

BLEを活用した観光回遊行動把握の可能性に関する研究

中村 典雅¹・薄井 智貴²・山本 俊行³・森川 高行⁴

¹非会員 名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻 (〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町)

E-mail: nakamura.norimasa@g.mbox.nagoya-u.ac.jp

²正会員 名古屋大学大学院経済学研究科 特任准教授

E-mail: tomo.usui@nagoya-u.jp

³正会員 未来材料・システム研究所 教授

E-mail: yamamoto@civil.nagoya-u.ac.jp

⁴正会員 未来社会創造機構 教授

E-mail: morikawa@nagoya-u.jp

近年、交通行動の調査に、携帯電話やスマートフォン端末のGPSが用いられるようになった。しかし、GPSは電力消費量が大きく、屋内での行動データを取得できないことに加え、アプリケーションのインストールが必要なことから、調査対象者の負担が大きく、長期調査が困難と言った問題を抱えている。一方で、近年、低消費電力で屋内利用も可能なBluetooth Low Energy(BLE)の通信電波を用いた交通行動の把握が注目されており、将来的にはスマートフォンのBLE電波を補足することで、手軽に行動データを集めることも可能になると著者らは期待している。そこで本研究では、交通行動把握のためのBLE活用の可能性について、BLEセンサを用いた観光地での2日間282グループを対象に行った実証実験を通して、GPSとBLE調査データの分析結果を比較し、代替の可能性を検討した結果について報告する。

Key Words : Bluetooth Low Energy, GPS, Migratory Behavior,

1. 背景

かつて、交通行動の調査は、すべて、アンケートによって行われていたが、正確性に欠けるといった問題点をかかえていた。近年では、情報技術の進歩により、人々の交通行動の調査に、携帯電話やスマートフォン端末のGPSが用いられるようになった。しかし、スマートフォンを使用した行動調査は、詳細な行動経路や時空間情報が取得できる一方で、屋内での行動データの取得が困難、電力消費量や通信量も大きく、かつアプリケーションのインストールが必要、といった被験者側の負担が大きく、長期調査が困難と言った問題を抱えている¹⁾。

一方で、近年、屋内利用が可能なBluetooth Low Energy (BLE)の通信電波を用いた交通行動の把握が注目されている。BLEとは2.4GHz帯の周波数を用いた、近距離無線通信技術Bluetoothの拡張仕様の一つで、超低消費電力で通信が可能な通信規格であり、最近では、多くのスマートフォン(iPhone 4S以降及び、Android 4.3以降)でサポートされている。このBLE通信電波は、スマートフォンや専用のBLE受信機を利用することで捕捉することができ

るため、将来的にはスマートフォンのBLE電波を捕捉することでスマートフォンを持つ人の相対位置を推定し、交通行動調査に利用することも可能になると考える。

2. Bluetooth Low Energy の特徴とGPSの相違点

表1にGPS、アンケート、BLEによるそれぞれの交通行動調査の特徴、長所、短所を示す。

表-1 それぞれの調査手法の比較

	GPS	アンケート	BLE
調査手法	ロガーもしくはスマートフォン	ヒアリングもしくは被験者記入	センサもしくはスマートフォン
位置情報	◎	△	○
経路取得	◎	×	○
調査コスト	大	大	中
普及率	◎	-	◎
データ数	大	小	中
電力消費	大	-	小

BLEはGPSと比較して位置・経路推定精度に関しては劣るものの、低コスト、省電力といったメリットを持つ。

また、GPSは複数の衛星からの電波を受信し衛星との距離を割り出すことによって位置を推定しているため、衛星の電波を受信できるのであれば利用者の詳細な経路も把握できる。ただし、その反面、衛星の電波が届きにくい屋内、地下、高層ビル街などでは位置推定の精度が低い、あるいは観測できなくなってしまうという問題を抱えている。それに対しBLEはセンサと受信機の双方向通信による電波のやりとりをおこなうため、屋内などのGPSが使用できないような場所においても、受信機を設置すれば、位置情報の取得が可能になる。ただし、BLEは単独測位による情報収集・発信や位置情報取得が不可能であるため、必ず電波受信機が必要になるといった問題はある。

そこで本研究では、交通行動把握のためのBLE活用の可能性を検証するため、小型BLEセンサと2種類のBLE受信機（スマートフォン、BLE電波受信機）を用意し、小型BLEセンサを持つ歩行者の位置を特定する回遊行動実験を行った。具体的には、京都府京丹後にある観光地『食のみやこ・丹後王国』にて、来場者の中から被験者を募り、被験者には一緒に行動するグループ単位でGPS端末とBLE端末をそれぞれ一つずつ持ってもらい、園内を自由に散策してもらった。本稿では、2日間の回遊行動実験から得られた、277グループのGPSとBLEの調査データの分析結果を比較し、BLEの交通行動調査利用可能性について検討した結果を報告する。

3. 実証実験の概要

(1) 実験概要

実験の対象地域は京都府京丹後市弥栄町に位置する『食のみやこ・丹後王国』とした。丹後王国は、34haの広大な敷地を有する西日本最大級の道に駅であり、園内には様々な飲食店やアトラクション、宿泊施設などが存在し多くの観光客でにぎわう観光地である。実験は2015年8月22日(土)、23日(日)の2日間にかけて行った。

まず、園内1カ所の出入口付近にて被験者を募り、個人属性アンケート(性別、年代、来訪人数、来訪回数、居住地、来訪目的)に回答してもらい、その後、被験者には図-1に示すキーフォルダ型小型BLE発信機とGPSロガーを貸出し、それらを持って園内を自由に散策してもらい、園内には、図-2のように12か所にBLE受信機を設置し、BLEセンサが発する電波を受信すると、受信位置(緯度、経度)、受信時刻、筐体識別番号、電波強度(RSSI)がサーバに記録される仕組みになっている。被験者は帰り際に出入口でBLEセンサとGPSロガーを返却する。今回の実験の結果、2日間で277グループのデータを



図-1 GPSロガー（左上）とBLEセンサ（右上）
BLE受信機（下：太陽光パネル付）

取得することができた。また、本実験では、図-1下段にある太陽光パネル付き固定型のBLE受信機に加え、将来的にはBLE受信機の代替とするために、スマートフォンも受信機として利用し、データを収集した。

次に個人属性アンケートから得られた情報を記す。被験者の被験者の居住地は「丹後王国」近隣の京都府、大阪府、兵庫県の3県で全体の86.5%を占めた。図-3にグループの人数別の回遊時間を示す。全体ではグループごとに回遊時間に大きなばらつきがあり、グループの人数と回遊時間には正の相関があることがわかる。

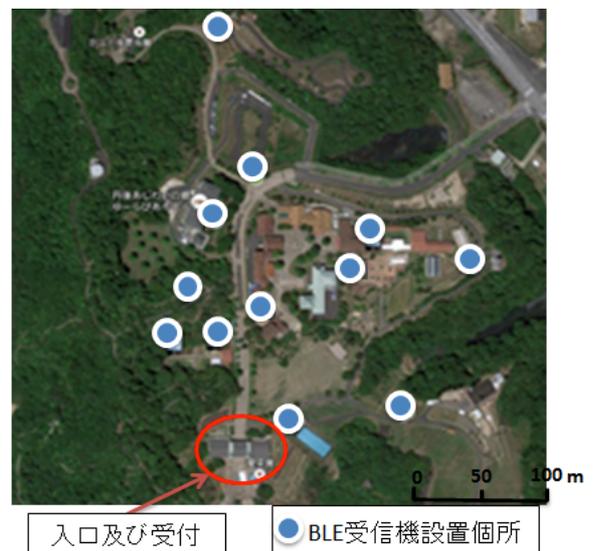


図-2 園の見取り図と BLE受信機設置個所

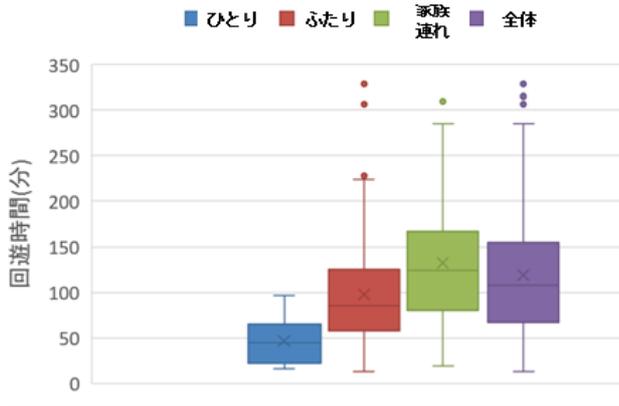


図-3 グループの人数別の回遊時間

4. GPSとBLEによる回遊行動の把握

実証実験により得られたGPSとBLEのによってそれぞれ取得したデータを用いて回遊行動把握・分析を行い、2つの結果を比較し、BLEがGPSの代替となりうるか検証する。

(1) カーネル密度分布による滞在場所の抽出

まず、滞在場所を抽出するため、取得したGPS及びBLEの観測値についてカーネル密度を求め可視化する²⁾。まずは図-4にある1グループのGPSを用いたカーネル密度分布を示し、図-5にBLEを用いて作成した分布を示す。

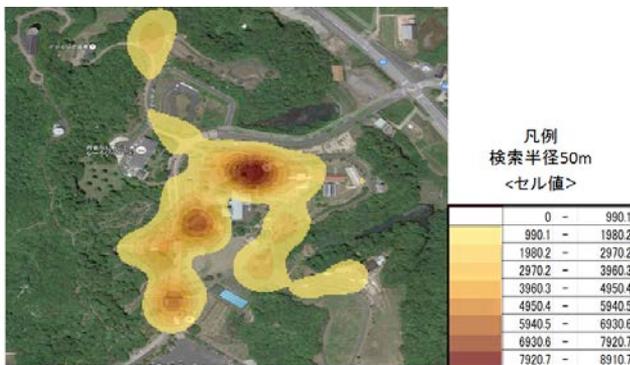


図4 - ある1グループのGPS値によるカーネル密度分布

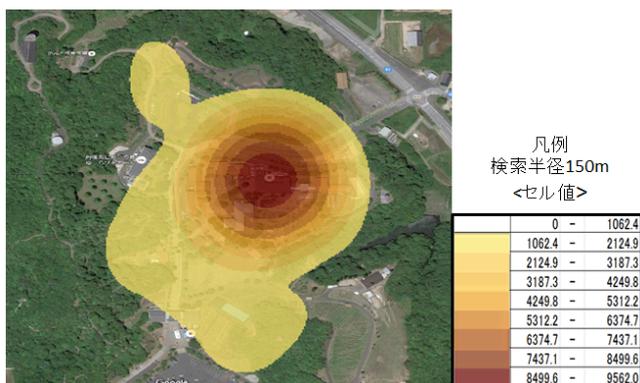


図5 - ある1グループのBLE値によるカーネル密度分布

このグループは11時2分から13時52分までのおよそ4時間滞在しており、園内を広く探索していたことがGPSデータより把握できる。一方、BLEデータは受信機は固定であるためGPSほどの位置推定精度高くはないが、おおよその行動範囲が図5によって分かる。両データとも色が最も濃くなっている場所はフードコートなどのレストラン立ち並ぶエリアであり、GPSとBLEデータともに、行動の特徴は捉えている。

次に23日の全被験者160グループのカーネル密度分布を図-6、図-7に示す。GPSによる分布においては、比較的細かく滞在箇所が抽出できているが、BLEに関しては、データ数に異存し、4カ所程度抽出であり、カーネル密度による滞在箇所特定は難しいことが分かる。

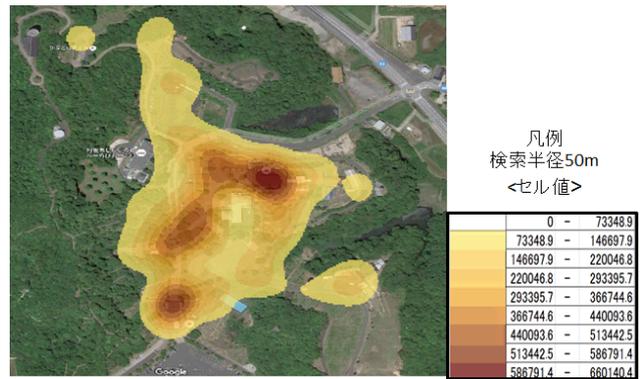


図6 - GPSで求めた23日全体のカーネル密度分布

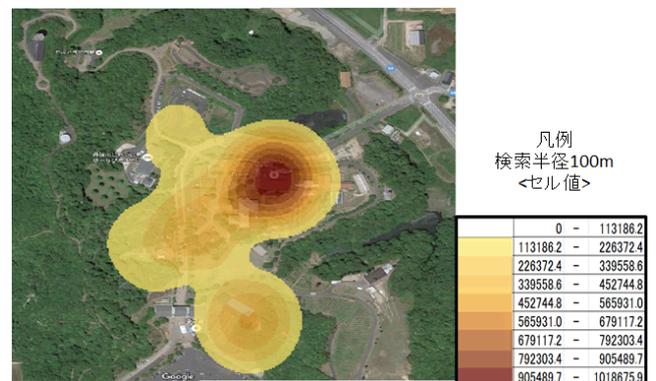


図7 - BLEで求めた23日全体のカーネル密度分布

(2) 3次元時空間パスによる活動状況の把握

GPSデータには、緯度と経度と時間情報が記録されており、2次元による位置情報空間に、Z軸として時間軸を加えることで、回遊行動を3次元にて可視化することが可能である。この可視化手法を地理情報学において時空間パスと呼ばれており³⁾、どの時間帯にどこに居たのか、滞在時間帯と場所の両方を同時に把握することができる。本項においては、同一被験者のGPSデータによる時空間パス図とBLEデータによる時空間パス図を比較した。その位置と時間の可視化結果を図-8に

示す。また、BLEデータによる滞在場所と滞在時間の関係を図-9に示す。GPSデータは、詳細な歩行ルートが得られる一方で、周辺環境の影響により位置にばらつきが見られ、特に屋内のフードコート内に居たと思われる時間帯（図内①②）については位置情報が乱れていることが伺える。他方、BLEデータに関しては、受信機が固定されていることもあり、位置情報のばらつきはみられず、訪問順に関してもGPS同様のパスを描いており、GPS同様の観測データが取得されていることが分かる。ただし、受信機の設置場所によっては、観測できない箇所も出てくるため、受信機の設置位置には注意が必要である。

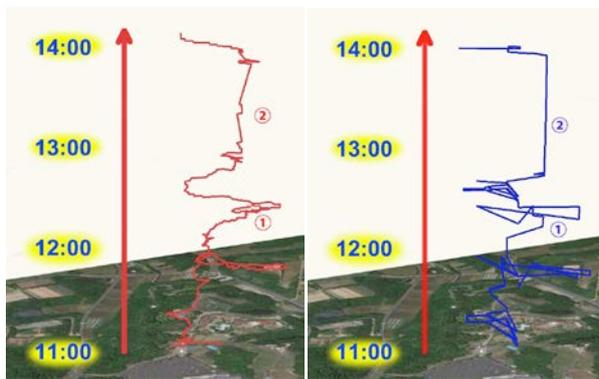


図-8 時空間パスによる位置と時間の把握
(左：GPSデータ、右：BLEデータ)

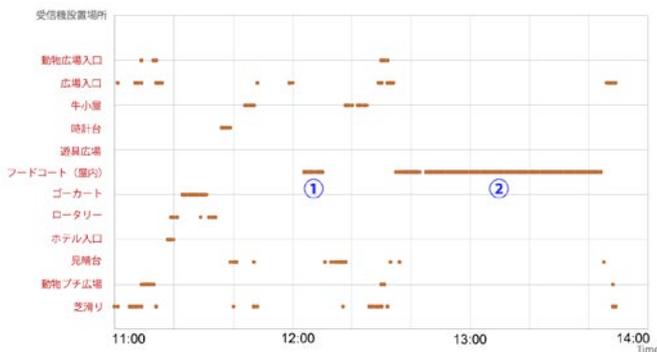


図-9 BLEデータによる滞在場所と滞在時間の関係

5. まとめ

今回は、GPSデータとBLEデータについて、ある一被験者グループを中心に二つの分析手法を用いて比較を行った。GPSデータは、その詳細な位置データにより、より詳細な滞在場所の特定ができる反面、屋内や山間地においては、データのばらつきが大きく場所の特定が難しい。一方、BLEデータはGPSデータのような詳細な滞在場所の特定は難しいものの、受信機設置箇所においては、屋内外、周辺環境の影響はほとんど無く正確な滞在場所と滞在時間を特定できた。ただし、今回は、2種類の簡易的な可視化手法における滞在位置、滞在時間しか分析できていないため、今後は、基礎的な滞在時間の分析を踏まえ、多面的な検証が必要であろう。さらに今後は、回遊経路や回遊距離などについても様々な分析を行い、BLEによる回遊行動把握の可能性について、より詳細に検証していく予定である。

謝辞：本研究は、文部科学省科学研究費 基盤研究 (B) [研究課題番号 25289162]の支援、および文科省リーディング大学院教育の一環として実施したものである。また、実証実験実施にあたり、リベラ株式会社の本丸勝也様、熊谷潤様、首都大学東京の倉田陽平先生、東京大学の金杉洋先生、には多大なる協力を頂いた。ここに感謝致します。

参考文献

- 1) 矢部直人, 有馬貴之, 岡村祐, 角野貴信：GPSを用いた観光行動調査の課題と分析手法の検討, 観光科学研究, 第3号, pp17-30, 2010年.
- 2) 深田秀実, 奥野祐介, 大津晶, 橋本雄一：観光歩行行動データに対するGISを用いた3次元可視化手法の提案, 観光と情報, 第8巻, 第1号, 2012年.
- 3) Kwan, M.P. : Interactive geovisualization of activity-travel patterns using three-dementional geographical information systems: a methodological exploration with a large data set. , Transportation Research C 8: 185-203, 2000.

(2016.4.22 受付)