

氏名（本籍）	ZHOU GUANGHUI（中華人民共和国）
学位の種類	博士（工学）
学位授与番号	甲第635号
学位授与日付	令和4年9月30日
専攻	生産開発システム工学専攻
学位論文題目	An analysis and evaluation of spatiotemporal behaviour of people through Wi-Fi sensing data (Wi-Fi センシングデータによる人々の時空間行動の分析と評価)
学位論文審査委員	(主査) 教授 出村 嘉史 (副査) 教授 高木 朗義 教授 倉内文孝 外部審査委員 宮城 俊彦 外部審査委員 應 江黔

### 論文内容の要旨

本論文は、スマートフォンなどが Wi-Fi アクセスポイントを探索する際に発出する Probe リクエストを収集する Wi-Fi パケットセンサにより収集されたデータを活用し、人々の時空間行動の分析及びその評価への活用方法を開発するものである。観光産業は莫大な経済的利益をもたらす、都市の雇用や発展に寄与するものである。一方で、観光客が特定の地域に集中することは観光地の過密化を招き、来訪者の満足度の低下や地域住民の生活に悪影響を及ぼす懸念もある。このような人々の集中による負の側面を緩和するためにも、人々の流動を観測、理解し、適度なレベルの混雑におさえるような制御を施すことは、観光地の魅力度を維持する上でも非常に重要と考えられる。

このような背景に対し、本研究では、Wi-Fi パケットセンサを活用した流動把握及びそのデータの分析手法を開発している。Wi-Fi パケットセンサにより収集されたデータは、匿名化された MAC アドレス（AMAC アドレス）を有しており、この値を追跡することでこの機器を保持する人の移動を把握することが可能である。一方で、プライバシー保護のため MAC アドレスをランダム化したものを発出する機器が増加していること、周辺環境によりデータ収集の効率性が変化する可能性があること、あくまで機器の観測数であるため歩行者の実数への変換を行う必要があること、得られたデータから意味のある行動パターンを抽出する方法が確立されていないことなどが解決すべき課題としてあげられ、本論文ではこのような課題の解決を目指した検討を行っている。その結果、得られた主な知見は以下の通りである。

1. 大学内で実施した室内及び室外調査により、センサの設置高さおよび周辺環境によりデータ収集効率が変化することが確認された。また、自動車交通量と歩行者交通量を対象とした調査を実施した結果、Wi-Fi センサは比較的移動速度の小さい歩行者交通量を観測することに適していることを確認した。
2. 京都市東山地区に設置した 20 基の Wi-Fi パケットセンサと、2 基のセンサ間の 6 断面の交通量を観測しその関係性を分析した結果、断面歩行者交通量は、パケットセンサにより観測された交通量の指数関数で表現できることが確認された。また、各センサの周辺環境条件の影響を考慮したセンサ観測数から実歩行者交通量を推定するモデルを構築することに成功している。さらに、この変換式及び HCM において定義されている歩行者交通量に対応した歩行者サービスレベル（PLoS, Pedestrian Level of Service）基準を用い、各セ

ンサ間リンクの PLoS を算定し評価することが可能となる。

3. Wi-Fi センサデータに対し、AMAC アドレスをサンプル単位としてクラスター分析を施すことで、各 AMAC アドレスが日帰り観光客、宿泊観光客、日常来訪者などに分類できることを示した。さらに、観光客層のデータに対して系列パターンマイニング手法を適用することで、観光客層の典型的な移動パターンの抽出を実施した。得られたパターンは、五条坂から清水寺へ向かうものなど感覚的にも理解できるものであり、提案した手法の有用性が確認された。
4. 本手法で構築した PLoS を活用した観光施策評価の有用性を確認するために、秋の観光シーズンにおける高台寺、清水寺などでのライトアップの影響を確認したところ、観光客の帰宅時刻の大きな分散が確認され、ライトアップが混雑分散に寄与しうる施策であることが明らかとなった。この分析を通じ、本研究で構築した分析手法の混雑緩和評価への有用性が確認されたといえる。

### 論文審査結果の要旨

本研究は、Wi-Fi パケットセンサから得られたデータを用いて歩行者交通量および混雑の程度を推定する方法論を構築するとともに、クラスター分析による利用パターンから利用者層の推定、系列パターンマイニングによる利用者層ごとの典型的な移動パターンの抽出、推定歩行者交通量を用いた混雑緩和施策の評価など、収集されたデータの一連の分析・評価手法を提案するものである。近年、都市内の人的流動を常時把握し、収集されたデータから人々に適切なサービスを提供するスマートシティ構想が叫ばれているが、収集データから意味のある情報を抽出する方法は未だ確立されているとはいえない。本研究は、常時収集が可能な Wi-Fi センサデータを用い、人的流動を把握することで都市施策を評価することを試みた先駆的な研究であり、学術上のみならず実務上も寄与するところが少なくないと評価された。

### 最終試験結果の要旨

学位論文審査委員会では、提出論文の基礎となる下記の発表論文の内容を確認し、令和4年8月22日に開催された学位論文公聴会における審査申請者に対する質疑応答などに基づき慎重に審査した結果、最終試験に合格と判定した。

---

発表論文（論文名、著者、掲載誌名、巻号、ページ）

1. Analysis on the characteristics of AMP based traffic and pedestrian flow observing system, Zhou, G., Kurauchi, F. and Myoko, S., 27<sup>th</sup> ITS World Congress Proceedings, Hamburg, Germany, pp. 510-521, 2021.
2. Identifying golden routes in tourist areas based on AMP collectors, Zhou, G., Kurauchi, F., Ito, S. and Du, R., Asian Transport Studies, 8, No.100052, 2022.