

インフラのストック効果計測に向けた モバイル空間統計データの特性把握

嶋本 寛¹・黒江 真樹²

¹正会員 宮崎大学准教授 工学部社会環境システム工学科 (〒889-2192 宮崎市学園木花台西1-1)
E-mail:shimamoto@cc.miyazaki-u.ac.jp

²非会員 長崎県対馬振興局 道路部道路課 (〒817-8520 対馬市厳原宮谷224)

インフラのストック効果計測において調査データから需要推計を行っていたが、その精度や調査作業の面で多くの問題を抱えていた。近年は新たなデータが利用可能となり、広範囲、長期間にわたる流動把握が可能となった。本研究ではOD間の旅行費用とモバイル空間統計データから推計される自動車交通量の関係性について分析し、旅行費用法による道路のストック効果の推計に対するモバイル空間統計データの適用可能性について検討することを目的とし、山口県萩市と島根県浜田市を対象に分析を行った。具体的には、まず本研究で用いたモバイル空間統計データから自動車での来訪者のみを抽出した後に、メッシュごとの来訪者数および旅行費用について、発地の内訳に着目した分析を行い、道路インフラのストック効果計測を念頭に置いたデータの特性を把握した。

Key Words : stock effect, accessibility, attractiveness of the tourist facility, mobile spatial statistics

1. はじめに

全国における高速道路ネットワークの整備が進んでいるが、アカウントビリティの観点からも整備効果を評価する必要があるといえる。今後は、高速道路は地方部を中心に整備されていくが、特に地方部においては道路の建設により、観光客等の来訪者数が増加するという効果も期待されるため、そのストック効果を評価する際には旅客流動に着目することも重要であるといえる。

新規道路の開通効果に関する研究として、太田ら¹はETCデータや車両感知器データを用いて新名神高速道路の開通前後における交通量の変化と速達性、信頼性に着目したサービスレベルの変化の関係性について分析している。さらに山崎²らは、ETCデータを用いて新名神高速道路の開通前後における利用者行動の変化に着目した分析を行っている。特に地方部においては高速道路の開通にともないより遠方からの集客が見込めるなど、その効果は広範囲にわたることが期待されているものの、これらの研究は新規に開通した道路区間やその周辺地域における効果検証にとどまっているといえる。

一方、社会基盤整備プロジェクトの便益定量化手法の1つとして旅行費用法 (Travel Cost Method; TCM) があげられる。旅行費用法は、アメリカにおける国立公園の経済的価値を算出するための手法として開発されたものであり³、景観を含む環境質や娯楽施設、

その他「訪問する」動機付けがある価値を持った地を訪問する訪問者と訪問者が支払う旅行費用の関係から利用価値を評価する手法である⁴。大野ら⁵は、アンケート調査結果をもとに公園利用の需要関数を推定し、旅行費用法を用いて公園の親水化事業の便益を推計している。川除ら⁶は、木津川河川空間利用便益の推計を念頭に置き、個人旅行費用法により個人のオプション価値の信頼区間を推計している。大野ら³は地球温暖化による砂浜消失による経済評価を旅行費用法により行っている。また、菊池⁷は、公立図書館の新規建築事業にともなう便益の変化を旅行費用法により推計している。

このように、旅行費用法により様々な財や施設の価値を評価可能であるが、財や施設の需要を直接計測することは困難であるため、上記で述べた研究をはじめとする多くの旅行費用法による便益評価に関する研究において、アンケート調査結果等から需要関数を推計する必要があったが、近年においてはETC/ETC2.0やICカードの利用履歴データなど新たな交通データの利用が期待されている。また、NTTドコモが「モバイル空間統計」を開発しており、人の流動に関してもこれを用いることにより直接的に推計できることが期待されている。しかし、第2章で述べるように、モバイル空間統計データは携帯電話の位置情報データを、携帯電話台数と住民基本台帳の人口の比を用いて母集団に拡大したものであり、データ特性について検証が必要である。

モバイル空間統計データの特性検証に関する研究として、清家ら⁸⁾はモバイル空間統計データと既存の国勢調査人口、住民基本台帳人口、PT調査による滞留人口との比較を行い、モバイル空間統計データの時間帯別推計、人口属性別推計、居住地別推計については一定の信頼性が得られることを確認したものの、空間解像度に関しては特定の施設や狭い地区内での詳細な人口変動把握には向いていないことを指摘している。森尾ら⁹⁾、渋川ら¹⁰⁾も同様にモバイル空間統計データとPT調査による滞留・移動人口の比較を行っている。さらに、今井ら¹¹⁾はモバイル空間統計データとPT調査による交通手段分担率を組み合わせることで自動車OD交通量を推計し、道路交通センサスOD交通量と比較している。清家ら¹²⁾は、駅周辺の来街実態に関して、モバイル空間統計データとアンケートデータの比較を行っている。

以上のように、モバイル空間統計データに関する研究も蓄積されているが、都市圏内の流動把握に主眼を置いたものがほとんどである。一方、田中ら¹³⁾はモバイル空間統計データを用いて、主要観光地における国内旅行者の流入客数を確認し、観光地の特性比較を行っている。彼らの研究において、着地側の流入客数のみの分析にとどまっているが、インフラのストック効果を計測するためには発地の区別を行う必要があり、広域にわたるエリアにおけるOD間の流動を把握することが重要となる。

以上を踏まえ、本研究では、OD間の旅行費用とモバイル空間統計データから推計される自動車交通量の関係性について分析し、旅行費用法による道路のストック効果の推計に対するモバイル空間統計データの適用可能性について検討することを目的とする。本研究では、着地側の都市を中国地方において人口が類似しており、かつ高速道路の整備状況の異なる山口県萩市（2017年3月現在人口：4.9万人）と島根県浜田市（2017年3月現在人口：5.7万人）に絞って分析をすすめる。

2. データ概要および処理方法

本章では、本研究で用いるモバイル空間統計データの概要と、本研究の目的に合致するようなデータ前処理について説明する。

(1) モバイル空間統計データの概要

モバイル空間統計¹⁴⁾とは、ドコモの携帯電話ネットワークのしくみを使用して作成される人口の統計情報であり、日本全国における1時間単位の性別・年齢階層別、居住地域別、さらに訪日外国人の場合は国別の人口分布を把握することが可能である。本研究で用いるモバイル空間統計は、プライバシーを保護するために個人情報を除去する「非識別化処理」を施したのち、都道府県別・性別・年齢階層別にドコモの携帯電話台数と住民基本台帳人口の比をもとに母集団への拡大を行う「集計処理」を行い、さらに人口の少ないメッシュデータを除去、あるいは丸

め込みを行う「秘匿処理」の3段階の手順を経て作成されたものである。したがって、本研究で用いるデータからは個人を特定することは不可能である。

本研究で使用するデータの項目の詳細を表-1に示す。前述した手順を経て作成された1時間ごとの滞在人口から1時間ごとの人口流動が把握である。なお、起点情報は携帯電話の契約者が登録している市町村として記録されており、終点情報は当該時間における滞在場所を1kmメッシュ単位で記録されている。

なお、本研究で用いるデータは来訪者が同一メッシュに数時間滞在する際には複数回移動したように記録される点、および市町村境のメッシュにおいて隣接する市町村に居住する住民が当該市町村を訪問していないにも関わらず当該市町村への来訪者数として記録される点に必要な。

(2) データ処理方法

本研究は、インフラの中の特に道路のストック効果の計測を念頭に置いたものであり、本節では分析にあたりモバイル空間統計データから自動車による来訪者のみを抽出する方法を示す。

a) 当該市町村の出発地消去

図-1は、萩市の中心部に位置する1つのメッシュにおける1日あたりの来訪者数の分布である。分析対象データすべてを用いた平均値である「削除前」においては、深夜時間帯において約800人が1つのメッシュに滞在していることになるが、当該メッシュには800人が宿泊できる施設は存在しない。したがって、当該メッシュ居住者も来訪者数に含まれていると考えられる。一方、当該メッシュ居住者を削除した「削除後」に着目すると、深夜時間帯の平均来訪者数がほとんどいなくなり、他地域からの来訪者の実態に即していると考えられる。したがって、他地域から

表-1 分析データの概要

対象期間	2015年5月、8月、11月 (計92日間)
対象者	ドコモの携帯所有者
出発地情報	市町村単位
到着エリア	3次メッシュ単位 (山口県萩市、島根県浜田市)
総サンプル数	28,693,733

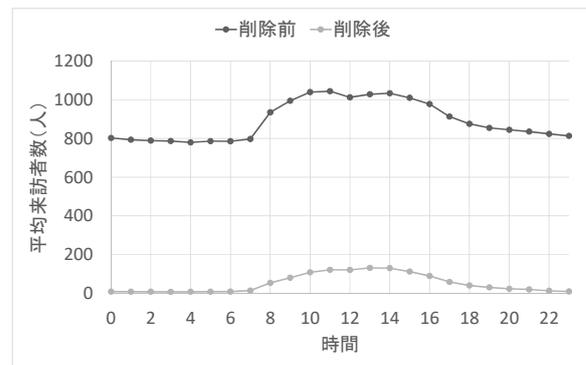


図-1 1時間ごとの来訪者の分布

の来訪者のみのデータを抽出するため、以下ではすべてのメッシュにおいて当該市町村を出発地とするデータを消去して分析を行う。

b) 自動車利用による来訪者の抽出

分析対象データにおいて来訪者数の発市町村の分布を見たところ、明らかに航空機等自動車以外の手段で来訪したであろう分析対象市町村から遠方にある少なくない市町村も出発地となっていた。したがって、自動車による来訪者数を簡易的に2010年に実施された幹線旅客流動調査結果¹⁵⁾における207生活圈間流動表から代表移動手段が乗用車である割合を算出し、a)で述べた処理を施したデータに乗じた人数として算定する。

(3) モバイル空間統計データの集計分析

本節では、分析対象地における来訪者特性を把握することを目的に、モバイル空間統計データの集計分析を行う。

a) 対象地域における観光施設の分布

まず、対象地域における観光施設の分布状況を把握するために、図-2に示すようなメッシュごとの観光施設の分布図を作成した。図中の点が観光施設を表しており、メッシュの濃淡は存在する観光施設数の多寡を表している。なお、観光施設は観光名所のみならず、宿泊施設や飲食施設も含んでおり、地図上に表示されているものから抽出した。図中の緑の二重丸が市役所であり、中心部を表していると考えられる。両市に共通して中心部に観光施設が多く、また萩市の方が浜田市より観光施設数が多いといえる。以下では、両市において観光施設数が最も多いメッシュに着目した分析を行うが、その際には萩市の該当するメッシュ(メッシュ番号51314391)をA、浜田市の該当するメッシュ(メッシュ番号52323151)をBと記す。

b) 月別・曜日別の来訪者数の分析

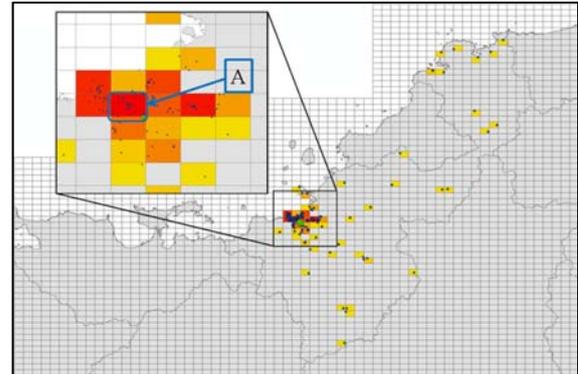
次に、分析対象地域全域における来訪者数の月別・曜日別による違いについて分析する。図-3にメッシュ A, B の月ごとの来訪者数の分布を示す。5月はGW、8月は夏休みなど比較的長期的な休日があるため、来訪者数が増加したと考えられる。また、メッシュ A (萩市) では8月の来訪者数が最も多いが、メッシュ B (浜田市) では5月の来訪者数が最も多くなっている。

図-4は、メッシュ A, B の曜日ごとの1日あたりの平均来訪者数の分布である。休日は祝日、土曜日、日曜日を集計したものである。メッシュ A は曜日間の来訪者数の差が少ないといえる。当該メッシュには歴史的な観光施設が多く、比較的高い年齢層の来訪者が多いためであると考えられる。一方、メッシュ B は平日の来訪者数は少ないが、休日の来訪者数が多いといえる。当該メッシュには水族館があり、学校や仕事のない休日に家族連れが集中して来訪するためであると考えられる。

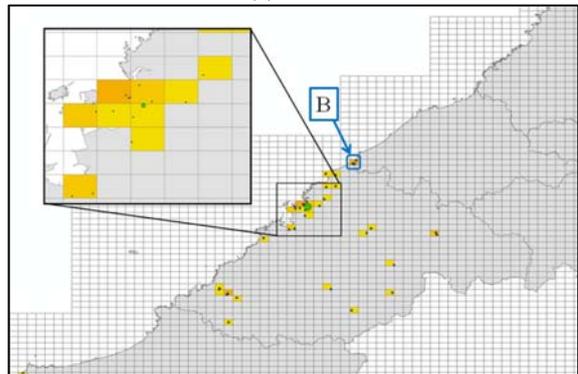
c) 発地・着地別来訪者数の分析

図-5は、分析対象全期間の3ヶ月間における来訪

者の発地分布である。萩市について見ると、栃木県から鹿児島県に渡る広範囲から来訪されているが、特に山口県内や隣接する市町村からの来訪者が非常に多いといえる。一方、浜田市について見ると、萩市と比べて遠距離からの来訪者は少ないが、中国地方全域から多くの来訪者を集めているといえる。



(a) 萩市



(b) 浜田市

図-2 メッシュ単位の観光施設の分布

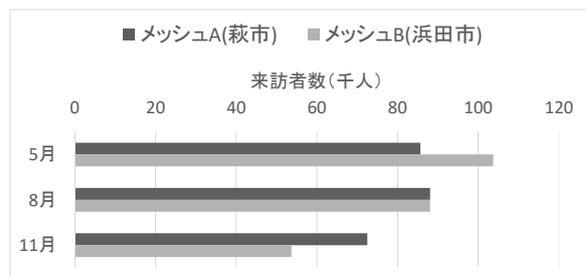


図-3 各メッシュの月別来訪者数

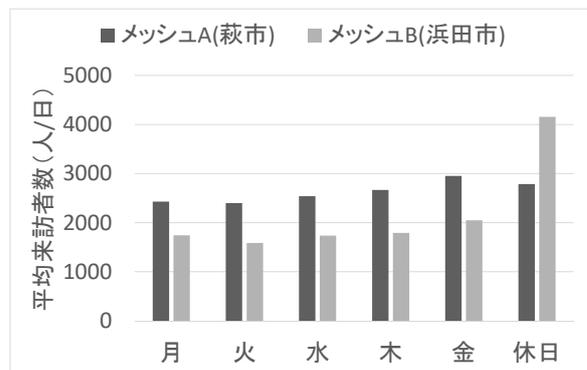
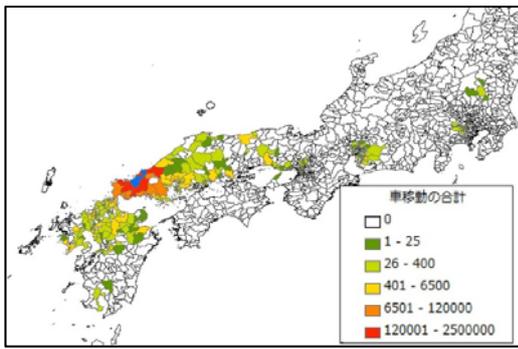
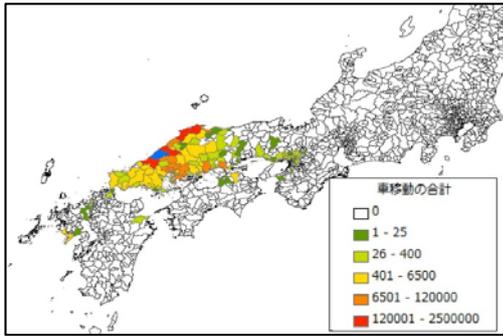


図-4 各メッシュの曜日別平均来訪者数

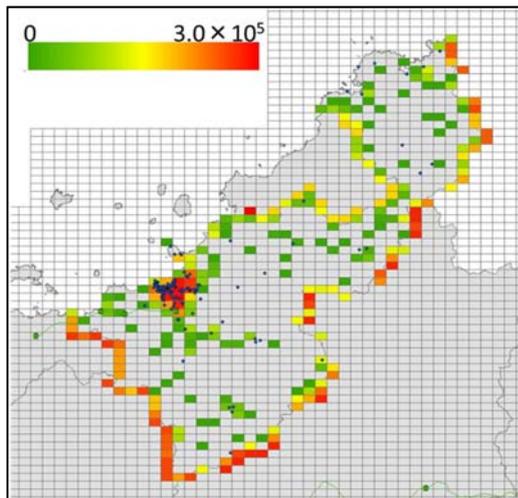


(a) 萩市

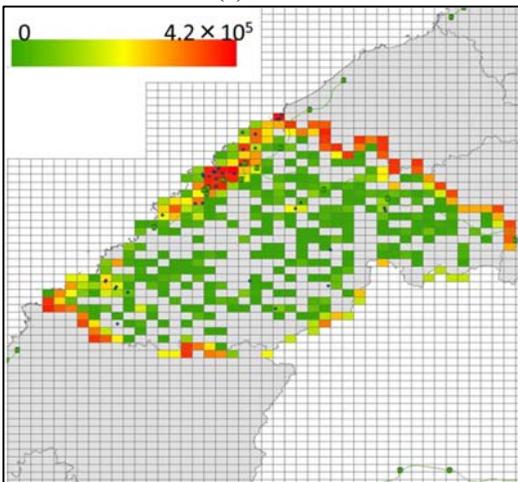


(b) 浜田市

図-5 来訪者の発地分布



(a) 萩市



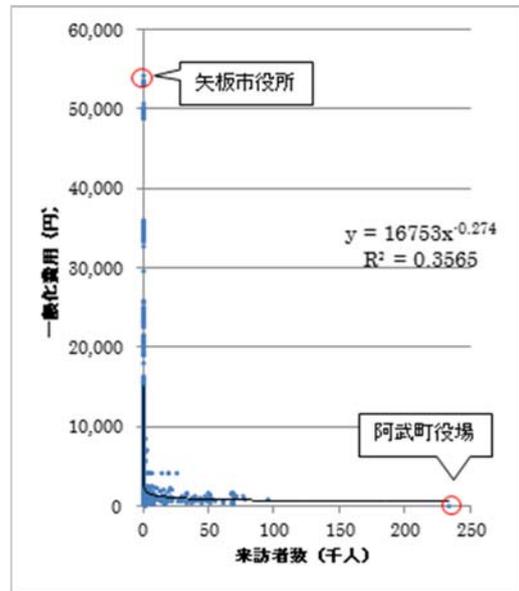
(b) 浜田市

図-6 来訪者の着地分布

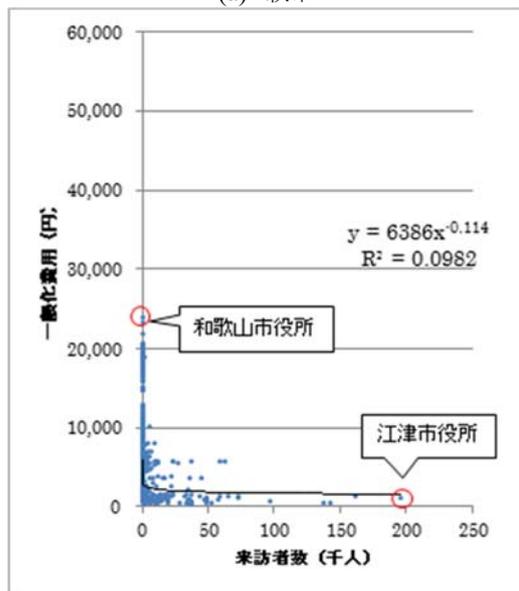
図-6は、分析対象全期間の3ヶ月間における来訪者の着地分布である。両市とも、中心部や観光施設のあるメッシュにおいて来訪者数が多い傾向にある。しかし、縁辺部においても来訪者数が多いといえる。これは、前述したようにデータの仕様上、隣接する市町村に居住する住民が当該市町村を訪問していないにも関わらず来訪者数として記録されているためであると考えられる。したがって、次章において各メッシュの総旅行費用の出発地別内訳について分析する。

3. 来訪者数と一般化費用の関係性分析

本章では、着地側のメッシュごとの前章で示した方法で算出した自動車による来訪者数と一般化費用の関係性について分析する。なお、旅行費用はNITAS⁶⁾において各市町村の役所を起点とし、また



(a) 萩市



(b) 浜田市

図-7 一般化費用と来訪者数の関係

旅客流動データの終点を3次メッシュ単位で指定して算出した。

a) 来訪者数と一般化費用の関係

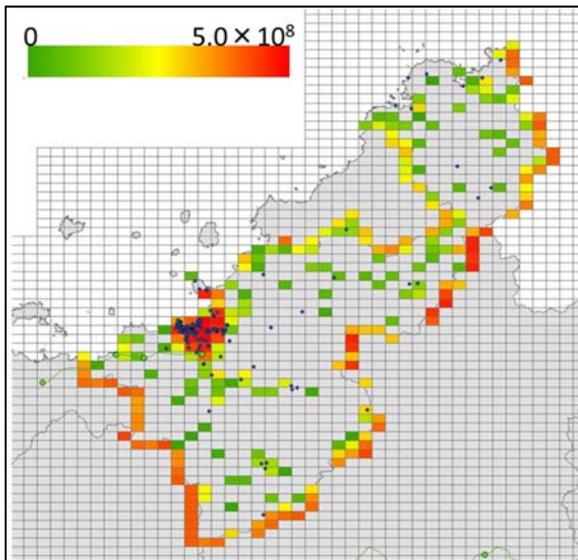
まず、図-7 に示す起終点間の来訪者数と一般化費用の散布図をもとに、両者の関係について分析する。

萩市は、少数ながら遠距離からの来訪者が存在するため、来訪者数が0付近において縦に長い分布となっている。また、指数分布への回帰分析を行ったところ、浜田市のR²値は萩市と比較して非常に低く、来訪者数と一般化費用の相関は弱いといえる。これは、前節で確認したように浜田市は中距離圏からの自動車による来訪者が多いことが影響していると考えられる。

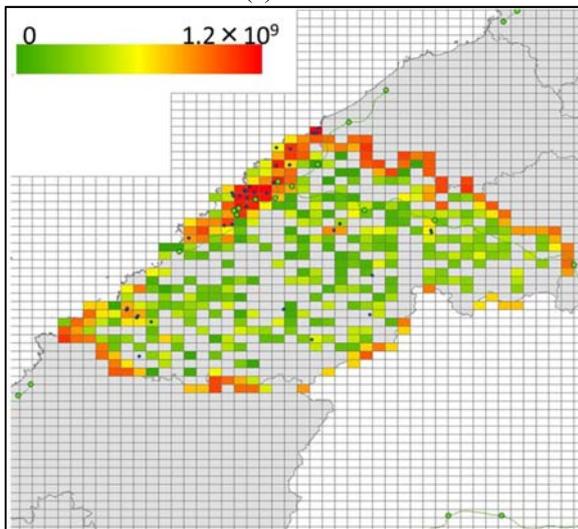
b) 総旅行費用の分析

図-8は、総旅行費用の着地分布である。図-6に示す来訪者数の着地分布と類似しており、また来訪者数と総旅行費用の相関係数は、萩市、浜田市について

それぞれ0.88, 0.95と非常に高いため、両者の相関が強いといえる。また、中心部と縁辺部ともにゾーン間の来訪者数と一般化費用の積である総旅行費用が大きいが、出発地ごとの来訪者数の内訳が異なると考えられる。そこで、着地側の各メッシュにおける総旅行費用の出発地別内訳を、多次元尺度構成法により2次元に縮約して視覚化した後、その結果をクラスター分析により着地側のメッシュの類型化を行った。なお、多次元尺度構成法による縮約を行わずに、総旅行費用の出発地別内訳をクラスター分析により類型化することも可能であるが、本研究で行った類型化では着地側のメッシュの出発地別内訳に関する総旅行費用の近接度を視覚的に確認することが可能である。詳細は省略するが、デンドログラムを参考に両市ともに着地側のメッシュを5つのクラスターに分割した。図-9に着地側のメッシュを2次元に縮約されたものをクラスターごとにおいて平面上にプロットした結果を示す。また、図-10にクラスターごとにおける1トリップあたりの一般化費用の構成割合を、図-11に萩市および浜田市における各クラスターの位置関係をそれぞれ示す。図-10において、クラスター4および5において一般化費用が高いメッシュ

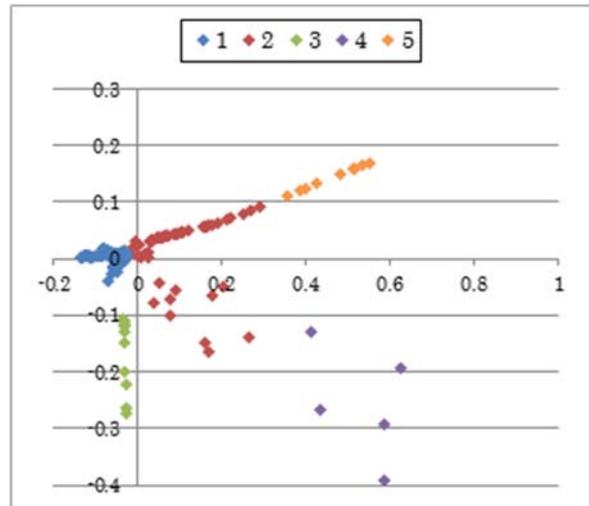


(a) 萩市

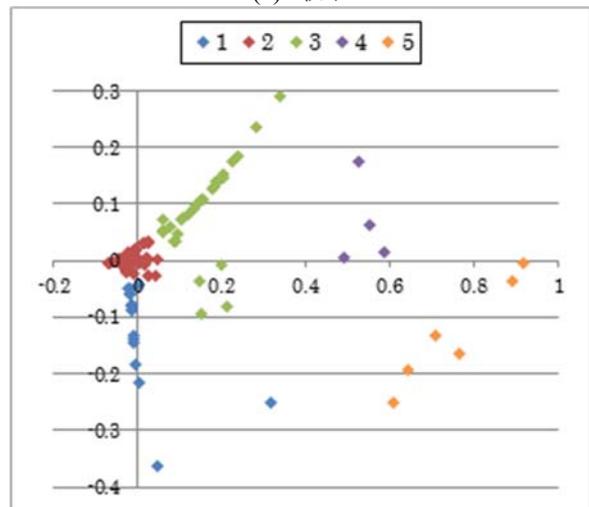


(b) 浜田市

図-8 総旅行費用の着地分布



(a) 萩市



(b) 浜田市

図-9 多次元尺度法とクラスター分析による分類結果

メッシュの割合が高いことから、図-9における横軸は「総旅行費用」と解釈できる。以下では、これらを参考に両市における各クラスターに属するメッシュの特徴について考察を加える。

a) 萩市

図-10において、クラスター4以外に属するメッシュへの来訪者の一般化費用が2,000円以下と小さな値をとっており、近隣地域からの来訪者が大部分を占めているといえる。図-11を見るとこれらのメッシュのほとんどは観光施設数が少ない縁辺部であり、来訪者のほとんどは外部からの観光等を目的とした者ではなく、近隣地域からの地元住民によるものであると推察される。したがって、道路のストック効果を計測するときには、当該メッシュへの集客量の取り扱いに注意が必要であるといえる。一方、クラスター4の来訪者の一般化費用は他のクラスターのそれより広く分布しており、多様な地域から来訪されているといえる。

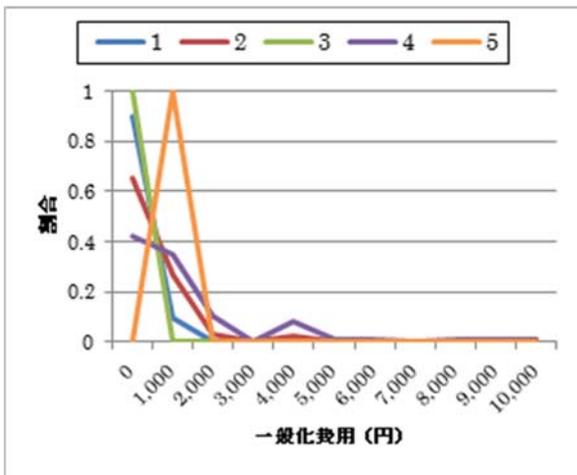
b) 浜田市

図-10において、クラスター1, 2および3に属するメッシュへの一般化費用が小さく、近隣地域からの来訪者が大部分を占めているといえる。図-11を見る

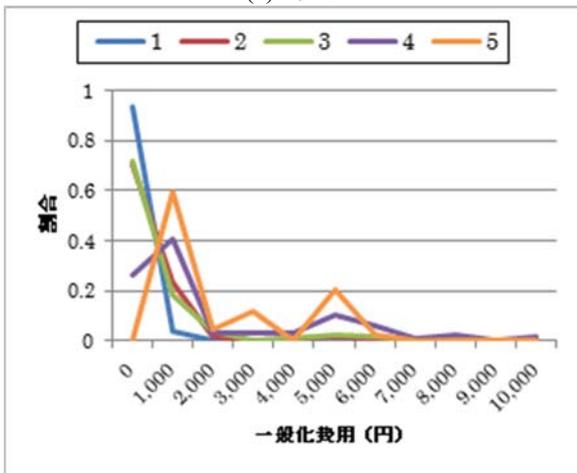
と、萩市と同様にこれらのメッシュのほとんどは観光施設数が少ない縁辺部であり、観光目的の来訪者が少ないと推察される。一方、クラスター4およびクラスター5の属するメッシュの一般化費用は比較的広く分布しており、これらのメッシュは比較的多様な地域から来訪されているといえる。特に、クラスター4に属するメッシュの一般化費用は1,000円以下の小さな値と5,000円以上の大きな値の両方の占める割合が高く、これらのメッシュは近隣地域からの来訪者と比較的遠方からの来訪者が混在しているといえる。また、図-11を見ると、クラスター5に属するメッシュは中心部に多く存在しており、またクラスター4に属するメッシュの多くは中心部を囲むように位置しているといえる。

なお、浜田市において観光施設数が最も多く、主要な観光施設（水族館）を有するメッシュBは、中心部が含まれるクラスター5ではなくクラスター4に分類された。したがって、当該メッシュは観光施設を有するメッシュとして多様な地域からの来訪者が存在すると同時に、縁辺部に位置するために近隣地域からの地元住民による来訪者も混在していると推察される。

以上のように、総旅行費用の発地別の内訳を分析することにより、着地側メッシュごとの来訪者の発地分布の特徴を掴むことができる。そして、居住者を含む近隣地域からの地元住民が来訪者として混在しているメッシュも確認されたが、道路インフラのストック効果の計測にあたり、居住者および

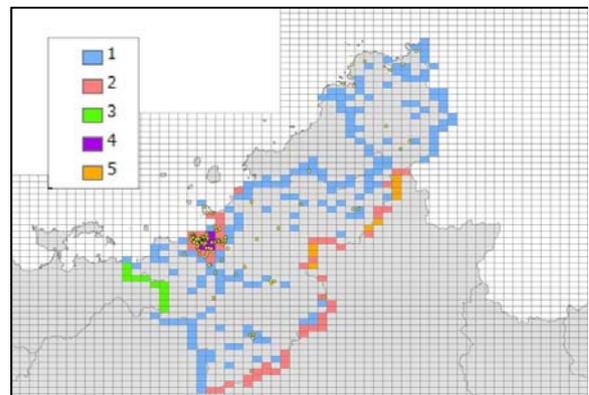


(a) 萩市

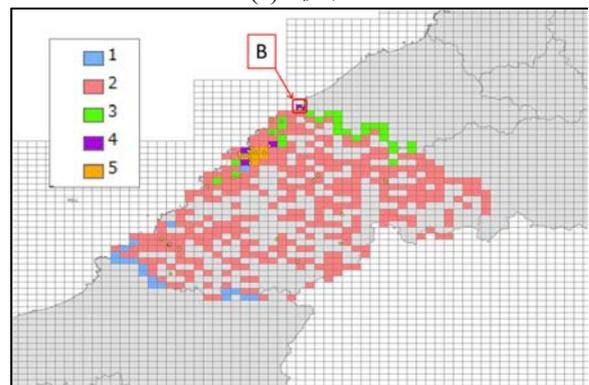


(b) 浜田市

図-10 クラスターごとの一般化費用別来訪者数の構成割合



(a) 萩市



(b) 浜田市

図-11 クラスター分布

地元住民の集客量の取り扱いについて検討が必要であるといえる。

4. まとめ

本研究では、主に道路インフラのストック効果の計測を念頭に置き、中国地方の萩市、浜田市を例にとりモバイル空間統計データの特性を把握した。まず、本研究で用いたモバイル空間統計データに分析対象地域の居住者や自動車以外による来訪者が含まれていることを明らかにした上で、これらを取り除き自動車による来訪者のみを簡易的に抽出する方法を示した。その上で、集計分析により分析対象地域における来訪者特性を把握した後、着地側のメッシュごとの自動車による来訪者数と一般化費用の関係について分析した。その結果、総旅行費用は観光施設の多い中心部と市町村境に位置する縁辺部のメッシュにおいて高い傾向にあることがわかった。さらに、総旅行費用の高いメッシュにおいてもその発地別の内訳に着目すると、i) 比較的遠方からの来訪者が大部分を占めるメッシュ、ii) 当該メッシュの居住者を含む近隣地域からの来訪者が大部分を占めるメッシュ、iii) 比較的遠方からの来訪者と近隣地区からの来訪者が混在するメッシュ、の3パターンに分類できることがわかった。

今後の課題として、道路のストック効果の計測を行うにあたり分析対象データに当該メッシュの居住者を含む近隣地域からの来訪者の取り扱いについて検討する必要がある。その上で、本研究で検討したデータを用いて分析対象地域の道路のストック効果を計測する余地があるといえる。

謝辞：本研究は、国土交通省道路局「道路政策の質の向上に資する技術研究開発（課題名：複数のデータを活用した道路ストック効果の計測技術の再構築、研究代表者：塚井誠人 広島大学准教授）」により実施した内容の一部である。

参考文献

- 1) 太田修平, 山崎浩気, 宇野伸宏, 塩見康博: ETCデータを用いた所要時間信頼性に基づく新規高速道路供用効果分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.39, CD-ROM, 2009.
- 2) 山崎浩気, 宇野伸宏, 塩見康博, 太田修平, 倉内文孝: ETCカード利用者の行動変化に着目した新規路線供用効果分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.39, CD-ROM, 2009.

- 3) 大野栄治, 林山泰久, 森杉壽芳, 野原克仁: 地球温暖化による砂浜消失の経済評価: 旅行費用法によるアプローチ, 地球環境, Vol.14, No.2, 291-297, 2009
- 4) 国土交通省国土技術政策総合研究所: 効率的で透明性の高い公共事業を目指して - 外部経済評価の解説(案) -, 第2編, 第4章
- 5) 大野栄治, 田苗創基, 高木朗義: 新しい旅行費用法を用いた公園整備事業の便益評価, 土木計画学研究・論文集, No.13, 401-408, 1996
- 6) 川除隆広, 多々納裕一, 岡田憲夫: 個人旅行費用法を用いた木津川河川空間利用便益のリスク評価, 土木学会研究・論文集, Vol.19, No.2, 283-289, 2002
- 7) 菊池信輝: トラベルコスト法を用いた公立図書館の便益計測とその検証 - 岩手県立図書館の移転新築事業を事例として -, 総合政策, Vol. 9, No.1, pp.69-83, 2007.
- 8) 清家剛, 三牧浩也, 原裕介, 小田原亨, 永田智大, 寺田雅之: まちづくり分野におけるモバイル空間統計の活用可能性に係る研究, 日本都市計画学会都市計画論文集, No.46-3, pp.451-456, 2011.
- 9) 森尾淳, 牧村和彦, 山口高康, 池田大造, 西野仁, 藤岡啓太郎, 今井龍一: 東京都市圏におけるモバイル空間統計とパーソントリップ調査の比較分析 - 都市交通分野への適用に向けて - 土木計画学研究・講演集, Vol.52, CD-ROM, 2015.
- 10) 渋川剛史, 森本章倫, 池田大造, 山下伸, 吉田幸平: 人口流動統計データによるPT調査の小サンプルデータの補完に関する一考察, 土木計画学研究・講演集, Vol.53, CD-ROM, 2016.
- 11) 今井龍一, 池田大造, 永田智大, 福手亜弥, 金田穂高, 重高浩一, 鳥海大輔, 廣川和季: 携帯電話網の運用データを用いた人口流動統計から算出した自動車OD量と道路交通センサスとの比較分析 - 道路交通分野へのモバイル空間統計の適用可能性 -, 土木計画学研究・講演集, Vol.53, CD-ROM, 2016.
- 12) 清家剛, 三牧浩也, 森田祥子: モバイル空間統計を活用した都市拠点地区の人口特性分析に係る研究, 日本建築学会計画系論文集, Vol.80, No.713, 1625-1633, 2015.
- 13) 田中敦士, 岡本直久, 鈴木俊博, 浅野礼子, 白川洋司: 人口分布統計データを活用した観光地の特性把握, 土木計画学研究・講演集, Vol.54, CD-ROM, 2016.
- 14) (株)NTTドコモ: モバイル空間統計ガイドライン, https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile_spatial_statistics/guideline/ (2017.4アクセス)
- 15) 国土交通省: 全国幹線旅客流動調査について, http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogoseisaku_soukou_fr_000016.html (2017.4アクセス)
- 16) 国土交通省: 総合交通分析システム (NITAS), http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogoseisaku_soukou_fr_000021.html (2017.4アクセス)
(2017.4.28受付)

CHARACTERIZATION OF MOBILE SPATIAL STATISTICS DATE FOR MEASURING THE STOCK EFFECT OF INFRASTRUCTURES

Hiroshi SHIMAMOTO and Masaki KUROE