

都市鉄道の運行間隔に基づく平均待ち時間の推定モデル



AH15213 渡部 翔平
指導教員 岩倉 成志

1. 背景と目的

鉄道サービスの要素として、費用や乗車時間などがあり、運行間隔に依存する駅での待ち時間もその一つである。現在、我が国の都市鉄道需要予測手法では、利用者の待ち時間(Average Waiting Time)は「列車運行間隔(Headway)の 1/2」で与えている¹⁾。これは、列車が等間隔で運行し、利用者の到着分布が一様分布とすると、次式となるためである。

$$\text{Average Waiting Time} = \int_0^{\text{Headway}} \frac{t dt}{\text{Headway}} = \frac{\text{Headway}}{2}$$

しかし、運行間隔が長い路線や種別では、利用者は発車時刻を意識するため、到着分布は一様分布とならず、利用者の平均待ち時間が運行間隔の 1/2 になるとは考えにくい。つまり、需要予測で設定する変数は、実際の待ち時間と乖離が生じると想定される。その結果、低頻度の新線建設や優等列車の新規導入の際に需要を過小推計し、便益を正しく評価できないと考える。

本研究では、利用者は発車時刻を意識して駅に到着している仮説のもと、普通列車と優等列車の利用者の待ち時間を計測し、その結果をもとに、利用者の平均待ち時間モデルを推定することを目的とする。

2. 研究方法

2-1 現地調査の概要

待ち時間の定義を、利用者がホーム上に整列した時点から列車の発車までとし、東京圏の複数の駅で電子数取器を用いて利用者の到着状況を計測した。

普通列車の調査対象駅は、以下の条件を満たす駅とした。(表-1 参照)

- 1) 運行間隔が等間隔の駅
- 2) 種別によって乗車ホームが分かれている駅
- 3) 始発列車が存在しない駅
- 4) 乗換路線が存在しない駅

また、優等列車の調査対象駅は、運行間隔が等間隔である駅から選定した。(表-2 参照)

表-1 普通列車計測駅一覧

運行間隔	駅名	方面	路線名	調査日	調査時刻	計測人数
2.5分	東十条	上野方面	J R 東日本京浜東北線	1月23日	7:59-8:39	566
5分	南千住	中目黒方面	東京メトロ日比谷線	12月11日	12:58-13:58	219
6分	新高島	目黒方面	都営地下鉄三田線	9月18日	11:50-13:09	162
"	鶯の木	蒲田方面	東急電鉄多摩川線	10月4日	11:46-13:18	229
"	石川台	五反田方面	東急電鉄池上線	10月9日	12:30-14:00	296
7.5分	下板橋	池袋方面	東武鉄道東上線	11月2日	11:23-12:47	278
"	仲町台	あざみ野方面	横浜市営地下鉄	11月14日	12:46-14:31	340
10分	都立家政	新宿方面	西武鉄道新宿線	10月5日	11:31-13:31	442
"	越谷レイクタウン	西船橋方面	J R 東日本武蔵野線	10月17日	11:45-13:45	289
"	越谷	北千住方面	東武鉄道伊勢崎線	12月15日	11:38-13:18	256
15分	金町	金町方面	京成電鉄金町線	10月18日	11:24-14:09	122
"	飯山満	西船橋方面	東葉高速鉄道	10月22日	11:31-14:31	274
20分	西大宮	大宮方面	J R 東日本川越線	9月14日	11:06-13:06	164
"	日進	大宮方面	J R 東日本川越線	10月16日	12:48-14:48	184
"	秋山	青砥方面	北総鉄道	10月23日	11:26-14:46	93
30分	柳生	新栃木方面	東武日光線	11月1日	11:03-14:03	30
"	武蔵増戸	拝島方面	J R 東日本五日市線	11月9日	11:13-16:11	163
"	布佐	我孫子方面	J R 東日本成田線	11月26日	11:10-15:40	167

表-2 優等列車計測駅一覧

運行間隔	駅名	方面	路線名(種別名)	調査日	調査時刻	計測人数
10分	北千住	越谷方面	東武伊勢崎線急行	12月3日	13:15-14:55	546
"	田無	新宿方面	西武新宿線急行	12月4日	10:57-12:36	248
"	越谷	北千住方面	東武伊勢崎線急行	12月15日	11:36-13:16	456
20分	日暮里	成田空港方面	京成スカイライナー	11月12日	13:42-17:05	359
"	京成佐倉	上野方面	京成本線特急	11月27日	12:52-15:52	151
"	栗平	新百合ヶ丘方面	小田急多摩線快速急行	11月30日	13:02-16:23	125
30分	上野	勝田方面	ひたち・ときわ	11月16日	11:00-16:00	345
"	新宿	成田空港方面	成田エクスプレス	11月19日	12:10-17:10	543

計測対象は、調査の初期段階で全車両を計測した7駅の結果から、駅全体の待ち時間を近似できると判断した階段付近の3車両分とした。なお、計測場所に待合室等の付帯設備が存在した場合、その場所で待機する利用者也計測対象とする。

計測日時は、平日の日中(10時-17時)を基本とする。東十条駅での計測は、ダイヤの都合上、朝の時間帯に行った。なお、荒天日は、利用者の行動の変化や遅延の発生が考えられるため、計測は行っていない。

2-2 分析方法

運行間隔ごとの利用者の待ち時間の傾向を、横軸を実際の運行間隔を1に標準化した累積到着割合を比較し分析する。用いるデータは計測時間1時間以上または計測本数10本以上のものとする。留意点として、2分以上の遅延が発生した場合、最初に遅延した列車の1本前までを分析対象とする。

平均待ち時間モデルは、式(1)のように、説明変数を運行間隔の対数とする回帰分析にて推定する。

$$\text{Average Waiting Time} = A \cdot \ln(\text{Headway}) + B \quad (1)$$

A:係数 B:定数項

3. 運行間隔と到着分布の関係

図-1 および図-2 に、普通列車と優等列車の累積到着割合を示した。なおグラフには代表的な駅を示しており、到着分布に一樣分布を仮定した線(直線)も示した。

普通列車の到着割合を見ると、運行間隔が短い駅では利用者の到着は一樣分布に近づく形になっている。しかし、運行間隔が長くなるにつれて、利用者の到着は一樣分布から離れる傾向にある。すなわち、発車時刻を意識して行動するという仮説が正しいと考えられる。

有料の優等列車が停車する日暮里駅と新宿駅、上野駅の到着割合を見ると、日暮里駅と新宿駅では運行間隔が長いにもかかわらず、一樣分布に近い形になっている。しかし上野駅では、利用者の到着は一樣分布から離れる形になっている。この違いは、日暮里駅と新宿駅での調査列車の行先が成田空港であり、大きな荷物を持った観光客や外国人観光客が余裕をもって行動をしているためと考えられる。需要予測手法においても、空港アクセスの予測に関しては通常の前測とは別に行われており、本研究においても異なるモデルが必要であることを示唆している。

また、田無駅と栗平駅は無料の優等列車が運行しているが、同じ方面に普通列車も運行している。到着割合をみると、優等列車利用者の到着は、多くが普通列車の発車以降になっている。優等列車の利用者が時刻表をより意識した行動をしていることが、要因の一つであると考えられる。今後、優等列車のモデルの検討の際には、普通列車と優等列車の発車時刻の間隔の影響を考慮することが必要であるとする。

4. 平均待ち時間モデルの推定

図-3 にすべての計測駅の、運行間隔と乗車待ち時間の平均値との関係を示す。乗車待ち時間の平均値は、運行間隔 7.5 分以上の駅から運行間隔の 1/2 と乖離することが分かった。

本研究では、優等列車の調査は不十分であるため、普通列車の平均待ち時間の実測値のみを用いて、モデルの推定を行う。運行間隔と待ち時間は線形関係ではないことが分かったため、説明変数には運行間隔の対数を用いる。推定の結果、式(2)になり図-3 に回帰曲線を示す。

$$\text{Average Waiting Time} = 2.07 * \ln(\text{Headway}) - 1.01 \quad (2)$$

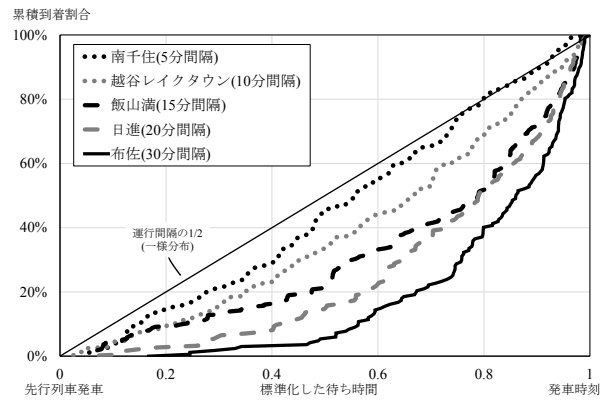


図-1 普通列車停車駅の累積到着割合

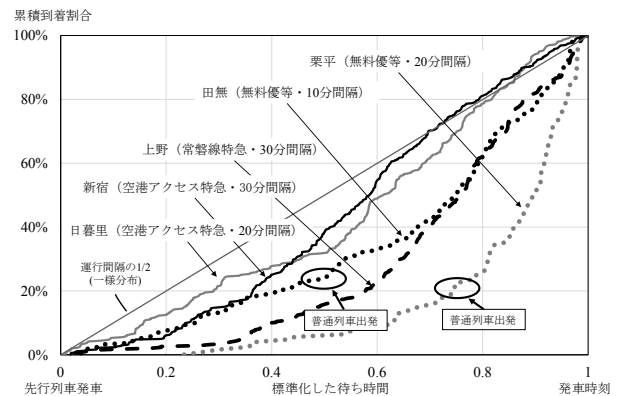


図-2 優等列車停車駅の累積到着割合

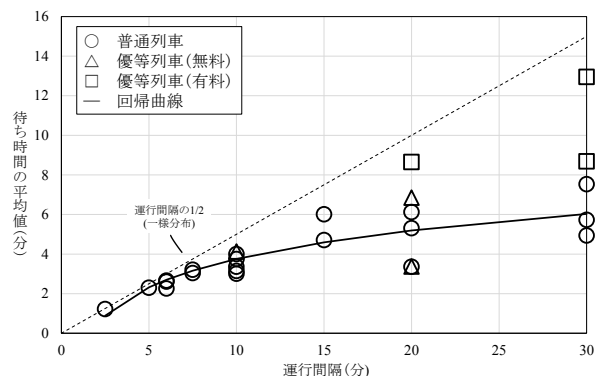


図-3 運行間隔と乗車待ち時間の平均値との関係

決定係数は 0.78 となり、モデルの精度は良好である。

この推定式を用いることで、鉄道経路選択において、より実態に近い待ち時間の設定が可能になる。

5. まとめ

駅での計測の結果、利用者の平均待ち時間は、運行間隔が長くなるほど、運行間隔の 1/2 から乖離することが明らかになり、現在の設定方法とは整合するものではないといえる。今後は推定した待ち時間モデルを利用し、実際に鉄道経路選択モデルのパラメータがどのように変動し、選択確率に及ぼす影響を確認していく。

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.