

# 東京圏都市鉄道の運行ダイヤが 緩急行選択に与える影響分析

井上 誠仁<sup>1</sup>・岩倉 成志<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 学生会員 芝浦工業大学大学院 理工学研究科社会基盤学専攻 (〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5)

E-mail: ah20029@shibaura-it.ac.jp

<sup>2</sup> 正会員 芝浦工業大学教授 工学部土木工学科 (〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5)

E-mail: iwakura@shibaura-it.ac.jp

東京圏の都市鉄道は、コロナ禍で減少した鉄道利用者数が徐々に回復しつつあり、急行列車に利用者が集中し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。都市鉄道における緩行列車と急行列車間の需要偏重は、解決していくべき重要な課題と考える。筆者らは、東京圏の民鉄路線 7 路線を対象に、H27 大都市交通センサデータとダイヤグラムを用い、運行ダイヤが乗降駅間の緩急行選択に与える影響要因についてロジスティック回帰分析を行った。その結果、「緩急行の乗車時間差」、「乗車駅における急行の運行割合」、「緩行利用時に緩急接続せず抜かされる急行本数」の 3 要素が、乗降駅間における緩急行選択に影響を与えている可能性を見出した。

**Key Words:** Urban railway, Train timetables, Train types, Logistic regression model

## 1. はじめに

東京圏における都市鉄道の混雑問題は、高度経済成長期における都市の過密化により、交通需要の増加に対して輸送力が不足することで生じた問題であり、戦後から現在まで続く主要政策課題である。この混雑問題に対し鉄道事業者は従来、優等列車の運行や増結による長編成列車の運行、混雑区間の複々線化工事や新信号システムの導入などを精力的に行うことで、輸送力を増強してきた。近年では、オフピーク通勤者へのポイント付与や混雑情報の提供など、利用者への施策も並行して行っている。

国土交通省の報告によれば、コロナ禍で一時減少した鉄道利用者数は徐々に回復しているが、コロナ禍を経て首都圏における鉄道利用者の混雑に対する抵抗感が増加していることが示されている。近頃は、再びコロナ禍以前のような高い混雑率の中での通勤通学になりつつある中、急行列車に利用者が集中することで、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。鉄道利用者からは、コロナ禍前から混雑状況の改善を求める声が強い一方で、急行列車の需要偏重は鉄道事業者を悩ませている。

今後、少子高齢化や働き方の変化により、鉄道利用者数が以前の水準まで増加することはないとされているが、都市鉄道の利便性向上のためにも、急行列車の需要偏重の要因を解明する必要がある。

急行列車の需要偏重は、なるべく早く目的地に着きたいという心理的要因、駅の配線や路線設備による制約の中で設定される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。

古川ら<sup>1)</sup>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、乗降駅の違いによる緩急行列車の選択傾向の違いと、運行ダイヤによる乗降駅間の特徴の関係性について述べられている研究は少ない。そこで筆者らは、運行ダイヤによる要因に着目し、乗車駅における緩急行列車の選択機会の違いや、急行列車が優遇されているダイヤ設定などが、利用者の緩急行選択に影響を与えていると考える。

本稿では、急行列車の需要偏重が生じる要因として緩急行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、乗降駅間における緩急行列車の選択に与えている影響について分析することを目的とする。

表-1 集計条件

① 対象路線の選定	② 集計区間の設定	③ 集計時間帯の設定
東急東横線	横浜 ～ 渋谷	7:45～9:29
東急田園都市線	中央林間 ～ 渋谷	7:45～8:59
小田急小田原線	本厚木 ～ 新宿	7:45～8:44
京王京王線	京王八王子～ 新宿	7:45～8:59
西武新宿線	本川越 ～ 高田馬場	7:30～8:44
東武伊勢崎線	久喜 ～ 北千住	7:30～8:29
つくばエクスプレス線	つくば ～ 秋葉原	7:45～8:44

## 2. データ概要

H27 大都市交通センサスのマスターデータと時刻表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り乗したデータを使用した。

対象路線は、東京圏の緩行列車と急行列車を運行する民鉄路線の中で、都心部までの途中駅での降車客が少ないと考えられる7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、つくばエクスプレス線）とした。

ラッシュ時間帯の通勤通学客は、目的の時刻に降車駅に到着することを目指して鉄道を利用すると考えられる。そこで、降車駅の到着時刻ベースで集計を行うために、降車駅は各路線において乗降人員が最も多い1駅（渋谷、新宿、新宿、高田馬場、北千住、秋葉原）とした。

朝ラッシュ時間帯は、設定した降車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分単位で設定した（表-1）。

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、乗車種別、乗換駅データを参考に、時刻表の駅間所要時間と乗換案内アプリによる乗換時間とを、乗車時刻に加算し推計した。また、設定した降車駅が他社線との接続駅であり、降車駅より先の直通路線まで降車せず利用しているサンプルについては、設定した降車駅までの鉄道利用データを用いて推計した。

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利用、1度でも急行列車を利用したサンプルを急行利用と判定し、サンプルの拡大係数から利用人数を推計することで、それぞれの利用割合を算出した（以下、緩行列車、急行列車を緩行、急行とする）。また、サンプル数が30以上となる乗降駅間かつ、急行利用割合が0%や100%とならない乗降駅間を抜粋し集計した。

対象路線の列車運行を可視化するため、時刻表を用いて朝ラッシュ時間帯に降車駅に到着する列車のダイヤグラムを作成した。

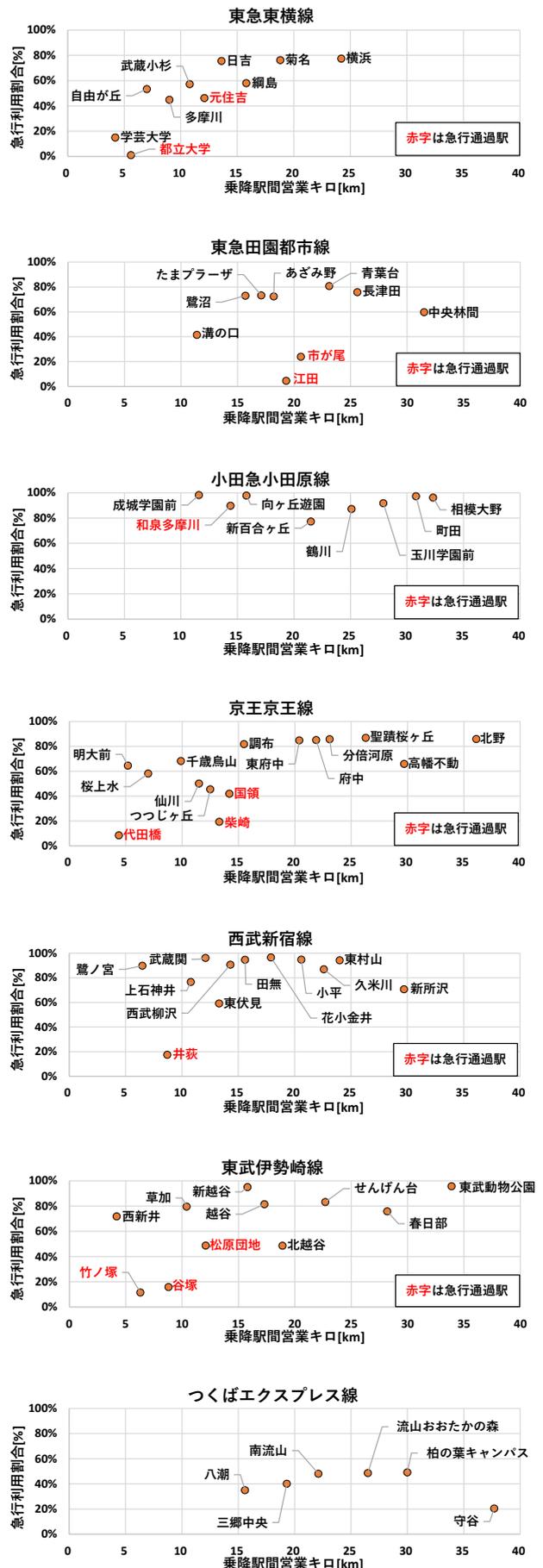


図-1 7路線の急行利用割合と乗降駅間営業キロの分布

### 3. 急行利用割合に影響を与えている要因の考察

7 路線の集計結果より、急行利用割合と乗降駅間営業キロの関係を図-1に示す。また、時刻表より作成したダイヤグラム为例として、東急田園都市線とつくばエクスプレス線のダイヤグラムを図-2、図-3に示す。集計した緩急行利用割合について、乗降駅間の営業距離が長いほど急行利用割合が高いのではないかという仮説のもと、緩急行利用割合に影響を与えている要因を考察した。ここでは、急行停車駅を乗車駅とする場合の急行利用割合と、急行通過駅を乗車駅とする場合の急行利用割合に分けて考察を行った。

#### (1) 急行停車駅を乗車駅とする場合

東急東横線、東急田園都市線、京王京王線、つくばエクスプレス線は、乗降駅間距離が短くなるにつれて急行利用割合が低下していく傾向にある。特に、東急東横線自由が丘駅や東急田園都市線溝の口駅以東では、緩行と急行の乗車時間差が小さいことから、急行利用割合の低下が顕著に見られた。よって、緩行利用時と急行利用時の乗車時間差が、緩急行利用割合に影響を与えている要因として考えられる。

小田急小田原線、西武新宿線、東武伊勢崎線は、乗降駅間距離が短くなることに対する急行利用割合の大きな変化は見られない。しかし、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可能性のある緩行の本数が、他の4路線と比較して多いという共通点を読み取れた。特に、小田急小田原線と東武伊勢崎線には複数線区間があり、緩行利用時に退避駅における急行の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、緩行利用時に降車駅まで向かう途中で急行に抜かされるという抵抗感が、緩急行利用割合に影響を与えている要因として考えられる。

その他にも、東急田園都市線中央林間駅やつくばエクスプレス線守谷駅のように緩行の始発列車がある駅や、緩行の運行割合の高い駅では、急行利用割合が低下することが読み取れた。よって、緩急行利用割合に影響を与えている他の要因として、乗車駅における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。

#### (2) 急行通過駅を乗車駅とする場合

乗降駅の組み合わせが少ない中でも、急行停車駅を乗車駅とする場合と同様に、乗降駅間距離が短くなるほど急行利用割合は低下する傾向にある。また、京王京王線国領駅、東急東横線元住吉駅、東武伊勢崎線松原団地駅のように、緩行に乗車して出発後すぐに緩急接続を行う駅がある乗車駅は、他の急行通過駅と比較して急行利用割合が高くなると読み取ることもできる。これにより、

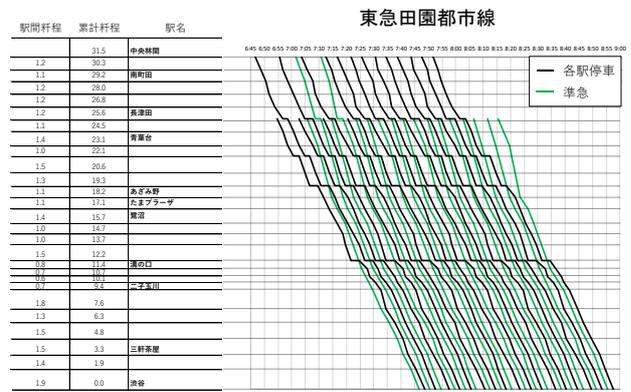


図-2 東急田園都市線ダイヤグラム

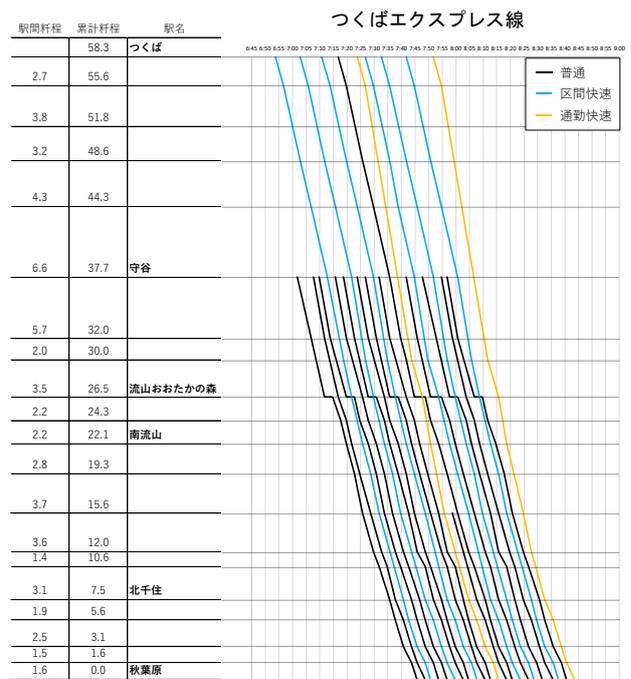


図-3 つくばエクスプレス線ダイヤグラム

乗車駅から緩行に乗車した人は、途中駅で向かい側のホームに急行が停車した場合、車内混雑状況の確認や所要時間短縮を見込み、急行に乗り換えるかを判断していることも考えられる。よって、緩行利用時に緩急接続駅で緩行と急行を同時に選択する機会の有無が、緩急行利用割合に影響を与えている要因として考えられる。

### 4. 緩急行利用割合への影響分析

集計結果と考察した影響要因を用いて、緩急行選択への影響度合いを確認するため、ロジスティック回帰分析を行う。

目的変数を「急行利用割合」としたロジスティック回帰式(変数が $x, z$ の2つであるケース)を示す。

$$P_{Express} = \frac{1}{1 + e^{-\{C + \theta_x(x_{Exp} - x_{Loc}) + \theta_z(z_{Exp} - z_{Loc})\}}} \quad (1)$$

ここで、 $P_{Express}$ :急行利用割合、 $C$ :定数項、 $\theta$ :パラメータ、 $Exp$ :急行、 $Loc$ :緩行、 $x$ :変数1、 $z$ :変数2とする。

説明変数として、表-2に示す考案した6種の影響要因に対応する乗降駅間のデータを用い、集計した乗降駅間において緩行利用と急行利用それぞれの説明変数を式(1)に組み込み、分析を行う。また、使用する乗降駅の組み合わせは71である。

まず、すべての説明変数を用いたモデル1のパラメータ推定結果を表-3に示す。説明変数Cのパラメータ符号が整合せず、t値が有意水準5%を上回る説明変数はBのみであった。その他説明変数の中では特にFのt値が大きく、BとFが影響している可能性が考えられる。

次に、説明変数同士の相関が比較的大きいEとFを抜いたモデル2のパラメータ推定結果を表-3に示す。モデル2においても、モデル1と同様にCのパラメータ符号は整合せず、t値が有意水準5%を上回る説明変数はBのみであった。その他説明変数の中では特にAのt値が大きく、BとCが影響している可能性が考えられる。

モデル1、モデル2の結果から、考案した影響要因のうち、A、B、Fの3要素が緩急行選択に影響を与えている可能性が考えられる。

しかし、図-4に示すモデル1の観測値と推計値の分布によると、特に東急東横線自由が丘駅以西における急行利用割合がすべて過小に推計されていた。その他にも、複数の乗降駅間において観測値と推計値の誤差が大きいことから、このモデルの説明変数では考慮しきれていない緩急行選択への影響要因が存在することが考えられる。

## 5. おわりに

本稿では、東京圏の民鉄路線の運行ダイヤが乗降駅間の急行選択に与える影響について分析を行った。集計結果とダイヤグラムを用いた分析結果により、「緩急行の乗車時間差」、「乗車駅における急行の運行割合」、「緩行利用時に緩急接続せず抜かされる急行本数」の3

表-2 集計結果と運行ダイヤから考案した影響要因

記号	考案した影響要因
A	乗降駅間における緩急行の乗車時間差
B	乗車駅における急行の運行割合
C	乗車駅における急行の始発列車割合
D	乗車駅における緩行の始発列車割合
E	乗車駅から緩行利用時に緩急接続駅がある割合
F	乗車駅から緩行利用時に緩急接続せず抜かされる急行本数

表-3 パラメータ推定結果

記号	説明変数	モデル1		モデル2	
		パラメータ	t値	パラメータ	t値
	定数項	-1.535	-2.336 *	-1.330	-2.197 *
A	緩急行の乗車時間差	0.002	0.015	0.089	1.357
B	急行の運行割合	3.319	2.242 *	3.109	2.316 *
C	急行の始発列車割合	-0.987	-0.179	-0.662	-0.292
D	緩行の始発列車割合	-1.097	-0.468	-0.122	-0.022
E	緩急接続駅がある割合	0.547	0.386	-	-
F	抜かされる急行本数	0.531	1.290	-	-
	疑似決定係数	0.236		0.213	

\*:5%有意

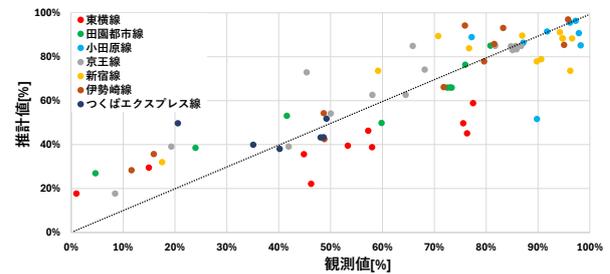


図-4 観測値と推計値の分布 (モデル1)

要素が、乗降駅間における緩急行選択に影響を与えている可能性を示した。しかし、パラメータ符号が整合しない説明変数がある点や、乗降駅間により観測値と推計値に大きな誤差が生じている点などから、このモデルの推計精度には課題が残されている。

今後、特に誤差の大きかった路線や駅間に焦点を当て、路線ごとの運行ダイヤの特性を表す新たな指標を説明変数に加えることでモデルの推定精度向上を目指し、急行列車の需要偏重の原因を解明する必要がある。

## REFERENCES

- 1) 古川敦, 高木敦, 家田仁: 土木計画学研究・論文集 No.7, pp. 131-138, 1989.

# An Impact Analysis of Train Timetables on Passenger Choice between Express and Local Services in the Tokyo Metropolitan Area

Joji INOUE, Seiji IWAKURA