

携帯電話人口データを用いた都市内移動者の時空間特性について

南賢淑・大佛俊泰

Spatiotemporal Characteristics of Moving People in Urban Area Derived from Mobile Phone Population Statistics

Xianshu NAN, Toshihiro OSARAGI

Abstract: Accurately obtaining data about spatiotemporal distribution of moving people is of great importance for the disaster mitigation planning, urban planning, operation and estimation of urban mobility. In this study, we proposed a method for preprocessing the security-processed information of the Congestion Statistics. Then, the spatiotemporal characteristics of moving people in Tokyo Metropolitan Area was explored by using the data integrated from Congestion Statistics, Mobile Spatial Statistics, and Person Trip Survey .

Keywords: 混雑統計[®] (Congestion Statistics), モバイル空間統計 (Mobile Spatial Statistics), パーソントリップ調査 (Person Trip Survey), データ補完 (data complement), 空間移動 (spatial movement)

1. はじめに

近年、大型イベント開催時の混雑緩和、大規模災害後の避難誘導、悪天候時における混乱を最小限に止めるなど、様々な観点から人々の空間移動をマイクロな空間スケールで把握し、制御することへの要請が高まっている。特に、都市内活動が活発な大都市圏においては、人口分布は時々刻々と変動しているため、静的なデモグラフィックデータを用いた分析には限界がある。すなわち、任意の時刻・場所における動的な人口分布をマイクロな空間スケールで把握する方法が求められている。

こうした背景のもと、近年、携帯電話の位置情報を利用した、都市内移動者の数や移動方向に関するデータが整備・提供されるようになった。大佛・早坂 (2019) はモバイル空間統計¹⁾、混雑統計^{®2)}等の複数の人口統計データを用いて、単位時間当たりの各地域における移動者数

及び移動方向を推定した。

しかし、混雑統計[®]の標本率は低く、人口密度が低い地域では精度が安定しない。さらに、プライバシー保護の観点から移動者が少ない場合には、混雑統計[®]の情報の一部に、秘匿処理³⁾が施される。

そこで本稿では、まず、秘匿された混雑統計[®]を補完する方法について検討する。次に、モバイル空間統計、混雑統計[®]及びパーソントリップ (PT) 調査⁴⁾ (表 -1) を組み合わせることによって、都市内移動者の時空間分布を把握することのできる統合データを作成する。さらに、都市内移動者の時空間特性について検討する。

2. 混雑統計[®]を用いた都市内移動者数の推定

2.1 混雑統計[®]の概要

混雑統計[®]は、携帯電話に備わる GPS ロガー機能を用いたデータであり、5分間隔の移動者情報を知ることができる。ただし、特定アプリユーザが対象であり、サンプル率が低い。混雑統計[®]において、UU 値 (Unique User) は重複する移動者を排除した実人数を表す (図 -1(a))。

南賢淑 〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1

東京工業大学 環境・社会理工学院

建築学系 大佛研究室

Email : nan.x.aa@m.titech.ac.jp

プライバシー保護の観点から、UU 値が小さい場合には、NA という文字で具体的な数値は秘匿される⁵⁾。以下ではこの秘匿されたデータの有効利用を考え、具体的な UU 値を推定することによってデータを補完する方法について検討する。

2.2 混雑統計[®]の補完方法

混雑統計[®]の時刻 t から $t + \Delta t$ 間のメッシュ i から j への移動者数 T_{ij}^t を用いて、UU 値とその頻度の対数値との関係をグラフ化し、近似曲線をあてはめる。この近似曲線を用いれば、UU 値が小さな値をとるデータの頻度を推定することができる (図 -1(b), (c))。近似曲線を外挿して UU 値が小さな値 (k) を取るときの頻度 H_k を推定し、UU 値が小さな値 (k) となるデータの数 n_k を推定する。

2.3 滞留者及び移動者の秘匿値推定

ある時刻において、メッシュ i からメッシュ j に移動する人数が秘匿された時、メッシュ j の周辺メッシュ (8 個) に注目する。UU 値が与えられているメッシュ (周辺 UU 値) と NA となっているメッシュ (周辺 NA) の数を数える (図 -1(d), (e))。UU メッシュの数が多い方から順に並べ、同数の場合には UU メッシュの値の合計値が大きいものを優先する (図 -1(f))。周辺メッシュへの移動者数が多いほど NA となっているメッシュ j への移動者も多いと考え、こうしたメッシュから優先的により大きな数値 k を n_k の数だけ割り当てる。この方法によれば、NA となっているすべてのメッシュ j に具体的な UU 値を与え、データを補完することができる。

2.4 携帯電話人口データの統合手法の概要

都市内移動者に関する既存データには、時間粒度や標本率などの面で、それぞれ長所短所がある。複数の人口統計データの長所を高め、短所を補いながら統合する方法について考える。本稿はモバイル空間統計、混雑統計[®]及び PT

表 -1 各種人口データの特徴

統計種別	モバイル空間統計	混雑統計 [®] データ	PT 調査データ
データの種類	任意の時刻におけるメッシュ内人口	任意の時刻におけるメッシュ間移動者数	個人の一日の移動
移動者の区別	移動・滞留の区別なし	移動者のみ	移動・滞留の区別可能
時間単位	1時間ごと	最短5分ごと	平日1日分の行動
空間単位	500mメッシュ	最小250mメッシュ	小ゾーン (夜間人口 15,000 人を目安とした、地区計画の単位となる大きさの地域)
標本率	約 40% (個人情報秘匿処理済)	約 0.4% (個人情報秘匿処理済)	約 2~3%

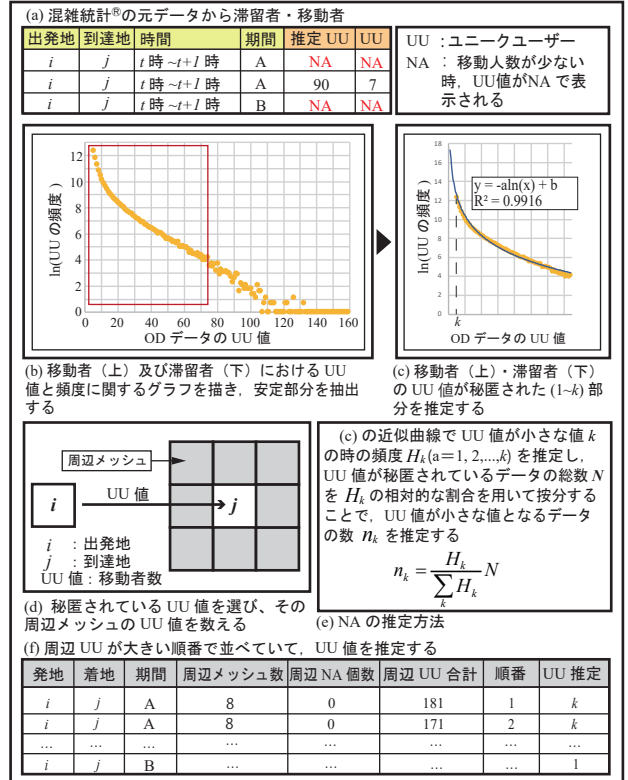


図 -1 NA 値の推定手法の概要

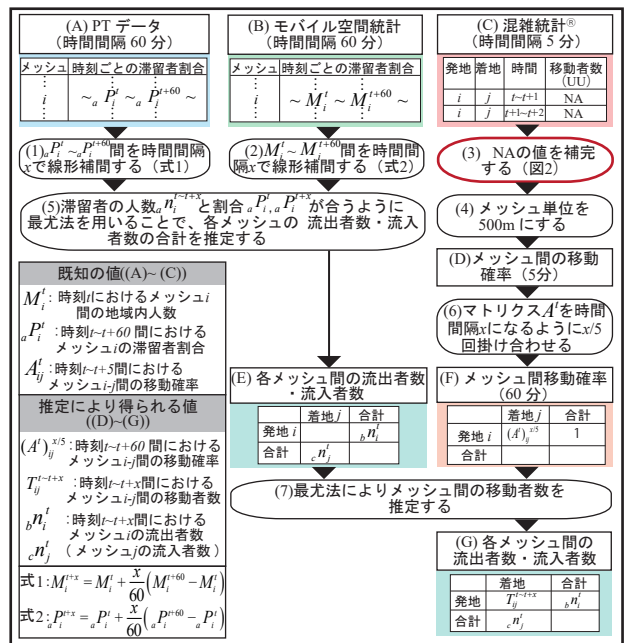


図 -2 人口データの統合の流れ

調査データを用いて、早坂・大佛 (2019) の統合手法を用いて都市内移動者数や移動方向が把握できる統合データを構築する (図-2)。

3. 都市内移動者の時空間特性分析

3.1 分析対象地域と使用データの概要

図-3 に示す範囲・日時のデータを用いて、移動者数を推定する。

3.2 単位時間当たりの流出入者の空間分布

朝 8:00~9:00 と夕刻 18:00~19:00 における流出入者の空間分布について考察する (図-4)。まず、朝は通勤・通学による移動が多く、都市内の広い範囲で住宅地及び周辺駅から流出し、山手線沿線の大規模乗換駅と都心の業務集積地へ流入する移動者が多い (図-4(a))。退勤者が多い夕刻は、山手線沿線の鉄道駅から流出し、都市内の住宅地に流入する人口が多い (図-4(b))。

3.3 移動者数の時刻変動からみた地域分析

流出者数と流入者数の経時的な推移から、地域分析を行う。図-5 に、3つの地域における地域内人数 M_i^t 、流出者数 n_i^t 、流入者数 n_i^t の1

時間単位の時刻変動を示してある。新宿駅と東京駅では、朝は通勤による流入者が多いが昼間

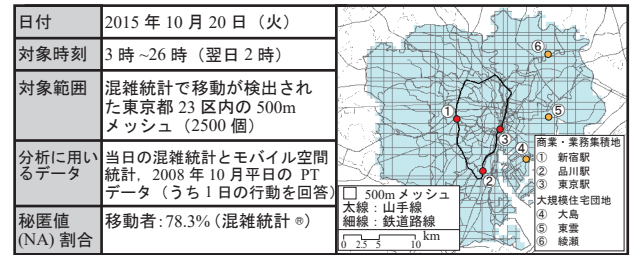


図-3 使用データと分析対象範囲の概要

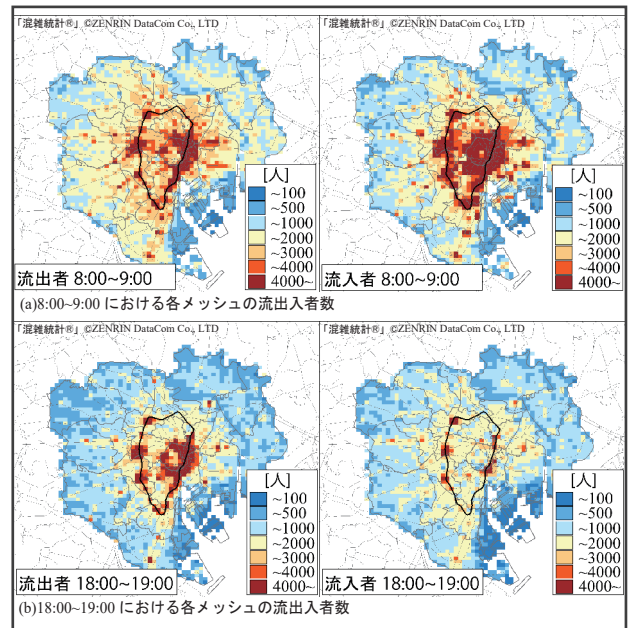


図-4 各メッシュにおける流出者数・流入者数の時刻変動

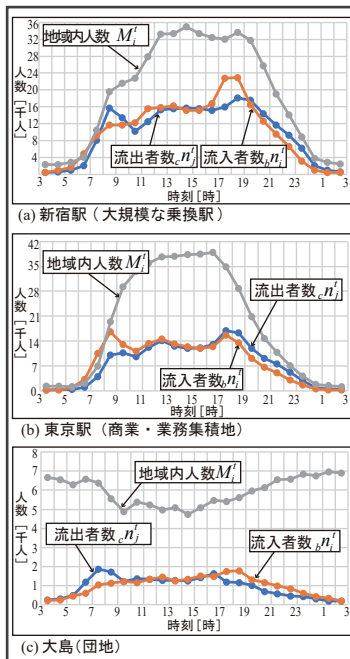


図-5 地域における移動者数と地域内人数の時刻変動

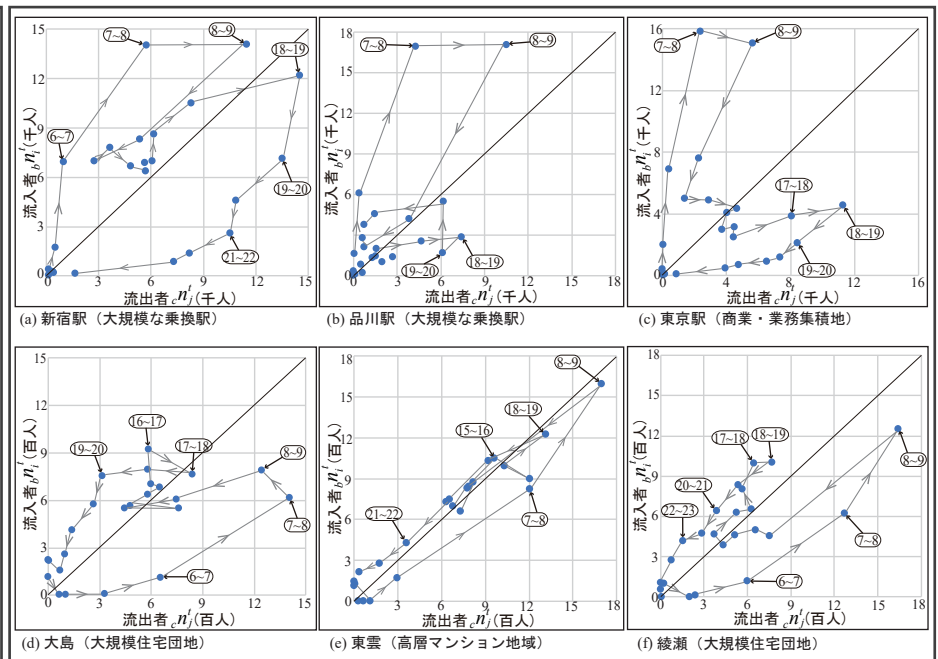


図-6 6つの地域 (メッシュ) における流出者数と流入者数の時刻変動

は移動者が少なく滞留者数が増加しており、夜になると流出者が増える様子が見てとれる（図-5(a), (b)）。一方、大島（団地）では、朝に流出者が多く地域内人数が減少し、夕方になると帰宅による流入者が増え、地域内人数が増加する（図-5(c)）。

また、流出者数 n_i' と流入者数 n_i' の経時的な推移から地域特性を読み解く。ここでは、流出者数と流入者数から求まるグラフ上の位置（頂点）をもとに考察する（図-6）。新宿駅や品川駅等の大規模乗換駅及び東京駅周辺等の商業・業務集積地においては、頂点の時刻変動は概ね時計回りとなり、朝は通勤者の流入が多く、昼間は流入者・流出者数がともに少なく、夕刻は帰宅による流出者が増える（図-6(a)~(c)）。一方、新宿駅では、通勤以外の目的で移動する人も多く、17:00~19:00における流出入者数が他の二つの駅より明らかに多い。

大島や東雲、綾瀬等の住宅地域では、朝の流出者数が圧倒的に多く、夕方には帰宅による流入者が増加するため頂点の時刻変動は反時計回りとなる（図-6(d)~(f)）。ただし、東雲（高層マンション地域）では流出者数と流入者数が同程度で推移するため閉領域の形は大島、綾瀬（大規模住宅団地）より細長くなる。

3.4 特定の地域における移動者の時空間分布

特定の地域における流出者と流入者 T_{ij}^{t-t+1} に着目して考察する。類似する地域を選び（新宿駅と東京駅）、人々の移動方向について考察する。

まず、8:00~9:00における新宿駅と東京駅への流入者を見ると、新宿駅は西方面の中央線など鉄道沿線から流入する移動者が多い。東京駅では、神奈川県及び埼玉県方面から流入者が多いことがわかる（図-7(a), (b)）。一方で、18:00~19:00における流出者を見ると、新宿駅からの流出者は、山手線及び中央線沿線方面に多いが、東京駅からの流出者は山手線沿線の大

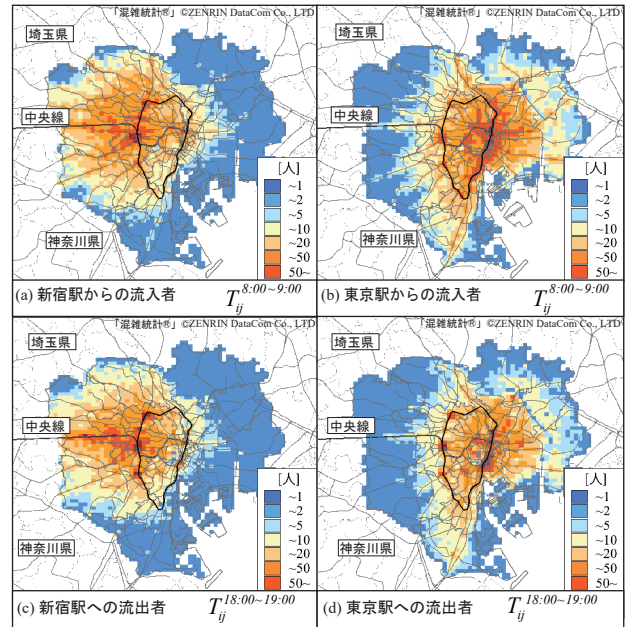


図-7 特定メッシュにおける流出入者の空間分布（新宿駅及び東京駅の例）

規模乗換駅及び東方向の広い範囲に多い（図-7(c), (d)）。

4. まとめ

本稿では、混雑統計[®]の秘匿値を有効利用する方法を提案し、携帯電話人口統計データ（混雑統計[®]、モバイル空間統計）とPTデータを統合することで、500mメッシュごとの移動者数を推定し、時刻・地域によって異なる移動者の移動方向と空間移動量について考察した。

謝辞

本研究はJSPS 科研費17H00843の助成による研究成果の一部である。また、本稿の作成に当たりご助言を頂きました、岸本まさ氏（東京工業大学博士課程）、工藤達氏（東京工業大学大学院生）、竹内友菜氏（東京工業大学大学院生）に感謝いたします。

注

- 1) 株式会社NTTドコモが提供する、携帯電話ネットワークを利用して携帯電話の台数を集計した値に、NTTドコモの携帯電話の普及率を加味することで推計した人口統計データ。また、「モバイル空間統計」は、株式会社NTTドコモの登録商標である。
- 2) 「混雑統計[®]」データは、NTTドコモが提供するアプリケーション（ドコモ地図ナビサービス（地図アプリ・ご当地ガイド）等の一部のアプリ）の利用者より、許諾を得た上で送信される携帯電話の位置情報を、NTTドコモが総体的かつ統計的に加工を行ったデータ。位置情報は最速5分毎に測定されるGPSデータ（緯度経度情報）であり、個人を特定する情報は含まれない。
- 3) 個人が特定されないよう、NTTドコモによる秘匿処理が施されている。
- 4) 東京都市圏交通計画協議会が提供する、「どのような人」が、「いつ」、「どのような目的」で、「どんな交通手段」で、「どこからどこへ」移動したかについて、アンケート形式で調査したデータ。本稿では、平成20年東京都市圏パーソントリップ調査を用いた。
- 5) 個人情報保護の観点から、集計結果に少人数エリアの数値を含めないようにする処理。

参考文献

大佛俊泰・早坂達(2019): 携帯電話人口統計を用いた都市内移動者の時空間分布推定, 日本建築学会計画系論文集, 84, 762, 1853-1862.