

変動抑制を考慮した時間変動係数に基づく 時間帯別OD交通量の逆推定手法

山上 恭平¹・藤田 素弘²・市村 康平³

¹学生会員 名古屋工業大学大学院 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)

E-mail:30415093@stn.nitech.ac.jp

²正会員 名古屋工業大学大学院教授 工学研究科社会工学専攻 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)

E-mail:fujita.motohiro@nitech.ac.jp

³正会員 中日本高速道路株式会社 (〒914-0014 福井県敦賀市井川17号字稻荷藪8-1)

E-mail:k.ichimura.aa@c-nexco.co.jp

本研究では、時間帯ごとの交通運用対策に用いることが可能な時間帯別均衡配分の精度を向上させるものとして、時間変動係数に基づく観測交通量からの時間帯別OD交通量逆推定モデルの実用化研究を行った。先行研究で開発された基本モデルの精度や操作性をさらに向上するものとして、都市圏域内の詳細なゾーニング方法を段階的に適用する方法について開発した。域内の詳細なゾーニング方法を検討した結果、32変数の方向別モデルが、全段階の逆推定を通して最も精度がよくなることが確認できた。また、ゾーニングを細かくすることで、少ないODペアで発生する時間変動パターンの過剰な変動を抑制するために、基本逆推定モデルに変動抑制項を与え検討した結果、過剰な変動を一定程度抑制することができた。その結果、さらに31変数のモデルではリンク交通量の推計精度も向上した。

Key Words : リンク交通量, 時間変動係数, 均衡配分, 時間帯別OD交通量

1. はじめに

時間帯別OD交通量を基に、各時間帯を対象とした交通量施策の評価に利用される時間帯別均衡配分モデル¹⁾は、現状において実用的なモデルとなっているが、さらなる精度向上のためには時間帯別のOD交通量の推計精度の改善が課題として挙げられる。

これまで、OD交通量の予測精度を向上させるために、観測交通量を用いた逆推定手法が数多く開発されてきている。既存研究においては、観測交通量と推定交通量間の残差平方和を最小化する問題として定式化し、利用者均衡配分からの経路交通量等情報を併用しつつ、観測交通量からOD交通量を逆推定するモデルが開発されている。これらの枠組みで時間帯別OD交通量を扱った、前川ら²⁾は、OD交通量の分布パターンを操作変数として、時間帯別々に時間帯別OD交通量を予測した。

一方、観測交通量や速度情報等を活用して動的OD交通量を予測するモデルをにより実用性を高めたものとして Tsekeris ら³⁾の交通シミュレーションとエントロピー

最大化法に基づくモデルも開発されている。しかし、これらは交通シミュレーションや動的配分をベースとしており、中規模なネットワークでの適用はなされているが、都市圏域レベルの広域な道路網への適用はなされていない。また、Etemandnia ら⁴⁾は最小二乗法において動的ODで動的配分を併用して推定するモデルを開発し、10分程度の時間間隔で都市部ネットワークにおいて適用したが、本研究のように広域のネットワークで全時間帯のOD交通量を制約条件として時間変動係数を求めるものではない。

本研究では、時間変動係数(日OD交通量に対する各時間のOD交通量の比率)を基に、逆推定することで時間帯別のOD交通量の精度向上を図っている。本手法を基に地域別方向別・域外交通を考慮した時間帯別OD交通量推計手法も開発しており、既存の研究⁵⁾では、地域分けを細かくすることにより、時間帯別OD交通量の推計精度が向上する傾向を報告している。

しかし、地域の細分化に伴い、日OD交通量の少ないODペアで時間変動係数が過度に変動しているという現



図-1 道路ネットワーク図

象がみられた。これらを改善するために、変動抑制を考慮した時間帯別OD交通量の逆推定モデルで時間変動パターンのばらつきを一定程度抑えることができた。

したがって、本研究では、地域の細分化を行い、変動抑制を行うことで過度な時間変動を抑制し、時間帯別のOD交通量から時間帯別利用者均衡配分の精度や適用性を向上させることを検討する。

2. 時間帯別OD交通量の基本逆推定モデルと

本研究で使用する配分計算には、高速道路転換率内生型時間帯別利用者均衡配分を使用する。これは時間帯OD交通量を既知とする需要固定モデルで、BPR関数型のリンクパフォーマンス関数を使用したものである。ネットワークデータは、中京PTを元に、平成22年道路交通センサ調査までに新設された道路を加えたもの(図-1)を使用する。ゾーン数482、リンク数6683、ノード数4468から構成される。

時間均衡配分によって算出される推計リンク交通量と実測リンク交通量 \hat{x}_a^n の残差平方和が最小になるように定式化を行うと、時間変動係数の逆推定モデルの目的関数は次式のようになる。

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

$$s.t. \sum E_{kl}^n = 1, E_{kl}^n \geq 0 \quad \forall n, k, l \quad (2)$$

ここで、

Q_{rs} : ODペアrs間の日OD交通量

\hat{x}_a^n : n時間帯のリンクaの観測リンク交通量

$P_{a,rs}^n$: n時間帯のODペアrs間の時間帯別OD交通量がリンクaを利用する確率

E_{kl}^n : ODペアrsをm個の大きな地域に区分して、出発地域 $K(=1 \sim m)$ 、到着地域 $L(=1 \sim m)$ の地域別方向別のn時間帯の時間変動係数

上式(1)右辺の括弧内左項は時間均衡配分から推計されるリンクaの推計リンク交通量である。

本モデルは上式を上位問題とし、下位問題に時間均衡配分を行う2段階構造となっている。

3. 基本モデルの地域の細分化と精度検証

(1) 地域区分の設定

時間変動係数の地域変数を細かく設定するために、以下の表1のように新たに地域区分を増やして検証する。本研究では、既存研究の地域分け(6地域25変数)からさらに域外変動パターンの固定値と域内地域の変数を増やし、①7地域30変数、②7地域31変数、③7地域32変数の3通りを使用する。

(2) 精度検証結果と考察

表-1の地域区分で逆推定を行った。その精度検証の結果を図-2に示す。既存研究の6地域25変数の結果とも比較を行った。また、それぞれの時間変動係数の収束状況を図-3a、図-3bに示す。図-2の全車のRMS誤差は、本研究における地域分けで小さくなり、精度が上がるのが分かる。これは地域ごとの時間変動パターンを分けることにより、地域特性が反映されやすくなったことが考えられる。本研究で行った地域分けのうち、最も精度が良かったのは③のときである。一方で、②よりも①の方が精度が良かったのは、単に地域区分を細かくするだけではなく、地域区分の方法を工夫することで、さらなる精度向上が可能になることを示している。また、図-3aと図-3bの収束グラフより、特に大型車の時間変動係数が収束基準に対して、収束しにくくなっている。これは、時間変動パターンが過度に変動してしまう現象が原因として考えられる。さらに地域区分を増やす場合、変動を抑制する逆推定モデルを考える必要があり、そのモデルを次節で定式化する。

表-1 地域区分による時間変動係数の変数の設定

①7地域30変数							
出発\到着	名古屋	海部・尾張	知多・三河	豊田	岐阜	三重	域外
名古屋	1	2	3	4	5	5	6
海部・尾張	7	8	9	10	11	11	12
知多・三河	13	14	15	16	17	17	18
豊田	19	20	21	22	23	23	24
愛知県外	25	26	27	28	29	29	30
域外東	固定	固定	固定	固定	固定	固定	固定
域外西	固定	固定	固定	固定	固定	固定	固定

②7地域31変数							
出発\到着	名古屋	海部・尾張	知多・三河	豊田	岐阜	三重	域外
名古屋	1	2	3	4	5	6	7
海部・尾張	8	9	10	11	12	12	13
知多・三河	14	15	16	17	18	18	19
豊田	20	21	22	23	24	24	25
愛知県外	26	27	28	29	30	30	31
域外東	固定	固定	固定	固定	固定	固定	固定
域外西	固定	固定	固定	固定	固定	固定	固定

③7地域32変数							
出発\到着	名古屋	海部・尾張	知多・三河	豊田	岐阜	三重	域外
名古屋	1	2	3	4	5	6	7
海部・尾張	8	9	10	11	12	13	14
知多・三河	15	16	17	18	19	19	20
豊田	21	22	23	24	25	25	26
愛知県外	27	28	29	30	31	31	32
域外東	固定	固定	固定	固定	固定	固定	固定
域外西	固定	固定	固定	固定	固定	固定	固定

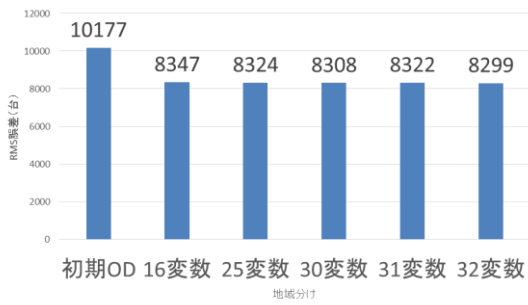


図-2 リンク交通量のRMS誤差 (全車・全経路)

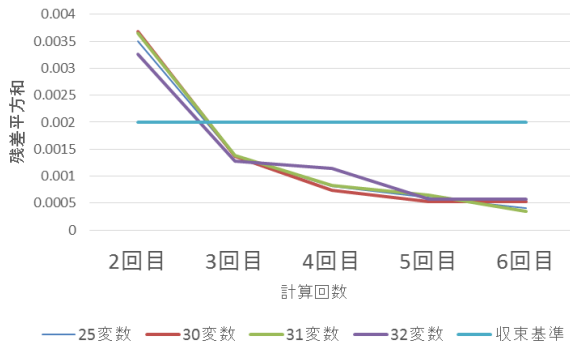


図-3a 普通車での時間変動係数の収束状況

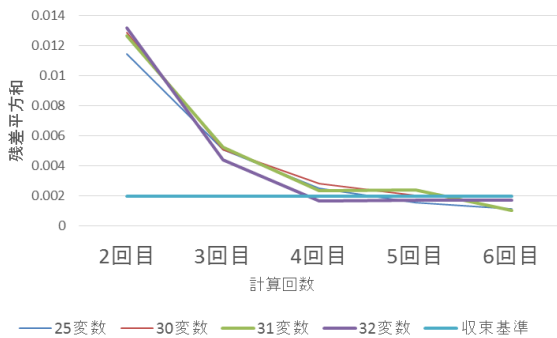


図-3b 大型車での時間変動係数の収束状況

4. 変動抑制を考慮した時間帯別OD交通量逆推定モデル

(1) モデルの定式化

リンク交通量の推計値と実測値 \hat{x}_a^n の残差平方和が最小になるようにし、過度な変動に対する変動抑制も考慮してモデル化を行うと、目的関数は式(1)ようになる。この最適化問題を解くと、経路利用率 $P_{a,rs}^n$ が既知の場合、地域別方向別時間変動パターン E_{kl}^n を得られる。また、配分計算・逆推計の繰り返し計算を行うことによって、時間変動係数は収束する。

$$\min. Z = \sum_n \sum_a \left(\sum_{kl} \sum_{r \in K} \sum_{s \in L} P_{a,rs}^n E_{kl}^n Q_{rs} - \hat{x}_a^n \right)^2 + \sum_{kl} W_{kl} \sum_n (E_{kl}^n - E_{kl}^{n-1})^2 \quad (3)$$

$$\text{制約条件} : \sum_n E_{kl}^n = 1 \quad E_{kl}^n \geq 0 \quad \forall n, k, l \quad (4)$$

Q_{rs} : ODペア rs間での日OD交通量

$P_{a,rs}^n$: n時間帯の経路利用率

E_{rs}^n : n時間帯ODペア rs間の時間変動係数

w_{kl} : 変動抑制係数で次式より与える

$$w_{kl} = w \times Q_{rs}$$

ここで、 w_{kl} は目的変数を収束させるために、必要な係数を各地域ごとに設定するので、各地域の日OD交通量の関数として与えている。

(2) 適応結果

変動抑制モデルを用いて精度検証を行うことで、時間変動パターンの過度な変動を抑制し、その結果を考察する。地域区分が25変数の時の時間変動パターンの結果から、図-4aでは日OD交通量の大きいペアであるので大きな変化がなかった。図-4bと図-4cでは、 $w=500$ では過剰な時間変動が一定程度抑制されていることが分かる。変動抑制係数が $w=500000$ では変動抑制が効きすぎているため、変動パターンが平らになっており、 w を大きくしすぎても現実的ではない変動パターンになることが分かる。

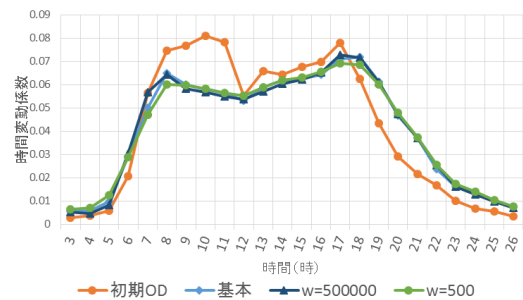


図-4a 25変数時間変動パターン (名古屋-名古屋, 普通車)

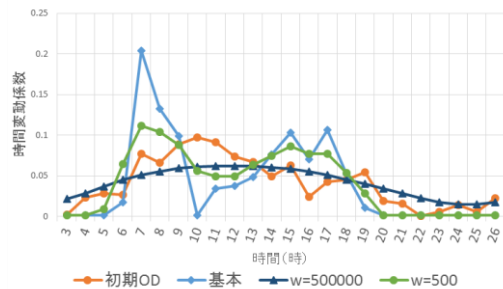


図-4b 25変数時間変動パターン (名古屋-豊田, 大型車)

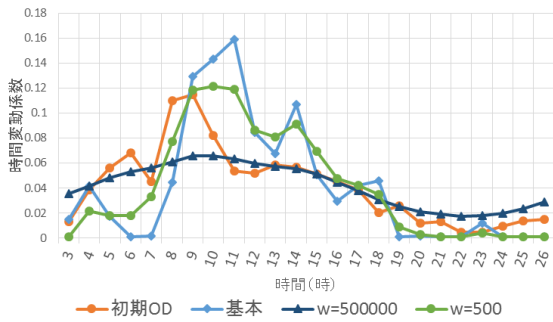


図-4c 30変数時間変動パターン (名古屋-県外, 大型車)

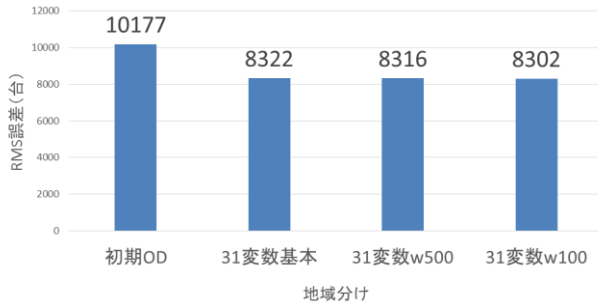


図-5 リンク交通量のRMS誤差 (全車・全経路)

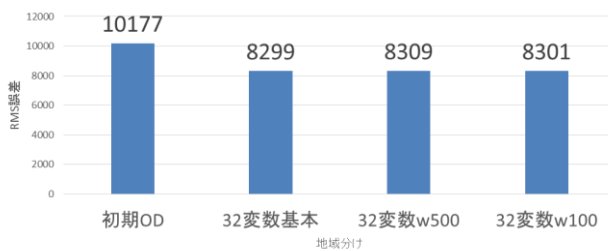


図-6 リンク交通量のRMS誤差 (全車・全経路)

本研究では、3の②と③の地域区分を基に4の変動抑制モデルを用いて逆推定を行った。その結果を図-5と図-6に示す。図には、初期ODと基本モデル、重み係数 $w=500, 100$ を比較した。31変数の結果では、 $w=500, 100$ の結果が基本モデルよりもRMS誤差の値が小さくなり、 w を入れることでさらに精度は向上した。32変数の結果では $w=500, 100$ の結果は、基本モデルよりもRMS誤差が高くなり、重み係数により精度は上がらなかった。これは、地域区分の違いによって変動抑制の影響に変化があることが理由だと考える。

5. まとめ

本研究では、逆推定モデルに変動抑制項を用いて、時間変動係数を修正し、時間帯別利用者均衡配分の精度を向上させることで時間帯別OD交通量の再現性向上を図った。

地域区分を増やして、時間変動係数の変数を増やした結果、全車のRMS誤差は小さくなった。また、変動

抑制モデルによって、日OD交通量の少ないところで生じていた時間変動係数の過剰な変動を、一定程度抑制することができた。次に、細分化した地域において変動抑制モデルを検討した結果、31変数の全車のRMS誤差は小さくなった。基本的には、変動抑制モデルでは時間変動を抑制するためRMS誤差は大きくなる。しかし、本研究の31変数では、過剰な時間変動の地域が増えたので、変動抑制モデルでもリンク交通量の推計精度が向上したことが考えられる。

今後の課題としては、さらに地域区分を増やすことで中京都市圏内の各地域特性をモデルに反映させて、時間帯別OD交通量の推計精度は上がることが考えられる。また、地域区分を増やすことで時間変動係数のばらつきが増えるため、変動抑制モデルの効果が期待できる。

また、より時間帯別OD交通量の推計精度を向上させるためには、実際の地域や車種別の時間変動パターンをよく分析した上で、適切な変動抑制の指標化を設定し、精度の高い変動抑制モデルを構築する必要があると考えられる。

謝辞：本研究を進めるにあたり、名古屋高速道路公社より入力データ等の多大なる支援を得ました。また本研究はJSPS科研費 JP16K06534の助成を受けたものです。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 土木計画学研究委員会交通需要予測技術検討小委員会編：道路交通需要予測の理論と適用第II編, 土木学会, 2006.
- 2) 藤田素弘, 雲林院康宏, 松井寛：高速道路を考慮した時間帯別均衡配分モデルの拡張に関する研究, 土木計画学研究・論文集, PP563-572, 2001.
- 3) 前川友宏, 飯田恭敬, 倉内文孝, 上坂克巳：BゾーンベースによるOD交通量逆推定モデルの実際適用性, 第29回交通工学研究発表会論文集, 2009.
- 4) Theodore Tsekeris, Antony Stathopoulos: Real-time dynamic origin-destination matrix adjustment with simulated and actual link flows in urban networks, Journal of the Transportation Research Board, Vol. 1857, pp. 117-127, 2003.
- 5) Hamideh Etemadnia, Khaled Abdelghany: Distributed approach for estimation of dynamic origin-destination demand, Journal of the Transportation Research Board, Vol.2105, pp. 127-134, 2009.
- 6) 村上慎太郎, 藤田素弘, 渡邊健, 桐戸健太郎：地域別方向別・域外交通を考慮した時間変動係数に基づく時間帯別OD交通量逆推定の研究, 土木計画学研究・論文集, Vol. 52, 6頁, 2015.
- 7) Motohiro Fujita, Shinji Yamada, and Shintaro Murakami, Time Co-efficient Estimation for Hourly Origin-Demand from Observed Link Flow

Based on Semidynamic Traffic Assignment, Journal of Advanced Transportation, Volume 2017

(2018.7.31 受付)

HOURLY ORIGIN-DESTINATION DEMAND ESTIMATION USING TIME COEFFICIENTS FROM TRAFFIC COUNTS CONSIDERING SUPPRESSION OF EXCESSIVE FLUCTUATION

Kyohei YAMAKAMI, Motohiro FUJITA and Kohei ICHIMURA

Day-long origin-destination (OD) demand for transportation prediction is advantageous in terms of accuracy and reliability because it is not affected by hourly variation of OD distribution. However, hourly traffic prediction is important for transportation analysis. We proposed and examined the TCoE model that estimates the time coefficients for OD demand from observed link flows given a proven day-long OD demand, which is based on a bi-level formulation of the generalized least square and the semi-dynamic traffic assignment (OD-modification approach). In this paper, we propose new formulation for the TCoE model. When the model is applied to many subareas, we propose another formulation by adding an additional equation in order to control an excess of fluctuation of time coefficients for OD pairs with small demand and apply it into a large scale road network. As a result, the estimation accuracy of the link traffic volume also improved in the 31 variable model.