

第Ⅱ部 石岡市におけるGPSログデータを用いたホットスポット分析

村上暁信

1章 石岡市におけるデジタルツインの試行の概要

「歴史的景観及び里山景観の保存・活用に向けた調査」の一環として、2022年度に「地域景観を通じた記憶のデジタル・アーカイブ」と「GPSログデータを用いたホットスポット分析」の2つの課題に取り組んだ。

1-1 地域景観を通じた記憶のデジタル・アーカイブ

デジタル・アーカイブの作成については前年度までの取り組みの深化に取り組んだ。コミュニティ意識は、年代は違っていても地域の同じ景色を見てきたことや、同じ小学校に通ったことなど、世代を超えた「共通の体験」やその際の「共通の記憶」を核にして醸成されるといえる。さらに、それら経験や記憶の多くは「場」と結びついて形作られる。現在は各所で地方創生が求められているが、地域を再生し、さらに活性化していくためにはまず地域の人々が地域に対して誇りと愛着を持つ必要がある。そのためにも地域への愛着の出発点にもなるコミュニティ意識の醸成が、石岡市の将来の発展のためにも重要な意義を持つといえる。以上の理解のもとに、過去の景観の再現と、再現された場と紐付けられた記憶の再生、共有に取り組んだ。具体的には旧石岡市中心部を対象にして、仮想空間上でのかつての景観の再現（VR化）に取り組んだ。その際に住民へのヒアリングを重ねて記憶を記録することで、日常景観の中での重要な要素や、場と生活との関係を考察し、今後の景観保全のあり方、コミュニティ継承の方法を検討した。本取り組みでは、これまでに筆者らが開発した景観シミュレーション手法を用いてかつての景観を精緻に再現し、生活と場の関係を分析するとともに、場と結び付けられた記憶を地域住民の中に蘇らせ、さらに次代へ継承する方法を開発することを目的としている。具体的には石岡市の看板建築が多く残る地区を対象にして以下の3段階に分けて研究に取り組んだ。

- ① 文献資料や残っている写真資料、古くからの外観を維持している家屋等の調査を実施し、かつての景観の精緻な再現モデルを作成する。
- ② 再現モデルを住民の方に見てもらい、違う点を指摘してもらい。自由に視点や見たいもの、見たい景色を言ってもらいモデルを修正してもらい。シーンと共に思い出される記憶を記録し、景観要素・場と行為の関係、空間利用と日常生活との関係を分析する。視点、対象要素の特徴を分析することで、日常景観を構成する重要な視点場や景観要素を抽出する。
- ③ ②の分析結果から、景観形成上の知見を得て、地域住民と共有し、今後のまちの空間づくりに応用していく。さらに、作成した再現モデルに、住民によって語られた思い出の情報を付加し、地域資料として活用していく方策を開発する。

2021年度まで継続的に実施してきた作業を2022年度も継続し、再現モデルの精度を高めることに取り組んだ。

作業においてはまず、石岡市の歴史、人口変動や産業別人口の変遷について調査を行った。石岡市における地域景観(主に看板建築)の詳細なデジタル・アーカイブ化を目的として、史料調査を行った。藤川研究室提供の資料などから建築物の3D再現を行うとともに、看板建築が最も多く存在していた時期の景観再現を行うために、過去の写真を参考にしながらSketch Upにてモデルを立ち上げ、Lumionを用

いて装飾を施した。作成したモデルを現地の人に見てもらうことで実際の景観との差異を指摘してもらい、その差異の修正を繰り返すことによって、より現実に近い景観の再現を行った。

さらにヒアリング調査及び会話内容の文章化、それを参考にした街並みのモデリングの修正を行った。市民へのインタビュー調査では、活気や賑わい、町にとって魅力が顕在していた時期の街並み・景観に関するディテールな情報を取得した。その手段として当時の写真を探したり、石岡に住んだり活動する人との会話中の発言から対象に対する思いや内情を読み取ることを試みた。その過程で地域住民が最も懐かしく感じる時期を抽出した。その結果、かつてアーケードがあった時代が最も賑わいがあり、多くの住民の記憶に残っていることがわかり、当時の景観再現を行った。

再現したモデルをインターネット上にアップし、誰でも鑑賞できるようにした。今後は石岡市の観光資源としての活用の可能性を検討していく予定である。



再現した3Dモデル（右）と公開用QRコード（左） QRコードにアクセスすることでスマホで確認できる

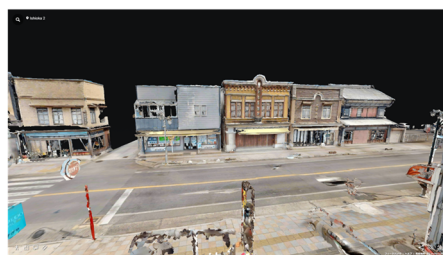
2022年度は過去の写真や史料等から3Dモデルを作成することに加えて、3Dスキャナーによる実測を行った。3Dスキャンとは、対象物にレーザーを照射して立体形状を測定し、3Dデータに変換することを指す。取得した3Dデータから3Dプリンターで模型を作ったり、寸法の測定を行うなどの使い方が可能になる。また平面図がなく、実際にある製品や構造物から情報を得る「リバースエンジニアリング」にも役立つ。建築分野の3Dスキャナーでは、壁や天井などに3Dレーザースキャナーを照射して、「点群」と呼ばれる位置情報のデータを取得する。3Dスキャナーでは従来の手作業では測量が難しい箇所でもデータを取得することができ、さらに取得したデータから、パソコン上で採寸が可能になる。建築用の3Dスキャナーは、主に3Dスキャナー本体を三脚にセットし、測定したい位置に配置してからスキャンする。その際に1箇所からスキャンするだけでは必要な点群データを網羅できないため、位置を変えながら複数回測定を行う。

現在、3Dスキャナーは、建物を3Dモデル化して情報を管理するBIM（Building Information Modeling）や、現況測量、施工測量といった用途で活用されている。また、古い建造物・遺跡・遺産などを3Dスキャナーでデータ化することで、研究に活用したり、これらの構造物が老朽化や災害などで破損してしまった場合に復旧できたりといった使い方もされ始めている。これまで3Dスキャナーは高額であったため、測定を専門業者に委託する形が一般的であったが、近年は汎用性の高い機材が手に入りや

すくなってきた。そこで本事業ではこのようにして入手した機材を使用して、中心市街地の看板建築の測量を行った。使用した機材は、Matterport Pro3である。LiDAR測距技術（ライダー：light detection and ranging（光による検知と測距））センサを用いた空間の3D撮影）で、精度は $\pm 20\text{mm} @ 10\text{m}$ である。深度センサーの解像度は10万点/秒で1スキャンあたり150万点のデータを取得する。最短動作距離は0.5mであり、最大動作距離は100m（E57形式点群データにおける表示距離）である。

本事業ではMatterport Pro3を用いて看板建築を3Dスキャンし、デジタルデータ化した。得られたデータでは詳細な凹凸が3Dで把握され、各種の寸法についても把握することができた。データは3Dデータとして、また2Dデータとしても保存し、ウェブ上で参照できるようにした。今後デジタル・アーカイブとして利活用できることが示された。他方で、車両の往来が多い大通りに面した看板建築では、目の前の歩道から見上げるように測量する必要があると、把握しきれない部位も存在した。今後は一時的に車両通行止めなどして測量するなどの工夫が正確なデータ保管には必要であることが示された。

次年度以降、3Dスキャン技術を活用して、茅葺き屋根を有する建築物など、石岡市の歴史的建造物のデジタルアーカイブ化に取り組んでいく予定である。



測量された3Dモデル（下）と公開用QRコード（上） QRコードにアクセスすることでスマホで確認できる

1-2 GPS ログデータを用いたホットスポット分析

2022年度は、「GPSログデータを用いたホットスポット分析」として石岡市の訪問（人流）の分析を行った。近年、スマートフォンから取得されるGPSログデータの活用が多方面で進み、観光分野では来訪者の行動分析のために観光ビッグデータ解析が実施されている。そこではスマートフォン等を利用して通信回線を利用した際の基地局情報、位置情報や具体的な場所の名称を含んだSNS投稿、GPS機能による位置情報などが用いられている。現在では複数のアプリがスマートフォンにインストールされると、所有者の許可のもとにスマートフォンのGPSログが取得される。市民及び市を訪れた人々全員の行動を把握することを考えると、データ取得条件が限定的であることから過大な評価はできないが、近年のデータ量の著しい増加を考えると将来的には十分なデータを得ることができると考えられる。尚、GPSデータは都市内の動態分析に活用されているが、GPSデータのみを用いて分析を行うという手法には限界がある。取得されるデータがGPSによる緯度経度情報のみであるため、具体的なスポット、Point of

Interest (POI) 情報との紐付けは事後かつ人為的に行うこととなるからである。そのため、あらかじめ緯度経度情報に紐付けられたPOI情報を用意しておき、それとGPSデータをあわせて分析することでより効率的、かつ精緻な動態分析が可能となる。本課題では予めPOIとして、市内の代表的な観光スポット、駅周辺など多くの人の利用が想定される場所の範囲を設定して、分析を行った。

本事業で使用したGPSログデータは、Agoop社が販売するデータであり、2019年5月に観測された人々の携帯電話の位置ログである。屋外の定常的なデータ取得がなされたもので、スマートフォンにインストールされた複数のアプリで、それぞれの設定に応じて5～15分程度の頻度で取得されたものである。GPSの位置精度に関しては、条件により数m～数kmのズレが生じる可能性があるが、大きくずれている可能性があるデータは予め取り除いて用いることとした。位置情報の精度は概ね2m以内と考えられる。

2022年度は上記データを用いてホットスポット分析を行った。ホットスポットとはGPSログデータ（測位）が大量に確認できた地域・場所を意味する。ホットスポットの抽出には密度ベースのクラスタリング手法であるDBSCAN (Density-based Spatial Clustering of Application with Noise) を用いた。DBSCANは、特徴空間に点の集合が与えられた時に密度の高い領域をクラスタとして抽出する手法である。解析においては、クラスタ間の距離の閾値Epsとデータの数の閾値MinPという2つのパラメータを用いて抽出するクラスタを調整した。解析結果からは、週末、休日には観光スポットに、平日には駅周辺にクラスタが確認された。特にゴールデンウィーク中にはゆりの郷やフラワーパークを多くの人が訪問し、滞在している様子が確認された。

さらに、観光スポットを周遊する行為の有無について調査した。まず夜間の位置が国民宿舎つくばねに存在したID、を国民宿舎つくばね宿泊者とみなしてこれを抽出した上で、宿泊日前後の軌跡を確認し、滞在場所を抽出した。これによってつくばね宿泊者（来訪者）がつくばね以外でどこの観光スポットを回っているか（＝周遊行動の有無）を把握することができる。しかし分析の結果、フラワーパーク以外の観光スポットは滞在場所（ホットスポット）として観測されず、石岡市内での観光スポットの周遊行動は少ないことが示唆された。

また、2022年度は来訪者だけでなく、市内居住者の行動についても分析を行った。夜間のログデータから、市内の居住地別にIDを把握し、さらに歩行行動の把握を行った。まずポイント間の時間差、距離から移動速度を計算し、さらに速度から歩行距離を積算した。同時に夜間（0時～6時）の観測場所から居住地を把握し、地区ごとに歩行距離の平均（一日）を算出した。それにより、日常生活の中でどれくらい“歩く”行動が行われているかを居住地別に評価することが可能となる。分析の結果、市中心部（石岡駅周辺）の居住者は比較的歩行距離も長いこと、辻、真家、小倉の居住者は移動距離に対する歩行距離の比率が小さく、歩行距離の絶対値も小さいことが示唆された。市中心部では歩いて日常生活を営むことができる面がある一方で、郊外部では身近な買い物等でも自動車を使用する必要性があることによると推察される。来年度以降はさらに詳細に分析することで、歩行距離の違いが生じた理由などについて考察を進めていく。

石岡市におけるデジタルツインの試行

村上 暁信（筑波大学社会工学域）

1

1

デジタルアーカイブの作成

・過去の景観再現・VR化

- 入手した史料や過去の写真を参考にモデリングの追加，改良を行い，web上にアップロードした。
- 建物・通りの概形をsketchupを用いてモデリングし，さらに過去の写真からテクスチャ，汚れやシミを確認してLumionで再現

・現存する景観・建築物のデジタルアーカイブ化

- LiDAR（ライダー：light detection and ranging（光による検知と測距））センサを用いた空間の3D撮影

GPSログデータを活用した行動把握

・観光スポット周遊の有無

- 国民宿舎つくばね宿泊者を抽出した上で，宿泊日前後の軌跡を確認し，滞在場所を抽出
- つくばね宿泊者（来訪者）がつくばね以外でこの観光スポットの回っているか（＝周遊行動の有無）を把握

・居住地別歩行行動の把握

- ポイント間の時間差，距離から移動速度を計算し，速度から歩行距離を積算
- 夜間（0時～6時）の観測場所から居住地を把握し，地区ごとに歩行距離の平均（一日）を算出
- 日常生活の中でどれくらい“歩く”行動が行われているかを評価

2

過去の景観再現・VR化

立面図



1997年時点の現地写真(出典:石岡市国府)

史料やインターネット上から入手した過去の写真を参考にモデリングの改良を行い、web上にアップロードした。

- 立面図・平面図及び現状の写真から中町通の概形をsketchupを用いてモデリング
- 過去の写真を参考から昔の街並みの小要素を抽出し、Lumionでモデリング
- 過去の写真からテクスチャ、汚れやシミを確認してLumionで再現



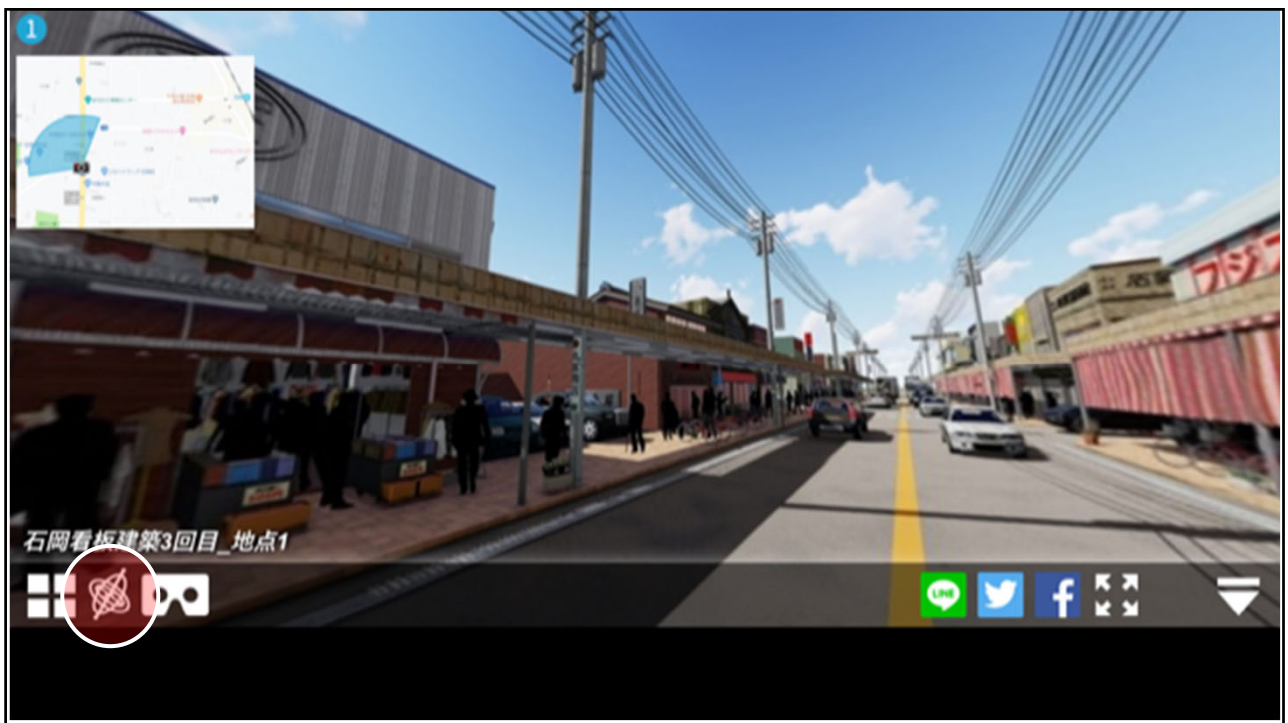
3



4

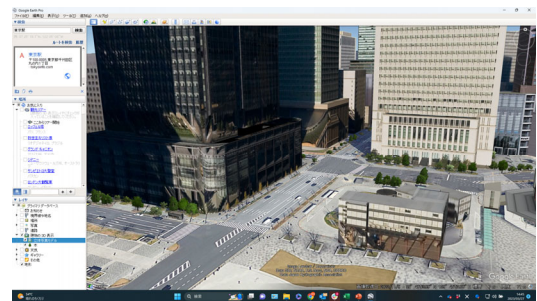
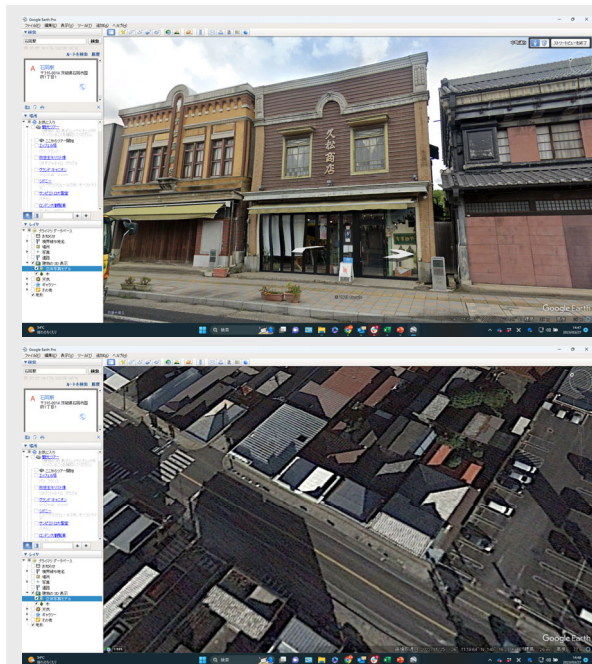


5



6

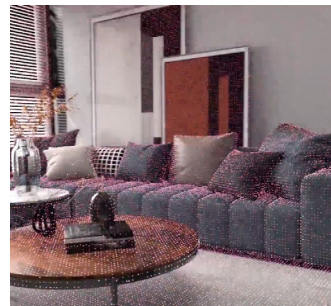
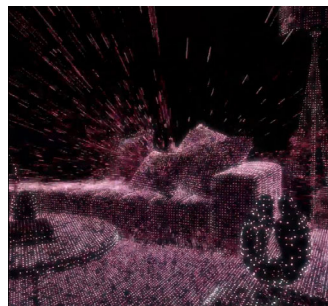
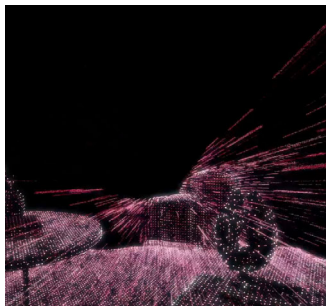
現存する景観・建築物のデジタルアーカイブ化



デジタルツインの実装に向けて、PLATEAUなどにより都市の3Dモデル整備が進められているが、石岡市内では進んでいない。GoogleEarth Proでも石岡市内については3D情報は蓄積されていない。さらに、GoogleEarth Proの3Dモデル整備が進んでも、モデルは簡易なもの（例上図：東京駅周辺）に留まる。

7

現存する景観・建築物のデジタルアーカイブ化



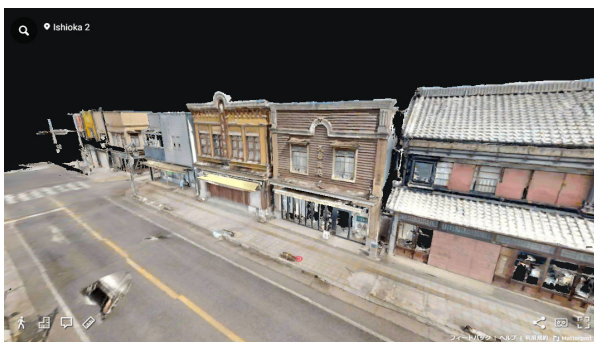
Matterport Pro3による空間の3D撮影



測距技術	LiDAR
レーザー	クラス1 (IEC 60825-1:2014に準拠)
波長	904nm
視野角 (FOV)	360° H / 295° V
精度	+/- 20mm @ 10m
深度センサーの解像度	10万点/秒
	1スキャンあたり150万点
最短動作距離	0.5m
最大動作距離	最長100m (E57形式点群データにおける表示距離)

8

現存する景観・建築物のデジタルアーカイブ化



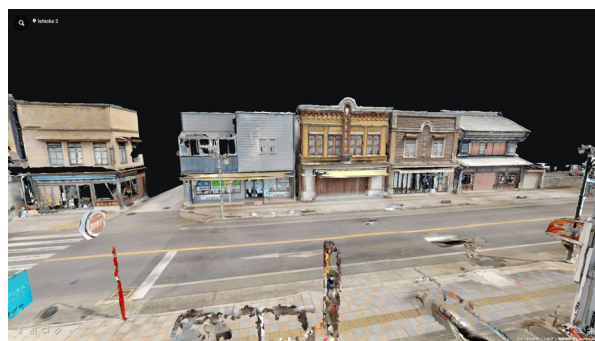
9

現存する景観・建築物のデジタルアーカイブ化



10

現存する景観・建築物のデジタルアーカイブ化



11

GPSログデータを活用した行動把握

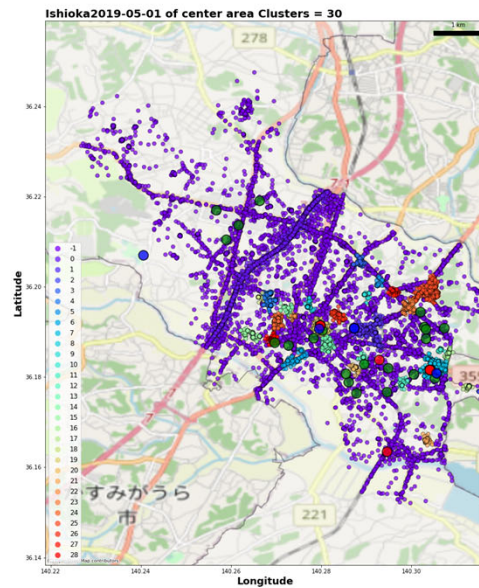
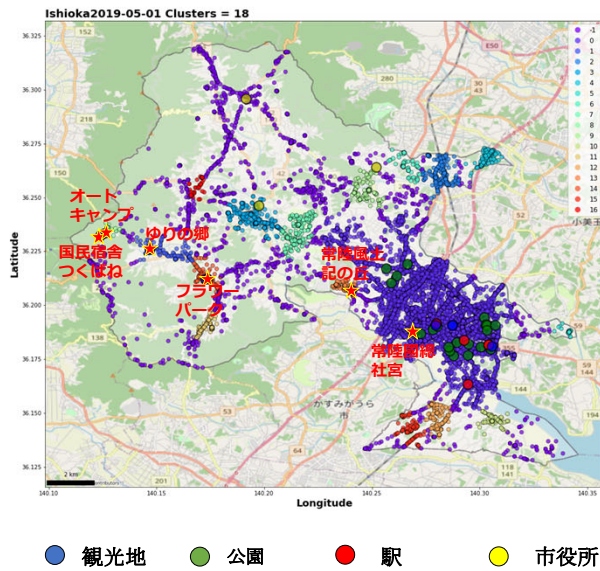
数秒から数分ごとにGPSから位置情報を受信し、ロガーへ都度記録しておくことにより、移動した際の軌跡がポイント（点）として残される。ロガーに記録されたデータを地図上に重ね表示させ、ポイントをつなぐことで軌跡（線）として把握することができる。



測位の属性情報			
0	dailyid	495612	測位を識別 ためのID
1	uuid	495490	
2	year	495612	測位の時間 情報
3	month	495612	
4	day	495612	
5	dayofweek	495612	
6	hour	495612	
7	minute	495612	
8	latitude	495612	測位の属性 情報の数 (データ 数)
9	longitude	495612	
10	os	495612	
11	home_countryname	495461	
12	plmn	491757	測位の居住 地・仕事場 の情報
13	plmn_countryname	491757	
14	setting_currency	60745	
15	setting_language	485951	
16	setting_country	60745	測位の属性 情報の数 (データ 数)
17	logtype_category	76897	
18	logtype_subcategory	69941	
19	accuracy	495612	
20	speed	317630	測位の属性 情報の数 (データ 数)
21	estimated_speed_flag	317630	
22	course	264795	
23	estimated_course_flag	264795	
24	prefcode	495612	測位の居住 地・仕事場 の情報
25	citycode	495417	
26	mesh100mid	495612	
27	home_prefcode	494020	
28	home_citycode	494020	測位の属性 情報の数 (データ 数)
29	workplace_prefcode	493700	
30	workplace_citycode	493700	
31	transportation_type	60357	
32	gender	424915	

12

DBSCAN（ホットスポット）の分析



13

13

2019年5月GW期間中の夜間（0時～6時）に国民宿舎つくばねで観測されたID（＝つくばね宿泊者）から、他の平日夜間はつくばね以外で観測されたIDを抽出

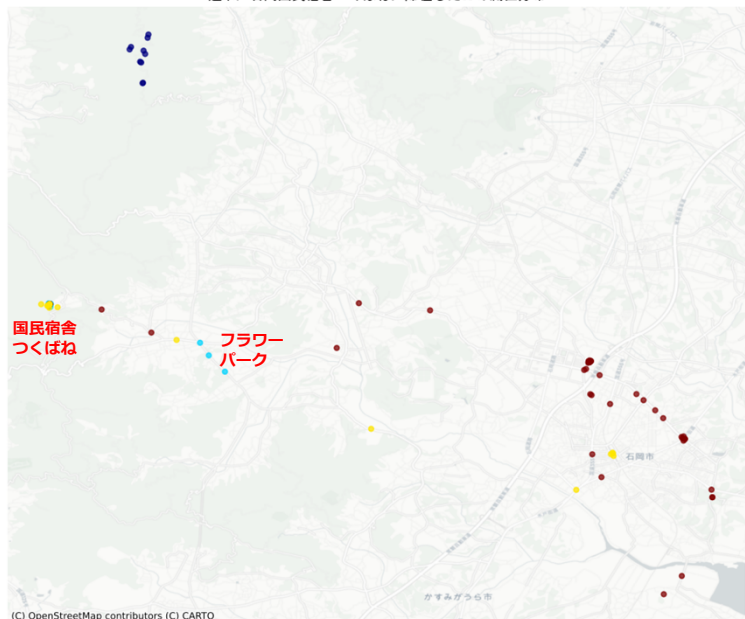
抽出されたIDについて、宿泊日前後の軌跡を確認し、滞在場所を抽出

つくばね宿泊者（来訪者）がつくばね以外でこの観光スポットの回っているかを把握 = 周遊行動の有無

フラワーパーク以外の観光スポットは滞在場所（ホットスポット）として観測されず、石岡市内での観光スポットの周遊行動は少ないことが示唆された。

石岡駅周辺でも道路沿いにホットスポットが抽出されたが、点在しており行動をさらに詳細に追っていく必要がある。

週末に石岡国民宿舎つくばねに滞在したIDの測位分布



(C) OpenStreetMap contributors (C) CARTO

14

GPSログデータを活用した行動把握 居住地別歩行行動

GPSログデータではポイント間の時間差、距離から移動速度を計算することができ、速度から歩行距離を積算することができる。
夜間（0時～6時）の観測場所から居住地を把握し、地区ごとに歩行距離の平均（一日）を算出



日常生活の中でどれくらい“歩く”行動が行われているかを評価することができる

市中心部（石岡駅周辺）の居住者は比較的歩行距離も長い

辻、真家、小倉の居住者は移動距離に対する歩行距離の比率が小さく、歩行距離の絶対値も小さい

