

Wi-Fi パケットセンサーを用いた歩行流動調査 における行動状態の影響に関する一考察

絹田 裕一¹・和泉 範之²・新階 寛恭³・河井 裕紀⁴
・吉田 純土⁵・西田 純二⁶

¹正会員 一般財団法人計量計画研究所 (〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町 2-9)
E-mail:ykinuta@ibs.or.jp

²正会員 一般財団法人計量計画研究所 (〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町 2-9)
E-mail:nizumi@ibs.or.jp

³非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 都市研究部 (〒305-0802 茨城県つくば市立原 1 番地)
E-mail: shingai-h92un@mlit.go.jp

⁴正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 都市研究部 (〒305-0802 茨城県つくば市立原 1 番地)
E-mail: kawai-h92it@mlit.go.jp

⁵正会員 国土交通省 中国地方整備局 建設部 (730-001 広島市中区八丁堀 2-15)
E-mail: yoshida-j23j@mlit.go.jp

⁶正会員 (株) 社会システム総合研究所 (〒550-0002 大阪府大阪市西区江戸堀 1-22-4)
E-mail: nishida@jriss.jp

歩行者流動を容易に把握できる手段の一つとして Wi-Fi パケットセンサーを用いた調査があり、全国各地で実態調査が行われている。このセンサーにより、センサー間の OD パターンや、センサー付近の滞留者の時間変動・日変動等を観測できることから、観光イベント実施時の人出計測のほか市街地内や観光地内の継続的な人流把握等に利用されている。

Wi-Fi パケットセンサーは、周期的なプローブクエストの発信タイミングとセンサーの受信圏内に人が存在するタイミングが合うことがデータ取得の前提となるため、センサー設置密度と歩行、滞留等、歩行者の行動状態との関係によってセンサーで捕捉される確率が変化するものと考えられる。

本稿は、Wi-Fi パケットセンサーで取得した歩行者の流動量と赤外線カウンターで取得した観測交通量を比較し、Wi-Fi パケットセンサーの捕捉率を把握するとともに、歩行状態の多いエリア、滞留状態の多いエリア等の特性によるデータ捕捉量や精度等の違いについての考察を行うものである。

Key Words: *Wi-Fi packet sensor, Infrared counter, Number of residents, number of walker, Walking space characteristics*

1. はじめに

近年の ICT 技術の進展に伴い、歩行者流動を把握する様々な技術が開発されている中で、それらのツールの一つとして Wi-Fi パケットセンサーの活用が図られている状況にある。Wi-Fi パケットセンサーは、スマートフォン等の通信機器が定期的に発するプローブクエストを捕捉することで、人の移動履歴を把握する技術であり、Wi-Fi パケットセンサーを設置するだけでデータ取得が可能であるという容易さが長所である一方、スマートフォンの状態 (Wi-Fi を On/Off のどちらに設定している

か) や OS の特性 (MAC アドレスランダム化への対応)、Wi-Fi パケットセンサーの設置密度等、データ取得量や質に影響を及ぼす様々な要因があることから、取得したデータの一般性等の確認が困難な面がある。本稿では、赤外線カウンターを用いて取得した歩行者交通量データと比較することにより、Wi-Fi パケットセンサーのサンプル抽出率の把握及び、交通量データとしての一般性の検証を行った。

2. 分析対象データ

(1) 分析対象地域

本稿では、阪神尼崎駅前商店街に設置した Wi-Fi パケットセンサーを対象に分析を行う。阪神尼崎駅北口から三和本通り商店街までの約 750m の区間に 5 箇所、おおよそ 200m 間隔で Wi-Fi パケットセンサーを設置している。また、Wi-Fi パケットセンサーで捕捉した歩行者流動量の捕捉率（サンプル率）を把握するため、赤外線カウンターを設置した。

データ取得期間は、2010 年 12 月 14 日（月）～12 月 20 日（日）の一週間である。



図-1 分析対象地域と観測機器設置箇所

(2) 取得データ

(a) Wi-Fi パケットセンサー

近年、個人情報保護等の観点から、スマートフォンから発信されるプロブクエストの MAC アドレスがランダム化されたり、スマートフォン等の移動端末以外からの発信を捕捉するなど、Wi-Fi パケットセンサーを用いて人の流動を把握する際には、対象外となるデータを除外するクレンジング作業が必要となる。

クレンジング作業では、まず、歩行者の流動把握に適しないデータを除去する。

図-2 は、異なる 2 箇所以上で捕捉された人数を示したものである。この処理を行うことで、ランダム化された MAC アドレスや移動体以外の端末を除去している。

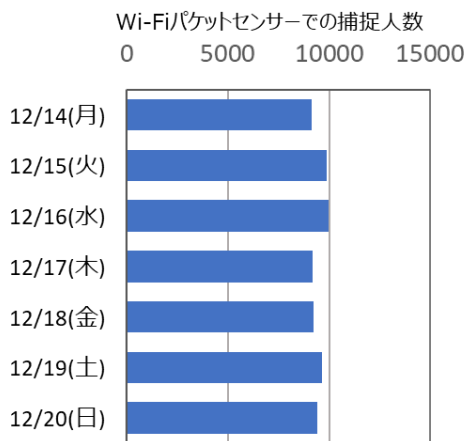


図-2 Wi-Fi パケットセンサーの日別捕捉人数

クレンジング後のデータを対象に「移動」を生成（異なるセンサーでの捕捉を移動と定義）したところ、一般的な人の移動とは考えにくい移動履歴が生成されていることが確認された。図-3 は、同一の 2 センサー間で繰り返し捕捉されるデータの存在を示したものである。一部のデータは同一のセンサー間を数十回繰り返しており、人の移動ではなく、2 箇所の Wi-Fi パケットセンサーの中間あたりに位置する何らかの端末が両方のセンサーに繰り返し捕捉されている状態にあると考えられる。図4 は、一日あたりの移動回数別に捕捉人数を示したものであり、一日に数十回以上の移動が記録されている人が存在している。図-3、図4 で多くの移動履歴が記録されるのは、ほぼ同じサンプルであることから、「同一のセンサー間で 6 回以上の移動履歴を記録」、「一日あたり 11 回以上の移動履歴を記録」しているサンプルを異常値として除去した。除去したサンプルは全体の約 5%であった。

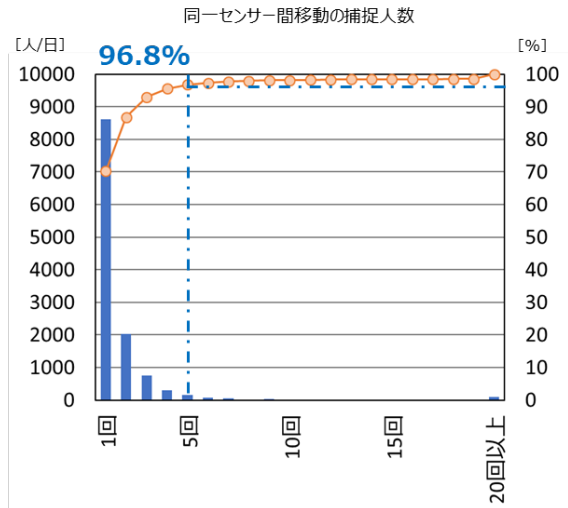


図-3 Wi-Fi パケットセンサーの日別捕捉人数

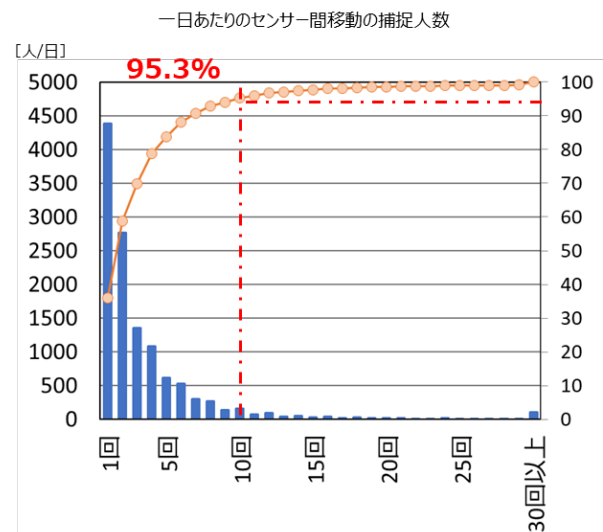


図-4 Wi-Fi パケットセンサーの日別捕捉人数

(b) 赤外線カウンター

Wi-Fi パケットセンサーで取得した歩行者流動の捕捉率を検証するため、Wi-Fi パケットセンサーを設置した商店街に4つの断面を設定し、赤外線カウンターを用いて交通量を観測した。日別の交通量(4断面計)を図-5に示す。

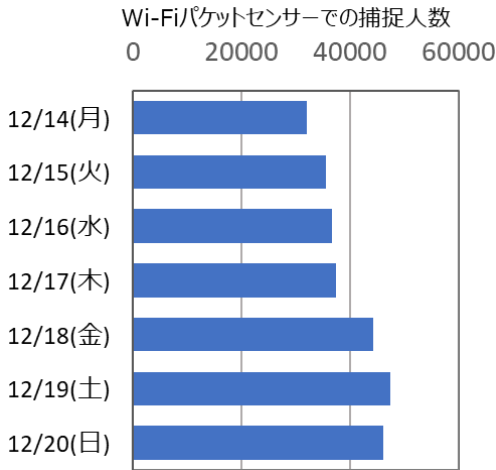


図-5 Wi-Fiパケットセンサーの日別捕捉人数

3. Wi-Fiパケットセンサーの捕捉率

(1) 断面交通量の捕捉率

ここでは、Wi-Fi パケットセンサーと赤外線カウンターが隣接して設置されている箇所を対象に1断面でのWi-Fi パケットセンサーの捕捉率について検証を行った。



図-6 検証断面

(a) 捕捉回数

図-7, 図-8 は、日別時間帯別の Wi-Fi パケットセンサーでの捕捉回数と赤外線カウンターでの観測交通量との比較を行ったものである。捕捉回数は、同一のサンプルかどうかを考慮せず、センサーにて捕捉された回数を計上したものである。

両データは高い相関を示しており、近似式から、Wi-Fi パケットセンサーの捕捉率は、概ね4割程度であると推察される。

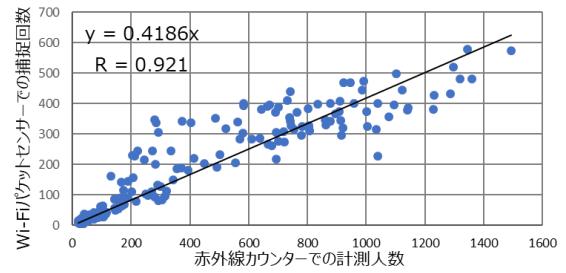


図-7 Wi-Fiパケットセンサーの捕捉率 (捕捉回数ベース) 検証断面①

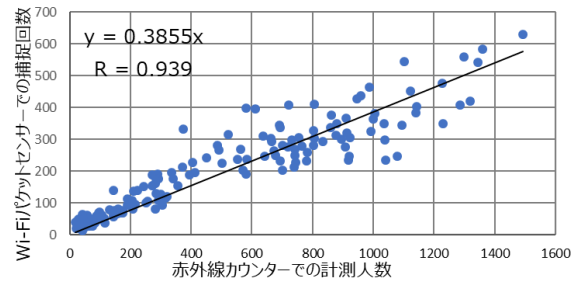


図-8 Wi-Fiパケットセンサーの捕捉率 (捕捉回数ベース) 検証断面②

(b) 捕捉人数

図-9, 図-10 は、Wi-Fi パケットセンサーで捕捉したデータについて、同一サンプルかどうかの判定を行った上で、人数ベースで計上したものである。

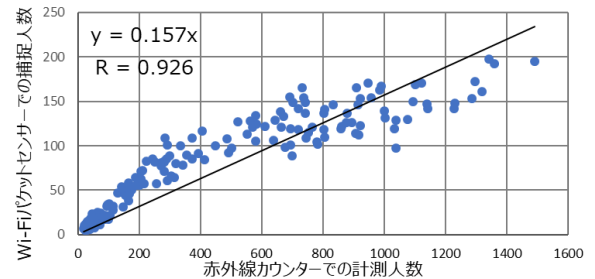


図-9 Wi-Fiパケットセンサーの捕捉率 (捕捉回数ベース) 検証断面①

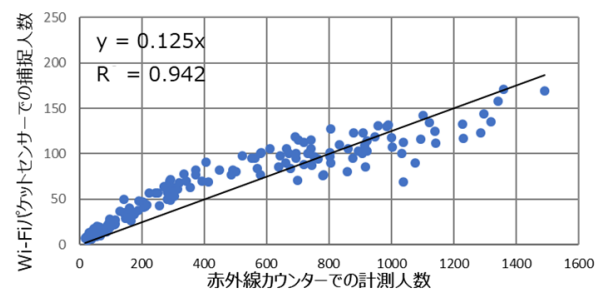


図-10 Wi-Fiパケットセンサーの捕捉率 (捕捉回数ベース) 検証断面②

赤外線カウンターは、機器の前を歩行した際に計測されるため、同一人物の重複が存在する。赤外線カウンターとの相関関係は概ね維持されており、観測交通量の10~15%程度の人数が、センサー周辺を往来しながら滞在している状況にあると推察される。

(2) 流動量の捕捉率

ここでは、2 地点の Wi-Fi パケットセンサーで捕捉され、流動量として計測されたものを対象に、赤外線カウンターの観測交通量と比較し、Wi-Fi パケットセンサーの捕捉率について検証を行った。



図-11 検証区間

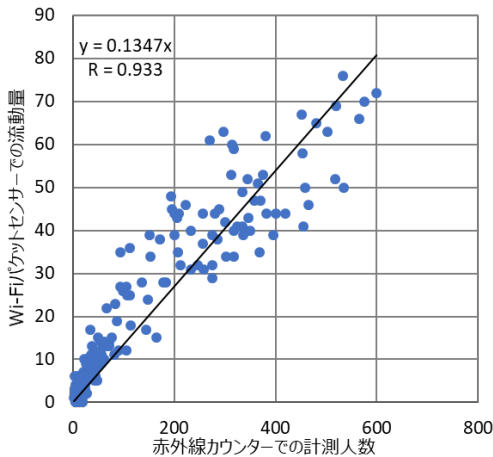


図-12 検証区間①での流動量の比較

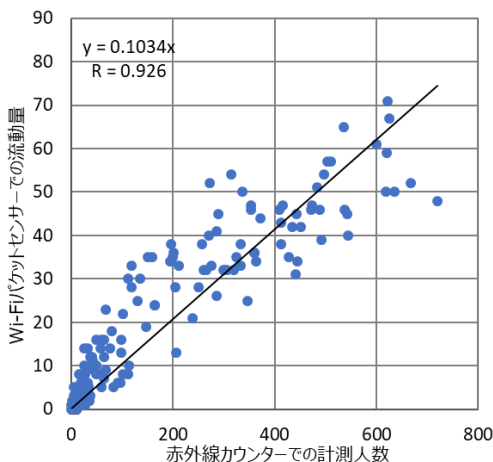


図-13 検証区間②での流動量の比較

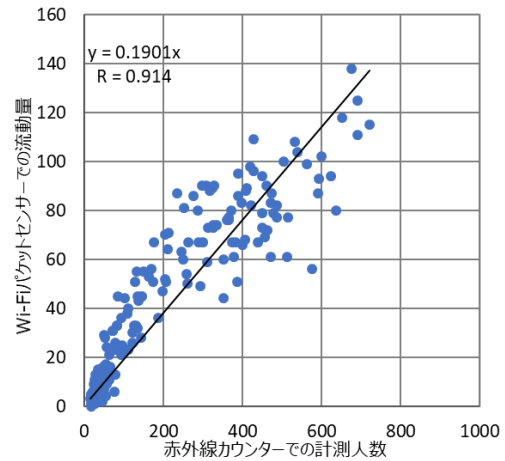


図-14 検証区間③での流動量の比較

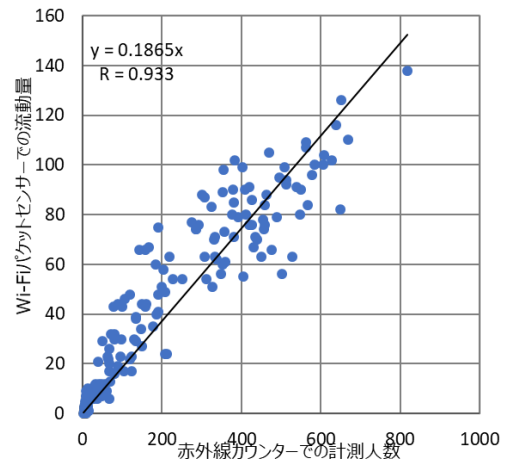


図-15 検証区間④での流動量の比較

図-12~図-15 は、検証区間①~検証区間④について、検証区間の両端点の Wi-Fi パケットセンサーの両方で捕捉された流動量と区間の途中にある赤外線カウンター（方向別に集計）での観測交通量を日別時間帯別に整理し、比較したものである。

いずれの区間も両者には高い相関関係が確認され、検証区間①②においては10~15%程度の捕捉率、検証区間③④では約20%程度の捕捉率であることが確認された。

(3) 断面交通量と流動量の捕捉率の関係整理

表-1 は、先に示した断面交通量と流動量のそれぞれの検証結果を整理したものである。

表-1 断面交通量と流動量の検証結果の整理

	断面交通量の捕捉率	流動量の捕捉率
検証区間①	41.9%	13.5%
検証区間②		10.3%
検証区間③	38.6%	19.0%
検証区間④		18.7%

一般的には、流動を把握するためには、起点と終点の 2 箇所のセンサーで捕捉される必要があることから、起点側、終点側のセンサー単体の捕捉率を乗じた値が、流動量の捕捉率と概ね一致すると考えられる。

本稿では、片側のセンサーのみでセンサー単体の捕捉率を検証しているが、捕捉率の 2 乗と流動量の捕捉率は、オーダー感は合致するものの、検証区間①②では流動量の捕捉率が試算値に比べ低くなる一方、検証区間③④では、流動量の捕捉率が試算値より高くなることが確認された。

4. おわりに

本稿では、Wi-Fi パケットセンサーで取得した歩行者流動量について、赤外線カウンターでの観測交通量と比較し、実測値との相関や捕捉率についての検証を行った。Wi-Fi パケットセンサーと実測値には高い相関関係が確認される一方で、捕捉率は、検証対象とした区間によって差異があることが確認された。吉田ら¹⁾が実施した調査では、センサー単体での捕捉率が 17%程度とされており、本稿でのセンサー単体の捕捉率約 4 割は吉田らの検証に比べ、2 倍以上となっている。この背景には、調査

対象とした各地域の歩行空間の環境が影響していると考えられる。すなわち、本稿の対象である尼崎駅前商店街は、店舗に立ち寄りながらの移動であるため、歩行速度が遅くプローブクエストを Wi-Fi パケットセンサーが捕捉できる確率が高いのに対し、歩行速度の速い空間では、プローブクエストの発信周期の間に移動する距離が長く、センサーが捕捉できる確率が低下する状況にあると想定される。

本稿で対象とした、検証区間①②と検証区間③④は、商店街の中でも沿道店舗への立ち寄り状況等が異なる可能性があり、歩行速度との関係等から歩行空間の環境と Wi-Fi パケットセンサーでの捕捉率との関係性についても確認していく必要があると考える。

参考文献

- 1) 吉田純土, 新階寛恭, 河井裕紀, 絹田裕一, 和泉範, 西田純二: 土木計画学研究発表会・講演集 Vol.64, 2021. (投稿中)

(2021. 10. 1 受付)