

IoT デバイスを用いた 静岡市中心市街地の交通流動調査

今井 龍一¹・山本 雄平²・神谷 大介³
河口 知弘⁴・堀井 一嗣⁵・亀谷 浩司⁶・矢野 有希子⁷

¹正会員 法政大学教授 デザイン工学部 (〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33)
E-mail: ryuichi.imai.73@hosei.ac.jp

²正会員 関西大学助教 環境都市工学部 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35)
E-mail: y_yamamo@kansai-u.ac.jp

³正会員 琉球大学准教授 工学部 (〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原 1)
E-mail: d-kamiya@tec.u-ryukyuu.ac.jp

⁴非会員 昭和設計株式会社 都市環境部 (〒420-0006 静岡市葵区若松町 41-1)
E-mail: kawaguti-to@shizuoka-showa.co.jp

⁵非会員 静岡市役所 建設局 道路部 (〒420-8602 静岡市葵区追手町 5-1)
E-mail: horii_cd@city.shizuoka.lg.jp

⁶非会員 静岡市役所 建設局 道路部 (〒420-8602 静岡市葵区追手町 5-1)
E-mail: kameya_ci@city.shizuoka.lg.jp

⁷学生会員 法政大学大学院 デザイン工学研究科 (〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33)
E-mail: yukiko.yano.4r@stu.hosei.ac.jp

近年、多くの地方都市では、中心市街地活性化のために様々な施策が講じられている。しかし、その効果計測は肌感覚での評価とならざるを得ない場合もあり、持続可能な交通流動のモニタリングの需要が高まっている。その一方策に IoT デバイスの Wi-Fi パケットセンサがあり、中心市街地活性化の施策評価に有用な調査手段として期待されている。

本研究では、中心市街地の官民関係者が持続的に取り組める中心市街地活性化の施策の評価指標を設定し、Wi-Fi パケットセンサの取得データから各指標の算出手法を考案した。さらに、評価指標のひとつである断面交通量の算出に向け、Wi-Fi パケットセンサの取得データと実測した特定地点の断面交通量とを組み合わせた推計手法を考案し、有用性を検証した。その結果、中心市街地の交通実態を持続的に把握できる可能性を得た。

Key Words: Wi-Fi packet sensor, traffic big data, traffic flow survey, pedestrian traffic, city center area

1. はじめに

近年、我が国の多くの地方都市では、人口減少や少子高齢化、消費生活の変遷等といった社会情勢の変化により、賑わいが減少している中心市街地が多く存在する¹⁾。そこで、国土交通省は中心市街地活性化ハンドブックを公表し、生活拠点として中心市街地を再生するコンパクトなまちづくりを推奨している²⁾。中心市街地活性化には、施策を講じ、その効果を評価する必要がある。しかし、技術面や財源面から定量的かつ継続的な交通流動の調査は難しく、アンケート調査や肌感覚の評価とならざるを得ない場合が多い。したがって、施設間の流動のような狭域での短距離トリップが多い中心市街地

の交通流動の持続的なモニタリングの仕組みを構築できると、まちなかの賑わいの再興の取組みに貢献できる。

現在、交通実態の把握には、パーソントリップ調査³⁾や国勢調査⁴⁾等の統計調査が用いられることが一般的である。しかし、これらの統計調査は調査間隔が長く、主に市区町村単位や 500m メッシュ等で集計されているほか、地域によってはパーソントリップ調査のようなデータが存在しないこともある。このため、狭域の短距離トリップが多い中心市街地の活性化の取り組みには、既存の統計調査データだけでは鮮度や空間解像度等の条件を満たさない場合がある。そこで、24 時間 365 日、人々の移動実態を把握できる交通ビッグデータが活用されている。交通ビッグデータは近年の情報通信技術の進展に

よって急速に普及が進んでおり、具体例としては、携帯電話事業者等が提供する人流データや GPS データ、IoT デバイスの中でも Wi-Fi パケットセンサのデータ等多用されている。これらのデータの収集および分析によって交通実態の把握や将来予測の高度化に寄与すると期待されている。中でも、近年は Wi-Fi パケットセンサが多く地域で活用されている。Wi-Fi パケットセンサは設置費用が比較的安価であることや設置地点を柔軟に設定できることから、中心市街地活性化の施策評価にも有用な調査手段として期待できる。そこで本研究の目的は、中心市街地の持続可能な活性化に寄与する交通流動調査の仕組みの構築とした。

2. 研究概要

(1) 既往研究の調査

中心市街地における実態の分析や評価に関する既往研究として、アンケート調査を実施して当該地域の実態や課題を明らかにする事例^{6,7)}、大学生対象のウェブアンケートから余暇活動に関する傾向を把握する事例⁸⁾、大型商業施設の撤退による影響を断面歩行者・自転車交通量調査の結果から把握する事例⁹⁾、商業・サービス業の集積状況を分析し、人口集積との関連を見出した事例¹⁰⁾、中心市街地活性化基本計画の目標指標の達成状況を把握・分析して評価する事例¹¹⁾、中心市街地の評価のために成果やプロセス等の側面を考慮したフレームワークを考案する事例¹²⁾等がみられた。

Wi-Fi パケットセンサを用いた既往研究として、回帰分析によって Wi-Fi パケットセンサの計測値から実数を推定する事例¹³⁾、電波強度の時間変動から混雑度を推定する事例^{14,15)}、観光地における周遊パターンを分析する事例^{16,17)}、滞在の実態を分析する事例^{18,19)}や観光地への移動手段を推計したうえで行動特性を分析する事例^{20,21)}等がみられた。また、中心市街地を対象とした Wi-Fi パケットセンサの活用としては、中心市街地の訪問者を推計する事例²²⁾、歩行者 OD 交通量を推計する事例²³⁾、市民の昼夜間の行動特性を分析する事例²⁴⁾やコロナ禍での人々の行動パターンを分析する事例²⁵⁾等が確認できた。

以上の既往研究の調査から、中心市街地の活性化に関わる評価は、アンケート調査および収集した統計調査や資料の分析によってなされる事例^{6~11)}が多いことがわかった。また、Wi-Fi パケットセンサを実フィールドに適用した既往研究では主に観光地での事例^{16~20)}が多く、中心市街地を対象とした研究では、人々の行動を推定・分析する事例^{22~25)}がみられたが、Wi-Fi パケットセンサが中心市街地活性化の施策の評価等に活用されている事例は見当たらなかった。

(2) 本研究の位置づけと本研究の目的

前節より、中心市街地の活性化の取組みは継続的な実施が難しい調査によって評価されている事例が多いことや、Wi-Fi パケットセンサがその評価に用いられている事例は見当たらないことがわかった。この状況を踏まえて、本研究の目的は、地方都市の中心市街地の持続可能な活性化に向けた交通流動調査の仕組みの構築とした。具体的な内容として、Wi-Fi パケットセンサの取得データから、中心市街地活性化の施策の評価指標を創出し、分析を通じてその有用性を明らかにする。さらに、評価指標の高度化の一環として、Wi-Fi パケットセンサの取得データと特定地点の断面交通量との組み合わせによる持続可能な交通量の推計に取り組む。これらにより、中心市街地の活性化に寄与できると考えた。

本研究では、まず、3章で Wi-Fi パケットセンサを製作し、その基本特性を調査する。次に、4章では、静岡市中心市街地を対象とした交通流動調査を実施し、データを取得する。5章では、Wi-Fi パケットセンサによる取得データから、観測台数および移動台数を集計する。さらに、6章では、中心市街地活性化の施策の評価指標を考案し、Wi-Fi パケットセンサの取得データの分析を通じてその有用性を検証する。そして、7章では、評価指標のひとつである断面交通量を Wi-Fi パケットセンサの取得データと特定地点の断面交通量とを組み合わせることで持続的に推計する手法を考案して検証する。最後に、8章で考察と課題を整理し、本研究を総括する。

3. Wi-Fi パケットセンサの基本特性

(1) Wi-Fi パケットセンサの概要

Wi-Fi パケットセンサとは、データ取得範囲内に存在する、Wi-Fi 機能が有効となっている通信端末からブローブクエストを取得する装置である²⁶⁾。Wi-Fi 機能が有効となっている場合、スマートフォンや PC 等の通信端末はブローブクエストを常時発信しており、それには、時刻や端末固有の ID (MAC アドレス) が含まれている。Wi-Fi パケットセンサによって取得されたブローブクエスト内のデータを分析することで、センサの設置地点における滞在やセンサの設置地点間の移動が把握できるようになる。

(2) Wi-Fi パケットセンサの製作

本研究では、図-1 に示す Wi-Fi パケットセンサを製作した。ブローブクエストの取得にオンボードの Wi-Fi 機器を使用できることから、Wi-Fi パケットセンサの本体は Raspberry Pi3 とし、ソフトウェアは Kali Linux 2019 を用いた。電波の繋がらない環境下でも時刻を同期させる

ため、本体に RTC モジュールを取り付けた。本センサの取得データの項目は、端末固有の ID (MAC アドレス), 取得時刻および電波強度であり, それらが 1 分毎に USB メモリに保存されるように設定した。MAC アドレスはハッシュ関数によって不可逆に暗号化することでプライバシーを保護している。また, 本センサのデータ取得可能範囲は半径約 50m²⁷⁾である。

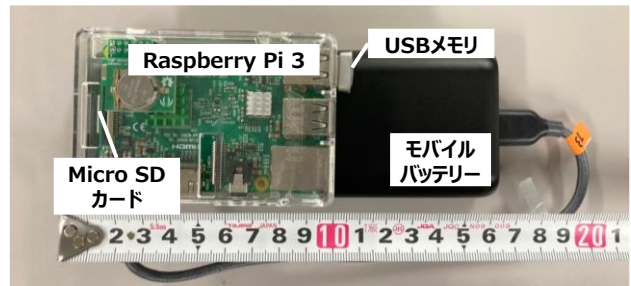


図-1 Wi-Fi パケットセンサ

4. 静岡市における交通流動調査の概要

(1) 静岡市中心市街地の概要

本研究の対象地である静岡市は, 県のほぼ中央に位置する静岡県の県庁所在地であり, 葵区, 駿河区および清水区からなる約 68 万人²⁸⁾の人口を擁する政令指定都市である。葵区の中心市街地は JR 静岡駅, 静岡鉄道新静岡駅および駿府城公園を中心とした 240 へクタールのエリアである²⁹⁾ (図-2 参照)。当エリアは大型商業施設や映画館のほか, 定期的にイベントが開催されるシンボルロードや公園を有している。この中心市街地は「おまち」と呼ばれており, 古くから人々に親しまれ, 静岡都市圏の発展を牽引してきた。しかし, 近年は, 少子高齢化や郊外店の進出等により, 中心市街地を取り巻く状況が大きく変化し, 地元の住民や事業者は危機感を募らせている。そこで, 静岡市は静岡市中心市街地活性化基本計画²⁹⁾を立案し, コンパクトで賑わいあふれるまちづくりに取り組んでいる。さらに, 個人, 企業, 商店街および行政等が「オール静岡」となって魅力的なまちづくりを目指す I Love しずおか協議会³⁰⁾の設立等, 中心市街地の賑わいを高め, 魅力的なまちづくりを目指す動きが広がっている。



図-2 静岡市中心市街地²⁹⁾

(2) 使用データ

本研究では, 前章で製作した Wi-Fi パケットセンサを用いた二つの調査を実施し, 静岡市中心市街地でデータを取得した。

a) コンソーシアムによる交通流動調査

本研究の交通流動調査は, 法政大学, I Love しずおか協議会, 静岡市中心市街地活性化協議会および昭和設計株式会社による静岡市産官学コンソーシアムを設立し, まちなかの事業者等との強固な体制を構築して実施した³⁰⁾。Wi-Fi パケットセンサは図-3 に示す 42 地点に設置した。このうち, 鉄道駅, 商業施設やイベント利用の多い公園等, 交通流動調査において重要となる地点を基本モデル地点として選定した。調査は 2021 年 7 月から 11 月の間に定期的実施した (表-1 参照)。



図-3 Wi-Fi パケットセンサの設置地点

表-1 Wi-Fi パケットセンサの設置期間

日付	センサ設置
7月10日(土)~7月11日(日)	基本モデル地点のみ
7月17日(土)~7月18日(日)	
7月31日(土)~8月1日(日)	
8月20日(土)~8月21日(日)	全地点
9月25日(土)~10月3日(日)	
10月23日(土)~10月31日(日)	
11月13日(土)~11月21日(日)	
11月28日(日)	基本モデル地点+通行量・来街者調査地点に併設

b) 通行量・来街者調査

静岡市では、静岡商工会議所が毎年 11 月の最終日曜日に中心市街地の断面交通量を計測する通行量・来街者調査を実施している³²⁾。2021 年度の調査は、11 月 28 日（日）の 10 時から 17 時の時間帯に、中心市街地の 80 地点にて実施した。本研究では、静岡商工会議所や調査員の協力を得て、2021 年 11 月 28 日（日）に通行量・来街者調査の対象地点のうち 40 地点にて Wi-Fi パケットセンサを設置した。なお、設置地点は 7 章にて詳説する。

5. 取得データの集計結果

(1) データのフィルタリング処理

Wi-Fi パケットセンサによる取得データの分析に先立ち、分析対象とするデータのみを抽出するフィルタリング処理を実施した。近年、MAC アドレスのランダム化が進行していることから、同一の端末から複数の MAC アドレスが発信されている場合がある。したがって、Wi-Fi パケットセンサによって取得されたすべてのデータを分析対象とすると、実態よりも過剰に計上されてしまうことが考えられる。そこで、本研究では、MAC アドレスの配列の規則性から、ランダム化の影響を受けていないと考えられる MAC アドレスのみを抽出し、分析対象とした。また、本章の分析対象日は、一例として緊急事態宣言解除後の休日である 2021 年 11 月 14 日（日）を選定した。

(2) 地点の観測台数の集計結果

まず、各地点で 1 時間毎に観測台数を集計し、地図上に可視化した。一例として、12 時台の観測台数の可視化結果を図-4 に示す。図より、静岡駅や国道 1 号線沿いのアソシア前で観測台数が多いことがわかった。また、静岡駅から新静岡駅にかけての地点や呉服町通りで観測台数が多い一方、駿府城公園や七間町・人宿町等では他地点と比較して観測台数が少ないことがわかった。このように、Wi-Fi パケットセンサによる観測台数を可視化し比較することで、地点毎の賑わいを評価できた。

(3) 地点間の移動台数の集計結果

次に、各地点間を移動する端末を 1 時間毎に集計し、可視化した。移動台数を集計するにあたり、センサの設置が近接している地点間において、実際は移動していないにも関わらず端末が複数のセンサで交互に観測され、移動台数が過剰に計上されていると考えられる事象がみられた。そこで、本研究では、集計の単位時間である 1 時間において特定の端末の同一方向への移動は 1 度となるように重複を削除することでデータをフィルタリング

した。一例として、12 時台の基本モデル地点間の移動台数の可視化結果を図-5 に示す。図より、静岡駅と静岡駅北口地下「しずチカ」間や呉服町通りでの移動台数が多いこと等がわかった。このように、Wi-Fi パケットセンサによる移動台数を可視化することで、地点間の賑わいを評価できた。

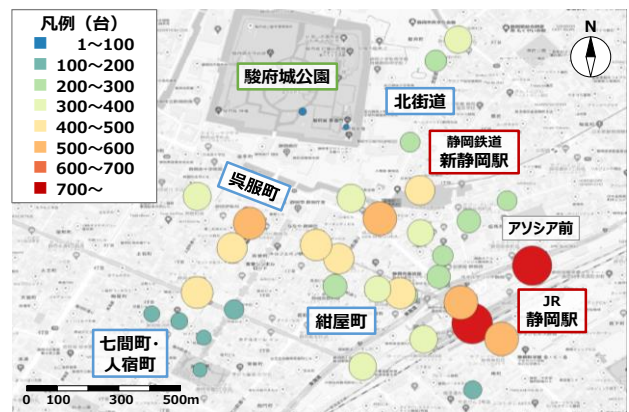
6. Wi-Fi パケットセンサによる中心市街地活性化の施策の評価指標の考案及び検証

(1) 考案する評価指標

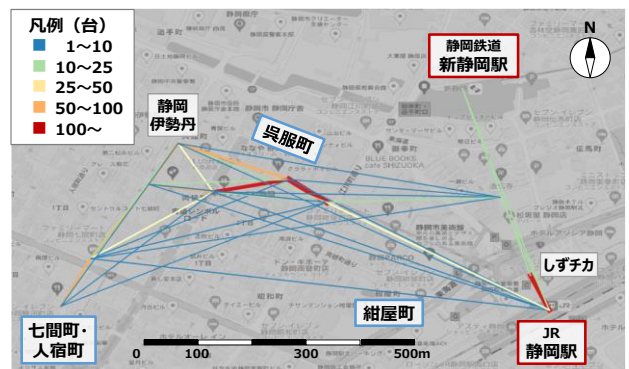
本研究では、中心市街地における活動の度合いを定量的に把握して中心市街地活性化の施策の評価等に活用するため、下記の指標を設定した。そして、各指標を算出する手法を考案し、静岡市中心市街地に適用して指標の有用性を検証した。分析対象日は前章と同様 11 月 14 日（日）とし、対象時間帯は中心市街地において人の活動が活発であると考えられる 8 時から 20 時とした。

a) 滞在台数

中心市街地内の各エリアに滞在する時間の長さや滞在する人々の多さがまちなかの賑わいと関係していると考え、滞在台数を評価指標に設定した。本研究では、センサの設置間隔と官民関係者のニーズを考慮し、複数のセ



【背景地図の出典】Google Maps
図-4 観測台数 (12時台)



【背景地図の出典】Google Maps
図-5 基本モデル地点間の移動台数 (12時台)

ンサの設置地点をエリアで分類したうえで、滞在時間毎に端末の台数を算出する手法を考案した。

b) 移動速度

中心市街地内での回遊行動と移動速度が関係していると考え、移動速度を評価指標に設定した。具体的には、移動速度が大きい場合は目的地点に向けてまっすぐに移動していることや、移動速度が小さい場合はウィンドウショッピングや店舗への立ち寄り等で中心市街地内を回遊していることがいえると考えた。そこで、中心市街地内の地点間の移動速度を算出する手法を考案した。

c) 訪問率

中心市街地を訪れる人々の行動範囲が中心市街地活性化の施策やイベント開催等の効果と関係していると考え、各地点への端末の訪問率を評価指標に設定した。観測された端末のユニーク数のうち、他地点へ訪れた端末のユニーク数の割合である訪問率の算出手法を考案し、定量的に評価した。

d) 断面交通量

中心市街地の断面交通量は地点毎の賑わいを評価するうえで重要な指標となる。本研究では、Wi-Fi パケットセンサの取得データと特定地点での断面交通量とを組み合わせることで、持続的に各地点での断面交通量を推計する手法を考案した。なお、推計手法およびその適用結果は次章にて詳説する。

(2) 評価指標の算出手法

a) 滞在台数の算出手法

まず、センサの取得可能範囲と人の歩行速度³³⁾を考慮して、同一エリアでのデータ取得が 3 分未満に途切れた場合を通過、3 分以上続いた場合を滞在とみなす。そして、中心市街地内での施設の利用等を考慮し、同一の端末からのプローブクエストの発信間隔が 4 時間以内の場合を滞在台数として集計し、4 時間を超過している場合は滞在ではないとみなして滞在台数として計上しないこととする。

b) 移動速度の算出手法

まず、Wi-Fi パケットセンサの取得データから、ある端末が特定のセンサで最後に観測された時間と、異なるセンサで最初に観測された時間から移動時間を算出する。次に、地点間の直線距離を計測し、一般的に早歩きと定義される分速 93m³⁴⁾で歩いた場合に各地点間の移動にかかる時間を算出する。さらに、Wi-Fi パケットセンサの取得データから算出した移動時間が、早歩きで歩いた際の移動にかかる時間を下回っている場合は、車や自転車等、歩行以外の手段で移動したと考え、ノイズとして除去する。そして、各端末の移動時間と地点間の距離から、移動速度を算出する。最後に、同地点間を移動している端末における平均の移動

速度を算出する。

c) 訪問率の算出手法

訪問率とは、観測された端末のユニーク数のうちの他の地点へ訪れた端末のユニーク数の割合とし、地点毎に算出して評価する。また、中心市街地に着目すると、静岡駅や新静岡駅のような鉄道駅は中心市街地外からの流入地点となる場合が多いといえる。そこで、本研究では、鉄道駅で観測が始まっている端末は中心市街地外からの流入とみなし、そのような端末を抽出したうえで訪問率を算出する。

(3) 考案手法の適用結果の検証

a) 滞在台数の算出結果

考案手法を用いて算出した各エリアにおける滞在台数の可視化結果を図-6に示す。図より、静岡駅エリアやけやき通りエリアでは他のエリアと比較して滞在時間が短い端末の割合が高いことや、商店街である呉服町通りエリアでは他地点と比較して滞在時間が 10 分以上といった長い端末の割合が高いこと等がわかった。このように、考案手法によってエリア毎に滞在時間の特性を評価できることを確認できた。

b) 移動速度の算出結果

考案手法を用いて算出した隣接する基本モデル地点間の移動速度の可視化結果を図-7に示す。ここでは、地点の組み合わせのみを考慮し、出発と到着の順番は考慮していない。図より、商店街である呉服町通り沿いの地点では移動速度が分速 30m 台であることや、駅の利用者の通過地点であると考えられる静岡駅としずチカ間では

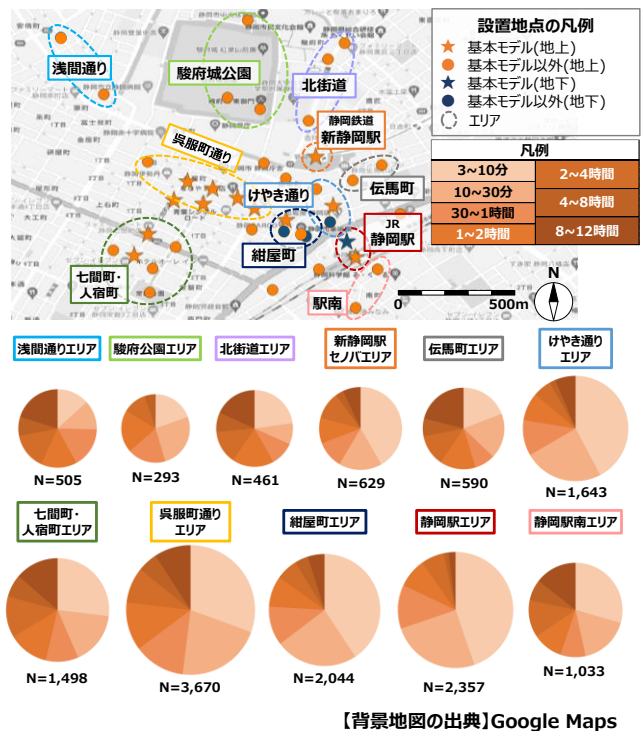


図-6 エリア毎の滞在台数

移動速度が比較的小さいこと等がわかった。このように、地点間の歩行速度の算出・比較により、中心市街地内の人々の行動の傾向を把握できることを確認できた。

c) 訪問率の算出結果

考案手法を用いて算出した、静岡駅を出発する端末の基本モデル地点への訪問率の可視化結果を図-8に示す。図より、静岡駅を出発する端末は呉服町通りや新静岡駅方面へ訪問している割合が高く、七間町・人宿町方面にまで訪れている割合は他地点と比較して低いことがわかった。このように、端末の観測が開始した地点を考慮したうえで訪問率を算出することで、特定の交通手段によって中心市街地へ流入したと考えられる人々がエリア内のどのあたりまで訪れているかを定量的に評価できることを確認できた。今後は、データを長期に亘って蓄積し、訪問率を比較することで、平常時とイベント開催時等の値の変化からイベントの効果計測等にも繋がると考えられる。

7. 断面交通量との組み合わせによる交通量推計手法の考案及び検証

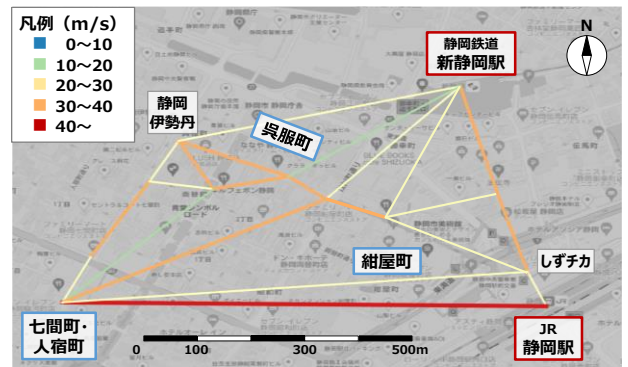
(1) 本章の概要

本章では、前章で設定した中心市街地活性化の施策の評価指標のひとつである断面交通量を持続的に推計する手法を考案し、その有用性を検証する。Wi-Fi パケットセンサは設置地点間の移動を把握できる。しかし、端末を所持していない人がいる可能性や Wi-Fi 機能を有効にしていない可能性に加え、近年は MAC アドレスのランダム化の影響により、Wi-Fi パケットセンサは限られた人々の交通流動を把握しているといえる。他方、手計測等で取得できる断面交通量は、各地点を通過する人々の実数を把握できるものの、財政面等の問題から定期的・網羅的な調査は難しい。そこで、それぞれの調査方法の長所を活かして交通量を推計できれば、持続的な交通流動の把握が可能となり、中心市街地活性化の施策の評価等に繋がると考えた。そこで、本研究では、Wi-Fi パケットセンサによる取得データと特定地点の断面交通量とを組み合わせ、各地点における断面交通量を推計する手法を考案した。

(2) 使用データ

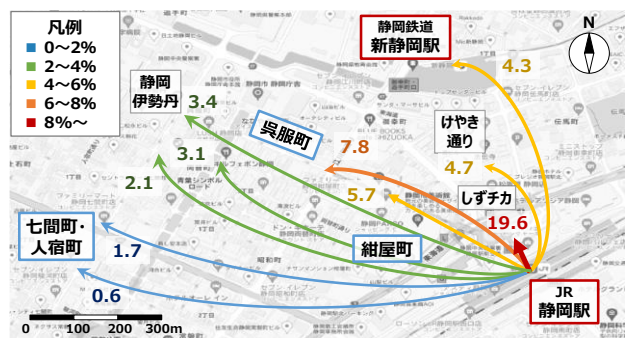
本章で使用したデータを表-2に示す。2021年11月のWi-Fi パケットセンサによる交通流動調査のデータのうち、土日の11時から16時までのデータ、2021年11月28日(日)の通行量・来街者調査の断面交通量および併設したWi-Fi パケットセンサの取得データを用いる。各調査においてデータ取得地点は若干の差異があるものの、

そのうち設置地点がほぼ同一とみなせる10地点(図-9参照)を選定し、考案手法を試行した。ここで、対象と



【背景地図の出典】Google Maps

図-7 基本モデル地点間の移動速度

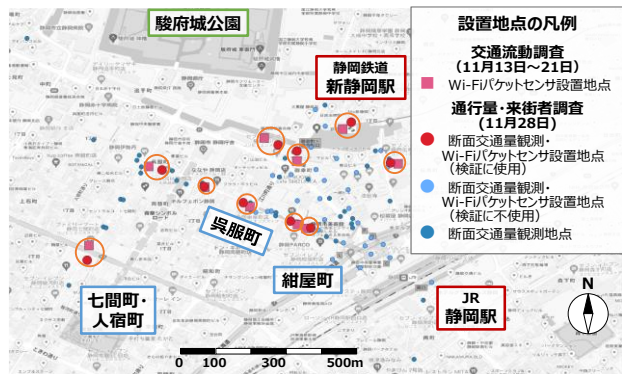


【背景地図の出典】Google Maps

図-8 静岡駅を出発する端末の訪問率

表-2 推計手法の試行に用いたデータ

データ	対象日時	地点数	データの用途
交通流動調査のWi-Fiパケットセンサ	11月13日(土) 14日(日) 20日(土) 21日(日)の11時~16時	10	各地点間の移動および各地点での観測の割合の算出
通行量・来街者調査地点併設のWi-Fiパケットセンサ	11月28日(日) 11時~16時	10	断面交通量の総数の推計
通行量・来街者調査の断面交通量		上記のうち4	推定手法の適用結果の検証 断面交通量の総数の推計



【背景地図の出典】Google Maps

図-9 手法の検証に用いたデータの取得地点

した 10 地点すべてにおいて断面交通量と Wi-Fi パケットセンサのデータが計測されているが、このうち 4 地点を推計に用い、他地点は手法の検証に用いた。

(3) 推計手法の考案

本手法では、対象エリア全体で観測される断面交通量の総数を推計し、それを各地点に振り分ける形で各地点の交通量を推計する。本手法のフローを図-10 に示す。まず、通行量・来街者調査時に取得した特定地点の断面交通量と併設した Wi-Fi パケットセンサの取得データの値の関係から、対象とする地点すべてで取得された断面交通量の総数を推計する。算出のイメージを図-11 に示す。次に、交通流動調査時の Wi-Fi パケットセンサの取得データから、全取得データに対する各地点間の移動および各地点での観測の割合を算出する。本研究では、サンプル数の確保の観点および検証に用いた 11 月 28 日（日）が休日である点を考慮し、11 月 13 日（土）・14 日（日）・20 日（土）・21 日（日）の 4 日間のデータを用いて、加重平均にて各地点間の移動および各地点での観測の割合を算出した。ここで、地点毎に Wi-Fi パケットセンサによる取得データと断面交通量との比率の傾向に違いが出たため、各地点における Wi-Fi パケットセンサによる取得データの合計と断面交通量の合計の比率を算出し、各地点間の移動および各地点での観測の台数に乗じたうえで割合を算出している。最後に、各地点間の移動および各地点での観測の割合に応じて推計した断面交通量の総数を分配し、地点毎に値を集計することで、各地点での断面交通量を推計する。

(4) 推計手法の適用結果の検証

まず、対象とした地点すべての断面交通量の合計値と推計値を表-3 に示す。表より、実際の断面交通量の合計値と断面交通量の総数の推計値との誤差は概ね±10%程度に収まる結果が得られた。そして、本手法を適用して推計した、11 時台から 15 時台における各地点での断面交通量と実際の断面交通量との関係を図-12 の散布図に示す。各地点の断面交通量と推計した断面交通量の相関係数は 0.584 であり、正の相関があるといえる結果と

表-3 断面交通量の総数の推計結果

時間帯	断面交通量の合計値	断面交通量の推計値	推計値と断面交通量の比
11 時台	6,332	7,106	112%
12 時台	7,672	8,346	109%
13 時台	8,422	9,236	110%
14 時台	8,569	7,887	92%
15 時台	8,342	9,041	108%

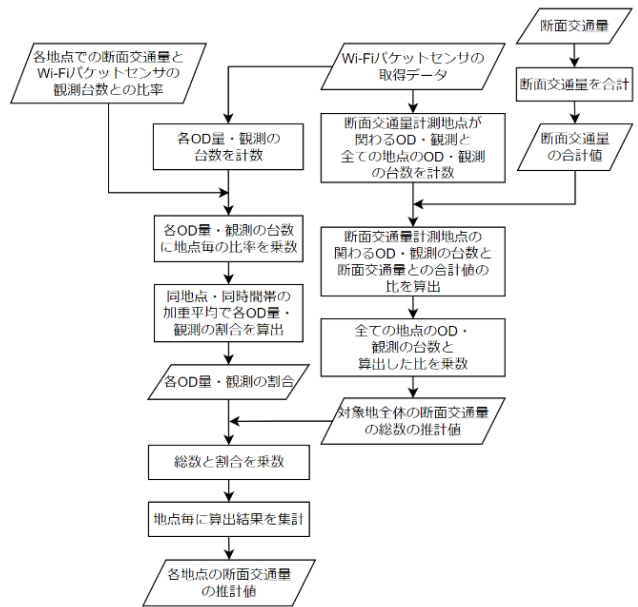


図-10 考案手法のフロー

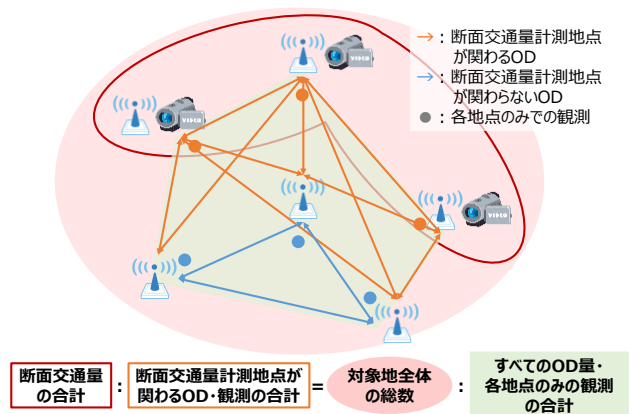


図-11 断面交通量の総数の推計のイメージ

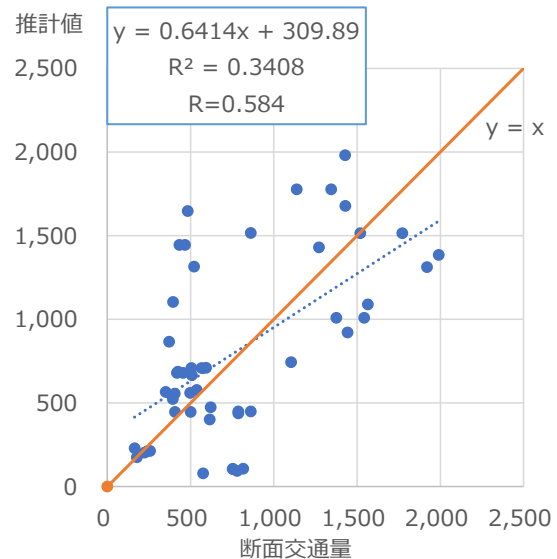


図-12 各地点の断面交通量の推計結果

なった。したがって、本手法により Wi-Fi パケットセンサの設置地点の一部で断面交通量を計測しておけば、各地点での交通量の推計に繋がることが期待される。

8. おわりに

本研究では、静岡市中心市街地における Wi-Fi パケットセンサを用いた交通流動調査を長期的に実施した。その結果、取得したデータを分析することで中心市街地における交通流動の実態を明らかにした。この一連の経験に基づいて、中心市街地の関係者にて持続的に算出可能かつ活性化の取組みに寄与する評価指標として、滞在台数、移動速度、訪問率および断面交通量を設定し、それらの算出手法を考案した。その結果、今回取り扱ったデータは、中心市街地活性化の施策を評価する指標として活用できる示唆を得た。さらに、評価指標のひとつである断面交通量は、Wi-Fi パケットセンサの取得データと実測した特定地点の断面交通量との組み合わせによって推計する手法を考案した。本手法により、Wi-Fi パケットセンサの設置地点のうち、一部の地点の断面交通量を計測しておけば、中心市街地の各地点の大凡の交通量を持続的に推計できることが期待される。

今後は、GPS で取得した人流データ等の他の交通データを組み合わせた分析を試行するとともに、調査を継続実施し、中心市街地の持続可能な活性化に向けた交通流動調査の仕組みの高度化に取り組む予定である。

謝辞：本研究は国土交通省の「人流データを活用したモデル事業」の一環である。本研究を遂行するにあたり、昭和設計株式会社の飯田爾雅氏、摂南大学の塚田義典准教授、大阪産業大学の姜文淵准教授、大阪電気通信大学の中原匡哉講師、静岡市人流データを活用したまちづくりコンソーシアムの皆様、法政大学大学院の荒木祐哉氏には多大なご協力を賜った。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 国土交通省：中心市街地活性化のまちづくり，<<http://www.mlit.go.jp/crd/index/index.html>>，(入手 2022.9.30)。
- 国土交通省都市局まちづくり推進課：中心市街地活性化ハンドブック，<https://www.mlit.go.jp/crd/index/handbook/2021/2021tyukatu_handbook.pdf>，(入手 2022.9.30)。
- 国土交通省：PT 調査とは？，<<https://www.mlit.go.jp/crd/tosiko/pt.html>>，(入手 2022.9.30)。
- 総務省統計局：令和 2 年国勢調査の概要，<<https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2020/gaiyou.html>>，(入手 2022.9.30)。
- 国土交通省都市局都市計画課都市計画調査室：総合都市交通体系調査におけるビッグデータ活用の手引き【第一版】，<<https://www.mlit.go.jp/common/001241230.pdf>>，(入手 2022.9.30)。
- 竹俣美里，川崎興太：地方都市の中心市街地活性化に向けた課題—会津若松市七日町通りを事例として—，都市計画報告書，日本都市計画学会，Vol.18，No.1，pp.8-15，2018。
- Tsakalidis, A., Sdoukopoulos, A. and Gavanis, N. : Assessing the walking conditions in pedestrian networks: the case of the city center in Larissa, Greece, *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol.23, No.11, pp.2819-2825, 2014。
- 三井寛子，小野悠：地方都市における大学生の余暇活動と中心市街地来訪行動に関する研究—豊橋市に立地する 3 大学の学生に着目して—，都市計画報告書，日本都市計画学会，Vol.20，No.1，pp.139-145，2021。
- 山口航平，藤井さやか：大型商業施設の撤退がニュータウン中心部の賑わいに及ぼす影響に関する研究—つくばセンター地区を対象に—，都市計画報告書，都市計画学会，Vol.17，No.4，pp.366-373，2019。
- 駒木伸比古：業種構成からみた中心市街地活性化基本計画認定都市における商業集積状況，E-journal GEO，日本地理学会，Vol.13，No.1，pp.127-139，2018。
- 宮下清栄，外村剛久，塚本祐樹：中心市街地活性化基本計画における観光関連目標指標及び計画事業の達成度に関する研究，都市計画論文集，日本都市計画学会，Vol.48，No.3，pp.987-992，2013。
- Donaghy, M., Findlay, A. and Sparks, L. : The evaluation of Business Improvement Districts: Questions and issues from the Scottish experience, *The Journal of the Local Economy Policy Unit*, Vol.28, No.5, pp.471-487, 2013。
- 白林，卯月盛夫：Wi-Fi パケットセンサの計測値から実数への回帰分析—Wi-Fi パケットセンサを用いて人流特性の分析—，都市計画報告集，日本都市計画学会，Vol.19，No.4，pp.354-358，2021。
- 倉聖美，白石陽：Wi-Fi 電波強度を用いた歩行通路における人数推定，全国大会講演論文集，情報処理学会，No.3U-08，pp.3.331-3.332，2017。
- 田村光，森野博章：複数地点での Wi-Fi 制御パケット傍受を利用した屋内混雑度推定，東京支部学生会研究発表会，電子情報通信学会，Vol.23，p.51，2017。
- 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，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol.74，No.5，pp.I.787-I.797，2018。
- 遠藤幹大，高橋央亘，浅田拓海，有村幹治：Wi-Fi パケットセンシングによる道央広域エリアの時空間周遊パターン分析，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol.75，No.5，pp.I.475-I.483，2019。
- 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

- 試みー，都市計画論文集，日本都市計画学会，Vol.52, No.3, pp.247-254, 2017.
- 19) 田中謙大，神谷大介，中西航，我部新，福田大輔，山中亮，五百藏夏穂，柳沼秀樹，菅芳樹：沖縄本島内の主要観光地における滞留・回遊特性に関する分析，土木計画学研究発表会・講演集，土木学会，Vol.57, No.01-14, pp.1-9, 2018.
- 20) 田中謙大，神谷大介，福田大輔，五百藏夏穂，柳沼秀樹，菅芳樹，山中亮：Wi-Fi パケットセンサを用いた利用航空種別情報の付与と観光周遊行動に関する研究，土木計画学研究発表会・講演集，土木学会，Vol.59, No.69, pp.1-8, 2019.
- 21) 大澤脩司，藤沢慎，高山純一：Wi-Fi パケットセンサを用いたクルーズ旅客の観光行動分析～金沢港を対象として～，土木計画学研究発表会・講演集，土木学会，Vol.59, No.P233, pp.1-9, 2019.
- 22) 並木純，豊木博泰，亀田凌佑，玉田拓，渡辺喜道：Wi-Fi センサを用いた甲府市中心市街地の訪問者数と流れの推定，FIT2019（第 18 回情報科学技術フォーラム），情報処理学会，第 4 分冊，2019.
- 23) 末木祐多，佐々木邦明：Wi-Fi センサを用いた甲府市中心市街地の訪問者数と流れの推定，都市計画論文集，日本都市計画学会，Vol.54, No.3, 2019.
- 24) 出水瑛，藤生慎，高山純一，大澤脩司：Wi-Fi パケットセンサを用いた中心市街地での市民の昼夜間の行動特性分析ー金沢市中心市街地を対象としてー，AI・データサイエンス論文集，土木学会，Vol.1, No.J1, pp.570-579, 2020.
- 25) 西堀泰英，加藤秀樹，巖先鏞，豊木博泰，佐々木邦明：Wi-Fi パケットセンサーデータをを用いたコロナ禍における中心市街地の人々の活動分析，交通工学研究発表会論文集，交通工学研究会，Vol.41, No.6 4, pp.423-428, 2021.
- 26) 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，土木計画学研究発表会・講演集，土木学会，Vol.53, No.15-05, pp.2104-2110.
- 27) 日野陽介，今井龍一，金子俊之：Wi-Fi パケットセンサを用いた狭域における交通流動の調査手法に関する研究，土木計画学研究発表会・講演集，土木学会，Vol.64, No.53-02, pp.1-9, 2021.
- 28) 静岡市：静岡市の人口・世帯，<https://www.city.shizuoka.lg.jp/000_001589_00003.html>，（入手 2022.9.30）.
- 29) 静岡市：静岡市中心市街地活性化基本計画，<<https://www.city.shizuoka.lg.jp/000931430.pdf>>，（入手 2022.9.30）.
- 30) I Love しずおか協議会：I Love しずおか協議会とは，<<https://iloveshizuoka.jp/about/>>，（入手 2022.9.30）.
- 31) 静岡市：元気なおまちを目指して！人流データ活用社会実験を行います。，<https://www.city.shizuoka.lg.jp/485_000070.html#h2_7>，（入手 2022.9.30）.
- 32) 静岡商工会議所，中心市街地の通行量・来街者調査，<<https://www.shizuoka-cci.or.jp/blank-5>>，（入手 2022.9.30）.
- 33) 阿久津邦男：歩行の科学，不昧堂出版，pp.56-57, 1975.
- 34) 明治安田新宿健診センター：【Vol.3】早歩きってどれくらいの速さ？，<<https://www.my-kenshin.jp/viewpdf.php?id=20170704153827&tmp=1fc4954bd375c40ded21579393938663>>，（入手 2022.9.30）.

(2022.?.? 受付)

TRAFFIC FLOW SURVEY IN CENTRAL SHIZUOKA CITY USING IoT DEVICES

Ryuichi IMAI, Yuhei YAMAMOTO, Daisuke KAMIYA,
Tomohiro KAWAGUCHI, Kazutsugu HORII, Koji KAMEYA and Yukiko YANO