

## 輸送障害時における列車混雑予測案内の有用性に関する調査と分析

## Investigation and Analysis on the Usefulness of Guidance on Predicted Train Congestion during Train Traffic Disruption

辰井 大祐<sup>†</sup> 田中 峻一<sup>†</sup> 國松 武俊<sup>†</sup> 武内 陽子<sup>†</sup>  
Daisuke Tatsui Shunichi Tanaka Taketoshi Kunimatsu Yoko Takeuchi

## 1. はじめに

昨今、鉄道における混雑への関心が高まっている。特に、通常とは異なる混雑状況となる輸送障害時の混雑案内ニーズは高いと考えられる。

これまで、筆者らはソーシャルメディア上の投稿を分析し、輸送障害時には乗車率が高い列車だけでなく、乗車率が低い列車にも旅客の関心が高い傾向を確認した<sup>[1]</sup>。一方で、後続列車との乗車率の差や運転間隔といった条件を踏まえた具体的な混雑予測の案内の有用性は明らかではなかった。

そこで、低い乗車率の列車と高い乗車率の列車に着目し、輸送障害時に比較的空いている後続列車の混雑案内を提供した場合等の有用性を web アンケートで調査した。本稿では、web アンケートの概要と分析結果、および有用性分析結果に基づく混雑情報提供条件について述べる。

## 2. 研究目的

鉄道事業者は、列車の車重の変化量から乗車率を算出したデータ（応荷重データ）や、カメラの画像をもとに、混雑情報を旅客に提供している<sup>[2,3]</sup>。

しかし、現状の混雑情報提供は「プル型」で、旅客自らがアプリ等を操作し、個別列車の混雑（予測）情報画面にアクセスする必要がある。そのため、アプリ等で前後列車の乗車率を自ら確認し、比較する旅客は少ないと考えられる。その結果、混雑を避けるために次列車を待つ等の行動に繋がりにくい。一方で、仮に各列車の混雑情報を発車標等の媒体に全て表示し、都度更新するとなると、列車の種類や行先、停車駅、時刻等の他情報も必要になり情報過多となるため、混雑情報が目立たず旅客に伝わりにくい。

これらの課題の解決策として、筆者らは、1 本見送ると直後に空いた列車が到着する等、旅客に有用と考えられる場面のみ限定して、一時的なテロップや案内放送等、より目立つ媒体や方法で、旅客に混雑情報を提供する「効果的な混雑予測情報の提供手法」の検討を進めている。このためには、前後の列車間隔や乗車率の差など、旅客が混雑情報を有用と考える具体的な場面を明らかにする必要がある。

そこで、本研究では、web アンケートを用いて旅客にとって混雑情報の有用性が高いと感じる場面を調査した。また、有用性分析結果に基づく混雑情報提供条件を提案する。

## 3. 混雑情報の有用性評価のための web アンケート

## 3.1 概要

輸送障害時における列車の混雑予測情報が、旅客にどの

<sup>†</sup> 公益財団法人鉄道総合技術研究所  
Railway Technical Research Institute

程度有用であるかを調査するため、対象路線を日常的に利用し、かつ、輸送障害時の鉄道利用経験がある 851 人を対象に web アンケートを実施した。文献[1]の「乗車率が高い列車だけではなく、乗車率が低い列車の関心も高い可能性がある」という分析結果を踏まえ、高い乗車率と低い乗車率に着目した設問に加えて、乗車率に差がある状況を含む下記の混雑情報提供場面を設定した。詳細は 3.2 節で述べる。

- ・ 高い乗車率が当面継続する場合
- ・ 空いている列車がしばらく後にくる場面
- ・ 先発列車より後続列車が混んでいる場面
- ・ 一定時間後に空いている列車が到着する場合

それぞれの場面について、混雑状況の継続時間、先発列車や後続列車の乗車率、後続列車が発車するまでの時間等を変化させ、混雑予測情報を提示した。乗車率は 25%から 225%まで、25%刻みの 9 段階として、混雑状況の説明文と図を併記して質問を行った。乗車率と混雑状況の説明文を表 1 に、乗車率が 100%の場合を表す図を図 1 に示す。

また、被験者に対しては、普段の利用状況において、往路と復路で輸送障害が発生した場合の駅での混雑情報提供を想定してもらい、提供される混雑予測は正確であることを前提として、混雑予測情報がどの程度有用と感じるかを、「1:有用でない/2:どちらかと言えば有用ではない/3:どちらともいえない/4:どちらかといえば有用である/5:有用である」の 5 段階での回答を依頼した。各段階に対応する 1~5 の数字を、本稿では「有用度」と呼ぶ。

なお、回答者 1 人当たりの設問数を減らして回答率を高めるため、各混雑情報提供場面については、851 人の回答者を 101~112 人の 8 グループに分け、グループごとに異なる乗車率を提示して回答を依頼した。また、各回答者に対して往路と復路の両方について回答を依頼することで、1 設問あたり 202~224 件の回答データを取得した。

表 1 乗車率と状況の説明文

乗車率	説明文
25%	全員が座れる程度
50%	立っている人が数人いる
75%	つり革は埋まっていない
100%	ドアの前に 6~7 人が立っている
125%	車両の中ほどにはまだ余裕がある
150%	肩は触れ合わない程度
175%	肩が触れ合う
200%	長時間のスマホ操作がしづらい
225%	身動きが取れない

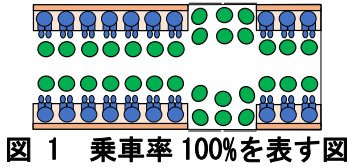


図 1 乗車率 100%を表す図

### 3.2 混雑情報提供場面

#### 3.2.1 高い乗車率が当面継続する場面

乗車率が高い場面に着目し、何分後まで高い乗車率が継続する、という情報の有用度を調査した。具体的には、図 2 のように、予測される高い混雑状況を提示したうえで、継続時間を 5 分、10 分、15 分、20 分、30 分に変化させて有用度の評価を依頼した。本設問は、乗車率が高い場面を想定しているため、乗車率は 175%以上の状況のみとした。

#### 3.2.2 空いている列車がしばらく後にくる場面

乗車率が低い場面に着目し、何分待てば空いている列車が到着する、という情報の有用度を調査した。具体的には、図 3 のように、予測される低い混雑状況を提示したうえで、時間を 5 分、10 分、15 分、20 分、30 分に変化させて有用度の評価を依頼した。本設問は、乗車率が低い場面を想定しているため、乗車率は 75%以下の状況のみとした。

#### 3.2.3 先発列車より後続列車が混んでいる場面

後続列車の乗車率が先発列車より高い場面に着目し、先発列車の乗車率と後続列車の乗車率を提示し、先発列車の利用を促すような情報の有用度を調査した。具体的には、図 4 のように、先発列車の乗車率を 25%~200%、後続列車の乗車率を 50%~225%に変化させて有用度の評価を依頼した。

#### 3.2.4 一定時間後に空いている列車が到着する場面

低い乗車率と高い乗車率の両方に着目し、先発列車の乗

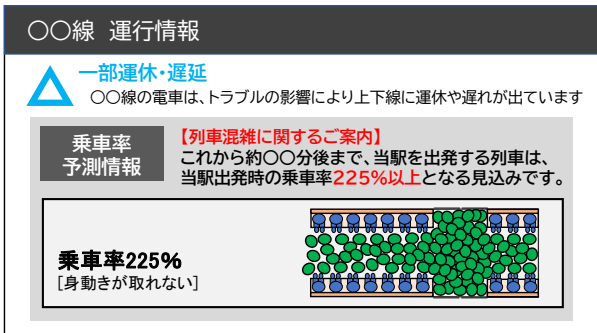


図 2 高い乗車率に関する案内の例

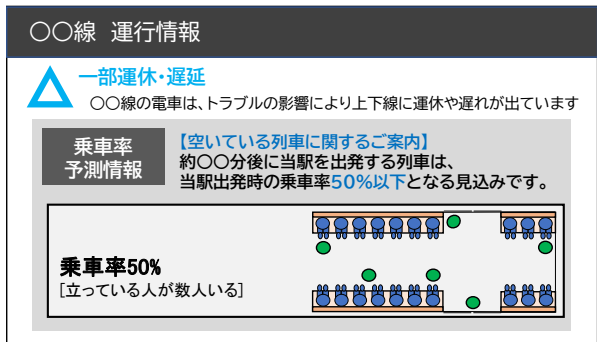


図 3 低い乗車率に関する案内の例

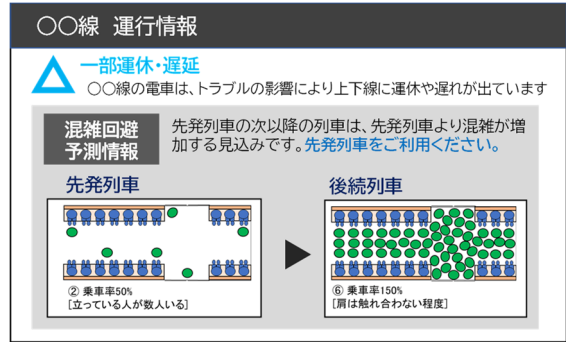


図 4 先発列車より後続列車が混んでいる場面に関する案内の例

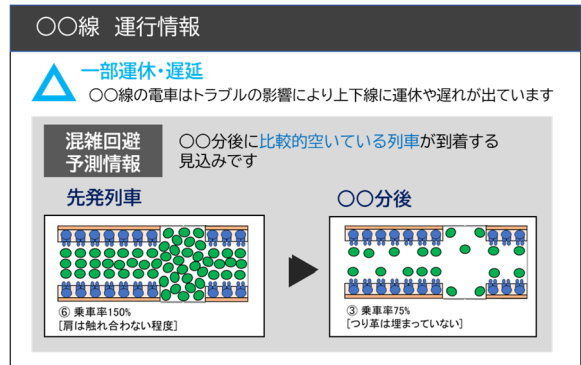


図 5 一定時間後に空いている列車が到着する場面に関する設問

車率は高いが、一定時間経過後に乗車率が低い列車が到着するという情報の有用度を調査した。具体的には、図 5 のように、後続列車までの時間を 3 分、5 分、10 分、15 分、20 分、30 分に変化させると同時に、先発列車の乗車率 50%~200%、後続列車の乗車率を 25%~200%に変化させて有用度の評価を依頼した。

### 3.3 有用度分析結果

アンケート結果をもとに、回答者が 5 段階で評価した有用度の平均値を算出して分析した。なお、以降の表では、有用度の平均値が高い場合は暖色系で、平均値が低い場合は寒色系で表示している。

また、「どちらかと言えば有用である/有用である」と回答した人の割合に基づく分析も実施した。その結果、有用度の平均値をもとにした分析と同様の傾向の結果となることを確認したため、本稿では有用度の平均値の分析結果について考察する。

#### 3.3.1 高い混雑率と低い混雑率の有用度の比較

3.2.1 項の設問に対して、回答者が 5 段階で評価した有用度の平均値を表 2 に示す。有用度の平均値は 2.93~3.69 (平均 3.41) の範囲であり、乗車率が高いほど有用度が高くなる傾向や、継続時間が長いほど有用度が低くなる傾向が確認できる。

3.2.2 項の設問に対して、回答者が 5 段階で評価した有用度の平均値と有用回答割合を算出した結果を表 3 に示す。有用度の平均値は 2.40~3.99 (平均 3.21) の範囲であり、乗車率が低いほど有用度が高くなる傾向や、継続時間が長いほど有用度が低くなる傾向が確認できる。

表 2 高い混雑率に関する情報提供の有用度

有用度の 平均値		継続時間				
		5分	10分	15分	20分	30分
乗 車 率	175%	3.66	3.55	3.33	3.11	2.93
	200%	3.69	3.63	3.46	3.25	3.01
	225%	3.68	3.63	3.55	3.36	3.24

表 3 低い混雑率に関する情報提供の有用度

有用度の 平均値		継続時間				
		5分	10分	15分	20分	30分
乗 車 率	25%	3.99	3.78	3.33	2.91	2.58
	50%	3.80	3.62	3.22	2.83	2.61
	75%	3.74	3.56	3.05	2.68	2.40

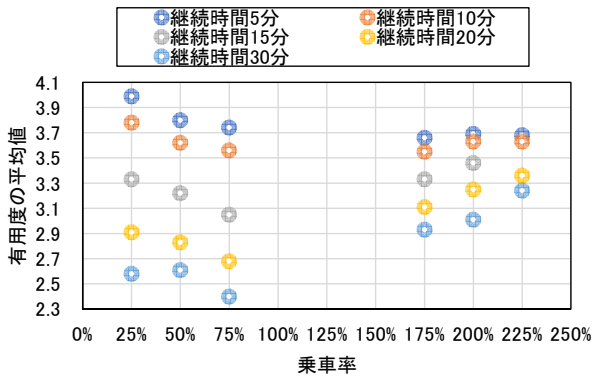


図 6 高い混雑率と低い混雑率の有用度の平均値

表 2 および表 3 おける有用度の平均値をプロットした結果を図 6 に示す。継続時間が 5 分と 10 分の場合は、乗車率が低い場面の方が、乗車率が高い場面よりも有用度が高くなる傾向がある。一方、継続時間が 15 分以上の場合は、乗車率が高い場面の方が、乗車率が低い場面よりも有用度が高くなる傾向がある。また、乗車率が低い場面では、継続時間に大きく依存して有用度の平均値が変化し、その変動幅は、25%で 1.4、50%で 1.2、75%で 1.3 である。一方で、乗車率が高い場面では、継続時間に対する有用度の平均値の変動幅は、175%で 0.7、200%で 0.7、225%で 0.4 であり、乗車率が低い場面と比較して小さくなる傾向がある。

これらのことから、有用度を判断するには、乗車率だけでなく、その乗車率がどの程度の時間、継続するかも考慮する必要があることが示唆される。

表 4 空いている先発列車と混んでいる後続列車に関する情報提供の有用度

有用度の 平均値		後続列車の乗車率							
		50%	75%	100%	125%	150%	175%	200%	225%
先 発 列 車 の 乗 車 率	25%	3.88	3.90	3.89	3.83	3.87	4.14	4.12	4.07
	50%		3.54	3.58	3.72	3.91	3.87	3.96	3.65
	75%			3.61	3.68	3.75	3.78	3.84	3.80
	100%				3.76	3.79	3.84	3.87	3.85
	125%					3.55	3.44	3.51	3.50
	150%						3.45	3.54	3.61
	175%							3.60	3.60
	200%								3.58

3.3.2 先発列車より後続列車が混んでいる場面

3.2.3 項の設定問に対して、回答者が 5 段階で評価した有用度の平均値と有用回答割合を算出した結果を表 4 に示す。有用度の平均値は 3.44~4.14 (平均 3.75) の範囲であり、表 2 や表 3 と比較して高い傾向がある。したがって、先発列車よりも後続列車が混んでいるという情報は、有用度が高いと考えられる。

表 5 混んでいる先発列車と 3 分後の空いている後続列車に関する情報提供の有用度

有用度の 平均値		3分後の空いている後続列車の乗車率							
		25%	50%	75%	100%	125%	150%	175%	200%
先 発 列 車 の 乗 車 率	50%	3.79							
	75%	3.77	3.71						
	100%	3.96	3.69	3.48					
	125%	3.86	3.79	3.70	3.69				
	150%	4.03	4.01	3.86	3.86	3.71			
	175%	4.18	4.14	4.01	4.01	3.95	3.58		
	200%	4.13	4.06	3.95	3.91	3.89	3.46	3.34	
	225%	4.06	4.04	3.94	3.93	4.04	3.71	3.56	3.48

表 6 混んでいる先発列車と 5 分後の空いている後続列車に関する情報提供の有用度

有用度の 平均値		5分後の空いている後続列車の乗車率							
		25%	50%	75%	100%	125%	150%	175%	200%
先 発 列 車 の 乗 車 率	50%	3.48							
	75%	3.63	3.52						
	100%	3.69	3.30	3.13					
	125%	3.81	3.53	3.55	3.38				
	150%	3.91	3.87	3.70	3.61	3.35			
	175%	4.05	3.90	3.73	3.70	3.51	3.20		
	200%	4.18	4.02	3.91	3.91	3.83	3.40	3.30	
	225%	4.04	4.04	3.93	3.94	3.95	3.62	3.42	3.35

表 7 混んでいる先発列車と 10 分後の空いている後続列車に関する情報提供の有用度

有用度の 平均値		10分後の空いている後続列車の乗車率							
		25%	50%	75%	100%	125%	150%	175%	200%
先 発 列 車 の 乗 車 率	50%	3.34							
	75%	3.43	3.29						
	100%	3.40	3.20	3.05					
	125%	3.51	3.33	3.28	3.30				
	150%	3.75	3.71	3.60	3.51	3.46			
	175%	3.83	3.69	3.61	3.59	3.50	3.22		
	200%	3.89	3.77	3.67	3.66	3.60	3.08	3.04	
	225%	3.89	3.80	3.77	3.76	3.55	3.22	3.12	3.01

表 8 混んでいる先発列車と 20 分後の空いている後続列車に関する情報提供の有用度

有用度の 平均値		20分後の空いている後続列車の乗車率							
		25%	50%	75%	100%	125%	150%	175%	200%
先 発 列 車 の 乗 車 率	50%	2.66							
	75%	2.69	2.60						
	100%	2.55	2.49	2.39					
	125%	2.76	2.65	2.70	2.68				
	150%	3.15	3.13	3.04	3.03	2.98			
	175%	3.16	3.09	3.03	3.00	2.97	2.50		
	200%	3.20	3.11	3.05	3.02	3.01	2.56	2.51	
	225%	3.36	3.39	3.35	3.35	2.69	2.54	2.47	2.40

### 3.3.3 一定時間後に空いている列車が到着する場面

3.2.4 項の設定問に対して、回答者が 5 段階で評価した有用度の平均値と有用回答割合を算出した。先発列車と後続列車の列車間隔が 3 分の結果を表 5 に、5 分の結果を表 6 に、10 分の結果を表 7 に、20 分の結果を表 8 に示す。表 5 の有用度の平均値は 3.34~4.18 (平均 3.84) の範囲、表 6 の有用度の平均値は 3.13~4.18 (平均 3.68) の範囲、表 7 の有用度の平均値は 3.01~3.89 (平均 3.48) の範囲、表 8 の有用度の平均値は 2.39~3.39 (平均 2.87) の範囲であり、先発列車と後続列車との列車間隔が長くなるにつれて、有用度が低くなる傾向が確認できる。

また、表 7 と表 8 では、先発列車の乗車率が 125% 以下の場合や、後続列車の乗車率が 150% 以上の場合の有用度が比較的低くなる傾向がある。これらのことから、先発列車と後続列車それぞれの乗車率と列車間隔が、有用度に影響を及ぼすことが示唆される。

### 3.4 有用度分析結果のまとめ

本分析により、下記のような傾向があることを確認した。

- 乗車率が高いほど有用度が高くなる傾向や、継続時間が長いほど有用度が低くなる傾向
- 乗車率が低いほど有用度が高くなる傾向や、継続時間が長いほど有用度が低くなる傾向
- 提示した乗車率の継続時間が短い (5 分と 10 分) 場合は、乗車率の低い場面の方が、有用度が高くなる
- 提示した乗車率の継続時間が長い (15 分以上) 場合は、乗車率の高い場面の方が、有用度が高くなる
- 先発列車よりも後続列車が混んでいるという情報の有用度は高い
- 混んでいる先発列車と空いている後続列車の情報については、先発列車と後続列車の列車間隔が長くなるにつれて、有用度が低くなる
- 先発列車と後続列車の列車間隔が長い (10 分、20 分) 場合は、先発列車の乗車率が 125% 以下や、後続列車の乗車率が 150% 以上の場面での有用度が比較的低くなるしたがって、有用度を判断するには、乗車率だけでなく、その乗車率がどの程度の時間、継続するかどうか、先発列車と後続列車それぞれの乗車率と列車間隔も考慮する必要がある。

### 4. 有用度分析結果に基づく混雑情報提供条件

3 章の有用度分析結果を活用し、ある閾値を設定することで、有用度が比較的高い場面に限定することが可能となる。

一例として、予測乗車率が存在するという前提で、「有用度の平均値が 3.6 以上」という閾値を設定し、合致した場合にのみ、混雑予測情報を提供する事例を示す。なお、有用度の閾値は、列車本数や旅客数等の路線固有の状況を考慮して鉄道事業者が設定する。また、予測乗車率は 25% 刻みのうちで最も近い値に変換し、先発列車と後発列車の乗車率とみなすこととした。たとえば、アンケートの乗車率 50% に相当するのは、予測乗車率が 37.5%~62.5% の列車である。先行列車と後続列車の列車間隔に関しては、0~3 分以下をアンケートの 3 分後に、3 分より大きく 5 分以下を 5 分後に、5 分より大きく 10 分以下を 10 分後に対応付けることとした。

表 5 の結果から求めた混雑情報提供条件を表 9 に、表 6 の結果から求めた混雑情報提供条件を表 10 に、表 7 の結果から求めた混雑情報提供条件を表 11 に示す。

表 8 の列車間隔が 20 分の場合においては、混雑情報提供条件に合致する場面は存在しなかった。m(分)は後続列車までの時間、Cp(%)は先行列車の乗車率、Cs(%)は後続列車の乗車率である。この条件[1]~[12]のいずれかに合致する状況があった場合には、「あと m 分程度で比較的空いている列車が到着する見込みです。」という混雑予測情報を提供する。

表 9 表 5 より求めた混雑情報提供条件

条件 No.	m と Cp と Cs に関する情報提供条件
[1]	$0 < m \leq 3, 37.5 \leq Cp < 62.5, Cs < 37.5$
[2]	$0 < m \leq 3, 62.5 \leq Cp < 112.5, Cs < 62.5$
[3]	$0 < m \leq 3, 112.5 \leq Cp < 137.5, Cs < 112.5$
[4]	$0 < m \leq 3, 137.5 \leq Cp < 212.5, Cs < 137.5$
[5]	$0 < m \leq 3, 212.5 \leq Cp, Cs < 162.5$

表 10 表 6 より求めた混雑情報提供条件

条件 No.	m と Cp と Cs に関する情報提供条件
[6]	$3 < m \leq 5, 62.5 \leq Cp < 137.5, Cs < 37.5$
[7]	$3 < m \leq 5, 137.5 \leq Cp < 187.5, Cs < 112.5$
[8]	$3 < m \leq 5, 187.5 \leq Cp < 212.5, Cs < 137.5$
[9]	$3 < m \leq 5, 212.5 \leq Cp, Cs < 162.5$

表 11 表 7 より求めた混雑情報提供条件

条件 No.	m と Cp と Cs に関する情報提供条件
[10]	$5 < m \leq 10, 137.5 \leq Cp < 187.5, Cs < 87.5$
[11]	$5 < m \leq 10, 187.5 \leq Cp < 212.5, Cs < 137.5$
[12]	$5 < m \leq 10, 212.5 \leq Cp < 237.5, Cs < 112.5$

## 5. おわりに

輸送障害時の混雑予測情報提供の有用度を、web アンケートを用いて調査した。有用度は、乗車率だけでなく、その乗車率が継続する時間や、先行列車と後続列車との列車間隔の影響も受けることを確認した。また、混雑情報提供の活用例として、有用度が比較的高い場面に限定して混雑予測情報を提供する条件を提案した。

なお、本稿では、予測乗車率が存在する前提での調査および分析を実施した。4 章で述べたような混雑情報提供を実施するには、輸送障害発生時の乗車率予測手法が必要であり、現在、この研究開発にも取り組んでいるところである。

### 参考文献

- [1] 辰井大祐, 國松 武俊, 武内 陽子, 横山 元紀, 田中 峻一, 青柳 宗之, 小西 勇介, 坂入 整, “ソーシャルメディア上の混雑投稿と列車混雑率データとの関係性に関する基礎検討”, 第 83 回情報処理学会全国大会講演論文集 (2023).
- [2] 東日本旅客鉄道株式会社, “JR 東日本アプリ: JR 東日本”, <https://www.jreast-app.jp/>, (参照日 2023 年 6 月 7 日)
- [3] 東京急行電鉄株式会社, “東急線アプリをもっと便利にリニューアルします!”, <https://www.tokyu.co.jp/image/news/pdf/20180927-1.pdf>, (参照日 2023 年 6 月 7 日)