

時間変動係数に基づく発時刻ベースの時間帯別 OD 交通量の逆推定手法

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○市村 康平
名古屋工業大学大学院 正会員 藤田 素弘

1. はじめに

中京都市圏は他の三大都市圏と比較して自動車への依存度が高く、交通量の増加に伴う渋滞が大きな問題となっている。渋滞問題を解消するための交通量予測手法に用いられる時間帯別利用者均衡配分モデルは、時間帯別 OD 交通量推計等の改善が課題として挙げられる。その精度を向上させる方法として観測リンク交通量を用いた時間帯別 OD 交通量の逆推定手法がある。発時刻ベースの時間帯別 OD 交通量を推計する方法では、残留交通量修正後の時間変動係数を得たのちに発時刻ベース OD 交通量を推計するものと、直接的に残留交通量修正前の発時刻ベース時間変動係数を逆推定する 2 つの手法が提案されている。結果として推計交通量の精度に改善は見られたが、どちらの手法も 3 時の時間変動係数が高くなってしまふという課題が残った。よって本研究では、その課題に対する解決策について検討を行う。

2. 基本逆推定モデルからの発時刻ベース OD 交通量の推計方法

基本逆推定モデルで得られる残留交通量修正後の OD 交通量と、発時刻ベース OD 交通量の関係は、時間帯 n における OD ペア rs 間の残留交通量修正後の OD 交通量を g_{rs}^n 、残留交通量修正前の発時刻ベース OD 交通量を G_{rs}^n とすると式 (1) で表すことができる。また、最小所要時間を λ_{rs}^n ($\lambda_{rs}^n > T$ では、 $\lambda_{rs}^n = T$)、時間帯幅を T とすると残留交通量 q_{rs}^n は式 (2) で表すことができ、これを式 (1) に代入して変形すると発時刻ベースの OD 交通量は式 (3) のように表せる。

$$g_{rs}^n = q_{rs}^{n-1} + G_{rs}^n - q_{rs}^n \quad (1)$$

$$q_{rs}^n = \lambda_{rs}^n G_{rs}^n / 2T \quad (2)$$

$$G_{rs}^n = (g_{rs}^n - \lambda_{rs}^{n-1} G_{rs}^{n-1} / 2T) / (1 - \lambda_{rs}^n / 2T) \quad (3)$$

最初の時間帯 3 時を求めるとき、先行研究では深夜時間帯は他の時間帯と比べて OD 交通量が少ないため、前時間帯から 3 時に流れる残留交通量を定数 a と仮定していた。しかし、交通量が少ないながらも時

間変動パターンに与える影響は大きく、時間変動係数の変動が目立つ結果となった。よって本研究では深夜時間帯の交通量の変動は少ないと考え、3 時と 26 時の発時刻ベース OD 交通量は等しいものとした。 $G_{rs}^3 = G_{rs}^{26}$ のとき、式 (3) は次式のように変形できる。

$$G_{rs}^3 = G_{rs}^{26} = g_{rs}^3 / (1 + \lambda_{rs}^{26} / 2T - \lambda_{rs}^3 / 2T) \quad (4)$$

3 時と 26 時は式 (4) を、4 時～25 時は式 (3) を用いることで全時間帯の発時刻ベース OD 交通量を求めることができる。

3. 残留交通量考慮時間変動係数逆推定モデル

ここでは、残留交通量修正前の時間変動係数を逆推定する手法について検討する。与条件として OD ペア rs 間の日 OD 交通量を Q_{rs} 、 n 時間帯におけるリンク a の観測リンク交通量を \hat{x}_a^n とする。また、 n 時間帯における OD ペア rs 間の発時刻ベース時間変動係数を E_{rs}^n 、リンク a を利用する確率を $P_{a,rs}^n$ 、残留交通量の割合を $d_{rs}^n (= \lambda_{rs}^n / 2T)$ とすると、配分計算によって算出されるリンク a の推計リンク交通量 x_a^n は次式で表すことができる。

$$x_a^n = \sum_{rs} (E_{rs}^n P_{a,rs}^n Q_{rs} + E_{rs}^{n-1} P_{a,rs}^{n-1} Q_{rs} d_{rs}^{n-1} - E_{rs}^n P_{a,rs}^n Q_{rs} d_{rs}^n) \quad (5)$$

ここで、出発地域 K 、到着地域 L の地域別時間変動係数を E_{kl}^n 、地域数 m とし、リンク交通量の推計値 x_a^n と実測値 \hat{x}_a^n の残差平方和が最小になるようにモデル化を行うと、目的関数は以下のような式になる。

$$\min. Z = \sum_n \sum_a \left(\sum_{kl} \sum_{r \in K} \sum_{s \in L} (E_{kl}^n P_{a,rs}^n Q_{rs} (1 - d_{rs}^n) + E_{kl}^{n-1} P_{a,rs}^{n-1} Q_{rs} d_{rs}^{n-1}) - \hat{x}_a^n \right)^2 \quad (6)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_n E_{kl}^n = 1 \quad E_{kl}^n \geq 0 \quad (7)$$

上記の問題の最適化条件は、制約条件を取り込んだ Lagrange 関数を定義することにより導き出される。

$$\sum_{r \in K} \sum_{s \in L} P_{a,rs}^n Q_{rs} (1 - d_{rs}^n) = U_{a,kl}^n \quad (8)$$

$$\sum_{r \in K} \sum_{s \in L} P_{a,rs}^n Q_{rs} d_{rs}^{n-1} = V_{a,kl}^{n-1} \quad (9)$$

とおくと, Lagrange 関数 ϕ は次のようになる.

$$\begin{aligned} \phi = & \sum_n \sum_a \left(\sum_{kl} E_{kl}^n U_{a,kl}^n + \sum_{kl} E_{kl}^{n-1} V_{a,kl}^{n-1} - \hat{x}_a^n \right)^2 \\ & - \sum_{kl} v_{kl} \left(1 - \sum_n E_{kl}^n \right) \end{aligned} \quad (10)$$

ここで, v_{kl} は Lagrange 乗数を表す. 出発地域 K , 到着地域 L のうち, 任意の出発地域を I , 到着地域を J とし, ϕ を E_{ij}^n および v_{ij} で偏微分して 0 とおくと,

$$\begin{aligned} \partial\phi/\partial E_{ij}^n &= 2 \sum_a \left\{ \left(\sum_{kl} E_{kl}^n U_{a,kl}^n + \sum_{kl} E_{kl}^{n-1} V_{a,kl}^{n-1} - \hat{x}_a^n \right) U_{a,ij}^n \right\} \\ &+ 2 \sum_a \left\{ \left(\sum_{kl} E_{kl}^{n+1} U_{a,kl}^{n+1} + \sum_{kl} E_{kl}^n V_{a,kl}^n - \hat{x}_a^{n+1} \right) V_{a,ij}^n \right\} \\ &- v_{ij} = 0 \quad (i, j = 1, 2, \dots, m) \end{aligned} \quad (11)$$

$$\partial\phi/\partial v_{ij} = \sum_n E_{ij}^n - 1 = 0 \quad (i, j = 1, 2, \dots, m) \quad (12)$$

となり, OD ペア rs 間のリンク a 利用率 $P_{a,rs}^n$ が得られる場合, 上式から発時刻ベース時間変動係数 E_{kl}^n を得ることができる. このモデルにおいても先行研究では 26 時から 3 時に流れる残留交通量は無いものとしていた. 本研究では 3 時と 26 時に繋がりをを持たせるため, $n = 3$ のとき $n - 1 = 26$, また, $n = 26$ のとき $n + 1 = 3$ とした.

4. 発時刻ベース時間帯別 OD 交通量を推計する 2 つの手法の精度検証

どちらの手法も 2 地域 1 変数で逆推定を行い, 中京都市圏域内発 OD の時間変動パターンを比較する. 基本逆推定モデルからの発時刻ベース OD 交通量推計手法で得られる時間変動係数を 図-1 に, 残留交通量を考慮した逆推定モデルで得られる時間変動係数を 図-2 に示し, その精度検証結果を 図-3 に示す. これらから先行研究のモデルの精度で, 3 時の時間変動係数を抑えられていることが分かる. また, 基本逆推定モデルから発時刻ベース OD を推計する手法より直接的に発時刻ベース時間変動係数を逆推定する手法の方が精度が高いことが分かる.

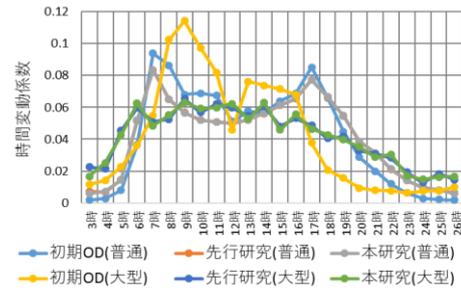


図-1 基本逆推定モデルからの発時刻ベース推計

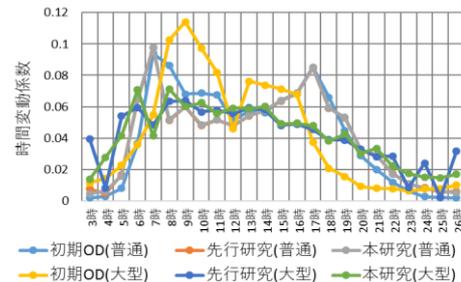


図-2 残留交通量を考慮した逆推定モデル

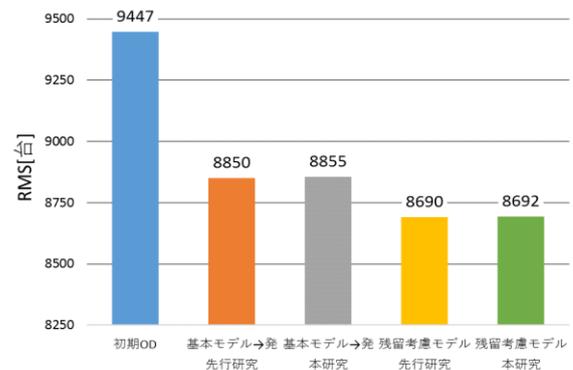


図-3 日合計 RMS 誤差比較 (全車種)

5. おわりに

本研究では, 発時刻ベースの時間帯別 OD 交通量を推計する 2 つの手法について時間変動パターンの改善を行った. 結果, 3 時の時間変動係数が抑えられ, 特に大型車で時間変動係数の変動が小さくなり, 交通量の再現性が向上した. 今回は 2 地域 1 変数で時間変動係数を設定したが, 今後は対象ゾーンを細分化して, 推計精度向上の検討を行う必要がある.

参考文献

- 1) 藤田素弘, 渡邊健, 山田真士: 観測交通量からの時間変動係数に基づく時間帯別 OD 交通量の逆推定手法の開発, 交通工学論文集, Vol.2, No.1, pp.11-20, 2016
- 2) Motohiro Fujita, Shinji Yamada and Shintaro Murakami: Time Coefficient Estimation for Hourly Origin-Destination Demand from Observed Link Flow Based on Semidynamic Traffic Assignment, Journal of Advanced Transportation, Volume 2017 (2017), Article ID 6495861, 14 pages