

乗降者数データと運行実績データを用いた バス到着時刻予測

前川 裕一[†] 中島 秀之[‡] 白石 陽[†]

公立はこだて未来大学システム情報科学部[†] 公立はこだて未来大学[‡]

1. はじめに

近年、地方の路線バスの利用者数は減少[1]し、バスの利便性を向上させるため多くの対策が行われてきた。その一つに、バス利用者にバスの運行情報を伝えるバスロケーションシステムがある。バスロケーションシステムはGPS (Global Positioning System) により取得したバスの現在の位置と各バス停の到着時刻などから、利用者が乗車しようとしているバス停（以下、乗車バス停）にバスの到着時刻を配信する。例として、函館バスのバスロケーション[2]ではWeb ページ上にバスの位置や乗車バス停への到着時刻を表示し、スマートフォンなどから閲覧が可能である。函館バスを含む多くのバスロケーションシステムでは乗車バス停の到着時刻を、各バス停間の計画時間を加算して求め表示している。計画時間とは、あらかじめバス運行会社によって定められたバス停間の移動時間のことである。このシステムで表示された到着予想時刻にバス停に向かうと、数分から数十分遅れて到着する、またはバスの到着予想時刻より早く到着しているという状況が起こる。バスの到着時刻が正確でない原因として、計画時間のみを予測に用いていることや渋滞による遅延を考慮していないこと、乗降車による遅延時間を考慮していないことが考えられる。

本研究ではバス運行時に得られる乗降者数データと、運行実績データから、より正確なバスの到着時刻を予測するための手法を提案する。

2. 関連研究

文献[3]では、気象条件や日付、曜日などの質的データを用いてバス停間の運行所要時間予測を行っている。この研究では、一年間の運行所要時間データを平均し用いることで予測値が最も良い結果となった。しかし、始発バス停から終着バス停間の運行所要時間を予測時に用いるため、任意のバス停間の運行所要時間を求めることができない。

文献[4]では、過去の運行所要時間と実際に走行中のバスのリアルタイムの運行所要時間を用いて、予測時の道路の交通状況を考慮している。また、運行所要時間を一つのバス停間ごとに用いているため、任意のバス停間の運行所要時間が予測可能である。しかし、これらの既存研究では、バスの遅延に大きく影響すると考えられる乗降者数を考慮していない。

3. 提案手法

到着時刻予測に用いるため、バスの各路線、各バス停

Arrival Time Prediction of Local Bus by Using Ridership Data and Bus Operation Record Data

[†]Yuichi Maekawa [†]Yoh Shiraishi

[†]School of Systems Information Science, Future University Hakodate

[‡]Hideyuki Nakashima

[‡]Future University Hakodate

での乗降者数や到着時刻などのデータを各バス停で対応づけてデータベースに保存する。蓄積したデータベースからデータを取得し到着時刻予測式により、各バス停での遅延時間を算出し、乗車バス停への到着時刻を求める。

3.1 遅延時間予測に関する仮説

著者らは、バスの到着時刻予測に向けて、バスの実際の運行実績データや乗降者数データに関して傾向分析を進めている[5]。乗降者数データはバス利用者の各バス停での乗車数、降車数、通過数を含むデータであり、通過数とは、そのバス停で降車しなかった人数（つまり、次のバス停に到着する際に乗車している人数）である。運行実績データは各バス停の時刻表での到着時刻（計画到着時刻）や実際の到着時刻、走行バスの識別IDを含むデータである。傾向分析の結果、遅延時間予測に関して、次の3つの仮説を立てる。

- (A) バスの遅延時間は乗車数や降車数の影響を受け、その度合いは通過数により変化する
- (B) 乗降者数はいくつかのバス停に集中し、遅延への影響が大きいバス停がある
- (C) 予測対象バス停間を直前に通過したバスの運行時間ではなく、それ以前に同路線上で発生した遅延時間の影響が大きい

仮説(A)は乗車数、降車数が同じであっても、その時の通過数によって遅延時間への影響の度合いが異なる場合があるためである。図1を例として説明する。図1は主要なバス路線Aの各バス停における乗降者数と遅延時間である。バス停1から9にかけては通過数が少なく乗降車による大きな遅延変化は見られない。しかし、バス停18での乗車数が多く、通過数が15人を越えた後に降車のあるバス停23から25では遅延時間が増加している。よって、一定数以上の通過数があるとき、乗降車が遅延時間に影響すると考えられる。

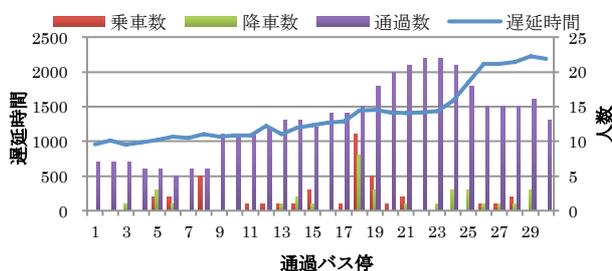


図1 主要路線Aの乗降者数と遅延時間

仮説(B)に関して、先行研究[5]では、バス停ごとに利用者数が異なっている傾向が見られた。仮説(A)が正しいとき、利用者が集中し、乗降車が多いバス停は遅延時間への影響も大きくなると考えられる。

仮説(C)は文献[4]から考察した結果である。文献[4]では、同じバス停間を走行する他路線の直前の運行時間を

用いて予測していた。しかし、先行研究[5]では、同じバス停間を走行する複数のバス路線を対象とした場合、必ずしも、そのバス停間の通過時刻の近い便同士の運行時間の差は小さくならなかった。このことから交通状況による遅延時間を考慮する場合、同じ路線の過去の運行時間を用いて予測を行うべきだと考えた。

3.2 予測式の検討

乗車バス停を x 、予測時刻直前に通過したバス停を c 、 x への到着時刻を T_x 、バス停 i への到着時刻を t_i とする(図2)。 $t_{i-1,i}$ はバス停 $i-1$ からバス停 i までの運行時間である。

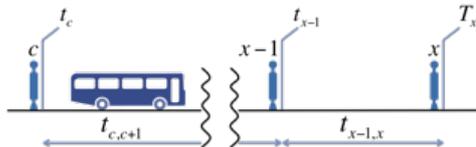


図2 乗車バス停と通過バス停

式(1)を用いて到着時刻予測を行う。

$$T_x = t_c + \sum_{k=c+1}^x t_{k-1,k} \quad \dots(1)$$

式(1)の $\sum_{k=c+1}^x t_{k-1,k}$ はバス停間の予測移動時間であり、計画時間および各バス停で乗降者数から発生する遅延の合計である。また、 t_c には直前までのバス停間の移動による遅延時間が含まれている。乗降者による遅延時間は仮説(A)および(B)の考慮をし、バス停間の移動による遅延時間は仮説(C)に関わる考慮をしている。

4. 考察

4.1 対象データ

到着時刻予測を行うため、乗降者数と運行実績の各データを PostgreSQL 上でデータベース化した。到着時刻予測式は Java で実装し、データベースから必要なデータを取得し遅延時間を算出する。プログラムは Java を用いて実装している。乗降者数データはバスの整理券データから取得した。また、運行実績データはバスロケーションシステムから取得したものである。各データは函館市内を走行する主要なバス 11 路線のデータであり、乗降者数が多い区間を含む 20 本のバス停間を対象とした。期間は 2013 年 2 月 9 日(土曜)から 2 月 15 日(金曜)までの 1 週間である。

4.2 乗降者数データと遅延の分析と考察

乗車バス停 x での乗車数を $n_{on}(x)$ 、降車数を $n_{off}(x)$ 、乗降者による遅延を d_x としたとき、乗車数と降車数を用いて、遅延時間への影響を調べた。この時、バス停で発生する乗降車による遅延時間を式(2)で計算する。

$$d_x = u_{on} \times n_{on}(x-1) + u_{off} \times n_{off}(x-1) \quad \dots(2)$$

u_{on} と u_{off} はそれぞれ単位乗車時間、単位降車時間であり、利用者 1 人が乗車、降車にかかる時間である。今回は文献[6]から、単位乗降車時間を 3 秒とした。ただし、仮説(A)を考慮し、通過数が 15 人以上の時は 5 秒とした。 $n_{on}(x)$ と $n_{off}(x)$ として実際の運行時に得られた実乗降者数、1 週間平均、1 日平均、曜日区分平均のデータを用い

た場合の遅延時間の予測結果を図 3 に示す。曜日区分とは、平日(火曜から金曜まで)と土日祝日(土曜から月曜)の 2 種類のこである。図 3 では、式(2)において、乗車バス停 x を固定し、バス停 c までのバス停数を変化させた場合の比較である。

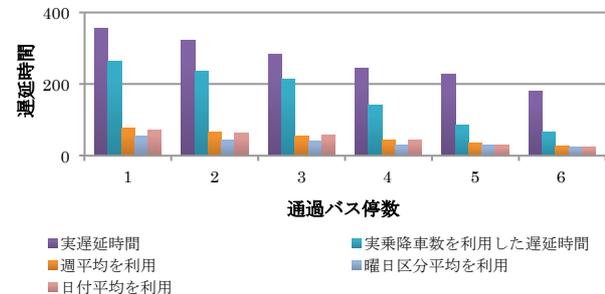


図3 乗降者数から算出した遅延時間

結果は乗降者数を用いる際に、週・曜日区分・日付の平均を用いて遅延時間を算出した場合には、実遅延時間との差が大きかった。しかし、実際の乗降者数を利用した場合では近い結果となった。乗降者数は時間帯によっても変化すると考えられるため、今後は便ごとや時間帯ごとの平均も検討したい。通過バス停数が多くなるにつれ、遅延時間との差が減少しているが、これは通過数の影響や単位乗降者時間の設定が不十分であるためであると考えられる。

5. おわりに

本研究では、バス運行時に得られる乗降者数データと運行時間データを用いた、到着時刻予測手法を検討した。今後の課題として、3.1 節の仮説を実データと予測式により検証すること、予測のためにデータベースのテーブル構造の改善が必要である。また、今回用いたデータは 1 週間分のデータに限られているため、より多くのデータを蓄積し検証、評価する必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、到着時刻予測に用いた乗降者数データや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。

参考文献

- [1] 国土交通省, バスの車両数と輸送人数及び走行キロ <<http://www.mlit.go.jp/common/000117169.pdf>> (最終アクセス 2014 年 1 月 4 日) .
- [2] 函館バス, バスロケーション<<http://www.hakobus.jp/>>
- [3] 辰巳浩, 大野雄作, バスプローブデータを用いた路線バスの予想所要時間に関する基礎的研究, 都市政策研究, No.9, pp.79-86 (2010) .
- [4] 内村圭一, 成松裕介, 衛藤旭秀, 胡振程, バスロケーション情報を用いたバス停間所要時間予測, 国際交通安全学会誌, Vol.32, No.3, pp.64-71 (2007) .
- [5] 前川裕一, 林夏美, 牧野友哉, 白石陽, バス到着時刻予測におけるバス運行所要時間データと乗降客数データの活用, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, Vol.21, pp.165-171 (2013) .
- [6] 宇佐美誠史, 元田良孝, 金澤崇, バス乗降時間の要因に関する基礎研究, 交通工学研究発表会論文 報告集, Vol.25, pp.269-272 (2005) .