

流入出交通量に基づく OD 交通量のオンライン推定 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

高度情報化社会を迎えた今日、道路交通においてもドライバーの多様なニーズに応えるべく様々な道路交通情報の提供が必要とされている。また所要時間情報や経路情報など適切な情報の提供は、道路ネットワークの有効利用の促進にもつながると考えられる。

しかしながらきめ細かな交通情報を提供するためには、交通状況の時間変動の把握が不可欠となる。そこで本研究では交差点や高速道路ジャンクション等への流入出交通量観測値を用いて、時間変動する OD 交通量をオンラインで推定可能な手法について提案する。

2. モデルの定式化

流入出交通量の間には以下の線形の関係が成立する。

$$y_j(t) = \sum_{i=1}^I q_i(t) b_{ij}(t) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\begin{cases} q_i(t) &: (t-1) \cdot u \text{ から } t \cdot u \text{ の時間内の} \\ &\text{流入交通量, } i = 1, 2, \dots, I \\ y_j(t) &: (t-1) \cdot u + \tau \text{ から } t \cdot u + \tau \text{ の時間} \\ &\text{内の流出交通量, } j = 1, 2, \dots, J \\ b_{ij}(t) &: \text{推移確率} \end{cases}$$

ここで u は推定単位時間、 τ は平均所要時間であり、 $b_{ij}(t)$ は以下の条件を満たさなければならない。

$$0 \leq b_{ij}(t) \leq 1 \quad \forall i, j, t \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\sum_{j=1}^J b_{ij}(t) = 1 \quad \forall i, t \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$b_{ij}(t) = 0 \quad (i, j) \in Z \quad \dots\dots\dots (4)$$

交差点を対象にした場合一般に転回車両は考慮せず、また一方通行や右折禁止等の通行規制がある場合にもそれらの OD ペア一間の交通量は 0 である。 Z はそのような規制のある OD ペア一の集合を表す。

いま推移確率 $b_{ij}(t)$ は、時間により急激な変化はしないと仮定した場合、式 (2)、(3)、(4) の制約条件下において、式 (1) を満足する推移確率 $b_{ij}(t)$ を以下のアルゴリズムにより求めることができる。なおこのような仮定のもとで定式化を行った場合においても、忘却係数 d をそのアルゴリズムに導入することにより、ある程度の時間変動を捉えることは可能である。

ここで流入出交通量の観測値を次のベクトル q_t 、 y_t で表し定式化を行う。またベクトルはすべて縦ベクトルとし、添字'は転値を表すものとする。

$$q_t = [q_1(t), q_2(t), \dots, q_I(t)]' \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$y_t = [y_1(t), y_2(t), \dots, y_J(t)]' \quad \dots\dots\dots (6)$$

はじめに得られた観測値により次式を順次計算する。

$$h_t \equiv \sum_{l=1}^t d^{t-l} q_l q_l' = h_{t-1} d + q_t q_t' \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$c_t \equiv \sum_{l=1}^t d^{t-l} q_l y_l' = c_{t-1} d + q_t y_t' \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$K_t \equiv f_t q_t = f_{t-1} q_t (d + q_t' f_{t-1} q_t)^{-1} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$f_t \equiv h_t^{-1} = \frac{1}{d} (I - K_t q_t') f_{t-1} \quad \dots\dots\dots (10)$$

以上の変数は流入出交通量 q_t 、 y_t のみにより定められる値であり、また到着地 j により分割可能であるため、それぞれの到着地 j ごとに制約条件式 (4) を考慮して計算することが可能であり、また到着地 j ごとに値は異なる。次に以下の値を計算する。

$$\varphi_t = 2 \left(\sum_j f_t \right)^{-1} \left\{ 1 - \sum_j f_t (c_{jt} + \frac{1}{2} \lambda_{jt}) \right\} \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$b_{jt} = f_t (c_{jt} + \frac{1}{2} \varphi_t + \frac{1}{2} \lambda_{jt}) \quad \dots\dots\dots (12)$$

さらに λ_{ij} を次式により更新¹⁾し、収束するまで式 (11)、(12)、(13) の繰返し計算を行い、得られた推移確率 b_{ij} により OD 交通量が求められる。なお f_{ii} は f_i の対角要素である。

$$\begin{cases} \text{if } b_{ij} < 0 \text{ then } \lambda_{ij} = \lambda_{ij} - \frac{b_{ij}}{f_{ii}} \\ \text{if } b_{ij} \geq 0 \text{ then } \lambda_{ij} = \max(0, \lambda_{ij} - \frac{b_{ij}}{f_{ii}}) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (13)$$

3. 交差点における適用事例

本提案モデルを実際の交差点において適用計算を行う。使用したデータは昭和 50 年に愛知県豊田市に位置する国道 248 号線上の交差点で観測された am6:30 ~ 9:30 までの 15 地点における方向別時間交通量で、その集計時間間隔は 15 分となっている。その方向別時間交通量の観測値から各交差点への流入出交通量を計算し、それを入力データとして用いた。また対象

表 1 全時間における相関係数

d	1.00	0.95	0.90	0.85
1	0.9985	0.9985	0.9985	0.9986
2	0.9571	0.9551	0.9533	0.9512
3	0.9862	0.9866	0.9867	0.9862
4	0.9612	0.9616	0.9626	0.9637
5	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995
6	0.9551	0.9534	0.9490	0.9423
7	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
8	0.9700	0.9701	0.9705	0.9715
9	0.9013	0.8886	0.8745	0.8600
10	0.9984	0.9984	0.9983	0.9981
11	0.9988	0.9988	0.9987	0.9986
12	0.9623	0.9607	0.9590	0.9573
13	0.9948	0.9947	0.9947	0.9947
14	0.9766	0.9770	0.9762	0.9737
15	0.9353	0.9394	0.9429	0.9455

表 2 全時間における RMS 誤差

d	1.00	0.95	0.90	0.85
1	2.0350	2.0202	2.0014	1.9776
2	6.8355	6.9959	7.1374	7.2973
3	6.0579	5.9077	5.8305	5.8712
4	12.0853	11.9668	11.7225	11.4614
5	1.2169	1.1821	1.1505	1.1214
6	10.8932	11.1028	11.6323	12.4210
7	0.4973	0.4820	0.4651	0.4462
8	11.2212	11.1448	11.0113	10.7734
9	25.0898	26.5333	28.0929	29.6160
10	3.2526	3.2253	3.2272	3.3092
11	2.6801	2.7116	2.7707	2.8533
12	12.6619	12.9541	13.2737	13.5970
13	4.8184	4.8420	4.8344	4.8350
14	11.2893	11.1787	11.3461	11.8843
15	19.9467	19.2748	18.6967	18.2599

とした交差点には、一方通行、歩行者専用道路や右折禁止などの通行規制があるため、それら規制状況も制約条件として式 (4) の Z に付加した。

表 1 に推定値と実績値の全推定単位時間における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わかる。また忘却係数 d の値により、推定結果が改善される場合とされない場合があることがわかるが、これは推移確率の変動に関係するように思われる。しかしながら本適用事例においては忘却係数の影響は相関性に関してみれば特に大きくないようである。

次に表 2 に推定値と実績値の全推定単位時間における RMS 誤差の値を示してある。交差点番号 9 の地点において多少大きめの RMS 値を示しているが、全般に妥当な値を示していることがわかる。忘却係数に関しても相関性と同様に本適用事例においてはその影響は大きくないよう思われる。

交差点番号 1, 5, 7 などは相関係数 RMS 誤差値とも非常に優れているが、これらの交差点は一方通行、歩行者専用道路や右折禁止等の通行規制により式 (4) における Z に含まれる OD ペアが多くなるために、推定精度が向上したと考えられる。

図 1 に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、入力蓄積の少ない 7:30 以前においては推定値と実績値の間に大きな開きが見られるが、時間を重ねていくうちにその差が減少していき、その

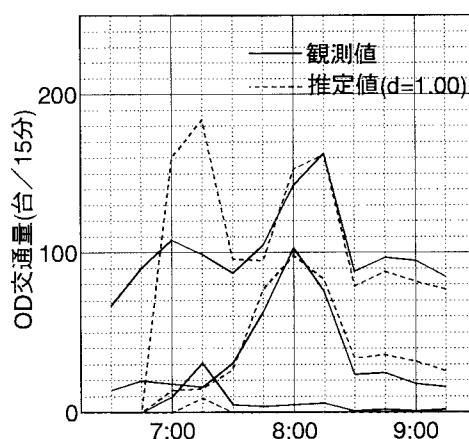


図 1 推定交通量の時間変動 (交差点番号 15)

後はほぼ妥当な推定結果が得られることがわかる。

4. おわりに

本研究では、対象エリアへの流入出交通量の観測値を基にオンラインで OD 交通量を推定する手法を提案し、実際に交差点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わかった。

今後は推移確率の時間変動による感度分析等を行い、最適な忘却係数の設定方法や予測手法への展開について検討していく必要がある。

参考文献

- 1) Bell M. : The real time estimation of origin - destination flows in the presence of platoon dispersion, Transpn. Res.-B, Vol.25B, No.2, pp.115-125, 1991
- 2) 豊田市交通対策会議:R248 交通実態総合調査資料,1975