

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 Considering Inter-Household Interactions

吉田 洋*・藤井 聡**・山本俊行***・北村隆一****

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

1.はじめに

一般に、交通行動は、個人属性や代替案属性等の客観的変数を外性変数としてモデル化されてきた。近年では、これに加えて、個人の個有性(Heterogeneity)が交通行動に影響を与えるという前提に基づき、人間の認知構造、嗜好、習慣などの個人に内在する様々な形の個有性がモデル化されている¹⁾。しかし、個人に内在する個有性のみでなく、個人が関わる他者との関係にも個有性は存在するものと考えられる。そこで本研究では、他者との関係に注目した交通行動モデルの構築を図る。

一方、個人が交通機関選択を行うときに自動車の利用が不可能な場合、選択行動には大きな制約が加わると考えられる。特に、世帯の保有自家用車が個人が利用するためには他の世帯構成員との合意が不可欠であると考えられる。すなわち、他の世帯構成員が個人の選択肢集合の形成に大きな影響を与えていると考えることができる。そこで本研究では、家族との関係の個有性および選択肢集合の個有性を考慮した交通機関選択モデルシステムの構築を図る。

2.アンケートの概要

本研究では、昨年春に供用された阪神高速湾岸線の影響と効果の調査のため、昨年11月に湾岸線沿線をはじめとする近畿5府県の居住者に対して実施されたアンケートから得られたデータに基づいて分析を行った。このアンケートでは、回答者が調査当日に行ったすべてのトリップのうち、最初に自宅から外出したときのトリップを対象とした。そして、利用交通手段、トリップ目的等のトリップ属性に加え、鉄道利用者には自家用車を、また自家用車利用者には鉄道をそれぞれ利用した際の所要時間や費用等の知覚値を代替案属性として求めた。特に、鉄道利用者に対しては、トリップを行う際に自家用車が利用可能であったかどうかを質問した。その他、個

人属性、世帯属性もあわせて尋ねた。本研究では、以上のデータに基づいて分析を行う。

3.モデルシステムの概要

本研究では、交通機関として非近距離トリップにおいて主要な交通機関と考えられる自動車と鉄道の2者を考えることとする。特に自動車に関しては、世帯構成員との関係を考慮するために、世帯が保有する自家用車に限定してモデル推定を行う。また、自動車の利用は自ら運転する場合に限定する。それぞれの交通機関の利用確率を考えるにあたっては、機関選択行動において重要な制約条件の1つであると考えられる自家用車の利用可能性を考慮する。そして、各個人が交通機関選択を行う時点において、自家用車が利用可能である確率を算出するモデルを構築する。以上のように自家用車利用可能性を明示的に考慮して、鉄道及び自家用車の利用確率をそれぞれ以下のように定式化した。

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

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

d = 自家用車の運転利用可能を示すダミー変数 ($d=1$:自家用車利用可能, $d=0$:自家用車利用不可能)

$P(c)$ = 自家用車の選択確率

$P(t)$ = 鉄道の選択確率

$PP(c)$ = 自家用車が利用可能である確率

$PC(d=1)$ = 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

上記の式のように $PP(c)$ を導入することによって、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。なお、 $PP(c)$ は、他の世帯構成員の影響を明示的に考慮することとする。これによって、機関選択確率に対する世帯構成員の影響をモデル化する。

また、本研究で用いるデータには、前章で述べたように自家用車の利用可能/不可能に関するデータが含まれている。そこでこのデータを反映させるためにも、自家用車が利用可能である確率

キーワード：交通手段選択、交通行動分析

* 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
(〒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

*** 正会員 工修 京都大学助手 工学部交通土木工学教室

**** 正会員 Ph.D 京都大学教授 工学部交通土木工学教室

$PP(c)$ 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 $PC(c|d=1)$ 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。本研究では、 $PP(c)$ および $PC(c|d=1)$ に含まれるパラメータをそれぞれ線形構造方程式モデル、ロジットモデルを用いることにより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 $PC(c|d=1)$ を算出する方程式を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は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、これらを用いて推定を行った。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と免許非保有者を含めたセグメントに対して推定した結果を表1(B)に示す。なお、表1においては自家用車の確定効用を0とし、鉄道の確定効用を表中のパラメータ値に各変数の水準値を掛け合わせたものの総和とした。すなわち、パラメータが正(負)の場合、その変数が大きいと鉄道選択確率が大きく(小さく)なる。

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	-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	
$L(\beta)$	-246.9		-303.7	
決定係数	0.20		0.20	
修正決定係数	0.18		0.18	
$-2[L(0)-L(\beta)](df)$	125.9(11)		151.0(11)	
$-2[L(C)-L(\beta)](df)$	120.9(10)		149.4(10)	

表1(A)から、鉄道および自家用車の旅行時間、費用は、それぞれの選択確率に負の影響を与えていることがわかる。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、パラメータの符号は同じであるものの、その値が異なっていることがわかる。しかし、両者のパラメータのうち、より母数に近い推定値はAであると考えられる。これは、Bを推定する際、自家用車を自らの運転で利用することが不可能な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ることとなったためである。

この様に、選択肢集合の個有性を考慮しない交通機関選択モデルは、選択肢集合の個有性を考慮したモデルとパラメータ推定値が異なるため、異なった交通需要を予測することとなる。したがって、交通需要予測の精度の向上を目指す場合、選択肢集合の個有性の考慮は不可欠であると考えられる。

5. 自家用車利用可能モデル

本研究では、世帯内の他者の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。そのためには、モデルを構築する際に用いるサンプルは、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、その個人の属する世帯内全員の当日の情報が得られている個人のみを対象としてモデルを構築することとした。

機関選択実行時点における自家用車の利用確率 $PP(c)$ は、個人属性、世帯属性に影響を受けるものと考えられる。それに加え、「自家用車の利用に関する自らの欲求の程度」に正の影響を、「自家用車の利用に関する世帯構成員全体の欲求の程度」に負の影響を受けるものと推測される。そこで、「自家用車が利用可能であった場合における個人の自家用車利用確率 $PC(c|d=1)$ 」、「優先順位の高い世帯構成員が自家用車利用を希望した場合、より優先順位の低い世帯構成員よりも優先的に自家用車を利用し、かつ、その優先順位が任意であると仮定した場合において、その個人にとって1台以上の自家用車が余剰している確率 P_{sur} （以下、自家用車余剰確率）」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、 P_{sur} は、以下のように定義することとした。

$$P_{sur} = \begin{cases} 0 & \text{if}(NV = 0) \\ \sum_{j=1}^{NH} P(Seq = j) P(VSur \geq 1 | Seq = j) & \text{if}(NV \neq 0) \end{cases} \dots(2)$$

NV : 自動車保有台数
 NH : 世帯構成人数
 $VSUR$: その個人にとっての余剰自家用車台数
 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 (各世帯構成員の $PC(c|d=1)$ の関数)

本研究では、 $PC(c|d=1)$ を機関選択モデルの推定結果表1(A)に基づいて、そして、 P_{sur} は式(2)に基づいて $PC(c|d=1)$ 、 NV および NH を与件として与えて算出した。

一方、自家用車の利用可能確率 $PP(c)$ は、自分専用の自家用車を保有しているか否かにも影響を受け

るものと考えられる。そして、自分専用の自家用車の保有も、個人属性、世帯属性の影響を受けているものと考えられる。本研究では、以上の考え方に基づいて、図1の様なパスダイアグラムを仮定し、線形構造方程式モデル³⁾を適用して自家用車利用可能モデルを構築することとした。そして、構造方程式、測定方程式を以下のように定式化した。

構造方程式

$$\begin{pmatrix} CarAvail^* \\ VehOwn^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} CarAvail^* \\ VehOwn^* \end{pmatrix} + BX + E \dots(3)$$

$CarAvail^*$ = 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)
 $VehOwn^*$ = 自分専用の自家用車保有を規定する潜在変数 (自分専用自家用車保有水準)
 B = 未知パラメータ行列
 X = 外生変数ベクトル
 E = 多変量正規分布に従う誤差項ベクトル

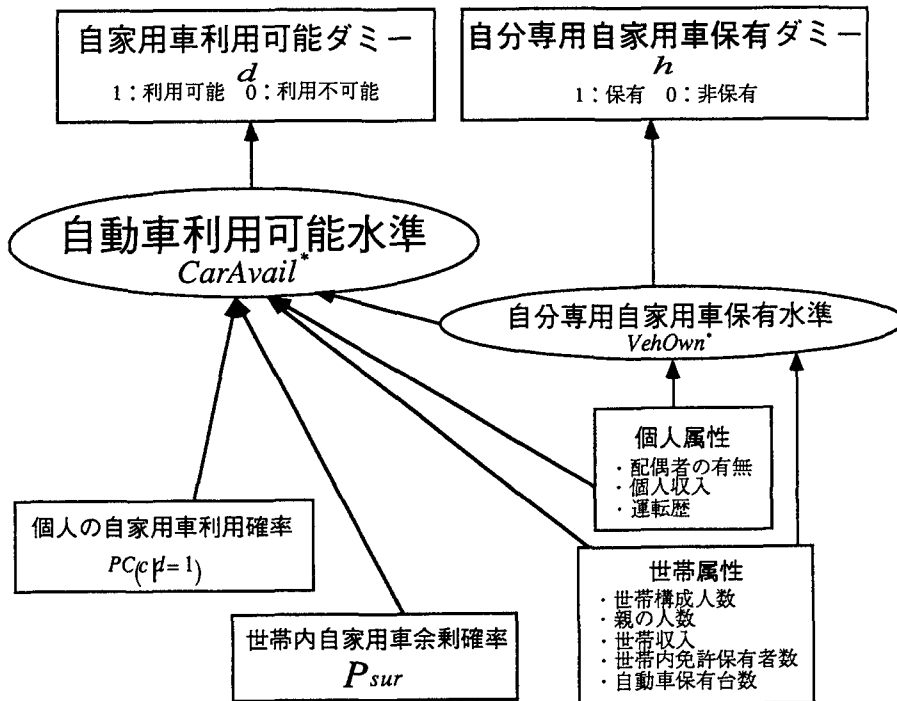


図1 自家用車利用可能モデル

測定方程式

$$d = \begin{cases} 0 & \text{if } CarAvail^* < \theta_1 \\ 1 & \text{if } CarAvail^* \geq \theta_1 \end{cases} \quad \dots(4)$$

$$h = \begin{cases} 0 & \text{if } VehOwn^* < \theta_2 \\ 1 & \text{if } VehOwn^* \geq \theta_2 \end{cases} \quad \dots(5)$$

h : 自分専用自家用車保有を示すダミー変数 ($h=1$:自分専用自家用車保有, $h=0$:非保有)

θ_1, θ_2 : しきい値

以上の仮定に基づいて、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 利用可能モデルの推定結果

	VehOwn*		CarAvail*	
	Coef.	t	Coef.	t
VehOwn*			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
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			

VehOwn*の誤差項とCarAvail*の誤差項間の共分散=0.2410 (t-stats=7.36)

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、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わかる。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、VehOwn*については0.149と低い値となった。これは、VehOwn*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、他の要因をさらに導入する必要があると思われる。

また、VehOwn*はCarAvail*に正の影響を及ぼしており、自分専用の自家用車を保有してい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がわかる。それに加えて、VehOwn*とCarAvail*の誤差項間の共分散が有意に正の値をとっており、両者の系列相関が確認できる。

一方、各外生変数について着目すると、世帯内自家用車余剰確率については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世帯構成員全員の欲求の程度が大きくなると、自家用車を利用する確率が減少することを示している。これより、世帯構成員間の関係を明示的に考慮した上で、自家用車利用確率、および機関選択確率を求めることが可能であることが確認できた。さらに、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自家用車を利用できる確率が増加するものと解釈できる。

その他、世帯保有自家用車数はVehOwn*、CarAvail*双方に正の効果を持つこと、高収入者ほど、当日の自家用車利用可能性が大きいことなどがわかった。

5.まとめ

本研究では、選択肢集合の個有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外生変数とした。推定の結果、それらの外生変数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することにより、自家用車利用可能性の考慮が必要であることがわかった。

今後の課題としては、同乗交通を対象とした分析、あるいは選択肢集合に対する他の制約の考慮が挙げられる。

最後になりましたが、調査、およ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。

参考文献

- 1) 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・講演集, No17, pp.43-46, 1995.
- 2) 竹内啓:統計学辞典, 東洋経済, p.502, 1989.
- 3) Joreskog, K. and Sorbom, D. (1984), LISREL VI-Analysis of Linear Structural Relation by Maximum Likelihood, Instrumental Variables, and Least Squares Methods, Users Guide, Department of Statistics, Univ. of Uppsala, Uppsala, Sweden.