

スマホ型回遊調査におけるカーネル法を用いた簡易な分析手法の提案～熊本都心部を事例に～

佐藤 貴大¹・円山 琢也²

¹学生会員 熊本大学 大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市中央区黒髪2丁目39番1号)

E-mail:141d8816@kumamoto-u.ac.jp

²正会員 熊本大学 准教授 政策創造研究教育センター (〒860-8555 熊本市中央区黒髪2丁目39番1号)

E-mail:takumaru@kumamoto-u.ac.jp

2013年11月、12月に熊本都心部でスマートフォンベースの回遊行動調査を実施し、1,086人分の回遊情報を得た。膨大なGPS情報を含むこれらのデータをより効率的に分析し、結果の特性を明瞭に示す手法が必要となる。本研究では、都心部や屋内では観測誤差が生じやすいという課題に対する頑強な分析手法としてカーネル密度推定法を用いた来街者の回遊圏域の算出と視覚化を提案する。本手法では、個人ごとの軌跡データから95%カーネル行動圏を推定し回遊圏域と定義する。さらに、地理情報のみの2次元の回遊行動圏の視覚化に加え、時刻情報をふまえた3次元の視覚化を行う。これにより、時間変動を考慮した熊本都心部の回遊特性の一部を明らかにする。

Key Words : travel behavior survey, GPS, smartphone, Kernel density map, 3D visualization

1. はじめに

(1) 研究の背景・目的

地方都市が共通して抱える課題に都心部の活力の衰退があり、その対策の検討のためには、人の回遊行動データの取得と分析が有効である。近年増加傾向にあるGPS機器貸与型の回遊調査は、調査参加者の記憶に頼らずに詳細なデータの把握が可能という利点があるが、貸与できる機器数の制約により大量のサンプルの取得が困難という課題があった。この課題に対し、本研究では、スマートフォン(スマホ)を利用した熊本都心部における回遊調査の内容を報告・紹介し、そのデータ特性に応じた分析手法の一例を提案することを目的としている。

スマホ型の回遊調査とは、専用アプリを調査参加者自身が保有するスマホに配布し、GPS機能で移動軌跡などを収集するものである。調査主体が準備できるGPS機器数による制約がないため、サンプル・サイズを大幅に増加させることができる。一方、サンプル・サイズを増加させることは、大量のGPSの軌跡情報がさらに膨大になることを意味する。これらの膨大なデータから交通政策・都心部の活性化策の検討に有意義な情報を効率的に抽出する分析手法の構築も求められている。本研究ではカーネル密度推定法を利用して、調査参加者の回遊行動圏を簡便に推定する方法を利用する。そして、この方

法で、来街目的別、回遊出発地別に回遊行動圏を視覚化することで、熊本都心部における回遊特性の一部を明らかにする。

一般に都心部の回遊行動調査をGPS型またはスマホ型調査で実施する場合、建物の中に調査参加者がいる場合にGPS電波を取得できない。また、高層の建物に囲まれた区域で測位誤差が生じる(urban canyon effect)などの問題によりデータに外れ値などが生じやすい。本稿で提案するカーネル密度ベースの方法は、これらの誤差に対して頑健という特徴もある。

さらに、行動圏の面積値を、回遊行動特性を表現する数値指標と考え、その有効性を検討する。この回遊行動圏の面積値は、回遊時間とは異なる傾向があり、これらの指標による分析から得られる政策的含意を議論する。

最後に、地理情報のみの平面地図に時間軸を加えることで、回遊行動圏の時空間視覚化を行う。これにより、時間ごとの位置情報を取得可能なスマホ型回遊調査の特徴を活かした可視化手法を提示する。

(2) 既存研究のレビューと本研究の位置づけ

紙面による回遊調査の最近の研究事例としては、福岡市¹⁾、岡山市²⁾の例が報告されている。GPS貸与型調査による観光行動データの分析例³⁾やGPS携帯電話貸与型データによる松山市の歩行者行動の幅広い分析例^{4,5)}も

提示されている。

これらの既存研究に対して、本研究では、スマホ型の回遊行動調査の実施により大規模にサンプルを取得し、そのデータに応じた簡便な分析手法を提案する点に新規性がある。なお、熊本都心部スマホ型回遊調査については、速報的な報告事例⁹⁾があるが、基礎的な分析に留まっており、本稿で示すカーネル密度法を用いた回遊行動圏を分析したものではない。また、カーネル密度による点分布の分析は一般的な手法であるが、その面積値で回遊行動圏を分析するという本研究の単純な方法の適用例は、筆者らの知る限り見当たらない。さらに、3次元視覚化の事例としては、ひたたくり犯罪に適用した分析例⁸⁾や小樽市⁹⁾の例がある。しかし、3次元カーネル密度図による分析を回遊調査に適用した事例に関して筆者らの知る限り見当たらない。

スマホ型調査では、加速度センサーから取得されるデータを用い、移動・滞在状態などの回遊状態の自動判別する、より高度な分析も今後期待できる。本研究は、それらの前段階の簡便な一手法の提案と位置づけられる。

2. 熊本都心部スマホ型回遊調査の概要

2013年11月から12月の土・日曜の計6日間に熊本市都心部で、スマホ・アプリを用いた回遊調査が実施された。参加者は回遊を開始するまでに専用アプリを個人所有のスマホにインストールする。回遊開始とともにアプリを起動することで位置情報を取得し、回遊軌跡を記録する。その間、参加者は中心市街地を普段通りに回遊し、帰宅前にポートと呼ぶ受付(対象地に4箇所設置)でアンケートに回答し、調査参加の謝礼(商品券500円)を受け取る。調査で得られる情報として、GPSの軌跡に加えて、アプリ利用の登録時の情報から、調査参加者の性別、年齢、就業状況、居住地、アンケート調査からは、来街目的、来街交通手段、来街場所、同行者等がある。

本調査に参加し、ポートでのアンケートに回答したのはでは6日間で延べ1,086サンプルであった。そのうち測位情報に欠損がないのは1,036サンプルである。参加者の属性分布などを含めた調査の詳細は別途⁶⁾報告されている。

3. 回遊時間に着目した基礎集計

本稿では調査参加者の都心部における回遊時間は、アプリを起動させて移動軌跡の取得を開始してからポートに到着するまでの時間と定義する。ここでは、属性別の回遊時間に関する特性を以下に整理する。まず性・年齢別の回遊時間を、図-1に示す。60歳以上の男性の回遊時間が最も長く、男性は高齢になるほど長時間回遊を行

う傾向にある。一方、女性は若年層の方が長時間回遊している。また、図-2に示すように、同行者が友達の場合が、最も回遊時間が長い。図-3には来街交通手段別の分布を示すが、公共交通(バス・市電・熊本電鉄)での来街者の平均回遊時間は151分であり、自動車による来街者に比べ、回遊時間が長い傾向にある。来街目的に着目すると、娯楽目的の来街者の回遊時間が最も長く、次いで、通勤、散歩・散策、食事の順となっている(図-4)。

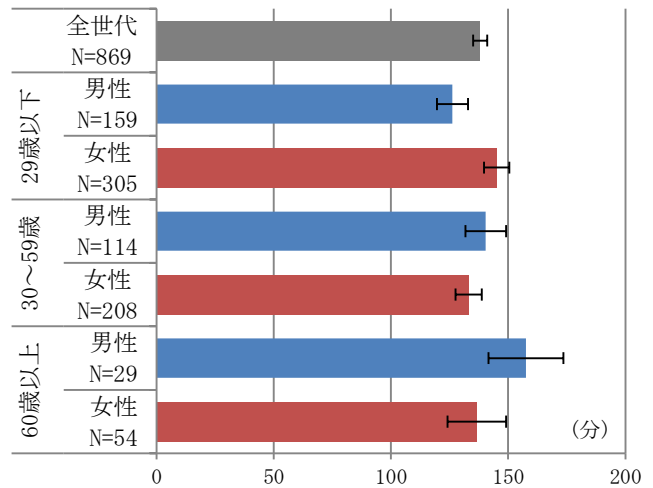


図-1 性年齢別回遊時間分布
(注: 図中のIは標準誤差。以下の図も同じ)

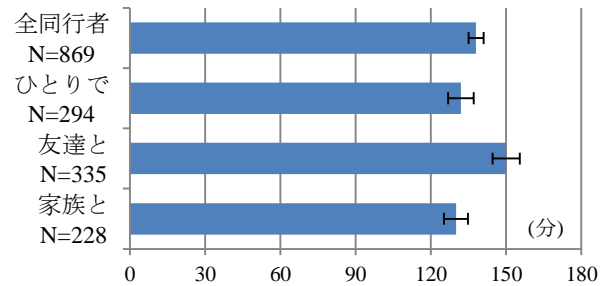


図-2 同行者別回遊時間分布

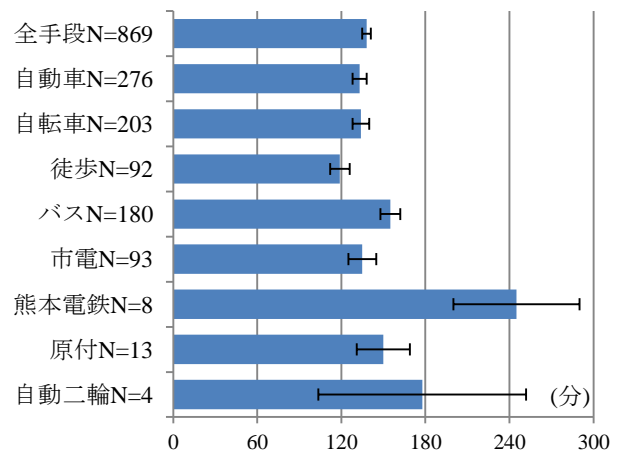


図-3 来街交通手段別回遊時間分布

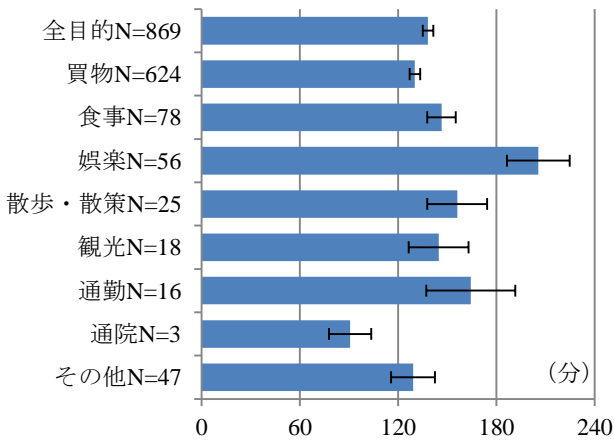


図-4 来街目的別回遊時間分布

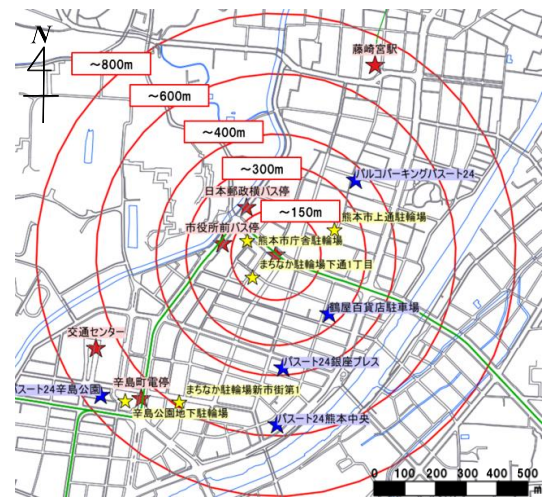


図-7 出発エリア(距離別)の分類



図-5 出発エリアの分類

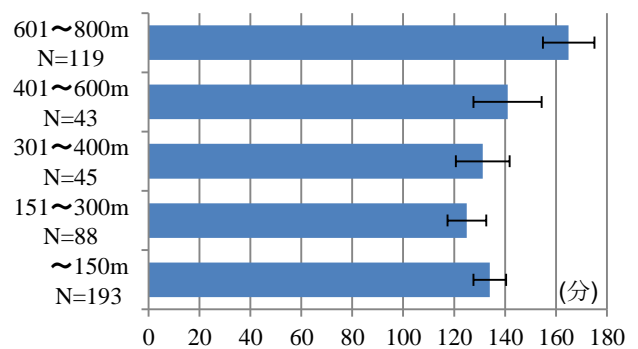


図-8 出発エリア(距離別)別の平均回遊時間

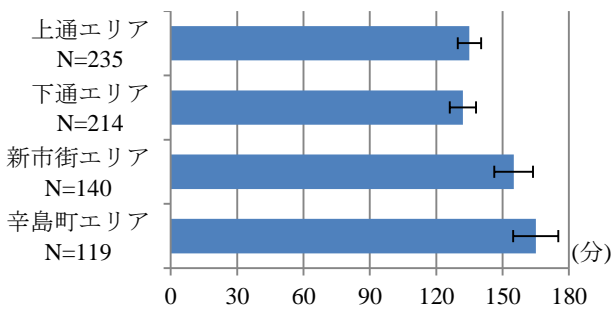


図-6 出発エリア別の平均回遊時間

次に回遊の出発地である駐輪場・駐車場、また、バス停・電停を熊本都心部の核となる4つのエリアに分類し(図-5)、出発エリアごとに参加者の平均回遊時間に関する特性を整理する。図-6にはこれらの出発エリア別に参加者の平均回遊時間を示す。図-6から、「新市街エリア」、「辛島町エリア」を出発した参加者の平均回遊時間は、「下通エリア」、「上通エリア」を出発した参加者の平均回遊時間より20分から30分程度長いことがわかる。都心部の西側からの来街者は、目的地が「下通

や「上通」である場合もその途中の「辛島町」や「新市街」で下車(駐車・駐輪)し、目的地に向かうため、回遊時間が長くなると考えられる。また「下通」や「上通」の入口周辺は買物や食事施設が点在しており多様なニーズに対応できる場所である。よって本来の目的地が「辛島町」にあった場合も、「下通」や「上通」へ立ち寄る例が多いと考えられ、その結果回遊時間が長くなる。一方で、「下通」を出発地とした場合、多様な施設が存在する分、一地点で目的を完結しやすい傾向が読み取れる。

本稿では、熊本都心部の中央に位置し、最も回遊が集中する「通町筋電停」を「市街地の中心部」と定義する。この点からの距離別に駐輪場・駐車場、また、バス停・電停を分類し(図-7)、出発エリアごとに参加者の平均回遊時間に関する特性をみる。図-8には出発エリア別に参加者の平均回遊時間を示す。中心部から離れた地点から回遊を開始した来街者の回遊時間が長いことがわかる。

4. カーネル密度推定法を用いた回遊行動圏の可視化

カーネル密度推定法とは、観測点の分布状態から、全体の分布状態を面として推計する方法である。移動軌跡を地図上にプロットした場合、複数サンプルで観測点が

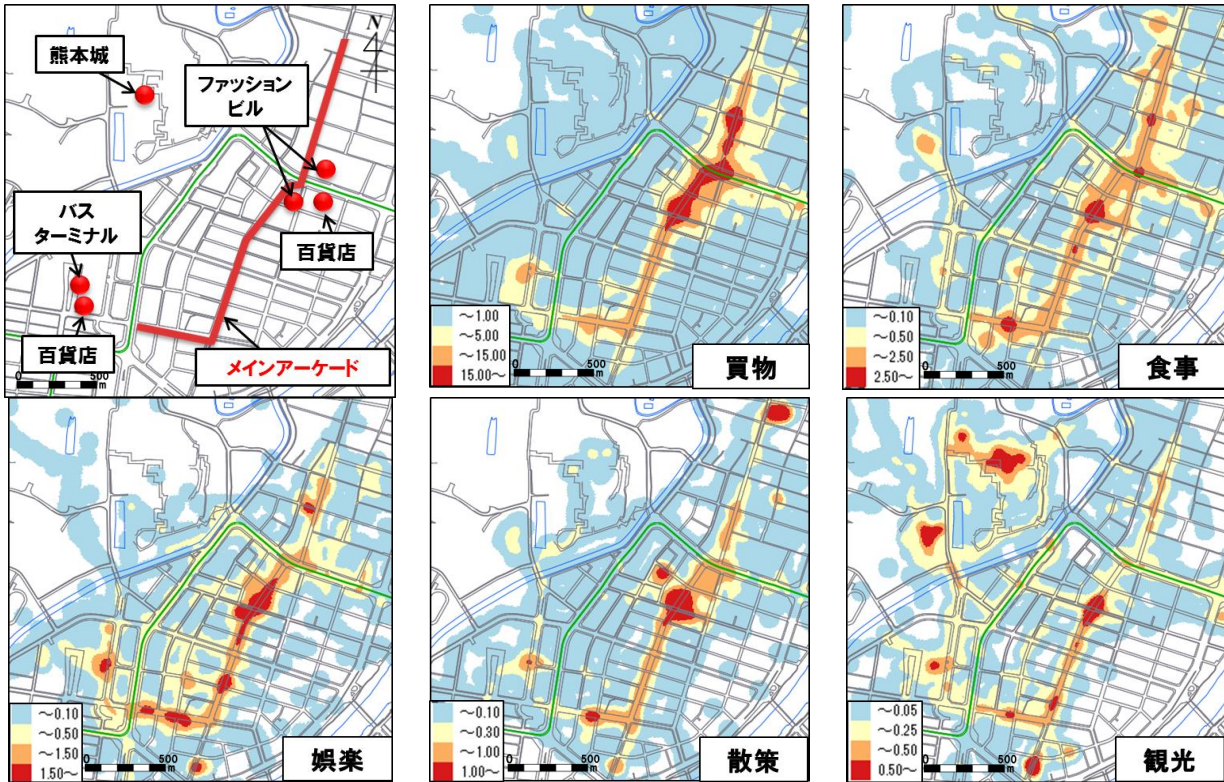


図-9 熊本都心部への来街目的別カーネル密度図

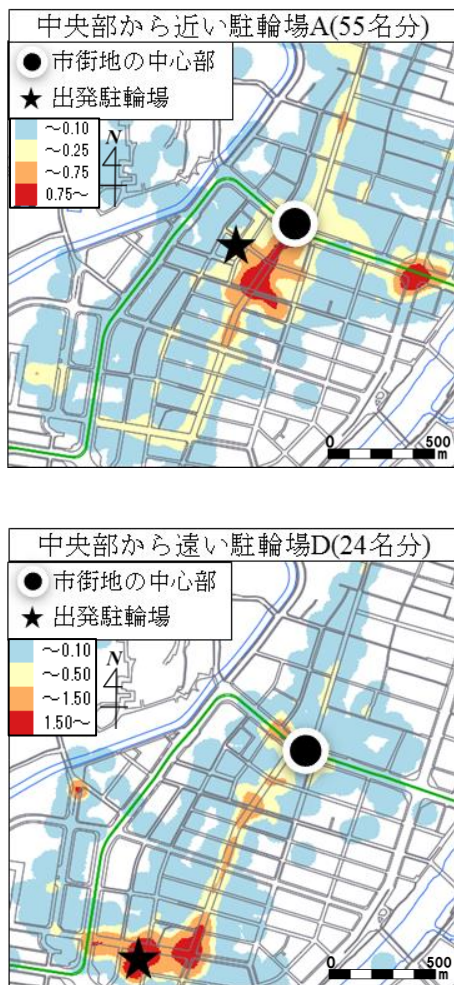


図-10 回遊の出発地別のカーネル密度図

膨大な場合は、点どうしが重なり合うため、回遊の特性を把握することが困難である。一方で、カーネル密度図は回遊が集中する地点を直感的に捉えることが可能となる。本研究では、フリーの GIS ソフトの QGIS のヒートマッププラグインを用い、カーネル密度を算出し、密度図を作成した。属性別に作成したカーネル密度図から考察できる回遊特性を以下にまとめる。まず、図-9 に示す来街目的別のカーネル密度図から来街目的に応じて回遊が集中する地点が異なっていることが見て取れる。

買い物、食事、娯楽目的の場合、それぞれ目的地となる主要な施設の周辺が滞留の核となっており、中心市街地のメインアーケードが回遊の中心となっていることがわかる。買い物目的では、百貨店、ファッションビルの周辺に集中しているが、食事目的では裏路地への回遊も見られる。娯楽目的では、新市街エリアのカラオケ店、パチンコ店の周辺への集中が特徴的である。

観光目的の場合、熊本城周辺に回遊が集中しているだけでなく、メインアーケードの南側に位置する「シャワー通り」にも観光客が多く訪れている。この通りは、ブティックやカフェ、雑貨店が建ち並び、かつ石畳の西洋風な空間が観光客の集客に貢献していると考えられる。一方で、メインアーケード北部での回遊は少ないことがわかる。

散歩・散策目的では、メインアーケードの北側に位置する「並木坂」で回遊が集中している。この通りは、石畳で、緑が多く、日当たりも良い空間であるため散歩・

散策に適しており、地域住民の憩いの場となっていることが確認できる。

図-10 には、回遊の出発地別のカーネル密度図の例を示す。メインアーケード中心部近くの駐輪場 A から出発した場合、回遊もその周辺に集中している。一方で、メインアーケード端部の駐輪場 D から出発した場合、その周辺部からアーケードにかけて回遊が広く及んでいることがわかる。回遊開始地点別の回遊行動圏をカーネル密度図で作成することで、回遊の開始地点が回遊特性に与える影響を簡易に可視化・分析できる。この行動圏図は、都心部の案内板の有効な設置策の検討や、地区の活性化施策の広報活動への活用が期待できる。

5. カーネル法を用いた行動圏面積の推定

(1) 手法の概要

回遊時間が長くとも 1ヶ所に長時間滞在している可能性はあり、3.で示した回遊時間は回遊の広さを示す指標とは限らない。そこで、本章ではカーネル法を用いた行動圏面積を推定する方法を提案し、その方法による分析例を示す。

本手法では、固定カーネル法を用いて行動圏を推定する。固定カーネル法は、一般的に野生動物の行動圏の推定に利用される。これは、得られた観測点の位置データを変数とし、関数(カーネル関数)により観測点以外の空間も含め全体の確率密度を算出し、行動圏及びその内部構造を分析する方法である。図-11 には、あるサンプルの観測データの点の分布と本手法を適用し推定された 95%カーネル行動圏を可視化した図を示す。また、GPS を利用した調査では、建物や地下に入った場合、位置情報が誤って取得されることが多い。そのため、測位誤差を考慮した行動圏の推定が必要となる。本手法では、図-11 に示す通り、測位誤差と考えられる点を含むことなく行動圏が推定されていることがわかる。そのため、事前に測位誤差のデータを除去・補正せずとも、簡易に行動圏面積を算出できる点にも本手法の特徴がある。

(2) カーネル行動圏面積の算出結果

図-12 はカーネル法を用いた行動圏の面積を年齢層別に平均したものである。95%カーネル行動圏面積の全平均は 0.26 km² となった。図-13 には平均的な行動圏面積であった 1 サンプルのデータの点の分布と、95%カーネル行動圏の例を示す。この面積を利用することで行動圏を簡易に数値化できている。図-14 には推定された行動圏面積を回遊時間別に平均した結果を示す。概ね回遊時間に伴い、行動圏面積も広がっている。ただし、この関係は単純な比例関係ではなく、長時間回遊した場合も、移動圏域の増加率は低減していることも確認できる。

次に、出発地点別の行動圏面積を確認する。図-15 には推定された行動圏面積を 4つの出発エリア別に平均した結果を示す。行動圏面積は「新市街エリア」、「辛島町エリア」から出発した参加者の方が、「上通エリア」、「下通エリア」から出発した参加者より広いことがわかる。出発エリア別の回遊時間(図-6)でも、「新市街エリア」、「辛島町エリア」から出発した参加者が、回遊時間が長い傾向にあり、同様の結果となっている。

図-16 には出発駐車場・駐輪場別に参加者の行動圏面積の平均を示している。図中の駐車場・駐輪場の順序は上から「市街地の中心部」からの距離が近い順になっている。これより、中心から遠い駐車場・駐輪場から出発

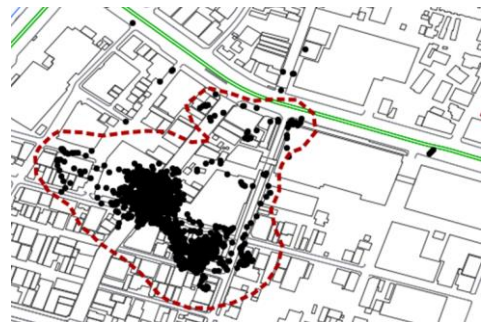


図-11 1サンプルの観測点の分布と 95%カーネル行動圏の例

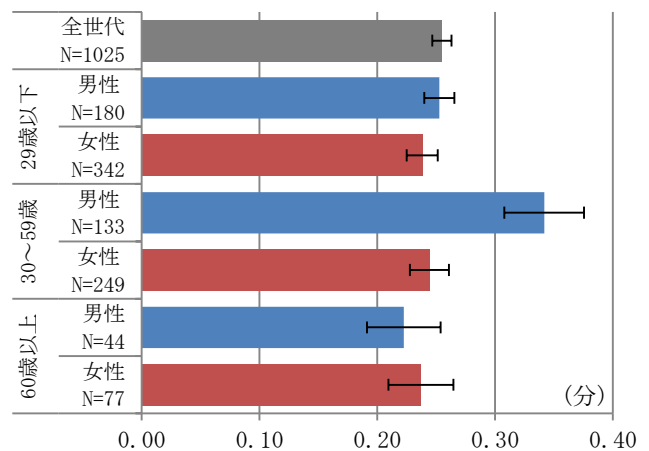


図-12 年齢別の行動圏面積

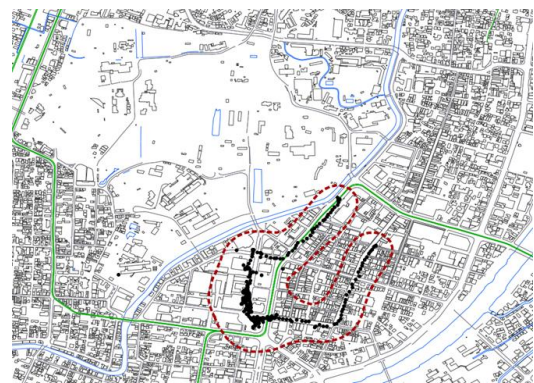


図-13 平均的な行動圏面積をもつサンプルの移動軌跡と 95%カーネル行動圏(図全体は調査範囲を示す)

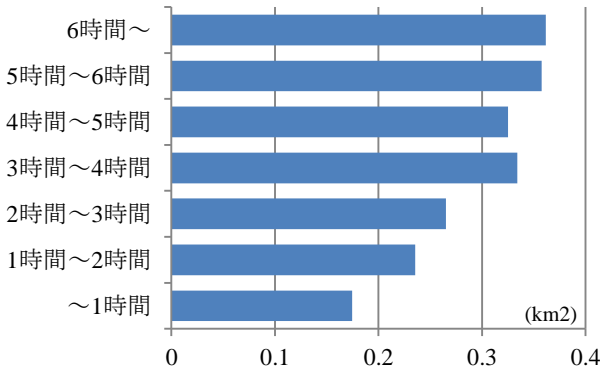


図-14 回遊時間別の行動圏面積の平均

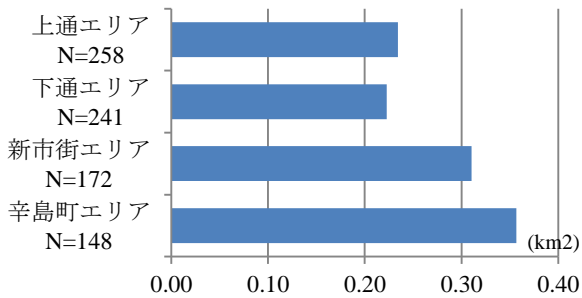


図-15 出発エリア別の行動圏面積の平均

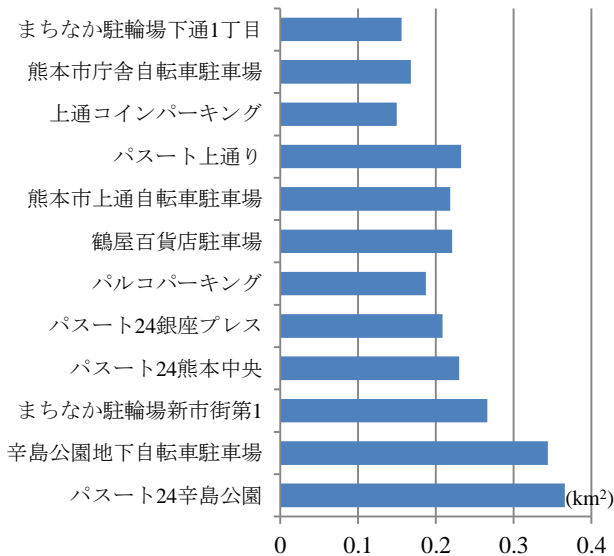


図-16 出発駐車場・駐輪場別の行動圏面積の平均

している参加者ほど行動圏が広い傾向にあることがわかる。一方で、「市街地の中心部」に近い地点から出発している参加者は、行動圏が比較的狭い。回遊時間に関しても、「市街地の中心部」から遠い地点から出発した参加者の方が平均回遊時間は長い傾向にある。これらの結果から、来街者は都心部の外縁部から出発するほど広範囲で回遊を行っていることがわかる。

(3) 回遊時間と移動圏域の回帰分析による比較

今までの単純集計分析をまとめた例として、回遊時間

表-1 回遊時間と移動圏域の重回帰分析結果

被説明変数	回遊時間		移動圏域	
	推定値	t 値	推定値	t 値
定数項	-0.388	-3.51	-0.067	-0.594
男性ダミー	-0.092	-1.304	0.149	2.067
年齢	0.519	2.202	-0.113	-0.470
友達ダミー	0.210	2.690	-0.184	-2.310
公共交通ダミー	0.236	3.069	0.271	3.458
娯楽ダミー	0.839	6.110	-0.008	-0.057
駐車・駐輪場の中心地からの距離 (km)	0.301	1.871	0.302	1.834
R^2	0.065		0.026	
N	864		864	

注) 被説明変数の回遊時間と移動圏域は正規化した値を被説明変数とした。ダミー変数は、それぞれ該当する場合 1、それ以外 0。

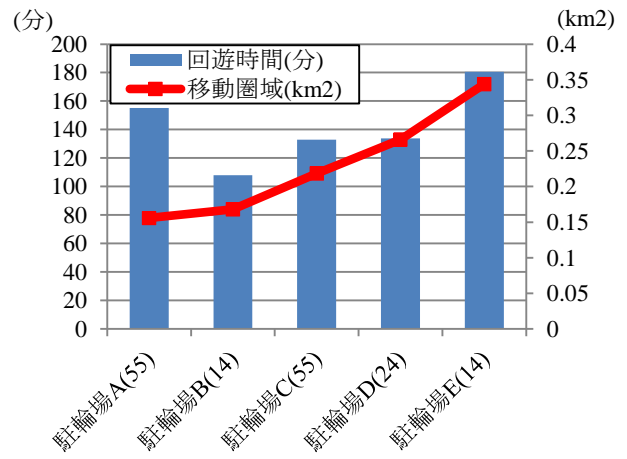


図-17 出発駐輪場別の利用者の平均回遊時間と平均移動圏域

と移動圏域についての重回帰分析結果を表-1 に示す。比較を目的としているので、回遊時間と移動圏域をそれぞれ正規化 (平均値ゼロ、標準偏差 1) した値を被説明変数として、同じ説明変数の組の回帰分析結果を示す。重決定係数は低いが、係数の推定値の比較を行うには有用な結果が得られている。具体的に、男性ダミーは、回遊時間は推定値が負で有意で無いが、移動圏域では正で有意の値をとっている。女性と比較して、男性の滞在時間は短い傾向にあるが、移動圏域は広いことが示されている。年齢についても、回遊時間と移動圏域は符号が逆になり、回遊時間についてのみ有意に正の値をとっている。高齢者ほど、ゆっくり長く回遊するが、移動圏域は広いとは限らないことが示唆されている。これらは、図-1 と図-12 から確認できる。友達ダミーについては、回遊時間は有意に正で、移動圏域は有意に負の値となっている。友達と来街した場合、限られた店舗等に長時間滞在する傾向があるためと考えられる。娯楽ダミーは、

回遊時間にのみ有意に正の値となっている。カラオケ店・パチンコ店等で長時間滞在するが、それは移動圏域の拡大にはつながっていないことが示唆される。バス、市電、熊本電鉄での来街者を示す公共交通ダミー、及び駐車・駐輪場の「市街地の中心部」からの距離の2変数については、共通して有意で正の値をとっていることも確認できる。

また、回遊時間と移動圏域の比較の例として出発駐輪場別の利用者の平均回遊時間と平均移動圏域を図-17に示す。図中の駐輪場 A が最も都心部中央地点に立地しており、B, C, D, E となるほど中心から遠くなる。また、駐輪場 A と D は図-10 に示す密度図と対応している。回遊時間は駐輪場ごとに差があるが、一定の傾向は確認できない。しかし、移動圏域では市街地中心部から離れた駐輪場から出発するほど高い値をとる傾向にある。これは、図-10 の密度図からも同様の傾向が読み取れた。回遊時間に関しては、一箇所に長時間滞在した場合にも高い値を示す。そのため、数値が高くなるほど活発な回遊を示すとは限らない。その点移動圏域では、実際の移動軌跡から回遊範囲を推定しているため、回遊時間では確認できないような回遊特性も把握可能となる。

以上の分析より、本研究で提案したカーネル密度分布による行動圏面積は、既存の回遊時間とは異なる傾向もあり、回遊行動を分析する際の簡易に利用できる評価指標となりうると言えよう。

本稿の分析から得られる政策含意を簡潔に述べる。一般的に都市部の外縁部に設置されるフリンジ駐車場は、まちのにぎわいを重視した都市空間の形成に有効と言われる。表-1 からは、都心から離れた駐車場・駐輪場を出発した来街者が、回遊時間、移動圏域ともに高い値となることを意味しており、フリンジ型の駐車場・駐輪場の有効性が支持される。公共交通来街者の回遊時間が長く、移動圏域も広いことから、利便性の高い公共交通の整備が都心部の活性化に有効であることも示唆している。娯楽施設については、回遊時間を増加させるが移動圏域は増加させないことには留意が必要であろう。

6. カーネル法を用いた時空間的視覚化

カーネル密度推定による可視化では来街者の行動範囲や滞留地点を直感的に示せることがわかった。しかし、2次元の密度図では時刻のデータを活かした可視化は難しい。スマホ型の回遊調査の特徴である位置情報とそれに伴う時刻のデータを踏まえた分析が必要と言える。そこで本研究では、地理的情報のみの平面の地図に時間次元を加えることで、時空間的な可視化を行う。

回遊軌跡の3次元可視化では時空間パスの作成が一般的である。図-18のように単一のデータに対し時空間パ

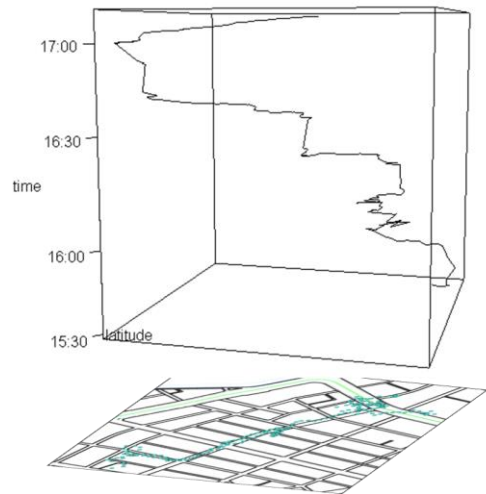


図-18 1 サンプルの時空間パス

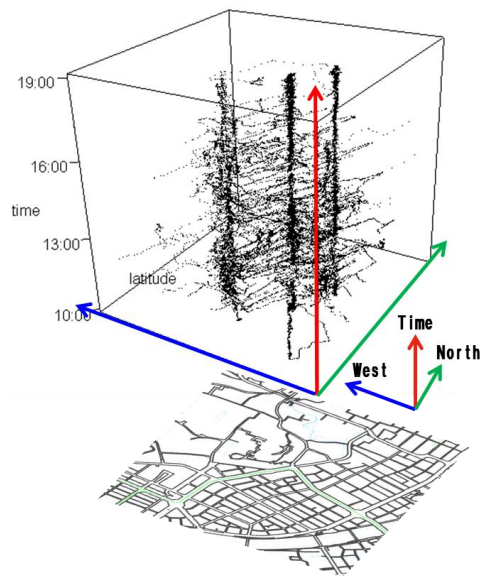


図-19 観測点の時空間分布図(60歳以上/121名)

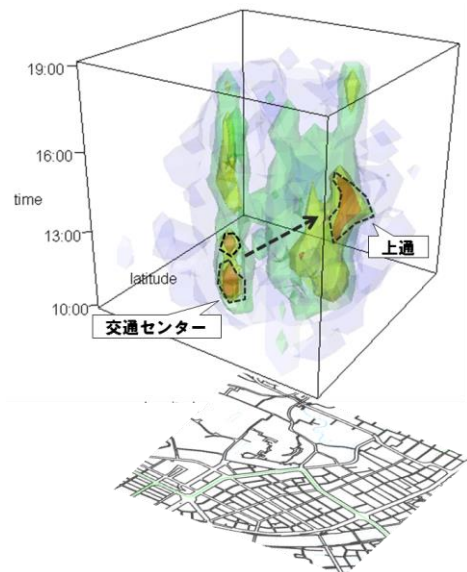


図-20 時空間カーネル密度図(60代以上/121名)

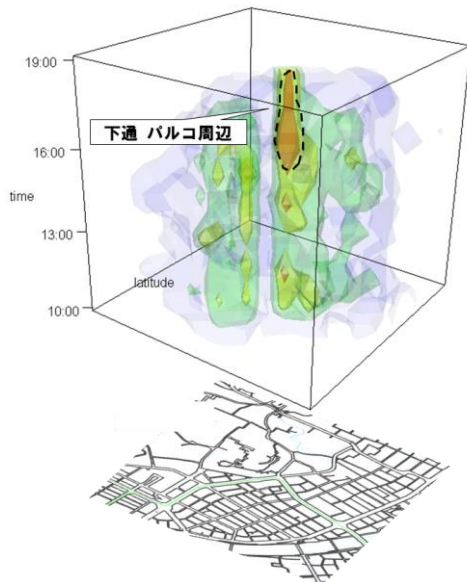


図-21 時空間カーネル密度図(10代224名)

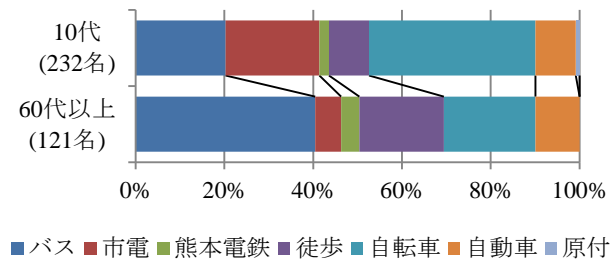


図-22 年齢層別の来街交通手段

スを作成することで、時間ごとの移動の様子を確認できる。また、一地点への滞在や移動の速さも線の傾きから簡易的ではあるが把握できる。しかし、時空間パスでは複数サンプルの全体的な特徴や傾向を明らかにすることは難しい。さらに、測位点のデータを線として表現するためには、測位誤差が大きなデータをあらかじめ除去・補正する必要がある。そこで、4.より測位誤差の影響を受けにくく、膨大なデータの特徴を視覚的に把握しやすいことがわかったカーネル密度推定法を時空間のデータに適用して可視化する。図-19には60代以上の来街者121名の観測点の時空間分布を示す。また、このデータのカーネル密度推定結果を図-20に示す。点の分布では回遊が時空間的に集積する地点を把握しにくい。一方、カーネル密度図ではこれを直感的に示せる。図-21には10代の来街者224名の時空間カーネル密度図を示す。60代以上のカーネル密度図と比較すると回遊が集中する地点だけでなく、その時間も異なることがわかる。60代以上では、10時から12時の午前中にバスターミナル、百貨店周辺での観測が多く見られた。午後になると「上通」での回遊が多いことがわかり、17時以降は回遊が比較的小さいことが見て取れる。図-22には年齢層別の

来街交通手段の割合を示しているが、60代以上ではバスの利用割合が高い。このことから、高齢者層の多くが午前中にバスで来街し、都心部に向けて回遊していると考えられる。都心中央部の停留所を利用せずバスターミナルで下車する理由としては、路線の終点となりやすく、乗降所がわかりやすいことや、周辺に百貨店やバスターミナル地下にも高齢者層向けの店舗が多くあることが考えられる。一方で、10代は午前中の回遊が比較的小さく、15時から19時までの間にファッションビル周辺で多く回遊されていることがわかる。

以上のように時空間カーネル密度図を作成することで、2次元の可視化では難しい回遊の時間的な流動を明らかにすることができる。また、属性別に3次元可視化を行うことで、店舗の設置やイベントの実施の際にターゲットに合った場所、時間帯を決定するための基礎情報を取得できる。

7. 結論

本研究は、2013年冬の週末に熊本都心部で行われたスマホ型回遊調査のデータの分析により、以下の成果を挙げた。

1. 来街目的別・回遊の出発特別の回遊圏域を可視化し、食事目的の来街者は裏路地への回遊も多いこと、都心周辺部の駐輪場利用者は回遊圏域が広い等の特性を示した。
 2. 軌跡データの95%カーネル密度圏を行動圏域と定義し、その面積で回遊特性を数値化する方法を提案した。
 3. 移動圏域の面積が増加すると回遊時間は、概ね増加する傾向にあるが、細部が異なる点もある。例えば、1) 女性と比較して、男性の滞在時間は短い傾向にあるが移動圏域は広いこと、2) 高齢者ほどゆっくり長く回遊するが、移動圏域は広いとは限らないこと、3) 友達と同行している場合、回遊時間は長い移動圏域は限られること、4) 娯楽目的で来街した場合は、回遊時間は長い、移動圏域の拡大にはつながっていないことである。
 4. 都心部の回遊では、建物内や高層建物の間などでGPSの測位誤差が発生するが、カーネル密度図は、それらの誤差の影響を受けにくく、簡易な手法として有効であることを確認した。
 5. カーネル法を用いた時空間可視化を行うことで、スマホ・アプリ型回遊調査の特徴である時刻情報を踏まえた回遊の時空間集積を把握可能にし、属性ごとにその特徴が異なることを明らかにした。
- 今後の課題として、データの取得端末(Android・iOS)の特徴を考慮した考察が必要と言える。調査時に活用したアプリは、Android版とiOS版で位置情報更新に關す

る設定が異なる。Android版では10秒毎に位置情報を更新し、iOS版では10m移動する毎に位置情報を更新するように設定されている。そのため、Android端末で取得したデータを密度図で可視化する場合は、滞在時のデータが結果に大きく反映される。一方、iOS端末では滞在中にデータが取得されないため、密度図を作成することで純粹に移動が多く行われている地点を明確にできる。以上のようにデータの取得端末により行動圏推定・可視化時の解釈が異なる点に留意すべきと言える。

さらに今後の展開として、時空間カーネル密度分布の体積を算出することが考えられる。これにより、広域に回遊していることを示せる「移動圏域」と、都心部に長時間滞在したことを示せる「回遊時間」の両者から総合的に回遊の活発度合いを評価することが可能となり、回遊特性の平易な分析指標となりうるだろう。

参考文献

- 1) 辰巳浩, 堤香代子: 福岡市都心部における休日の回遊行動に関する研究: JR博多シティの開業にともなう回遊行動および意識の変化, 都市計画論文集, Vol.48-3, pp. 951-956, 2013.
- 2) 氏原岳人, 阿部宏史, 入江恭平, 有方聡: 二極の特性の異なる商業エリアを有する中心市街地内の回遊行動の実態分析: 岡山市の中心市街地を事例として, 都市計画論文集, Vol.49-3, pp.801-806, 2014.
- 3) 古谷 知之: 携帯型位置情報端末を用いた観光行動動態の時空間データマイニング: 箱根地域を事例として, 都市計画論文集, Vol.41-3, pp.1-6, 2006.
- 4) 大山雄己, 羽藤英二: ポロノイ分割ネットワークを用いた逐次移動-滞在選択モデル, 都市計画論文集, Vol.48-3, pp.1107-1112, 2013.
- 5) 大山雄己, 福山祥代, 羽藤英二: 活動欲求を考慮した離散-連続モデルによる小滞在発生メカニズムの分析, 都市計画論文集, Vol.49-3, pp. 375-380, 2014.
- 6) 野原浩大朗, 福所誠也, 井村祥太郎, 円山琢也: スマホ・アプリを利用した熊本都心部回遊調査の分析, 第49回土木計画学研究発表会, 2014.
- 7) 井村祥太郎, 佐藤貴大, 円山 琢也: スマホアプリ型回遊調査のデータ特性と SVM による移動滞在判別の基礎分析, 第50回土木計画学研究発表会, 2014.
- 8) 中谷友樹, 矢野桂司: 犯罪発生の時空間3次元地図-ひたくり犯罪の時空間集積の可視化-, 地学雑誌, 117(2), pp.506-521, 2008.
- 9) 深田秀実, 奥野祐介: 観光歩行行動データに対する GIS を用いた3次元可視化手法の提案, 観光と情報, 8巻1号, pp.51-66, 2013.

(2015.7.29 受付)

A PROPOSAL OF A SIMPLE METHOD FOR ANALYSING SMARTPHONE-BASED TRAVEL-SURVEY DATA USING KERNEL DENSITY ESTIMATION -A CASE OF DOWNTOWN KUMAMOTO-

Takahiro SATO and Takuya MARUYAMA

We conducted smartphone-based visitor's behavior survey in downtown Kumamoto in November and December 2013 and successfully collected 1,086 samples. The survey data include huge GPS tracking of participants and we need an efficient method to analyze these data. This study proposes a simple method to compute visitors' activity area using Kernel density map. We define the activity area of a participant as a boundary constituting 95% Kernel density of his/her GPS tracking. GPS tracking in downtown area suffers from urban canyon effect and weak or no signal effect inside building. We find the proposed method is robust to such outliers and demonstrate several 2D/3D Kernel density maps that visualize the visitors' behavior in downtown. Finally, we compare the size of activity area and length of stay in downtown and discuss policy implications.