

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*

- Using by Boarding Choice Behavior Model -

轟朝幸**・水野隆二***

By Tomoyuki TODOROKI**・Ryuji MIZUNO***

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 年度には 200%を超えていたが、2008 年度には 171%まで減少し、年々減少傾向にある¹⁾。しかし、一部の路線・区間では未だに混雑率が 200%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で、列車間や車両間で混雑にばらつきが生じている²⁾。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³⁾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や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、都市鉄道において朝ラッシュ時間帯と帰宅時間帯に列車・車両ごとの混雑情報の提供を行った場合、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. 既往論文の整理と本研究の位置づけ

列車の混雑情報提供に関する研究としては、山本ら⁴⁾や泉ら⁵⁾などの研究があるが、混雑情報提供のイメージや混雑情報の用途・種類に関するもので、混雑情報を提供した際の効果については検討されていない。青木⁶⁾は、都心部のある駅において列車の乗車率の情報提供試験を実施し、情報提供が実施される前後での乗降客数を計測することで、情報提供の効果を検討している。しかし、青木の研究では一部の車両のみの効果を分析しているため、列車全体でどのくらいの効果が現れるのか、あるいは混雑情報提供時に利用者が乗車する列車や車両を選択する際の意識構造などは明らかになっていない。轟ら³⁾は、土佐電気鉄道において到着する電車の混雑情報を電停で提供する社会実験を行い、実験中の利用者調査から、情報提供の有用性を明らかにしている。しかし、地方の路面電車での社会実験であり、1編成に多数の車両が連結され、混雑がより酷い都市鉄道の状況とは異なると考えられる。

一方、本研究では、都市鉄道を対象として乗車選択行動モデルを構築することで、混雑情報提供時の意識構造を明らかにし、列車間、車両間での混雑情報提供の効果を分析するものである。

3. 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(図-1参照)。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-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おいて運行情報などの旅客案内に既に活

*キーワード：鉄道計画、混雑平準化、混雑情報、交通行動分析

**正員、博（工）、日本大学理工学部社会交通工学科

(千葉県船橋市習志野台7-24-1、TEL&FAX:047-469-5219)

***学生員、修（工）、日本大学大学院理工学研究科社会交通工学専攻

用されている液晶ディスプレイ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。

これにより、利用者は経験だけに頼ることなく、客観的データに基づいて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自ら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、利用者が混雑している車両を避ければ、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。

さらに、鉄道事業者にとっては財務的制約などから、今後複々線化などの大規模な投資を必要とするハード面の施策を実施するのは難しいと考えられる。そこで、今後は既存の鉄道設備を有効活用した新たなソフト面の施策が必要ではないかと考え、応荷重装置を利用した情報提供システムを提案した。この情報提供システムでは、応荷重装置や旅客案内用の液晶ディスプレイといった既存の鉄道設備を有効活用することによってシステムを構築しようとするものである。そのためシステムの導入や実施にあたっては、新たに大きなインシャルコストやランニングコストは発生しないと考えられ、今後の混雑平準化施策として、大規模改修を必要とする施策と比較すると費用対効果的に優れた施策であると考えられる。

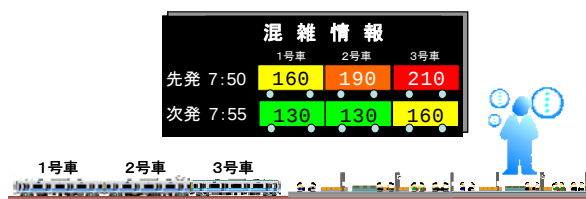


図-1 提案する混雑情報提供の模式図



写真-1 運転席モニターに表示される乗車率

4. 乗車選択行動モデルの基礎的データの取得

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（SP調査）を実施した。

（1）調査駅の選定

本研究では、時間帯の違いによる混雑情報提供の効果を把握するため、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率は高く、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）⁷⁾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。

浦安駅は都心まで約10km、約20分の所に位置し、1日約7万5千人（2008年度）⁸⁾が利用している。調査当時（2007年10月）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。

門前仲町駅は都心まで約3km、約5分の所に位置し、都営大江戸線との乗り換えが可能となっている。そのため、1日約10万7千人（2008年度）⁸⁾もの利用者が利用する東西線の中心的な駅である。

（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、現時点ではその乗車率データを入手することができない。そこで、浦安駅、門前仲町駅において目視による混雑率調査を行った。調査概要を表-1に示す。なお、混雑率を計測する際の基準は、「都市鉄道における混雑率の測定方法に関する調査報告書」⁹⁾において用いられている表-2に示す混雑率の目測基準表を参考にした。

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) 2009年10月21日(水) 6時45分～9時21分 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 西船橋方面行き電車:計55本 快速電車:13本 快速電車:17本 通勤快速電車:12本 普通電車(退避なし):4本 普通電車(退避なし):24本 普通電車(妙典駅退避):17本 普通電車(葛西駅退避):13本 普通電車(葛西駅退避):17本

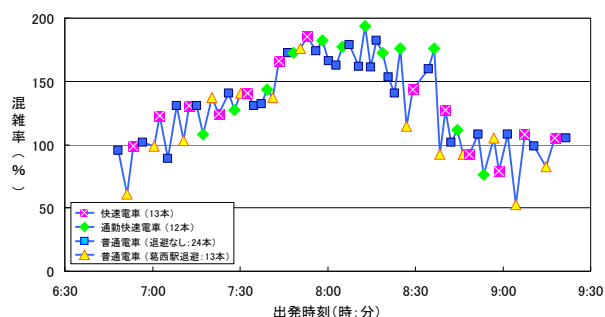
表-2 混雑率目測基準表⁹⁾

区分	車内の状況	混雑率
1	座席一杯	35%
2	座席一杯と吊革半分程度	68%
3	座席一杯と吊革90%程度	100%
4	吊革全部の外、各ドア付近に10人ほど	130%
5	吊革全部の外、中間にあまり隙間がなくなる	150%
6	中間に隙間がなくなるが若干余裕がある	180%
7	肩がふれあい、ほぼ満員状態だが新聞等はまだ読める	200%
8	満員、新聞等は読めない	230%
9	旅客は吊革、パイプ等につかまり、入口からの圧力にやっとこらえている	250%
10	係員の手を借りないと車両に入らず乗り残りが出る。車内はほぼ超満員	280%
11	超満員、ドアが開かないことがあり座席前の旅客は窓ガラスに手をつく	300%

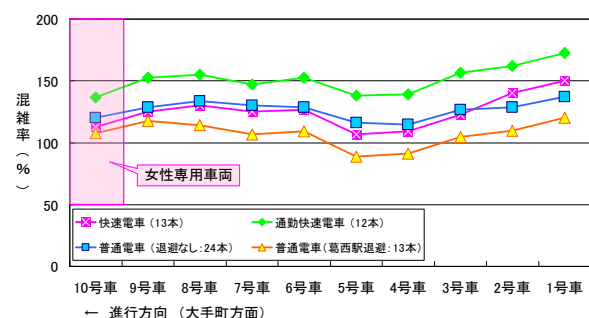
（3）混雑率調査の結果

a) 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）



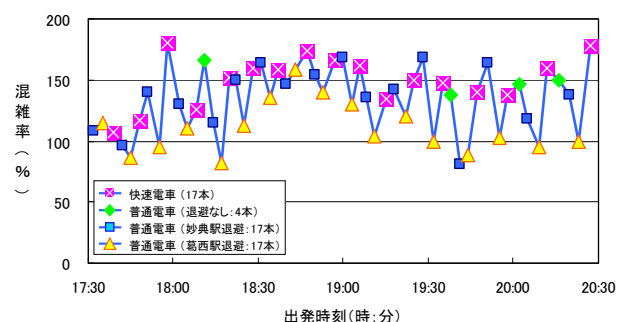
図－３ 車両ごとの平均混雑率の推移（浦安駅）

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。

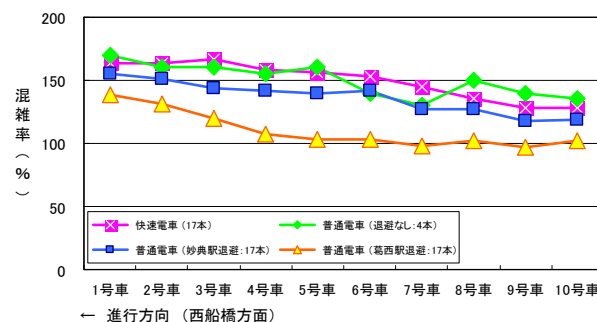
図－３より、列車種別に関係なく、１～３号車の混雑率は、他の車両と比較すると高いことがわかる。これは、都心にある茅場町駅、日本橋駅、大手町駅では１～３号車付近に階段が設置されており、下車や乗り換えに便利なことから、利用者が集中し、高い混雑率を示していると考えられる。また１０号車に関しては、朝ラッシュ時間帯の間、女性専用車両として運転されるため、混雑率が低くなっていると考えられる。

b) 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

混雑情報を提供した際の乗車選択行動を意識調査（SP 調査）によって把握するため、浦安駅と門前仲町駅の利用者を対象としたアンケートを実施した。調査概要を表－３に示す。浦安駅では２００７年１１月、門前仲町駅では２００９年１１月に実施した。

アンケートの回収状況について見ると、浦安駅では有効回答 354 部（有効回答率：23.6%）、門前仲町駅では有効回答 166 部（有効回答率：10.4%）を得ることができた。

調査項目は、個人属性、意識調査当日の鉄道の利用状況、日常の乗車行動、混雑情報が提供された際に先発・次発のどの列車あるいはどの車両に乗車するかという乗車選択行動についてである。

混雑情報が提供された際の乗車行動に関しては、浦安駅における意識調査では、図－６に示す運行状況や混雑状況を提示し、どの列車や車両に乗車するかを選択する設問を設定した。混雑情報を確認した時刻は午前８時 09 分と仮定し、午前８時 10 分の前発電車と午前８時 12 分の次発電車のどちらの列車を選択するのか、また各車両に記載されている混雑率をもとにどの車両を選択するのか伺った。なお、混雑情報が提供された際により現実的な利用者行動を把握するため、前発電車と次発電車の出発時刻、列車種別、行き先は意識調査実施時に実際に存在する列車のものとした。

門前仲町駅における意識調査では、図－7に示す運行状況や混雑状況を提示し、どの列車や車両に乗車するかを伺った。列車の運行状況に関しては、浦安駅における意識調査と同様に、混雑情報を確認した時刻のみ仮定し、出発時刻等は実際に存在する列車のものとした。

表－3 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
	個人属性
	質問内容
	年齢、性別、職業
	当日の鉄道利用状況
調査項目	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
調査項目	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

現在時刻	発車時刻	種別	行き先	大手町 到着時刻	一大会社 到着電車の混雑情報
8:09	8:10	活動快速	中野	8:33	10号車 2号車 3号車 4号車 5号車 6号車 7号車 8号車 9号車 10号車
先 発	8:10	活動快速	中野	8:33	100 100 100 100 100 100 100 100 100 100
次 発	8:12	普通	三鷹	8:36	150 100 100 170 150 150 150 170 170 150

図－6 意識調査で提示した混雑情報（浦安駅）

現在時刻	発車時刻	種別	行き先	一大会社 到着時刻	一大会社 到着電車の混雑情報
19:02	19:05	普通	東葉勝田台	19:10	1号車 2号車 3号車 4号車 5号車 6号車 7号車 8号車 9号車 10号車
先 発	19:05	普通	東葉勝田台	19:10	140 140 120 100 85 85 100 85 85 85
次 発	19:08	快速	東葉勝田台	19:13	160 160 160 160 160 140 140 100 100 100

図－7 意識調査で提示した混雑情報（門前仲町駅）

5. 乗車選択行動モデルの構築

リアルタイムな混雑情報が提供された際の利用者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に示す混雑情報を、帰宅時間帯に門前仲町駅で図－7に示す混雑情報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り込むかという選択行動を考えることから、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。

（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あたっては、選択肢を先発電車あるいは次発電車のみにしか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、浦安駅において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、モデル構築のサンプルから取り除いた。

また、門前仲町駅において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は、次発の快速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、モデル構築のサンプルから取り除いた。さらに「普段よく快速電車に乗り込む」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は、先発の普通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、モデル構築のサンプルから取り除いた。

（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、下車駅の最寄り階段までの距離最短ダミーの4つを用いた。

a) 混雑率

浦安駅、門前仲町駅で行った混雑率調査より把握した調査時点での各車両の混雑率を用いた。

b) 待ち時間

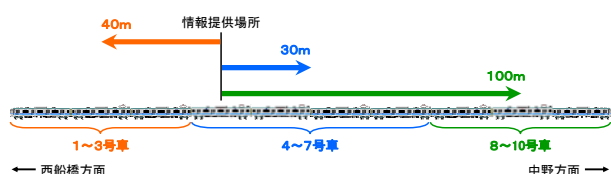
混雑情報を見た時刻から先発電車、次発電車が出発するまでの時間を採用した。ラッシュ時間帯においては、待ち時間が1分増えることによる効用への影響は線形ではなく、指数関数的に変化していくと考え、指数関数を仮定した。

c) 情報提供場所からの移動距離

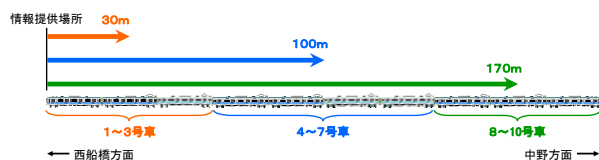
本研究では、混雑情報の提供を行う場所を各駅の改札から最も近い車両付近のホーム上とした。

朝ラッシュ時間帯の乗車選択行動モデルで対象とした浦安駅の改札は1箇所のみであり、改札から最も近い車両は4号車と6号車となっている。東西線の朝ラッシュ時間帯の混雑状況は、図－3に示すように1～3号車が最も混雑している。そこで、混雑状況が著しい1～3号車の混雑緩和を目的として、4号車付近において混雑情報を提供すると仮定した。その4号車から各選択肢の中央の車両までの距離を「情報提供場所からの移動距離」とした（図－8参照）。なお車両は1両20mとして計算した。

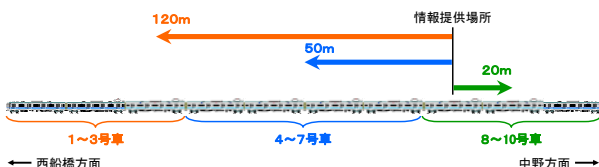
帰宅時間帯の乗車選択行動モデルで対象とした門前仲町駅では、1号車、8号車、10号車付近の計3箇所に改札が設置されていることから、1号車、8号車、10号車付近にて混雑情報を提供すると仮定した。そして意識調査で普段1号車付近の改札をよく利用すると回答したサンプルは、1号車から各選択肢の中央の車両までの距離を「情報提供場所からの移動距離」とした。8号車付近の改札、10号車付近の改札を普段よく利用すると回答したサンプルについても同様に移動距離を設定した（図－9～図－11 参照）。なお、本研究では、全乗客が情報提供を受けたと仮定してモデルを構築している。



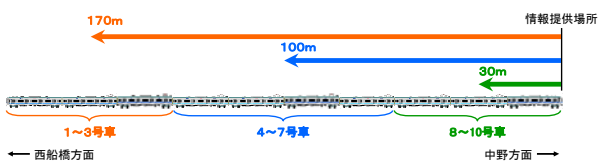
図－8 移動距離の設定（浦安駅）



図－9 移動距離の設定（門前仲町駅、1号車付近）



図－10 移動距離の設定（門前仲町駅、8号車付近）



図－11 移動距離の設定（門前仲町駅、10号車付近）

d) 下車駅の最寄り階段までの距離最短ダミー

各サンプルが下車する東西線内の駅の階段に最寄りの車両とその前後1両の車両が選択肢内にあれば「1」、それ以外は「0」とした。

先行研究²⁾において利用者が乗車する車両を選択する際の選択要因として、下車駅の階段や改札に近いことが挙げられていた。そこでまず、各サンプルが下車する東西線内の駅の階段に最寄りの車両が選択肢内にあれば「1」、それ以外は「0」としてモデルの構築を行った。しかし、有意な推定結果を得ることはできなかった。

そこで、ラッシュ時間帯に乗車する利用者は、下車駅の階段に最も近い車両は特に混雑することから、その前後の車両も階段に近いからという理由で選択しているのではないかと考え、各サンプルが下車する東西線内の駅の階段に最寄りの車両とその前後1両の車両が選択肢内にあれば「1」、それ以外は「0」とした。

例として図－12 に茅場町駅で下車するサンプルのダミー変数の設定方法を示す。浦安駅、門前仲町駅で実施した意識調査では、各サンプルの乗り換え駅と下車駅を調査していた。そこで、より利用者行動に即したダミー変数を設定するため、下車するサンプルと他の路線に乗り換えるサンプルでは、ダミー変数の付け方を変えた。茅場町駅で下車する利用者にとっては、1～3号車、9・10号車に乗車すると階段や改札が最も近くなる。よって、3つの選択肢すべてを「1」とした。一方、茅場町駅で日比谷線に乗り換える利用者にとっては、1～3号車に乗車すると乗り換えに便利なることから、1～3号車の選択肢とその前後1両が含まれる4～7号車の選択肢を「1」とした。その結果、有意な推定結果が得られたことから、本変数を採用することにした。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
下車するサンプル	1								1	1
日比谷線に乗り換えるサンプル	1			1						0

図－12 ダミー変数の設定方法（例：茅場町駅）

（4）パラメータ推定結果

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、待ち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、待ち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は、混雑状況や運行形態の違い、時間的な制約の有無など利用者を取り巻く状況が大きく異なる。そこで、混雑情報の提供がより効果的な時間帯を把握するため、朝ラッシュ時間帯と帰宅時間帯の混雑率のパラメータ値を比較した。その結果、朝ラッシュ時間帯の方がパラメータ値が大きく、混雑率の変化による利用者の効用への影響が大きいことが明らかとなった。

つまり、混雑情報の提供は朝ラッシュ時間帯に実施した方が、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

6. 混雑情報提供時の乗車選択確率の算出

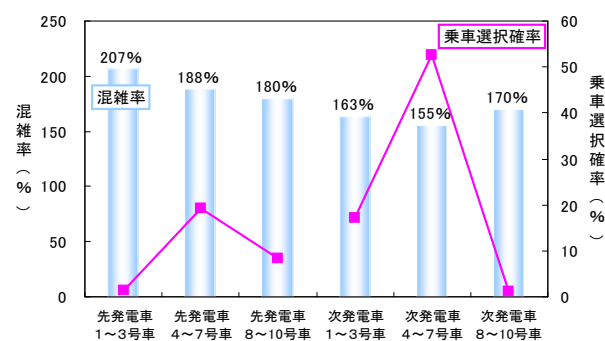
構築した朝ラッシュ時間帯における乗車選択行動モデルを用いて、混雑情報が提供された際の利用者（非キャプティブ層）の乗車選択確率を計算した。図ー13 に混雑率調査時の混雑率を棒グラフで、乗車選択確率を折れ線グラフで示す。

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。

乗車選択確率が最も低くなった選択肢を見ると、次発電車8～10号車であった。このような結果になったのには、次発電車の中で最も混雑している8号車と9号車の存在が大きいと考えられる。時間の制約がある朝ラッシュ時間帯にも関わらず次発電車まで待つ利用者は、空いている車両に乗車したい利用者が選択すると考えられることから、次発電車でも最も混雑している8号車、9号車を選択する利用者はほとんどいないと考えられる。

また、列車ごとに乗車選択確率を見ると、先発電車の3選択肢を合計した全体の乗車選択確率は29.2%、次発電車の全体の乗車選択確率は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、非キャプティブ層の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。

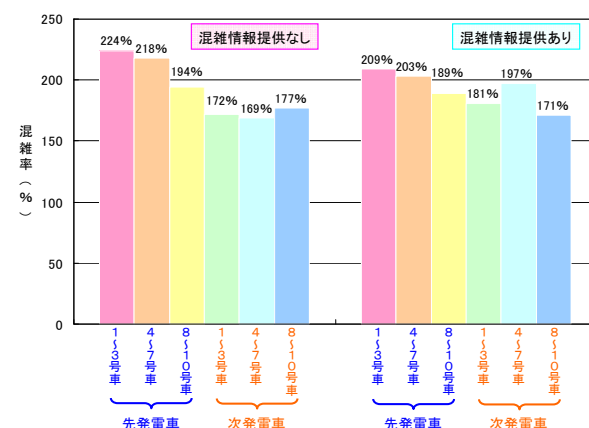


図ー13 混雑情報提供時の乗車選択確率（浦安駅）

7. 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。試算にあたっては、混雑情報の提供がある場合は非キャプティブ層割合および6章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乗じて、試算した。

試算した結果（図ー14 参照）を見ると、混雑情報の提供が無い場合、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55%になったのに対し、混雑情報の提供がある場合の混雑率の差は38%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14 情報提供の有無による混雑率の試算

8. おわりに

（1）本研究の成果

本研究では、都市鉄道において朝ラッシュ時間帯（浦安駅）と帰宅時間帯（門前仲町駅）に混雑情報の提供を行った際の利用者の乗車行動を把握するため、乗車選択行動モデルを構築した。構築したモデルより、混雑情報の提供がより効果的だと考えられる時間帯の把握や

利用者が乗車する列車や車両を選択する際に影響を与える要因の把握を行った。

また、混雑情報提供時の各選択肢に対する乗車選択確率の算出や混雑情報の提供がある場合とない場合での浦安駅出発時点の混雑率の試算を行い、混雑情報の提供が混雑のばらつきを平準化させる施策と成りえるのかを検討した。

混雑率調査では実際に到着する列車の混雑状況を目視により測定することで、調査駅における混雑状況を把握した。また利用者の意識調査を実施することで、混雑情報が提供された際に利用者が選択する列車や車両を把握し、乗車選択行動モデルのデータとして活用した。

次に非集計ロジットモデルを適用し、朝ラッシュ時間帯（浦安駅）と帰宅時間帯（門前仲町駅）それぞれの乗車選択行動モデルの構築を行った。朝ラッシュ時間帯の乗車選択行動モデルのパラメータ推定結果を見ると、「混雑率」と「情報提供場所からの移動距離」の t 値が高かった。つまり、「混雑率」と「情報提供場所からの移動距離」は、利用者が乗車する列車や車両を選択する際に大きな影響を与える要因であることを明らかにした。また、朝ラッシュ時間帯と帰宅時間帯の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かったことから、混雑情報の提供は朝ラッシュ時間帯に実施する方がより効果が得られることを明らかにした。

また構築したモデルより、混雑情報提供時の各選択肢に対する乗車選択確率を算出したところ、混雑率の低い選択肢は乗車選択確率が高くなり、逆に混雑率の高い選択肢は乗車選択確率が低くなった。つまり、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ことを明らかにした。

さらに、混雑情報の提供がある場合とない場合での浦安駅出発時の混雑率の試算を行った。その結果、混雑情報の提供がある場合の方が、混雑率が最も高くなる選択肢と最も低くなる選択肢との間の混雑率のばらつきが緩和されるという結果を得た。

以上のことから、混雑情報の提供は、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考えられる。

（２）今後の課題

今後の課題としてまずモデルの精緻化が挙げられる。本研究では、ロジットモデルを適用した乗車選択行動モデルの構築を行った。しかし、より利用者行動に即したモデルを構築するためには、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を適用した乗車選択行動モデルの構築が必要だと考えられる。

また、本研究では朝ラッシュ時間帯に浦安駅で、帰宅時間帯に門前仲町駅で混雑情報の提供を行うと仮定し

た。しかし、それぞれの時間帯で１つの駅のみを情報提供の対象駅としたため、複数駅あるいは路線全体で混雑情報を提供した際の効果は明らかとなっていない。そこで、今後は複数駅あるいは路線全体で混雑情報の提供を行った際の効果の把握を行う必要があると考えられる。

さらに、混雑情報の提供により混雑率のばらつきが緩和された場合、乗降時間は果たしてどのくらい短縮されるのか、それにより列車遅延の防止に繋がるのかなど詳細な分析をしていく必要もあると考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、東京地下鉄株式会社には意識調査実施において多大なご協力を頂いた。また、乗車選択行動モデルの構築にあたっては、社会システム株式会社山下良久氏に有益な助言を賜った。最後に本研究は、東日本旅客鉄道株式会社松田博和氏（当時大学院生）の研究成果を引き継ぎ、発展させたものである。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省鉄道局ホームページ：統計情報
http://www.mlit.go.jp/statistics/details/tetsudo_list.html（2010年2月現在）
- 2) 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。
- 3) 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.17 - 24、2008。
- 4) 山本昌和・石突光隆：駅における移動時間をより短くする、RRR、Vol.66、No.5、pp.29 - 32、2009。
- 5) 泉利幸・野末道子・土屋隆司：ダイヤ乱れ時における列車運行予測情報の提供手法、鉄道総研報告、Vol.1.21、No.4、pp.23 - 28、2007。
- 6) 青木俊幸：リアルタイムな誘導案内で旅客流動を改善する、RRR、Vol.63、No.9、pp.6 - 9、2006。
- 7) （財）運輸政策研究機構：数字でみる鉄道2009
- 8) 東京地下鉄株式会社ホームページ：駅情報
<http://www.tokyometro.jp/corporate/data/index.html>（2010年2月現在）
- 9) （財）運輸政策研究機構：都市鉄道における混雑率の測定方法に関する調査報告書、（財）運輸政策研究機構、2005。

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

轟朝幸**・水野隆二***

都市鉄道のラッシュ時間帯には、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。そこで本研究では、この問題を解決するため、リアルタイムな列車・車両ごとの混雑情報を乗車前の利用者に提供することを提案した。そして、都市鉄道においてこの情報提供を行った際の利用者の乗車選択行動の要因の把握や混雑情報提供の有用性を検討することを目的として、乗車選択行動モデルを構築した。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り、混雑のばらつきを平準化させる一施策に成りえることが明らかとなった。

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

- Using by Boarding Choice Behavior Model -

By Tomoyuki TODOROKI**・Ryuji MIZUNO***

There are differences of level of congestion by between the difference of trains and vehicles in a train. It is because of passengers concentrate to rapid trains or vehicles which stops at near stairs in the stations. To improve above condition of urban railway congestion, this research proposed real-time congestion information supply scheme. Therefore, this study has conducted passenger's boarding choice behavior model. As a result, it is clarified that it could become a convenient counter measure to mitigate variation of the congestion.
