

都市交通分野における携帯電話基地局データ とパーソントリップ調査の組合せ分析 に関する研究

吉田 純土¹・森尾 淳²・中野 敦²
山口 高康³・池田 大造³・今井 龍一⁴

¹正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 都市研究部 都市施設研究室
(〒305-0802 茨城県つくば市立原1番地) E-mail: yoshida-j23j@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, anakano@ibs.or.jp

³非会員 株式会社NTTドコモ 先進技術研究所 (〒239-8536 神奈川県横須賀市光の丘3-6)
E-mail: yamaguchitaka@nttdocomo.com, ikedad@nttdocomo.com

⁴正会員 東京都市大学 工学部 都市工学科 准教授 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1-28-1)
前国土交通省 国土技術政策総合研究所 防災・メンテナンス基盤研究センター
メンテナンス情報基盤研究室
E-mail: imair@tcu.ac.jp

パーソントリップ調査結果は、わが国の都市交通分野の施策立案、計画策定において、重要なデータのの一つとして活用されてきた。一方、データの即時性、統計的信頼性、網羅性の観点から、交通関連ビッグデータの都市交通分野への活用が期待されており、特に、携帯電話ネットワークの運用データから生成される人口の統計情報である「モバイル空間統計」に対する期待は大きい。

本稿では、わが国最大の都市圏である東京都市圏を対象に、モバイル空間統計の特性をPT調査との比較から分析するとともに、PT調査とモバイル空間統計の組み合わせに関する分析等を通じて、モバイル空間統計の都市交通分野への適用可能性を考察する。

Key Words : *Mobile spatial statistics, Person trip survey, Tokyo metropolitan area, Urban transport*

1. 研究の背景

わが国の都市交通分野の施策立案、計画策定において、パーソントリップ調査（以下、「PT調査」とする。）の結果が重要なデータのの一つとして活用されている。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年ごとに実施することを推奨している。しかし、調査を実施する地方公共団体の財政制約等から、地方都市圏を中心にこれまで継続的に実施されてきた都市圏においても、調査間隔が長くなる傾向にある。これまで、都市交通分野の政策課題は、大規模な交通施設の整備が中心であったが、近年は広範にわたり政策課題が変化しつつあり、10年に一度の調査だけではニーズに対応できないという指摘も散見される²⁾。

一方、携帯電話、カーナビゲーションシステム、交通系ICカード等から多量の人の移動情報を24時間365日把握できるようになってきており、データ活用の即時性、統計的信頼性、網羅性の観点からも都市交通分野への活用が期待されている。また、これらの交通関連ビッグデータと既存の交通関連統計調査との組み合わせによる情報の高度化、分析の高度化に対する期待も高まっており、筆者らもこれまで様々な研究を行ってきた³⁾。

交通関連ビッグデータのうち、携帯電話基地局データの一つである「モバイル空間統計」は、携帯電話ネットワークの約7,000万人の運用データ（法人名義のデータなどを除去）から生成される人口の統計情報であり、日本全国の1時間ごとの人口分布を24時間365日把握できることから、都市交通分野への活用が期待される。

筆者らは、先行研究⁷⁾において、東京都市圏を対象に、モバイル空間統計の特性をPT調査との比較から分析するとともに、PT調査の手段構成を考慮して、モバイル空間統計の手段構成を推計した。本稿では、PT調査とモバイル空間統計との組み合わせによる推計を目的構成へ拡張する。また、手段構成は、PT調査とモバイル空間統計との組み合わせによる推計結果と他の統計とを比較し、モバイル空間統計の都市交通分野の実務への適用可能性を考察する。これに加えて、都市交通分野におけるモバイル空間統計の活用方法も考察する。

2. 本研究の分析方法

(1) モバイル空間統計の概要⁸⁾⁻¹⁰⁾

モバイル空間統計は、NTTドコモの携帯電話ネットワークの運用データから生成される人口の統計情報であり、基地局エリアに所在する携帯電話の台数を人口当たりのNTTドコモの携帯電話の普及率に基づき拡大し、基地局エリアごとの人口をメッシュや市区町村ごとの人口に再集計した結果である。この人口分布には、当該地域に滞留している人と通過する移動中の人が含まれる。モバイル空間統計が得られるエリアは、NTTドコモの携帯電話のサービスエリアとほぼ等しく全国をカバーし、24時間365日において1時間ごとに得られる。また、居住地や性年齢階級別の個人属性別に集計できる。

(2) PT調査の概要¹⁾

PT調査は、「1日の人の移動」の実態を明らかにする。具体的には、個人・世帯属性、個々の移動の目的、出発地・到着地、出発時刻・到着時刻や移動手段を調査する。調査対象に定めた地域の居住者を対象とし、住民基本台帳から世帯ごとに無作為に抽出して調査票を配布する。回収された調査票を個人単位で地域ごとに性別年齢階級別人口に住民基本台帳の人口データと整合するように拡大する。PT調査は、秋の平日を対象として、世帯ごとに調査日を設定して調査するのが一般的である。集計結果は秋の平日の平均的な1日の移動に関する統計情報として活用されている。移動目的や移動手段別の交通量やその構成比等を把握するために活用するのが一般的であるが、任意の時間断面を設定することで、任意の地域に滞在している「滞留人口」、移動中である「移動人口」を集計できる。これらの数値は、性年齢階級や居住地等の個人属性別、移動手段別、移動目的別に集計できる。

また、PT調査は、これまでに、64都市圏、延べ135回実施されるとともに、そのデータの特性を活かして、都市交通に関連する計画策定、施設整備等に関する検討、分析に活用されている。

(3) 本研究の分析方法

本研究では、平成20年の東京都市圏PT調査とモバイル空間統計を活用し、都市交通計画関連分野への適用可能性を確認するために、以下の分析を行った。

- ①PT調査の活用によるモバイル空間統計の目的構成の人口推計
- ②PT調査の活用によるモバイル空間統計の交通手段構成の人口推計と他の統計との比較

3. PT調査の活用によるモバイル空間統計の目的構成の人口推計

(1) 推計方法

目的構成の人口は、モバイル空間統計の時間帯別性別年齢階級別の値に対して、PT調査で得られた地域別の滞留人口の時間帯別性別年齢階級別の目的構成を適用し、モバイル空間統計から簡易的に地域別の人口分布の目的構成を推計した(図-1)。

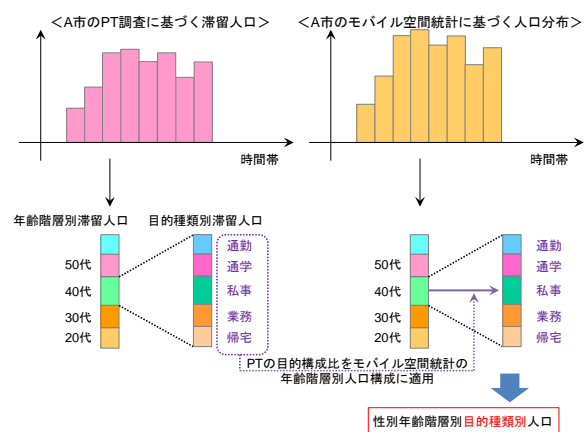


図-1 モバイル空間統計とPT調査を活用した目的構成の人口推計イメージ

(2) 推計結果

上記の推計手法を東京都市圏の市区町村に適用した結果として、新宿区とつくば市の数値を示す(図-2~図-9)。

新宿区では、15~19歳、20-24歳、25-29歳、30-34歳の若年層においてモバイル空間統計が若干多い傾向にある。

つくば市では、いずれの年齢階級でもモバイル空間統計が多い傾向にある。夜間人口に相当する3時から6時頃の深夜、早朝の時間帯のPT調査の滞留人口とモバイル空間統計の人口分布は同程度であるが、昼間の時間帯は、PT調査と比較して、モバイル空間統計の人口分布が若干多い。モバイル空間統計による時間帯別移動目的構成(図-9)をみると、目的構成は同様の傾向を示しているが、昼間の時間帯(9時から17時頃の時間帯)は、モバイル空間統計の数値が多いため、全体的に引き延ばされている。

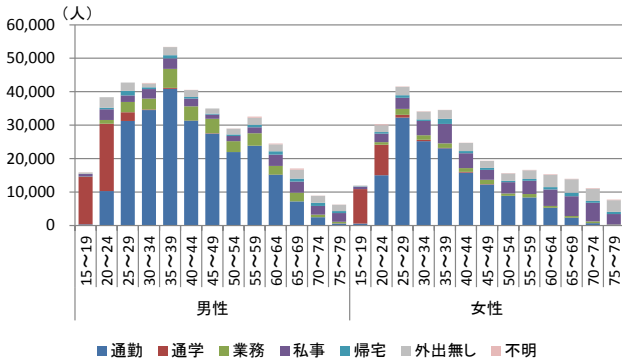


図-2 PT調査に基づく性別年齢階級別移動目的構成 (新宿区・12時)

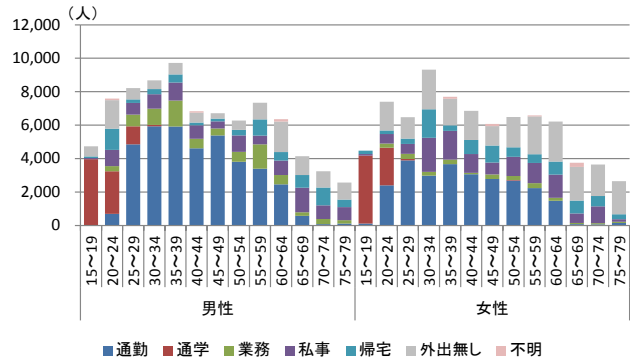


図-6 PT調査に基づく性別年齢階級別移動目的構成 (つくば市・12時)

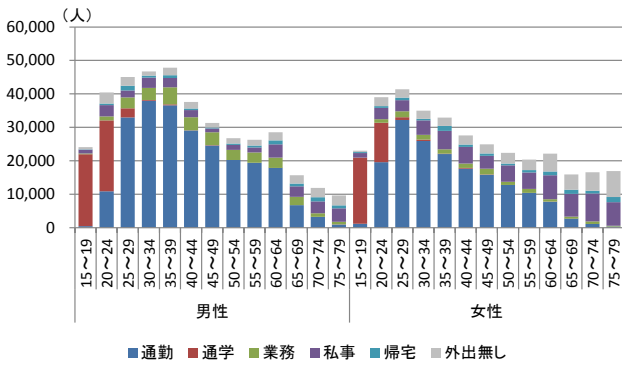


図-3 モバイル空間統計による性別年齢階級別移動目的推計結果 (新宿区・12時)

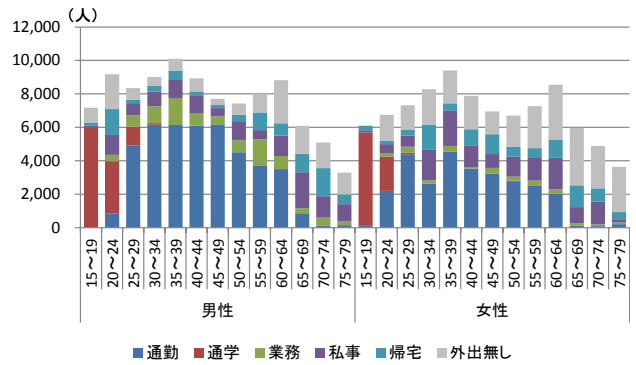


図-7 モバイル空間統計による性別年齢階級別移動目的推計結果 (つくば市・12時)

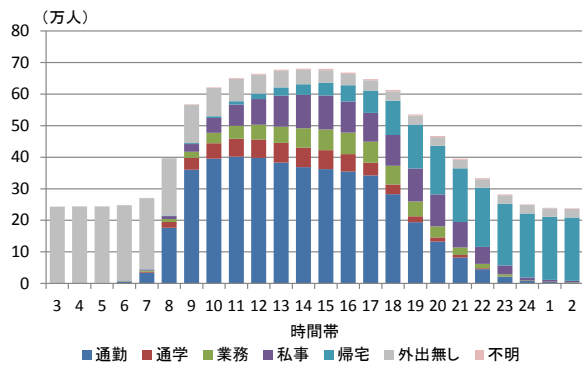


図-4 PT調査に基づく時間帯別移動目的構成 (新宿区)

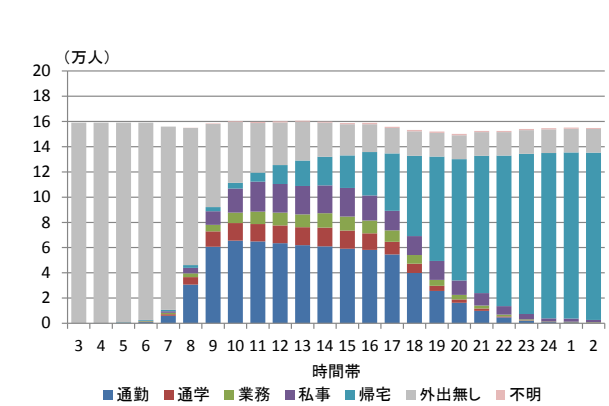


図-8 PT調査に基づく時間帯別移動目的構成 (つくば市)

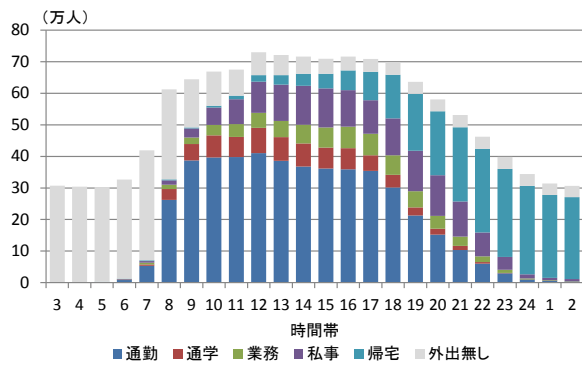


図-5 モバイル空間統計による時間帯別移動目的構成 (新宿区)

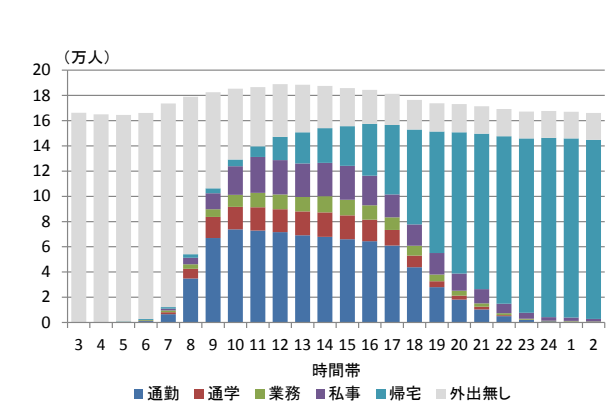


図-9 モバイル空間統計による時間帯別移動目的構成 (つくば市)

4. PT調査の活用によるモバイル空間統計の交通手段構成の人口推計と他の統計との比較

(1) 推計方法

交通手段構成の人口は、モバイル空間統計の時間帯別性別年齢階級別の値に対して、PT調査で得られた地域別の滞留人口の時間帯別性別年齢階級別の手段構成を適用し、モバイル空間統計から簡易的に地域別の人口分布の手段構成を推計した(図-10)。

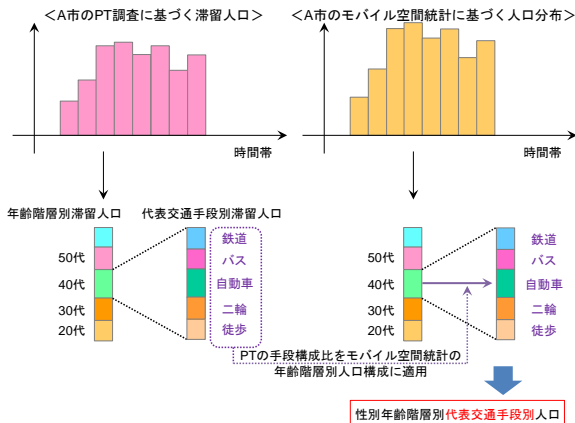


図-10 モバイル空間統計とPT調査を活用した交通手段構成の人口推計イメージ

(2) 推計結果

上記の推計手法を東京都市圏のつくば市に適用すると、図-11から図-14のようになる。

つくば市では、いずれの年齢階級でもモバイル空間統計が多い傾向にある。男性の高校生、大学生に相当する15-19歳、20-24歳で、特に顕著である(図-11, 図-12)。

夜間人口に相当する3時から6時の深夜、早朝の時間帯のPT調査の滞留人口とモバイル空間統計の人口分布は同程度であるが、7時以降の昼間の時間帯は、PT調査と比較して、モバイル空間統計の人口分布が若干多い。これは、つくば市が東京都市圏の最も郊外部にあり、モバイル空間統計に都市圏外の居住者の含まれていることも一因であると考えられる。

つくば市のモバイル空間統計による時間帯別移動手段構成(図-14)をみると、手段構成はPT調査と同様の傾向であるが、7時以降の時間帯、特に、9時から17時頃の時間帯は、モバイル空間統計の数値が多いため、全体的に引き延ばされている。

また、つくば市の人口分布のうち、鉄道利用者に着目すると(図-15)、9時頃から鉄道利用者が増加しはじめ、12時に約11,800人でピークとなり、19時に約8,800人となり、その後増加を続け、24時には約13,800人、2時には約15,600人となる。つくば市の深夜の分布人口であることから、そのほとんどが、つくば市居住者の帰宅時の鉄道利用者として想定される。

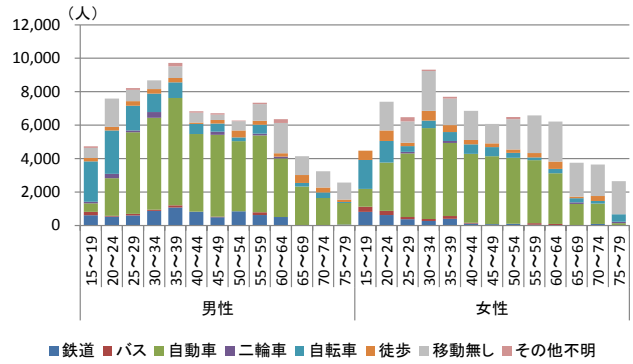


図-11 PT調査に基づく性別年齢階級別交通手段構成(つくば市・12時)

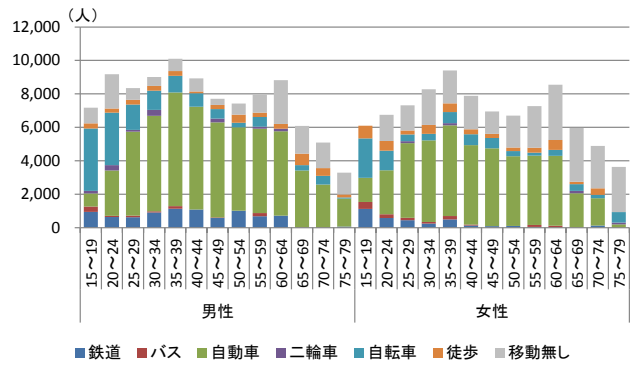


図-12 モバイル空間統計による性別年齢階級別交通手段推計結果(つくば市・12時)

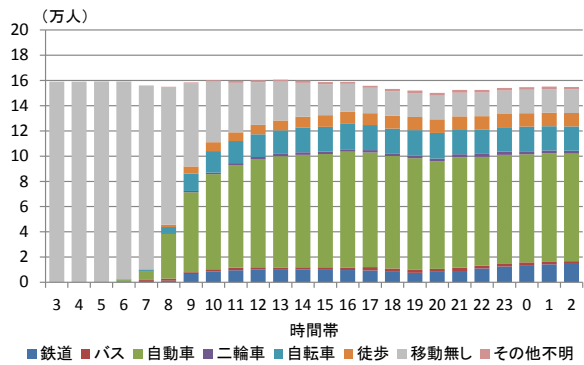


図-13 PT調査に基づく時間帯別交通手段構成(つくば市)

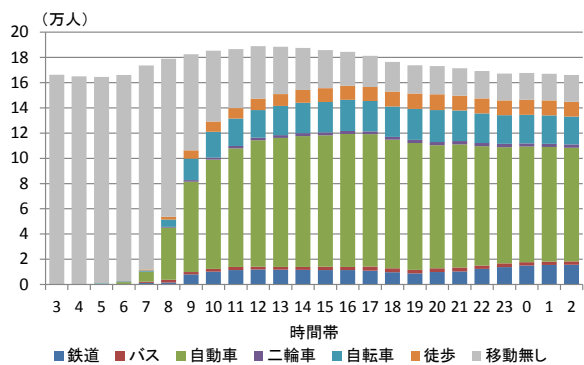


図-14 モバイル空間統計による時間帯別交通手段構成(つくば市)

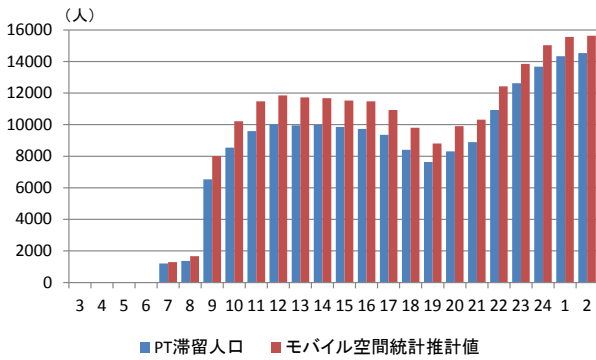


図-15 モバイル空間統計による時間帯別鉄道利用人口分布（つくば市）

(3) 他の統計との比較

上述のつくば市における推計手法・結果の妥当性を検証するため、①PT調査を活用したモバイル空間統計の交通手段構成の推計値と、②国勢調査における鉄道を利用したと想定される就業者・通学者数及び③鉄道事業者が公表する駅の平均乗車人員とを比較した。

ここで、①は12時及び2時における鉄道利用者の人口分布（図-15）、②は平成22年の国勢調査のつくば市に係る自宅外従業者・通学者のうち鉄道利用を含む人口（表-1）を抽出し、③はつくば市内におけるつくばエクスプレス線の各駅の平成23年度乗車人員の平均値（表-2）を用いた。

表-1 つくば市の国勢調査における通勤・通学の利用交通手段

交通手段	つくば市居住の15歳以上 自宅外就業者・通学者数
総数（利用交通手段）	102,733
I 利用交通手段が1種類	87,857
1 徒歩だけ	3,786
2 鉄道・電車	4,761
3 乗合バス	1,594
4 勤め先・学校のバス	899
5 自家用車	60,231
6 ハイヤー・タクシー	20
7 オートバイ	1,011
8 自転車	14,667
9 その他	888
II 利用交通手段が2種類	9,247
10 鉄道・電車及び乗合バス	1,662
11 鉄道・電車及び勤め先・学校のバス	109
12 鉄道・電車及び自家用車	2,615
13 鉄道・電車及びオートバイ	191
14 鉄道・電車及び自転車	1,369
15 その他利用交通手段が2種類	3,301
III 利用交通手段が3種類以上	1,000
不詳	4,629
鉄道利用・利用可能性の高い層合計 （上記着色セル）	11,707

（資料）総務省統計局：平成22年国勢調査¹²⁾

表-2 つくばエクスプレスの1日平均乗車人員

駅名	平成23年度 1日平均乗車人員
みどりの	2,690
万博記念公園	2,063
研究学園	4,886
つくば	15,638
つくば市内駅計	25,277

（資料）つくばエクスプレスホームページ¹³⁾

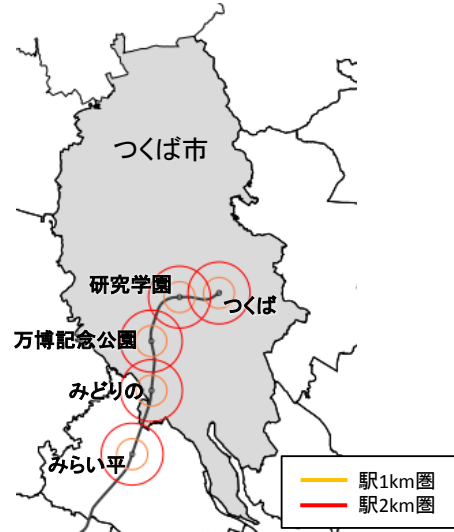


図-16 つくば市内に立地する鉄道駅

はじめに、①と②とを比較する。②の国勢調査における自宅外就業者・通学者のうち、つくば市内居住者で鉄道を利用した想定される人口は約11,700人である。これに相当する①のPT調査を活用したモバイル空間統計の交通手段構成の推計値における2時の鉄道利用者の人口分布（その多くがつくば市内居住者と想定される）は約15,600人となる。②が①に比して少ない原因としては、②の国勢調査の人口には通勤・通学外の移動（私事、通院、観光等）が含まれないことやPT調査と国勢調査の実施年次が異なること（つくば市は人口が増加）が考えられる。

次に、①と③とを比較する。③のつくば市内における駅の平均乗車人員の合計値に相当する数値として、①のモバイル空間統計とPT調査の組み合わせによる鉄道利用者数推計値における12時と2時の合計値を想定した*。①の合計値は、27,480人であり、③の合計値25,277人とほぼ同規模となった。

5. PT調査とモバイル空間統計の組み合わせによる推計結果の活用可能性

PT調査は、一般に、10年に1回の頻度で秋の調査対象者の1日の行動を把握する調査であるため、交通ネット

ワークや人口分布などの変化を機動的に分析することや、曜日や季節の変動に対応した分析をすることは難しい。

一方、前章までの結果で示したように、PT調査とモバイル空間統計とを組み合わせ推計した結果は、他の統計とある程度の整合が確認されている。交通手段構成、目的構成などの行動規範に対する大きな変動要因（新線の開通、大型施設の開業等）がなければ、PT調査とモバイル空間統計の組み合わせによる分析は、都市交通分野の施策立案、計画策定に活用できると考えられる。

また、モバイル空間統計には、日々の年齢階級別の人口分布が把握できる特性があり、PT調査とモバイル空間統計を組み合わせることにより、目的や手段の季節変動や曜日変動等の確認にも活用できる。

しかしながら、4. (3) で示したとおり、各種データには、集計対象や集計方法等に差異がある故に、それぞれデータ特性を有している。例えば、PT調査は特定の実施日における特定エリアの居住者を対象としている点、携帯電話の利用者属性の構成がPT調査の回答者属性の構成とやや異なる点等が挙げられる。活用にあたっては、モバイル空間統計とPT調査のそれらの特性に十分留意するべきであると考えられる。

5. おわりに

本稿の分析により、携帯基地局データの一つであるモバイル空間統計の性年齢階層別の人口分布に、PT調査の目的構成、手段構成を適用することにより、他の統計調査とある程度整合する数値が得られることが確認された。

携帯電話網の運用データは、毎日24時間継続的に把握できること、都市圏外居住者を把握できることなどの特徴がある。また、現在、この運用データを基に人口流動を把握する手法の開発が進められている¹⁹⁾。これらの状況から、携帯電話網の運用データに基づく人口分布統計や人口流動統計とPT調査との組み合わせにより、都市交通計画分野における適用範囲は、さらに広がると考えられる。

* 12時の鉄道利用者の多くがつくば市内就業者、通学者で、帰宅時につくば市内の駅から乗車すると想定し、2時の鉄道利用者の多くがつくば市内居住者で、出勤・登校時につくば市内の駅から乗車すると想定した。

参考文献

- 1) 国土交通省都市・地域整備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) 石田東生，小向太郎，渡田滋彦，中村正，谷島賢：交通政策・運用・調査とビッグデータ，交通工学，Vol.50, No.1, pp.8-17, 2015
- 3) 藤岡啓太郎，森尾淳，平田晋一，中野敦：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，土木計画学研究・講演集，Vol.49, 2014
- 4) 井星雄貴，今井龍一，濱田俊一，森尾淳，牧村和彦：異なる動線データの補完可能性に関する一考察，土木計画学研究・講演集，Vol.44, 2011
- 5) 今井龍一，深田雅之，重高浩一，矢部努，牧村和彦，足立龍太郎：多様な動線データの組合せ分析による都市交通計画への適用可能性に関する考察，土木計画学研究・講演集，Vol.48, 2013
- 6) 今井龍一，田嶋聡司，矢部努，塚田幸広，重高浩一，橋本浩良，山王一郎，石田東生：動線データを活用した都市活動のモニタリングの持続的な運用に向けた取り組み，土木計画学研究・講演集，Vol.51, 土木学会，2015
- 7) 森尾淳，牧村和彦，山口高康，池田大造，西野仁，藤岡啓太郎，今井龍一：東京都市圏におけるモバイル空間統計とパーソントリップ調査の比較分析—都市交通分野への適用に向けて—，土木計画学研究・講演集，Vol.52, 土木学会，2015
- 8) 岡島一郎，田中聡，寺田雅之，池田大造，永田智大：携帯電話ネットワークからの統計情報を活用した社会・産業の発展支援—モバイル空間統計の概要—，NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル，Vo.20, No.3, pp.6-10, 2012
- 9) 寺田雅之，永田智大，小林基成：モバイル空間統計における人口推計技術，NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル，Vol.20, No.3, pp.11-16, 2012
- 10) 株式会社ドコモインサイトマーケティング：モバイル空間統計リーフレット，2015
- 11) 財団法人計量計画研究所編：総合都市交通体系調査の手引き 解説書 2007, 2007
- 12) 総務省統計局：平成22年国勢調査
- 13) つくばエクスプレスホームページ
- 14) 今井龍一，藤岡啓太郎，新階寛恭，池田大造，永田智大，矢部努，重高浩一，橋本浩良，柴崎亮介，関本義秀：携帯電話網の運用データを用いた人口流動統計の都市交通分野への適用に関する研究，土木計画学研究・講演集，Vol.52, 土木学会，2015

(2016. 4. 22 受付)

STUDY ON COMBINATORIAL ANALYSIS OF MOBILE SPATIAL STATISTICS AND PERSON TRIP SURVEY IN URBAN TRANSPORT FIELD

Jundo YOSHIDA, Jun MORIO, Atsushi NAKANO,
Takayasu YAMAGUCHI, Daizo IKEDA, and Ryuichi IMAI