

# 幹線旅客の交通機関選択行動における意思決定プロセスのモデル化\*

## A Decision Process Model of Mode Choice Behavior in Inter-regional Trips\*

柴田宗典\*\*・内山久雄\*\*\*・武藤雅威\*\*\*\*

By Munenori SHIBATA\*\*・Hisao UCHIYAMA\*\*\*・Masai MUTO\*\*\*\*

### 1. はじめに

1990年に全国幹線旅客純流動調査が開始されて以来、2005年までに計4回の調査が実施され、トリップベースで整備された個票データやODデータの蓄積が進んでいる。これにより我が国の幹線旅客交通需要に関する研究が進展し、比較的大規模な幹線交通基盤整備プロジェクトに関する需要予測実務においては、都市内交通需要分析等を中心に実用に供されてきた非集計型選択行動モデルの適用は、もはや一般的となった<sup>1)</sup>。

一方、昨今の緊縮財政を鑑みると、今後の幹線交通施策は、大規模建設プロジェクトの推進よりも、むしろ、ITSによる情報提供や観光目的地エリアにおける交通利便性の向上施策等による既存の幹線交通インフラストラクチャの更なる有効活用を目指す施策に比重が移るものと思われる。従って、幹線交通施策の検討における交通行動分析の重要性はますます高まると考えられる。

さて、離散選択モデルを用いた交通行動分析において、トリップメーカを選択肢集合を如何に取り扱うべきかについては、モデルが提案された当初から重要な問題であった<sup>2)</sup>。特に幹線交通においては、「トリップの希少性」や「情報の不完備性」等の特性が指摘されており<sup>3)</sup>、非集計型選択行動モデルの前提条件である「旅行者は複数の代替案を選択肢として認識して代替案に対する何らかの情報をもち、最も望ましい選択肢を選択する」という条件が成立していると思われ得ない可能性がある。また、この条件が成立していない場合に、幹線交通施策の検討に非集計型選択行動モデルをそのまま適用すると、モーダルシフト量の過大推計も懸念されよう。

以上の問題意識により、本研究では、より適切に幹線交通利用者の交通行動特性を反映できる交通行動モデルの構築を目的とし、幹線旅客の機関選択行動を例に、

\*キーワード：幹線旅客交通、選択肢の選別、交通機関選択

\*\*正員、修(工)、(財)鉄道総合技術研究所

(東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻)

〔 東京都国分寺市光町2-8-38、TEL 042-573-7309 〕  
〔 FAX 042-573-7305、E-mail mshibata@tri.or.jp 〕

\*\*\*フェロー員、工博、東京理科大学理工学部土木工学科教授

\*\*\*\*正員、博(工)、(財)鉄道総合技術研究所

その意思決定プロセスの特性を分析した上で、意思決定プロセスを記述可能な交通行動モデルを検討する。

### 2. 分析対象とデータ

近年の幹線旅客交通の分担率の変化を概観すると、特に観光目的における自動車分担率の増加が顕著である<sup>4)</sup>。また、燃油費の高騰や環境意識の高まり等、自動車交通を取り巻く環境はダイナミックに変化していると考えられる。そこで本研究では、観光旅行者における自動車と幹線鉄道の選択問題に焦点をあてる。

本研究の分析には、2006年11月～12月に実施した観光トリップ調査で取得したデータを使用する(表-1)。両モードが競合すると考えられるOD(都道府県単位)を持つサンプルから、実選択交通機関と代替選択肢に関するデータより、選択肢集合に幹線鉄道と自動車の両方、もしくはいずれかのみを含むサンプルを抽出する。さらに、旅行の際の意思決定に関わった割合が「0%」と回答したサンプルは、意識データが有効ではないと判断して除外すること等により、最終的に抽出された1113サンプルを対象に分析を行なう。ここで、選択肢カテゴリの構

表-1 観光トリップ調査の概要

調査対象者	首都圏、中京圏の運転免許保有者
サンプル数	2,407
主な調査項目	目的、日程、出発地、目的地、利用交通機関、経路
	利用を検討した幹線交通機関(代替選択肢)
	機関選択要因に対する主観的重視度(表-2) 交通事業者の会員制度への加入状況(ETCを含む)

表-2 主観的重視度を観測した機関選択要因(7段階評価)

調査票上での表現	キーワード
① 出発から到着まで時間が正確であること	定時性
② 乗っているのが疲れること	乗車疲労
③ いろいろな場所を回れること	機動性
④ 交通事故に巻き込まれること	事故安全性
⑤ 盗難などの犯罪にあうこと	犯罪安全性
⑥ プライベート空間であること	プライベート性
⑦ 荷物を運ぶのが便利であること	載荷性
⑧ 選択した交通機関に慣れていること	習慣性
⑨ 鉄道に乗ることが好きであること	鉄道好き
⑩ 自動車の運転が好きであること	自動車好き

1:まったく気にしていない ~ 4:どちらでもない ~ 7:非常に気にしていた

※他、12項目

成比は、幹線鉄道キャプティブ(以下:RC)が30.9%、セレクトティブ(以下:sel)が15.5%、自動車キャプティブ(以下:AC)が53.2%であった。全体の80%超がモードキャプティブであり、対抗交通手段を認識しているセレクトティブは少ない。よって本研究では、幹線交通機関の選択行動を「選択肢の選別」の結果、複数の選択肢がある場合に「交通機関の選択」を行なっているManski<sup>5)</sup>の二段階の意思決定プロセス(図-1)であると想定し、以降、このプロセスを表現し得る交通機関選択モデルを検討する。

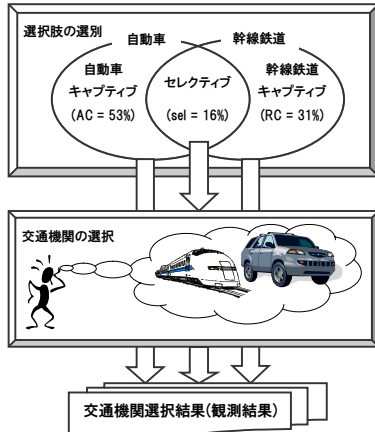


図-1 本研究で想定する意思決定プロセス<sup>5)</sup>

### 3. 選別・選択プロセスのモデル化に関する検討

#### (1) 機関選択意識因子による選択肢集合の判別可能性

図-2 に機関選択要因に対する主観的重視度(表-2)から構築した機関選択意識因子モデル<sup>6)</sup>を示す。本モデルの因子①については、例えば予定時刻に目的地に到着できない等の幹線交通利用時のリスクを回避する意識が主な構成要素であるため「リスク回避」因子と呼ぶ。また因子②は、自動車利用により享受できる利便性を意識することが主な構成要素であるので「自動車利便性」因子と称する。ここでは、機関選択意識因子モデルで抽出された機関選択意識因子が選択肢集合を判別しうるか否かについて検討するため、以下の式(1)、(2)で表されるロジット型の選択肢カテゴリ帰属確率モデルを構築する。なお交通費用には同行者種別による家計単位の交通費用<sup>7)</sup>を採用している。

$$P_k = e^{S_k} / \sum_k e^{S_k} \quad (1)$$

$$S_k = \sum_l \theta_{kl} X_{kl} \quad (2)$$

$P_k$  : 選択肢カテゴリ  $k$  (1:RC 2:sel 3:AC)への帰属確率

$X_{kl}$  : 選択肢カテゴリ  $k$  に関わる  $l$  番目の説明変数

$\theta_{kl}$  : 選択肢カテゴリ  $k$  に関わる  $l$  番目の未知パラメータ

パラメータ推定結果を表-3に示す。選択肢集合的中率は約70%で、概ね選択肢集合を判別できている。パラメータからは、「リスク回避」因子が高まるとRCへの帰属確率が、「自動車利便性」因子が高まるとACへの帰属確率が高まるが、「リスク回避」因子と「自動車利便性」因子の差が小さい場合にはセレクトティブになる傾向があることが見て取れる。これは、機関選択意識因子の補償的な関係性によって、選択肢の選別が説明できる可能性があることを示唆する結果であると考えられる。

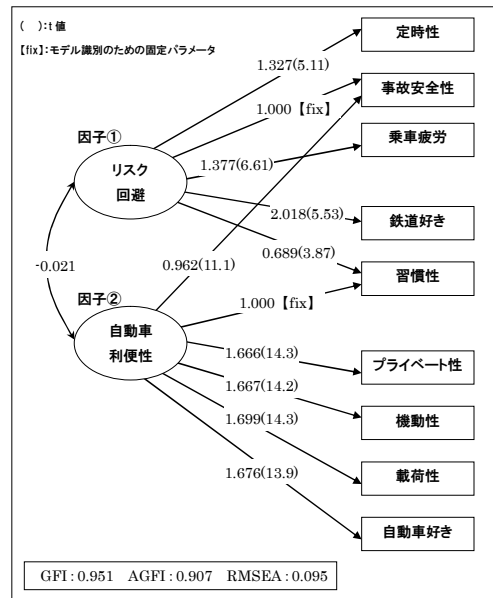


図-2 機関選択意識因子モデル<sup>6)</sup>

表-3 選択肢カテゴリ帰属確率モデルの推定結果

k	説明変数	parameter	(t-value)
1 (RC)	リスク回避	$9.282 \times 10^{-1}$	(8.10)
	自動車 GC* - 幹線鉄道 GC*(万円)	$3.580 \times 10^{-1}$	(5.12)
	定数項	$-3.557 \times 10^{-1}$	(-3.93)
2(sel)	リスク回避 - 自動車利便性	$-7.937 \times 10^{-1}$	(-7.90)
3 (AC)	自動車利便性	$1.431 \times 10^0$	(13.5)
	幹線鉄道 GC* - 自動車 GC*(万円)	$4.503 \times 10^{-1}$	(6.34)
自由度調整済尤度比		0.314	
選択肢集合的中率		69.1%	(N=1113)

※GC:文献7)の時間評価値105.8円/分による家計単位の一般化費用

#### (2) 機関選択意識因子を内生化したM-PLCモデル

選別・選択プロセスのモデル化には非補償型等の様々なモデル型が考えられる<sup>2)</sup>が、本研究の分析対象においては、前述の通り「リスク回避」因子と「自動車利便性」因子との補償的な関係により選択肢が選別されている可能性が見出されたことから、Swait and Ben-Akivaが提唱したPLCモデル(Parameterized Logit Captivityモデル)<sup>8)</sup>に機関選択意識因子を取り入れることによりキャプティブ規定要因の構造化を試みる。

PLCモデルは式(3)で表現され、右辺第1項は選択肢  $i$  のキャプティブに帰属する確率を、右辺第2項はセレクトティブに帰属する確率に、通常非集計ロジットモデル

で表現される選択確率(式(4))を乗じた同時確率を表現している。式(5)はキャプティブへの帰属確率を決定するパラメータを表しており、個人属性や選択肢特性等によりキャプティブへの帰属要因を構造化することができる。

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

$$p(i|C) = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{j \in C} \exp(V_j)} \quad (4)$$

$$u(X_i) = \exp\left(\sum_k \alpha_{ik} X_{ik}\right) \quad (5)$$

さて、機関選択意識因子を包含した意思決定プロセスモデルを需要予測に適用することを考えた場合、交通条件等が変化した場合の旅行者の意識を推定する必要がある。そこで本研究では、森川・佐々木<sup>9)</sup>の方法論に準拠して、多指標多因子モデル(MIMICモデル：図-3)を適用する。具体的には、主観的重視度から機関選択意識因子を抽出すると同時に、機関選択意識因子と客観的に観測される変数間の関係を同定するMIMICモデルを推定する。次にMIMICモデルから得られる機関選択意識因子の推定値  $\hat{w}$  の差分を式(5)に取り入れることにより、「リスク回避」因子と「自動車利便性」因子との補償的な関係によりキャプティブとセレクトティブとに分類される構造を表現する。本モデルは機関選択意識因子を推定するMIMICモデルと選択肢の選別・選択過程を表現するPLCモデルとを融合したモデルであることから、M-PLCモデルと呼ぶこととする。

M-PLCモデルのパラメータ推定結果を表-4に示す。なお、構造方程式モデルの「東海道・山陽新幹線会員」、「JR東日本会員」とは、幹線鉄道利用経路において当該会社の優等列車区間が含まれ、かつ、当該事業者の予約制度の会員であることを表わすダミー変数である。大都市到着ダミーとは、到着地が東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、愛知県、京都府、大阪府、兵庫県であることを表わすダミー変数である。また、幹線鉄道経路におけるラインホールは、最も乗車距離の長い優等列車利用区間とし、その前後は全てアクセス、イグレスと定義している。

尤度比、選択結果的中率からみてM-PLCモデルは選択結果を精度良く再現できている。また、選択肢集合的中率も約80%と良好であることから、M-PLCモデルにより選別・選択プロセスを良好に記述できたと考える。モードキャプティブの構造化については、「リスク回避」因子が高く「自動車利便性」因子が低い場合にはRCに、逆の場合はACに帰属する確率が高まり、両因子の差が小さい場合にはselに帰属する確率が高まるパラメータとなっていることが分かる。

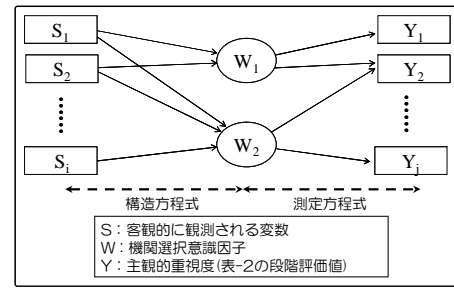


図-3 MIMICモデルのパスダイヤグラム

表-4 M-PLCモデルのパラメータ推定結果

		リスク回避 $W_1$		自動車利便性 $W_2$	
		parameter	(t-value)	parameter	(t-value)
線形構造方程式 (MIMIC)	構造方程式	幹線鉄道EG時間(時間)	$-9.40 \times 10^{-2}$ (-3.16)	$1.18 \times 10^{-1}$ (2.89)	$-2.00 \times 10^{-3}$ (-1.14)
		幹線鉄道LH頻度(本/日)			$-1.86 \times 10^{-1}$ (-2.54)
		大都市到着ダミー	$1.45 \times 10^{-1}$ (3.03)		$-8.00 \times 10^{-4}$ (-3.57)
		トリップ距離(km)	$5.40 \times 10^{-4}$ (3.14)		
		東海道・山陽新幹線会員	$1.38 \times 10^{-1}$ (1.99)		
		JR東日本会員	$1.50 \times 10^{-1}$ (2.89)		
		自家用車保有	$-1.34 \times 10^{-1}$ (-2.30)	$4.03 \times 10^{-1}$ (4.64)	
		ETC会員	$-1.16 \times 10^{-1}$ (-3.10)	$1.87 \times 10^{-1}$ (3.74)	
		男性			$1.31 \times 10^{-1}$ (2.67)
		女性・40歳代	$1.29 \times 10^{-1}$ (2.26)		$-2.04 \times 10^{-1}$ (-2.05)
	女性・50歳代	$1.61 \times 10^{-1}$ (2.52)			
	家族旅行・イベント目的			$1.24 \times 10^{-1}$ (1.79)	
	家族旅行・スポーツ目的			$2.73 \times 10^{-1}$ (4.49)	
	家族旅行・自然目的	$-5.20 \times 10^{-2}$ (-1.30)		$-5.51 \times 10^{-1}$ (-3.75)	
	友人知人・イベント目的	$1.19 \times 10^{-1}$ (1.24)		$-2.24 \times 10^{-1}$ (-1.93)	
	友人知人・スポーツ目的				
	友人知人・温泉目的	$9.20 \times 10^{-2}$ (1.39)			
	友人知人・自然目的	$-1.94 \times 10^{-1}$ (-2.64)		$2.73 \times 10^{-1}$ (3.14)	
	友人知人・買物目的	$1.52 \times 10^{-1}$ (2.11)			
	旅行者数(人)			$1.60 \times 10^{-2}$ (1.15)	
1人旅行ダミー			$-2.02 \times 10^{-1}$ (-2.10)		
乳幼児率(%)	$-2.41 \times 10^{-1}$ (-1.71)				
測定方程式	定時性	$2.22 \times 10^{-0}$ (4.96)		$9.21 \times 10^1$ (11.1)	
	事故安全性	$1.00 \times 10^{-0}$ [fix]			
	乗車疲労	$1.21 \times 10^{-0}$ (5.39)			
	鉄道好き	$1.97 \times 10^{-0}$ (5.77)			
	習慣性	$1.31 \times 10^{-0}$ (4.47)		$1.00 \times 10^0$ [fix]	
	プライベート性			$1.52 \times 10^0$ (15.0)	
	機動性			$1.60 \times 10^0$ (15.1)	
	載荷性			$1.56 \times 10^0$ (15.0)	
自動車運転好き			$1.63 \times 10^0$ (14.9)		
選別・選択プロセス	u(x) (選択)	RC (幹線鉄道キャプティブ)	リスク回避 - 自動車利便性 所要時間差A-R(時間)	$1.01 \times 10^{-0}$ (1.86)	$4.99 \times 10^{-0}$ (4.80)
		AC (自動車キャプティブ)	自動車利便性 - リスク回避 定数項	$5.68 \times 10^{-0}$ (8.42)	$-1.23 \times 10^{-0}$ (-3.37)
	p(i C) (選択)	共通変数	所要時間(時間)	$-1.36 \times 10^{-0}$ (-2.40)	$-2.33 \times 10^{-0}$ (-2.36)
		幹線鉄道固有変数	家計単位交通費用(万円)		$9.56 \times 10^{-1}$ (1.48)
適合度等	MIMIC適合度		GFI:0.964 AGFI:0.907 RMSEA:0.046		
	自由度調整尤度比		0.720		
	選択結果的中率		90.4%		
	選択肢集合的中率		77.5%		
	時間評価値(€/min.)		97.3		
	サンプル数		1113		

※ R:幹線鉄道、A:自動車、[fix]:モデル識別のための固定パラメータ

#### 4. M-PLCモデルによる幹線交通施策の評価可能性

自動車交通に対する幹線鉄道の弱点は、公共交通サービスが充実しているとは言い難い地方の目的地エリアにおける移動手段の確保が難しいことであり、これ補完する施策の一つに、現在でも提供されている「レール&レンタカーサービス(以下、R&R)」の充実が考えられる。ここでは、目的地エリアまでの鉄道料金と目的地エリアにおけるレンタカー利用料金との合計額が現状の鉄道利用料金程度に設定された、現行サービスよりも高いサービスレベルのR&Rを想定し、本施策の認知率が幹線交通機関の選択肢の選別や選択に与える影響をM-PLCモ

デルによりシミュレートする。

シミュレーションは首都圏を発地、長野県白馬村を着地とするトリップを対象とし、以下の手順で実施する。

- ① モデル構築に使用した 1113 サンプルから、首都圏在住者サンプルを抽出し、各サンプルの LOS データを整備する(N=678)。
- ② MIMIC モデルの客観的に観測される変数に各サンプルの LOS データや旅行形態データ(但し、旅行目的は自然、スポーツ、温泉)等を代入し、主観的重視度の期待値を推定する。
- ③ 旅行者が本 R&R を認知することにより、「機動性」への主観的重視度が「自動車利便性」因子へ寄与しなくなると想定し、ランダムに抽出したサンプルの「機動性」に最小値を付与する。
- ④ ランダムに抽出する確率(本 R&R への認知率)を変動させ、M-PLC モデルにより選択肢集合のシェアと交通機関選択確率の平均を算出する。

シミュレーション結果を図4に示す。現況では幹線鉄道サービスが必ずしも十分でないこと等からACが約80%と圧倒的多数である。ここで本R&Rへの旅客の認知率が高まれば、ACが解冻されてselやRCに移行する様子が見て取れる。全旅客が本R&Rを認知した場合ACが最大で約45%解冻され、幹線鉄道選択確率も最大で50%程度まで増加する可能性がある。更に本施策によりselが増加することと、選択モデルの効用関数においては所要時間や交通費用が有意な変数であることから、例えば、燃油費の増加や鉄道運賃の割引等によりラインホール部分の交通費用等のLOSが変化すれば、交通機関選択確率が更に変化する可能性がある。

このようにM-PLCモデルは、選択肢の選別と選択確率を同時に推定することができ、幹線交通施策の比較検討に貢献できるツールになり得ると考えられる。

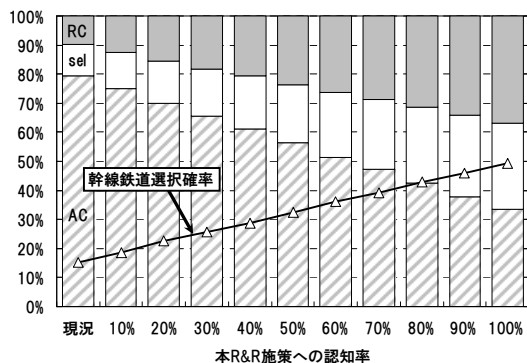


図-4 本R&R施策への認知率と選択肢集合との関係

## 5. おわりに

本研究では、幹線交通旅客の機関選択問題について、これまで実態すら明らかでなかった選択肢集合の観測を試み、モードキャプティブが非常に多いことを明らかに

した。その上で、交通機関の選択行動を選択肢の選別後に交通機関を選択しているという二段階の意思決定プロセスと想定し、機関選択意識因子を内生化したPLC型の選別・選択プロセスモデル(M-PLCモデル)を構築した。

幹線交通のようなモードキャプティブが多数を占めているマーケットにおける新規サービスのマーケティング戦略においては、まずは旅行者に施策を適切に認知させて選択肢集合に含めさせることが重要である<sup>2)</sup>。本研究で提案したM-PLCモデルは、幹線交通機関の選択肢の選別と選択確率を同時に推定することができることから、幹線交通施策の比較検討において一定の役割を果たすことが期待できよう。

今後の課題としては、機関選択要因「機動性」の主観的重視度とR&Rのサービスレベルとの関連性等に関する精緻な調査・分析を行ない、R&R施策と幹線交通のLOSを同時に検討することができる交通行動モデルに拡張する必要がある。また、本研究で想定したような高度なR&R施策の実現に向けては、社会実験の実施などを含め、観光地エリアにおける事業スキームの検討が課題であると考えられる。

## 参考文献

- 1) 例えば 国土交通省航空局：平成13年度航空需要予測手法に関する調査報告書，2001
- 2) 福田大輔，森地茂：選択肢の選別過程に関する実証比較分析：交通手段選択を対象として，土木計画学研究・論文集，vol.19，No.3，pp.375-381，2002
- 3) 奥村 誠 他：都市間交通の分析と評価の課題，土木計画学研究・講演集，vol.25，pp.849-852，2002
- 4) 日比野直彦，パルモグ ミシェル，平田輝満：観光を目的とした都市間交通の特性に関する基礎的研究，土木計画学研究・論文集，vol.24，No.2，pp.389-395，2007
- 5) Manski C.：The Structure of Random Utility Models, Theory and Decision, Vol.8, pp.229-257, 1977
- 6) 柴田宗典，内山久雄：観光旅行者の幹線交通機関選択における意思決定プロセスの分析，土木計画学研究・講演集，vol.37，CD-ROM，2008
- 7) 武藤雅威，柴田宗典，日比野直彦，内山久雄：主観的意識に着目した休日の幹線交通機関選択行動に関する研究，運輸政策研究，vol.6No.4，pp.2-11，2004
- 8) Swait J. and Bev-Akiva M.：Empirical Test of a Constrained Choice Discrete Model "Mode choice in SAO PAULO, BRAZIL", Transportation Research Board, Vol.21 B, No.2, pp.103-115, 1987
- 9) 森川高行，佐々木邦明：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.115-124，1993