

# 観測リンク数が時間変動係数逆推定手法に 及ぼす影響分析

瀬川 貴史<sup>1</sup>・藤田 素弘<sup>2</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: t.segawa.684@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

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、時間変動係数に基づく観測交通量からの時間帯別OD交通量逆推定モデルの実用化研究を行った。先行研究では基本モデルに加えて精度や操作性をさらに向上するものとして、都市圏域内の詳細なゾーニング方法を段階的に適用して多変数で行う25変数モデルが開発された。本研究ではこのモデルを使用し、観測交通量を減らした際の精度に与える影響を分析する。分析により、少ない観測地点で効率的な交通量推計を行うことを目的としている。観測リンクを減らすと精度は下がるが、減らす割合が全体の4割程度までなら精度変化を1%前後で抑えられた。またある地点の観測リンクを減らすと、残された地点では精度が向上する傾向があると分かった。

**Key Words :** *Observed traffic flow, Time coefficient, Hourly OD traffic flow, Traffic estimation*

## 1. はじめに

渋滞対策等の交通施策を行うためには効率的かつ精度高く交通量を推計する必要がある。代表的な推計方法である時間帯別利用者均衡配分モデル<sup>1)2)</sup>は現状すでに実用レベルにあるが、さらなる精度向上のために配分計算に使用される時間帯別OD交通量の推計精度の精度向上が課題として、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、観測交通量を使用した時間帯別OD交通量の逆推定手法がある。既存研究<sup>3)4)</sup>では観測交通量と推定交通量の間の残差平方和を最小にする問題と

して定式化を行い、利用者均衡配分から得られる経路交通情報を併用することで、観測交通量からOD交通量を逆推定するモデルが開発されている。これらの枠組みを用いた既存研究<sup>5)</sup>ではOD交通量の分布パターンを操作変数として、時間帯別OD交通量を推定したが、本研究のように日OD交通量を与件として、時間変動パターンを推定するものではない。

本研究では時間変動係数(日OD交通量に対する時間帯別OD交通量の各時間比率)を基に、逆推定することで時間帯別OD交通量の精度向上を図っている。本手法を用いた既存研究<sup>6)</sup>では地域ごとに時

間変動係数を与え、その地域分けを細かくすることにより、配分計算の精度が向上することを報告している。観測交通量と推定交通量間の残差平方和を最小にするので、観測地点数も精度に影響を与えらるが、既存研究では触れられていない。

そこで、本研究では時間変動係数逆推定手法に使用する観測交通量が精度に与える影響を調べることにより、少ない観測地点での交通量推計や新規道路建設前後の交通量推計に繋げるものとする。



図-1 使用する道路ネットワーク図

## 2. 各種使用データ

本研究の配分計算には、高速転換率内生型利用者均衡配分<sup>7)</sup>を取り入れた名古屋高速道路利用者均衡配分システムを使用する。

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(図-1)を使用し、ゾーン数 482、リンク数 6683、ノード数 4468 から構成される。道路特性データは中京 PT の平成 13 年と平成 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。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い、24 時間一律で同じ転換率式を使用する。

初期 OD について、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し、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。また時間帯別 OD 交通量には日 OD 交通量に時間変動パターン(時間変動係数の各時間比率)を乗じて算出したものを使用する。

観測リンク交通量には平成 22 年道路交通センサス調査データのうち 24 時間分の時間帯別 OD 交通量が得られた箇所のものを実測値として使用する。愛知県 291 箇所、岐阜県 60 箇所、三重県 44 箇所の合計 395 箇所を使用する。一般道路と高速道路の内訳は一般道路 297 箇所、高速道路 98 箇所である。

表-1 逆推定に使用する地域区分

出発	到着	域内					域外
		名古屋	海部・尾張	知多・三河	豊田	愛知県外	
域内	名古屋	1	2	3	4	5	5
	海部・尾張	6	7	8	9	10	10
	知多・三河	11	12	13	14	15	15
	豊田	16	17	18	19	20	20
	愛知県外	21	22	23	24	25	25
域外東		26(固定)	26(固定)	26(固定)	26(固定)	26(固定)	26(固定)
域外西		27(固定)	27(固定)	27(固定)	27(固定)	27(固定)	27(固定)

## 3. モデルの定式化

観測リンク交通量 $x_a^n$ と配分計算によって得られる推計リンク交通量(式(1)の 1 項目にあたる)の残差平方和が最小となるように定式化を行う。時間変動係数逆推定手法の目的関数は次のようになる<sup>8)</sup>。地域ごとに時間変動係数を与え、地域分けは表-1 に示すものとする。

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

$$s.t. \sum_n E_{kl}^n = 1, E_{kl}^n \geq 0 \quad \forall n, k, l \quad (2)$$

ここで、

$Q_{rs}$ : OD ペア  $rs$  間の日 OD 交通量

$\hat{x}_a^n$ :  $n$  時間帯のリンク  $a$  の観測リンク交通量

$P_{a,rs}^n$ :  $n$  時間帯の OD ペア  $rs$  間の 時間帯別 OD 交通量がリンク  $a$  を利用する確率

$E_{kl}^n$ : OD ペア  $rs$  を  $m$  個の大きな地域に区分して、出発地域  $K(=1 \sim m)$ 、到着地域  $L(=1 \sim m)$  の地域別方向別の  $n$  時間帯の時間変動係数

式(1)の右辺の括弧内左項は時間均衡配分から推計されるリンク  $a$  の推計リンク交通量である。本モデルは上式を上位問題とし、下位問題に時間均衡配分を行う 2 段階構造となっている。配分計算と逆推定を繰り返し行うことにより時間変動係数が収束する。なお、表-1 地域分けは藤田らが使用した域外 E モデル<sup>9)</sup>と同様のものである。表中の番号は与えた時間変動係数の種類を表しており、表-1 では 27 種類の時間変動係数を与えたことになる。

#### 4. 観測リンク数と精度の関係

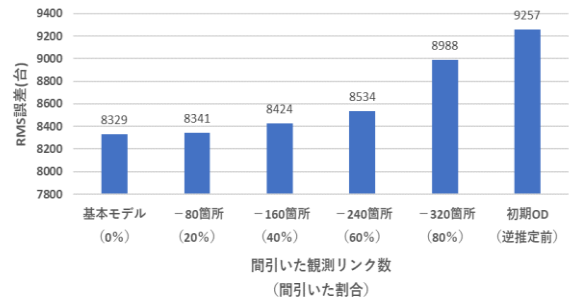
##### (1) 観測リンクの減らし方

本章では、時間変動係数逆推定手法の計算に使用する観測リンク数を減らした場合の均衡配分の精度に与える影響を調べる。まず初めに全観測リンクからランダムに観測リンクを減らした場合、その後、一般道路と高速道路を分けた場合、路線ごとに減らした場合の影響について順に分析する。なお、各観測リンクのおよそ 2 割に相当する割合毎に観測リンクを減らすこととした。

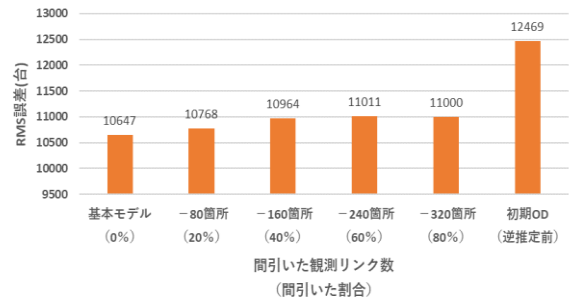
##### (2) 基本パターン

本節では、全観測リンク(箇所)からランダムに観測リンクを減らした場合(基本パターン)の影響について分析する。RMS 誤差の推移を図-2 に示す。図-2(a)のように観測リンクを減らすと RMS 誤差が大きくなることが分かった。間引いた観測リンクの割合が 4 割程度までなら、精度の変化は基本モデルと比較して 1%前後でほとんど精度の悪化は見られない。図-2(b)および図-2(c)のように経路別で精度を見ると、一概に観測リンクが減ると RMS 誤差が悪くなるわけではなかった。この原因及び考察については次節で触れることにする。

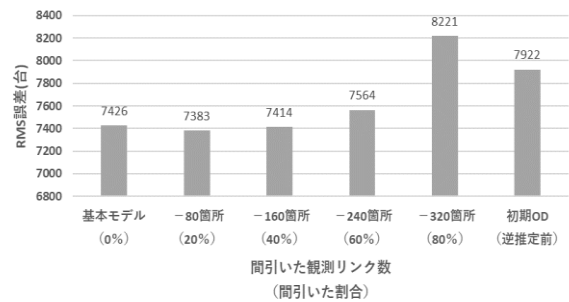
次に全車種について全観測リンクを用いて逆推定を行ったものと観測リンクを 8 割減らして逆推定を行ったものに関して、7 時台と 24 時台の配分結果を図-3 および図-4 に示す。これよりピーク時間帯については全体的に推計値が小さくなり、深夜時間帯については全体的に推計値が大きくなっている



(a) 全車種・全経路



(b) 全車種・高速道路



(c) 全車種・一般道路

図-2 観測リンク数と RMS 誤差の関係

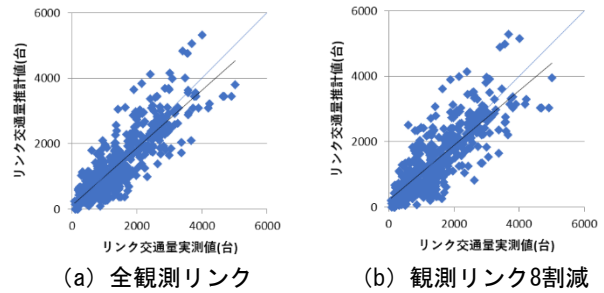


図-3 7時台の配分結果

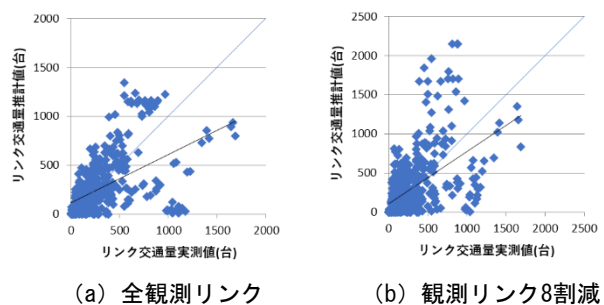


図-4 24時台の配分結果

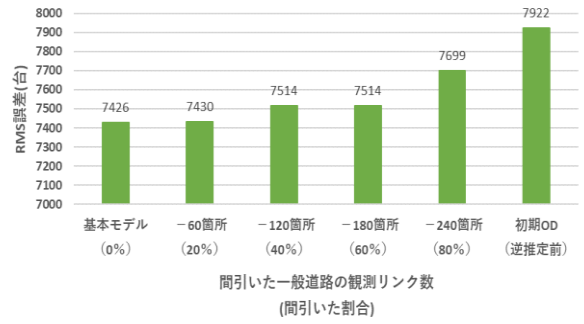
ことが確認できる．ここで、逆推定の計算を行うと時間変動パターンバイアスが解消されることが報告されている<sup>8)</sup>．ある観測リンクを減らすとはその観測リンクを使用せずに、逆推定の計算を行うことを意味する．言い換えると、残差平方和を取る項数を減らすため観測リンク一か所当たりが計算に与える影響も大きくなるといえる．すなわち観測リンクを減らすと、その地点の観測交通量を用いずに、計算を行うため、他の観測リンク地点の影響を大きく受けるといえる．このため時間変動係数のバイアスを改善する傾向が強くなり過ぎたといえる．

(3) 一般道路のみ減らす場合

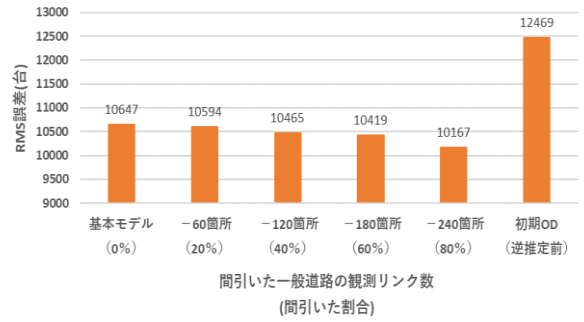
前節で RMS 誤差の変化が線形的でなかった原因として観測リンク数の構成割合が関係していると考えられる．そこで、観測リンクの種類ごとに減らす割合を変えることで考察を行う．本節では観測リンクのうち一般道路のみ減らすことにした．RMS 誤差の推移を図-5 に示す．図-5(a)に関して、一般道路に関する観測リンクを減らすと、一般道路では精度が悪くなった．これは前節の図-2(a)と同様に観測リンクが減ると、計算精度が悪化することを意味している．一方で図-5(b)では、高速道路に関して観測リンク数の変化がないにもかかわらず精度は向上している．この結果は観測リンクの構成割合も精度に影響を及ぼすことを示しており、残差平方和を最小にする際、構成割合の高い道路に関して適切な時間変動係数が算出されると考えられる．この場合では一般道路の観測リンクが少なくなるにつれて、全観測リンクに占める高速道路の割合が高くなったため、高速道路の精度が向上したと考えられる．このため前節で示した図-2(b)および図-2(c)では RMS 誤差の変化が線形的でないと考えられる．

(4) 高速道路のみを減らす場合

前節と同様の理由から高速道路に関する観測リンクを減らすと、図-6(a)では精度の向上、(b)では精度の悪化が確認できた．前節の結果と比較すると、図-5(a)と図-6(b)より高速道路に関する観測リンクを

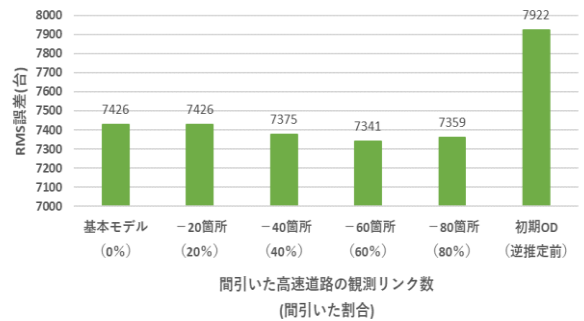


(a) 全車種・一般道路

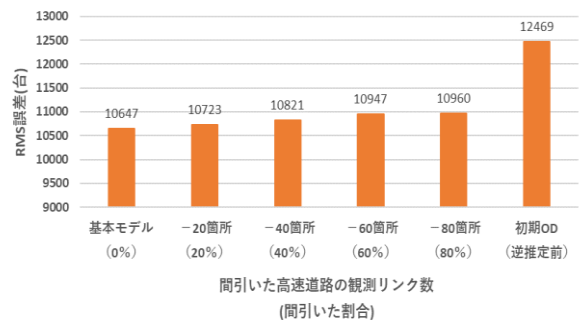


(b) 全車種・高速道路

図-5 一般道路のみを減らすときの RMS 誤差の変化



(a) 全車種・一般道路



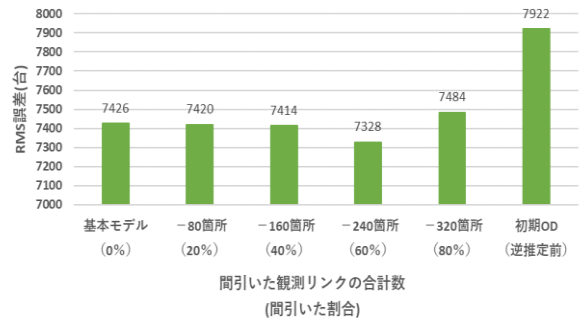
(b) 全車種・高速道路

図-6 高速道路のみを減らすときの RMS 誤差の変化

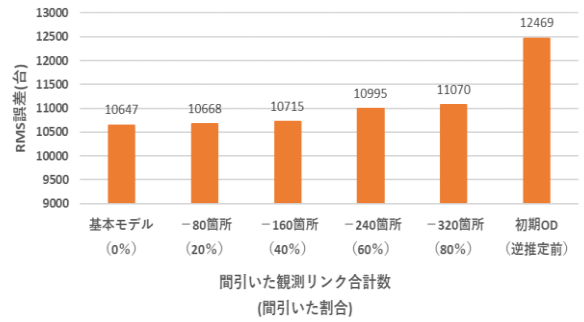
減らしていくと、より少ない数で精度に影響を与えた。また逆推定の前後による精度変化も一般道路に比べて、高速道路の方が大きい。この原因として 25 変数モデルでは地域ごとに異なる時間変動係数を与えており、同一地域内で OD が完結する割合の多い一般道路では逆推定による精度変化が小さくなると考えられる。

(5)一般道路と高速道路を同一割合で減らした場合

本節では、一般道路と高速道路に関する観測リンクを同一割合で減らした際の影響について分析する。なお、減らす割合は前節までと同様である。同一割合で減らした際の RMS 誤差の推移を図-7 に示す。始めに一般道路に着目する。図-5(a), 図-7(a)を比較すると、一般・高速ともに減らした場合には一般道路のみを減らした時よりも精度が保たれる傾向があった。残された観測リンクの構成割合に着目すると、本節では高速道路も同一割合で減らしているため残された観測リンクに対する一般道路の割合が大きくなり精度が保たれていると考えられる。次に高速道路に着目する。図-6(b), 図-7(b)を比較すると、一般道路に着目した際と比べ、一般・高速ともに観測リンクを減らしていくと精度を保つことが出来なかった。このことから、高速道路では一般道路を減らした場合も精度が悪くなることもある。これは高速道路では移動が高速道路のみで完結せずに一般道路も併せて使用することが原因として考えられる。続いて、収束状況について考察を行う。図-8 は一般道路と高速道路を同一割合で減らした際の収束状況を表したグラフである。横軸に逆推定を行った計算回数、縦軸に残差平方和を取った。本研究では 0.002 以下を収束基準として設定している。普通車、大型車ともに観測リンクを減らすほど収束しにくくなる傾向があり、特に大型車では計算回数が多くなる。これは地域区分の方法が関係していると考えられる。本研究では愛知県内を細分化した 25 変数モデルを使用しており、観測リンクを減らすと観測リンクが存在しない地域が現れることにより、時間変動係数が収束しにくくなっていると考えられる。

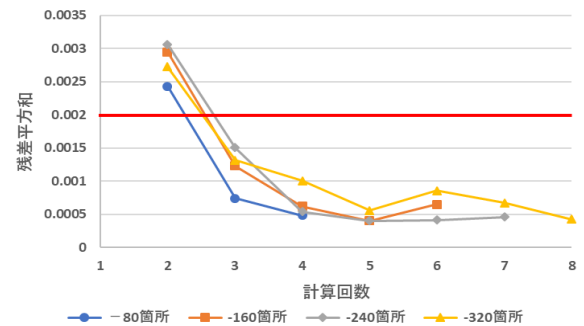


(a)全車種・一般道路

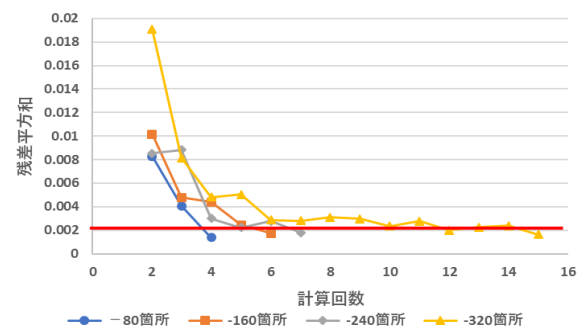


(b)全車種・高速道路

図-7 一般道路と高速道路を同一割合で減らすときの RMS 誤差の変化



(a)普通車



(b)大型車

図-8 時間変動係数の収束状況

## (6) 特定路線のみを減らした場合

本節では、特定路線を減らした影響を分析する。ここでは、東名高速道路の観測リンクをすべて除き、路線ごとに RMS 誤差の算出を行った。次ページの図-9のように東名高速道路では観測リンクを減らす前と比較して一割程度 RMS 誤差の値が大きくなり、精度が悪化した。この結果から、新規道路建設の推計値を予測する場合は高い精度での推計は難しい。対して、残りの路線では東名高速道路ほどの大きな変化は見られなかったが、中央自動車で精度が悪化し、それ以外では精度が向上した。この結果も先ほど同様に観測リンク数と観測リンクの構成割合が関係していると考えられる。中央自動車道で精度が悪化した原因に東名高速道路の観測リンクのうち小牧 JCT が中央自動車道でも共通していることが考えられる。また、全ての高速路線で見ると精度の大きな悪化は見られなかった。この結果から逆推定により推計した交通量は観測リンクに特定路線がなくても一定程度の精度を保つことが出来、新規道路建設時の影響を調べることに応用できると考えられる。

## 5. まとめ

本研究では、効率的な交通量推計を目指し、逆推定モデルに使用する観測リンク数を変化させた際の影響を分析した。全観測リンクからランダムに観測リンクを減らすと RMS 誤差が大きくなる傾向があった。しかし、一概に観測リンクが減ると RMS 誤差が悪くなるわけではなかった。そこで、一般道路のみを減らした場合、高速道路のみを減らした場合、一般道路と高速道路を同一割合で減らした場合、特定路線のみを減らした場合に分けて詳細な分析を行った。一般道路のみを減らすと、観測リンク数の変化がない高速道路の精度が向上した。同様に高速道路のみを減らすと、観測リンク数の変化がない一般道路の精度が向上した。このように観測リンクを減らした地点に関する道路や地域では RMS 誤差が大きくなった一方で、残された観測リンクが存在する

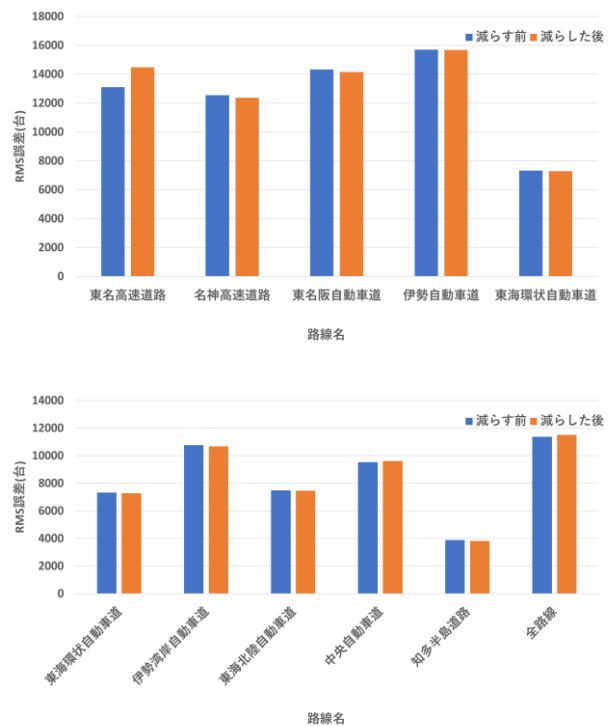


図-9 一定路線を除いた前後での RMS 誤差の変化

道路や地域では RMS 誤差が小さくなった。この結果から精度に影響を与える指標は観測リンク数だけでなく、観測リンクの構成割合が関係していると考えた。減らす観測リンクの割合が 4 割程度までなら、いずれの経路でも精度の変化を 1% 前後に抑えることが出来た。また地域区分を詳細にしているため、観測リンクを減らすと観測リンクが存在しない地域が現れる。これにより時間変動係数が収束するまでに時間を要すると考察した。

今後の課題としてはより精度を保つことが出来る方法を検討すること、観測リンクを減らしても計算時間を抑える必要性が挙げられる。前者に関して、具体的には地域区分の変更や地域ごとに観測リンクの減らす割合を変えて、検討する必要があると考えられる。後者に関しては、計算時間が短縮できるようなモデルの検討が必要である。

**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) 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—，土木学会，1998.
- 3) 高山純一，飯田恭敬：リンク観測交通量を用いた残差平方和最小化による交通需要推計法，第 40 回土木学会年次学術講演概要集，第 IV 部，pp. 407-408, 1985.
- 4) 安藤正幸，高山純一，中山晶一郎，桑原雅夫，埜正 浩：ヘリコプターによる OD 交通量調査の実施例と静的推計 OD 交通量の動的解析への適用性検証，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol. 68, No. 5, 2013.
- 5) 前川友宏，飯田恭敬，倉内文孝，上坂克巳：B ゾーンベースによる OD 交通量逆推定モデルの実際適用性，第 29 回交通工学研究発表会論文集，2009.
- 6) 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，土木計画学論文集，Vol. 72, No. 5，I\_617-I\_625, 2016.
- 7) 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
- 8) 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，第 2 巻，第 1 号，pp.11-20, 2016

(?)

## ANALYSIS ON INFLUENCE OF NUMBER OF OBSERVATION LINKS FOR TIME COEFFICIENT ESTIMATION MODLE

Takafumi SEGAWA and Motohiro FUJITA

In this study, we conducted practical research about a time coefficient estimation model for OD flows from observed link flows based on daily OD flows, in order to improve the accuracy of time-of-day users equilibrium traffic assignments. In previous studies, in order to improve accuracy and operability in addition to the basic model, a 25-variable model was developed in which many sub districts and dual directions were considered. We conducted to analyze the accuracy of 25-variable model while the observed links are reduced. It indicates that the accuracy decreases while the number of observation links is reduced. However, when the reduction rate is about 40% of the total, the accuracy changes only around 1%. It was also found that if the number of observation links at a certain point was reduced, the accuracy would improve at the remaining points.