

Bluetooth LE を用いた地域鉄道における混雑状況計測手法の検討

日本大学大学院 学生会員 ○西脇 雅人

日本大学 正会員 轟 朝幸

日本大学 正会員 兵頭 知

日本大学理工学部 非会員 乗次 海翔

日本大学 非会員 五味 悠一郎

日本大学理工学部 非会員 劉 承炎

1. はじめに

近年、主に都市部の大手鉄道事業者において、車内や駅構内の混雑状況の計測事例が増加している¹⁾。従来はラッシュ時の混雑の平準化が目的であったと思われるが、2020年からの新型コロナウイルス感染症の流行以降、混雑した鉄道車両内での感染を避ける指標としても活用されている。

都市部の事業者と比較して利用者が少ない地域鉄道においても、主にラッシュ時や行楽シーズンにおいて、混雑が発生する場合がある。そのため、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、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。

そこで本稿では、スマートフォンなどから発信される Bluetooth Low Energy（以下 BLE）²⁾ の電波を用いて鉄道車両内で混雑状況計測実験を行い、その実用性を検討する。この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簡便に導入可能であると考えられる。

2. BLE を用いた混雑状況の計測方法

2. 1 計測の原理

計測原理の模式図を図-1に示す。スマートフォンをはじめとした BLE 対応機器の普及により、機器から発信される BLE 電波の計測数と実際の乗車人数には相関があると想定される。これに基づき、BLE 電波の計測数から混雑状況を推測するものである。

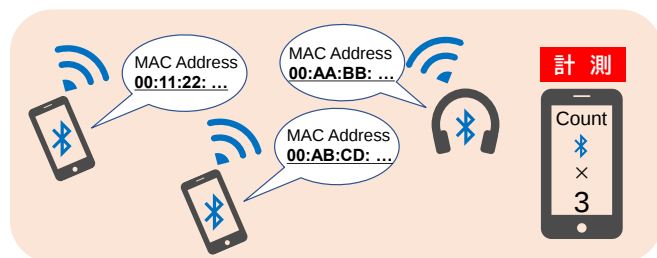


図-1 計測原理の模式図

2. 2 スマートフォンアプリ

Android 端末による Bluetooth 送受信機能を利用して、乗客が所持している BLE 機器から発信される電波を 10 秒ごとにセンシングし、その数量を計測するスマートフォンアプリを作成した。計測データはスマートフォンには記録せず、その都度サーバに送信する仕様とした。

3. 地域鉄道車両内での混雑状況計測実験

3. 1 計測実験概要

前述のスマートフォンアプリを用いた混雑状況の計測実験を、地域鉄道のひとつである千葉県のいすみ鉄道にて実施した（表-1）。実験は事業者の許可を得て、営業運転中の車内にて行った。BLE 電波の計測数と実際の乗車人数の比較のため、目視による各駅での乗降人数の記録もあわせて行った。

表-1 混雑状況計測実験の概要

項目	内容
目的	アプリケーションによる計測数と実際の乗車人数の比較
調査項目	・ Bluetooth 計測アプリによる計測 ・ 目視による乗降数の記録
日時	2021 年 11 月 28 日（日）
区間	いすみ鉄道 いすみ線（千葉県） 上総中野駅⇒（上り）⇒大原駅 大原駅⇒（下り）⇒上総中野駅 1 往復 53.6km
調査人員・機器台数	2 人・2 台

3. 2 計測条件

計測条件を図-2に示す。調査員を車両の前後にそれぞれ 1 人ずつ配置し、計測用の端末を所持する形で行った。



図-2 計測条件

キーワード Bluetooth, 地域鉄道, 混雑計測

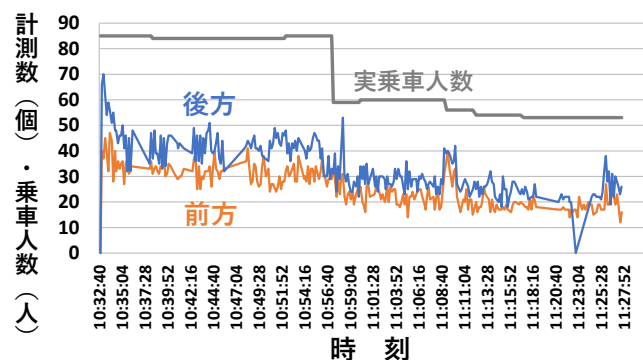
連絡先 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 運輸交通計画研究室 TEL 047-469-5219

4. 混雑状況計測実験の結果

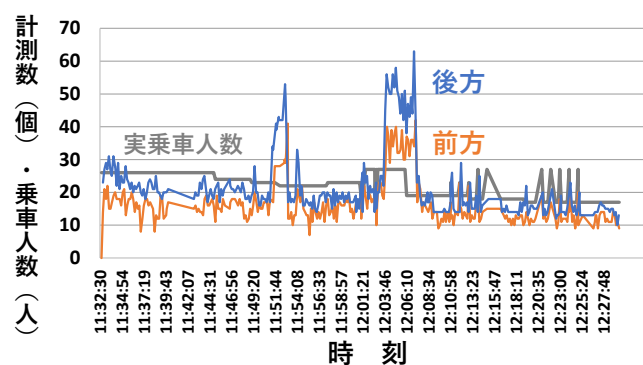
4. 1 実験結果

BLE 電波の計測数（車内前部・後部）と目視で計測した乗車人数の比較グラフを図－3，図－4に示す。

上り列車は乗車人数と比較して、半分ほどの計測数となった。一方下り列車は、乗車人数の7～8割程度の計測数となった。上りは立客が多く出るほどの混雑であったが、下りは乗車している全員が着席できる状況であった。このことから乗車人数が多いほど、乗車人数と計測数の差が大きくなるものと考えられる。また、下り列車では計測数が乗車人数を超過することがあった。これは列車の行き違いがあり、対向列車から発信される BLE 電波も計測したことで、このような事象が発生したと考えられる。



図－3 BLE 電波と乗車人数の計測結果（上り列車）



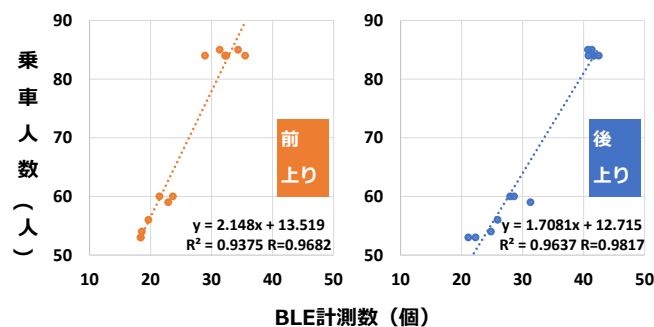
図－4 BLE 電波と乗車人数の計測結果（下り列車）

4. 2 BLE 計測数平均値と乗車人数の関係

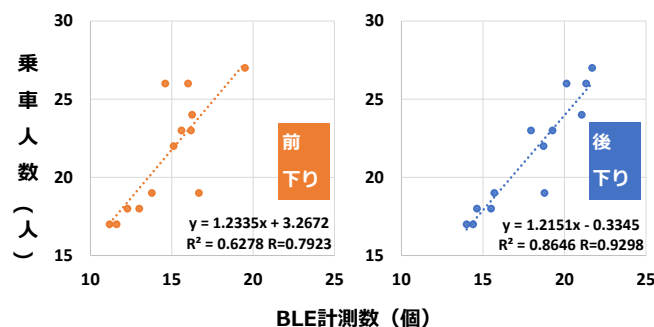
BLE 電波の計測は走行中・停車中に関わらず常時10秒ごとに行った。そのため駅間での BLE 計測数の平均値を求め、これを乗車人数と比較した。上り下り/車両前後それぞれの、BLE 計測数の平均値と乗車人数の関係を図－5，図－6に示す。

相関係数は 0.7923～0.9817 となった。このことから、BLE 計測数の平均値と乗車人数には比較的強い相関が存在するといえる。また決定係数も上り列車

では $0.9375 \cdot 0.9637$ となり、BLE 計測数をもとに混雑状況や乗車人数を推計できる可能性が示唆された。下り列車では $0.6278 \cdot 0.8646$ となり、上り列車と比較すると低い値となった。これは、乗車人数が少ない分、線路に近接する建物や並行道路を走行する車など、車両外から観測した BLE 電波が大きく影響を与えたものと考えられる。



図－5 BLE 計測数平均値と乗車人数（上り列車）



図－6 BLE 計測数平均値と乗車人数（下り列車）

5. おわりに

本稿では、鉄道車両内で計測した BLE 電波の数と乗車人数には相関関係が存在するとの仮説のもと、BLE 電波を計測するスマートフォンアプリを作成し、実際の車内で計測実験を行った。その結果、BLE 電波計測数の平均値と乗車人数には相関関係があることを確認し、混雑状況計測に活用できる可能性が示唆された。

今後は車内の計測箇所による差異などについて、さらに比較検討を行いたい。

参考文献

- 1) 国土交通省：鉄道の混雑緩和に資する情報提供のあり方に関する勉強会，
https://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_tk4_000032.html (2022.1 閲覧)
- 2) Kevin Townsend ら：Bluetooth Low Energy をはじめよう，O'Reilly Books，2015.