

プロビットモデルによるコンジョイント分析に関する考察

Conjoint Analysis Using Probit Model *

寺部慎太郎 **

屋井鉄雄 ***

Shintaro TERABE **

Tetsuo YAI ***

1. はじめに

マーケティング・サイエンスの分野で生まれ、研究と実務の両分野において発展してきたコンジョイント分析は、交通行動分析の分野においても研究例^{1) 2)}があり、SP (Stated Preference) 調査としても整理されている^{3) 4)}。これはコンジョイント分析の長所として、(a)属性や水準間の相対的重要度を推定できる、(b)仮想的な代替案を扱うことができる、(c)様々な選好の指標が使える、などのような点が挙げられることや、モデルの推定法としてロジットモデルが用いられることによって行動理論的裏付けがはつきりし、かつ従来の交通行動モデルをそのまま応用することができたことなどが主な原因といえる。近年、コンジョイント分析はその操作性の高さ故に、交通需要管理 (TDM) やパブリック・インボルブメント (PI) のための政策や計画の代替案評価に用いられることもある⁵⁾。

しかし、本来のコンジョイント分析には消費者の効用関数を同定することに目的があり、選択確率の算出に目的を置くものではない。本研究でも、政策や計画のパッケージ代替案評価にコンジョイント分析を適用する場合のように被験者の効用関数を同定することをねらいとしている。その際、従来のコンジョイント分析を用いる場合の問題点を以下のように指摘できる。

2. コンジョイント分析上の問題点

(1) 直交性の欠如

完全要因配置による代替案作成は、属性間の相関を無くし多重共線性を回避することができるが、選択肢数が多くなるためあまり用いられるこ

とはない。そこで被験者への回答負担を軽減する目的で、選択肢数を減らすために部分要因配置や特定の代替案の削除がなされるが、それによって属性間の直交性が損なわれる可能性がある。

(2) 類似した選択肢の存在

選択肢は実験計画法によって各属性の各水準を組み合わせることで作成されるが、政策や計画のパッケージ代替案評価に用いるためには、非現実的な選択肢を作らないようにする必要がある。そのため選択肢は類似したものになりがちで、選択肢間の独立性の仮定が被験者に理解されているとは考えにくい。

(3) 選択肢設定方法とバイアスの関係

調査の際には、数が少なく被験者が回答しやすい範囲を持った選択肢を設定することが望ましいが、その設定方法は確立されておらず、推定パラメータに与える影響を把握することも難しい。どの様な設定方法で選択肢を作り、調査すべきかの基準を明確に示す必要がある。

3. プロビットモデルの適用

(1) 基本的な考え方

従来のロジットモデルを用いたコンジョイント分析は、そのIIA特性により操作性の高い簡単な推定が行える一方で、被験者が選択肢相互を独立に評価していない場合には、上記3つの問題点に対処できず、推定された効用関数が偏りを有する可能性がある。そこで、効用関数の誤差項に正規分布を仮定したプロビットモデルを用いてコンジョイント分析を行うことを考えた。プロビットモデルにはIIA特性は無く、誤差項の分散共分散行列を構造化することによって選択肢間の類似性をモデルに反映させることが可能になる^{6) 7) 8)}。またそこで考慮した相関と得られたパラメータとの関係を捉えることで、選択肢の設定方法の違いによって推定値がどの様に変化するかを分析し、プ

*キーワード：意識調査分析、マーケティング、SP

** 学生会員 工修 東京工業大学大学院
理工学研究科土木工学専攻
(e-mail: shin@cv.titech.ac.jp)

*** 正会員 工博 東京工業大学工学部土木工学科
(〒152 東京都目黒区大岡山2-12-1
TEL: 03-5734-2693 FAX: 03-3726-2201)

ロジットモデルによる推定の安定的な解を得られることがわかれば、その適用性の高さを確認できると考える。

(2) コンジョイント・プロビットモデルの定式化

コンジョイント分析で提示される選択肢（プロファイル） i の効用を

$$\begin{aligned} U_i &= \sum_k \left(\sum_l \theta_{kl} X_{ikl} + \varepsilon_{ik} \right) \\ &= \sum_k \sum_l \theta_{kl} X_{ikl} + \sum_k \varepsilon_{ik} \end{aligned} \quad (1)$$

とする。ただし、 θ_{kl} は第 k 属性、第 l 水準のパラメータ（パート・ワース）、 X_{ikl} は選択肢 i の第 k 属性の第 l 水準、 ε_{ik} は選択肢 i の第 k 属性の誤差である。

ここで $\sum_k \varepsilon_{ik} = \varepsilon'_i$ として、これが正規分布

$N(0, \sigma_i)$ に従うと仮定する。ただし、 $\sigma_i^2 = \sum_k \sigma_k^2$

で、 σ_k^2 は第 k 属性ごとに定義される分散である。このとき選択肢 i と j ($i \neq j$) の誤差項の共分散は、

$$\begin{aligned} \sigma_{ij} &= E(\varepsilon'_i, \varepsilon'_j) \\ &= E\left(\sum_k \varepsilon_{ik}, \sum_k \varepsilon_{jk}\right) \\ &= \sum_k E(\varepsilon_{ik}, \varepsilon_{jk}) \end{aligned}$$

ここで、

$$E(\varepsilon_{ik}, \varepsilon_{jk}) = \begin{cases} \sigma_k^2 & (X_{ik} = X_{jk}) \\ 0 & (X_{ik} \neq X_{jk}) \end{cases}$$

と仮定すれば、

$$\sigma_{ij} = \sum_k \delta_{kij} \sigma_k^2 \quad , \quad \delta_{kij} = \begin{cases} 1 & (X_{ik} = X_{jk}) \\ 0 & (X_{ik} \neq X_{jk}) \end{cases}$$

以上より、(1)式の誤差項の分散共分散行列は、

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sum_k \sigma_k^2 & & \text{sym.} \\ \vdots & \ddots & \\ \sum_k \delta_{kij} \sigma_k^2 & \cdots & \sum_k \sigma_k^2 \end{pmatrix}$$

となる。ここで k に関わらず属性間の分散が等しいと仮定すると、 $\sigma^2 = \sigma_k^2$ だから、

$$\Sigma = \sigma^2 \begin{pmatrix} k & & \text{sym.} \\ \vdots & \ddots & \\ \sum_k \delta_{kij} & \cdots & k \end{pmatrix}$$

である。

この分散共分散行列を持つプロビットモデルの推定は可能であるが、順序データの分解定理を用いることができないため、推定には「選択」データを用いるか、または、部分集合に対する「選択」を繰り返して調査し、それらをプーリングした推定を行うことが必要となる。

4. おわりに

本論では、コンジョイント分析を交通需要管理やパブリック・インボルブメントのための政策や計画のパッケージ代替案の選好に用いる際の問題と、それに対処するためにプロビットモデルを適用する方法を示した。議論の詳細については発表時に示すが、本論で提起した問題点も含めて、検討を進める予定である。

[参考文献]

- 1) 湯沢昭・須田照・高田一尚：コンジョイント分析の交通機関選択モデルへの適用に関する諸問題、土木学会論文集、No.419/IV-13、pp.51-60、1990
- 2) 森秀雄・屋井鉄雄・寺部慎太郎：車利用者へのマーケティング効果に関する基礎的考察、土木学会第49回年次学術講演会講演概要集、第4部、pp.634-635、1994
- 3) 森川高行：ステイティッド・プリファレンス・データの交通需要予測モデルへの適用に関する整理と展望、土木学会論文集、No.413/IV-12、pp.9-18、1990
- 4) 藤原章正・杉恵頼孝：選好意識調査の設計の手引き、交通工学、Vol.28、No.1、pp.63-71、1993
- 5) Hensher, D.A. : The Use of Discrete Choice Models in the Determination of Community Choices in Public Issue Areas Impacting on Business Decision Making, Journal of Business Research, 23, pp.299-309, 1991
- 6) Hausman, J.A., Wise, D.A. : A Conditional Probit Model for Qualitative Choice : Discrete Decisions Recognizing Interdependence and Heterogeneous Preferences, Econometrika, Vol.46, No.2, pp.403-426, 1978
- 7) 屋井鉄雄・岩倉成志・伊東誠：鉄道ネットワークの需要と余剰の推計法について、土木計画学研究・論文集11、pp.81-88、1993
- 8) Haaijer, M.E., Vriens, M., Wansbeek, T.J., Wedel, M. : Predictions in Conjoint Choice Experiments: The X-Factor Probit Model, Research Report 96B22, Univ. of Groningen, Research Institute Systems, Organisations and Management, 1996