Wi-Fi アクセスポイントデータを活用した 中心市街地来訪者の行動分析

上地　安諄[1]・神谷　大介[2]・福田　大輔[3]

[1]学生会員　琉球大学大学院　理工学研究科（〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町字千原 1）
E-mail: k238671@eve.u-ryukyu.ac.jp

[2]正会員　琉球大学准教授　工学部（〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町字千原 1）
E-mail: d-kamiya@tec.u-ryukyu.ac.jp (Corresponding Author)

[3]正会員　東京大学大学院教授　工学系研究科（〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1）
E-mail: fukuda@civil.t.u-tokyo.ac.jp

居住人口の減少や渋滞問題，無秩序な都市機能の拡散により，我が国の地方都市の活力や賑わいが失われている．本研究の対象地域である那覇市中心市街地ではこれらに対しトランジットモールをはじめとした活性化施策を講じてきたが，人流のモニタリングによるその効果を定量的に評価する手法が構築されていなかった．

本研究では Wi-Fi アクセスポイントデータを活用し中心市街地来訪者のコロナ前後の国際通り来訪特性を整理した．その結果，滞在時間の減少やまちの賑わいエリアの変遷がみられ，行動特性を把握し，中心市街地内の人流モニタリング手法への適用できる示唆を得た．

Key Words: *City Center, Measures to revitalize city center, Migratory behavior, Wi-Fi access point data*

1. はじめに

近年，我が国の地方都市では人口減少や超高齢社会の到来による地域経済の縮小や消費活動の変化等により，地域の賑わいが減少している中心市街地が多く存在する．今後，少子高齢化の進展により更なる悪循環が加速する恐れがあることから，総務省は地域（自治体）が抱える課題を 7 分野に集約し，多様化する課題に対する地域・地方ごとの課題解決策として，自治体における ICT の活用が必要であると指摘している[注 1)]．また，国土交通省は中心市街地活性化ハンドブックを公表し，様々な都市機能がコンパクトに集約した，歩いて暮らせるまちづくりの推進を推奨している[注 2)]．

本研究の対象地域である那覇市中心市街地は，沖縄県の観光・商業の中心地であるとともに，歴史的・文化的な魅力あふれる地域資源が数多く存在し，多くの観光客を惹きつける沖縄県の「顔」と呼ばれる区域である[注 3)]．しかし，コロナ禍に入り入域観光客数が減少し，以前の賑わいが失われていると言われている．

中心市街地の活性化のためには，市街地の来訪者数の増加や市街地内での回遊行動を促進させるような施策を講じる必要がある．効果的な施策を講じ，その効果計測や評価を行うためには，中心市街地内の人の回遊行動データの取得と分析が有効である．しかし，**図-1** に示すように，2011 年の東日本大震災等の大規模災害や，2020 年の新型コロナウイルス感染症（以下，「コロナ」とする）等の感染症の流行といった外的な影響により人の行動は変化してしまう[注 4)]．そのため，継続的に人流をモニタ

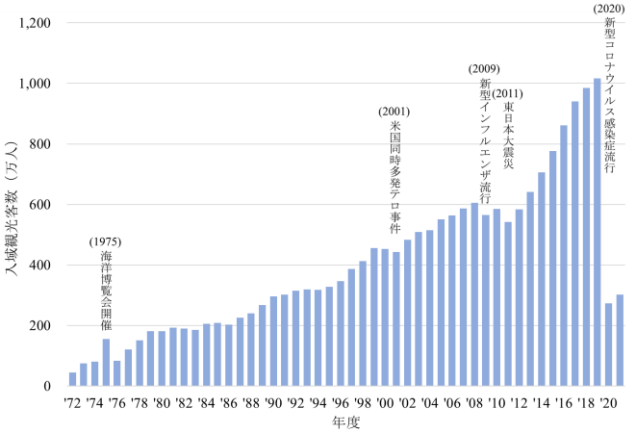


図-1　入域観光客数の推移[注 4)]

リングする体制・仕組みを構築することが重要である．

以上の認識の下，本研究では，中心市街地内の人流モニタリング手法の構築に向け，Wi-Fi アクセスポイントデータ（以下，「WAP」とする）を活用した人流分析により中心市街地来訪者の回遊行動の基礎的な特性を定量的に明らかにすることを目的とする．

具体的には，時間帯によって中心市街地来訪者の属性や行動特性は異なると考えられる．そこで時間帯別の滞在時間や市街地内の分布状況の経年変化を見ることで，コロナによる行動の変化や市街地の賑わいエリアを明らかにする．

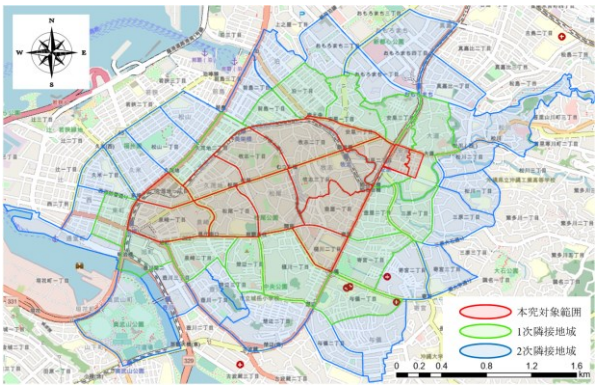


図-2　研究対象地域

2. 既往研究と本研究の位置づけ

(1) Wi-Fi パケットセンサを活用した中心市街地内の人流分析

これまで，Wi-Fi パケットセンサ（以下，「センサ」とする）を活用した人流分析は国内外において多くの研究論文が存在する．中心市街地内の人流分析を行った研究として，西堀ら [1]は，愛知県豊田市の中心市街地を対象に，センサを用いて経過時間，一週間の滞在パターン，滞在地点の組み合わせを分析し，コロナの影響と思われる人々の活動の変化を捉えており，感染防止対策や活性化施策の評価，検討に活用できる可能性を示している．また，著者ら [2]も那覇市中心市街地内においてセンサによる調査を実施しており，コロナ前後や中心市街地活性化施策の実施前後で比較を行い，回遊性の低下や滞在時間の短縮から，人々の行動に変化が生じていることを示している．

センサを活用した調査は安価で継続的に調査が可能であり，機器の設置が容易であるという特長がある．しかし，2020 年にリリースされた iOS14 や Android10 では，機器固有の値である MAC アドレスのランダム化が標準化しており，複数日にわたって同一 ID を観測し続けることが困難になっている[注5]．

(2) GPS データを活用した中心市街地内の人流分析

佐藤ら [3]は，熊本市市街地においてスマホ型回遊調査を実施し，カーネル密度法を利用した調査参加者の回遊行動圏を推定し，来街目的別，回遊出発地別に回遊行動圏を視覚化することで，熊本都心部における回遊特性の一部を明らかにしている．湯本ら [4]は，スマートフォンアプリ「Tripre」から得られた GPS データを活用し，個通手段や昼夜間別，コロナ前後における移動軌跡から行動圏の変化を明らかにし，コロナ禍によって行動圏が縮小していることを示している．

GPS を活用した調査は緯度経度を正確かつ高頻度で把握することが可能である点に優位性がある．見通しのいい屋外においてはデータ取得が容易であるが，地下や屋内でのデータ取得が困難という課題がある[注6]．

(3) 那覇市中心市街地内の人流モニタリング

那覇市中心市街地ではこれらの手法以外にも，人流のモニタリング調査を実施している．例えば，カメラ画像を用いた歩行者属性の分析結果とスマートフォンから取得される広域な人流データと組み合わせることで，歩行者交通量の推計を行っている[注7]．また那覇市は年に 1 回中心市街地内の複数地点において歩行者通行量を計測している[注8]．これらの手法においても機器の設置コストやプライバシー保護，調査人員の確保といった観点の課題が残っている．

(4) 本研究の位置づけ

沖縄県では国内外の観光客がいつでも沖縄の情報を集めることができ，また沖縄の魅力を世界中に発信できよう様に，民間事業者と協力して無料公衆無線 LAN「Be. Okinawa Free Wi-Fi [注9),注10)]」を整備している．沖縄県だけでなく全国チェーン店や各地方自治体・公共施設で提供している Free Wi-Fi データを活用した人流分析手法を構築することで，先述した課題をクリアするだけでなく，国外の観光客の回遊行動を把握することができる．

そこで本研究では，個人属性や屋内でも位置情報の取得が可能である WAP を用いて**図-2** に示す那覇市中心市街地を対象に，中心市街地の来訪者のデータを整理した．コロナ流行前後や属性・時間帯別に取得データの基礎情報を比較することで，中心市街地内の行動特性を明らかにする．中心市街地内の人流モニタリングにおいて WAP を用いた事例は少なく，市街地の様な狭域的な空間スケールでの適用可能性を検討していくとともに，本研究は WAP を活用した回遊行動を把握するための基礎的分析として位置づける．

3. 対象地域と使用データの概要

(1) 使用データの期間及び取得範囲

WAP は，個人が所有するスマートフォン及びユーザーの利用許諾を得たスマートフォンアプリから，予め設置された Free Wi-Fi 等のアクセスポイントへの接続情報を基にアプリ事業者が提供するデータであり，本研究では国際航業株式会社提供のものを用いる．ユーザー毎の施設及び Free Wi-Fi への接続履歴のデータが記録されており，日本のアプリケーションであるため，基本的に対象ユーザーは日本人とされる．データは 2019 年から 2021 年の 7 月～9 月の期間内に対象地域に 2 次隣接している町丁目境界内（**図-2** 内の青枠）で観測されたデータを使用した．なお，2020 年 8 月は沖縄県独自，2021 年は国の緊急事態宣言等の感染拡大防止策が発出されていた．

(2) データクレンジング及び属性情報の付与

中心市街地には観光客のみならず県民も訪れる．そこで，推定居住地情報を基に県内外の属性情報の付与を行った．データクレンジングフローを**図-3** に示し，期間・属性別 ID 数を**表-1** に示す．1 日あたりのデータ数と ID 数をみると，県民はコロナ前である 2019 年と比べ変化は少ないが，観光客はコロナ前の 3 割以下まで減少していたことがわかる．

4. 基礎分析結果

(1) 時間帯別 ID 数の取得率

2.で得られた ID の那覇市中心市街地内での行動特性を明らかにするため，まず時間帯別 ID 数の取得率（＝期間・時間帯別 ID 数／期間別 ID 数）を**図-4** に示す．図中の実線は県民を，点線は観光客を示している．これより，観測された ID 数はコロナ前より年々減少していたが，中心市街地への来訪時間はあまり変化していないことがわかる．県民，観光客ともに 17～18 時台でピークを迎え，20 時を過ぎた頃から取得率が低下していた．これらの時間帯においては，県民と観光客どちらも取得率は同程度であり，コロナに対する危機感からか 18 時以降は県民の減少率が大きくなっていることが明らかとなった．

ここで，来訪者の属性を考慮するため，4 つの時間帯（朝：6～10 時台，昼：11～16 時台，夜：17～22 時台，深夜：23～5 時台）を設定した．本稿では朝，昼，夜の 3 つの時間帯を分析対象とする．

(2) 時間帯・日別平均滞在時間

中心市街地内の賑わいを表す指標の一つとして，(1) で設定した時間帯別の中心市街地での日別滞在時間を算出した．ここで，ユーザー毎の 1 日の最後に観測された時刻と最初に観測された時刻の差を日別滞在時間として算出する．しかし，この場合では中心市街地に継続して

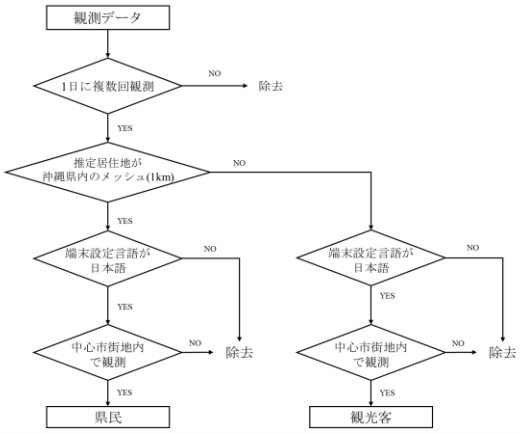


図-3 データクレンジングフロー

表-1 期間・属性別 ID 数

	県民		観光客	
	データ数	ID 数	データ数	ID 数
2019(92 日)	2,458,155 (26,719)	23,255 (250)	873,181 (9,491)	25,567 (277)
2020(92 日)	2,143,701 (23,301)	21,638 (235)	276,138 (3,001)	7,971 (86)
2021(92 日)	1,768,434 (19,222)	20,751 (225)	153,660 (1,670)	5,887 (63)

※()の数字は 1 日あたりの数を示している

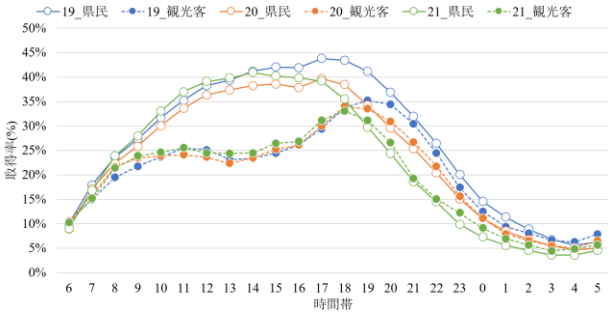


図-4 時間帯別 ID 数の取得率

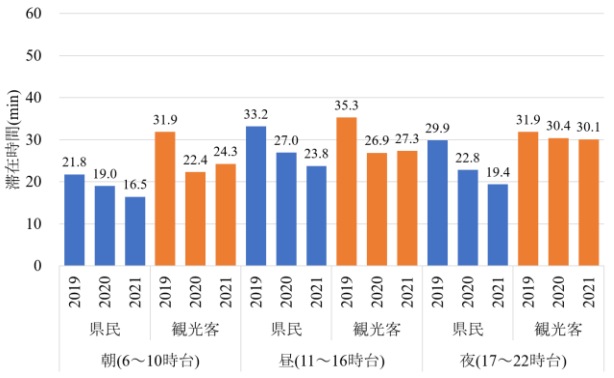


図-5 時間帯・日別平均滞在時間

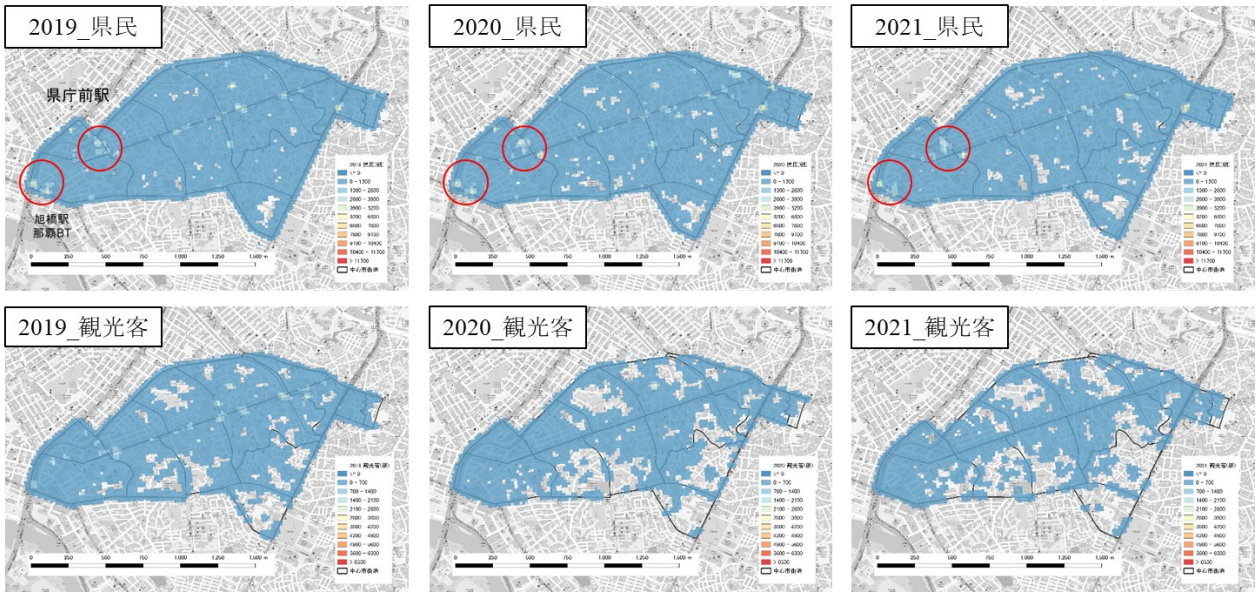


図-6　朝（6～10 時台）の 2 次元カーネル密度図

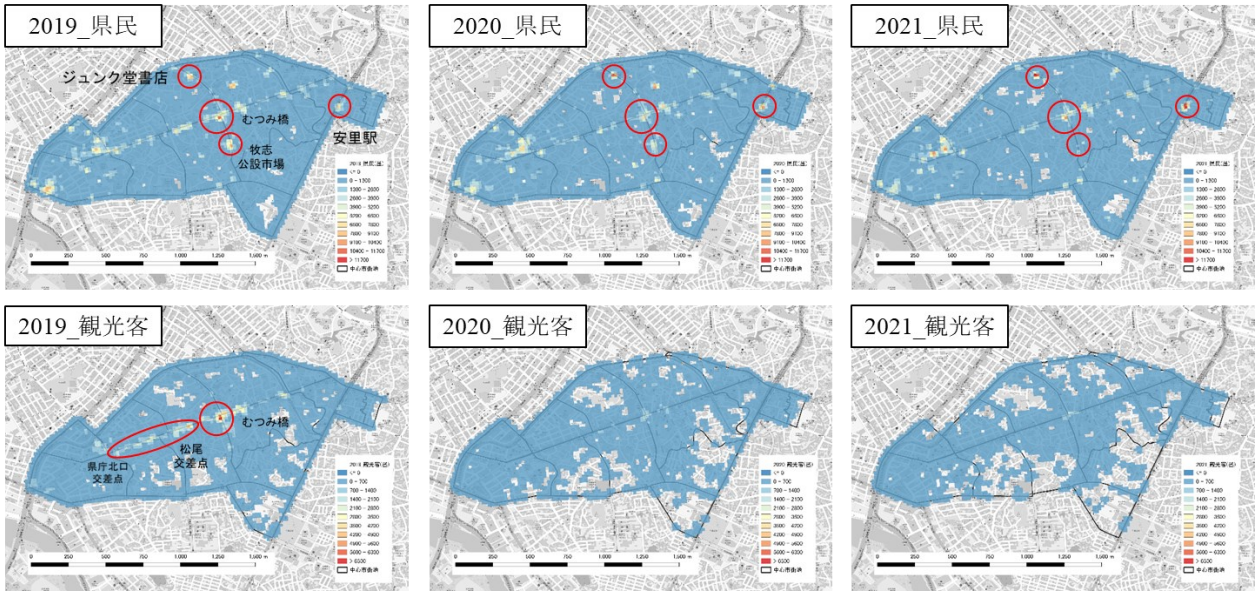


図-7　昼（11～16 時台）の 2 次元カーネル密度図

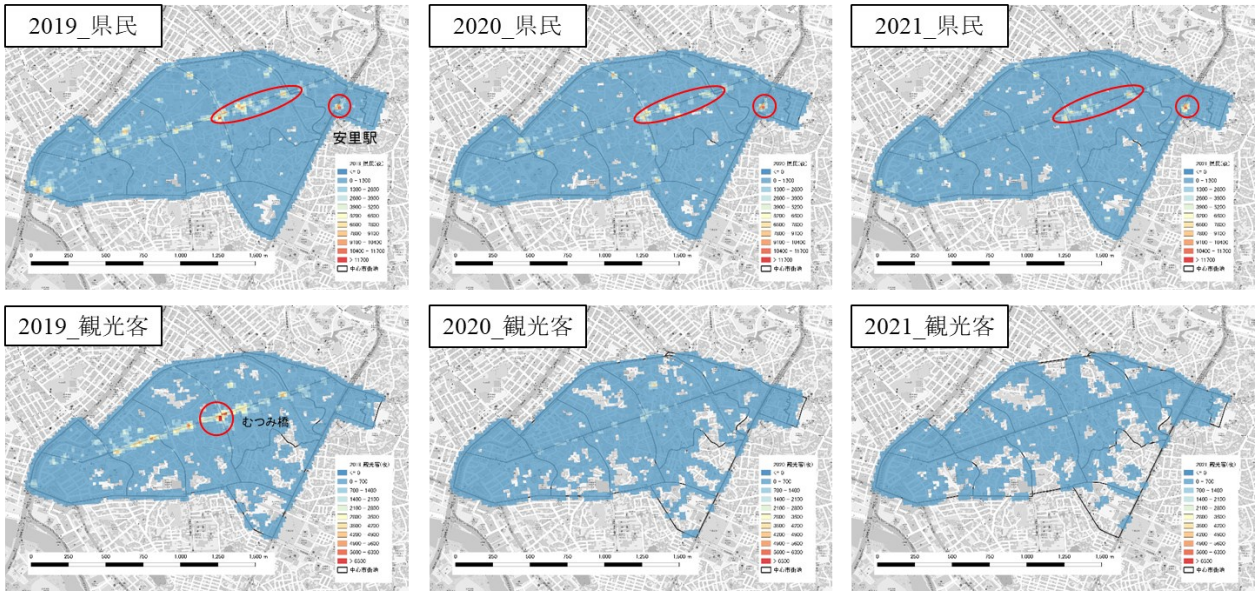


図-8　夜（17～22 時台）の 2 次元カーネル密度図

滞在しているIDと，中心市街地を通過しただけのIDを同じ滞在時間として算出してしまう可能性がある．そこで，滞在時間を過大評価しないためにも，中心市街地内でのデータ取得時刻の間隔に30分～180分の幅で閾値を設定した．例えば，閾値を 30 分に設定した時は，中心市街地で 30 分以上観測されなかった場合に，中心市街地の外に出たものとみなし，その超過分の時間を滞在時間から引いて算出する．この処理により，中心市街地のまち歩き時間の評価を行うことが可能となる．なお，本稿ではデータ取得間隔の閾値の条件が最も厳しい 30 分に設定して算出した．その結果を**図-5** に示す．

これより，どの時間帯においても観光客の方が長く滞在している傾向にあることが明らかとなった．期間毎に比較すると，県民はどの時間帯においても年々滞在時間が短縮傾向にあった．観光客はコロナの影響により2019年より短縮しているが，夜の時間帯を除き増加傾向にあった．これらのことから，コロナの影響により減少していた観光客は回復傾向にある一方で，県民の市街地離れが進展している可能性が示唆される．本指標を用いることで，市街地内の人々の滞在特性を把握することが可能となった．

(3) 時間帯別カーネル密度推定

観測点の分布状態から，全体の分布状態を面として推計する手法の一つであるカーネル密度推定法を用いて，時間帯別にカーネル密度図を作成した．本研究では，フリーのGISソフトである「QGIS」のヒートマッププラグインを用いて算出した．また，カーネル関数にはQGISのデフォルトである四次関数が用いられている．算出結果を**図-6,7,8** にそれぞれ示しその考察を以下にまとめる．

時間帯別にみると，まだ人通りの少ない朝の時間帯は中心市街地全体に広く分布しており，県民は就業地の多い「県庁前駅」や「那覇バスターミナル」付近に集中していた．県民，観光客ともに動いている昼の時間帯では，国際通り中心部である「むつみ橋」付近に集中していたが，2020年以降，観光客は広く分布していた．県民は「むつみ橋」や「牧志公設市場」等に集中しており，2019年と比較すると「ジュンク堂書店」や「安里駅」付近の密度が増加していた．これは，これらの地点付近に飲食店や宿泊施設が増加したことが理由として考えられる．夜の時間帯においては，「むつみ橋」より東側の通りの密度が他の地点より高いことから，国際通りの賑わいエリアが西側から東側へ移行している可能性が示唆された．

本分析により，那覇市中心市街地における人々の分布を可視化し比較を行うことで，新たに賑わいが生まれているエリアを明らかにし，中心市街地内の人々の行動の傾向を把握すること可能となった．

5. おわりに

(1) 本研究の成果

本研究では，持続的な中心市街地の活性化のための人流モニタリング手法を構築するため，WAPを用いた人流分析により中心市街地来訪者の基礎情報を整理してコロナ前後で比較を行った．

その結果，中心市街地で観測されたID数の取得率の差が小さかったことから，コロナが中心市街地内の行動に与える影響が小さかったこと，もしくはコロナに関係なく以前の状態から全く変化していない可能性が示唆された．また，県民のID数が観光客より多い一方で平均滞在時間が減少傾向にあったことから，これまでに指摘されていた県民の市街地離れの課題が進展している可能性が考えられる．ヒアリング調査では県民の数より観光客数の方が多いという認識であったが，県民は多く観測されるが観光客の方が長く滞在しているという現状が明らかとなった．

地域の現状を把握することは，観光振興施策や地域活性化のために効果的な施策を講じるために重要である．本手法により，市街地のような狭域的な空間スケールにおける人流を計測し，地域課題の発見や市街地内の行動を継続的にモニタリングする手法として適用可能であることを示すことができたと考える．

(2) 今後の課題

今後はこれらの分析結果に加え，Withコロナもしくは Beyondコロナにおける中心市街地の活性化に対し，トランジットモールや国際通りマルシェ等の活性化施策の効果を継続的にモニタリングしていく必要がある．また，カーネル密度推定のバンド幅を調整し，ロングテールの発掘を行う手法について検討していくとともに，年代毎の行動圏を算出することで，中心市街地内来訪者の行動特性を明らかにしていく．

また，同時期にセンサを用いた調査を那覇市中心市街地で実施している[2]ため，これらのデータを比較しながら，県民と観光客の市街地内での回遊行動の変化を明らかにしていく．

謝辞：本研究は JSPS 科研費 JP21K12483，JP22H00222，JP23H00197 の助成を受けたものです．ここに記して謝意を表する．

NOTES

注1) 総務省：自治体 CIO 育成地域研修教材，1-4 自治体全体の課題及び ICT システムの課題認識，https://www.soumu.go.jp/main_content/000567406.pdf，2017．（2023 年 1 月 1 日閲覧）

注2) 国土交通省都市局まちづくり推進課：2021（令和 3 年度）中心市街地活性化ハンドブック，https://www.mlit.go.jp/crd/index/handbook/2021/2021tyukatu_handbook.pdf，2021．（2022 年 10 月 24 日閲覧）
注3) 那覇市：国際通りトランジットモールビジョン（将来像），https://www.city.naha.okinawa.jp/admin/cityhall/sosiki/sosiki/bukyoku/keizaikankoubu/nahamati.files/houkokusyo_nahasikokusaidooritoran-njitto.pdf，2018．（2022 年 10 月 24 日閲覧）
注4) 沖縄県：令和 3 年度版観光要覧，https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/bunka-sports/kankoseisaku/kikaku/report/youran/r3kankouyouran.html,2023.（2023 年 08 月 24 日閲覧）
注5) NTTBP：進む MAC アドレスのランダム化．影響や切り替え方法をご紹介，https://www.ntt-bp.net/column/blog/2021/12/post-64.html，2021.（2021 年 3 月 1 日閲覧）
注6) 国土交通省都市局都市計画課都市計画調査室：総合都市交通体系調査におけるビッグデータ活用の手引き【第 1 版】，https://www.mlit.go.jp/common/001241230.pdf，2018．（2023 年 08 月 24 日閲覧）
注7) 国土交通省：PLATEAU by MLIT，異なるモニタリング技術の併用による人流解析，https://www.mlit.go.jp/plateau/use-case/uc20-006/，2021.（2023 年 09 月 20 日閲覧）
注8) 那覇市：那覇市中心商店街通行量調査報告書，2023.（2023 年 09 月 20 日閲覧）
注9) 沖縄県：Be. Okinawa Free Wi-Fi について，https://www.pref.okinawa.jp/site/bunka-sports/kankoshinko/okinawafreewifi_jigyou.html，2023．（2023 年 09 月 20 日閲覧）
注10) 沖縄 CLIP：Be.Okinawa，http://be.okinawa.free.wifi.okinawaclip.com/，（2023 年 09 月 20 日閲覧）

REFERENCES

1) 西堀泰英，加藤秀樹，嚴先鏞，豊木博泰，佐々木邦明：Wi-Fi パケットセンサーデータを用いたコロナ禍における中心市街地の人々の活動分析，交通工学論文集，Vol.8，No.2，pp.B_53-B_62，2022．[Nishihori, Y. Kato, H. Eom, S. Toyoki, H. and Sasaki, K.: Analysis for people's activities of city center in COVID-19 pandemic using Wi-Fi data, *Jarnal of Traffic Engineering*, Vol.8, No.2, pp.B_53-B_62, 2022.]
2) 上地安諄，神谷大介，山中亮，福田大輔，菅芳樹：那覇市中心市街地における来訪特性に関する基礎的分析-COVID-19 を考慮して-，土木計画学研究発表会・講演集，Vol.66，2022．[Uechi, A. Kamiya, D. Yamanaka, R. Fukuda, D. and Suga, Y.: ANALYSIS OF VISITATION CHARACTERISTICS IN THE CENTRAL AREA OF NAHA CITY -CONSIDERING COVID-19-, *Proceedings of Infrastructure Planning*, Vol,66, 2022.]
3) 佐藤貴大，円山琢也：スマホ・アプリ型回遊調査データによる熊本都心部回遊行動圏の分析，公益社団法人日本都市計画学会都市計画論文集，Vol.50，No.3，pp.345-351，2015．[Sato, T. and Maruyama, T.: Analyzing Visitors' Activity Area in Downtown Kumamoto using Smartphone-based Travel Survey Data, *Journal of the City Planning Institute of Japan*, Vol.50, No.3, 2015.]
4) 湯本耀大，出水瑛，藤生慎，高山純一：スマートフォンアプリを活用した市民の移動軌跡データを用いた行動圏域分析－金沢市中心市街地を対象として－，AI・データサイエンス論文集，Vol.2，No.J2，pp.272-283，2021．[Yumoto, Y. Demizu, A. Fujiu, M. and Takayama, J.: ANALYSIS OF SPHERE PF ACTION BY MOVEMENT LOCUS OF CITIZENS USING SMART PHONE APPLICATION -FORCUSED ON CENTRAL URBAN AREA IN KANAZAWA CITY-, *Intelligence, Informatics and Infrastructure*, Vol.2, No.J2, pp.272-283, 2021.]

(Received ?)
(Accepted ?)

ANALYSIS OF VISITOR BEHAVIOR IN THE CITY CENTER USING WI-FI ACCESS POINT DATA

Atsushi UECHI, Daisuke KAMIYA and Daisuke FUKUDA

Local cities in Japan are losing their vitality and liveliness due to a decrease in the residential population, traffic congestion, and unregulated proliferation of urban functions. In the city center area of Naha City, the target area of this study, transit malls and other revitalization measures have been implemented, but a method for quantitatively evaluating the effects of these measures by monitoring human flow has not been established.

This study utilizes Wi-Fi access point data to examine the characteristics of visits to Kokusai-dori before and after Corona by visitors to the city center. As a result, we found a decrease in the time spent in the area and a change in the bustling area of the town, suggesting that the behavioral characteristics can be grasped and applied to a monitoring method for the flow of people in the central city area.