

属性レベルでの世帯内相互作用を取り入れた離散選択モデルの開発*

Development of Discrete Choice Model Incorporating Intra-Household Interaction at Attribute Level*

桑野将司**・張峻屹***・藤原章正****

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

1. はじめに

人間交行動の多くの場面、例えば、居住地選択、世帯の自動車保有・利用、子供・高齢者の送迎や観光行動などにおいて、集団による意思決定が見られる。つまり、個人は必ずしも自分の意思のみで行動を決定するわけではなく、場合によって他者の影響を受けたり、他者と一緒に意思決定をしたりする。

しかし、従来の離散選択モデルでは個人あるいは世帯が主体となった意思決定を前提としているため、集団行動の意思決定プロセスを考慮することができない。そこで近年、集団としての意思決定メカニズムを考慮した離散選択モデルの開発が注目されている¹⁾。例えば、Timmermansら²⁾とBorgers & Timmermans³⁾は交通分野において集団意思決定メカニズムを取り入れた離散選択モデルの初期研究を行った。彼らは交通施設整備が居住地選択に及ぼす影響を評価するため、階層的情報統合理論に基づき、世帯主と配偶者の効用を線形加法型関数により統合し、集団意思決定メカニズムを表現した離散選択モデルを構築した。また、Wilsonら⁴⁾は集団選択に関する7つの異なる意思決定ルールを仮定したモデルの定式化を行い、現象によってそれらのモデルを使い分けるべきであると主張した。さらに、桑野ら⁵⁾とZhangら⁶⁾は潜在クラスモデリング手法により複数の意思決定ルールを同時に取り入れた新たな世帯離散選択モデルを開発し、その有効性について実証的に明らかにしている。

このように、集団意思決定を表現するために様々なモデリング手法がこれまでに提案されている。しかし、既往研究における共通の未解決の問題として、属性評価

における構成員の選好の不完全代替性の問題がある。集団離散選択モデルでは、集団を最終意思決定単位とし、その効用は各構成員の効用と構成員間の相互作用により定義される。このようなモデリングでは集団意思決定が意思決定者や選択肢の属性をすべて包含した効用レベルで行われると仮定することになる。これは各構成員の属性評価の間に完全代替性を仮定していることを意味する。

しかし、本研究が事例研究として取り扱う世帯の車種選択行動を例にとると、車両価格や乗車定員など各属性に対する嗜好性は各構成員で異なり、価格については夫の嗜好性が、乗車定員は妻の嗜好性が主に影響するというように、複数の属性に対して異なる評価方法を用いて世帯として属性評価を行い、世帯としての最終的な意思決定を行っていると考えられる。

そこで、本研究では、このような属性レベルでの世帯内相互作用を考慮するために、一般化平均概念を援用した集団離散選択モデルの開発を目的とする。実証分析に際して、世帯の車種選択行動を取り扱う。近年、複数台自動車保有世帯が増加傾向にあるものの、全ての世帯構成員が自分専用の自動車を保有することは稀であり、世帯構成員間で話し合い、交渉や妥協することにより世帯としてどのような自動車を保有するのかの意思決定を行っていると考えられ、世帯の車種選択行動は、身近で代表的な集団意思決定の結果の一つであると考えられる。

2. 新たな集団離散選択モデルの提案

2.1 集団離散選択モデルの一般形

本研究では確率効用最大化理論と集団意思決定理論を融合し、新たな集団離散選択モデルの開発を試みる。ここで、世帯がそれぞれの構成員の選好を総合的に考慮し、世帯全体から見て最も望ましい選択肢を選ぶものと仮定する。この仮定を元に、集団としての離散選択行動をモデリングするには、各世帯構成員の選好を集計し、世帯としての効用関数を定義する必要がある。集団効用関数の一般形として、以下のように定義することができる⁵⁾。

* キーワード：自動車保有行動、集団選択モデル

** 正会員、修（工）、広島大学大学院工学研究科
（東広島市鏡山1-5-1, Tel&Fax: 082-424-7825
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
（東広島市鏡山1-5-1, Tel&Fax: 082-424-6919
E-mail: zjy@hiroshima-u.ac.jp)

**** 正会員、博（工）、広島大学大学院国際協力研究科
（東広島市鏡山1-5-1, Tel&Fax: 082-424-6921,
E-mail: afujiw@hiroshima-u.ac.jp)

$$U_{gj} = f(u_{g1j}, \dots, u_{gij}, \dots, u_{hij}) = V_{gj} + \varepsilon_{gj} \quad (1)$$

$$= f(v_{g1j}, \dots, v_{gij}, \dots, v_{gnj}) + \varepsilon_{gj}$$

ここで、 U_{gj} と V_{gj} は集団 g の効用関数とその確定項、 u_{gij} と v_{gij} はそれぞれ構成員 i が選択肢 j を選ぶ効用関数とその確定項、 ε_{gj} は集団効用関数の誤差項である。

本研究では、誤差項 ε_{gj} が i. i. d 型ワイブル分布に従う場合、集団意思決定メカニズムを取り入れた以下のようなロジット型離散選択モデル（以降、集団ロジットモデルと呼ぶ）を得ることができる。

$$P_{gj} = \frac{\exp\{f(v_{g1j}, \dots, v_{gij}, \dots, v_{gnj})\}}{\sum_k \exp\{f(v_{g1k}, \dots, v_{gik}, \dots, v_{gnk})\}} \quad (2)$$

ここで、 P_{gj} は集団 g が選択肢 j を選択する確率である。強調すべき点は、誤差項 ε_{gj} が別の分布に従うなら、異なる種類の選択モデルが導かれることである。より一般的な誤差構造を仮定すれば、より統計的に望ましいモデルが導かれる。本研究では、集団意思決定メカニズムの解析に焦点を当てるため、より一般的な誤差構造を有するモデルの開発と推定は将来の研究課題として残される。

2.2 一般化平均概念⁷⁾

一般に複数の数値を1つの数値に集約する演算は集約演算と呼ばれる。集約演算のなかの平均演算（代表的なものとして、相加平均、幾何平均）は、それぞれに固有の値を持つものであるが、これらをパラメータによって総合的に表現するものとして一般化平均概念が提案されている。

$$\bar{X} = \sum_{n=1}^N \left(\frac{y_n^\alpha}{N} \right)^{1/\alpha} \quad (3)$$

ここで $\alpha (\neq 0)$ はさまざまな平均演算を区分するパラメータであり、説明変数間の代替性を表現するものである。パラメータ α の値による説明変数間の代替性の変化は次のように表される。

- $\alpha \rightarrow -\infty$ のとき、代替性なし
(2変数のうち最小値によって効用が決定)
- $-\infty < \alpha < +1$ のとき、不完全代替性
(説明変数の値が小さい属性を比較的重視)
- $\alpha \rightarrow +1$ のとき、完全代替性
(線形効用関数と同じ)

- $+1 < \alpha < \infty$ のとき、不完全代替性
(説明変数の値が大きい属性を比較的重視)
- $\alpha \rightarrow +\infty$ のとき、代替性なし
(2変数のうち最大値によって効用が決定)

すなわち、 α の値が1に近いほど各変数間の代替性が大きく、逆に1から離れるほど各変数間の代替性が小さいことを意味する。

2.3 属性レベルでの集団意思決定の表現

本研究では、上述に一般化平均式を用いて、構成員の属性評価に対する不完全代替性を考慮した集団離散選択モデルを開発する。つまり、集団意思決定が属性レベルに生じる場合に対応するモデルの開発を行う。具体的には、式(1)の集団効用関数の確定項を次式のように定式化する。

$$V_{gj} = \sum_{k=1}^K \gamma_k \cdot \sum_{i=1}^N \left\{ \frac{w_{gik}^{\alpha_k}}{N} \right\}^{1/\alpha_k} x_{gijk} \quad (4)$$

$$w_{gik} \geq 0, \quad \sum_k w_{gik} = 1 \quad (5)$$

ここで、 x_{gjk} は世帯 g の個人 i に関する選択肢 j の k 番目の属性（説明変数）であり、 γ_k はその未知パラメータである。つまり、 γ_k は全ての個人間で共通に存在する属性 k に対する平均的な嗜好性を表すパラメータである。 α_k は属性 k に関する一般化平均パラメータであり、構成員間の属性 k の評価に対する代替性を表現するものである。 w_{gik} は個人 i の属性 k に対する相対的な重要度を表すパラメータで非負の値を有し、その重みの和が1になると仮定する。本研究では、以下のような重みパラメータ w_{gik} の算出式を提案する。

$$w_{gik} = \frac{\exp(\sum_l \beta_l z_{gil})}{\sum_k \exp(\sum_l \beta_l z_{gil})} \quad (6)$$

式(6)は、各構成員のそれぞれの属性に対する重要度を個人属性や世帯属性 z_{gil} (l : 説明変数の番号) により構造化することで、個人嗜好性の異質性を表現している。

今までのモデルでは、構成員がまず自分の効用を定義し、次にそれは集団意思決定プロセスのなかで反映されることで、集団としての最終意思決定を行うと仮定する。構成員の効用はすべての影響要因を総括する形で定義される。集団効用関数の定義に際して、異なる構成員

の選好，それらの相互作用を取り入れる．本研究では提案するモデルは，集団意思決定が属性レベルで生じると仮定する．異なる属性に対して，どの構成員がより影響力をもつか，構成員間がどう相互影響するかについては，一般化平均の概念を援用し，属性別のパラメータを構造化する．

3. モデルの構築・推定結果

3.1 使用データの概要

前述の集団選択モデルに関する実証分析にあたり，集団の選択に関するデータなら，どのようなデータでも適用可能であると思われるが，ここでは，近年，自動車排気ガスによる環境問題はクローズアップされていることを考えて，世帯の車種選択行動を事例研究として取り上げる．分析には，地方都市の世帯自動車保有・利用に着目し，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収集した世帯の自動車保有・利用実態に関する調査データを用いる．調査の概要を表 1 に示す．

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	15 歳以上の全ての世帯構成員
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%)
調査項目	個人属性(年齢，性別，職業や免許) 世帯属性(世帯収入や居住地特性) 保有自動車特性(排気量，乗車人数， 購入価格，利用頻度や年間走行距離)

3.2 意思決定者及び説明変数の選定

集団選択モデルを推定するために，選択肢としては，本研究では車種を排気量で分類した軽自動車(660cc以下)，小型自動車(661cc～2000cc)，中型自動車(2001cc以上)の3つを設定する．また，車種選択に参加する意思決定者は世帯主とその配偶者の2名に限定し，世帯内の続柄を基に「夫」と「妻」に分類する．ここで，世帯主とは世帯内で最も所得の高い構成員のことであり，アンケート調査の質問で直接得られた結果を用いている．

選択肢への選好を表す属性(説明変数)としては，車両属性として車両価格と世帯収入の合成変数，乗車人数を導入するが，選択されていない代替選択肢については，車両価格，乗車人数は同一クラス内の平均車両価格

と乗車人数により代替させる．また，既往の研究では維持費用や燃費，重量なども取り入れられているが，これらの変数が前述の乗車人数との相関関係が強いことから説明変数から除いた．

さらに，各属性に対する重要度は，個人により異なると考えられることから，個人の属性に対する相対的重要度を，個人属性により構造化することにより個人の各属性に対する評価の異質性を表現することとする．

3.3 モデル推定結果

属性レベルでの集団意思決定を反映した集団ロジットモデルのパフォーマンスを検証するため，それを取り入れないモデルの推定結果と比較する．両者の結果を表 2 に示す．同表より，自由度調整済み尤度比は両方とも良好であった．尤度比の値をみると，一般化平均の概念を導入しないモデルは導入するモデルより 0.02 ポイントが高いが，両者にほとんど差がないと言っても差し支えない．本研究で提案した新たな集団ロジットモデルは通常のロジットモデルと比べて遜色がない．モデルパラメータの推定値も大きな差が見られない．以下に，パラメータ推定結果の考察を行う．

表2 モデル推定結果

説明変数	推定値	
<u>一般化平均パラメータ</u>		
車両価格/世帯収入に関する一般化平均パラメータ	1.179 (4.9) **	
乗車定員に関する一般化平均パラメータ	0.301 (9.6) **	
<u>自動車特性に関する説明変数</u>		
車両価格/世帯収入	-1.515 (-6.6) **	-1.362 (-6.5) **
乗車定員	1.193 (0.5)	5.275 (0.5)
<u>属性の評価に関する説明変数</u>		
年齢	-0.058 (-1.7) +	-0.060 (-1.7) +
職業の有無 (1:有;0:無)	2.80E-02 (0.1)	8.38E-03 (0.0)
免許の有無 (1:有;0:無)	-1.140 (-0.9)	-0.931 (-0.9)
子供の数	-0.987 (-0.9)	-0.942 (-0.9)
<u>定数項</u>		
定数項(小型自動車)	1.334 (7.4) **	1.334 (7.4) **
定数項(中型自動車)	0.960 (3.5) **	0.960 (3.5) **
サンプル数	439	439
自由度調整済み尤度比	0.164	0.166

(カッコ内は t 値)

(1) 一般化平均パラメータ

車両価格と世帯年収の合成変数に関する一般化平均パラメータの値が1より大きくなっていることから、構成員間の属性評価に代替性は成立せず、式(6)の重みが大きな値を示す構成員の嗜好性を基に世帯としての意思決定を行う傾向があることが明らかとなった。言い換えると、比較的若い構成員、有職者や無免許者の嗜好性を重視して価格を決定する。一方、乗車定員に関する一般化平均パラメータは1より小さな値となった。価格とは逆の集団意思決定メカニズムを示す。

(2) 属性評価に対するパラメータ

車種選択における車両価格と乗車定員の評価の整合性を保つために導入した自動車特性に関するパラメータ推定結果に着目すると、車両価格に対するパラメータは負で有意に、乗車定員に関するパラメータは正で有意な値となった。これは、車両価格が安い自動車の方が効用は高くなる傾向を示しており、論理的に妥当な結果であるといえる。また、乗車定員が多いほうが効用は高く、スポーツカーのような乗車定員が少ない自動車よりも、セダンやバンなどの車に対する選好が高いことを示している。

(3) 個人の属性評価に対するパラメータ推定結果

個人の車両価格と乗車定員に対する相対的重要度に関するパラメータ推定結果に着目すると、年齢に関するパラメータのみが負で有意な値となった。これは、若い構成員ほど乗車定員よりも車両価格を重視して、車種を決める傾向にあることを意味している。

4. 結論と今後の課題

本研究では、属性レベルでの集団意思決定が生じる場合に対応するため、一般化平均の概念を援用し、異なる集団構成員が属性の評価に及ぼす影響を取り入れた新たな集団離散選択モデルを開発した。一般化平均の概念を用いることで、属性評価における異なる構成員の選好の不完全代替性を柔軟に表現することができる。

広島都市圏で収集した小規模なアンケート調査データ(夫婦のみ)を用いて分析した結果、提案モデルの有効性と妥当性を確認した。車両価格と世帯収入の合成変数、乗車定員に関する説明変数の両方において、一般化

平均パラメータの推定結果から構成員間の属性評価において不完全代替性が存在することが明らかとなった。本ケーススタディでは、車両価格と乗車定員について、集団意思決定の影響が全く逆であることが示された。

今後、効用レベルにおける集団意思決定を反映した従来のモデルとの比較が必要である。また、集団意思決定が複雑な形態を有していることがすでに実証されているため、政策評価ツールとして提案の集団選択モデルを適用するために、いろいろな形態を有する集団意思決定メカニズムを柔軟に取り入れることのできるモデルの開発、そのための推定方法の検討が求められる。これらのモデルをもっと一般的な交通選択現象に適用することも必要である。

参考文献

- 1) 張峻屹: 世帯行動の分析手法: 概念的考察, 都市計画, 264号, 2006.
- 2) Timmermans, H., Borgers, A., van Dijk, J. and Oppewal, H.: Residential choice behaviour of dual-earner households: A decompositional joint choice model, *Environment and Planning A*, 24, pp.517-533, 1992.
- 3) Borgers, A., and Timmermans, H.: Transport facilities and residential choice behavior: A model of multi-person choice processes, *Papers in Regional Science*, 72(1), pp.45-61, 1993.
- 4) Wilson E.J., Lilien G. L., Wilson D. T.: *Formal Models of Group Choice in Organizational Buying: Toward a Contingency Paradigm*, *Advances in Consumer Research*, Vol. 16, Issue 1, pp.548-554, 1989.
- 5) 桑野将司, 張峻屹, 藤原章正: 複数の意思決定ルールを考慮した世帯の車種選択モデルの開発, 土木計画学研究・論文, No.24, pp.499-507, 2007.
- 6) Zhang, J., Kuwano, M., Lee, B. and Fujiwara, A.: Modeling household discrete choice behavior incorporating heterogeneous group decision-making mechanisms, *Transportation Research Part B*, 2008 (forthcoming).
- 7) 森地茂, 目黒浩一郎, 小川圭一: 一般化平均概念を用いた交通情報提供の影響分析手法に関する研究, 土木学会論文集, No.555/IV-34, pp.15-26, 1997.