

Bluetooth を用いた地域鉄道車内での乗車人数推計手法の検討

Consideration of Method for Estimation of Passengers in Local Railway by Using Bluetooth

指導教授 轟 朝幸 兵頭 知

8078 乗次 海翔

1. はじめに

現在わが国では、新型コロナウイルス感染症の流行とそれに伴う旅客の混雑状況への関心から、大手鉄道事業者による車内混雑状況の計測事例が増加している。地域鉄道でも主にラッシュ時間帯や行楽シーズンにおいて、大手事業者と同様の混雑が発生する場合があります。混雑状況の計測は、地域鉄道でも有用であると考えられる。しかし、システム構築や機器設置工事などの追加の設備投資の負担が大きいなどの理由で、行われていないのが現状である。

そこで本研究では、スマートフォン等から発信される Bluetooth Low Energy (通信電波, 以下 BLE) に着目し、この電波を用いた鉄道車両での、混雑状況の計測手法を確立し、実車両での実証実験を通じて可能性を検証することを目的とする。本手法は市販のスマートフォンにインストールしたアプリケーションを用いて計測するため、大手事業者で先行して行われている事例と比較して低価格かつ簡便に導入可能であると考えられる。

2. 既存研究と本研究の位置づけ

轟ら¹⁾は、東京メトロ東西線を対象として、混雑情報の提供が混雑のばらつきを標準化させる一施策に成りえることを明らかにしている。松本ら²⁾は、路面電車の実証運行を対象として、電停にリアルタイムで列車の混空情報を提供する社会実験と乗車行動のアンケート調査を行い、混空情報の有用性を検証している。

これらの既存研究では首都圏や路面電車において研究を行っているが、地域鉄道でのリアルタイムでの乗車数の計測方法が確立されていない。そこで本研究では、地域鉄道で Bluetooth を用いて車内乗車人数の情報提供に資する計測手法の検討を行う。目視と BLE 計測を比較し、計測した際の沿線環境が計測にどう影響するか確認する。

3. 研究方法

3.1 スマートフォンアプリについて

応用情報工学科の五味研究室の協力により、アプリを制作した。スマートフォンの BLE 送受信機能を利用

して、乗客のスマートフォンから発信される BLE 電波の数量を計測する。

3.2 地域鉄道車内での実証実験について

実験の概要を表-1に示す。実験は地域鉄道の1つである千葉県のいすみ鉄道にて、上総中野~大原間の一往復で実施した。計測人数は3人で行い、計測場所は前後のドア横に1台ずつで計測を行った。また、BLE 計測の他、目視での計測も同時に行い、数の比較を行う。

表-1 実証実験の概要

項目	内容
調査目的	Bluetooth計測アプリの計測数と実際の乗車人数の比較
調査区間	いすみ鉄道 上総中野→大原→上総中野 一往復(計53.6km, 1時間43分)
調査日時	2021年11月28日(日)
調査方法	・Bluetooth計測アプリによる計測 ・目視による乗降数の記録
調査人員 機器台数	3人・2台

4. 実験結果

4.1 計測結果

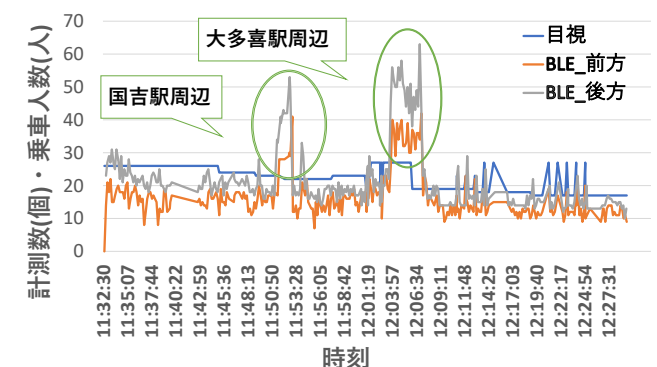


図-1 大原→上総中野の目視と BLE 計測の計測数

大原→上総中野の方が BLE 計測は多くなった。多く計測した大原→上総中野のグラフを図-1に示す。駅周辺は BLE 計測の方が極端に増加した箇所があり、駅周辺以外にも道路や踏切で急激に増加した場所もあった。そのため、記録した位置情報を基に、駅のホームから 50m 以上離れている値のみ使用し、平均値など7つの値で相関係数を算出した。

4.2 目測計測と前後それぞれの計測結果の相関

列車前後の相関係数を表-2に示す。全体的に列車

後方の相関係数が高くなった。これは、対象列車は後ろ乗り前降りの形式のため、後ろ側に乗客が集中したことが一因として推察される。BLE の範囲は列車全体の計測が可能だと想定されるが、計測機器から遠くなると受信電波が弱くなり、後方の計測数が増加し、相関係数に変化したと考えられる。

表-2 列車前後の相関係数

	機器位置	平均値	中央値	最頻値	75%タイル値	最大値	最小値
上総中野→大原 (往路)	前	0.9977	0.9967	0.9944	0.9974	0.9984	0.9928
	後	0.9983	0.9982	0.9939	0.9983	0.9910	0.9739
大原→上総中野 (復路)	前	0.9949	0.9960	0.9960	0.9959	0.9188	0.9796
	後	0.9982	0.9991	0.9974	0.9982	0.9538	0.9979

■ : 0.9967~1 □ : 0.9910~0.9960 ■ : 0.9188~0.9796

4.3 目測計測と前後合わせた計測結果の相関

前後の計測結果を合わせた相関係数を表-3に示す。往路で最も高い相関値を示したのは、75%タイル値と平均値、復路では最頻値となった。また、往路と復路の両データを対象とした相関係数を表-4に示す。その結果、往復では中央値が一番高い値を示した。

表-3 各値と相関係数

	平均値	中央値	最頻値	75%タイル値	最大値	最小値
上総中野→大原 (往路)	0.9909	0.9894	0.9854	0.9909	0.9863	0.9762
大原→上総中野 (復路)	0.9921	0.9930	0.9943	0.9938	0.9361	0.9766

■ : 0.9909~1 ■ : 0.9361~0.9894

表-4 上総中野～大原 1 往復の相関係数

	平均値	中央値	最頻値	75%タイル値	最大値	最小値
上総中野～大原 (往復)	0.9716	0.9725	0.9639	0.9723	0.9401	0.9599

■ : 0.9716~1 ■ : 0.9401~0.9639

往路の 75%タイル値と平均値の相関図を図-2に示す。結果、往路と復路の最も高い相関係数を比較すると差はあまりないが、図-2で近似曲線から外れている点があり、区間が上総中野～大多喜と大多喜～大原に

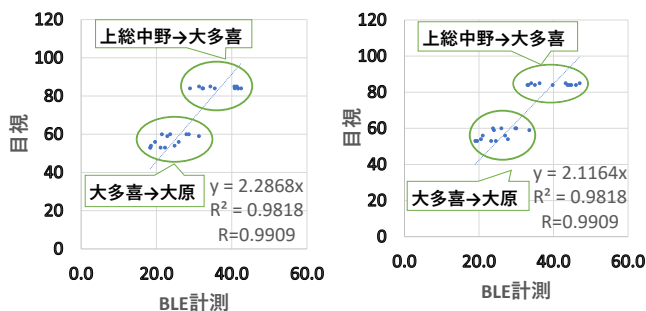


図-2 往路の平均値と 75%タイル値の相関図

集中した。そのため、2つの区間の前後で計測したものを、それぞれ相関係数を算出し、良い結果を採用した。その結果を表-5に示す。

表-5 2区間で相関係数の採用した値

	平均値	中央値	最頻値	75%タイル値	最大値	最小値
上総中野→大多喜 (往路)	後ろ	後ろ	前	後ろ	前	後ろ
大多喜→大原 (往路)	前	後ろ	後ろ	前	前	前
大原→大多喜 (復路)	後ろ	後ろ	後ろ	後ろ	後ろ	後ろ
大多喜→上総中野 (復路)	後ろ	後ろ	後ろ	後ろ	後ろ	後ろ

■ : 前 ■ : 後ろ

4.4 前後の結果を比較後の相関

前後の良い結果を採用し、往路と復路で算出後、往復にした相関係数の結果を表-6に示す。3つの値の相関係数が高くなり、その他の数値は下がったが、比較的1に近い値を示した。以上より、BLE計測数を基に混雑状況や乗車人数を推計することが可能である。

表-6 前後の良い結果比較後の往復の相関係数

上総中野～大原	相関係数	凡例
平均値	0.9680	0.9680~1
中央値	0.9825	
最頻値	0.9578	
75%タイル値	0.9691	0.9228~0.9620
最大値	0.9228	
最小値	0.9620	

5. 結論

本研究では、計測したデータから相関分析を行い、分析を行う前に駅周辺の急激な計測数増加を確認したため、駅周辺を削除したうえで相関分析を行った。その結果、殆どの値で相関係数が0.9以上であった。そのため乗車人数とBLE計測数には相関関係があり、混雑状況の計測への活用可能性を示した。また、2台で計測した方がより正確に乗車人数の計測が可能と明らかになった。今後の課題として、列車内の計測位置や台数の変更など、より適した計測方法の検討が必要である。

謝辞：本研究の実施にあたり、いすみ鉄道株式会社の皆様、応用情報工学科 五味悠一郎先生にご協力いただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 轟 朝幸, 水野 隆二: 都市鉄道におけるリアルタイムな混雑情報提供の有用性の検討 - 乗車選択行動モデルを用いて - 土木計画学研究・論文集, 27巻, p.787-794, 2010.
- 轟 朝幸, 松本 修一, 松田 博和: 路面電車利用者への混雑情報提供の有用性の検討, 運輸政策研究, 11巻, 1号, pp.017-024, 2008.