

# 狭域におけるWi-Fiパケットセンシング —女川町シーパルピアを例に—

堀籠 涼太<sup>1</sup>・高橋 祥智<sup>2</sup>・中林 果歩<sup>3</sup>・菊池 輝<sup>4</sup>・泊 尚志<sup>5</sup>・  
末 祐介<sup>6</sup>・西村 洋紀<sup>7</sup>

<sup>1</sup>学生会員 東北工業大学 工学部都市マネジメント学科 (〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町35-1)  
E-mail: s1514126@st.tohtech.ac.jp

<sup>2</sup>学生会員 東北工業大学 工学部都市マネジメント学科 (〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町35-1)  
E-mail: s1514222@st.tohtech.ac.jp

<sup>3</sup>学生会員 東北工業大学 工学部都市マネジメント学科 (〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町35-1)  
E-mail: s1514125@st.tohtech.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 東北工業大学教授 工学部 都市マネジメント学科 (〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町35-1)  
E-mail: akikuchi@tohtech.ac.jp

<sup>5</sup>正会員 東北工業大学講師 工学部 都市マネジメント学科 (〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町35-1)  
E-mail: tomari00@tohtech.ac.jp

<sup>6</sup>正会員 中央復建コンサルタンツ株式会社 (〒980-0011 宮城県仙台市青葉区上杉2丁目3-7)  
E-mail: sue\_y@cfk.co.jp

<sup>7</sup>正会員 中央復建コンサルタンツ株式会社 (〒980-0011 宮城県仙台市青葉区上杉2丁目3-7)  
E-mail: nishimura\_h@cfk.co.jp

現在スマートフォンの普及率が7割を超え、あらゆる場所にWi-Fiスポットが設置されている。スマートフォンはWi-Fi機能をオンにしている場合、Wi-Fiアクセスポイントに対してプローブリクエスト (PR)を送信している。このPRを受信するWi-Fiパケットセンサを用いた観光調査が近年行われている。しかし既往研究ではいずれも広域での実験しか行われていない。本研究では、Wi-Fiパケットセンシングによる観光行動の分析が狭域においても適用可能かを明らかにする。結果として、データクリーニングにより観光客データを抽出することで、観光客数や滞在時間、地点間の移動を確認することができた。これにより狭域でも既往研究のように観光行動の分析は可能であるといえる。しかし課題として、観光客数の実測値との比較やデータクリーニング手法の見直しなどがあげられる。

**Key Words :** Wi-Fi packet sensing, MAC address, Tourist travel behavior, Data cleaning

## 1. 本研究の背景および目的

近年、駅構内や商業施設、飲食店、観光施設など多くの場所でWi-Fiスポットが設置されるようになった。スマートフォンの普及率が7割を超える現在では、多くの人々がWi-Fi機能を用いて、インターネットやメールを行っている。スマートフォンなどのWi-Fi通信機器はWi-Fi機能をオンにし、スタンバイ状態にしているだけで周りのアクセスポイントと通信を行おうとしており、管理パケットとしてProbe Request(以下、PR)を発信している。このPRには機器の固有の識別子としてMACアドレス(以下、ユニークID)が含まれている。それらをWi-Fiパケットといい、これを取得するセンサを用いることで人々の回遊行動を把握することが出来る。しかし既往研究では、いずれも広範囲での実験が試行されている。

本研究では安価に製作したWi-Fiパケットセンサを用いて、狭域における観光行動がどの程度把握できるのかを検証する。

## 2. 既往研究と本研究の位置づけ

### (1) 既往研究

寺部ら<sup>1)</sup>はWi-Fiパケットセンサを用いて回遊行動の実態把握を行うと共に、二日間ではあるが2016年にわたって同じ規模で同じ時期に調査を行った。2016年と2017年の2日間のODパターンを比較したところ、相関係数は高いもののOD交通量が少数のため、必ずしも類似性があるとはいえないことが分かった。課題はデータクリーニングや集計の手法などがあげられた。

小林ら<sup>2)</sup>は広域エリアで長期にわたる観光周遊行動を把握するにあたりWi-Fiパケットセンサを観光施設や交通結節点等に約一ヶ月間配置して観光客の周遊データ収集した。成果として機器の設置地点を工夫することで観光客の周遊を詳細に把握することが可能となることを示した。また取得したWi-Fiパケットデータと、実際の訪問者数や交通量をカウントした真値データとの類似性が確認された。またデータクリーニングにより現実の観光客の特性

に即したデータを抽出することによってトリップチェーンを作成し、ODを把握した。課題としては、センサを設置していない場所、Wi-Fi機能をオフにしている機器、複数台の通信機器保有者、端末所持者の個人属性、観測地点での来訪目的等の情報が把握できない点である。

(2) 本研究の位置づけ

上述の研究からWi-Fiパケットセンサを用いた実験には、広域における観測の利便性や外国人観光客の言語にとらわれない、調査主体の負担が少ないなどのメリットがあることが分かった。しかし既往研究では調査対象が広範囲での実験しか行われていない。そこで我々は半径200m以内という狭い範囲でも既往研究と同じようにデータクリーニングによって観光客のユニークIDのみを抽出することが可能か、そして観光客の回遊行動を把握することが可能かを検証することを研究目的とする。

3. 実験・調査の概要

(1) Wi-Fiパケットセンサ

本調査で用いたセンサはRaspberry Pi・無線LANアダプタ・micro SDカード等で構成されており、ソフトウェアはWireshark<sup>3)</sup>を用いた。本体サイズは9×6×3cm程度であり(図-1)、1台あたりの費用は約1万円である。

このセンサはスマートフォンなどのWi-Fi機能を搭載した機器からのPRを受信し、機器のユニークIDとその取得時間、RSSI(電波強度)を記録する。センサの取得範囲については、現地調査で複数のスマートフォンを用いて範囲を特定した。

(2) 調査概要

本調査は宮城県女川駅前シーバルピアを対象とし、我々が製作したセンサ7台を宮城県女川駅前に約2週間設置した。設置期間は平成30年11月9日～11月27日の18日間である。

センサ設置場所は各センサの取得範囲を考慮し、女川駅前・シーバルピア施設全体・付近の駐車場をカバーするように設置した。ここで駐車場を考慮した理由はユニークIDの観測開始地点と観測終了地点から、観光客の交通手段を判断するためである。(図-2)



図-1 Wi-Fiパケットセンサ



図-2 センサ設置場所

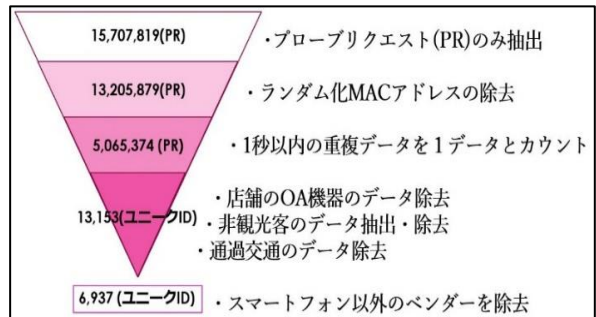


図-3 データクリーニングの流れ

表-1 ユニークID数

設置場所	観測期間	データ数①	ユニークID数②(%)
1.シーバルピア管理事務所(みらい創造)	11/9 16:17~11/18 3:06 11/21 15:14~11/27 15:03	21,697	2,685 (12%)
2.ハマテラス 従業員通路	11/9 15:59~11/17 23:47 11/21 15:35~11/27 15:07	23,086	3,112 (13%)
3.ハマテラス 高政付近	11/9 15:41~11/17 18:53 11/21 15:52~11/27 15:09	42,000	3,624 (9%)
4.GLIDE GARAGE	11/9 14:28~11/24 14:25 (11/24~11/27データなし)	17,525	2,686 (15%)
5.女川温泉 ゆぼっぼ	11/9 16:42~11/17 23:48 (11/13 6:07~16:14 データなし)	9,695	1,167 (12%)
6.商工会	11/9 14:07~11/27 13:59	27,142	3,337 (12%)
0.駐車場内	11/17 9:28~16:26 11/18 9:21~12:51	2,208	375 (17%)

4. データクリーニング

取得データの総数は18日間合計で約15,000,000件であった。しかしこの段階のデータには、従業員や地元住人、通過交通などの非観光客や、施設内に設置されているPC端末やOA機器も含まれている。そこで観光客データのみを抽出するために、図-3に示す手順でデータクリーニングを行い、6,937件のユニークIDを抽出した。この抽出データを観光客とみなし、観光行動の分析を行った。

5. センサデータによる観光行動の把握

(1) 観測期間詳細・ユニークID数

各センサのユニークID数を表-1に示す。これによりWi-Fiパケットセンサで取得したデータのうちユニークIDが10%~15%ほどの割合ということが分かったが、ここまでのデータクリーニングは他の既往研究ごとに手順が異なるため、ユニークIDの割合と総数には大きな差が出てしまう可能性が大きい。

(2) 単純集計

日別ユニークIDと同一日に観測されたPRの最初と最終の時刻から算出した滞在時間別ユニークID数をグラフにしたところ、土日祝日のID数が平日と比べて倍以上、滞在時間は60～90分の割合が最も多いことが分かった。また、平日のユニークID数は休日と比べて半分ほどで、滞在時間は休日と比べて値は少ないが、60～90分の割合が最も多かった。これらのデータから女川駅前には飲食店が多く連なり、食事を目的として訪れる観光客が大勢来訪することから、食事のみを目的とする観光客が多く存在すると推測できる。(図-4、図-5)。

観光客が女川駅前を訪れる時刻と帰る時刻を調べるため、同一日に観測されたPRの最初の時刻を滞在開始時間、最後の時刻を滞在終了時間としてグラフを作成した(図-6)。このグラフでは11時台に訪れる観光客が最も多いことが分かる。女川駅前には11時開店の飲食店が多いことから、やはり昼食を目的とした観光客が多いと推測できる。滞在終了時間は12時台と13時台が多いため、11時台に訪れる観光客が最も多いという結果と合わせて考えると、食事のみを目的として訪れる観光客が多いという推測にも当てはまる結果となった。

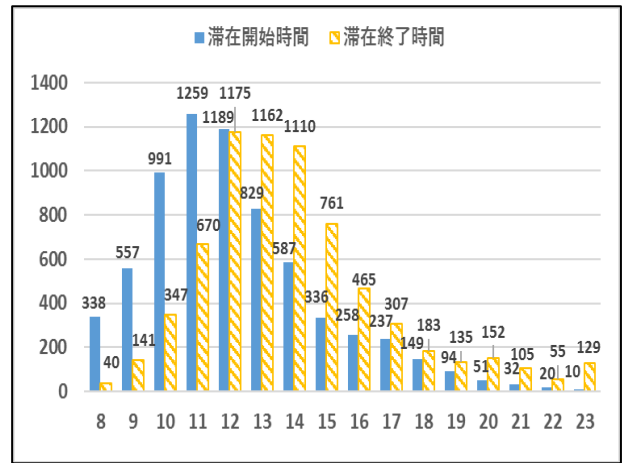


図-6 滞在開始・終了時間 N=6,937

表-2 11月10日～11月17日 移動パターンOD表

	0	1	2	4	5	6	A	B	C	D	E	F	G	H	I	総計	
0		5	16	26	18	68	3									1	137
1	15		355	535	312	162	1										1420
2	18	418		505	145	502		16	14	2	2			2	1		1625
4	27	486	554		318	511	1	2	6	4	3	1	8	2			1923
5	16	302	156	305		203	1		2	2	17	2	1				1007
6	54	169	468	499	209		7	8	1					13	2		1430
A	1	1		2	2	5											11
B			15	4	6				1								26
C		8	13	3	1	3		1									29
D		17	1	6	3	3											30
E		5		8	16	1											30
F		1		2	1												4
G			2	7	1	13											23
H			5														5
I	1																1
総計	132	1412	1585	1902	1026	1477	13	27	32	31	30	4	24	5	1		7701

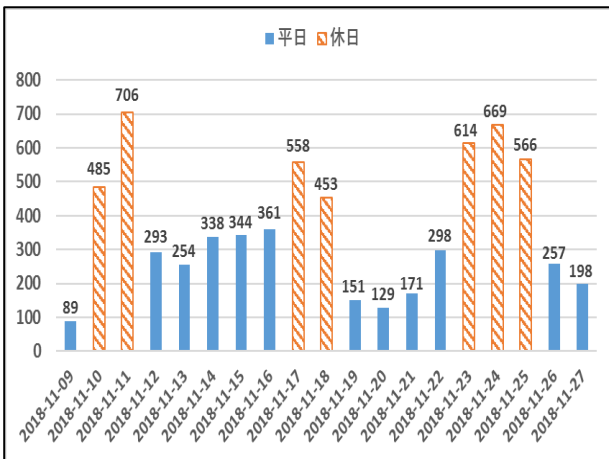


図-4 日別ユニークID数 N=6,937

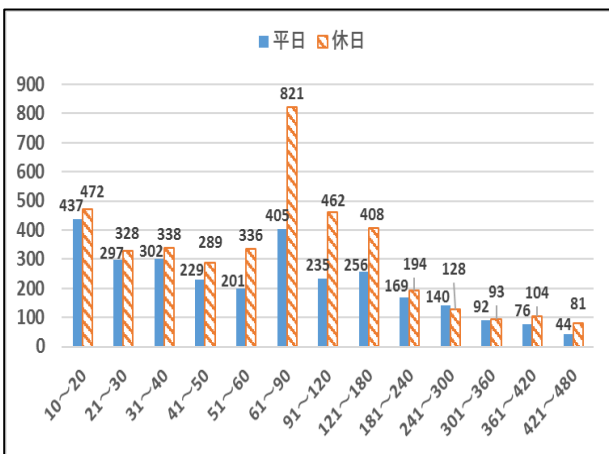


図-5 滞在時間別ユニークID数 N=6,937



図-7 データ取得推定範囲

(3) 分析

11月10日～11月17日の一週間のユニークIDから、観光客の移動パターンでOD表を作成した(表-2)。また我々が事前に調査したデータ取得推定範囲を図-7に示す。この際、我々が想定していたよりも同時刻に複数センサで観測されたデータが見られた。解決策としてRSSI(電波強度)の値が大きいセンサ



データを優先し、日時とRSSIが同一のデータはセンサ間に新たに地点A~Iを設けた(図-8)。隣り合わないセンサの同時観測パターンは中間地点を設ける際に除外した(表-3)。センサNo. 3は他センサとのデータ取得範囲の関係からOD表作成時のみ排除した。このOD表からどの地点間の移動が多いのか、そしてどの駐車場が頻繁に利用されているのか傾向などが分かった。

6. まとめ

(1) 本研究の成果

本研究では宮城県女川駅前にてWi-Fiパケットセンシングで取得したデータをクリーニングして観光客のユニークIDのみを抽出した。単純集計の日別と滞在時間別のユニークID数では平日と休日の観光客数の割合や平均滞在時間が約1時間ほどだということが分かった。滞在開始・終了時間のグラフの結果と合わせると11時台の来訪者が最も多く、食事のみを目的とした観光客が多いのではないかという結果となった。

狭域のため、事前にある程度のセンサのデータ取得範囲を調査してから実験を始めたが、想定していたセンサ以外の重複が多くみられた。今回の実験ではデータ取得範囲の重複に関しては、隣り合ったセンサ間をA~Iの中間地点とし、離れたセンサ同士の重複データはRSSI(電波強度)の強いデータを優先とすることで解決した。そして、作成したOD表ではどの地点間の移動が多いのか、どれほど観光客が回遊しているのか、他にも、利用された交通手段や駐車場を予想することができた。

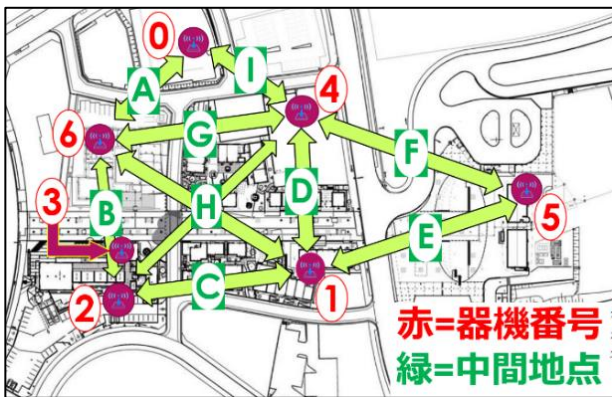


図-8 Wi-Fiパケットセンサ設置位置・中間地点

表-3 同時刻観測パターン

同時観測パターン	データ数
0-1	10
0-2	3
0-3	72
2-5	5
3-5	103
5-6	9
0-1-3	4
0-1-6	1
0-2-3	2
0-3-4	3
0-3-6	1
1-2-5	2
1-3-5	5
1-4-5	13
3-4-5	43
4-5-6	1
1-3-4-5	2

(2) 今後の課題

課題として、まず既往研究のようにWi-Fi機能をOFFにしている端末からはデータを取得できないことや、一人で複数台Wi-Fi端末を保有している観光客のデータに関しては正しい数値よりも多い値になってしまうことがあげられる。他に狭域のためセンサ設置位置は壁の影響やデータ取得範囲の重複、センサの高さなど広域の実験に比べて制約が多いことが分かった。

また廣川ら<sup>4)</sup>の研究でも分かるように一定期間の調査を行うことで、時間や曜日の変動を捉えることが可能であり、一定期間連続で取得されているデータなどをクリーニングすることによって、地元住民や店舗のOA機器と観光客を区別することが出来る。しかし長期にわたる調査で、詳細な移動パターンが得られるため、個人を特定してしまう危険性も高まる。そのためプライバシーや個人情報の保護に十分注意した上で調査実施期間を決める必要がある。また移動の定義についてだが、今回は寺部ら<sup>1)</sup>、Hidayatら<sup>5)</sup>の広域での実験と同じように観測されたセンサが別のセンサに切り替わった段階で移動とみなしたが、狭域のセンサ実験ではセンサのデータ取得範囲の重複が必然的に多くなり、10秒ほどの間隔で何回も他のセンサに切り替わるようなデータも見られたため、分析の内容に合わせた移動の定義を新たに設定する必要がある。

本研究はあくまでもWi-Fiパケットセンサが狭域において既往研究と同じように観光客の回遊行動を把握できるかの基礎的実験であり、今後はさらに狭域に合わせた調査実施期間や調査実施場所の建物の外壁による影響を考慮しなければならない。またデータクリーニングの手法構築や分析手法を模索していく必要があるだろう。

参考文献

- 1) 寺部慎太郎, 一井啓介, 柳沼秀樹, 小野瑞樹, 康楠, 田中皓介: Wi-Fiパケットセンサを用いた歩行観光客周遊行動の二か年比較, 第58回土木計画学研究発表会・講演集, 29, 2018.
- 2) 小林巴奈, 福田大輔, 中西航, 内田賢悦, 浅田拓海, 有村幹治, 菅芳樹: Wi-Fiパケットセンシングデータを用いた広域観光周遊行動のモデル分析, 第58回土木計画学研究発表会・講演集, P162, 2018.
- 3) Wireshark: <https://www.wireshark.org/>
- 4) 廣川和希, 笹圭樹, 和泉範之, 絹田裕一, 牧村和彦, 西田純二: Wi-Fiパケットセンサを用いた人の行動実態の把握~観光都市・飛騨高山での活用に向けて~, 第54回土木計画学研究発表会・講演集, 1180-1185 (162), 2016.
- 5) Hidayat, A., Terabe, S., and Yaginuma, H.: Wifi-Scanner Technologies for Obtaining Travel Data about Circulator Bus Passengers, A Case Study: Obuse, Nagano Prefecture, Japan, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, doi.org/10.1177/0361198118776153, 2018.

(2019.3.10 受付)