

地域別方向別を考慮した時間帯別 OD 交通量の補正係数の逆推定手法の研究

藤田 素弘¹・市村 康平²

¹正会員 名古屋工業大学大学院教授 工学研究科 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)

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

²学生会員 名古屋工業大学大学院 博士前期課程学生 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)

E-mail: cky15011@stn.nitech.ac.jp

本研究では、時間帯別OD交通量の観測交通量からの逆推定手法として、時間帯別OD交通量と与件として、補正係数を逆推定する手法を提案し、精度検証を行った。まず、初期ODの時間変動パターンでは朝ピーク時間帯の時間変動係数が大きく、夜間では小さくなるバイアスが確認できた。それらを改善するための手法として、初期ODから得られる時間変動係数に乗じた補正係数を逆推定するモデルを残差平方和最小化モデルとして構築し解法を示した。逆推定によって新しく得られた時間帯別OD交通量の配分結果から、初期ODの配分結果よりも精度は大きく改善した。本補正係数逆推定手法は、精度面では先行研究よりやや劣るものの、初期ODの時間変動パターンを補正することから日OD交通量を変えずに各ODペア間で別々の変動パターンを補正・設定できることを検証した。

Key Words : Traffic distribution, Network flow, Traffic volume, OD volume inverse estimation

1. はじめに

中京都市圏は自動車の交通手段分担率の割合が他の都市圏に比べて大きく、交通手段において自動車への依存度が高い地域であり、交通量の増加に伴う渋滞が大きな問題となっている。渋滞施策を行うには、効率的で説明力のある交通量予測手法の開発が必要となる。各時間帯を対象として交通量推計が可能な時間帯別利用者均衡配分モデルは、理論的には実用レベルにあるものの、精度向上のためには時間帯別OD交通量の課題を残している。時間帯別OD交通量の精度を向上させる方法の一つとして、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。先行研究²⁾では、初期ODから得られる時間変動係数を地域別方向別に直接逆推定する手法が提案されており、ODペアごとに得られている時間変動係数は地域ごとの平均的な値として推定される。本研究では、現状データをより活用するために調査による時間変動係数をそのまま利用し、これに補正係数に乗じて逆推定することによって時間帯別OD交通量の実用性を検討する。

均衡配分を取り入れたシステムを利用する。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 年道路交通センサス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。ネットワークの全体図を図-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 道路ネットワーク全体図

2. 使用データの詳細と初期ODの精度検証

本研究の配分計算には高速道路転換率内生型利用者均

平成22年道路交通センサ調査により得られる既存の時間帯別OD交通量を用いて精度検証を行う。精度検証のための実測値は、平成22年道路交通センサ調査データの観測リンク交通量のうち愛知県内で24時間分の時間帯別観測交通量が得られる箇所を対象とし、上下方向別512地点の値と配分結果との比較を行う。センサ調査による時間帯別OD交通量データ（初期OD）をそのまま使用して配分計算した結果、普通車では朝のピーク時間帯で観測リンク交通量の過大推計、夜時間帯で過小推計の傾向が見られた。過小推計の要因として、OD調査はアンケート調査のため特に夜間データの集計漏れが生じ、リンク交通量の推計値が実測値に比べて小さい値となったことが考えられる。この影響から逆に朝ピーク時間帯に過大推計が生じ、また、遠方から流入するOD交通量による影響も要因のひとつとして考えられる。したがって、OD交通量の時間変動係数を修正する必要があると言える。

3. 地域別方向別補正係数逆推定モデル

朝ピーク時間帯の過大推計と深夜の過小推計を改善するために、既存の時間帯別 OD 交通量と与件として、OD ペア rs 間の時間変動係数に地域別で設定する補正係数を乗じ、これを観測リンク交通量に基づき逆推定することによって時間帯別 OD 交通量を修正する手法について検討する。ここで与条件として、OD ペア rs 間の日 OD 交通量を Q_{rs} 、調査より与えられる n 時間帯における OD ペア rs 間の時間変動係数を e_{rs}^n 、リンク α の観測リンク交通量を \hat{x}_a^n 、OD 交通量 Q_{rs} がリンク α を利用する確率を $P_{a,rs}^n$ とする。また、出発地域 K、到着地域 L の補正係数を E_{kl}^n とすると、配分計算によって算出されるリンク α の推計リンク交通量 x_a^n は次式で表すことができる。

$$x_a^n = \sum_{kl} \sum_{r \in K} \sum_{s \in L} P_{a,rs}^n E_{kl}^n e_{rs}^n Q_{rs} \quad (1)$$

ここで、式(1)の $e_{rs}^n Q_{rs}$ は既存の時間帯別OD交通量 Q_{rs}^n と表すことにし、配分計算から得られるリンク交通量の推計値とセンサ調査から得られる実測値 \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。

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

$$\text{s.t.} : \sum_n \sum_{kl} E_{kl}^n \sum_{r \in K} \sum_{s \in L} Q_{rs}^n = \sum_{r \in K} \sum_{s \in L} Q_{rs} \quad (3)$$

$$E_{kl}^n \geq 0 \quad \forall n, k, l$$

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。Lagrange 関数 ϕ は次のようになる。

$$\phi = \sum_n \sum_a \left(\sum_{kl} E_{kl}^n \sum_{r \in K} \sum_{s \in L} P_{a,rs}^n Q_{rs}^n - \hat{x}_a^n \right)^2 - v_{kl} \left(\sum_{r \in K} \sum_{s \in L} Q_{rs} - \sum_n \sum_{r \in K} \sum_{s \in L} E_{kl}^n Q_{rs}^n \right) \quad (4)$$

ここで、 v_{kl} は Lagrange 乗数を表す。任意の出発地域を I、到着地域を J とし、 ϕ を E_{kl}^n および v_{kl} で偏微分して 0 とおくと次式が得られる。

$$\frac{\partial \phi}{\partial E_{ij}^n} = 2 \sum_a \left(\sum_{kl} E_{kl}^n \sum_{r \in K} \sum_{s \in L} P_{a,rs}^n Q_{rs}^n - \hat{x}_a^n \right) \times \left(\sum_{r \in I} \sum_{s \in J} P_{a,rs}^n Q_{rs}^n \right) - v_{ij} \sum_{r \in I} \sum_{s \in J} Q_{rs}^n = 0 \quad (i, j = 1, 2, \dots, m)$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial v_{ij}} = \sum_n \sum_{r \in I} \sum_{s \in J} Q_{rs}^n - \sum_{r \in I} \sum_{s \in J} Q_{rs} = 0 \quad (i, j = 1, 2, \dots, m)$$

また、ここで、

$$\sum_{r \in K} \sum_{s \in L} P_{a,rs}^n Q_{rs}^n = U_{kl,a}^n \quad \sum_{r \in I} \sum_{s \in J} P_{a,rs}^n Q_{rs}^n = U_{ij,a}^n \quad (7)$$

$$2 \sum_a U_{kl,a}^n U_{ij,a}^n = D_{kl,ij}^n \quad 2 \sum_a \hat{x}_a^n U_{ij,a}^n = C_{ij}^n$$

とすると、式(5)は次式のようにになる。

$$\frac{\partial \phi}{\partial E_{ij}^n} = D_{kl,ij}^n E_{kl}^n - C_{ij}^n + v_{ij} \sum_{r \in I} \sum_{s \in J} Q_{rs}^n = 0 \quad (8)$$

よってODペアrs間のリンク α 利用率 $P_{a,rs}^n$ が得られる場合、式(6)と式(8)から地域別方向別の補正係数 E_{kl}^n を得ることができる。

4. 配分計算と精度検証

初期の時間帯別OD交通量と与件として逆推定モデルの収束計算を行う。はじめに、基本モデルとして全域一律の補正係数を与え、繰り返し計算を行った。逆推定によって得られる補正係数の変動パターンを図-2に示す。

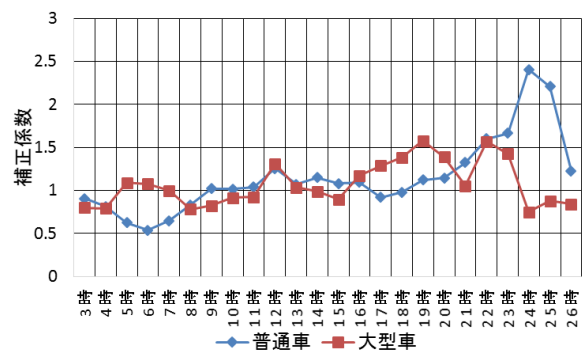


図-2 補正係数変動パターン(全域一律)

普通車では朝の時間帯で補正係数が1より小さいので交通量を減らしており、逆に夜時間帯は交通量を大きく増加させていることが分かる。大型車では21時前後の交通量を増加させている。次に初期解の時間変動パターンと逆推定によって補正した時間変動パターンを図-3に示す。これらからセンサデータでのアンケート調査による朝ピーク時間帯の変動係数が大きく、夜間が小さいというバイアスは解消されたことが分かる。

次に更なる精度向上を目的に地域の細分化を行う。得られた時間変動パターンの種類の数を表-1に整理する。本研究では時間帯別 OD 交通量をそのまま利用しそれに補正係数を乗じているため、時間変動パターンの数としてはゾーン数 482×482 の 232324 個となる。既存研究では時間変動係数を各地域で一律に直接逆推定するため時間変動パターンの種類としては地域分けの数だけになることが分かる。次に補正係数逆推定において地域別方向別で日 OD 交通量を集計し、初期 OD と全域一律、6 地域 26 変数で逆推定した日 OD を比較したものを図-4に示す。初期 OD と比較したとき、全域一律のモデルでは全地域合計の日 OD 交通量は制約条件より初期 OD と等しくなるが、地域ごとの日 OD には誤差が生じている。対して 6 地域 26 変数のほうが地域別の誤差が小さくなっており、特に交通量大きい地域にそれは顕著に見られた。このことから式(6)の制約条件が変数の数だけ考慮されていることが確認できる。本方法では設定した域内の日 OD については初期の日 OD と同じであることは保障していないが、全域一律モデルはわずかにばらつきはあるものの初期の日 OD をほぼ再現していることが分かる。また 6 地域 26 変数のうち、名古屋市内を行き来する OD と名古屋から海部・尾張へ向かう OD を例として個別の rs 間日 OD 交通量について初期 OD と比較したものを図-5に示す。rs 間日 OD 交通量の推計値が初期の rs 間日 OD 交通量に比べ、それほど大きく変化することなく時間変動パターンを補正できていることが分かる。

本研究から得られた時間変動パターンを車種別に図-6、図-7に示す。また、地域別方向別の精度検証結果を図-8に、朝ピーク時間帯の詳細を表-2に示す。時間変動パターンについて、時間変動係数逆推定モデルよりもやや上下に変動が見られた。これは初期 OD での変動パターンの影響が考えられる。一方、地域分けを細かくすると RMS 誤差が小さくなり精度が向上し、朝ピーク時間帯では特に普通車の 7 時時間帯で大きく精度が向上した。しかし、時間変動係数逆推定モデルと比較すると、朝ピーク時間帯にそれほど大きな差はないが、1 日全体で見るとやや精度が劣ることが分かる。できるだけ初期 OD の変動パターン情報取り入れようとすると、精度向上には向かないことにもなることが予想される。初期 OD の配分結果からは朝ピーク時間帯の過大推計が見

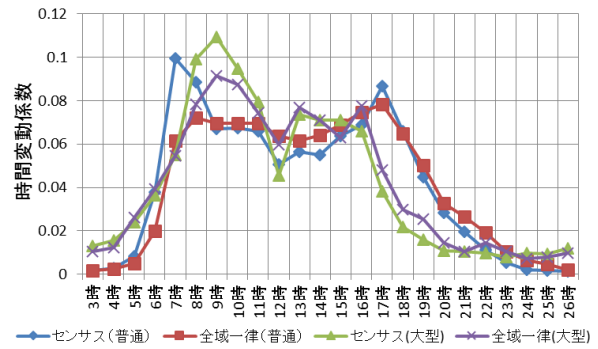
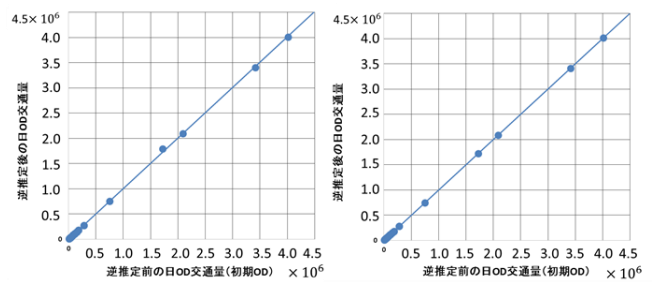


図-3 時間変動パターン(全域一律)

表-1 時間変動パターンの種類の数

補正係数	域内一律	232324
逆推定	6地域26変数	232324
時間変動	域内一律	2
係数逆推	6地域26変数	26



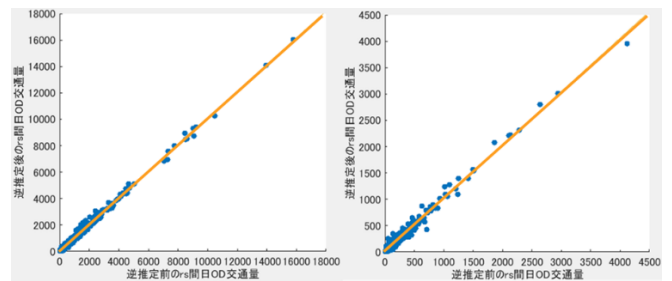
全域一律における

地域ごとの日OD

6地域26変数における

地域ごとの日OD

図-4 初期 OD と地域別方向別との日 OD 交通量による比較



名古屋→名古屋

名古屋→海部・尾張

図-5 初期 OD と 6 地域 26 変数の地域

別 OD の日 OD 交通量での比較

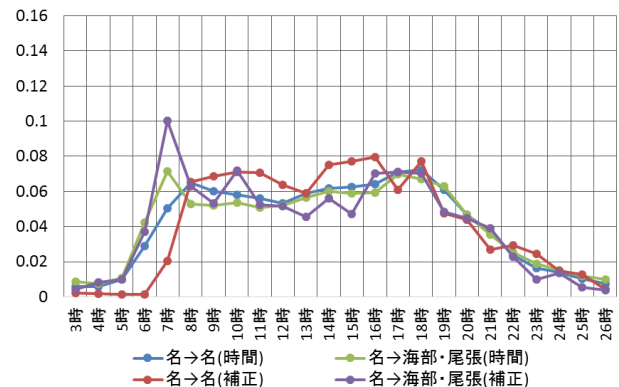


図-6 時間変動パターン (普通車)

られたが、6地域26変数で精度検証した結果、朝ピーク時間帯の過大推計が改善された。

5. まとめ

本研究では、時間帯別 OD 交通量の精度向上を目的としている先行研究の時間変動係数逆推定手法において、個別の OD ペア間の時間変動パターンが十分に利用されないという点に着目し、補正係数による地域別方向別逆推定モデルを提案した。先行研究である時間変動係数逆推定の精度には及ばなかったが、より現状データを活用する方法として、日 OD 交通量を変えずにそれぞれの細かいゾーンごとに時間変動パターンを補正・設定することができた。しかし、初期 OD の時間変動パターンはトリップ数が少ないものも多く、初期 OD の集約化と補正係数のゾーニングは今後の課題と言える。また、さらなる精度向上のために、モデル・プログラムの再検討やより最適なゾーニング方法の検討、車種別に異なった地域区分を与える方法なども今後の課題として挙げられる。

謝辞：本研究は科学研究費補助金（課題番号 160K06534）の下で行われたものであることをここに記す。

参考文献

- 1) Michael G.H.Bell : The estimation of origin-destination matrices by constrained generalized least squares, Transportation Research Part B, Vol.25, No.1, pp.11-20, 2016
- 2) 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

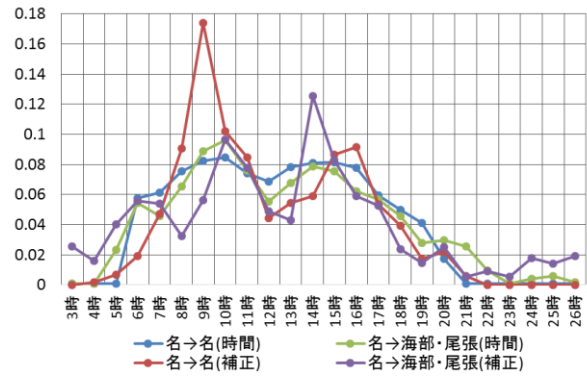


図-7 時間変動パターン (大型車)

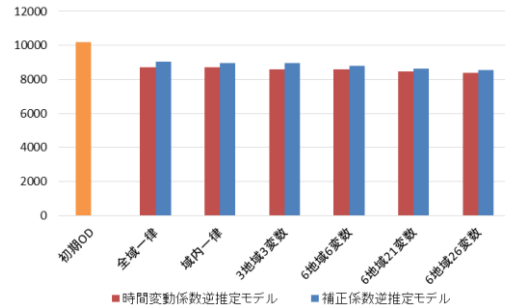


図-8 RMS誤差比較 (全車種)

表-2 配分結果のRMS誤差比較

普通車		7時	8時	9時	日合計
初期OD		866	495	381	7902
補正係数 逆推定	域内一律	515	467	387	6848
	6地域26変数	469	437	375	6670
時間変動係数 逆推定	域内一律	514	458	358	6365
	6地域26変数	470	418	337	6232
大型車		7時	8時	9時	日合計
初期OD		160	263	258	4418
補正係数 逆推定	域内一律	159	159	165	3943
	6地域26変数	152	154	156	3692
時間変動係数 逆推定	域内一律	130	155	163	3857
	6地域26変数	125	129	139	3330

Study of the inverse estimated technique of correction coefficients of each zone and direction of time-of-day OD flow

Motohiro FUJITA, Kohei ICHIMURA

This paper proposed an hourly OD flow estimate model from observed traffic flows based on correction coefficients and examined the accuracy of estimation through a large-scale road network. Firstly, it was cleared that there is some bias in the time coefficient of daily OD flow collected by questionnaire survey. The bias means that time coefficient of daily OD flow are overestimated in morning-peak-time and underestimated in night-time. We focus on the bias and to reduce the biases, we developed the correction coefficients estimation model from observed traffic flows by using the least squares estimator under a given hourly OD flow. As a result of the new hourly OD flows given by using inverse estimated technique, the model can improve the accuracy of time-of-day OD flow estimation a lot compared to the traffic assignment used an original hourly OD flow. Accuracy of this model is a little lower than preceding study. We confirmed that this model correct original time-of-day OD flow and it can estimate time coefficients of daily OD flow of each OD pair under the constant daily OD flow