

観測交通量を用いた非観測区間の交通量推計モデル

愛媛大学大学院 学生員 西山晶造

愛媛大学工学部 正会員 朝倉康夫

愛媛大学工学部 正会員 柏谷増男

1. はじめに

道路計画を策定する際に将来の道路区間交通量を予測することは、最も重要な作業の一つである。区間交通量を得るためには、与えられたOD交通量をネットワークに配分するのが一般的である。しかし、この作業はかなり膨大である。短期的な交通計画のためには、実際に路側で観測された区間交通量を用いて、非観測区間を含む道路網全体の交通流を推定できれば望ましい。

そこで本研究では、既存の観測区間交通量にもとづくOD分布交通量推計モデルを応用することにより、観測区間交通量から非観測区間交通量を推計するモデルを示す。次に小規模ネットワークを対象として提案した方法を適用し、その数値的な特性を調べる。なお、本研究で扱う交通量はすべて日単位のものである。その意味から以下に述べる方法論は「静的」なモデルである。

2. 非観測区間交通量の予測モデル

2.1 発生交通量を未知変量とするOD予測モデル

発生交通量を変数として、観測区間交通量からOD分布交通量を推計する既存のモデルのうち、道路区間交通量および発生交通量の残差平方和最小化モデル（結合モデル）と呼ばれるモデル¹⁾を用いた。

$$G = \sum_{a \in A} (V_a - V_a^*)^2 + \sum_{i \in I} (T \cdot f_i - O_i)^2$$

$$= \sum_{a \in A} \left(\sum_{i \in I} O_i \cdot Q_{ai} - V_a \right)^2$$

$$+ \sum_{i \in I} (T \cdot f_i - O_i)^2 \Rightarrow \text{Min.} \quad (2-1)$$

sub. to

$$T = \sum_{i \in I} O_i$$

V_a : 推計リンク交通量 V_a^* : 観測リンク交通量

T : 生成交通量(未知) O_i : 発生交通量(未知)

f_i : 発生交通量率(既知) Q_{ai} : 影響係数(既知)

目的関数の第1項は道路区間交通量の実測値と推計値の残差平方和で、第2項は発生交通量の残差平方和である。なお、影響係数 Q_{ai} とは、発ゾーン*i*

から1単位のトリップが発生したときにリンク*a*に生じる交通量のことである。

ラグランジュの未定乗数法を用いて非線形最適化問題を解くと、解は以下のようになる。

$$\begin{pmatrix} O_1 \\ O_2 \\ \vdots \\ O_n \\ T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2(1+C_{11}) & 2C_{12} & \cdots & 2C_{1n} & -2f_1 & -1 \\ 2C_{21} & 2(1+C_{21}) & \cdots & 2C_{2n} & -2f_2 & -1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 2C_{n1} & 2C_{n2} & \cdots & 2(1+C_{nn}) & -2f_n & -1 \\ -2f_1 & -2f_2 & \cdots & -2f_n & 2\sum(f_i)^2 & 1 \\ -1 & -1 & \cdots & -1 & 1 & 0 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} 2E_1 \\ 2E_2 \\ \vdots \\ 2E_n \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\boxed{O = 2 \cdot D^{-1} \cdot E} \quad \cdots \cdots (2-2)$$

ここに、 $C_{ji} \equiv \sum_{a \in A} Q_{aj} Q_{ai}$ 、 $E_j \equiv \sum_{a \in A} V_a^* \cdot Q_{aj}$ で

である。

発生交通量は、上式に示す(n+2)元連立一次方程式を解いて求めることができる。

2.2 非観測区間のリンクフロー予測

非観測区間についても影響係数を定義することができるから、任意の区間のリンクフロー V_a は、

$$V_a = \sum_{i \in A} O_i \cdot Q_{ai} \quad \cdots \cdots (2-3)$$

となる。便宜的に、リンク1~*m*を観測リンクとし、(*m*+1)~*M*を非観測リンクとすれば、式(2-3)のマトリックス表示は以下のようになる。

$$\begin{array}{c|c} \text{観測リンク} & \begin{pmatrix} V_1^* \\ V_2^* \\ \vdots \\ V_m^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Q_{11} & Q_{12} & \cdots & Q_{1n} \\ Q_{21} & Q_{22} & \cdots & Q_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Q_{m1} & Q_{m2} & \cdots & Q_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} O_1 \\ O_2 \\ \vdots \\ O_n \end{pmatrix} \\ \hline \text{非観測リンク} & \begin{pmatrix} \hat{V}_{m+1} \\ \vdots \\ \hat{V}_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Q_{m+11} & Q_{m+12} & \cdots & Q_{m+1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Q_{n1} & Q_{n2} & \cdots & Q_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} O_1 \\ O_2 \\ \vdots \\ O_n \end{pmatrix} \end{array}$$

$$\boxed{\hat{V} = Q_n \cdot O} \quad \cdots \cdots (2-4)$$

式(2-2)から式(2-4)は、

$$\hat{V} = 2 \cdot Q_n \cdot D^{-1} \cdot E \quad \cdots \cdots (2-5)$$

$$\hat{V} = 2 \cdot Q_n \cdot D^{-1} \cdot Q^T \cdot V^* \quad \cdots \cdots (2-6)$$

となる。上式の _____ 部を改めて、行列Aとおくと、

$$\hat{V} = A \cdot V \quad \dots\dots(2-7)$$

となる。

式(2-7)は、非観測区間交通量が観測区間交通量を用いて単なる線形写像で表せたことになり、簡単なモデル式で示せることがわかる。モデルの利点は推計の各段階が明確であることであるが、推計誤差が影響係数の設定にかなり依存するという問題点も有している。

3. 小規模ネットワークでの適用

3.1 用いるデータ

Leblanc の Sioux Falls のもの²⁾であり、総リンク数76、ノード数24、セントロイド数24である。

3.2 計算手順の概要

- ①基礎となるOD表(t_{ij}^0)をFrank-Wolfe法で均衡配分し、影響係数を求める。通常の配分では、リンクフローのOD属性を出力することはないが、ここではゾーン*i*を起点とするリンク*a*のフロー V_{ai} を求めて $Q_{ai} = V_{ai}/O_i$ としている。
- ②[0,1]の正規乱数(ε_{ij})を発生させ、 t_{ij}^0 の回りに分布するOD表(t_{ij})を作る。
 $t_{ij} = t_{ij}^0(1 + \sigma \cdot \varepsilon_{ij})$
 ここに、 σ は変動係数である。
- ③作成したOD交通量をFrank-Wolfe法で均衡配分する。すべての区間交通量を実測値とみなす。
- ④観測区間交通量(V^*)を任意に抽出する。また、残りの区間は非観測区間とみなす。この区間の交通量の実績値を($\bar{V}$)とおく。
- ⑤影響係数と観測区間交通量から式(2-7)を用いて、非観測区間交通量の推計値($\hat{V}$)を求める。
- ⑥推計値($\hat{V}$)と実測値($\bar{V}$)を比較する。

3.3 結果と考察

OD交通量の変動係数 σ の大小(0.05, 0.10, 0.30, 0.50)と抽出リンク数(10, 20, 30, 40, 50, 60)が推計精度に及ぼす影響をみる。

図から変動係数の小さい方(0.05, 0.10, 0.30)が、相関係数0.995以上と極めて推計精度が良く、抽出率(抽出リンク数/総リンク数)の大小には、推計精度に大きな差が出ないことがわかった。

[参考文献]

- 1) 飯田・高山(1987):リンクフローによるOD交通量推計モデル, 交通ネットワークの分析と計画, pp.97-118
- 2) LeBlanc L.(1975):An Algorithm for the Discrete Network Design Problem, Transpn. Sci., Vol.9, pp.183-199

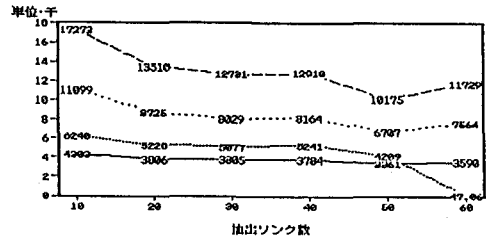


図-1. ROOT MEAN SQUARE ERROR

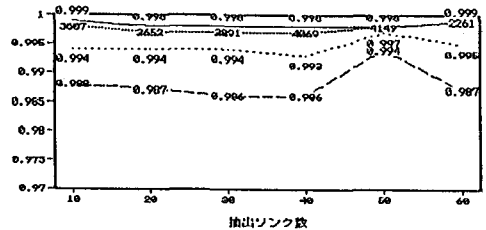


図-2. 相関係数

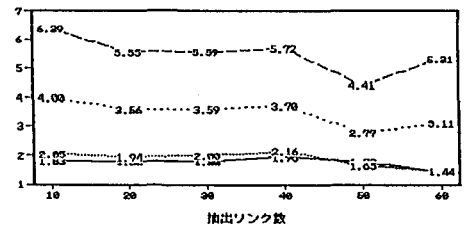


図-3. 平均誤差率

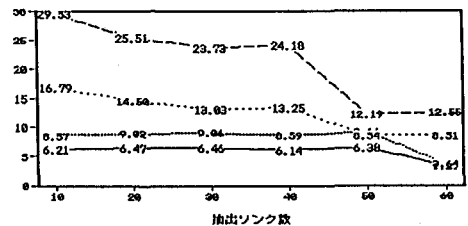


図-4. 最大誤差率

変動係数 — 0.05 --- 0.10 ... 0.30 - - 0.50