

限定設置条件下でのWi-Fiパケットセンサに基づく来街者の回遊行動の把握

Khaimook Sippakorn¹・葉 健人²・八木 優治³・青木 保親⁴
猪井 博登⁵・土井 健司⁶

¹非会員 大阪大学大学院 工学研究科地球総合工学専攻 (〒562-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)

E-mail:khaimook.sippakorn@civil.eng.osaka-u.ac.jp

^{2,3,4}学生会員 大阪大学大学院 工学研究科地球総合工学専攻 (〒562-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)

E-mail:aoki.yasuchika@snow.plala.or.jp

⁵正会員 富山大学准教授 都市デザイン学部都市・交通デザイン学科 (〒930-8555 富山県富山市五福3190)

E-mail:inoi@sus.u-toyama.ac.jp

⁶正会員 大阪大学大学院教授 工学研究科地球総合工学専攻 (〒562-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)

E-mail:doi@civil.eng.osaka-u.ac.jp

近年、観光地や拠点施設への来訪者の実態調査においてWi-Fiパケットセンサが用いられている。従来の分析手法で精度の高い来街者の位置情報を得るためには、観測範囲に密度高くセンサを設置することが必要である一方で、費用負担や合意形成の点で多くのセンサを設置することは現実的に困難な場合が多い。本研究では、センサ間の移動を推定するアルゴリズムを開発することにより、センサの設置数が少なくとも、一定の空間精度を確保する分析手法を開発した。岐阜市柳ヶ瀬地区でのトランジットモール社会実験エリアを対象として、生活道路レベルでの個々の来街者の移動経路を推定し、回遊行動の可視化を行った。

Key Words : Wi-Fi packet sensor, rambling activities, pedestrian flow, transit mall

1. はじめに

近年、わが国では集客や賑わいの創出を目的とした政策実験、社会実験やイベントが全国で行われている。施策の実施に伴い、人手による断面通行量のカウント調査を用いて、施策の効果の検証が行われてきた。この手法は主に通行量を把握する手法であるが、より詳細な実施効果の検証をする上では十分でない。施策の効果を高めるためには、通行量だけではなく各来訪者のその地区における詳細な歩行行動（回遊行動）を把握する必要がある。回遊行動を活発化させることは、中心市街地の活性化や賑わいの創出に繋がる重要な要素となっており、これを実現するため、地区内というミクロな範囲での施策の最適化が求められる¹⁾。

これに対して、近年では新技術すなわちGPSデータ、Wi-Fiデータ、レーザーカウンター、カメラ画像についての技術を活用した計測手法が提案されている²⁾。しかしGPSデータを収集する調査は、調査協力者へ直接参加を依頼する必要があるため、サンプル数が少ないという問題点がある。また、レーザーカウンターやカメラ

画像による調査は、個人の行動が連続的に追えない点や、混雑時の計測を不得意とする点が問題点として挙げられる。そのため本研究では、回遊行動を断続的に計測できるWi-Fiパケットセンサを用いた調査に注目する。Wi-Fiパケットセンサは、スマートフォン等のWi-Fi通信機能を持つ情報機器が30秒～2分間隔で発信しているProbe Requestと呼ばれる管理パケットを受信、収集する調査機器である³⁾⁴⁾。そして、Wi-Fiパケットセンサは情報機器に匿名化された固有の識別情報（MACアドレス）を取得した電波強度および取得時刻と共に逐次記録する。複数のWi-Fiパケットセンサに記録された情報とそれぞれのセンサの設置箇所の情報を組み合わせることにより、情報機器を持っている来訪者のWi-Fiパケットセンサ付近間の移動および滞在を把握することができる⁶⁾⁷⁾。加えてWi-Fiパケットセンサによる調査では、機器の導入およびランニングコストが比較的安価であるという利点もある。実際にWi-Fiパケットセンサは、2018年に京都駅、大阪府にある御堂筋において行われた交通流動調査⁹⁾¹⁰⁾で用いられており、その有用性が示された。

一方で、Wi-Fiパケットセンサを用いた調査には課題も存在する。来訪者の流動分析では、同一MACアドレスの複数地点での観測を時系列順に整理することで人の流動を表現している¹¹⁾¹²⁾。この手法では来訪者の位置を各Wi-Fiパケットセンサの観測の有無によって判断している。そのため、同一センサのパケット受信範囲内における詳細な位置情報は得られていない¹³⁾。これにより、街区内の回遊行動を把握するにはスポット毎の設置が余儀なくされ、多数の機材を用いた調査が必要となる。しかし、多数の地権者や多様な利害関係者が存在する中心市街地の活性化などの文脈でWi-Fiパケットセンサ調査を実施しようとする場合、調査に要する費用負担や設置に伴う地権者との合意形成等に関わる制約から、望ましい個数のセンサーを配置することは現実的に困難な場合が多い。

したがって、これらの制約条件を踏まえた上で、中心市街地来訪者（以下、来街者と呼ぶ）の回遊行動を明らかにする空間的に精度の高い分析手法を開発し、提案することを本研究の目的とする。

2. 既往研究の整理

中西ら¹⁴⁾は、沖縄本島・本部半島周辺の13地点の観光地にWi-Fiパケットセンサ（以下、センサ）を設置し、観光客のWi-Fiデータを4日間にわたって計測した。計測した観光客の観光地間の移動情報を基にOD表とトリップチェーンの作成を行い、実際の施設への来場者数やアンケート調査の結果と整合することを確認した。しかし沖縄本島という広範囲に点在する観光地間の移動に着目した研究であり、中心市街地内の回遊行動は検討されていない。

壇辻ら¹⁵⁾は、奈良県の長谷寺参道におけるWi-Fiデータから算出した滞在時間と観測地点に着目し、来訪者の交通手段を判別している。また、交通手段により滞在時間が違うこと、午前・午後により滞在時間の分布に違いがあることを明らかにしている。しかし、回遊行動における一定範囲内の滞在に着目しており、移動は検討されていない。以上2つの研究では各センサ間の移動や滞在時間の分析に終始し、パケット受信範囲内の詳細な位置情報に関しては言及されていない。よって本研究ではセンサの周辺という曖昧な位置ではなく、より詳細な生活道路レベル¹¹⁾での位置推定を可能とする分析手法の開発を試みる。

森本ら⁹⁾は、大阪の駅前大型商業施設においてセンサを20台設置した調査を行い、人の移動と分布を可視化し、高い精度での位置推定を行っている。しかし、この調査は商業施設という閉鎖的な空間において機材を

比較的高密度に設置したものであり、開放的な都市空間において同様の精度の結果を得るには相当の機材数が必要となる。

間邊ら¹⁶⁾は、Wi-Fiを用いた位置特定には、位置が既知である複数の基準点からの相対的な位置関係を用いて行うとしている。この分析手法では設置間隔を複数機材による同時観測が発生するように設定されている。つまり調査範囲に対する機材の高い設置密度が要求される分析手法であると考えられる。よって本研究では複数機材による同時観測がなされにくい密度の設置個数においても尤もらしく位置推定を行う分析手法を構築する。

3. 限定設置条件下でのWi-Fiパケットセンサの活用による回遊行動の推定方法

(1) 推定方法の概要

従来の方法では、位置推定は複数機器の同時観測データから電波強度を基に相対的に距離を算出することで行われる。しかし先述の制約条件から、高い精度で位置推定を行うための個数の設置は困難な場合が多い。こうした限定設置条件下での来街者の位置および移動経路の推定を行うために、本研究ではまず以下の4つの仮定を設けた。

1) センサの受信距離は電波強度のみに依存すると仮定する。情報端末とセンサの距離が近づくにつれ電波強度が高まる傾向にあるが、通行量や障害物の有無により変動する¹⁷⁾。しかし、取得データから判別することは難しい。よって本研究では100dBの電波強度が観測された場合、センサの中心から70mの位置にあると仮定し、それを基準に他の距離についても算出する。

2) 来街者は街路上において観測されると仮定する。店舗内等の屋内であっても、電波の反射等の性質により観測されうるが、本研究では単純化のため全て街路上において観測されるものとする。

3) W センサの観測範囲は建物を回りこまないと仮定する。反射により電波が建物等を回り込み観測される可能性もあるが、今回は各センサから延びる街路の方向にのみ観測されるものと単純化する。

4) 来街者の移動に関して、狭い範囲（狭域）内では最短経路で移動するものと仮定する。回遊という移動・行動の性格からは当然最短でない経路も予想されるが、観測間隔である30秒～2分は歩行者が複数箇所を移動するには非常に短い。この間隔内で柳ヶ瀬地区内という限られた街区内において移動する際には、最短経路を選択するという仮定を置く。

(2) 推定の手順

本研究が発案した移動経路の推定手順を図-1 に示す。この手順はセンサの電波強度と街路ネットワーク上の最短経路探索に基づいて位置推定を行うアルゴリズムとして表現されている^[1]。まず始めに、各時点の観測結果を取得し、一定時間内に複数のセンサによる発信機器の観測結果が存在するか否かを判別する (A-1)。本研究では一定時間を 10 秒に設定している。これに該当したものは複数観測みなし、電波強度を基に距離を算出し、位置を推定する (A-0)。該当しなかった、つまり単独観測となった場合、当該センサ以外の観測結果

の内、最も時間差が小さいものを移動方向の目安として設定する。図-1 (A-2) のような状況においては、当該センサのデータ取得時刻は 12:00、他 2 台についてはそれぞれ、12:05、11:50 であり、最も時間差が短いセンサは 12:05 のものとなるため、それを移動方向の目安として設定する。

次に対象エリア内に来街歩行者の移動ベクトルが存在するか否かを判断する。図-2 (A-3) では、歩行者の移動ベクトルが存在している場合を示しており、ベクトル上において、電波強度を基に距離を算出し、位置推定に至っている (A-4)。

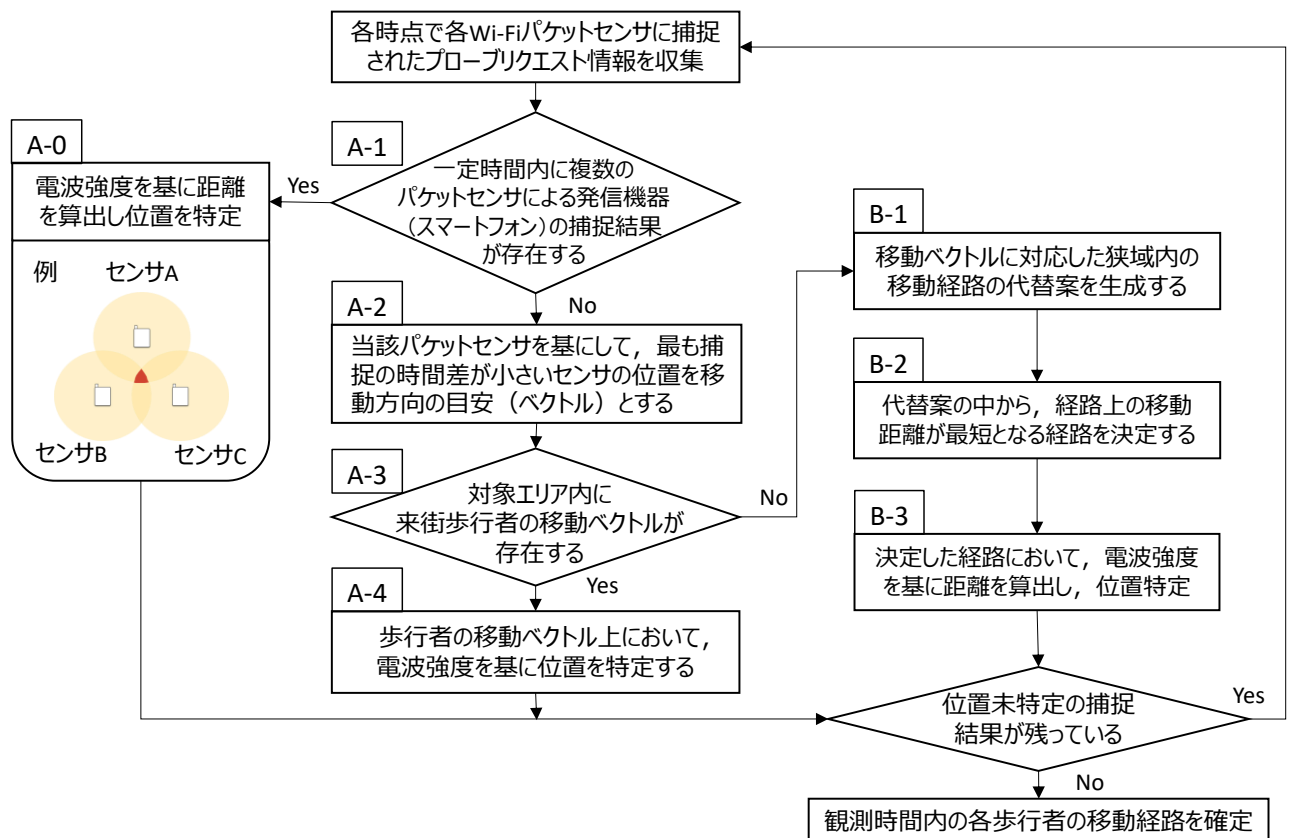


図-1 来街歩行者の移動経路の推定手順

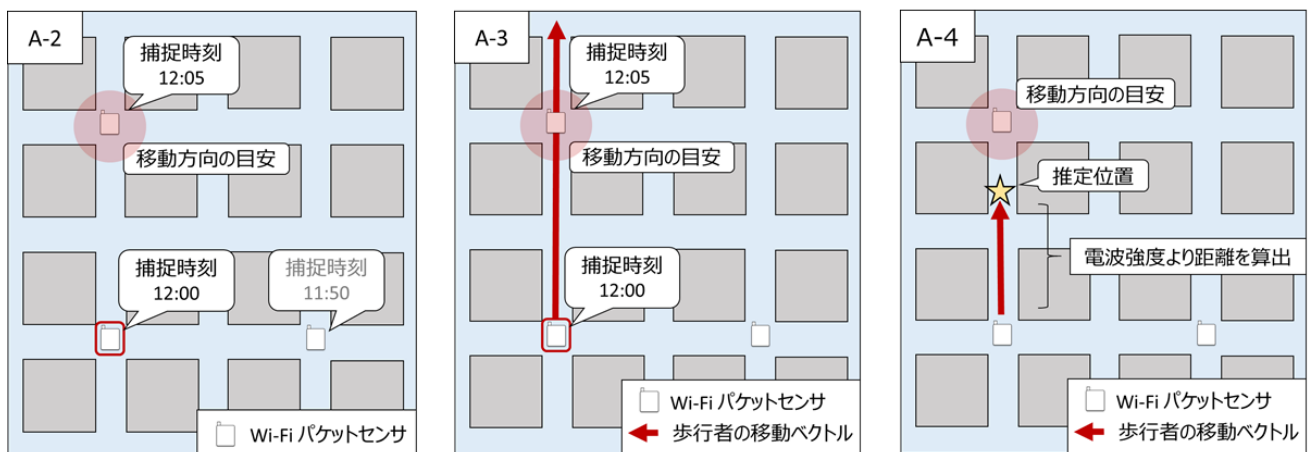


図-2 推定手順 (A-2,3,4)

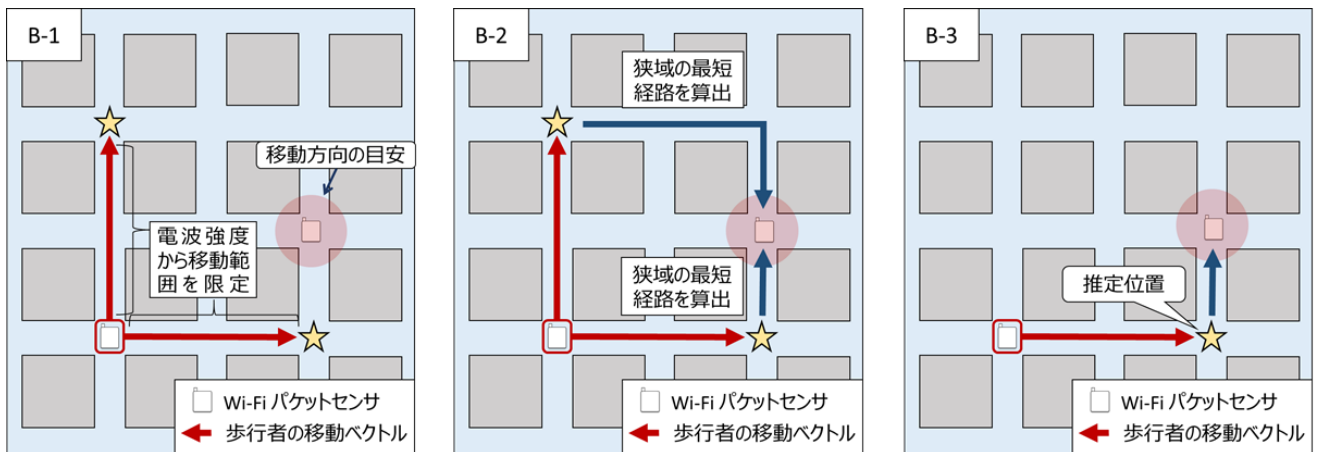


図-3 推定手順 (B-1,2,3)

対象エリア内に歩行者の移動ベクトルが存在しない場合、先ほどと同様の手順によって設定した移動方向の目安を基準に、経路の代替案を作成する。

図-3 (B-1) の場合、4方向ある歩行者の移動ベクトルから2方向に候補を絞り、電波強度から算出した距離を用いて、暫定的な位置を推定する。

その暫定位置から街路ネットワーク上での経路代替案をそれぞれ作成し、距離を算出する。(B-2)

そして経路代替案の中から経路上の移動距離が最短となる経路を決定し、電波強度から求めた距離を用いて位置を特定する。(B-3)

この推定手順を位置未特定の観測結果全てについて行い、観測時間内の歩行者の移動経路を推定する。加えて、街路上において来街者が観測されるという仮定の下、推定位置が街路を外れたものに関しては、最も近い街路上に位置の補正を行っている。これを全来街歩行者のデータに対して適用した。



図-4 トランジットモール実施区域 (原図: Open Street Map)

3. Wi-Fiパケットセンサを用いた調査の概要

(1) 調査の対象地域

本研究では岐阜市の柳ヶ瀬地区(図-8)を対象地域として選定した。柳ヶ瀬地区はJR岐阜駅の約1km北に位置し、かつて繁栄していたが、近年百貨店などの撤退により、まちの空洞化が顕著となっている。都市再生の促進や居住、賑わいの創出が求められ、平成15年7月に都市再生緊急整備地域として指定を受けている¹⁹⁾。これに対し、柳ヶ瀬地区は、情報交流拠点の配置や空き店舗の活用、音楽ライブを始めとする様々なイベントを開催するなど集客力向上に積極的に取り組んでいる。

岐阜市は中心市街地活性化のため、住民からの強い希望により、既存のBRTシステムを活かしたトランジットモール社会実験に取り組んでいる¹⁹⁾²⁰⁾。トランジットモール(以下、TM)は、自動車の通行を制限し、歩行者

と公共交通のみの空間を創出することで歩行者の安全性、快適性を向上させ、地域の活性化を促す交通施策である²¹⁾²²⁾。主な導入目的は、公共交通の円滑な運行の確保、快適な歩行者空間の確保、都心商業地区の活性化とされている。現在全国4箇所ですべて実施され、2018年には富山市において社会実験が行われるなど効果が期待されている交通施策である²³⁾²⁵⁾。

2017年11月19日、20日に岐阜市の長良橋通りにおいて歩行量の増加および回遊性向上を期待し、TM社会実験が行われた。前年の2016年に実施された際、通常の約4倍の来街者交通量を記録し、2017年においても多くの人通りが期待されるため、本研究の対象とした²⁶⁾。

(2) 調査の概要

Wi-Fiパケットセンサ(以下、センサ)は、地元との

協議の上、人通りの多さ、電源の所在、センサ間の距離の確保を考慮し、図-2に示す11箇所に設置した（表-1）。TM実施前の2017年11月15日から同年12月20日を調査期間としている。調査に際しては来街者のプライバシーに配慮し、センサの設置箇所に調査の説明文を貼付し、周知を図った。

TM実施による来街者数の増加および移動人数の変化を実施効果として分析を試みた。TMの実施効果を明らかにするため、TM実施の有無による比較評価を行った。ただし、TM実施時には、サンデービルディングマーケットという商業イベントが行われていた。これは参加を希望した多くの店舗が柳ヶ瀬商店街内に軒を連ねる出店イベントである。この実施効果とTMの実施効果を分離するために、表-2に挙げる3つの日曜日の日程（11月19日、11月26日、12月17日）を比較分析の対象とした。以降では11月19日をTM実施日、11月26日を通常日、12月17日をイベント実施日と称する。

(3) 来街者のデータの抽出

来街者データを抽出するため、周辺住民データおよび通過交通データの除去を行った。なお、本研究ではセンサで観測されたMACアドレスを以後IDと称する。まずTM社会実験は各日10:00～16:00に行われたため、TM実施時間前に観測されたデータを周辺住民とみなし削除した。そして対象時間内に1度しか観測されなかったID、最初と最後の観測時刻の差が一定時間未満のIDを通過交通とみなし削除した。なお、今回は対象地域を目的地としない場合に、徒歩で街区周辺を通過する際に要する時間を想定し、一定時間を5分とした。以上の手順により来街者データを抽出した。本研究では、来街者1人あたり1機器を所有しているという仮定の下、対象時間内に観測されたIDから重複したIDを除いた数つまり観測された機器数を観測人数とする。

来街者データ抽出後の総観測人数はそれぞれ通常時：4480人、イベント実施時：12679人、TM実施時：15897人となった。イベント実施時は通常時と比較し、総観測人数が2.83倍となっており、イベントの集客効果が確認された。またTM実施時は、通常時との比較では3.55倍、イベント実施時との比較では1.26倍と総観測人数がさらに増加しており、TMの集客効果が確認された。

(4) Wi-Fiパケットセンサ間の移動の把握

まず、中心市街地における来街者の流動を把握するため、従来の分析手法を用いて、センサ間の移動人数を分析する。同一IDの複数地点での観測を時系列順に整理したものを各センサ間において集計し、移動人数を把握する。移動人数の総和が最も大きかった12時台を例として、移動人数を弦グラフとして図示した（図-10）。上段の

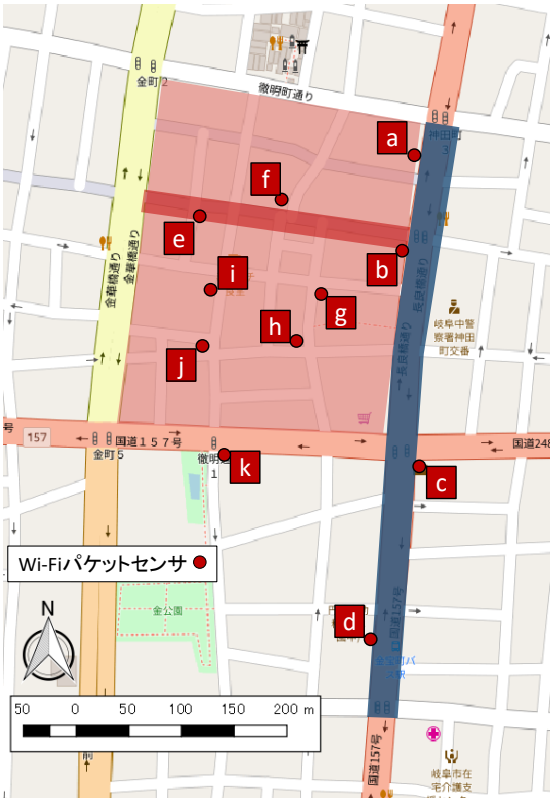


図-5 Wi-Fiパケットセンサの設置箇所

表-1 Wi-Fiパケットセンサ設置箇所詳細

点名	Wi-Fiパケットセンサ設置箇所詳細
a	TM実施区域北
b	柳ヶ瀬商店街東
c	TM実施区域中央付近
d	TM実施区域南
e	柳ヶ瀬商店街西
f	柳ヶ瀬商店街中央付近
g	劇場付近
h	神室町1丁目
i	大型商業施設（高島屋）付近
j	大型商業施設（高島屋）南
k	柳ヶ瀬地区南

表-2 分析対象とする日程（○：実施，×：実施せず）

名称	実施日	トラジットモール	商業イベント
トラジットモール実施時	11/19(日)	○	○
通常時	11/26(日)	×	×
イベント実施時	12/17(日)	×	○

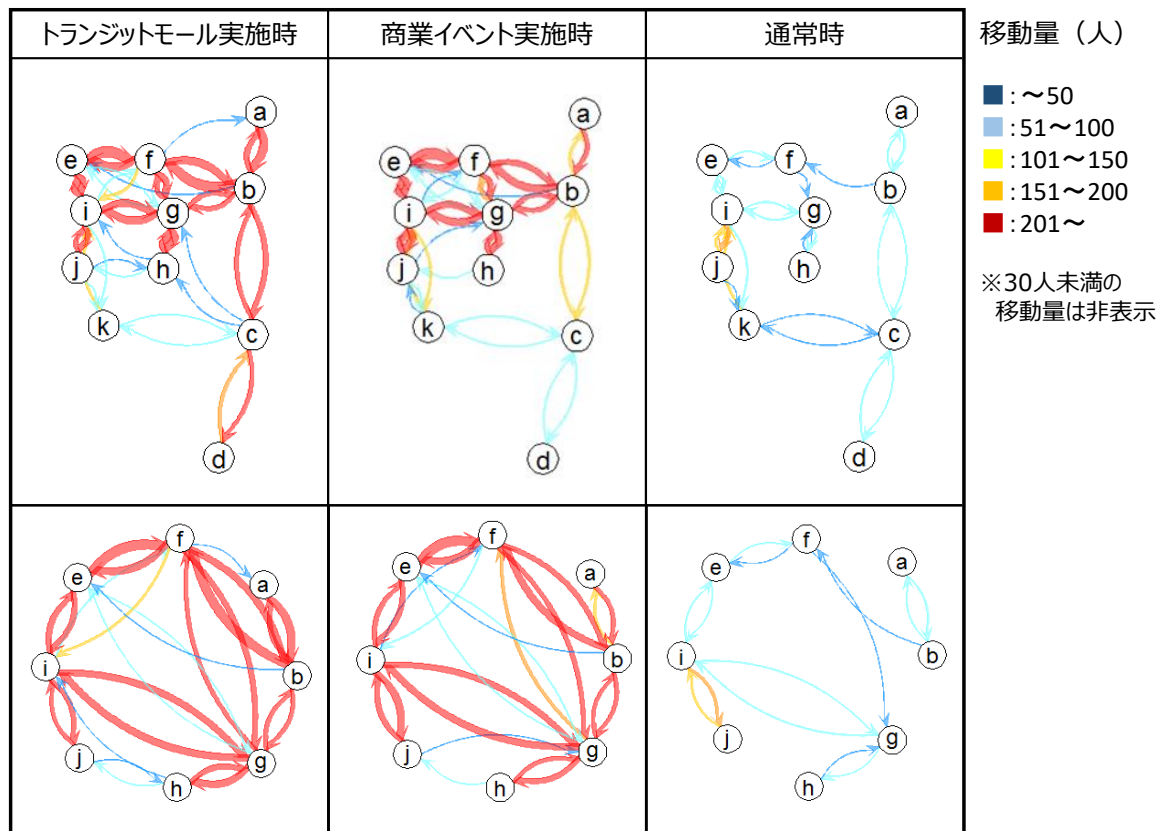


図-6 センサ間移動観測図 (12時台)

図はセンサ設置箇所に対応するように、下段の図は従来の分析方法と同じく、柳ヶ瀬地区内の8箇所を円形に配置したものである。図から通常時は相対的に移動人数が少ないことがわかる。一方で、i, j間では100人を超える移動人数が観測されており、大型商業施設へのアクセス、イグレスの多さが表現されたと考えられる。また、通常時と比較しイベント実施時およびTM実施時では来街者の移動が柳ヶ瀬地区内 (b, e, f, g, h, i, j) を中心に多く観測されている。それに加え、TM時にはTM実施区域 (a, b, c, d) での200人を超える移動人数が観測されている。以上のことから、イベントを実施することにより柳ヶ瀬地区全体において、TMを実施することによりTM実施区域周辺において来街者が増加し、移動が活発化することが推察される。なお、これらの分析にはRバージョン3.3.2の下でパッケージsnaを使用した。

このように従来の方法は移動人数を可視化することにより、直感的に来街者の流動が把握しやすくなるという利点を持っている。しかし、先ほど指摘した通り、これは移動をセンサまたはその付近間の移動として模式的に捉えたに過ぎない。また、これでは時間消費が行われた街路や、移動経路を推察することは困難である。

(5) アルゴリズムに基づく移動経路の推定結果
移動経路推定後の来街者の位置情報を地図上にプロットした例を図-9に示す。この例に挙げた来街歩行者は、柳



図-7 移動経路の推定結果—ある来街歩行者の例—

ヶ瀬地区南から来訪し、TM沿線を北上している。その後イベント実施地域を中心に約2時間回遊し、TM沿線を南下し回遊を終了していると推察される。この結果が示すように、従来の分析手法では表現できなかった生活道路レベル^[2]での回遊行動が捉えられていることが本手法の大きな特徴と言える。

(6) 実施効果の分析

次に、12:00～12:59における推定後の全観測データを地図上にプロットした（図-8）。第4章で述べたセンサ間移動観測図において、f、g間の移動に着目すると、街路内の来街者の位置が明らかとなっている。これにより、従来の手法と比較し、空間的に高い精度での分析が可能となったと言える。また、イベントおよびTMの導入効果を街路ごとに把握するため、各街路においてプロットをカウントし、比較を行った。

図-9はイベントの有無により比較を行った図である。街路毎にイベント実施時のカウントを通常時のカウントで除したものを数値として示している。また、総観測人数を比較した数値を超える街路を特に観測数が増加した街路とみなし、赤色で表現している。これを見ると、イベントを実施している柳ヶ瀬商店街付近の観測数が増加しており、イベントの集客力が示唆される。

図-10は、TMの有無により比較を行った図である。街路毎にTM実施時のカウントをイベント実施時のカウントで除したものを数値として示した。先ほどと同様に、赤色の街路は総観測人数を比較した数値を超えるものを示している。これを見ると、TM実施区域およびTMから柳ヶ瀬地区に進入する街路の観測数が特に増加している。TM実施時、TM実施区域から柳ヶ瀬地区に来街者が流入していると推察される。

以上より、観測数を比較することによって、生活道路レベルでの施策実施効果の分析が可能となった。

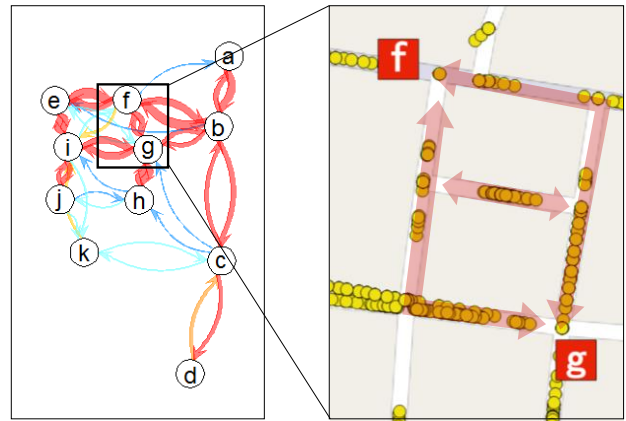


図-8 街路におけるプロット



図-9 イベント実施の効果

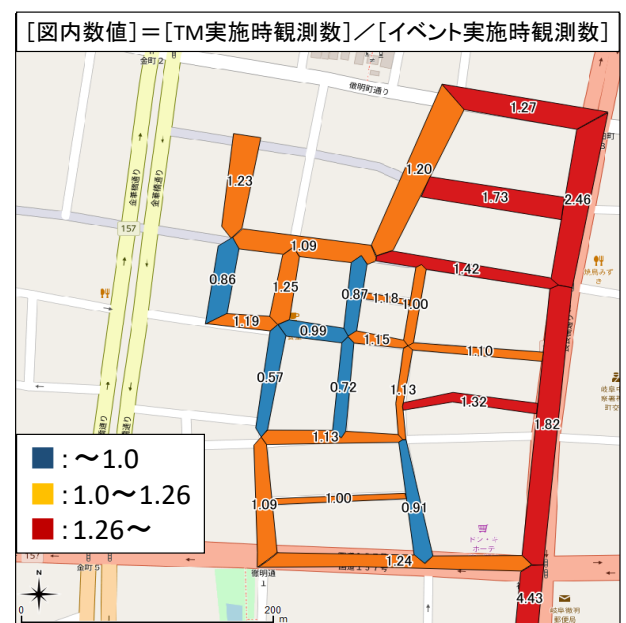


図-10 TM実施の効果

5. おわりに

本研究では、機材設置に関わる制約条件を踏まえた上で、来街者の回遊行動を明らかにする空間的に精度の高い分析手法の開発を行った。以下に本研究の成果を述べる。

まず、Wi-Fiパケットセンサの電波強度と街路ネットワーク上の狭域内の最短経路探索に基づいて、歩行者の位置および軌跡を把握する手法を開発した。前後の観測結果を利用することで、これまで困難であった単独観測データの位置推定を可能とし、生活道路レベルの来街者の回遊行動を把握した。また、今回開発した手法により、複数機材による同時観測がなされにくい密度の設置個数においても尤もらしく位置推定を行うことが可能となった。これにより従来の手法ではWi-Fiパケットセンサ調査における費用や合意形成の面での制約により、十分な調査結果が期待できなかった地域を減らすことにも寄与したと言える。

加えて街路毎の観測数を比較することで定量的にイ

ベントおよびTMの効果を可視化した。これにより、TMを始めとする政策実験等の効果を分析することを可能とした。

以上より、本研究では空間的に精度の高い分析手法の開発することで、来街者の回遊行動を明らかにしたと結論づける。

最後に、今後の課題について整理する。今回の分析はWi-Fiパケットセンサを用いた調査を軸にしており、より精度の高いGPS等を用いた追跡型の調査手法を併用し、移動情報を補完することで、より精度の高い分析手法となりうると考える。また、トランジットモールのみならず、道路整備効果や今後求められるウォーカブルストリートの評価への活用も検討していきたい。

謝辞：本研究を進めるにあたり、(株)社会システム総合研究所からWi-Fiパケットセンサの機材や便宜の提供をいただき、岐阜市役所および岐阜柳ヶ瀬商店街振興組合連合会等からはセンサ設置に関わる合意形成において多大な協力を賜った。また、本研究はJST e-ASIA共同研究プログラムの助成を受けて実施したものであり、ここに記して謝意を表する。

補注

[1] センサー数が限定される場合、複数機器による同時観測の可能性は小さいことから、ここでは、連続した単独観測データに着目したアルゴリズムを開発している。なお、図-11は本研究の対象とした柳ヶ瀬地区での観測状況を占めており、単独観測の割合が9割以上を占めていることが分かる。

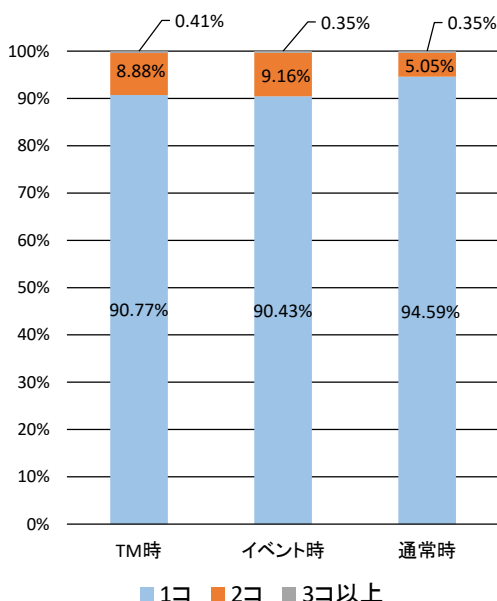


図-11 柳ヶ瀬地区での観測センサ数の割合

[1]ここでは、幅員6m以上の道路を生活道路と定義し、幅員4m以上6m未満の地先道路、幅員4m未満の狭隘道路と区別している。

参考文献

- 1) 国土交通省：スマート・プランニングの推進，http://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi_tosiko_fr_000023.html（アクセス日：2019/2/23）
- 2) 国土交通省：まちの活性化を測る歩行者量調査のガイドライン，http://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi_tosiko_tk_000034.html（アクセス日：2019/2/23）
- 3) 森本哲郎，辻本悠佑，白浜勝太，上善恒雄：Wi-Fiパケットセンサを用いた人流解析と可視化，DEIM Forum 2015, F8-3, 2015
- 4) 望月祐洋，鬼倉隆志，福岡雄生，西尾信彦：Wi-Fiパケット人流解析システムの実環境への適用，「マルチメディア，分散，協調とモバイル(DICOMO2014)シンポジウム」，2014
- 5) 伊藤伸，倉内文孝，安東直紀，西田純二：Wi-Fiパケットセンサデータによる観光行動把握の可能性に関する研究，第56回土木計画学研究・講演集，2017
- 6) 森本哲郎，白浜勝太，上善恒雄：Wi-Fiパケットセンサを用いた人流・交通流解析の手法，情報科学技術フォーラム講演論文集，Vol.14, No.4, pp.505-511, 2015
- 7) 一井啓介，寺部慎太郎，柳沼秀樹，康楠，田中皓介：Wi-Fiパケットセンサを用いた散策型観光地における観光回遊行動の把握，第57回土木計画学研究発表会・講演集，2018
- 8) 小橋川嘉樹，藤生慎，高田和幸，高山純一，中山昌一郎：Wifi電波を用いた観光客行動分析に関する基礎的研究，土木計画学研究・講演集，Vol.54, pp.638-642, 2016
- 9) JR西日本：京都駅構内でのWi-Fiパケットセンサーによる流動調査について
https://www.westjr.co.jp/press/article/2018/09/page_13132.html（アクセス日：2019/2/10）
- 10) 大阪市：Wi-Fiパケットセンサーによる交通流動調査のお知らせ
<http://www.city.osaka.lg.jp/kensetsu/page/0000449830.html>（アクセス日：2019/2/10）
- 11) 尾ノ上晃，堀磨伊也，島田敬士，谷口倫一郎：電波接触に基づく人々の多地点移動の可視化とパターン解析，火の国情報シンポジウム，2018
- 12) 浅尾啓明，森本哲郎，望月祐洋，西田純二，安東直紀：Wi-Fiパケットセンサーによる交通流動解析，第53回土木計画学研究・講演集，2016
- 13) 廣川和希，笹圭樹，和泉範之，絹田裕一，牧村和彦，西田純二：Wi-Fiパケットセンサーを用いた人の行動実態の把握～観光都市・飛騨高山での活用に向けて～，土木計画学研究・講演集，Vol.54, pp.1180-1185, 2016
- 14) 中西航，小林巴奈，都留崇弘，松本拓朗，田中謙大，菅芳樹，神谷大介，福田大輔：Wi-Fiパケットセンサーによる観光周遊パターンの把握可能性：沖縄・本部半島における検討，第55回土木計画学研究発表会・講演集，2017

- 15) 壇辻貴生, 杉下佳辰, 福田大輔, 浅野光行: Wi-Fi パケットデータを用いた観光客の滞在時間特性把握の可能性に関する研究-奈良県長谷寺参道における試み-, 公益社団法人日本都市計画学会・都市計画論文集 Vol.52, No.3, 2017
- 16) 間邊哲也, 長谷川孝明, 永長知考, 相原弘一: 位置特定社会基盤のシステム創成学論的考察~Wi-Fi によるスマートフォン位置特定性能~, 一般社団法人電子情報通信学会信学技報, IEICE Technical Report ITS2014-7 (2014-6)
- 17) 望月祐洋, 上善恒雄, 西田純二, 中野秀男, 西尾信彦: Wi-Fi パケットセンサを利用した匿名人流解析システムの構築, 情報処理学会研究報告, Vol. 2014-MBL-70 No. 45, Vol.2014-UBI-41 No.45. 2014
- 18) 岐阜市 HP: 柳ヶ瀬地区居住とにぎわい創出特区 <http://www.city.gifu.lg.jp/5791.htm> (アクセス日: 2019/2/23)
- 19) 岐阜市 HP: 岐阜市地域公共交通網形成計画 <http://www.city.gifu.lg.jp/23404.htm> (アクセス日: 2019/2/23)
- 20) 岐阜市 HP: 「岐阜市型 BRT」の導入について <http://www.city.gifu.lg.jp/12303.htm> (アクセス日: 2019/2/23)
- 21) 久保田尚, 野中忠夫, 鈴木弘之, 高橋勝美, 島田敦子: 浜松市におけるトランジットモールの社会実験, 土木計画学研究・講演集, No.22(1), pp. 527-530, 1999
- 22) 松田俊一, 青山吉隆, 柄谷友香: 中心市街地におけるトランジットモール導入の効果分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.24 no.1, pp157-164, 2007
- 23) 中西賢也: トランジットモールの普及方策に関する方策, 土木計画学研究発表会講演集, Vol. 37, CD-ROM, 2008
- 24) 姫路市 HP: 姫路駅周辺整備室, <http://www.city.himeji.lg.jp/s70/2212598.html> (アクセス日: 2019/2/23)
- 25) 日本経済新聞: まち歩きで中心市街地活性化 (地方経済面 北陸 2018 年 4 月 4 日掲載)
- 26) 岐阜県商店街振興組合連合会: バスを利用した未来の商店街空間への試み BRT トランジットモール, http://gifu-kenren.jp/2017/?post_type=news (アクセス日: 2019/2/23)

(2019.?.? 受付)

ANALYSIS OF VISITORS' RAMBLING ACTIVITIES IN DOWNTOWN AREAS USING WI-FI PACKET SENSORS UNDER LIMITED INTALLATION CONDITIONS

Khaimook SIPPAKORN, Kento YOH, Yuji YAGI, Yasuchika AOKI,
Hiroto INOI, Kenji DOI

In recent years, a Wi-Fi packet sensor has been used in the actual survey of visitors in downtown areas. Fundamentally, it is necessary to have many sensors in order to determine the subject position accurately. However, due to both cost and agreement, it is difficult to install many sensors in practice. In this paper, we developed an analytical method that ensures spatial accuracy with at least a fixed number of installed sensors by using the algorithm to interpolate the subject movement between sensors. Rambling activities of intown visitors at the narrow street level were estimated and visualized. Also, this approach was effectively applied to the evaluation of the transit mall experiment in the Yanagase area of Gifu City.