

集団離散選択モデルによる世帯の車種選択行動分析*

Analysis of Household Choice of Vehicle Type using a Group-based Discrete Choice Model *

張峻屹**・桑野将司***・藤原章正****・李百鎮*****

By Junyi ZHANG**・Masashi KUWANO***・Akimasa FUJIWARA****・Backjin LEE*****

1. はじめに

将来交通需要予測や環境負荷量の削減等の目的により、自動車保有・利用行動の分析が世帯を単位として盛んに行われてきた。しかし、世帯とは様々な目的や選好を持つ個人で構成されており、個人それぞれの主な利用目的や利用頻度等を考慮し、話し合いや交渉を行った上で、世帯としての最終意思決定を行っているものと考えられる。世帯内でどのような意思決定ルールが存在しているかが把握できれば、それに応じた新たな政策提案が可能となるであろう。また、個人ごとの選好を統合した世帯の意思決定プロセスを明らかにすることは、就業や就学、免許の取得など特定の世帯構成員の属性の変化が、世帯の選好、あるいは意思決定に与える影響の分析を可能にし、交通行動の変化をより正しく把握することができると考えられる。

本研究ではそのような世帯の意思決定メカニズムを明らかにする第1段階として、世帯の車種選択行動を対象に、多項線形型効用関数による世帯構成員間の相互作用を明示的に取り入れた離散選択モデルを構築し、その有効性の検討を行う。具体的には、従来の分析手法と比較することにより、構築した選択モデルの妥当性に関する考察を行う。

2. 既往の研究

交通行動分析のフレームで集団意思決定をモデル化したものとして、例えば Bohlmann and Qualls¹⁾が挙げられる。彼らは、休日の世帯行動を対象に、構成員間で相談や情報交換前後により個人の選好が変化することをモデル化することで、集団における個人の意思決定の形成について分析を行っている。さらに、個人の意思決定

における他者の影響を明示的に表現した研究としては、小林ら²⁾のランダム・マッチングモデルがある。彼らは同一世帯における送迎・相乗り行動を対象に個人間の相互作用を考慮した離散選択モデルを定式化している。しかし、集団意思決定を行うことによる、構成員間の相互作用が生じているかを判断することはできない。

これに対して、Zhangら^{3)~8)}は世帯時間配分という文脈の中で、集団意思決定理論と時間配分理論を融合させ、集団効用関数として多項線形型効用関数や等弾力社会厚生関数を用いることにより世帯構成員間及び活動間の相互作用を明示的に考慮した世帯時間配分モデルを開発し、その有効性を明らかにした。このような集団意思決定時の個人間の相互作用を明らかにした研究の蓄積は比較的少ないといえる。

そこで本研究では、Zhangらが採用した集団効用関数を援用し、世帯構成員間の相互作用を明示的に取り入れた世帯の車種選択モデルを構築し、その妥当性を検証する。

3. 基本的なモデルの構造

本研究では、集団意思決定理論に基づいた構成員間の相互作用を取り入れた離散選択モデルによる車種選択行動分析を行う。まず、集団意思決定に関する効用関数 U_{gj} を以下のように定義する。

$$\begin{aligned} U_{gj} &= f(u_{g1j}, \dots, u_{gij}, \dots, u_{gnj}) = V_{gj} + \varepsilon_{gj} \\ &= f(v_{g1j}, \dots, v_{gij}, \dots, v_{gnj}) + \varepsilon_{gj} \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 g, i, j はそれぞれ意思決定単位としての集団（例えば世帯）、集団構成員及び選択肢を指す。

u_{gij} と v_{gij} はそれぞれ構成員の効用関数とその確定項、 ε_{gj} は集団 g の選択肢 j に関する誤差項である。

本研究では、集団意思決定メカニズムを考慮した離散選択モデルとして、集団の効用関数 U_{gj} に以下の線形多項型効用関数を採用する。

$$U_{gj} = \sum_i w_{gi} u_{gij} + \sum_i \sum_{i' > i} \lambda_g w_{gi} u_{gij} w_{gi'} u_{gi'j} \quad (2)$$

*キーワード：自動車保有・利用行動，交通行動分析

** 正会員，博（工）広島大学大学院国際協力研究科
〒739-8529 東広島市鏡山 1-5-1

TEL/FAX: 082-424-6919, E-mail: zjy@hiroshima-u.ac.jp)

*** 学生員，修（工）広島大学大学院国際協力研究科
(E-mail: kuwano@hiroshima-u.ac.jp)

**** 正会員，博（工）広島大学大学院国際協力研究科
(E-mail: afujiw@hiroshima-u.ac.jp)

***** 正会員，博（工）広島大学大学院国際協力研究科
(E-mail: backjin@hiroshima-u.ac.jp)

w_{gi} は各構成員（エージェント）の重み（相対的重要性）パラメータを表している。重みパラメータは次式によって算出される。

$$w_{gi} = \frac{\exp(\sum_k \beta_k z_{gik})}{\sum_i \exp(\sum_k \beta_k z_{gik})} \quad (3)$$

上式は、各構成員の重みパラメータが各構成員の個人属性や現在の交通行動によって決定されることを示している。また、 λ_g は各構成員間の相互作用（inter-agency interaction）パラメータである。

構成員の重みパラメータや相互作用パラメータを個人属性や世帯属性により構造化することで世帯意思決定の異質性を表現することが可能である。誤差項 ε_{gj} がワイブル分布に従うと仮定すれば、以下のような新たな離散選択モデル（G_MNL）を得ることができる。

$$p_{gi} = \frac{\exp\left(\sum_i w_{gij} v_{gij} + \sum_i \sum_{i'} \lambda_g w_{gij} v_{gij} w_{gi'j} v_{gi'j}\right)}{\sum_k \exp\left(\sum_i w_{gik} v_{gik} + \sum_i \sum_{i'} \lambda_g w_{gik} v_{gik} w_{gi'k} v_{gi'k}\right)} \quad (4)$$

4. データの概要

世帯車種選択行動を分析するため、平成16年度に広島県東広島市八本松町、白市町、広島市西区井口台で実施した世帯の自動車保有・利用実態と更新状況に関する調査データを用いる。調査の概要を表1に示す。

本研究では1台保有している世帯の車種選択と2台保有している世帯の2台目の車種選択を対象にモデルの推定を行う。最終的にモデルの推定に用いたサンプルは1台保有の世帯で211世帯、2台保有の世帯で99世帯となった。

表1 調査の概要

調査実施期間	配布：平成16年10月23日、24日 回収：平成16年10月30日、31日
調査地域	東広島市八本松町、白市町 広島市西区井口台
調査対象者	全ての世帯構成員
サンプル数	東広島市 301世帯（回収率60%） 広島市 294世帯（回収率59%）

5. 推定結果

車種選択の文脈としてここでは排気量が(1)660cc以下、(2)661cc~2000cc、(3)2001cc以上のどの自動車を保有するか、3項選択を取り上げた。また、従来方法としてMNLモデルを取り上げ、比較分析することに

G_MNLモデルの有効性の検証を行う。

G_MNLモデルの定式化においては、18歳以上の全ての世帯構成員が車種選択の意思決定に参加するものと仮定している。また、MNLモデルとの比較を行うために、各構成員の効用関数の説明変数はMNLモデルの説明変数と同じものを採用している。従って、G_MNLモデルにおいて、重みパラメータが全ての構成員において等しく、相互作用パラメータがゼロである場合、G_MNLモデルの結果はMNLモデルの結果とほとんど同様のものとなる。

(1) 1台保有世帯に関する推定結果

MNLモデルにおいては、有意な説明変数は、車両価格/世帯収入と乗車人数/世帯人数の2つであり、車両価格が安いほど効用が高くなるという結果は妥当である。また、乗車人数の少ない車の方が効用は高くなるということが明らかとなった。

G_MNLモデルにおいても、車両価格/世帯収入と乗車人数/世帯人数はともに有意な説明変数であり、MNLモデルとパラメータの符号は一致している。また、これらのt値はMNLモデルよりも高い値をとっている。G_MNLモデルでは、そのほかに免許の有無、職業の有無といった説明変数が有意となっており、免許保有者は普通車への選好が高く、無職の人は軽自動車を好むということがわかる。また、世帯意思決定に関するパラメータである、重みパラメータの推定結果からは、年齢が高く、有職者のほうが車種選択における意思決定の影響が高いことが、相互パラメータの推定結果からは、収入が高く、車両価格が高くなるほど相互作用により効用が低下する傾向にあることが明らかとなった。

表2 MNLモデル推定結果（1台目）

説明変数	推定値	t値
車両価格/世帯収入(1-3)	-1.188 *	-2.082
乗車人数/世帯人数(1-3)	-0.494 *	-2.113
世帯内の免許保有者数(2-3)	0.316	0.647
世帯内の有職者数(2-3)	-0.185	-0.536
世帯収入(2-3)	2.48E-03	1.384
世帯内の子供数(2-3)	0.416	0.979
居住地域(2-3)	-0.445	-0.736
定数項(2)	0.395	0.333
定数項(3)	0.808	0.711
サンプル数	211	
初期尤度	-231.807	
最終尤度	-168.923	
尤度比	0.271	
自由度調整済み尤度比	0.232	
的中率	64.0%	

**：1%有意，*：5%有意，+：10%有意

(1)：選択肢「660cc以下」の説明変数

(2)：選択肢「661cc~2000cc」の説明変数

(3)：選択肢「2001cc以上」の説明変数

(以下の推定結果においても同様)

表3 G_MNL モデル推定結果 (1 台目)

説明変数	推定値	t値
各構成員の説明変数		
車両価格/世帯収入 (1-3)	-1.938 **	-4.634
乗車人数/世帯人数 (1-3)	-0.597 **	-4.364
免許の有無(有=1, 無=0) (2-3)	0.775 *	2.359
職業の有無(有=1, 無=0) (2-3)	-0.782 *	-2.394
世帯収入 (2-3)	5.48E-04	1.293
世帯内の子供数 (2-3)	-0.149	-1.433
居住地域 (2-3)	0.108	0.663
定数項(2)	2.234 **	3.866
定数項(3)	2.618 **	5.049
世帯意思決定に関するパラメータ		
構成員の重みパラメータに関する説明変数		
年齢	0.050 **	3.058
職業の有無	1.714 *	2.128
免許の有無	-0.382	-0.328
性別	-1.383	-1.596
相互作用パラメータに関する説明変数		
世帯収入	-7.30E-03 +	-1.882
定数項	18.411 *	2.432
車両価格/世帯収入	-42.046 **	-2.652
サンプル数	211	
初期尤度	-231.807	
最終尤度	-125.780	
尤度比	0.457	
自由度調整済み尤度比	0.388	
的中率	76.3%	

(2) 2 台保有世帯に関する分析結果

2 台目の車種選択について MNL モデルにより推定した結果が表 2 である。2 台目とは、現在保有している自動車のうち、後で購入した自動車のことを指す。この 2 台目の車種選択においては、1 台目の自動車の保有・利用状況が有意に影響を及ぼすと考えられる^{9,10}ことから、1 台目の自動車保有状況を表す説明変数として、1 台目が軽自動車かをダミー変数として、1 台目の自動車利用状況を表す説明変数として、1 台目の自動車の年間走行距離を用いている。

表 4 に 2 台目の車種選択に関する MNL モデルのパラメータ推定結果を示す。結果より、1 台保有世帯と同様に車両価格が安いほど、乗車人数の少ない自動車ほど効用は高くなるのがわかる。これは、1 台目の車種選択と同じ傾向を示している。また、世帯内の免許保有者が多く、有職者が少ない世帯では普通車の選好が高いことが明らかとなった。また、1 台目が軽自動車の場合、2 台目には普通自動車を購入する傾向にあることがわかる。G_MNL モデルによる推定結果と比較すると、互いに有意な説明変数では全てパラメータの符号が一致していることがわかる。

また、G_MNL における重みパラメータ推定結果より、年齢の高い構成員が、また 1 台目のメインユーザーが 2 台目の車種選択において強い影響力を持つことが明らかとなった。

表4 MNL モデル推定結果 (2 台目)

説明変数	推定値	t値
車両価格/世帯収入(1-3)	-4.883 **	-3.116
乗車人数/世帯人数(1-3)	-1.189 *	-2.192
世帯内の免許保有者数(2-3)	1.067 +	1.769
世帯内の有職者数(2-3)	-1.015 +	-2.020
世帯収入(2-3)	-4.96E-04	-0.464
世帯内の子供数(2-3)	0.469	1.432
居住地域(2-3)	-1.665 *	-2.516
定数項(2)	1.141	0.720
定数項(3)	1.809	1.039
1台目が軽自動車(2-3)	1.501 +	1.922
1台目の年間走行距離(2-3)	1.28E-05	0.227
サンプル数	99	
初期尤度	-108.763	
最終尤度	-86.005	
尤度比	0.209	
自由度調整済み尤度比	0.108	
的中率	58.6%	

表5 G_MNL モデル推定結果 (2 台目)

説明変数	推定値	t値
各構成員の説明変数		
車両価格/世帯収入 (1-3)	-14.053 *	-2.058
乗車人数/世帯人数 (1-3)	-7.496 **	-2.633
免許の有無(有=1, 無=0) (2-3)	2.550	1.589
職業の有無(有=1, 無=0) (2-3)	-2.551	-1.590
世帯収入 (2-3)	-3.37E-03	-1.318
世帯内の子供数 (2-3)	-0.187	-0.382
居住地域 (2-3)	-4.450 **	-2.844
定数項(2)	7.017 *	2.276
定数項(3)	7.054 *	2.032
1台目が軽自動車(2-3)	1.272	0.945
1台目の年間走行距離 (2-3)	1.91E-04 +	1.874
世帯意思決定に関するパラメータ		
構成員の重みパラメータに関する説明変数		
年齢	0.137 **	3.286
職業の有無	-0.101	-0.195
免許の有無	0.142	0.498
性別	-0.178	-0.510
1台目のメインユーザーダミー	1.762 **	2.826
相互作用パラメータに関する説明変数		
世帯収入	8.85E-04	1.075
定数項	-0.998	-0.951
車両価格/世帯収入	1.637	1.030
サンプル数	99	
初期尤度	-108.763	
最終尤度	-49.297	
尤度比	0.547	
自由度調整済み尤度比	0.372	
的中率	76.8%	

(3) モデルの比較

両モデルの推定結果より、モデルの現況再現率を表 6 に示す。1 台目、2 台目の場合の両方において、G_MNL モデルのほうが MNL モデルに比べて現況再現性が高いことが確認できる。

さらに、2つのモデルの適合度の比較に際して、説明変数の数が異なることからカイ二乗検定によりモデル

の差の検定を行った。表 7 に示すように両方の場合において有意水準 1% で、MNL モデルと G_MNL モデルに差があることが明らかとなり、MNL モデルに比べ G_MNL モデルは優れていることが示された。

表 6 現況再現率

選択肢	1台目		
	推定結果		
	実測割合	MNL	G_MNL
660cc以下	0.090	0.005	0.079
661cc~2000cc	0.649	0.991	0.638
2001cc以上	0.261	0.005	0.283

選択肢	2台目		
	推定結果		
	実測割合	MNL	G_MNL
660cc以下	0.343	0.374	0.374
661cc~2000cc	0.444	0.525	0.434
2001cc以上	0.212	0.101	0.192

表 7 尤度比カイ二乗検定

尤度比カイ二乗検定	
1台目	LR(=172.5) > $\chi^2_{0.01, DF=7}$ (=18.47)
2台目	LR(=73.4) > $\chi^2_{0.01, DF=8}$ (=20.09)

(4) 価格弾力性

G_MNLモデルのパラメータ推定結果を用いた価格弾力性の分析を行った結果を表 8, 9 に示す。1台目、2台目の両方の場合において、661cc~2000cc の自己弾力性が高く、1台保有に比べ2台目の選択における価格弾力性がより敏感であり、排気量の小さい自動車に転換する傾向にある。

また、価格の増加に対する選択確率の変化割合は既往の研究¹⁰⁾と比べて同じぐらいであることから、G_MNLモデルの推定結果の妥当性が確認できる。

表 7 自己価格弾力性と交差価格弾力性 (G_MNL)

1台目			
	選択確率の変化		
	(1)	(2)	(3)
__1%価格の増加			
660cc以下(1)	-0.03%	0.09%	0.03%
661cc~2000cc(2)	0.03%	-0.29%	0.06%
2001cc以上(3)	0.01%	0.19%	-0.09%

2台目			
	選択確率の変化		
	(1)	(2)	(3)
__1%価格の増加			
660cc以下(1)	-0.20%	0.27%	0.11%
661cc~2000cc(2)	0.18%	-0.50%	0.05%
2001cc以上(3)	0.02%	0.22%	-0.16%

6. 結論

本研究では、世帯意思決定を行うとき世帯構成員間に相互作用が存在しており、それらを把握することが、交

通政策の立案上重要であるという観点から、世帯構成員間の相互作用を明示的に取り入れた離散選択モデルの構築、及び、その実証分析を行った。具体的には多項線形型効用関数を定義し、世帯の自動車保有・利用実態調査データを用いて推定し、MNLモデルとの比較を行った。その結果、世帯意思決定における個人間の相互作用を考慮することがモデルの精度を向上させることから、G_MNLモデルの有効性を示すことができた。

しかし、今回検討したG_MNLモデルは集団意思決定を表現する方法の1つに過ぎず、これまでに提案されている他の集団意思決定に関する方法論との比較、融合といったことが今後の課題として挙げられる。

参考文献

- 1) Bohlmann, J. D., and Qualls, W. J.: Household preference revisions and decision making: The role of disconfirmation, International Journal of Research in Marketing, Vol.18, pp.319-339, 2001.
- 2) 小林潔司, 喜多秀行, 多々納裕一: 送迎・相乗り行動のためのランダム・マッチングモデルに関する研究, 土木学会論文集, No.536/IV-31, pp.49-58, 1996.
- 3) Zhang, J., Timmermans, H., Borgers, A. and Wang D.: Modeling traveler choice behavior using the concepts of relative utility and relative interest, Transportation Research Part B, Vol.38, pp.215-234, 2004.
- 4) Zhang, J. and Fujiwara, A.: Evaluating the effects of multi-modal travel information based on a discrete choice model with unequal and asymmetric structure, Proceedings of the 11th World Congress on Intelligent Transport Systems, 2004 (CD-ROM).
- 5) Zhang, J., Timmermans, H. and Borgers, A.: A model of household task allocation and time use, Transportation Research Part B, Vol.39, pp.81-95, 2005.
- 6) Zhang, J. and Fujiwara, A.: Representing household time allocation behavior by endogenously incorporating diverse intra-household interactions: A case study in the context of elderly couples, Transportation Research Part B, 2005 (in press).
- 7) Zhang, J., Fujiwara, A., Timmermans, H. and Borgers, A.: Methodology for modeling household time allocation behavior, Paper presented at the EIRASS Conference on Progress in Activity-based Analysis, 2004.
- 8) Zhang, J., Timmermans, H. and Borgers, A.: A utility-maximizing model of household time use for independent, shared and allocated activities incorporating group decision mechanisms, Transportation Research Record, No.807, pp.1-8, 2002.
- 9) Hensher, D. A.: An econometric model of vehicle use in the household sector, Transportation Research Part B, Vol. 19B, No.4, pp. 303-313, 1985.
- 10) Jong, G. D.: A disaggregate model system of vehicle holding duration, type choice and use, Transportation Research Part B, Vol. 30, Issue 4, pp.263-276, 1996.
- 11) Chandrasekharan, R., MnNarthy, P. S., and Wright, G. P.: Structural models of brand loyalty with an application to the automobile market, Transportation Research Part B, Vol. 28B, No.4, pp.445-462, 1994.