

ポイント型流動人口データを用いた歩行者の観測地点推定方法に関する研究 A Study on The Method for Estimating True Position of Pedestrian by Use of Point-Based GPS Data

○高木 尚哉^{*1}, 瀧澤 重志^{*1}
Naoya Takagi^{*1} and Atsushi Takizawa^{*1}

^{*1} 大阪市立大学大学院生活科学研究科

Graduate School of Human Life Science, Osaka City University.

キーワード：ポイント型流動人口データ; GIS; GPS 測位誤差; ガウス分布

Keywords: Point-based GPS data; GIS; GPS positioning error; gaussian distribution.

1. はじめに

1.1. 人の移動に関するデータ

人の移動に関するデータとして、パーソントリップ調査(以降、PT 調査)に基づく統計的な精度を確保した静的なデータが都市計画や交通計画の分野で活用されている。国土交通省がまとめた近年の PT 調査についての現況¹⁾を以下に記す。PT 調査を行う対象範囲について、調査の効率性の視点から限られた地域のみを対象としてきたが範囲の拡大を行って地域のデータ利用ニーズに応える態勢がとられている。くわえて、標準率の設定により精度を担保する手段や調査項目の追加や意識調査など付帯調査の実施も進めてより詳細な分析が行えるようになってきている。しかしながら、PT 調査はサンプル調査であるため分担率の低い地方都市圏の公共交通利用者において誤差が大きくなる傾向にあることや、調査コストが多分に必要になること、調査の回答率が PT 調査の質に影響するなど課題もある。

また PT 調査は性質上、近距離の移動や短時間滞在の移動を把握することが困難である。一方で、道路断面の交通量を観測するスクリーンライン調査や交通系 IC カードを利用した駅の乗客数の調査、GPS を利用したプローブ・パーソナル調査に加え、施設内の撮影データ、ビーコン等によるセンシングデータなど情報技術の進歩により新たなデータが取得できるようになっている。これら新しい様式のデータはパーソントリップデータにはない粒度での取得が可能となっており、ビッグデータとして様々な分野での活用が進められている。

1.2. GPS の利用による人の移動のデータの取得

その中で GPS データは当初、民生利用として航空機、船舶、測量、登山用など目印を持たない海上・山地において、座礁や遭難を免れる目的で現在地を把握することに主に活用されてきた。近年、個人でも GPS を搭載した端末の所有が広がり、GPS データの取得が容易になり、身近な生活シーンにおいても幅広く利用されるようになってきてい

る。

このように精度良く、高頻度に位置情報が取得可能な GPS データを低コストで手に入れることができる一方で、都市部では精度の良いデータの取得に必要な衛星の補足数が高層建築の陰になることで不足するため、GPS データの位置誤差が 100m 以上となることが課題としてあげられる。

1.3. 目的

本研究の最終的な目的は、PT 調査データに対し質の観点で課題があるものの大量にサンプルを取得することができる GPS データに着目し、ポイント型流動人口データと道路地図データベースを用いて人の分布を可視化し、人の分布とそこから取得できる他の情報を組み合わせ都市のウォークビリティを評価することである。

そして本報では、その前段階としてポイント型流動人口データと道路地図データベースを用いて、GPS データの測位誤差を考慮した人の分布を幾何的に可視化する方法を提案する。佐藤ら²⁾は、GPS データの誤差に頑健という点でカーネル密度推定法を用いて回遊圏域を分析する手法を提案しているが、本研究では GPS データの誤差が一定ではない点に対応した手法の提案を試みる。

2. ポイント型流動人口データの準備

2.1. ポイント型流動人口データの概要

本研究では、株式会社 Agoop が提供するポイント型流動人口データ³⁾を使用する。ポイント型流動人口データは、スマートフォン (Android と iOS) から取得できる GPS データや、向きや速度などのセンサーデータから、人の流れを点で把握することができる。Table 1 に示すデイリーID・年・月・日・緯度・経度・GPS 精度・移動速度・移動方向・100m メッシュ ID などの項目をもったデータがテキスト形式で収録されている。デイリーID はユーザ毎に付与される固有の ID であり、同日内において同一のデイリーID を

つなぐことで移動経路を把握することが可能になる。ログタイプカテゴリはログ取得時のアプリ状況を示し、その値に”background”がつくと、アプリを操作していない時に取得したログであることを示す。しかしこの項目はOSにより取得タイミングが異なり、iOSではアプリユーザが約500m～1000mの大幅移動をした場合や滞在や出発をした場合にログを取得し、Androidでは一定の時間間隔でログを取得する。GPS精度はGPS測位の水平方向の精度を示すため正の緯度経度が取りうる範囲を円で表し、その半径をメートルで示す。この項目は、衛星の電波の遮断や反射が起こる場所（室内やビル街等）の測位では値が大きくなる。これは、真の観測地点が緯度経度からGPS精度の範囲内において誤差があることを意味している。

また、このポイント型流動人口データは、提供元が独自に推計したユーザごとの推定居住エリア（100mメッシュ）内のデータを秘匿性の観点から除外している。さらに、ログを取得するタイミングは個々のスマートフォンのOSの仕様に依存することからログの定常的な取得は難しく、断片的な情報にならざるを得ないことが想定される。

Table 1. The data catalog of point-based GPS data.

#	タイトル	csv項目	単位
1	デイリーID	dailyid	-
2	年	year	年
3	月	month	月
4	日	day	日
5	曜日	dayofweek	-
6	時	hour	時
7	分	minute	分
8	緯度	latitude	度
9	経度	longitude	度
10	OS	os	-
11	推定居住国名	home_countryname	-
12	SIMのPLMN	plmn	-
13	PLMN国名	plmn_countryname	-
14	端末設定 通貨	setting_currency	-
15	端末設定 言語	setting_language	-
16	端末設定 国名	setting_country	-
17	ログタイプ カテゴリ	logtype_category	-
18	ログタイプ サブカテゴリ	logtype_subcategory	-
19	GPS精度	accuracy	m
20	移動速度	speed	m/s
21	推定移動速度フラグ	estimated_speed_flag	-
22	移動方向	course	度
23	推定移動方向フラグ	estimated_course_flag	-
24	都道府県コード	prefcode	-
25	市区町村コード	citycode	-
26	100mメッシュID	mesh100mid	-

2.2. 本報で使用するポイント型流動人口データ

本報で使用するポイント型流動人口データは、2018年6月16日に取得された大阪市福島区のポイント型流動人口データで、6,656ユーザの884,737点を対象とする。このデータにおいて分析に用いるのに不適切と考えられるデ

ータをOS、福島区内、GPS精度の観点でクレンジングする。まず、OSについて一定の時間間隔でログの取得が可能なAndroidのみを使用するためにiOSのデータを除去する。次にGISを用いて、国勢調査の小地域ポリゴンで大阪市福島区内にあるポイント型流動人口データを残す。最後にGPS精度について、Figure 1に示すようにGPS精度が急激に悪化する85パーセンタイル点以上のデータを除去する。

以上より本報では、Table 2のとおり2018年6月16日に取得された大阪市福島区のポイント型流動人口データのうち、OSがAndroidかつ、データが福島区内にあり、GPS精度が85パーセンタイル以内の2735デイリーIDの43,751点を分析に用いることとする。それらを一般社団法人社会基盤情報流通推進協議会が提供するG空間情報センターから取得した大阪市地形図⁴⁾の道路区画ポリゴン上にマッピングしたものをFigure 2に示す。

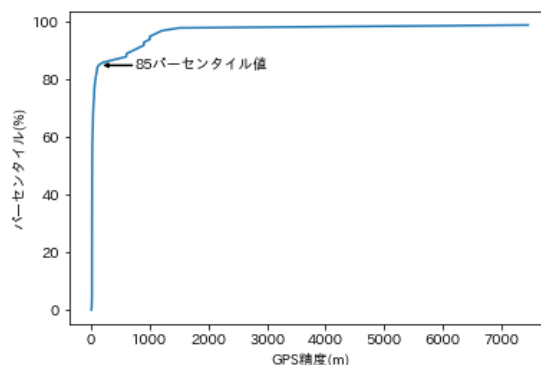


Figure 1. Percentile values of GPS accuracy for point-based flow population data.

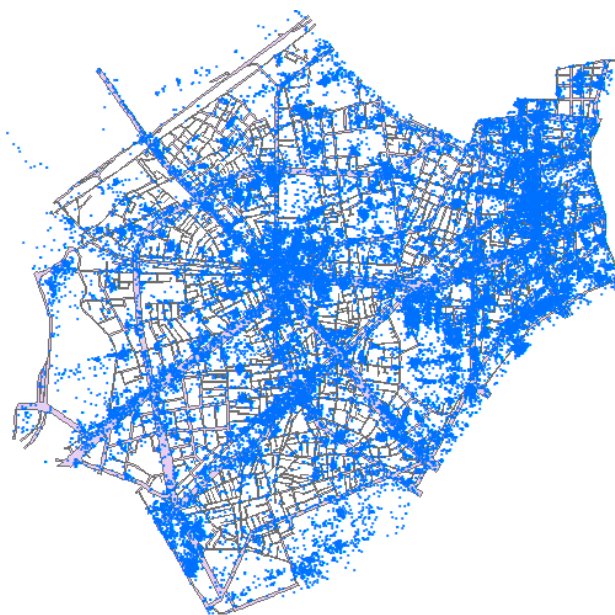


Figure 2. Point-based flow population data used in the analysis.

Table 2. Number of data by cleansing.

#	事項	レコード数	デイリーID数
1	2018年6月16日の大阪市福島区	884,737	6,656
2	os項目についてAndroidを残す	356,635	3,263
3	国勢調査に基づく大阪福島区 のデータを残す	51,464	3,174
4	GPS精度の項目について	43,751	2,735
5	移動速度の項目について	26,894	2,348

3. ポイント型流動人口データによる人口分布の推定

ポイント型流動人口データの観測地点には誤差が含まれているので、本章では誤差を考慮して位置を推定し、それを集計して人口の空間分布を求める方法を説明する。

ポイント型流動人口データの点の集合を I とする。大阪市福島区を含む2次元のユークリッド空間 $V \subset \mathbb{R}^2$ において、 $i \in I$ の観測地点の直交座標系での x - y 座標をそれぞれ x_i, y_i 、GPS精度を α_i とおく。このGPS精度の値は、観測地点と真の位置の誤差が2次元正規分布（ただし平面からみた分布は真円）に従うと仮定したときの、誤差の標準偏差として求められている。そこで、点の位置の存在確率を、この想定に従って推定する方法(1)と、GPS精度 α_i をGPS精度の平均 $\bar{\alpha}$ に固定した方法(2)の二つで推定する。

まず、方法(1)について説明する。対象とする平面の任意の地点 $v = (x_v, y_v) \in V$ に、点 $i \in I$ が存在する確率密度関数を $f_i(v)$ とする。 $f_i(v)$ は、母平均ベクトル $\mu_i = (x_i, y_i)$ 、共分散行列 $\Sigma_i = \begin{bmatrix} \alpha_i^2 & 0 \\ 0 & \alpha_i^2 \end{bmatrix}$ の2変量正規分布に従うため、その確率密度関数は式(1)で定義できる。

$$f_i(v) = \frac{1}{\sqrt{|\Sigma_i|(2\pi)^2}} \exp\left(-\frac{1}{2}(v - \mu_i)^T \Sigma_i^{-1} (v - \mu_i)\right) \quad (1)$$

このとき方法(2)は方法(1)における共分散行列を $\Sigma_i = \begin{bmatrix} \bar{\alpha}^2 & 0 \\ 0 & \bar{\alpha}^2 \end{bmatrix}$ と一定としたものである。

以上から、ポイント型流動人口データの集合 I による、大阪市福島区を含む2次元のユークリッド空間 V 内の任意の地点 $v \in V$ の人口 $p(v)$ は、式(2)で求められる。

$$p(v) = \sum_{i \in I} f_i(v) \quad (2)$$

ここで方法(1)と(2)の関係性について言及する。方法(1)はポイント型流動人口データごとにバンド幅が決まるのに対し、方法(2)はどのポイント型流動人口データにおいてもバンド幅が一定であることに違いがある。これは方法(1)がバンド幅を固定した方法(2)に対して、ポイント型流動人口データ個別の特徴を捉えることが可能な方法であり、エリアによってGPS精度にばらつきがある状況において適切と考えられる。本報においては両方法でポイント型流動人口データを可視化することにより差異を確認し特徴について考察する。

4. ポイント型流動人口データの可視化

前章で示した推定方法をもとに、各ユーザで算出した位置の確率密度分布地図を大阪市地形図の道路区画ポリゴ

ンと重ね合わせ、結果の考察を行う。また、方法(1)においてポイント型流動人口データの移動速度が0のデータを除き、移動している歩行者2348ユーザ（Figure 2参照）に着目した推定も合わせて実施した。Figure 3に方法(1)による推定結果を示し、Figure 4に方法(1)による移動速度が0のデータを除いた推定結果、Figure 5に方法(2)でバンド幅となるGPS精度の平均 $\bar{\alpha} = 25$ で推定した結果を示す。また、Figure 3, Figure 4を大阪市地形図の道路区画ポリゴンでクリップし、それぞれ道路上で観測されるポイント型流動人口データの推定結果となるFigure 6, Figure 7に示す。

ポイント型流動人口データの重なりが多い一部の観測地点が濃く表示され、重なりが少ない観測地点のデータが相対的に薄くなっていることがわかる。これは観測個所に偏りがあることを示していると考えられる。Figure 3とFigure 4を比較すると、移動していないポイントが除かれているが、大きな差はみられない。これは滞在しているデータでもわずかな移動速度が検知されていることが考えられる。Figure 4とFigure 5を比較すると、Figure 4ではバンド幅を各点のGPS精度と動的に変化させることでFigure 5以上にGPS精度が高いところはより濃く、低いところはより薄く表現できていると考えられる。

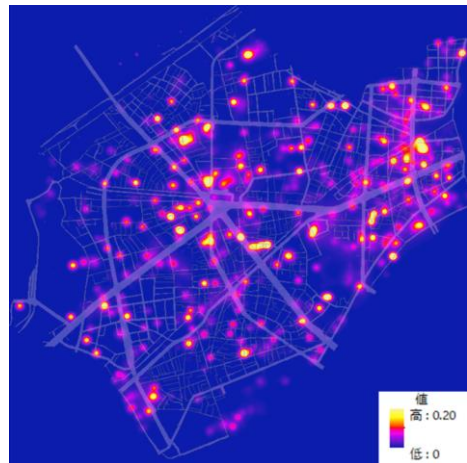


Figure 3. Estimated results of method (1).

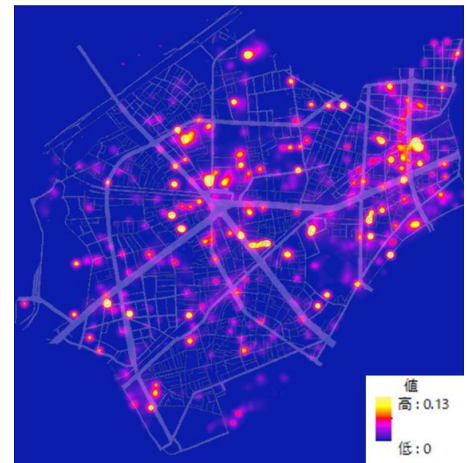


Figure 4. Estimated results for method (1) without the data of zero travel speed.

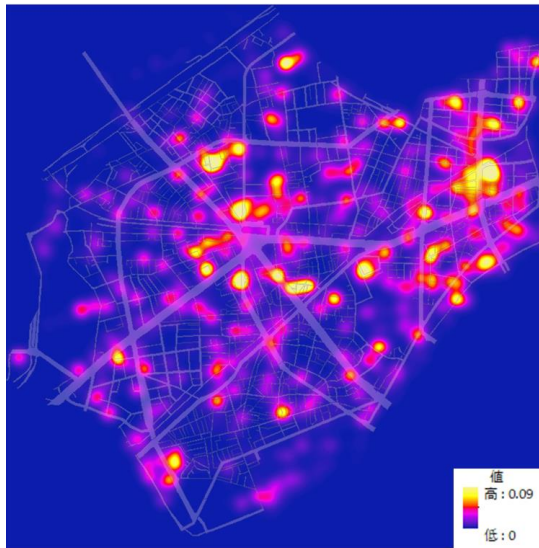


Figure 5. Method (2) with an estimated bandwidth of 25 meters.

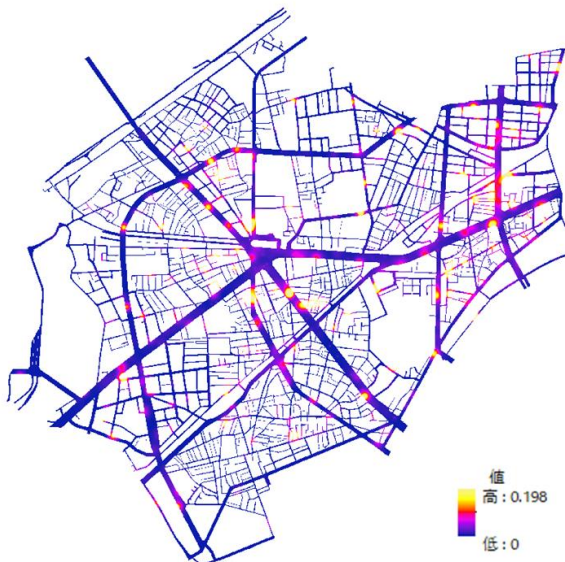


Figure 6. The result of clipping Figure 3 on the road polygon.

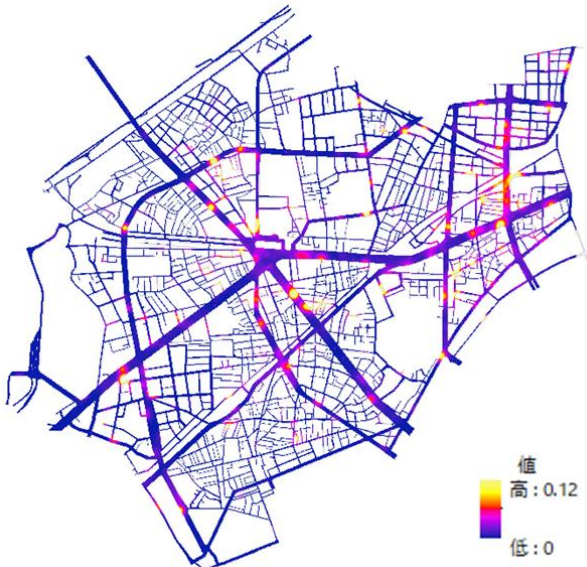


Figure 7. The result of clipping Figure 4 on the road polygon.

また、Figure 6、Figure 7のように道路上にマッピングされる推定結果は、移動している歩行者の観測結果と考えられる。値が高くなる場所が固定化されている様子を確認することができ、地下鉄の出入り口や横断歩道の信号待ちなど多くの人が集まりやすい場所なのではないかと推測される。Figure 6とFigure 7を比較すると人口の最大値に開きがあることから、道路上においても滞留が発生する場所が存在することが考えられる。

5. まとめ

本報では、ポイント型流動人口データの真の観測地点を確率分布として可視化する方法を報告した。ポイント型流動人口データの可視化を行い、どこにどれくらいの人々が滞在しているのか明らかにすることができた。また、方法(2)においては本報ではGPS精度の平均をバンド幅に用いたが、適切なバンド幅の設定が必要になる。その点を踏まえても方法(1)による動的なバンド幅の設定は詳細な分布を可視化するのに適していると確認することができた。一方でポイント型流動人口データの多くが建物内に位置していることから、データのサンプル数の増加に加え、詳細なクレンジングが必要と考えられる。さらに、歩行者の移動と滞在と正確に分類した分布を作成することが移動に着目した分析を進めるうえで課題であることが認識できた。

今後、ポイント型流動人口データの移動と滞在をより明確に切り分けていくことで、都市の街路上のウォークビリティの評価を、これまでにない高い空間解像度で行うための基盤データへと発展させていきたい。

謝辞

データを提供いただいた国際交通安全学会、関連プロジェクト主査の大阪市立大学大学院吉田長裕先生に感謝いたします。また、本研究の一部は株式会社日建設計総合研究所、科学研究費補助金基盤研究(A),(B)の補助を受けています。

【参考文献】

- 1) 国土交通省「総合都市交通体系調査の事例集 2. パーソントリップ調査の企画・実施における事例」平成30年6月(最終閲覧日:2020年9月30日)
https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi_tosiko_tk_000024.html
- 2) 佐藤貴大, 円山琢也:スマホ・アプリ型回遊調査データによる熊本都心部回遊行動圏の分析, 日本都市計画学会 都市計画論文集 Vol.50 No.3 2015年10月
- 3) 株式会社Agoop「ポイント型流動人口データ」(最終閲覧日:2020年9月30日)
<https://www.agoop.co.jp/service/point-data/>
- 4) 一般社団法人 社会基盤情報流通推進協議会「【R01年度】大阪市地形図(構造化データ_ESRI Shapefile)」G空間情報センター(最終閲覧日:2020年9月30日)
<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/r01-esri-shapefile>