

# 交通系 IC カードの乗降データを用いた路線バスの乗客人数予測手法の提案

青地 美桜<sup>†</sup> 白石 陽<sup>†</sup>

公立ほこだて未来大学システム情報科学部<sup>†</sup>

## 1. はじめに

代表的な公共交通機関の一つとして、路線バスが挙げられる。バス利用者がバスを快適に利用するには、バスの混雑状況の把握が必要である。既存のバスロケーションシステムを利用する場合、バス利用者は乗車予定バスの混雑状況を事前に把握できないため、混雑しているバスへ乗車せざるを得ない場合がある。しかし、バス利用者に事前に複数のバスの混雑状況を提示することで、混雑していないバスを選択できるため、バス利用者はバス内で着席できる可能性がある。また、着席できない場合でも、別の乗客と密着するほど混雑しているバスに乗車することを回避できる。このように事前にバスの混雑状況を提示することで、混雑していないバスを選択できれば、バス利用時の快適性が高くなると考える。本研究では、乗車予定バスの混雑状況を把握する方法として、乗客人数を予測するアプローチを取る。

路線バスの運賃支払いに交通系 IC カードが利用されている。交通系 IC カードには、乗降車した時刻、乗降車した停留所、利用した路線等の乗降データが記録される。多数のカード利用者の乗降データを蓄積しデータベースとして管理することで、蓄積された乗降データに基づいて、停留所ごとの乗降人数、停留所間を移動する乗客人数が算出可能である。加えて、カード利用者の OD (Origin-Destination) 情報を、停留所を通過するバスの乗客人数予測や、すべての乗降人数の算出に活用できる可能性もある。以上の理由より、本研究では、乗客人数予測のために交通系 IC カードの乗降データを利用する。交通系 IC カードの一つである Suica は、2019 年 3 月 31 日時点で 7,587 万枚発行されており、前年度より 500 万枚増加している[1]。今後さらに、普及率は高くなると考えられるため、乗客人数の予測に活用することは妥当である。

そこで本研究では、バス利用者が混雑状況を把握するために、過去の交通系 IC カードの乗降データを活用し、乗客人数を予測する。

## 2. 関連研究

公共交通機関の混雑状況を予測する手法として、Bluetooth を用いた手法[2], [3], クラウドソーシングを用いた手法[4], 過去のバス利用者数、天候、人口のデータを用いた手法[5]が挙げられる。文献[2], [3]では、利用者

A Proposal of a Method for Predicting the Number of Passengers on Local Buses Using Ride Records of Transportation IC Cards

<sup>†</sup>Mio Aochi <sup>†</sup>Yoh Shiraishi

<sup>†</sup>School of Systems Information Science, Future University Hakodate

のスマートフォンや BLE (Bluetooth Low Energy) の位置によって予測結果が変化してしまう問題がある。文献[4]では、ユーザアンケート結果に基づいて、混雑状況を予測し、その予測結果をユーザへ提示している。しかし、アンケートの回答内容はユーザの主観によるため、同様の混雑状況であってもユーザによって回答内容が異なる可能性がある。

文献[5]では、過去のバス利用者数を算出し、算出結果に加えて天候、人口データを用いて予測モデルを構築し、翌日のバス利用者数を予測している。この手法は、文献[4]の手法と異なり、整理券や交通系 IC カードのデータを用いてバス利用者数を算出しているため、混雑状況の予測結果の信頼性が高くなると考えられる。しかし、この手法では、バスの運行時間帯を考慮していないため、通勤、通学時間等の特定の時間帯で増加するバス利用者数の予測に対して十分な精度が得られていない。

## 3. 提案手法

### 3.1 研究目的

本研究では、交通系 IC カードの乗降データを用いて、各停留所間でのバス内の乗客人数を算出し、乗客人数予測を行う。

### 3.2 乗客人数予測に用いるデータ

バスの運行時間帯を考慮した予測を実現するためには、各停留所での利用者の乗降車時刻の情報が必要である。停留所で乗降車している場合、乗降データ中の乗降車時刻を抽出できるが、乗降車が発生しない場合は停留所通過時刻を把握することができない。そこで、停留所通過時刻を算出するために、バスの運行実績データを利用する。バスの運行実績データには、バスが停留所を実際に通過した時刻のデータや、計画時刻のデータが記録されている。バスの運行実績データと乗降データ中の乗降車時刻を関連付けることで、乗降車が発生していない場合でもその停留所通過時点の時刻と乗客人数を把握できる。

また、バス利用時の天候がバスの乗客人数に影響すると考えたため、バス運行時の天候データを使用する。天候データには「晴れ」や「曇り」、「雨」等の細かい天候の情報があるが、バス乗車時に悪天候か、そうでないかによって乗客人数が変化すると考える。したがって、天候データとして、雨が降っていたか、降っていないかの 2 値を用いる。天候データは気象庁が公開しているデータを用いる。

### 3.3 乗客人数予測手法

表 1 に示すデータを用いて予測モデルを構築し、路線バスの乗客人数予測を行う。時間帯データはバスの運行時の時刻によって 3 種類に分類する。本稿では、「朝」を 6:00~10:59, 「昼」を 11:00~15:59, 「夜」を 16:00~21:59 としている。停留所番号とは、各停留所を一意に特定することができる番号のことである。本研究では、函館バス株式会社が設定している停留所番号を用いた。

表 1 予測に使用するデータ

使用データ	データの内容
乗客人数	バス内の乗客人数
運行日時	バスが運行した日時
曜日	バスが運行した曜日
天候	運行時の雨の有無
時間帯	朝, 昼, 夜の 3 つの時間帯
停留所番号	停留所に割り振られている番号

## 4. 実験および考察

### 4.1 実験目的

本実験では、時間帯と天候を考慮することが有効であるかを調査するために、表 1 に示したデータを用いて乗客人数予測モデルを構築し、予測モデルの精度評価を行う。今回は代表的な機械学習アルゴリズムであるランダムフォレストを用いて予測モデルを構築する。

### 4.2 実験環境と使用したデータ

実験環境として統計解析ソフト R を用い、予測モデルの構築を行った。また比較対象として、天候と時間帯を考慮しない予測モデルを構築した。交通系 IC カードのデータおよびバス運行実績データは、2019 年 4 月から 9 月までの期間で実際に運行していた 15 路線分を函館バス株式会社から提供を受けた。今回実験に使用した交通系 IC カードおよびバス運行実績データは、函館バスで運行している路線 A の 2019 年 4 月から 2019 年 8 月に運行していたバスのデータである。

### 4.3 予測モデルの精度評価

予測モデルの評価として、二乗平均平方根誤差 (Root Mean Square Error, RMSE) を用いる。本実験では 10-分割交差検証を行い、RMSE を算出した。RMSE の値は予測モデルを用いて予測した乗客人数と実際の乗客人数の誤差の大きさを示している。

### 4.4 評価結果と考察

予測モデルの精度評価結果を表 2 に示す。

表 2 予測モデルの精度評価結果

予測モデル	RMSE
時間帯, 天候を考慮したモデル	4.02
時間帯, 天候を考慮しないモデル	4.34

表 2 より、時間帯および天候を考慮したモデルの方が精度が高いことがわかる。これより、時間帯および天候を考慮の方が乗客人数をより正確に予測できることが示唆された。乗客人数を予測する際、バスが混雑していない場合を考えると予測誤差が 4 人程度であれば、影響がないと考える。しかし、バスが混雑している場合、バスに快適に乗車するのが困難になってしまう可能性があるため、今回構築した予測モデルの精度としては不十分であると考えられる。また、今回の実験に使用したデータ以外にも使用するデータの検討を行う必要があると考える。

## 5. おわりに

本研究では、交通系 IC カードデータの乗降データ、バスの運行実績データ、天候データを用いて乗車予定バスの乗客人数を予測する手法を提案した。そこで、基礎実験として、ランダムフォレストを用いて乗客人数を予測するモデルの構築を行い、予測モデルの評価を行った。10-分割交差検証を行った結果、RMSE の平均は 4.02 となった。これより、時間帯および天候を考慮の方が乗客人数をより正確に予測できることが示唆された。今後の課題として、予測モデルの精度向上のために、予測モデルを構築する際に使用するデータの検討を行う。

**謝辞** 本研究の一部は JSPS 科研費 JP17KT0082 の助成を受けたものである。また、実験に用いた交通系 IC カードデータおよび運行実績データは函館バス株式会社の協力によるものである。ここに深く感謝の意を表する。

## 参考文献

- [1] JR 東日本会社要覧, IT・Suica 事業. <https://www.jreast.co.jp/youran/>, (参照 20120-01-07).
- [2] 前川勇樹, 内山彰, 山口弘純, 東野輝夫, “鉄道における Bluetooth RSSI 特性を用いた乗車車両および混雑の推定手法”, 情報処理学会論文誌, Vol.55, No.6, pp.1614-1624 (2014).
- [3] 高松将也, 伊達伸之輔, 岩本健嗣, 松本三千人, “CroW: バス車内における混雑状況推定システム”, 情報処理学会研究報告マルチメディア通信と分散処理(DPS), No.14, pp.1-7 (2015).
- [4] Google, “Grab a seat and be on time with new transit updates on Google Maps”. <https://www.blog.google/products/maps/grab-seat-and-be-time-new-transit-updates-google-maps/>. (参照 2019-07-20).
- [5] 佐藤孝大, 大場みち子, “バスの到着時刻予測モデルの開発と移動手段提案システムの検討”, 情報処理学会研究報告情報システムと社会環境(IS), No.7, pp.1-7 (2018).