

IV-69

流入交通量観測値に基づく時間 OD 交通量の推定に関する研究

名城大学 正員 松本 幸正
名古屋工業大学 正員 松井 寛

1. はじめに

道路ネットワークの高度な有効利用を促進するためには、道路交通需要の時間変動を考慮した交通運用計画が不可欠であり、時間変動する OD 交通量の推計はそのような交通運用のための基礎資料となる。

そこで本研究では対象ネットワークへの流入交通量観測値に基づいて、時間変動する OD 交通量を推定するための手法を提案し、都市高速道路において実際に適用計算を行う。

2. モデルの定式化

本研究では、各 OD ペア間で経路が一つに限定されるネットワークを対象として考える。またネットワークへの流入及び流出交通量が観測されていると考え、これらの交通量観測値の時間連続データに基づいた OD 交通量の動的推定モデルの定式化を行う。はじめに以下の記号を定義する。

- q_i^t インターバル t の流入交通量観測値
- y_j^t インターバル t の流出交通量観測値
- b_{ij}^t 流入時刻ベースの推移確率
- τ_{ij}^t インターバル t のはじめの時間 $t \cdot u$ に流出地点 j へ到着した車両の旅行時間

ここで u は推定単位時間であり、推移確率 b_{ij}^t については以下の条件を満足しなければならない。なお W は交通量が 0 である OD ペアの集合を表している。

$$\sum_{j \in J} b_{ij}^t = 1 \quad i \in I \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$0 \leq b_{ij}^t \leq 1 \quad i \in I, j \in J \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$b_{ij}^t = 0 \quad (i, j) \in W \quad \dots \dots \dots (3)$$

いまある OD ペアについて考えると、推定時間インターバル t のはじめの時間 $t \cdot u$ に流出地点へ到着する車両は、 τ_{ij}^t 時間前に流入地点からネットワークへ流入したことになる。同様に次のインターバルのはじめの時間 $(t+1) \cdot u$ に流出地点へ到着した車両は、 τ_{ij}^{t+1} 時間前に流入地点から流入したことになる。ここで、車両の追い越しはほとんど無く、また各時間インターバル内においては車両が一様に分布していると仮定する。このときインターバル t に流出地点へ

到着する車両は、 $t \cdot u - \tau_{ij}^t$ から $(t+1) \cdot u - \tau_{ij}^{t+1}$ の時間内に流入地点から流入した車両ということになり、すなわち流入交通量の観測値 q_i^t と流出交通量の観測値 y_j^t の間の動的な関係が次のように確立される。

$$y_j^t = \sum_{i \in I} \left[\sum_{k=t-\eta_{ij}^t-1}^{t-\eta_{ij}^{t+1}} q_i^k b_{ij}^k - \left(1 - \frac{\tau_{ij}^t}{u} + \eta_{ij}^t \right) q_i^{t-\eta_{ij}^t-1} b_{ij}^{t-\eta_{ij}^t-1} - \left(\frac{\tau_{ij}^{t+1}}{u} - \eta_{ij}^{t+1} \right) q_i^{t-\eta_{ij}^{t+1}} b_{ij}^{t-\eta_{ij}^{t+1}} \right] \quad j \in J \quad (4)$$

ここで

$$\eta_{ij}^t = \text{int} \left[\frac{\tau_{ij}^t}{u} \right] \quad i \in I, j \in J \quad \dots \dots \dots (5)$$

である。上式から明らかなように、対象時間に車両が通過するインターバルは流出地点では 1 インターバルであるが、流入地点では数インターバルにまたがる。そこで $t - \eta_{ij}^t - 1$ から $t - \eta_{ij}^{t+1}$ における平均的な推移確率 $\bar{b}_{ij}^t$ を求める。以降、次のような縦ベクトルを導入し、また問題を流出地点ごとに分解して考え、集合 W に含まれる要素は除外する。なお'は転置を表す。

$$b_t = \left[\bar{b}_{1j}^{t-\eta_{1j}^t-1} \quad \bar{b}_{2j}^{t-\eta_{2j}^t-1} \quad \dots \quad \bar{b}_{Ij}^{t-\eta_{Ij}^t-1} \right]' \quad \dots \quad (6)$$

$$z_t = \left[\bar{q}_{1j}^{t-\eta_{1j}^t} \quad \bar{q}_{2j}^{t-\eta_{2j}^t} \quad \dots \quad \bar{q}_{Ij}^{t-\eta_{Ij}^t} \right]' \quad \dots \dots \dots (7)$$

ここで

$$\bar{q}_{ij}^{t-\eta_{ij}^t} = \sum_{i \in I} \left[\sum_{k=t-\eta_{ij}^t-1}^{t-\eta_{ij}^{t+1}} q_i^k - \left(1 - \frac{\tau_{ij}^t}{u} + \eta_{ij}^t \right) q_i^{t-\eta_{ij}^t-1} - \left(\frac{\tau_{ij}^{t+1}}{u} - \eta_{ij}^{t+1} \right) q_i^{t-\eta_{ij}^{t+1}} \right] \quad j \in J \quad \dots \dots \dots (8)$$

である。いま不等式制約条件 (2) に対するラグランジュ乗数を λ_{ij}^t 、 μ_{ij}^t 及び忘却係数を d とすると、推移確率の推定アルゴリズムは以下のように表せられる。

$$h_t = h_{t-1} d + z_t z_t' \quad \dots \dots \dots (9)$$

$$c_t = c_{t-1} d + z_t y_j^t \quad \dots \dots \dots (10)$$

$$K_t = P_{t-1} z_t (d + z_t' P_{t-1} z_t)^{-1} \quad \dots \dots \dots (11)$$

$$P_t = \frac{1}{d} (I - K_t z_t') P_{t-1} \quad \dots \dots \dots (12)$$

$$b_t = P_t \left(c_t + \frac{1}{2} \lambda_t - \frac{1}{2} \mu_t \right) \quad \dots \dots \dots (13)$$

次にラグランジュ乗数は、双対問題から以下のよう
に求められる。

$$\lambda_{ij}^t = \lambda_{ij}^t + \alpha \sigma_{ij} \quad i \in I, j \in J \quad \dots\dots\dots (14)$$

ただし

$$\sigma_{ij} = \begin{cases} -b_{ij}^t & \text{if } \lambda_{ij}^t > 0 \\ \max(0, -b_{ij}^t) & \text{if } \lambda_{ij}^t = 0 \end{cases} \quad \dots\dots\dots (15)$$

であり、また α は直線探索パラメータであり

$$\alpha = \min \left\{ -\frac{2\sigma_j^t b_t}{\sigma_j^t P_t \sigma_j}, \min_{i \in I} \left(-\frac{\lambda_{ij}^t}{\sigma_{ij}} \right) \right\} \quad \dots\dots\dots (16)$$

となる。なお μ_{ij}^t についても同様の手順により求める。
また等式制約条件(1)を満たすように次の正規化法¹⁾
を用いて推移確率の推定値を修正する。

$$b_{ij}^t = b_{ij}^t / \sum_{j \in J} b_{ij}^t \quad i \in I \quad \dots\dots\dots (17)$$

3. 適用事例

提案したモデルを実際のデータを用いて適用計算を
行う。使用したデータは、平成6年12月に名古屋高
速道路大高線入り方向の星崎集約料金所から鶴舞南
ジャンクションの手前までのオンランプ3、オフラン
プ2及び本線通過1の3×3ODペアの区間を対象に行
われた、ナンバープレート調査により得られた個々の
車両のデータである。調査データには、流入時刻及び
流出時刻が含まれているため、それらを用いて1分、
2分、3分、5分及び10分間隔における流入・流出
交通量及び実績OD交通量を求めた。なお旅行時間
については推定単位時間内の平均旅行時間を用いた。
また本モデルにおいては、各ODペアごとに旅行時
間が異なり、従って推定時間帯に差が生じるため、各
適合度指標においては推定単位時間のはじめとおわ
りの部分を除いて計算した。

表1に推定値と実績値の全対象インターバルの相関
係数を示してある。この表から全般に非常に高い相
関性を有することが分かり、推定単位時間が長くなる
ほど相関性が高くなることが分かる。また最適な忘
却係数 d の値は、推定単位時間が長くなる程小さく
なる傾向が見られる。これは推定単位時間が長いほ
どランダム変動より時間的な傾向変動の要素が大き
くなるためであると考えられる。

推定値と実績値の全対象インターバルにおける
RMS誤差の値を表2に示してあるが、忘却係数につ
いては相関係数と同様の傾向が見られることが分か
る。また推定単位時間が長くなるほどRMS値は大き

表1 全対象インターバルにおける相関係数

	1.00	0.98	0.92	0.90
1分	0.9823	0.9814	0.9790	0.9783
2分	0.9892	0.9859	0.9835	0.9826
3分	0.9833	0.9840	0.9812	0.9823
5分	0.9869	0.9913	0.9924	0.9927
10分	0.9951	0.9953	0.9958	0.9960

表2 全対象インターバルにおける RMS 誤差

	1.00	0.98	0.92	0.90
1分	1.8194	1.9145	2.1142	2.1624
2分	2.6934	3.0952	3.5643	3.7172
3分	5.4233	5.2370	5.8666	5.7679
5分	7.2737	5.9337	5.5295	5.4331
10分	8.9028	8.7391	8.1697	7.9958

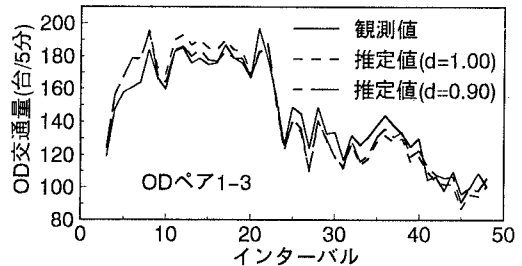


図1 5分間隔 OD 交通量推定値の時間変動

くなっているが、これは交通量の絶対量に係るため
であり、全般的に妥当な値であると思われる。

図1に5分間隔の実績交通量と推定交通量の時間変
動の一例を示してあるが、この図からもOD交通量
の時間変動をよく捉えていることが分かる。

4. おわりに

本研究では、対象ネットワークの流入交通量観測
値に基づいたOD交通量の動的推定手法を提案し、実
際に都市高速道路において適用した結果、十分有意
な推定結果が得られることが分かった。

今後は他の高速道路やネットワークなど、より多く
のODパターン下における適用計算を行い、本モデ
ルの妥当性を検証していく必要がある。

最後に、調査を実施するにあたり名古屋高速道路公
社の方々ならびに名城大学栗本教授及び研究室の学生
諸氏に協力を頂いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) Nihan N. L. and Davis G. A. : Recursive estimation of origin-destination matrices from input/output counts, Transpn. Res. Vol.21B, pp.149-163, 1987