

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

ー乗車選択行動モデルを用いてー

A Study on the Effectiveness of Real-time Congestion Information at the Urban Railways

ーUsing by Boarding Choice Behavior Modelー

指導教授 轟 朝 幸

M8016 水 野 隆 二

1. はじめに

ラッシュ時間帯の鉄道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で、列車間や車両間で混雑にばらつきが生じている¹⁾。このような問題に対して、例えば、東京メトロ東西線や東急田園都市線では、ラッシュ時間帯の優等列車の運行を取り止め、列車間の混雑のばらつきを緩和している。しかし、列車間の混雑のばらつきは緩和されても、車両間の混雑のばらつきを緩和するまでには至っていない。また、駅やホームページでラッシュ時間帯に混雑する車両の情報を提供している事例も存在するが、ラッシュ時間帯全体の混雑傾向を表した情報であるため、輸送障害の発生など日々刻々と変化する混雑状況に対応するのは難しい。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ている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例²⁾は少なく、都市鉄道で情報提供した場合の利用者行動や利用者が乗車する列車・車両を選択する際の意識構造は明らかになっていない。

そこで本研究では、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行うのかを把握するため、乗車選択行動モデルを構築する。また、その結果をもとに乗車選択行動に影響を与える要因の把握やリアルタイムな混雑情報の提供が混雑の平準化を促す施策と成りえるのかを検討する。

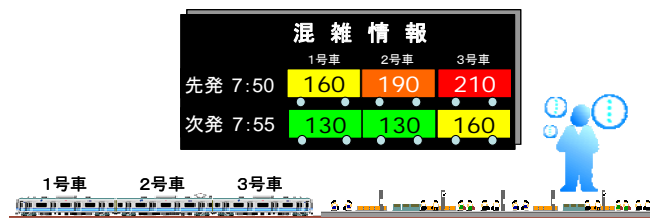
2. 提案するリアルタイムな混雑情報提供

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で計測された車両ごとの乗車率データ（写真ー1参照）の活用を考えている。そのデータを駅ホームや

改札付近に設置されている電光掲示板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ー1に示す。これにより、利用者は経験だけに頼ることなく、混雑している列車や車両を避け、空いている列車や車両を確実に選択する機会が生まれ、少しでも快適な車両で移動することが可能となる。また、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され、乗降時間が短縮することから、列車遅延の減少も期待できる。



写真ー1 運転席のモニターに表示される乗車率



図ー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構築のためのデータの取得

乗車選択行動モデルの構築に必要な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意識調査を実施した。

(1) 対象駅の選定

本研究では、時間帯の違いによる混雑情報提供の効果把握するため、朝ラッシュ時間帯に東京メトロ東西線浦安駅、帰宅時間帯に東京メトロ東西線門前仲町駅において混雑情報の提供を行うと仮定した。

東京メトロ東西線は、ラッシュ時間帯には多くの通勤・通学客が利用している。特に朝ラッシュ時間帯の混雑は酷く、最混雑区間の木場駅→門前仲町駅における混雑率は199%（2008年度）³⁾となっており、全国の大手私鉄ではワースト1の混雑路線である。

(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活用す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、門前仲町駅におい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 | 内容 | |
|--------|--|---|
| 調査目的 | 調査駅における列車ごと、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測定 | |
| 調査駅 | 東京メトロ 東西線 浦安駅 | 東京メトロ 東西線 門前仲町駅 |
| 調査日時 | 2007年10月15日(月) 6時45分～9時21分 | 2009年10月21日(水) 17時30分～20時30分 |
| 調査対象電車 | 中野方面行き電車:計62本 快速電車:13本 通勤快速電車:12本 普通電車(退避なし):24本 普通電車(葛西駅退避):13本 | 西船橋方面行き電車:計55本 快速電車:17本 普通電車(退避なし):4本 普通電車(妙典駅退避):17本 普通電車(葛西駅退避):17本 |

(3) 混雑率調査の結果

1) 浦安駅(朝ラッシュ時間帯)の調査結果

浦安駅の混雑率調査の結果として、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。

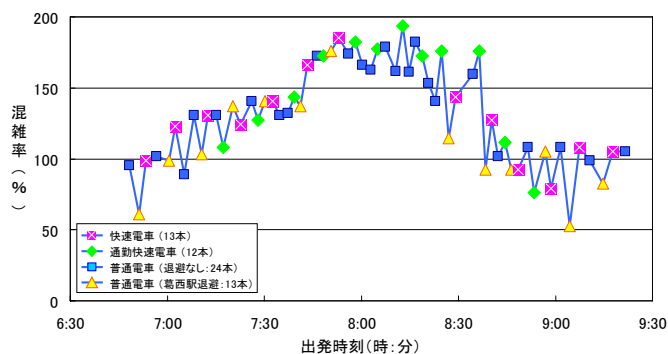


図-2 列車ごとの平均混雑率の推移(浦安駅)

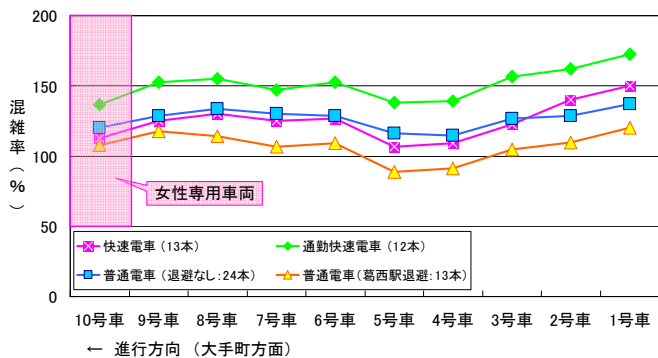


図-3 車両ごとの平均混雑率の推移(浦安駅)

図-2より、朝ラッシュ時間帯の浦安駅に到着する列車は、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、快速の通過待ちがない普通電車と比較すると、混雑率が低い傾向にあることが明らかとなった。

図-3より、列車種別に関係なく、1～3号車の混雑率は、他の車両と比較すると高いことがわかる。こ

れは、都心にある茅場町駅、日本橋駅、大手町駅では1～3号車付近に階段が設置されており、下車や乗り換えに便利なことから、利用者が集中し、高い混雑率を示していると考えられる。また10号車に関しては、朝ラッシュ時間帯の間、女性専用車両として運転されるため、混雑率が低くなっていると考えられる。

2) 門前仲町駅(帰宅時間帯)の調査結果

門前仲町駅の混雑率調査の結果として、図-4に列車ごと、図-5に車両ごとの平均混雑率の推移を示す。

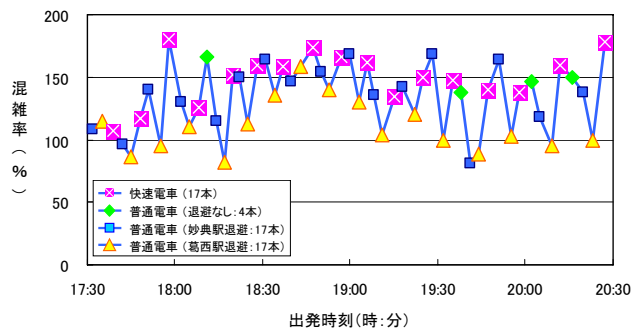


図-4 列車ごとの平均混雑率の推移(門前仲町駅)

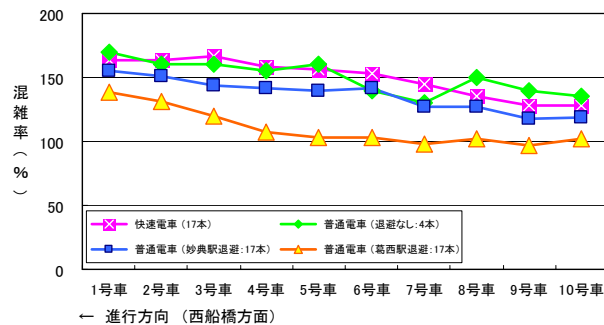


図-5 車両ごとの平均混雑率の推移(門前仲町駅)

図-4より、帰宅時間帯の門前仲町駅でも朝ラッシュ時間帯の浦安駅と同様に列車種別により混雑にばらつきが見られた。また、葛西駅で後続の快速電車に追い越される普通電車は、他の列車と比較すると混雑率が低い傾向にあることが明らかとなった。

図-5より、列車種別に関係なく、1～3号車の混雑率は、他の車両と比較すると高いことがわかる。これは、乗車客が多い茅場町駅、日本橋駅、大手町駅では1～3号車付近に階段が設置されていることや降車客が多い西葛西駅、浦安駅、西船橋駅では、1～5号車付近に階段が多く設置されていることが影響していると考えられる。

(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把握するため、浦安駅と門前仲町駅の利用者を対象に意識調査を実施した。調査概要を表-2に示す。

表－2 利用者の意識調査概要

| 項目 | 内容 | |
|----------|--|---|
| 調査駅・調査日時 | <東京メトロ 東西線 浦安駅> 配布日時: 2007年11月14日(水) 6:45~9:30 回収期間: 2007年11月14日(水)~11月30日(金) | |
| | <東京メトロ 東西線 門前仲町駅> 配布日時: 2009年11月18日(水) 16:30~20:00 回収期間: 2009年11月18日(水)~12月4日(金) | |
| 回答方式 | 郵送回答 | |
| 回収状況 | <浦安駅> 配布部数: 1,500部 回収部数: 585部 (回収率: 39.0%) 有効回答: 354部 (有効回答率: 23.6%) | <門前仲町駅> 配布部数: 1,600部 回収部数: 312部 (回収率: 19.5%) 有効回答: 166部 (有効回答率: 10.4%) |
| | | |
| 調査項目 | 質問項目 | 質問内容 |
| | 個人属性 | 年齢、性別、職業 |
| | 当日の鉄道利用状況 | 利用目的、利用区間、総所要時間、乗車時間帯、週の利用回数 |
| | 日常の乗車行動 | 乗車列車・乗車車両とその選択理由 |
| | 混雑情報提供時の乗車行動 | 乗車列車・乗車車両とその選択理由 |

4. 乗車選択行動モデルの構築

混雑情報が提供された際の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) 分析手法

朝ラッシュ時間帯に浦安駅で図－6に示す混雑情報板を、帰宅時間帯に門前仲町駅で図－7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選択行動を考えると、非集計行動モデルを適用する。

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20個と多くなるため、パラメータ推定が容易ではない。そこで、先発電車、次発電車をそれぞれ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、6項の多項ロジットモデルを構築する。

図－6 浦安駅の混雑情報板のイメージ図

図－7 門前仲町駅の混雑情報板のイメージ図

(2) モデル構築に使用するデータ

乗車選択行動モデルの構築に当たっては、選択肢を先発電車あるいは次発電車のみには持たないサンプルを使用することは好ましくない。そこで、浦安駅で行った意識調査より得たサンプルの内、「混雑情報を参考にしない」、「普段混雑回避行動を行っていない」、「電車を見送った経験はない」と回答したサンプル(約50%)は、次発電車への乗車は選択の余地がないキャ

プティブ層として捉え、サンプルから取り除いた。

また、門前仲町駅で行った意識調査より得たサンプルの内、快速電車が停車しない駅で下車するサンプルや普段よく快速電車に乗車すると回答し、情報提供時も快速電車を選択すると回答したサンプル(約72%)は、先発電車または次発電車どちらかへの乗車は選択の余地がないキャプティブ層として捉え、取り除いた。

(3) 説明変数

説明変数は、混雑率、待ち時間、情報提供場所からの移動距離、最寄りの階段までの距離最短ダミーの4つを用いた。各説明変数の内容を表－3に示す。

表－3 説明変数の内容

| 説明変数 | 内容 |
|------------------|--|
| 混雑率 | 浦安駅、門前仲町駅到着時の混雑率 |
| 待ち時間 | 混雑情報を見た時刻から先発電車、次発電車が出発するまでの時間 |
| 情報提供場所からの移動距離 | <朝ラッシュ時間帯・浦安駅> 4号車から各選択肢の中央の車両までの距離 <帰宅時間帯・門前仲町駅> 普段よく利用する改札から各選択肢の中央の車両までの距離 |
| 最寄りの階段までの距離最短ダミー | 東西線下車駅の階段に最寄りの車両とその前後1両の車両は「1」、それ以外は「0」 |

(4) 推定結果

表－4に朝ラッシュ時間帯(浦安駅)、帰宅時間帯(門前仲町駅)それぞれのパラメータ推定の結果を示す。

まず、朝ラッシュ時間帯の推定結果を見ると、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。混雑率の結果に着目すると、t値が十分に高いことがわかる。つまり、混雑率の情報を提供することは、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成りえることが明らかとなった。また、情報提供場所からの移動距離もt値が十分に高いことから、乗車選択行動を行う際に大きな影響を与える要因であることが明らかとなった。

帰宅時間帯の推定結果を見ると、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。しかし、先発が普通電車、次発が快速電車という状況で選択行動を考えると、乗車時間は大きな選択要因となることが想像できるが、モデルに取り込んでも有意な値とはならなかった。考えられる理由の1つとして、帰宅時間帯の移動には時間の制約が少ないことから、乗車時間の長さは選択行動に影響を及ぼさない可能性があると考えられる。

次に、朝ラッシュ時間帯と帰宅時間帯で混雑率のパラメータ値を比較すると、朝ラッシュ時間帯の方が値が大きいことがわかる。このことから、朝ラッシュ時

間帯に混雑情報を提供した方が、混雑平準化への効果は大きいと考えられる。

表ー4 乗車選択行動モデルの推定結果

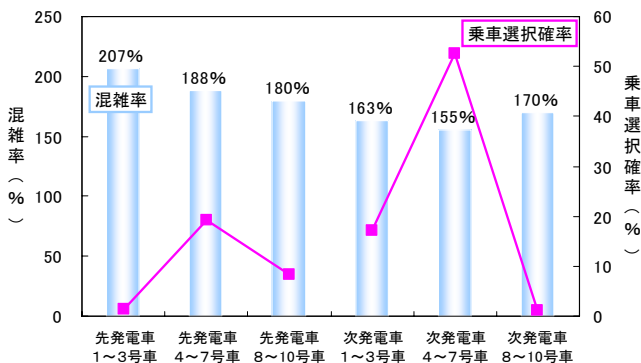
| 説明変数 | 朝ラッシュ時間帯 | 帰宅時間帯 |
|-------------------|--------------------|--------------------|
| 混雑率 (%) | -0.1329 (-7.34) | -0.0284 (-3.64) |
| 待ち時間 (分) | -0.1947 (-5.80) | |
| 情報提供場所からの移動距離 (m) | -0.0309 (-6.64) | -0.0121 (-3.37) |
| 最寄りの階段までの距離最短ダミー | 1.1397 (3.79) | |
| サンプル数 | 175 | 47 |
| 自由度調整済尤度比 | 0.298 | 0.215 |
| 的中率 (%) | 57.1 | 55.3 |

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

構築した朝ラッシュ時間帯における乗車選択行動モデルを用いて、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。図ー8に混雑率調査時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号車の乗車選択確率が最も高くなっている。また、列車ごとに乗車選択確率を見ると、先発電車全体の選択確率は29.2%、次発電車全体の選択確率は70.8%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、利用者に空いている列車や車両への乗車を促す可能性があると考えられる。



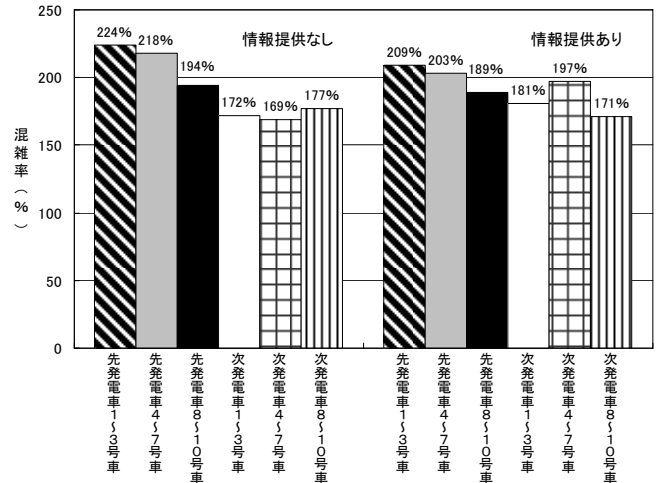
図ー8 混雑情報提供時の乗車選択確率 (浦安駅)

6. 混雑情報提供の有無による混雑率の試算

混雑情報の提供が混雑率に及ぼす影響を把握するため、混雑情報の提供がある場合と無い場合での浦安駅出発時点における混雑率を試算した (図ー9参照)。試算に当たっては、混雑情報の提供がある場合は、5節で算出した乗車選択確率を、混雑情報の提供が無い場合は、意識調査により把握した現状の各選択肢の選択

割合を浦安駅からの乗車人数に掛け、試算した。

試算した結果を見ると、情報提供が無い場合、混雑率が最も高くなる選択肢と最も低くなる選択肢の混雑率の差は54.9%になったのに対し、情報提供がある場合の混雑率の差は37.4%となった。つまり、混雑情報の提供は、混雑のばらつきを緩和させる可能性があると考えられる。



図ー9 情報提供の有無による混雑率の試算 (浦安駅)

7. おわりに

本研究では、朝ラッシュ時間帯と帰宅時間帯において混雑情報が提供された際の乗車選択行動モデルの構築を行った。その結果より、利用者が乗車する列車や車両を選択する際の意識構造を明らかにした。また、構築した朝ラッシュ時間帯の乗車選択行動モデルより乗車選択確率を算出し、情報提供時の浦安駅出発時点での混雑率を試算した。その結果、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可能性を持つ一施策であると言える。

今後の課題としては、ネスティッドロジットモデルを適用した乗車選択行動モデルの構築などモデルの精緻化、混雑の平準化による列車遅延への影響の把握、複数駅で情報提供した際の効果の把握が挙げられる。

<参考文献>

- 1) 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年鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL2005) 講演論文集, pp.143-146, 2006.
- 2) 轟朝幸, 松本修一, 松田博和: 路面電車利用者への混空情報提供の有用性の検証, 運輸政策研究, Vol.11, No.1, pp.17-24, 2008.
- 3) (財) 運輸政策研究機構: 数字でみる鉄道 2009