

# BLE (Bluetooth Low Energy) タグを用いた 中山間地域での交通需要データ収集

湊 裕一<sup>1</sup>・川田 蒼葉<sup>1</sup>・三谷 卓摩<sup>2</sup>・菅 芳樹<sup>3</sup>・増田 精<sup>4</sup>・柳沼 秀樹<sup>5</sup>・  
日下部 貴彦<sup>6</sup>

<sup>1</sup>学生非会員 東京理科大学 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎2641)

<sup>2</sup>正会員 東京大学特任助教 空間情報科学研究センター (〒277-8568 千葉県柏市柏の葉5-1-5)  
E-mail: mitani@csis.u-tokyo.ac.jp

<sup>3</sup>非会員 株式会社地域未来研究所 (〒530-0003 大阪市北区堂島1-5-17 堂島グランドビル2階)  
E-mail: suga@refrec.jp

<sup>4</sup>非会員 株式会社富士通鹿児島インフォネット (〒890-0064 鹿児島県鹿児島市鴨池新町5-1)

<sup>5</sup>正会員 東京理科大学講師 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎2641)  
E-mail: yaginuma@rs.tus.ac.jp

<sup>6</sup>正会員 東京大学講師 空間情報科学研究センター (〒277-8568 千葉県柏市柏の葉5-1-5)  
E-mail: t.kusakabe@csis.u-tokyo.ac.jp

近年、高齢化や人口減少を背景として中山間地域では、近隣の商店などの生活に必要な施設が撤退すると同時に、自動車への依存度が高いことから運転免許返納が進むにつれて日常の活動を行うために必要な交通に支障をきたす住民が増加することが懸念されている。こうした地域を中心として、公共交通空白地有償運送などの制度や自動運転技術などを応用した新たな公共交通の導入などの検討がなされつつある。こうした検討では、交通需要に関するデータが不可欠であるが、パーソントリップ調査等が行われる都市圏とは異なり十分なデータが整備されている状況ではない。調査対象は高齢者を中心となることから、対象者にとって回答や機器管理の負担が少ないBluetooth Low Energy-プローブパーソン (BLE-PP) 調査を開発し、中山間地域である常陸太田市高倉地区の住民を対象に調査を実施した。本研究では、BLE-PP調査の結果と構造化インタビュー調査の結果を比較したうえで、中山間地域での高齢者の交通需要のモデル化を行う。

**Key Words :** 交通行動調査, Bluetooth Low Energy, 高齢者, 中山間地域

## 1. はじめに

公共交通の頻度が低い中山間地域では、商店や病院、公共施設などの生活の維持に必要な施設に訪問するために、自動車は不可欠なものとなっている。高齢化や人口減少を背景にこのような施設が撤退が懸念されているほか、高齢者自身も運転免許の返納を余儀なくされ最低限の生活に必要な活動に支障がでることが想定される。このような状況になれば、交通手段さえ確保されていれば、ある程度自律した生活が可能で高齢者であったとしても、他者による支援が必要となったり、支援が得られない場合は移住することが求められる厳しい状況となる。移住は、長く生活しコミュニティが維持されている地域の居住者にとっては負担が大きく、また、地域にとってもコ

ミュニティの維持を難しくさせる一因となる。中山間地域での交通手段の選択肢をひろげサービスを維持することは、その地に暮らし地域の環境を育んできた居住者が地域にできる限り住み続けるためには不可欠である。

公共交通システムが脆弱な中山間地域では、親類やボランティアによる無償での送迎に頼らざるを得ない状況も多くあるが、その手間や運送にかかる実費の負担も大きく、身内や小さな地域内だけでそのような共助のシステムを維持することは困難になることが想定される。例えば、本研究でケーススタディを行う茨城県常陸太田市高倉地区では、高齢化率が50%を超え、最も近いコンビニや役場まで10km離れている。このような地域では、送迎者も高齢者となっており、1日の走行距離も数十kmとなっている。こうした地域を中心として、公共交通空

白地有償運送などの制度や自動運転技術などを応用した新たな公共交通の導入などの検討がなされつつある。さらに将来的には、ボランティアを中心とした交通手段での走行距離軽減のための公共交通との連携など、地域で持続可能なシステムづくりが急務となるだろう。

こうした検討を行い実装につなげるためには、地域住民、公共交通事業者、自治体等の関係者間で、地域公共交通活性協議会での合意形成をはかることが必要となるが、その前提として、地域の状況を把握し、より効率的なシステムを設計することが求められる。こうした設計では、交通需要に関するデータが不可欠であるが、パーソントリップ調査等が行われる都市圏とは異なり、多くの中山間地域では十分なデータが整備されている状況ではない。交通需要にかかわる居住者の行動の把握のためには、日常の交通行動について紙面等への書き取りを依頼するダイアリ調査<sup>1)</sup>や、スマートフォン等の機器を用いるプローブパーソン調査<sup>2)</sup>、近年では携帯電話の基地局へのアクセス情報やアプリから収集されるGPSの情報を集約したビッグデータ<sup>3)</sup>を用いることが想定される。中山間地域の高齢者を対象とする場合には、上記の既往の手法にはそれぞれ問題がある。中山間地域の調査では、デジタル機器の操作に不慣れな者を対象者に含み、かつ少人数の行動について比較的長期間にデータ収集を行う必要があるためである。例えば、通院や買い物など周期的な活動であっても、週に数回程度の少ない頻度で行われており、生活に必要な交通に関わる需要パターンを知るためには、ある程度継続的なデータ収集が必要となる。都市部の人口が大きい地域で多くのサンプルを収集できるパーソントリップ調査では、一日のみのデータ収集であったとしても、一定の割合で数週間に一度の活動を行っている者が含まれることが期待でき、その統計値に基づいて必要な交通手段を計画できるが、人口が少ない地域ではそのような統計値を得ることができないことから継続的な調査が必要である。ダイアリに基づく調査では、継続的に対象者に記入の負担を求める難しさや記憶に基づいての回答が難しい対象者への配慮が必要となるとともに、回収したダイアリのコーディングが必要となることから、対象者・実施者双方に対する負担が大きいことが想定される。プローブパーソン調査は、アプリをインストールしたスマートフォン等の機器が必要となり、高齢者自身が普段から使用していない場合には、機器の貸出が必要となるほか、バッテリーの充電頻度も多いことから、習慣的に携帯していない対象者が多い場合には、充電忘れや携帯忘れによる観測漏れが生じることが想定される。また、人流ビッグデータについても、スマートフォンを持っていない対象者が多い地域では、十分なデー

タが得られない可能性があるほか、匿名化等の処理により加工されたデータとなるため、人口が少ない地域での交通行動をとらえられるかについて、事前の検証が必要となる。

以上に示したように、中山間地域を対象とした長期間の交通行動調査に際しては、対象者・収集者双方の実施にかかわる負担や、調査の継続性、対象者データの収集可能性の観点からそれぞれの問題がある。本研究では、これらの問題点についての影響を軽減するためにBluetooth Low Energy(BLE)タグを活用したBLE-PP調査を提案する。BLE-PP調査は、バッテリー寿命が長い(1年程度)キーホルダー型のタグを対象者に携帯してもらい、あらかじめ、受信機を設置した施設への訪問を検知することで、対象者の生活に必要な施設への訪問に関するデータを収集するものである。この調査では、GPSを用いるPP調査と比較して、受信機の設置の手間が必要であるが、対象となる目的地の数が少ない中山間地域では、都市部と比較して、設置の手間は少ないと想定できる。一方で、対象者は、キーホルダー型の端末を、普段持つ鞆や財布、鍵等につけておけばよいので、バッテリー切れや携帯し忘れによる観測漏れがスマートフォンを用いるPPと比べて少なくなると期待できるほか、GPSのように常にデータが収集されるわけではなく生活に必要な施設でのみ収集されることから、常に調査を意識しないといけないう負担は少なくなると期待できる。

本研究の目的は、中山間地域での高齢者を対象とした交通行動の把握手法としてBLE-PP調査を提案することである。本研究では、BLE-PP調査を茨城県常陸太田市高倉地区の高齢者を対象として実施するとともに、従来の一般的なデータ収集方法であるヒアリング調査(構造化インタビュー)との比較を行い、データの特徴の違い等について考察を行う。

## 2. BLE-PP 調査の方法

### (1) 調査機器の構成

本研究で提案するBLE-PP調査は、調査対象者が携帯するキーホルダー型BLEタグ、施設でBLEタグの近接を検知しサーバーに送信する受信機、受信機から送信された情報を蓄積するサーバーから構成される。本調査では、調査対象者は、キーホルダー型BLEタグを外出時に携帯することを求められるほかは、特に操作等の必要はない。

本研究で使用するキーホルダー型BLE((株)インタプロ Hibeacon slim)タグは、ビーコンID(UUID)と送信

強度(TXpower)などの情報を定期的に送信する機器である。ビーコンの送信強度は、BLE Class1であり、ビーコンの受信可能範囲は、遮蔽物がない環境では、100～200m以内である。なお、本研究で確認した受信率は、受信機から100mで約40%、160mで10%程度であった。ビーコンのバッテリー寿命は、1秒間隔のビーコン送信時で1年程度の仕様である。

受信機は、電源が確保できれば室内外で設置可能な仕様である。ビーコン受信時に、受信時刻、ビーコンID、送信強度、受信強度、受信機器IDをサーバーに送信する。

サーバーでは、受信したビーコンを蓄積するとともに、後述の滞在場所判定ロジックにより、ビーコン付近の通過などを取り除いたり、再訪問を検知することで、調査対象者ごとの滞在場所、滞在時間を判定する。

## (2) 滞在場所判定ロジック

滞在場所判定ロジックは、受信場所の確定、データの集約処理、滞在の分割で構成される。

受信場所の確定は、2か所以上で同時に観測されたビーコンに対して、受信場所を確定する処理である。「ビーコンID、受信機器ID、受信時刻」の優先順位で受信データを並び替え、15秒毎の観測回数、最大受信強度を求め、15秒ごとにまとめられた「ビーコンID、受信機器ID、受信時刻、15秒毎の観測回数、最小受信距離」データを生成する。なお、受信距離は、フリスの伝達公式<sup>9)</sup>を用いて送受信強度より

$$\text{受信距離} = 10^{\frac{\text{送信強度} - \text{受信強度}}{20}} \quad (1)$$

として求める。次に、このデータを「ビーコンID、受信時刻」順に並び変える。同時に2か所の観測がある場合は、連続的な観測が早く始まった箇所を受信場所とするが、受信距離が短かつ15秒の観測回数が多い受信場所が現れた場合には、受信場所を切り替える。

データの集約では、滞在判定の前処理として同一地点で連続的に観測されたデータを集約する。具体的には、最後の受信時刻から次の受信時刻までの間隔が $T_M$ 以内でかつ同一受信場所のものを一連の観測として集約する。集約処理をしたデータに対して、集約されたデータの最初の受信時刻と最後の受信時刻の差が $T_S$ 以下でデータは、受信機前を通過したデータとしてみなし、滞在データと判定しない。同一地点で観測されかつ連続した時刻で集約されたデータの終了時刻と開始時刻との差が $T_C$ 未満である場合は、2つの集約データを結合して1回の滞在として判定する。 $T_C$ 以上の場合、同一地点であっても、2回の異なる滞在として判定する。なお、本研究では、 $T_M = 300$ 秒、 $T_S = 120$ 秒、 $T_C = 3600$ 秒とした。

## 3. 実証調査の方法

本研究では、中山間地域を対象としたBLE-PP調査の実証として、茨城県常陸太田市高倉地区での交通行動調査を実施する。実証調査では、2で構成したBLE-PPでのデータの収集特性を明らかにするとともに、これらより、周期的な交通パターンや、交通行動の生成モデルを検討することを目的としている。このため、本研究では、一部の調査対象者に対して、構造化インタビュー調査を実施し、BLE-PP調査とインタビュー調査で得られる結果を比較し、それぞれのデータの特性について考察を行う。

### (1) 対象地域

高倉地区は、茨城県北部の常陸太田市の北西部に位置する地区であり、地区を構成する上高倉と下高倉の人口は常陸太田市によると2018年8月時点で465人、208世帯である。高倉地区の高齢化率は、2019年4月時点で約56%である。市街地(太田地区)へ向かう路線バスは、茨城交通が平日1日7便を運行しており、1便あたりの利用者数は数人程度<sup>9)</sup>である。2017年より公共交通空白地有償運送制度による自家用有償旅客運送を高倉地域づくりの会が実施しており、地域住民のボランティアが運転手となり、週1日運行を行っている。しかし、高倉地域づくりの会への聞き込みによるとドライバー平均年齢が約67歳と高齢であるにも関わらず、1日の走行距離が60～100kmに達することもあり、今後、ドライバーのさらなる高齢化と利用者の増加が見込まれることから持続可能性に懸念がある状況である。現在、次期の地域公共交通網形成計画を見据えて、自家用有償旅客運送と公共交通機関の連携やボランティアに頼らない交通網形成などを模索する必要があり、科学的根拠計画形成を目指すために、交通需要のより詳細な把握が求められている状況である。

### (2) BLE-PP 調査の構成

本調査の対象者は、高齢者(65歳以上)を中心とした高倉地区住民24世帯45名である。性別は、男性が22名、女性が23名であり、年齢構成は図-1に示すとおりである。調査期間は、2019年6月23日より開始し、2020年2月末に終了予定である。なお、本研究の分析期間の対象者は45名である。

受信機の設置個所は、表-1に示す通り常陸太田市内のスーパー、商店、病院、役場、郵便局などの19か所(2019年8月末現在)である。これらの設置個所は、地域で運行している公共交通空白地有償運送や乗合タクシーの目的地などを中心に地域住民及び高倉地域づくりの

会への聞き取りを通じて決定した。なお、今回の調査では、世帯の複数の人員にタグを配布することがあるため、世帯内での混在が発生し正しくデータが収集できないといった事態が想定される。この対策として、タグのストラップの色や違う色のシールを目印とすることで各個人のタグを対象者が識別できるようにした。

中山間地域での観測に際して、受信機はスマートフォン（富士通製 法人向けスマートフォンM357）に専用アプリをインストールしたのとなっており、遠隔地よりリモートで再起動などのメンテナンスを行える仕様としている。なお、スマートフォンからサーバー間は、NII（国立情報学研究所）が提供するSINET広域データ収集基盤を活用したL2VPN環境（図-2）を用いて、研究室の中継器にダイレクトに接続したのちに、分析・蓄積用サーバーに接続している。

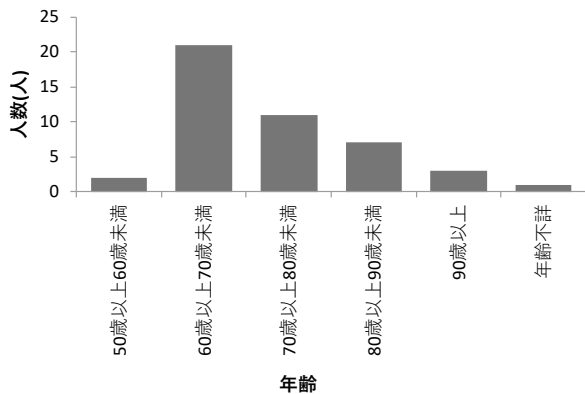


図-1 BLE-PP 調査対象者年代別人数

表-1 受信機設置箇所

場所名	役割	地域
A:上坪バス停付近	バス停	高倉地域
B:井上商店	個人商店	高倉地域
C:高倉郵便局	郵便局	高倉地域
D:高倉地域交流センター	地域拠点	高倉地域
E:久保田橋バス停	バス停	高倉地域
F:天下野診療所	病院	天下野地区
G:天下野郵便局	病院	天下野地区
H:セイコーマート水府中染店	コンビニエンスストア	中染地区
I:常陸太田市水府支所	役所	町田地区
J:小林医院	病院	町田地区
K:富永歯科医院	病院	国安地区
L:ホームセンター山新常陸太田	ホームセンター	常陸太田市街地
M:かわねやフェスタ店	スーパーマーケット	常陸太田市街地
N:大山病院	病院	常陸太田市街地
O:藤井病院	病院	常陸太田市街地
P:かわねや木崎本店	スーパーマーケット	常陸太田市街地
Q:西山堂病院	病院	常陸太田市街地
R:空白地有償運送	乗合タクシー	その他
S:カスミ常陸太田店	スーパーマーケット	常陸太田市街地

## (2) インタビュー調査

インタビュー調査は、地域住民16人を対象に2019年7月15日から16日に実施した。年齢や免許保有の属性は、図-3の通りである。本人以外に世帯の他の人員についての情報についてもインタビューを行ったため、16世帯27人のデータを収集した。なお、本人にインタビューを行った対象者のうち、BLE-PPの調査対象者と一致するのは、12人である。

インタビュー調査は、構造化インタビュー形式とし、あらかじめアンケート内容を生成しておき、アンケートに沿って質問を行う形式である。今回の調査では、回答者への主旨の説明、質問内容の意図を正確に伝えること、普段の行動について対象者が振り返るための介助を行うことを目的に筆記式のアンケートではなく、インタビュー形式を採用した。

インタビュー調査では、「地域の生活実態把握のためのインタビューである旨」の趣旨説明を行い、設問を行った。設問の構成は、

- ・個人属性
- ・普段の外出場所
- ・日常の生活行動
- ・公共交通の利用状況
- ・乗合タクシーの利用状況

である（表-2～4）。

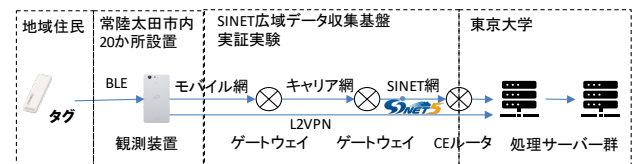


図-2 BLE-PP 調査ネットワーク構成

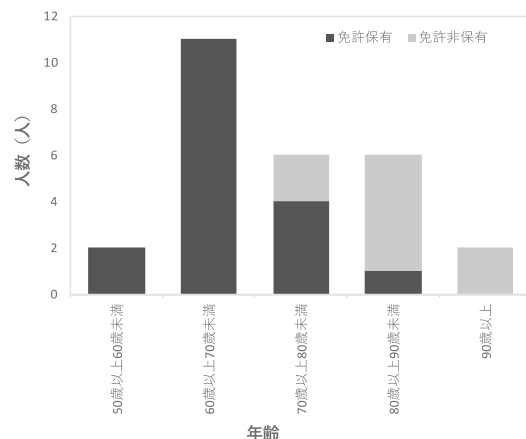


図-3 インタビュー対象者の年齢と免許保有状況

表-2 日常の生活行動に関する質問項目

公共交通	回答欄
1 水府地区内の移動で地域内の公共交通（バス）を過去一年以内に使ったことはありますか	はい・いいえ
2 太田地区以遠の移動で地域内の公共交通（バス）を過去一年以内に使ったことはありますか	はい・いいえ
公共交通を利用しない・しにくい理由について	自由記述
3 バス停までの距離遠い	そう思う 5・4・3・2・1 そう思わない
4 便数が少ない	そう思う 5・4・3・2・1 そう思わない
5 運賃が高い	そう思う 5・4・3・2・1 そう思わない
6 乗換えが苦痛である	そう思う 5・4・3・2・1 そう思わない
7 他の交通手段と比べて所用時間が長い	そう思う 5・4・3・2・1 そう思わない
8 その他	自由記述
9 生活の足が少ないと感じるタイミングはありますか。	はい・いいえ
10 【9がはいの時】またそれはいつどんな時ですか。	自由記述

表-3 公共交通利用に関する質問項目

日常生活に必要な活動や交通	回答欄
1 日常の食料品・日用品の買い物はだれが行っていますか	自由記述
2 その頻度はどれくらいですか	自由記述
3 同居のご家族以外が、日常の買い物を行うことはありますか	はい・いいえ
4 その頻度はどれくらいですか	自由記述
5 地域の商店や宅配による定期購入などを利用していますか	はい・いいえ
6 高倉地域交流センターに移動スーパーは利用したことがありますか	はい・いいえ
7 パソコンや携帯電話からネットショッピングをしますか。	はい・いいえ
8 【7がはいの場合】買い物はどれくらいの頻度ですか？	自由記述
9 オンラインバンクは利用したことがありますか。	はい・いいえ
10 普段スマートフォン・タブレットを使っていますか	はい・いいえ
11 【10がはいの場合】普段Line等のSNSでご家族・友達と連絡をとりますか	自由記述

## a) 個人属性

個人属性として年齢や職業などの属性に加えて、免許の保有や乗合タクシーの利用等の状況や、外出に対して不自由があるのかという点についても聞き取りを行った。

## b) 普段の外出場所

常陸太田市内の外出場所として BLE 受信機設置場所を中心としたおよそ 20 箇所の施設リストを提示しながら、目的別の外出先、交通手段、及び頻度を尋ねた。外出先は、リストに載っていない市内の施設や近隣市町村の施

表-4 乗り合いタクシー利用に関する質問項目

空白地有償運送利用有の方	回答欄
1 運行される曜日の数は、ご自身の活動を行ううえでどうですか。	多い 5・4・3・2・1 少ない
2 空白地有償運送をりようするきっかけは何でしたか。（個人的に差支えがなければ答えていただく）	
3 空白地有償運送がなければ、取りやめる活動がありますか	やめる・やめない
4 【4.3で取りやめない場合】代わりにどのような交通手段を利用しますか。	

設等も含めて聞き取りを行い、目的については通勤、通院、買い物、私用の分野ごとに聞き取りを行なった。また、交通手段については、自ら運転、送迎、乗合タクシー（自家用有償を含む）、バス、タクシー、自動二輪・原付、自転車、徒歩のみ、鉄道に分け外出先に聞き取りを行った。

## c) 日常の生活行動

日常の生活行動では、買物等の生活行動に着目し、質問を行った。交通機関を用いずオンラインで行動を代替できるものもあるため、SNSやオンラインバンクの利用の有無といった、インターネットサービスの利用についても尋ねた。

## d) 公共交通・乗り合いタクシーの利用状況

公共交通や自家用有償運送などの乗り合いタクシーの利用状況の把握も行った。日常から公共交通を利用していない住民に対しては、その理由について、バスの運行本数や運賃等の観点の質問を実施した。

## 4. 実証調査の結果

本章では、インタビュー調査で得られた地域の交通状況の把握結果をまとめたうえで、インタビュー調査とBLE-PP調査の結果を比較する。比較分析で用いるBLE-PPの期間は、7月22日～8月31日とした。これは、6月23日～7月21日の期間に当地区の住民を対象に「自動運転システム」の実証実験が継続的に行われており、インタビュー調査で収集した普段の行動とは異なることが想定されるためである。また、本分析の対象者は、インタビューの対象者であり、かつBLE-PP調査対象者の12名である。



ち歩いていないモニターがいる可能性のほか、お盆の時期が観測日に含まれており日常的な行動と異なることなどが考えられる。

図-6～8は、表-1の受信機設置箇所の役割に基づいて、活動目的を設定し、その活動目的ごとに一月当たりの外出回数を観測しヒストグラムにまとめたものである。回数がゼロの調査対象者も多くいることがわかる。買物や私用については、外出頻度のばらつきが多く、通院に関しては、数週間に1程度程度の外出頻度になっていることがわかる。いずれの活動についても、週1回以下の外出頻度の対象者が多いことがわかる。

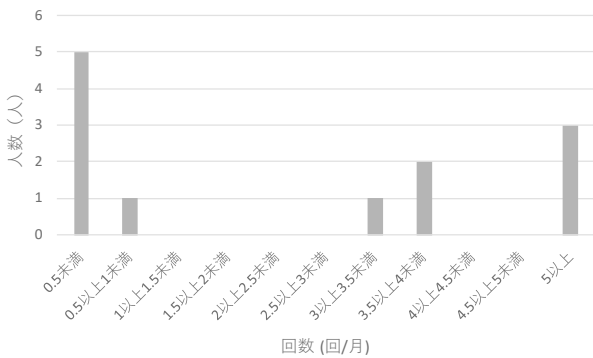


図-6 BLE-PP 調査による買物頻度

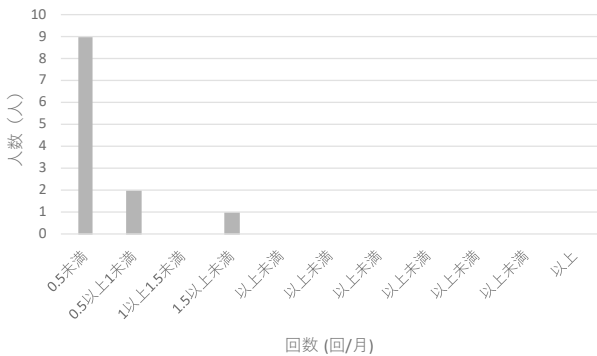


図-7 BLE-PP 調査による通院頻度

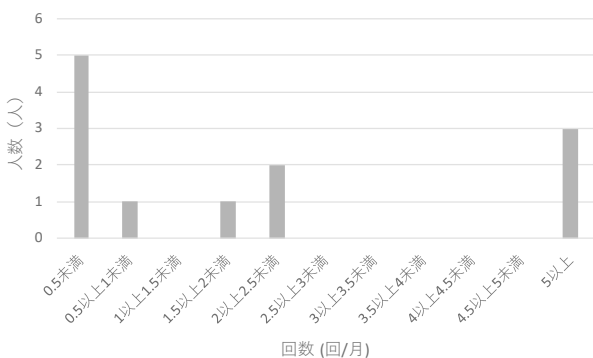


図-8 BLE-PP 調査による私用目的の外出頻度

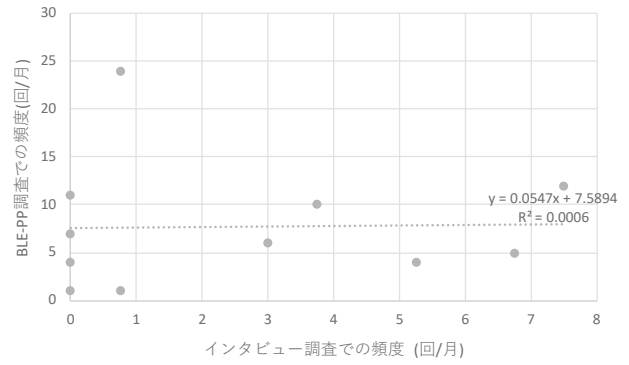


図-9 BLE-PP 調査とインタビュー調査での買物頻度比較

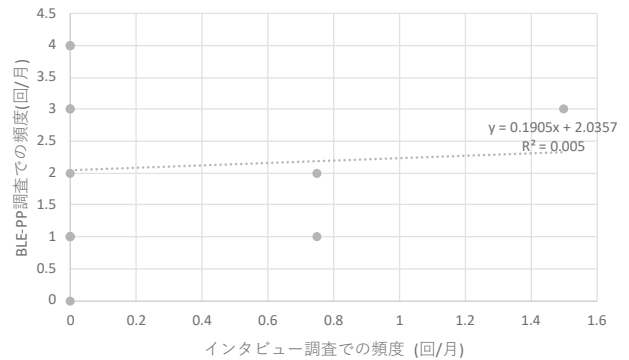


図-10 BLE-PP 調査とインタビュー調査での通院頻度比較

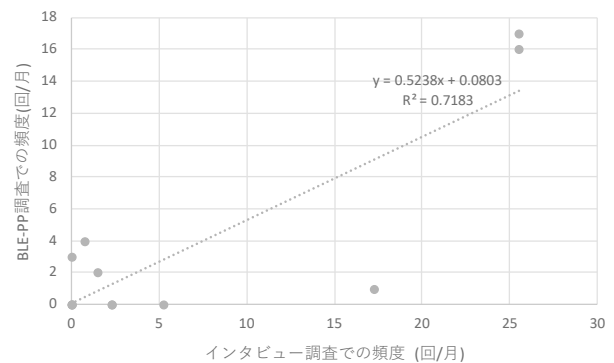


図-11 BLE-PP 調査とインタビュー調査での私用目的での外出頻度比較

個人ごとのBLE-PP調査での活動目的別頻度とインタビュー調査での活動目的別頻度を比較することを目的にそれぞれの頻度を縦軸、横軸に示した図を図-9～11に示す。なお、それぞれの観測方法での観測数は月単位に正規化して集計している。また、インタビュー調査で施設名は回答しているが訪問回数がわからない対象者は分析対象から省いた。これらの図によると、買物や通院で相関が低い結果となったが、買い物については、月24回の買い物をやっているという回答した者とBLE-PP調査で一度も買い物が観測されなかった対象者を外れ値として省くと、決定係数は、0.35に改善されることが分かった。このことより、インタビュー調査での回数の聞き方の問題

やBLE-PP調査の受信機を設置していない方面への買物行動が行われている可能性もあることが示唆された。病院に関しては、BLE-PP調査で観測できていない対象者が多い結果となり、全体としてBLE-PP調査の頻度が低い結果となっている。このことは、受信機を設置した医療機関の数が少ないことが影響しているほか、お盆休みによる休診の影響も考えられることから、さらに長期間のBLE-PPデータを用いた検証が必要である。これらの結果より、今後の調査では、双方のデータを突き合わせてインタビュー調査を再実施することにより、これらの調査結果のずれの原因を把握する必要があることが示唆される。

## 5. おわりに

本研究では、中山間地域での高齢者を対象とした交通行動の把握手法としてBLE-PP調査を提案し、調査の速報値とインタビュー調査をもとに比較を行った。調査の速報値を用いた集計結果では、普段の行動を尋ねたインタビュー調査結果とBLE-PP調査で得られた外出頻度の相関が低く、少なくともどちらか一方の調査手法では、信頼性のある交通需要を収集できないことが示唆される。ただし、BLE-PP調査の期間には、お盆等の特異日も含まれていることから、より長期のデータを収集し精査することが必要であるとともに、タグを携帯していない対象者もいることが示唆される結果であり、継続的な参加の啓発を行ったうえで調査データの収集が必要である状況であることが確認された。また、今後の調査では、インタビュー結果を精査し、BLE-PPの受信機設置場所の見直しも行き、観測漏れが少なくなるように調整する予定である。さらに、今後の分析では、BLE-PP調査デー

タに基づき、周期的な交通パターンや、交通行動の生成モデルを検討し、これらの結果を通じて、高齢者が運転免許を返納したのちに、生活に必要な交通機関の運用形態（バス、デマンド交通）や運用方法について検討を行いたい。

**謝辞：**本研究はJSPS科研費16H06102の助成を受け、観測方法の構築を行った成果をもとに、国土交通省新道路技術会議の研究課題「マルチスケールな交通連携を想定した拠点配置と交通マネジメントについての技術研究開発」の助成を受けて研究を実施したものである。また、本研究で構築したBLE-PP調査の観測・通信網は、国立情報学研究所、SINET広域データ収集基盤実証実験として構築した。ここに謝意を表します。

## 参考文献

- 1) Hanson, S. and Huff, J.O. : Assessing day-to-day variability in complex travel patterns, *Transportation Research Record*, 891, pp.18–24, 1982.
- 2) Asakura, Y. and Hato, E. Tracking survey for individual travel behaviour using mobile communication instruments, *Transportation Research Part C*, Vol.12, pp.273–291, 2004.
- 3) 山口裕通, 奥村誠, 金田穂高, 土生恭祐 : 携帯電話GPS 情報から分かる熊本地震による行動パターンの被災・回復過程, 土木学会論文集 D3, Vol.73, No. 5, p. I\_105-I\_117, 2017.
- 4) Friis, H.T.:A Note on a Simple Transmission Formula. *IRE Proc*, pp.254–256, 1946.
- 5) 常陸太田市：常陸太田市地域公共交通網形成計画, 2017.

(2019. 10.4 受付)

## TRAVEL BEHAVIOR SURVEY USING BLUETOOTH LOW ENERGY FOR RURAL AREA

Yuichi MINATO, Aoba KAWADA, Takuma MITANI, Yoshiki SUGA, Sei MASUDA, Hideki YAGINUMA, Takahiko KUSAKBE