

# 乗客全員が着席可能な状況下での 車内混雑と列車選択

大石 紘輝<sup>1</sup>・三古 展弘<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 非会員 静岡銀行 (〒420-8761 静岡県静岡市葵区呉服町 1-10)

E-mail: ikimono126@gmail.com

<sup>2</sup> 正会員 神戸大学大学院教授 経営学研究科 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 2-1)

E-mail: sanko@kobe-u.ac.jp

本研究の貢献は、乗客全員が着席可能な場合でも、車内混雑が乗客の列車選択に影響を与えることを、新幹線指定席を対象に示すことにある。本研究で対象とするのは通路を挟んで3列(A, B, C席)と2列(D, E席)からなる車両で、A, E席が窓側、C, D席が通路側となっている。先発の新幹線はB席しか空いていないが、次発の新幹線はB席に加え他の席も空いている状況を想定し、SP調査を行った。SP調査設計では先発のサービスレベルを固定する一方、次発の座席の空き状況、待ち時間、乗車時間、費用を様々に変化させた。先発と次発を選択肢とする2項ロジットモデルを推定したところ、B席のみ選択可能な場合と比べ、B及びD席、A～E席の総てが選択可能な場合、それぞれ約650円、約780円の価値があることが明らかになった。また、同一回答者の複数のSP回答から、回答者の座席の選好に関する一貫性の分析も行った。

**Key Words:** crowding, Shinkansen, seat reservation, value of seat availability, stated preference

## 1. はじめに

交通の分野において混雑をテーマにした研究は多い。道路の混雑に関しては、それによって所要時間が変化するため社会的費用の観点や信頼性の観点からも分析が行われている<sup>1)</sup>。一方、鉄道の混雑に関しては、積み残しと乗降に要する時間の影響等を無視すれば、所要時間の変化はない。しかしながら、車内快適性の観点からは混雑は非常に大きな問題となっており、運輸政策審議会答申や交通政策基本計画においても、混雑率緩和の数値目標が挙げられている。

鉄道の混雑をテーマにした論文はいくつか見られる。例えば、轟・水野<sup>2)</sup>は都市鉄道においてリアルタイムな混雑状況を提供した際の列車間、車両間での混雑情報提供の効果を分析している。また、中川ら<sup>3)</sup>は、より長距離の鉄道移動について、自由席や指定席といった席種の配分の最適化に関する分析を行っている。しかし、これらはいずれも、着席できない場合の車内混雑を分析の主眼に置いている。

一方、車内混雑時における着席客にも混雑による負の影響が生じることが考えられる。Björklund and Swärdh<sup>4)</sup>は、車内混雑の状況(立席客の密度)によって、立席客のみならず着席客にも負の効用が生じることを Stated Prefer-

ence (SP) 調査を用いて分析した。

本研究では、これを発展させ、全員が着席可能な状況における車内混雑率が着席客に与える影響を分析するものである。本研究でいう混雑率は、全員が着席しているということを意識するならば、全座席のうちの利用されている程度(消席率)あるいは全座席のうち利用されていない程度(空席率)と表記したほうが妥当かもしれない。

全員が着席可能であれば、快適性や列車選択に影響を与えることは考えにくいかもしれない。しかし、実際には多くの人が、隣に人がいなくて、広いスペースを利用できることを好ましいと考えるのではないだろうか。例えば、1人分の新幹線の指定席特急券を購入する際に、3列シートの中央の座席を好んで購入する人はあまりいないと考えられる。

本研究の目的は、全員が着席可能な状況下における混雑状況が個人の列車選択に影響を与えることを SP 調査を用いて実証することである。分析対象は、全員が着席可能という状況を想定しやすい新幹線指定席車両とした。また、本研究は実務的に以下のような貢献があると考えられる。同じ時間帯の新幹線でも空いている列車と混んでいる列車があることから、利用客の平準化を図ることができれば、供給するサービスレベルを変更しないで顧客満足度を向上させることが可能となる。また、この満足に対

して顧客の支払意思があるのであれば、鉄道企業の収益性向上にも寄与することが可能である。

本研究は大きく、実際の列車における空席状況の調査・分析と SP 調査・分析の 2 つに分けられる。前半の実際の列車における空席状況の調査・分析は SP 調査の予備調査となるものであり、実際の状況の把握とともに、SP 調査質問を現実に近いものとするために活用する。

本論文は、本章を含めた 6 つの章から構成される。まず 2 章と 3 章で、実際の新幹線の空席状況を調査し、空席率や空席状況に関する傾向について整理する。特に 2

章では、ある 1 断面 (1 時点) で観測した新幹線車両の空席率と空席状況を調査し、3 章では特定の新幹線車両の空席率と空席状況を複数断面 (複数時点) で調査し数日前から出発直前までの空席状況の変化を分析する。これらの予備的な調査に基づいた SP 調査の設計について 4 章で述べ、5 章では SP 調査データの分析結果を説明する。最後に 6 章で結論を述べる。

表 1 空席率と空席状況

番号	空席状況 (左が A 列)	空席率 (%)														
		92	73	63	60	59	58	47	43	36	31	27	17	14	13	4
0	×××××	1						1		2	2	1	3	5	6	14
1A	○××××															
1B	×○×××				1		1	1	3	2	4	8	15	13	12	2
1C	××○××									1						2
1D	×××○×		1								1	2				
1E	××××○															
2AB	○○×××				1											
2AC	○×○××															
2AD	○××○×						1									
2AE	○×××○															
2BC	×○○××			1	2	2	2		1	5	2	3				
2BD	×○×○×			1	2	3	2	7	8	5	8	3				
2BE	×○××○															
2CD	××○○×				1							1				
2CE	××○×○															
2DE	×××○○															
3ABC	○○○××			1		1	2									
3ABD	○○×○×		2	1	1	3	2	1								
3ABE	○○××○															
3ACD	○×○○×															
3ACE	○×○×○															
3ADE	○××○○															
3BCD	×○○○×		1	9	2	5	3	8	5	3	1					
3BCE	×○○×○															
3BDE	×○×○○								1							
3CDE	××○○○															
4ABCD	○○○××	2	13	3	8	4	5									
4ABCE	○○○×○		1	1												
4ABDE	○○×○○			1												
4ACDE	○×○○○															
4BCDE	×○○○○															
5ABCDE	○○○○○	15														

注：番号は、5 列のうちの空いているシートの数と空いている列の組み合わせを示している。

## 2. 列車の空席率と空席状況

本章では、ある 1 時点における列車の空席率と空席状況について調査した結果を説明する。調査は、平成 29 年 12 月 6 日(水)の午前 7 時から 8 時頃にかけて行った。調査対象は、12 月 6 日(水)当日の新幹線を中心とする、「のぞみ」号の 5 号車(普通車指定席)で、区間は新大阪・名古屋間(上り)とした。尚、のぞみ号の 5 号車はすべての列車において 3 列シート+2 列シートの 5 列形式の座席が 18 個(90 席)配置されている。

調査は、JR 東海のエキスポレス予約<sup>9)</sup>を利用した。まず無作為に 25 ほどの、のぞみ 5 号車の空席状況を記録し、それらの新幹線の空席率だけを計算し、空席率が偏らないように 15 の新幹線を抽出した。尚、ここで注意すべき点が 1 つある。ある座席が利用できない場合でも、その座席が調査対象の全区間で予約済みとは限らないという点である。例えば、京都・東京間で予約済みであれば、新大阪・京都間で予約が入っていても、新大阪・名古屋の予約はできない。

調査結果を表 1 に示す。5 列シートの座席の埋まり方には、 $2^5 = 32$  通りあり、表中では番号 0 から番号 5ABCDE で示されている。なお、番号は 5 席のうちの空席数と空席の列を表すアルファベットで表現されている。一番左に示すのは空席率 92% の場合であり、18 列のうち、15 列が 5 席空席の 5ABCDE、2 列が 4 席空席の 4ABCD、1 列が空席なしの番号 0 となっている。つまり、90 席のうち 7 席が予約有りの  $(90-7)/90 =$  約 92% の空席率となっている。

今回は 4~92% まで様々な空席率の車両を抽出しているが、空席状況に特徴が見られる。具体的には、1B, 2BC, 2BD, 3BCD, 4ABCD, 5ABCDE, 0 が頻出し、それ以外では 3ABC と 3ABD が時々出現するがその他はほ

表 2 調査対象列車

のぞみ 号数	新大阪までの停車駅						新 大 阪 発	名 古 屋 着	所 要 時 間 (分)	東 京 着	
	博 多	小 倉	新 山 口	広 島	岡 山	姫 路					
220 号							○	10:10	11:00	50	12:43
10 号	○	●	●	●	●	●	●	10:20	11:10	50	12:53
130 号			○	●	●	●	●	14:20	15:10	50	16:53
370 号							○	14:30	15:20	50	17:03
28 号	○	●	●	●	●	●	●	14:40	15:31	51	17:13
232 号							○	14:50	15:40	50	17:23
250 号							○	18:10	19:00	50	20:43
46 号	○	●	●	●	●	●	●	18:20	19:10	50	20:53

注：○は始発駅、●は停車駅。新大阪以降の停車駅は総て京都、名古屋、新横浜、品川、東京。

とんど出現しない。また、空席率の低下につれて、5ABCDE→4ABCD→3BCD→2BC, 2BD→1B→0 の流れで座席が埋まっていくとすることができる。これらから、個別の座席の埋まり方について次のことが言えると考え

- 新幹線の座席は、E 席、A 席、C 席と D 席、B 席の順に埋まる。

## 3. 同一新幹線の空席状況の推移

### (1) 調査方法

本調査で対象とする列車は表 2 に示すように平成 29 年 12 月 27 日(水)の 10 時台、14 時台、18 時台の 8 列車であり、上りの「のぞみ」号の 5 号車を新大阪—名古屋間で予約する場合を調査した。これらの列車は、時間帯や始発駅による空席状況の差異を比較することを目的として選定した。また、調査日の 12 月 27 日は平日ではあるが、年末であるため多様な利用目的の乗客の存在が期待できることも選定の理由の 1 つである。これら 8 本の列車について、運行日の 5 日前である 12 月 22 日(金)から毎日、午前 11 時前後に 5 号車の空席状況を記録し、空席状況の推移を調べた。尚、運行日当日は、列車出発時刻の 1 時間ほど前から列車発車の 10~20 分前までのデ

表 3 発車直前の空席状況  
(斜体字は各列車の全空席数に占める%を示す)

のぞみ 号数	発車 時刻	最終 調査 時刻	始 発 駅	A 席	B 席	C 席	D 席	E 席	空 席 数	空 席 率 (%)
220 号	10:10	9:50	新大阪	6 <i>11.3</i>	17 <i>32.1</i>	16 <i>30.2</i>	11 <i>20.8</i>	3 <i>5.7</i>	53	57.8
10 号	10:20	10:10	博多	0 <i>0.0</i>	11 <i>47.8</i>	10 <i>43.5</i>	2 <i>8.7</i>	0 <i>0.0</i>	23	25.6
130 号	14:20	14:05	広島	0 <i>0.0</i>	12 <i>80.0</i>	0 <i>0.0</i>	3 <i>20.0</i>	0 <i>0.0</i>	15	16.7
370 号	14:30	14:20	新大阪	6 <i>11.8</i>	14 <i>27.5</i>	13 <i>25.5</i>	14 <i>27.5</i>	4 <i>7.8</i>	51	56.7
28 号	14:40	14:30	博多	0 <i>0.0</i>	11 <i>42.3</i>	4 <i>15.4</i>	10 <i>38.5</i>	1 <i>3.8</i>	26	28.9
232 号	14:50	14:35	新大阪	4 <i>8.7</i>	16 <i>34.8</i>	11 <i>23.9</i>	14 <i>30.4</i>	1 <i>2.2</i>	46	51.1
250 号	18:10	18:00	新大阪	7 <i>16.7</i>	17 <i>40.5</i>	10 <i>23.8</i>	8 <i>19.0</i>	0 <i>0.0</i>	42	46.7
46 号	18:20	18:00	博多	1 <i>5.6</i>	12 <i>66.7</i>	0 <i>0.0</i>	4 <i>22.2</i>	1 <i>5.6</i>	18	20.0
合計				24 <i>8.8</i>	110 <i>40.1</i>	64 <i>23.4</i>	66 <i>24.1</i>	10 <i>3.6</i>		

注：最終調査時刻は総て 12 月 27 日(水)であり、いずれも東京行き。





## (2) 調査結果

各列車が新大阪駅を出発する 10~20 分前に調査した、最終的な空席率を表 3 に示す。新大阪駅始発の新幹線は空席率が高めに、新大阪駅以西が始発駅の新幹線は空席率が低めになっていることが分かる。また、各列車について列ごとの空席数を見ると、いずれの列車においても B 席が空席となる場合が最も多かった。8 本の列車の合計では、全空席数に占める B 席が空席の割合は約 4 割であり、一部の列車では過半数を占めるものもあった。また、全空席数に占める窓側の割合は A 席, E 席を合計しても 1 割程度であった。3 列シート中央の B 席が不人気である一方、窓側の座席が人気であるという結果となり、2 章で行った調査結果と合致する。

次に、各列車について、座席の埋まり方の時間的推移を、新大阪駅 10:10 発のぞみ 220 号を例に説明する。

図 1 に示すのが、当該列車の 5 日前から当日までの空席状況である。赤字かつ下線で示した箇所が、前日の調査から変化があった座席である。23 日(土), 24 日(日), 25 日(月)はそれぞれ前日からの変化数が 2, 0, 1 と少ない。一方、26 日(火)と 27 日(水)においては変化数がそれぞれ 10, 12 となっている。また、窓側を中心に座席が埋まることも確認できる。さらに、B 席の空席状況は 1 度しか変化していない (パネル(e))。他の新幹線の調査結果 (論文中には示していない) を見ると、B 列の予約状況はその隣席と同時に変化していたことから、B 席は複数人で利用する際に予約されることが多いと推測される。

調査した全 8 列車の空席率の推移を図 2 に示す。総じて運行日当日に空席状況が大きく変化していると言える。これらを踏まえると、以下のことが言えるであろう。

- 新幹線の空席状況は始発駅によって異なる。
- 窓側の座席から予約が埋まる。
- B 席は複数人利用の際に予約されると推測される。
- 予約状況は運行当日に大きく変化する。

## 4. SP 調査

### (1) アンケートの目的

2 章および 3 章において、新幹線の座席は窓側から埋まり、B 席が最後まで残る傾向があることを述べた。しかし、両隣に人がいる状況での B 席はあまり快適ではないと考えられる。そこで、「先発の新幹線は B 席しか空いていないが、次発の新幹線は B 席以外の席に座れる状況であったとしたら、利用客はどのような列車と座席の選択をするか」という問題意識で SP 調査を行った。このような状況は、3 章で述べたように列車間の空席率に大きな差があることから、十分に発生する可能性

があると考えられる。また、一般的に先発の列車から予約が埋まると考えられることから、後発の列車のほうが選択可能な席の種類が多いことも現実と合致していると考えられる。

なお、今回の調査では、対象を指定席に限定している。理由としては、確かに自由席を考慮することは今後の課題となるが、東北新幹線の「はやて」、秋田新幹線の「こまち」、北陸新幹線の「かがやき」のような全席指定となっている新幹線には、今回の知見をそのまま適用できるためである。また、東海道新幹線においても、自由席の利用を全く考えていない利用者には今回の知見をそのまま適用できる。

### (2) 調査票の設計と実施

#### a) SP 調査設計

SP 調査は、新幹線利用者が空席状況を列車選択時にどの程度考慮するかを理解することを目的に設計した。列車選択に影響を与える要因としては、空席状況のほか、乗車駅での待ち時間、乗車時間、費用を考え、可能な限り現実的な設定の下でこれらの属性と空席状況のトレードオフを把握することを試みる。

表 4 に今回考慮した属性とその水準を整理する。基本的な考え方として、先発の属性値を固定し、次発の水準のみを操作する。ただし、目的地とそれに連動する属性については後述するように注意が必要である。

それでは、次発の水準について説明する。空席状況、待ち時間、乗車時間、費用については 5 水準、目的地については 2 水準とした。まず、空席状況については 2 章で整理した頻出する空席パターンを用いて設定した。今回は、先発を B 席のみが空いている 1B としているので、次発を先発より望ましい状況である 2BC, 2BD, 3BCD, 4ABCD, 5ABCDE とした。次発の待ち時間は先発よりも追加で待つ時間、次発の費用は先発よりも追加でかかる費用とした。目的地については東海道新幹線の新大阪駅からの主要な目的地と考えられる名古屋駅と東京駅にした。次発の乗車時間は先発よりも追加でかかる時間としたが、目的地が東京のときには名古屋のときよりも変動幅が大きくなるように属性値を設定している。

ところで、先発について属性値を固定していると述べたが、次発の目的地に応じて、先発の目的地は次発の目的地と同じになるようにしている。また、先発の乗車時間と費用も目的地に応じて異なる属性値を取るようになっている。先発の乗車時間と費用は、のぞみ号の標準的な場合を参考に、名古屋駅までは 50 分、6560 円、東京駅までは 153 分、14450 円とした。

最後に、空席パターンについて補足する。ここで提示する空席パターンは、隣接する座席が空いていることを保証しない。(例えば、2BC は、B 席にも C 席にも空き

表 4 SP 調査の属性と属性水準

属性	属性の説明	先発の水準	次発の水準
空席状況	A~E席の空席状況 (左がA列(3列シート側))	1B (×○×××)	2BC (×○○××)
			2BD (×○×○×)
			3BCD (×○○○×)
			4ABCD (○○○○×)
			5ABCDE (○○○○○)
待ち時間	新大阪駅での待ち時間 (先発と比べて) (分)	0	先発より追加で 3,6,9,12,15(分)
乗車時間	新幹線に 乗車している時間(分)	名古屋駅まで 50(分) <sup>注</sup>	名古屋駅まで先発と比べて-10,-5,0,+5,+10(分) <sup>注</sup>
		東京駅まで 153(分) <sup>注</sup>	東京駅まで先発と比べて-20,-10,0,+10,+20(分) <sup>注</sup>
費用	乗車券運賃と特急券料金の 合計(円)	名古屋駅まで 6560(円) <sup>注</sup> 東京駅まで 14450(円) <sup>注</sup>	先発と比べて-400,-200,0,+200,+400(円)
目的地	どこの駅まで	名古屋駅 <sup>注</sup>	名古屋駅*
	新幹線に乗車するか	東京駅 <sup>注</sup>	東京駅*

注：\*で示した次発の目的地と連動。

があることを示すのみで、隣り合う B 席と C 席が空いていることを保証しない。) )

尚、今回の調査では、先発、次発がのぞみ、ひかり、こだまのどれであるかを示していない。これは、純粋に空席状況に関するトレードオフを把握するためであり、列車種別を表記することで生じる、「のぞみは速い」「ひかりは遅い」といった先入観を除外するためである。Fractional factorial design を用いることで最終的に 25 問の SP 調査質問を作成した。

b) SP 質問の提示方法

回答者には実際の状況をイメージしやすいように、図 3 のように提示した。現在の時刻を 10:00 であると設定し、先発の出発時刻は乗車に無理のない設定として 10:05 とした。次発の待ち時間は、次発の出発時刻を先発の 10:05 に待ち時間を加えることで表現した (図 3 では 10:14)。乗車時間については先発、次発ともに出発時刻に乗車時間を足した到着時刻として表現した。費用も実際の金額で表示した。空席状況は駅に設置されている自動券売機の画面を参考に図示した。目的地については、最初に名古屋を目的地とした SP 質問を連続して行い、次に東京を目的地とした SP 質問を連続して行うという形式を取った。

	先発					次発				
	A席 空席 (2席)	B席	C席 通路側 (2席)	D席 通路側 (2席)	E席 空席 (2席)	A席 空席 (2席)	B席	C席 通路側 (2席)	D席 通路側 (2席)	E席 空席 (2席)
出発時刻	10:05					10:14				
到着時刻	12:38					12:47				
料金	14450円					14850円				

- 先発
- 次発(B席)
- 次発(C席)

図 3 SP 質問の提示画面

また、回答者に示される選択肢については、「先発」および「次発」としているが「次発」については空席のうちどれを選ぶかも尋ねている。

c) その他の質問

SP 質問に加え、回答者の新幹線の利用方法と個人属性を質問した。

新幹線の利用方法に関しては、以下の質問を行った。ただし、新幹線を利用したことがない回答者には、2)~6)の質問は尋ねていない。

- 1) 利用頻度
- 2) 最も利用する座席 (自由席, 指定席等)
- 3) 利用目的
- 4) 利用人数
- 5) 座席選びで重視する要素
- 6) 座席で好きな場所 (窓側, 通路側等)

個人属性として、性別、年齢、職業を尋ねた。

d) アンケートの実施

c)項で説明した新幹線の利用方法と個人属性は全回答者に尋ねることとしたが、全 25 問の SP 質問については、2 種類のアンケート票(A), (B)を作成し、それぞれ 13 問と 12 問を割り当てた。回答者にはアンケート票(A), (B)へのリンクをランダムに表示するウェブページにアクセスしてもらうことで、どちらか一方の回答をお願いした。

アンケートは「新幹線の利用に関する意識調査」という名称で、Google Form を用いて作成した。実施期間は平成 29 年 12 月 14 日から 12 月 21 日までであり、主に SNS を用いて家族や友人、ゼミ生に周知した。また、家族や友人にもアンケートの拡散をお願いし、より多くの回答を得ることを試みた。

## 5. アンケート調査結果

- 4) E席を好む人が最も多く、B席を好む人はほとんどいない。

## (1) 回答者の属性及び新幹線の利用方法

アンケートは、(A)票が 92 票、(B)票が 76 票の合計 168 票を回収した。得られた回答者の属性を表 5 に示す。

新幹線の利用方法に関する特徴を次に整理する。

- 1) 自由席を選ぶ人と指定席を選ぶ人はほぼ同数。
- 2) 約半数の人が新幹線を 1 人で利用する。
- 3) 「価格」と「隣に人がいないこと」を重視する人が多い。

## (2) SP 分析

ここでは、SP 質問の回答を分析した結果を紹介する。

## a) 「先発 vs 次発」の 2 項ロジットモデル

まず、SP 調査の結果をもとに、以下の「先発 vs 次発」の 2 項ロジットモデルを構築した。ここでは、次発を選んだ人は選んだ座席 (A~E 席) に関係なく、次発としてまとめている。

表 5 回答者の属性及び新幹線の利用方法

性別	度数	%	利用目的*	度数	%
男性	103	61.3	出張	39	23.6
女性	65	38.7	帰省	40	24.2
(合計)	168	100.0	旅行	72	43.6
年齢	度数	%	レジャー	8	4.8
14 歳以下	1	0.6	通勤・通学	0	0.0
15~19 歳	15	8.9	その他	6	3.6
20~29 歳	106	63.1	(合計)	165	100.0
30~39 歳	5	3.0	利用人数*	度数	%
40~49 歳	20	11.9	1 人	94	57.0
50~59 歳	18	10.7	2 人	34	20.6
60~64 歳	2	1.2	3 人以上	37	22.4
65~74 歳	1	0.6	(合計)	165	100.0
75 歳以上	0	0.0	座席選びで重視すること (複数回答) *	度数	%
(合計)	168	100.0	価格	89	53.9
職業	度数	%	景観	21	12.7
学生	99	58.9	車内の静かさ	16	9.7
会社員	61	36.3	トイレ、喫煙ルームなどへの行き易さ	37	22.4
主婦	5	3.0	充電できるコンセントがあるか	34	20.6
自営業	0	0.0	隣に人がいないこと	104	63.0
その他	3	1.8	座席の快適性	47	28.5
(合計)	168	100.0	車内販売の利用のしやすさ	2	1.2
利用頻度	度数	%	その他	7	4.2
週に 2 回以上	1	0.6	(合計)	357	
週に 1 回程度	0	0.0	好きな座席*	度数	%
2~3 週間に 1 回	1	0.6	窓側 (特に A 列の席)	26	15.8
月に 1 回程度	11	6.5	窓側 (特に E 列の席)	67	40.6
2~3 ヶ月に 1 回	33	19.6	窓側 (A 列, E 列どちらでもよい)	26	15.8
半年に 1 回	50	29.8	通路側 (特に C 列の席)	10	6.1
年に 1 回	26	15.5	通路側 (特に D 列の席)	21	12.7
2~3 年に 1 回	21	12.5	通路側 (C 列, D 列どちらでもよい)	7	4.2
それ以下	22	13.1	3 列シート of 中央 (B 列)	0	0.0
乗ったことがない	3	1.8	座れたらどこでもよい	8	4.8
その他	0	0.0	その他	0	0.0
(合計)	168	100.0	(合計)	165	100.0
乗車券の種類*	度数	%			
自由席	76	46.1			
指定席 (普通車)	87	52.7			
指定席 (グリーン車)	2	1.2			
(合計)	165	100.0			

注：\*の項目は新幹線の利用経験がある人にしか尋ねていない。

表 6 モデルに用いる変数の定義

変数	単位	定義
In-vehicle time	時間	新幹線の乗車時間
Wait time	時間	新大阪駅での待ち時間
Cost	千円	費用 (乗車券+特急券)
2BC	—	空席 2BC のとき 1, それ以外は 0
2BD	—	空席 2BD のとき 1, それ以外は 0
3BCD	—	空席 3BCD のとき 1, それ以外は 0
4ABCD	—	空席 4ABCD のとき 1, それ以外は 0

モデルに用いる変数の定義は表 6 の通りである。尚、2BC から 4ABCD に関してはダミー変数である。

2 項ロジットモデルの推定結果を表 7 に示す。

まず、所要時間と費用に関する 3 つのパラメータ (In-vehicle time, Wait time, Cost) は負となり有意であった。

次に、Const (2nd) と空席状況を表す 4 つのダミー変数について検討する。ここで注意が必要なのは、先発は必ず B 席のみが空席となっていることである。つまり、B 席のみが空席であることに対する評価と、先発であるということ自体に対する評価 (例えば、同じ 5 分後の列車であってもそれが先発であるか次発であるかによって効用が異なる) を識別することができない。しかし、仮に先発と次発の差は待ち時間で十分に評価されているとすれば、Const (2nd) は先発の空席状況に比べて、次発の空席状況群がどの程度望ましいかを表現していると考えられる。

ここで、Const (2nd) および 4 つのダミー変数は次発の効用関数の確定項に入っていることを考えると、これらの変数に関する効用の和は、ダミー変数の設定で基準となる 5ABCDE も明示すると、 $2.20 + 0.36 \times (2BC) - 0.38 \times (2BD) + 0.24 \times (3BCD) - 0.04 \times (4ABCD) + 0 \times (5ABCDE)$  となる。今回の次発で考慮した 5 つの空席状況のうち 5ABCDE の場合はこれらの項の中で Const (2nd) のみが残る。Const (2nd) が有意な正の値を取ったため、利用者は B 席しか空いていない状況に比べて 5ABCDE を好み、

表 7 推定結果

説明変数	推定値	t 値	時間価値 (円/時)	座席価値 (円/Seat)
Const (2nd)	2.20	11.26		-780.1
In-vehicle time (hr)	-2.35	-7.28	833.3	
Wait time (hr)	-3.02	-3.43	1070.9	
Cost (JPY1000)	-2.82	-11.79		
2BC	0.36	1.77		-127.7
2BD	-0.38	-2.07		134.8
3BCD	0.24	1.20		-85.1
4ABCD	-0.04	-0.21		14.2
Final log-likelihood	-890.83			
N	2108			

注：説明変数に(2nd)の記載があるものは、次発に固有の変数。空席状況に関するダミー変数においては 5ABCDE の場合を基準としている。

Const (2nd) の座席価値は -780.1 (円/Seat) となった。ここから、B 席に加え A~E 席のどこからでも座席を選ぶことができるという状況は約 780 円の価値があると考えられる。

空席状況に関する 4 つのダミー変数の推定値は基準となる 5ABCDE と比べた効用を示している。2BD のみ有意な負の値を取った。言い換えると、空席状況が 2BD の場合は、5ABCDE に比べて負の効用をもたらしている。空席状況が 2BD の場合、A, C, E 席は全席埋まっていることから、必ず隣に人がいる座席しか予約できない。つまり、利用者は隣に人がいる状況を好まないということが言えるであろう。この座席価値は 134.8 (円/Seat) となった。先ほどの Const (2nd) の推定値とあわせると、B 席に加え D 席も選ぶことができるという状況は、先ほどの約 780 円には及ばないものの約 650 円の価値があると考えられる。

### b) 座席選択の一貫性分析

各個人の複数の SP 回答について一貫性の分析を行った。a) 項での分析では、次発の回答を一括して分析していたが、ここでは次発のどの座席を選んでいるかにも着目する。

本調査では、(A), (B) の両調査票において、他の属性の水準は異なるが空席状況は同じである質問が存在している。そのような質問において、各個人は同じ座席を選択しているかを分析するのが一貫性分析である。具体例を図 4 に示す。

Sample 1 と Sample 2 の回答者は、同じ空席状況である 2 問において共に次発を選んでいる。しかし、Sample 1 は 2 つの質問で同じ C 席を選ぶという一貫した座席選択を行っているのに対し (一貫性あり)、Sample 2 は C 席、

④ 現在時刻10:00 新大阪~東京 *										
空席状況	先発					次発				
	A席 空席 [満席]	B席 空席 [満席]	C席 通路側 [満席]	D席 通路側 [満席]	E席 窓側 [満席]	A席 空席 [満席]	B席 空席 [満席]	C席 通路側 [満席]	D席 通路側 [満席]	E席 窓側 [満席]
出発時刻	10:05					10:08				
到着時刻	12:38					12:41				
料金	14450円					14450円				

  

⑤ 現在時刻10:00 新大阪~東京 *										
空席状況	先発					次発				
	A席 空席 [満席]	B席 空席 [満席]	C席 通路側 [満席]	D席 通路側 [満席]	E席 窓側 [満席]	A席 空席 [満席]	B席 空席 [満席]	C席 通路側 [満席]	D席 通路側 [満席]	E席 窓側 [満席]
出発時刻	10:05					10:20				
到着時刻	12:38					12:43				
料金	14450円					14050円				

  

	④での選択	⑤での選択
Sample1	次発(C席)	次発(C席)
Sample2	次発(C席)	次発(D席)
Sample3	先発	次発(C席)

図 4 同一の空席状況間における一貫性分析の例



表 8 空席状況と一貫性の有無

空席状況	質問数 (問)		一貫性がない回答数			割合 (168)
	A 票	B 票	A 票	B 票	合計	
	2BC	3	2	15	4	
2BD	2	3	6	12	18	10.7%
3BCD	2	3	11	15	26	15.5%
4ABCD	3	2	30	17	47	28.0%
5ABCDE	3	2	20	9	29	17.3%
合計	13	12	82	57	136	

D 席という一貫しない座席選択を行っている (一貫性なし)。なお, Sample 3 のような先発, 次発間で回答が異なる場合は, 一貫性がないとは言えないため, 一貫性ありとする。

空席状況と一貫性の有無について表 8 に整理する。A 票では 13 問, B 票では 12 問の SP 質問がある。それぞれの質問票での, 次発における各空席状況を含む質問数が「質問数 (問)」列に示されている。「一貫性がない回答数」列では, A 票の 92 票, (B)票の 76 票のうち, 各空席状況で何人が一貫性のない座席選択を行ったかを示している。「合計」列は 2 つの票の合計であり, それを全体の 168 票で割ったものを「割合(168)」列に示している。

空席数が多い状況ほど (2BC や 2BD よりも 3BCD, 3BCD よりも 4ABCD, 4ABCD よりも 5ABCDE) 一貫性がない割合が多くなると思われたが, 4ABCD の場合が最も多かった。5ABCDE ではこれまでの分析から回答者に非常に好まれることが分かっている E 席が選択可能であることから, 一貫して E 席を選ぶ回答者がいたのではないかと考えられる。

また, 空席状況が 3 問において出現する場合のほうが 2 問において出現する場合よりも, 一貫性がない回答が多い傾向にあった。

次に, 表 8 で示した一貫性のない座席選択が, 同一の回答者に集中しているのか, 回答者全体で満遍なく発生しているのかを分析する。この結果を表 9 に示す。表 8 で示した 5 つの空席状況のうち, いくつかのパターンで一貫性のない回答をしたかを示している。

5 つ総ての空席状況で一貫性のある回答をしたのは

表 9 一貫性のない回答をする空席状況数

一貫性なしの空席状況数	アンケート(A)		アンケート(B)	
	回答者数	割合(92)	回答者数	割合(76)
0	46	50.0%	38	50.0%
1	20	21.7%	24	31.6%
2	18	19.6%	10	13.2%
3	6	6.5%	3	3.9%
4	2	2.2%	1	1.3%
5	0	0.0%	0	0.0%
合計	92	100.0%	76	100.0%

⑥ 現在時刻10:00 新大阪～東京 *										
空席状況	先発					次発				
	A席 空席 [選択]	B席 空席 [選択]	C席 通路側 [選択]	D席 通路側 [選択]	E席 空席 [選択]	A席 空席 [選択]	B席 空席 [選択]	C席 通路側 [選択]	D席 通路側 [選択]	E席 空席 [選択]
出発時刻	10:05					10:11				
到着時刻	12:38					13:04				
料金	14450円					14050円				

  

⑦ 現在時刻10:00 新大阪～東京 *										
空席状況	先発					次発				
	A席 空席 [選択]	B席 空席 [選択]	C席 通路側 [選択]	D席 通路側 [選択]	E席 空席 [選択]	A席 空席 [選択]	B席 空席 [選択]	C席 通路側 [選択]	D席 通路側 [選択]	E席 空席 [選択]
出発時刻	10:05					10:14				
到着時刻	12:38					12:37				
料金	14450円					14650円				

  

	⑥での選択	⑦での選択
Sample4	次発(C席)	次発(C席)
Sample5	次発(C席)	次発(E席)
Sample6	次発(C席)	次発(A席)
Sample7	次発(C席)	次発(D席)

図 5 異なる空席状況間における一貫性分析の例

(一貫性なしの空席状況数が 0) (A)票, (B)票ともちょうど半数であった。ここから, 利用者の半数は, 座席選択に対して常に一貫していると言える。

次に, 総ての回答において一貫性があった(A)票の 46, (B)票の 38 の計 84 の回答者について, 異なる空席パターンにおいても一貫した座席選択を行っているかを分析した。具体的には, 図 5 に示すように, A~E 席の横 1 列において空席が増えたとき, 増える前と増えた後で座席選択が一貫しているかを調べるものである。

図 5 の例では, 4ABCD の空席状況と 5ABCDE の空席状況の 2 つの質問が示され, E 席が利用可能になる状況を示している。Sample 4~Sample 7 は 1 つ目の質問では次発 4ABCD の C 席を選択し, 2 つ目の質問では 5ABCDE の C, E, A, D を選択している。Sample 4 は 2 つの質問で同じ C 席を選んでおり一貫性がある。Sample 5 は, 2 問目で E 席を選んでいますが, 1 問目では選択できなかった席を選んでいて 2 つの質問間で矛盾はない (一貫性あり)。Sample 6 および Sample 7 は 4ABCD でも利用可能であった A 席と D 席を 2 問目で選んでいる。しかし, 4ABCD の D 席と 5ABCDE の D 席とでは隣の E 席が空いているかどうかで意味合いが異なるを考える。しかし, A 席の意味合いは 2 つの質問で異なる。そのため, 2 問目で D 席を選ぶ Sample 7 は 1 問目の回答と矛盾しない (一貫性あり) と判断するが, 2 問目に A 席を選ぶ Sample 6 は 1 問目の回答と矛盾する (一貫性なし) と判断する。尚, ここでの空席状況は必ずしも隣り合う D, E 席が空いていることを保証するものではないが, その可能性があることを表現している。

このルールに従って異なる空席状況間における一貫性の有無を調べた結果を表 10 に示す。同一空席状況で一

表 10 異なる空席状況間における一貫性の有無

一貫性	回答者数	割合 (84)	割合 (168)
あり	75	89.3%	44.6%
なし	9	10.7%	5.4%
合計	84	100.0%	50.0%

貫性のあった 84 人中 75 人が異なる空席状況間でも一貫性ありとなり、この 75 人については座席の選好に明確な順位付けがあるのではないかと考えられる。

そこで、この傾向を把握するためこの 75 人のうち、各質問において 1 問でも先発を選んだ回答者を除外した 61 人について各空席状況で選択した座席を表 11 に示す。2BC と 2BD においては B 席を避けるという傾向が明確に見られるものの、それ以外では個人差が大きい傾向が見て取れる。

そこで、回答状況に個人差のある 3BCD, 4ABCD, 5ABCDE での座席選択の組み合わせについて表 12 に示す。A 席が空いても選択を変更しないが、E 席が空いた場合は選択を変更する回答者（表の CCE, DDE のパターン）は合計 20 人と全体の約 3 分の 1 を占めた。また、A 席を利用しても E 席が空いたら E 席に変更する回答者（表の CAE, DAE のパターン）は合計 14 人と先の 20 人とあわせて 34 人となり全体の約 56% となり、いかに E 席が好まれるかが良く分かる結果となった。また、一貫して C 席, D 席を利用する回答者も合計 18 人と約 30% 存在することも明らかになった。

## 6. 結論

本論文では、鉄道車両の混雑度に対する不効用は、全員が着席可能な状況下でも生じているのではないかとこの問題意識の下、新幹線指定席を対象に空席状況が利用者の座席選択に与える影響を分析した。分析は大きく 2 つの方法で行われ、まずは実際の新幹線の空席状況とその推移を観測することによって行い、次にその結果を踏まえて SP 調査を行った。

ある 1 時点における空席状況の調査と同一列車の空席状況の経時変化を見ることで次の知見が得られた。

- 3列+2列の新幹線の空席状況  $Z^2 = 32$  通りのうち頻出するのは 7 通り（本論文の定義する 1B, 2BC, 2BD, 3BCD, 4ABCD, 5ABCDE, 0）である。

表 11 一貫性あり 61 回答者の座席選択

空席状況	A 席	B 席	C 席	D 席	E 席	合計
2BC	-	0	61	-	-	61
2BD	-	1	-	60	-	61
3BCD	-	0	40	21	-	61
4ABCD	21	0	24	16	-	61
5ABCDE	7	0	8	12	34	61

表 12 一貫性あり 61 回答者の座席選択の組み合わせ

各空席状況での選択			回答者数	割合
3BCD	4ABCD	5ABCDE		
C	A	A	7	11.5%
C	A	E	9	14.8%
C	C	C	8	13.1%
C	C	D	2	3.3%
C	C	E	14	23.0%
D	A	A	0	0.0%
D	A	E	5	8.2%
D	D	D	10	16.4%
D	D	E	6	9.8%
合計			61	100.0%

- 概ね E 席→A 席→C 席と D 席→B 席の順で埋まっていく。
- 空席状況は始発駅によって異なる。
- B 席は複数人利用の際に予約されると推測される。
- 空席状況は、前々日まではあまり変化せず、前日に少し変化し、当日に大きく変化する。

次に、新幹線の空席状況と、乗車駅での待ち時間、乗車時間、費用の間のトレードオフを把握するため、SP 調査を行った。ここでは、先の調査結果に基づき、可能な限り現実に近い状況を実行可能な質問数で行う工夫を行った。その結果、以下のような知見が得られた。

- B 席しか空いていない状況に比べて、A~E 席のどこからでも座席を選ぶことができるという状況は約 780 円の価値がある。
- B 席しか空いていない状況に比べて、B 席と D 席から座席を選ぶことができるという状況は約 650 円の価値がある。
- 約半数の回答者は、同じ空席状況であれば同じ座席を選択する。
- C 席や D 席を常に選択する回答者の存在や、A 席には興味がなくても E 席に興味がある利用者もいることから、通路側であることや窓側であること以外にも座席の選好に影響を与えるものがあると考えられる。

アンケート結果において、2 列シートでの窓側 (E 席) を一番好むと回答した人は全体の 4 割を占めたが、空席状況が 2BC, 3BCD, 4ABCD の場合において、有意なパラメータが得られなかったことから、実際に利用するときは E 席が埋まってもあまり気にしない利用者が多いといえるであろう。これは興味深い結果である。

また、3 列シートの中央席 (B 席) の効用が低いことは様々な観点から述べた。これほど避けられている B 席だが、この席の価値が少しでも高くなるような策について今後研究していくことも興味深いであろう。

今後の課題としては、アンケート回答者の個人属性や利用目的を考慮することが考えられる。今回の SP 質問では新幹線を利用する際の利用目的については明確化し

ていなかった。しかし、「新幹線の利用目的で一番多いものは何ですか」という質問を設けていた。仮に、回答者が一番多い利用目的の場合を想定して今回の質問に回答したと考え、「出張」と「出張」以外（帰省、旅行等）で別のパラメータを推定した。予備的な検討であるため、本稿では紹介しないが、推定結果に特徴が見られ、今後分析を深めていく価値があると考えられる。

**謝辞**：本研究は JSPS 科研費 16H03671 を受けたものである。

#### 参考文献

- 1) 中山晶一郎, 朝倉康夫：道路交通の信頼性評価, コロナ社, 2014.
- 2) 轟朝幸, 水野隆二：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・論文集, Vol. 27, No. 4, pp. 787-794, 2010.

- 3) 中川伸吾, 柴田宗典, 渡邊拓也, 深澤紀子, 鈴木崇正, 尾崎尚也：優等列車の席種設定最適化に向けた需要特性分析, 鉄道総研報告, Vol. 29, No. 6, pp. 23-28, 2015.
- 4) Björklund, G. and Swärdh, J-E.: Estimating policy values for in-vehicle comfort and crowding reduction in local public transport, *Transportation Research Part A*, Vol. 106, pp. 453-472, 2017.
- 5) エクスプレス予約 新幹線の会員制ネット予約 <https://expy.jp/top.php?>

(2018. 4.27 受付)

## IMPACT OF CROWDING ON TRAIN CHOICES WHEN ALL PASSENGERS HAVE RESERVED SEATS

Hiroki OISHI and Nobuhiro SANKO