

## D-5

## 予測時点の違いを考慮した路線バスの遅延時間予測モデル Route Bus Delay Time Prediction Model Considering Prediction Time-Points

指導教授 轟 朝幸

4063 高野 泰志

### 1. はじめに

#### 1. 1 研究の背景

近年、バスの輸送需要が減少傾向であり、路線バスの減便やバス事業者の減少が進んでいる。そのような状況に対して、一部の事業者はバスの利便性向上による利用者の増加を図るため、バスロケーションシステム（以下、バスロケ）を導入している。バスロケとは、GPS を用いてバスの位置情報を取得し、利用者にバスの到着時刻や現在位置を配信するシステムである。しかしながら同システムで提供される情報については、直近の停留所通過時点の時刻に先行バスの実績所要時間や計画所要時間を加算するなどの簡易なシステムが多いため、正確な予測到着時間を提供できない可能性がある。そこで轟ら<sup>1)</sup>は前便の平均所要時間や途中停留所の停車時間、交通量のピークの時間帯や日曜日、降雨日といった要因を考慮し、ニューラルネットワーク（以下、NN）を用いて遅延時間の予測を行った。しかしながら同研究では、過去の実績データに基づいた予測を行っており、リアルタイムの予測時点では取得できない情報も説明変数として含まれている。このため、リアルタイムや数時間以上前での利用を想定した場合には予測できないといった課題点が挙げられる。

#### 1. 2 研究の目的

本研究では、乗車予定バスの発車後、発車前で異なる予測時点別に遅延時間を予測可能なモデルを構築する。具体的には、発車後時点の予測では、リアルタイムで取得できる発車時の遅れや前便の所要時間の実績値を使用し、取得できないものに関しては、平均値やダミーを代用することでリアルタイムを想定したモデルを構築する。さらに、発車前時点の予測では、統計値に基づくデータでモデルを構築し、時点別の予測精度の比較を行うこととする。使用モデルは NN を用いてモデル構築を行う。NN は機械学習型の非線形モデルであり、過去のデータを繰り返し入力して学習させることで複雑な関係を再現できるため、様々な要因により発生する遅延時間の予測に適しているといえる。

### 2. 対象路線と使用データ

#### 2. 1 対象路線

本研究での分析対象は、埼玉県さいたま市を運行している国際興業株式会社のバス（以下、国際興業バス）のうち、特に遅延が発生しやすい大宮駅東口から浦和美園駅西口を運行している大 01 系統のバスの下り便を対象とする。同路線の運行時間は片道約 40 分であり、1 日 20 便ほど運行している。

#### 2. 2 使用するデータ

運行データは、国際興業バスから提供されたバスロケデータの 2014 年 4 月から 2016 年 3 月のものを使用する。乗降者数データは同期間の IC カードデータを使用する。交通量のデータは平成 27 年度のさいたま市の道路交通センサスデータを使用し、降雨量のデータは気象庁の降雨データを使用する。

### 3. モデル構築

#### 3. 1 予測区間

本研究では、ケーススタディに累積の遅延時間が最大となる根木輪停留所に到着する際の遅延時間を予測対象とする。発バス停については、道路交通センサスによって分割された 5 つの区間の最初に通過する大宮駅東口、南堀の内、中川坂上、日大前、片柳小学校の 5 つのバス停として、これらのバス停を発車してから根木輪に到着するまでの遅延時間をモデルで予測する。

#### 3. 2 モデルに使用する変数

表 1 は各時点別のモデルに投入する説明変数の一覧を示したものである。平均値は曜日、便別に集計した数値を使用した。

表 1 使用した変数

リアルタイム想定モデル	統計値モデル
直近バス停通過時の遅れ	直近バス停平均通過時の遅れ
前便の実績所要時間	前便の平均実績所要時間
直近バス停通過時 1 時間別交通量	ダイヤ上での 1 時間帯別交通量
途中停留所の平均乗降者数	途中停留所の平均乗降者数
降雨ダミー	降雨ダミー
平休ダミー	平休ダミー

### 4. 推定結果

乗車予定のバスが発車した後の時点を実験したリアルタイム想定モデルの NN による大宮駅東口停留所出

発直後における根木輪停留所の遅延時間を予測した結果を図-1に示す。決定係数  $R^2$  は約 0.63 を示した。さらに、予測遅延時間が実遅延時間の  $\pm 1$  分の範囲内および  $\pm 3$  分の範囲内で推定できた場合的的中率を算出した (図-2 参照)。その結果、大宮駅東口からの予測値と実績値の誤差が  $\pm 1$  分以内となる確率は約 36%、 $\pm 3$  分以内は約 84% となることを示した。対して、現在の国際興業バスのバスロケでの予測手法は直近のバス停通過時刻に前 3 便の所要時間の平均値を加算するシステムの予測であり、この手法での誤差  $\pm 1$  分以内確率は約 24%、 $\pm 3$  分以内は約 61% の結果を示した。このことから、リアルタイム想定モデルの予測精度は現状よりも大きく向上したものと推察される。しかしながら、目標停留所に近づくほど、現状のバスロケの予測値からの精度向上の割合が小さくなる結果を示した。これは、予測区間長が短いため、バス停通過時刻と前便の所要時間のみを考慮する現状の予測手法であっても、ある程度の精度を担保して予測はできるものと考えられる。

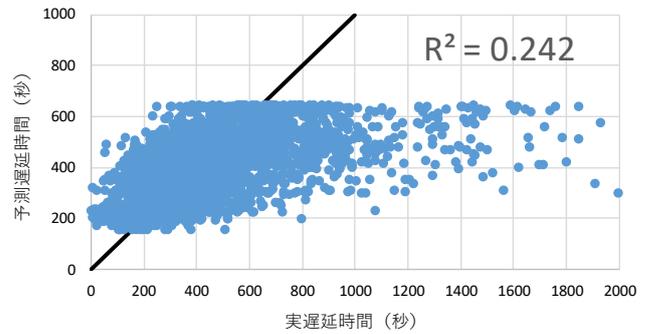


図-3 大宮駅東口発後の統計値モデル

乗車予定のバスが発車する前を想定した統計値モデルの NN による大宮駅東口停留所発直後における根木輪停留所の遅延時間を予測した結果を図-3に示す。同図より、 $R^2$  は約 0.24 の値を示し、誤差  $\pm 1$  分以内確率は約 30%、 $\pm 3$  分以内は約 75% と、大宮駅東口からの予測では現在の手法に比べ精度が向上した。しかし、図-2を見ると、中川坂上以降においては現在の手法よりも的中率が低いことを示した。これは、直近バス停通過時の遅れは走行時間が長くなるほどばらつきが増大するため、平均値を代用している統計値モデルは、リアルタイム想定モデルに比べ精度は向上しなかったものと考えられる。

### 5. おわりに

本研究では、バスロケへの導入を視野に入れ、乗車予定バスの発車後、発車前の異なる予測時点別に遅延時間を予測可能なモデルを構築した。その結果、大宮駅東口発車直後の予測においては、リアルタイムの時点を想定したモデルで、予測値と実績値の誤差が  $\pm 3$  分範囲内で約 84% だが、 $\pm 1$  分範囲内では約 36% と高精度には至らなかった。しかしながら、既存の予測システムと比較すると同一条件下において、 $\pm 3$  分範囲内の的中率は約 23 ポイントの精度向上を示した。また、数時間以上前の時点を想定した統計値モデルについても、 $\pm 3$  分範囲内の的中率は約 75% であることから、遅延時間をあらかじめある程度予測可能であることを示した。

### 謝辞

国際興業株式会社様には、データ提供、ヒアリング調査にご協力いただきました。ここに謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 轟朝幸, 川崎智也, 野村大智, 横関敬裕: ニューラルネットワークを用いた路線バスの遅延時間予測, 交通工学論文集, 第3巻, 第2号, pp.202-207, 2017.

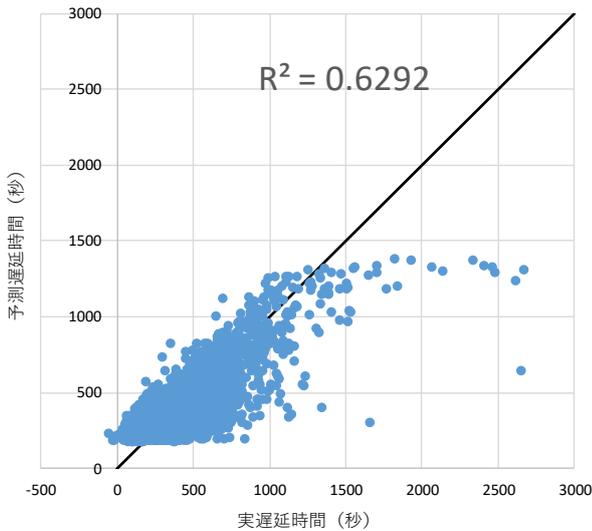


図-1 大宮駅東口発後のリアルタイム想定モデル

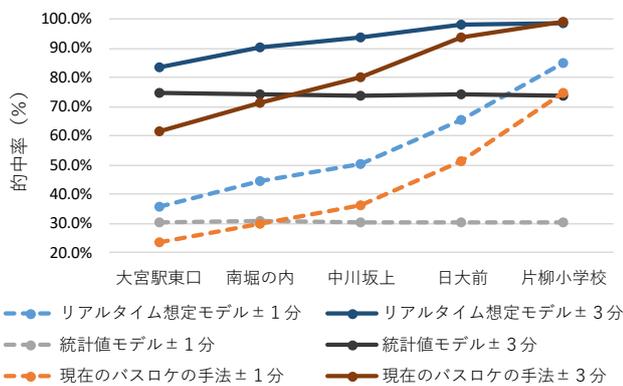


図-2 各停留所発後の的中率