# モバイル空間統計を用いた都市鉄道の需要分析手法の検討－東京圏を対象として－

武藤 智義[1]・金子 雄一郎[2]

[1]正会員　日本大学理工学部客員研究員（社会システム株式会社）
（〒150-0013 東京都渋谷区恵比寿 1-20-22）
E-mail:t_muto@crp.co.jp (Corresponding Author)

[2]正会員　日本大学教授 理工学部土木工学科（〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14）
E-mail:kaneko_yuuichirou@nihon-u.ac.jp

本研究は，携帯電話の位置情報を基にした人口統計データであるモバイル空間統計を用いた都市鉄道の需要分析手法を検討するものである．具体的には，東京圏を対象に，モバイル空間統計の滞在人口データを基に OD 表を作成し，既存統計との比較・検証を通じて妥当性を確認するとともに，作成した OD 表を基に分担交通量及び経路交通量を推計する．また，ケーススタディとして，新型コロナウイルス感染拡大以降の 2020 年から 2022 年の期間を対象に鉄道需要分析を行い，コロナ下におけるテレワークの普及などの行動変容が，各鉄道路線の輸送人員に及ぼした影響を考察する．

***Key Words:*** *mobile special statics, urban railway, demand analysis*

## 1. はじめに

わが国では 2020 年春以降の新型コロナウイルス感染症の感染拡大にともない，在宅勤務を中心としたテレワークやオンライン授業が普及し，通勤・通学時間帯における移動需要に大きな影響を及ぼしている．中でも都市鉄道の輸送人員は大幅に減少しており，例えば東京圏の JR 東日本及び大手民鉄の場合，コロナ前の 2019 年と比較して概ね 8～9 割の水準である（2022 年度実績）．

テレワークの動向については，2022 年時点で東京都の利用率が 25～27%と報告されており[注 1)]，定着しつつあるものと考えられる．したがって今後の鉄道需要を分析する上では，テレワークの利用にともなう OD 交通量の変化を考慮した分析を行うことが重要である．

OD 交通量の変化が鉄道路線毎の需要に与えた影響を把握する場合，一般に 4 段階推計法に基づく交通需要分析を行うが，従来の手法は国勢調査や都市圏パーソントリップ（PT）調査などの既往統計の調査結果を活用したものであり，予測された需要は調査時点に限られること，国勢調査は概ね 5 年毎，PT 調査が概ね 10 年毎に実施されており，2020 年以降のコロナ下のように，移動需要が短期間で大きく変動する場合には，都市圏内の移動需要を十分に説明できていないという課題がある．

一方近年は，携帯電話の位置情報を基にした人口統計の整備が進展しており，本研究ではこの人口統計の活用を検討する．携帯電話の位置情報には取得方法の違いから，基地局データと GPS データの 2 つに分類され，前者は広域的な人の移動の把握に，後者は局所的な人の移動の把握に適している．本研究では，大都市圏を対象に OD パターンの変化を把握することを目的としていることから，基地局データの統計の一つである NTT ドコモのモバイル空間統計を用いる．

ここで，モバイル空間統計を用いて移動需要を分析している既往研究として，例えば Dantsuji et al.[1)]は三大都市圏を対象に，コロナ流行初期における市区町村間のモビリティパターン（流動量）やトリップ長分布の変化を分析している．武藤ら [2)]は，東京圏を対象に市区町村間の OD 交通量の変化を分析している．小川ら [3)]は，金沢市の特定地域を対象に，滞在人口の時系列分析を行い新型コロナウイルス禍による行動変容を明らかにしている．金森ら [4)]は，モバイル空間統計と機械観測データを組合せ交通手段別ゾーン間交通量の算出手法を提案している．これらの研究では，鉄道路線毎の需要，鉄道経路の輸送人員の分析までは行っていない．

以上を踏まえ，本研究では東京圏を対象に，モバイル空間統計の滞在人口データを用いた都市鉄道の需要分析

手法を検討する．具体的には，市区町村単位での居住地－滞在地の人口データを基に，市区町村間 OD 表を作成し，平成 27 年国勢調査，第 6 回東京都市圏パーソントリップ調査との比較を行い，活用の妥当性を確認する．次に，作成した市区町村間 OD 表を基に機関分担交通量及び経路交通量を推計し，従来の既往統計を用いた予測結果のとの比較を行う．最後に，ケーススタディとして，新型コロナウイルス感染拡大以降の 2020 年から 2022 年の期間を対象に鉄道需要分析を行い，コロナ下におけるテレワークの普及などの行動変容が，各鉄道路線の輸送人員に及ぼした影響を考察する．

## 2. モバイル空間統計と既存統計との比較

### (1) モバイル空間統計の概要と検討の視点

モバイル空間統計は NTT ドコモの携帯電話の位置情報を基にした人口統計データであり，1 時間ごとの滞在人口を 24 時間 365 日取得可能である．これに加えて，携帯電話の契約情報より推計された居住地エリア（市区町村単位）が付与されており，滞在地と合わせることで OD パターンとして把握することができる．本研究で使用したモバイル空間統計の概要を**表-1** に示す．なお，対象地域は東京都市圏パーソントリップ調査の圏域と同様とする．これを**図-1** に示す．

**表-1** モバイル空間統計データの概要

| | |
|---|---|
| 集計データ | 時間帯別市区町村別居住地-滞在地人口 |
| 対象エリア | 東京圏：東京都市圏パーソントリップ調査と同じ圏域（東京都，神奈川県，埼玉県，千葉県，茨城県南部） |
| 集計期間 | 2020年1月～2022年11月　平日5日間 |

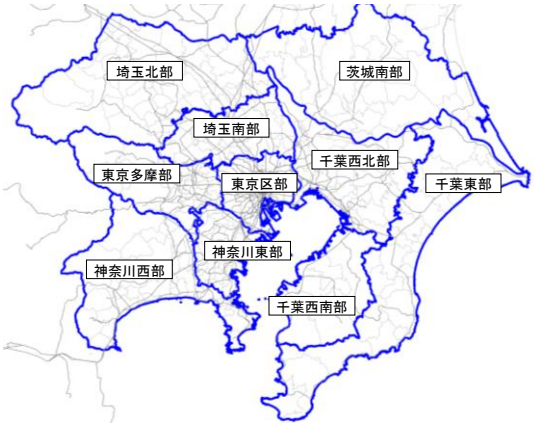



**図-1** 分析対象の東京都市圏の範囲

本研究では，モバイル空間統計の滞在人口データと既往の公的統計と比較する．具体的には，多くの企業等で始業時間帯にあたる午前 9 時台を対象に，居住地－滞在地人口を既往統計と比較し活用可能性を検討する．

コロナ下前の既往の公的統計として，平成 27 年国勢調査の常住地－従業地・通学地人口と平成 30（2018）年 9～11 月に実施された第 6 回東京都市圏パーソントリップ調査（以降，H30PT 調査）が存在する．ここでは，これらの統計とモバイル空間統計における 2020 年 1 月の平日 5 日間平均の比較を行い，通勤・通学時間帯の OD 表としての活用可能性を検討する．

なお，コロナ下の公的統計として，令和 3（2021）年 12 月に実施された第 13 回大都市交通センサス調査があるが，普通券利用者を対象とした一件明細調査は移動目的が把握できないこと，定期券利用者を対象とした定期券調査は発券枚数であり実際の 1 日の移動とは異なるといった課題があり，比較に適していないと考えられるため，ここでは検討を行わない．

### (2) 平成 27 年国勢調査との比較

平成 27 年国勢調査における市区町村別の常住地－従業・通学地人口とモバイル空間統計の居住地－滞在地人口との比較を行う．ここで，国勢調査の常住地の人口のうち，常住地もしくは居住地以外の市区町村で従業・従学している人口を対象に比較したものが，**図-2** である．両者の相関係数は 0.98 と高く，乖離の程度も小さいことがわかる．すなわち，モバイル空間統計の居住地－滞在地の人口データは，平成 27 年国勢調査の市区町村間の通勤・通学時間帯の OD 表を一定の精度で再現可能なものと考えられる．

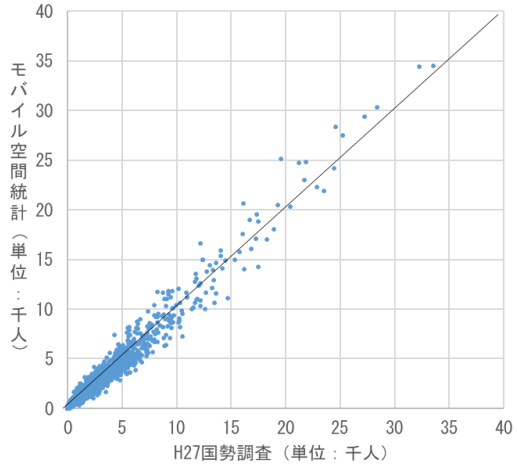



**図-2** モバイル空間統計の滞在人口と国勢調査の従業地・通学地人口の関係（市区町村間）

### (3) 第 6 回東京都市圏パーソントリップ調査との比較

H30PT 調査における自宅ー勤務目的と自宅ー通学目的の市区町村間の移動量と，モバイル空間統計 2020 年 1 月の平日 5 日間平均の 9 時台における居住地ー滞在地人口との比較したものが**図-3** である．両者の相関係数は，0.98 と高く，乖離の程度も小さいことがわかる．すなわち，モバイル空間統計の居住地ー滞在地の人口データは，H30PT 調査における市区町村間の通勤・通学時間帯の OD 表を一定の精度で再現できているものと考えられる．

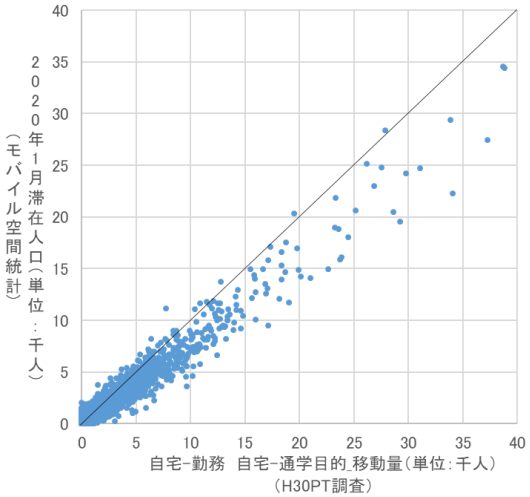



**図-3** モバイル空間統計の滞在人口と H30PT の移動量との関係（市区町村間）

## 3. モバイル空間統計を用いた鉄道需要分析手法

### (1) 分析の方法

2 章で述べた通り，モバイル空間統計の居住地ー滞在地人口データは，通勤・通学目的を対象とした市区町村間の通勤・通学時間帯 OD 表として活用可能性があることから，この OD 表を用いて需要分析を行う．

本研究では，2016 年の交通政策審議会答申第 198 号（以下 198 号答申）で用いられた鉄道需要分析手法に基づいて，交通機関別交通量及び鉄道経路別交通量の推計を行い，鉄道の断面別輸送人員の推計を行う．198 号答申の鉄道需要分析では，交通機関別交通量の推計には非集計ロジットモデルが，鉄道経路別交通量の推計には構造化プロビットモデルが適用されている．これらのモデルとパラメータなどの詳細については，「鉄道需要分析手法に関するテクニカルレポート」[注 2)]に記載されているため，ここではモバイル空間統計から作成する市区町村間 OD 表を活用する方法を中心に記載する．

分析の単位について，198 号答申の鉄道需要分析では，PT 調査の計画基本ゾーンを細分化した小ソーン単位（2,907 ゾーン）としているが，モバイル空間統計から作成した通勤・通学時間帯 OD 表は市区町村単位であることから，平成 27 年国勢調査から作成する現況の OD パターンで按分することとした．具体的には，小ゾーン間の OD パターンは不変と仮定して，モバイル空間統計より作成した通勤・通学時間帯 OD 交通量を割り振っている．

また，機関分担モデル，経路配分モデルについては，198 号答申における通勤目的（非高齢）を適用することとした．**図-4** に鉄道需要分析のフローを示す．

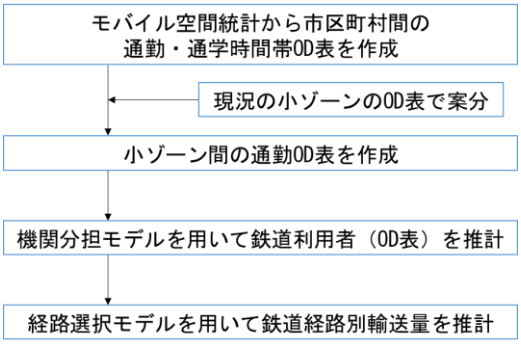



**図-4** 本研究における鉄道需要分析のフロー

### (2) 断面輸送人員の比較

2020 年 1 月のモバイル空間統計の市区町村間の通勤・通学時間帯 OD 表を用いた推計結果と，198 号答申の需要分析手法と同様に平成 27 年度国勢調査から作成した通勤・通学目的の OD 表を用いた推計結果について，東京圏の鉄道ネットワーク上の 2,005 箇所の断面を対象に，輸送人員の比較した結果を**図-5** に示す．モバイル空間統計の推計結果が若干過少になっているものの，相関係数は 0.99 と高く，両者の乖離は小さいことから，モバイル空間統計から集計した市区町村間 OD を用いることで，一定の精度で断面輸送人員を推計可能であると考えられる．

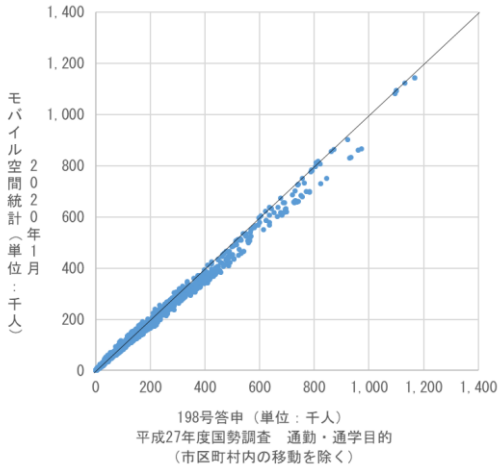



**図-5** 異なる OD 表を基にした断面輸送人員の推計結果の比較（モバイル空間統計を用いた方法と国勢調査を用いた方法）

### (3) 市区町村間の発生交通量

東京圏における 2020 年 1 月～2022 年 11 月までのモバイル空間統計に基づく市区町村の発生交通量（合計）の対 2020 年 1 月比の推移と，既往調査による東京のテレワーク利用率の推移を**図-6** に示す．これより発生交通量の推移は，2020 年は 1 回目の緊急事態宣言が発出された 2020 年 4 月及び 5 月で 0.6 程度と大きく減少し，解除後の 6 月以降は 0.6～0.8 で推移している．2021 年は 0.8～0.9 程度で推移をしており，2022 年になると 0.9 程度となっている月が多くなっている．

一方，テレワーク利用率をみると，2020 年 1 月は 10%であったが，1 回目の宣言後の同年 4 月には 38%まで上昇し，宣言解除後は概ね 20%台後半で安定的に推移している．テレワーク利用率が高い月では，発生交通量が減少していることから，両者には一定の関係が認められる．

以降では，2020 年 1 月を基準として，1 回目の緊急事態宣言が発出されていた 2020 年 5 月，2020 年 9 月，2021 年 9 月，2022 年 9 月のデータを用いて分析を行う．

### (4) 機関分担交通量と鉄道分担率

機関分担交通量と鉄道分担率の推計結果を**図-7** に示す．2020 年 5 月では，4 割程度の移動量が減少し，2020 年 9 月以降は 1～2 割程度の減少となっている．また，鉄道分担率に着目すると，2020 年 1 月は 64%となっていたが，2020 年 5 月は 57%，2021 年 9 月以降は，60%程度となっている．機関分担モデルは 198 号答申の需要分析の際に構築されたモデルを使用しているため，小ゾーン間の鉄道分担率は同一であるが，2020 年 5 月以降のコロナ下では，東京都心部を目的地とするような鉄道を多く利用する市区町村間の OD 交通量の減少が大きいため，東京圏全体では鉄道分担率が減少する結果となっている．

### (5) 主要区間の断面輸送人員の変化

コロナ下の輸送人員を把握できる既往調査として，国土交通省が毎年公表している都市鉄道混雑率調査が挙げられる．この調査では混雑率に併記する形で，東京圏における主要区間 31 区間の輸送人員が公表されている．輸送人員は最混雑時間帯における 1 時間の輸送人員であること，主に 10 月～11 月の 1 日または複数日のデータであることなど，本研究における断面輸送人員の推計結果と対象時間帯や時点が異なるものとなるが，コロナ下における鉄道輸送人員の推移を把握できる唯一の既往調査となるため，この調査と本研究の推計結果と比較する．

まず，主要 31 区間の断面輸送人員の平均について，2019 年から 2022 年におけるモバイル空間統計を用いた需要分析による推計値の対 2020 年 1 月比と，都市鉄道混雑率調査の対 2019 年比を**図-8** に示す．両者ともに，2019 年から 2020 年にかけて輸送人員が減少した後，

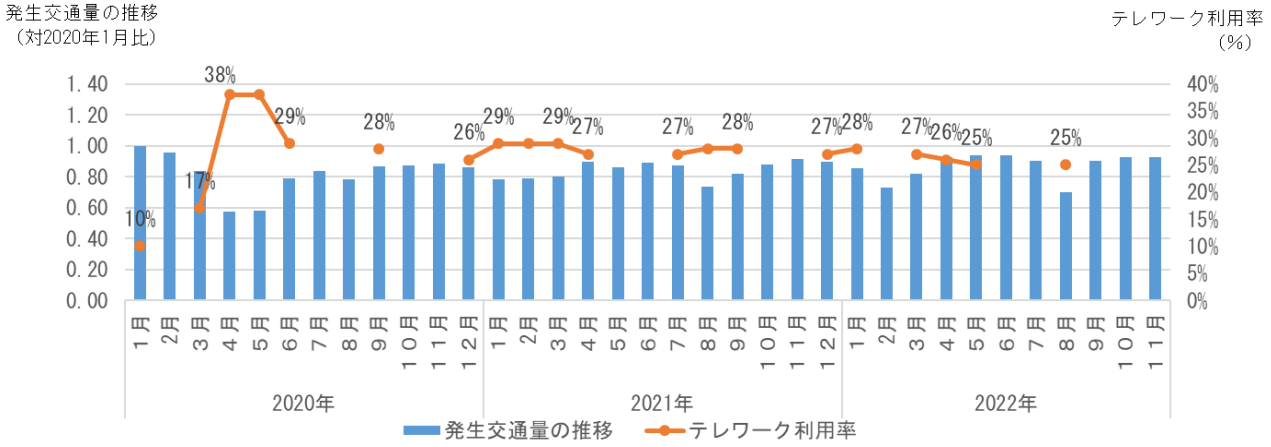



**図-6** 発生交通量とテレワーク利用率の推移

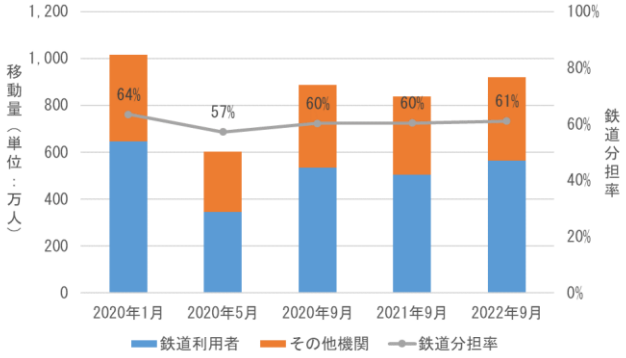



**図-7** 機関分担交通量と鉄道分担率の推計結果

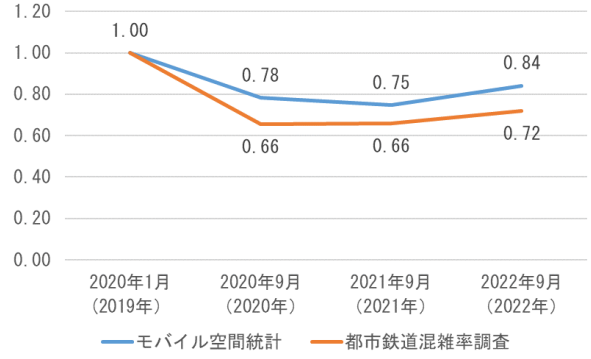



**図-8** 主要区間における断面輸送人員の推移

2021 年，2022 年で回復傾向にあることが確認できる．また，モバイル空間統計の比率が都市鉄道混雑調査の比率と比較してやや高い要因として，都市鉄道混雑率調査はピーク 1 時間の断面輸送人員であり，オフピーク通勤による時間帯変更の影響が含まれることに対して，モバイル空間統計は 9 時台までに従業地のある市区町村に到着した利用者を対象としていることが挙げられる．

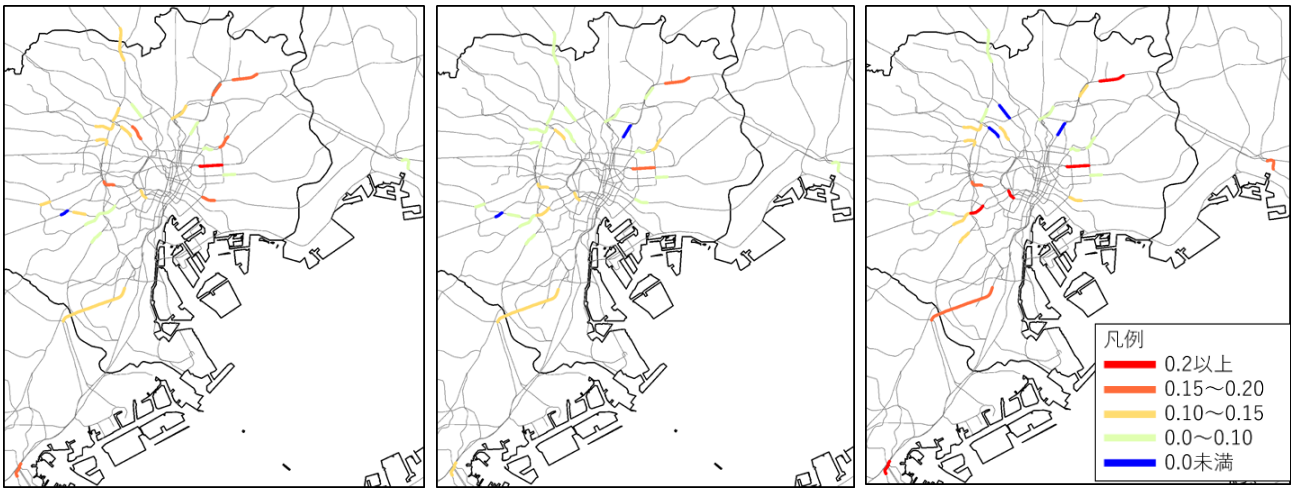
次に，モバイル空間統計を用いて推計した断面輸送人員について，上述の主要 31 区間における対 2020 年 1 月比を**図-9** に示す．2020 年 9 月，2021 年 9 月時点では，比率が 0.7 以下の区間が複数存在しており，特に東京都内の西部や南西部の区間で比率が小さい，すなわちコロナ下以前からの減少が大きい傾向がみられる．一方，2022 年 9 月時点では，全体的に比率が小さくなっており，回復傾向にあることがわかる．

また，主要 31 区間における断面輸送人員の対 2020 年 1 月比について，モバイル空間統計を用いた方法と都市鉄道混雑率調査の差分を算出した結果を**図-10** に示す．これより 2020 年は，東京東部の区間で乖離が大きい傾向がみられる．また，2021 年は全体的に乖離が縮小しているが，2022 年は再度乖離が拡大している．特に JR 東日本の横須賀線，常磐線，総武線などの山手線外の区間での乖離が大きい．この要因について，上述した通り，モバイル空間統計は 9 時台までに従業地のある市区町村に到着している移動を対象としているのに対して，都市鉄道混雑率調査では，最混雑時間帯 1 時間の輸送人員であり，オフピーク時間帯への変更は反映されていない．仮にオフピーク通勤の割合が高い路線（区間）の場合，乖離が大きくなる可能性があるが，この点に関しては引き続き検討が必要である．




(a) 2020 年 9 月　(b)2021 年 9 月　(c)2022 年 9 月

**図-9**　主要 31 区間における断面輸送人員の対 2020 年 1 月比（モバイル空間統計を用いた方法）




(a) 2020 年 9 月　(b)2021 年 9 月　(c)2022 年 9 月

**図-10**　主要 31 区間における断面輸送人員の対 2020 年 1 月比の差
（モバイル空間統計を用いた方法ー都市鉄道混雑率調査）

## 4. おわりに

本研究は東京圏を対象に，携帯電話の位置情報を基にした人口統計であるモバイル空間統計を用いた鉄道需要分析手法を検討した．主な結果は次の通りである．

第一に，モバイル空間統計の居住地－滞在地の 9 時台の人口データと，平成 27 年国勢調査における市区町村別の常住地－従業・通学地人口及び H30PT 調査と比較した結果，それぞれの既存統計との相関係数は高く，通勤・通学時間帯 OD 表として活用可能であることが分かった．

第二に，モバイル空間統計から作成した市区町村間 OD 表を活用して鉄道需要分析を行った結果について，既往統計（国勢調査）による断面輸送人員の推計結果と比較した結果，両者の乖離は小さく，強い相関が得られることを確認した．

第三に，モバイル空間統計の時系列データを用いて鉄道需要分析を行った結果，推計された断面輸送人員の推移は，国土交通省による都市鉄道の混雑率調査と概ね同様の傾向であることを確認した．ただし，時点や区間によっては両者の乖離が大きいことから，要因の分析も含めて引き続き検討が必要である．

最後に今後の課題として，今回推計対象外とした市区町村内の移動について，モバイル空間統計を活用した推計方法の検討が挙げられる．また，コロナ下の推計結果については，今後公表される既往統計調査等との比較を行い，結果を検証していく必要がある．さらに，テレワークが定着している状況を踏まえると，モバイル空間統計の居住地－滞在地の人口データを基本に，既存調査による産業別のテレワーク率を考慮して OD 表を推計する方法の検討も課題である．

**NOTES**

注1) 大久保敏弘，NIRA 総合研究開発機構：第 9 回テレワークに関する就業者実態調査報告書（速報），2023.

注2) 交通政策審議会陸上交通分科会鉄道部会：鉄道需要分析手法に関するテクニカルレポート，2016.

注3) 国土交通省鉄道局：都市鉄道の混雑率調査結果（2019 年度～2022 年度）．

**REFERENCES**


1) Dantsuji, T. Sugishita, K. and Fukuda, D.: Understanding changes in travel patterns during the COVID-19 outbreak in the three major metropolitan areas of Japan, https://arxiv.org/abs/2012.13139

2) 武藤智義，金子雄一郎：モバイル空間統計を用いた新型コロナウイルス感染拡大以降の在宅勤務の実施状況の推定－東京圏を対象とした分析－，第 64 回土木計画学研究発表会・講演集，Vol.64，2021．[Muto, T. and kaneko, Y.: Analysis of covid-19 expansion and telework implementation using mobile spatial statistics in the Tokyo metropilitan area, *Proceedings of Infrastructure Planning*, Vol.64, 2021.]

3) 小川純平，山口裕通，本多了，稲原里咲，中山晶一朗：新型コロナウイルス禍における金沢市の行動変容の時系列分析，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol.77，No.5, I_649-I_662，2022．[Ogawa, J., Yamaguchi, H., honda, R., Inahara, R. and Naakaama, S.: Time-series analysis of behavioral change in kanazawa city under covid-19 pandemic, *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. D3* (*Infrastructure Planning and Management*), Volume 77 Issue 5 Pages I_649-I_662, 2022.]

4) 金森亮，水野敬太，野田五木樹，中島秀之：滞留人口データを利用した交通手段別 OD 交通量推計手法の提案，情報処理学会研究報告，Vol.2015-ICS-178 No.8，pp.1-6，2015．[Kanamori, R., Mizuno, k., Noda, I. and Nakajima, H.: Estimation of Multi-Mode Origin-Destination Flows by using Staying Population Data at Base-Stations, *IPSJ SIG Notes*. ICS 2015 (8), 1-6, 2015.]


# A STADY OF DEMAND ANALYSIS FOR URBAN RAILWAYS BY USING MOBILE PHONE LOCATION INFORMATION DATA IN THE TOKYO METROPILITAN AREA

Tomoyoshi MUTO and Yuichiro KANEKO