

平成 21 年 5 月 10 日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2006～2008

課題番号：18530152

研究課題名 (和文) 制限従属変数パネルデータの非線形動学ミクロ構造モデリングとその応用

研究課題名 (英文) Nonlinear dynamic micro-structural modeling on limited dependent variable models and their applications

研究代表者 照井 伸彦 (TERUI NOBUHIKO)

東北大学・大学院経済学研究科・教授

研究者番号：50207495

## 研究成果の概要：

本研究では、観測される質的変数に対応する潜在変数の理論構造や観測値自体に現れる様々な非線形関係を計量経済モデル分析によってモデル化し、新しい離散選択モデルを複数提案した。さらにその統計的モデリングの手續きと MCMC を用いた消費者異質性を取り入れた推定アルゴリズムを与えた。さらに従来のモデルとの比較を行い、提案したモデルが優れている点を整理した。また実際の様々なマイクロデータおよびマーケティングデータに適用してその有効性を検証した。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,200,000	0	1,200,000
2007 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2008 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	720,000	4,320,000

研究分野：経済学

科研費の分科・細目：経済統計

キーワード：非線形確率効用関数、離散選択モデル、動学モデル、内生性問題

## 1. 研究開始当初の背景

家計や企業など個別の経済主体の行動を記述するパネル調査データのマイクロ経済分析では、カテゴリカルな状態をあらわす多くの質的変数を含み、この質的変数を説明するための計量経済モデルは制限従属変数モデルとしてこれまで線形モデルを中心に研究が行われ、様々な推定法が提案されてきた。例えば、消費者行動の研究や労働経済学の就労条件の分析では、効用関数を潜在変数として説明変数に関して線形な理論構造を仮定し、典型的にはロジット、プロビットモデルなど

を用いて市場反応や就労条件を測定することが行われてきた。経済学に限らず多くの学問分野では、非線形現象の認識が強まり、その記述とモデリングの研究が進んでおり、経済理論および現象を計量化する際にも非線形統計モデリングの研究が求められている。その際、さらに経済データに固有な動学的特性および経済変数間の構造から生じる内生性を取り入れたモデリングも同時に考慮する必要がある。

## 2. 研究の目的

本研究では、観測される質的変数に対応する潜在変数の理論構造や観測値自体に現れる様々な非線形関係を計量経済モデル分析によってモデル化し、その統計的モデリングの手續きとその性質を研究し、さらに実際の様々なマイクロ経済データに適用してその有効性を検証する。

### 3. 研究の方法

制限従属変数パネルデータには、各パネルに関しては少数サンプルであること（少数サンプル問題）、従属変数と説明変数の関係が線形現象に限定されていること（線形性問題）、パネルごとの異質性とパネル間の共通性を識別して推定する必要があること（異質性問題）、制限従属変数と説明変数の間の同時決定があること（内生性または構造モデル問題）、時系列データの観測値数がパネル間で異なる場合があること（非完備データと動学問題）などの固有の制限と問題点がある。これらに対して下記のアプローチについて研究を行った。

- (i) 制限従属変数に対応する潜在変数の非線形構造のパラメトリックな統計的モデリング
- (ii) 構造モデリングと政策シミュレーション（内生性問題）
- (iii) 動学モデルへの拡張
- (iv) モデリングの統計的性質の比較シミュレーション研究
- (v) 閾値型以外のパラメトリック非線形制限従属変数モデルの構築
- (vi) 経済・経営分野のパネルデータへの適用と各種実証分析

### 4. 研究成果

制限従属変数に関する新しいモデルを複数開発し、その統計的性質とMCMCを用いた消費者異質性を取り入れた推定アルゴリズムを与えた。さらに従来とのモデルとの比較を行い、提案したモデルが優れている点を整理した。さらに、応用研究のひとつとして、広告の露出回数が消費者のブランド選択における説明変数をして機能するモデルを複数与え、これまで広告の役割にマイクロモデリングの視点から一定の結論を与えた。具体的には下記のとおりである。

(1) 制限従属変数に対応する潜在変数の非線形構造のパラメトリックな統計的モデリング：

① 離散選択モデルにおける消費者の確率効用関数を通常の線形関数から非線形関数で一般化し、その計量モデル構築のために閾値変数の存在を仮定して、非線形関数を閾値定義域上で区分的に線形な関数で近似する

方法を提案した Terui and Dahana (2006) のモデリングをさらに発展させるとともに、このモデルが適用可能な他の非線形構造を表わす経済理論や経済・経営現象を各分野の文献を精査して探った。そのひとつとして、広告量が消費者のブランド選択に与える影響が非線形であると認識されていることから、この問題の非線形モデリングを実施した。

② 上記モデルは価格が効用に対して外生変数として規定して簡略化されるが、現実には企業行動としては消費者のブランド選択および購買行動を見てそれによって価格を変化させていると考えるのが妥当であり、価格と売上げには同時決定の関係を仮定してモデル化する必要がある。この内生性の問題あるいは構造モデリングを上記閾値型非線形制限従属変数モデルについて研究するうえで必要な先行研究のサーベイを実施し、複数の制限従属変数間に内生的に同時決定される場合の未着手の問題に関して、制限従属変数間に内生性が発生する場合のバイアスの評価および推定法についても、先行研究の文献を精査した。

(2) 制限従属変数の動学モデル：

パネルデータの分析モデルとしてこれまで展開されてきた離散選択モデルは、対象となる選択肢が観測期間を通じて一定であるという仮定を置くものであるのに対し、本研究では外生的な変数の時間変化に伴う状態によって選択肢をスクリーニングし、選択肢が観測時間ごとに変化する新しい離散選択モデルを提案した。具体的には、消費者の選択行動に影響を与える外生変数が選択肢集合を非線形に規定し、これを閾値モデルにより2つの局面へ分解してある選択肢が選択対象となる状態を記述するモデルである。さらにこのモデルをパネルごとに異なるパラメータをもつ異質性モデルとして展開して、新しく異質性を取り入れた非線形動学離散選択モデルを展開した。またこのスクリーニング離散選択モデルの統計的推測法に関して、マルコフチェーン・モンテカルロ(MCMC)アルゴリズムを与えた。シミュレーション研究によって本アルゴリズムを評価し、優れた性能を持つこと示した。また提案モデルを用いた実証分析として、広告の閾値効果を分析した。具体的には、提案モデルをマーケティングにおける消費者のブランド選択行動を記述するモデルとして展開し、各ブランドの広告量が一定水準を上回ると考慮集合と呼ばれる選択肢集合に入り、広告量が閾値を下回ると選択肢集合から離脱するモデリングを展開した。実務家のいう広告の閾値効果の新しい構造モデリングであり、広告の役割に対して新しい定量評価を与えた。

(3) 動学モデルの発展と内生性問題の処理：

潜在変数として効用関数を仮定した場合は、消費者の効用に慣性 (inertia) が働くとするのが一般的であり、効用に時間的な要因を入れる動学モデルへの拡張として、セールスプロモーションへの期待変数を入れた動学モデルを提案した。同時に内生性問題を含むモデリングの一般化を図った。

(4) モデリングの統計的性質の比較シミュレーション研究：

提案した非線形動学モデリングの統計的性質を様々な状況下でのシミュレーション研究によって調べ、その有効性と前提条件の検討を行い、提案したモデルが従来のモデルよりも優れている点を総括した。

(5) 経済・経営分野のパネルデータへの適用と各種実証分析：

提案した非線形動学モデリングを実際の経済・経営のマイクロデータに適用し、実証分析によってモデルの有効性を検証した。

(6) 消費者学習理論を取り込んだ異質離散選択モデルの開発研究：

製品の品質など消費者にとって不確実性の伴う説明変数を効用関数の中に取り込む研究を行い、さらに広告の露出や製品の購入使用経験が品質に対する不確実性を減少させる消費者学習 (consumer learning) 過程を消費者異質性を取り入れた枠組みで展開するモデルと MCMC のアルゴリズムを与え、今後展開すべき研究の方向性を確認した。

## 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 8 件)

- (1) Nobuhiko Terui and Masataka Ban (2008), "Modeling heterogeneous effective advertising stock using single-source data," *Quantitative Marketing and Economics*, 6 (4), 415-438. (査読有)
- (2) 照井伸彦 (2008), "佐藤・樋口著「動的個人モデルによる消費者来店行動の解析」へのコメント-マーケティングの中の時系列解析," *日本統計学会誌*, 38 (1), 29-30. (査読有)
- (3) Nobuhiko Terui, Masataka Ban and Toshihiko Maki (2008), "Finding Market Structure by Sales Count Dynamics - Multivariate Structural Time Series Models with Hierarchical Structure for Count Data-," Discussion paper TM&ARG No. 85, Graduate School of Economics and Management, Tohoku University, 85, 1-26. (査読無)

(4) 伴正隆・照井伸彦 (2008), "消費者異質性の下でのブランド別広告残存効果と広告長期効果の測定," *マーケティング・サイエンス*, 15 (1), 65-81. (査読有)

(5) 照井伸彦 (2008), "価格閾値の推定と価格カスタマイゼーションの可能性," *日本統計学会誌*, 37 (2), (2008), 261-278. (査読有)

(6) Nobuhiko Terui, Masataka Ban and Greg Allenby (2007), "A Disaggregated Model of Advertising and Brand Consideration, Discussion Paper (TM&ARG), Graduate School of Economics and Management, Tohoku U., (79), 1-30. (査読無)

(7) 照井伸彦 (2007), "ベイズモデリングによるマーケティング戦略," 樋口編著「統計数理は隠された未来をあらわにする」, 57-83, 東京電気大学出版局. (査読有)

(8) Nobuhiko Terui, Yuuki Imano (2007), "Testing Multivariate Gaussianity by Hermitian Polynomials Transformation," 研究年報「経済学」, 68 (3), 465-482, (査読有)

[学会発表] (計 10 件)

- (1) Multivariate Structural Time Series Model with Hierarchical Structure for Count Data, Joint Meeting of 4th World Conference of the IASC2008 and 6th Conference of the Asian Regional Section of the IASC on Computational Statistics & Data Analysis, (2008年12月5日-8日, Yokohama) 口頭 (招待・特別)
- (2) 販売数量 POS データのダイナミクスにもとづく市場構造分析, 日本マーケティングサイエンス学会第 84 回研究大会, (2008年11月30日) 口頭 (一般)
- (3) Count Data Sales Forecasting, Marketing Science Conference 2008, (2008年6月12日-14日, カナダ, Vancouver) 口頭 (一般)
- (4) カウントデータの多変量時系列モデル, 研究集会「第10回ノンパラメトリック統計解析とその周辺」, (2008年3月27日-28日, 東京) 口頭 (一般)
- (5) 広告とブランド考慮の非集計モデル, 日本マーケティングサイエンス学会第 82 回研究大会, (2007年12月8日-9日, 東京) 口頭 (一般)
- (6) カウントデータの多変量時系列モデルとその応用, 2007 年度統計関連学会連合大会 (2007年9月6日-9日, 神戸) 口頭 (一般)
- (7) A Brand Choice Model with Variable Consideration Sets Screened by Advertising, 2007 年度統計関連学会連合大会, (2007年9月6日-9日, 神戸) 口頭 (一般)

- (8) Forecasting Count Data in Sales, 2007 INFORMS International Meeting (Marketing Session) (2007年7月8日-11日, アメリカ合衆国, San Juan (Puerto Rico)) 口頭 (一般)
- (9) ベイズモデルによるマーケティング戦略, 明治大学数理科学研究所・グローバルビジネス研究科「経済・ビジネス数理研究会」(2007年7月6日, 東京) 口頭 (一般)
- (10) Modeling Heterogeneous Effective Advertising Stock Using Single-Source Data, The Frank M. Bass Conference for Marketing Science, (2007年3月1日, アメリカ合衆国, Dallas) 口頭 (基調)

[図書] (計 4 件)

- (1) (1)統計学(執筆担当部分)4 章 相関と回帰 (pp.104-131); 11 章 回帰分析の統計理論 (pp.343-368); 13 章 多変量解析の基礎 (pp.413-441). [有斐閣, 2008年12月], 森棟公夫, 照井伸彦, 中川満, 西埜晴久, 黒住英司著.
- (2) ベイズモデリングによるマーケティング分析. [東京電機大学出版局, 2008年9月], 照井伸彦著. (300 頁)
- (3) 計量経済学ハンドブック(執筆担当部分) 第 16 章 時系列分析(1) ARIMA モデル pp.503-534. [朝倉書店, 2007年9月] 蓑谷千風彦他 28 名著.
- (4) 「統計数理は隠された未来をあらわにする」(執筆担当部分) 第 3 章 ベイズモデリングによるマーケティング戦略(57 頁-83 頁). [東京電機大学出版局, 2007年6月], 石井信, 照井伸彦, 井元清哉, 樋口知之, 北川源四郎 著

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

照井 伸彦 (TERUI NOBUHIKO)  
東北大学・大学院経済学研究科・教授  
研究者番号 : 50207495

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし