

# 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

渡邊 健<sup>1</sup>・藤田 素弘<sup>2</sup>・瀧 靖仁<sup>3</sup>

<sup>1</sup>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

<sup>2</sup>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

<sup>3</sup>名古屋高速道路公社 (〒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

中京都市圏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大きな問題となっている。このような渋滞問題を解消するための交通施策を行うには、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交通量の精度を向上させる方法のひとつとして、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。既存研究<sup>1)</sup>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。しかしPT調査では深夜時間帯のODが集計されにくい等、集計時のバイアスが生じている可能性が高く、時間係数自体誤差があると考えられる。そこで前著論文<sup>2)</sup>では、残留交通量修正済みの時間変動係数と時間帯別OD交通量を逆推定する手法を提案し精度検証を行った。本研究では、さらに残留交通量修正前の時間変動係数と時間帯別OD交通量を逆推定し、

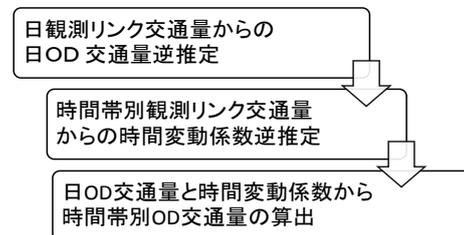


図-1 本手法のフローチャート

時間帯別均衡配分における時間帯別OD交通量を推定する手法について検討を行う。ここで、時間帯別OD交通量は日OD交通量に時間変動係数を乗じて与えられるが、その日OD交通量にも誤差が生じる。これは道路特性データや高速転換率式パラメータ等の要因によるものであるが、本研究は日OD交通量についても既存研究<sup>3)</sup>による日観測交通量を用いた日OD交通量の逆推定手法との併用を基本として検討を行う。本手法のフローチャートを図-1に示す。

## 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。

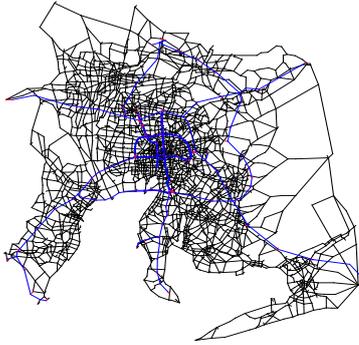


図-2 道路ネットワーク全体図

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      |

(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。

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-2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-3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291箇所対象とし、配分結果との比較を行う。

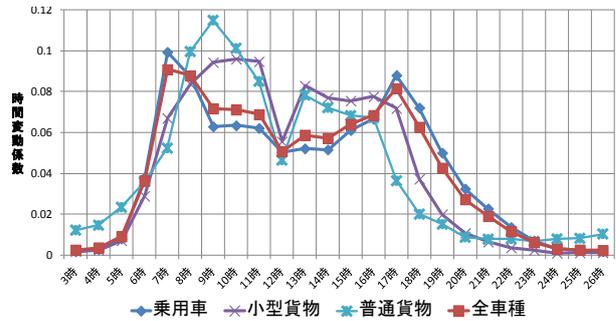


図-3 センサスによる全域車種別時間変動パターン

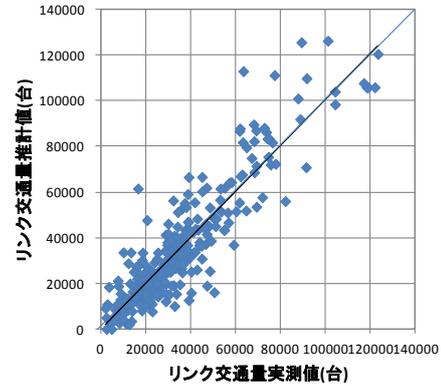


図-4 日交通量配分結果（センサス）

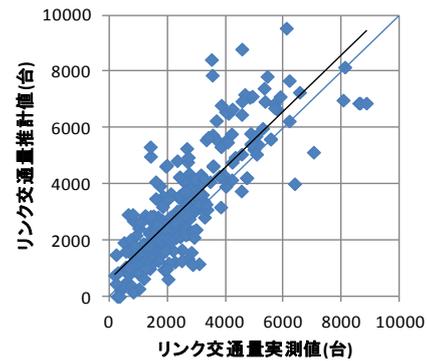


図-5 交通量配分結果（センサス7時台）

(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-4に示す。これより、データは概ね適しているといえるが、大きく離れた点もいくつか見られる。特に交通量の多いリンクで誤差の大きい点が目立つ。

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-5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8、9時台においても同様に見られた。またオフピーク時に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。

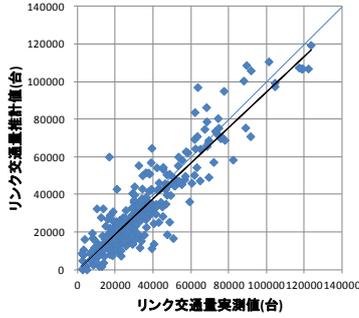


図-6 日交通量配分結果（逆推定）

表-2 配分結果のRMS誤差の比較

| OD表  | 全車    | 普通車  | 大型車  |
|------|-------|------|------|
| センサス | 10941 | 9178 | 4218 |
| 逆推定  | 9932  | 8528 | 2762 |

### 3. 観測リンク交通量からの日OD 交通量逆推定

既存のOD表で日配分を行った結果、誤差の大きい点がいくつか見られた。そこでまずは既存OD表と観測リンク交通量を用いた逆推定手法により日OD交通量の修正を行う。本研究では、既存研究による道路区間交通量及び発生交通量の残差平方和最小化モデル<sup>3)</sup>を用いる。なお、道路交通センサス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い、2車種別での逆推定を行った。

逆推定により得られたOD交通量を用いて日配分を行った結果を図-6に示す。これより、交通量の多いリンクでの過大推計が改善されているのが分かる。センサスOD交通量をそのまま使用した場合と逆推定による修正後のOD交通量を用いた場合との精度を比較したものを表-2に示す。表から、修正後の方がRMS誤差は小さくなっており、特に大型車の精度が向上しているのが分かる。

### 4. 残留交通量を考慮した観測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

前著論文では基本モデルとして、逆推定により得られる時間変動係数は、時間帯別均衡配分におけるOD交通量修正済みの値を得るものであった。ここでは、残留交通量修正前（一般的な発時刻で集計した時間帯別OD交通量）の時間変動係数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。ここで与条件として、ゾーン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間の時間変動係数を $E_{rs}^n$ 、OD

交通量 $Q_{rs}$ がリンクaを利用する確率を $P_{a,rs}^n$ 、時間帯別残留交通量を $q_{rs}^n$ 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。

$$x_a^n = \sum_r \sum_s P_{a,rs}^n \{E_{rs}^n Q_{rs} + (q_{rs}^{n-1} - q_{rs}^n)\} \quad (1)$$

ここで、出発地域Kの地域別時間変動係数を $E_k^n$ 、地域数m、また $q_{rs}^{n-1} - q_{rs}^n$ を $h_{rs}^n$ とし、リンク交通量の推計値 $\hat{x}_a^n$ と実測値 $x_a^n$ 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。

$$\min Z = \sum_a \left( \sum_r \sum_s (P_{a,rs}^n (E_k^n Q_{rs} + h_{rs}^n)) - \hat{x}_a^n \right)^2 \quad (2)$$

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

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 $\psi$ は次のようになる。

$$\psi = \sum_a \left( \sum_k E_k^n \sum_{r \in K} \sum_s P_{a,rs}^n Q_{rs} + \sum_r \sum_s P_{a,rs}^n h_{rs}^n - \hat{x}_a^n \right)^2 - \sum_k v_k \left( 1 - \sum_n E_k^n \right) \quad (4)$$

ここで、 $v_k$ はLagrange乗数を表す。出発地域Kのうち任意の地域をLとし、 $\psi$ を $E_l^n$ および $v_l$ で偏微分して零とおくと次式が得られる。

$$\frac{\partial \psi}{\partial E_l^n} = 2 \sum_a \left\{ \left( \sum_k E_k^n \sum_{r \in K} \sum_s P_{a,rs}^n Q_{rs} + \sum_r \sum_s P_{a,rs}^n h_{rs}^n - \hat{x}_a^n \right) \left( \sum_{r \in L} \sum_s P_{a,rs}^n Q_{rs} \right) \right\} - v_l$$

$$= 2 \sum_a \left\{ \left( \sum_k E_k^n \sum_{r \in K} \sum_s P_{a,rs}^n Q_{rs} \right) \left( \sum_{r \in L} \sum_s P_{a,rs}^n Q_{rs} \right) \right\} \quad (5)$$

$$- 2 \sum_a \left\{ \left( \hat{x}_a^n - \sum_r \sum_s P_{a,rs}^n h_{rs}^n \right) \left( \sum_{r \in L} \sum_s P_{a,rs}^n Q_{rs} \right) \right\} - v_l = 0 \quad (l=1,2,\dots,m)$$

$$\frac{\partial \psi}{\partial v_l} = \sum_n E_l^n - 1 = 0 \quad (l=1,2,\dots,m) \quad (6)$$

よってODペアrs間のリンクa利用率 $P_{a,rs}^n$ が得られる場合、式(5)～式(6)に示す(n+1)元連立一次方程式を解くことで、出発地域別時間変動係数 $E_k^n$ を得ることができる。

### 5. 配分計算と精度検証

#### (1) 時間変動係数の収束計算

センサス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逆推定モデルの収束計算を行う。ただし域外から発生するODペアはトリップ時間が1時間を超えるものが多く、配分計算では実際に都市圏内に流入する時刻よりも早く交通量として流れてしまう等の影響を考慮し、域外発の時間変動係数は次のような修正処理を行った上で固定し収束計算を行った。すなわち、長距離移動の場合、域内に



図-7 普通車時間変動係数比較図



図-8 大型車時間変動係数比較図

流入するのに時間がかかることや、休憩等により移動を中断していることも考えられる。よって長距離ODペアの都市圏内に流入する時刻を域内の境界までの平均所要時間で修正を行い、さらにその時刻から3:3:2:2の割合で分散化したものを域外発の時間変動係数をして扱った。この割合は、元OD交通量でいくつか試行した結果最も良かったものとして採用した。

元データと収束値の普通車時間変動係数を図-7に示す。これより、7時以降の変動係数が減少していることが読み取れる。次に元データと収束値の大型車時間変動係数を図-8に示す。これより、普通車よりもピーク時間帯の変動係数は大きく減少しており、夕方以降に増加していることが読み取れる。

## (2) 配分結果

域内発 OD を逆推定が収束した時の 7 時台の配分結果を図-9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。一方で、深夜時間帯でのバイアスが大きかったという傾向も見られた。

元 OD データを用いた場合と域内時間変動係数を逆推定した場合との車種ごとの配分結果を表-3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 誤差はどちらの車種でも小さくなっており、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、どの時間帯でも誤差の大きいリンクがいくつか存在しているのが見られた。これらは主に日配分時に見られた誤差の大きいリンクと一致しているため、日 OD 交通量の誤差による影響が大きいと考えられる。

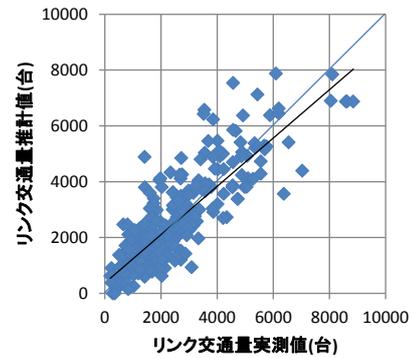


図-9 交通量配分結果 (逆推定 7 時台)

表-3 配分結果のRMS誤差の比較

| 普通車 | 7時   | 8時   | 9時  | 合計    |
|-----|------|------|-----|-------|
| 元OD | 1083 | 1140 | 700 | 12294 |
| 逆推定 | 831  | 740  | 620 | 10681 |
| 大型車 | 7時   | 8時   | 9時  | 合計    |
| 元OD | 248  | 338  | 419 | 7123  |
| 逆推定 | 205  | 228  | 255 | 6124  |

## 6. まとめ

本研究では、平成 22 年道路交通センサ調査による日 OD 交通量と日観測リンク交通量のデータを基に、既存研究による逆推定モデルを用いて日 OD 交通量の修正を行い、また修正した日 OD 交通量と時間帯別観測リンク交通量を基に、残留交通量を考慮した時間変動係数の逆推定手法を提案した。また、修正した時間変動係数を基に作成した時間帯別 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、朝ピーク時間帯の過大推計が改善された。また、朝ピーク時間帯及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、依然として深夜時間帯で誤差が大きくなっているリンクが多く、精度の改善において課題が残った。これらの要因としては、各 OD ペアごとの特性による影響が考えられる。よって今後は新たな地域区分や OD ペア間の距離別等で逆推定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, 土木計画学研究・講演集 Vol.31, No.60, 2005
- 2) 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 交通量の推定手法に関する研究, 土木計画学研究・講演集 Vol.47, 2013
- 3) 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.