

携帯電話位置情報を活用した パーソントリップ調査の簡素化について

藤岡 啓太郎¹・森尾 淳²・平田 晋一³・中野 敦⁴

¹非会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 都市施設研究室（〒305-0802 茨城県つくば市立原1）
E-mail: fujioka-k92ta@nilim.go.jp

²正会員 一般財団法人計量計画研究所（〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町2-9）
E-mail:jmorio@ibs.or.jp

³正会員 一般財団法人計量計画研究所（〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町2-9）
E-mail:shirata@ibs.or.jp

⁴正会員 一般財団法人計量計画研究所（〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町2-9）
E-mail:anakano@ibs.or.jp

本稿では、携帯電話の位置情報を活用することによりパーソントリップ調査の簡素化することを目指し、低い標本率の簡易なパーソントリップ調査のデータを携帯電話の位置情報で補正するシミュレーションを試みた。

本稿の分析により、携帯電話の位置情報を用いることにより、簡易なパーソントリップ調査データから一般的な標本率のパーソントリップ調査に近い集計結果が得られる可能性を確認した。

Key Words : *mobile phone, position information, population statistics, person trip survey, improvement of surveys*

1. はじめに

わが国の主要な都市圏では、パーソントリップ調査（以下PT調査）とこれに基づく総合都市交通計画の策定が継続的に行われており、わが国では、平成25年度までに64都市圏のべ132回のPT調査が実施されてきた。

国土交通省が公表している総合都市交通体系調査の手引き（案）¹⁾では、概ね10年毎にPT調査を実施することを推奨するとともに、1年目に実態調査を実施し、2年目に都市圏の交通の現況分析や課題整理を行い、3年目に都市交通マスタープランを策定することを標準的な調査の流れとして提示してきた。

一方で、調査を実施する地方公共団体では、近年、財政制約が高まるとともに、都市圏の都市交通に関する政策課題は、都市圏全体の交通網計画のような大規模で長期的な視野が必要な政策から、コミュニティバス、歩行者、自転車などのように比較的小規模で短期的な政策に変化ししつつあり、政策立案のスピード感も求められてきている。そのため、PT調査に対しては、従来通りの

10年に1回の大規模な実態調査に基づく検討から、調査規模を下げることによる調査費用の縮減、調査頻度の短縮による政策評価の効率化、標準的な3カ年からの調査期間の短縮などのニーズも散見されている。

また、携帯電話の普及率は高まっており、携帯電話の基地局やGPSの位置情報に基づく人口統計に関する技術が実用化されてきている。これらの携帯電話の位置情報に基づく人口統計とPT調査を組み合わせることにより、PT調査の調査規模の縮減による調査費用の縮減、データの組み合わせによる分析の高度化など、PT調査の高度化、効率化に寄与することも期待される。

本稿では、携帯電話の位置情報に基づく人口統計の特性をPT調査との比較から分析し、PT調査との差異の要因について考察するとともに、小規模なPT調査でありながら、従来のPT調査と同様の精度を得ることを目標に、小規模なPT調査と携帯電話の位置情報に基づく人口統計を組み合わせたシミュレーションを実施し、実際に適用する際の適用可能性について示唆を得ることを目的とする。

2. データの概要

携帯電話の位置情報の特性分析、携帯電話の位置情報を活用したPT調査の簡素化のケーススタディにあたり、近年、PT調査が実施された都市圏のうち、平成24年度に実施された静岡中部都市圏を対象とした。分析に用いたデータの概要は以下の通りである。

表-1 第4回静岡中部都市圏PT調査の概要³⁾

調査対象	静岡市、藤枝市、焼津市、島田市の対象世帯の5歳以上の世帯構成員
都市圏人口	1102万人（平成22年国勢調査）
調査方法	郵送配布・郵送回収
配布数	約13.5万世帯
回収数	約3.0万世帯、約6.9万人

(1) 携帯電話位置情報の概要

携帯電話の位置情報として、モバイル空間統計を活用した。モバイル空間統計は、NTTドコモの基地局エリア毎の携帯電話台数を利用者の属性別に数えることによって人口の地理的分布を推計したものである²⁾。時間帯別に地域毎の滞留人口、滞留者の性・年齢階層・居住地の構成などを推定することができる。モバイル空間統計は、年齢が15歳から79歳の滞留者のデータである。本稿では、標準地域メッシュ体系における2分の1地域メッシュ（1辺の長さが500m、以下、4次メッシュ）を対象とし、平成25年11月20日の3時、10時、14時、19時のデータを用いて分析した。

(2) PT調査の概要

静岡中部都市圏総合都市交通計画協議会より、平成24年度に実施された第4回静岡中部都市圏PT調査のデータを提供いただいた。調査の概要は表-1の通りである。

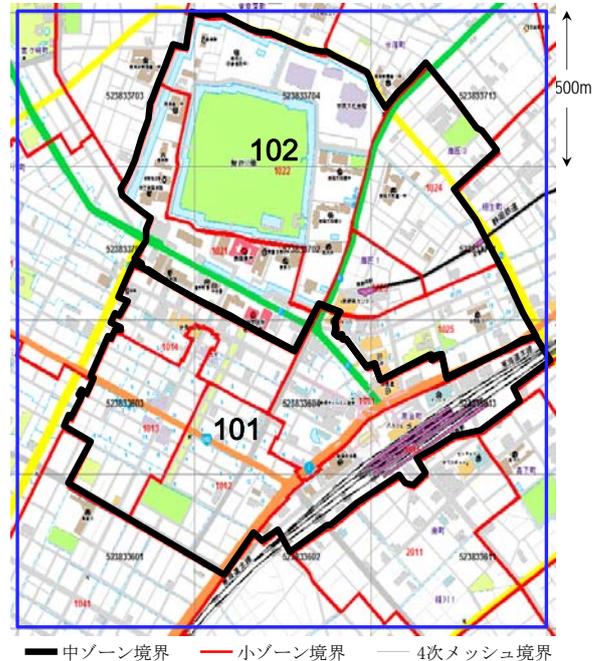


図-1 静岡市都心部の分析対象地域

(3) 対象地域

静岡中部都市圏のうち、昼間時に人口が集中しており、滞留人口の年齢構成や居住地構成などの分析が比較的容易と考えられる静岡市都心部のPT調査の中ゾーン2箇所を対象とした。モバイル空間統計は、上記の中ゾーンを包含する12メッシュについて使用した。対象地域を図-1に示す。

(4) 対象単位の整合方法

モバイル空間統計はメッシュ単位のデータであるが、PT調査はゾーン単位のデータである。携帯電話の位置情報の特性分析、携帯電話の位置情報を活用したPT調査の簡素化のケーススタディにあたり、両者の地域単位を整合させる必要がある。本稿では、モバイル空間統計を4次メッシュから小ゾーンに変換した。具体的には、メッシュ内のモバイル空間統計の滞留人口をPT調査の各小ゾーンの面積等で按分処理した。

3. 携帯電話位置情報の特性分析

(1) 分析の方法

モバイル空間統計の特性を把握するために、PT調査

と滞留人口を比較した。具体的には、PT調査の中ゾーン単位及び小ゾーン単位で、滞留人口を年齢階層別、居住地別に比較した。なお、年齢は15歳から80歳に限定し、居住地は静岡中部都市圏内に限定して比較した。

(2) 携帯電話位置情報の特性分析

中ゾーン別に、時間帯別の滞留人口の推移の傾向を年齢階層別、居住地別にみると、概ね同様の傾向を示している（図-2～5）。昼間の10時、14時に着目して、具体的な滞留人口をみると、中ゾーン101では、モバイル空間統計の滞留人口が1000～2000人多い程度であるが、中ゾーン102では、PT調査の滞留人口が約8000人多くなっており、中ゾーン毎に傾向の差異がみられる（表-2）。

小ゾーン別には、例えば、10時の滞留人口をみると（図-6, 7, 表-3）、概ね同様の傾向がみられるが、一部のゾーンで差異がみられ、小ゾーン1015、1021、1022において顕著である。最も差異が大きい小ゾーン1021は、静岡県庁、静岡市役所などの官公庁が立地するゾーンである。また、小ゾーン1022は、小学校、中学校、高校や文化会館などが立地するゾーンである。ゾーンの特殊性がモバイル空間統計とPT調査の滞留人口の差異に影響を与えている可能性も否定できない。

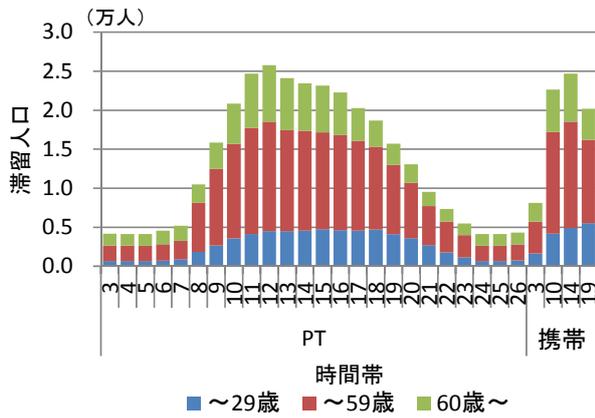


図-2 年齢階層別の滞留人口の推移 (中ゾーン101)

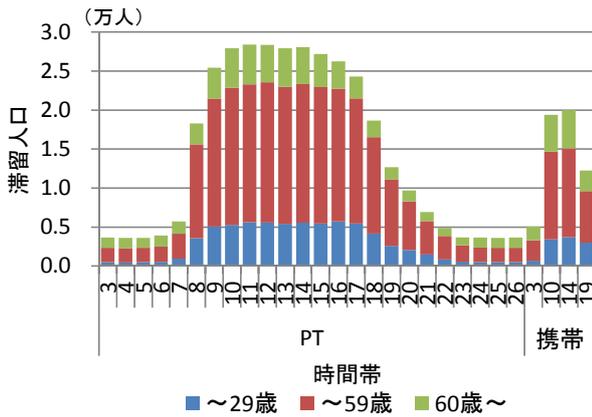


図-3 年齢階層別の滞留人口の推移 (中ゾーン102)

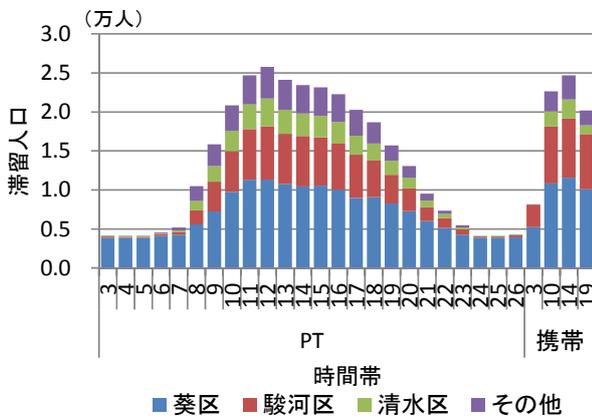


図-4 居住地別の滞留人口の推移 (中ゾーン101)

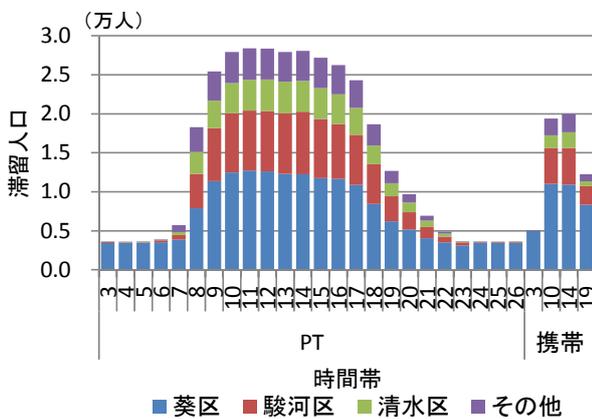


図-5 居住地別の滞留人口の推移 (中ゾーン102)

表-2 中ゾーンの滞留人口の比較

		携 帯	P T	携帯- PT	携帯 /PT
101	3時	8,136	4,190	3,946	1.94
	10時	22,644	20,835	1,809	1.09
	14時	24,681	23,454	1,227	1.05
	19時	20,216	15,703	4,513	1.29
102	3時	5,053	3,652	1,401	1.38
	10時	19,379	27,921	-8,542	0.69
	14時	19,976	28,089	-8,113	0.71
	19時	12,258	12,701	-443	0.97

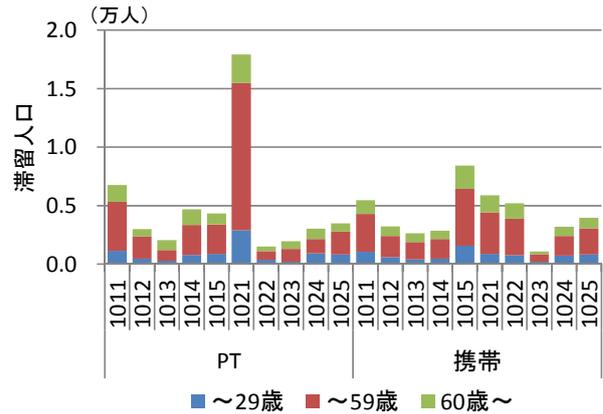


図-6 小ゾーン別年齢階層別滞留人口 (10時)

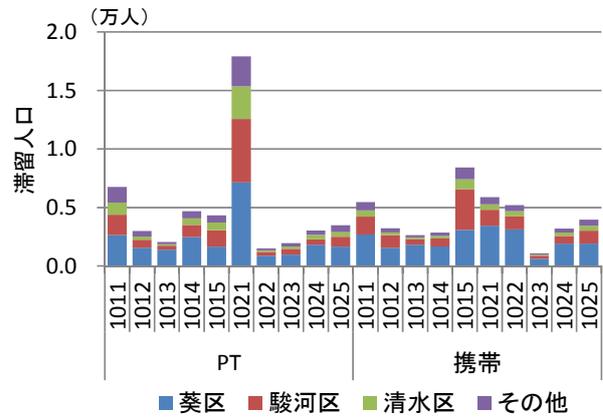


図-7 小ゾーン別居住地別滞留人口 (10時)

表-3 小ゾーンの滞留人口の比較 (10時)

		携 帯	P T	携帯- PT	携帯 /PT
101	1011	5,467	6,753	-1,286	0.81
	1012	3,228	3,002	226	1.08
	1013	2,641	2,047	594	1.29
	1014	2,866	4,703	-1,837	0.61
	1015	8,442	4,330	4,112	1.95
102	1021	5,891	17,926	-12,035	0.33
	1022	5,213	1,518	3,695	3.43
	1023	1,099	1,953	-854	0.56
	1024	3,205	3,039	166	1.05
	1025	3,971	3,485	486	1.14

このように、PT調査、モバイル空間統計は、同様の傾向を示す集計区分も多いが、一部で差異が大きい集計区分も複数みられる。その要因としては、モバイル空間統計の地域区分をメッシュからゾーンに変更することによる影響、PT調査の回答内容や属性別の回収率の違いに起因する影響、モバイル空間統計の人口推計アルゴリズムに起因する影響など複数の要因が考えられる。

4. 携帯電話位置情報を活用したPT調査の簡素化のケーススタディ

(1) ケーススタディの概要

a) ケーススタディの考え方

携帯電話位置情報を活用したPT調査の簡素化の可能性について検討した。静岡中部都市圏PT調査からサンプルを抽出し、小規模PT調査を模したデータ（以下簡易PT調査）を作成し、簡易PT調査と携帯電話から得られる滞留人口を比較して、簡易PT調査の滞留人口が携帯電話の滞留人口と整合するように補正した上で集中量を算出し、もとの静岡中部都市圏PT調査と比較した。

b) 簡易PT調査データの作成方法

PT調査の標本率は、分析対象とする集計区分数によって設定され（式1）⁴⁾、小ゾーン別目的別手段別発生量の精度が担保されるように設定されるのが一般的である。これより標本率を低減することを想定し、比較的粗い中ゾーンを対象するとともに、目的別または手段別のいずれかみの精度を担保するように設計し、簡易PT調査の標本率を1.0%と設定した（表4）。

簡易PT調査のシミュレーションデータの作成においては、中ゾーン別に上記の標本率を満たす性別年齢階層別のサンプル数を設定し、静岡中部都市圏PT調査のマスターデータから、中ゾーン別性別年齢階層別に等間隔系統抽出により作成した。

$$RSD(A) = K \sqrt{\frac{ZK-1}{N} \cdot \frac{1-r}{r}} \quad (式1)$$

r : サンプル率

$RSD(A)$: 相対誤差 (20%)

K : 信頼係数 (1.96)

N : 母集団 (5歳以上人口×生成原単位)

ZK : 集計区分数 (ゾーン×目的分類×手段分類)

表4 簡易PT調査の標本率と担保する集計区分数

項目	ゾーン	目的	手段	標本率
中ゾーン別 目的別発生量	64 中ゾーン	5	1	1.0%
中ゾーン別 手段別発生量	64 中ゾーン	1	5	1.0%

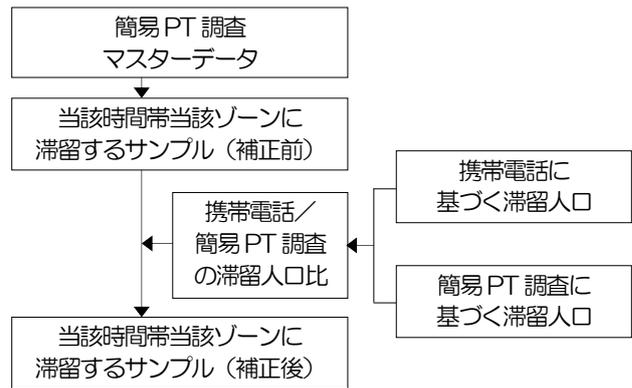


図8 携帯電話位置情報と簡易PT調査の活用によるケーススタディのフロー

表5 ケーススタディにおける設定

対象ゾーン	静岡市都心部の中ゾーン101
居住地区分	静岡市葵区・駿河区・清水区、その他計4区分
年齢階層区分	15～29歳、30～59歳、60歳～79歳計3区分
対象時間帯	10時台、14時台

c) 補正方法

ここでは、滞留人口（居住地別、年齢階層別）について、サンプル数の多いモバイル空間統計のほうが、1%の簡易PT調査より確からしいと仮定し、補正方法を設定した。具体的には、当該時間帯に当該ゾーンに滞留するサンプルを簡易PT調査のマスターデータから抜き出し、簡易PT調査と携帯電話から得られる居住地別年齢階層別滞留人口を比較して「携帯電話／簡易PT調査の滞留人口比」を作成し、上記で抜き出したサンプルに乗じて簡易PT調査の滞留人口が携帯電話の滞留人口と整合するように補正した。

3章における携帯電話位置情報の特性分析を踏まえ、ゾーンの特殊性があると考えられる小ゾーン102を対象から除き、101ゾーンのみを対象とした。対象としたゾーン、居住地の区分、年齢階層は表5の通りである。

(2) ケーススタディ結果

ケーススタディの結果を表6、図9から図16に示す。

表6 携帯電話／簡易PT調査の滞留人口比（標本率1.0%）

居住地	年齢	10:00			14:00		
		滞留人口		携帯 /PT比	滞留人口		携帯 /PT比
		携帯	簡易PT		携帯	簡易PT	
静岡市 葵区	-29歳	1785	1704	1.05	1970	2210	0.89
	-59歳	5966	6771	0.88	6126	5850	1.05
	60歳-	2995	4389	0.68	3290	4173	0.79
静岡市 駿河区	-29歳	1238	1713	0.72	1299	2436	0.53
	-59歳	4071	4602	0.88	4175	5386	0.78
	60歳-	1835	808	2.27	1975	2314	0.85
静岡市 清水区	-29歳	427	496	0.86	595	200	2.98
	-59歳	1278	2211	0.58	1420	2302	0.62
	60歳-	248	302	0.82	405	195	2.08
都市圏 その他	-29歳	481	893	0.54	646	1095	0.59
	-59歳	1712	2598	0.66	1904	2595	0.73
	60歳-	376	390	0.96	472	398	1.19

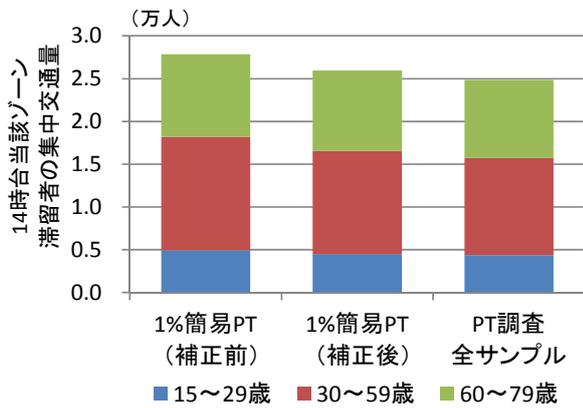


図-9 10時台滞留者の集中量の補正結果 (年齢階層構成)

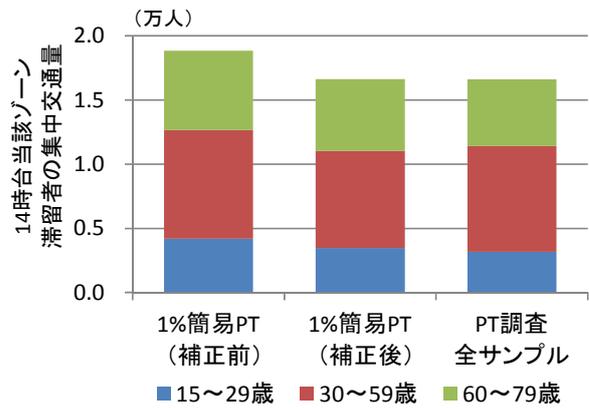


図-13 14時台滞留者の集中量の補正結果 (年齢階層構成)

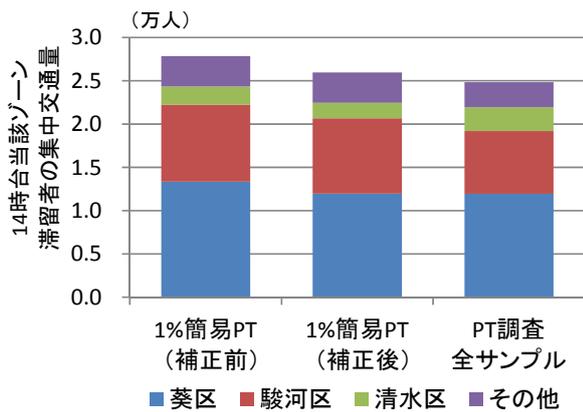


図-10 10時台滞留者の集中量の補正結果 (居住地構成)

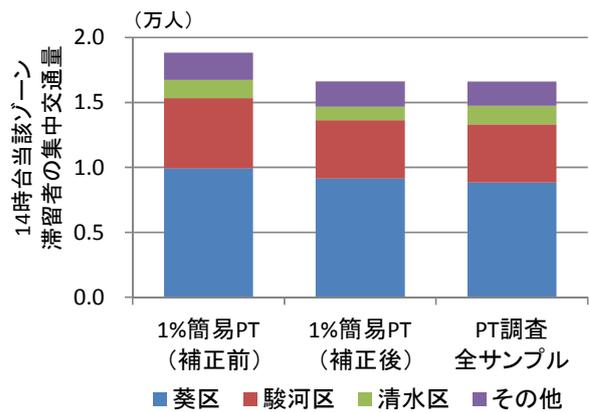


図-14 14時台滞留者の集中量の補正結果 (居住地構成)

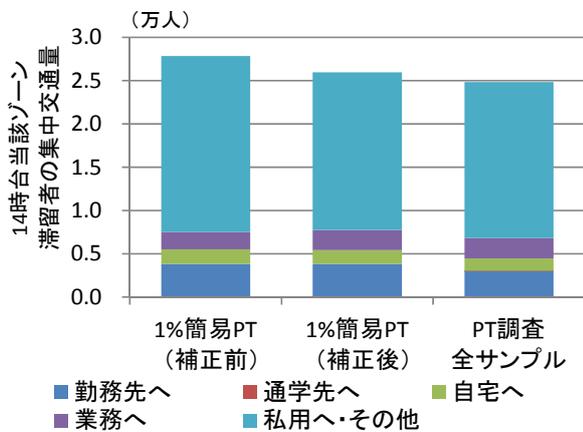


図-11 10時台滞留者の集中量の補正結果 (目的構成)

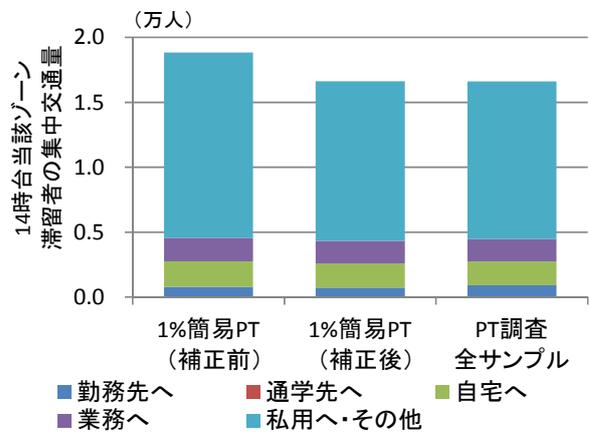


図-15 14時台滞留者の集中量の補正結果 (目的構成)

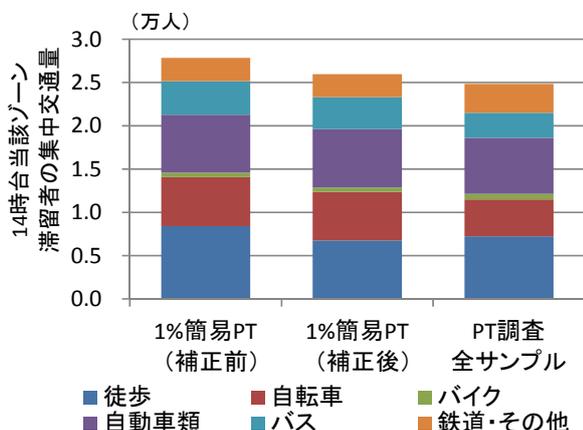


図-12 10時台滞留者の集中量の補正結果 (手段構成)

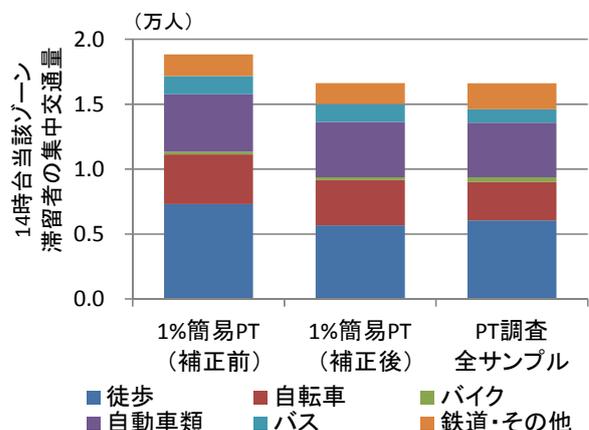


図-16 14時台滞留者の集中量の補正結果 (手段構成)

表-6をみると、当該ゾーンに居住地に近い、葵区、駿河区では、携帯電話／簡易PTの滞留人口比は1.0に近い傾向にあるが、清水区や都市圏その他地域では、1.0から離れる傾向にある。

図-9から図-16をみると、本ケースでは、10時、14時ともに、携帯電話／簡易PTの滞留人口比を乗じることにより、集中交通量の総量が、静岡中部都市圏のPT調査の全サンプルの結果に近づく傾向にあるとともに、年齢階層別、居住地別、目的別、手段別の集中交通量も全サンプルの結果に近づく傾向がある。ケーススタディで対象とした101ゾーンは、102ゾーンと比較してPT調査と滞留人口の傾向が類似性が高く、このような場合には、携帯電話／簡易PTの滞留人口比を乗じることにより、PT調査の結果に近づくことがうかがえる。

5. 携帯電話位置情報及び簡易PT調査の活用可能性

3章では、PT調査と携帯電話の位置情報の滞留人口を比較し、同様の傾向を示す集計区分も多いが、差異が大きいカテゴリーも複数みられることを確認した。

この要因として、例えば、モバイル空間統計の地域区分をメッシュからゾーンに変更することによる影響、PT調査の回答内容や属性別の回収率の違いに起因する影響、モバイル空間統計の人口推計アルゴリズムに起因する影響など複数の要因が考えられる。簡易PT調査の補正に携帯電話の位置情報を活用するためには、様々な都市圏や地域等においてPT調査と携帯電話の位置情報の滞留人口の特性を詳細に分析し、差異の要因について探ることが重要である。

4章のケーススタディから、標本率を下げた簡易PT調査を実施した場合、通常のPT調査の結果と異なることがあっても、携帯電話の位置情報の滞留人口と、PT調査の結果が近い場合には、携帯電話／簡易PTの滞留人口比を乗じることにより、PT調査の結果に近づく可能性があることを確認した。

携帯電話の位置情報は、現状では、メッシュ単位の滞留人口でしか把握できず、本稿のケーススタディでは、ゾーンに変換した滞留人口を用いて、当該時間帯に当該ゾーンに滞留していたサンプルを対象に補正を行い、対象サンプルの集中交通量で比較した。

また、携帯電話の位置情報は、PT調査と比較してサンプル数が多く、携帯電話の位置情報で把握できる居住地別年齢階層別の滞留人口は、絶対量として相当程度信頼できると想定されるが、目的や手段を把握することができない。そのため、本稿のケーススタディのように目的や手段等を一定程度の精度で担保する簡易PT調査と組み合わせることが有効な方法と考えられる。

本稿のケーススタディでは、都心部のトリップが集中

する地域を対象としたため、推計結果も概ね妥当なものとなったが、昼間の時間帯には滞留人口が少ない都市圏の郊外部において同様の手法を適用することは難しいと考えられる。都市圏全体に適用可能な手法を検討することは今後の課題と考える。

6. おわりに

一般的に、欧米のPT調査は、交通モデルを介して交通量等を推計することを前提に、わが国のPT調査より、標本率を非常に小さく設定している。例えば、ニューヨーク都市圏の最新（2010-11年）の調査では⁵⁾、18,965世帯、43,558人の移動を把握しており、都市圏人口を2300万人とすると標本率は約0.2%である。東京都都市圏の最新（2008年）調査⁶⁾の標本率2%と比較しても格段に低い。

また、Virginia Department of Transportation(VDOT)の資料⁷⁾によると、例えば、オハイオ州のMPOでは、人口150万人の都市圏に対して、実態調査によるデータ収集に52.5万ドル、アクティビティベースモデルの開発に100万ドルの費用を計上するなど、わが国と比較するとモデル開発に費用をかける傾向がある。わが国においても、小サンプルデータを用いたモデル開発の可能性について検討するとともに、実際の調査費用とモデル開発費用のバランスや社会的受容度等を考慮した上で、わが国に対応した適切な方法を検討することが重要である。

謝辞：静岡中部都市圏交通計画協議会から、静岡中部都市圏パーソントリップのマスターデータを提供いただいた。ここに記して謝意を示す。

参考文献

- 1) 国土交通省都市局都市計画課都市交通調査室：総合都市交通体系調査の手引き（案），2007.
- 2) 株式会社 NTT ドコモ:モバイル空間統計に関する情報、https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile_spatial_statistics/
- 3) 静岡中部都市圏交通計画協議会：静岡中部都市圏の人の動き 静岡中部都市圏パーソントリップ調査の結果から，2014.
- 4) 国土交通省都市局都市計画課都市交通調査室：総合都市交通体系調査の手引き（案），2007.
- 5) New York Metropolitan Transportation Council(NYMTC)：2010/2011 Regional Household Travel Survey (RTHS)，http://www.nymtc.org/project/surveys/survey2010_2011RTHS.html
- 6) 東京都都市圏交通計画協議会：第5回東京都都市圏パーソントリップ調査 人の動きから見える東京都圏，2009.
- 7) Virginia Department of Transportation(VDOT)：Implementing Activity-Based Model in Virginia，2009.