

世帯構成員間の関係に基づいた自家用車利用確率を考慮した交通機関選択モデルの構築

A Mode Choice Model which Accounts for Vehicle Availability as Determined by Intra-Household Interactions

山本俊行*・藤井 聡**・吉田 洋***・北村隆一****

By Toshiyuki YAMAMOTO, Satoshi FUJII, Hiroshi YOSHIDA and Ryuichi KITAMURA

1.はじめに

交通需要予測の分野においては、従来の集計モデルに替わり、各個人の多種多様な選択行動を反映できる非集計モデルを用いた研究が盛んに行われるようになった。一般に、非集計モデルでは、年齢や性別等の個人の属性や、所要時間や費用等の代替案の属性に関する客観的な要因が交通行動の説明変数として用いられる。近年では、そのような客観的な要因に加えて、人間の認知構造、嗜好、行動の習慣などの個人に内在する様々な要因が、各個人によって異なっているとの観点から、それらの個人の異質性(Heterogeneity)が交通行動に影響を与えるという考えに基づいて、交通行動をモデル化する研究が盛んに行われている¹⁾²⁾³⁾。

しかし、上記のような個人に内在する異質性だけではなく、それぞれの個人が関係している他者との関係も各個人によって異なっており、それに伴う異質性が存在しているものと考えられる。さらに、近年では、個人を分析単位とするのではなく、世帯を分析単位とした交通需要予測への転換の必要性も高まりつつあるものと考えられる⁴⁾。個人間の関係性に着目した研究として、田中・森川⁵⁾、多々納ら⁶⁾の研究が挙げられる。田中・森川は、個人の何らかの行動に対する効用はその個人が想定する他者の効用から影響を受ける、という仮定に基づき合理的選択理論の再構築を図り、それを自動車利用自粛行動への適用を試みている。多々納らは、自動車の送迎・相乗りにおけるサービス提供者とサービス享受者のそれぞれの自動車送迎・相乗り

効用を、両者の相関を考慮した上で定式化している。

一方、交通機関の選択肢の設定においても、それぞれの個人は分析者の側で考える全ての選択肢の中から選択を行っているのではなく、個人によって固有な選択肢の中から選択を行っていると考えられる。このような考えに基づいて、選択肢集合の異質性を考慮した研究も行われている⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾。

これらの研究では、個人の選択肢集合の異質性は、個人属性、世帯属性、あるいは、その個人の持つ各選択肢に対する情報量等の、日々変動せず一定の値を取る要因に依存すると仮定している¹⁰⁾¹¹⁾。しかし、選択肢集合の異質性は、その個人の選択時点の状況にも依存することが考えられる。特に、「自家用車」を選択肢とする交通機関選択の選択肢集合は、選択実行時点の状況に大きく依存するものと考えられる。ここに、自家用車とは、世帯内のいずれかの世帯構成員が任意の日時において利用出来る自動車意味する。

一般に、各世帯の自家用車の台数は世帯構成員の人数よりも少ない¹²⁾。その場合、世帯構成員間で自家用車の利用に関する競合が生じる。これは、自家用車の選択肢集合への帰属(以下、自家用車利用可能性)が、その個人以外の世帯構成員(以下、世帯内他者)の、意思決定時点における自家用車の利用状況に影響を受ける事を意味する。すなわち、選択肢集合が自家用車を含む場合、交通機関選択における選択肢集合の異質性を考慮するためには、「世帯構成員間の関係」を「選択時点における短期的な状況」として捉えることが必要であると考えられる。

そこで、本研究では、自家用車利用可能性は世帯構成員間の関係に依存すると仮定し、自家用車利用可能性に基づく選択肢集合の異質性を考慮した交通機関選択分析を行う。本稿では、そのための最初の試みとして、自家用車の選択に関して自らが運転する場合に限定し、同乗については考慮しない。また、都市部での中長距離トリップにおける自家用車の代

キーワード:交通手段選択, 交通行動分析

* 正会員 工修 京都大学助手 工学部交通土木工学教室
(〒606 京都市左京区吉田本町

Tel 075-753-5136 Fax 075-753-5916)

** 正会員 工修 京都大学助手 工学部交通土木工学教室

*** 学生員 京都大学大学院工学研究科

応用システム科学専攻

**** 正会員 Ph.D 京都大学教授 工学部交通土木工学教室

替機関として、最も一般的な鉄道を考える。これらの前提のもとで、自家用車と鉄道の交通機関選択モデルを構築する。

2. アンケート調査によるデータの収集

本研究では、阪神高速道路湾岸線の新規供用区間の供用効果を把握するために、大阪湾岸地域の居住者を対象として平成6年11月に実施したアンケート調査から得られたデータを利用して分析を加える。この調査では、湾岸線沿線を中心とする地域の居住世帯から地域別に無作為抽出した居住者、および湾岸線の競合路線利用者に対して、回答量の少ない簡単な調査票を予備調査として事前に配付した。本調査では、予備調査で回答のあった個人の世帯を調査対象として、1世帯あたり4枚の個人調査票と1枚の世帯票を配付した。なお、配付した4枚の個人調査票については、16歳以上の世帯構成員に対して回答を求めた。本調査での回収数は、648世帯（回収率約14%）1257人である^{〔脚注〕}。

この調査では、回答者が調査当日行った全てのトリップのうち、最初に自宅から外出した時のトリップを対象とした設問項目を設けた。なお、この設問項目は、自動車と鉄道を選択肢集合とする機関選択行動を対象とした分析を目的として設計した。

各回答者について得られたデータは、トリップ属性（トリップ目的、交通手段等）、代替案属性（自動車と鉄道の所要時間、費用等）、個人属性（年齢、性別等）等である。これらに加えて、鉄道を利用した個人については、「自家用車が利用可能であったか否か」を尋ね、自家用車利用可能性に関するデータを得た。また、各世帯の代表者1名からは、世帯属性に関しても回答を求め、自家用車保有台数、および、それぞれ自家用車の主な利用者に関するデータも得た。

本研究では、以上に述べたデータに基づいて自家用車、鉄道を選択肢集合とする交通機関選択に対して分析を加える。

3. モデルシステムの概要

本稿では、2. で述べたデータに基づいて、自家用車の利用可能に基づく選択肢集合の異質性を考慮した交通機関選択分析を行うことを目的とした交

通機関選択モデルの構築を図る。特に、自家用車の利用可能性は、世帯構成員間の関係性に依存すると仮定する。そこで、交通機関選択確率を以下のように定式化した。

$$P(c) = PP(d=1) \times PC(c|d=1) \quad (1)$$

$$P(t) = 1 - PP(d=1) \times PC(c|d=1)$$

$P(c)$: 自家用車の選択確率

$P(t)$: 鉄道の選択確率

$PP(d=1)$: 自家用車が利用可能である確率

$PC(c|d=1)$: 自家用車が利用可能である場合に自家用車を選択する条件付き確率

d : 自家用車利用可能性を示すダミー変数 ($d=1$: 自家用車利用可能, $d=0$: 自家用車利用不可能)

上記の式(1)のように、 $PP(d=1)$ で示された自家用車が利用可能である確率を導入することによって、選択行動を行う時点での自家用車の利用可能性を考慮した上での、各個人の自家用車および鉄道の選択確率を算出することが可能となる。

本研究では、自家用車が利用可能である場合に自家用車を選択する条件付き確率 $PC(c|d=1)$ について、バイナリーロジットモデルの枠組みに基づき、式(2)、(3)、(4)に示すように、定式化する。

$$PC(c|d=1) = e^{V_c} / (e^{V_c} + e^{V_t}) \quad (2)$$

$$V_c = A_c X_c \quad (3)$$

$$V_t = A_t X_t \quad (4)$$

V_c : 自家用車が利用可能である場合の自家用車の確定効用

V_t : 自家用車が利用可能である場合の鉄道の確定効用

A_c, A_t : 未知パラメータベクトル

X_c, X_t : 説明変数ベクトル

自家用車が利用可能である確率 $PP(d=1)$ については、世帯構成員間の影響による選択肢集合の異質性を考慮するため、世帯内他者の存在および行動による影響を明示的に扱う。本稿では、「選択実行時点における自家用車の利用に関する世帯内他者全員の欲求の程度」が $PP(d=1)$ に及ぼす影響をモデル化する。このアプローチに基づいて、世帯内他者が選択実行時点において選択肢集合に及ぼす

影響を明示的に考慮する。なお、自家用者の利用に関する世帯内他者全員の欲求の程度に関しては、式(3)、(4)で定式化される各々の世帯構成員の機関効用に基づいて算出し、内生的に取り扱う。

一方、時間的な観点から、自家用車利用可能性と対比をなす指標として、自分専用の自家用車があるか否か（以下、専用車の有無）、という指標が考えられる。すなわち、自家用車利用可能性が、先述したように日々変動する自家用車の利用に関する指標である一方で、専用車の有無は長期的な自家用車の利用に関する指標である。そして、前者は後者に大きく影響を受けているものと考えられる。そこで、自家用車利用可能性に対する専用車の有無の影響を明示的に考慮することとする。また、本モデルシステムの実用化を目指す場合、各個人の専用車の有無を需要予測時点で把握することは困難であることが予想される。そこで本研究では、専用車の有無を内生化することとする。

本研究では、以上の考え方に基づいて、自家用車利用可能確率 $PP(d=1)$ を、以下の構造方程式、測定方程式を仮定した構造方程式モデル¹³⁾に基づいて、式(8)の様にモデル化する。

構造方程式

$$\begin{pmatrix} CarAvail^* \\ MainUse^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & \beta \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} CarAvail^* \\ MainUse^* \end{pmatrix} + \Gamma X + \zeta \quad (5)$$

$CarAvail^*$: 自家用車の利用を規定する潜在変数（自家用車利用可能水準）

$MainUse^*$: 専用車の有無を規定する潜在変数（専用車水準）

β : 未知パラメータ

Γ : 未知パラメータ行列

X : 外生変数ベクトル

ζ : 多変量正規分布に従う誤差項ベクトル

測定方程式

$$d = \begin{cases} 0 & \text{if } CarAvail^* < \theta_1 \\ 1 & \text{if } CarAvail^* \geq \theta_1 \end{cases} \quad (6)$$

$$h = \begin{cases} 0 & \text{if } MainUse^* < \theta_2 \\ 1 & \text{if } MainUse^* \geq \theta_2 \end{cases} \quad (7)$$

h : 専用車の有無を示すダミー変数（ $h=1$: 専用車有, $h=0$: 専用車無）

θ_1, θ_2 : しきい値

そして、 $PP(d=1)$ は、

$$PP(d=1) = \begin{cases} 0 & \text{if } NV = 0 \\ \Phi(CarAvail^* - \theta_1) & \text{if } NV \neq 0 \end{cases} \quad (8)$$

NV : 自家用車保有台数
 $\Phi(\cdot)$: 標準正規分布関数
 $CarAvail^*$: 自家用車利用可能水準の期待値

以上の定式化における未知パラメータ $A_c, A_p, \beta, \Gamma, \theta_1, \theta_2$ は、自家用車利用可能性 d を観測不可能な内生変数として、式(1)に基づいて尤度関数を定式化して同時に推定することが可能である。この方法では、選択行動結果を全てのパラメータに反映できるという利点もあるが、計算コストが非常に大きく、かつ、自家用車利用可能性に関するデータがパラメータ推定値に反映されないという問題点がある。本研究では、前章で述べた自家用車利用可能性のデータをパラメータに反映させ、かつ、計算コストの軽減を図るために、自家用車が利用可能である確率 $PP(d=1)$ と、自家用車が利用可能である場合に自家用車を選択する条件付き確率 $PC(d=1)$ のそれぞれに含まれるパラメータを段階的に推定することとした。

4. 機関選択モデル

本研究では、式(1)における $PC(d=1)$ を算出する方程式を式(2)から(4)のロジットモデルで推定する際、自家用車利用が不可能であった被験者、または運転免許を保有していない被験者を対象外とした。これは、前者は鉄道利用を余儀なくされた被験者であり、後者は自家用車利用時には身近な免許保有者に対して同乗を依頼する等が必要な被験者であって、両者とも $d=1$ の条件、すなわち自家用車の運転利用が可能であったという条件を満たしていないと考えたためである。

また、交通機関選択に影響を与える要因としては、個人属性、世帯属性およびトリップ属性を考え、これらを説明変数として推定を行った。その推定結果を表1(A)に示す。さらに表1(A)との比較のため、自家用車利用不可能者および、運転免許非保有者を含めた個人集合に対して同様に推定した結果を表1(B)に示す。なお、表1においては自家用車の確定効用（式(3)の V_c ）を0とした。すなわち、パラメータ値

表1 機関選択モデルの推定結果

Variable	A		B	
	Coef.	t	Coef.	t
女性	0.81	3.06	0.87	3.84
世帯構成人数	0.20	2.25	0.24	2.95
世帯保有自家用車数	-0.30	-2.30	-0.41	-3.42
帰宅時自動車使用希望	-0.97	-3.00	-1.03	-3.54
通勤手当満額支給	-0.72	-2.44	-0.40	-1.57
旅行・レジャー目的	-0.54	-2.80	-0.36	-1.43
鉄道旅行時間	-0.019	-2.89	-0.015	-2.48
自家用車旅行時間	0.038	6.06	0.037	6.51
鉄道費用	-0.00120	-2.84	-0.00130	-3.49
自家用車費用	0.00068	3.37	0.00064	3.53
定数項	-0.69	-1.67	-0.64	-1.68
サンプル数	447		547	
L(0)	-309.8		-379.2	
L(C)	-307.4		-378.4	
L(β)	-246.9		-303.7	
決定係数	0.20		0.20	
修正決定係数	0.18		0.18	
-2[L(0)-L(β)](df)	125.9(11)		151.0(11)	
-2[L(C)-L(β)](df)	120.9(10)		149.4(10)	

が正（負）をとっている場合、その変数が増加すると鉄道選択確率は大きく（小さく）なる。

表1(A)から、鉄道の旅行時間および費用のパラメータと自家用車の旅行時間および費用のパラメータについては、妥当な推定結果であるといえる。また、旅行時間のパラメータに着目してみると、自家用車の値は鉄道の値に比べ、絶対値の大きさが約2倍になっている。反対に、費用のパラメータについては、鉄道の値が、自家用車の値に比べて、絶対値の大きさが約2倍となっている事が分かる。加えて女性の場合、鉄道を利用する確率が高いという結果となっており、また、当人が帰りの用事で車を使いたい、トリップ目的が旅行・日帰りレジャーである、通勤手当が全額は支給されていない等の条件があると自家用車を利用する確率が高いという結果となっている。

一方、A、Bを比較すると、修正決定係数の値は双方とも0.18となっており、適合度からは一概に両方のモデルの優劣はつけられない。しかし、双方のパラメータを比較してみると、パラメータの符号は両者とも同じであるものの、その値は両者の間で異なっていることが分かる。なお、それぞれのパラメータの差についてt検定を行ったところ統計的に有意な差は見られなかったが、Bのモデルの推定値では、自家用車を自らの運転によって利用することが不可能な、選択肢の効用によって選択を行なってい

ない個人をサンプルに含めたことによって、見かけの相関が推定値に反映され、選択効用の算出にひずみを生じさせると考えられる。両モデルの推定値に基づいた機関選択確率に関する感度分析の結果、自家用車利用可能性を考慮した選択確率と利用可能性を考慮しない選択確率の感度には、統計的に有意な差があることが確認された。感度分析については、本稿6.で示す。

5.自家用車利用可能モデル

世帯内の他者の存在および行動による影響を明示的に考慮した自家用車利用可能モデルを構築するためには、モデルを構築する際に用いるサンプルに対して、その個人が属する世帯内の他者全員の当日の行動に関するデータを入手していることが必要条件となる。そこで、調査当日にトリップを行なった個人のうち、世帯に所属する16歳以上の個人と一致する数だけの調査票を回収することができた世帯に所属する個人を、その個人の属する世帯内全員の当日の情報が完全に得られている個人と考え、その個人のみを対象としてモデルを構築することとした。なお、複数の世帯構成員のデータをそれぞれ独立なケースとして分析に用いており、世帯構成員間の誤差の相関等については、本稿では考慮していない。

本研究では、3.で述べたように、「自家用車の利用に関する世帯内他者全員の欲求の程度」を自家用車利用可能性の説明変数として導入する。それに加えて、「自家用車の利用に関する自分自身の欲求の程度」も自らの自家用車利用可能性に影響を与えているものと考えた。そこで、4.で構築した機関選択モデルにおいて推定された表1(A)に示されるパラメータの値を用いて、自家用車が利用可能であった場合の個人の自家用車利用確率、 $PC(d=1)$ 、及びその個人にとって1台以上の自家用車が残っている確率 P_{car} （以下、自家用車残余確率とする）を、自家用車利用可能モデルの外生変数として用いることとした。なお、自家用車残余確率は以下の仮定に基づくものである。

1. 世帯内のそれぞれの個人は、自家用車利用に関する優先順位を持っている。
2. 各世帯構成員は、優先順位に従って1人ずつ自家用車の利用を決定していく。
3. 個人にとって、自分の順番において自家用

車が1台以上残っている場合、自家用車が利用可能である。

4. 自家用車が利用可能な場合、自家用車を利用する確率は、その個人の $PC(cld=1)$ である。

5. 自家用車を利用する人数が自動車保有台数に達した場合、それ以下の優先順位の個人にとって自家用車は残余しない。

6. 1 台の自家用車は 1 人しか利用出来ない。

ここで、世帯内における優先順位は観測不可能である。そのため、世帯内における優先順位をランダムとし、自家用車残余確率の期待値を算出することとし、式(9)の様に定式化した。

$$P_{sur} = \begin{cases} 0 & \text{if}(NV = 0) \\ \sum_{j=1}^{NH} P(Seq = j) P(VSur \geq 1 | Seq = j) & \text{if}(NV \neq 0) \end{cases} \quad (9)$$

NH : 世帯構成人数

$VSUR$: その個人にとって残余している自家用車台数

Seq : その個人の世帯内優先順位

$P(Seq = j)$: $Seq = j$ である確率 ($= 1/NH$)

$P(VSur \geq 1 | Seq = j)$: $Seq = j$ の場合に $VSUR$ が 1 以上である確率

なお、 $P(VSur \geq 1 | Seq = j)$ は各世帯構成員の $PC(cld=1)$ の推定値に基づき算出される。

本研究では、 P_{sur} を式(9)に基づいて、機関選択モデルから得られたパラメータ推定値を用いて算出される $PC(cld=1)$ 、および、外生的に与えられる NV 、 NH を与件として算出した。これらの変数を導入することにより、世帯の構成員間の関係による選択肢集合の異質性を明示的に考慮することが可能となる。

以上のような考え方に基づいて、図1の様な変数間の関係を仮定し、自家用車利用可能モデルを重み付き最小2乗法で推定した結果を表2に示す。

表2より、モデル全体の適合度を示す指標である GFI および AGFI は、それぞれ 0.996 および 0.919 とほぼ 1 に近い値になっており、高い適合度が得られていることが分かる。また、それぞれの被説明変数の重相関係数に着目すると、 $CarAvail^*$ については 0.416 とある程度の適合度が得られたものの、 $MainUse^*$ については 0.149 と低い値となった。これは、 $MainUse^*$ には今回用いた要因以外のものが影響しているためであると考えられ、今後 $MainUse^*$ に影響する他の要因をさらに導入する必要があると思われる。

また、 $MainUse^*$ は $CarAvail^*$ に正の影響を及ぼしていることが分かる。このことから、自分専用の自家用車がある個人ほどトリップ当日にも自家用車を利用できる可能性が高くなることを示している。

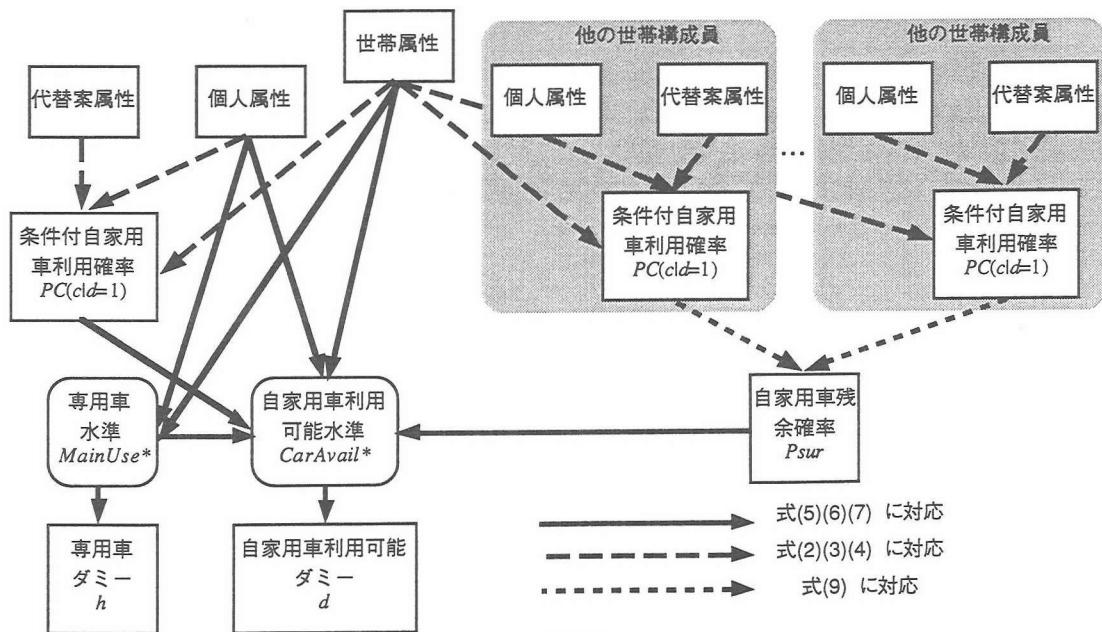


表2 自家用車利用可能モデルの推定結果

	<i>MainUse</i> [*]		<i>CarAvail</i> [*]	
	Coef.	t	Coef.	t
<i>MainUse</i> [*]			0.131	2.81
既婚者	-0.823	-24.13	0.093	6.88
収入500万円以上			0.319	29.29
運転歴	0.028	1.64	-0.178	-12.83
自家用車利用確率			0.144	7.81
世帯構成人数	0.217	7.79	-0.127	-5.66
同居している親の人数	-1.128	-32.08		
世帯内免許保有人数	-0.160	-6.61	0.121	4.84
世帯収入	-0.033	-1.80		
世帯保有自家用車数	0.606	28.78	0.072	3.01
世帯内自家用車余剰確率			0.207	6.58
重相関係数	0.149		0.416	
サンプル数	367			
GFI	0.996			
AGFI	0.919			
<i>MainUse</i> [*] の誤差項と <i>CarAvail</i> [*] の誤差項間の共分散 =0.2410 (t-stats=7.36)				

それに加えて、*MainUse*^{*}と*CarAvail*^{*}の誤差項間の共分散が有意に正の値をとっており、両者の誤差相関の存在が確認できる。これらの結果から、自分専用の自家用車があるか否かが自家用車の利用可能性に対して大きな説明力を持っており、モデルに取り入れることで精度の向上が図れたものと思われる。

一方、各外生変数について着目してみると、世帯構成員全員の自家用車の利用に対する欲求の程度である自家用車残余確率 P_{sur} については*CarAvail*^{*}に対して正のパラメータが得られた。これは、自家用車の利用に関する他の世帯構成員の欲求の程度が大きくなると、自家用車を利用できる確率が減少することを示している。また、このパラメータの絶対値も大きく、かつ統計的にも有意であり、自家用車残余確率が、自家用車の利用可能性の重要な規定要因であることが分かる。これらより、自家用車利用可能性をモデル化する際には、世帯構成員間の関係を明示的に考慮することが必要であり、自家用車利用可能性*CarAvail*^{*}を規定する重要な要因であることが確認できる。

さらに、自分自身の自家用車の利用に対する欲求の程度である自家用車利用確率についても、*CarAvail*^{*}に対して正のパラメータが得られた。これは、自家用車の利用に関する自らの欲求が大きい人ほど、他の世帯構成員に対して、自家用車の必要性を自家用車を利用することができる確率が増加するものと解釈できる。

一方、その他の外生変数について着目すると、世

帯保有自家用車数は*MainUse*^{*}、*CarAvail*^{*}の2つの潜在変数の双方に正の効果を持つことが読み取れる。また、既婚者、運転歴、世帯構成人数、世帯内免許保有人数のそれぞれの外生変数は*MainUse*^{*}に対して正（負）、*CarAvail*^{*}に対して負（正）と、相異なる影響を与えている事が分かる。*MainUse*^{*}、*CarAvail*^{*}は、それぞれ長期的な利用可能性（専用車）と短期的な利用可能性（当日の利用）を表わすものである。これらの外生変数が、2つの利用可能性に対して異なる効果を持つ事は、興味深い結果であると言える。

6. 感度分析

本研究では、自家用車と鉄道の2者を選択肢とする交通機関選択モデルに対して、各個人の異質性として、世帯内の他者による影響を考慮した自家用車の利用可能性を導入し、モデルシステムの中に取り入れることを試みた。ここでは、本研究で提案する交通機関選択モデルの交通需要予測に対する有効性を検討するために、いくつかの外生変数に関する感度分析を行う。

感度分析を行うために用いる説明変数は、世帯保有自家用車数、鉄道旅行時間、自動車旅行時間、鉄道費用、自動車費用の5変数である。また、感度分析に用いたサンプルは、5.で自家用車利用可能モデルを推定する際に用いた367ケースである。

ケース毎に、式(1)から(7)の定式化に基づいて、表1(A)に示したパラメータ及び、表2に示したパラメータを用いて、各々の説明変数の数値を一律に変更した時の自家用車利用確率と変更前の確率を算出した。そして、両者の利用確率差を、種々の説明変数に対する感度として算出した。その平均値、及び標準偏差を表3(A)に示す。また、比較のために、自家用車の利用可能性を一切考慮しない一般的な機関選択モデル、すなわち、自家用車の利用が不可能であった個人、ならびに、運転免許非保有者も推定サンプルに含め、かつ、通常のロジットモデルで推定した結果得られた推定値(表1(B))に基づいて同様に感度を計算した。その感度分析結果を表3(B)に示す。なお、表1(B)を推定する際には、自家用車利用可能水準(*CarAvail*^{*})に有意に影響を与えていた個人属性・世帯属性(表2参照)も説明変数として導入したが、t検定の結果、それらの要因は全て有意なパラメー

表3 感度分析結果

説明変数 (変化量)	A		B		AとBの差 のt検定値
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
世帯保有自家用車数 (+1台)	0.081	0.027	0.077	0.025	2.19 *
世帯保有自家用車数 (-1台)	-0.264	0.224	-0.071	0.031	-16.37 **
鉄道旅行時間 (+30分)	0.079	0.027	0.085	0.027	-2.84 **
自家用車旅行時間 (+30分)	-0.171	0.079	-0.182	0.079	1.93
鉄道費用 (+500円)	0.114	0.038	0.123	0.039	-2.99 **
自家用車費用 (+500円)	-0.054	0.022	-0.058	0.021	2.33 *

**: 1%有意, *: 5%有意

タを持たなかった。

表3(A)の結果と表3(B)の結果を比較すると、両モデルの感度が異なっていることが分かる。両モデルの感度の平均値が等しいという帰無仮説のもとでのt検定を行った結果、ほぼ全ての感度分析結果において差があることが確認できた。世帯保有自家用車数の増減による結果を比較すると、Aのモデルの方が、Bのモデルよりも大きな感度が得られている。これは、Aのモデルでは、世帯保有自家用車数は、式(1)における $PC(d\neq 1)$ 、 $PP(d\neq 1)$ の双方に影響を与える一方で、Bのモデルでは、それらの影響を反映させることが不可能なためである。特に、世帯保有自家用車数の減少による両モデルの感度の差は極めて大きなものとなっている事が分かる。これは、1台保有世帯は1台減少することで非保有世帯となり、 $PP(d\neq 1)$ が0となるため、非常に大きな感度が算出されたことが原因である。

一方、代替機関のサービス水準の変化による結果を比較すると、Bのモデルでは、Aのモデルと比較して大きな感度が算出される事が確認できる。これは、Bのモデルでは、各個人の自家用車の利用可能性に関わらず、全ての個人がサービス水準の変化に一律に反応する事が原因であると考えられる。

以上より、表2に示したパラメータの推定値の比較からは有意差が確認できなかったものの、感度に関しては異なっていることが統計的に確認できた。本研究で提案した自家用車利用可能性を考慮したモデルシステムの感度の方が、考慮しないモデルの感度よりも、代替機関のサービス水準に対しては小さく、世帯保有自家用車数に対しては大きく計算された。この感度の差に対して、自家用車利用可能性を考慮するか、考慮しないかという両モデルの最も大きな相違点を基本として解釈を加えた結果、妥当な解釈が可能であった。これより、本モデルシステムによって算定される自家用車利用可能性が選択確率へ及ぼす影響の妥当性が確認されたものと思われる。

さらに、自家用車利用可能性の異質性が存在すると考えた場合、自家用車利用可能性を考慮しない従来のモデルでは、交通需要予測を行う場合に精度に問題が存在し、かつ、本モデルシステムによってその精度の向上が期待できることが確認できたものと考えられる。

したがって、将来の交通政策等の評価を目的とした、より精度の高い交通需要予測を行うためには、本研究で提案するように、自家用車の利用可能性について考慮したモデルの構築が必要であると考えられる。

7.まとめ

本研究では、選択肢集合の異質性を考えるために個人の自家用車の利用可能性を考慮した交通機関選択モデルシステムの構築を行なった。また、個人のトリップ当日における自家用車の利用可能性を定式化する際、自分専用の自家用車の有無、自分および他者の当日における自家用車利用に関する欲求の程度をモデルに導入した。推定の結果、それらの要因が統計的に有意に自家用車利用可能性に影響を与えていることが確認できた。また、自家用車利用可能性を考慮しないモデルと本モデルシステムの推定結果を比較したところ、パラメータに有意な差は見られなかったが、感度分析により比較した結果、両モデルには有意な差があることが確認できた。自家用車利用可能性を考慮しないモデルでは、世帯保有自家用車数の変化に鈍感であり、代替機関のサービス水準の変化に敏感であることが示された。これより、交通機関選択分析を行う際の、自家用車の利用可能性を考慮したモデルの必要性が確認できた。

今回は、自家用車利用可能モデルの構築において、同一世帯内の複数の世帯構成員の自家用車利用可能性を独立に推定した。しかし今後、個人間の利用可能性の相互作用のモデル化が必要であると考えられ

る。さらに、本稿では、自分自身の意思で選択行動を決定するものと仮定し、同乗交通を分析対象としなかったが、より精緻な交通行動の把握のためには同乗交通を対象とした分析を行う必要があると考えられる。また、本研究では、選択肢集合の異質性を考慮するために、自家用車の選択肢集合への帰属に関するモデル化を試みた。これに加えて、鉄道の利用可能性についても分析を行う必要があると考えられる。

謝辞：最後に、調査、及び資料の提供にご協力頂いた阪神高速道路公団に対して深甚な謝意を表します。

脚注

このアンケート調査では、予備調査において、無作為標本抽出による居住者と選択肢別標本抽出による湾岸線の競合路線利用者のサンプルを得た。一般に、両者のデータを統合して分析する際、加重層別抽出標本における推定方法を用いる必要がある⁴⁾。本研究では、本調査で得られた、予備調査で回答のあったパネルサンプル、及び同一世帯内の新規サンプルに対して、上記のような補正を行わず分析を行っているが、今後、適切な推定方法を用いることによって補正する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) Recker, W.W. and Golob, T.F.: An Attitudinal Modal Choice Model, *Transportation Research*, Vol. 10, pp. 299-310, 1975.
- 2) 森川高行・佐々木邦明・杉本直：潜在セグメントを考慮した動的な休日買物目的地選択分析，土木計画学研究・論文集，No. 12, pp. 397-402, 1995.

- 3) 山本俊行：個人の嗜好特性を考慮した交通機関選択分析，京都大学工学研究科応用システム科学専攻修士論文，1996.
- 4) 北村隆一：交通需要予測の課題：次世代手法の構築にむけて，土木学会論文集，No. 530 / IV-30, pp. 17-30, 1996.5) 田中小百合・森川高行：社会的相互作用を取り入れた個人選択モデルの試みー自動車利用自粛への適用ー，土木計画学研究・講演集，No. 18(1), pp. 111-114, 1995.
- 6) 多々納裕一・喜多秀行：個人間の相互作用を考慮した送迎・相乗り行動モデルに関する研究，土木学会第50回年次学術講演会講演概要集第4部，pp. 286-287, 1995.
- 7) Tversky, A.: Elimination by Aspects: A Theory of Choice, *Psychological Review*, Vol. 79, No. 4, pp. 281-299, 1972.
- 8) Manski, C.: The Structure of Random Utility Models, *Theory and Decision*, Vol. 8, pp. 229-254, 1977.
- 9) Gaudry, M. and Dagenais, M.: The Dogit Model, *Transportation Research B*, Vol. 13, pp. 105-111, 1979.
- 10) Swait, J. and Ben-Akiva, M.: Incorporating Random Constraints in Discrete Models of Choice Set Generation, *Transportation Research B*, Vol. 21, No. 2, pp. 91-102, 1987.
- 11) 森川高行・竹内博史・加古裕二郎：定量的観光魅力度と選択肢集合の不確実性を考慮した観光目的地分析，土木計画学研究・論文集，No. 9, pp. 117-124, 1991.
- 12) 朝日新聞社編：民力1995年版，1995.
- 13) Joreskog, K. and Sorbom, D.: LISREL VI- Analysis of Liniar Structural Relation by Maximum Likelihood, Instrumental Variables, and Least Squeares Methods, Users Guide. Department of Statistics, Univ. of Uppsala, Uppsala, Sweden., 1984.
- 14) Cosslett, S.: "Efficient estimation of discrete choice models", in structural analysis of discrete data with econometric applications, C. Manski and D. McFadden, eds., MIT Press, 1981.

世帯構成員間の関係に基づいた自家用車利用確率を考慮した交通機関選択モデルの構築

吉田 洋，藤井 聡，山本 俊行，北村 隆一

個人の多種多様な交通行動を反映できるモデルとしての非集計モデルの適用については、選択肢集合の設定が大きな問題となっている。そこで、本研究では機関選択に着目し、選択肢集合の個有性を考えるため、選択行動を行う際の自家用車の利用可能性を考慮した交通機関選択モデルの構築を行う。そして、自家用車の利用可能性を考える際には、同一世帯内の他者の影響が存在すると考え、世帯内の他者の影響を考慮した自家用車の利用可能確率を算出するモデルを構造方程式モデルを用いて構築する。

A Mode Choice Model which Accounts for Vehicle Availability as Determined by Intra-Household Interactions

Hiroshi Yoshida, Satoshi Fujii, Toshiyuki Yamamoto, Ryuichi Kitamura

Misspecification of the decision maker's choice set causes inconsistent estimation of discrete choice models. This study presents a methodology to account for the heterogeneity in travel mode choice sets that results from vehicle availability. Assuming vehicle availability is affected by intra-household interactions and varies from time to time, this study develops a linear structural equations system of vehicle availability while taking intra-household interactions into account.
