

混雑列車車両への課金による 利用者の列車選択行動に関する研究 —東葉高速線船橋日大前駅を対象として—

小林 聡一¹・西内 裕晶²・轟 朝幸³・藤生 慎⁴

¹学生会員 日本大学大学院 理工学研究科社会交通工学専攻 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

E-mail: csc012010@g.nihon-u.ac.jp

²正会員 日本大学助教 理工学部社会交通工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

E-mail: todoroki.tomoyuki@nihon-u.ac.jp

³正会員 日本大学教授 理工学部社会交通工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

E-mail: nishiuchi.hiroaki@g.nihon-u.ac.jp

⁴学生会員 東京大学大学院 学際情報学府学際情報学専攻 (〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1)

E-mail: fujiu@iis.u-tokyo.ac.jp

首都圏の都市鉄道では、降車駅の階段が近いなどの理由により特定の車両に混雑が集中する。その結果、短時間で利用者が階段に集中し、ホームから出る際に余計な時間を要している可能性がある。そこで本研究では、混雑している車両に対して課金を行うことにより、ホームにおける利用者集中を分散させる手法を提案する。そこで本稿では、ホーム混雑の解消を目的として、東葉高速線船橋日大前駅の利用者を対象とした課金条件下におけるアンケート調査を実施し、車両選択モデルを構築した。その結果、課金が行われた場合の利用者の車両選択行動要因および車両選択確率が明らかとなった。さらに、生存分析を用いて、鉄道利用者の車両移動に対する課金額の受諾可能性を分析した。その結果、受諾率は課金を始めた際に急激に減少することが明らかとなった。

Key Words : *congestion mitigation ,congestion charge, platform, urban railway, binary choice model, survival assay*

1. はじめに

近年、都市鉄道においてラッシュ時のホーム混雑が運行安全上問題視されている。そのため鉄道各社ではホーム幅員の拡張、上下線でホームの分離や新設、階段の拡張などのハード面での対策を行ってきた。しかしそれらの対策には莫大な土地、費用と時間を必要とするため、容易に実施することができない。

ラッシュ時間帯の列車の混雑状況に着目すると、混雑率が車両ごとに異なることが挙げられる。これは主に、降車が多い駅の階段などの出口付近に停車する車両に乗客が集中するためである^{1) 2)}。そのため、階段などの処理容量を越えた降車客により、過度なホーム上での滞留が生じている。ホーム上での滞留は、降車客が一時的に階段等へ集中するために生じる。もし、階段等への集中を時間的に分散できれば、歩行流がスムーズになり、

危険性は緩和されると考えられる。

そこで本研究では、ホーム上での混雑を緩和するために、混雑車両に課金を行うことを提案する。これは、混雑している車両と比較的空いている車両で金銭格差を与えることにより比較的空いている車両に利用者をシフトさせ、階段への旅客の到着を時間的に分散させるものである。これにより階段での渋滞現象が解消でき、ホームでの過度な滞留が解消できるのではないかと考える。

本稿では、まず混雑車両への課金により利用者がどのように行動する意向があるかを意識調査する。この調査の結果から、利用者の車両選択行動要因を把握するために非集計分析を行う。さらに、利用者が課金額に対してどの程度支払うことができるかを確認するために生存分析を行う。これらの分析結果より、混雑車両に混雑課金を行うことによる利用者の車両選択行動を把握し、ホーム混雑緩和の可能性を検討する。

2. 既存研究と本研究の位置づけ

本研究では道路渋滞の原理を応用してホーム混雑の解消を考える。

桑原³⁾は道路が渋滞する要因(交通容量を超えた交通量が発生する場合に混雑が発生する)について説明し、渋滞現象はネットワークに車両が滞留するという動的現象であり、従来の静的な解析では適切な分析が難しいことを述べている。その上で、時間的に動的な混雑課金(ロードプライシング)について考察している。この既存研究における渋滞の発生要因及び解消方法についてを参考に、本研究ではホーム内でボトルネックであろう階段への旅客の到着を階段の容量以内に押さえることを考えた。つまり、旅客の流動を最大限のままで捌き、ホームでの滞留が起こらないようにすることである。

3. 研究対象

本研究では東葉高速鉄道線船橋日大前駅を選定した。東葉高速鉄道線は千葉県東部にある通勤路線で、東京地下鉄株式会社東西線に直通している。船橋日大前駅は平均6,077人/日⁴⁾の利用者がおり、近くには日本大学及びその附属中・高等学校といった学校が多く存在する。

当駅を選定した理由は、①朝の混雑時間帯においてホーム混雑が起こっている、②筆者らの調査(図-1)により車両ごとの混雑率に大きな偏りがある、③学生の利用が多いので、降車後の出口が一方に集中し、また時間帯も集中する、④利用者属性のばらつきが少ないため、データ分析の際に単純に考えられるためである。なお、図-1より、8:30~9:00に到着する列車の8号車のみに乗客が集中していることが分かる。これはこの時間帯に大学生の利用が多く、図-2に示すように船橋日大前駅の大学側の入り口が8号車付近にあるためである。

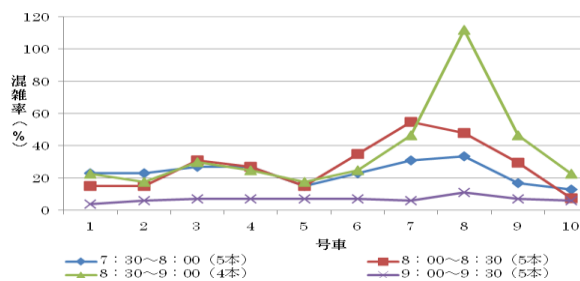


図-1 船橋日大前駅における平均混雑率

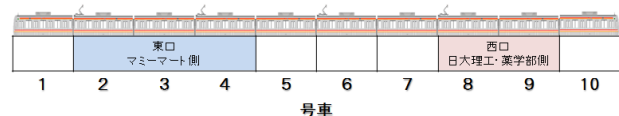


図-2 船橋日大前駅降車地点図

4. 利用者の意識調査

(1) アンケート調査概要

アンケート調査の概要を表-1に示す。アンケートは、現在の利用実態・個人属性・混雑課金を与えた際の行動意向などについてである。回答 Web の URL を記したチラシを改札口および大学内で配布し、Web 回収とした。

アンケートの質問事項を表-2に示す。なお「指定時刻」とは、アンケート回答者が目的地に到着すべき時刻(学校の始業時刻)の何分前に当該駅に到着する列車かを示し、本稿では10分前・20分前・30分前を仮定した。

表-1 アンケート調査概要

項目	内容
調査日時	2011年12月1日(木)~12月8日(木)
対象路線・駅	東葉高速鉄道線・船橋日大前駅
対象者	①東葉高速鉄道線を朝ラッシュ時間帯に利用したことがある人 ②西船橋から船橋日大前駅に行く列車を朝利用する人
配布方法	①12月1日(木)に船橋日大前駅でチラシを配布 ②12月6日(火)、12月8日(木)に授業にてチラシを配布
回答・回収方法	チラシに記載されているホームページよりアンケートに回答・回収
調査内容	①現在の利用実態 ②空いている1~4号車にインセンティブを付与した場合の行動(7~9号車が混雑していると仮定) ③混んでいる7~9号車に混雑課金がある場合の行動(7~9号車が混雑していると仮定)
有効回答サンプル	139人
有効回答率	23.2%

表-2 アンケート質問内容

問1	アンケートの理解度を確認
問2~10	東葉高速鉄道の利用理由
問11	インセンティブ付与・混雑課金の概要について理解度を確認
問12~14	指定時刻毎の混雑課金の金額
問15~17	指定時刻毎のインセンティブ付与の金額
問18~22	個人属性

(2) 調査結果

アンケートの有効回答者のうち、約9割は学生であった。学生の利用者が多いため、当該駅の利用目的について約9割が通勤・通学目的で利用であり、利用頻度についても約8割が週4回以上利用していた。

次に利用者の課金額支払い意思の割合を知るために、図-3に混雑課金額とその金額以上なら非混雑車両へ移動すると回答した人数の関係を示す。この図から分かるように、課金額20円の際に移動すると答えた人数が多いことが分かる。また100円、200円の際も少しではあるが他よりも人数が多いことが分かる。

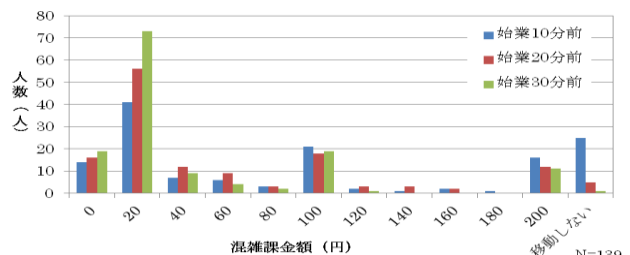


図-3 課金額と回答人数の関係

5. 課金による車両選択行動要因の分析

(1) 非集計モデル

利用者に対して混雑課金を行った際に、どのような要因を重視しているのかを明らかにするため、車両選択モデルを構築した。本稿では、説明変数の組み込みが容易で、必要データも比較的少なくモデル構築できるという特徴がある非集計ロジットモデルを用いる。また今回は混雑車両に乗車していることをアンケート回答時に仮定しているため、混雑課金額に応じて移動「する」、「しない」の2項ロジットモデル(式(1a))とした。効用関数を式(1b)に示す。

$$P_{in} = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{j \in J_n} \exp(V_j)} \quad (1a)$$

$$V_{in} = \beta_1 Z_{1n} + \beta_2 Z_{2n} + \dots + \beta_k Z_{kn} \quad (1b)$$

P_{in} : 個人 n が選択肢を選択する確率

V_i : 選択肢 i を選択した場合の効用確率

β_k : k 番目の変数パラメータ

Z_k : 選択肢 i において k 番目の説明変数 i

(2) 分析結果

混雑課金における対象駅到着時刻ごとのパラメータ推定結果を表-3に示す。なお、到着時刻とは、アンケート回答者が目的地に到着すべき時刻(学校の始業時刻)の何分前に当該駅に到着する列車であるかを示している。高頻度ダミーとは、週4回以上対象駅の利用者を示している。各説明変数のパラメータの符号は合理的であった。また、的中率は3つとも75%以上と良好な結果となった。表-3のパラメータより、混雑車両に課金を行った際に利用者は、課金額が増加するほど混雑車両から移動し、高頻度利用者であるほど移動を行わないことがわかった。また列車の乗車時間が長いほど非混雑車両へ移動することが分かった。

表-3 パラメータ推定結果

変数	10分前		20分前		30分前	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値
混雑課金額【共通変数】(10円)	0.179	4.68	0.077	1.56	0.047	0.56
高頻度(週4利用)ダミー	-2.19	-3.67	-2.16	-2.91	-2.27	-1.93
乗車時間(分)	0.027	4.25	0.033	3.62	0.047	2.56
的中率(%)	76.98		90.65		93.53	
サンプル数	139		139		139	
修正済み尤度比	0.455		0.689		0.832	

(3) 課金に対する感度分析結果

乗車時間 60 分、対象駅を高頻度で利用すると仮定した場合、利用者の課金に対する感度分析結果を図-4に示す。混雑課金額が増えるほど、混雑している車両から空

いている車両へ変更することがわかった。また、該当駅到着時刻が始業時刻に近くなるほど移動確率が高くなることがわかった。他にも到着時刻 10 分前の感度が大きいことがわかった。これは、10 分前の利用者に比べ、20 分前、30 分前の利用者にとって混雑課金が車両選択上重視されていないためだと考えられる。

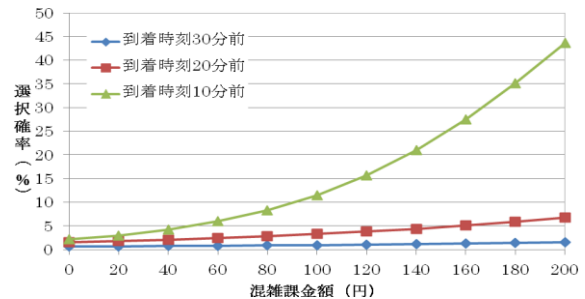


図-4 乗車変更確率曲線

6. 課金支払意思額分析

(1) 生存分析モデル

前項の非集計分析にて、乗車変更確率を把握した。しかし、利用者の混雑課金額に対する感度を把握することができなかった。そこで、利用者に対して混雑課金を行った際、どの程度の利用者が該当する混雑課金額を支払ってもよいと考えるかを把握するために、生存分析(セミノパラメトリックモデル: cox 比例ハザードモデル)を適用して分析を行った。使用したモデル式、受諾率曲線式を式(2a)、(2b)に示す。なお本稿で示す受諾率とは、混雑課金を支払っても良いと考える利用者の割合を指す。

$$L_i = \prod_i \left(\frac{\exp(\beta^T z_{(i)})}{\sum_{k \in R(t_j)} \exp(\beta^T z_j)} \right) \quad (2a)$$

$$\lambda(t|z) = \lambda_0(t) \exp(\beta^T z) \quad (2b)$$

t_i : 混雑課金額

$z_{(i)}$: 変数

β^T : パラメータベクトル

L_i : 部分尤度関数

$\lambda_0(t)$: 基準ハザード

(2) 分析結果

生存分析の結果を表-4および図-5に示す。パラメータの t 値はおおむね良好である。なお定期・回数券ダミー(当該駅にて定期券・回数券を利用している人を 1 とす

る)のt値が若干低い,この変数を消去すると他の変数のt値が悪化してしまうために残している.表4のパラメータの推定結果より,女性ダミーや高頻度ダミーのパラメータがマイナスであることから,受諾率(混雑課金を支払える確率)が低くなることを意味している.すなわち非混雑車両への移動可能性を高くしていることがわかった.また,図-5より課金額が20円,100円及び200円の時に利用者の受諾率が急激に減少することがわかった.課金額が20円の際に受諾率が大きく下がる理由として,アンケート調査の自由回答欄に,混雑課金に対して抵抗があるという記述がいくつかあったため,課金に対して利用者が抵抗を持つためと考えられる.

表4 生存分析推定結果

変数	係数	t値
女性ダミー	-0.28178	-1.727
運賃[円]	0.00027	1.827
高頻度ダミー	-0.35423	-2.268
定期・回数券利用ダミー	0.25567	1.474
到着時間[分前]	0.03927	6.165
サンプル数	417(=139人×3パターン)	

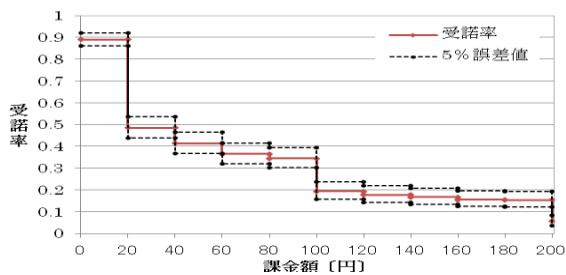


図-5 生存分析結果

7. 終わりに

本研究では,混雑車両に課金を行った際に利用者がどの程度移動するかを把握した.非集計分析の結果より,高頻度利用者は車両を変更にくいことが分かった.また到着希望時刻10分前の場合,他の到着希望時刻に比べて移動確率が高いことが分かった.また,利用者全体の混雑課金額の受諾可能性について把握するために,生存分析を行った.生存分析の結果より,課金額が20円,100円および200円とした時に,多くの利用者が混雑課金額に対する感度が下がることが分かった.

今後の課題として,混雑課金以外による車両選択行動として,非混雑車両に特典をつけた際の利用者の行動について把握することが考えられる.また,集中する降車客をどの程度分散させたら最大流を確保できるかについても分析する必要がある.

参考文献

- 1) 島田章義,井田弘仁,服部有紀子,青木俊幸,都築知人:鉄道駅における旅客流動に関する研究その6JR西日本京都線における旅客乗降と列車停車時分に関する研究,日本建築学会学術講演梗概集E-1建築計画1 Vol.1998 pp.845-846,1998
- 2) 水野隆二,轟朝幸,松田博和:都市鉄道におけるリアルタイムな混雑情報提供の有用性の検討-乗車選択行動モデルを用いて-,土木計画学研究・講演集(CD-ROM),Vol.40
- 3) 桑原雅夫:渋滞現象と需要解析,土木計画学研究・論文集Vol.21 No.1 Page.1-9,2004年
- 4) 千葉県:千葉県統計年鑑(平成21年),
<http://www.pref.chiba.lg.jp/toukei/toukeidata/nenkan/>

A Study on Train Cars' Choice Behavior by Introducing Congestion Charging for Congesting Train Car -Focused on Toyo Rapid Line, Hunabashi-Nichidaimae station-

Soichi KOBAYASHI, Hiroaki NISHIUCHI Tomoyuki TODOROKI and Makoto FUJII

A lot of passengers congestion on a particular train cars in the urban metropolitan area for the reason that they want to get closer to the stairs. Therefore, wxtra time is needed to leave the platform because the congestion occurs at the stairs. This study suggests the method to relax the cougestuou of passengers at platform by charging them. On the purpose of it, train car choice model is built by using datas of questionnaire survey at Hunabashi-Nichidaimae station, Toyo rapid Line.

The model proves the characteristics of passenger's behavior under the charging system. Furthermore, acceptable rate for passengers to change cars is calculated by using survival assay analysis.

As a result of that, the number of passenger decrease rapidly when the charging system is launched because they are reluctant to that.