

首都高速道路交通起終点調査に基づく OD 推定精度の検討

A Study on Accuracy of Origin-Destination Volumes Estimated from
The OD Survey on the Metropolitan Expressway

酒	井	浩	一*
田	中	伸	治**
吉	井	稔	雄**
桑	原	雅	夫**

本研究では、首都高速道路交通起終点調査（OD 調査）における拡大作業のプログラム化を提案し、かつ推定結果の精度検証を行った。これは、従来人手により行われ膨大な労力を要し、かつ結果の精度も不明であった拡大作業を省力化することを目的としている。まず、従来の拡大作業にならって OD 推定プログラムを開発し、推定された OD の精度を絶対誤差を用いて検証した。その結果、設定した制約条件を満たす OD 表をシステムティックに作成することが可能となり、サンプル率が大きくなるにつれ誤差が小さくなることを確認した。また、各サンプル率で複数ケースの試算を行った際の結果のばらつきも、サンプル率の増加とともに収束していくことが確認できた。

キーワード OD 調査、交通起終点調査、サンプル調査

1. はじめに

首都高速道路公団では、新規路線整備時等に合わせ首都高速道路交通起終点調査（以後、OD 調査）¹⁾を実施している。OD 調査は首都高速道路の交通特性の変化を把握するために行われ、全日のランプ間 OD 表のみではなく、経路選択状況や車種構成、時間帯別流入交通量、さらにはそれらをクロスさせた集計結果など、整備効果や路線計画、交通管理計画立案にあたって幅広く活用されている。

回収された調査票から母数全体の OD 交通量を推計するためには、主要断面の交通量、車種別の

交通量、時間帯別交通量などのように OD 調査とは別途に観測される交通量に合わせながらサンプル OD 交通量を拡大修正することが必要になる。その他の OD 調査として、建設省が数年に 1 回の割合で行う道路交通センサス²⁾があるが、この調査も、路側 OD 調査、オーナーインタビュー OD 調査などによるサンプル調査である。同様に調査票から得られるサンプル OD 交通量を、時間帯別、車種別、地域別に層別して主要道路の断面交通量、登録台数などと整合するように拡大修正することが行われている。このような拡大作業は、従来人手によって行われており、膨大な労力を要する。

* 首都高速道路公団計画部調査課（TEL：3502-7311）

** 東京大学生産技術研究所第 5 部（TEL：3402-6231, E-mail: kuwahara@nishi.iis.u-tokyo.ac.jp）

また、このようにして推計された OD 交通量の精度については、十分な分析が行われていない。従来から、サンプル調査の精度については、ランダムサンプルを行った場合について、サンプル数と結果の信頼区間の関係が統計的に分析されている。しかし、以上のような各種の制約条件と整合させるような OD 交通量の拡大修正作業を含めて、その精度を分析した例はない。

そこで本研究では、(1)OD 推定作業のプログラム化を提案し、論理的かつ機械的に処理する、(2)開発した OD 推定プログラムによる計算結果の精度分析を行うことを目的とする。

2. 従来のランプ間 OD 表の作成方法と問題点

OD 調査の方法は、すべての料金所において利用者に調査票を配布し、出発地、利用 ON ランプ、利用 OFF ランプ、目的地の他に、車種、流入時間、通過経路などに対する回答を記入してもらい、郵送にて回収する。OD 表作成手順は図-1 に示す通りである。すなわち、①フレーター法を用いた初期拡大、②拡大係数の修正である。①では、調査日当日のトラフィックカウンター（車両感知器）データ（以後、車両感知器データ）で得られた全 ON・OFF ランプの全日の通行台数を拡大母数（OD 表の周辺分布）とし、回収した調査票（サンプル）から得られた OD 表をフレーター法により拡大する。これにより各サンプルの拡大係数（初期拡大係数）を決定する。

しかし、単純にフレーター法で得られたランプ間 OD 表では、日単位の ON ランプ交通量および OFF ランプ交通量は拡大母数と等しくなるが、車種別交通量、時間帯別流入交通量、主要特定断面の交通量などを集計すると、調査当日の車両感知器データや営業データと大きく異なる。これは、サンプリングされた標本に偏りがあるため、必ずしも求める母集団の状態を正しく反映していないことが原因であると考えられる。

そこで、②この標本の偏りを修正するために、(i)利用交通量（ON・OFF ランプ全日交通量）、(ii)ON ランプ別の時間帯別交通量、(iii)

主要特定断面交通量（日単位）といった車両感知器データや、(iv)車種別交通量（日単位）といった営業データを用いて、各集計量がこれらの値に近づくように初期拡大係数の修正作業を行う。

ただし、この修正作業は人手に頼っているため、論理的であるとは言い難い。あるサンプルの拡大係数を増加（減少）させれば、必ず他のサンプルを減少（増加）させなくてはならず、これによって各項目の誤差を範囲内に収めることができるかどうかは、この修正作業に熟練した者の経験と勘に頼るところが大きく、かつ結果も異なったものとなる。この膨大な労力を削減するためには、OD 推定プログラムを開発することが重要である。

3. 拡大作業のプログラム化

拡大作業を計算機上で行えるようにするため、2で述べた従来の拡大作業にならってプログラム化を行う。 R_{ijk} を図-1の①におけるフレーター修正後の初期拡大係数とし、

\hat{R}_{ijk}^{mt} : ON ランプ i , OFF ランプ j , 車種 m ,
ON ランプ流入時間帯 t , 通過経路 k の

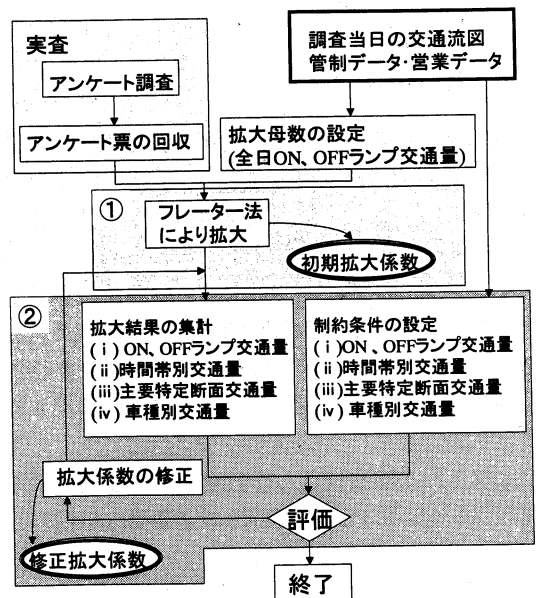


図-1 従来の OD 表作成フロー

トリップの修正拡大係数

S_{ijk}^{mt} : ON ランプ i , OFF ランプ j , 車種 m ,
ON ランプ流入時間帯 t , 通過経路 k の
トリップのサンプル数

\hat{X}_{ijk}^{mt} : ON ランプ i , OFF ランプ j , 車種 m ,
ON ランプ流入時間帯 t , 通過経路 k の
推定交通量 = $\hat{R}_{ijk}^{mt} \cdot S_{ijk}^{mt}$

と定義する。また、修正拡大係数は次のように与えられるものとする。

$$\hat{R}_{ijk}^{mt} = R_{ij} + \alpha_i + \alpha_j + \alpha_m + \alpha_t + \alpha_k \quad \dots\dots\dots (1)$$

$\alpha_i, \alpha_j, \alpha_m, \alpha_t, \alpha_k (= \sum_a \delta_{ka} \cdot \alpha_a)$: 補正係数

δ_{ka} : 経路 k が a を含む時 1, そうでない時 0

ここで、修正拡大係数を初期拡大係数と補正係数の和とするのは、各 i, j, m, t, k ごとに補正を独立とせず、補正係数を α_{ijk}^{mt} のように与えた場合に比べて、未知数 $\alpha_i, \alpha_j, \alpha_m, \alpha_t, \alpha_k$ の数が少なくなり、計算機の負担を大幅に減らすことができるためである。また、現状の手作業においても、式 (1) のように線形和の形で補正係数をおいて作業を行っている。

また、実際の修正作業で用いている制約条件を参考にし、OD 推定プログラムに用いる制約条件として次の 5 種類を用いた。

- ① ON ランプ交通量: Q_i = ON ランプ i の全日流入交通量, $i=1, 2, \dots, n_i$
- ② OFF ランプ交通: Q_j = OFF ランプ j の全日流出交通量, $j=1, 2, \dots, n_j$
- ③ 車種別交通: Q_m = 車種 m の全日交通量, $m=1, 2, \dots, n_m$
- ④ 時間帯別交通量: Q_t = 時間帯 t の全ランプ合計流入交通量, $t=1, 2, \dots, n_t$
- ⑤ 断面交通量: Q_a = 主要区間に設けられた断面 a の全日交通量, $a=1, 2, \dots, n_a$

したがって、未知数 $\alpha_i, \alpha_j, \alpha_m, \alpha_t, \alpha_k$ を決定するには、次のような線形の連立方程式を解けば良い。

$$\sum_j \sum_m \sum_t \sum_a (R_{ij} + \alpha_i + \alpha_j + \alpha_m + \alpha_t + \alpha_k) S_{ijk}^{mt} = Q_i, i=1 \dots n_i \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\sum_i \sum_m \sum_t \sum_a (R_{ij} + \alpha_i + \alpha_j + \alpha_m + \alpha_t + \alpha_k) S_{ijk}^{mt} = Q_j, j=1 \dots n_j \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\sum_i \sum_j \sum_t \sum_a (R_{ij} + \alpha_i + \alpha_j + \alpha_m + \alpha_t + \alpha_k) S_{ijk}^{mt} = Q_m, m=1 \dots n_m \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\sum_i \sum_j \sum_m \sum_a (R_{ij} + \alpha_i + \alpha_j + \alpha_m + \alpha_t + \alpha_k) S_{ijk}^{mt} = Q_t, t=1 \dots n_t \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\sum_i \sum_j \sum_m \sum_t \sum_k \delta_{ka} (R_{ij} + \alpha_i + \alpha_j + \alpha_m + \alpha_t + \alpha_k) \cdot S_{ijk}^{mt} = Q_a, a=1 \dots n_a \quad \dots\dots\dots (6)$$

この連立方程式は、仮に制約条件が互いに独立なら未知数と方程式の数が等しくなり、理論的には解が唯一に求められる。しかし実際には独立でない制約条件が含まれるため複数の解を持つと考えられる。また、計算自体も膨大なものとなるので、これを次のような目的関数をもつ最小化問題に置き換える。

$$F = \sum_i \{ \sum_j \sum_m \sum_t \sum_k (R_{ij} + \alpha_i + \alpha_j + \alpha_m + \alpha_t + \alpha_k) S_{ijk}^{mt} - Q_i \}^2 + \sum_j \{ \sum_i \sum_m \sum_t \sum_k (R_{ij} + \alpha_i + \alpha_j + \alpha_m + \alpha_t + \alpha_k) S_{ijk}^{mt} - Q_j \}^2 + \sum_m \{ \sum_i \sum_j \sum_t \sum_k (R_{ij} + \alpha_i + \alpha_j + \alpha_m + \alpha_t + \alpha_k) S_{ijk}^{mt} - Q_m \}^2 + \sum_t \{ \sum_i \sum_j \sum_m \sum_k (R_{ij} + \alpha_i + \alpha_j + \alpha_m + \alpha_t + \alpha_k) S_{ijk}^{mt} - Q_t \}^2 + \sum_a \{ \sum_i \sum_j \sum_m \sum_t \sum_k \delta_{ka} (R_{ij} + \alpha_i + \alpha_j + \alpha_m + \alpha_t + \alpha_k) S_{ijk}^{mt} - Q_a \}^2 \quad \dots\dots\dots (7)$$

この目的関数は各制約条件と計算値との誤差二乗和の形となっており、最急降下法による降下方向の決定と次元探索の繰り返し計算を行いこの関数を最小化することで最適な補正係数を決定し、各サンプルに与えるべき修正拡大係数を求める。目的関数 F の下限値はゼロであるが、上記の制約条件はすべてが独立ではないため、 $F=0$ を満たす最小化問題の解も複数存在すると考えられる。以上のようにして修正拡大係数を求め、これとサンプルとの積を集計することにより、最終的な OD 表を求める。

4. 評価指標について

計算結果 \hat{X}_{ijk}^{mt} と OD の真値 X_{ijk}^{mt} との比較, 収束状況を評価するための指標として平均絶対推計誤差 e , 平均誤差率 $MAPE$ を用いて, 次の3つの観点から分析することにした。

1) 時間 OD 交通量の比較

$$e1 = \frac{1}{n_i \cdot n_j \cdot n_t} \sum_i \sum_j \sum_t \left| \sum_{m,k} X_{ijk}^{mt} - \sum_{m,k} \hat{X}_{ijk}^{mt} \right|$$

$$MAPE1 = \frac{1}{n_i \cdot n_j \cdot n_t} \sum_i \sum_j \sum_t \left| \frac{\sum_{m,k} X_{ijk}^{mt} - \sum_{m,k} \hat{X}_{ijk}^{mt}}{\sum_{m,k} X_{ijk}^{mt}} \right|$$

.....(8)

2) 日 OD 交通量の比較

$$e2 = \frac{1}{n_i \cdot n_j} \sum_i \sum_j \left| \sum_{m,t,k} X_{ijk}^{mt} - \sum_{m,t,k} \hat{X}_{ijk}^{mt} \right|$$

$$MAPE2 = \frac{1}{n_i \cdot n_j} \sum_i \sum_j \left| \frac{\sum_{m,t,k} X_{ijk}^{mt} - \sum_{m,t,k} \hat{X}_{ijk}^{mt}}{\sum_{m,t,k} X_{ijk}^{mt}} \right|$$

.....(9)

3) 時間 OD 交通量の比較 (時間帯別)

$$e3(t) = \frac{1}{n_i \cdot n_j} \sum_i \sum_j \left| \sum_{m,k} X_{ijk}^{mt} - \sum_{m,k} \hat{X}_{ijk}^{mt} \right|$$

$$MAPE3(t) = \frac{1}{n_i \cdot n_j} \sum_i \sum_j \left| \frac{\sum_{m,k} X_{ijk}^{mt} - \sum_{m,k} \hat{X}_{ijk}^{mt}}{\sum_{m,k} X_{ijk}^{mt}} \right|$$

.....(10)

ここで,

X_{ijk}^{mt} : OD 交通量 \hat{X}_{ijk}^{mt} の真値

$e1$, $MAPE1$ は, 時間帯別のすべての OD セルについて OD の真値と比較したものであり, $e2$, $MAPE2$ は, 全日の OD セルを OD の真値と比較した指標である。また $e3(t)$, $MAPE3(t)$ は, 時間帯 t 別に時間 OD 表の各セルを OD の真値と比較したものである。特に, $e1$ と $e3(t)$ には

$$e1 = \frac{\sum_t e3(t)}{n_t}$$

の関係がある。

5. OD 推定プログラムの適用

5.1 試算条件

OD 推定プログラムが有効であることを確認するため, 第22回首都高速道路交通起終点調査(平成7年9月実施, 有効回答データ 81,898件)で人手により得られた OD 表(以後, 22 OD)を真値とみなして制約条件を作り, OD 推定プログラムによって得られる結果が, 人手により得られた結果とどの程度乖離しているのかについてチェックした。既出の制約条件を真値とみなす 22 OD から作り, それを満たす目的関数 F の最小化の計算を行った。具体的な制約条件の数は $n_i=178$, $n_j=178$, $n_m=15$, $n_t=24$, $n_a=21$ であり, 最小化のための繰り返し回数は 1,000 回とした。

5.2 分析結果

はじめに, 目的関数の収束状況を図-2 に示す。順調に関数値が減少し, 計算が適切に行われているといえる。

表-1 より平均絶対推計誤差 e と平均誤差率 $MAPE$ の値を見たところ, $e1$, $e2$, $MAPE1$, $MAPE2$ すべて小さな値となっている。時間 OD の $MAPE1$ は約 2%, 一方日 OD の $MAPE2$ は約 14% というように時間 OD の $MAPE$ 値より大きくなっている。時間 OD, 日 OD とともに, 各 OD セルについて $MAPE$ 値を見てみると, 少数のセルの $MAPE$ 値が非常に大きくなっている。

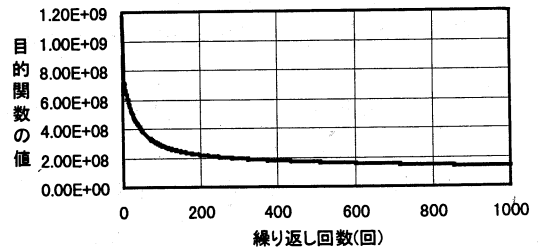


図-2 目的関数の変化図(81,898 サンプル)

表-1 平均絶対推計誤差 e と平均誤差率 $MAPE$ の値

	e	$MAPE$ (%)
1 (時間 OD の比較)	0.32	1.95
2 (日 OD の比較)	7.14	14.25

この様に大きな MAPE 値を示すセルの全体セル数に対する割合は、日 OD の方が時間 OD の場合よりも大きくなっているため、日 OD の MAPE2 が時間 OD の MAPE1 よりも大きな値をとっている。

次に、制約条件のうち、24 の時間帯、21 の断面について集計した計算値と真値の比較を図-3、4 に示す。22 OD と計算値がほぼ 1:1 の直線上にのり、概ね良い結果である。また、図-5 に示すように、任意に選んだ 10 の OD ペアについて計算値と真値を比較した結果も、ほぼ 1:1 の直線上にのり、1,000 回の繰り返し計算でほぼ収束することを確認できた。

以上により、本研究で開発した OD 推定プログラムによる計算結果は、人手による結果とほぼ一致しており、プログラムが正常に機能していることが確認された。また、作業量であるが従来は熟練した技術者 2 人で 3 カ月程度を要していたのに対し、本プログラムによれば標準的なパソコンで 1 時間程度で修正作業が完了する。計算機への入力データ整備に必要な労力を考慮しても、かなりの省力化が図れたと言える。

6. サンプル率による推定 OD の精度

6.1 試算ケース

サンプルをもとにした拡大であるために、OD の推定結果は抽出したサンプルによって変化することになる。母集団を十分に代表する大きなサンプル率で抽出した場合には、OD 推定結果はそれ程サンプルに影響されないと考えられる。また逆に小さなサンプル率では、サンプルごとに OD 推定結果がかなりばらつくことが予想される。本節では、サンプル率によって推定結果がどの程度ばらつくかを調べるため、真値とみなしている 22 OD 拡大作業において最終的に確定した OD (1,096,004 トリップ/日) から、10,000, 80,000, 200,000 の 3 種類のサンプル数をランダムサンプリングし、1,000 回の収束計算による OD 推定を行った。これら 3 種類の各サンプル数において、サンプル数の等しい 20 の異なるサンプルデータセットを作成して OD 推定を 20 回行

い、結果のばらつきを分析した。

6.2 OD 表全体に着目した分析

1) 繰り返し計算の収束状況

はじめに、繰り返し計算の収束状況を確認するために、目的関数値の変化を図-6 に示した。い

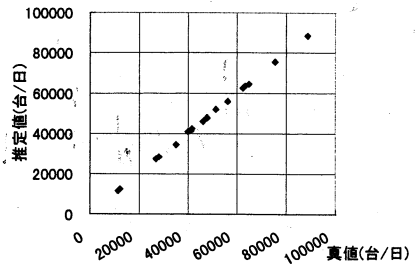


図-3 時間帯別交通量の推定値と真値の比較

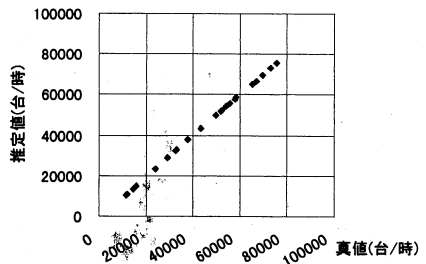


図-4 主要断面交通量の推定値と真値の比較

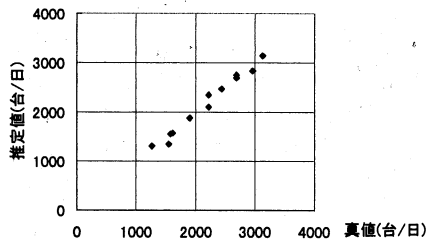


図-5 特定 OD ペアの推定値と真値の比較

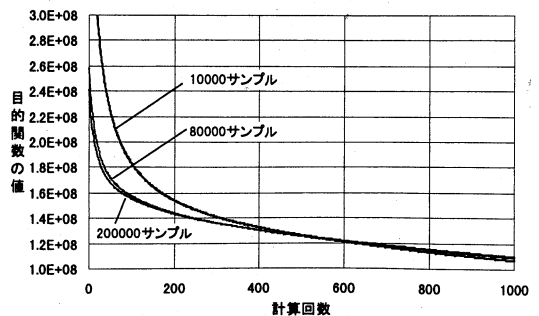


図-6 目的関数値の変化図

ずれのサンプル率においても順調に関数値が減少しており、繰り返し計算が適切に行われているといえる。10,000, 80,000, 200,000 サンプルを比較すると、サンプル率が多くなるほど初期値が小さくなっており、サンプリングによる偏りが小さくなっていることが分かる。10,000 サンプルと80,000 サンプルの違いは明らかだが、80,000 サンプルと200,000 サンプルでは目的関数値の変化に大きな差は無くなっている。また、どのサンプル率でもくり返し回数1,000回で同程度の結果となっている。

2) 初期拡大値と計算値の比較

目的関数 F の収束は、上記のようにサンプル数によらずほぼ同程度の値に収束することが分かったが、収束した OD パターン自体が真値の OD と同程度に類似したパターンを持つとは限らない。そこで、サンプル率の違いにより、繰り返し計算結果の収束状況がどのような傾向を示しているかを確認するため、取り入れた制約条件ごとに、フレーター法による初期拡大結果と繰り返し計算後の結果を真値と比較した。ここでは車種について比較した結果を図-7, 8, 9 に示す。ここで、 X は OD の真値、 \hat{X}' はフレーター法による初期拡大係数から求めた交通量、 \hat{X} は繰り返し計算後の拡大係数から求めた交通量である。 \hat{X}' と \hat{X} それぞれの真値に対する誤差率を縦軸にとってある。いずれのサンプル数においてもフレーター法による初期拡大結果の方が真値との誤差が大きく、繰り返し計算後の結果では全車種について誤差が小さくなっている。また、サンプル率が大きくなるにつれ、誤差自体も小さくなっている。自動2輪車 (0.8%) やマイクロバス (0.4%), バス (0.8%), 大型特殊車 (0.9%) などは繰り返し計算後も誤差率が他の車種に比べて大きい。これらは、() 内の数字のように非常に少ない交通量シェアしかないので、ばらつきが収まっていないと考えられる。しかし80,000 サンプルでも真値との誤差率は自動2輪車で約4%であり、それほど大きな値ではない。交通量の多い乗用車 (50.7%), 普通貨物車 (10.1%) などは10,000 サンプルでもばらつきはほとんど無く

なっている。

3) 真値と計算値の比較

平均絶対推定誤差 e , 平均誤差率 $MAPE$ を用いて、各サンプル率における20ケースでの計算結果から、ばらつき具合を分析する。図-10~13の図中、縦の細線は20ケースの最大値, 最小値を結んだものであり、太線は1標準偏差の範囲である。20ケースの平均値は太線の中央となる。

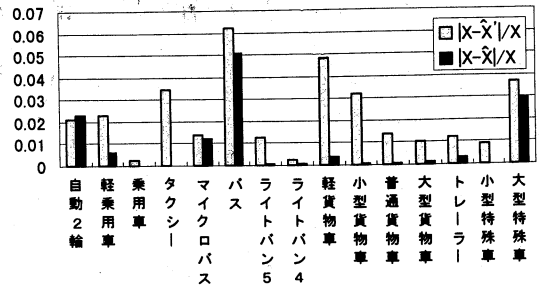


図-7 フレーター値と計算値の比較 (車種, 10,000 サンプル)

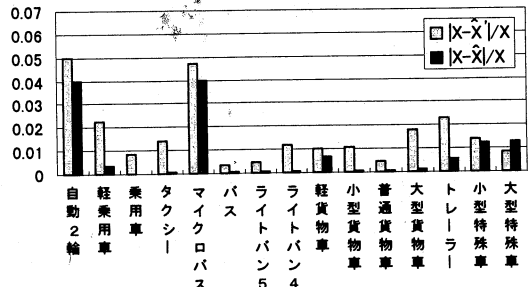


図-8 フレーター値と計算値の比較 (車種, 80,000 サンプル)

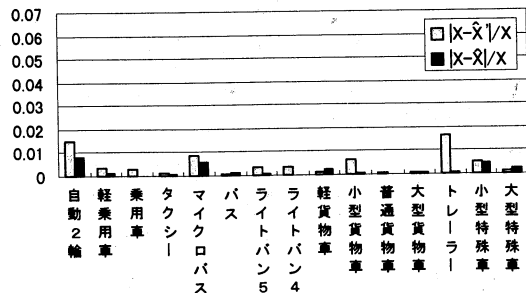


図-9 フレーター値と計算値の比較 (車種, 200,000 サンプル)

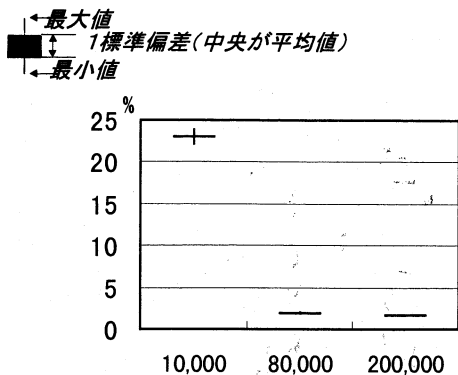


図-10 サンプル数による時間 OD の平均絶対推計誤差 e_1 の変動

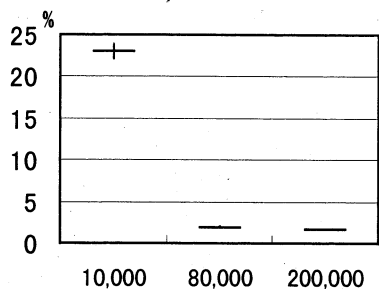


図-11 サンプル数による時間 OD の平均誤差率 $MAPE_1$ の変動

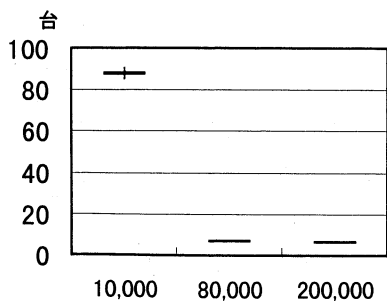


図-12 サンプル数による日 OD の平均絶対推計誤差 e_2 の変動

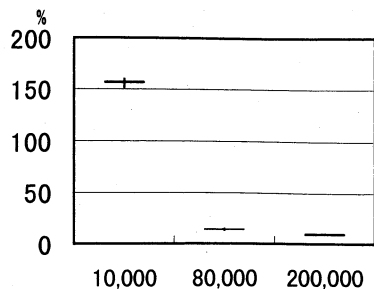


図-13 サンプル数による日 OD の平均誤差率 $MAPE_2$ の変動

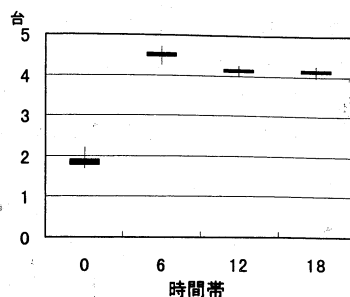


図-14 時間 OD の平均絶対推計誤差 $e_3(t)$ (10,000 サンプル) の変動

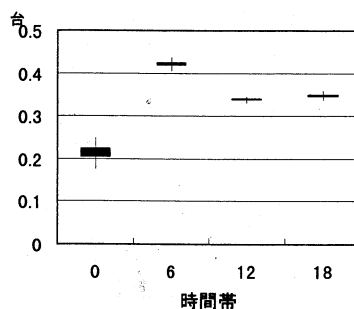


図-15 時間 OD の平均絶対推計誤差 $e_3(t)$ (80,000 サンプル) の変動

サンプル率に着目して見ると、 e も $MAPE$ も、サンプル率が大きくなるに従い値が小さくなる傾向にある。20 ケース間のばらつきも、最大値、最小値の範囲が狭くなっており、 e_1 、 e_2 、 $MAPE_1$ 、 $MAPE_2$ すべてサンプル率が大きいほどばらつきが小さくなっている。特に 10,000 サンプルと 80,000 サンプルの計算結果を比較すると、違いが顕著に現れている。

次に、10,000 サンプルと 80,000 サンプルの時間 OD (時間帯別) の平均絶対推計誤差 $e_3(t)$ を図-14、15 に示した。80,000 サンプルの値は 10,000 サンプルの値の概ね 10 分の 1 になっている。両図とも流入交通量の少ない 0 時台でもっとも値が小さくなっているが、これは台数が 0 であるために真値との誤差として現れないセルが多いからであると考えられる。20 ケースのばらつきを見ると、流入交通量の少ない 0 時台、6 時台よりも、流入交通量の多い 12 時台、18 時台においてばらつきが小さくなっている。

6.3 特定のODセルに着目した分析

OD表全体で試算結果を評価すると、平均絶対推計誤差 e 、平均誤差率 $MAPE$ で見た場合、結果のばらつきはほぼ一定の範囲内に収まっている。しかし、実務におけるニーズを踏まえ、各ODセルごとの推定精度を確認するため、以下の視点でいくつかのODセルを取り出して分析を行った。まず、① ONランプ交通量の異なる数個のONランプを抽出し、計算結果の比較を行った。次に、② OD間走行距離の異なる数個のODペアを抽出し、同様に計算結果の比較を行った。ODペアを抽出する際には、制約条件に取り入れた特定断面を通過する回数の違いも考慮している。

ONランプの計算結果は、時間OD(時間帯別)の平均絶対推計誤差 $e3(t)$ 、平均誤差率 $MAPE3(t)$ によって評価した。また、ODペアの計算結果については、真値と計算結果の値との差、計算結果のばらつき具合で評価した。

1) ONランプに着目した分析

図-16, 17は80,000サンプルにおける4号新宿線(上り)の各ONランプの $e3(t)$ 、 $MAPE3(t)$ である。抽出した3つのONランプ交通量は表-2の通りである。横軸のランプ名の次の数字は、各流入時間帯を示している。交通量の多少による違いを見てみると、図-16の $e3(t)$ 、図-17の $MAPE3(t)$ とも中央道流入で値が大きく、新宿、代々木ランプ流入は値が小さくなっている。これは、台数が0のセルが多いと誤差として現れないためであり、このようなセルを除いて集計すれば、 $MAPE$ は交通量の多い中央道流入の方が値が小さくなると思われる。

また、サンプル率による違いを見るため、中央道流入の平均絶対推計誤差 $e3(t)$ を表-3に示す。10,000サンプルと比較して、80,000, 200,000サンプルは値が大幅に小さくなっている。ばらつきも収まってくるが、交通量の多い時間帯の方がばらつきは若干大きい。

2) ODペアに着目した分析

ODペアについては、計算結果の平均および分散に注目し、10,000, 80,000, 200,000サンプルごとに22ODとの比較を行った。ここでは、東

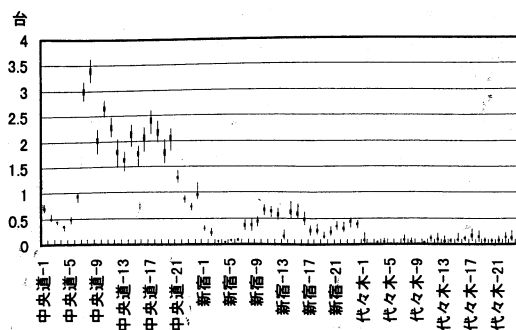


図-16 流入オンランプ別・時間帯別の時間ODの平均絶対推定誤差 $e3(t)$ (80,000 サンプル)の変動

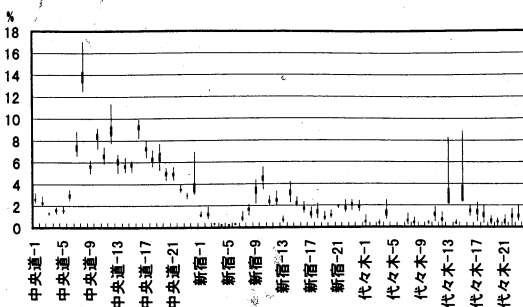


図-17 流入オンランプ別・時間帯別の時間ODの平均誤差率 $MAPE3(t)$ (80,000 サンプル)の変動

表-2 抽出したONランプ

		交通量		
		大←		→小
4号新宿線(上り)	中央道流入	35,035	新宿 6,803	代々木 886

(単位:台/日)

表-3 サンプル数の違いによる平均絶対推計誤差 $e3(t)$ のばらつき(中央道流入)

流入時間帯	10,000 サンプル		80,000 サンプル		200,000 サンプル	
	Average	S.D.	Average	S.D.	Average	S.D.
0	5.59	0.74	0.70	0.03	0.68	0.01
6	28.26	3.09	2.99	0.11	3.63	0.03
12	14.44	2.55	1.62	0.09	2.09	0.03
18	14.73	2.31	1.76	0.14	2.30	0.04

Average=20回の計算された $e3(t)$ の平均値(台)
S.D. = " の標準偏差(台)

名高速道路から流入する OD ペアの推定結果を表-4 に示す。表-5 に示すように、ここで抽出した 2 OD ペアの交通量はほぼ等しくなっている。

3 章でも述べたが計算結果の解は複数存在し、真値でなくても制約条件をすべて満足する OD が存在すると考えられる。よって、すべての OD ペアでサンプル率が大きければ真値に近づくという結果になっていないが、OD 推定値のばらつきを見ると 20 ケースの結果はサンプル率が大きくなるほど小さくなっている。20 ケースの平均値と真値との差は 1 標準偏差内にあり、繰り返し計算による拡大係数の修正により、各ケース間の結果のばらつきが小さくなっている。

表-4 真値と計算結果の比較
東名→霞が関 [真値 3,149 台/日]

		Average	S.D.	CV	Min.	Median	Max.
サンプル数	10,000	3,104 (-45)	379	0.12	2,242	3,169	3,749
	80,000	3,157 (+8)	136	0.04	2,921	3,153	3,472
	200,000	3,194 (+45)	87	0.03	3,026	3,189	3,364
		東名→東関道 [真値 2,838 台/日]					
		Average	S.D.	CV	Min.	Median	Max.
サンプル数	10,000	2,896 (+58)	505	0.17	2,106	2,763	4,061
	80,000	2,753 (-85)	140	0.05	2,548	2,766	2,968
	200,000	2,782 (-56)	84	0.03	2,576	2,785	2,940

Average=20 回試算された推定値の平均値 (台/日)
 S.D. = " 標準偏差 (")
 Min. = " 最小値 (")
 Median = " 中央値 (")
 Max. = " 最大値 (")
 CV = S.D./Average
 () 内は真値との差を示す

表-5 抽出した OD ペア
(単位: 台/日)

ON ランプ	⇒	OFF ランプ		
		長←	走行距離	→短
東名道流入	⇒	東関道流出	2,838	霞ヶ関 3,149

本研究における OD 推定手法は、ランダムサンプリングにより得られた OD に各種の制約条件をつけて修正してあるので、修正を加えない場合よりも OD のばらつきは小さいと期待できる。そこで、修正を加えずにランダムサンプリングにより得られた OD のばらつきと、その後、修正された上で求めた OD のばらつきはどのようになっているのかを、全 OD ペアについて調べてみた。

- まず、
 N : 全トリップ数 (1,096,004)
 n : サンプル数 (10,000, 80,000, 200,000)
 x : 拡大前のサンプルにおける、ある特定の OD 交通量
 S : 拡大後の、ある特定の OD 交通量

$$p = S \cdot \frac{X}{N}$$

とすると、

$$X = S \cdot \frac{N}{n}$$

だから、変動係数 CV (標準偏差/平均値) は、ランダムサンプリングの場合、

$$CV(X) = CV(S) = \frac{\sqrt{np(1-p)}}{np} \approx \frac{1}{\sqrt{np}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{X \cdot \frac{n}{N}}} \dots \dots \dots (11)$$

となる。この $CV(X)$ と計算値の変動係数を比較する。

図-18 は、ランダムサンプリングにおける変動係数 $CV(X)$ を実線で、全 OD ペアの変動係数の計算値を点で描いている。サンプル数が大きく、かつ OD ペアの交通量も多くなるにつれ理論上のばらつきも小さくなっていくが、計算値も同様の傾向を示している。例えば、80,000 サンプルのデータから、交通量が 3,000 台である OD ペアを推定すると、計算値は約 8% 程度ばらつくものと思われる。すなわち ±240 台程度のばらつきはあることになる。ランダムサンプルの $CV(X)$ と計算値を比較すると、計算においては、ランプ交通量、車種別・時間帯別交通量などの制約条件を追加して OD を推定しているため、計算値の変

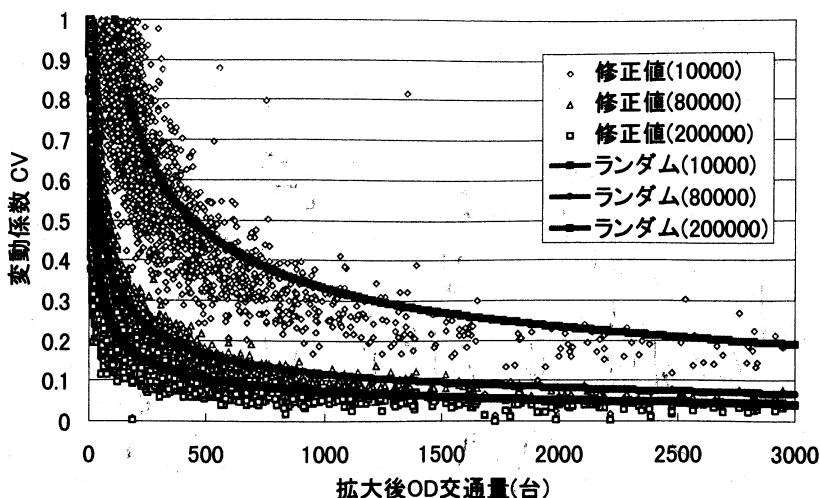


図-18 ランダムサンプリングの場合の変動係数と計算値の比較

動係数の方が小さめに出る傾向が現れている。しかしそれ程顕著に変動係数が小さく現れているわけでもないので、安全側のみで OD 交通量の変動係数は、制約条件を加えた修正計算によって求めたとしても、 $CV(X)$ 程度あるものと理解すべきであろう。

実務において推計 OD 表は、路線計画のようなネットワーク全体に関わる中長期的な計画から、ボトルネック改修計画のような特定区間における短期的な対策立案まで幅広く活用される。したがって、このような OD 交通量の変動係数が実務にどのように影響するのかを一概に言うことは難しい。しかし、OD 交通量の変動係数を知ることによって、例えば OD 交通量を重ね合わせることで得られる計画路線の交通量やボトルネック交通量などの信頼できる量的な幅を押さえることができ、これを考慮して計画を行うことが肝要である。

7. 結論と今後の課題

本研究では OD 調査データから、考慮した制約条件を満足するランプ間 OD 表を作成するための OD 推定プログラムを開発した。またサンプル率との関係において、推定された OD の持つ精度についての考察を加えた。本研究の要点を以下にま

とめる。

第1に、これまでエキスパートの経験に頼っていた車種別交通量、オンランプ交通量、主要断面交通量等の制約条件を満たすような OD の修正作業をコンピュータプログラム化し、開発したプログラムが正しく機能していることを確認した。このプログラム化によって、省力化が計られるとともに、修正作業における個人差をなくすることができる。

第2に、サンプルによって推定される OD 交通量がどの程度ばらつくのかを検討した。具体的には、サンプル率によってばらつき具合が異なるので、10,000, 80,000, 200,000 サンプルの3ケースについて、推定 OD の標準偏差、変動係数について分析を行った。また、結果に一般性を持たせるために、ランダムサンプルのみで修正のための制約条件が全くない場合に求められる変動係数の値と、制約条件を付加した場合の変動係数を比較分析した。制約条件を追加した場合の方が、当然ながら変動係数は小さくなるが、その差はそれほど大きくはなかった。これは、おそらく推定する OD ペアの数に比べて制約条件の数が非常に少なかったためであろう。変動係数は OD 交通量の大小によって異なるが、一例を挙げるとサンプル数 80,000 の場合には、3,000 台の OD 交通量

の場合、約8%程度の変動係数となることがわかった。

今後の課題としては、(1)OD交通量の日変動の程度を把握することが必要である。すなわち、サンプル調査はある特定の1日の調査であるので、OD交通量の日変動までは把握することができない。しかしながら、推定されたOD交通量を実際の交通計画に利用するためには、その日変動がどの程度あるのかを理解することが必要である。(2)OD交通量を把握するための効率的な調査方法を提案することも課題である。現在の調査方法は、一定の調査フォームを利用者に配布して、OD交通量と利用者・トリップ属性の両者を同時に把握しようとしている。しかしながら、属性を把握するためにはそれほど多くのサンプルは必要ない。一方、OD交通量という量を把握するためには、多くのサンプルが必要であるが、属性

のような詳細項目を尋ねる必要性は低い。したがって、量を把握する調査と属性を把握する調査を分離して少なくとも2種類の調査を実施した方が効率的と思われる。(3)制約条件の設定方法と変動係数の関係をさらに分析する必要があり、可能であれば首都高速の場合だけではなく、一般性のある関係を理解することが必要である。

本研究を進めるにあたって、首都高速道路公団計画部調査課より貴重なデータを提供して頂きました。厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 第22回首都高速道路交通起終点調査報告書 首都高速道路公団, 平成7年
- 2) 平成6年度 道路交通センサス自動車起終点調査 マスターテープ作成について, 建設省道路局・都市局, 平成6年12月

(1998年4月27日受付)
(1998年7月21日再受付)