

# 優等列車の需要を精度良く予測する

柴田 宗典

輸送情報技術研究部(交通計画研究室 副主任研究員)



しばた むねのり

## なぜ需要予測が必要なのか？

我が国の都市間を結ぶ幹線旅客鉄道では、整備新幹線の建設に加え、山形新幹線・秋田新幹線のように異なる路線間の直通運転によりターミナル駅での乗換の手間を省くなど、サービスアップのための建設や改良プロジェクトが推進されてきました。もちろん、これらのプロジェクトを実施するには、ある程度まとまった資金が必要となるため、幹線旅客鉄道が民間会社により運営されている我が国においては、収入の増加が見込まれることなど、その投入される資金に見合う効果が得られるかどうか、プロジェクトの実施を判断する基準となります。その判断のためにはプロジェクトが実施されたことを想定して将来の幹線旅客鉄道における優等列車（新幹線や特急列車）の需要を予測しなくてはなりません。そこで、古くから優等列車の需要を予測する技術の開発が進められてきました。

一方1990年代以降、運輸部門の規制緩和により多様な割引切符の販売が比較的簡素な手続きで可能になったことなどから、交通事業者のサービス施策が多様化し、異なる交通機関同士の旅客獲得競争が激しくなりました。それに伴い、幹線旅客鉄道においても、例えば、優等列車の運賃・料金などのサービスレベルをどのように設定すれば、どの程度の需要の増加が見込まれるかといったような既存の優等列車におけるサービス計画の重要性が高まり、需要予測技術を応用してサービス計画を支援しようという研究が進められるようになりました。

更に最近では、景気対策などのために高速道路でETC利用車の休日上限1,000割引や無料化社会実験が行われたことは記憶に新しいところです（図1）。また、高速バスの路線が充実してきたことに加え、最近では旅行代理店などが貸切バスを借り上げて、あたかも通常の高速バスのように運行する格安のツアーバスも大いに普及しています。航空業界では、既存の大手航空会社よりもサービスが簡素だが運賃が低廉な格安航空会社（Low-Cost Carrier：LCC）

が我が国においても設立されようとしています。このような最近の情勢から、今後、優等列車と対抗交通機関とのサービス競争が更に激化することは避けられないと考えられます。したがって、優等列車の需要を精度良く予測していくためには、このような交通機関の競合状況の変化に適切に対応できる需要予測技術の開発が求められます。

そこで、優等列車を対象とした需要予測技術の発展の歴史を改めて紐解くとともに、異なる交通機関同士が競合している状況において、需要予測の精度を向上させるために筆者らが開発した手法をご紹介します。

## 四段階推計法

多くの優等列車の需要予測では、図2に示す「四段階推計法」が主流の予測手法となっています。この手法はもともと、1950年代のアメリカにおいて、自動車交通と公共交通を総合的に計画するための需要予測手法として開発されたものです。わが国でも優等列車に限らず、都市鉄道や空港などの需要予測においても多くの適用例があるため、古典的な手法ではあるものの、確実性や安定性の観点から最も実用的な手法と考えられています。



図1 高速道路無料化社会実験の様子

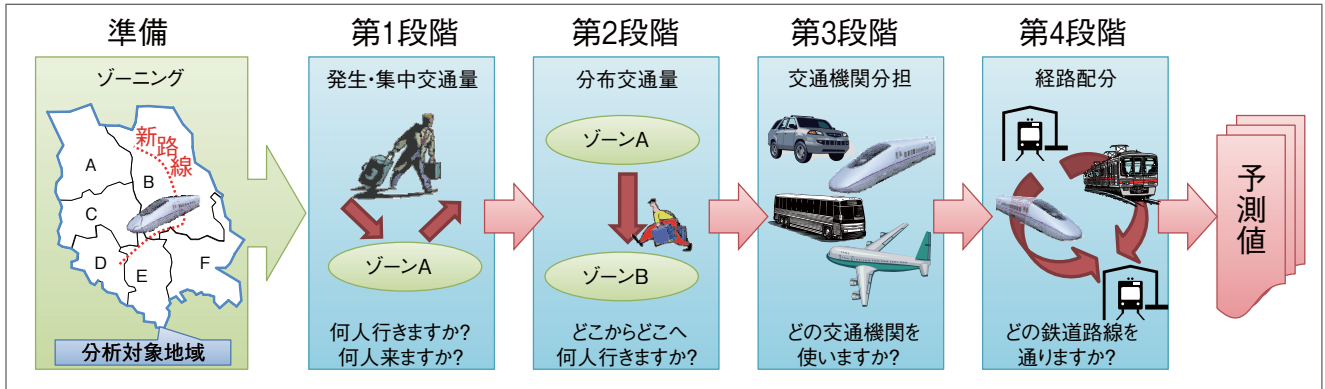


図2 四段階推計法

四段階推計法は、文字通り交通需要を四つの段階に分解して、順番に需要予測を行う方法です。四段階推計法では、まず準備段階として、予測対象地域を決定します。優等列車の場合、長距離の旅であっても列車を乗り継いで利用する旅客が存在するため、通常は日本全国を予測対象地域とします。予測対象地域を決定したら、次に、予測対象地域を複数のゾーンという単位に分ける「ゾーニング」と呼ばれる作業を行います。多くの優等列車の需要予測では、都道府県や都道府県を数個に分割したゾーンが用いられますが、特に詳しく需要を推計したい路線の沿線については、1つのゾーンに1つの優等列車停車駅しか含まれないように細かくゾーニングを行うこともあります。

以上の準備を経て、いよいよ需要予測の作業に入ります。まず、第1段階である「発生・集中交通量の予測」では、ゾーン毎にそのゾーンから出発する交通量とそのゾーンに到着する交通量を予測します。第2段階の「分布交通量の予測」では、各ゾーンで予測された発生・集中交通量に基づいてゾーン間の交通量を予測します。第3段階の「交通機関分担」では、ゾーン間の分布交通量を交通機関ごとに分配し、交通機関別の分布交通量を予測します。例えば、東京から大阪へ旅行する場合に利用される代表的な交通機関としては航空機、新幹線、高速バス、自動車の4交通機関が考えられます。このように、それぞれのゾーン間で利用可能である複数の交通機関を対象として、各交通機関の市場占有率である分担率を推定し、第2段階で予測された分布交通量にゾーン間の分担率を掛け合わせることで、交通機関ごとの分布交通量が予測されます。最後の第4段階は「経路配分」です。例えば、あるゾーン間に整備新幹線が開通した場合、新幹線を利用する経路と在来線を利用する経路が存在することになりますが、各経路のサービス状況などに応じてゾーン間の鉄道利用の交通量を各路線に配分します。以上のような手順を踏みながら、最終的に駅間を移動する旅客数などの予測値を算出します。

各段階では、過去から現在までに観測されている交通量

や分担率などの実績データがどのような要因と如何なる関係にあるのかを特定して数式をあてはめますが、これらを予測モデルと呼びます。例えば第1段階では、ゾーンの発生・集中交通量をゾーン内人口や域内総生産などの経済指標で説明する線形の回帰式などを予測モデルとして作成します。また第3段階では、古くは、各交通機関における実績分担率をおおのこの所要時間や運賃・料金などのサービスレベルデータなどで説明する予測モデルが用いられてきました。ただし、本来交通とは、旅客一人一人の動きであるのですが、このモデルは、その動きが集計された値（この場合は分担率）をベースとしているため、細かな需要の特徴をモデルに反映出来ない弱点を有していました。例えば、ビジネス目的の移動であれば運賃が多少割高であっても所要時間が短い交通機関が望ましいと考えるが、遊び目的の移動の場合は、多少、所要時間が長くても、運賃が安い交通機関を選びたいというように、旅行目的が異なれば、交通機関を選ぶ際の判断基準は異なるものと考えられますが、このような交通行動の特徴を考慮することはできませんでした。

#### 四段階推計法における予測モデルの改良

そこで1990年から「全国幹線旅客純流動調査」が国土交通省により5年に1度のペースで行なわれるようになりました。この調査では、優等列車、自動車、航空機、高速バス、船舶の旅客へのアンケート調査により、出発地、目的地、移動経路、旅行目的などの旅行に関する旅客個人単位のデータが取得されており、このデータをもとに「ある状況において新幹線を選ぶか航空機を選ぶか?」といった旅客一人一人の選択行動をモデル化する手法である、いわゆる「非集計モデル」と呼ばれる選択行動モデルが多用されるようになりました。このモデルは、ミクロ経済学でいう「効用(財やサービスを消費することにより得られる主観的な満足度)」の概念のもと「個人は複数の選択肢の中から効用が最大になるものを選ぶ」との合理的な考えに基づいて旅客一人一人の選択行動をモデル化するものです。これにより、旅

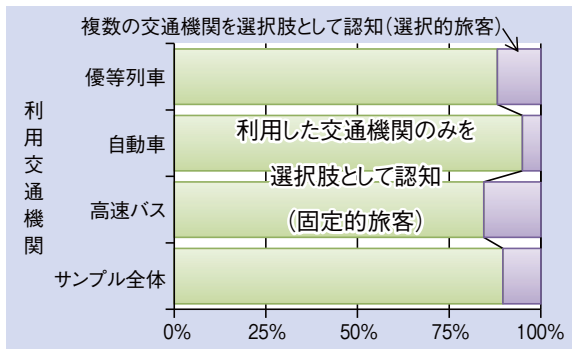


図3 選択肢の認知状況

行の出発地から幹線ターミナルまでのアクセス交通のサービスレベルが行動に与える影響や旅行目的による旅客の選択傾向の相違などを詳細に考慮することができます。このように、四段階推計法の中で使用される予測モデルとそのもととなる交通データの改善が進められ、1990年以前と比べ優等列車の需要予測の精度が向上したと考えられます。

ここで、幹線旅客交通の現在と将来の状況を考えてみましょう。一般に交通需要には、人口が増加したり経済活動が活発になればなる程に交通量は増加し、逆の場合は減少する関係性があることが知られています。我が国の人口は2005年を境に減少に転じ、日本経済が長年にわたって低成長で推移していることを考えると、交通量そのものの増加があまり期待できない時代となっています。つまり現在の幹線旅客交通は、複数の競合する交通機関同士がサービス競争によって限られた需要のパイを取り合っている状況であると言えるでしょう。また、将来的にもLCCの設立やツアーバスの更なる普及などによって交通機関の競合関係が変化し、交通機関の分担状況が更に変動する可能性があります。したがって、交通機関の分担状況を表現する3段階目の予測モデルである非集計モデルの改善が、今後も需要予測の精度を向上させるポイントとなります。

### 幹線旅客における交通機関選択行動の特徴

以上の背景から、幹線旅客の交通機関選択行動における意思決定状況を調査するアンケート調査を行いました。この調査では、調査対象者が実際に実施した旅行における出発地、目的地、利用した交通機関などの旅行経験に関する状況を問う設問に加え、旅客がどのような意思決定のプロセスを経て利用する交通機関を選んでいるのかを探るために、①実際に利用してはいるが選択肢としては認知していた交通機関の有無と種類（選択肢の認知）、②その交通機関を選択した理由として、「定時性（出発地から目的地までの所要時間が正確であること）」、「機動性（いろいろな場所をまわりやすいこと）」などの要因をどの程度重要視していたか？（機関選択意識要因）、③そもそも、どの

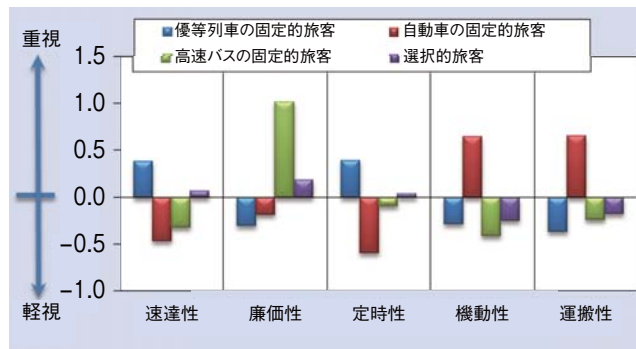


図4 「機関選択意識要因」と「選択肢の認知」の関係

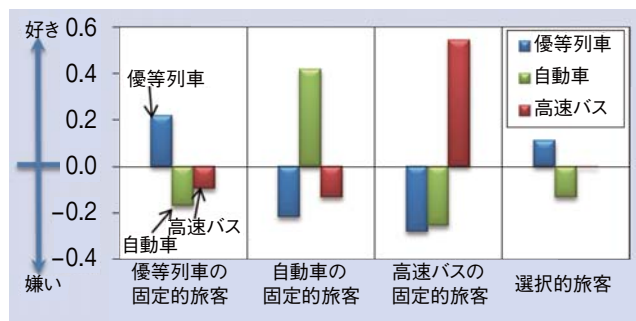


図5 「嗜好性」と「選択肢の認知」の関係

交通機関をどの程度「好き⇔嫌い」であるか（嗜好性）、といった旅客の意識を問う設問を設けました。また、優等列車、自動車、高速バスの競合が激しくなっている近年の状況を踏まえ、分析対象は幹線鉄道、自動車、高速バスの3交通機関における交通機関選択行動としています。

まず、旅客の選択肢の認知状況を集計した結果を図3に示します。自身が利用した交通機関だけを選択肢として認知し、他の交通機関を選択肢として認知していない旅客が大部分を占めており、多くの幹線旅客がある特定の交通機関の利用に固執している「固定的旅客」であることが分かります。優等列車側から見れば、対抗交通機関の固定的旅客は優等列車を利用することを「もともと」考えていないため、スピードアップや運賃の割引などにより優等列車のサービスを向上させたとしても、容易に獲得することができない旅客であると推測できます。また、非集計モデルの前提は「個人は複数の選択肢の中から効用が最大になるものを選ぶ」ことですが、固定的旅客が大半を占めるこの状況からは、幹線旅客の交通機関選択行動を非集計モデルのみで表現することに限界があると言わざるを得ません。

それでは、そのような固定的旅客はどのような要因で発生するのでしょうか？「機関選択意識要因」、「嗜好性」と「選択肢の認知」との関係を図4、図5に示しますが、優等列車の固定的旅客は「速達性」「定時性」などの要因を重視していたり、そもそも優等列車が好きであるといった明確な傾向が表われています。また選択的旅客は機関選択意識要

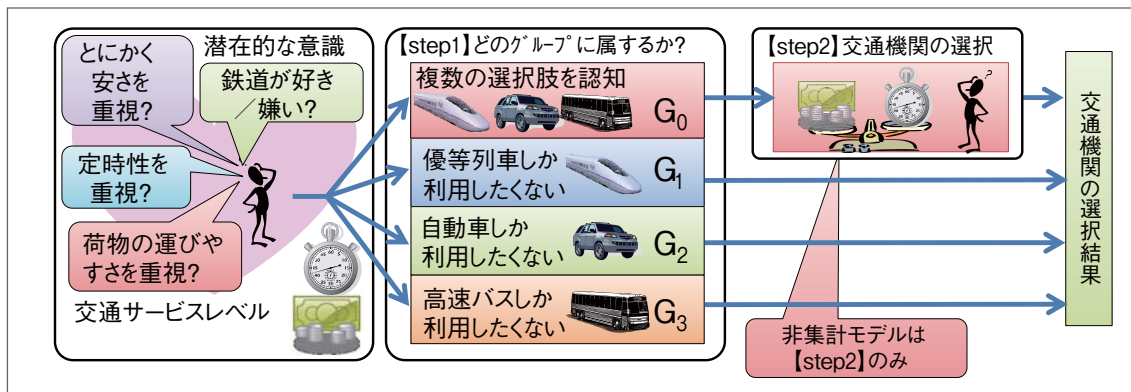


図6 PLCSモデルの考え方

因を重視も軽視もしていない、そして特定の交通機関が好きでも嫌いでもない「中立的旅客」であることも見て取れます。このことから「機関選択意識要因」や「嗜好性」の大小関係が固定的旅客を生み出す要因であると考えられます。

### 新しい選択行動モデルによる 分担率の推定精度の向上効果

このような旅客の意識の特徴を踏まえ、図6のように旅客の交通機関選択行動を二段階の意思決定プロセスとして捉えた新しい選択行動モデルであるPLCS (Parameterized Logit Captivity and Selectivity) モデルを開発しました。このモデルでは、まず【step1】で旅客は機関選択意識要因や嗜好性などの状況によって「ある特定の交通機関しか利用したくない」と考えるか、「複数の交通機関を選択肢として認知する」かの各グループ ( $G_0 \sim G_3$ ) に分かれ、後者である場合には、【step2】で「複数の交通機関の所要時間や運賃・料金を比較して合理的に交通機関を選択している」と考えて選択行動を表現しています。ちなみに、従来から適用されている非集計モデルは、全ての旅客の選択行動を【step2】のみで表現していることになります。

ここで、優等列車のサービスレベルが向上した代表的な事例として、近年開業した新幹線路線に関連した区間のうち、新幹線、高速バス、自動車の競合が生じる複数の代表的な区間を対象として、PLCSモデルと最も代表的な非集計モデルである非集計ロジットモデル<sup>1)</sup>により新幹線の分担率を推定してみました。これらの推定値と全国幹線旅客純流動調査で観測されている実績値とを比較することで、交通機関分担率の推定精度を検証することができます。検証結果の一例を図7に示しますが、非集計ロジットモデルよりもPLCSモデルの方が実績値に近い分担率を推定していることが分かります。今回、複数の区間において同様の検証を行なった結果、開発したPLCSモデルは移動距離が概ね100km～300kmの区間において推定精度が良好であることが分かりました。

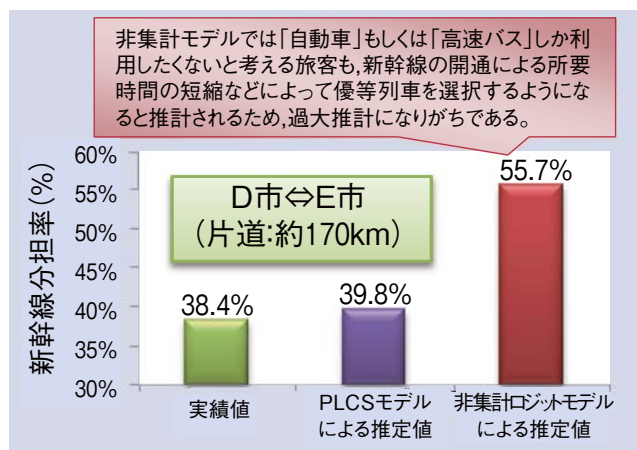


図7 PLCSモデルによる精度向上効果の検証例

### おわりに

以上に見てきたとおり、優等列車の需要を精度よく予測するためには、旅客の交通機関選択行動をより正確に捉えて、その行動の特徴を理解した上で、選択行動をモデル化することが重要です。また、優等列車が対抗交通機関に負けない旅客サービスを提供するためには、「なぜ、どのように、その交通機関が選択されているか？」を知り、サービス施策を計画することが必要となりますが、選択行動モデルはこのような命題に対しても重要な示唆を与えてくれます。このことも、鉄道事業側にとって見逃せない選択行動モデルの役割であると言えるでしょう。今後、交通機関同士の旅客獲得競争がより一層激しくなることが想定されますが、より良い旅客サービスの提供を通して優等列車の競争力を高められるよう、サービス計画などの検討を支援することができる選択行動モデルなどの開発と実用化に、引き続き努力していきたいと考えています。RRR

### 文献

- 1) 財団法人運輸政策研究機構：長期輸送需要予測に関する調査報告書，p.42，2001