

コロナ禍での都市鉄道の混雑回避行動の考察 —東急田園都市線を対象に—

岩倉 成志¹・福田 恭生²

¹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 (Corresponding Author)

²非会員 芝浦工業大学 工学部土木工学科 (〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5)

E-mail: ah19056@shibaura-it.ac.jp

東急田園都市線をケーススタディとして、コロナ禍における都市鉄道利用者の混雑回避行動の基礎的な分析結果を報告する。コロナ禍と働き方改革の進展とによって、在宅勤務や混雑時間帯の回避行動、混雑する急行列車から各停列車への転移が認められる結果となった。混雑回避の協力のために利用者が求めるポイント数は、東急ポイント加入者であれば相対的にポイント数が少ないことや、乗車時間帯の変更より各駅停車の変更の方が比較的低いポイントで効果がでる可能性を示唆した。比較的最長いトリップでも初乗り駅で着席できる場合は、当該列車を選択する傾向があることを示した。

Key Words: COVID-19, congestion ratio, urban railway, Tokyu Denentoshi line, logit model

1. はじめに

混雑対策が重要な運輸政策であった東京圏の都市鉄道もコロナ禍でのテレワーク進展や時差出勤などにより混雑率は大幅に低下した。今後はコロナ前のような混雑状態に戻ることは想像しにくい一方で、コロナの終息とともに人の移動は徐々に増加の傾向にある。国土交通省鉄道局では、2019年のコロナ前と2020年以降のコロナ禍での鉄道混雑に対する利用者の不快感を調査しているが、この結果からは混雑度が相当低い状態でも不快に感じる利用者が大幅に増加していることが報告されており、三年間も低い混雑下で通勤・通学していた利用者にとってはコロナ前の混雑状況で移動することへの大きな抵抗も想像される。

一方、コロナ禍による利用者の減少により鉄道事業者の収益が落ち込み経営的に大きな打撃を受けていることは周知である。このような中で混雑緩和のための建設投資を望むことは困難と考える。比較的投資額が小さくて済むようなソフト施策を検討して、来たる混雑率の上昇に備える必要がある。

都市鉄道の混雑は利用需要の偏重によって起きていることが多く、3つの需要分散が重要と考える。

一つはピーク時間集中の平準化策であり、代表的なピ

ークロードプライニングは従来からその導入の必要性が説かれてきた¹⁾。JR東日本は2023年3月中旬より時差定期券を発売し、ピーク需要の平準化を推進しようとしている。こうした施策の効果検証とともに、海外²⁾では実施されている追加的なモビリティマネジメントやゲーミフィケーションに期待したい。

もう一つは、急行と緩行の列車間の需要の偏りである。国土交通省が発表する主要31区間の混雑率は、列車種別別では発表されていないが、実際には急行に需要が偏って激しい混雑を起している。緩急行の需要の偏りを平準化させるために、東急田園都市線では急行列車の二子玉川 - 渋谷区間の各駅停車化を2007年に実施し、京急本線では2019年から各駅列車内でヤマハ(株)が開発した非可聴音アプリによるポイント付与によって各駅列車への誘導を試みた(現在は廃止)。本稿では列車種別の選択モデルを構築して、急行から緩行への転移の可能性を考察する。

最後の3つめは、車両間の混雑の偏りである。車両混雑の偏りの多くは乗車駅と降車駅の階段位置などの駅構造に起因していると考え³⁾。階段位置やコンコース構造の改善、無人改札の増設など、新しい駅の設計が模索されることを期待したい。

筆者らは、昨年(令和4年)の10月25日から27日に

かけて、東急田園都市線の複数駅でアンケート調査を実施し、コロナ禍での同路線の利用状況を調査した。さらに、東急電鉄（株）の協力得て、応荷重による列車別車両別の混雑率データを解析中である。本稿では、まだ十分な分析結果は得られていないものの速報として、これらの調査結果の一部を紹介する。

2. データ概要

(1) データ取得概要

東急田園都市線沿線でのアンケート調査は、朝の通勤時の利用状況を夕方帰宅の通勤者に調査票の手渡し配布、郵送回収でおこなった。配布駅は南町田グランベリーパーク駅、青葉台駅、あざみ野駅、鷺沼駅、溝の口駅の5駅である。1000票を配布して435票を回収した。

全435票から、都心方向の通勤目的トリップ、初乗り駅が田園都市線の利用者、乗車時間と列車種別、乗車車両位置の回答票を対象に319票を以下の集計分析で扱った。

混雑率データは、令和4年10月24日から28日までの平日5日間の6時から11時までに走行する田園都市線の車両ごとの応荷重データによって得た。全列車の半数以上でデータが得られており、データが得られなかった列車は近接する列車種別別の車両混雑率で補間した。

後述する急行と緩行の列車種別選択モデルの構築では、上記2種類のデータが整合する時間帯のアンケート結果を用いたため、モデリングで用いたアンケート票数は196票である。

(2) アンケート結果の概要

曜日別の勤務状況を表1に示す。鉄道で出勤している回答者は月曜と火曜は80%を超えるが他の平日では在宅勤務が増加する傾向にある。特に金曜の在宅率は15%と高くなる。鉄道と車など他の交通機関とを組み合わせ通勤している回答者も数パーセント存在する。

表2には回答者が適用されている勤務制度を示した。固定始業制の通勤者は30%程度しかなく、時差出勤制やフレックスタイム制度、裁量労働制度が適用されている回答者が多く、在宅勤務を行っている回答者が30%にも上る。時差出勤やフレックスタイム制度が適用されている通勤者は、在宅勤務も併用されている率が高い。

鉄道での通勤日数と定期券の保有・非保有や通勤費の支給状況（定期代、実費、支給無し）の関係を図1に示す。週5日の通勤者は90%が定期を保有しているが、週4日以内の通勤では43%程度が定期を保有しない結果となっている。また、週4日勤務から急激に実費支給が増加している。在宅勤務の導入によって、通勤費の支給方

表1 曜日別出勤状況

	月	火	水	木	金	土	日
鉄道で出勤	81%	83%	78%	77%	76%	15%	5%
他交通出勤	4%	4%	2%	3%	3%	2%	0%
在宅勤務	11%	9%	13%	9%	15%	2%	1%
勤務地以外	1%	1%	1%	2%	1%	0%	1%
計	97%	97%	94%	91%	95%	19%	7%

表2 回答者の勤務制度（複数回答）

固定始業時刻	29%	固定始業×在宅勤務	1%
時差出勤	22%	時差出勤×在宅勤務	13%
フレックスタイム	22%	フレックス×在宅勤務	13%
裁量労働制	10%	裁量労働×在宅勤務	3%
在宅勤務	29%		
サテライトオフィス	3%		
モバイルワーク	3%		
その他	19%		

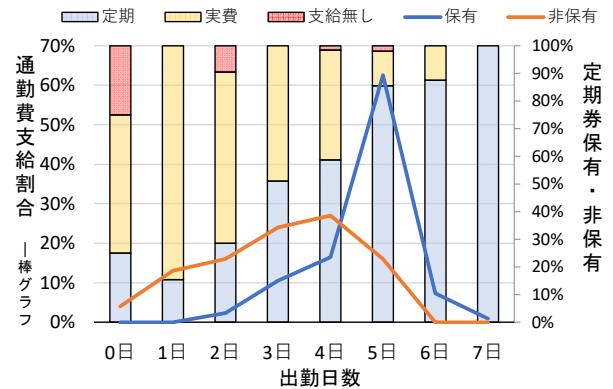


図1 鉄道通勤日数と定期保有，通勤費支給割合

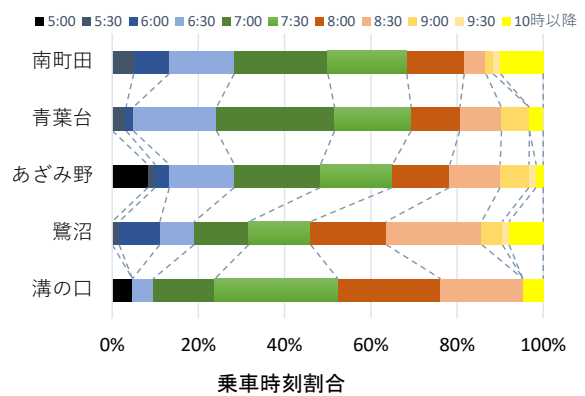


図2 駅別乗車時刻の割合

法も様変わりしている様子がみてとれる。

乗車時刻の集中度合いを図2に示す。もちろん都心部に近くなれば、乗車時刻は後ろにずれていくが、7:00-7:59の間の乗車が約40%を占め、6:30-8:29の2時間帯に

70%弱が乗車しており、従来より平準化しているとは言え、ピーク時間帯での集中は継続している。

列車種別別の利用割合を急行列車と各駅列車の両方選択できる駅間 OD でみたものが表 3 になる。表 3 のパーセンテージは各駅停車の利用割合を示すが、渋谷以遠への比較的長い距離で各駅停車を利用している回答者が多い結果となった。急行・準急と各駅停車ではそれなりの所要時間の違いがあるのだが、初乗り乗車時に着席できる朝 6 時台や 9 時台で各駅列車を選択している傾向にある。着席効用は列車選択に強い影響を与えることが推察される。

最後にコロナ前後での通勤行動の変化を表 4 に示す。複数回答の結果であるが、在宅勤務によって出勤日数を変更した回答者が多い。またピーク時間帯を回避する行動をとった回答者も同程度に多いことがわかる。また、急行や準急列車から各停列車に変更した回答者もあざみの駅以西で 40%以上存在する結果であり、相当数が混雑回避をしていることがわかる。

3. 混雑回避行動のための必要ポイント数

混雑率低下への協力のためにどの程度の東急ポイントの補償が必要かを本アンケートで得られた結果が図 3 と図 4 である。オフピーク時間帯への変更に必要なポイント数の中央値は、急行利用者で 50pt 程度、各停利用者で 30pt 程度となった。興味深いことに東急ポイントへの加入者の方が非加入者より補償ポイントが低い結果となっている。ポイント加入者を増加させることが、ピーク時間帯需要の平準化の鍵となることを示唆する結果である。

急行列車利用者が各停列車へ変更する際に必要なポイント数の中央値はやはり 50pt 程度となっているが、50%も急行から各停に変更する必要は無いので、仮に 30%の急行利用者が各停列車へ変更することを期待するのであれば 20pt 程度で各停列車への変更を協力してもらえる可能性が示された。こちらも東急ポイントへの加入者の方が 10pt 程度ポイントが少なくても協力行動をとってもらえる可能性がある回答結果となった。

4. 列車種別選択モデルの推定

急行列車から各停列車への転移は混雑率の平準化に向けた重要な施策であるため、列車種別の選択要因を解明するための離散選択モデルを検討する。なお、本稿では未だ良好な結果を得られていないことを先にお断りしておく。

対象とした回答者は、朝時間帯の 6時から 11時まで

表 3 駅間 OD 別 各停利用者割合

発/着	溝の口	渋谷	表参道・永田町
南町田	17% (5:1)	0% (7:0)	0% (4:0)
青葉台	10% (9:1)	40% (6:4)	12% (15:2)
あざみ野	0% (14:0)	36% (9:5)	18% (9:2)
鷺沼	11% (17:2)	40% (6:4)	42% (7:5)
溝の口	-	25% (3:1)	50% (1:1)

[各停利用率(急行利用者数:各停利用者数)]

表 4 コロナ後の変化 (発駅から二子玉川以遠)

	急行列車利用者					各駅停車利用者				
	南町田	青葉台	あざみ野	鷺沼	溝の口	南町田	青葉台	あざみ野	鷺沼	溝の口
出勤日数の変更	48%	34%	48%	38%	38%	40%	58%	23%	19%	33%
急行から各駅へ	4%	0%	7%	8%	0%	40%	42%	46%	13%	25%
各駅から急行へ	4%	3%	10%	8%	13%	20%	0%	0%	0%	0%
乗車時刻を早める	22%	14%	21%	8%	25%	40%	8%	38%	13%	8%
乗車時刻を遅くする	26%	17%	28%	25%	13%	0%	8%	0%	13%	8%
乗車位置を変更	4%	0%	3%	4%	25%	0%	0%	15%	6%	8%
その他	17%	10%	28%	33%	38%	20%	17%	8%	38%	25%

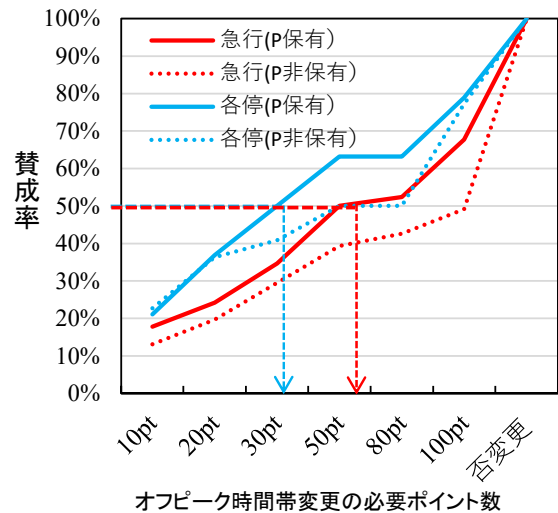


図 3 オフピーク変更への必要ポイント数

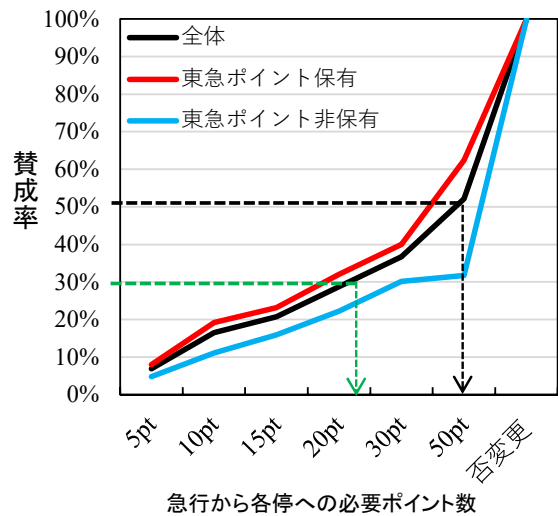


図 4 急行から各停への必要ポイント数

に乗車区間が完結し、かつ急行列車と各駅列車の両方選択可能な急行停車駅に乗り、かつ田園都市線内の急行停車駅もしくは渋谷以東の都心駅で降りている回答者の 196 サンプルである。79%が急行列車に乗り、21%が各停列車に乗りしている。なお、混雑率の値は、当該時間帯の応荷重データを利用した。

(1) 効用関数の検討

選択肢集合はいくつかのパターンを試験中であるが、本稿では急行列車と各停列車の 2 肢選択モデルの結果を示す。効用関数は以下を設定して、いくつかの変数の組み合わせで推定した。

$$V_i = \beta_{\geq 36\%} T_{i \geq 36\%} + \beta_{< 36\%} T_{i < 36\%} + \alpha \sum_s T_{is} \times COG_{is}^{\gamma} + \eta SE_i + \kappa ST_i + ASC_i$$

所要時間 T のパラメータは田園都市線内の初乗り駅の乗車車両で着席不可能な混雑率 36%以上と着席可能な 36%未満に分解した。すなわち、着席できる場合は、車内での睡眠やいくつかのタスクを実施することが可能となり、パラメータ β の感度が低下する可能性を評価できる。混雑指標は従来多くの文献で提案されている混雑率に指数 γ をとり駅間所要時間で重みづけした変数である。なお、本稿では $\gamma=2$ で外生した⁴⁾。加えて、変数 SE は乗車駅で全車両（男性の場合は女性専用車を除いた 9 両）の混雑率が 36%未満の場合に 1 とするダミー変数である。変数 ST は乗車時間が急行列車で 20 分以下の短い区間の利用の場合には混雑に対する受容性が高くなることを想定したダミー変数である。定数項は各駅列車とした。

(2) モデルからの示唆

パラメータ推定結果を表 5 に示す。尤度比は一定程度は担保されているものの、有意なパラメータは多くは無い。特に混雑指標 COG のパラメータは有意とはならず、かつポジティブな符号となった。このため、表 5 では混雑指標を除いたパラメータ推定結果を示した。

このモデルの推定結果から得られる幾ばくかの示唆として着席可能なほど混雑率が低い場合には所要時間の感度が 7%ほど低下する可能性があること、加えて、短距離トリップの場合は急行を選択する傾向が強く、逆に言えば、着席できる場合は長距離トリップ（例えば、青葉台から渋谷以東への乗車）でも各駅停車を選択する傾向があること、乗車駅で着席可能な場合は、その列車を選択する傾向にあるが、着席できない場合は急行の選択志向が強くなってしまふということである。この意味は、早朝時間帯や 9 時以降などの遅い時間帯でない限りは、急行から各停への転換は起きないことを意味する。

未だ十分なモデル構築ができてはいないが、発表時までに検討を深化させたい。

表 5 列車種別選択モデル(Binary choice)

	パラメータ	t値
所要時間(混雑率36%以上)(分)	-0.0524	-1.21
所要時間(混雑率36%未満)(分)	-0.0486	-1.25
乗車駅着席可dummy	0.486	0.89
乗車時間20分以下急行dummy	1.6107	3.00
ASC(各駅停車)	-0.6168	-1.45
最終尤度	-94.6	
尤度比	0.304	

5. おわりに

本稿では東急田園都市線をケーススタディとして、コロナ禍における都市鉄道利用者の混雑回避行動の基礎的な分析を報告した。

コロナ禍とそれに伴う働き方改革によって、在宅勤務や混雑時間帯の回避行動、混雑している急行列車から各停列車への転移が認められる結果となった。

混雑率低下のための協力は東急ポイント加入者は相対的に協力的であることや、各駅停車の変更に対しては比較的低いポイント数で効果がでる可能性が示唆された。

比較的長いトリップであっても初乗り駅で着席できる場合は、当該列車を選択する傾向があることがわかった一方で着席できる可能性を高める運行ダイヤの設計は簡単でないと思われる。

引き続き分析を進めて、発表時に報告したい。

謝辞：混雑率データを提供いただくとともに、アンケート調査実施時の安全確保にもご協力いただいた東急電鉄株式会社に謝意を表す。

REFERENCES

- 1) 岩倉成志, 原田知可子: 都市鉄道のピーク需要分散策を念頭においた時刻別需要予測モデルの研究, 運輸政策研究, 8 巻 3 号, pp.4-15,2005.
- 2) Pluntke C., B. Prabhakar:INSINC: A Platform for Managing Peak Demand in Public Transit, JOURNEYS, Land Transport, pp.31-39, 2013.
- 3) 小林渉, 岩倉成志: 駅構造を組み込んだ列車遅延シミュレーションの開発, 土木学会論文集 D3 (土木計画学)72 巻 5 号 pp.I_1067-I_1074,2016.
- 4) T. Yai, S. Iwakura, S. Morichi:Multinomial probit with structured covariance for route choice behavior, Transportation Research Part B, 31 (3), pp. 195-207,1997.
- 5) Prud'homme, R., M. Koning, L. Lenormand, and A. Fehr.:Public Transport Congestion Costs: The Case of the Paris Subway, Transport Policy 21: 101-109, 2012.