

異なる観測交通データにおける 時間変動係数逆推定手法に関する研究

村瀬 卓臣¹・藤田 素弘²・林 大樹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:cmm15082@ict.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:h.hayashi.020@stn.nitech.ac.jp

時間帯別均衡配分の精度を向上させるために開発された時間帯別OD交通量の逆推定手法において、先行研究では観測地点データ数が少ない24時間帯の時間帯別観測交通量のみを実測値として使用して推計を行っていた。本研究においては、逆推定手法において昼間12時間帯観測交通量という異なる観測交通量データを加えることが推計精度に及ぼす影響を調べた。24時間帯の時間帯別観測交通量に加えて昼間12時間帯の時間帯別観測交通量の実測値も混合させて推計を行うことによって、混合した箇所における推計精度を向上させることができた。また、先行研究では実測値としてリンク交通量を使用していたが、本研究ではOD交通量を実測値として推計を行う方法についても検討を行う。

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

1. はじめに

中京都市圏は交通手段として自動車を利用する割合が他の都市圏に比べて高く、交通量の増加に伴う交通渋滞は依然として大きな問題となっている。近年では交通渋滞対策として、時間帯ベースでより細かな施策に対応できるような交通量予測手法が求められている。

交通量予測においては、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¹⁾が既に開発されており実用レベルにあるものの、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は、観測交通量を用いた時間帯別 OD 交通量の逆推定手法²⁾がある。

先行研究³⁾では実測値として道路交通センサ調査データの観測リンク交通量のうち 1 日 24 時間帯の時間帯別観測交通量が得られる箇所のものを使用していたが、昼間 12 時間帯の時間帯別観測交通量が得られる箇所に比べて約 3 分の 1 しかなく、データ数が少ないという課題があった。

したがって本研究では、24 時間帯の時間帯別観測交

通量に加えて昼間 12 時間帯の時間帯別観測交通量の実測値も混合して予測する方法を提案し、それが推計精度に及ぼす影響について分析する。

また、リンク交通量を実測値として使用していた既存の逆推定手法に対して、本研究は名古屋高速道路上の実測値としてランプ間 OD 交通量を用いる方法についても検討を行うものである。

2. 使用データの詳細

本研究では既存のODとして平成22年道路交通センサ調査データを使用し、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。ネットワークデータは、中京PTのネットワーク(図-1)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。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。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。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箇所を対象として配分結果との比較を行う。

3. 昼間12時間帯の時間帯別観測交通量を混合させた時間変動係数逆推定手法

ここでは、時間変動係数逆推定モデルの推計精度と再現性を向上させるために、昼間12時間帯の時間帯別観測交通量を組み込んだ逆推定手法の定式化について検討する。

(1) 実測値の設定

先行研究では、時間変動係数逆推定モデルで使用する実測値は平成22年道路交通センサス調査データのうち、東海3県で24時間分の時間帯別観測交通量が得られる395箇所を対象としていた。本研究においては、395箇所のうち50箇所の交通量情報を削除、あるいは昼間12時間分に変更し比較検討を行う。なお、道路交通センサス調査データにおいて昼間12時間観測の観測時間帯は午前7時から午後6時までの時間帯である。また下記の式において、24時間分の時間帯別観測交通量が得られる箇所をリンク a 、昼間12時間分の時間帯別観測交通量が得られる箇所をリンク b と表記している。

(2) 定式化

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。残留交通量を考慮した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 $x_{a,v}^n$ は、式(1)のように表すことができる。

$$x_{a,v}^n = \sum_{rs} (E_{rs,v}^n P_{a,rs,v}^n Q_{rs,v} (1 - d_{rs}^n) + E_{rs,v}^{n-1} P_{a,rs,v}^n Q_{rs,v} d_{rs,v}^{n-1}) \quad (1)$$

- $x_{a,v}^n$: n 時間帯車種 v のリンク a における推計交通量
- $Q_{rs,v}$: ODペア rs 間での車種 v における日OD交通量
- $P_{a,rs,v}^n$: n 時間帯に車種 v のOD交通量 $Q_{rs,v}$ がリンク a を利用する確率（経路利用率）
- $E_{rs,v}^n$: n 時間帯ODペア rs 間の車種 v 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

出発地域 K 、到着地域 L の地域別方向別時間変動係数を $E_{kl,v}^n$ とし、リンク交通量の推計値 $x_{a,v}^n$ と実測値 $\hat{x}_{a,v}^n$ の



図-1 道路ネットワーク図

残差平方和が最小になるようにモデル化を行う。そして時間変動係数の部分的な変動抑制を考慮するために、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項に設定すると目的関数は式(2)のようになり、制約条件は式(3)、(4)になる。

次に式(5)、(6)のようにおくと制約条件を取り込んだ Lagrange 関数 ϕ は式(7)のようになる。ここで ν_{kl} は Lagrange 乗数を表す。出発地域 K 、到着地域 L のうち任意の出発地域を I 、到着地域を J とし、 ϕ を $E_{ij,v}^n$ および ν_{ij} で偏微分して0とおき、先行研究と同様に偏微分の連立方程式を解くことにより残留交通量を考慮した発時刻ベース地域別方向別時間変動係数 $E_{kl,v}^n$ を得ることができる。配分計算と逆推定を繰り返し行うことにより、最も適した発時刻ベースの時間変動係数が導かれる。

$$\begin{aligned} \min. Z &= \sum_v \sum_{n=3}^{26} \sum_a \left(\sum_{kl} \sum_{r \in K} \sum_{s \in L} (E_{kl,v}^n P_{a,rs,v}^n Q_{rs,v} (1 - d_{rs}^n) + E_{kl,v}^{n-1} P_{a,rs,v}^n Q_{rs,v} d_{rs}^{n-1}) - \hat{x}_{a,v}^n \right)^2 \\ &+ \sum_v \sum_{n=7}^{18} \sum_b \left(\sum_{kl} \sum_{r \in K} \sum_{s \in L} (E_{kl,v}^n P_{b,rs,v}^n Q_{rs,v} (1 - d_{rs}^n) + E_{kl,v}^{n-1} P_{b,rs,v}^n Q_{rs,v} d_{rs}^{n-1}) - \hat{x}_{b,v}^n \right)^2 \\ &+ \sum_{kl} w_{kl} \sum_n (E_{kl}^{n-1} - E_{kl}^n)^2 \end{aligned} \quad (2)$$

$$s.t. \quad \sum_{n=3}^{26} E_{kl,v}^n = 1 \quad \forall n, k, l \quad (3)$$

$$E_{kl}^n \geq 0 \quad (4)$$

$$\sum_{r \in K} \sum_{s \in L} P_{a,rs,v}^n Q_{rs,v} (1 - d_{rs}^n) = U_{a,kl,v}^n \quad (5)$$

$$\sum_{r \in K} \sum_{s \in L} P_{a,rs,v}^n Q_{rs,v} d_{rs}^{n-1} = V_{a,kl,v}^{n-1} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \phi = & \sum_v \sum_{n=3}^{26} \sum_a \left(\sum_{kl} E_{kl,v}^n U_{a,kl,v}^n + \sum_{kl} E_{kl,v}^{n-1} V_{a,kl,v}^{n-1} - \hat{x}_{a,v}^n \right)^2 \\ & + \sum_v \sum_{n=7}^{18} \sum_b \left(\sum_{kl} E_{kl,v}^n U_{b,kl,v}^n \right. \\ & \left. + \sum_{kl} E_{kl,v}^{n-1} V_{b,kl,v}^{n-1} - \hat{x}_{b,v}^n \right)^2 \\ & + \sum_{kl} w_{kl} \sum_n (E_{kl,v}^{n-1} - E_{kl,v}^n)^2 \\ & - \sum_{kl} v_{kl} \left(\sum_{n=3}^{26} E_{kl,v}^n - 1 \right) \end{aligned} \quad (7)$$

4. 逆推定の精度検証結果と考察

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} の設定は先行研究において最も精度が良かった非線形関数とし、式(8)に示す。

$$w_{kl} = 30.456 \times 520 \times Q_{kl}^{0.626} \quad (8)$$

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

(1) 観測地点全体の精度検証結果

24時間分の時間帯別観測交通量を 50 箇所減らした 345 箇所を実測値として逆推定を行ったものと、その減らした箇所における 12 時間分の時間帯別観測交通量を 50 箇所混合させて逆推定を行ったもので比較を行う。逆推定による配分計算の精度検証結果は図-2 に示す。これより、普通車は精度が悪化しているが誤差は 4 台に抑えられており、大型車は精度が良くなっていることが分かった。一般的に大型車の方が交通量データが少なく、12 時間分の時間帯別観測交通量を混合させることで大型車の交通量データが増え、精度改善に繋がったのではないかと考える。

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。比較の日 OD が大きい地域(名古屋→名古屋(普通車))と中くらいの地域(名古屋→名古屋(大型

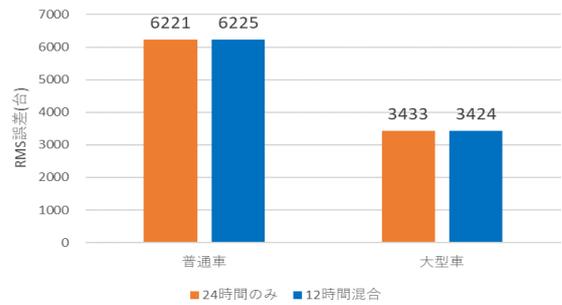


図-2 RMS誤差

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

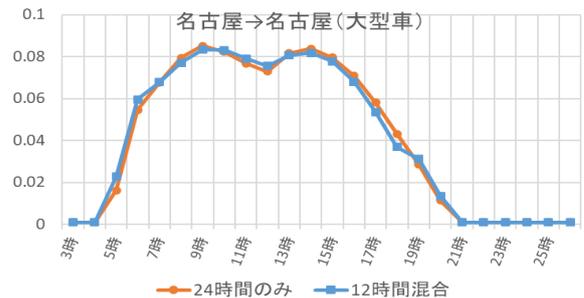
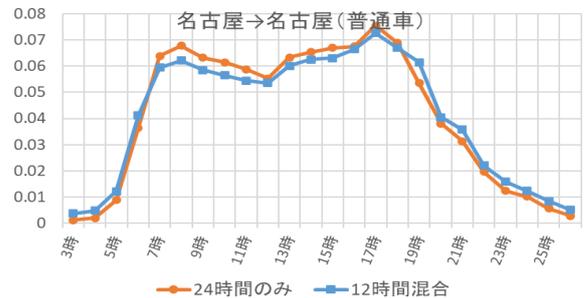


図-3 時間変動パターンの比較

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-3に示す。これより, どのOD交通量においても時間変動パターンは大きな変化はなくほぼ維持できていることが分かった。

次に時間帯ごとに RMS 誤差を比較する。観測交通量を混合させた午前7時から午後6時までの時間帯を図-4, 午後7時から翌日午前6時までの時間帯を図-5に示す。これより, 12時間分の時間帯別観測交通量を混合させた時間帯では普通車, 大型車ともに精度を改善できていることが分かった。混合させていない時間帯においても, 普通車の誤差を3台に抑えた上で大型車の精度は良くなっていることが分かった。

(2) 実測値を混合させた箇所の精度検証結果

12 時間帯の時間帯別観測交通量の実測値を混合させた地点で比較を行う。混合させた 50 箇所のうち, 愛知県内の 41 箇所における RMS 誤差を図-6に示す。これより, 普通車, 大型車ともに精度を大きく改善できていることが分かった。

時間帯ごとの RMS 誤差を比較は図-7, 図-8に示す。こちら地点全体の結果を同じく, 12 時間帯の時間帯別観測交通量を混合させた時間帯では普通車, 大型車ともに精度を改善できているが, 混合させていない時間帯においても, 普通車の精度は悪化しているが大型車の精度は良くさせることができていた。

5. OD交通量を実測値として使用した時間変動係数逆推定手法

既存の逆推定手法では, 実測値としてリンク交通量を使用し推計を行っていた。ここでは, 実際の交通流により近づけるために名古屋高速道路上の実測値としてランプ間 OD 交通量を使用する逆推定手法について検討する。

出発ランプを s , 到着ランプを t としてランプ間 OD 交通量の推計値と実測値 $G_{st,v}^n$ の残差平方和が最小になるように第二項を加えてモデル化を行う。そして時間変動係数の部分的な変動抑制を考慮するために, 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 項に設定すると目的関数は式(9)のようになり, 制約条件は式(10), (11)になる。次に式(12), (13)のようにおくと制約条件を取り込んだ Lagrange 関数 ϕ は式(14)のようになる。ここで ν_{kl} は Lagrange 乗数を表す。

出発地域 K , 到着地域 L のうち任意の出発地域を I , 到着地域を J とし, ϕ を E_{ij}^n および ν_{ij} で偏微分して 0 とおき, 先行研究と同様に偏微分の連立方程式を解くことにより残留交通量を考慮した発時刻ベース地域別方向別時間帯変動係数 $E_{kl,v}^n$ を得ることができる。配分計算と逆推

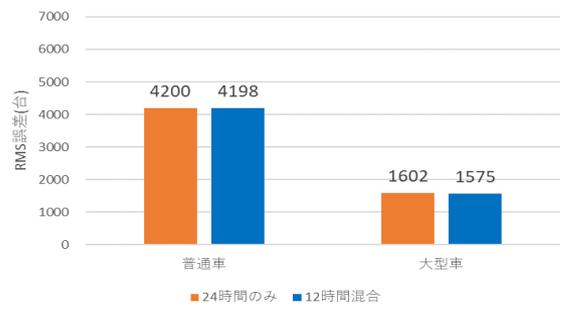


図-4 午前7時から午後6時までの RMS 誤差

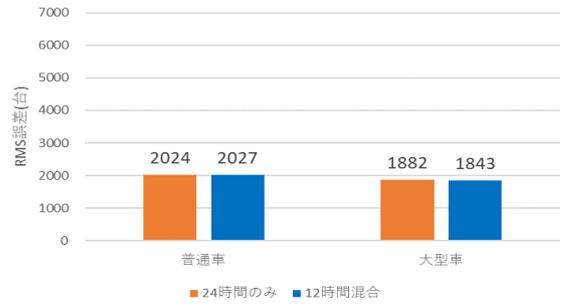


図-5 午後7時から翌日午前6時までの RMS 誤差

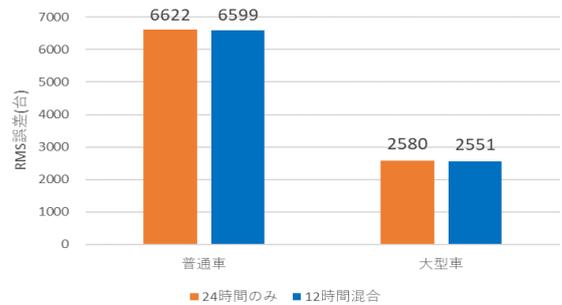


図-6 混合させた地点における RMS 誤差

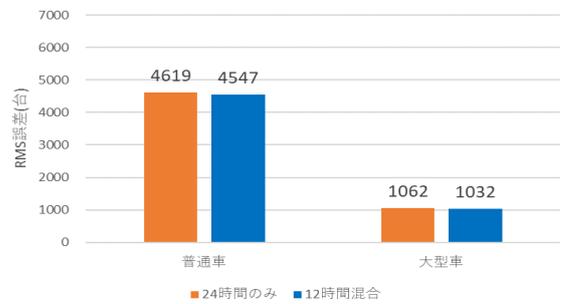


図-7 混合地点の午前7時から午後6時までの RMS 誤差

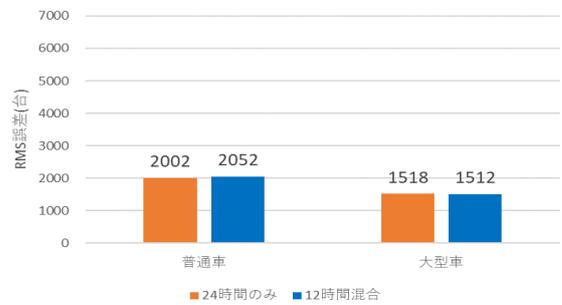


図-8 混合地点の午後7時から翌日午前6時までの RMS 誤差

定を繰り返し行うことにより, 最も適した発時刻ベースの時間帯変動係数が導かれる。

$$\begin{aligned}
& \min. Z \\
& = \sum_v \sum_n \sum_a \left(\sum_{kl} \sum_{r \in K} \sum_{s \in L} (E_{kl,v}^n P_{a,rs,v}^n Q_{rs,v} (1 - d_{rs}^n) \right. \\
& \quad \left. + E_{kl,v}^{n-1} P_{a,rs,v}^n Q_{rs,v} d_{rs}^{n-1}) - \hat{x}_{a,v}^n \right)^2 \\
& + \sum_v \sum_n \sum_{st} \left(\sum_{kl} \sum_{r \in K} \sum_{s \in L} (E_{kl,v}^n P_{st,rs,v}^n Q_{rs,v} (1 - d_{rs}^n) \right. \\
& \quad \left. + E_{kl,v}^{n-1} P_{st,rs,v}^n Q_{rs,v} d_{rs}^{n-1}) - \hat{G}_{st,v}^n \right)^2 \\
& + \sum_{kl} w_{kl} \sum_n (E_{kl}^{n-1} - E_{kl}^n)^2
\end{aligned} \tag{9}$$

$$\begin{aligned}
s.t. \quad & \sum_n E_{kl}^n = 1 \quad \forall n, k, l \\
& E_{kl}^n \geq 0
\end{aligned} \tag{10}$$

$$\sum_{r \in K} \sum_{s \in L} P_{a,rs}^n Q_{rs} (1 - d_{rs}^n) = U_{a,kl}^n \tag{12}$$

$$\sum_{r \in K} \sum_{s \in L} P_{a,rs}^n Q_{rs} d_{rs}^{n-1} = V_{a,kl}^{n-1} \tag{13}$$

$$\begin{aligned}
\phi = & \sum_v \sum_n \sum_a \left(\sum_{kl} E_{kl}^n U_{a,kl}^n + \sum_{kl} E_{kl}^{n-1} V_{a,kl}^{n-1} - \hat{x}_a^n \right)^2 \\
& + \sum_v \sum_n \sum_{st} \left(\sum_{kl} E_{kl}^n U_{st,kl}^n + \sum_{kl} E_{kl}^{n-1} V_{st,kl}^{n-1} - \hat{G}_{st,v}^n \right)^2 \\
& + \sum_{kl} w_{kl} \sum_n (E_{kl}^{n-1} - E_{kl}^n)^2 \\
& - \sum_{kl} v_{kl} \left(\sum_n E_{kl}^n - 1 \right)
\end{aligned} \tag{14}$$

6. まとめ

本研究では、実測値としてデータ数の多い昼間 12 時間帯観測交通量を交通量推計の精度向上に利用するために 24 時間帯の時間帯別観測交通量に加えて 12 時間帯の時間帯別観測交通量の実測値も混合させることが推計精度に及ぼす影響について調べた。観測地点全体においては、特に大型車において推計精度を向上させることができた。時間帯別においても、実測値を混合させた 12 時間帯においては普通車、大型車ともに推計精度を向上させることができており、混合させていない時間帯でも大型車の RMS 誤差を小さくすることができた。実測値を混合させた箇所においても、普通車、大型車ともに推計精度を大きく向上させることができており、12 時間帯の時間帯別観測交通量の実測値も混合させることが推計精度向上に有効であることが確認できた。

また、名古屋高速道路上の実測値をリンク交通量かた

ランプ間 OD 交通量に変更して推定を行う手法についても検討を行った。今後は、実際のデータを入力して推計推計精度に及ぼす影響について調べていく。

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) 藤田素弘，村上慎太郎：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，土木学会論文集D3，Vol. 72，No.5，pp.I_617-I_625，2016
- 4) 藤田素弘，山上恭平：発時刻ベース時間変動係数に基づく変動抑制を考慮した時間帯別 OD 交通量の逆推定手法，土木学会論文集 D3 (土木計画学) Vol.77, No.1, p33-41,2021

(Received July 20, 2021)

(Accepted September 29, 2021)

HOURLY TIME COEFFICIENT ESTIMATION MODEL IN DIFFERENT OBSERVED TRAFFIC DATA

Takumi MURASE, Motohiro FUJITA and Hiroki HAYASHI

Hourly origin destination demands estimation model developed to improve the accuracy of equilibrium distribution by time zone, in the previous research, the estimation was performed using only the observed traffic volume by time zone during the 24-hour period when the number of observation point data is small. In this study, we investigated the effect of adding different observed traffic data in the time coefficient estimation method on the estimation accuracy. By mixing the measured traffic volume by time zone in the 12-hour in addition to the observed traffic volume by time zone in the 24-hour, we were able to improve the estimation accuracy at the mixed location. In the previous study, the link traffic volume was used as the measured value, but in this study, we will also examine the method of estimating using the OD traffic volume as the measured value.