

「都市の防災と再生研究」

コロナ禍における都市鉄道利用者の混雑費用の計測



AH19056 福田恭生

指導教員 岩倉成志

1. 序論

1.1 研究背景

新型コロナウイルス感染症が拡大する以前は、首都圏の通勤電車において混雑率 180%（「折りたたむなど無理をすれば新聞を読める」レベル）を超える路線が複数存在していた。しかし、感染拡大によって密集・密接・密閉している空間を避ける行動が推奨されるようになったことから、通勤電車の混雑への抵抗も強まっている。企業によるテレワークの実施などによりコロナ拡大前の混雑とまではいかないものの、抜本的な混雑解消には至っていない。

また、鉄道会社はピークの分散や列車種別による混雑平準化に向け、ポイントを利用した取り組みを行っているが、ダイヤ改正等をきっかけに終了した事例もあり、混雑の社会的費用の評価が求められてきている。

1.2 研究目的

朝の通勤時間帯に急行列車と緩行列車間の混雑の差が大きく混雑平準化の問題を抱える東急田園都市線の利用者に、列車種別（急行・準急・各駅停車）の選択行動やコロナ感染拡大前後の通勤形態などを調査し、混雑に対してどの程度の抵抗感を感じているかを混雑費用として計測する。

コロナ禍前は東急田園都市線は列車種別関係なく混雑していたため、混雑費用を計測するための効用関数に混雑抵抗に関わるパラメータを入れることが難しかったことや、応荷重で混雑率を計測する列車も少なかった。コロナ禍を経て通勤・通学者数が減少して、緩急行の混雑率に差が生じていること、さらに新型車両の導入で号車ごとに混雑率を計測できる車両が半数を占める状況となった。本研究の新規性は、コロナ禍の利用者の混雑費用の計測を列車別車両別の精緻な混雑度データを用いて行うことにある。

2. 先行研究レビュー

既往の研究において混雑に対する抵抗感を表す混雑不効用を定義している。家田ら<sup>1)</sup>は混雑度に対して単調増加になるリンクコスト関数として、

$$t_a(x_a) = \alpha * T * (x_a/C)^\beta$$

( $x_a, t_a$ : リンク  $a$  の交通量, コスト関数,  $\alpha, \beta$ : パラメータ,  $T$ : 所要時間,  $C$ : 列車定員) を定義した。この式により、乗車時の混雑率だけでなく、乗車時間や区間が長いほど混雑度指標が上がるよう表現でき、途中駅での乗降により変わる混雑度の反映が可能となる。屋井ら<sup>2)</sup>や新倉ら<sup>3)</sup>も同関数形であるが、論文により  $\beta$  の値が違う ( $2 \leq \beta \leq 5.80$ , 1989 年東急田玉線, 現田園都市線は  $\beta=3.49$ )。  $\beta$  の値が大きくなればなるほど混雑率に対する混雑不効用関数の立

ち上がりが大きくなる。本研究ではいくつかのべき乗の値を用いて、尤度比を比較していく。

3. 分析手法

列車選択のデータを収集するため、田園都市線沿線でアンケートの配布を行う。アンケートデータから列車をデータ化し、同時刻の急行あるいは緩行列車を選択肢とする 2 項ロジットモデルで、パラメータ推定を行う。

4. データ概要

アンケート調査は、令和 4 年 10 月 25 日から 10 月 27 日までの 3 日間、田園都市線内の溝の口・鷺沼・あざみ野・青葉台・南町田グランベリーパークの 5 駅でアンケート配布した。調査項目は、個人属性、勤務制度、出勤状況、朝の通勤時に利用した乗降車駅・列車種別・乗降者時刻、始業時間、最も良く乗る号車、通勤スタイルを変化（急行から緩行への変更やオフピーク通勤）する場合のポイント対価、緩行列車を選択した理由、コロナ禍による通勤行動の変化についてである。

1000 部（各駅 200 部ずつ）配布をし、返答数は 433 通であった。このうち、本研究の分析に不適切な（鉄道乗車駅や乗車時間、種別が未回答で実際に乗車した列車が特定できなかった）サンプルを除いた 200 サンプルの通勤者を抽出した。男女比は 5 : 4、平均年齢は 45 歳である。

勤務制度は、時差通勤や在宅勤務などをしていない回答者が 30%、在宅勤務が 26%、フレックスタイム制度は 20%、時差出勤は 19% であった。また、鉄道で通勤した人の通勤日数（平日）は、5 日全てと 2~4 日がともに 45% であった。通勤費に関して、通勤定期待支給が 56%、実費精算での支給が 20% であった。

今回分析で用いた 200 サンプルの基礎集計の結果を表-1~3 に示す。表-1 のその他は、溝の口から渋谷の途中駅での降車が 13%、溝の口より西の降車が 4% であった。表-2 より、8 割弱が急行・準急を利用しており、列車種別での差が顕在していることがわかる。表-3 より、乗車位置は特に 6・7 号車が他の車両に比べて多かった。

表-1 使用サンプルの乗車駅・降車駅

乗車駅	計	割合	降車駅	計	割合
溝の口	18	(9%)	渋谷	117	(59%)
鷺沼	47	(24%)	溝の口	51	(26%)
たまプラーザ	9	(5%)	その他	26	(13%)
あざみ野	46	(23%)	(注) ・全て渋谷方面に乗車 ・直通先での降車は渋谷にカウント		
青葉台	45	(23%)			
長津田	5	(3%)			
南町田	30	(15%)			

表-2 列車種別の選択結果

列車種別	計	割合
急行準急	158	(79%)
各駅停車	42	(21%)

表-3 乗車位置の割合と乗降者時間の割合

乗車車両	計	割合	時間	乗車時間	降車時間
1号車	22	(11%)	6:00	3%	1%
2号車	14	(7%)	6:30	15%	5%
3号車	17	(9%)	7:00	25%	16%
4号車	18	(9%)	7:30	24%	23%
5号車	20	(10%)	8:00	16%	26%
6号車	35	(18%)	8:30	14%	17%
7号車	31	(16%)	9:00	3%	11%
8号車	14	(7%)	9:30	2%	3%
9号車	14	(7%)	10:00	0%	1%
10号車	15	(8%)			

混雑度指標作成のため、長津田駅 6:00~9:59 に発車した列車 86 本のうち東急電鉄所有車両 46 本の混雑度データを東急電鉄よりご提供頂いた。当データは1分ごとかつ各号車ごとの混雑率が1%単位で記録されており、時間ごとに走行中あるいは停車中かどうか分かるものとなっている。直通運転先が所有する車両の混雑率と走行時間に関しては前後を走る同種別の車両の混雑度データから線形補完し、残りの40本のデータを作成した。

5. 速達と緩行の列車種別選択モデルの構築

“急行や準急を利用した最速達列車”と“乗り換えなしの各駅停車”の2つを選択肢とした2項ロジットモデルを構築した。

$$V_E = Const + \theta_T T_E + \theta_C C_E + \theta_N N_E$$

$$V_L = \theta_T T_L + \theta_C C_L + \theta_S S_L$$

ここで、E…速達列車、L…緩行列車、Const…定数項、

$\theta$ …パラメータ、T…所要時間(分)

C…混雑度指標 =  $\sum [走行時間(min) * (混雑率(\%)/100)^\gamma]$

( $\gamma$ …1~4の正数を代入して分析)

N…乗り換えのダミー変数(速達利用で乗換発生の場合は「1」、それ以外は「0」)

S…着席可能性のダミー変数(乗車駅発車時に混雑率36%以下と始発駅乗車で「1」、それ以外は「0」。着席可能性の境界値である36%は、「数字で見る鉄道2021」<sup>4)</sup>より輸送力を参考に算出した車両定員に対しての座席数の割合である。)

$\gamma$ の値をそれぞれ代入したパラメータ推定結果を表-4に示す。どの $\gamma$ の値でも尤度比は0.2を超えたものの、 $\gamma=1\sim3$ において、時間・混雑度指標・着席可能性ダミーにおいてt値有意(±1.96以上)とならなかった。また、混雑度指標と着席可能性のパラメータ符号は整合しなかった。 $\gamma=4$ においては混雑度指標の差が大きいため適切な結果が導出されなかった。

また、急行から緩行へ通勤スタイルを変更する場合のポイント対価の集計結果を図-1に示す。鉄道会社の取り組みでは概ね20ポイント以下であるが、賛成率は3~4割程度となった。

表-4 パラメータ推定結果

	Model1 ( $\gamma=1$ )	Model2 ( $\gamma=2$ )	Model3 ( $\gamma=3$ )	Model4 ( $\gamma=4$ )
時間(分)	-0.0447 (-1.20)	-0.0414 (-1.07)	-0.0390 (-1.01)	0.0281 (0.428)
混雑度指標	0.0114 (0.424)	0.00436 (0.331)	0.00329 (0.537)	0.0813 (4.99)
乗換ダミー	-1.39 (-2.63)	-1.37 (-2.60)	-1.35 (-2.57)	-0.654 (-0.744)
着席可能性 ダミー	-0.375 (-0.822)	-0.348 (-0.774)	-0.333 (-0.744)	-0.819 (-1.07)
定数項	1.19 (3.52)	1.18 (3.39)	1.16 (3.29)	1.76 (2.71)
初期尤度	-138.63			
最終尤度	-97.68	-97.72	-97.62	-29.88
尤度比	0.259	0.259	0.260	0.748

(注)下段の( )の数値はt値

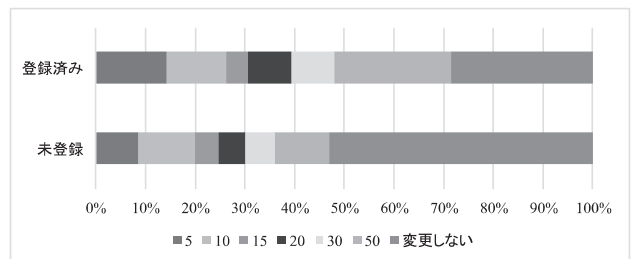


図-1 急行から緩行への通勤スタイル変更ポイント対価 TOKYU POINT 登録の有無での比較

6. 結論

混雑度指標の符号は正となり、混雑度が高い列車を選択する結果となった。理由として、実際の選択結果が最速達である急行や準急を使うものに偏っていることが考えられる。しかし、列車種別選択モデルのアンケートの返答率は過去の当研究室で行ったものよりも良いものとなった。選択肢数を増やした多項ロジットモデルの作成を行うことにより、実態に合ったパラメータ値の導出や変数の有意性の向上を目指したい。

謝辞

混雑度データのご提供、また駅周辺でのアンケート配布にご理解頂いた東急電鉄、研究を進めるに当たってアドバイスを頂いた社会システム株式会社山下良久先生に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 志田 州弘, 古川 敦, 赤松 隆, 家田 仁: 通勤鉄道利用者の不効用関数パラメーターの移転性に関する研究, 土木計画学研究・講演集 No.12, 1989
- 2) 屋井 鉄雄, 岩倉 成志, 伊藤 誠: 鉄道ネットワークの需要と余剰の推計法について, 土木計画学研究・論文集 No.11, 1993
- 3) 新倉 淳史, 土居 厚司: 利用者の混雑回避に対する支払い意思額の検討, 鉄道技術連合シンポジウム講演論文集, 2008
- 4) 国土交通省鉄道局: 数字で見る鉄道2021, 一般財団法人 運輸総合研究所, 2022