

2208 列車車両への料金施策に対する利用者の車両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—

非会員 ○小林 聡一 (日本大院)

非会員 西内 裕晶 (日本大)

非会員 轟 朝幸 (日本大)

非会員 藤生 慎 (東京大院)

A Study on Train Cars' Choice Behavior by Introducing Monetary Differential for Train Car

-Focused on Toyo Rapid Line, Funabashi-Nichidaimae station-

Soichi KOBAYASHI, Nihon Univ. 7-24-1, Narashinodai, Funabashi City

Hiroaki NISHIUCHI, Nihon Univ.

Tomoyuki TODOROKI, Nihon Univ

Makoto FUJII, Tokyo Univ

At the platform of urban railway in Japan, it is not safe in the morning because of the congestion. To solve this problem, many railway companies in Japan have improved platforms by expansion work or new construction. However, these countermeasures need much time and money. Therefore, this paper introduces the solution in software. In particular, this paper suggests the way to move passenger in crowded cars to vacant cars with congestion charge or money incentive, focusing on the fact that way passengers tend to ride the car that is near to platform exit.

For the estimation, at first, questionnaire survey was conducted at Funabashi-Nichidaimae Station. Second, train car choice model (logit model) was built with the data.

The results indicate that congestion charge has stronger impact than incentive fare on passenger's moving.

Keywords : congestion mitigation, incentive, congestion charge, platform, binary choice model, urban railway

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安全運行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、階段の拡幅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を講じるためには、莫大な費用と時間に加えて用地の確保を必要とするため、容易に実施することができない。またホーム混雑が発生する時間もラッシュ時間帯に集中している傾向が強く、他の時間ではホーム混雑が発生しないことがある。

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。この原因は、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、利用者が集中するためである^{1) 2)}。その結果、降車客が一時的に階段などへ集中し、ボトルネックとなる階段の処理容量を越えた降車客によりホーム上では過剰な滞留が生じる。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、ホームからの転落などの危険が緩和することが可能となる。

そこで本研究では、ホーム上での混雑を緩和するために、混雑車両に課金または非混雑車両に対して乗車ポイントなどによる金銭的なインセンティブの付与を行うことを提案する。これは、混雑している車両と空いている車両を利用する人に対して

金銭格差を与え、空いている車両に利用者をシフトさせることにより、階段への旅客の時間到着を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、混雑車両への課金・インセンティブによる利用者の行動意向について意識調査する。この調査の結果を用いて非集計分析を用いて利用者の車両選択行動要因を把握する。

2. 既存研究と本研究の位置づけ

既存研究として列車間における混雑緩和施策は多く提案されている。水野ら²⁾は混雑情報が提供された際の利用者行動について非集計モデルを利用して分析した。その結果、混雑情報が提供された場合に旅客が混雑列車を避けることがわかった。なおこの既存研究のモデルにて、階段位置が説明変数として組み込まれているため、旅客は乗降の際に階段を意識していることもわかった。植原ら³⁾は、時差通勤による列車間の混雑緩和施策として、乗車ポイント・アクセス費用割引・待合施設の設置・車内混雑緩和というインセンティブを利用者に付与する場合を想定し、東急電鉄田園都市線にてアンケート調査を行った。結果、4つのインセンティブ付与のうち乗車ポイントを与えることが一番効果的に通勤時刻転換を行うことがわかった。

ホームの安全性向上施策として青木⁴⁾は駅での快適性、特にホームでの快適性向上について、①ホームドア、②旅客流動改善について述べている。①では列車に対する安全性、安心感といった部分でホームドア設置は効果的であると述べているが、費用や車両側の対応、乗降時間の増大などの問題を指摘している。②では階段の手すり増設によるレーン分けを行い、混雑方向のレーンを反対方向よりも多く取ることによって旅客流動を改善することを提案している。その結果流動改善が行えるものの、レーンを誤って利用してしまうことやレーン用の手すり設置による裁ける容量低下が問題として挙げられている。

また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⁵⁾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参考に、本研究ではホーム内の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船橋日大前駅を選定した。東葉高速鉄道線は千葉県船橋市と八千代市を結ぶ通勤路線で、東京地下鉄（東京メトロ）東西線と直通運転を実施している。船橋日大前駅の利用者は平均6,077人/日⁶⁾であり、近くには日本大学及びその付属中・高等学校といった学校が存在する。

当駅を選定した理由として、①朝の混雑時間帯においてホーム混雑が起っている、②筆者らの調査（結果をFig.1に示す）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2カ所ある出口のうちが一方に集中し、また始業時刻前が特に混雑する、④利用者属性のあるばらつきが少ないことからデータ分析の際に単純に考えられるためである。なおFig.1より、8:30～9:00に到着する列車の8号車のみに利用者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、Fig.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。

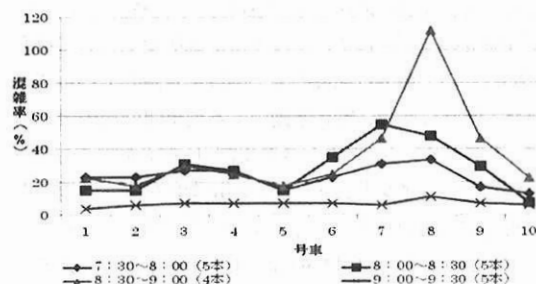


Fig.1 Average of congestion rate in Funabashi-Nichidaimae Station



Fig.2 Platform exit map in Funabashi-Nichidaimae St.

4. 利用者の意識調査

4.1 アンケート調査概要

アンケート調査の概要を Table.1 に示す。アンケート調査は、回答 HP の URL を記したチラシを改札口および大学内で配布し、Web 回答・回収とした。質問項目は、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である。アンケートの詳細な質問事項を Table.2 に示す。ここで「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、アンケートでは 10 分前・20 分前・30 分前を仮定した。

Table.1 Questionnaire summary

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	インセンティブ:138人 混雑課金:139人
有効回答率	23.2%

Table.2 Questionnaire article

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

4.2 調査結果

アンケート調査結果をFig.3に示す。

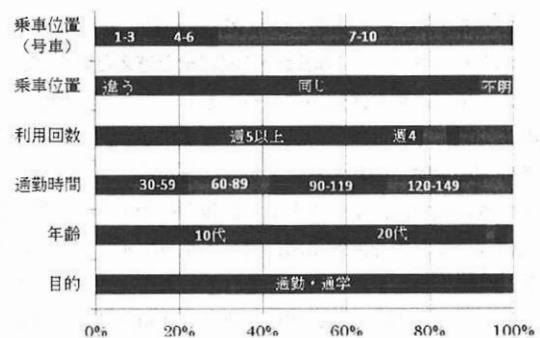


Fig.3 Result of questioners

Fig.3より、利用目的は約9割が通勤・通学目的で利用しており、年齢については10代・20代に集中している。この理由として、周辺に学校が存在したことや、学校内でもアンケート配布を行ったため、アンケートの有効回答者のうち約9割が学校関係者になったことがあげられる。また通勤・通学時間については、おおむね90-119分、120-149分掛かっている人が多く、中～長時間移動者が多いことが分かる。利用回数については、週5以上利用している人が多いことが分かる。これは回答者の多くが学生であり、多数の学生が講義などにより定期的に利用しているためである。乗車位置については、いつも同じ場所に乗車していると答えた人が約8割おり、そのうち約8割は7-10号車に乗車していることが分かる。このことから利用者は定期的に同じ号車に乗る傾向が強いことが分かる。また乗車位置は、Fig.2に示すように学校がある方向の出口が8-9号車付近にあるため、利用者が集中しているためである。

また利用者の車両を移動する最低金額を、インセンティブ・混雑課金ごとに把握するために、Fig.4にインセンティブ・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。この図より混雑課金では20円のときに移動すると選択した人数が最大となることが分かる。ここから混雑課金を実施されることに対して抵抗が大きいことが分かる。対してインセンティブでは200円のときに移動すると選択した人数が最大となることが分かる。これはアンケート上で設定した最大額を貰わない限り移動しないと考える人が多いことを示していると考えられる。

またインセンティブ、混雑課金ともに20円、100円、200円（最大値）を選択した人数が多いことが分かる。なおアンケートでは非常に高い金額で設定するのは非現実的であると考えたため、最大値を対象路線の初乗り運賃（200円）としている。

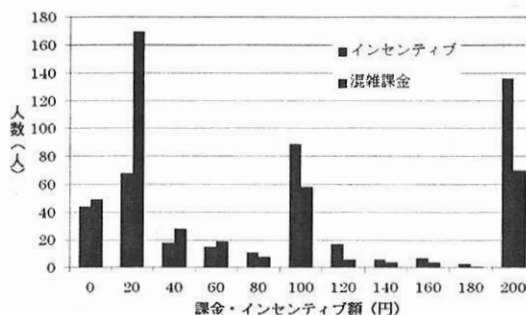


Fig.4 Number of incentive and congestion price

5. インセンティブ・課金による車両選択行動要因の分析

5.1 非集計モデル

利用者に対してインセンティブ・混雑課金を導入した際に、どのような要因を重視するかを明らかにするために、車両選択モデルを構築した。本稿では利用者がどのような要因を重視して車両選択行動を行うかを把握するために、非集計分析を行った。なお今回は問題をより単純に取り扱うために、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、インセンティ

ブ額、混雑課金額が発生した際に混雑車両から非混雑車両へ移動「する」、「しない」の2項ロジットモデルとした。基本式を式(1)に、効用関数の基本式を式(2)に示す。

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

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

P_{in} : 個人 n が選択肢 (i) を選択する確率

V_i : 選択肢 i を選択した場合の効用確定項

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

5.2 課金導入の際の分析結果

混雑課金における到着時刻ごとのパラメータ推定結果をTable.3に示す。

Table.3 Parameter estimation result
(Case of congestion charge)

最寄り駅到着時刻	10分前		20分前		30分前	
変数	推定値	t値	推定値	t値	推定値	t値
混雑課金額 【共通変数】 (10円)	0.179	4.68	0.0769	1.56	0.047	0.56
高頻度 (週4以上) ダミー	-2.19	-3.67	-2.16	-2.91	-2.27	-1.93
乗車時間 (分)	0.0274	4.25	0.0333	3.62	0.0474	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	

なお、最寄り駅到着時刻とは、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、対象駅週4回以上の利用者を示している。

最寄り駅到着時刻 20 分前、30 分前における一部パラメータの t 値が有意水準以下となっている。しかし、①各説明変数パラメータの符号は合理的である、②的中率は3つとも75%以上と良好な結果である、③修正済み尤度比の値が1に近く良好な結果である、個々の変数の精度は悪いもののモデル全体の精度は良く、十分に現象を説明できていると考える。

Table.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非混雑車両へ移動することがわかった。また高頻度で列車を利用する人は、非混雑車両への移動を行いにくいことがわかった。これは混雑車両への乗車が習慣となっており、その習慣を変えることに対して抵抗があるためだと考えられる。他にも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わかった。これは乗車時間が長い人であるほど、混雑していない車両に乗りたいと考える傾向が強く、短時間利用者は多少混雑していても我慢できるからではないかと思われる。

5.3 インセンティブ導入の際の分析結果

インセンティブにおける対象駅到着時刻ごとのパラメータ推定結果を Table.4 に示す。

Table.4 Parameter estimation results (Case of incentive)

最寄り駅到着時刻	10分前		20分前		30分前	
変数	推計値	t 値	推計値	t 値	推計値	t 値
インセンティブ額 【共通変数】(10円)	0.12	3.56	0.02	0.43	2.87	0.02
高頻度(週4以上) ダミー	-2.24	-4.46	-2.31	-2.78	-0.15	-0.00
乗車時間(分)	0.03	3.81	0.03	2.45	5.13	0.06
的中率	77.54%		92.03%		-	
サンプル数	138		138		138	
修正済み尤度比	0.428		0.761		0.969	

ここで示すパラメータについては前節のものと同じである。最寄り駅到着時刻が 30 分前のモデルを除いて、t 値が良くないパラメータが一部存在するものの、各説明変数のパラメータの符号は合理的であり、的中率は 75%以上と良好な結果となった。しかし 30 分前のモデルについては t 値も低く、的中率も悪い結果となった。これは 20 分前・10 分前のサンプルとは異なり、30 分前におけるサンプルの 9 割以上が「(何らかの金額で)移動する」と回答しているため、片方の選択肢にデータが大きく偏ってしまい、非集計分析におけるランダム行動を示せなかったためであると推察する。

Table.4 のパラメータより、非混雑車両にインセンティブ導入を行った際、インセンティブ額が増加するほど混雑車両から移動するなど混雑課金が導入された場合と同じ傾向を示すことがわかった。

5.4 インセンティブ・混雑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(週 4 回以上)で利用すると仮定した場合の利用者の非混雑車両への移動確率を Fig.5 に示す。なおインセンティブにおける最寄り駅到着時刻 30 分前のモデルの精度が悪かったため、比較として 10 分前・20 分前のモデルで比較する。

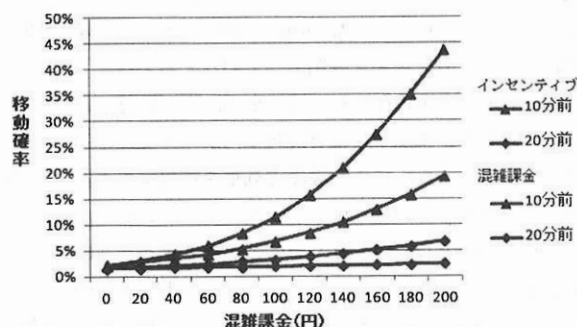


Fig.5 Result of sensitivity analysis

Fig.5 より、インセンティブ・混雑課金共に 10 分前よりも 20 分前の方が移動確率が低いことが分かる。これは双方とモデルにおけるインセンティブと混雑課金額のパラメータの t 値があまり良くないためであると推測出来る。インセンティブと混

雑課金を比べると、10 分前と 20 分前双方ともモデルにおいても混雑課金の方が少ない金額で移動してくれることがわかった。これは混雑車両に対して混雑課金を行う場合、現在混雑車両に乗っている人は絶対にお金を払わなくてはならないという強制的な要素が大きいのにに対し、インセンティブは移動すれば特典がもらえるという、強制的な要素が小さいためではないかと考える。

6. 終わりに

本研究では、混雑車両に課金または非混雑車両に金銭的なインセンティブ付与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、インセンティブ額・混雑課金額が上昇すると、非混雑車両への移動確率が上がることがわかった。また高頻度利用者は車両を変更にくく、乗車時間が長い人は移動しやすいことがわかった。

また感度分析の結果より、インセンティブ付与よりも混雑課金を導入した方が、より安い金額で非混雑車両へ利用者を移動させることができることがわかった。このことから混雑課金の方が効率的に利用者を移動させられることがわかる。しかしながら Fig.4 の結果及び本アンケートを行った際の自由回答欄に課金に対する否定的な意見が数多くあったことから、実際に導入する場合は利用者の抵抗感を克服する必要がある。

今回使用したモデルは学生・10~20 代利用者がサンプルに多く含まれるように設定したため、サンプルに偏りが発生した。そのため、一般的な路線への適応が難しい。またサンプル数、属性の固定化を回避することで、モデルの精度もまだ向上できると考える。そのため、より一般的で精度の高いモデルの構築が必要である。

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6 JR 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.47 No.4, 2010
- 3) 植原慶太, 中村文彦, 岡村敏之: インセンティブ導入による通勤時刻転換意向に関する研究, 運輸政策研究 11(4), pp.2-9, 2009
- 4) 青木俊之: 駅ホームの快適性を向上する, RRR, Vol.62, Page12-15, 2005
- 5) 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
- 6) 千葉県: 千葉県統計年鑑平成21年, <http://www.pref.chiba.lg.jp/toukei/toukeidata/nenkan/>