

時間変動係数に基づく観測交通量からの 時間帯別OD交通量の推定手法に関する研究

渡邊 健¹・藤田 素弘²・瀧 靖仁³

¹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: cju13582@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 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)
E-mail: fujita.motohiro@nitech.ac.jp

³名古屋高速道路公社計画部 調査課 (〒460-0844愛知県名古屋市北区清水四丁目17-30)
E-mail: Yasuhito.Taki@nagoya-expressway.or.jp

本研究では、日OD交通量と時間帯別OD交通量、観測リンク交通量のデータを用い配分モデルを実ネットワークに適用し、それら各データの特性の分析を行った。その結果、OD調査時の回答バイアス等の影響によると思われる朝ピーク時の過大推計、深夜時間帯の過小推計が見られた。そこでそれらを改善するための手法として、時間変動係数を逆推定する手法を提案し検討を行った。また、逆推定した時間変動係数から作成した時間帯別OD交通量を用いて配分計算を行い、平成22年における交通量の再現性向上を図った。その結果、元ODと比較して朝ピーク時間帯における過大推計、深夜時間帯の過小推計はともに改善され、精度は向上した。

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

1. はじめに

現在中京都市圏では、他の三大都市圏と比較して自動車の交通手段分担割合が高く、自動車への依存度が高い地域である。そのため、交通量の増加に伴う渋滞が依然として問題となっている。このような渋滞問題を解消するための道路網整備や渋滞対策を行うには、効率的で説明力の高い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や施策評価が可能な高速転換率内生型時間帯別均衡配分モデルは、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交通量を把握する場合にOD調査のサンプル数が十分得られない場合、その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¹⁾では、同時生起確率最大化問題として観測時間交通量と日OD交通量から推定しているものの、PT調査による時間係数の先験確率は固定であり、強く依存している。また残差平方和最小化問題より推定している例²⁾もあるが、OD交通量の発生確率に既定の値を与え、時間帯別OD交通量を直接推定しており、時間比率自体を推定する手法は行われていない。そこで本研究では、日OD交通量に対する時間帯別OD交通量の

各時間帯の比率を時間変動係数と定義し、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検討を行う。

2. 中京都市圏実ネットワークへの適用計算と時間変動パターンの特徴

ここではまず既存のOD表で配分モデルを実ネットワークに適用し、時間変動係数の特性を考察する。

(1) 現状時間帯別OD交通量の実ネットワークへの適用

ここで扱う高速道路転換率内生型利用者均衡配分は、時間帯別OD交通量(台数)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。また時間帯別均衡配分モデルでは、時間帯残留交通量をOD交通量レベルで一様に次の時間帯へ残留させるOD修正法の枠組みを採用している。

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ゾーン、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。

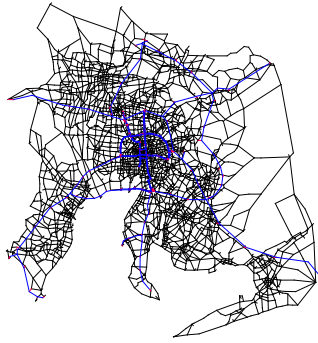


図-1 道路ネットワーク全体図

表-1 高速転換率式パラメータ

	$\theta : a$	$\theta : b$	$\phi : c$	$\phi : d$
都市圏内々	0.231	-0.356	-1.55	5.984
域外関連	0.048	0	0	2.876

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第数データを基に補正を行ったものを使用する。本研究では24時間一律で同じ転換率式を使用する。設定したパラメータを表-1に示す。

本研究では、日OD交通量に平成22年道路交通センサス調査データを使用する。車種は乗用車、バス、小型貨物、大型貨物の4種類あり、OD台数は車種ごとにそれぞれ集計されている。時間帯別OD交通量には、ベースとして平成22年道路交通センサス調査データを使用するほか、日OD交通量に各時間帯の時間変動係数を乗じて時間帯別OD交通量を算出する方法を用いる。センサス調査データの詳細を時間変動パターンで図-2に示す。これより、乗用車は7時、普通貨物は9時がピークとなっている。小型貨物は12時前後にピークがあり、車種によって異なった特徴がみられる。

また、精度検証のための実測値は、平成22年道路交通センサス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292箇所を対象とし、配分結果との比較を行う。

(2) 時間帯別OD交通量の推計上の特性

まずはセンサス調査によって得られた日OD交通量を用いて日配分を行う。配分結果を図-3に示す。これより、大きく離れた点がいくつか見られるものの、概ね適しているといえる。次に時間帯別OD交通量を用いて配分計算を行う。朝ピーク時間帯の例として7時台の配分結果を図-4に示す。これより、朝ピーク時間帯におけるリンク交通量の過大推計の傾向が読み取れる。この傾向は、9時台においても同様に見られた。またオフピーク時に

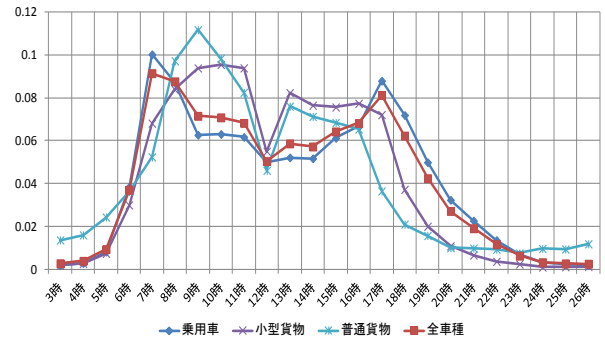


図-2 センサスによる全域車種別時間変動パターン

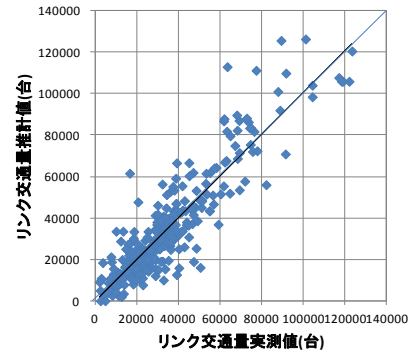


図-3 日交通量配分結果

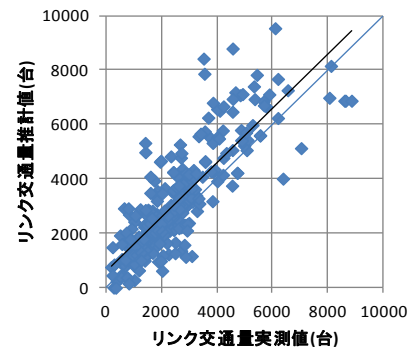


図-4 交通量配分結果（センサス7時台）

おけるリンク交通量は過小推計の傾向が見られた。これらの要因として、OD調査時の時間変動係数の集計バイアスや、域外から流入するOD交通量による影響が考えられる。よって全体のOD交通量の時間変動係数を修正する必要があると考えられる。

3. 観測リンク交通量からの時間変動係数による時間帯別OD交通量逆推定手法

朝ピーク時間帯の過大推計と夜間の過小推計を改善するために、OD交通量の時間変動係数を修正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。そのため、配分計算によって算出されるリンク交通量は、式(1)のように表すことができる。

$$X_a^n = \sum_{rs} \sum_k \delta_{a,k}^{rs} P_{rs,k}^n E_{rs}^n Q_{rs} \quad (1)$$

X_a^n : n時間帯におけるリンク a の推計リンク交通量
 $\delta_{a,k}^{rs}$: リンク a が OD ペア rs 間 n 時間帯の経路 k に含まれる時 1, そうでないとき 0 となるダミー変数
 $P_{rs,k}^n$: n 時間帯に OD ペア rs 間の経路 k を選択する確率
 E_{rs}^n : n 時間帯 OD ペア rs 間の時間変動係数
 Q_{rs} : OD ペア rs 間での日 OD 交通量

ここで, 出発地域 K の地域別時間変動係数を E_K^n とし, リンク交通量の推計値と実測値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.

$$\min . Z = \sum_a \left(\sum_{rs} \sum_k \delta_{a,k}^{rs} P_{rs,k}^n E_K^n Q_{rs} - \hat{X}_a^n \right)^2 \quad (2)$$

$$s.t. \quad \sum_n E_K^n = 1 \quad (3)$$

\hat{X}_a^n : n 時間帯におけるリンク a の観測リンク交通量

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.

$$\Phi = \sum_a \left(\sum_K E_K^n \sum_{rs \in K} \sum_k \delta_{a,k}^{rs} P_{rs,k}^n Q_{rs} - \hat{X}_a^n \right)^2 - \sum_K \nu_K \left(1 - \sum_n E_K^n \right) \quad (4)$$

ここで, ν_K は Lagrange 乗数を表す. 出発地域 K のうち任意の地域を L とし, Φ を E_L^n および ν_L で偏微分して零とおく.

$$2 \sum_a \left(\sum_K E_K^n \sum_{rs \in K} \sum_k \delta_{a,k}^{rs} P_{rs,k}^n Q_{rs} - \hat{X}_a^n \right) \left(\sum_{rs \in L} \sum_k \delta_{a,k}^{rs} P_{rs,k}^n Q_{rs} \right) - \nu_L = 0$$

$$= 2 \sum_a \left(\sum_K E_K^n \sum_{rs \in K} \sum_k \delta_{a,k}^{rs} P_{rs,k}^n Q_{rs} \right) \left(\sum_{rs \in L} \sum_k \delta_{a,k}^{rs} P_{rs,k}^n Q_{rs} \right) \quad (5)$$

$$- 2 \sum_a \hat{X}_a^n \left(\sum_{rs \in L} \sum_k \delta_{a,k}^{rs} P_{rs,k}^n Q_{rs} \right) - \nu_L = 0$$

$$\sum_n E_L^n - 1 = 0 \quad (6)$$

よって経路選択確率 $P_{rs,k}^n$ が既知の場合, 式(5), 式(6)を解くことにより出発地域別時間変動係数 E_K^n を得ることができる.

また最も簡単なケースとして, 時間変動係数をどの OD ペアに対しても一定の値であるとする, 式(2), 式(3)は次のようになる.

$$\min . Z = \sum_a \left(\sum_{rs} \sum_k \delta_{a,k}^{rs} P_{rs,k}^n E^n Q_{rs} - \hat{X}_a^n \right)^2 \quad (7)$$

$$s.t. \quad \sum_n E^n = 1 \quad (8)$$

E^n : n 時間帯の全域時間変動係数

上記の問題の最適化条件も, Lagrange 関数を定義することにより導き出される. Lagrange 関数 Ψ は次のようになる.

$$\Psi = \sum_a \left(E^n \sum_{rs} \sum_k \delta_{a,k}^{rs} P_{rs,k}^n Q_{rs} - \hat{X}_a^n \right)^2 - \nu \left(1 - \sum_n E^n \right) \quad (9)$$

ここで, ν は Lagrange 乗数を表す Ψ を E^n および ν で偏微分して零とおく.

$$2 E^n \sum_a \left(\sum_{rs} \sum_k \delta_{a,k}^{rs} P_{rs,k}^n Q_{rs} - \hat{X}_a^n \right) \left(\sum_{rs} \sum_k \delta_{a,k}^{rs} P_{rs,k}^n Q_{rs} \right) - \nu = 0$$

$$= 2 E^n \sum_a \left(\sum_{rs} \sum_k \delta_{a,k}^{rs} P_{rs,k}^n Q_{rs} \right)^2 - 2 \sum_a \hat{X}_a^n \left(\sum_{rs} \sum_k \delta_{a,k}^{rs} P_{rs,k}^n Q_{rs} \right) - \nu = 0 \quad (10)$$

配分計算に使用した時間変動係数を E^m とすると, 式(10)はそのとき算出されたリンク a の推計リンク交通量を用いて次のように変形できる.

$$2 E^m \sum_a \left(\frac{X_a^m}{E^m} - \hat{X}_a^n \right) \left(\frac{X_a^m}{E^m} \right) - \nu = 0$$

$$= 2 E^m \sum_a \left(\frac{X_a^m}{E^m} \right)^2 - 2 \sum_a \left(\frac{X_a^m}{E^m} \hat{X}_a^n \right) - \nu = 0 \quad (11)$$

$$\sum_n E^n - 1 = 0 \quad (12)$$

X_a^m : 算出された n 時間帯リンク a の推計リンク交通量

$$\begin{bmatrix} E^1 \sum_a \left(\frac{X_a^1}{E^1} \right)^2 & 0 & \dots & 0 & -1 \\ 0 & E^2 \sum_a \left(\frac{X_a^2}{E^2} \right)^2 & \dots & 0 & -1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & E^{24} \sum_a \left(\frac{X_a^{24}}{E^{24}} \right)^2 & -1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E^1 \\ E^2 \\ \vdots \\ E^{24} \\ \nu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_a \left(\frac{X_a^1}{E^1} \hat{X}_a^1 \right) \\ \sum_a \left(\frac{X_a^2}{E^2} \hat{X}_a^2 \right) \\ \vdots \\ \sum_a \left(\frac{X_a^{24}}{E^{24}} \hat{X}_a^{24} \right) \\ 1 \end{bmatrix} \quad (13)$$

よって式(11)~式(12)に示す (n+1) 元連立一次方程式 (マトリックスで示すと式(13)となる) を解くことによって新たな時間変動係数 E^n を得ることができる. この時間変動係数を E^m とし, これを用いて作成した時間帯別 OD 表を使用し配分計算を行う. これを時間変動係数の値が収束するまで繰り返し行うことにより, 最も適した変動係数が導かれる. ここで, 一般に OD 交通量の逆推定では経路選択確率を生かし, 利用しなければならないが, 本方法では推定リンク交通量のみで計算を行えるといった特徴がある.

4. 配分計算と精度検証

(1) 時間変動係数の収束計算

元 OD データをそのまま使用し配分計算を行った結果, ピーク時間帯での過大推計が見られた. そこで, 元 OD データを基に得た時間変動係数を初期解として式(7), 式(8)の収束計算を行った. また, 道路交通センサ調査による観測リンク交通量データは普通車と大型車に分類し集計されている. よってこの 2 車種での車種別時間

変動パターンを逆推定し、配分結果の精度検証を行う。
 なおOD調査による車種区分は、乗用車、バス、小型貨物、大型貨物の4車種に分類されているため、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った。

(2) 配分結果

逆推定が収束した時の7時台の配分結果を図-5に示す。これより、元ODデータをそのまま使用した場合と比較して、過大推計の傾向が改善されていることがわかる。8、9時台においても同様に過大推計の改善が見られた。また、深夜時間帯に過小推計も改善が見られた。一方で、深夜時間帯でのばらつきが大きいといった傾向もあり、これは地域ごとで時間変動係数を設定していないため、OD交通量の地域特性を反映できていないことが要因として考えられる。また、道路交通センサスによる観測リンク交通量は普通車と大型車で集計されているため、OD調査による車種区分の乗用車と小型貨物を普通車として分類した。そのため、乗用車と小型貨物は同じ時間変動パターンとなっているが、実際はそれぞれ異なったOD特性があるため、それらが反映されていないことも要因としてあげられる。

元ODデータを用いた場合と時間変動係数を逆推定した場合との配分結果を比較したものを表-2に示す。これより、時間変動係数を逆推定した場合の方が朝ピーク時間帯のRMS誤差は小さくなっており、時間帯別OD交通量の精度は向上しているといえる。しかし、交通量の少ない時間帯で、精度の悪化している時間帯もいくつか見られた。これも地域特性を反映できていないことが要因として考えられる。

さて、図-5より、本逆推定手法によって時間変動係数の過大過小のバイアスは除くことができたが、元々の日OD交通量の誤差までは抑えることができていない。よって本方法では、日配分の逆推定手法を用いる併用を基本として開発を行う。

5. まとめ

本研究では、平成22年道路交通センサス調査による日OD交通量と時間帯別OD交通量、観測リンク交通量のデータを基に、時間帯別交通量比率である時間変動係

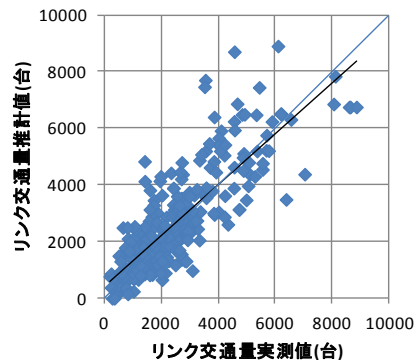


図-5 交通量配分結果（逆推定7時台）

表-2 配分結果のRMS誤差の比較

OD表	7時	8時	9時	合計
元OD	1198.5	1320.7	923.6	3442.9
逆推定	1025.6	935.1	822.5	2783.1

数の逆推定により、時間帯別OD交通量を予測する手法を提案した。また、作成した時間帯別OD交通量を用いて配分計算を行い、平成22年における交通量の再現性向上を図った。新たな手法として提案した時間変動係数逆推定モデルにより、朝ピーク時間帯の過大推計が改善された。また、朝ピーク時間帯および全体の誤差は小さくなり、精度は向上した。しかしながら、深夜時間帯では各点でのばらつきが大きく、精度の改善には至らなかった。これらの要因としては、OD交通量の地域特性による影響が考えられる。

また前述の通り、本逆推定手法により時間変動係数の過大過小のバイアスを除くことはできたが、元々の日OD交通量の誤差までは抑えることができていない。よって今後は日配分の逆推定手法を用いて日OD交通量の修正を行ったうえで、地域特性を考慮した逆推定モデルを構築し検証を行う必要がある。

参考文献

- 1) 松本幸正, 藤田素弘, 松井寛, 棚橋巖, 國見均: 観測時間交通量に基づいた日OD交通量から時間帯別OD交通量の推計
- 2) 土木学会: 交通ネットワークの均衡分析—最新の理論と解法—, 1998.