

車両走行軌跡データを用いた回遊行動と 滞在目的地の特徴の記述的分析

井料 隆雅¹・神谷 大介²

¹正会員 東北大学大学院情報科学研究科 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-06)

E-mail: iryo@tohoku.ac.jp

²正会員 琉球大学工学部 (〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原 1 番地)

E-mail: d-kamiya@tec.u-ryukyu.ac.jp

観光客の観光行動を知るにはGPS(Global Positioning System)などの測位データによる移動軌跡を分析することが有用だが、その取得のための調査には費用もかかり規模にも限界がある。この問題を解決するには常時収集される観測データを活用することが有用である。近年、車両走行軌跡データを常時収集するシステムが国内では複数実用化されており、車両を用いる広域の観光であれば、そのようなデータによる観光客の回遊行動の分析も可能となろう。本稿では、沖縄県のレンタカーで取得された車両走行軌跡データを用い、観光客の回遊行動と滞在目的地の特徴を記述的に分析することを行なっている。回遊経路の形状を経路トポロジーとよばれる指標で評価し、目的地を車両走行軌跡から内生的に抽出し、いくつかの簡単な集計分析を行うことにより、分析対象データに含まれる回遊行動のいくつかの特徴を明らかにしている。

Key Words : *global positioning system, sightseeing, excursion behaviour, vehicle trajectory data*

1. はじめに

観光客の観光行動を知るためにGPS(Global Positioning System)などを用いた測位データを用いることは、GPSが普及するに従い多数の事例が報告されている。GPSによる交通行動調査は、1990年代にGPSが利用可能になった直後の2000年代から多く報告されるようになった¹⁾。これらの既存研究では特定の調査対象者に依頼して特定の日や限られた期間に少数のサンプルで調査を行うことが多く、調査の規模には限界があり、また社会実装として展開するには費用がかかりすぎるという問題もあった。

一方、最近では常時収集されるパッシブなデータ（いわゆるビッグデータ）を用いた観光行動の分析の事例も報告されている。そのような事例で比較的多く見られるのはソーシャルメディアにより収集された位置情報を利用するものである²⁾。特にスマートフォンのようなGPSを搭載した機器がここまで普及した状況を考えれば、位置情報を利用する観光行動調査は、パッシブデータの活用を前提としてその方法論を開発することが、その後の実用化を考えれば極めて重要になるといえよう。

常時観測データの収集可能性を追求するという意味では、旅行者個人から収集されるデータだけでなく、自動車から収集される車両の走行軌跡データの活用可能性

も検討するべきであろう。個々の旅行者が保持できるスマートフォンのような携帯可能なデバイスでは長時間の連続測位による電力消費が常に問題になるが、自動車であればその問題もない。自動車による移動を主とする観光エリアは国内には多数あり、そのような場所では、自動車の位置情報が追えれば、歩行者の移動軌跡が追えなくても、観光客の移動の状況は十分把握することができる。また、すでに日本国内では車両走行軌跡を常時収集するシステムが官民含めて複数実用化されており、データの入手可能に対する障壁も相対的には低いといえる。

本研究では沖縄本島にて訪日外国人が借用したレンタカーより許諾を得て取得した車両走行軌跡データを用いて、回遊行動のおよび回遊中に立ち寄った滞在目的地の特徴を複数の記述統計量を用いて抽出することを試みる。本研究では特に：

- (a) 経路トポロジーを用いた回遊行動の幾何的特徴の分析
- (b) 滞在点のクラスタリングによる目的地の抽出と特徴分析
- (c) 貸出ごとの目的地訪問状況の特徴分析

の3点を行う。(a)の経路トポロジーとは、出発地からある領域を回遊して出発地に戻る移動の幾何的特徴を抽出する指標であり、Asakura and Iryo³⁾で都市内の回遊行動分

析のために提案されたものである。時間方向の情報をほぼ捨象しており、目的地での滞在行動の特徴はなんら抽出できないが、回遊行動の空間的な網羅性の特徴を知ることができる。(b)では、車両走行軌跡データに移動滞在判別を適用し滞在点を抽出し、分析対象となるすべての車両のすべての滞在点を空間的にクラスタリング（近接する点どうしを1個のクラスターにまとめる）し、各クラスターを目的地をみなすことにより目的地を抽出しようとするものである。(c)ではそれぞれの観光客がレンタカーで訪問した目的地の特徴を、(b)の結果をベースに分析することを行う。

車両走行軌跡やそれに類するデータによるレンタカー利用者や沖縄県を対象にした観光客の行動については複数の事例が存在する。岸らは北海道を対象としてETC2.0データを活用したレンタカー観光行動分析を行なっている⁶⁾。この研究では、ETC2.0で個々の車両軌跡がどの程度正確に取得できているかの検証が行われている。この中で、ETC2.0データはITSスポットを長距離のあいだ通過しないことによる経路データの欠損があることが指摘されている。沖縄県の事例としてはWi-Fiパケットセンサーを用いて観光客の回遊行動を取得した事例がある⁷⁾。この研究では、Wi-Fiパケットセンサーを主要な観光施設や空港等に設置することにより、それらの施設の訪問状況や回遊状況を分析している。これらの先行事例では、ETC2.0データというパッシブデータの活用がなされているが、岸らの指摘のような車両軌跡データに欠測が発生するという問題点がある（この問題点については別の研究でも具体例とともに報告されている⁸⁾）。Wi-Fiパケットセンサーによる方法は、設置した施設等の訪問状況の調査には有利であるが、設置箇所以外の状況については全くわからないという問題がある。今回の研究では、この問題点を、レンタカーのカーナビゲーションシステムが収集するデータを用いることで解決している。

2. 分析対象データと前処理

本研究では沖縄本島にて訪日外国人が借用したレンタカーより許諾を得て取得した車両走行軌跡データを分析対象とする。データの収集期間は2018年4月から2019年3月の1年間である。対象としたレンタカーはOTSレンタカーの名称で営業しているものであり、そのデータはレンタカー運営会社である沖縄ツーリストグループ株式会社のグループ会社のOTSサービス経営研究所から入手している。車両軌跡データは、緯度経度と時刻の組み合わせの羅列で構成される。取得間隔は概ね一定であるが停止時には取得されない。車両走行軌跡データは車両が搭載するカーナビゲーションシステムがGPSにより取得し

蓄積したものをを用いる。各車両の車両走行軌跡データは、別途記録されたレンタカーの貸出返却時刻を用いて貸出ごとに分割される。本稿では1個1個の貸出をそのまま「貸出」と呼ぶ。レンタカーは必ずいずれかの支店で貸出ないし返却されるので、各貸出は、必ず、レンタカーの貸出支店から開始し、返却支店で終了する。これらの支店は那覇市街地および空港周辺に複数存在し、貸出ごとに異なる（貸出と返却の支店は時々異なる）。車両軌跡データによる貸出の開始終了場所が支店近傍にない、車両軌跡の欠測と、貸出返却記録の時刻が不正確であることが想定される。これらについては各ケースを個別にチェックして、できるだけ貸出返却時刻と位置が整合するように修正をしている。

データには複数の国または地域から沖縄に来訪した借受人による貸出が含まれているが、本研究では、借受人が貸出時に示す免許証が台湾において発行されたものだけを分析対象としている。台湾からの来訪客のみを分析対象とした理由は、他の国または地域に比してかなり多い数の借受数があったこと、また、今回は比較的単純な集計分析のみを行ううために、借受人の居住地のばらつきによる影響を除去したかったことの2点である。実際、沖縄を訪問する外国人観光客のうち、台湾からの割合は令和元年には32%となっており、国地域別では最も多い割合を占める⁹⁾。なお、今回のデータで他に多かった国または地域は韓国と香港であった。

車両軌跡データから滞在点を抽出するために、移動滞在判別を行う。移動滞在判別では、2つの観測点間の距離が1200m未満で時隔が15分以上のものを停止とあつかっている。貸出および返却支店は滞在点としては抽出していない。

3. 分析方法

(1) 経路トポロジーによる回遊行動の幾何的特徴の分析

経路トポロジーは、分析者が任意に設定する基準点の周辺を、起点から起点に戻る回遊行動の軌跡がどのように取り囲むか、その特徴により定義される。具体的には、基準点の周りを右回りに回った回数から、左回りに回った回数を引いたものとして定義される（図-1）。例えば基準点を右回りに1回だけ右に回れば1、1回だけ左に回れば-1、基準点を取り囲まなければ0である。経路トポロジーは起点から起点にもどる閉路を構成する移動軌跡に対してのみ定義される。今回はどの貸出も那覇市内にあるレンタカーの支店を起終点にするので、この条件は常に満たされる。貸出と返却の支店が異なる場合でも、そのずれはレンタカーによる移動距離に比べれば十分小さく無視できる。

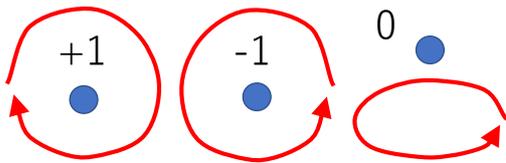


図-1 経路トポロジーの例。青丸：基準点、赤線：回遊経路（矢印方向に移動）



図-2 設置した基準点の位置

本研究では基準点を沖縄本島の6箇所に設定した（図-2）。基準点上を回遊経路が通過することは許容されないため、これらの点は道路や目的地となりうる場所が存在しないところに設定した。基本的に山頂に設定しているが、山がない中部と南部では、ダム湖やゴルフコース（GC）上に設定した。経路トポロジーは基準点ごとに計算されるので、各貸出の経路トポロジーは、成分が6個のベクトル（例えば $(0, 0, 1, -1, 0, 0)$ ）で記述される。以降ではこれを経路トポロジーベクトルと呼ぶ。

各貸出における経路トポロジーベクトルの出現状況を適宜集計することにより、分析対象貸出の回遊状況の特徴を記述する。経路トポロジーが0でないベクトルが多ければ、目的地への単純な往復ではなく空間的にらばる多数の目的地を訪問したことが推測され、結果として回遊性が高いと考えることができよう。このことを念頭に、例えば「経路トポロジーがすべて0である貸出は何件あるか」という視点を分析時には用いる。

(2) 滞在点クラスタリングによる目的地抽出と特徴分析

車両軌跡データの前処理で抽出される滞在点は、各車

両が停止ないし駐車した場所を直接反映するが、その座標が、その車両に乗っていた観光客が訪問した目的地に1対1に対応するものではない。一般に目的地は広さを持ち（特に駐車場は、本来の施設よりも広いことが多々ある）、また観測誤差も考慮すれば、同一の目的地の訪問が異なる滞在点を記録することはごく普通に起こりうる。あらかじめ一定のエリアを個々の目的地に紐付けることができれば、滞在点から目的地を特定することはもちろん可能である。しかしこの方法は、限られた数の著名な観光地であれば適用できるが、都市部から離れた飲食店や宿泊施設など、島内に多数ある小規模な目的地についてすべて対応するエリアを決定することは非常に手間がかかるし、どうしても漏れが生じてしまう。

本研究では、車両軌跡データから内生的に目的地を抽出する簡便な方法を提案する。この方法の考え方はいたって簡単で、一定のしきい値の距離に近接する滞在点をすべて同一のクラスターにまとめあげ、それを1つの目的地とみなす、というものである。具体的には、全貸出の全滞在点を対象に、階層クラスター分析を、ユークリッド距離（=2点間の直線距離）を用いた最短距離法により適用するだけである。クラスター間距離が一定のしきい値（今回は100mと設定した）となるところでクラスターを分割し、それぞれのクラスターの平均座標を計算してそれを各目的地の位置とする。各クラスターに所属する滞在点での滞在を、そのクラスターに対応する目的地を訪問したと見なす。

各クラスターに所属する滞在点の個数をその目的地の訪問数と呼ぶ。訪問数が多い目的地は、一般には人気のある目的地とみなすことができる。ただし、特に那覇市内のような都市部では、実態としての目的地が近接して存在するために、1個のクラスターが広域の多数の目的地を内包してしまうことがあり、実態として1個の目的地とみなすことが難しくなることには注意を要する。

目的地の特徴を滞在点のデータから抽出するために、各目的地の訪問数と滞在時間の特徴を分析する。訪問数については、地図上での可視化のほか、訪問数の出現頻度を分析する。滞在時間については、全体および訪問数が際立って多い目的地での分布を分析する。同一日における滞在と日をまたいだ滞在（=宿泊）では滞在時間の分布は異なることが当然予想される。訪問数および滞在時間の分析ではこの点も考慮する。以降では簡単のために、同一日における滞在を「昼間滞在」、日をまたいだ滞在を「夜間滞在」と名付ける。

(3) 貸出ごとの目的地訪問状況の特徴分析

貸出ごとの目的地訪問数や、訪問した目的地の訪問数が条件によりどのように異なるかを分析する。後者では、貸出日数と1日あたり訪問数の関係を見るほか、各貸出

で訪問した目的地のうち、訪問数が一定以上ある（＝一定以上の人気がある）目的地がどれだけあるかも見る。この分析は、人気がないマイナーな目的地をどのような観光客がより多く訪問しているかを見ることを目的としている。マイナーな目的地を多く回ることは、人気のある観光地の混雑緩和に寄与できるほか、観光客自身が観光地の魅力を発掘するなどの、観光行動の多様性の確保が進むことが期待できる。そのような観光行動がどのような場合に多いかがわかることは、観光振興の施策立案の参考となるであろう。

訪問数が10以上の目的地を対象に、各訪問地が貸出期間のどのタイミングで訪問されているかを計算し、それを地図上に可視化する。訪問タイミングは、「貸出時刻から訪問時刻までの経過時間」を「貸出から返却までの経過時間」で除したものと定義する。この値をそれぞれの目的地におけるすべての訪問について平均したものを、平均訪問タイミングと呼ぶ。この値が0に近ければ、その目的地は貸出期間の早い時期に訪問される傾向があり、1に近ければ、貸出期間の後の方で訪問される傾向があることになる。

4. 分析結果

(1) 車両軌跡データの基礎集計

対象期間における対象借受客（＝調査対象となって借受客のうち台湾からの来訪客）による貸出のうち、有効な滞在点を持つ車両軌跡が取得できた貸出件数は979件であった。

図-3に貸出日数の分布を示す。本研究では、貸出日数を、1日は24時間未満、2日は24時間以上48時間未満、以下同様となるように定義している。3日ないし4日の貸出期間が最も多い。1日の貸出もいくらか見られるが多くはない。6日以上は少ない。

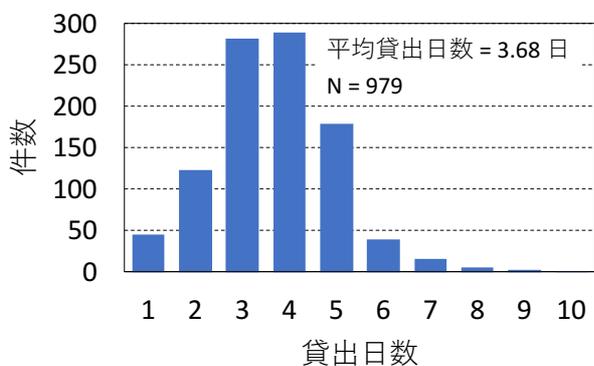


図-3 貸出日数の分布

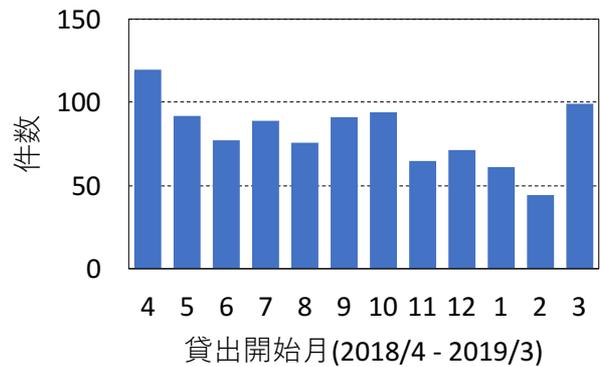


図-4 貸出月の分布

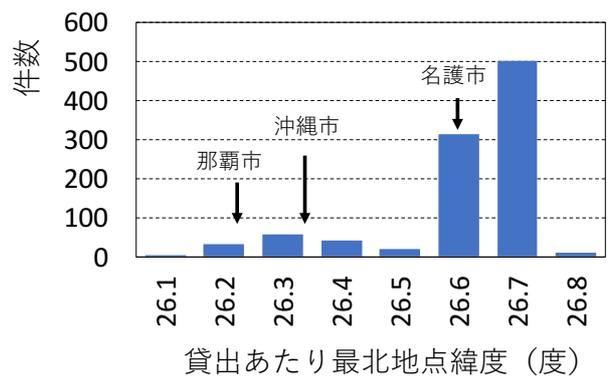


図-5 貸出ごとで到達した最北緯度の分布。矢印と都市名は、それぞれの都市の概略の位置を示す

図-4に貸出月の分布を示す。貸し出した日の属する月を元に集計している。ごく一部の貸出は2018/3末に開始している（それらの貸出期間の大半は2018/4中である）が、それらについては2018/4に含めてカウントしている。

図-5に、各貸出で記録された最北地点の緯度の分布を示す。沖縄本島は南北に長く、起点となる那覇市は南部に位置するため、この分布はおおざっぱな回遊範囲を示しているといえる。3分の2以上が沖縄本島北部最大の都市である名護市かそれ以北まで足を伸ばしており、相当の範囲を回遊していることがうかがえる。

(2) 経路トポロジーによる回遊行動の幾何的特徴の分析

表-1に、経路トポロジーベクトルの出現頻度を、頻度が高かった一部のものについて示す。貸出総数(979回)の3割程度のベクトルのすべての成分が0であることがわかる。それ以外を見ると、No.2（八重岳）を周回するものが比較的多いことがわかる。No.4とNo.5を周回するものも比較的多く見られる。これらは、例えば那覇市から名護市まで、往復で異なる経路（例えば行きは国道58号、帰りは沖縄自動車道）を通ると1または1になることに注意したい。No.1, 3, 6については、表に出ている17番目までの順位ではすべて0であり、これらを周回する回遊は少ないことがわかる。

表-1 経路トポロジーベクトルの出現頻度（頻度順に17位までを掲載）

出現順位	各基準点の経路トポロジーベクトル						出現数
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	
1	0	0	0	0	0	0	288
2	0	1	0	0	0	0	99
3	0	-1	0	0	0	0	76
4	0	0	0	0	-1	0	44
5	0	0	0	0	1	0	43
6	0	0	0	-1	0	0	38
7	0	0	0	-1	-1	0	33
8	0	0	0	1	1	0	33
9	0	0	0	1	0	0	33
10	0	1	0	-1	-1	0	29
11	0	1	0	-1	0	0	22
12	0	1	0	1	0	0	21
13	0	1	0	1	1	0	20
14	0	1	0	0	1	0	20
15	0	-1	0	-1	-1	0	19
16	0	-1	0	-1	0	0	17
17	0	-1	0	0	-1	0	17

表-2 基準点ごとの経路トポロジー出現数

経路トポロジー値	各基準点での出現頻度					
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
0	978	555	978	646	636	940
1	1	246	1	154	152	23
-1	0	172	0	176	181	16
その他	0	6	0	3	10	0

表-2に、基準点ごとの経路トポロジーの値の出現頻度を示す。表-1で見られる傾向がここでも確認できる。No.1とNo.3を周回する経路が1個ずつしかないのは、本島北部の東海岸側の道路事情が悪いことも原因であろう。No.6を周回する経路は存在するものの貸出全体の数パーセント程度であり、南部を周遊する経路をとる観光客は今回の分析対象については少ないことがわかる。なお、単純往復などの周回しない経路で南部の特定の目的地を訪問している観光客はここではカウントされないことに注意を要する。

図-6に、貸出日数と、経路トポロジーベクトルが全て0であった貸出の割合の関係をグラフで示す。貸出日数が増えると、経路トポロジーベクトルが全て0であった貸出の割合が減る傾向があることがわかる。経路トポロジーベクトルが全て0であることを、回遊性が低いことと考えるのであれば、この結果は、貸出日数が長いほど回遊性が高まる、と解釈することが可能であろう。6日目では多少増加し、7日目以降でまた減っているが、これらについてはサンプル数が少なく統計誤差が大きいことに注意する必要がある。

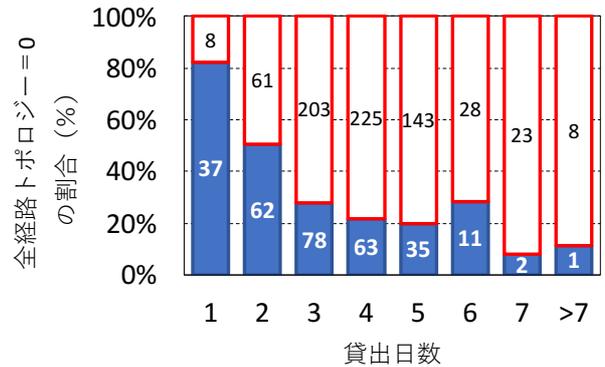


図-6 貸出日数ごとの、経路トポロジーベクトルが全て0であった貸出（青塗りつぶし）とそれ以外の貸出（赤枠）。

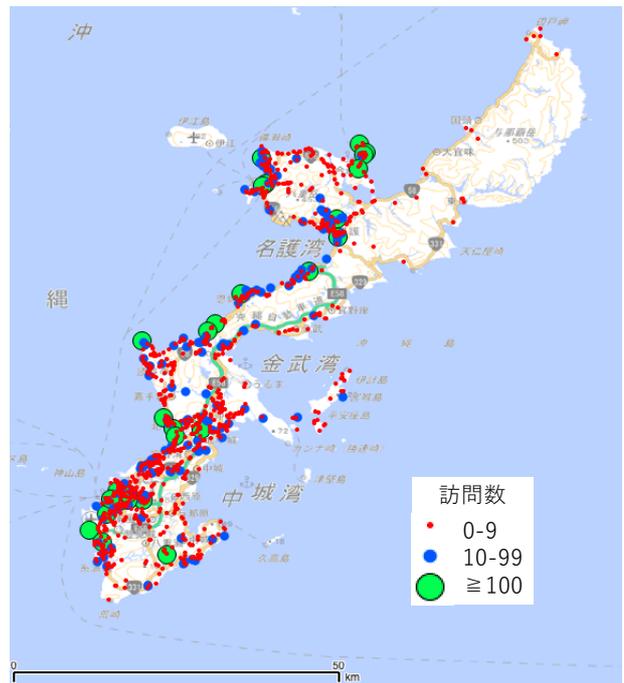


図-7 抽出された目的地の分布

(3) 滞在点クラスタリングによる目的地抽出と特徴分析

図-7に、抽出された目的地を地図上にプロットしたものを示す。訪問数の大小については、目的地の位置を示す円の色と大きさによって区別した。訪問数が大きい目的地は少数であり、訪問数が小さい目的地は多数であることがわかる。また、概ねの傾向として、島の西部に訪問数が多い、すなわち人気のある訪問地が集中する傾向があることもわかる。東側にもないわけではないが少数である。北部については、本部半島には、訪問数が多いものも含め多くの目的地が集中する。一方、さらに北部に位置する目的地は非常に少ない。

上述の「訪問数が大きい目的地は少数であり、訪問数が小さい目的地は多数である」関係を定量的に見るために、訪問数の分布を両対数グラフを用いて図-8と図-9に示した。このうち図-8は全訪問数を、図-9は昼間滞在の

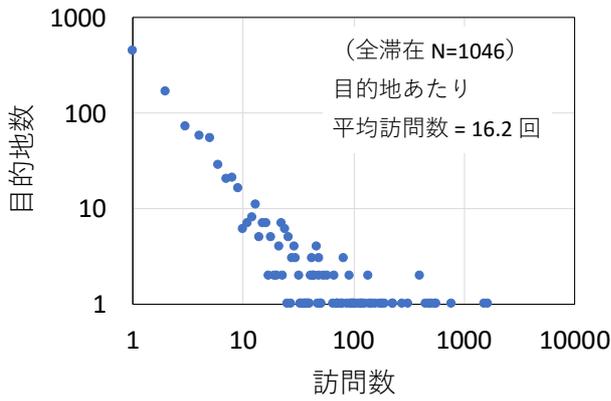


図-8 抽出された目的地の分布 (全滞在)

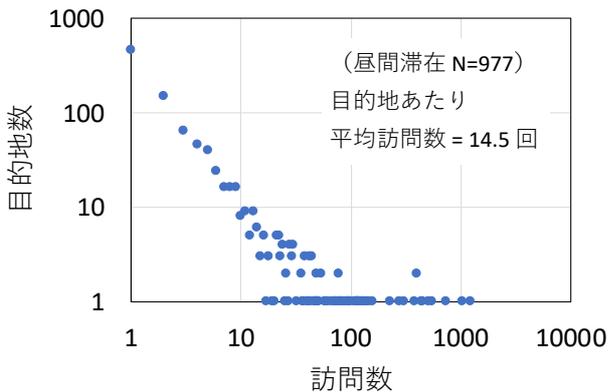


図-9 抽出された目的地の分布 (昼間滞在のみ)

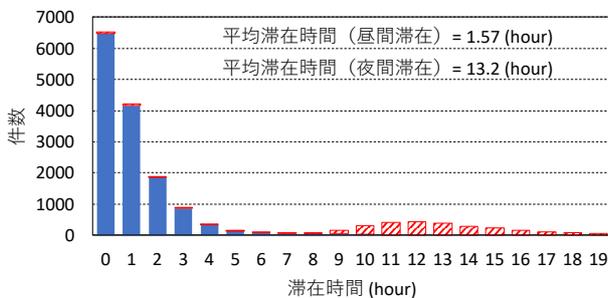


図-10 滞在時間分布 (全目的地を対象に集計)
(青塗りつぶし=昼間滞在, 赤斜線=夜間滞在)

訪問数のみを対象としている。両対数グラフ上において概ね直線の関係になることから、べき乗則が成り立つことがわかる。ただし訪問数が極めて大きい目的地についてはこの関係からやや外れている。

目的地における滞在時間について、すべての目的地を対象にその頻度を集計したものを図-10にグラフで示す。昼間滞在と夜間滞在について分けて集計し、異なる色の積み上げグラフで示している。昼間滞在と夜間滞在では全く異なる分布をしていることがわかる。昼間滞在は滞在時間が長くなるにつれ件数が減少する傾向がある。夜間滞在は概ね12時間を中心になだらかに分布する。昼間

滞在は観光地や飲食点等での短時間の滞在が主となる一方で、夜間滞在は宿泊を意味するので、一定の時間の滞在になることはごく自然であり、直感に反しない結果であるといえる。

個々の目的地での滞在時間の分布を見るために、特に訪問数の大きい

- 那覇市中心部 (中央) $N=1623$
- アメリカンビレッジ $N=1515$
- 沖縄美ら海水族館 $N=770$
- 那覇市中心部 (東部) $N=559$
- 沖縄アウトレットモールあしびなー $N=543$
- イオンモール沖縄ライカム $N=503$
- 那覇市中心部 (西部) $N=480$
- 古宇利ビーチ $N=446$

(N は訪問数) と対応すると見られる目的地について滞在時間の分布を見る。なお、上記の目的地のうち、那覇市中心部は、いずれも実質的には多数の大小の施設の集合で形成されており、アメリカンビレッジについては近隣の宿泊施設も含んでいる。

図-11と図-12に分布のグラフを示す。これら2つのグラフの差は、前者には一定の夜間滞在が含まれるが、後者には夜間滞在はほとんど含まれないところである。那覇市中心部に含まれる多数の施設の中には宿泊施設もあり、また、上述のようにアメリカンビレッジは近隣の宿泊施設も含む。これらの施設に宿泊した観光客の夜間滞在が分布に反映されていると考えられる。一方で後者については宿泊施設が含まれず、もっぱら昼間に訪問する観光客で占められていると考えられる。昼間の滞在時間分布は目的地により異なった特徴を見せる。図-12の4つの目的地に着目すると、古宇利ビーチ以外の3つは最頻値が1時間ないし2時間であり、一定の滞在時間を確保する訪問客が多いことがわかる。一方で古宇利ビーチは1時間未満の滞在で済ます訪問客が最も多い。前者3つが水族館見学や買い物など一定の時間を伴う活動をする施設である一方、後者は景色を楽しむだけであり、短時間で目的が達成できることがこの差異の原因であると考えられる。

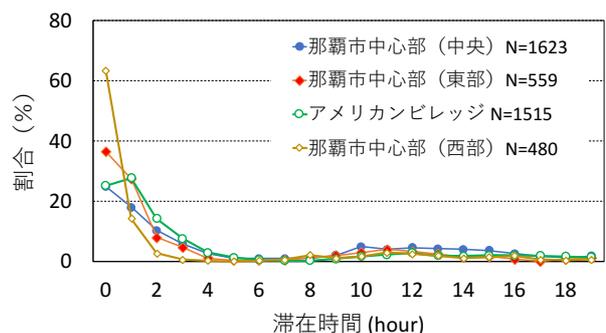


図-11 滞在時間分布 (訪問数が特に多い目的地: その1)

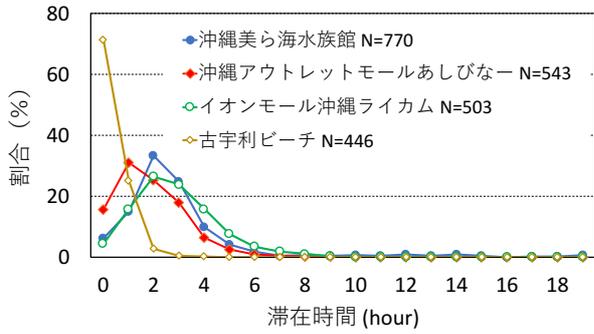


図-12 滞在時間分布 (訪問数が特に多い目的地: その2)

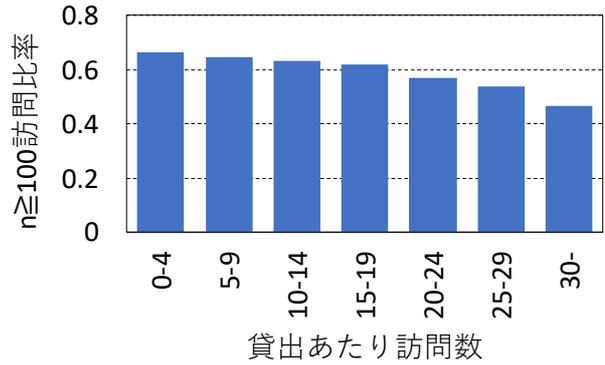


図-16 訪問数が100以上の目的地に訪問した回数の割合 (昼間滞在に限る)

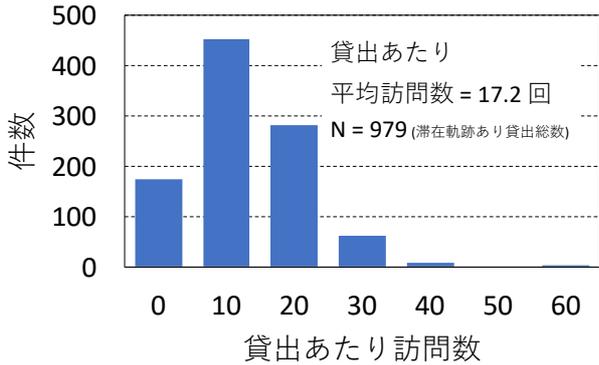


図-13 貸出ごとの目的地訪問回数

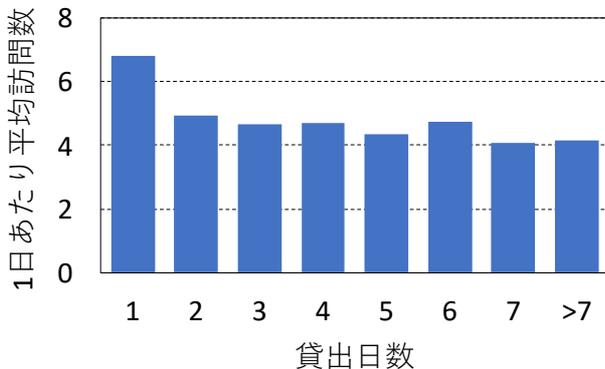


図-14 貸出日数ごとの1日あたり平均目的地訪問回数 (昼間滞在に限る)

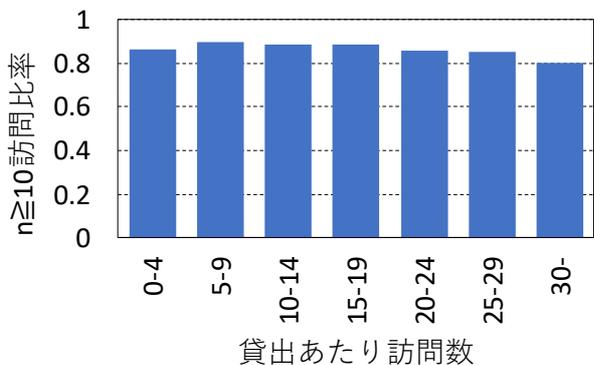


図-15 訪問数が10以上の目的地に訪問した回数の割合 (昼間滞在に限る)

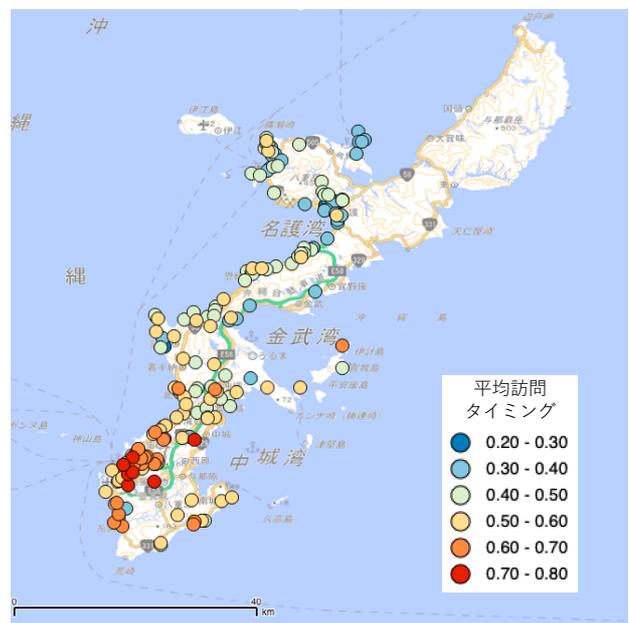


図-17 目的地ごとの平均訪問タイミング

(4) 貸出ごとの目的地訪問状況の特徴分析

図-13に貸出ごとの目的地訪問回数の分布を示す。概ね10~20個の目的地に訪問した貸出が多いことがわかる。

図-14に貸出日数ごとの1日あたり平均目的地訪問回数(昼間滞在に限る)の分布を示す。「1日あたり」の計算の際には、貸出日数ではなく、分単位で計算された貸出期間を分母としている。1日の貸出は、2日以上貸出に比べて目的地を多く訪問する傾向があることがわかる。

図-15と図-16に、それぞれ、訪問したすべての目的地のうち、訪問数が10または100以上の目的地に訪問した回数の割合を、貸出あたり訪問数ごとに集計した結果を示す。以下の結果はすべて昼間滞在のみを対象としている。訪問数が10以上の目的地を訪問する割合は、貸出あたり訪問数によらず概ね0.8強となっている。一方で、訪問数が100以上の目的地を訪問する割合は、貸出あたり訪問数が増えると減少する傾向がある。訪問数が100

以上の目的地は977個中25個しか存在しない。貸出あたり訪問数が多ければ、これら以外の目的地にも訪問する機会が増えるのはいたって自然であるといえよう。

図-17に、目的地ごとの平均訪問タイミングを地図上に可視化したものを示す。ここには訪問数が10以上の目的地のみが示されていることに注意したい。北部の本部半島近辺の目的地が早いタイミングで訪問される傾向があり、そこから南に下るにつれて遅いタイミングで訪問される傾向があることがわかる。この結果は、本部半島方面を訪問する多くの観光客が、レンタカーを借りたのちにまずは北上し、そこから目的地に訪問しつつ南下するような旅程をとる傾向があることを示唆している。

4. まとめと今後の課題

本研究では車両走行軌跡データを活用した観光回遊行動の分析を、回遊経路の幾何構造と滞在した目的地の特徴の2つの観点から記述的方法により分析した。前者の分析には経路トポロジーを用いた。後者の分析には、近接するレンタカー利用者の滞在点をクラスタリングすることにより、車両走行軌跡データから内性的に目的地を抽出することを試みた。

本研究の分析で得られた知見をまとめると以下のようになる：

- 提案手法で抽出された目的地の訪問数の分布はべき乗則に従う。すなわち、多数の観光客が訪問する少数の目的地と、少数の観光客が訪問する多数の目的地が存在する。
- 目的地での日を跨がない滞在時間の分布は目的地での活動内容の特性により異なる。
- 貸出日数が長いほど、経路トポロジーから見た回遊性が高い傾向がある。
- 貸出期間中の訪問数が多くなると、少ない訪問数の目的地（＝よりマイナーな目的地）を訪問するようになる。
- 貸出期間中に各訪問地を訪問するタイミングは、出発地から遠方にあるほうがより早くなる（すなわち、貸出期間の早い時期に訪問する）傾向がある。

前者2つの知見については、観光客が回遊中に訪問地として選択する可能性のある目的地の特性に関連する重要な情報となりうる。訪問数は目的地が観光客にどれだけ人気があるかを示すだろうし、滞在時間は、1日（あるいは貸出期間全体）の回遊行動全体のトリップチェーンをどう組むかの意思決定に大きく影響するだろう。後者3点については、それぞれの観光客が貸出期間全体の中で回遊行動全体のトリップチェーンをどう組むかの意思

決定のメカニズムを知るための重要な知見となりうる。

1点目と2点目は、貸出日数が長ければ自然に（すなわち、これらの特徴を直接説明する特段の行動原理を導入するまでもなく）生起する特徴であるかもしれない。一方で3点目は、いったん遠くまで移動するという直接的な行動特性を反映している、あるいは本部半島方面の目的地が主要目的地で最初に訪問したいと思っている、あるいは那覇付近の目的地は買い物など旅程の後半に適した訪問地である、など、複数の理由が考えられる。これらのいずれか（あるいは、いずれも）が要因であるかを知ることができれば、観光客の回遊行動計画のメカニズムを知ることにより近づけるかもしれない。

今後の課題を述べる。本研究で提案した目的地抽出手法は、観光客の実際の選択行動に依存するものであり、様々な理由により実際には訪問されていない目的地を抽出することはできない。この問題の改善のためには、観光客の目的地になりうる各種施設の位置情報を外生的に与えることが望ましい。ただそのような情報も、結局は誰かが実際に訪問することにより生成されていることも多いと考えられる。パッシブデータの活用という観点から見れば、とにかくサンプル数を増やし、マイナーな目的地も逃さず抽出するという力技も検討する価値はあるかもしれない。滞在位置のみに依存するクラスタリング手法は、地理的に近い異なる目的地を区別できないという欠点がある。また、車両走行軌跡データを用いる場合、滞在点は目的地そのものではなく駐車場であり、広大な駐車場がある施設に少ない訪問客がいる場合は、100mというしきい値では異なる目的地に分類されてしまうことが起きうる。これらの問題点は、クラスタリング手法の改善（特に滞在時間の情報の活用）やサンプル数の増加によって改善する可能性がある。また、各種施設の位置情報を外生的に与えてクラスタリングの助けとすることもあろう。駐車場の問題は車両走行軌跡データを用いる限り解決には一定の限界があり、その根本的な問題解決には人流データの活用が必要であろう。

本研究での分析は記述的手法にとどまっているが、効果的な政策立案のためには行動モデルを用いた分析が欠かせない。モデル構築の課題は数多くあるが、特に、マイナーなものを含む多数の目的地からどのように選択肢集合を作るのかという点は重要なポイントとなる。

謝辞：本研究は、国土交通省による道路政策の質の向上に資する技術研究開発「ETC2.0 データの活用と評価を通じた次世代 ETC の基本設計提案」の助成を受けて実施された。また、沖縄総合事務局をはじめとした地域道路経済戦略研究会沖縄地方研究会委員各位には協力を得た。特に、沖縄ツーリストには調査に協力して頂いた。レンタカーに関するデータの入手にはOTSサービス経営

研究所に、データの前処理には株式会社地域未来研究所に協力していただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) Shen, L. and Stopher, P. R.: Review of gps travel survey and gps data-processing methods, *Transport Reviews*, Vol.34, No.3, p.316–334, 2014.
- 2) Kádár, B.: Measuring tourist activities in cities using geotagged photography, *Tourism Geographies*, Vol.16, No.1, p.88–104, 2014.
- 3) Vu, H. Q., Li, G., Law, R., and Ye, B. H.: Exploring the travel behaviors of inbound tourists to hong kong using geotagged photos, *Tourism Management*, Vol.46, p.222–232, 2015.
- 4) Shao, H., Zhang, Y., and Li, W.: Extraction and analysis of city's tourism districts based on social media data, *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol.65, p.66–78, 2017.
- 5) Asakura, Y. and Iryo, T.: Analysis of tourist behaviour based on the tracking data collected using a mobile communication instrument, *Transportation Research Part A*, Vol.41, No.7, p.684–690, 2007.
- 6) 岸邦宏, 飯野靖文, 水野一男, 宮川香奈恵: レンタカー観光行動分析に対する ETC2.0 プローブデータ活用の可能性と課題, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 2017, Vol. 73, No. 5, p. I_609-I_619.
- 7) 田中謙大, 神谷大介, 福田大輔, 五百蔵夏穂, 柳沼秀樹, 菅芳樹, 山中亮: Wi-Fi パケットセンサーを用いた沖縄本島における観光周遊行動の実態把握, 知能と情報, 2019, Vol. 31, No. 6, p. 876-886.
- 8) 小山裕大, 坂井勝哉, 安田昌平, 井料隆雅: ETC2.0 車両軌跡データの品質検証のための実走行調査, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol. 57, 2018: 8 pages.
- 9) 文化観光スポーツ部 観光政策課, 令和元年(暦年)沖縄県入域観光客統計概況: https://www.pref.okinawa.jp/site/bunkasports/kankoseisaku/kikaku/statistics/tourists/documents/r1_reki_gaikyou.pdf, 2020/1. (2021/3/5 閲覧)

(2021.3.7 受付)

DESCRIPTIVE ANALYSIS OF PROPERTIES OF EXCURSION BEHAVIOUR AND DESTINATIONS USING VEHICLE TRAJECTORY DATA

Takamasa IRYO and Daisuke KAMIYA