

# 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

佐藤 嘉洋<sup>1</sup>・円山 琢也<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 熊本大学大学院自然科学教育部工学専攻（〒860-8555 熊本市中央区黒髪2-39-1）

<sup>2</sup>正会員 熊本大学准教授 くまもと水循環・減災研究教育センター（〒860-8555 熊本市中央区黒髪2-39-1）

E-mail: takumaru@kumamoto-u.ac.jp (Corresponding Author)

パーソントリップ調査などの交通調査では、トリップの出発・到着時刻を繰り上げまたは繰り下げて回答する「丸め誤差」によって、5,10,30分単位での回答が多いことが知られている。本研究では、トリップ出発時刻の丸め誤差に着目した、交通調査データの質評価を行う指数を開発し、海外22都市の丸め誤差の傾向について分析を行った。年齢の回答の不正確さを示すウィップル指数との比較の結果、多くの都市でセンサスでの年齢の回答に比べ交通調査での年齢の回答が不正確となる傾向にあること、年齢の回答が不正確である南アジア、アフリカの都市では時刻の回答も不正確となる傾向にあることが明らかになった。

**Key Words:** rounding error, travel survey, departure time, whipple's index

## 1. 研究の背景と目的

社会調査は、その結果を政策等に反映しうるため、高い品質が期待される反面、近年ではそれを取り巻く環境が急激に悪化しているとの見解が散見されている<sup>1)</sup>。このような質の悪化は、調査結果に誤差という形で現れることになるため、社会調査に含みうる誤差、特に非標本誤差に関する精査はますます重要な課題になってきている。交通工学の分野でもこの課題は例外ではなく、パーソントリップ調査(以下、PT 調査)を始めとする大規模交通調査でも非標本誤差の存在は指摘されている。具体的に、回答しないサンプルによる無回答誤差や、調査対象者の回答の不正確さによる測定誤差などである。このうち後者については、回答されるトリップの時刻や移動距離に繰り上げまたは繰り下げて回答を行う「丸め回答(丸め誤差)」が起きやすいことが知られており<sup>2,3)</sup>、この誤差が分析に影響を与えることが懸念されている<sup>4)</sup>。

丸め誤差に関して、筆者らの先行研究<sup>5)</sup>では、熊本都市圏(日本)のPT調査とオランダの交通調査におけるトリップ出発/到着時刻の回答傾向の違いを明らかとし、回答に地域差がある可能性があることを示唆している。丸め誤差の傾向が国によって異なるのは興味深い知見であるため、より幅広い都市間比較は有用であろう。

詳しくは2で紹介するが、丸め誤差について地域間の比較を行ったものは年齢に関するエイジ・ヒーピングに

関するものが多い。エイジ・ヒーピングについては一般的に途上国にその影響が見られることから、日本やオランダの例だけではなく、途上国における交通調査における丸め誤差の傾向を見ることは有用であろう。途上国の複数の都市における交通調査のデータを入手することが難しいが、独立行政法人国際協力機構(JICA)が途上国の都市における交通調査を継続して行っており<sup>6)</sup>、本稿ではこれらのデータを利用する。対象都市など調査の詳細は2で述べる。途上国では普及率や環境等の問題によりスマートフォン等を使用した調査は困難な点も多く<sup>7,8)</sup>、インタビュー調査等による伝統的な交通調査が引き続き有用な手法と考えられる。しかしながら、エイジ・ヒーピングのように交通調査でも不正確な回答が多く存在する可能性も存在し、その傾向を都市で比較すること、加えて都市間で交通調査データの質を評価できる指標を開発しておくことは重要であろう。

そこで、本稿の目的を以下のように置く。

1. トリップ出発時刻の丸め回答傾向を類型化し、都市による違いを把握すること
2. 丸め誤差に着目した交通調査データの質評価指標を開発し、エイジ・ヒーピングと時刻の丸め誤差の関係について都市間比較を行うこと

本稿の構成は以下の通りである。まず1で研究の背景を、2で既往研究のレビューをそれぞれ行う。3では本稿で用いる質評価指標のフレームワークと、使用データ

について記述する。それをもとに4.では国際22都市 (23 調査)の交通調査について、トリップ出発時刻の回答傾向の把握や丸め誤差を指標とした質評価を行い、5.で本研究の成果をまとめる。

## 2. 既往研究のレビュー

### (1) 交通調査における測定誤差

交通調査における測定誤差は度々指摘されている問題である。例として、回答されるトリップの抜け落ち(名取ら<sup>9)</sup>、Ashley *et al.*<sup>10)</sup>や、報告されたトリップの時間<sup>11)</sup>、旅行距離<sup>16)18)</sup>などである。これらはGPSロガーやスマートフォンによる調査との組み合わせによって、その誤差が立証されてきた。測定誤差が生じる背景として、Peer *et al.*<sup>19)</sup>は自動車通勤の旅行時間に関する回答の誤差(Reporting error)の要因を議論し、ドライバーはゆっくり運転することが望ましいと考えている「社会的望ましさ」や、時間がかかっていると回答すれば旅行時間を減らすような政策が後押しされることを期待する「戦略的な回答」などを推論として挙げている。これらの回答は、いわば意図的に不正確な回答を行っていると言えるが、一方で我々は意図せず不正確な回答を行っている場合もある。その代表的なものの一つが、切りのいい値に繰り上げまたは繰り下げを行って回答を行うことで生じる「丸め誤差(rounding error)」である。Kitamura<sup>20)</sup>は1990年にアメリカ全土で行われた交通調査で回答された出発時刻において、30分または00分と回答した割合は全体の64%を占めたとしている。真値が不明であるため推論の域を出ないが、十分な回答数が確保できていれば、交通行動が特定の時刻(分)に偏ることは考えにくい。これらは、交通行動の正確な時刻を覚えておらず、「無意識に」丸めて回答していることも考えられる。

### (2) 丸め誤差

丸め誤差に関する研究は、年収に関する丸め誤差に着目した Drechsler *et al.*<sup>21)</sup>、Drechsler and Kiesl<sup>22)</sup>や Zinn and Würbach<sup>23)</sup>の研究、喫煙行動に関する Bar and Lillard<sup>24)</sup>や Wang and Heitjan<sup>25)</sup>の研究、犯罪行動に関する Lundy and Dean<sup>26)</sup>、性交渉の人数に関する Crawford *et al.*<sup>27)</sup>、ミクロ経済学の分野で丸め誤差がWTP(Willingness to Pay)へ与える影響を分析した Page *et al.*<sup>28)</sup>の例など多岐に渡って研究例があり、この問題に対する関心は高いと言える。

丸め誤差を低減させる手法として、Becker and Diop-Sidibe<sup>29)</sup>はカレンダーの使用により、母乳育児と無月経に関する回答が6ヶ月単位の特定の月に集中することを低減させたとしている。類似の手法として、Haandrikman<sup>30)</sup>も同様に丸め誤差を低減させることを確認

している。これらは、カレンダーに記載されているイベント等を見ることで調査客体の記憶を想起させ、より正確な回答に近づけようとするアプローチである。

### (3) 丸め誤差の地域間比較

丸め誤差の地域間比較を行った例として多く存在するのは、エイジ・ヒーピング(age-heaping)、つまり年齢を丸めて回答する傾向に着目したもののだろう。例えば Lyon and Stones<sup>31)</sup>はサハラアフリカの34カ国におけるエイジ・ヒーピングの傾向を比較分析している。Lyon and Stonesの研究の目的は2時点間の比較であるが、国ごとに傾向が異なることも見て取れる。他にも、アメリカ、バングラディシュ、アフガニスタン、ロシアの4カ国の比較例<sup>32)</sup>や、Denic *et al.*<sup>33)</sup>が72の発展途上国のデータを用いてエイジ・ヒーピングの存在を確認しているなど、途上国を対象とした研究例が多い。世界の人口統計について大規模に取りまとめた例としては国連の報告書<sup>34)</sup>が挙げられるが、この中でも同様にエイジ・ヒーピングの問題は指摘されている。後に図で示すが、近年では大別して途上国はヒーピングの傾向が高く、先進国はヒーピングの傾向が低い傾向にあるため、先進国においては歴史的な検証として行われることが多い<sup>35)</sup>。Baten and Sohn<sup>36)</sup>は韓国、日本、中国における17世紀の人口データを使用し、同年代のヨーロッパのデータと比較している。その他、年齢の丸め誤差以外のトピックで地域間の比較研究を行った例として、Kinnunen and Koskela<sup>37)</sup>は企業の純利益の報告について先進国を中心に18カ国のデータを比較しており、国によって丸めて回答する傾向が異なることを示している。

これら既往研究と比較して、本研究では、これまでその存在が指摘されつつも、地域間の比較が行えていなかったトリップ出発時刻の丸め誤差の傾向にして知見を得ること、エイジ・ヒーピングの問題に対するウィップル指数のように回答の正確さを測る指標を開発し、交通調査データの質評価を行うことに新規性および独自性がある。

## 3. 手法

### (1) クラスタリングによる回答傾向の類型化

本稿で対象とする都市にどのような回答傾向の違いがあるのか、クラスター分析を用いて類型化を行う。丸め誤差の把握については先行研究<sup>5)38)</sup>にならない丸め誤差発生確率モデルによる把握が好ましいと考えられる。しかし、詳細は3.(1)で述べるが、今回の調査データ群においては時刻が丸められず回答される割合が極めて少なく、都市によっては欠損、つまり丸められる値ではない特定

の分の回答が存在しないものも存在する。よって、本稿ではモデル推定は行わず、「00分の回答」「30分の回答」「15/45分の回答」「10/20/40/50分の回答」「5/25/35/55分の回答」それぞれの割合を用いてクラスタリングを行う。クラスタリングには大きく分けて階層クラスタリングと非階層クラスタリングがあるが、ここでは非階層クラスタリングであるK-means法<sup>39)</sup>による類型化を採用した。

(2) 交通調査データの質評価指標

a) ウィップル指数

エイジ・ヒーピングを測る指標として、ウィップル指数 (Whipple's Index) がある。年齢は5または10歳の単位で回答されやすい傾向にあるため、年齢を不正確に回答する指標として以下の式で定義された指数を用いて比較される。

$$W_5 = \frac{P_{25} + P_{30} + P_{35} + \dots + P_{60}}{1/5(P_{23} + P_{24} + P_{25} + \dots + P_{62})} \times 100 \quad (1)$$

$$W_{10} = \frac{P_{30} + P_{40} + \dots + P_{60}}{1/10(P_{23} + P_{24} + P_{25} + \dots + P_{62})} \times 100 \quad (2)$$

$P_n$ はn歳人口を表す。式(1)が5歳単位で回答するウィップル指数、式(2)が10歳単位で回答するウィップル指数である。ウィップル指数は一般に100から500の値をとり、表-1のとおり105以下でかなり正確な結果と判定され、175以上でかなり悪いデータ取得となっているとされる。

b) RDT指数

本稿では、ウィップル指数にならない出発時刻を不正確に回答するRDT (Rounding Departure Time) 指数を新たに提案する。出発時刻をm分の単位で回答するときの指数を $RDT_m$ とすると、5分、10分、15分、30分、60分単位で丸め誤差が起きると考えられるので、次のように表される。ただし、 $N_m$ はm分と回答されたトリップの総数とする。

表-1 ウィップル指数の判定基準<sup>40)</sup>

ウィップル指数	データの質
< 105.0	Highly accurate data
105.0 - 109.9	Fairly accurate data
110.0 - 124.9	Approximate data
125.0 - 174.9	Rough data
≥ 175.0	Very rough data

$$RDT_5 = \frac{N_{00} + N_{05} + N_{10} + \dots + N_{55}}{1/5(N_{00} + N_{01} + N_{02} + \dots + N_{59})} \times 100 \quad (3)$$

$$RDT_{10} = \frac{N_{00} + N_{10} + N_{20} + \dots + N_{50}}{1/10(N_{00} + N_{01} + N_{02} + \dots + N_{59})} \times 100 \quad (4)$$

$$RDT_{15} = \frac{N_{00} + N_{15} + N_{30} + N_{45}}{1/15(N_{00} + N_{01} + N_{02} + \dots + N_{59})} \times 100 \quad (5)$$

$$RDT_{30} = \frac{N_{00} + N_{30}}{1/30(N_{00} + N_{01} + N_{02} + \dots + N_{59})} \times 100 \quad (6)$$

$$RDT_{60} = \frac{N_{00}}{1/60(N_{00} + N_{01} + N_{02} + \dots + N_{59})} \times 100 \quad (7)$$

ウィップル指数は個人単位で集計した指数に対し、式(3)から式(7)で示したRDT指数はトリップ単位で集計した指数となる。調査客体あたりのトリップ数による影響を排除し、ウィップル指数との比較を行うため、本稿では以下のように調査客体あたりのトリップ数の逆数で重み付けしたwRDT (weighted Rounding Departure Time) 指数を用いる。

$$wRDT_5 = \frac{\sum_i \frac{N'_{i,00}}{n_i} + \sum_i \frac{N'_{i,05}}{n_i} + \dots + \sum_i \frac{N'_{i,55}}{n_i}}{1/5 \left( \sum_i \frac{N'_{i,00}}{n_i} + \sum_i \frac{N'_{i,01}}{n_i} + \dots + \sum_i \frac{N'_{i,59}}{n_i} \right)} \times 100 \quad (8)$$

$$wRDT_{10} = \frac{\sum_i \frac{N'_{i,00}}{n_i} + \sum_i \frac{N'_{i,10}}{n_i} + \dots + \sum_i \frac{N'_{i,50}}{n_i}}{1/10 \left( \sum_i \frac{N'_{i,00}}{n_i} + \sum_i \frac{N'_{i,01}}{n_i} + \dots + \sum_i \frac{N'_{i,59}}{n_i} \right)} \times 100 \quad (9)$$

$$wRDT_{15} = \frac{\sum_i \frac{N'_{i,00}}{n_i} + \sum_i \frac{N'_{i,15}}{n_i} + \sum_i \frac{N'_{i,30}}{n_i} + \sum_i \frac{N'_{i,45}}{n_i}}{1/15 \left( \sum_i \frac{N'_{i,00}}{n_i} + \sum_i \frac{N'_{i,01}}{n_i} + \dots + \sum_i \frac{N'_{i,59}}{n_i} \right)} \times 100 \quad (10)$$

$$wRDT_{30} = \frac{\sum_i \frac{N'_{i,00}}{n_i} + \sum_i \frac{N'_{i,30}}{n_i}}{1/30 \left( \sum_i \frac{N'_{i,00}}{n_i} + \sum_i \frac{N'_{i,01}}{n_i} + \dots + \sum_i \frac{N'_{i,59}}{n_i} \right)} \times 100 \quad (11)$$

$$wRDT_{60} = \frac{\sum_i \frac{N'_{i,00}}{n_i}}{1/60 \left( \sum_i \frac{N'_{i,00}}{n_i} + \sum_i \frac{N'_{i,01}}{n_i} + \dots + \sum_i \frac{N'_{i,59}}{n_i} \right)} \times 100 \quad (12)$$

ここで、 $N'_{i,m}$ は個人*i*が*m*分と回答したトリップ数、 $n_i$ は個人*i*が報告した有効総トリップ数とする。

wRDT 指数と RDT 指数の関係について整理すると、トリップ数を少なく報告した調査客体よりトリップ数を多く報告した調査客体に不正確な回答が多く見られる場合、 $n_i$ の逆数で重み付けされた値は小さくなるため、RDT 指数と比べて wRDT 指数の方が低くなる。逆に、トリップ数を少なく報告した調査客体よりトリップ数を多く報告した調査客体に不正確な回答が少なく見られる場合は、RDT 指数と比べて wRDT 指数の方が高くなる。また、RDT 指数と wRDT 指数の比が小さいほど個人の影響が少なく、大きいほど個人の影響が大きいと言える。

なお、それぞれの指数の前提として、ウィップル指数は年齢分布が特定の年齢に偏っておらず分布がなめらかであるときに正確である（＝ウィップル指数が 100 に近い）、wRDT 指数は時刻が特定の「分」に偏っていないときに正確である（＝wRDT 指数が 100 に近い）となる。つまり、wRDT 指数は「トリップの出発時刻は一律に分布している」を仮定として置くことに留意されたい。

本稿では、各国のセンサスから得られるウィップル指数に加え、対象都市で得られた交通調査データからウィップル指数を算出する。対象とするのは、式(1)、式(2)のとおり 23 歳から 62 歳と回答した調査客体である。同じサンプルでウィップル指数と wRDT 指数の比較を行うため、本稿では wRDT 指数の算出も上記のウィップル指数と同じサンプルで行う。

### (3) データの概要

本稿では、都市交通分野の開発調査における交通調査統合データ（独立行政法人国際協力機構作成）を使用する。このデータを利用した先駆的な研究例として、Hyodo *et al.*<sup>41)</sup>では主にアジア、中南米の 13 都市で比較を行い、トリップ出発時の分布や生成原単位、手段分担率などに関する都市間の違いを明らかにしている。また近年でも Ishikawa *et al.*<sup>42)</sup>で同様データを用いた研究例がある。本稿の分析対象とした都市の概要は表-2 に示す。1990 年代後半から 2010 年代前半にかけて、主にアジア、アフリカ、中南米の都市で実施された調査データに基づき分析を行う。なお、マスターデータにおいて外出していないトリップおよびトリップ出発時刻が不明のトリップを除いたトリップ数をサンプルサイズとし、拡大係数は使用しない。

## 3. 分析結果

### (1) クラスタリングによる回答傾向の類型化

図-1はKarachi（パキスタン）を例にトリップ出発時刻の

表-2 都市交通分野の開発調査における交通調査統合データ概要（独立行政法人国際協力機構作成）

No	都市名（国名）	調査実施年	本研究のサンプルサイズ*
1	Tripoli (レバノン)	2000	7,615
2	Damascus (シリア)	1998	81,616
3	Manila (フィリピン)	1996	425,602
4	Chengdu (中国)	2000	67,961
5	Managua (ニカラグア)	1998	54,137
6	Belem (ブラジル)	2000	59,529
7	Bucharest (ルーマニア)	1998	143,311
8	Cairo (エジプト)	2001	268,360
9	Jakarta (インドネシア)	2000	1,083,228
10	Kuala Lumpur (マレーシア)	1999	218,460
11	Ho Chi Minh (ベトナム)	2003	262,372
12	Hanoi (ベトナム)	2005	188,949
13	Nairobi (ケニア)	2005	38,357
14	Lima (ペルー)	2003	270,357
15	Dar es Salaam (タンザニア)	2007	26,775
16	Da Nang (ベトナム)	2008	50,509
17	Ulaanbaatar (モンゴル)	2008	38,015
18	Dhaka (バングラデシュ)	2009	153,644
19	Lahore (パキスタン)	2010	97,197
20	Nairobi (ケニア)	2013	37,777
21	Maputo (モザンビーク)	2012	52,668
22	Phnom Penh (カンボジア)	2012	86,956
23	Karachi (パキスタン)	2011	217,875

\*単位：トリップ

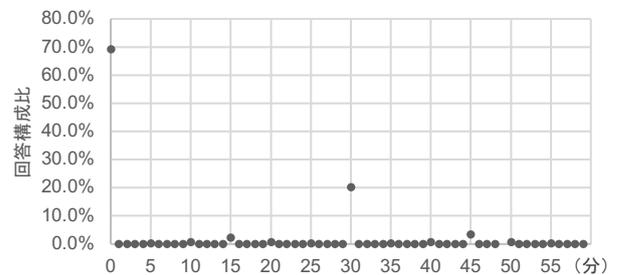


図-1 トリップ出発時刻の分布（Karachi, 2011）

分布を示しているが、30/60分単位の回答に集中し、5/25/35/55分の回答や丸められない値での回答が非常に少ないことがわかる。特に丸められない回答の少なさは他の都市も概ね同様の傾向を示し、丸められない値での回答の割合について、23調査の平均は0.61%（標準偏差0.40）であった。また、図-1からも見て取れるが、十分なトリップ数を取得できている都市においても、ある「分」に出発したと報告されたトリップが存在しない、つまり欠損が起こっていることが複数の都市で確認されている。このことから、本稿では、回答全体に占める、丸めて回答された時刻の構成比を用いてクラスタリングを行うこととした。



図-2 クラスタリング結果のプロット図

図-2にクラスタリング結果を示す。クラスタリング結果と地理的要因との関係では、(i)中国とモンゴルの東アジア2国が同じクラスタ1に分類されている、(ii)ベトナムの Da Nang, Hanoi, Hoh Chi Minh の3都市が同じクラスタ2に分類され、距離に近い Kuala Lumpur も同クラスタに分類されている、(iii)クラスタ3およびクラスタ4では東南アジア～アフリカの広い地域で、主にインド洋周辺の都市が分類されている、などの傾向が見られる。

図-3は、国連による「Demographic Yearbook 2018」<sup>34)</sup>に記載された2000年から2010年のセンサスデータをもとに作成した、世界各国のウィップル指数を可視化したものである。途上国は年代によってウィップル指数が大きく異なる傾向にあるため、プロット対象を JICA による調査が主に行われた2000年代とし、この期間で分析対象の都市が属する国において複数のセンサスが行われている場合は、JICA が調査を行った年に近いものを採用した。一部の地域で調査が行えていないが、全体の傾向としてアフリカ地域のウィップル指数が高く、他にもインド/バングラディッシュ地方から東南アジア、中米～南米の太平洋側でウィップル指数が高い傾向にある。この結果から、時刻の丸め誤差は図-2で示したクラスタリング結果と比較すると、クラスタ4に分類された都市はいずれもウィップル指数が高い国に属していることがわかる。クラスタ4に近いクラスタ3についても、Belem (ブラジル)などで一部整合的ではないが同様の傾向である。これらの結果より、30分または60分単位で大きく丸めて回答する都市とエイジ・ヒーピングの傾向が関連する傾向が示唆される。



図-3 ウィップル指数の分布(2000年代)  
United Nations<sup>34)</sup>をもとに作成

## (2) 各クラスタのトリップ出発分の特徴

ここでは、各クラスタの出発分の分布の特徴を整理する。なお、23調査すべての分布を示すと冗長となるため、図-4には代表的な都市のみを掲載し、その違いを述べる。全調査の分布は付録を参照されたい。

図-4(a)ではクラスタ1に分類された Chengdu(中国)の分布である。クラスタ2は10分単位での回答が多いことが特徴的である。先行研究にて明らかにしている熊本PT調査もこのクラスタに入ることが考えられる。

図-4(b)ではクラスタ2に分類された Kuala Lumpur(マレーシア)のトリップ出発時刻の分布を示す。図-4(a)のクラスタ1に対し、(b)のクラスタ2から(d)のクラスタ4は10分単位の回答より15分単位の回答が多く、欧米諸国の調査によく見られる傾向を示していることが特徴的である。ただし、30分、60分単位の回答も含めて、それらの回答割合にクラスタ間の違いが確認できる。クラスタ2は、後に述べるクラスタ3およびクラスタ4に比べて60分単位での回答が少なく、5分～15分単位での回

答が多いことが特徴である。付録で示しているが、Tripoli は調査で取得されたトリップ数が少なく、欠損が多いデータとなっているが、10 分または 15 分単位の回答も確認できる。

図-4(c)ではクラスタ 3 に分類された Jakarta(インドネシア)のトリップ出発時刻の分布を示す。クラスタ 2 に比べ 60 分単位の回答の割合が多くなり、5~15 分単位の回答は少なくなっている。図-6.6(d)はクラスタ 4 に分類された Cairo(エジプト)のトリップ出発時刻の分布を示したものである。これまで紹介した 3 つのクラスタに比べ、60 分単位の回答が特に多く、これと 30 分を除いた他の丸められうる値での回答が極端に少ない。これらの都市では 30 分または 60 分単位での回答が全体の 9 割近くとなり、大きな丸め誤差が発生していると考えられる。

(3) 各都市のウィップル指数とwRDT指数の比較

表-3は各都市のウィップル指数とwRDT指数を整理したものである。参考までに、表の末尾に熊本 PT 調査のウィップル指数とwRDT指数も掲載した。ただし、Cairo ではデータに年齢区分のみ格納されており、ウィップル指数、wRDT 指数ともに算出できないため本節では比較対象から除外した。

ウィップル指数は 114 から 200 を超える値を取り、表-1 で示した分類上は Approximate data~Very rough data となった。また、表-3 には図-3 で示したセンサスによるウィップル指数も掲載している。交通調査データから算出したウィップル指数と比較すると、多くの国において交通

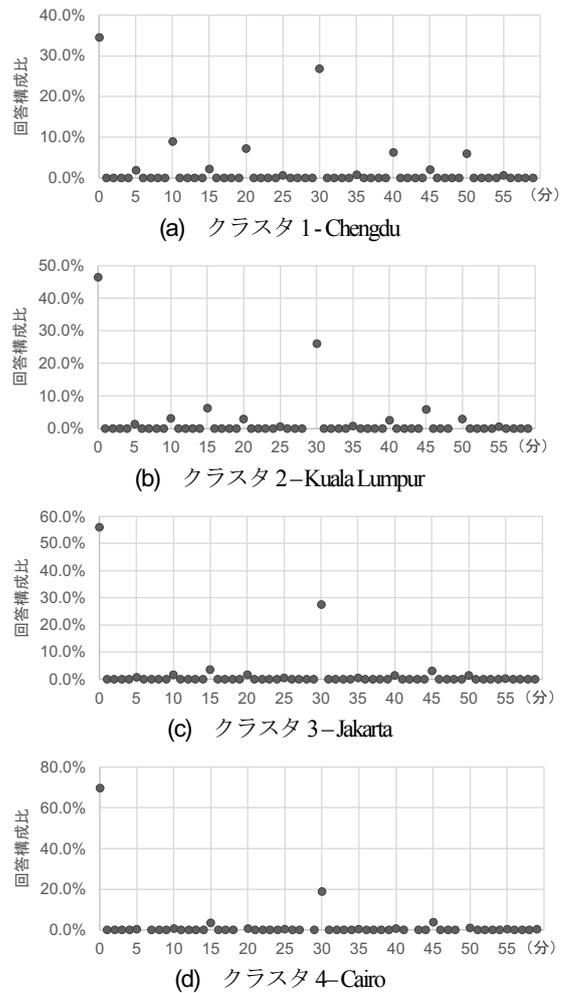


図-4 各クラスタのトリップ出発分の分布(抜粋)

表-3 各都市におけるウィップル指数とwRDT指数

	Tripoli	Damascus	Manila	Chengdu	Managua	Belem	Bucharest	Jakarta	Kuala Lumpur	Ho Chi Minh	Hanoi
センサスのウィップル指数 <sup>3)</sup>	—	111.8 (1994)	107.5 (2015)	101.6 (2000)	108.5 (2005)	103.6 (2000)	95.3 (2002)	*152.2 (2000)	120.6 (2010)	100.6 (2009)	100.6 (2009)
交通調査のウィップル指数	181.8	126.4	114.3	120.4	133.2	117.7	130.1	136.7	142.5	133.2	123.8
wRDT 指数											
wRDT <sub>5</sub>	497.02	499.20	498.25	494.36	495.16	498.16	497.37	497.32	498.55	498.43	499.11
wRDT <sub>10</sub>	930.23	905.68	919.72	906.28	920.86	942.60	877.08	910.91	862.61	865.34	883.36
wRDT <sub>15</sub>	1,303.59	1,401.60	1,386.13	1,006.45	1,341.94	1,388.38	1,296.51	1,368.93	1,316.90	1,155.66	1,313.96
wRDT <sub>30</sub>	2,451.10	2,558.58	2,597.78	1,891.15	2,525.13	2,647.39	2,318.91	2,548.82	2,310.79	2,084.27	2,371.43
wRDT <sub>60</sub>	3,453.81	3,884.34	3,920.25	2,127.06	3,703.24	3,825.30	3,072.73	3,547.02	3,008.23	2,803.24	3,080.68
トリップ数	3,732	51,074	235,022	49,055	26,572	33,343	87,074	658,416	148,025	180,990	120,752

	Nairobi (2005)	Lima	Dar es Salaam	Da Nang	Ulaanbaatar	Dhaka	Lahore	Nairobi (2013)	Maputo	Phnom Penh	Karachi
センサスのウィップル指数 <sup>3)</sup>	144.1 (2009)	106.9 (2007)	139.5 (2012)	100.6 (2009)	99.9 (2000)	*283.1 (2001)	—	144.1 (2009)	111.7 (1997)	109.7 (2008)	—
交通調査のウィップル指数	142.5	131.2	202.3	116.5	126.4	232.2	250.5	151.4	121.3	142.7	213.5
wRDT 指数											
wRDT <sub>5</sub>	498.97	493.38	498.25	494.44	497.07	498.88	499.37	495.38	496.51	498.83	498.77
wRDT <sub>10</sub>	941.46	888.05	916.30	850.74	954.31	954.47	958.44	939.42	937.42	962.35	951.37
wRDT <sub>15</sub>	1,424.56	1,244.41	1,385.97	1,234.49	1,146.99	1,401.39	1,460.80	1,367.99	1,314.80	1,367.62	1,446.84
wRDT <sub>30</sub>	2,692.83	2,295.97	2,588.07	2,164.78	2,238.72	2,700.44	2,819.98	2,608.26	2,511.71	2,667.08	2,780.25
wRDT <sub>60</sub>	3,970.50	3,243.10	3,888.27	2,923.30	3,441.45	4,199.59	4,762.06	3,849.68	3,760.25	3,916.82	4,681.85
トリップ数	27,668	157,237	18,284	33,106	21,043	106,411	42,440	30,463	23,638	49,643	116,209

\*データ数が足りず、未調整数として掲載されている<sup>3)</sup>

調査データのウィップル指数の方が高い結果となっている。

wRDT 指数については、wRDT<sub>5</sub> はすべての都市で 490～500 の値を取っており、指数の理論上の最大値に近い結果となっている。ただし、wRDT<sub>5</sub> に都市間に大きな差は見られない。wRDT<sub>m</sub> が大きくなるほど、地域間の差は広がっていく傾向にあり、wRDT<sub>60</sub> では最小の Chengdu と最大の Lahore で 2.24 倍の差がある。

また、図-5 は横軸にウィップル指数(W<sub>5</sub>)を、縦軸に wRDT 指数をとり、両者の関係について各都市を比較したものである。図-5(b)の、15分単位の丸め誤差指数である wRDT<sub>15</sub> では、クラスタ 1 の Chengdu, Ulaanbaatar が低い。一方、クラスタ 4 の都市は全体的に wRDT 指数が高い傾向にあるが、特に 60 分単位の丸め誤差指数である wRDT<sub>60</sub> でその傾向が顕著である(図-5(d))。南アジア地域の Karachi, Dhaka, Lahore の地理的に近い 3 都市は、他の都市より wRDT<sub>60</sub> が高い。これらの都市が属するパキスタン、バングラディシュはセンサスによるウィップル指数も高い傾向が見られており、ウィップル指数との関係が伺える。

#### 4. 考察

##### (1) エイジ・ヒーピングの観点からの比較

クラスタ 1 に属する Chengdu(中国), Ulaanbaatar(モンゴル)は、どちらもウィップル指数は低い傾向にあるが、図-5のように 10分単位の丸め誤差指数である wRDT<sub>10</sub> では他都市と比較して高めとなっており、一方で 15 分単位の丸め誤差指数である wRDT<sub>15</sub> では他都市と比較して低めとなっている。これは図-4 で示したように 10 分単位と 15 分単位の回答傾向が異なるからであり、クラスタ 1 以外の 19 都市(20 調査)は 10 分単位より 15 分単位の回答が多い、つまり、"Quarter-hour"の文化が存在する地域と言えよう。それに対して、Chengdu, Ulaanbaatar の東アジアに位置する地域では 10 分単位の回答が多く、"Quarter-hour"の文化が見られないと考えられる。

クラスタ 2, クラスタ 3 の群間比較では、wRDT<sub>10</sub> から wRDT<sub>60</sub> のいずれでもクラスタ 3 が高く、クラスタ 2 が低い傾向となることが確認された。図-2 より、クラスタ 3 は主にアフリカと南米、クラスタ 2 は主に東南アジア諸国が分類されており、両者を比較すると東南アジア諸国の方が丸め誤差の傾向が低いと言える。ただし、こ

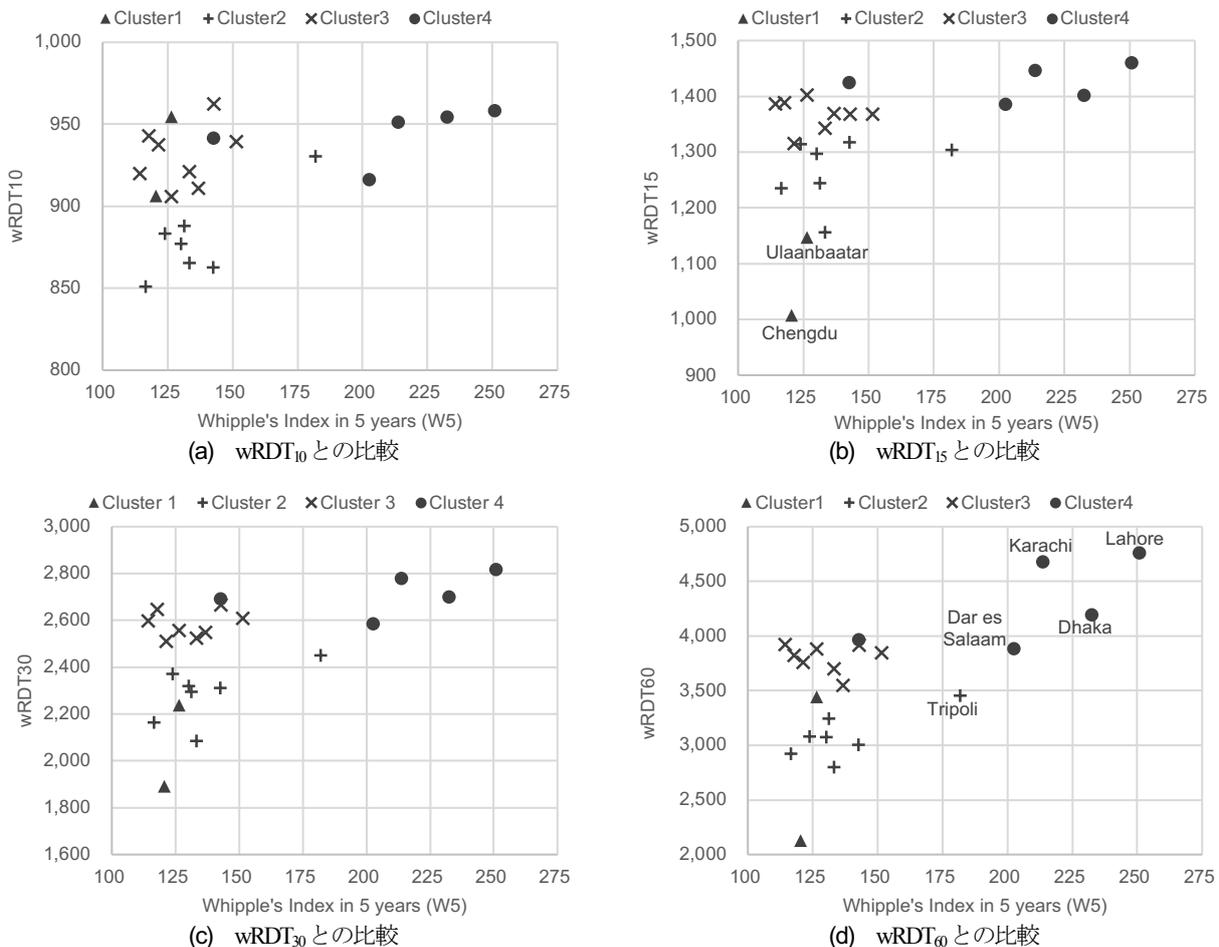


図-5 ウィップル指数と wRDT 指数の関係

これらの群は交通調査データから得られたウィップル指数にばらつきがあり、いくつかの都市はクラスタ 4 に分類された Nairobi (2005) より高くなっていることが特徴である。ウィップル指数とは直接関係しない、つまり個人が持っている丸め誤差の特性による影響だけではなく、他の要因によって時刻の丸め誤差が起きていることを示唆している。なお、クラスタ 2 に属する Tripoli は交通調査から得られるウィップル指数がかなり高いが、表-3 より分析対象とする調査客体数が少ないため、結果の解釈には精査が必要と考えられる。

今回比較を行った都市では、ウィップル指数が 105 (=High accurate) の基準を下回った国に属する都市は、Belem (ブラジル) がクラスタ 3 に分類される例外はあるものの、殆どがクラスタ 1 (Chengdu, Ulaanbaatar) およびクラスタ 2 (Bucharest, Hoh Chi Minh, Hanoi, Da Nang) に分類され、今回分析対象とした都市の中では交通調査の時刻を大きく丸めて回答する傾向が比較的弱いと言える。一方、クラスタ 4 に分類された Karachi, Lahore (パキスタン) はセンサスによるウィップル指数が 200 を超えており、交通調査によるウィップル指数算出の分析対象外となったため表-3 では紹介していないが、Cairo (エジプト) のセンサスによるウィップル指数も 196.5 (2006 年) と高い。ウィップル指数が 175 を超える (=very rough data) 国においては、交通調査の時刻も大きく丸めて回答する傾向が見られている。特に後者は、ウィップル指数が高い国において交通調査を実施するにあたり、回答時刻の正確さを向上させるためには調査設計および実施法に一層の工夫が必要であることを示唆している。

時刻や年齢に限らず、一般的に丸め (heaping) 回答に至る原因としては holdbook *et al.*<sup>43)</sup> が詳しいが、その中で Budd and Guinnane<sup>44)</sup> は読み書きができないなど教育環境の問題を、Nagi *et al.*<sup>45)</sup> はその地域の社会経済的発展の問題をそれぞれ指摘していると整理している。また、男性のみの対象とはなるが、Borkotoky and Unisa<sup>46)</sup> も同様の視点から分析を行っている。これらの要因が今回のエイジ・ヒーピングや時刻の丸め誤差にも影響していることが考えられる。

しかし、近年では途上国の経済発展もめざましく、教育環境も改善してきている。Yadav *et al.*<sup>47)</sup> はインドの各地域においてウィップル指数の時点間比較を行い、多くの地域で 2001 年の調査に比べて 2011 年の調査でウィップル指数が改善していたことを明らかにしている。今回対象とした 22 都市の中で時点間比較が行えるのは Nairobi (2005, 2013) のみだが、両者を比較するとウィップル指数は 2013 年でやや増加しているものの、wRDT 指数は 2013 年で減少している。このように、途上国の発展に伴い、丸め誤差の傾向も変化し、より正確な回答を行うようになれば、途上国における交通調査の質の向上も

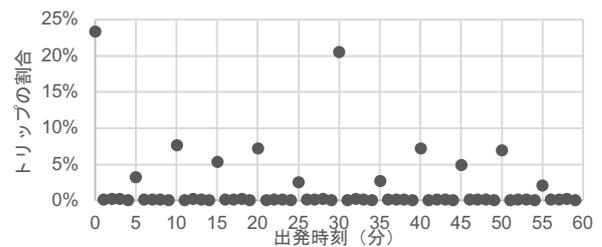


図-6 熊本都市圏 PT 調査におけるトリップ出発分の分布<sup>5)</sup>

期待されるだろう。

## (2) 時間に対する概念の観点からの比較

人々の時間に対する概念 (time perspective) として、Hall は「monochronic time」と「polychronic time」という2つの概念を提唱している<sup>48),49)</sup>。Hallによれば、monochronic time型(M型)の人間は1つの時間軸しか持たず、物事を順序通り進め、比較的時間に正確であるとされる。一方、polychronic time型(P型)の人間は複数の時間軸を持ち、複数の物事を同時に進め、比較的時間にルーズであるとされる。これらの文化の違いにより、行動や物事に対する考え方が異なることが多くの研究で明らかにされている<sup>50),54)</sup>。一例として、Rose *et al.*<sup>55)</sup> はインターネットのダウンロード時間への許容性についてM型文化とP型文化の比較を行っており、M型に比べP型の方がダウンロードの遅延に対する関心が低いことを示している。

また、Hallは、M型とP型の文化は地域によっても分けられるとし、M型文化は主に北ヨーロッパや北米に、P型文化は主にアジア、アフリカ、南米、地中海沿岸地域(南ヨーロッパと表現する場合もある<sup>56)</sup>)などに多く見られるとしている。この概念に基づく国際比較は、交通調査に限らず多分野で研究が行われている<sup>57),58)</sup>。M型/P型の概念に基づけば、本稿で取り扱った22都市はP型文化と分類される地域の都市間比較を行った例と言える。

ここで、先行研究におけるオランダ<sup>38)</sup>の例や図-6に示す日本(熊本都市圏)の例<sup>5)</sup>と比較すると、いずれも今回分析を行った22都市に比べて丸め誤差が少なく、比較的正確に回答している例と言える。先述した地域ごとの分類では日本はP型文化の地域にあたるが、日本は古くはP型の文化でありながら、近年では例えば時間に正確であるなど社会的にM型の振る舞いをする、M型とP型の文化が共存している国であるとされている<sup>59),60)</sup>。また、日本はM型文化であるとする研究例もある<sup>61),62)</sup>。つまり、交通行動を社会的な活動の結果であるとすれば、物事を1つの時間軸で捉えて時間に正確であるとされるM型文化でのトリップ出発時刻の回答は、日本やオランダのようにより正確であると考えられることもできる。22都市のうちで日本に近いのはクラスタ1のChengdu(中

国), Ulaanbaatar (モンゴル)であり, これらの都市は本稿の研究対象の中では M 型の都市に近い回答をされやすい特徴があると考えられる。

一方, 30 分または 60 分単位で回答を行う傾向が強いクラスタ 4 の南アジア~アフリカの都市は, ウィップル指数, wRDT 指数ともに高くなっており, M 型の日本やオランダとは対照的である。年齢の丸め誤差が 5 歳または 10 歳単位で起こっていると考えられるのが一般的なのに対し, 時刻の丸め誤差は 5 分~60 分単位まで多様である。P 型文化は物事を複数の時間軸で捉えて時間にルーズであるとされているため, 特に大きな丸め誤差である 60 分単位の回答が多いクラスタ 4 では, P 型の文化が顕著に現れている可能性が考えられる。ただし, これら M 型/P 型の議論を行う際には, 例えば, PAI3 (modified polychronic attitude indicator)<sup>63</sup>など, 調査客体の時間に関する概念を測ることが必要である。本稿で取り扱う調査では PAI3 などの指標を算出できないため, 本稿での議論は推論の域を出ない。調査方法や調査主体が異なるため単純な比較には留意が必要であるが, 日本/オランダと本稿で取り扱った 22 都市の結果を比較すると, 時間に対する概念と時刻の回答傾向には関係がある可能性を示しているため, 今後はこの観点からの分析による知見の蓄積も必要であろう。

最後に, 今回の対象都市をクラスタリングした結果と, ウィップル指数, wRDT 指数の傾向とまとめたものを表-4 に表す。本稿の最も大きな成果は, 途上国の中でも丸め誤差の傾向が異なり, wRDT 指数によって評価を行うことで新たな分類の可能性を示したこと, 加えていくつかの群はセンサスおよび交通調査から算出されたウィップル指数と関係していることを明らかにした点である。

## 5. おわりに

本稿では, 海外 22 都市 (23 調査) の都市交通分野の開発調査における交通調査統合データを用いて, トリップ出発時刻の丸め誤差発生に関する傾向を分析した。結果を以下に示す。

- 1) 時刻の回答割合をもとに対象都市をクラスタリングし, 「(1) 15 分単位に比べ 10 分単位の回答が多い」「(2) 00 分の回答が比較的少なく, 10 分単位に比べ 15 分単位の回答が多い」「(3) 00 分の回答が多いが, 10~15 分単位の回答も見られる」「(4) 00 分の回答が特に多い」の 4 つに類型化できることを示した。また, 時刻に関する丸め誤差の指標である wRDT 指数を提案し, 年齢の丸め誤差の指標であるウィップル指数と比較した。その結果を以下に示す。
- 2) センサスで得られるウィップル指数と比較して,

表-4 各クラスタの特徴のまとめ

クラスタ	ウィップル指数	wRDT 指数	特徴
1	低い	全体的に低め wRDT <sub>15</sub> で低い	・15 分単位に比べ 10 分単位での回答が多い
2	ばらつきあり	全体的に低め	・00 分の回答は比較的少なく, 5 分~15 分単位での回答も確認できる
3	ばらつきあり	全体的に高め	・00 分単位での回答が多いが, 5 分~15 分単位の回答も一定数見られる ・15 分単位での回答の傾向が僅かに見られる
4	高い	全体的に高め wRDT <sub>60</sub> で高い	・00 分の回答が多くを占め, 00 分, 30 分以外の回答は少ない

多くの都市で交通調査データから得られるウィップル指数が高い傾向にある。

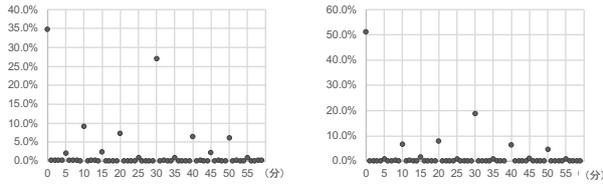
- 3) 「(4) 00 分の回答が特に多い」群ではウィップル指数と wRDT 指数がともに高く, 特に 60 分単位の丸め誤差との関係が顕著である。加えて, 「(1) 15 分単位に比べ 10 分単位の回答が多い」群ではウィップル指数が低くなる傾向にある。

本稿では wRDT 指数の開発と, ウィップル指数との比較を目的としたが, 例えば性別, 年齢別など属性による違いを見ることも重要と考えられる。ある程度のサンプルサイズが確保できていれば, wRDT 指数は調査間比較だけではなく調査内の属性別比較にも利用できるため, 属性に分けた場合の評価を今後の課題としたい。

また, 丸め誤差に至る要因として, West *et al.*<sup>64</sup>は代理回答 (proxy response) を行った群でウィップル指数が高いことを示している。Maruyama *et al.*<sup>65, 66</sup>では, 熊本 PT 調査において壮年女性に比べ壮年男性に代理回答率が高い傾向にあることを示しており, 本稿で取り扱った調査でも特定の属性を持つ個人で多く代理回答が行われ, ウィップル指数や wRDT 指数の上昇に繋がった可能性も考えられる。欧米諸国の交通調査では回答者の情報を取得しているものもあるので, 代理回答と丸め誤差の関係についても実態の把握を行うておくことは重要であると考えられる。

**謝辞:** 本研究の実施にあたりデータを提供頂きました独立行政法人国際協力機構に感謝致します。ただし, 本稿に含みうる誤りの責は筆者のみにあります。本研究は, JSPS 科研費 JP18H01561 の支援を受けた成果の一部です。

付録 対象都市のトリップ出発分の分布

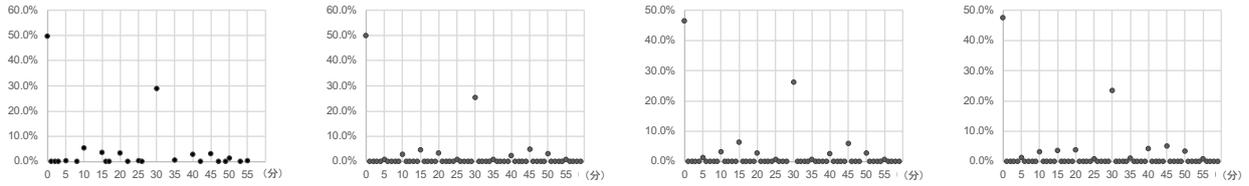


(a) Chengdu

(b) Ulaanbaatar

図-A1 トリップ出発分の分布(クラスタ1)

\*各図の横軸はトリップ出発時刻(分), 縦軸は回答全体に占める構成比(パーセント). 図-A2以降も同様とする.

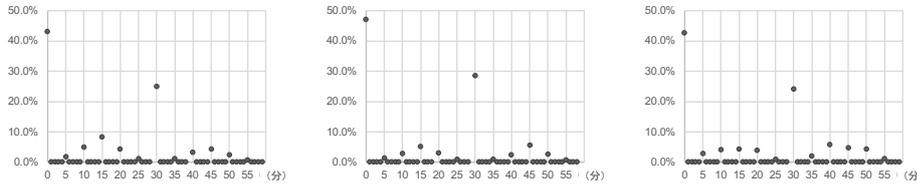


(a) Tripoli

(b) Bucharest

(c) Kuala Lumpur

(d) Lima

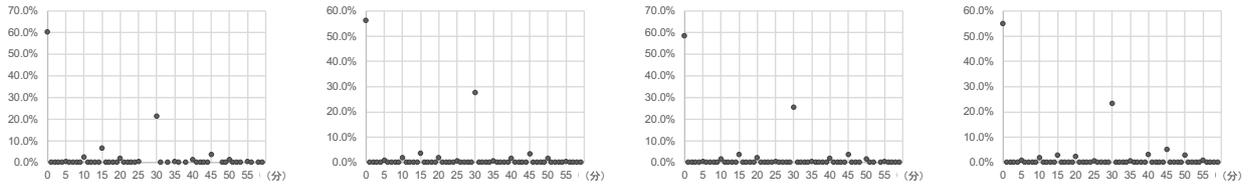


(e) Da Nang

(f) Hanoi

(g) Hoh Chi Minh

図-A2 トリップ出発分の分布(クラスタ2)

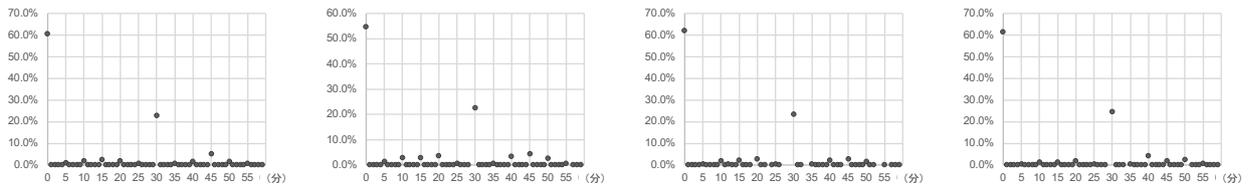


(a) Damascus

(b) Jakarta

(c) Belem

(d) Managua



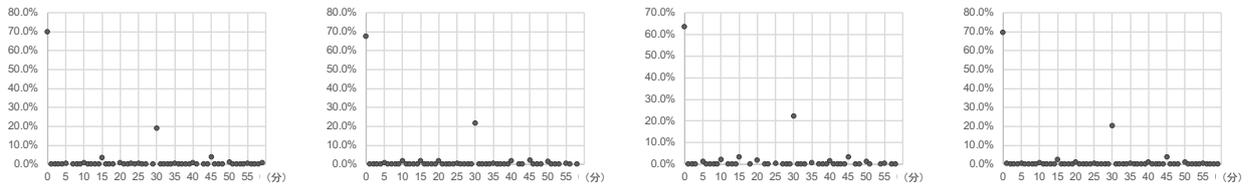
(e) Manila

(f) Maputo

(g) Nairobi(2013)

(h) Phnom Penh

図-A3 トリップ出発分の分布(クラスタ3)

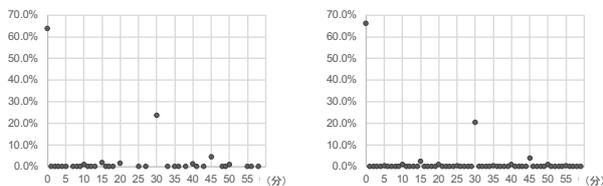


(a) Cairo

(b) Dhaka

(c) Dar es Salaam

(d) Karachi



(e) Nairobi(2005)

(f) Lahore

図-A4 トリップ出発分の分布(クラスタ4)

## 参考文献

- 1) 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.
- 2) Levinson, D. M., Kumar, A. : A Multi-Modal Trip Distribution Model: Structure and Application, *Transportation Research Record*, Vol.1466, pp.124-131, 1994.
- 3) Murakami, E., Wagner, D. P. : Can Using Global Positioning System (GPS) Improve Trip Reporting?, *Transportation Research Part C*, Vol. 7, pp.149-165, 1999.
- 4) Varotto, S. F., Glerum, A., Stathopoulos, A., Bierlaire, M., Longo, G. : Mitigating the Impact of Errors in Travel Time Reporting on Mode Choice Modelling, *Journal of Transport Geography*, Vol. 62, pp. 236-246, 2017.
- 5) Sato, Y., Maruyama, T.: Modeling the rounding of departure times in travel surveys: Comparing the effect of trip purposes and travel modes, *Transportation Research Record*, Vol. 2674 (10), pp.628-637, 2020.
- 6) 独立行政法人国際協力機構, 株式会社アルメック VPI, 株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバルプロジェクト : 研究「開発途上国における交通調査および交通需要予測にかかる調査」ファイナル・レポート, 2018.11.
- 7) Qudratullah, Maruyama, T.: Strategies to increase the response rate of smartphone-based travel surveys in Afghanistan: Exploring the effects of incentives and female survey conductors, In: Mine, T., Fukuda, A., and Ishida, S. (eds.) *Intelligent Transport Systems for Everyone's Mobility*, pp. 317-336, Springer, Singapore, 2019.
- 8) Qudratullah, Maruyama, T.: Reasons for non-response to smartphone-based travel survey in two Afghanistan cities, *Asian Transport Studies*, Vol.5, No.3, pp. 523-542, 2019.03.
- 9) 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*, Vol.17, pp.155-162, 2000.
- 10) Ashley D., Merz S.K., Richardson T., Young D.: Recent information on the under-reporting of trips in household travel surveys, 32nd Australas Transp Res Forum, pp.1-15, 2009.
- 11) Bricka S.G., Sen S., Paleti R., Bhat C.R. : An analysis of the factors influencing differences in survey-reported and GPS-recorded trips, *Transportation Research Part C*, Vol.21, pp.67-88, 2012.
- 12) Stopher, P., FitzGerald, C., Xu, M. : Assessing the Accuracy of the Sydney Household Travel Survey with GPS, *Transportation*, Volume 34, Issue 6, pp. 723-741, 2007.11.
- 13) Montini, L., S. Prost, J. Schrammel, N. Rieser-Schüssler, Axhausen K. W. : Comparison of Travel Diaries Generated from Smartphone Data and Dedicated GPS Devices, *Transportation Research Procedia*, Vol. 11, pp. 227-241, 2015.
- 14) Gerike, R., Gehlert, T., Leisch, F. : Time use in travel surveys and time use surveys - Two sides of the same coin?, *Transportation Research Part A*, Vol.76, pp.4-24, 2015.
- 15) Kelly, P., Krenn, P., Titze, S., Stopher, P., Foster, C. : Quantifying the Difference Between Self-Reported and Global Positioning Systems-Measured Journey Durations: A Systematic Review, *Transport Reviews*, Vol.33, Issue 4, pp. 443-459, 2013.
- 16) Yamamoto, T., Madre, J.L., de Lapparent, M., Collet, R.: A random heaping model of annual vehicle kilometres travelled considering heterogeneous approximation in reporting, *Transportation*, Vol. 47, pp.1027-1045, 2018.
- 17) 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.
- 18) Ann, S., Jiang, M., Yamamoto, T.: Influence Area of Transit-Oriented Development for Individual Delhi Metro Stations Considering Multimodal Accessibility, *Sustainability*, Vol. 11(16), 4295, 2019.
- 19) Peer, S., Knockaert, J., Koster, P., Verhoef, E.T.: Over-reporting vs. overreacting: Commuters' perceptions of travel times, *Transportation Research Part A*, Vol.69, pp.476-494, 2014.
- 20) 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.
- 21) Drechsler, J., Kiesl, H., Speidel, M.: MI Double Feature: Multiple Imputation to Address Nonresponse and Rounding Errors in Income Questions. *Austrian Journal of Statistics*, Vol. 44, pp. 59-71, 2015.
- 22) Drechsler, J., Kiesl, H.: Beat the heap: An imputation strategy for valid inferences from rounded income data. *Journal of Survey Statistics and Methodology*, Vol. 4(1), pp. 22-42, 2016.
- 23) Zinn, S., Würbach, A.: A Statistical Approach to Address the Problem of Heaping in Self-Reported Income Data, *Journal of Applied Statistics*, Vol. 43, Issue 3, pp. 682-703, 2016.
- 24) Bar, H.Y., Lillard, D.R.: Accounting for Heaping in Retrospectively Reported Event Data - A Mixture Model Approach, *Statistics in Medicine*, Vol. 31, Issue 27, pp.3347-3365, 2012.
- 25) Wang, H., Heitjan, D.F.: Modeling Heaping in Self-Reported Cigarette Counts, *Statistics in Medicine*, Vol. 27(19), pp.3789-3804, 2008.
- 26) Lundy, E.R., Dean, C.B.: Analyzing Heaped Counts Versus Longitudinal Presence/Absence Data in Joint Zero-inflated Discrete Regression Models. *Sociological Methods & Research*, 2018. 004912411878255
- 27) Crawford, F.W., Weiss, R.E., Suchard, M.A.: Sex, Lies and Self-reported counts: Bayesian Mixture Models for Heaping in Longitudinal Count Data via Birth-Death Processes. *Annals of Applied Statistics*, Vol. 9, No. 2, pp.572-596, 2015.
- 28) Page, I.B., Lichtenberg, E., Saavoss, M.: Estimating Recreation Demand When Survey Responses are Rounded. In: 2015 AAEA & WAEA Joint Annual Meeting, July 26-28, San Francisco, California. Agricultural and Applied Economics Association, 2015.
- 29) Becker, S., Diop-Sidibé, N.: Does Use of the Calendar in Surveys Reduce Heaping? , *Studies in Family Planning*, Vol.34, No.2, pp. 127-132, 2003.
- 30) Haandrikman K., Rajeswari N. V., Hutter I., Ramesh B.M.: Coping with Time: Using a Local Time-Path Calendar to Reduce Heaping in Durations, *Time & Society*, Vol.13, Issue 3, pp.339-362, 2004.
- 31) Lyons-Amos, M., Stones, T.: Trends in Demographic and

- Health Survey data quality: An analysis of age heaping over time in 34 countries in Sub Saharan Africa between 1987 and 2015, *BMC Research Notes*, Vol. 10, Issue 1, pp.1–7, 2017.
- 32) GBD 2017 Population and Fertility Collaborators.: Population and fertility by age and sex for 195 countries and territories, 1950–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017, *The Lancet*, Vol.392, Issue 10159, pp.1995–2051, 2018.
- 33) Denic, S., Saadi, H., Khatib, F.: Quality of age data in patients from developing countries, *Applied Econometrics: Journal of Public Health*, Vol.26, Issue 2, pp. 168–171, 2004.
- 34) United Nations Department of Economic and Social Affairs: *2018 Demographic Yearbook*, United Nations, New York, 2019.
- 35) Szołtysek, M., Poniat, R., Gruber, S.: Age heaping patterns in Mosaic data, *Historical Methods*, Vol.51, Issue 1, pp.13–38, 2018.
- 36) Baten, J., Sohn, K.: Numeracy in early modern Korea, Japan, and China: The age-heaping approach, *Japan and the World Economy*, Vol.43, pp.14–22, 2017.
- 37) Kinnunen, J., Koskela, M.: Who Is Miss World in Cosmetic Earnings Management? An Analysis of Small Upward Rounding of Net Income Numbers among 18 Countries, *SSRN Electron J*, Issue October, 2002.
- 38) Rietveld, P. : Rounding of Arrival and Departure Times in Travel Surveys: An Interpretation in Terms of Scheduled Activities, *Journal of Transportation Statistics*, Vol.5, Issue 1, pp. 71–82, 2001.
- 39) Hartigan, J.A., Wong, M.A.: Algorithm AS 136: A K-Means Clustering Algorithm, *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, Vol.28, Issue 1, pp.100–108, 1979.
- 40) United Nations Department of Economic and Social Affairs: *United Nations Demographic Yearbook 1973*, UN, New York, 1974.
- 41) Hyodo, T., Montalbo, C.M., Fujiwara, A. Soehodho, S.; Urban travel behavior characteristics of 13 cities based on household interview survey data, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 6, pp. 23–38, 2005.
- 42) Ishikawa, T., Fujiwara, A., Chikaraishi, M., Hong, T.A.: Does Individual Capability Influence Travel Time Expenditure? A Mediation Modeling Approach, *Asian Transport Studies*, Vol.5, Issue 5, pp.736–749, 2019.
- 43) Holbrook, A.L., Anand, S., Johnson, T.P., Cho, Y.I., Shavitt, S., Chavez, N., Weiner, S.: Response heaping in interviewer-administered surveys: Is it really a form of satisficing?, *Public Opinion Quarterly*, Vol.78, Issue 3, pp.591–633, 2014.
- 44) Budd, J.W., Guinnane T.: Intentional age-misreporting, age-heaping, and the 1908 old age pensions act in Ireland, *Population Studies*, Vol.45, Issue 3, pp.497–518, 1991.
- 45) Nagi, M., Stockwell, E., Snavley, L.: Digit Preference and Avoidance in the Age Statistics of Some Recent African Censuses: Some Patterns and Correlates. *International Statistical Review*, Vol. 41, No. 2, pp. 165–174, 1973.
- 46) Borkotoky, K., Unisa, S.: Indicators to examine quality of large scale survey data: An example through District Level Household and Facility Survey, *PLoS One*, Vol.9, Issue 3, pp.1–11, 2014.
- 47) Yadav, A., Vishwakarma, M., Chauhan, S.: The quality of age data: Comparison between two recent Indian censuses 2001–2011, *Clinical Epidemiology and Global Health*, Vol.8, Issue 2, pp.371–376, 2020.
- 48) Hall, E.T.: *Beyond Culture*, Anchor Books, New York, 1976.
- 49) Hall, E.T.: *The dance of life: The other dimension of time*, Anchor Books, New York, 1984.
- 50) Zhang, Y., Goonetilleke, R.S., Plocher, T., Liang, S.M.: Time-related behaviour in multitasking situations, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol.62 (4), pp.425–455, 2005.
- 51) Olsson, E., Sundh, M.: Perception of time in relation to work and private life among Swedish social workers – the temporal clash between the organisation and the individual, *European Journal of Social Work*, No. 22:4, pp. 690–701, 2019.
- 52) Merkbayev, T., Seisenbayeva, Z., Bekkozhanova, G., AimanKoblanova, Alikhankyzy, G.: Oppositions in the conceptual and linguistic category of time, *Opción: Revista de Ciencias Humanas y Sociales*, No. 85-2, pp. 116–148, 2018.
- 53) Mullens, F., Glorieux, I.: Not Enough Time? Leisure and Multiple Dimensions of Time Wealth, *Leisure Sciences: An Interdisciplinary Journal*, In Press, 2020.
- 54) Goonetilleke, R.S., Luximon, Y.: Time use behavior in single and time-sharing tasks, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 70, pp. 332–345, 2012.
- 55) Rose, G.M., Evaristo, J.R., Straub, D.: Culture and Consumer Responses to Web Download Time: A Four-Continent Study of Mono and Polychronism, *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 50 (1), pp. 31–44, 2003.
- 56) Tella, S.: Achronos: Reflections on Timeless Time, *Media and Communication*, Media, Mediation, Time and Communication, Emphases in Network-Based Media Education, University of Helsinki, Department of Teacher Education, pp. 83–100, 2000.
- 57) LEBEDKO, M.: Time Talks: Anthropocentrism of Time across Russian and American Cultures., *Intercultural Communication Studies*, Vol. 25 (1), pp. 133–145, 2016.
- 58) Sedlmeier, P., Rangaiah, B., Weber D., Winkler, I.: How General Is the Semantic Structure of Time? A Comparison of Indians and Germans, *Integrative Psychological and Behavioral Science*, Vol. 54, pp. 494–513, 2020.
- 59) Everdingen, Y.M.V., Waarts, E.: The Effect of National Culture on the Adoption of Innovations, *Marketing Letters*, Vol. 14, pp. 217–232, 2003.
- 60) Tsuji, Y.: Railway Time and Rubber Time: The paradox in the Japanese conception of time, *Time & Society*, Vol, 15, 2-3, pp. 177–195, 2006.
- 61) 石井隆之：M タイムと P タイムの文化論，言語文化学会論集，Vol. 36，pp. 277-292，2011.
- 62) Yukiko, S.J.: 非言語学的表現としての物理的余白と時間的空間-異文化コミュニケーションの見地からの一考察- 愛知淑徳大学論集 コミュニケーション学部篇，第 3 号，pp. 87-95，2003.
- 63) Kaufman - Scarborough, C., Lindquist, J.D.: Time management and polychronicity: Comparisons, contrasts, and insights for the workplace, *Journal of Managerial Psychology*,

Vol. 14, No. 3/4, pp. 288-312, 1999.

- 64) West, K.K., Robinson, J.G., Bentley, M.: Did Proxy Respondents Cause Age Heaping in the Census 2000?, *American Statistical Association Section on Survey Research Methods*, pp.3658-3665, 2000.
- 65) Maruyama, T., Hosotani, K., Kawano, T.: Inferring proxy response in household travel surveys with unknown completer using a group-based choice model, *Transportation*, Vol. 48(1), pp.283-302, 2021.
- 66) Maruyama, T., Uehara, K.: Validating inferred proxy response using rounding of departure/arrival times in travel surveys, *Asian Transport Studies*, Vol. 6, 100027, 2020.

DEVELOPING EVALUATION INDICATOR FOR DATA QUALITY OF TRAVEL  
SURVEY FOCUSING ON ROUNDING OF TRIP DEPARTURE TIME

Yoshihiro SATO and Takuya MARUYAMA