

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・瀬川 貴史²・藤田 素弘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

³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:31415049@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

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、変動抑制を考慮した地域別方向別の時間変動係数逆推定モデルを用いて時間帯別OD交通量を推計した。日ODと時間変動係数のばらつきの関係から、特に日ODの小さい地域で時間変動係数はばらついており、日ODの大きい地域ではばらつきはほとんど見られなかった。まず、重み係数を日ODの線形関数で設定することで、精度を保ちつつ時間変動パターンの部分的な上下変動を一定程度抑えることができた。次に、重み係数の設定方法を変えて行くと、変動抑制を考慮する前よりも精度が向上し、時間変動パターンの部分的な上下変動も改善することができた。

Key Words : 均衡配分, 時間変動係数, 時間帯別OD交通量, 重み係数

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。

時間帯別OD交通量の推計精度を向上させる方法として、観測交通量を用いた時間帯別OD交通量の逆推定手法がある。既存研究²⁾においては、時間変動係数(日OD交通量に対する時間帯別OD交通量の各時間帯の比率)のバイアスに着目し、日OD交通量が与件のもとで時間変動係数の逆推定から時間帯別OD交通量を推定する手法についてモデルを開発してきた。また、地域別方向別と域外交通を考慮した時間変動係数に基づく時間帯別OD交通量の逆推定手法³⁾では、地域区分を6地域25変数まで細分化することでモデルに地域特性を反映させ、時間帯別OD交通量の再現性を向上させることができていた。

しかし、地域区分を細分化することで時間変動パターンの前後の時間帯で過度な上下変動が見られた。これに関しては、目的関数の第2項に前後の時間変動数差を考慮した変動抑制項を与えることで改善できると考えられたが、重み係数の値が推計精度に直接的に影響を与えることも考えられる。

したがって、本研究では変動抑制モデルの重み係数に着目し、適度な重み係数の値と重み係数の設定方法を考えることで、時間帯別OD交通量及び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. 使用データの詳細

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。これは時間帯別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。

(1) 各種使用データ

ネットワークデータは、中京PTのネットワークを基に、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。ネットワーク全体図を図-1に示す。道路特性データは、中京PTの現況（平成13年）と将来（平成27年）のBPRコード表に基づき、ネットワークに合致するように調整したものを使用する。高速転換率式パラメータは、平成23年の最新の名古屋高速利用者台数データを基に補正を行ったものを使用し、本研究では24時間一律で同じ転換率式を使用する。車種は乗用車と小型貨物を普通車、バスと大型貨物を大型車として扱う。



図-1 道路ネットワーク図

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

$$E_{kl}^n \geq 0 \quad (3)$$

ここに、

x_a^n : n時間帯におけるリンクaの推計リンク交通量

Q_{rs} : ODペアrs間での日OD交通量

$P_{a,rs}^n$: n時間帯にOD交通量 Q_{rs} がリンクaを利用する確率 (経路利用率)

E_{rs}^n : n時間帯ODペアrs間の時間変動係数

d_{rs}^n : n時間帯ODペアrs間の残留交通量の割合

式(3), (4)は制約条件である。

よって、下位問題の配分計算からODペアrs間のリンクaの利用率 $P_{a,rs}^n$ (または経路利用率)と残留交通量割合を求めつつ、上記の上位問題を解いて、時間変動係数と時間帯別OD交通量を逆推定するというアルゴリズムを繰り返し行うことにより、時間変動パタンの過剰変動を考慮して観測リンク交通量との誤差を最小にする発時刻ベースの時間変動係数を導くことができる。

(2) 既存の時間帯別OD交通量の特性

本研究では平成22年道路交通センサ調査データを初期ODとし、配分計算で精度を検証したところ、普通車、大型車ともに朝ピーク時間帯での過大推計と深夜時間帯での過小推計がみられた。これらの原因としてOD調査時のデータの集計漏れによるバイアスが影響していると考えられた。そこで、時間変動係数の集計バイアスに着目し、観測交通量による逆推定手法により改善を図る。

3. 変動抑制を考慮した時間変動係数逆推定モデル

時間帯別OD交通量の推計精度と再現性を向上させるために、OD交通量を逆推定する手法について検討する。各時間帯のOD交通量は日OD交通量に時間変動係数を乗じて得ることができる。

本研究では、各時間帯の最終時刻における残留交通量を考慮して配分可能な、時間帯別均衡配分モデル²⁾を下位問題として、観測リンク交通量と推計交通量の残差平方和の最小化問題を上位問題とする時間変動係数逆推定モデルを構築した。すなわち、出発地域K，到着地域Lの地域別方向別時間変動係数を E_{kl}^n としたとき、リンク交通量の推計値 x_a^n と実測値 \hat{x}_a^n の残差平方和を第1項として、時間変動係数の部分的な変動抑制のために前後時間帯の時間変動係数差に重み係数 w_{kl} をかけたものを第2項に設定すると、上位問題は式(1)のように示される。

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

4. 変動抑制を考慮した時間帯別OD交通量逆推定と精度検証

(1) 地域区分と重み係数の設定

本研究では、時間変動係数を表-1の地域区分で設定し、逆推定を行った。域内発地域を25変数とし、域外発地域は東西逆推定後のODを固定した値を用いた。重み係数 w_{kl} は、日OD交通量が少ないと時間変動パターンが過剰に変動しやすいなど、日OD交通量と時間変動係数のバラツキに関係性があることから、重み係数 w_{kl} は地域別日OD交通量に関する線形関数とし、式(4)のように設定する。

$$w_{kl} = a \times Q_{kl} \quad (4)$$

表-1 地域区分(7地域25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	5
海部・尾張	6	7	8	9	10	10	10
知多・三河	11	12	13	14	15	15	15
豊田	16	17	18	19	20	20	20
愛知県外	21	22	23	24	25	25	25
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

ここに、

a :精度調整可能なパラメータ(任意定数)

Q_{kl} :地域別日OD交通量

予測精度と時間変動パターンの変動抑制効果を考えるため、以下では $a=0,5,50\cdots3000$ の値を試行する。また重み係数の基準値となるものとして、目的関数の式(1)から算出することを考える。すなわち、リンク交通量の推計値と実測値の残差平方和の式(1)右辺第1項の部分を第1項とすると、 a は次式のようになる。

$$a = \sqrt{\frac{\text{(第1項)}}{Q_{kl}} / \left(\sum_n (E_{kl}^{n-1} - E_{kl}^n)^2 \right)} \quad (5)$$

ここで、重み係数のない式(1)における計算結果の値を代入することで、式(5)を計算すると、 $a=520$ となった。この値を重みパラメータの基準値として考える。

(2) 精度検証結果と考察

重み係数 a を前述のように設定し、逆推計による配分計算を行った。その精度検証結果を図-2、図-3に示す。図-2、図-3より計算から算出した基準値 $a=520$ では $a=0$ (重みなし)と比較しても両車種共に誤差は6台に抑えられていることがわかる。全体の結果から、重み係数に任意の定数 a を設定することで $a=0$ (重みなし)と比較して精度は若干下がるが、重み係数の値を適度に設定することで精度が大きく下がることはないと考えられる。

次に、7地域25変数に設定した地域区分と日ODの関係を表-2に示す。表-2より、比較の日ODが大きい地域

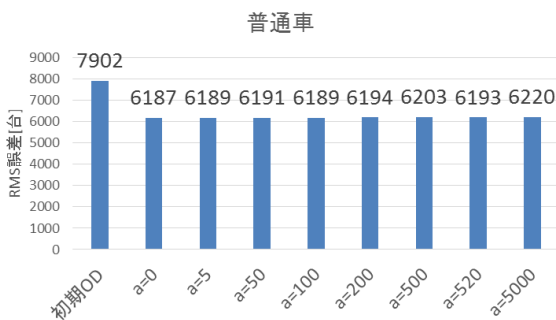


図-2 RMS誤差 (普通車, 重み別 a)

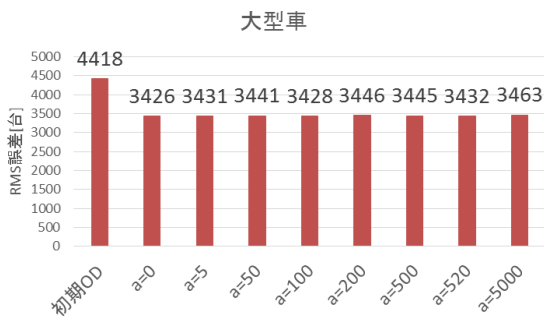


図-3 RMS誤差 (大型車, 重み別 a)

表-2 地域区分と日OD

地域区分	日OD交通量(台)
愛知県外→愛知県外(普通車)	3017807
知多・三河→知多・三河(普通車)	2882907
海部・尾張→海部・尾張(普通車)	1633111
名古屋→名古屋(普通車)	1486999
豊田→豊田(普通車)	607270
愛知県外→愛知県外(大型車)	233207
}	}
愛知県外→海部・尾張(普通車)	112091
名古屋→名古屋(大型車)	111792
知多・三河→名古屋(普通車)	108678
}	}
愛知県外→名古屋(大型車)	8417
愛知県外→知多・三河(大型車)	6927
愛知県外→豊田(普通車)	6192
}	}
愛知県外→豊田(大型車)	1640

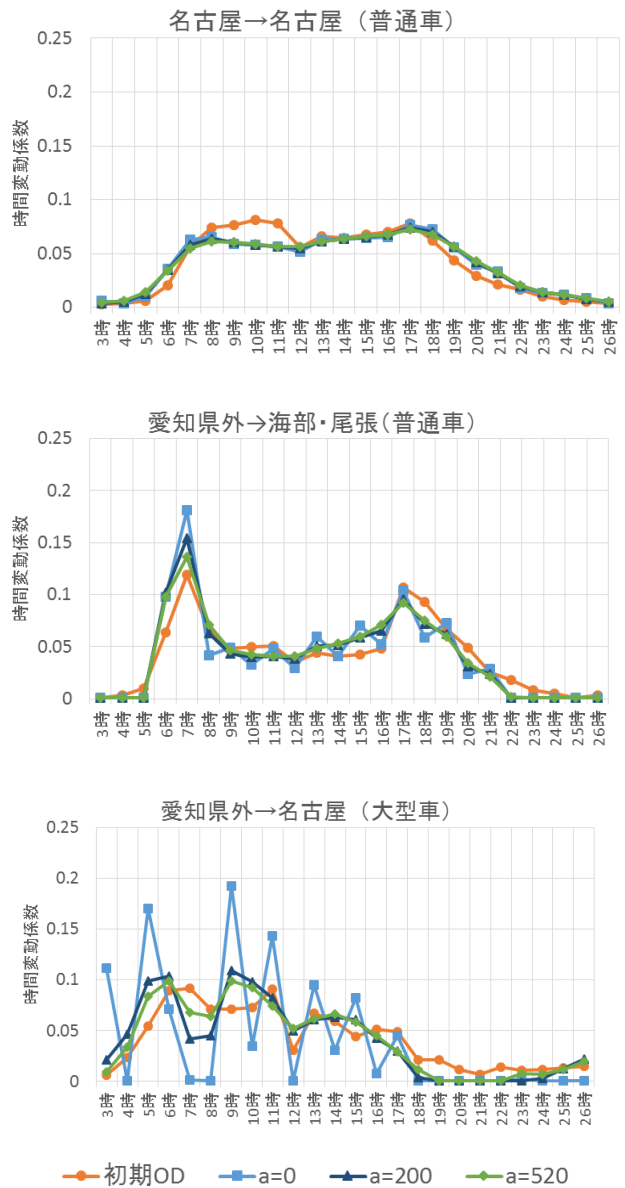


図-4 時間変動パターンの比較 (重み別 a)

(名古屋→名古屋 (普通車)) と中くらいの地域 (愛知県外→海部・尾張 (普通車)), 小さい地域 (愛知県外→名古屋 (大型車)) の時間変動パターンを図-4に示す。

図-4より比較的日ODが大きい地域（名古屋→名古屋（普通車））では逆推定後の変動パターンに大きな変化はなかった。一方で、日ODが中くらいの地域（愛知県外→海部・尾張（普通車））と小さい地域（愛知県外→名古屋（大型車））では $a=200$ と基準値 $a=520$ のときに $a=0$ （重みなし）で生じている時間変動パターンの上下変動が適度に抑えられていることが分かった。

5. 非線形関数としての重み係数の設定

(1) 時間変動係数のばらつき分析と重み係数の設定

重み係数の設定を検討するために、 $a=0$ （重みなし）の逆推定結果から日ODと時間変動係数のばらつき（ $(E_{kl}^{n-1} - E_{kl}^n)^2$ ）の関係を図-5に示す。

図-5より、日ODの小さい地域で時間変動係数のばらつきが大きくなっており、日ODが大きい地域ではそれほどばらつきが大きいことが分かる。この結果から、図-5の近似式の値から重み係数 w_{kl} を式(6)に示す日ODの非線形関数で検討する。

$$w_{kl} = 30.456 \times b \times Q_{kl}^{0.626} \quad (6)$$

b : 精度調整可能なパラメータ(任意定数)

Q_{kl} : 地域別日OD

(2) 精度検証結果と考察

重み係数 b を設定し、逆推計による配分計算を行った。その精度検証結果を図-6に示す。結果より、両車種共に $b=100, 200, 400$ では $b=0$ （重みなし）よりも誤差が小さくなった。また、目的関数式の計算から算出した基準値520を b にも当てはめるとは $b=0$ （重みなし）と同じ精度を保っていることがわかる。

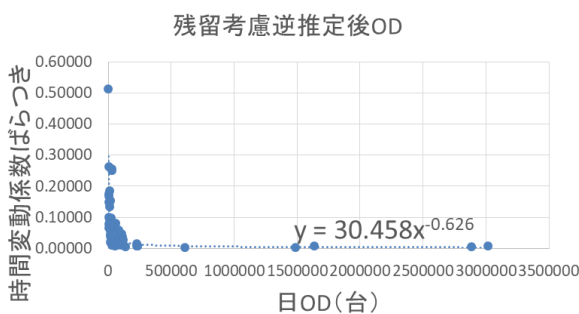


図-5 時間変動係数のばらつきと日ODの関係
(7地域25変数)

表-2より、比較的日ODが大きい地域（名古屋→名古屋（普通車））と中くらいの地域（愛知県外→海部・尾張（普通車））、小さい地域（愛知県外→名古屋（大型車））の時間変動パターンを図-7に示す。図-7より比較的日ODが大きい地域（名古屋→名古屋（普通車））では逆推定後の変動パターンに大きな変化はなかった。一方で、日ODが中くらいの地域（愛知県外→海部・尾

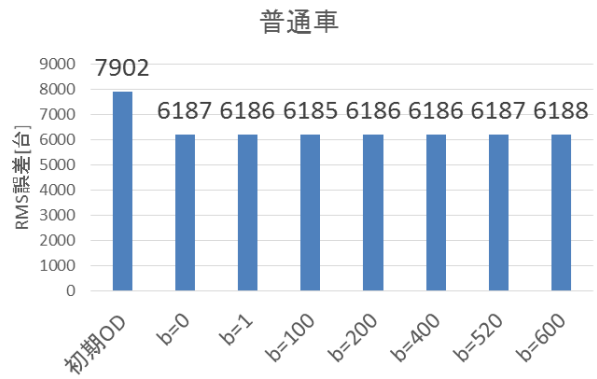


図-6 RMS誤差（普通車，重み別b）

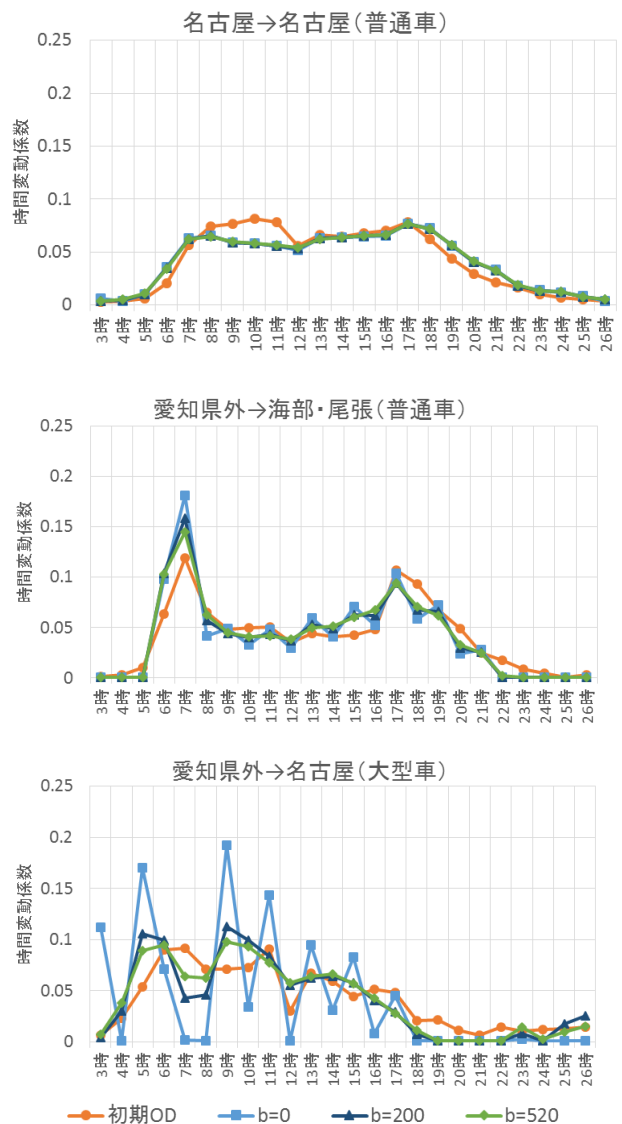


図-7 時間変動パターンの比較（重み別b）

張（普通車）と小さい地域（愛知県外→名古屋（大型車））では $b=200$ と基準値 $b=520$ のときに $b=0$ （重みなし）で生じている時間変動パターンの上下変動が適度に抑えられていることが分かった。

6. まとめ

本研究では、発時刻ベースの時間帯別OD交通量の推計精度と再現性を向上させるために時間変動係数逆推定手法による検討を行った。変動抑制モデルを用いて重み係数を日ODの線形関数として繰り返し計算を行ったところ、RMS誤差を保ちつつ時間帯パターンの上変動を部分的に抑えることができた。また重み係数 α に関しては計算から算出した基準値を用いた際にも精度は良好であることが確認できた。日ODと時間変動係数のばらつきの関係から、重み係数を日ODの非線形関数として繰り返し計算を行ったところ、重みなしのときよりもRMS誤差を小さくすることができた。これは重み係数の設定が各地域の時間帯パターンの特性に近づいたことが理由だと考えられる。

今後は、変動抑制モデルにおける時間変動係数の変動抑制の程度についても検討が必要である。また時間帯別OD交通量の推計精度向上のため、時間変動係数を本研究で検証した地域別方向別以外にも距離帯別など他の変数で検証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 JP19K04639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) 渡邊健, 藤田素弘, 滝靖仁：時間変動係数に基づく観測交通量からの時間帯別OD交通量逆推定手法の開発, 土木計画学研究・講演集, Vol.48, 2013.
- 4) 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.

Time coefficient estimation for hourly origin destination demands incorporating restricting variations

Kyohei YAMAKAMI, Takashi SEGAWA and Motohiro FUJITA

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 the TCoE formulation to restrict the excessive variations that slightly increase in low demand pairs while the number of subareas increases.