

[特 集]

# 経路選択行動におけるサービス水準の知覚誤差

岩倉成志<sup>1</sup>・新倉淳史<sup>2</sup>・高平剛<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 工博 芝浦工業大学教授 工学部土木工学科 (〒108-8548 東京都港区芝浦3-9-14)

E-mail:iwakura@sic.shibaura-it.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 工修 (財)運輸政策研究機構 調査室 (〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-18-19)

<sup>3</sup>正会員 工修 東日本旅客鉄道株式会社 (〒151-0053 東京都渋谷区代々木2-2-2) .

本研究では経路選択行動におけるサービス水準の知覚誤差を分析する。離散選択モデルは分析者側が設定したサービス水準を用いることが通常だが、特定の経路に系統的な知覚誤差が発生する場合は、知覚誤差をランダム項で吸収できない。東海道線と横須賀線の利用者を対象に知覚誤差の分析を行った結果、所要時間や混雑率に大きな知覚誤差が発生すること、またその要因として過去のサービス悪化の記憶や個人の路線の評価、情報探索性向などが影響することを明らかにした。以上の観察結果をもとに、サービス水準の知覚誤差モデルを構築するとともに、選択肢集合の形成と選択行動を同時表現するPLCモデルで習慣強度を考慮した経路選択モデルを検討した。

**Key Words :** perception error, habitual behavior, route choice model, parametrized logit captivity

## 1. はじめに

わが国の計画実務における非集計モデルの利用は、1978年の東京都市圏パーソントリップ調査における試験的な検討に始まり、1985年の東京圏都市鉄道ネットワーク計画として策定された運輸政策審議会7号答申の需要予測で本格的に導入された<sup>1)</sup>。以来20年弱にわたって、特に交通機関選択モデル、経路選択モデルは予測モデルのスタンダードな技術として数多くの交通計画に利用されてきた。

しかし、ここ数年の間、社会資本整備に対する過大投資の原因に需要予測を主犯とする批判がみられる。現在、一般的に利用されている非集計モデルは、完全情報下での経済合理的な行動規範を前提としている。一方、予測に対する批判は交通施設の供用初期や供用後1年といった比較的短期の間になされることがしばしばである。新規供用によって変化した交通システムや交通ネットワークに対する利用者の認知や実際のサービス水準の認知には一定の期間が必要だろう。また、過去に大きなシステム変更が行われて、当時のサービス水準の記憶を引きずっている場合もあるだろう。利用者が現利用経路に満足している場合は、効用をより上昇させる代替経路がで

きたとしても、その代替経路に対する情報探索を行わないこともあり得る。

実際、都市鉄道や新交通システムを対象に、計画時点の需要予測結果と開業時から開業後3～8年の需要実績とを比較した結果、開業数年後に誤差が縮小した路線が15路線中の9路線にのぼるという報告がある<sup>2)</sup>。この結果は、新しい交通システムに対する利用者の認知の曖昧さが低減し、選択肢間のサービス水準が適正に比較できうる状況になれば、実際の行動が理論上の行動規範と接近することを裏付けていると考える。

ここで問題にしたいのは、交通システムに対する認知の曖昧さから生じるサービス水準の知覚誤差である。本稿で扱う知覚誤差とは、利用者が知覚したサービス水準と実際のサービス水準との差を指す。ランダム効用モデルの先駆とされているThurstonは誤差をともなう知覚された刺激水準 $V+\varepsilon$ によって代替案の選択確率を推定するを方法を示した<sup>3)</sup>。近年、McFaddenが示した意思決定プロセスの枠組み<sup>3)</sup>でも知覚された選択肢情報によって選択が行われるとされている。しかし実際のモデリングは、分析者がセットするサービス水準データによって効用関数が推定されることが通例である。

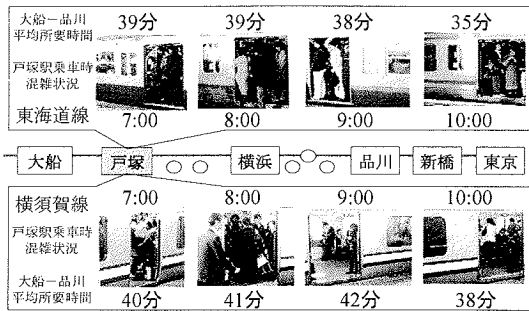


図-1 同一ODを持つ東海道線と横須賀線の現状

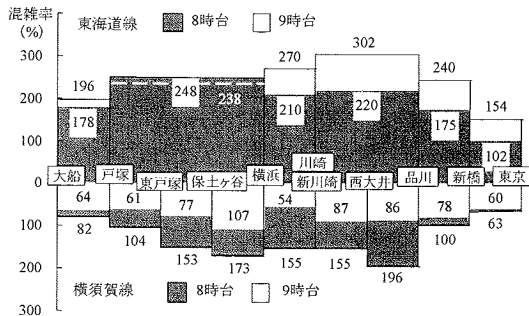


図-2 両路線の時間帯別混雑率

これは利用者の知覚値と分析者の設定値との誤差が $N(0, \sigma^2)$ で分布した場合は、ランダム項に吸収されるという仮定を前提としている。しかし、利用者の大半が思い込みなどの認知能力の限界によって、選択肢中の特定の選択肢のみを実際のサービス水準より高く評価していたり、あるいは低く評価をしている場合は、誤差分布の平均が0となる仮定は成り立たない。ランダム性が保障されている場合は、定数項で吸収できるが、経路選択モデルのように固有の選択肢設定ができない場合は、パラメータ全体に歪みが生じることになる。さらに、利用初期の認知の曖昧さが時間を経て低減するような系統的な変化が起きている場合、利用開始時期の異なる複数の個人データをプールして推定した効用関数のランダム項は、その影響を吸収できない。

サービス水準の認知に関する既往の研究例としては、鈴木ら<sup>4)</sup>が認知所要時間等の主観値を変数とすることでモデルの現況再現性が向上することを示している。MVA コンサルタントほか<sup>5)</sup>は知覚値と実測値とを比較し、実測値のおよそ3割を過小に知覚していること、選択経路と非選択経路とでは非選択経路の方がサービス水準を過小評価する傾向があることを実証している。Small<sup>6)</sup>は、この報告を参照し、サービス水準の知覚値と実際の選択が同時に決定するモデルを定式化することが理想的であると述べている。このほか、知覚値の形成過程に着目した研究として、山下・萩原<sup>7)</sup>の主観的所要時間分布の形成過程を調べる室内実験、藤井ら<sup>8)</sup>の認知所要時間の形成プロセスに関する研究がある。また藤井ら<sup>9)</sup>は個々の運転者の経路所要時間の記憶の蓄積や経路選択ルールの変遷をモデル化したシミュレーションシステムを開発し、運転者の思い込み認知が形成され、交通量の日変動がなくなる思い込み均衡を分析している。

以上の様に、サービス水準の知覚と選択行動に関する研究例はいくつか見られるものの、知覚誤差の

実証的なデータの蓄積は不十分であるし、需要予測において知覚値を推定するための技術の蓄積も少ないと言わざるを得ない。

大都市圏の都市鉄道や国土幹線交通のネットワークは概成してきており、今後、整備される路線の限界的な効果は低いと容易に想像される。認知能力を超える微小なサービス変化に利用者が反応せず、予測上は効果的であっても、結果的に予測需要に達しない非効率的なプロジェクトが増加することが危惧されるのである。

以上のような考えから本研究は、都市鉄道の経路選択行動を対象に、代替ルートを含めた各種サービス水準の知覚値データを収集するとともに、知覚誤差の発生要因の検討とモデル化の可能性について検討する。また、サービス水準を分析者側で設定した場合と利用者の知覚値を用いた場合との経路選択モデルの比較分析、習慣性の強さによって選択肢集合の認知が異なる場合の経路選択モデルについて検討する。

## 2. データの概要

### (1) 分析対象

本稿では、東海道本線の東海道線と横須賀線の利用者を分析対象とした。この線区を選定した理由を以下に述べる。図-1に示すように、両路線は大船駅-東京駅間でほぼ完全に重複しており、この区間沿線の利用者は両路線を選択することが可能である。大船駅-品川駅間の所要時間差は9時以降で3~4分の差があるものの、ピーク時には1~2分程度で拮抗している。併走区間では相手路線の混雑状況を視認でき、利用者が代替選択肢の情報をほぼ完全に得られる線区となっている。

しかし、図-2に示すように東海道線は極めて高い混雑率である一方、横須賀線は圧倒的に空いている

る。両路線が同一ホームで発着する戸塚駅での8時台の混雑率の増分(大船―戸塚と戸塚―東戸塚の混雑率の差分)を比較すると、東海道線が70%増であるのに対し、横須賀線は22%増に留まっている。新橋駅や東京駅のホームレベルの違いや運行本数の違いがあるものの、経験的には、利用者の合理的な判断によって経路が選択されているとは考えにくい不可思議な現象がみられる。以上が本線区を分析対象とした理由である。

なお、東海道本線は、1980年に実施された五方面作戦<sup>10)</sup>によって、東海道線と横須賀線のルートが分離された。当時、両路線の輸送力は改善されたが、所要時間差が大幅に増加した経緯がある。1980年以前は両路線の大船駅―品川駅間の所要時間差は2分程度であったが、1980年から1983年まで5分程度の差が発生した。その後は2分程度で拮抗している。筆者らは、このシステム変更にもともなうインパクトを受けた沿線利用者が、横須賀線を利用可能な選択肢から外した可能性や、知覚誤差を引き起こしている可能性があり、習慣的な東海道線の利用が持続しているものと考えている。

## (2) 調査方法

知覚誤差のデータを作成するため、サービス水準の知覚値に関する利用者アンケート調査と実際のサービス水準のデータ整備とを行った。

利用者調査は、インターネットを利用した2回のパネルWeb調査(以下、2000年11月に実施したWeb調査をWeb00、2001年12月に実施した調査をWeb01と呼ぶ)と、2001年11月に実施したはがきを用いた調査(以下、PCDと呼ぶ)の3種類である。Web調査は神奈川県在住の東海道線と横須賀線を利用している東京方面への就業者を対象とした。有効票数はWeb00が105サンプル、Web01が112サンプルである。PCD調査は大船駅と戸塚駅を利用している東京方面への就業者で、回収票数は460サンプルである。詳細なデータの把握をWeb調査で行い、統計分析に耐えうるサンプル数を得るためにPCD調査を行った。

Web調査は、(株)アサツーディ・ケイの調査システムであるKNOTs (<http://www.knots.ne.jp/>)を利用して行った。ODが異なる多数の被験者の利用経路と代替経路のサービス水準の知覚値データを収集するためには、事前に、被験者のODや利用路線を把握し、個々の被験者のトリップ特性に応じたアンケート票を個別に作成する必要がある。また、経年的に変化する可能性のある認知能力や知覚値を把握するためには、効率的にパネル調査を実施できる

環境が望ましい。この種の調査は、従来型の紙ベースでのアンケート調査方式では実施が困難で、システムに登録されたモニターから被験者をスクリーニングできるWeb調査の利用価値は高いと言える。

## (3) 調査内容

Web調査では、通勤時の利用経路と代替経路に対して利用者が知覚している所要時間、待ち時間、混雑状況、乗換え時間の回答を得た。代替経路については、事前に得た被験者のOD情報をもとに、選択可能な経路を複数用意し、乗換え路線ごとに上記の4つのサービス水準を回答する形式をとった。なお、上記のサービス項目の実際の水準を調査するため、乗車時刻の回答も得た。知覚誤差の発生要因を分析するために被験者の情報探索性向や居住年数などの個人属性も設問に組み込んだ。また、サービス水準の認知に影響を与えると思われる東海道線、横須賀線の路線ごとに「所要時間」「待ち時間」「混雑状況」などの11個の項目別満足度と「全体の満足度」を5段階で評価してもらい、態度指標としての重視度について3段階で評価してもらった。

PCD調査では、通勤時の東海道線と横須賀線の利用区間の「所要時間」「待ち時間」「混雑状況」の3種の知覚値および乗車時刻をたずねた。なお、「所要時間」は知覚している所要時間を直接回答し、「待ち時間」と「混雑状況」は4段階のカテゴリーから選択する方式をとった。さらに、「所要時間」「待ち時間」「混雑状況」「乗換利便性」の4種の項目の路線別満足度を質問した。

サービス水準調査は、利用者調査のODをもとに実際の時間帯ごとの所要時間、運行本数、乗り換え時間、混雑率を調査した。所要時間と運行本数に関しては、1975年から2001年までの時刻表を用いてデータ化し、乗り換え時間は、ピーク時間帯に独自に実測調査を行った。また、混雑率は、平成7年大都市交通センサスを用いて、15分ピッチの駅間断面輸送人員データを作成し、輸送力の実測調査と組み合わせ作成した。

## (4) 被験者の属性

得られた被験者の属性を簡単にまとめると、Web調査は40歳未満が概ね7割を占めているのに対して、PCD調査は40歳未満が3割強程度で、50歳未満が5割強という年齢構成となっている。男女比はWeb調査の6割が男性、PCD調査の7割が男性となっている。

東海道線と横須賀線の利用割合は、Web調査では東海道線が62%、PCD調査が74%となっている。現

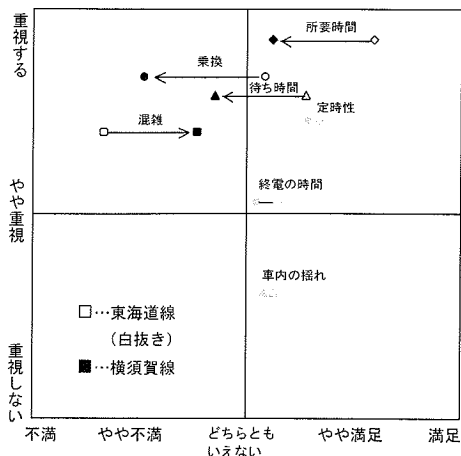


図-3 重視度と路線別満足度の平均値

経路の利用年数は、Web調査の大半が10年未満であるのに対し、PCD調査は10年未満が24%、20年未満が58%、30年未満が78%であり、居住期間の長い被験者のデータを得ることができた。

#### (5) 利用者の路線評価についての基礎的考察

ここでは、利用者のサービス項目の重視度、各路線のサービス水準の満足度、経路の選択結果の関係を考察する。

Web01 データによって、各サービス水準に対する態度指標である重視度と満足度との関係を図-3に示す。利用者の重視項目には、所要時間を中心とする利便性があげられている。その順位は所要時間、乗換えの便利、待ち時間、混雑率となっている。混雑率は重視項目ではあるものの、時間短縮関連の項目に比べて低い順位であった。混雑緩和に対するあきらめの感情が作用している可能性も考えられるが、被験者は混雑率の低い横須賀線を選択可能であることから、その可能性は低いと思われる。各サービスの満足度を路線別に比較すると、東海道線は所要時間をはじめとする利便性が突出して高いサービスを提供していること、横須賀線は突出したサービス特性はないが、どの項目も無難なサービスを提供していると認識されていることがわかった。

この図から、混雑率が低い横須賀線の混雑率に対する満足度が低いことや、所要時間が拮抗しているにもかかわらず、東海道線と横須賀線との満足度に大きな差があることから、サービス水準を正しく認知していない様子が伺える。

乗換え利便性に対しては、東海道線と横須賀線とで大きな差がみられる。また、重視度の順位も高いことから、これが需要の隔たりにつながっていると

表-1 乗換駅別選択理由別の経路選択結果

乗換駅	選択理由	東海道線	横須賀線	サンプル数
品川	乗換	88%	12%	33
	非乗換	68%	32%	85
新橋	乗換	87%	13%	23
	非乗換	67%	33%	84
東京	乗換	73%	27%	22
	非乗換	75%	25%	96

表-2 選択理由別の経路選択モデルの推定結果

説明変数	乗換	非乗換
所要時間 (分)	-0.29 (-1.41)	-0.14 (-1.67)
待ち時間 (分)	-0.28 (-0.96)	-0.30 (-2.75)
混雑指標 (% <sup>2</sup> 分×10 <sup>4</sup> )	-0.0056 (-1.04)	-0.0026 (-1.17)
乗換時間 (分)	-0.30 (-0.94)	0.048 (0.38)
定数項[東]	0.77 (1.16)	0.59 (2.25)
尤度比	0.364	0.145
サンプル数	101	359

考え、いくつかの追加的な分析をおこなった。

PCD データをもとに、都心側での乗換え駅別に、経路選択理由の一つに乗換え利便性と回答したサンプルと回答しなかったサンプルとに分類し、東海道線と横須賀線の選択シェア示したものが表-1である。品川駅は地上ホーム、新橋駅と東京駅は地下ホームであることから、品川駅では乗換え利便性を選択理由とするサンプルとそれ以外のサンプルとでは選択シェアに差がなく、逆に新橋駅と東京駅では乗換え利便性を選択理由とするサンプルの横須賀線の選択シェアが低くなると想定される。結果的には新橋駅ではそのような影響が見られたものの、品川駅は新橋駅と同一の傾向となり、逆に東京駅では差がみられなかった。

集計分析では乗換え利便性が需要に強い影響を与えない結果であったが、品川駅は東海道線から山手線への乗換えが110秒程度(階段歩行)であるのに対し、横須賀線からは150秒程度であり、40秒程度の差がある。また、東京駅は東海道線から丸の内線へは200秒程度(階段歩行)であるのに対し、横須賀線からは130秒程度であり、乗り継ぐ路線によって、その利便性が異なることからバイナリロジットモデルによる経路選択モデルを構築し、乗換え時間のパラメータの有意性を検討した。なお、東海道線、横須賀線が着駅で、乗り換えがない場合は、両路線から改札までの所要時分を乗換時間として設定した。経路選択理由を乗換え利便性と回答したサンプルとそれ以外のサンプルに分割したパラメータ推定結果を表-2に示す。乗換時間のパラメータが有意ではない結果となった。

以上から、所要時間や混雑率に対して誤った知覚をしている可能性があること、過大な需要差をもた

表-3 知覚誤差の平均と標準偏差

知覚誤差 基礎集計		東海道線		横須賀線	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差
所要時間	Web 00	-0.63	5.02	2.36	4.84
	Web 01	1.60	4.60	3.66	4.97
	PCD	1.24	3.37	3.49	3.94
待ち時間	Web 00	2.73	3.60	2.78	4.21
	Web 01	2.29	2.61	1.69	2.58
	PCD	-0.03	0.93	0.16	1.00
混雑率	Web 00	-22.8	68.8	24.6	63.7
	Web 01	-18.3	60.0	26.6	37.5
	PCD	-0.8	55.7	22.6	56.4

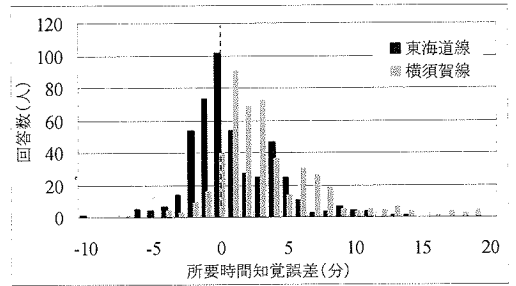


図-4 所要時間の知覚誤差分布

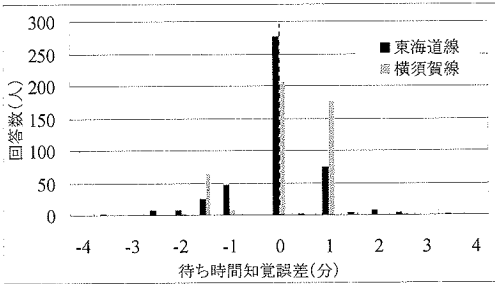


図-5 待ち時間の知覚誤差分布

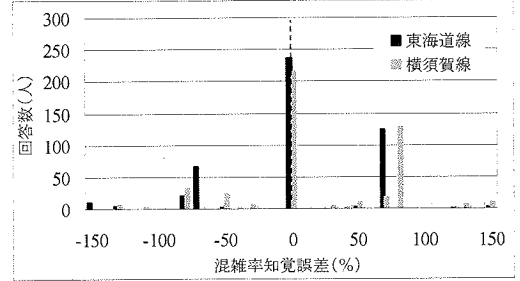


図-6 混雑率の知覚誤差分布

らす原因として考えられる乗り継ぎ利便性は、本稿で扱うデータからは有意な影響が認められなかった。

### 3. 知覚誤差の発生要因

#### (1) 知覚誤差の存在

両路線のサービス水準差の程度と両路線間の需要量の差とが感覚的に合致しない原因として、サービス水準に対する利用者の知覚誤差が影響しているという仮説をおき、以下の分析を進める。3種の調査から得られた所要時間、待ち時間、混雑率に対する知覚サービス水準と実サービス水準との差である知覚誤差の平均値と標準偏差を表-1に示す。また、図-4~6にPCDデータによる知覚誤差の分布を示す。なお、所要時間の知覚値は5分刻みでの回答が多いことを付記しておく。

所要時間は、平均値のみで、東海道線が概ね1分程度、実際の所要時間より長く知覚しているのに対し、横須賀線は3分強長く知覚していることがわかる。知覚誤差の分布をみても東海道線を有利に知覚しているのに対して、横須賀線は全体的に不利に知覚している様子がみてとれる。待ち時間の知覚誤差は両路線とも同じ程度に過小評価している。混雑率に対する知覚誤差は非常に大きく、Web調査では東

海道線が実際より20%程度低く、横須賀線が実際より25%程度高く知覚しており、両路線の差をとれば、横須賀線の方が東海道線より混雑率を55%も不利に認知していることになる。PCD調査では混雑率を0~200%の間を4段階に区分して回答を得ているため、多くは知覚誤差が少ないようにみえているが横須賀線の混雑率を80%程度過大に知覚している被験者が3割程度存在している。

乗換え時間の知覚誤差をWeb01で分析した結果、東海道線利用者で+0.6分程度、横須賀線利用者層で-0.4分程度で大きな知覚誤差は確認されなかった。また、横須賀線は新橋駅、東京駅で地下ホームとなることから、地下ホームと地上ホーム利用者別に知覚誤差を算出した結果、地上ホーム利用者の平均が+0.3分、地下ホーム利用者で+0.5分とこれも差はなく、ホームの位置によって知覚誤差が変化する現象はみられなかった。

以上から所要時間と混雑率に関しては横須賀線のサービス水準を過小に知覚していること、その傾向は調査時点や調査対象者が異なっても類似した傾向であることがわかった。

#### (2) 知覚誤差が生じる要因

知覚誤差が発生する原因として以下の5点に注目する。①知覚誤差は刺激強度に比例する：東海道線

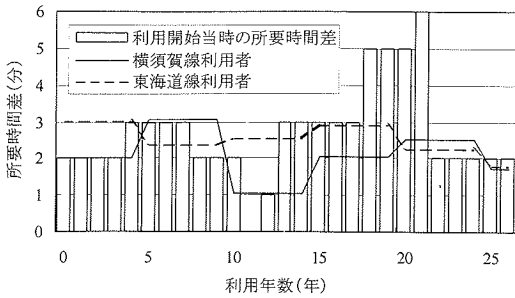


図-7 過去のサービス水準変化と知覚誤差の関係

と横須賀線は 1980 年から 1983 年まで一時的に大船駅・品川駅間で 5 分の所要時間差が発生しており、当時のインパクトを現在も引きずっている可能性がある。②刺激に対する記憶は時間とともに消去される：過去に強いインパクトを受けても、そのインパクトが現在まで続かない場合は、時間の経過につれて当時の印象が薄れる可能性がある。③情報探索性向が強い利用者は知覚誤差が発生しにくい。④重視度が低いサービス項目に対して知覚誤差が発生しやすい。⑤満足度が高い路線に対してはサービス水準を過大に評価し、低い路線に対しては過小評価しやすい。

PCD データから、東海道線もしくは横須賀線の利用開始当時の両路線の所要時間差ごとに、横須賀線の現在の知覚誤差をみた結果、現在の所要時間を-10%以上過大評価している被験者の利用開始時の実際の所要時間差の平均が 2.5 分、±10%以内の知覚誤差の被験者は 2.7 分であるのに対し、+10%以上過小に評価している被験者は 2.8 分となり、比例関係がみられた。図-7 は利用開始当時の実際の所要時間差と東海道線および横須賀線の利用者が知覚している現在の所要時間差を利用年数別に示したものである。東海道線利用者の知覚値の変動は少ないものの、横須賀線利用者は実際の所要時間差と類似した回答をしていることがわかる。以上の結果から、利用開始時の両路線のサービス差のインパクトが現在まで影響し、かつ負のインパクトは記憶が強化されやすいと推察される。

インパクトの記憶の経年的な低下について PCD データと Web01 データとで分析をおこなったが、利用年数にともなう明確な変化は見出せなかった。

Web01 データを使って、利用者の情報探索性向と知覚誤差との関係を分析した結果を表-4 に示す。情報探索性向の欄に示した数値は各項目の探索頻度を 5 段階で回答した結果の平均値で、数字が大きいほど探索性向が強いことを現す。両路線を使い分けられている被験者は固定的に特定経路を利用する被験者

表-4 情報探索性向と知覚誤差との関係

情報探索性向	時刻表 所要時間案内 代替路線混雑状況 乗り比べ	日によって使い分ける		常に同じ路線を使う	
		東海道線	横須賀線	東海道線	横須賀線
知覚誤差	所要時間 (分)	平均 0.6	平均 1.8	平均 1.0	平均 3.8
	標準偏差	1.9	2.2	3.3	6.9
混雑率 (%)	平均	-13.9	27.2	-15.5	34.1
	標準偏差	51.9	31.6	59.5	37.5

に比べて、情報探索性向が強く、両路線の混雑率の比較を多頻度に行っており、知覚された両路線間の混雑率差も縮小している。そして所要時間の知覚誤差も小さくなるのが明らかになった。情報探索性向の強い利用者は知覚誤差が減少する傾向にある。

サービス項目への重視度が高いと知覚誤差が低下すると考えたが、Web01 データからは、その様な傾向はみられなかった。

満足度と知覚誤差との関係は明白で、Web01 データ、PCD データの両方ともに満足度が高ければ負の知覚誤差がはたらく結果となった。ただし、サービス水準を過大評価しているからこそ、満足度が高いとも考えられ、因果関係のベクトルは明白とは言えない。この点は Small<sup>9)</sup>の見解とも一致する。

### (3) 知覚誤差の推定モデル

以上の知見をもとに、知覚誤差を推定するモデルの構築を試みる。式(1)に示すロジットモデルを用い、知覚の誤差率によってカテゴリ化した判別モデルとした。式(2)において  $\mu_c$  はカテゴリ  $C$  の定数項、 $\theta_{ck}$  はカテゴリ  $C$  のパラメータ  $k$  を表す。

$$P_c = e^{S_c} / \sum_j e^{S_j} \quad (1)$$

$$S_c = \mu_c + \sum_k \theta_{ck} X_{ck} \quad (2)$$

3種類のサービス項目についてパラメータ推定を行った結果を表-6に示す。被説明変数となる各カテゴリの区分を表-5に示す。それぞれのモデルとも一定の精度は確保できていると考える。ただし、混雑率と待ち時間のモデルは有意なパラメータが非常に少ない。

先述した集計結果と同様、利用年数の影響はすべてのモデルにおいて有意ではない。利用開始当初の所要時間差は、知覚誤差を発生させる要因として有意であることがわかる。混雑率と待ち時間については、各年次のデータが得られていないため、利用当

表-5 知覚誤差モデルのカテゴリ分類

カテゴリ範囲	C1	C2	C3	C4	C5	C6
所要時間(分)	~4.5	4.5~1.5	1.5~1.5	1.5~4.5	4.5~7.5	7.5~
待ち時間(分)	~1.5	1.5~0.5	0.5~0.5	0.5~1.5	1.5~	-
混雑率(%)	~90	90~30	30~30	30~90	90~	-

表-6 知覚誤差モデルの推定結果

		所要時間	待ち時間	混雑率
定数項	C1	-9.175 **	-3.393 **	-6.016 **
	C2	-2.545 **	-0.318	-1.928 **
	C4	-0.647 *	-0.083	-0.322
	C5	-1.135 **	-2.147 *	-3.490 **
	C6	-1.731 **	-	-
	利用年数 (年)	C1	-0.001	0.002
C2		-0.012	0.004	0.013
C4		0.006	-0.003	0.002
C5		-0.015	-0.010	-0.005
C6		-0.017	-	-
利用開始当時 の所要時間差 (分)		C1	-0.311 **	-
	C2	-0.097 *	-	-
	C4	0.104 **	-	-
	C5	0.111 **	-	-
	C6	0.043	-	-
	実所要時間 ×停車駅数 (分・駅×10 <sup>-2</sup> )	C1	1.031 **	-0.179
C2		-0.202	-0.094	-0.048
C4		0.411 **	0.158 **	0.290 **
C5		0.591 **	-0.185	0.588 **
C6		0.993 **	-	-
満足度 (1:不満 ~5:満足)		C1	0.886 *	0.145
	C2	0.385 **	-0.240 **	0.260 **
	C4	-0.148 *	-0.252 **	-0.330 **
	C5	-0.357 **	-0.287	-0.402
	C6	-0.642 **	-	-
	初期尤度	-1612.584	-1448.494	-1448.494
最終尤度	-1172.289	-1004.841	-998.858	
自由度調整済み尤度比	0.265	0.301	0.305	
サンプル数		900		

有意水準 5%\*・1%\*\*

初の影響を分析できていない。所要時間が長いほど、また停車駅数が多いほど知覚誤差が拡大する明確な傾向があったため、実所要時間と停車駅数の合成変数を組み込んだ。満足度を変数とした場合、予測時にこれを推定する必要があるが、河上・広島<sup>11)</sup>や岩倉<sup>12)</sup>が満足度を比較的精度良く推定する方法を提案している。なお、集計分析から情報探索性向が知覚誤差に影響を与えることが確認されているが、PCDデータでは、その種のデータを得ていないため、情報探索性向を組み込むことができなかった。

所要時間の知覚誤差モデルの路線別の再現性を図-8に、利用年数ごとの再現性を図-9に示す。東海道線と横須賀線の知覚誤差の分布を精度良く表していると言える。利用年数ごとにみると、ピックアップに優れないものの平均値としてみた追従性は悪くないと考える。

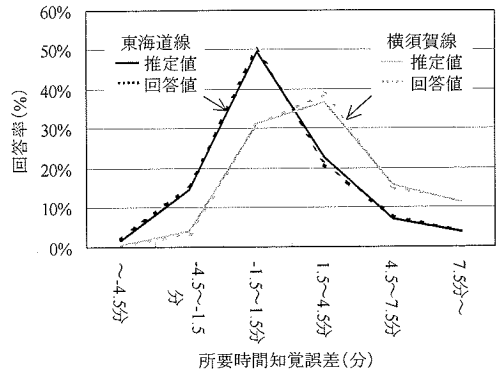


図-8 知覚誤差(所要時間)の再現性

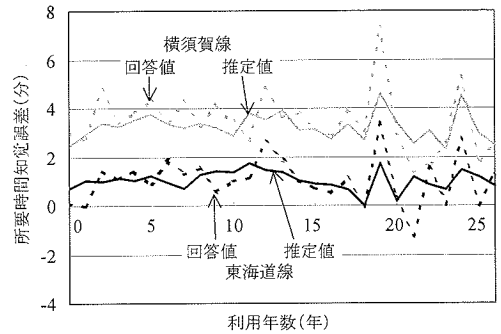


図-9 利用年数別にみた知覚誤差の再現性

#### 4. 知覚サービス水準を用いた経路選択モデル

##### (1) サービス水準の設定値と知覚値とのモデル比較

東海道線と横須賀線とを選択肢とするバイナリロジットモデルを表-7に示す。PCDデータを用いてパラメータ推定を行った。効用関数には、所要時間、待ち時間、混雑率と定数項を組み込んだ。

実際のサービス水準を変数とするモデル(実データLogit)に比して、サービス水準を知覚値とするモデル(知覚データLogit)の方が尤度が向上しており、鈴木ら<sup>4)</sup>と同様に、モデルの適合性が向上する結果となった。また、混雑率のパラメータが有意となり、感度も高くなっていることがわかる。表-3に示したように、実際には東海道線と横須賀線とで圧倒的な混雑率の差が存在するのに対して、利用者が知覚している混雑率の差が実際の差よりも小さいために、このような感度の違いが生じている。

表-7 習慣強度を考慮した経路選択モデルの推定結果

	実データ	知覚データ	
	Logit	Logit	PLC
所要時間(分)	-0.180(-2.45)	-0.158(-3.63)	-0.216(-3.88)
待ち時間(分)	-0.317(-3.17)	-0.355(-2.56)	-0.544(-2.90)
混雑指標(% <sup>2</sup> 分×10 <sup>-5</sup> )	-0.003(-1.61)	-0.011(-6.28)	-0.016(-4.65)
定数項 [東]	0.600(2.52)	0.735(2.86)	0.486(1.53)
残存インパクト	[東]	-	0.086(1.04)
	[横]	-	0.447(2.28)
$\theta$	-	-	0.223(1.24)
初期尤度	-318.848	-318.848	-318.848
最終尤度	-258.464	-238.267	-234.068
尤度比	0.189	0.253	0.266
自由度調整済み尤度比	0.188	0.251	0.262
サンプル数	460		

( )内は値

(2) 習慣強度を考慮した経路選択行動モデル

一つの利用経路にロックインされる理由として、過去に大きな情報インパクトを受けた結果、サービス水準の知覚値にバイアスを生じ、利用路線を過大評価し、結果的に同一経路の選択を習慣的に行うケースが考えられる。東海道本線は、1980年に所要時間差が大幅に増加したことから、このインパクトを受けた沿線居住者が、横須賀線を選択肢から外した可能性があり、現在まで東海道線の習慣的利用が続いていると考えた。

過去のインパクトにともなう選択肢形成の影響を分析するために、Swait and Ben-Akiva<sup>13)</sup>が提案したPLC(Parametrized Logit Captivity)モデルによって経路選択行動モデルを構築する。PLCモデルは式(3)で表現される。第1項が選択肢*i* (*i*が東海道、*j*が横須賀線)を固定的に利用する確率、第2項が選択肢*i*を選択的に利用する確率を表している。式(4)の左辺が固定的利用を決定するパラメータとなり、右辺で個人属性や選択肢特性などの固定利用要因を構造化することができる。式(5)は一般的な非集計ロジットモデルである。

$$P(i) = \frac{u(X_i)}{1 + \sum_{i \in C} u(X_i)} + \frac{P(i|C)}{1 + \sum_{i \in C} u(X_i)} \quad (3)$$

$$u(X_i) = \exp\left(\sum_k \alpha_{ik} X_{ik}\right) \quad (4)$$

$$P(i|C) = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{j \in C} \exp(V_j)} \quad (5)$$

式(5)の構造化に Hull<sup>14)</sup>によって提唱された習慣強度という概念を用いる。習慣強度 *sHR* は刺激 *S* と反

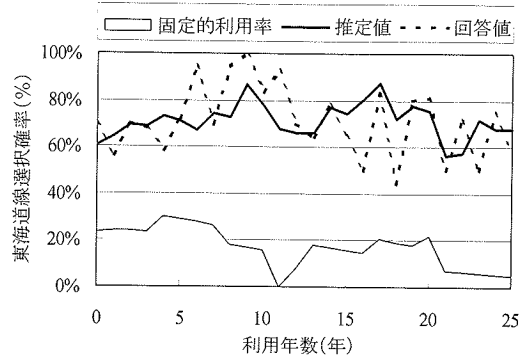


図-10 PLCモデル再現性

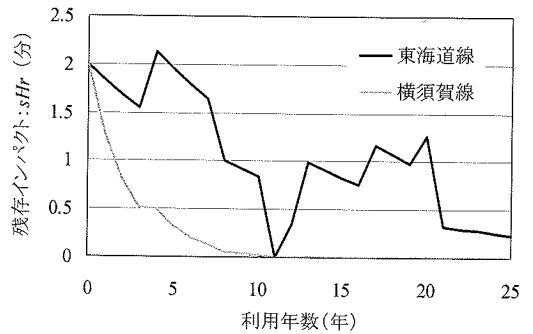


図-11 残存インパクト sHR の経年変化

応 *R* との媒介変数で、学習上限 *M* と強化回数 *N*、パラメータ *i* からなる式(6)の指数関数によって表される。

$${}^N sHR = M - Me^{-iN} \quad (6)$$

また、刺激 *S* の強化をとりやめると習慣性が減少する消去効果が発生する。これは先行学習行動が消去される生起確率 *I* として扱われ、パラメータ *r* と無強化回数 *K* による負の成長関数で表される。

$${}^K I = e^{-rK} \quad (7)$$

本研究では、被験者個々に利用年数が異なることに加えて、図-7に示すように利用期間中に複数回の所要時間変化が起きていることから、現在の蓄積された習慣強度 *sHR* を導出する基本式を以下のように考えた。

$$sHR = \sum_{j=1, J} {}^N_j sHR \cdot {}^K_j I \quad (8)$$

式(6)の学習上限 *M* を各年次の所要時間差とし、同一の所要時間差が続く年数を *N* とする。また、所要時間差が変化すれば、変化直前の年次の習慣強度が経年的に消去されると考え、*K* を所要時間差の変化時点から現在までの年数とする。*J* は実際の所要時間差が変化した回数を表す。



式(6)と式(7)のパラメータ $i$ と $r$ を段階的に設定して、PLCモデルを作成した結果、利用開始当時の所要時間差 $M_1$ が卓越して影響していること、利用期間が長いほど利用初期の時間差の影響が低減することがわかった。よって、モデルの最終的な構造を以下のように設定した。

$$sHr = M_1 \cdot K I = M_1 e^{-rK} \quad (9)$$

これを式(4)に対応するように展開すると、

$$u(X_i) = \exp(\theta \ln M_1 - r_i K) \quad (10)$$

となる。ここで、 $\theta$ と $r$ は式(4)の $\alpha$ に対応するパラメータである。式(10)は初期のインパクトの利用年数ごとの残存を表現する式(式(9)の $sHr$ を残存インパクトと呼ぶこととする)になっていることがわかる。

表-7に示すように、パラメータは十分有意ではないものの、利用開始時のサービス水準差のインパクトが強いほど東海道線の習慣的利用が増加し、そのインパクトは時間経過とともに減少する符号となっている。図-10に利用年数ごとにみた東海道線の選択確率の再現性と東海道線の固定的利用率を示す。また、図-11に式(9)の残存インパクトの利用年数ごとの変化を示す。

過去に大きなインパクトがあると、固定利用すなわち習慣的利用に影響する様子や残存インパクトが低下するにつれて、東海道線の習慣的利用が減少していく様子が表現できている。また、利用年数によって異なる再現性も一定の精度を示したと考える。ただし、横須賀線の残存インパクトは、東海道線に比して早期に消失しているものの、パラメータ $r$ の感度が低いため一定期間、固定的利用者が存在する結果となっており、改良の余地が残されている。

## 5. おわりに

経済合理的な行動規範に従って利用者が選択していたとしても知覚誤差が生じている場合には、非合理的行動に映る現象となる。経路選択行動において、このような認知の歪みが生じやすいのは、本稿で示した様な過去に起きたシステム変更に伴う大きなインパクトの記憶が残存するケースや新しく形成されたサービスの認知が曖昧なケースがあげられる。

今後、整備される交通ネットワークは大幅な所要時間の短縮が望めないケースが多いし、長期間の連続した部分改良を進めるケースも多いであろう。こ

の様な小規模なサービス変化は、当然、利用者にとっては認知しにくく、知覚の歪みは増加するものと考えられる。こうした新規改良に伴う需要定着過程とサービス水準認知に関する研究の必要性は今後高まるものと考えられる。筆者らは既に都営大江戸線を対象に分析を始めている<sup>15)</sup>が、ここで得られたデータでも大江戸線の非利用者や利用初期の被験者は大江戸線の実際のサービス水準よりも過小評価をしており、利用年数を経るに従って知覚誤差が減少することが明らかになっている。

しかし、知覚誤差の推定技術は未だかなり不十分であると言わざるを得ない。本稿がこの種の研究の蓄積が促進される一助になれば幸いである。

**謝辞：**本分析の一部は池崎勝利氏（現：トーニコンコンサルタント）が行った。また、本研究は（財）東日本鉄道文化財団および科学研究費補助金基盤研究(C)（課題番号14550532）の研究助成を受けている。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 屋井鉄雄, 森川高行: 交通需要モデル研究のダイナミズム-10年の軌跡, 土木計画学研究・講演集 Vol.14(2), pp.1-8, 1991.
- 2) (財)運輸政策研究機構: 需要予測手法の改善方法に関する調査報告書, 2001.
- 3) Macfadden, D: Economic Choices, *American Economic Review*, Vol. 91, No. 3, 351-378, 2001.
- 4) 鈴木聡, 原田昇, 太田勝敏: 意識データを用いた非集計モデルの改良に関する分析, 土木計画学研究・論文集 Vol.4, pp.229-236, 1986.
- 5) MVA Consultancy, Institute of Transport Studies University of Leeds, Transport Studies Unit University of Oxford, The Value of travel Time Savings: A Report of Research undertaken for the Department of Transport, Policy Journals, 1987.
- 6) Small, K.A.: Urban Transportation Economics, Harwood Academic Publishers, 1992. (金沢哲雄, 三友仁志監訳: 都市交通の経済分析, 勁草書房, 1999)
- 7) 山下智志, 萩原実: 交通需要予測における主観的所要時間分布の経験依存性, 行動計量, 第24巻, 第2号, pp.147-160, 1997.
- 8) 藤井聡, 中野雅也, 北村隆一, 杉山守久: 認知旅行時間の環境適応プロセスに関する理論実証研究, 土木計画学研究・論文集, pp. 589-599, Vol.17, 2000.
- 9) 藤井聡, 中山晶一郎, 北村隆一: 習慣解凍と交通政策: 道路交通シミュレーションによる考察, 土木学会論

- 文集, No.667/IV-50, pp.85-101,2001.
- 10) 蓼沼慶正：国鉄の通勤輸送力増強投資の事後評価－東京圏の五方面作戦について－，運輸政策研究,Vol.1,No.002,1998.
  - 11) 河上省吾,広島康裕：利用者の主観的評価を考慮した非集計交通手段選択モデル，土木学会論文集，No.353/IV-2, pp.83-92,1985.
  - 12) 岩倉成志，新倉淳史，高平剛：都市鉄道のCS調査における課題と展望，土木計画学研究・論文集 Vol.19,pp.105-110,2002.
  - 13) Swait, J. and M. Ben-Akiva: Incorporating random constraints in discrete models of choice set generation, *Transportation Research B*,21B,pp.91-102,1987.
  - 14) Hull,C.L.:Principles of Behavior, Wiley ,1943. (能見義博, 岡本栄一訳：行動の原理, 誠信書房, 1969)
  - 15) 新倉淳史，高橋良幸，岩倉成志：都営大江戸線を対象とした新規開業路線の需要定着過程に関する分析，土木学会年次学術講演会講演概要集第4部Vol.58, CD-ROM,2003.

(2003. 6. 6 受付)

## SOME OBSERVATIONS ON THE PERCEPTION ERROR OF SERVICE LEVEL ON COMMUTER ROUTE CHOICE

Seiji IWAKURA, Atsushi NIIKURA and Takeshi TAKAHIRA

The aim of this paper is to show some observation results on the travellers' perception error of service level of the Tokaido rail line and the Yokosuka rail line. The results of this survey are that observation results are explicitly confirmed perception errors on travel time and congestion rate and that perception error is attributable to the past experience of route service level, satisfaction level of service and information-gathering ability. Consequently, we proposed perception error models and route choice model incorporates probabilistic choice set generation in consideration of habitual behavior.