

都市間優等列車におけるフレキシブルな座席種別設定施策の効果に関する研究

—幹線旅客鉄道インフラの更なる高効率利用を目指して—

通常、我が国の都市間優等列車では指定席と自由席の2種類の座席が供給されているが、座席種別(席種)毎の供給量や料金は固定的であり、指定席の予約はFirst Come First Served ルールに基づいているため、未利用座席の発生等により座席利用率が低下している。そこで本研究では、幹線鉄道旅客のトリップデータから構築した離散型の席種選択モデルを需要予測モデルとした席種設定シミュレーションシステムを開発し、フレキシブルな席種設定施策の効果分析を行なった。その結果、①既存インフラの高効率利用、②利用者の利便性の向上、③鉄道事業者の収益性の確保、以上の観点から効果的な施策である可能性が示された。

キーワード | 幹線旅客鉄道, サービス供給計画, 座席種別設定, 収益管理

柴田宗典
SHIBATA, Munenori

修(工) 財団法人鉄道総合技術研究所輸送情報技術研究部交通計画研究室副主任研究員
東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻博士後期課程

寺部慎太郎
TERABE, Shintaro

博(工) 東京理科大学理工学部土木工学科准教授

内山久雄
UCHIYAMA, Hisao

工博 東京理科大学理工学部土木工学科教授

1—はじめに

我が国は成熟社会を迎え、都市間幹線旅客鉄道に関しても大規模なインフラ整備への投資が困難になってきており、幹線旅客鉄道の運営におけるサービス供給のコントロール等のソフト施策により、蓄積されてきたインフラを有効に活用していく視点が重要となってきた¹⁾。従って、需要予測や施策の効果計測に関しても、ソフト施策の検討に的確に対応できる技術を開発する必要がある。

さて、我が国の幹線旅客鉄道で運行される優等列車の普通車では、多くの場合において指定席と自由席の2種類の座席が供給されているが、指定席や自由席などの座席種別(以下、席種と称す)毎の供給量や料金設定が過去の実績等により予め固定的に決められている。また、指定席への予約の受付は基本的にFirst Come First Servedルール(First In First Outルールとも呼ばれるが、以降では、FCFSルールと称す)に基づいている²⁾。そのため、現実には様々なODが混在する指定席への潜在的な需要に適切に座席を割り当てることができず、予約リクエストへの謝絶や、未利用座席が発生する場合があります、座席利用率(ロードファクタ)が低下する³⁾。実際に、JR予讃線の特急列車におけるノリホ(乗車人員報告)データ分析により、指定席と自由席の乗車率に顕著な差異が認められる不均衡列車が数多く存在することが報告されている⁴⁾例があり、この問題の存在を示唆していると言えよう。そこで本研究では、各列車における席種の設定を需要に応じてフレキシブルに変化させて、幹線旅客鉄道の優

等列車におけるロードファクタの向上を図ることにより、既存の幹線旅客鉄道インフラの更なる高効率利用を目指す。

本研究で提案する施策は、収益管理と呼ばれる手法の一施策と捉えることができる。ここで収益管理とは、多様なニーズを持つ顧客に対して、価格や容量を様々な商品やサービスを提供することにより、得られる収益を最大にすることである。この考え方は、1980年代のアメリカにおいて航空分野の規制緩和により航空会社間の競争が熾烈になったことから研究が進められた⁵⁾。我が国においても、主に航空旅客を対象として収益管理に関する研究の蓄積が進んでいる。例えば、杉田ら⁶⁾、竹林ら⁷⁾は予約のキャンセルと航空会社のオーバーブッキングとを考慮して最適な座席供給を決定するモデルを開発している。竹林ら⁸⁾は、航空機の出発後のイールド(収益)管理の重要性を指摘し、出発前と出発後に分けてイールド管理モデルを提案している。兵藤⁹⁾は、国土交通省による国内航空旅客動態調査の個票データを用いて航空旅客の利用券種選択モデルを推定し、券種選択行動を考慮した最適座席配分を検討している。また、航空分野以外では、高速道路の料金施策の変化が時間短縮便益と収益に与える影響を考察した研究⁹⁾や、コインパーキングを対象に収益管理手法の適用性を検討した研究¹⁰⁾がある。

一方、本研究の対象である幹線旅客鉄道分野においても、他の交通分野と同様に収益管理に関する研究が進められるようになってきた^{3),11)-14)}。しかし、これまでの研

究においては、発駅から終着駅までの間の駅に停車していくsingle-line multiple-stops systemである鉄道において予約の割り当てを適切にコントロールするための数理計画的な手法の構築が主な命題であったため、複数の運賃クラスを考慮した例はあるものの、席種は一種類であると仮定される場合が大半である。そこで寺部ら¹⁵⁾は、基本的に同一仕様の普通席車両が「指定席/自由席」と異なる席種として運用されている我が国の幹線旅客鉄道の特長を考慮して収益管理を実施するために、普通車自由席を含む複数の運賃クラスを選択肢とした航空機と幹線旅客鉄道との交通機関選択モデルを構築している。しかしながら、座席の配分計算については指定席需要を対象とした駅間ODへの指定席の割り当て問題の最適化に留まっている。このように、多くの先行研究では席種は一種類であると仮定される場合が大半であるため、幹線旅客鉄道の席種選択行動を分析しモデル化した研究例や、複数の席種におけるフレキシブルな席種設定の施策効果を分析した研究例はない。

そこで本研究では、フレキシブルな席種設定施策が、都市間優等列車のロードファクタの向上等に効果的な施策であるか否かを定量的に分析する。なお、特に年末年始、お盆、ゴールデンウィーク等の超繁忙期においては、需要量に対する座席供給量の不足により、指定席への予約リクエストが謝絶されるケースが多く発生する。この場合、当初の乗車希望の列車とは異なっても指定席に空席がある列車の指定席を選ぶ、混雑に遭遇する危険を覚悟して当初の乗車希望列車の自由席に乗車する、他の交通機関を選択する、または旅行自体を取りやめる等の複雑な選択行動の存在が想定される。しかしながら本研究では、このような超繁忙期は僅かな期間であり、まずは、需要に対してある程度の座席供給量が設定されている通常期に近い利用状況を想定することが重要であるとの観点から、同一列車において指定席を選択するか、自由席を選択するかという席種選択行動に着目する。具体的には、まず、都市間幹線鉄道の優等列車旅客から収集したトリップデータにより旅客の席種選択行動の特性を分析した上で、席種設定シミュレーションシステムに組み込むための旅客行動モデルとして、席種選択行動モデルを構築する。更に、指定席への予約リクエストが謝絶された時には、自由席が満席の場合における立席利用を許容した上で同一列車の自由席を利用すると仮定し、席種選択モデルを需要予測モデルとして適用した席種設定シミュレーションシステムを開発する。以上により、幹線旅客鉄道の優等列車におけるフレキシブルな席種設定の効果を定量的に検証することを目的とする。

国土交通省により1990年より5年毎に実施されている全国幹線旅客純流動調査¹⁶⁾(以下、幹線純流動調査と称す)では、幹線鉄道旅客を含む各幹線旅客交通機関の利用者から取得された個票(トリップ)データが公開されているが、指定席/自由席等の利用席種データは含まれておらず、幹線純流動調査データを用いて席種選択行動を分析することはできない。そこで本研究では、幹線旅客列車の利用における席種選択行動等に関する個人行動データを取得するための利用実態調査を行なう(表—1)。調査対象路線は、我が国を代表する幹線旅客鉄道路線である東海道・山陽新幹線(東京～博多)とし、2007年12月～2008年1月に同路線を利用して移動した旅客を対象としてwebアンケート方式により利用実態データを取得する。本調査では、出発地、目的地、アクセス交通機関、イグレス交通機関等の往路トリップの基本的な情報に加え、席種選択行動の捕捉を目指して、新幹線で利用した席種(普通車自由席・普通車指定席・グリーン席)や、席種や幹線交通機関を選択する際に表—2に示す定性的な要因をどの程度重要視したかについて5段階評価値(+1～+5)により回答を得る。本研究では、取得された段階評価値を当該要因に対する主観的重視度と呼ぶこととする。

■表—1 幹線旅客鉄道利用実態調査の概要

調査対象	2007年12月～2008年1月に東海道・山陽新幹線を利用した旅客の往路トリップ
調査期間	2008年1月～2月
調査方法	webアンケート
主な調査項目	<ul style="list-style-type: none"> ・旅行目的、OD、出発日、出発時刻、到着時刻 ・アクセス交通機関、イグレス交通機関 ・利用した新幹線の列車番号(例: のぞみ2号) ・利用した席種(普通車自由席・普通車指定席・グリーン席) ・着席した座席位置(窓側、通路側、3列シートの真ん中) ・着席できた区間(普通車自由席利用者のみが対象) ・同行者の種類と人数 ・席種の選択要因に対する主観的重視度(表—2) ・幹線交通機関の選択要因に対する主観的重視度(表—2)
有効回答数	3,039

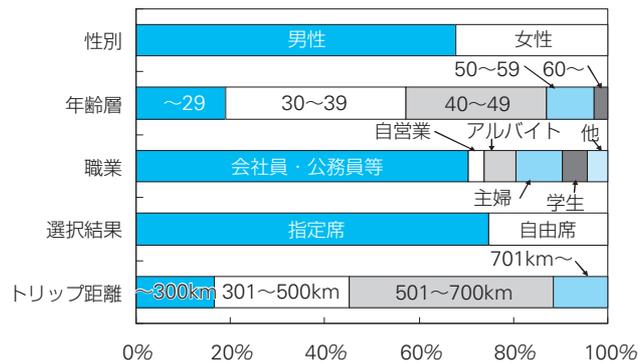
ここで、年末年始の超繁忙期においては乗車したい列車が既に満席であったため出発時刻や出発日を変更するといった出発時刻選択行動や出発日選択行動等の影響が大きく、席種選択行動を捉えることが困難であると考えられる。そこで本研究では、年末年始の超繁忙期である2007年12月29日～2008年1月6日に乗車日が該当するサンプルを分析対象から除外する。また、本研究が目指すフレキシブルな席種設定は、設備仕様が基本的に同一である普通車指定席と普通車自由席とにおいて運用されることを想定している。そのため本研究では、旅客の普通

■表—2 主観的重視度を観測した主な選択要因

	調査票上での表現	キーワード
席種の 選択要因	・確実に座れること ・希望の席(窓側・通路側)を確保できること ・出発時刻が選べること ・自由に席を移ることができること ・乗車後に席の位置を選べること ・荷物があること	着席の保障 希望する座席位置の確保 随時性 着席位置の変更 乗車後の着席位置の選択 荷物の携行
	・目的地に早く到着できること ・移動の楽しさ ・出発地から目的地までの時間が正確であること ・荷物を運ぶのが便利であること ・交通事故にあう・巻き込まれること ・盗難などの犯罪にあうこと ・いろいろな場所を回れること	速達性 移動の楽しさ 定時性 載荷性 事故安全性 犯罪安全性 機動性
1: 全く気にしなかった ~ 3: どちらでもない ~ 5: 非常に気にした		

車指定席(以下、指定席と称す)と普通車自由席(以下、自由席と称す)との選択行動に焦点をあて、指定席利用者と自由席利用者のサンプルデータを分析対象とする。以上により抽出された1,176サンプルに関して以降の分析を進める(指定席:878サンプル,自由席:298サンプル)。なお、新幹線や特急列車等の料金設定にはいくつかのケースが存在するが、本研究では、指定席利用時の運賃・料金と自由席利用時の運賃・料金の差額を「座席指定料金」と定義する。

ここで、分析対象サンプルのデータプロフィールを図—1に示すが、性別、職業、年齢層、トリップ距離等に著しい偏りはないことが確認できる。



■図—1 分析データのプロフィール(N=1,176)

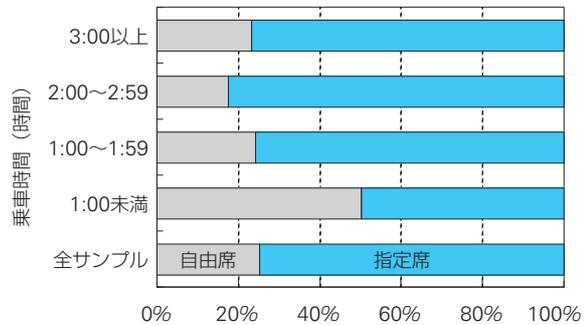
3——席種選択行動の特性分析¹⁷⁾

3.1 サービスレベルや旅行属性と席種選択の関係

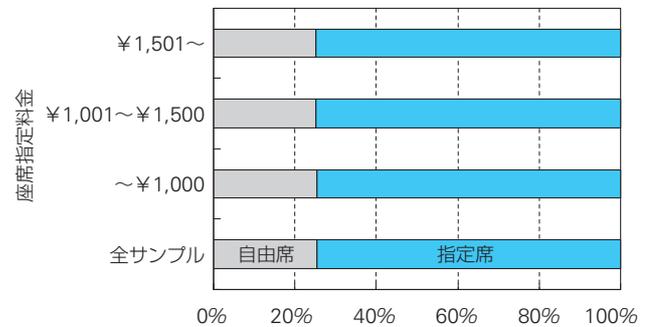
まず、基本的なサービスレベルである乗車時間や座席指定料金と席種のシェアとの関係を考察する。ここで乗車時間とは、東海道・山陽新幹線の列車に乗車した時間そのものであるが、同線内にて乗継を行ない複数列車に乗車している場合は、最も乗車距離の長い新幹線列車の乗車時間としている。また、座席指定料金については、鉄道に乗車する全区間における指定席利用時と自由席利用

時の運賃・料金の差額の総額であり、乗継状況等により座席指定料金の総額は変動する。

乗車時間とシェアの関係(図—2)を見ると、乗車時間が長くなるにつれて、指定席のシェアが増加する傾向にあることが分かる。また、乗車時間1時間未満の場合には、自由席のシェアが顕著に増大することから、乗車時間1時間が席種選択の閾値である可能性がある。一方、座席指定料金とシェアの関係(図—3)においては明確な傾向は認められなかった。席種選択行動モデルに交通費用に関する変数を導入する際には何らかの工夫が必要であると考えられる。



■図—2 乗車時間とシェアの関係



■図—3 座席指定料金とシェアの関係

次に、同行者等の旅客のトリップ属性と席種選択の関係性を探るため、数量化Ⅱ類による分析を行なう。分析においては、目的変数を指定席と自由席の選択結果とし、席種選択に影響を与えていると見出された乗車時間に加え、旅行目的や旅行人数、家族旅行か否か等のトリップ属性に関するアイテム等を説明変数として取り入れる。試行錯誤の結果、最終的に確定した分析結果を図—4に示す。最も影響力が高いのは乗車時間で、乗車時間が1時間未満であれば自由席を、それ以上の場合は指定席を利用する傾向にあり、先の集計分析結果(図—2)と一致する。他にも、旅行目的でみると仕事目的や冠婚葬祭目的の場合に指定席を利用する傾向にあることや、一人旅の場合は自由席を利用する傾向にあるが、旅行人数が2~3名の場合では指定席を利用する傾向にあること等の席種選択の傾向が示されている。しかしながら全体の適合度を示す相関比は0.10と低く、更に別の観点から席種選択行動

を説明可能な要因を探っていく必要があることを示唆する結果であると言えよう。

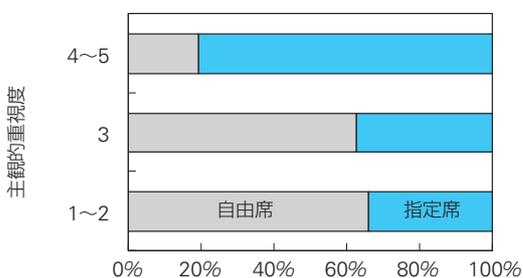
アイテム	カテゴリ	スコア		レンジ	偏相関係数
		自由席	指定席		
乗車時間	1時間未満	-1.814		2.304	0.251
	1:00~1:59	0.095			
	2:00~	0.490			
旅行目的	仕事目的	0.486		1.443	0.152
	帰省目的	-0.321			
	観光目的	-0.541			
	冠婚葬祭目的	0.623			
	私用目的 その他	-0.820 -0.764			
旅行人数 (本人含む)	1名	-0.209		0.683	0.036
	2~3名	0.475			
	4名以上	0.049			
家族旅行	yes	0.320		0.392	0.021
	no	-0.073			
友人・知人との旅行	yes	-0.305		0.362	0.019
	no	0.057			
乳幼児同伴 (0~6歳)	yes	-0.748		0.809	0.056
	no	0.061			
性別	男性	0.085		0.263	0.035
	女性	-0.178			
相関比: 0.10		自由席利用者スコア重心: -0.54	指定席利用者スコア重心: 0.18		

■図-4 数量化Ⅱ類による選択特性分析結果

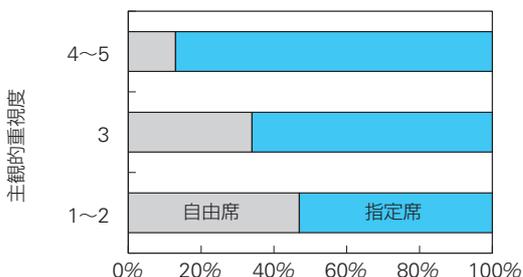
3.2 主観的重視度と席種選択の関係

ここでは、主観的重視度とシェアの関係について、特徴が見出された例を図-5~図-8に示す。「着席の保障」「希望する座席位置の確保」といった「着席の確実性」に関する要因については、重視度が高まるにつれて指定席のシェアが高まる傾向にあることが分かる。一方、「着席位置の変更」「乗車後の着席位置の選択」といった「着席の自由度」に関する要因に関しては、逆に、重視度が高まるにつれて、自由席のシェアが高まる。このように、利用した席種によって重視する選択要因が異なることが示されている。

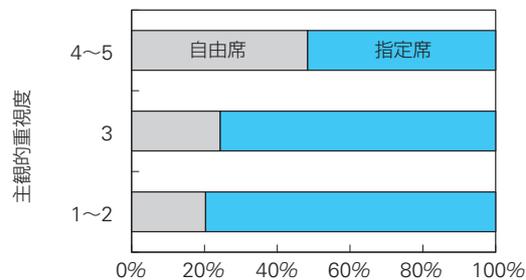
更に主観的重視度と席種選択との関係性を統計的に



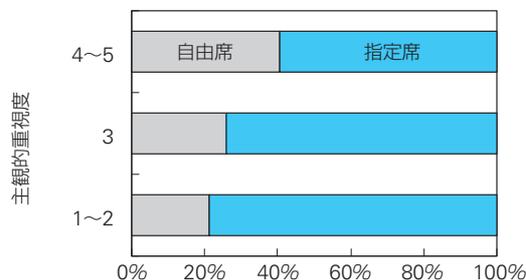
■図-5 「着席の保障」とシェアの関係



■図-6 「希望する座席位置の確保」とシェアの関係



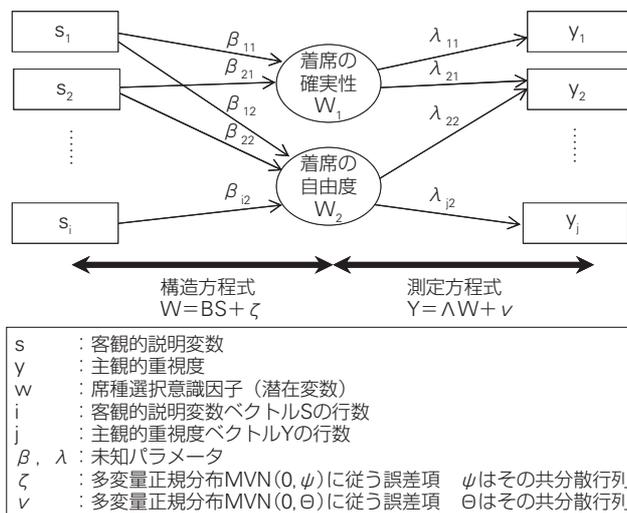
■図-7 「着席位置の変更」とシェアの関係



■図-8 「乗車後の着席位置の選択」とシェアの関係

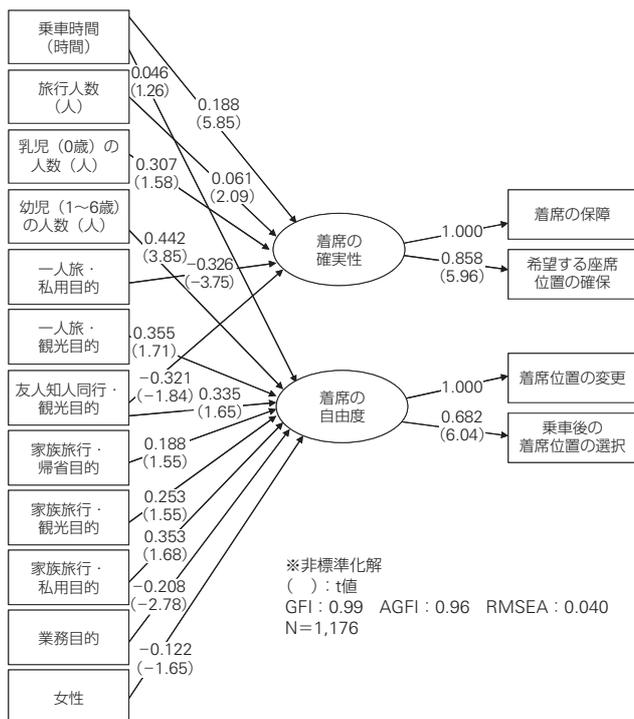
考察する。ここでは、線形構造方程式モデルの一種である多指標多因子モデル(MIMICモデル:図-9)を構築する。集計分析により席種選択との関連性が認められた「着席の保障」「希望する座席位置の確保」「着席位置の変更」「乗車後の着席位置の選択」の4つの主観的重視度から、席種選択行動の背後に存在するであろう席種選択意識因子として「着席の確実性」因子と「着席の自由度」因子を抽出するとともに、乗車時間や同行者種別等の客観的に観測される旅客のトリップ属性と両因子間との関係を同定する。ここでMIMICモデルからは、式(1)により席種選択意識因子の期待値をサンプル毎に定量的に推定することができる¹⁸⁾。

$$\hat{w} = \hat{B}s + \hat{\Psi}\hat{\Lambda}'(\hat{\Lambda}\hat{\Psi}\hat{\Lambda}' + \hat{\Theta})^{-1}(y - \hat{\Lambda}\hat{B}s) \quad (1)$$

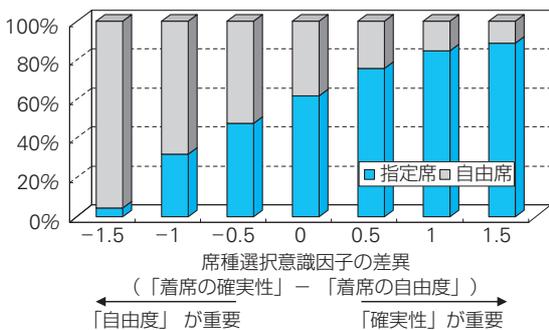


■図-9 MIMICモデルのパスダイアグラム

モデルの適合度やパラメータの統計的有意性等による試行錯誤の結果、最終的に特定したMIMICモデルのパラメータを図10に、式(1)により算出された席種選択意識因子の期待値とシェアとの関係を図11に示す。ここで「席種選択意識因子の差異」とは、「着席の確実性」因子の期待値から「着席の自由度」因子の期待値を差し引いた差分である。すなわち、符号が正であれば「着席の確実性」が重要視されている状態、符号が負であれば「着席の自由度」が重要視されている状態と解釈することができるが、正に大きくなるほど指定席のシェアが、逆の場合には自由席のシェアが増加している様子が示されている。抽出された意識因子は、指定席と自由席の選択行動に影響を与えており、意識因子により選択行動を表現可能であることを示唆する結果であると言える。



■図10 MIMICモデルのパラメータ推定結果



■図11 席種選択意識因子とシェアの関係

MIMICモデルの構造方程式(左側部分)のパラメータからは、席種選択意識因子を高める、あるいは低下させる要因を読み取ることができる。例えば、乗車時間が長い程「着席の確実性」が相対的に高まるパラメータとなって

いる。また、乳児(0歳児)を同伴している場合は「着席の確実性」が高まる一方で、幼児(1歳~6歳)を同伴している場合は「着席の自由度」が高まる傾向にあることがわかる。このように構築したMIMICモデルは、乗車時間や同行者種別、旅行目的等の旅客のトリップ属性によって意識因子の期待値を推定するモデルとなっており、例えば、乗車時間の長短(乗車区間)によって、意識因子の推定値は変化することとなる。一方で、比較的座席供給量に余裕のある時期に新幹線を利用したサンプルデータにより構築されたモデルであることから、列車の空席状況や自由席の混雑率等、列車の利用人数が意識因子へ与える影響は考慮できていない。実際には、列車の空席状況等が意識因子に影響を与え得ると考えられることから、旅客のトリップ属性だけではなく、列車全体の空席状況や混雑率等の旅客の周辺状況の影響も考慮できるモデルの開発が重要な課題であると考えられる。

4—席種選択行動モデルの構築¹⁷⁾

3.2での分析により、席種選択意識因子が選択行動に影響を与えていることが判明した。そこで、MIMICモデルにより算定される意識因子を非集計ロジットモデルの効用関数に取り入れる¹⁸⁾ことにより、席種選択行動のモデル化を試みる。モデルの適合度やパラメータの統計的有意性、パラメータの解釈の妥当性等をもとに、様々なパターンでモデルキャリブレーションを試行錯誤し、最終的に採択した席種選択行動モデルのパラメータ推定結果を表3に示す。モデル1は「乗車時間」と「交通費用」のみを説明変数として推定した基本的なモデルであり、尤度比は一般的な基準である0.2を超えている。乗車時間については、指定席の選択肢固有変数として統計的に有意な正のパラメータが推定されており、乗車時間が長い程、指定席の選択確率が高まるパラメータとなっている。しかしながら交通費用のパラメータは統計的に有意ではない結果となった。これは、座席指定料金は基本的に510円に固定されており、交通費用データのばらつきが小さいためと考えられる。

一方、モデル2においては「乗車時間」と「交通費用」に

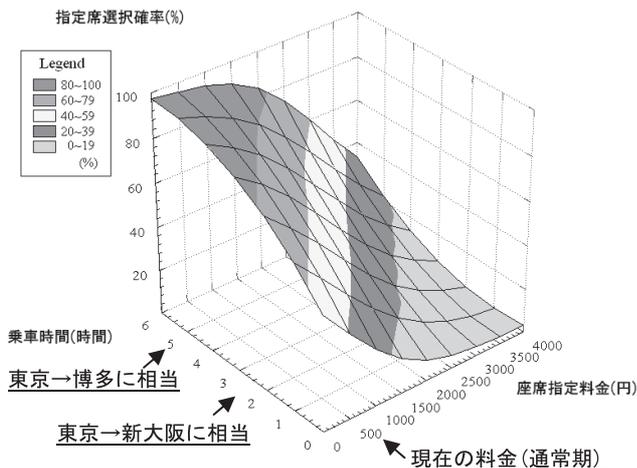
■表3 席種選択行動モデルのパラメータ推定結果

説明変数		モデル1	モデル2
選択肢共通変数	交通費用(万円) α_1	-2.89(-1.46)	-10.9(-4.23)
選択肢固有変数	乗車時間(時間) α_2	0.727(7.98)	0.438(4.22)
	着席の確実性 α_3	***	1.04(11.9)
	着席の自由度 α_4	***	0.894(10.3)
尤度比(自由度調整済)的中率(%)		0.220	0.342
サンプル数		1,176	1,176

() : t値

加えて「着席の確実性」因子を指定席の選択肢固有変数に、「着席の自由度」因子を自由席の選択肢固有変数に取り入れている。両因子のパラメータともに統計的有意性は高く、正のパラメータであることから、因子が大きければ、該当する選択肢(指定席,自由席)の選択確率が高まるパラメータとなっている。また、意識因子を取り入れることにより、尤度比がモデル1に比べて改善されている。更には、意識因子の導入により、旅客の席種選択に対する嗜好の異質性が考慮されることから、交通費用のパラメータも統計的に有意な変数として推定されている。このように、席種選択意識因子で表現される旅客の異質性を選択モデルに取り入れることにより、席種選択行動を精度よく再現できることが示されている。

ここで、推定された席種選択モデル(図一10,表一3:モデル2)により感度分析を行なった結果を図一12に示す。感度分析では、乗車時間を0~6時間の間で、座席指定料金を0円~4,000円の間で変動させる。また、これら2変数以外の変数については、モデル構築に適用した1,176サンプルの標本平均値を設定し、MIMICモデルの構造方程式のみを用いて意識因子の期待値を推定する¹⁸⁾。現在の座席指定料金(通常期)相当である500円のケースでは、指定席選択確率は乗車時間2:30(東京→新大阪に相当)のケースで74%、乗車時間5:00(東京→博多に相当)のケースで93%と推定された。仮に座席指定料金を現在の約4倍の2,000円と設定すれば、乗車時間5:00では指定席選択確率は71%となり22%減に留まるが、2:30では指定席選択確率は36%と38%の減少となり、自由席を選択する旅客が過半を占めることとなる。このように、座席指定料金の感度は、乗車時間に応じて変化することから、OD毎に座席指定料金をフレキシブルに制御することにより、指定席選択確率をコントロールすることが可能であると考えられる。



■図一12 感度分析結果(モデル2)

5.1 資源配分問題としての定式化

本施策は予め容量が決定されている座席の配分問題であり、有限の資源を適切に配分する資源配分問題と考えられる。ここで、①座席指定料金の制御により需要をコントロールできる可能性がある。②予測された席種別の潜在需要に対する座席供給量の制御や、ある割合で予約リクエストを謝絶する指定席販売戦略の採用等により、ロードファクタが向上する可能性がある。よって目的関数をロードファクタ、制御変数を座席指定料金、席種別座席供給量、指定席販売戦略とする数理最適化問題を定式化する。なお定式化にあたっては、対象の席種を指定席と自由席の2種類とする。

まず、構築した非集計ロジット型の席種選択モデル(図一10,表一3:モデル2)により、旅客があるOD i においてある席種 j (1:指定席,2:自由席)を選択する確率 P_{ij} を推定する(式(2)~(5))。ここで、席種選択モデルにおいて、乗車時間は指定席の選択肢固有変数であるため、 $time_i$ は指定席の効用関数(式(2))にのみ含まれている。また、式(2)~式(5)に該当する席種選択モデルによる選択確率の推定においては、現状では旅行目的別のOD需要等の観測・推計が困難であることから、乗車時間と交通費用の2変数以外の変数については、モデル構築に適用した1,176サンプルの標本平均値を設定し、MIMICモデルの構造方程式(左側部分)のみを用いて意識因子の期待値を推定する¹⁸⁾。従って $lat1_i$, $lat2_i$ は、MIMICモデルにより乗車時間に応じてOD毎に推計され、OD毎に一定値をとることとなる。

次に、ある列車におけるODの総需要量(指定席需要と自由席需要を合わせた需要量)が観測あるいは推計されているとして、これを固定値の OD_i とし、 P_{ij} を乗じて、席種別の潜在需要量 OD_{ij} を推計する(式(6))。

$$U_{i1} = \alpha_1 \times cost_{i1} + \alpha_2 \times time_i + \alpha_3 \times lat1_i \quad (2)$$

$$U_{i2} = \alpha_1 \times cost_{i2} + \alpha_4 \times lat2_i \quad (3)$$

$$P_{i1} = \frac{\exp(U_{i1})}{\exp(U_{i1}) + \exp(U_{i2})} = \frac{1}{1 + \exp(U_{i2} - U_{i1})} \quad (4)$$

$$= 1 / (1 + \exp(-\alpha_1 \times \Delta cost_i + etc.))$$

$$P_{i2} = 1 - P_{i1} \quad (5)$$

$$OD_{ij} = P_{ij} \times OD_i \quad (6)$$

where

$cost_{ij}$:あるOD i における席種 j 利用時の交通費用

$time_i$:あるOD i における乗車時間

lat_{1i}:あるOD_iにおける「着席の確実性」の推計値
 lat_{2i}:あるOD_iにおける「着席の自由度」の推計値
 $\Delta cost_i = cost_{i1} - cost_{i2}$:あるOD_iにおける座席指定料金
 $etc_i = -\alpha_2 \times time_i - \alpha_3 \times lat_{1i} + \alpha_4 \times lat_{2i}$

ここで、あるOD_iに対する席種_jの座席販売量をSOD_{ij}とすると、指定席については指定席販売係数β_iをOD_{i1}に乘じ、あるOD_iに対する指定席販売量SOD_{i1}とする(式(7))。この指定席販売係数β_iとは、前述の指定席販売戦略に関する係数である。具体的には、あるOD_iの潜在需要に対する販売座席数の割合を表わす0~1の実数値であり、①β_i=1の場合は全ての予約リクエストに対して座席の販売を行なう現行のFCFSルールに相当する販売形態、②β_i<1の場合は予約リクエストのうち、(1-β_i)×100(%)のリクエストを謝絶する戦略を採用する販売形態、ということの意味する。この②によって指定席の未利用座席を生じさせないように、様々なODが混在する潜在需要に対して指定席を販売できる可能性がある³⁾。自由席については、旅客が指定席への予約リクエストを謝絶された時には、自由席が満席の場合における立席利用を許容した上で同一列車の自由席を利用すると仮定しているの、自由席販売量SOD_{i2}は、当該ODの総需要量OD_iとSOD_{i1}の差分となる(式(8))。またSOD_{ij}を駅間断面_kにおける席種_jの販売量であるSDSEC_{kj}に変換する(式(9))。

$$SOD_{i1} = \beta_i \times OD_{i1} \quad (7)$$

$$SOD_{i2} = OD_{i1} - SOD_{i1} \quad (8)$$

$$SDSEC_{kj} = \sum_i \delta_{ik} \times SOD_{ij} \quad (9)$$

where

δ_{ik} :OD_iの利用旅客が駅間断面_kを通過する場合=1, それ以外=0

座席供給量については、ある駅間断面_kにおける指定席座席供給量をSUP_k、列車の全座席数(列車定員)を一定値のCAPとする。ここで目的関数の設定については、指定席・自由席を合わせた着席旅客数を最大化する問題や、自由席において着席できない旅客数を最小化する問題等も考えられる。一方、FCFSルールの下で座席指定料金を支払って指定席を確保する現状の座席指定制度においては、①指定席の潜在需要への座席の割り付けが適切でない場合、未利用席が発生し指定席のロードファクタが低下している。②指定席に対する予約リクエストが謝絶されることにより旅客の不効用が発生している。③事業者の収益管理の観点からは、予約の謝絶により事業者が本来得られるべき収益を損なっている。以上のように指

定席の設定だけに着目しても多くの問題があることから、研究の最初の目標として、指定席ロードファクタの最大化を目指す。ここで、自由席は少なくとも1席は供給すると想定し、容量制約条件SUP_k≤CAP-1のもとで平均指定席ロードファクタmrLFを最大化させる最適化問題を定式化する(式(10))。

$$\begin{aligned} \max_{\beta_i, \Delta cost_i, SUP_k} \quad mrLF &= \sum_k rLF_k / k = \sum_k (SDSEC_{k1} / SUP_k) / k \\ &= \frac{\sum_k \left(\sum_i \left(\frac{\delta_{ik} \times \beta_i \times OD_i}{1 + \exp(-\alpha_1 \times \Delta cost_i + etc_i)} \right) \right) / SUP_k}{k} \\ s.t. \quad SUP_k &\leq CAP - 1, \quad SDSEC_{k1} \leq SUP_k \\ 0 &\leq \beta_i \leq 1, \quad \Delta cost_i \geq 0 \end{aligned} \quad (10)$$

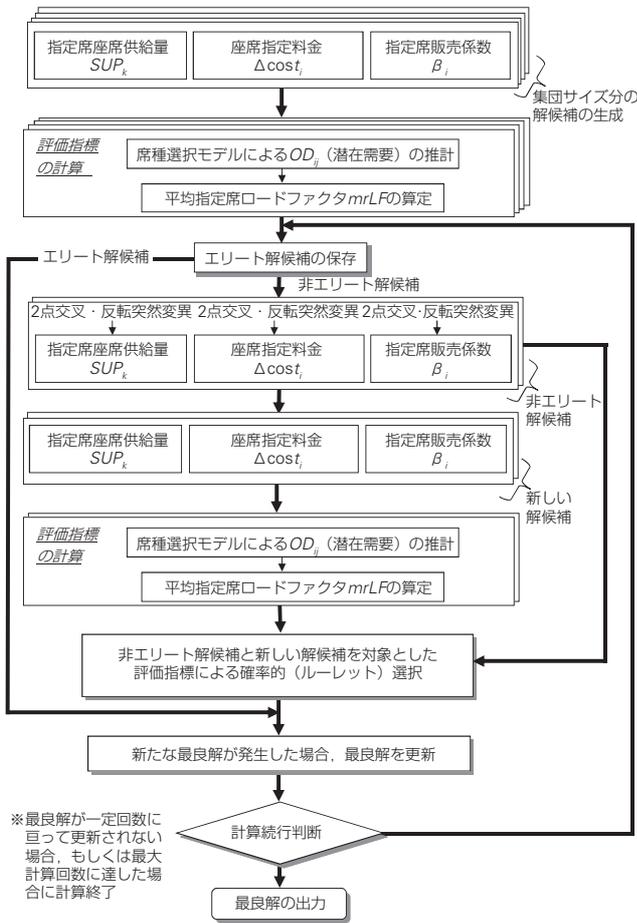
この最適化問題における制御変数は、指定席販売係数β_i、座席指定料金Δcost_i、指定席座席供給量SUP_kである。

5.2 GAによる席種設定シミュレーションシステム

5.1で定式化した問題は、座席指定料金の制御によって席種別の潜在需要OD_{ij}が変動する複雑な最適化問題であるため、解析的に解くことは非常に困難であると考えられることや、編成車両数を制御変数に加えた場合の最適化問題に拡張する等の今後のシステム改良を考慮し、最適化問題の解法として汎用性が高い遺伝的アルゴリズム(GA)による席種設定シミュレーションシステムを開発し、実用解の探索を行なう。

席種設定シミュレーションシステムにおける処理フローを図-13に示す。シミュレーションでは、まず、集団サイズ分の解候補を生成する。それぞれの解候補は上述の制御変数に関する独立した染色体を有する構造となっており、解の多様性を確保するために、各染色体の遺伝子は2進法によるバイナリコードによって表現している。ここで制御変数β_iについては、①予測された指定席の潜在需要量が指定席供給量SUP_k以下である場合には、β_i=1として指定席の全潜在需要(全予約リクエスト)に対して座席を販売しても、SUP_kを制御することによりmrLFを最大化できる。②予測された指定席の潜在需要が指定席供給量SUP_kより多い場合は、β_i<1として指定席の未利用座席が生じないよう潜在需要に対する指定席販売量を制御することによりmrLFを最大化できる。これらの想定に基づき本シミュレーションでは、①指定席販売係数が全てβ_i=1.0と設定された解候補、②0.5≤β_i≤1.0でランダムに設定された解候補、以上の2種類の解候補を作成する。

次に、各解候補について、席種選択モデルにより席種別の潜在需要OD_{ij}を推計し、評価指標である平均指定席ロードファクタmrLFを算定する。ここで、探索能力の向上のために評価指標が良好である解候補をエリート解候補



■図13 シミュレーションシステムの処理フロー

として保存する一方、その他の非エリート解候補に対しては、各制御変数の染色体に対して個別に遺伝的操作(乱数を用いた2点交叉・反転突然変異)を行ない、各制御変数を制約条件や制御範囲の設定を満たす範囲内でランダムに変化させる。これらの新たな解候補に対して $mrLF$ を算定し、非エリート解候補と新たな解候補を対象として、評価指標 $mrLF$ による確率的選択(ルーレット選択)を行なって、解候補を選択・淘汰する。ここで選択された解候補とエリート解候補を比較し、新たな最良解が生じた場合には最良解の更新を行なう。本システムでは、一定回数に亘って最良解が更新されない場合、もしくは、指定した最大計算回数に達した場合に、繰り返し計算を終了し、その時点での最良解を実用解として出力する。

6——フレキシブルな席種設定の効果分析

6.1 分析対象

今後、開通が想定される整備新幹線区間では、東海道新幹線等の大動脈路線よりも輸送密度が比較的に小さいと想定されており、その需要量に見合うように2~4両編成といった短編成の新幹線が運行される可能性がある。また、地方都市間を結ぶ比較的に輸送密度が低い在来

線の特急列車においては、編成自体が短いことから、既に車両1両の中に指定席と自由席とを混在させている事例が見られる。そこで本研究では、ある新幹線線区において仮想的にN700系4両編成相当(定員:300人)の短い編成の新幹線を運行した場合をシミュレートする。

シミュレーション分析に用いる需要データは、文献19)における4駅間(A駅→D駅)を結ぶ新幹線の14列車のODデータである。ただし、当該データは指定席需要ODデータであり、自由席需要を含むデータではない。そのため、指定席需要ODを席種選択モデルによりOD毎に推定される指定席選択確率で除することにより、指定席と自由席を合わせた総需要量ODを逆推計し、これをシミュレーションの入力値とする。なお、文献19)において新幹線路線名、駅名等が明示されていないことから、おおよその駅間距離に概ね対応するように、所要時間、運賃・料金を設定する。

6.2 固定的席種設定ケース(Fix)

フレキシブルな席種設定の効果を検証するためには、現在のFCFSルールと固定的な席種設定下における座席販売状況と比較する必要がある。そこで、固定的席種設定ケースとして指定席と自由席がともに2両ずつ(各定員:150人)であり、座席指定料金が現行の通常期の料金である¥510に固定された状況を仮定する。

なお、分析対象が実在する列車であれば、販売実績データにより指定席販売量や予約謝絶量等の座席販売状況を把握することは可能ではあるが、本研究では、仮想的な短い編成の新幹線の運行を分析対象としているため、現在のFCFSルールと固定的な席種設定を分析対象へ適用した場合の座席の販売状況をシミュレートする必要がある。そこで本研究では、席種選択モデルにより列車毎に推計される指定席の潜在的な需要ODを基に指定席旅客を1人ずつランダムに発生させ、当該旅客の乗車区間に対して指定席を順次割り当てることで、FCFSルールによる座席販売状況をシミュレートする。指定席の販売が進捗するにつれ、乗車区間において指定席に空席がないため購入できないケースが発生するが、これを予約謝絶と見做し、当該旅客は混雑による立席可能性を許容した上で、同一列車の自由席を利用すると仮定する。

6.3 フレキシブルな席種設定ケース(Flexible)

座席指定料金については、現状の優等列車では¥310(閑散期)、¥510(通常期)、¥710(繁忙期)の3種が設定されていることから、鉄道旅客に許容される座席指定料金の上限が¥710と考えられ、¥710以上の額に設定すると、対抗交通機関への旅客流出などの可能性がある。このことを考慮し、座席指定料金は¥310~¥710の幅で、¥10単位で

制御している。ただし、需要量が少なく固定的席種設定ケースにおいて予約謝絶数が0と算定された第11列車、第14列車においては、収益性確保の観点から¥510～¥710の幅で制御している。なお、固定的席種設定ケースと同様に、指定席を希望しているにも関わらず、満席のために予約リクエストを謝絶された旅客は、混雑による立席可能性を許容した上で、同一列車の自由席を利用すると仮定する。

ここで、分析対象データに対して試行錯誤を行ない最終的に採用したGAパラメータを表一4に示す。検討段階において局所解に陥り易い傾向が見受けられたことから、その対策として、突然変異率を高く設定する結果となったが、解探索の効率性の観点からは必ずしも望ましくない。本ケーススタディにおける1列車平均の計算時間は71.07分(windows XP, CPU:1.73GHz, メモリ:1GB)であり、より効率的な探索アルゴリズムの検討等の改良を進める必要があると考える。

■表一4 分析対象列車に対するGAパラメータの設定

項目	パラメータ
集団サイズ(解候補数)	500
交叉確率	0.5
突然変異確率	0.5
指定席販売係数が全て1.0である確率	0.8
エリート保存数	上位第2位まで
最大計算回数	100,000回
最良解の未更新による打ち切り計算回数	3,000回

6.4 シミュレーション分析結果

分析対象の14列車について、シミュレーションにより算出されたフレキシブルな席種設定効果の試算結果を表一5に、席種設定結果の一覧を表一6に示す。また、席種設定のイメージを図一14、図一15に例示する。

ここで列車全体の平均ロードファクタ mLF とは、各駅間断面 k で算定される自由席ロードファクタ $nrLF_k$ と指定席

■表一6 フレキシブルな席種設定の算出結果

列車番号	指定席座席供給量 SUP_k (席)			座席指定料金 $\Delta cost_t$ (円)					
	A駅→	B駅→	C駅→	A駅→	A駅→	A駅→	B駅→	B駅→	C駅→
	B駅	C駅	D駅	B駅	C駅	D駅	C駅	D駅	D駅
1	169	244	262	490	520	310	450	310	310
2	223	227	133	470	630	500	620	410	340
3	244	253	249	310	570	380	510	610	310
4	244	245	199	410	410	380	650	310	310
5	263	245	164	360	340	360	600	360	310
6	276	275	206	450	550	310	700	310	310
7	262	253	225	320	320	310	430	460	310
8	170	188	181	390	510	340	380	510	310
9	132	181	174	530	430	530	620	310	310
10	130	156	139	610	440	560	470	410	430
11	114	139	116	650	540	620	510	510	610
12	197	189	136	490	360	410	460	510	310
13	208	137	105	480	400	420	590	320	410
14	132	113	94	630	640	580	550	510	660

※指定席販売係数 β_i の算定結果は全列車・全ODペアで1

ロードファクタ $nrLF_k$ との単純平均と定義した指標である(式(11), 式(12))。これは各駅間断面において指定席、自由席ともに販売数と座席供給量が一致していれば100%となり、列車全体の席種別の座席販売数と座席供給量とのバランスを示す指標であると解釈できる。

$$nrLF_k = SDSEC_{k2} / (CAP - SUP_k) \quad (11)$$

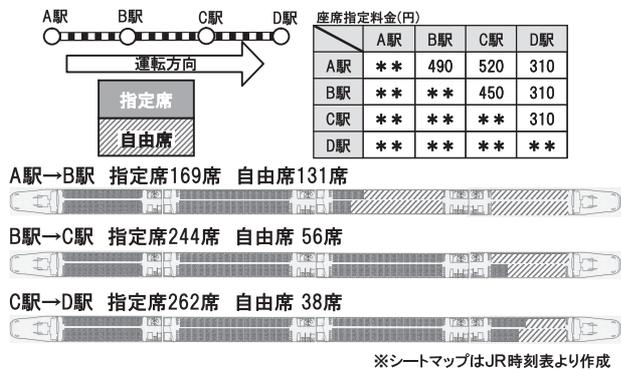
$$mLF = \left(\sum_k nrLF_k + \sum_k nrLF_k \right) / (k \times 2) \quad (12)$$

平均指定席ロードファクタ $nrLF$ については、解候補の選択・淘汰により、最終的には駅間の指定席需要に適切に対応する解候補が選択された結果、分析対象の全14列車で固定的席種設定ケースに比べて向上しており、ほぼ100%となっている。指定席のロードファクタの向上に対しては、フレキシブルな席種設定は効果的な施策であると言える。これに加え、旅客にとっての不効用が大きいとさ

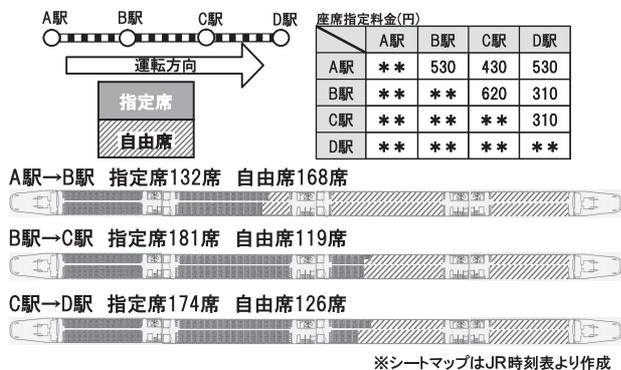
■表一5 フレキシブルな席種設定の効果

列車番号	需要量(人)	平均指定席ロードファクタ $nrLF$			予約謝絶数(人)			運輸収入(万円)			列車全体の平均ロードファクタ mLF		
		Flexible①	Fix②	①-②	Flexible①	Fix②	①-②	Flexible①	Fix②	①-②	Flexible①	Fix②	①-②
1	503	99.7%	92.9%	6.9%	0	108	-108	520.75	519.80	0.94	131.2%	104.4%	26.8%
2	548	100.0%	85.6%	14.4%	0	105	-105	489.27	483.92	5.34	118.3%	102.1%	16.2%
3	431	100.0%	99.8%	0.2%	0	110	-110	511.32	508.06	3.25	133.7%	111.4%	22.3%
4	461	100.0%	95.6%	4.4%	0	101	-101	491.24	489.38	1.87	121.2%	106.0%	15.2%
5	450	100.0%	89.6%	10.4%	0	106	-106	469.60	468.02	1.58	137.3%	103.7%	33.7%
6	498	100.0%	92.4%	7.6%	0	135	-135	532.64	529.24	3.40	220.7%	116.8%	103.9%
7	427	100.0%	97.6%	2.4%	0	106	-106	490.85	490.08	0.77	134.0%	108.7%	25.3%
8	333	99.8%	94.9%	4.9%	0	36	-36	382.19	382.69	-0.51	77.4%	81.8%	-4.3%
9	283	100.0%	90.0%	10.0%	0	30	-30	345.35	344.69	0.66	72.8%	74.2%	-1.4%
10	306	99.7%	92.0%	7.7%	0	4	-4	328.87	328.83	0.04	70.2%	68.6%	1.7%
11	290	99.8%	83.8%	16.0%	0	0	0	297.71	296.69	1.01	67.6%	61.7%	5.9%
12	390	99.1%	92.2%	6.9%	0	44	-44	389.50	388.85	0.65	82.9%	83.0%	-0.1%
13	372	100.0%	74.9%	25.1%	0	53	-53	340.41	339.13	1.28	80.7%	73.2%	7.5%
14	258	100.0%	77.1%	22.9%	0	0	0	262.70	261.67	1.03	65.4%	56.2%	9.2%

注：Flexible：フレキシブルな席種設定ケース Fix：固定的席種設定ケース 需要量：指定席と自由席を合わせた総需要量



■図—14 第1列車における設定結果のシートマップ



■図—15 第9列車における設定結果のシートマップ

れる予約謝絶³⁾についても、各列車で0となっており、予約謝絶による旅客不効用の発生が回避される効果があることが見て取れる。更には、鉄道事業者にとって重要な指標である運輸収入(収益)も、乗車効率の改善により14本中、13本の列車で運輸収入が増加する結果となった。運輸収入増加額は分析対象の14列車のみで、1日ベースで約21万円、年間ベースでは約7,783万円となり無視し得ない増加額であると考えられる。一方、列車全体の平均ロードファクタ mLF については必ずしも100%に近づいてはいない結果となった。分析対象として仮定した4両編成の新幹線が、必ずしも総需要量に対して適切な車両数ではない可能性があり、編成車両数も制御変数に含めた最適化問題への拡張を検討する必要があると考える。

なお、分析対象の全14列車の β_i は全てのODペアで1となった。これは、分析対象列車において予測された指定席の潜在需要が指定席供給量以下であったことを示している。そこで、指定席の潜在需要が指定席供給量を上回ることが想定される場合のテストケースとして、最も需要量が多い第2列車の2倍のOD交通量を入力値としてシミュレ

■表—7 需要量が多い場合のシミュレーション結果

設定	指定席座席供給量 SUP_k (席)			上段：指定席販売係数 β_i 下段：座席指定料金 $\Delta cost_i$ (円)								
	A駅→B駅	B駅→C駅	C駅→D駅	A駅→B駅	A駅→C駅	A駅→D駅	B駅→C駅	B駅→D駅	C駅→D駅			
	262	283	160	0.6556	0.5871	0.5607	0.8571	0.6438	0.7309			
				620	650	440	670	610	310			
効果	平均指定席ロードファクタ mLF			予約謝絶数 (人)			運輸収入 (万円)			列車全体の平均ロードファクタ mLF		
	①	②	①-②	①	②	①-②	①	②	①-②	①	②	①-②
	100.0%	88.9%	11.1%	225	427	-202	968.95	956.78	12.17	718.8%	204.2%	514.5%

※第2列車の需要量が2倍のケース【需要量：1,096 (人)】 ①：Flexible ②：Fix

シオンを実行した場合の計算結果を表—7に示す。指定席の潜在需要量が指定席供給量よりも多い場合に、シミュレーションシステム上で、①指定席販売係数 β_i が有効に機能していること、②最適化問題の容量制約 $SUP_k \leq CAP-1$ が正常に機能していること、以上の2点が確認できる。

このように、検討課題を残してはいるものの、本研究で提案するフレキシブルな席種設定施策は、①指定席ロードファクタの向上による既存インフラの高効率利用、②利用者の利便性の向上、③鉄道事業者の収益性の確保、これらの3つの観点において効果的な施策である可能性があると思われ。

7—おわりに

7.1 本研究の成果

本研究は、我が国の都市間幹線旅客鉄道で運行される優等列車を対象として、現状では固定的に設定されている指定席・自由席の席種設定を需要の構造に応じてフレキシブルに変化させる席種設定施策を提案し、本施策の効果の計測を試みたものである。本研究の成果は以下に要約できる。

- (1) 新幹線旅客を対象とした利用実態調査で得られた席種に関する選択行動データの分析により、乗車時間に加えて「着席の保障」や「着席位置の変更」といった要因に対する主観的重視度が席種選択行動に影響を与えていることが判明した。この特性を踏まえ、席種選択行動の背後に潜む意識因子である「着席の確実性」「着席の自由度」の2因子をMIMICモデルで抽出し、非集計行動モデルの効用関数に意識因子の期待値を導入することにより、高い精度で指定席・自由席の選択行動を表現することができる行動モデルが構築できることを示した。
- (2) フレキシブルな席種設定を実施した際の施策効果を検証するために、構築した席種選択行動モデルを指定席・自由席需要を予測する需要予測モデルとして適用した席種設定シミュレーションシステムを開発した。ケーススタディとして、ある線区を運行する新幹線14列車を対象に、仮想的にN700系4両編成相当(定員:300

人)の短い編成の新幹線を運行した場合をシミュレートした結果, 本研究で提案するフレキシブルな席種設定施策は, ①指定席ロードファクタの向上による既存インフラの高効率利用, ②利用者の利便性の向上, ③鉄道事業者の収益性の確保, これらの3つの観点において効果的な施策である可能性が定量的に明らかとなった。

以上より, 現行の席種設定システムを見直し, より柔軟なサービス供給を行なう本施策は, 既存の幹線旅客鉄道インフラの高効率利用に資する可能性は高い。本研究は, 今後の幹線旅客鉄道におけるサービス供給施策の一つの方向性を示し得たと考える。

7.2 施策の実現に向けた課題と展望

最後に, 本施策を実現するための需要分析技術および運輸政策に関する検討課題と今後の展望を整理しておきたい。

(1) 現状では, 本研究で構築された席種選択行動モデルの地域移転性の検証, 線区特性の反映方法等, 需要予測モデルに関する検証が十分ではない。例えば, 幹線純流動調査の個票(トリップ)データにおいて利用席種や利用(調査)列車・航空機の情報等が付加されれば, このようなソフト施策に適用するための需要予測モデルの構築や, 全国を対象とした予測モデルの検証等が可能となり, 更なる研究の進展が期待できる。また, 本研究では文献19)で公表されている指定席需要データと席種選択確率の推定値より逆推計された総需要をシミュレーションの入力値としており, 予測精度の点で検証の余地が残る。新幹線等でも普及が進んでいる自動改札機で観測される需要データにより, 自由席需要をより正確に捕捉できれば, 需要予測モデルの精度の検証, 施策シミュレーションの精度向上等が期待できるため, より正確な需要実績データに基づくシミュレーションも重要な課題であると考えられる。

(2) 本研究の需要予測モデルでは, 同一列車における指定席・自由席の選択行動のみを対象とした。しかしながら, 特に年末年始, お盆, ゴールデンウィーク等の超繁忙期においては, 満席により指定席を希望しても予約が謝絶されるケースがある。この場合に列車選択行動(同一列車の自由席を選択するか?列車を変更して指定席を選択するか?), 更には, 交通機関選択行動(鉄道利用を諦めて他モードの利用に切り替えるか否か?)を考慮する必要がある。このような旅客の複雑な選択行動の観測方法と, 実用的なモデルの構築方法の検討が, シミュレーションの精度向上に向けた課題の一つであろう。

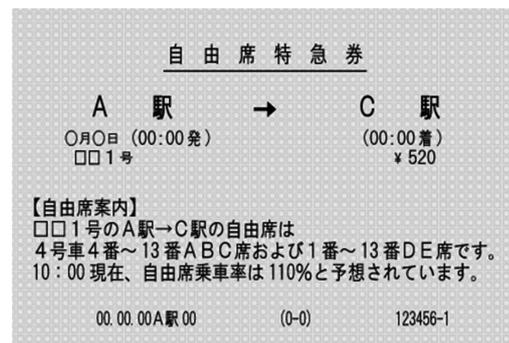
(3) 施策の実現に向けては, 座席設定情報や予想混雑



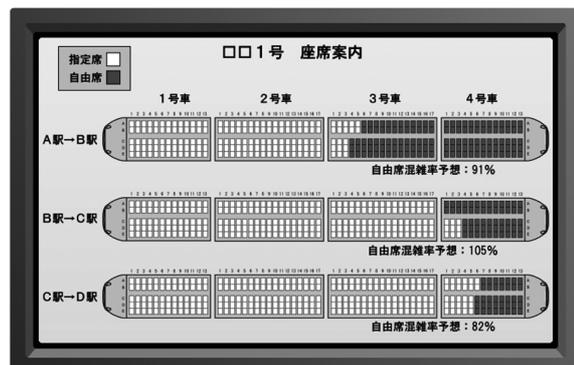
■図—16 車内の可動式電子表示機による座席設定情報の提供(イメージ)



■図—17 座席背面の小型電子表示機による座席設定情報の提供(イメージ)



■図—18 自由席特急券による座席設定情報と予想混雑率情報の提供(イメージ)



■図—19 シートマップ表示駅務機器による座席設定情報と予想混雑率情報の提供(イメージ)

率の旅客への提供方法(図—16～図—19)等について、どのような技術をどのように用いれば、より良い予約システムが実現できるかを検討する必要がある。その際には、本施策は長年続けられてきた鉄道の予約方式の変更を伴うことから、特定期間・特定線区における社会実験等による効果の検証や旅客への施策の周知を行なう必要があると考える。また、予想混雑率情報の提供が旅客の選択行動に与える影響を考慮する必要もあろう。例えば文献20)等の混雑率情報の提供による公共交通機関の利用平準化に関する先行研究等を参考に、予想混雑率情報の提供が旅客の選択行動に与える影響のモデル化に関する研究を行なう必要がある。

(4) 1999年に規制緩和を目指して改正された鉄道事業法²¹⁾第16条では、「鉄道事業者は国土交通大臣により認可された旅客の運賃・料金(旅客運賃等)の上限の範囲内で旅客運賃等を定めて、あらかじめ、その旨を国土交通大臣に届け出なければならない。これを変更しようとする場合も同様である。」と定められている。本研究で提案しているフレキシブルな席種設定施策は、日々刻々と変化する需要に対応して指定席特急料金を柔軟に変化させる必要がある。インフラの高効率利用を図る観点から、運賃・料金に関する法制度のあり方も検討する必要があると考える。

以上のように、本施策の実現には検討すべき課題が残されているが、長年の努力により蓄積されてきた幹線旅客鉄道インフラの高効率利用を目指し、本研究で提案するようなソフト施策の更なる充実を目指した調査・研究を今後も着実に推進すべきであろう。

謝辞: 匿名の査読者には、投稿時に本論文が抱えていた問題点を的確に御指摘いただいた。ここに記して深謝したい。

参考文献

- 1) 寺部慎太郎[2002], “航空・鉄道業界における収益管理”, 『運輸政策研究』, Vol. 4, No. 4, pp. 37~39.
- 2) 富井規雄・脇田康幸・後藤浩一・青木俊幸・佐々木君章・福村直登[2001], “座席予約を考える”, 富井規雄編, 『鉄道システムへのいざない』, 共立出版.

- 3) 南邦毅・寺部慎太郎・家田仁・水口昌彦[2003], “幹線鉄道における座席配分最適化の研究”, 『土木計画学研究・講演集』, Vol. 27, CD-ROM.
- 4) 鈴木浩明・黒部久名[1993], “旅客の特急列車における指定席・自由席選択行動の分析”, 『鉄道総研報告』, Vol. 7, No. 1, pp. 59~66.
- 5) McGill, J. and Van Ryzin, G.J.[1999], “Revenue Management: Research Overview and Prospects”, *Transportation Science*, Vol. 33, No. 2, pp. 233-256.
- 6) 杉田孝・竹林幹雄・黒田勝彦・吉田純土[2002], “旅客のチケット予約行動を考慮した最適座席数供給問題に関する研究”, 『土木計画学研究・講演集』, Vol. 26, CD-ROM.
- 7) 竹林幹雄・黒田勝彦・杉田孝・吉田純土[2003], “キャンセルおよびオーバーブッキングを考慮した最適座席数供給量決定問題に関する基礎的研究”, 『土木計画学研究・論文集』, Vol. 20, No. 3, pp. 613-618.
- 8) 竹林幹雄・黒沢直紀[2003], “エアラインのイールド・マネジメントに関する試論 出発前のイールド管理と出発後のイールド管理”, 『土木計画学研究・講演集』, Vol.27, CD-ROM.
- 9) 兵藤哲朗[2008], 『収益管理手法に基づく交通施策評価方法論の研究 平成18年度～平成19年度科学研究費(基盤研究(C))研究成果報告書』.
- 10) 小松義孝・兵藤哲朗・高橋洋二[2003], “コインパーキングにおける Revenue Management手法の適用に関する研究”, 『土木計画学研究・講演集』, Vol. 27, CD-ROM.
- 11) Ciancimino, A., Inzerillo, G., Lucidi, S. and Palagi, L.[1999], “A Mathematical Programming Approach for the Solution of the Railway Yield Management Problem”, *Transportation Science*, Vol. 33, No. 2, pp. 168-181.
- 12) Suh, S.D., Kang, K. and Yang, K.[2001], “Development and Application of Yield Management Strategies to Korean Railway”, *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, vol. 3, No. 1, pp. 91-105.
- 13) Terabe, S. and Ongprasert, S.[2006], “Seat Inventory Control for Intercity Passenger Rail: How It Works with Customer Satisfaction”, *Proceedings of European Transport Conference*, CD-ROM.
- 14) Bharill, R. and Rangaraj, N.[2008], “Revenue Management in Railway Operations: A Study of the Rajdhani Express, Indian Railways”, *Transportation Research, Part A* 42, pp. 1195-1207.
- 15) Terabe, S. and Ongprasert, S.[2007], “Effect of Discounted Fare and Seat Allocation: Modeling Passenger Behavior on Inter-City Rail”, *Proceedings of the 11th World Conference on Transport Research*, CD-ROM.
- 16) 国土交通省政策統括官[2007], 『平成18年度 全国幹線旅客純流動調査報告書』.
- 17) 柴田宗典・寺部慎太郎・内山久雄[2009], “幹線鉄道旅客における座席種別選択行動のモデル化に関する研究”, 『土木計画学研究・講演集』, Vol. 39, CD-ROM.
- 18) 森川高行・佐々木邦明[1993], “主観的要因を考慮した非集計離散型選択モデル”, 『土木学会論文集』, No. 470/IV-20, pp. 115-124.
- 19) Ongprasert, S.[2006], “Passenger Behavior on Revenue Management Systems of Inter-city Transportation”, Ph.D Dissertation, Kochi University of Technology, pp. 47-51.
- 20) 轟朝幸・松本修一・松田博和[2008], “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.
- 21) 電子政府利用支援センター[2009], “鉄道事業法”(オンライン), <http://law.e-gov.go.jp/cgi-bin/idxsearch.cgi>, 2009/07/16情報取得.

(原稿受付 2009年9月7日)

An Effectiveness of Flexible Seat Class Assignment on Intercity Express Trains

By Munenori SHIBATA, Shintaro TERABE and Hisao UCHIYAMA

Most of intercity express trains in Japan supply different seat classes, (1) reserved seat, where passengers are completely guaranteed to have seating, (2) non-reserved seat, where passengers can sit anywhere if it is available. The number of respective seat class is usually fixed. The study tries to develop the flexible seat class assignment simulation system through some case studies. The study finds that this flexible assignment is effective in these aspects, (1) improving the efficiency of the facility utilization, (2) increasing the utility of passengers by decreasing the number of rejection for reservation requests, (3) increasing revenue for railway companies.

Key Words: *Intercity Express Train, Service Supply Policy, Seat Class Assignment, Revenue Management*

この号の目次へ <http://www.jterc.or.jp/kenkyusyo/product/tpsr/bn/no48.html>