

丸め誤差を指標とした確率抽出法による パーソントリップ調査 OD データの区間推定

佐藤 嘉洋¹・円山 琢也²

¹正会員 京都光華女子大学講師 キャリア形成学部 (〒615-0882 京都市右京区西京極葛野町 38)

E-mail: yos-sato@mail.koka.ac.jp (Corresponding Author)

²正会員 熊本大学教授 大学院先端科学研究部 (〒860-8555 熊本市中央区黒髪 2-39-1)

E-mail: takumaru@kumamoto-u.ac.jp

パーソントリップ調査では、回答者を都市圏全体の人口に合わせるため、拡大係数を付与する手法が取られている。しかし、本手法では回答者がどのような回答を行ったかは考慮されず一律に拡大されるため、回答に含まれる誤差への懸念が残る。そこで本研究では、トリップ出発時刻に関する丸め誤差に着目し、回答者ごとの回答の正確さを想定した重みを設定し、ブートストラップ法を応用した確率抽出法を用いた拡大係数の付与手法および OD 交通量の区間推定手法の構築を行う。区間推定された OD 交通量を従来の拡大係数付与手法に基づいた交通量と比較した結果、異なるゾーン間の移動に比べて同一ゾーン内の移動で (1) 従来手法よりも交通量が多く推計される傾向にある、(2) OD 交通量のばらつきを示す変動係数は低くなる傾向にあることを確認した。

Key Words: rounding error, person trip survey, weighting, weighted sampling

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

土木計画学および交通工学分野で最も大規模な交通調査の一つである「パーソントリップ調査 (以下、PT 調査)」は、標本調査形式にて実施される。各世帯による自記式の調査原票が回収された後、都市圏全体の交通行動を把握するため、地域・性・年齢区分ごとの回収サンプル(個人)を居住人口(夜間人口)へ拡大する処理が行われる¹⁾。このときに付与される係数は「拡大係数」と呼ばれる。この処理は、「同じ地域・性・年齢区分の人間はおおよそ同じ行動を取る」という考え方に基づくものであるが、一方で報告された回答におけるトリップの抜け落ち²⁾など、回答の質について指摘する声も少なくない。拡大係数は同じ区分の回収サンプルにほぼ同じ係数が付与されるが、これは回答内容に関わらず、すべてのサンプルを等しく扱うことと等価であると言える。実務的には、論理エラーなど質が担保できない回答はエディティングにより修正されるが、例えば正確ではない回答を行ったと考えられるサンプル、あるいは回答をほぼ拒否したようなサンプルの問題への対処は不十分である。交通調査に限らず、近年では社会調査の質が大幅に低下

しているとの懸念³⁾が散見される中で、このような回答者への対処を検討することは重要であると考えられる。

上記の問題は、GPS データ等と比較することで、PT 調査など紙面による調査データとの差異が確認されてきた⁴⁾。しかしながら、PT 調査自体の分析手法改善については十分な検討が行われていないのが現状である。都市圏における交通行動の把握では、近年では交通ビッグデータを用いた研究が盛んに行われている⁵⁾。しかし、これらのビッグデータには高齢者のデータが取得しにくいカバレッジ誤差が存在すること、加えて交通行動の「目的」を判別することが困難であるなど、PT 調査を完全に代替するデータとするには課題も多く残る。PT 調査データのメリットは「いつ、どこに、誰が、どんな手段で、どのような目的で」移動したかを把握できることであり、同調査の分析手法について再考する意義は引き続き高いと言える。

従来の手法で拡大係数を付与した場合、都市圏における交通行動が 1 つに決まってしまうことは改善の余地があると言える。PT 調査は大規模な交通調査ではあるが、当然ながら調査結果が都市圏における交通行動を正確に表現できているとは限らない。前述のとおり、PT 調査の回答には丁寧に回答を行ったサンプル、「いい加減な

回答を行ったサンプルが混在しているため、後者の回答の不正確性を考慮すると調査から導き出される交通量は誤差を表現できる区間推定とすることが重要であろう。ここで PT 調査における誤差に関して、筆者らの研究グループはトリップ出発時刻に関する丸め誤差に着目し研究を進めてきた^{10,12}。詳しくは 2. で説明するが、報告されたトリップの出発時刻に多くの丸め誤差が含まれていることが確認されている。PT 調査は時刻を可能な限り正確に回答することを求めているため、トリップ出発時刻が 30 分や 60 分単位で丸められることは、回答の質を推測する指標となり得ると考えられる。

以上の背景および研究知見をもとに、本研究は以下を目的として行う。

- トリップ出発時刻の丸め誤差に着目し、回答者に対し異なる拡大係数を確率的に付与する手法を構築する
- OD 表の作成を通じた交通量区間推定法の構築を行う

(2) 関連する研究と本研究の位置付け

交通調査の拡大係数付与に関する研究例は国内外でしばしば見られるが(例：倉内ら¹³、Komanduri and Konduri¹⁴など)、いずれも拡大係数を一意に定めるアプローチであり、本研究では拡大係数付与を確率的に行う点に独自性がある。交通量の区間推定を行った例としては、河岡・円山¹⁵がブート・ストラップ法による交通量区間推定を行っているが、無作為に復元抽出されたブートストラップ標本に対して拡大係数を付与しており、回答の正確さを考慮しているものではない。後に述べるが、本研究は回答の正確さを指標としてブートストラップ標本への選ばれやすさを考慮しており、河岡・円山の研究例の発展例として捉えられる。

また、回答には誤差があることを指摘する研究例およびその誤差の補正を試みる研究例は近年でも多くある(例 Ann¹⁶など)。ただし、バイアスの補正は容易ではないと指摘している研究例(Forsman *et al.*¹⁷)もあり、誤差の補正法については現在でも有効な手法が模索されている状態と言える。このような国内外での研究動向の中、本研究は調査で得られた回答をより実態に近づけるという視線こそ同じものの、得られた回答の誤差を補正するアプローチではなく、回答の不確実性を考慮して母集団を推計する概念から検討している点で他の研究と異なるものとして位置づけられる。

2. 手法

本章では、OD データの区間推定法について整理する。例を図-1 に示すが、例えばある地域・性・年齢区分における回答者が 2 人、居住人口が 20 人の場合、従来の手

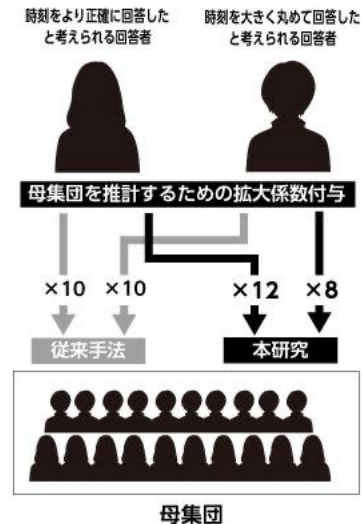


図-1 拡大係数付与における従来手法と本研究の違い(一例)

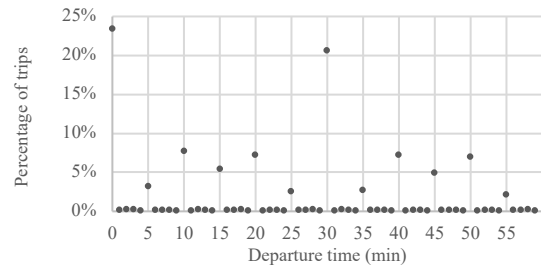


図-2 第4回熊本PT調査におけるトリップ出発分の分布¹²

法による拡大係数は 10 が付与されることになるが、本研究での手法はサンプルごとに設定された重みに応じて確率的な抽出を行い、ある試行において一つのサンプルは 12、別のサンプルは 8 というように異なる拡大係数を付与する。この値は試行ごとに異なるため、試行を繰り返すことで交通量の区間推定を行うものである。

以下、手法の詳細を主に (1)個人へ付与する重みとして使用する指標の算出、(2)0 トリップと回答したサンプルへの対処、(3)拡大係数の付与、(4)OD 交通量の算出の 4 点に分けて説明する。

(1) 重みに使用する指標

本研究では、重みに使用する指標としてトリップ出発時刻の丸め誤差に着目する。筆者らの先行研究では、国内外の PT 調査データにおいて、トリップの出発時刻の多くが 30 分や 60 分単位で報告されていることを確認しており、熊本PT調査でも図-2のように30分または00分に出発したと報告されたトリップが多数を占めている。他にも Kitamura¹⁸が米国の交通調査で同様の傾向を指摘しているなど、PT 調査に共通して見られる特徴であると言える。

筆者らの研究グループは、年齢に関する丸め回答(丸め誤差)を表す指標であるウィップル指数を応用し、トリップ出発時刻に関する丸め誤差を表す指標として RDT 指数を開発した^{11),19),20)}。本研究では、この RDT 指数を回答の正確さに関する代理指標として取り扱う。トリップ出発時刻は 5/10/15/30/60 分単位で丸められると考えられるため、それぞれ式(1)から式(5)のように表される。

$$RDT_5 = \frac{N_{00} + N_{05} + N_{10} + \dots + N_{55}}{1/5(N_{00} + N_{01} + N_{02} + \dots + N_{59})} \times 100 \quad (1)$$

$$RDT_{10} = \frac{N_{00} + N_{10} + N_{20} + \dots + N_{50}}{1/10(N_{00} + N_{01} + N_{02} + \dots + N_{59})} \times 100 \quad (2)$$

$$RDT_{15} = \frac{N_{00} + N_{15} + N_{30} + N_{45}}{1/15(N_{00} + N_{01} + N_{02} + \dots + N_{59})} \times 100 \quad (3)$$

$$RDT_{30} = \frac{N_{00} + N_{30}}{1/30(N_{00} + N_{01} + N_{02} + \dots + N_{59})} \times 100 \quad (4)$$

$$RDT_{60} = \frac{N_{00}}{1/60(N_{00} + N_{01} + N_{02} + \dots + N_{59})} \times 100 \quad (5)$$

先行研究では、個人あたりのトリップ回答数が指数に影響することを防ぐため、トリップ数によって重みづけられた wRDT 指数を用いて分析を行ったが、本研究では回答者ごとに指数を求めることになるため、重みづけされていない RDT 指数を採用し、個人ごとに求めることとする。ただし、これまでの筆者らの研究蓄積から、多くの交通調査において出発時刻は 5 分単位で回答されることが殆どであることが明らかとなっている^{11),12)}。よって、本研究では上述の RDT 指数のうち、10 分単位から 60 分単位の 4 つの指標を用いて重みを算出する。

RDT 指数を使用すると、丸め誤差に関する指標は個人あたり 4 つ存在することになるが、各個人に付与される重みは 1 つの正の値(スカラー)である必要があるため、以下の処理を行う。

Step1. 各 RDT 指数を(すべての個人で)標準化する

Step2. 標準化した 4 つの指数の平均を取る

Step3. 平均した指数を正の値とするため、2. で求めた平均の符号を逆転し、最小値より大きな値を加えたものを個人 i の重み w_i とする

個人 i について、標準化した RDT 指数をそれぞれ $RDT_{10,i}'$, $RDT_{15,i}'$, $RDT_{30,i}'$, $RDT_{60,i}'$ とするとき、Step2. の処理は式(6)、Step3. の処理は式(7)となる。

$$\overline{RDT_i'} = \frac{RDT_{10,i}' + RDT_{15,i}' + RDT_{30,i}' + RDT_{60,i}'}{4} \quad (6)$$

$$w_i = -\overline{RDT_i'} + \min(-\overline{RDT_i'}) + \delta \quad (7)$$

式(6)で求めた $\overline{RDT_i'}$ は、1 分単位などより正確な時刻の回答を行った個人はこの値が小さく、逆に 60 分単位などの回答が多い個人はこの値が大きくなる。本研究では、前者に大きい重みを持たせることを目的としているため、式(7)で $\overline{RDT_i'}$ の符号を逆転している。さらに、 $\overline{RDT_i'}$ の最小値を加えることで重みが 0 以上となるが、 w_i は 0 より大きな値となる必要があるため、任意の値 δ を加えることとする。 δ については、本研究では 1 とした。 δ は極端に小さな値(例えば 0.001)とした場合でも w_i の定義上は成立するが、これは重みがほぼ 0 の個人が存在することを意味し、確率抽出の際にまったく選ばれないケースが多く存在することを確認したため、 $\overline{RDT_i'}$ の分布を考慮して δ に 1 を採用している。適切な δ の設定については今後の検討課題としたい。

(2) 0 トリップサンプルへの対処

本研究では、トリップ出発時刻の丸め誤差を用いて重みを設定するため、0 トリップと報告された個人に関しては重みを設定することができない。そこで、以下の処理を行うこととする。

Step1. C ゾーン単位・性・年齢別の回答者と居住人口を求め、暫定的な拡大係数を求める

Step2. 暫定的な拡大係数を 0 トリップの回答者にかき、各区分における 0 トリップの人口を求める

Step3. 前ステップで求めた 0 トリップの人口を居住人口から引き、各区分の 1 トリップ以上の人口を求める

Step4. 各区分において、1 トリップ以上報告した回答者と前ステップで求めた人口を比較して拡大係数の確率的付与を行う

この処理により、従来の手法と比較して推計された外出率は変わらないこととなる。ただし、0 トリップと報告した回答者を次項で述べる拡大係数の確率的付与の対象外とすべきかどうかは議論の余地が残る。例えば、回答をほぼ拒否した(=soft refusal)ことの結果であると考えると、最もいい加減に回答したサンプルとも捉えられる。本研究で着目したトリップ出発時刻のみでは、0 トリップと回答したサンプルの取り扱い是不十分であると考えられる。他の回答情報を判断材料に加えながら、0 トリップと報告した回答者の取り扱いについては今後の検討事項としたい。

表-1 第4回熊本都市圏PT調査概要

| | |
|---------------|------------------------|
| 調査期間 | 2012年10月～11月 |
| 調査方法 | 郵送配布・郵送回収 (WEB回答併用) |
| 調査対象 | 5市6町1村 |
| 調査回答者 | 97,109人 |
| うち1トリップ以上の回答者 | 85,854人 |
| 対象ゾーン(Cゾーン) | 278ゾーン |
| 交通量を推定するODペア数 | 32,513ペア |

(3) 拡大係数の付与

(2)で求めた重みをもとに、それぞれの回答者に対して拡大係数を付与する。拡大係数の付与には、ブートストラップの概念を応用した手法を用いることとする。つまり、従来の手法による拡大係数の付与を、以下の考え方に置き換えることとする。

" n 人の回答者が存在し、それぞれの回答者が選ばれる確率が全く同じと仮定した場合、拡大係数はそこから重複を許して N 個(N はある区分の居住人口)を復元抽出する手法をとったときの期待値(期待度数)に相当する"

なお、本来のブートストラップ法では、 n 個の回答者から重複を許し n 個を復元抽出したものをブートストラップ標本とするが、復元抽出を行う数を変化させるマルチスケール・ブートストラップ法も開発されており²⁾、本研究の手法はこれに近い。ただし、数学的な解釈では、本研究の手法はブートストラップ法、マルチスケール・ブートストラップ法のどちらとも類似するものではないことに注意されたい。

この考え方をもとに、個人 i の重み w_i を考慮した復元抽出を行う。上述の考え方に基づき、従来の手法では n 人の回答者が選ばれる確率がまったく同じとするのに対し、本研究での手法は w_i が大きい回答者、つまり時刻をより正確に回答したと考えられる回答者ほど復元抽出で選ばれやすくなる。ただし、復元抽出された結果は、対象標本の w_i の比と必ず一致するとは限らない。これは、各回答者の重みによる確率分布に基づいて復元抽出を行うためであり、試行によっては抽出の偏りが生じることがある。

なお、各回答者の重みを用いて確率的に復元抽出を行うため、試行によっては回答者が一度も選ばれない、つまり拡大係数が 0 となることが懸念される。これは回答者の情報が脱落することを意味するため、これを避けるために以下の処理を行う。

- (2)の Step4.において、Step3.で各区分の求めた人口から1トリップ以上の回答者数を引いた値を復元抽

表-2 点推定と区間推定の全体交通量比較

| 手法 | | 全体交通量 (トリップ) |
|------|---------------|--------------|
| 点推定 | | 2,602,834 |
| 区間推定 | 平均 | 2,628,743 |
| | 95%信頼区間 下限 | 2,257,671 |
| | 95%信頼区間 上限 | 3,025,940 |

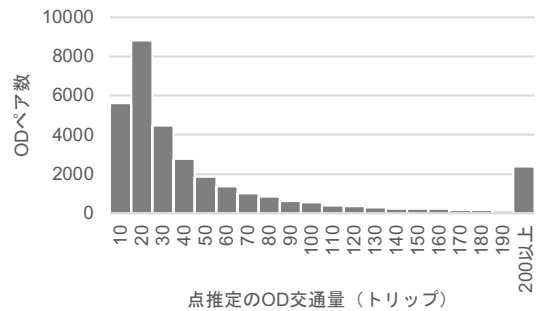


図-3 OD交通量の分布

出するサイズとする

これにより、1 トリップ以上を報告したすべての回答者が拡大係数 1 以上となる。

以上の手法を、ブートストラップ法のように試行を繰り返し、個人にその都度拡大係数を付与していく。本研究では繰り返し回数を 10,000 回とした。

(4) OD 交通量の区間推定

前項で求めた 10,000 セットの拡大係数を用いて、OD 交通量を求める。OD 表も 10,000 通り作成されるため、OD ペアごとに交通量の区間推定を行った。本研究では、パーセンタイル法を採用し、95%信頼区間を求めた。

3. 結果および考察

(1) 使用するデータ

本研究では、第4回熊本都市圏 PT 調査を用いて分析を行う。概要は表-1を参照されたい。ただし、分析に使用するデータはプライバシー保護のため、ゾーンコードのうちDゾーンが秘匿されている。よって本研究ではCゾーン単位での分析を行うこととする。また、居住地、出発地、到着地の各ゾーンコードには一部または全部が不明とされているものも存在するが、今回はこれらも独立した1つのゾーンとして取り扱った。

上述のように分析に使用するデータはCゾーンまでし

か判別できないため、PT 調査のマスターデータに収納されている拡大係数を用いて本研究での手法と比較した場合、ゾーンコードの集約によって差が生じる可能性がある。よって、従来の手法と比較する場合は、C ゾーン単位で地域・性・年齢区分別に集計し、回答者数と人口を比較して拡大係数の再付与を行った。なお、回答者数が人口で割り切れないケースも多いが、拡大係数の整数化による誤差を低減するため、ここでは少数点以下を許容して拡大係数を付与している。この処理によって求めた交通量を以下では「点推定」、本研究による手法によって求めた交通量を「区間推定」と表現する。

(2) 点推定と区間推定の全体交通量比較

表-2に、点推定と区間推定の全体交通量の比較を示す。点推定が合計 2,602,834 トリップであったのに対し、区間推定では平均が 2,628,743 トリップと若干の増加が見られた。また、95%信頼区間の下限は 2,257,671 トリップ(-13.3%)、上限は 3,025,940 トリップ(+16.3%)となり、どちらも 15%程度の変動となっている。

(3) 平均値による各 OD ペアの手法間比較

本項以降では、OD ペアごとの手法間比較を行うが、まず区間推定の平均値と点推定との比較を紹介する。図-3のOD交通量の分布を踏まえて、ここでは点推定の交通量が「20トリップ未満」「20トリップ以上100トリップ未満」の2つの区分に分けて結果を紹介する。図-4が20トリップ未満、図-5が20トリップ以上100トリップ未満の手法間比較を図示したものである。各散布図の点はODペアを表す。図-4の20トリップ未満において、点推定の交通量が少なくなると両者の差異が少なくなるが見えるが、実際は交通量が少ないほどばらつきが大きくなる(詳しくは後に述べる)。全体として、点推定の交通量を基準とし、どちらかに大きく偏ることなく分布していることが図から見て取れる。

次に、同一ゾーン内の移動と異なるゾーン間の移動に分けて交通量の手法間比較を行う。図-6は同一ゾーン内のODペアに関する手法間比較、図-7は異なるゾーン間のODペアに関する手法間比較を示したものである。ここでは横軸に点推定の交通量、縦軸に区間推定の平均値から点推定の交通量を引いた差異をとった。異なるゾーン間のODペアは差異がプラス方向、マイナス方向の両方に分布しているのに対し、同一ゾーン内のODペアではややプラス方向に多く分布していることが図から見て取れる。Cゾーン単位の集計ではあるが、同一ゾーン内の移動を比較的近距離の移動と考えると、区間推定ではこれらのトリップが多く推定される、時刻を大きく丸めて回答するサンプルは、近距離トリップの記入漏れが発生しやすいと仮定すると、それらのサンプルの重みを少

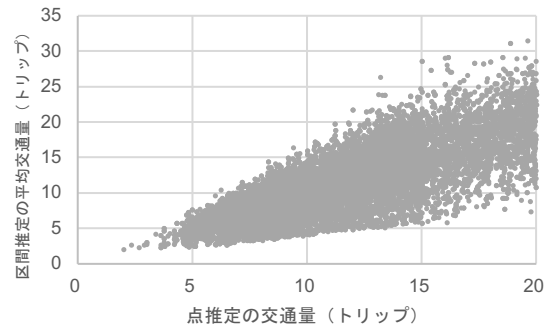


図-4 ODペア別点推定と区間推定の交通量比較 (点推定20トリップ未満)

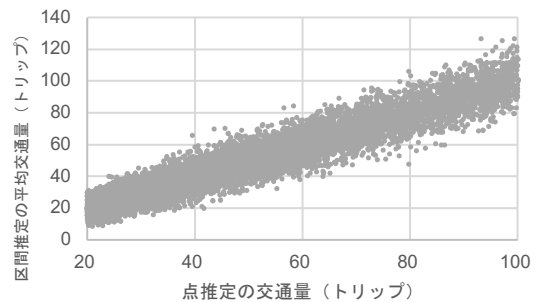


図-5 ODペア別点推定と区間推定の交通量比較 (点推定20トリップ以上100トリップ未満)

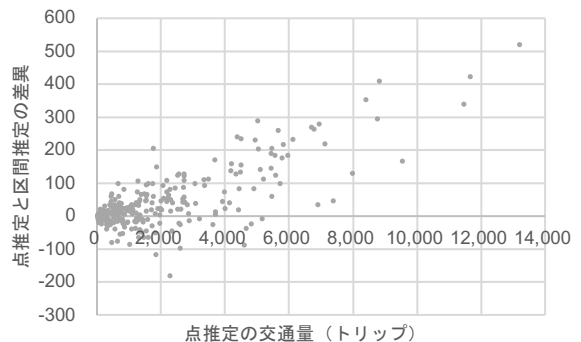


図-6 ODペア別点推定と区間推定の交通量比較 (同一ゾーン内トリップ)

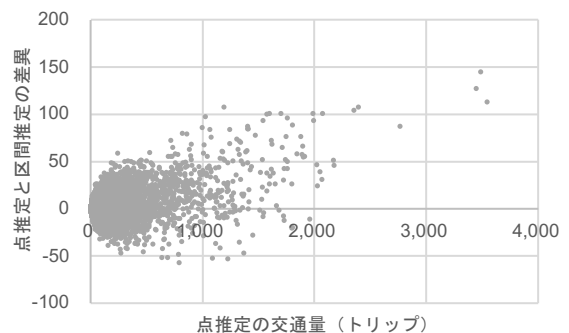


図-7 ODペア別点推定と区間推定の交通量比較 (異なるゾーン間トリップ)

なく設定し、本研究の手法をことで、従来の手法で課題であった近距離トリップの抜け落ちの問題が低減される可能性を示していると言える。

(4) 各 OD ペアの変動係数

前項では、区間推定法に関しても平均を用いて手法間比較を行ったが、同手法の特徴は推定交通量の分布を表現できることであるため、ここでは 10,000 試行分の各 OD ペアの分布のばらつきに着目する。OD ペアごとに交通量が大きく異なるため、本項では変動係数を用いて評価を行うこととした。変動係数はあるデータセットの標準偏差を平均値で除したものであるため、異なるスケールのばらつきを比較することが容易となる。

図-8はすべての OD ペアのうち、点推定の交通量が 20 トリップ以下のものを抜粋して図示したものである。つまり、図-4の縦軸を変動係数としたものに相当する。図より、点推定の交通量が少ないほど変動係数が高くなる傾向にあることが見て取れる。しかし、全体交通量への影響は少ないと考えられる。

次に、前項でも取り上げた同一ゾーン内の OD ペア、異なるゾーン間の OD ペアに分けて点推定の交通量と区間推定の変動係数の関係を整理する。図-9 および図-10より、点推定の交通量が少なくなると変動係数が大きくなるのは図-8と同様の傾向を示しているが、異なるゾーン間の OD ペアと比較して同一ゾーン内の変動係数が低くなる傾向が見て取れる。変動係数が小さいということは、交通量のばらつきが少ないことを意味しているため、前項で述べた「近距離トリップの抜け落ちの問題が低減される可能性」に加えて、ばらつきが比較的少なく区間推定が行える可能性が示されている。

4. おわりに

本研究では、PT 調査を正確に回答したと推測されるサンプルに重みを持たせて交通量の推計を行うことを目的とし、トリップ出発時刻の丸め誤差を指標とした確率抽出法による OD 交通量の区間推定を行った。本研究の成果を以下にまとめる。

- 1) トリップ出発時刻の丸め誤差に基づいて回答者ごとに重みを設定し、ブートストラップ法による復元抽出の概念を応用して拡大係数を付与する手法を構築した。
- 2) 前項の手法を繰り返すことで、OD 交通量の区間推定を行う手法を構築した。
- 3) OD 交通量の区間推定を行った結果、異なるゾーン間の移動と比較して同一ゾーン内の移動で交通量が多く推計される傾向にあることを確認した。
- 4) 区間推定された交通量の分布について、交通量が少

ない OD ペアでばらつきが大きい傾向にある。また、交通量が少ない OD ペアに着目したとき、異なるゾーン間の移動と比較して同一ゾーン内の移動でばら

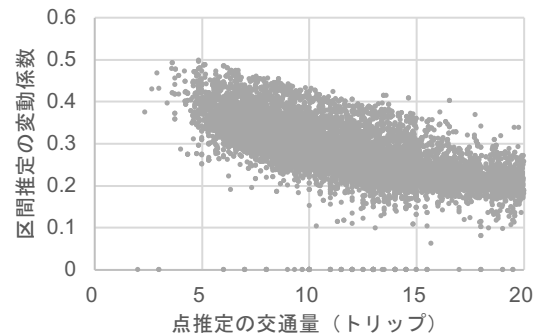


図-8 点推定の交通量と区間推定の変動係数の関係 (20トリップ未満)

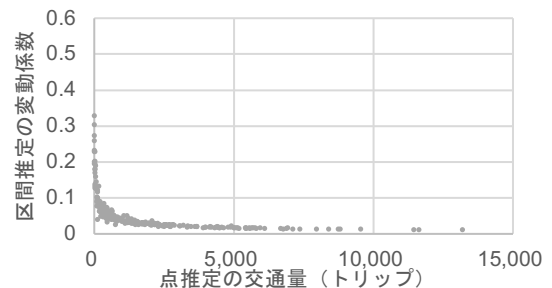


図-9 点推定の交通量と区間推定の変動係数の関係 (同一ゾーン内トリップ)

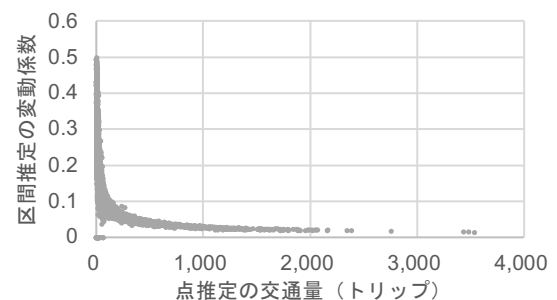


図-10 点推定の交通量と区間推定の変動係数の関係 (異なるゾーン間トリップ)

つきが少なくなる傾向にあることを確認した。

本研究ではトリップ出発時刻に関する丸め誤差を表す指標である RDT 指数を用いて回答者の重みを簡易的に算出したが、4つの RDT 指数から1つの重みを求める手法については改善の余地がある。加えて、トリップ出発時刻以外の情報も重みの算出に関して考慮することも検討できる。具体的に、トリップ到着時刻の丸め誤差は容易に挙げられるが、他にもアンリンクトリップの移動経路(利用交通手段)やトリップ間の間隔、つまり滞在時間などである。その他、大きく非標本誤差の範囲まで検討を広げると、一部の情報に回答を行っていないアイ

テム無回答の情報も有用であると考えられる。様々な情報の採用可否については今後の研究課題としたい。

冒頭にも述べたが、従来の手法では 1 つの交通行動として決められることが多かった PT 調査の分析結果を、回答者の回答内容に応じて重みづけを行い、交通量の区間推定を可能とする手法は、交通調査の幅広い解釈に資することができる。本手法の発展は、PT 調査結果を踏まえた交通計画や都市計画の政策立案に際して多角的な議論を可能とする点で有用な知見を提供しうるであろう。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 JP21H01458 の支援を受けた成果の一部です。

REFERENCES

- 山形耕一：パーソントリップ調査における調査不能誤差と層別拡大に関する研究，土木学会論文報告集，Vol.343, pp.121-129, 1984.
- 森川高行，田中小百合：トリップ分析による郵送方式パーソントリップ調査の適用性に関する研究，土木計画学研究・講演集，No. 16 (1), pp. 305-310, 1993.
- 名取義和，谷下雅義，鹿島茂：パーソントリップ調査における回答誤差とその発生要因，土木計画学研究・論文集，No.17, pp.155-162, 2000.
- Ashley, D., Merz, S.K., Richardson, T., Young, D.: Recent information on the underreporting of trips in household travel surveys, 32nd Australasian Transport Research Forum, 2009.
- 原純輔：社会調査しくみと考えかた(放送大学叢書)，左右社，2016.
- Levinson, D. M., Kumar, A.: A Multi-Modal Trip Distribution Model: Structure and Application, *Transportation Research Record*, Vol.1466, pp.124-131, 1994.
- Murakami, E., Wagner, D. P.: Can Using Global Positioning System (GPS) Improve Trip Reporting?, *Transportation Research Part C*, Vol. 7, pp.149-165, 1999.
- 石神孝裕，菊池雅彦，井上直，岩館慶多，森尾淳，石井良治：都市交通の実務からみた交通関連ビッグデータに対する期待と課題，第 55 回土木計画学研究発表会・講演集，2017.
- 越智健吾，関信郎，岩館慶多，石神孝裕，若井太亮，石井良治，杉田溪：PT 調査データとビッグデータを用いた実務的な詳細スケール目的別手段別 OD 表の作成手法，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol. 75(5), pp. I_709-I_717, 2019.
- 佐藤嘉洋，円山琢也：交通調査における丸め誤差評価指標の改良と英国交通調査データ時系列分析への適用，第 65 回土木計画学研究発表会，2022.6.
- 佐藤嘉洋，円山琢也：ウィップル指数を応用した交通調査データ質評価指標の開発と適用，第 63 回土木計画学研究発表会，2021.6.
- Sato, Y., and Maruyama, T.: Modeling the rounding of departure times in travel surveys: Comparing the effect of trip purposes and travel modes, *Transportation Research Record (TRR)*, Vol. 2674 (10), pp.628-637, 2020.
- 倉内 慎也，萩尾 龍彦，石村 龍則，吉井 稔雄：世帯及び個人属性分布を考慮した PT 調査データの拡大係数算出手法の適用，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol. 67(5), pp. I_759-I_767, 2011.
- Komanduri, A., Konduri, K.C.: Work Location and Industry Classification Information in the Weighting of Household Surveys in Open Source Frameworks, *Transportation Research Record*, Vol. 2669(1), pp. 52-61, 2017.
- 河岡英明，円山琢也：ブートストラップ法を用いた OD・リンク交通量の信頼区間と確率分布形の推定，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol.72(5), pp.771-I_780, 2016.
- Ann, S., Jiang, M., Mothafer, G. I., Yamamoto, T.: Examination on the Influence Area of Transit-Oriented Development: Considering Multimodal Accessibility in New Delhi, India, *Sustainability*, Vol.11(9), pp.1-20, 2019.
- Forsman, Å., Gustafsson, S., Vadeby, A.: Impact of Non-response and Weighting in Swedish Travel Survey, *Transportation Research Record*, Vol. 1993(1), pp. 59-66, 2007.
- Kitamura, R: Time-of-day characteristics of travel: an analysis of 1990 NPTS data. In: Special Reports on Trip and Vehicle Attributes, 1990 NPTS Report Series, Publication No. FHWA-PL-95-033, US Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC, February, pp 4-1-4-56, 1995.
- 吉川駿汰，円山琢也：拡張型ウィップル指数で表現される回答態度別の代理回答バイアス，第 65 回土木計画学研究発表会，2022.6.
- 古屋翔太郎，円山琢也：PT データの時刻丸め回答の交通特性・個人属性による変化分析，第 65 回土木計画学研究発表会，2022.6.
- Shimodaira, H.: Another calculation of the p-value for the problem of regions using the scaled bootstrap resamplings, Tech. Report, No. 2000-35, Stanford University, California, 2000.

(Received September 30, 2022)

INTERVAL ESTIMATION OF OD DATA IN PERSON TRIP SURVEY: STOCHASTIC SAMPLING USING AN INDICATOR OF ROUNDING ERROR

Yoshihiro SATO and Takuya MARUYAMA