

# 都市鉄道における混雑情報提供による乗車選択行動に関する研究\*

## An Analysis on the Boarding Choice Behavior by Congestion Information at the Urban Railways\*

水野 隆二\*\*・轟 朝幸\*\*\*・松田 博和\*\*\*\*

By Ryuji MIZUNO\*\*・Tomoyuki TODOROKI\*\*\*・Hirokazu MATSUDA\*\*\*\*

### 1. はじめに

都市鉄道におけるラッシュ時間帯の輸送力不足に対応するため、新線開業や複々線化、列車の増発など様々な混雑緩和施策が講じられてきた。その結果、東京圏における主要 31 路線の最混雑区間の混雑率は、1975 年には 200%を超えていたが、2007 年には 171%まで減少し、年々減少傾向にある<sup>1)</sup>。しかし、一部の路線では未だに混雑率が 180%を超えており、利用者は相変わらず肉体的・精神的負担を強いられている。

一方、ラッシュ時間帯の混雑状況を列車ごとあるいは車両ごとに見ると、優等列車や階段付近に停車する車両への乗車が集中することにより、列車間や車両間で混雑にばらつきが生じている<sup>2)</sup>。このような問題に対し、例えば、東急田園都市線や東京メトロ東西線では、ラッシュ時間帯の優等列車の運行を取り止め、列車間の混雑の平準化を図る対策を取っている。しかし、上記の対策では、車両間の混雑のばらつきは平準化されないことや輸送障害の発生により日常の混雑状況とは異なる状況になった際、利用者が空いた列車や車両を確実に選択するのは難しいなどの課題が挙げられる。そこで、これらの課題を解決するためには、列車の混雑情報をリアルタイムに提供し、利用者がその情報をもとに空いた列車や車両を選択できるサービスの提供が有用ではないかと考える。しかし、実際にリアルタイムで混雑情報を提供した研究<sup>3)</sup>は少なく、都市鉄道で情報提供した場合の利用者行動は明らかになっていない。

そこで本研究では、列車・車両ごとの混雑情報の提供を都市鉄道において行った際、利用者がどのような乗車選択行動を取るのかを意識調査により明らかにする。その結果をもとに乗車選択行動モデルを構築し、乗車選択行動に影響を与える要因の把握や提案する混雑情報提供の有用性を検討する。

\*キーワード：混雑平準化、情報提供、交通行動分析

\*\*学生員、学（工）、日本大学大学院理工学研究科

（千葉県船橋市習志野台7-24-1、TEL：047-469-5219

E-mail:mizuno\_ryuji@trpt.cst.nihon-u.ac.jp)

\*\*\*正員、博（工）、日本大学理工学部社会交通工学科

\*\*\*\*正員、修（工）、東日本旅客鉄道株式会社

### 2. 提案する混雑情報提供

本研究で提案する混雑情報提供とは、到着する列車の混雑情報を乗車前の利用者にリアルタイムに情報提供するというものである。列車の混雑情報は、都市鉄道において既に空調制御などに活用されている応荷重装置により測定された車両ごとの乗車率データ（写真-1参照）を用いる。そのデータを駅ホームに設置されている電光掲示板や液晶TVなどに表示させることで、利用者に情報提供することを想定している。提案する混雑情報提供の模式図を図-1に示す。

これにより、利用者は経験だけに頼ることなく、混雑した列車や車両を避け、空いた列車や車両を自ら確実に選択する機会が生まれ、快適な車両で移動することが可能となる。また、混雑情報の提供により一部の利用者が混雑車両を避ければ、特定の車両への集中乗車が緩和し、乗降時間が短縮されることから、列車遅延の減少も期待できる。



写真-1 運転席のモニターに表示される乗車率

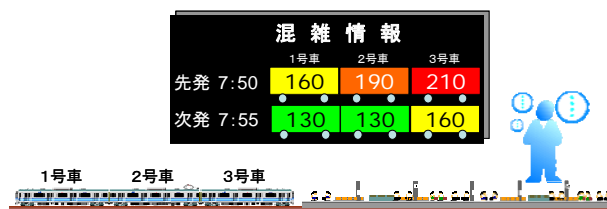


図-1 提案する混雑情報提供の模式図

### 3. 乗車選択行動モデルの基礎的データの取得

利用者の乗車選択行動モデルの構築に必要な基礎的データの取得を目的に、列車の混雑率調査と利用者を対象としたアンケートによる意識調査を実施した。

### (1) 調査駅の選定

情報提供の調査駅を選定するため、表-1に示す選定条件を設定した。この選定条件をもとに、本研究では東京メトロ東西線浦安駅を調査駅に選定した。

東京メトロ東西線は、朝ラッシュ時間帯に千葉方面から多くの通勤・通学客が都心方面へ利用している。最混雑区間の木場駅→門前仲町駅では混雑率 199% (2007年)<sup>1)</sup>を示しており、全国の手私鉄ではワースト1の混雑路線となっている。

浦安駅は都心まで約10km、約20分の所に位置し、一日約7万5千人(2008年)が利用する東西線の中心駅である。調査当時のラッシュ時間帯には、快速電車、通勤快速電車(浦安駅から各駅停車)、普通電車が運行していたが、混雑の平準化を図るため2009年3月のダイヤ改正より、快速電車の運行を取り止めている。

### (2) 混雑率調査の概要

本研究で提案するリアルタイムな混雑情報提供では、応荷重装置により計測された乗車率データを用いることを想定しているが、乗車率データを入手することができなかった。そこで、浦安駅にて混雑率調査を行った。調査概要を表-1に示す。

表-1 混雑率調査概要

| 項目      | 主な内容   |                                  |
|---------|--|----------------------------------|
| 調査駅選定条件 | 混雑状況   | 到着列車の混雑率にばらつきがある                 |
|         | 路線条件   | 運行本数が多く、優等列車が存在する                |
|         | 上流側の駅条件  | 種別ごと、始発駅ごと、車両ごとに到着列車の混雑率にばらつきがある |
|         | 下流側の駅条件  | 運行本数の多さ                          |
| 混雑率調査   | 調査目的   | 調査駅における列車、車両ごとの混雑の現状把握           |
|         | 調査方法   | ホーム最後尾での目視による観測調査                |
|         | 調査駅  | 東京メトロ東西線 浦安駅                     |
|         | 調査日時   | 2007年10月15日(月) 6時45分～9時21分 晴れ    |
| 調査対象電車  | 62本<br>快速電車: 13本<br>通勤快速電車: 12本<br>普通電車: 37本<br>(葛西駅退避普通電車: 13本) |                                  |

### (3) 混雑率調査の結果

混雑率調査の結果について、図-2に列車ごと、図-3に車両ごとの平均混雑率の推移を示す。

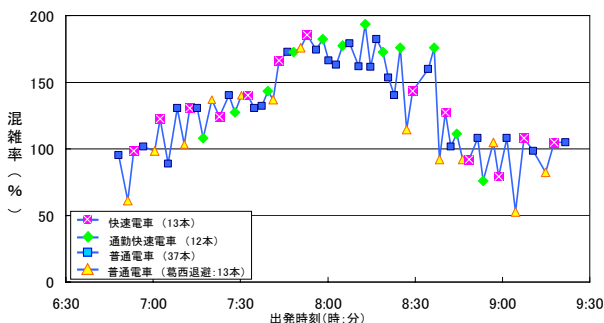


図-2 列車ごとの平均混雑率の推移

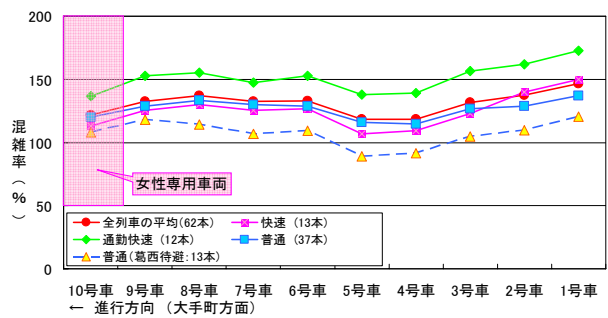


図-3 車両ごとの平均混雑率の推移

図-2より、浦安駅では列車種別により混雑にばらつきが見られた。また、隣の葛西駅で後続の快速電車に追い越される普通電車は、他の普通電車と比較すると、混雑率が低い傾向にあった。これは、葛西駅で追い越される普通電車の存在を駅のアナウンスや日々の通勤・通学で利用者が認知していることから、目的地へ早く到着したいと考える利用者は、この電車をあまり選択せず、その結果、混雑率が低くなっていると考えられる。

図-3より、車両ごとの平均混雑率は到着列車の種別に関係なく、同じような傾向が見られた。1～3号車の混雑率は、他の車両と比較すると高いが、4、5、10号車は混雑率が低い傾向にある。これは、都心にある茅場町駅、日本橋駅では1～3号車付近に階段が設置されていることや他の路線への乗り換えが便利なことから、利用者が集中し、高い混雑率を示す結果になったと考えられる。また10号車は、朝ラッシュ時間帯の間、女性専用車両として運転されているため他の車両に比べ、全体的に混雑率が低い傾向にあると考えられる。

### (4) 利用者の意識調査の概要

混雑情報を提供した際の乗車選択行動を意識調査によって把握するため、浦安駅の利用者を対象としたアンケートを実施した。調査概要について表-2に示す。

表-2 利用者の意識調査概要

| 項目         | 内容   |   |
|------------|--|---|
| 調査日時       | 配布日時: 2007年11月14日(水) 6:45～9:30(晴れ)<br>回収期間: 2007年11月14日(水)～11月30日(金) |   |
| 調査場所・調査対象者 | 東京メトロ 東西線 浦安駅<br>浦安駅からの乗車客   |   |
| 回答方式       | 郵送回答方式   |   |
| 回収状況       | 配布部数: 1,500部<br>回収部数: 585部 (回収率: 39.0%)<br>有効回答: 354部 (有効回答率: 23.6%) |   |
| 調査項目       | 質問意図   | 質問項目                                      |
|            | 個人属性   | 性別、年齢、職業                                  |
|            | 当日の鉄道利用状況  | 利用目的、利用区間、所要時間、時間帯、週の利用回数                 |
|            | 日常の行動  | 乗車電車、車両とその理由、混雑回避行動について、余裕時間、電車の見送り行動について |
| 混雑情報提供時の行動 | 乗車電車、車両とその理由、混雑情報のニーズ、混雑情報活用条件、混雑情報への支払い意思額                          |   |

### (5) 利用者の意識調査の結果

アンケート回答者の属性について図-4に示す。

回答者の多くが30・40・50代の男女を中心とする通勤客であった。東西線内の下車駅は、約7割の回答者が門前仲町駅、茅場町駅、日本橋駅、大手町駅の都心の4駅で下車するか、その4駅で他の路線に乗り換えていることが明らかとなった。またラインホール時間は平均で44分であった。さらにアンケート回答者は、通勤・通学時に平均で14分の余裕を持って移動していることが明らかとなった。

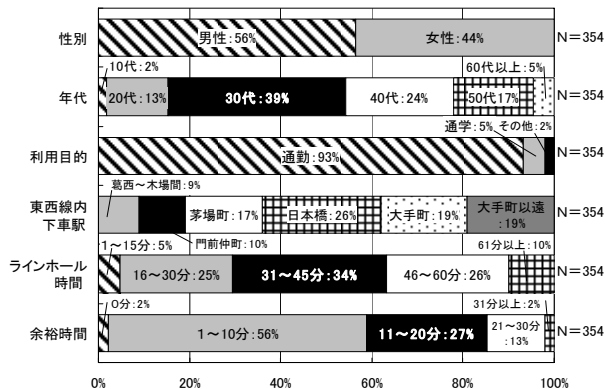


図-4 アンケート回答者属性

図-5に混雑情報に関するアンケート結果を示す。

64%の回答者が日常の電車利用時に何らかの混雑回避行動を試みている傾向にあり、69%の回答者が到着した電車が混雑していたために実際に電車を見送った経験があると回答した。混雑情報提供へのニーズは、大きな荷物を持っている時や列車遅延時など通勤・通学時以外でも活用したいという回答があった。また、82%の回答者は、実際に混雑情報が提供された際には活用したいと回答している。混雑情報の提供に対する毎月の支払い意思額では、72%の回答者が鉄道会社のサービスと捉えており0円/月と回答したが、中には1,000円/月以上の支払い意思を示す回答者もいた。

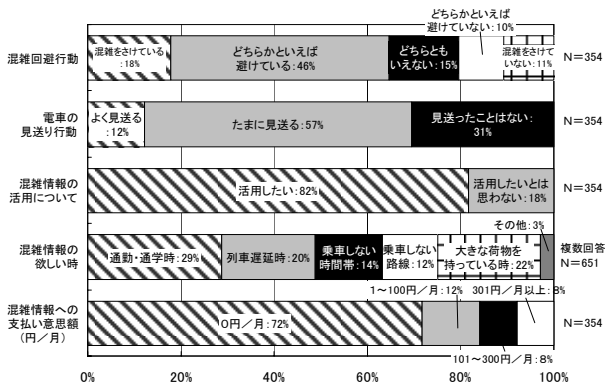


図-5 混雑情報に関するアンケート結果

## 4. 乗車選択行動モデルの構築

3章での結果を踏まえ、混雑情報の提供による乗車選択行動を明らかにするため、乗車選択行動モデルの構築を行う。

### (1) モデルの構造

#### a) モデルの基本式

本研究では、浦安駅において図-6に示す混雑情報板を乗車前の利用者が見た際、先発電車あるいは次発電車のどの車両に乗車するかという乗車選択行動を考ることから、非集計ロジットモデルを構築する。使用するロジットモデル及び効用関数を式(1)、(2)に示す。

$$P_{in} = \frac{\exp(V_i)}{\sum \exp(V_i)} \quad (1)$$

$$V_i = \sum_k \beta_k Z_{ki} \quad (2)$$

$P_{in}$  : 選択肢*i*を選択する確率

$V_i$  : 効用の定数項

$\beta_k$  : パラメータ

$Z_{ki}$  : 説明変数

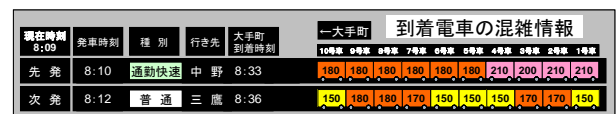


図-6 混雑情報板のイメージ図

#### b) 選択肢の設定

東西線では1編成が10両で構成されている。そのため、1両ごとに選択肢を設定すると選択肢数が多くなりパラメータ推定が容易ではない。そこで、図-3の各車両の混雑状況をもとに先発電車、次発電車それぞれ1~3号車、4~7号車、8~10号車の3つに分割した。よって、本研究では図-7に示す6項の多項ロジットモデルを採用する。

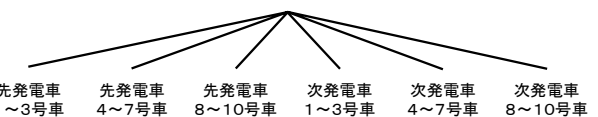


図-7 乗車選択モデルのツリー構造

#### c) 説明変数の設定

モデルの説明変数は、混雑率、待ち時間、余裕時間、東西線乗車時間、ラインホール時間、移動距離、階段からの距離の7つを用いた。以下では、混雑率、待ち時間、余裕時間、移動距離、階段からの距離について説明する。

「混雑率」は、例えば先発電車1~3号車という選択肢の場合、先発電車1、2、3号車の混雑率を平均し

た値を用いた。「待ち時間」は、混雑情報板を見た時刻から先発電車、次発電車が浦安駅をそれぞれ出発するまでの時間である。「余裕時間」は、朝ラッシュ時間帯に移動する際、利用者がもっている時間的なゆとりである。「移動距離」は、普段よく乗車する車両から混雑情報提供時に選択する車両までの距離である。「階段からの距離」は、浦安駅の階段の位置から混雑情報提供時に選択する車両までの距離である。

## (2) 推定結果

表－3に推定結果を示す。説明変数の組み合わせにより3つのモデルを推定した。モデル1～3の各説明変数のパラメータの符号は合理的であり、t値や尤度比も十分な値を示している。混雑率についても、モデル1～3共にt値は十分に高い。よって、混雑率を情報提供することは、利用者が乗車する列車や車両を選択する際の有用な情報となるものと考えられる。

推定したモデルの精度に着目してみると、モデル1～3共的的中率は若干低いものの、乗車選択行動をある程度の精度で表現していると判断できる。特にモデル1は、尤度比、的中率共に最も高いことから、本研究ではモデル1を乗車選択行動モデルとして扱うこととする。

表－3 乗車選択モデルの推定結果

| 説明変数        | モデル1                 | モデル2                 | モデル3                 |
|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 混雑率[%]      | -0.0843<br>(-7.309)  | -0.1002<br>(-10.440) | -0.1108<br>(-10.461) |
| 待ち時間[分]     | -1.0852<br>(-5.867)  | -1.2753<br>(-7.841)  | -1.4605<br>(-8.018)  |
| 余裕時間[分]     | -0.1207<br>(-4.922)  | -0.1563<br>(-6.868)  | -0.1683<br>(-7.178)  |
| 東西線乗車時間[分]  | -0.1439<br>(-11.450) |                      | -0.1224<br>(-10.939) |
| ラインホール時間[分] | -0.0346<br>(-4.768)  | -0.0534<br>(-10.633) |                      |
| 移動距離[m]     |                      | -0.0195<br>(-2.375)  | -0.0200<br>(-2.411)  |
| 階段からの距離[m]  | -0.0916<br>(-9.311)  | -0.0640<br>(-9.038)  | -0.0730<br>(-9.244)  |
| 尤度比         | 0.305                | 0.273                | 0.290                |
| 的中率         | 52.4%                | 48.7%                | 50.7%                |
| サンプル数       | 351                  | 351                  | 351                  |

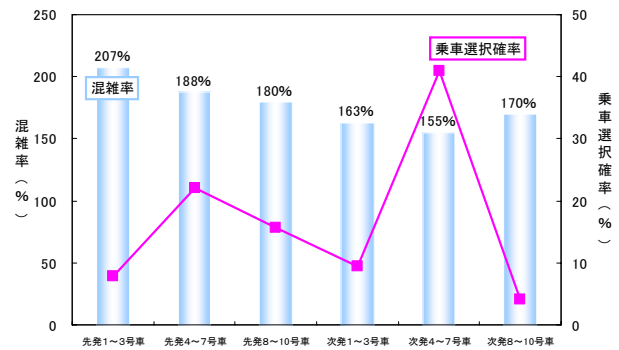
数値はパラメータ値、()内はt値

## 5. 混雑情報提供時の乗車選択確率の算出

構築した乗車選択行動モデル(モデル1)を用いて、混雑情報が提供された際の利用者の乗車選択確率を計算した。図－8に、各車両の混雑率を棒グラフで、乗車選択確率を折れ線グラフで示す。

混雑情報の提供により混雑率が最も低かった次発電車4～7号車に対する選択確率が高くなっている。また、列車ごとに乗車選択確率を見てみると、先発電車全体の

選択確率は45.5%、次発電車全体の選択確率は54.5%となった。これは、混雑情報の提供により、混雑している先発電車を避け、空いている次発電車を選択する利用者が増加する可能性を示唆している。よって、混雑情報の提供は、利用者に空いた列車や車両への乗車を促し、混雑のばらつきを平準化させる可能性があると考えられる。



図－8 混雑情報提供時の乗車選択確率

## 6. おわりに

本研究では、まず混雑情報を提供した際の利用者の乗車選択行動を把握するため意識調査を行った。その結果をもとに非集計ロジットモデルを用いて、混雑情報提供時の乗車選択行動を明らかにした。

また、構築した乗車選択行動モデルにより乗車選択確率を計算した。その結果、混雑情報の提供により、混雑している列車や車両から空いている列車や車両へ利用者が転換する可能性があることを示した。つまり、混雑情報の提供は、列車間・車両間の混雑のばらつきを平準化させる一施策であると考えられる。

本研究では、混雑情報提供時の乗車選択行動を把握するため、ロジットモデルによるパラメータ推定を試みた。しかし、先発電車と次発電車の同じ車両の選択肢間には、IIA特性を保つことができていない可能性がある。そのため今後は、列車選択と車両選択を分けたネステッドロジットモデルの構築を行うなど、より利用者行動に即したモデルの検討を行う必要があると考える。また、帰宅時間帯や他の路線において混雑情報を提供した際の有用性の検証も行いたいと考えている。

### 参考文献

- (財) 運輸政策研究機構：数字でみる鉄道2008
- 松田博和，轟朝幸：列車車両の混雑情報提供による混雑緩和の可能性の検討，平成18年鉄道技術・政策連合シンポジウム講演論文集，pp.143 - 146，2006.
- 轟朝幸，松本修一，松田博和：路面電車利用者への混雑情報提供の有用性の検証，運輸政策研究，Vol.11，No. 1，pp.15 - 22，2008.