

# 一般化相対性効用による離散選択行動の表現 \*

## Representing Discrete Choice Behavior based on the Generalized Relative Utility \*

張 峻屹\*\*・藤原章正\*\*\*

By Junyi ZHANG\*\*・Akimasa FUJIWARA\*\*\*

### 1. はじめに

1970年代後半から、交通分野において幅広く用いられ、確率効用最大化理論に基づくロジットモデルのIIA特性を緩和するためのモデル開発は盛んに行われるようになり、主なモデリング手法は誤差構造の見直しであった<sup>1)</sup>。一方、心理学的な観点からみると、選択行動は局所的で、適応性・学習性をもち、そして、文脈に依存して変わりやすい<sup>2)</sup>。交通分野に用いられる多くの選択モデルは特に、このような文脈依存性を明示的に考慮していない。

そこで、本研究では、前述の文脈依存性を再定義した上で、それを体系的に扱うことのできる一般化相対性効用の概念を提案し、その定式化及び選択行動表現へのインプリケーションについて考察する。通常の効用概念と同様に、相対性効用も効用が相対的な概念であり、事前に決められた参照点との対比なしでは意味を持たないことを認めるが、ここでは、“なにを参照点とするか”に着目する。

### 2. 関連研究のレビュー

Timmermans & Golledge<sup>3)</sup>は既存の non-IIA 選択モデルを以下の3つのカテゴリーに分けている：1) 誤差項の IID 分布仮説を緩和するもの、2) 階層的な意思決定プロセスを仮定するもの、3) 選択肢間の類似性を効用関数の中で明示的に表現するものである。

1つ目については、GEVモデル、プロビットモデル、Mixedロジットモデルがその代表的なものとして挙げられる。2つ目は、McFaddenのGEVモデル<sup>4)</sup>から導出されたものとして、NLモデルである。近年、PCLモデル、NPCLモデル、CNLモデルやGNL

モデルが挙げられる。特に、GNL modelは上述の多くの階層型モデルを特殊形として扱うことができる。もっと複雑なモデルとしては、Tversky<sup>5)</sup>の非補償型のEBAモデルがある。

しかし、Simonson & Tversky<sup>6)</sup>が指摘するように、文脈依存性が、例外的な選択行動メカニズムを表すのではなく、普遍的かつ頑強であり、意思決定のルールを表している。

ここでは、特に3つ目のモデル・カテゴリーについてより詳しく考察する。なお、選択肢間の類似性も文脈依存性の一環である。

Tversky & Simonson<sup>6)</sup>は彼らの文脈依存選好理論では、文脈をバックグラウンド文脈とローカル文脈に分けている。前者は過去の選択結果に、後者は選択肢集合によってそれぞれ定義される。そして、彼らの文脈依存選好理論では効用最大化を仮定しない。Oppewal & Timmermans<sup>7)</sup>は文脈を選択肢集合の構成文脈とバックグラウンド文脈に分けている。前者はTversky & Simonsonのローカル文脈と同じ意味合いをもつが、ここでいうバックグラウンド文脈は意思決定の外的要因を指す。例えば、住宅購入を考える際の税金のことや投資を決める時の利息や経済情勢のことはその例である。そして、ローカル文脈をさらに選択肢の数、選択肢の類似性及び選択タスクに関する提示フォーマットに細分化する。また、文脈依存性を表現するため、McFaddenのユニバーサル・ロジットモデル<sup>8)</sup>を用いた。Andersonら<sup>9)</sup>はローカル文脈依存性を表現するため、前述のMcFaddenのモデルを用いて、交通手段選択におけるattribute-cross 効果とavailability-cross効果を分析した。

Kahneman ら<sup>10)</sup>と Tversky & Kahneman<sup>11)</sup>は彼らの参照依存性モデルでは、選択が現況または参照基準点に依存すると主張し、参照基準点の変化が選好の逆転をもたらすと実証した。ここでいう参照依存性も文脈依存性の一環である。

Swait & Adamowicz<sup>12)</sup>は、選択の複雑性が消費者

\*キーワード: 交通行動分析, 相対性効用, 文脈依存性

\*\*正員, 工博, 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 0824-24-6919,  
E-mail: zjy@hiroshima-u.ac.jp)

\*\*\*正員, 工博, 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 0824-24-6921  
E-mail: afujiw@hiroshima-u.ac.jp)

選択行動に与える影響を表現するため、潜在クラスモデルを適用した。Swait & Adamowicz<sup>13)</sup>は選択の複雑性、意思決定者の effort、選択能力及び選択そのものを同時に考慮した理論モデルを開発した。Gaudry & Dagenais<sup>14)</sup>は類似性効果を表現するために非負の選択肢固有パラメータを導入したドジットモデルを提案し、IIA 特性を緩和した。Borgers & Timmermans<sup>15)</sup>は、空間選択における類似性効果及び空間構造効果を捉えるために、context-sensitive モデルを提案した。

また、McFadden<sup>16)</sup>は Tversky らの心理学研究成果をレビューする際に、効用最大化原則に反する認知的アノマリーを文脈、参照点、利用可能性、迷信、プロセス及び投射に分けている。

### 3. 相対性効用の一般化

#### (1) 文脈依存性の再定義

前述したように、文脈依存性といっても多種多様であり、非常に範疇の大きい概念であり、選択肢の類似性も包含する。しかし、これまで、文脈に関する統一した定義がなされていない。前述の議論から分かるように、文脈が意思決定の前提条件を指すとと言っても過言ではない。ここでは、文脈を意思決定者文脈、選択肢文脈と意思決定環境文脈に分けることを提案する。

意思決定者文脈は、選択の履歴・現状、個人や世帯や職場などの属性、選択の準拠集団の現状（例えば、隣人や知人の車保有の有無）や意思決定の時間制約などを指す。選択肢文脈は、選択肢の数・属性、属性間の相関構造や選択肢の利用可能性などを指す。意思決定環境文脈は Oppewal & Timmermans<sup>7)</sup>が定義したバックグラウンド文脈を指す。

本研究では、相対性効用の概念に基づき、前述の文脈依存性を体系的に表現することを提案する。

#### (2) 相対性効用の概念的定式化

相対性効用の概念は収入に関する研究について最初に提案された<sup>17)</sup>。Stadt ら<sup>18)</sup>は収入に関する効用の完全相対性を主張し、個人間の効用関数における差異を説明しようとする。具体的に、個人の収入に関する厚生関数を知覚収入分布で表す。つまり、個人は自分が知覚する収入分布におけるランキングに基づき特定の収入水準を評価すると仮定する。

上述の相対性効用の概念を離散選択の場面に拡張

すると、選択肢の効用が当該選択肢の属性以外に、選択肢集合にある他の選択肢の影響、過去・将来の選択行動の影響（時間依存性）及び他者からの影響を受けると考えられる。このような考え方にしたがって、以下の 3 種類の相対性効用関数  $U_{ij,t}$  を定義することができる。

① 他の選択肢の影響を考慮した相対性効用

$$U_{ij,t}^1 = f\{u_{ij,t} | (u_{ij',t} : \text{for all } j' \neq j)\} \quad (1)$$

② 時間依存性を考慮した相対性効用

$$U_{ij,t}^2 = f\{u_{ij,t} | (u_{ij',t'} : t' \neq t \text{ and } \forall j)\} \quad (2)$$

③ 他者からの影響を考慮した相対性効用

$$U_{ij,t}^3 = f\{u_{ij,t} | (u_{i'j',t} : i' \in G)\} \quad (3)$$

ここで、 $i$ は個人、 $j$ は選択肢、 $t$ は時間、 $u$ は従来の効用関数である。 $G$ は準拠集団で、個人が比較対象として認識している他者の集合を指す。当然、意思決定の対象によって、この準拠集団は変わりうる。さらに、準拠集団の違いにより、意思決定方法も異なってくる。これについては後述する。

式(1)~(3)のそれぞれについて、意思決定者文脈、選択肢文脈と意思決定環境文脈の依存性を表現することが可能である。

#### (3) 他の選択肢の影響を考慮した相対性効用 $U_{ij,t}^1$

対象選択肢の選択に対して、選択肢集合における他の選択肢の存在や属性値が影響するなら、それらを対象選択肢の効用関数の中で明確に表現しなければならない。ここでは、以下のような操作性の高い相対性効用関数を提案する。

$$U_{ij,t}^1 = r_{ij,t} \sum_{j' \neq j} w_{ij',t} (u_{ij,t} - u_{ij',t}) \quad (4)$$

$$r_{ij,t} > 0, \quad \sum_j r_{ij,t} = 1 \quad (5)$$

$$w_{ij',t} > 0, \quad \sum_{j' \neq j} w_{ij',t} = 1 \quad (6)$$

ここで、 $r_{ij,t}$ は選択に関する意思決定プロセスにおける選択肢  $j$  の相対重要性パラメータを、 $w_{ij',t}$ は選択肢  $j$  の効用を定義する際における選択肢  $j'$  の影響重みをそれぞれ表す。

個人は通常、選択肢に関する情報の不完全性や利用経験や目的等によりすべての選択肢を意思決定過

程において均等に認識しないだけでなく、選択肢間の比較に際して評価の非対称性が生じる。例えば、普段バスをあまり利用しない個人は、車を利用しようとする際にバスの効用に置く重みと、バスを利用しようとする際に車の効用に置く重みが同じではないと思われる。前述のことについて、式(5)及び(6)を導入することにより、選択肢評価構造の不均一性と非対称性を表現することが可能になる。

相対性効用に基づく離散選択モデルを構築するために、式(4)をさらに以下のように書き換える。

$$U_{ij,t}^1 = r_{ij,t} \sum_{j' \neq j} w_{ij',t} (v_{ij,t} - v_{ij',t}) + \varepsilon_{ij,t} \quad (7)$$

ここで、 $v_{ij,t}$  は各選択肢の選択に影響する観測可能な情報を表すもので、 $\varepsilon_{ij,t}$  は誤差項である。

異なる  $\varepsilon_{ij,t}$  の分布は異なる選択モデルをもたらす。例えば、 $\varepsilon_{ij,t}$  が通常のロジットモデルと同様なガンベル分布に従うと仮定すると、以下のような離散選択モデルを構築することができる。

$$p_{ij,t} = \frac{r_{ij,t} \sum_{j' \neq j} w_{ij',t} (v_{ij,t} - v_{ij',t})}{\sum_j r_{ij,t} \sum_{j' \neq j} w_{ij',t} (v_{ij,t} - v_{ij',t})} \quad (8)$$

ここで、 $p_{ij,t}$  は時間  $t$  において個人  $i$  が選択肢  $j$  を選ぶ確率である。

式(4)に基づく離散選択モデル（式(8)を含む）は以下の特性をもつ。

- a) IIA 特性を持たない。
- b) 選択肢評価構造の不均一性と非対称性を表現することが可能になる。
- c) 通常の最尤法で推定できる。
- d) 誤差項のような非観測情報ではなく、 $v_{ij,t}$  という観測可能な情報に基づき、文脈依存性を明示的に考慮できる。例えば、 $\varepsilon_{ij,t}$  が NL モデルと同様な誤差分布を仮定すると、同一選択階層における選択肢間の類似性も考慮できる。
- e) 選択肢集合の特定に関する従来のモデルは段階選択プロセスを仮定する。つまり、第1段階では選択肢集合を特定し、第2段階では選択肢集合から1つの選択肢を選ぶ。しかし、Horowitz & Louviere<sup>19)</sup>が実証したように、選択肢集合の特定そのものが効用関数の一部に過ぎず、選択肢集合の特定段階では選択段階の効用関数に含まれる情報以外に何の有用な情報も提供できない。一方、式(4)に基づくモデルにおける  $r_{ij,t}$  と

$w_{ij',t}$  を適切に定義することにより、選択肢集合の特定を内生化させることが可能である。

- f) 例えば、活動スケジュールのような、選択そのものが階層構造を有するが、選択階層を分けにくい場合や、選択階層構造が個人によって異なる場合が存在する。式(4)に基づくモデルにおける  $r_{ij,t}$  と  $w_{ij',t}$  を活用することにより、擬似的な階層選択行動を表現することが可能である。
- g) これまで、非集計交通行動分析では個人データをそのままモデルの推定に用いてきているが、選択肢属性値のパラメータ値がセグメントをしない限り母集団を通じて同じであり、嗜好の異質性を反映していない。式(4)に基づくモデルにおける  $r_{ij,t}$  と  $w_{ij',t}$  に個人属性を、“ $v_{ij,t} - v_{ij',t}$ ” に選択肢属性値を取り入れることにより、選択肢属性に関する個人別のパラメータ推定値を得ることができる。
- h)  $r_{ij,t}$  と  $w_{ij',t}$  がすべての選択肢について同じであれば、通常の離散選択モデルに帰着する。

#### (4) 時間依存性を考慮した相対性効用 $U_{ij,t}^2$

この相対性効用を定式化するにあたり、依田<sup>20)</sup>が提案した新たな時間選好理論の適用が考えられる。

依田の理論では、心理学で使われる選択や意思決定における個人の主観的な規範を表す Reference Point（参照点または準拠点）という概念を導入している。そして、“人間の行為は必ずある時間地平上に関係づけられており、現在の行為が現在の欲望充足のみを目的として選択されることは例外で、ある時間経過を伴った未来の欲望満足を目的として選択される”という仮説を立てている。すなわち、行為と結果の間の時間地平上、いつの時点における選好関係をもって選択基準とするかということに関する価値判断がなければならない。この規範は個人の目的意識と価値観、さらに社会の伝統慣習に強く影響される。

また、1つの出来事（ここで、選択行動）に対する選好が過去・現在・将来にわたって持続性をもつため、過去への回顧効用と将来への期待効用を含めた時間選好理論を提案した。それを援用すると、時間依存性を考慮した相対性効用を以下のように定式化することが可能である。

$$U_{ij,t}^2 = \int_0^t e^{-\alpha\tau} u_{ij,t} d\tau + e^{-\beta} u_{ij,t} + \int_t^\infty e^{-\gamma\tau} u_{ij,t} d\tau \quad (9)$$

ここでは、第1項は期待の効用、第2項は消費の効用 (=現在の効用)、第3項は回顧の効用である。

#### (5) 他者の影響を考慮した相対性効用 $U_{ij,t}^3$

他者の影響については、準拠集団が明確に特定できる場合とできない場合とではモデリング手法が異なってくると考えられる。

準拠集団が明確に特定できる場合、意思決定者間の相互作用を明示的に扱うことのできる集団意思決定理論に基づき選択モデルを構築すべき。例えば、Gliebe & Koppelman<sup>21)</sup>は共同型活動への参加行動における各世帯構成員の効用関数を共同型活動への参加効用と他の構成員の効用との和として定義した。また、張ら<sup>22),23)</sup>は世帯時間配分モデルを開発するに際して、世帯構成員間の相互作用を理論的に表現し、その有効性を実証的に確認した。

準拠集団が明確に特定できない場合、福田<sup>24)</sup>がレビューしたような社会相互作用を考慮したモデリング手法が有効であろう。

#### 4. 結論及び今後の研究課題

本研究では、選択行動の文脈依存性に着目し、それを明示的に表現できる一般化相対性効用の概念を提案し、理論的な考察を行った。今後の課題としては、以下のように挙げることができる。

- 1) 提案した相対性効用の概念の具体的な定式化や実証分析を行う必要がある。
- 2) “他の選択肢の影響を考慮した相対性効用”、“時間依存性を考慮した相対性効用”及び“他者からの影響を考慮した相対性効用”を同一モデルの中で統合する必要がある。

上述の課題について今後取り組む予定にしている。

#### 参考文献

- 1) 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*, 2003 (in press).
- 2) McFadden, D.: Disaggregate behavioral travel demand's RUM side: A 30-year retrospective, *Travel Behaviour Research, The Leading Edge*. Hensher, D. (ed.), International Association for Travel Behaviour Research, 17-63, Pergamon, Amsterdam, 2001.
- 3) Timmermans, H. and Golledge, R.G.: Applications of behavioural research on spatial problems II: Preference and choice, *Progress in Human Geography*, 14(3), 311-354, 1990.
- 4) McFadden, D.: Modeling the choice of residential location, *Spatial Interaction Theory and Residential Location* A. Karlquist et al. (eds), 75-96. North Holland, Amsterdam, 1978.

- 5) Tversky, A.: Elimination by aspects: A theory of choice. *Psychological Review*, 79, 281-299, 1972.
- 6) Tversky, A. and Simonson, I.: Context-dependent preferences, *Management Science* 39(10), 1179-1189, 1993.
- 7) Oppewal, H. and Timmermans, H.: Context effects and decompositional choice modeling, *Papers in Regional Science, The Journal of the Regional Science Association International* 70(2), 113-131, 1991.
- 8) McFadden, D., Train, K. and Tye, W.B.: An application of diagnostics tests for the independence from irrelevant alternatives property of the multinomial logit model, *Transportation Research Record* 637, 39-46, 1977.
- 9) Anderson, D., Borgers, A., Ettema, D. and Timmermans, H.: Estimating availability effects in travel choice modeling: A stated choice approach, *Transportation Research Record*, 1357, 51-65, 1996.
- 10) Kahneman, D., Knetsch, J.L. and Thaler, R.: The endowment effect, loss aversion, and the status quo bias, *Journal of Economic Perspectives* 5, 193-201, 1991.
- 11) Tversky, A. and Kahneman, D.: Loss aversion in riskless choice: a reference-dependent model, *Quarterly Journal of Economics* 107, 1039-1061, 1991.
- 12) Swait, J. and Adamowicz, W.: The influence of task complexity on consumer choice: A latent class model of decision strategy switching, *Journal of Consumer Research*, 28(1), 135-148, 2001a.
- 13) Swait, J. and Adamowicz, W.: Choice environment, market complexity, and consumer behavior: A theoretical and empirical approach for incorporating decision complexity into models of consumer choice, *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 86(2), 141-167, 2001b.
- 14) Gaudry, M.J.L. and Dagenais, M.G.: The dogit model, *Transportation Research*, 13B, 105-111, 1979.
- 15) Borgers, A. and Timmermans, H.: A context-sensitive model of spatial choice behavior, In R.G. Golledge and H.J.P. Timmermans (eds.), *Behavioural Modelling in Geography and Planning*, London: Croom Helm, 159-178, 1988.
- 16) McFadden, D.: Rationality for economists? *Journal of Risk and Uncertainty*, Special Issue on Preference Elicitation (forthcoming paper, downloaded from his homepage).
- 17) Duesenberry, J.S.: *Income, saving and the Theory of Consumer Behavior*. Cambridge, Harvard University Press, 1949.
- 18) Stadt, H., Kapteyn, A. and Geer, S.: The relativity of utility: evidence from panel data, *The Review of Economics and Statistics* LXVII(2), 179-187, 1985.
- 19) Horowitz, J.L. and Louviere, J.J.: What is the role of consideration sets in choice modeling? *International Journal of Research in Marketing*, 12, 39-54, 1995.
- 20) 依田高典: 不確実性と意思決定の経済学, 第1章, 日本評論社, 1998.
- 21) Gliebe, J.P., and Koppelman, F.S.: A model of joint activity participation, *Papers Presented at the 9th International Association for Travel Behaviour Conference*, Gold Coast, Queensland, Australia, July 2-7, 2000.
- 22) 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* 1807, 1-8, 2002.
- 23) 張峻屹・藤原章正・杉恵頼寧・山田敏久: 世帯内相互作用の異質性を考慮した時間配分モデルの高齢者交通政策分析への適用可能性, *土木学会論文集*, 2003 (投稿中).
- 24) 福田大輔・上野博義・森地茂: 選択行動モデルへの社会的相互作用の導入可能性, *土木計画学研究・講演集*, 25, 2002 (CD-ROM).