

# Wifi電波を用いた観光客行動把握に関する 基礎的研究

小橋川 嘉樹<sup>1</sup>・藤生 慎<sup>2</sup>・高田 和幸<sup>3</sup>・高山 純一<sup>2</sup>・中山 晶一朗<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 金沢大学 自然科学研究科 (博士後期課程) 環境デザイン学専攻 (〒920-1192 石川県金沢市角間町) / 株式会社電通デジタル

E-mail:kobashikawa@stu.kanazawa-u.ac.jp

<sup>2</sup>金沢大学 理工学域 環境デザイン学類

<sup>3</sup>東京電機大学 理工学部 理工学科 建築・都市環境学系

今後外国人を含む観光客の集客を促進していくに際し、継続的にその実態を把握する手法の確立が急務となっている。そこで本研究では、Wifiの電波を利用して観光客のエリア内での行動を測定することを目的とした。まず周辺のWifi電波を取得するデバイスを開発した。その後函館市において市内に設置し、実際にデータの取得を行い、利用可能性を検証した。その結果一定数のデータの取得には成功したもの、Wifi端末の特性上捕捉率は低いものとなり、滞在時間の短い地点で取得したデータを用いる場合には他の実績データとの照合なども行い精度の向上を図る必要があることが示された。

**Key Words** : 観光・余暇行動, 交行動調査, 交通量計測, 訪日外国人

## 1. はじめに

### (1) 背景

訪日外国人の集客が地域振興の主要な手段の1つとして注目されるようになって久しい。各自治体を中心に様々な集客策が試みられており、入り込み観光客数の増大とそれによる賑わいの創出、また経済効果が期待されている。この入り込み観光客数のデータ取得方法としては駅や空港、さらに最近ではクルーズ船が停泊する港など、交通結節点におけるカウントが通常の手段である。

またこれらの観光客が地域内でどのような行動をしているか、たとえば立ち寄ったスポットを把握したりする必要のある場合は、一般に交通結節点または地域内の代表的な観光地において調査票を配布して後に回収したり、現地にて直接面接法にて聴取したりといった手段が用いられる。これらについては調査計画や調査票の設計次第で必要な項目を自由に聞くことができる。

しかしながら、カウント・調査いずれの手段についても、実施についての手間とコストの問題があり、常時実施することは現実的とは言えない。また、後者の地域内での立ち寄り箇所などについて調査で現実的に聴取可能なのは立ち寄りの有無までで、時刻や滞在時間、観光スポット間の移動手段などについては記憶の正確性や調査票設計の複雑さなどから十分なデータを取得することは

難しい。

このようなデータ取得における課題が残されている中で今後は日本版DMOなどある程度の広がりを持った区域の中で観光客の動きを把握し最適化していくというニーズが広がっていくことも想定されている。そこで地域全体での入り込み総数だけでなく、より精細な単位でデータ取得可能な手法が求められる。

一方でIoT技術の進化もあってデータを機械的に取得する方法は日々新しいものが登場しているところであり、人的なリソースに制約されないこれらの手段の活用への期待が高まっているところである。

### (2) 本研究の目的

地域内での人の動きを把握するため、簡易・低コストでかつ継続的なデータ収集手法を開発し、その有用性と実用化に向けた課題を抽出する。

具体的にはマイクロコンピューターを用いて旅行者が持つスマートフォンやモバイルルーターが発するWifi電波を検知するデバイスを開発し、実際の観光地で稼働させてデータ取得を試行し、どの程度のデータが取得できるかの検証を行う。その後いくつかの集計・分析を試みて、取得データの活用可能性を検証することとする。

一方で人の動きはプライバシーにも関わるものであることから、プライバシー保護の観点から設計したデータ

取得フローで実務上影響が出ないことも検証を行う。

## 2. 既往研究

観光客の流動を把握する手法としては、小橋川ら<sup>2)</sup>にあるようにGPSによるものが手段の1つとしてあげられる。しかしGPSロガーは高価であること、またスマートフォンを用いた場合には精度の低さが問題となる上、いずれの場合も旅行者に協力を求める必要が生じ、大規模・定常的な実施は困難となっている。

一方無線を使った方法としては、まずBluetoothを用いた研究が行われてきた。例えば西出ら<sup>2)</sup>はBluetoothデバイスの検出期間や新規検出数などをパターン分けし、ユーザーの置かれた状況を判定する手法を検討している。またWifiにおいては荻原ら<sup>3)</sup>がWifi電波を検出することで混雑度の推定を行っている。また望月ら<sup>30)</sup>は、施設内に設置した複数のWifiパケットをキャプチャするデバイスを用いて、人流の測定を行う車両内などで取得する方法が試みられている。

しかし屋外で簡易に取得する手法はまだ事例が少なく、またいずれの研究でも比較的長時間滞在する前提となっている。Wifi端末の特性上短時間での検出率が下がることは避けられないことから、これらの手法を観光地において適用するために、短時間の滞在を対象にしようとした場合にどのような挙動を示すのかの検証が必要となっている。そこで本研究では実際の観光地に複数の端末を設置し、データの取得を試行することとした。

## 3. 研究の方法

### (1) Wifiデータ収集デバイスの準備

本研究においては、世界的にも著名なマイクロコンピュータであるRaspberry Piを採用し、これにUSB Wifiアダプターを組み合わせることでWifiデータ収集デバイスを開発し、Wifi搭載端末それぞれが持つ一意のMACアドレスの収集を行うことにした。電源については市販のモバイルバッテリーを利用し、AC電源なしでの運用を試行した。

### (2) 個人情報保護の検討

本研究を実施するに当たり、プライバシーに関する問題として個人情報保護法（以下、法）の規定を慎重に考慮して実施の方法を検討した。

まず個人情報に詳しい弁護士に見解を求めたところ、本件で収集しようとするMACアドレスのみでは法の定義による個人情報には該当しない旨の見解を得た。しかし社会におけるプライバシー保護への関心の高まりを尊重するとともに今後の研究や成果の活用も想定して、改

正個人情報保護法（以下、改正法）も視野に入れて以下の対応を行うこととした。

- ・改正法における「匿名加工情報」と同等の取り扱い
- ・ローデータの管理徹底

前者に関しては、匿名性の担保のためにMACアドレスは取得時点で1方向ハッシュ関数による変換を行った。これにより再識別化ができなくなるとともに、MACアドレス自体を保存しないことで取得データと携帯端末（およびその所有者）との容易照合性も排除している。

後者に関しては、本研究で取得したデータを入手した第三者が、時刻と場所をキーに我々以外が持つ個人情報と組み合わせて再識別化を行うことができるリスクを考慮する必要がある。特に個人を特定しやすい時刻データが含まれるローデータについては厳重に管理を行うこととした。なお場所の情報については今回の対象箇所がそれぞれ相当数の来訪者・通行者がいることが確認でき、リスクは相対的に低いものと判断している。

なお、本研究で取得したデータは研究目的のみでの利用としている。

### (3) データ収集プログラムの開発

MACアドレス収集プログラムについては先述の通りプライバシー保護について担保できる設計を検討した。

一方で、特定の相手方に対する通信を分析対象に含めることは電波法に触れる可能性もある。Wifiにおける通信準備フェーズにあたるデータのやり取りが通信に該当するか一部では解釈が分かれている部分もあるようであるが、今回はブロードキャストで送信されているデータのみを取得することでこの点についての問題を回避することとした。

具体的な手順を以下に述べる。

まずtcpdumpによりWifiアダプターが受信したパケットを取得した。そしてその内容をPythonで開発したスクリプトに直接入力し、パケット送信先がブロードキャスト（FF:FF:FF:FF:FF:FF）になっているもののみを抽出した



図-1 デバイスの写真a

(サイズ比較のため、モバイルバッテリーに代えて市販の充電式Ni-MH電池を使用して撮影した)

上で、送信元MACアドレスの抽出を行ってそのままハッシュ関数に投入した。最後にその結果を受信時刻とともに保存して、分析用のデータとした。

ここでブロードキャストで発信され得るパケットの種類としてはProbe Request（主に、アクセスポイントを探す際に端末が出すパケット）とBeacon（主に、端末に対して自身のSSID等の情報を伝えるためにアクセスポイントが出すパケット）があるが、本研究では両方を保存している。端末を追いかけるためにはProbe Requestが主な対象となるが、モバイルルーターを持ち歩いている場合はBeaconを出していることが考えられる。データ取得の観点ではBeaconの方が発信頻度が高いこともあり、データ取得後にスクリーニングを行うことを前提に両方のパケット種類を取得するようなプログラムとした。

また、Wifiの仕組み上複数チャンネルで通信が行われている中で1chずつしかキャプチャできないため、一定時間ごとにスキャンするチャンネルを変更することでどのチャンネルもまんべんなく取得するようにしている。今回の調査においては、スキャン間隔は1チャンネルあたり6秒×13チャンネル=78秒で1サイクルとした。

#### (4) データの取得

(1)~(3)で開発したWifiのデータ取得デバイスを、観光地に配置した。今回は函館市の協力を得て、多くの観光客が期待される大型クルーズ客船「ダイヤモンド・プリンセス」の入港日に合わせて実施することとした。

日付：2016年7月23日(土)

天候：曇り

デバイスの設置個所は以下の通りである。

- ・函館港 港町埠頭
- ・函館駅前 埠頭シャトルバス発着場横
- ・函館朝市ひろば 「広海水産」店頭
- ・金森赤レンガ倉庫 函館ヒストリープラザ前
- ・函館市元町観光案内所 2F (旧写真歴史館)
- ・五稜郭タワー 正面玄関付近

このうち機器の不具合のため函館港でのデータが取得できていなかったため、分析については残りの5か所を対象とすることにした。

#### (5) データのスクリーニング

(4)で取得したデータについて、分析対象となるデータを抽出した。各スポットでは観光客に限らず通行人の端末も検出されることになるため、今回は2か所以上で検出されたMACアドレスを旅行者とみなし、分析対象とした。これにより、Beaconとして取得されている固定アクセスポイントのデータも削除されることとなった。

#### (6) 検出されたデータの滞在データへの変換

取得したデータから、同一地点・同一MACアドレスのデータを集約して滞在データに変換を行った。具体的には、地点Aにおける最初の検出を滞在開始時刻、最後の検出を滞在終了時刻とした。

ここで、特に観光スポットや交通結節点が狭いエリアに多数集中している場合などでは、それら相互の移動の過程で何度も同一地点を通ることも想定される。このようなパターンへの対応としては例えば一定時間検出されなかった場合に当該地点を出たとみなして滞在を分離する方法もある。しかしWifiの場合は点で情報収集していることから、同一地点に滞在しているにもかかわらず電波が検出できないことがある。主な原因は以下の通りである。

- ・エリアの面積に比して設置したデバイス数が少なく、遠くの滞在を取れない
- ・設置場所の物理的条件（遮蔽物が多い）などにより、位置によって電波強度が大きくことなる
- ・スマートフォンなど端末側の設定のため、使用していないときはほとんどWifi電波を出さない

このような条件から滞在時間の精度が低く閾値の設定も困難となることから、今回は地点Aで検出後他の地点で検出されて再度地点Aで検出された場合に2回の滞在として判定するという簡易な条件で集計することとした。

#### (7) 滞在データを用いた集計

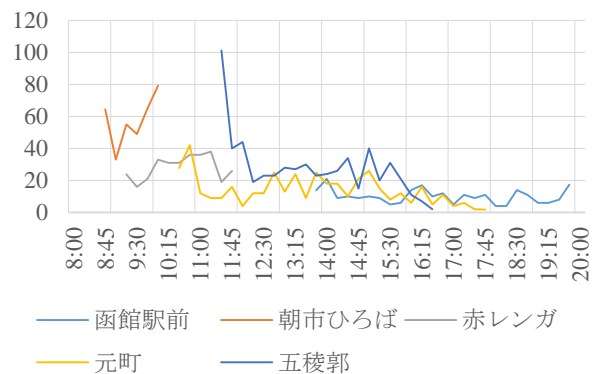


図-3 時間帯別の来訪者数



図-2 デバイスの設置環境例（函館朝市ひろば）

(4)で滞在として集計したデータを基に、基本集計の例として時間帯別に滞在人数の集計を行った。今回はデータ取得時間が地点によって異なっていることから、データを取得できている時間のみを対象に、15分刻みでの旅行者の検出人数を集計することとした。

次に応用例の1つとして、複数地点間の移動時間の集計を行った。今回はデータ取得時間の重複が多くかつ交通機関が特定しやすい函館駅前と五稜郭タワー間を対象に分析を行った。

#### 4. 結果と考察

##### (1) 地点別来訪人数

今回取得した人数（正確にはMACアドレス数=Wifi端末数。以下同様）およびパケット数を表-1に示す。全体の9割以上が訪問箇所数1との結果になった。地元住民を含む通行者なども多く取得されたと考えられる。この訪問箇所数1を除いた計786人を対象サンプルとして、以降の分析を行った。

この訪問人数を場所別に集計したものが表-2である。取得できている時間がまちまちであり比較が困難であるが、箇所ごとにみても極端に値が増加・減少している様子は特にないため、時系列データとしての活用可能性が示された。

##### (2) 地点間所要時間

対象地点のうち、間に他の観光地がほとんどなく交通機関も限定しやすい五稜郭タワー→函館駅前の移動について、所要時間を集計したものが図-4である。サンプル数が115と少ないものの、210分程度までが多いことが分かるが、実際は路面電車を利用してこの2地点間の所要時間は40分程度である。これは、対象の時間帯が昼間であり、昼食などを途中で挟むユーザーがいることも理由の1つと考えられる。

#### 5. 結論

本研究においては旅行者が持つWifi対応端末の電波を取得して一定のエリア内での移動行動を取得することを目的とした。取得したデータの件数を見ると実際の旅行者数より少ない人数となっており、捕捉率の向上の必要性が見える。ただし技術的な困難さや手法自体の簡便性も考慮すると、捕捉率の向上以外のアプローチとして別調査（例えばカウンターによる交通量調査など）と組み合わせることで捕捉率を算出し、補正をかけるなどの方法も検討に値すると考えられる。

また分析としては滞在時間の時系列変化と移動時間を試行した。調査自体で取得できているデータが不十分なこともあり残念ながら精緻な分析には至らなかったが、

傾向としては実態と近い結果が出たと判断できるような結果となった。

一方で当初想定された通り、検出された人数は実数を下回り低い検出率となった。観光地における人流分析への活用では設置個所やプログラム上の工夫では限界があることも視野に入れて、各施設等が持つ実数データとの比較で補正を行うなど、データを基にしたシミュレーションにより実際の人流を推定する手法などの開発が必要となろう。

謝辞：今回の調査におけるデバイスの設置場所選定については函館市のご協力をいただいた。また実際の設置箇所においても、趣旨に賛同して快く応じてくださった皆様にここに御礼を申し上げる次第である。

#### 参考文献

- 1) 小橋川嘉樹, 藤生慎, 高山純一, 中山晶一郎 : GPS

表-1 地点別訪問人数・パケット数

訪問箇所数	人数		パケット数	
1	12,583	94.12%	1,259,314	95.16%
2	656	4.91%	43,445	3.28%
3	108	0.81%	16,004	1.21%
4	20	0.15%	4,401	0.33%
5	2	0.01%	261	0.02%
計	13,369	100.00%	1,323,425	100.00%

表-2 場所・訪問箇所数別人数

(上段：総数 下段：1時間あたり)

場所	箇所数				合計
	2箇所	3箇所	4箇所	5箇所	
人数	656	108	20	2	786
函館駅前 (13:58-19:49)	163	44	16	2	225
朝市ひろば (8:48-10:09)	27.9	7.5	2.7	0.3	38.5
赤レンガ (9:17-11:46)	210	73	18	2	303
元町 (10:33-17:52)	154.9	53.9	13.3	1.5	223.5
五稜郭 (11:40-16:33)	211	54	14	2	281
	85.1	21.8	5.6	0.8	113.4
	312	72	17	2	403
	42.6	9.8	2.3	0.3	55.1
	416	81	15	2	514
	85.2	16.6	3.1	0.4	105.3

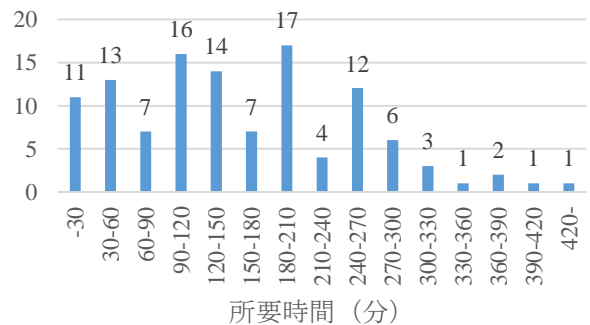


図-4 五稜郭タワー→函館駅前の所要時間

データを用いた観光客訪問スポットの自動抽出と分析手法に関する基礎的研究, 第 52 回 土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2015.

- 2) 西出亮, 高田秀志: Bluetooth デバイスの観測履歴を用いた雑踏検出と位置情報を併用した応用アプリケーションの試案, 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol.9, No.4, pp.399-400, 2010
- 3) 荻原崇, 諏訪敬祐: Wi-Fi パケットセンサとクラスター分析を用いた屋内での混雑度推定手法, 東京都市大学横浜キャンパス情報メディアジャーナル = Journal of information studies, Vol.16, pp.27-32, 2015
- 4) 望月祐洋, 上善恒雄, 西田 純二: 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, 電子情報通信学会技術研究報告. MoNA, モバイルネットワークとアプリケーション, Vol.113, No. 495, pp.297-304, 2014
- 5) 望月祐洋, 鬼倉隆志, 福崎雄生, 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シンポジウム 2014 論文集, pp.1249-1257, 2014