

モバイル位置情報データを用いた 歩行者回遊密度と街路構成の関連分析 —大規模ターミナル駅周辺を対象として—

中井 智仁¹・吉田 長裕²

¹ 学生会員 大阪市立大学大学院工学研究科 (〒558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本 3-3-138)

E-mail:m21td031@eb.osaka-cu.ac.jp

² 正会員 大阪市立大学准教授 大阪市立大学大学院工学研究科 (同上)

E-mail: yoshida@eng.osaka-cu.ac.jp

近年、超高齢社会の到来や環境負荷に対する懸念といった観点から、多くの都市で自動車中心の道路空間から歩行者中心の回遊性が高い道路空間の創出が求められている。しかし、街路構成が複雑な大規模ターミナル駅周辺では歩行者の回遊に街路構成のどのような要因がどの程度影響を及ぼすのかが定かでない現状である。そこで本研究では、歩行者回遊に資する空間創出を行う際の一助となることを目的とし、大規模ターミナル駅を有する天王寺・難波・梅田・渋谷・新宿・池袋の6エリアを対象として、モバイル位置情報データを用いた歩行者の移動幅や回遊密度の特徴分析と街路構成を表す指標の一つである Space Syntax 理論を用いてそれらの関連分析を行い、街路構成が歩行者の回遊密度に与える影響を考察し、各エリアの特徴を明らかにした。

Key Words: pedestrian, space syntax, large railway stations, mobile tracking data

1. はじめに

(1) 研究背景と目的

近年、環境負荷に対する懸念や超高齢社会の到来、災害時の対応といった観点から、自動車中心の道路空間から歩行者中心の道路空間が求められ、多くの都市で歩行者が安全かつ快適に回遊・滞在できる道路空間の創出が求められている。また、マイカーやタクシー利用の減少などによる影響から、京都市の四条通や大阪市の御堂筋といった大都市の幹線道路においても車道空間を歩道空間へ再配分する動きが強まっている。そうした道路空間再配分を行う際には、単なる歩行者にとっての最短経路だけでなく、歩行空間の質や量に着目することが必要不可欠となっている。しかし実際、街路構成が複雑な大規模ターミナル駅周辺では歩行者の回遊行動に街路構成がどの程度影響を及ぼすのかが明かになっていないのが現状である。

歩行者の回遊調査としては、アンケート調査やゲートカウント調査、貸与型GPSによる調査方法などが用いられてきた。しかし、これらの調査方法では被験者の記憶に頼る、大量のサンプル数の取得が困難といった課題が

ある。一方、近年ではサンプル数が多く、被験者の記憶に頼らないスマートフォンなどのモバイル機器の位置情報データを用い、マーケティング活用のための調査やデータ取得が進められている。こういった中には汎用データとして提供されているものがあるが、歩行者のための街路設計や交通計画等に活かしたり、既存のサンプリング調査データではわからない特徴を有する知見が含まれているかについては、分析事例が少ない状況にある。

そこで本研究では、大規模ターミナル駅を有する天王寺、難波、梅田、渋谷、新宿、池袋の6エリアにおいて、駅乗降客数だけではわからない、駅周辺エリアを対象に、スマートフォンの位置情報データを用いた歩行者の移動幅や、50mメッシュ内でのポイント数をエリア内の総ポイント数で除した回遊密度の特徴分析と街路構成を表す指標の一つである Space Syntax 理論 (SS 理論) の Int 値を用いた街路構成の特徴分析を行うことで、道路空間再配分等により歩行者回遊に資する空間創出を行う際の一助になることを目的として研究を行う。

(2) 既往研究のレビュー

歩行者の回遊行動に関する研究は、アンケート調査や

ゲートカウント調査、貸与型GPSによる調査など、調査手法に関するものや、歩行者の回遊行動と街路構成に関する研究も進められてきた。

佐藤・円山³⁾はスマートフォンの位置情報を利用し、回遊時間やカーネル法を用いた移動圏、回遊の時空間集積の算出と視覚化を行い、その手法を提案した。一ノ瀬ら²⁾はスマートフォンの位置情報データを利用して各個人の移動経路の推定や流動人口の推定を試みた。溝上ら⁴⁾は熊本駅周辺を除く熊本市中心市街地を対象に、Int 値や距離的近接性、沿道の土地利用を考慮した街路構成と歩行者回遊行動の関連分析を行い、歩行者通行量は動線モデルの Int 値や公共交通機関からの距離と相関があり、入込者数は主に商業施設の床利用用途集積度と高い相関があることを明らかにした。末木ら⁵⁾は、甲府市中心市街地において Int 値や歩道面積、土地利用、駐車場からの経路などを考慮した街路特性の定量評価と歩行者交通量の関連分析を行い、土地利用によって街路構造が歩行者交通量に与える影響は異なることなどを示した。

以上のように、データの取得方法も含めた回遊行動の分析事例はあるものの、スケールの大きな大規模ターミナル駅周辺では、その調査規模やサンプリングの困難さから研究事例としては少ないのが現状である。以上より、本研究は、大規模サンプリングデータを活用し、駅周辺の歩行者回遊の基礎的な特徴を、モデル分析を実施する前の段階として、統計的手法により知見を得ようとするものである。

2. 研究方法

(1) 対象地・対象日

対象日は2019年12月21・22日の休日、対象地は天王寺・難波・梅田・渋谷・新宿・池袋の6エリアとし、それぞれ天王寺駅・大阪難波駅・大阪駅・渋谷駅・新宿駅・池袋駅を中心とする1km四方とした(図-1)。

(2) 使用したデータ

ポイント型流動人口データを用いた。ポイント型流動人口データとは、携帯キャリアを問わずある特定のアプリをインストールしたすべてのユーザーのスマートフォンのGPSから収集した位置情報を年齢・性別を秘匿化し、緯度経度からなるポイントデータとして株式会社 Agoop が提供するデータである。取得情報としては1日ごとに切り替えられる端末毎のデータ ID、時間、緯度・経度、移動速度、GPS 精度を示す accuracy などがある。提供される元データは市区町村単位であり、対象の市区町村で一日のうち一回でもログを取得した一日分のログデータが含まれる。

元データには分析対象外のデータも含まれるため、必要なデータの抽出を行った。表-1は抽出条件とその目的、抽出されたポイント数を示したものであり、本分析では、すべての抽出条件に当てはまるデータを用いて分析を行った。

梅田では対象地内の歩行データ量が多いが、駅を通過

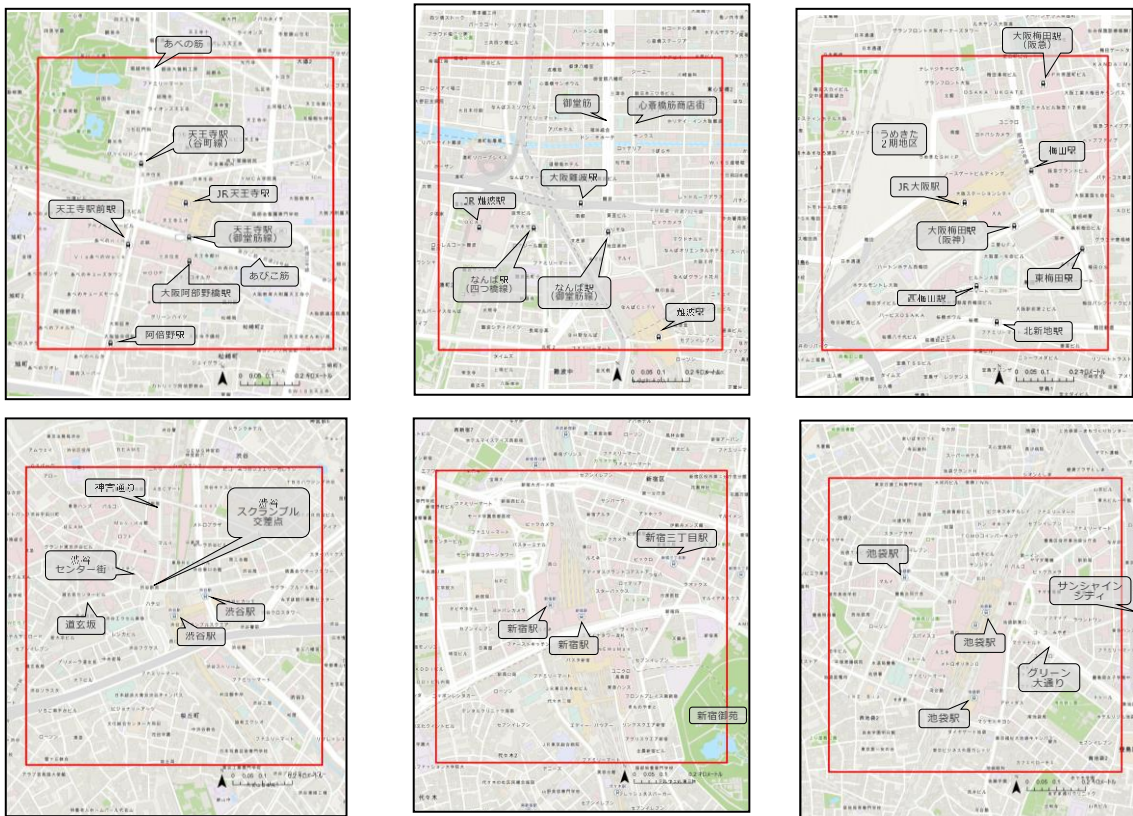


図-1 対象地 (左上:天王寺 中央上:難波 右上:梅田 左下:渋谷 中央下:新宿 右下:池袋)

するデータが多く含まれていたこと、地下街の歩行データがとれていないこともあり、最終的なポイント数は天王寺とほぼ同数になった。このことから、梅田では駅の乗り換えを目的とした歩行者が比較的多く存在することが考えられる。また、東京の3エリアに関しては、元データに対して対象地内の歩行・滞留データが少ない結果となった。

(3) SS 理論に基づく Int 値

本研究では、街路構成を表す指標として、SS 理論に基づく Int 値を用いた。SS 理論とは、1984年にロンドン大学 UCL の Bill Hillier ら⁹⁾によって提唱された、幾何的な空間や街路の繋がり方を定量的に分析する理論である。SS 理論の解析手法の一つであるアクシャル分析を用いて算出される Int 値は、空間的なアクセスのしやすさや境界性を表す指標である。つまり、Int 値が高い場所は途中経路として選ばれやすく、日常的に多くの人を通ることが想定される。

アクシャル分析では、街路と敷地で構成される都市空間を線形化し、Int 値を算出するが、線形化の方法には認知モデルと動線モデルの2種類が提案されている³⁾。本研究では、直線で移動可能な軸線を1つの空間として線形化する動線モデルを用いた。また、本研究では地上にある街路及び歩道橋を対象に線形化し、地下空間や建物内部、建物上にある歩行空間については線形化を行っていない。

(4) 分析方法

モバイル位置情報データによる歩行者回遊の分析は、各エリアの dailyid ごとの緯度・経度の最大・最小値から、一人当たりの東西の移動幅 X と南北の移動幅 Y を算出した。更に、東西の移動幅 X と南北の移動幅 Y を掛け合わせた、移動面積 XY についても算出した。また、各エリアで 50m メッシュを作成し、各メッシュでのポイント数を各エリア全体のポイント数で割ったものを回遊密度 (%) として算出した。

度 (%) として算出した。

次に、回遊密度と街路構成の関係を探るため、50m メッシュを集計単位とした重回帰分析を行った。目的変数に各メッシュ内でのポイント取得数、説明変数に中心駅からの距離ダミー、各メッシュ内での Int 値の平均値、商業・販売施設の延べ床面積(m²)をとった。また、Int 値と商業施設の間には相互作用効果があると考えられたため、Int 値の平均値と商業・販売施設の延べ床面積の積の項を新たに説明変数に加え、自由度調整済み決定係数(補正 R²)を比較することで相互作用効果を検証した。

3. 分析結果

一人当たりの東西の移動幅 X、南北の移動幅 Y、移動面積 XY の平均値と標準偏差を表-2 に、分布図を図-2～図-4 に示す。分布図は各エリアによってサンプル数が異なるため、各エリアの母数に対する数の割合で比較し独立性の検定とクロス集計の残差分析を行うことで、統計的有意性も検証した。

平均値で比較すると、X 及び XY は梅田が最も大きく、Y は難波が最も大きい。一方、東京の3エリアは大阪の3エリアに比べて移動幅、移動面積共に小さい結果となった。また、難波は他のエリアに比べて X、Y の平均値の差が大きいことが読み取れる。

分布図で比較すると、X、Y 共に、大阪よりも東京の3エリアの方が 200 m 以下の短い距離で回遊を終える割合が多いことがわかる。また、移動面積に関しても東京の方が 0.4×10^5 (m²) 以下の狭い範囲での回遊にとどまる傾向が強いことがわかる。これらのことから、東京の方がより駅周辺に歩行者が集約される傾向が強いことが考えられる。難波では、X は 200~400m の割合が多く移動距離が伸びないのに対し、Y は比較的長距離の割合が高く、南北に縦長に回遊が行われる傾向が強いことが考えられる。この傾向は、X、Y の平均値の差からも読み取

表-1 データの抽出条件とその目的・ポイント数

抽出条件	目的	抽出されたポイント数 (元データに対する割合)					
		天王寺	難波	梅田	渋谷	新宿	池袋
元データ		7,598,367 (100%)	12,739,933 (100%)	9,758,800 (100%)	9,693,091 (100%)	21,696,749 (100%)	12,003,658 (100%)
緯度・経度が 各対象地内に含まれる	対象地内の データの抽出	202,355 (2.66%)	373,915 (2.93%)	316,584 (3.24%)	166,345 (1.72%)	409,586 (1.89%)	201,812 (1.68%)
移動速度が 0m/s 以上 2.5m/s 未満	歩行・滞留 データの抽出						
各エリア 2000m 四方内で 10 回以上ログを取得	通過データ の削除	133,559 (1.76%)	221,415 (1.74%)	146,463 (1.50%)	126,714 (1.31%)	281,979 (1.30%)	155,008 (1.29%)
駅周辺 (中心から 400m 四方) で 1 回でもログを取得	駅周辺の 回遊データ の抽出						
accuracy が 10m 以下	屋外データの抽出	8,502 (0.11%)	28,356 (0.22%)	8,548 (0.09%)	6,103 (0.06%)	12,416 (0.06%)	5,605 (0.05%)

れる。また、移動面積に関しても比較的大きい値を示す傾向にある。梅田においても、X、Y 共に比較的大きくなる傾向にあり、特にXはより長い距離での割合も統計的に割合が高くなっていることが読み取れる。移動面積は難波と同様、比較的大きい値を示す傾向にある。これら

のことから、梅田では幅広く、特に東西に長く回遊が行われる傾向が強いことが考えられる。新宿では短距離で回遊を終える歩行者が多い傾向を示す一方で、移動面積に関しては 6.4×10^5 (m²) より大きい割合は高く、新宿の中で X が長ければ Y も長くなる歩行者の割合が他のエリアに比べて多かったことが考えられる。

その他の分析結果については、発表会にて示す。

5. おわりに

本研究では、大規模ターミナル駅を有する各エリアの一人当たりの移動幅や移動面積の特徴をモバイル位置情報データを用いて明らかにした。また、各エリアの歩行者回遊密度の特徴と街路構成の特徴を、モバイル位置情報データと SS 理論の Int 値を用いて表した。更に重回帰分析を行うことで、各エリアの歩行者の回遊密度の要因を明らかにした。

一方で、データの抽出条件の改善、広場や建物上街路等の駅周辺特有の歩行者空間を考慮した線形化の規則の構築などが必要と考える。また、メッシュ単位の分析では大まかな特徴・要因分析は可能であるが、正確性は低く、詳細な分析は難しい。そこで、分析単位をゾーン単位やリンク単位に変え、より詳細で正確な分析も必要である。そうすることで、どこに・どのように街路を変化させたり広場空間を設けたりすることで歩行者の回遊形態が変化するかを検証していきたい。

参考文献

- 1) 佐藤貴大, 円山琢也: カーネル密度推定法を応用したスマホ型回遊調査データの時空間分析, 都市計画論文集 Vol51(2), pp.192-199, 2015.
- 2) 一ノ瀬良奈, 丸山喜久, 永田茂: スマートフォンの位置情報による流動人口の時空間分布の推定, 土木学会論文集 A1 Vol74(4), pp. I_210-I_219, 2018.
- 3) 溝上章志, 高松誠治, 吉住弥華, 星野裕司: 中心市街地の空間構成と歩行者回遊行動の分析フレームワーク, 土木学会論文集 D3 Vol68(5), pp. I_363-I_374, 2012.
- 4) 末木祐多, 佐々木邦明: 甲府市中心市街地の街路特性の定量評価と歩行者交通量の関係性, 土木学会論文集 D3 Vol74(5), p. I_1111-I_1119, 2018.
- 5) Hillier, B. and Hanson, J.: *The Social Logic Of Space*, Cambridge University Press, 1984.

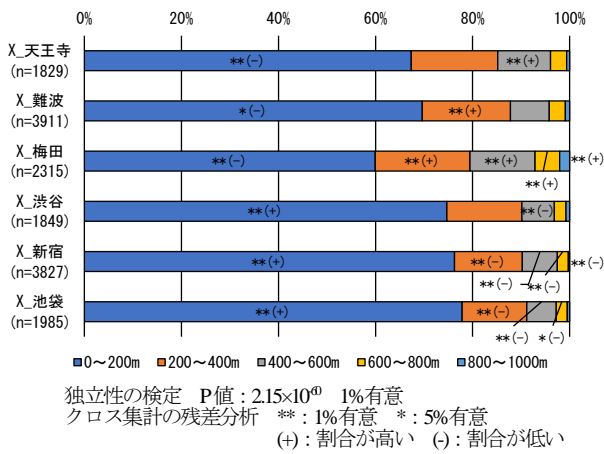


図-2 一人当たりの東西の移動幅 X

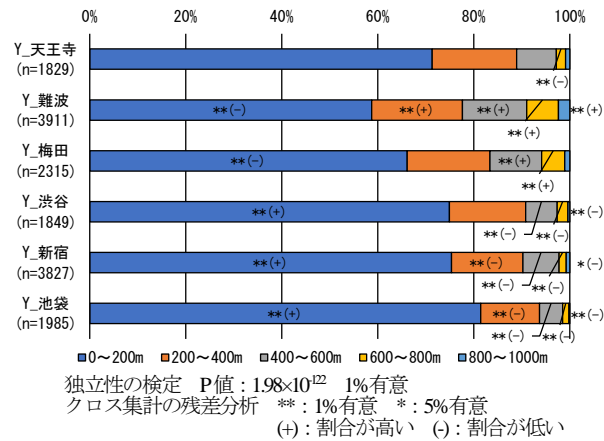


図-3 一人当たりの南北の移動幅 Y

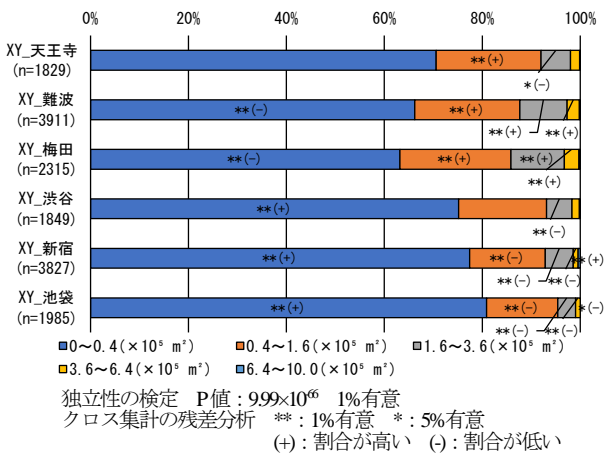


図-4 一人当たりの移動面積 XY

表-2 X,Y,XYの平均値と標準偏差

単位: (m)	天王寺 (n=1829)	難波 (n=3911)	梅田 (n=2315)	渋谷 (n=1849)	新宿 (n=3827)	池袋 (n=1985)
X 平均値 (標準偏差)	156 (200)	150 (196)	195 (234)	127 (185)	114 (178)	109 (177)
Y 平均値 (標準偏差)	141 (185)	209 (242)	170 (215)	122 (175)	119 (181)	95 (153)
XY 平均値 (標準偏差)	4.55×10^4 (8.64×10^4)	5.79×10^4 (1.02×10^5)	6.63×10^4 (1.13×10^5)	3.79×10^4 (8.42×10^4)	3.71×10^4 (8.67×10^4)	2.86×10^4 (6.77×10^4)