

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 23 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25380261

研究課題名(和文) 個人の異質性を考慮した多変量順序選択モデルのベイズ推定

研究課題名(英文) Bayesian analysis of multivariate ordered choice models that accommodate individual heterogeneity

研究代表者

長谷川 光 (Hasegawa, Hikaru)

北海道大学・経済学研究科(研究院)・教授

研究者番号：30189534

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、個人の異質性を考慮した順序選択モデルのベイズ法による推定方法の開発とその社会科学のデータへの応用である。具体的には、King et al. (2004) が開発したAnchoring Vignettesをもつ順序モデルのベイズ推定の方法を考えた。更に、順序選択モデルの構成部分(self-assessment式)とvignettesの構成部分(vignettes式)との相関を考慮したモデルを考え、そのベイズ推定法を開発した。また、順序選択モデルの拡張として、被説明変数として複数の順序変数と連続型変数が混在するモデルを考え、そのベイズ推定の方法を開発した。

研究成果の概要(英文)：In this research, I consider an ordered choice model that accommodates individual heterogeneity. In particular, using the simulation-based Bayesian method, I present an estimation method for the anchoring vignettes model proposed by King et al. (2004). Furthermore, I provide an extended model incorporating the dependence between the self-assessment and vignette components, and its estimation procedure. In addition, I consider an extended multivariate ordered probit model which includes continuous dependent variables as well as ordered dependent variables, and provides the Bayesian estimation method for it.

研究分野：計量経済学

キーワード：ベイズ統計学 順序選択モデル MCMC 個人の異質性

1. 研究開始当初の背景

本研究の目的は、個人の異質性を考慮した順序選択モデルのベイズ法による推定方法の開発とその社会科学のデータへの応用である。社会科学では、順序選択モデルは満足度や幸福度などの主観的順序データの分析によく用いられており、その計量的手法を標本理論の立場から包括的にまとめたテキストとして Greene and Hensher (2010) がある。一方、ベイズ法による推定方法をまとめた論文として Jeliaskov et al. (2009) 等がある。

近年、主観的順序データの分析では、個人の異質性を取り入れたモデルを用いた研究が行われてきている。計量経済学では、順序モデルの閾値 (threshold) が個人間で異なるとして個人の属性の線型関数として閾値を定式化した一般化順序プロビットモデル (generalized ordered probit model)、閾値の関数を非線型とした HOPIT (hierarchical ordered probit) モデル等が提案されてきた。また、心理学や教育学の分野では、個人の所属する集団の違いが応答確率に差を生じさせるという特異項目機能 (DIF: differential item functioning) の研究が行われてきた。例えば、主観的健康状態のデータで、健康状態に関する認知度は国によって異なる場合がありうる。即ち、A 国と B 国で同じ健康状態にある個人を比較した場合、回答する主観的健康状態がその個人が所属する国によって異なる可能性がある (Kapteyn et al. (2007))。King et al. (2004) はサーベイ調査の質問に対する個人の属する集団の認知度の差異 (DIF) を幾つかの寸描 (vignettes) から推定することを提案した。彼らはその手法を Anchoring Vignettes と呼んでおり、順序選択モデルの構成部分と vignettes の構成部分から成る (手法の概説及び最近の発展については King and Wand (2007), Hopkins and King (2010) を参照)。Anchoring Vignettes を用いた研究例として、King et al. (2004) (政治的有効性)、Kapteyn et al. (2007) (主観的健康感) 等があり、2011 年には英国王立統計学会の機関誌である Journal of the Royal Statistical Society A (174 巻 3 号) が Anchoring Vignettes を用いた実証分析の論文の特集を組んでいる。また、King 教授のウェブサイト「The Anchoring Vignettes Website」(<http://gking.harvard.edu/vign/>) では、多くの分野で使用可能な vignettes の例が紹介されている。

申請者は、以前より、順序選択モデルを用いて、満足度、幸福度、主観的健康状態などについてベイズ法による分析を行ってきた。例えば、Hasegawa (2010) では複数の観光資源に関する観光客の満足度を多変量プロビットモデルで分析を行ったが、そこでは個人の属する集団の違いによる認知度の差異を

モデル化してはいなかった。そのため、例えば、観光客の居住地域の違いによる観光資源に対する認知度の差異を評価していない。そこで、個人の属する集団による認知度の差異を考慮したモデルの可能性を考えたことが、本研究を着想した発端である。

2. 研究の目的

(1) 本研究の目的は、個人の異質性を考慮した順序選択モデルのベイズ法による推定方法の開発である。また、複数の順序変数間の相関を考慮した多変量順序モデルへの拡張を考える。多変量順序モデルにおいて被説明変数の数が多い場合、標本理論的アプローチよりもベイズ法によるアプローチのほうがモデルの推定が容易である (Hasegawa (2010) を参照)。

(2) 報告者の知る限り、個人の異質性を考慮した順序モデルのベイズ推定の文献は少なく、特に Anchoring Vignettes をもつ順序データモデルのベイズ推定を試みた文献はないように思われる。

(3) 開発した手法をシミュレーションで発生させたデータに適用し、既存の研究との比較を行うとともに、実際の社会科学のデータに適用して、開発された手法の適用可能性を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 研究の進め方としては、既存の文献を検討し、問題点を整理することから始まり、本研究独自の手法を開発し、シミュレーションで発生させたデータ及び実際の社会科学のデータへ適用する。また、実証分析を進める中で、開発された手法の問題点を認識し、手法の再検討を行う。これにより、これまでに順序選択モデルを用いてきた様々な研究分野の実証分析に新たな分析道具を提供することを目指す。

(2) King et al. (2004)、Greene and Hensher (2010) における標本理論を用いた推定方法を参考にして、個人の異質性を考慮した 1 変量順序モデル及び Anchoring Vignettes をもつ 1 変量順序モデルのベイズ法による推定方法を開発する。

(3) 個人の異質性を考慮した順序モデルの多変量モデルへの拡張を行うために、ベイズ法による多変量順序モデルの推定方法を改良する。

(4) 個人の異質性を考慮した多変量順序モデルの推定方法を開発する。

(5) 解析的にパラメータの事後分布等を求め

ることが困難なため、1990年代以降発展が著しいシミュレーションに基づくベイズ法（マルコフ連鎖モンテカルロ法: MCMC法）を用いる。なお、現在では、フリーソフトのRやWinBUGSなどを用いてベイズ分析を行うことも可能であるが、新たに開発された手法に対しては当然ながら、パッケージ・ソフトは存在しない。そこで、本研究では、Ox等のプログラミング言語を用いて必要な計算プログラムを作成する。

(6) 得られた研究成果は、ディスカッション・ペーパー等にまとめ、セミナー等で発表するとともに専門誌への投稿を行う。

4. 研究成果

(1) 個人の異質性を考慮した順序選択モデルのベイズ推定。

Anchoring Vignettesをもつ順序選択モデルのベイズ推定。

本研究では、順序選択モデルの構成部分 (self-assessment 式) と vignettes の構成部分 (vignettes 式) との相関を考慮したモデルを考え、そのベイズ法による推定方法の開発を行った。Anchoring Vignettes を用いた実証研究では、self-assessment 式の推定と vignettes 式の推定は同じ個人のデータを用いているが、これらの式の間に関連関係は考慮されていない。また、標本理論に基づく方法によるこのモデルの推定は困難と思われるので、ベイズ法を用いる利点となる。なお、self-assessment 式と vignettes 式との相関を考慮したモデルは既存の文献にはない新しい試みであり、被説明変数の共分散構造を考慮したモデルの推定には工夫が必要になる。本研究では、Pourahmadi (1999) の共分散行列の事前分布の導入方法、及び Hans et al. (2012) の共分散行列の分解手法を援用することにより、この問題を解決している。

データとしては、Wand et al. (2011) の R のパッケージ anchors に付属しているデータ freedom (Freedom of Speech Data) を用いた。なお、このデータを用いて幾つかの予備的推定を行った結果、King et al. (2004) で提案されたオリジナルのモデルに self-assessment 式と vignettes 式との相関を入れたモデルをベイズ法によって推定した場合、MCMC法のサンプリングのミキシングが遅く、よい推定結果を得るのが困難であることが判明した。そこで、本研究では、Greene and Hensher (2010) で紹介されていたパラメータ変換を用いることを提案し、その結果、この問題を解決することができた。

研究成果はディスカッション・ペーパー Hikaru Hasegawa, “Bayesian analysis of an ordered choice model that accommodates individual heterogeneity,” Discussion Paper Series

A-285, Hokkaido University, 2015. にまとめた。なお、本論文は、現在、海外の専門誌に投稿中である。

Greene and Hensher (2010) で提案された個人の異質性を取り入れた順序モデルのベイズ推定。

Greene and Hensher (2010) では、個人の異質性を考慮して、順序プロビットモデルの閾値が個人の特性に依存するモデルを提案している。本研究では、このモデルのベイズ推定の方法を考察した。現在、1変量のモデルの推定方法の開発は終了し、多変量順序プロビットモデルの推定方法を考察しているところである。多変量順序プロビットモデルの推定では、Chen and Dey (2000) で示されたような閾値の変換を行わない場合、潜在変数の共分散行列が相関行列の形をとるため、共分散行列の事前分布として逆ウィシャート分布を用いることができない。そこで、本研究では、「Anchoring Vignettesをもつ順序選択モデルの推定」でも言及した Pourahmadi (1999) の共分散行列の事前分布及び Hans et al. (2012) の共分散行列の分解手法を用いることが考えられる。また、多変量順序プロビットモデルの推定ということで、本研究は次の「(2) 多変量順序モデルの推定方法の改良」とも密接に関連している。

(2) 多変量順序モデルの推定方法の改良。

多変量順序プロビットモデルの推定。

Chen and Dey (2000) で提案された多変量順序プロビットモデルについて、Jeliazkova et al. (2009) を参考にして、Chen and Dey (2000) の閾値変換に基づく事前分布を導入して、ベイズモデルを構築した。得られた推定方法を用いて、労働者の仕事の満足度に関する実証分析を行った。データとしては、連合総合生活開発研究所による「勤労者の仕事と暮らしについてのアンケート」を用いた。連合総研のデータには、労働者の勤務先に対する全般的な満足度のみならず勤務先の労働環境に関する様々な設問が用意されている。これらのデータは順序データとなっており、本研究で考察した多変量順序プロビットモデルを推定に用いることができる。実証分析の結果を含めた研究成果はディスカッション・ペーパー

Hikaru Hasegawa and Kazuhiro Ueda, “Analysis of job satisfaction: The case of Japanese private companies,” Discussion Paper Series A-264, Hokkaido University, 2013.

にまとめた。本論文は、既に、査読付専門誌 *Labour* に掲載されている。

複数の順序変数と連続型変数を被説明変数としたモデルのベイズ推定と不平等指標の開発。

本研究では、被説明変数として複数の順序変数と連続型変数を用いたモデルのベイズ推定の方法を開発し、このモデルの推定から得られる多変量順序プロビットモデルの潜在変数と連続型変数の事後分布を用いた多次元の不平等指標を提案した。このような潜在変数と連続型変数の事後分布の確率を用いた多次元指標の提案は、本研究が初めてである。

多次元指標は、国際連合開発計画の人間開発指数 (Human Development Index, HDI) をはじめとして、多くの指標が提案されている。Pattanaik et al. (2012) では、複数の属性をもつ個人に対する集計方法の分類 (row-first two-stage procedure と column-first two-stage procedure) が提案された。本研究では、第1段階で各個人の属性について集計して個人に関する1つの指標を作り、第2段階でこの個人に関する指標を集計するという Pattanaik et al. (2012) の row-first two-stage procedure を採用した。具体的には、第1段階として、多変量順序プロビットモデルの潜在変数と連続型変数の事後分布から個人の現在の状態を表す確率を計算し、第2段階ではこの確率に対して Gini 係数及び一般化エントロピー尺度を計算した。

データとしては、連合総研の「勤労者の仕事と暮らしについてのアンケート」の仕事の満足度、生活の満足度、健康状態を順序変数として、また、対数変換した所得水準を連続型変数として採用した。

研究成果はディスカッション・ペーパー Hikaru Hasegawa and Kazuhiro Ueda, “Multidimensional inequality for current status of Japanese private companies' employees,” Discussion Paper Series A-281, Hokkaido University, 2015.

にまとめ、六甲フォーラム (神戸大学) で報告を行った。なお、本論文は、現在、海外の専門誌に2回の改訂を経て、再投稿中である。

< 引用文献 >

- Chen, M.-H. and Dey, D.K. (2000). “Bayesian analysis for correlated ordinal data models,” in *Generalized Linear Models: A Bayesian Perspective*, Marcel Dekker, pp.133-157.
- Greene, W.H. and Hensher, D.A. (2010). *Modeling Ordered Choices: A Primer*, Cambridge University Press.
- Hans, C., Allenby, G. M., Craigmile, P. F., Lee, J., MacEachern, S. N. and Xu, X. (2012). “Covariance decompositions for accurate computation in Bayesian scale-usage models,” *Journal of Computational and Graphical Statistics* **21** (2), pp.538-557.
- Hasegawa, H. (2010). “Analyzing tourists' satisfaction: A multivariate ordered probit approach,” *Tourism Management* **31**(1), pp.86-97.

- Hopkins, D.J. and King, G. (2010). “Improving anchoring vignettes: Designing surveys to correct interpersonal incomparability,” *Public Opinion Quarterly* **74**(2), pp.201-222.
- Jeliaskov, I., Graves, J. and Kutzbach, M. (2009). “Fitting and comparison of models for multivariate ordinal outcomes,” *Advances in Econometrics: Bayesian Econometrics* **23**, pp.115-156.
- Kapteyn, A., Smith, J.P. and van Soest, A. (2007). “Vignettes and self-reports of work disability in the United States and the Netherlands,” *American Economic Review* **97**(1), pp.461-473.
- King, G., Murray, C.J.L., Salomon, J.A. and Tandon, A. (2004). “Enhancing the validity and cross-cultural comparability of measurement in survey research,” *American Political Science Review* **98**(1), pp.191-207.
- King, G. and Wand, J. (2007). “Comparing incomparable survey responses: Evaluating and selecting anchoring vignettes,” *Political Analysis* **15**(1), pp.46-66.
- Pattanaik, P.K., Reddy, S.G., Xu, Y. (2012). “On measuring deprivation and living standards of societies in a multi-attribute framework,” *Oxford Economic Papers* **64**(1), 43-56.
- Pourahmadi, M. (1999). “Joint mean-covariance models with applications to longitudinal data: Unconstrained parameterisation,” *Biometrika* **86**(3), 677-690.
- Wand, J., and King, G. and Lau, O. (2011). “anchors: Software for anchoring vignette data,” *Journal of Statistical Software* **42**(3), pp.1-25.

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

Hikaru Hasegawa and Kazuhiro Ueda, “Analysis of job satisfaction: The case of Japanese private companies,” *Labour* **30**(1), pp.109-134, 2016. 査読有。

[学会発表] (計 1 件)

Hikaru Hasegawa and Kazuhiro Ueda, “Multidimensional inequality for current status of Japanese private companies' employees,” 六甲フォーラム (神戸大学), 2016年1月25日。

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.econ.hokudai.ac.jp/~hasegawa/>

6．研究組織

(1)研究代表者

長谷川 光 (HASEGAWA, Hikaru)
北海道大学・大学院経済学研究科・教授
研究者番号：30189534

(2)研究分担者： なし

(3)連携研究者： なし