

MAC アドレスのランダムイズ下における Wi-Fi パケットセンサによる人流計測の特性分析

茨城大学大学院 学生会員 ○鈴木 万生

茨城大学大学院 正会員 平田 輝満

国際航業株式会社 非会員 渡邊 剛史, 藤原 康史

1. 背景と目的

近年、ウォークアブルなまちづくりを目指し、様々な取り組みが行われている。その中で、歩行者数や歩行者の OD 調査を行い、回遊性の計測が必要となることがある。既存研究¹⁾²⁾³⁾から Wi-Fi パケットセンサを用いることにより、低コストで分析が可能であることが示されている。しかし、プライバシーのリスクを軽減するために 2019 年 9 月にリリースされた Android10 以降、あるいは 2020 年 9 月下旬にリリースされた iOS14 にて導入された MAC アドレスのランダム化(プライベートアドレスの使用)に伴い、ユーザーの追跡が容易ではなくなってしまった。

そこで本研究では、ビデオ動画と Wi-Fi アクセスポイント (Bluetooth のプローブデータ収集機能も有するもの)、月間アクティブユーザー数約 350 万人のユーザーを持つ Wi-Fi 自動接続アプリによる計測値の比較からサンプリンググレート进行分析し、簡易な回遊データ計測の可能性を示す。

2. 技術的な説明

今回行った Wi-Fi パケットセンサによる人流計測は水戸市中心市街地の 3 カ所に 1 台ずつ設置した。前述の MAC アドレスのランダムイズ対策として以下の工夫を行った。

(1) 共通 SSID の使用

設置した 3 台のアクセスポイント (独自設置ルータ) に対して同一の SSID (TownWiFi) を設定した。これは OS やバージョンによって必ずしもすべてに言えることではないが、MAC アドレスのランダム化は SSID ごとに割り振られるという仕様がある。このため同じ SSID に対して 2 度以上接続したスマートフォン端末についてはプライベート MAC アドレスが使用されたとしても、回遊調査が可能であることを意味する。

MAC アドレスには固定の MAC アドレスとプライベート MAC アドレスの 2 種類が存在する。今回使用した機器では、固定の MAC アドレスは検知したものすべてがログに残る一方で、プライベート MAC アドレスは実際に Wi-Fi を利用した場合のみログとして取得可能であるため、プライベート MAC アドレスで取得データは少ない傾向にある。このようにプライベート MAC アドレスの取り扱いについては使用する機器によって異なる可能性があり、利用時にはその仕様詳細に留意する必要がある。

(2) Bluetooth プローブの併用計測

Wi-Fi 同様に Bluetooth で使用される MAC アドレスもランダムイズされており、概ね 15 分から 1 時間ごとには、別の MAC アドレスに切り替わると言われる。今回設置した Wi-Fi アクセスポイントは同時に Bluetooth プローブの収集も可能である。

(3) アプリユーザーによる計測

各 Wi-Fi アクセスポイントに SSID 「TownWiFi」というフリー Wi-Fi を設定した。これは Wi-Fi 自動接続アプリ「タウン WiFi」のユーザーであれば Wi-Fi 電波範囲に入れば自動的に接続できる SSID であり、この設定を行うことでアプリユーザーの計測率を高められる。またアプリユーザーについてはその属性(性別、年代)や推定居住地情報が得られる。

3. データ抽出方法

本分析では、2021 年 10 月 25 日～2021 年 11 月 7 日のデータをそれぞれの方法で取得した。検出率の分析においては、幅員約 4m の一方通行の細街路に面する建物内部に設置した 1 カ所の 10 月 25 日 10:15～14:45、10 月 30 日 10:28～10:58 の当該細街路のビデオ動画に基づいて実際の歩行者数データの計測を行った。Wi-Fi では撮影範囲外の建物内部や道路のスマホを検出している可能性があるためここではビデ

キーワード Wi-Fi, 回遊性, ランダムイズ, MAC アドレス, 歩行者

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL 0294-38-5326

オ動画で計測機前の道路を人が通過した時刻付近で検知された Wi-Fi のみを抽出し、かつ撮影範囲外の滞留者の Wi-Fi を除くため複数回数連続して検知している Wi-Fi データは除外した。この Wi-Fi 検知数とビデオ動画の通行人数を比較して検出率を推計した。

4. 検出率の分析

(1) ビデオ動画と独自設置ルータの比較

30 分毎にビデオ動画からの歩行者数と独自設置ルータから取得した Wi-Fi と Bluetooth の接続数を計測し、相関を求めた結果を表-1 に示す。平日の方が相関があることが確認された。真の要因を確かめることはできないが、周辺勤務の人が対象道路を利用している傾向にあることからスマートフォンの所持率も高く、Wi-Fi や Bluetooth の機能をオンにしている可能性が高いことによるなどの影響だと考えられる。

(2) 検出率の比較

表-2 よりビデオ動画と独自設置ルータの Wi-Fi, Bluetooth, アプリの抽出率を比較すると、独自設置のルータでは、全体の歩行者のうちの 2 割前後程度となっている。これはスマホ保有率×Wi-Fi 機能 ON 率×プローブクエスト頻度×検出可能距離で決まってくると考えられる。なお、別途調査等の情報も参考に、仮にスマホ保有率を 95 %, Wi-Fi 機能 ON 率を 80 %, 固定アドレス 85 %, プライベートアドレス 15%と仮定した場合、全体の約 12%のログを取得することが可能である。図-1 より、30 秒～2 分の接続間隔が多く、その内訳として 45 秒、90 秒前後での接続間隔が多い傾向がある。45 秒ピッチの場合はセンサ前を徒歩で通過する場合でのログの取得可能性は高いが、90 秒ピッチの場合は Wi-Fi の電波強度によっては検知する前にセンサの検知範囲を通過してしまう可能性もあると考えられる。

本分析では、比較的抽出率が高い結果となった。その要因として、ビデオ動画で計測機前の道路を人が通過した時刻付近で検知された Wi-Fi のみを抽出したが、その際にビデオ動画範囲内の人物ではなく、範囲外のユーザーのログを取得していた可能性が考えられる。接続間隔やスマホの所持率、Wi-Fi 機能 ON 率、機種の種類によって差が出ることに留意する必要がある。

また、アプリに関しては 1%程度でありアプリ登録率が低いため非常に低い検出率となった。しかし、

表-1 ビデオ動画歩行者数と独自設置ルータ検知数との相関

10月25日(月)	相関係数	10月30日(土)	相関係数
独自設置(Wi-Fi)	0.66	独自設置(Wi-Fi)	0.30
独自設置(Bluetooth)	0.93	独自設置(Bluetooth)	0.61

表-2 各計測方法の抽出率

10月25日(月)	人数(人)	抽出率	10月30日(土)	人数(人)	抽出率
ビデオ動画	244		ビデオ動画	312	
独自設置(Wi-Fi)	59	24%	独自設置(Wi-Fi)	54	17%
独自設置(Bluetooth)	57	23%	独自設置(Bluetooth)	67	21%
アプリ	3	1.2%	アプリ	5	1.6%

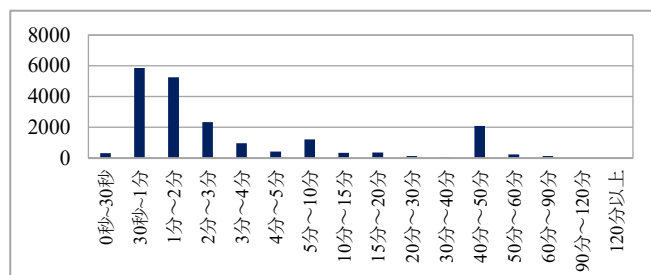


図-1 接続間隔の分布

アプリから取得できるデータは多く、特定のイベントの効果を図る際にはアプリの使用を促すことで回遊性の計測が可能となると考えられる。

5. 結論

MAC アドレスのランダムイズに伴う、Wi-Fi パケットセンサによる人流計測は従来と同様に行うことが可能であることが示された。しかし、同一 ID を追いつける必要がある回遊調査の場合にはサンプルサイズが少なくなることには注意する必要がある。また、Wi-Fi と Bluetooth との利用率の差は大きく見られなかった。実際に、これらのデータを用いて回遊性の分析を行い、Wi-Fi パケットセンサによる回遊性計測の可能性が示された。(回遊性計測結果の例は第 2 回水戸まちなかデザインシンポジウム <https://www.youtube.com/watch?v=xd8SPAhs8Us> で紹介)

参考文献

- 1) 末木祐多・佐々木邦明：Wi-Fi パケットセンサから得られるデータを用いた市街地における歩行者 OD 交通量の推計，都市計画論文種，Vol.54, No.3, p.718-725, 2019.
- 2) 寺部慎太郎・一井啓介・柳沼秀樹・小野瑞樹・田中皓介・康楠：Wi-Fi パケットセンサを用いた歩行者行動・観光客周遊行動研究の包括的レビューとそれを踏まえた分析例示，土木学会論文集 D3, Vol.75, No.5, I 669-I 679, 2019.
- 3) 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—，都市計画学論文集，Vol.52, No.3, p.247-254, 2017.