

都市鉄道の運行ダイヤが緩急行乗車割合に与える影響分析



AH20029 井上誠仁

指導教員 岩倉成志

1. 背景・目的

東京圏における都市鉄道の混雑問題に対し、鉄道事業者は従来、優等列車の運行や混雑区間の複々線化工事を精力的に行うことで、ラッシュ時間帯の輸送力を増強してきた。コロナ禍で一時減少した鉄道利用者数は徐々に回復し、再び高い混雑率の列車での通勤通学になりつつある中、急行列車に利用客が集中することで、緩行列車との混雑率に大きな差が生じている路線もある。急行列車の需要偏重は、移動を急ぐ利用者の心理的要因、駅などの路線設備による要因、運行ダイヤによる要因などが複雑に影響し、発生していると考えられる。既往研究¹⁾により、ダイヤパターンが乗車時間や列車混雑率に与える影響が示されているが、駅ごとの緩急行列車選択傾向の違いと運行ダイヤによる特徴の関係性について述べられている研究は少ない。

そこで本研究では、急行列車の需要偏重が生じる要因として列車の運行ダイヤに着目し、朝ラッシュ時間帯に設定されている運行ダイヤが、乗降駅間の緩急行列車の乗車割合に与えている影響について分析することを目的とする。

2. データ概要

H27 大都市交通センサス²⁾のマスターデータと時刻表³⁾の発着時刻データを用いて、朝ラッシュ時間帯に対象路線の上り列車に乗車したデータを使用する。

対象路線は、東京圏の緩行列車と急行列車を運行する私鉄6路線（東急東横線、東急田園都市線、小田急小田原線、京王京王線、西武新宿線、東武伊勢崎線）とする。

降車駅の到着時刻ベースで集計を行うために、降車駅を各路線において乗降人員が最も多い1駅（渋谷、渋谷、新宿、新宿、高田馬場、北千住）とする。朝ラッシュ時間帯は、設定した各駅に到着する列車本数が最も多く、運行種別や運転間隔が類似している時間帯を15分単位で設定する。また、朝ラッシュ時間帯に降車駅に到着する各サンプルの降車時刻は、乗車駅、降車駅、乗換駅データを参考に、時刻表の駅間乗車時間と乗換案内アプリによる乗換時間を、乗車時刻データに加算することで推計する。

対象路線の乗降駅間において、緩行列車のみを利用したサンプルを緩行乗車、1度でも急行列車を利用したサンプルを急行乗車と判定し、サンプルの拡大係数から利用人数を集計することで緩行急行それぞれの乗車割合を算出する（以下、緩行列車、急行列車を緩行、急行とする）。また、合計サンプル数が30以上となる乗降駅の組み合わせを抜粋し集計する。使用する乗降駅の組み合わせは73である。

3. 急行乗車割合と乗降駅間営業キロの関係から考察

集計した緩急行乗車割合について、乗降駅間の営業距離が長くなるほど急行乗車割合が高くなるのではないかと

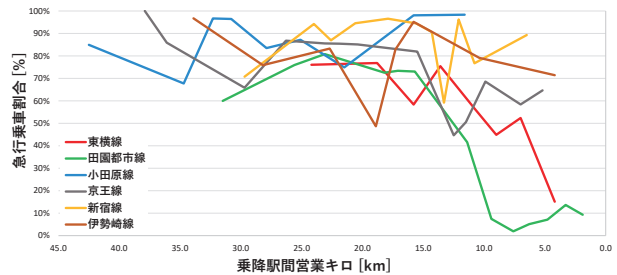


図1 急行停車駅を乗車駅とする急行乗車割合

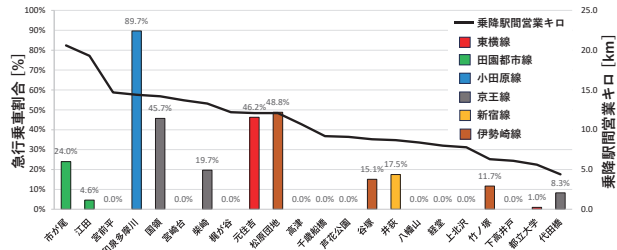


図2 急行通過駅を乗車駅とする急行乗車割合

いう仮説のもと、急行乗車割合と乗降駅間営業キロの関係から、急行乗車割合に影響を与えている要因を考察する。

各路線の急行停車駅を乗車駅とする急行乗車割合を図1に示す。東横線、田園都市線、京王線は乗車駅が降車駅に近づくにつれて急行乗車割合が低下していく傾向にある。特に、自由が丘(7.0km)以東や二子玉川(9.4km)以東では、緩行と急行の乗車時間に差が無いことから、急行需要の低下が表れていると考えられる。

小田原線、新宿線、伊勢崎線では乗降駅間営業キロによる急行乗車割合の大きな違いは見られない。しかし、時刻表³⁾を参考に作成したダイヤグラムにより、降車駅から近い途中駅で急行に抜かされる緩行の本数が、その他3路線と比較して多いという共通点を読み取れた。特に、小田原線と伊勢崎線は複々線区間があり、退避駅における通過待ちや緩急接続だけでなく、並走しながら追い抜かれる可能性もある。よって、緩行と急行を同時に選択する機会である対面乗換の有無や急行に抜かされるという抵抗感が、急行乗車割合に影響している要因として考えられる。

その他、北越谷(18.9km)や中央林間(31.5km)のように、緩行始発がある駅や緩行の運行割合が高い駅では、急行乗車割合が低くなることが読み取れた。よって、急行乗車割合に影響している他の要因として、運行本数に対する始発列車や急行の運行割合が考えられる。

各路線の急行通過駅を乗車駅とする急行乗車割合を図2に示す。急行通過駅の急行乗車割合は、サンプルデータの偏りにより0%の駅もある。中でも、途中駅から急行に乗車したサンプルのある駅については、急行通過駅にお

いても乗降駅間営業キロが短くなるほど急行乗車割合は低下傾向にある。しかし、駅間営業キロが長いにも関わらず市が尾や江田が低い要因や、和泉多摩川が突出している要因は、運行ダイヤから見つけることができなかった。

4. 緩急行乗車割合への影響分析

4.1. 使用モデルについて

3.で述べた要因が緩急行乗車割合に影響を与えているのかを確認するため、目的変数を「急行乗車割合」としたロジスティック回帰分析を行う。ロジットモデルに基づいた回帰式を以下に示す。

$$P_{express} = \frac{1}{1 + e^{-\{c + \theta_x(x_{express} - x_{local}) + \theta_z(z_{express} - z_{local})\}}}$$

ここで、 $P_{express}$:急行乗車割合、 c :定数項、 θ :パラメータ、 $x_{express}$:急行利用時の1つ目の説明変数、 x_{local} :緩行利用時の1つ目の説明変数、 $z_{express}$:急行利用時の2つ目の説明変数、 z_{local} :緩行利用時の2つ目の説明変数とする。

乗降駅間のデータとして、説明変数に「乗降駅間営業キロ」、「緩行と急行の所要時間差」、「乗車駅における急行の運行割合」、「乗車駅における緩行と急行の始発列車の割合差」、「緩行利用時に緩急接続駅がある割合」、「緩行利用時に通過待ちで抜かされる本数」、「緩行利用時に緩急接続せず抜かされる本数」、「緩行利用時に抜かされる本数」の計8種を用いる。集計した乗降駅間において、緩行乗車と急行乗車それぞれの場合の説明変数を上式に組み込み、2モデルで分析を行う。

4.2. 多重共線性を考慮した分析

多重共線性の影響を排除するため、説明変数同士の相関係数の絶対値が0.7以上となる複数組み合わせの片方である「乗降駅間営業キロ」と「緩行利用時に抜かされる本数」を説明変数から除外し、計6種の説明変数を含むモデル1のパラメータ推定結果を表1に示す。説明変数のパラメータ符号はすべて整合したが、どの説明変数もP値が有意水準5%を下回らなかった。

4.3. 後退選択法を用いた分析

後退選択法により説明変数の選択を行い、最終的にP値が有意水準5%を下回る説明変数を含むモデル2のパラメータ推定結果を表1に示す。説明変数として「乗車駅における急行の運行割合」と「緩行利用時に緩急接続せず抜かされる本数」の2つが選択された。また、疑似決定係数はモデル1より低下したが、説明変数のパラメータ符号はどちらも整合した。このことから、乗車駅における急行の運行割合と、緩行利用時に緩急接続せず抜かされる本数が、急行乗車割合に正の影響があることが示された。

しかし、図3に示す観測値と推計値の散布より、特に田園都市線二子玉川～池尻大橋間を乗車駅とする推計値が過大に評価されていた。この要因として、緩行と急行の運行割合に差がなく、他路線と比べて長い区間において急行による追い越しが行われないことから、モデル2の説明変数では推計できていないことが考えられる。

回帰式を用いて、急行運行割合を50%に固定した場合と緩急接続せず抜かされる本数を0本に固定した場合の感度分析結果を図4に示す。乗降駅間にて緩行が通過待ちや並

表1 パラメータ推定結果

| | モデル1 | | モデル2 | |
|---------------|---------|-------|---------|-------|
| | 偏回帰係数 | P値 | 偏回帰係数 | P値 |
| 定数項 | -1.771 | 0.011 | -1.545 | 0.011 |
| 緩急所要時間差 | -0.029 | 0.805 | - | - |
| 急行運行割合 | 2.587 | 0.066 | 2.856 | 0.015 |
| 緩急始発割合差 | 1.270 | 0.604 | - | - |
| 緩急接続駅がある割合 | 0.791 | 0.610 | - | - |
| 通過待ちで抜かされる本数 | 0.004 | 0.993 | - | - |
| 緩急接続せず抜かされる本数 | 0.537 | 0.204 | 0.599 | 0.015 |
| データ数 | 73 | | 73 | |
| 疑似決定係数 | 0.301 | | 0.263 | |
| 対数尤度 | -31.605 | | -33.349 | |

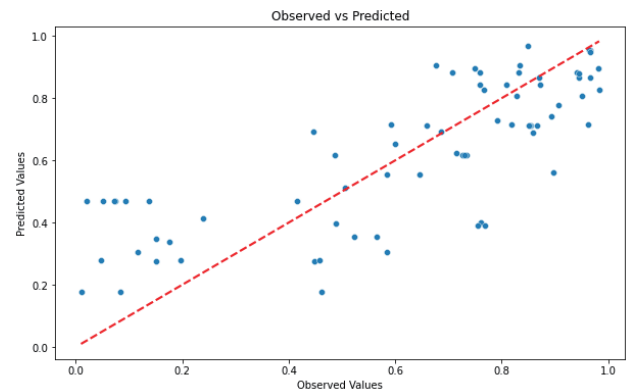


図3 観測値と推計値の散布

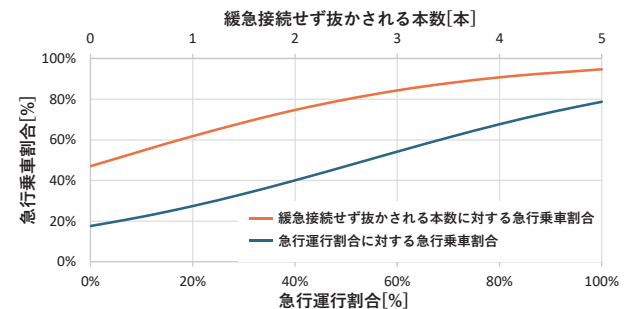


図4 説明変数を変化させた場合の感度分析結果

走により急行に抜かされなければ、緩行と急行の乗車割合が同程度であることがわかった。また、急行運行割合が低下していくにつれて急行乗車割合の減少が緩やかになっていることから、緩行が緩急接続なく抜かされる回数が少ない場合でも、ある程度の急行需要があることがわかった。

5. まとめ

本研究では、東京圏の私鉄路線の運行ダイヤが乗降駅間の緩急行乗車割合に与える影響について分析を行った。分析結果より、乗車駅における急行の運行割合と、緩行利用時に緩急接続せず抜かされる本数が、乗降駅間における緩急行乗車割合に影響していることを示した。しかし、乗降駅の組み合わせにより観測値と推計値に大きな誤差が生じるなど、このモデルの推計精度には問題がある。

今後の課題として、より多くの乗降駅間データを集計することに加え、特に誤差の大きかった路線や駅間において、新たな指標で運行ダイヤと緩急行乗車割合の関係性を見出し、急行需要偏重の原因を解明していく必要がある。

参考文献

- 1) 古川敦, 高木淳, 家田仁: 列車ダイヤパターンと利用者便益との関連性に関する分析, 土木計画学研究・論文集, No.7, 1989.
- 2) 国土交通省総合政策局: 第12回大都市交通センサス, 2015.
- 3) 伊藤保洋: マイライン東京時刻表2015年10月号, ㈱交通新聞社, 2015.