

## プローブパーソン調査を活用した鉄道乗車待ち時間推定モデルの精緻化

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○池田 幸平  
 芝浦工業大学大学院 正会員 樋野 匠海  
 東京理科大学 正会員 柳沼 秀樹

### 1. はじめに

都市鉄道における乗車待ち時間は、乗車時間や費用と同様にサービス水準を規定する重要な要素である。我が国の鉄道需要予測手法では、駅の乗車待ち時間は「列車運行間隔の1/2」として与えられている<sup>1)</sup>。

高頻度運行を実施している都市部の路線では、利用者は運行間隔を意識せずにランダムに到着していると考えられる。しかしながら、運行間隔が長い路線では、利用者が発車時刻を考慮せずにランダムに到着しているとは考え難く、発車時刻を意識した到着が行われていると考えられる。

小林ら<sup>2)</sup>は、利用者の乗車待ち時間を「利用者が乗車待機列に整列またはベンチ等の付帯設備に待機してから列車発車までの時間」と定義し、プラットホームに到着する利用者をカウントしている。その結果、列車運行間隔が7.5分以上から、乗車待ち時間が列車運行間隔の1/2から乖離することを明らかにしている。一方、この手法の問題点は、プラットホームに到着するまでの利用者の行動が把握できないこと、マニュアルカウント調査のためデータ取得コストが高いことが挙げられる。

本研究では、GPSを活用したプローブパーソン(PP)調査等により取得された鉄道利用者の移動軌跡データを利用して、改札通過後の待ち行動を考慮した乗車待ち時間を推定し、列車運行間隔との関係性を明らかにする。その結果をもとに、利用者の乗車待ち時間推定モデルを構築する。

## 2. PP データを用いた待ち時間の計測

### 2-1. 使用データの概要

本研究では、2008年11月8日～12月24日、2009年10月29日～11月27日、2010年7月5日～8月11日、2018年8月27日～12月31日に行われたプローブパーソン調査データを利用する。

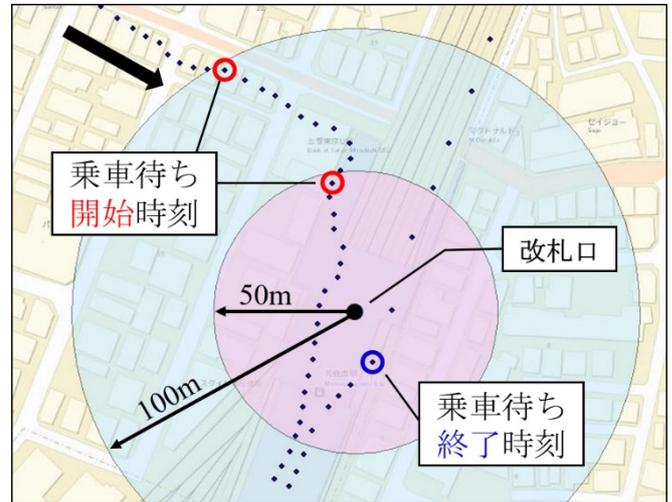


図-1 乗車待ち時間計測手法の手順

### 2-2. 待ち時間の計測手順

本研究における乗車待ち時間の定義は、「利用者が改札口を通過してから列車発車までの時間」とする。しかし、PP調査によって得られた位置座標データは精度にばらつきがあるため、改札を通過した時刻や列車が発車した時刻を明確に把握することが困難である。そこで以下の手順で乗車待ち時間を計測する。

#### a) PPデータの可視化

鉄道を利用しているトリップの移動軌跡をGIS上に表示する。そこから被験者が駅へ向かっているトリップを抽出する。対象駅は、普通列車のみが停車する駅とした。

#### b) 待ち時間の計測

まず、改札口を中心とした同心円を描き、そこにプロットが到達した時刻を乗車待ち開始時刻とする。これに同心円から改札口までの直線距離を移動とした場合の歩行時間を加算した時刻を被験者が改札口を通過した時刻とする。これにより、位置情報データのばらつきによって被験者の正確な座標を把握することが困難な場合でも、改札口を通過した時刻

キーワード：プローブパーソン調査、列車運行間隔、乗車待ち時間

連絡先：〒135-8548 東京都江東区豊洲3-7-5 09C32 芝浦工業大学 交通計画研究室 TEL：03-5859-8354

を算出することが可能である。改札口が複数ある駅は全ての改札口から同心円を描き、そのうちのどれか1つに到達した時刻を乗車待ち開始時刻とする。本研究では、半径50mと100mの2種類の同心円を設定して分析を行う。

次に、移動軌跡を追跡し、列車が発車したことが明らかかなプロットの1つ前のプロットの時刻を乗車待ち終了時刻とする。そして、改札口を通過した時刻から乗車待ち終了時刻までの時間を乗車待ち時間とする(図-1)。この際に、歩行速度を考慮する必要があるが、本研究では、60m/分、80m/分、100m/分の3パターンの歩行速度を設定して分析する。

### c) 列車運行間隔の設定

計測した待ち時間の妥当性を確認するために、乗車待ち終了時の1時間あたりの運行本数から実際の運行間隔を算出した。また、使用したデータの当時の運行間隔を再現するため、PP調査が行われた年のMYLINE時刻表を使用した。

## 3. 分析結果

円半径を100m、歩行速度を60m/分に設定したケースを用い、乗車待ち時間と運行間隔との関係を図-2に示す。図の横軸を運行間隔、縦軸を乗車待ち時間としてPPデータより算出した結果をプロットしている。また、分析対象としたのは、普通列車のみが停車する駅であるため、到着した普通列車に乗らずに優等列車を待つといった行動は発生しないと考え、乗車待ち時間が運行間隔よりも長いプロットは除いた。乗車待ち時間推定モデルは、式(1)のように得られた。 $W$ は乗車待ち時間(分)、 $h$ は運行間隔(分)である。

$$W = 2.05 \ln(h) - 1.04 \quad (1)$$

改札口の中心からの円の半径を50mに設定した場合には、運行間隔が5~6分以上になると乗車待ち時間が運行間隔の1/2と乖離することがわかった(図-3)。また、円の半径を100mに設定した場合には、運行間隔が6~7分になると50mの場合と同様に運行間隔の1/2との乖離が見られた(図-4)。これは、現実的な利用者の行動と整合する結果であると考えられる。

## 4. まとめ

PP調査データを用いて乗車待ち時間を推定する手法を構築し、従前から用いられている列車運行間隔の1/2を乗車待ち時間として与えることは、列車運行間隔が7分を超える場合には当てはまらず、実態と

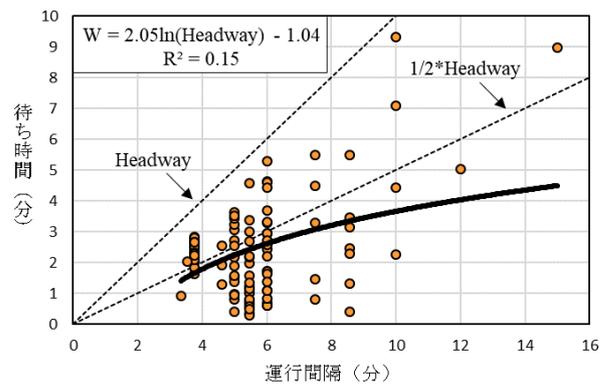


図-2 運行間隔と乗車待ち時間との関係 (円半径：100m、歩行速度：60m/分)

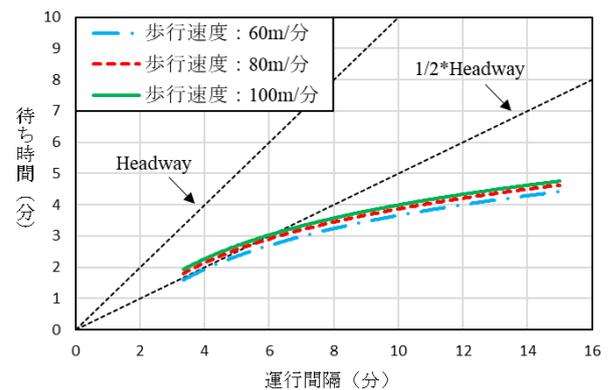


図-3 歩行速度別の回帰曲線 (円半径：50m)

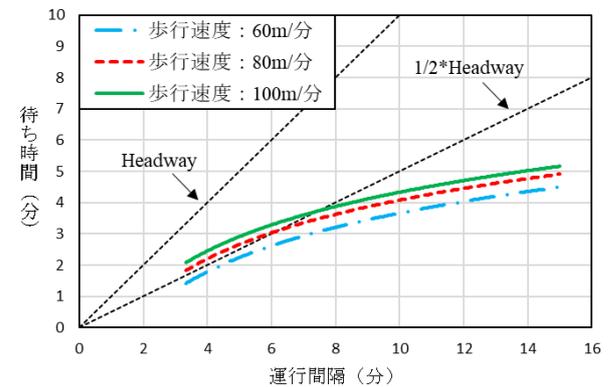


図-4 歩行速度別の回帰曲線 (円半径：100m)

の乖離が生じることが明らかとなった。

今後の課題として、複数の列車種別が同一のプラットフォームで発着する場合での待ち時間推定モデルの構築、PPデータからより効率的に個人の待ち時間を算出するアルゴリズムの検討などが挙げられる。引き続き検討を行い、モデルの精緻化に取り組む。

### 謝辞

本研究は、第18回行動モデル夏の学校における検討結果を報告するものである。データ提供ならびに有益な条件を頂いた。ここに感謝の意を表す。

### 参考文献

- 1) 国土交通省：東京圏における今後の都市鉄道のあり方について 鉄道需要分析手法に関するテクニカルレポート，2016。
- 2) 小林 渉，渡部 翔平，岩倉 成志，山下 良久：都市鉄道の運転間隔と利用者の乗車待ち時間の推定モデル，土木計画学研究・論文集，Vol.75，No.5，pp.693-700，2019。