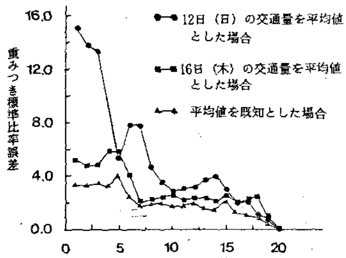
ただし、誤差の表示は交通量の大小で重み付けした標準比率誤差 δ_z（式(5)）を用いた。なお、図－1はある1日（7月23日）の道路区間交通量を推計した結果を示したものであり、横軸に観測地点数 m（情報量）、縦軸に推計誤差をとって表わしてある。なお、推計においては、μ_i, σ_i^2, ρ_{ij} はすべて既知とした。図より、相関推計法2の方が相関推計法1に比べ、精度が良くなっている。特に、観測地点数が少ない場合にその差が大きいといえる。



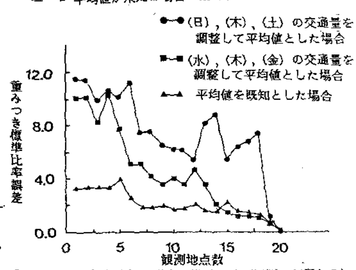
図－1　相関推計法 1 と相関推計法 2 の比較

3.1 平均値 μ_i が未知の場合

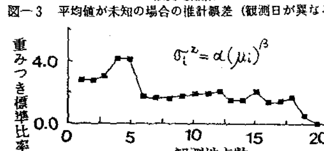
一般に、道路区間交通量 z_i の平均値 μ_i は未知であるため、特に未知観測地点の $\mu_i\ (i=m+1,\cdots,n)$ をどのように与えるかが、推計精度を左右すると考えられる。本研究では、過去に調査された交通量データを平均値 μ_i とみなして推計を行う場合の適用性について検討する。図－2は、図－1と同様7月23日(木)に対して行った結果であり、過去のある1日（7月12日(日曜)または7月16日(木曜)）に調査された交通量を平均値とした場合の推計結果（相関推計法2）を示したものである。図より、平均値 μ_i を既知とした場合に比べ、精度は悪くなっているが、観測地点数を m = 10（情報量50%）以上にすれば、その差はそれほど大きくないといえる。しかも、調査日が日曜日という特異な日でなければ観測地点数が少なくても、推計精度はかなり安定しているといえる。図－3は、過去に数回に分けて調査された交通量を平均値とした場合（ただし、曜日指数などにより、ある1日の交通量に調整した値を用いる）の結果を示す。図－2に比べ、精度が悪い。特に、日曜日，土曜日などに調査された交通量を用いた場合には、観測地点数を増加させても精度はさほど向上していない。これらのことより、平均値 μ_i が未知の場合には、1回に調査された交通量データを用いるべきであり、数回に分けて調査されている場合には、なるだけ平日の調査データを用いた方がよいといえる。



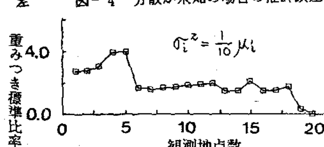
図－2　平均値が未知の場合の推計誤差（観測日が同じ）



図－3　平均値が未知の場合の推計誤差（観測日が異なる）



図－4　分散が未知の場合の推計誤差



図－5　分散が未知の場合の推計誤差

3.2 分散 σ_i^2 が未知の場合

分散 σ_i^2 と平均値 μ_i の間には、一般に $\sigma_i^2=\alpha(\mu_i)^\beta$ の関係（α, βはパラメータ）が成り立つ[2)]。そこで、この関係を利用して分散 σ_i^2 を推計し、道路区間交通量の推計に用いる。結果を図－1に示す。ただし、パラメータα，βは既知観測地点交通量の時系列データより求めておく。また、分散 σ_i^2 を簡単のために平均値 μ_i の 1/10 とした場合の結果を図－5に示す。分散を既知とした場合の図－1の結果と図－4，図－5の結果を比較しても明らかなように、分散の推定は推計結果に対してそれほど大きな影響を持たないといえる。なお、相関係数が未知の場合については、短い時間（たとえば、A.M.7:00～9:00，P.M.5:00～7:00のピーク時間帯）に調査された交通量より求められる相関係数が利用可能かどうかについて検討を行った。結果については、講演時にまとめて発表する。

参考文献　1）横山日出男，飯田恭敬，高山純一；相関乱数シミュレーションによる道路区間交通量推計，第37回年次学術講演会概要集，Ⅳ，p.p.29～30，1982年，　2）飯田恭敬，高山純一；高速道路における交通量変動特性の統計分析，高速道路と自動車，Vol.24，No.12，p.p.22～32，1981年