

# Wi-Fi パケットセンサを用いた 大規模レジャー施設における行動パターンの分析

村井 大地<sup>1</sup> 廣井 慧<sup>2</sup> 米澤 拓郎<sup>1</sup> 河口 信夫<sup>1,3</sup>

**概要:** 本研究では, Wi-Fi パケットセンサを用い, 屋外の大規模レジャー施設を対象とした訪問客の行動パターンの分析を行う. 人口の高齢化に伴う働き手不足のため, 大規模な施設, 特に公共的な施設ではこれまでのように豊富な人員の配置が難しくなってくると考えられる. よって, 今後は訪問客の特性や, 施設内の行動パターンを理解し, 効率的な人員配置などの施設マネジメントが求められる. 我々は 59 ヘクタールの広大な敷地を有する東山動植物園に, 35 箇所の Wi-Fi パケットセンサを取り付け, 継続的なデータの収集を行っている. 東山動植物園ではその広さのため 6 箇所の出入り口が存在し, また園内に公共の道路が通っており, 近隣には住宅地があるなど, 特徴的な施設となっている. 本研究ではこのような特徴を有する大規模施設において, 訪問客の行動パターンを分析するための課題を整理し, その課題を解決するアプローチとして, 入園者判別手法や N-gram 法を用いた分析方法を提案する. 分析の結果, 実際の入園者の比率に近い入園者パターンを得るとともに園内の複数の頻出する行動パターンを抽出した.

## Analysis of Behavior Patterns in Large-scale Leisure Facilities using Wi-Fi Packet Sensors

DAICHI MURAI<sup>1</sup> KEI HIROI<sup>2</sup> TAKURO YONEZAWA<sup>1</sup> NOBUO KAWAGUCHI<sup>1,3</sup>

### 1. はじめに

近年, 外国人観光客の流入や, 定年を終えた多くの高齢世代が余暇を観光に利用するなど, 観光地や施設における訪問客の行動パターンが変化してきている. この変化に対応するため, 遊園地や動物園, 水族館といったレジャー施設において, 来場者の行動や流動を把握することは, マーケティングやイベント企画においてより重要となってきている. 一方で, 日本では少子高齢化社会の到来により, 働き手の不足や税金収入の低下が確実となっており, 都市運営や公共施設管理の効率化は社会的な課題となっている. すなわち, 来場者の行動を理解することは, 観光客の満足度を向上することと, 施設運営の効率化を達成する上で今後より重要となる.

従来のアンケートや, 人による監視などの人力での人流把握は, 従業員の負担や要するコストなどで定期的に行えるものではない. そのため, 近年ではカメラを用いる手法や, スマートフォンアプリの配布などを利用する方法が提案されてきている [1][2]. しかし, カメラはプライバシー問題と背中合わせであり, またスマートフォンアプリをインストールしてもらうコストも高いため, 特に公共的な施設ではその利用は難しい状況が続いている. 一方, Wi-Fi 機能を持つスマートフォンの普及に伴い, スマートフォンから発せられる信号を「人」とみなし, 人流を計測する手法が登場してきた. スマートフォンなどの Wi-Fi 機器は, Wi-Fi ルータとの接続を行うために, 数秒から数分程度の間隔でプローブ要求をブロードキャストしている. このプローブ要求に含まれる MAC アドレスをキーとすることで, 混雑度推定や端末毎の人流解析 [3][4] を行うことができる.

本研究では, 効率的な施設運営や来場者の満足度向上のサービス構築を目的とし, 大規模レジャー施設, 特に公共的な施設において Wi-Fi パケットセンサを利用した人流解析の適用可能性について検証を行う. 本稿では, 59 ヘク

<sup>1</sup> 名古屋大学大学院工学研究科 Graduate School of Engineering, Nagoya University

<sup>2</sup> 京都大学防災研究所 Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

<sup>3</sup> 名古屋大学未来社会創造機構 Institutes of Innovation for Future Society, Nagoya University

タールの広大な敷地を有し、年間 240 万人が訪問する名古屋市所有の東山動植物園を対象とし、人流の分析を行う。東山動植物園ではその園内の広さにより 6 箇所出入口があり、チケットシステム等も電子化されていないため、来場者がどの入り口から入り、どう園内をめぐり、どの出口から出たか、といった行動が未だ把握できていないという課題がある。今後園内運営を効率化するため、また来場者の特性にあわせたサービスを行うため、プライバシーに考慮しつつ低コスト・継続的に利用が可能な園内の行動把握手法が求められる。

本研究が対象とする園内には公共の道路が横断し、近隣には住宅地があるなど、入園者とそうでない人々との区別が難しいという特徴が存在する。このような環境を対象とし、Wi-Fi パケットセンサを用いた人流把握を実現するため、本研究では入場者フィルタリングのためのノイズ除去手法を提案するとともに、多数設置された Wi-Fi パケットセンサから園内の行動パターンを効果的に抽出するため N-gram 法を適用した手法を構築した。本稿ではこれらの分析の結果、提案手法によりある程度の行動パターンを抽出可能であることがわかった。

本研究の貢献は、以下の 2 点である。

- 公共大規模施設に 35 台の WiFi パケットセンサを導入し、継続的にデータ分析が可能なフィールド整備を行ったこと
- 入園者判別手法、N-gram 法に基づいた行動パターン分析手法を適用し、その基礎的な検証を行ったこと

## 2. 関連研究

一井ら [5] は長野県上高井郡小布施町を対象に Wi-Fi パケットセンサを用いて観光者の回遊行動の解析を行っている。設置地点の時間別滞在人数、滞在時間分布などの指標を作成して Wi-Fi センサデータの特性を明らかにした。さらに、OD 表から設置地点間の遷移確率や帰宅率を求め、吸収マルコフ連鎖モデルを用いて来場者数を予測する観光回遊行動モデルを構築し、観光回遊行動の把握をした。

森本ら [6] は商業施設のランドフロント大阪において人流解析を行った。MAC アドレスごとにセンサ間の移動を抽出し、ウェブベースの可視化システムを構築することで、複数のフロア上で人の移動を可視化し、施設の利用状況を把握することに成功している。また、センサ間の人の移動量を把握することも施設の管理上重要な要素である。そこで、ウェブブラウザ用の可視化ライブラリである D3.js の弦グラフ描画機能を用いて視覚的に移動量を確認している。また、高速道路などにセンサを設置し、近傍の 2 地点間に配置されている Wi-Fi パケット収集するセンサから車両の走行速度の計測をし、近傍の 2 地点間に配置されているトラフィックカウンターが計測した走行速度の傾向と一致していることを確認し、Wi-Fi パケットを収集するセンサ



図 1 東山動植物園のマップ

が有用であることを示している。

本研究で対象とするレジャー施設では、より狭まった範囲であるため設置したセンサ間の距離は近くなる。またひらけた構造になっているため、スマートフォンから送信されるプローブ要求がエリア間を超えて複数のセンサで観測されることが多くある。そのため、各エリアの混雑度や、来場者の行動を分析結果に多大な影響を与える。また、本研究が対象とする園は入園者と非入園者の判別を行う必要があり、これらの特徴を考慮した移動パターン抽出手法が必要となる。

## 3. 本研究の対象環境

### 3.1 東山動植物園について

本研究は、東山動植物園を対象とする。東山動植物園は名古屋市が所有・管理し、59 ヘクタールの敷地面積を有し年間 250 万人近くが来園する日本最大級の動植物園である。園内は、動物園本園、北側動物園、こども動物園、植物園、遊園地、スカイタワーなどのゾーンに区切られ、スカイタワー以外は一旦入場料を支払えば、回遊が可能である。また、園内にはお土産屋やレストラン施設などが複数地点に存在する。動物園本園、北側動物園、こども動物園、植物園は一般道路によって区切られている構造になっており、それぞれ高架橋により一般道路を横切ることができる。東山動植物園の地図を図 3.1 に示す。同園は、その敷地面積の広さから 6 箇所出入口ゲートが存在し、入園者はどのゲートからも出入りが可能となっている。また、同園に訪れるには自家用車の他、西側の正門に近い地下鉄東山公園駅と、北東の星ヶ丘門に近い地下鉄星ヶ丘駅を利用することができる。複数の有力な交通手段、出入口が存在する一方、その広さから入園者の園内での行動は把握しづらく、行動パターンを抽出し、園内運営の効率化が求められている。

### 3.2 Wi-Fi パケットセンサ

本研究では、株式会社社会システム総合研究所の Wi-Fi パケットセンサ（型番：DPS-ODJP）を用いる。同センサ

表 1 利用した Wi-Fi パケットセンサデータ

データ概要	備考
TIMESTAMP	プローブ要求の取得時間
AMAC	ハッシュ化した MAC アドレス
OUI	製品ベンダーコード
SC	シーケンス番号
RSSI	受信強度



図 2 Wi-Fi パケットセンサ設置箇所

はスマートフォンなど WiFi 機器から送信されるプローブ要求を匿名性を高めた上で収集し、サーバへアップロードする仕組みを有する。Wi-Fi プローブ要求には機器固有の MAC アドレスが含まれているが、同センサは匿名性を確保するために MAC アドレスをハッシュ関数による変換処理を行っている。この処理を施したアドレスを AMAC(Anonymous MAC) アドレスと呼び、匿名化の処理をした上で表 1 に示すデータを保存する。ハッシュ関数は一定期間で異なるシードと変化させるため、長期に渡り継続した同一ユーザ認識は不可能であるが、AMAC アドレスをキーとすることで、少なくとも 1 日単位で個々のユーザ端末を識別できるため、人の流動などを把握することが可能となっている。

### 3.3 センサの設置

上述した Wi-Fi パケットセンサを 2019 年 11 月初旬に東山動植物園に 35 箇所設置を行った(図 2,2)。本研究で用いたデータは 11 月から 1 月の 3 ヶ月分を用いる。ただし、表 2 の\*のセンサは、電源工事の関係上、稼働していない、もしくは稼働が不安定なセンサであり、本研究の対象からは除いている。東山動植物園に Wi-Fi パケットセンサを設置するにあたり、センサ自体にデータ収集中のステッカー(図 3)を貼り付けるとともに、収集データに関する説明やプライバシーポリシー、オプトアウトのための問い合わせ先などが記載されたホームページへのリンクを掲載している。なお、設置にあたっては名古屋大学未来社会創造機構の倫理委員会の審査を得た。

### 3.4 分析対象の行動パターン

本研究では、東山公園の担当職員とも相談し、まずは園

表 2 各センサの設置場所

センサ ID	設置場所	センサ ID	設置場所
HZ001*	正門	HZ019	ゴマアザラシ
HZ002	上池門	HZ020	ダチョウ
HZ003	動物会館	HZ021	遊園地
HZ004	休憩室	HZ022	ふれあい広場
HZ005*	ゾウ	HZ023	ゴリラ
HZ006*	ゾウ東	HZ024*	子供動物園テント
HZ007*	ライオン	HZ026	お花畑
HZ008	クマ	HZ030	ボート乗り場
HZ009*	上池分電盤	HZ031	正面駐車場
HZ010*	コアラ	HZ032	星ヶ丘門
HZ011	北園門広場	HZ033	植物園門
HZ012	めだか会館前	HZ034	スカイタワー 5F
HZ013	アメリカバイソン	HZ035	スカイタワー 7F
HZ014	メダカ館内	HZ036	ゾアシスウエスト
HZ015	スカイタワー前	HZ037	ズーデーガッテン
HZ016	自然動物館	HZ038	ズーボーゲート
HZ017	サル	HZ039	合掌造り
HZ018	サイ		



図2: 観測機の設置箇所周辺に設置するステッカー

図 3 センサに貼付されたステッカー

内のマクロな行動パターンを抽出することを目的とする。上述したように、訪問者の園内の回遊行動はこれまでほとんど明らかになっていなかった。まずは細かい動きよりも、全体としてどういうルートで園内を回遊しているパターンが存在し、どのパターンが頻度高く巡られているか、を明らかにすることを目的とする。これを明らかにすることで、職員が把握している効率の良い回遊行動や出入り口の利用のパターンと実際の訪問客の動きとの類似性や乖離を明らかにし、園内の誘導看板の再検討や、人気のない箇所への誘導方法・企画立案のヒントとなることを目指す。

## 4. 分析手法

本章では、得られたデータの処理・分析手法について述べる。まず、解析対象とすべき入園者のみのデータを抽出するための入園者フィルタリング手法について述べ、次に移動系列データの作成手法について述べる。

#### 4.1 入園者フィルタリング手法

東山動植物園のセンサ設置環境では、園内に一般道路が存在しており、また近隣に住宅や商業施設もあることから、入場者以外からの Wi-Fi プローブも受信してしまう。よって、得られたデータが入園者のものかそうでないか、入園者フィルタリングが必要となる。また、そもそも Wi-Fi ブループリクエストに含まれる Mac アドレスにはランダム化されたアドレスがノイズとして含まれるため、その除去も行う必要がある。以上を考慮し、入園者フィルタリングは下記の手順で行うこととした。

##### (a) ランダムアドレスの除去

機器に固有な MAC アドレスにおける追跡によるプライバシー侵害を避けるため、MAC アドレスのランダム化機能を有するスマートフォンが存在する。このランダム化機能によってプローブ要求を匿名化されたアドレスで発信するため、異なるタイミングで得られたレコード間で、移動履歴の照らし合わせが不可能となる。本研究ではランダム化機能を搭載していないスマートフォンから送信される AMAC アドレスを用い、行動パターンの抽出を行う。具体的には、Wi-Fi ブループリクエストに含まれる OUI（製造メーカーのコード）フィールドの G/L および I/L ビットを参照し、判別した。

##### (b) 入園者以外の AMAC アドレスの除去

東山動植物園の構造上、入園者ではない AMAC アドレスや、園内の備えつきの PC などの AMAC アドレスを受信してしまう。そこで、本研究では数日分のデータのパターンを簡易的に分析し、「AMAC アドレス毎に観測時間が 30 分以上であり、かつ複数のセンサで観測されている AMAC アドレス」を入場者と捉え、フィルタリングを行った。

##### (c) 追跡可能な AMAC アドレス

本研究の目的の一つとして、入場者の移動系列データの作成がある。しかし、データの中には、観測開始した時間から観測終了した時間内に、長時間どのセンサにも観測されないデータが多くあることがわかった。このような長時間にわたって受信されないデータは、その欠損を補完することは難しいため、除くこととした。具体的には 30 分以上連続して観測されないデータは、解析対象外とすることとした。

#### 4.2 移動系列データの作成手法

センサから得られた時系列データから、AMAC アドレス毎に移動系列データを作成する手順を示す。まず、対象となる空間を分割し、各エリアにアルファベットの文字を割り当てる。エリアに当たるセンサは同一のものとする。

次に、時系列データを図 4 のような手順で作成する。スマートフォンから送信されるプローブ要求の送信距離は

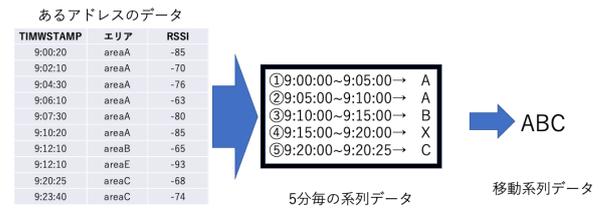


図 4 移動系列データの作成

100~200m にもなる。そのため、現在いるエリアとは別のエリアのセンサで観測される場合がある。そこで、AMAC アドレスの時系列データを 5 分ごとにサンプリングし、その 5 分間で得たデータの中で RSSI 値が最大であるデータを用いる。また、5 分間でどのセンサでも観測されていない場合、X の文字で代用する。この 5 分毎の文字列の時系列データは、1 文字 5 分の時間を有しており例えば連続で“AAA”といったデータがみられた場合、エリア A に 15 分滞在していたと見なすことができる。最後に、5 分毎の系列データから X の省略、連続した文字を 1 文字に省略することで、エリア間の移動系列データを作成する。

#### 4.3 頻度の高い移動系列抽出手法

上述した移動系列データの文字列の頻出パターンを抽出することで、頻度の多いルート抽出する。本研究では、そのパターン抽出手法として、N-gram を用いる。N-gram とは、ある文字列中に、N 個の文字列の組み合わせがどの程度出現するか、を分析するための言語モデルである。初期的な分析の結果、東山動植物園に入場してから出場するまでのパターンは膨大に存在することがわかった。また、入場してから出場するまでのすべての移動系列を比較しようとすると、途中経路がバラバラで、その移動パターンを純粋に比較することが難しいことがわかった。本研究では、N-gram を利用することで、部分的な回遊ルート n 文字の単語として検出し、それぞれの出現回数を取得する。これにより、頻出する回遊パターンを部分解を含めて導出することができる考えた。

### 5. 実験

#### 5.1 入園者フィルタリング

収集したデータを対象とし、4 章で述べた入園者フィルタリング手法で入園者アドレスのみの抽出を行った。この結果、全レコード数 85,253,306 から入園者のレコード数 2,901,409 と、全体の 3% までになった。この減少数の一番の大きな理由は、ランダム化されたアドレスが 90% 以上含まれており、ほとんどが 4.1 の (a) のランダムアドレス除去のフィルタによって削除されたことが理由である。一方、4.1 の (b) の手法を用い、入園者以外の AMAC アドレスを除去する手法は、比較的精度が高いフィルタリングができていたという結果が得られた。図 5 に、とある連続

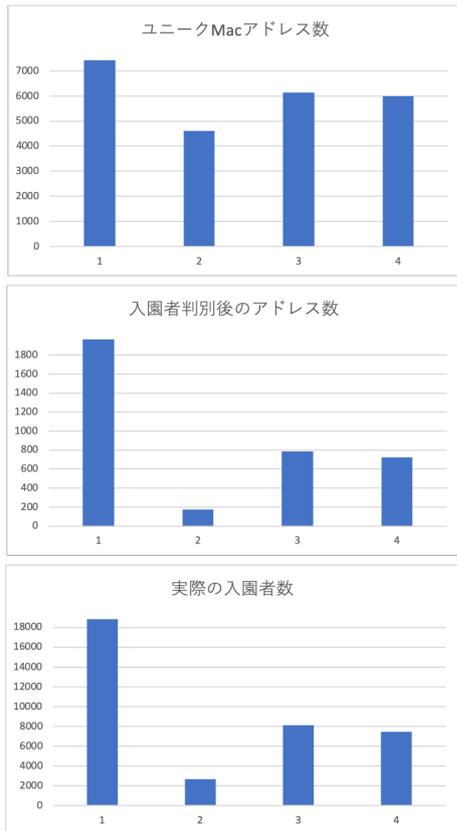


図 5 入園者フィルタリング結果と入園者数のある連続した4日間の比率の比較

した4日間のランダムアドレスを除去後のアドレス数（上段）、入園者フィルタリングを行った後のアドレス数（中段）、および実際の入園者数（東山動植物園よりデータ提供）の比較を示す。それぞれのグラフの大きさは揃えており、またスケールは異なるが初日の高さを揃え、比率を可視化している。図示したように、単純にユニークなMacアドレスを抽出したのみでは実際の入場者の傾向と大きく乖離している。これは、近隣を通過する車両や歩行者を含んでしまっていることを意味する。本研究の提案した手法では、ほぼ実際の入園者の比率と近い傾向で入園者アドレスを判別できていることがわかる。

## 5.2 頻度の高い移動系列

本実験では、マクロな観点で移動パターンを抽出するため、設置したセンサをいくつかのエリアに割り当てて移動系列の作成を行った。来場者の園内の周り方を把握するために東山動植物園をAからKのエリアに分割した（図6参照）。また、表3に、各エリアに該当するセンサを示す。

### ・頻度の多いルート

以下の表4は移動系列データからn=7として、n-gramを適用したものになる。もっとも頻度の多いルートは、ABCDCIEであった。このルートは正面入り口であるAから始まり、動物園本園を直進をする。その後、エリアDで引き返し北側動物園であるエリアI、Eに行くルートで

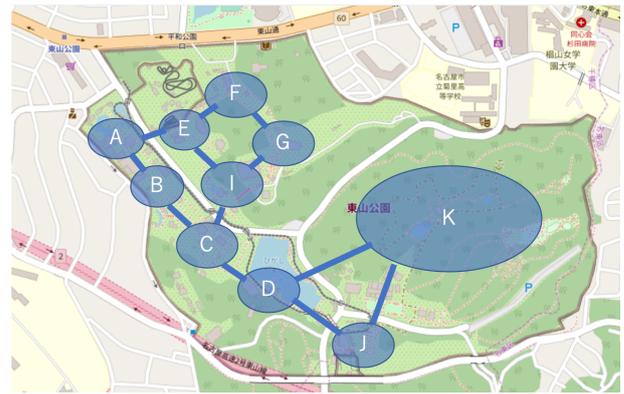


図 6 エリア分割

表 3 各エリアのセンサ

エリア	センサ ID
エリア A	HZ001,HZ003,HZ031,HZ0038
エリア B	HZ004,(HZ005),(HZ006),(HZ007)
エリア C	HZ008,(HZ009),(HZ010),HZ019,HZ036
エリア D	HZ002,HZ020,HZ030,HZ037
エリア E	HZ017,HZ021,HZ023
エリア F	HZ011,HZ013
エリア G	HZ012,HZ014,HZ015,HZ016
エリア H	HZ034,HZ035
エリア I	HZ018
エリア J	HZ022,(HZ024)
エリア K	HZ026,HZ032,HZ033,HZ039

表 4 n=7のルート

日曜日	頻度	土曜日	頻度	平日	頻度
ABCDCIE	143	ABCDCIE	180	ABCDCIE	168
CDCIEFG	74	CDCIEFG	96	ABCDJDC	83
ABCDJDC	65	BCDCIEF	85	BCDCIEA	71
BCDCIEF	61	ABCDJDC	77	CDCIEFG	70
EICDCBA	56	DCBAEFG	73	BCDCIEF	65
DCBAEFG	55	BCDCIEA	69	EICDCBA	62
BCDCIEA	53	GIEABCD	56	CDJDCIE	53
AEFGICD	51	CDJDCIE	53	DCBAEFG	48
CDJDCIE	51	AEFGICD	51	BCDJDCI	47
ICDCIEF	47	ABICDCI	46	CDJDCBA	42

ある。

また、BCDCIEFとBCDCIEAのルートを見てみると最後に動物園本園に戻るパターンと北側動物園のアメリカゾーンに進むパターンが見られる。

### ・時間帯ごとのルート

入園時間から、閉園時間までの間を、1時間ごとに分けて頻度の多いルートを抽出した。以下の表5は移動系列データからn=4として、n-gramを適用したものになる。

頻度の多いルート ABCD, DCIE ルートに着目してみると午前中では“ABCD”が多いが、午後になると DCIE のように先ほど述べた7文字でのルートに沿った ABCD や DCIE のルートが多くなっている。それに加え、午後の時

間帯では”DCIE”のように動物園本園から北側動物園に流れるルートが多くなる傾向にある。

また、14時以降からDCBA,CIEA,GFEA,CDCA,GIEAのようにエリアAに行くルートが多くなっているのがわかる。これはこの時間あたりから帰宅するような流れが多くなっていると考えられる。

表 5 n=4 のルート

9時	頻度	10時	頻度	11時	頻度	12時	頻度
ABCD	157	ABCD	268	ABCD	303	DCIE	308
FEIC	81	DCIE	150	DCIE	237	ABCD	227
ABEC	72	ABEC	138	CDCI	163	CDCI	186
ABCI	55	EICD	120	EABC	148	CBAE	177
ABIC	46	FEIC	119	DCBA	146	CIEF	166
BCDC	44	CDCI	115	ABEC	135	DCBA	163
DCIE	37	BCDC	107	ICDC	123	IEFG	141
FEAB	37	ABCI	103	ABIC	122	EICD	131
EABC	37	EABC	88	EICD	121	BAEI	124
AEFG	36	CIEF	84	CBAE	115	CIEA	123
BCDJ	36	ICDC	83	FEIC	111	EABC	121
FGIE	33	IEFG	77	CIEF	107	FEIC	121
ABAB	32	IEAB	77	BCDC	99	ABEC	119
DCBA	29	ABIC	72	ABCI	98	GFEI	104
EICD	27	BCDJ	69	IEAB	95	ABCI	94
13時	頻度	14時	頻度	15時	頻度	16時	頻度
DCIE	357	DCIE	383	DCIE	316	DCBA	170
ABCD	242	ABCD	303	DCBA	221	GFEA	127
CDCI	195	CIEF	239	ABCD	203	CDCA	124
DCBA	191	DCBA	235	CIEF	199	EICD	93
CIEF	180	EICD	201	CDCI	166	GIEA	85
CBAE	165	CDCI	191	IEFG	160	ABCD	82
EICD	151	CBAE	158	EICD	157	CIEA	81
IEFG	146	CIEA	148	CIEA	150	DCIE	74
CIEA	139	IEFG	146	GFEA	146	GICD	67
EABC	127	EABC	144	CBAE	146	CIEF	67
FEIC	117	FEIC	138	FEIC	116	EACD	59
BAEI	113	ICDC	122	GIEA	107	CDCB	54
GFEA	112	DCIG	119	BAEI	106	ICDC	53
GFEI	105	GIEA	115	BCDC	104	ICBA	49
DCIG	99	GFEA	111	EABC	102	EFEA	49

## 6. まとめ

本研究では東山動植物園における効率的な施設運営や来場者の満足度向上のサービス構築を目的とし、Wi-Fi パケットセンサを用いて人流解析の適用性を検証した。対象となる環境の特徴を考慮し、入園者判別手法を提案し、Wi-Fi パケットセンサに含まれるランダムアドレス、非入場者をフィルタアウトし、実際の入園者数と類似した比率のアドレス数を得ることを示した。また、移動系列パターンに N-gram 法を適用することで、入園者の最も頻

度の多いルートの抽出を行った。今後は、得られた分析結果をもとに東山動植物園の職員と議論を行い、データの正確性や提案手法の精度の向上、移動パターンに基づいた人流誘導サービスの構築などの研究を行っていく。

## 謝辞

本研究の一部は、JST CREST JPMJCR1882, NICT 委託研究, 総務省 SCOPE, 科研費基盤研究 C (19K11945) の支援を受けたものです。

## 参考文献

- [1] 三島 嵩晃, 藤原 裕樹, 石黒 陽介, 山下 晃弘, 松林 勝志, 山下 倫央. GPS データを用いた屋外イベント終了後の人流解析. 情報処理学会第 78 回全国大会. 2016.
- [2] 小林 稜介, 宮澤 聡, 秋山 祐樹, 柴崎 亮介. 携帯端末から得られる定頻度測位な人流ビッグデータを用いた通勤・通学の推定および分析 Spatial Information Science. 2018
- [3] Musa, A. B. M. and Eriksson, J. Tracking Unmodified Smartphones Using Wi-fi Monitors, Proceedings of the 10th ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems, SenSys ' 12, New York, NY, USA, ACM, pp. 281-294 (online), DOI: 10.1145/2426656.2426685 (2012).
- [4] 中野 隆介, 沼尾 雅之. 無線 LAN アクセスポイントへの検索要求を用いた屋内混雑度推定手法. 日本データベース学会論文誌, Vol. 12, No. 1, pp. 121-126 (2013)
- [5] 一井 啓介, 寺部 慎太郎, 柳沼 秀樹, 康 楠, 田中 皓介. Wi-Fi パケットセンサを用いた散策型観光地における観光回遊行動の把握. 第 57 回土木計画学研究発表会・講演集. 2018
- [6] 森本 哲郎, 白浜 勝太, 上善 恒雄. Wi-Fi パケットセンサを用いた人流・交通解析の手法