

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2009～2013

課題番号：21243018

研究課題名(和文) 金融リスクと経済行動のベイズ計量経済分析

研究課題名(英文) Bayesian econometric analysis of financial risk and economic behavior

研究代表者

大森 裕浩 (OMORI, YASUHIRO)

東京大学・経済学研究科(研究院)・教授

研究者番号：60251188

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,300,000円、(間接経費) 9,690,000円

研究成果の概要(和文)：「金融リスクの評価」と「経済行動」のベイズ計量経済分析を行った。
「金融リスクの評価」の分析では(1)1変量確率的ボラティリティ変動モデルの拡張、(2)実現ボラティリティと確率的ボラティリティ変動モデルとの同時モデリング、(3)多変量確率的ボラティリティ変動モデル、(4)最大値・分位点の時系列モデル、(5)実現ボラティリティ等を用いた計量ファイナン分析について研究を行った。
「経済行動」の分析では、(1)ゲーム理論に基づく計量経済モデル分析、(2)選択行動の計量分析、(3)水道需要関数の計量分析・政策分析、(4)マクロ計量経済分析、(5)分位点回帰モデル、(6)環境経済の計量分析を行った。

研究成果の概要(英文)：We conducted a research on Bayesian econometric analysis of financial risk and economic behavior. In the analysis of financial risk evaluation, we studied (1) several extensions of univariate stochastic volatility models, (2) the simultaneous modelling of stochastic volatility and realized volatility, (3) multivariate stochastic volatility models, (4) time series models for the maximum and quantiles, and (5) financial econometric analysis using realized volatilities. In the analysis of economic behaviors, we carried out econometric research on (1) models based on the game theory, (2) models for choices, (3) water demand function and policy analysis, (4) macroeconometric models, (5) quantile regression models and (6) environmental economics.

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経済学・経済統計学

キーワード：ベイズ統計学 マルコフ連鎖モンテカルロ法 確率的ボラティリティ変動モデル 実現ボラティリティ 分位点回帰モデル 計量ファイナンス 水道需要関数

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年では、従来の統計モデルでは十分に記述することができなかつたデータの複雑な構造を、新しく潜在変数を導入することにより、適切に表現することができるようになってきているが、多くの場合において最尤法など従来型のアプローチでは多重積分が必要なため、推定が困難となる。

(2) ベイズ・アプローチでは、数値積分ではなく、マルコフ連鎖モンテカルロ法というシミュレーションを用いる方法により、事後分布に基づく精確な推論を行う。マルコフ連鎖モンテカルロ法は確率分布からの乱数発生を行うモンテカルロ法の1つでマルコフ連鎖を利用する点が特徴的である。マルコフ連鎖の確率標本を事後分布からの確率標本とし、それらを用いてパラメータの確率分布の性質に関する推論を行うことができる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、(1) 金融リスクの評価と(2) 経済行動の新しい計量経済モデルを提案し、ベイズ・アプローチをとることにより、マルコフ連鎖モンテカルロ法を用いた推定方法を開発することである。

(1) 金融リスクの尺度としては危険資産の収益率の分位点や、ある値以下の条件付の下での収益率の期待値等がしばしば用いられる。しかしその評価は、多くは収益率が独立で同一の分布に従うという仮定の下で行われている。現実に観測される収益率は時系列データであり、その分布や、分位点の分布は時間に依存して変動して独立ではない。本研究では、資産収益率の時系列モデルとして良く知られたモデルである確率的ボラティリティ変動モデルの拡張を、多変量時系列への拡張も含めて行い、そのマルコフ連鎖モンテカルロ法による推定方法の開発を行う。また最大値や分位点の時系列モデルの提案と、その推定方法についても開発を行う。

(2) 経済行動のベイズ計量分析として、ゲーム理論に基づく計量経済モデル分析、選択行動の計量分析、需要関数の計量分析、分位点回帰モデル、環境経済分析、について新しいモデルの提案とマルコフ連鎖モンテカルロ法による推定方法の開発を行う。

3. 研究の方法

(1) 平成21年度:

ジャンプを取り入れた確率的ボラティリティ変動モデル、確率的ボラティリティ変動モデルと実現ボラティリティ同時モデル化、実現ボラティリティで基準化したTOPIXのリターンと過去の値との依存関係、マルコフ切替モデルを用いた景気循環の分析、環境マネジメントシステムの認証取得環境負荷低減効果、鉄道会社におけるヤードステ

ック規制に関する有効性、について研究を行い、雑誌論文掲載9件、学会発表34件を行った。

(2) 平成22年度:

非対称性多変量確率的ボラティリティ変動モデルの基本モデル、実現ボラティリティの変動のモデル化とそのリスク管理への応用、信用リスクを考慮した金利派生証券の価格付けに幅広く応用できるGram-Charlier展開を用いた方法、閾値が共変量に依存するトービットモデル、分位点回帰モデルのEMアルゴリズムを用いた推定方法、について研究を行い、雑誌論文掲載6件、学会発表20件を行った。

(3) 平成23年度:

最大安定過程モデルの推定方法、確率的ボラティリティ変動モデルを用いた実証分析、逓増型ブロック料金体系下での需要関数のパネルデータのための計量経済モデル、分位点回帰モデルのギプス・サンプリング、日本経済と金融政策のための可変パラメータVARモデルのベイズ分析、確率的動学一般均衡(DSGE)モデルのマクロデータへの応用、周辺事業所の化学物質リスクが住宅市場に与える影響、について研究を行い、雑誌論文掲載8件、学会発表31件を行った。

(4) 平成24年度:

非対称性多変量確率的ボラティリティ変動モデルの一般モデル、多変量因子確率的ボラティリティ変動モデルの実証分析、Generalized Hyperbolic分布を取り入れた確率的ボラティリティ変動モデル、最大値の確率変数をグンベル分布に従う確率変数の関数として表現する状態空間モデル、分位点の時系列モデル、実現ボラティリティと確率的ボラティリティ変動モデルの同時モデルの日経225株価指数のリスク評価への応用、実現ボラティリティを用いたリスク評価、企業の市場参入ゲームのための計量経済モデル、時変パラメータVARモデルのマクロデータへの応用、分位点回帰モデルのセミパラメトリックモデルとその動学パネルデータへの拡張、洪水による浸水被害リスクの分析、住宅市場における周辺事業所の化学物質排出リスクの評価分析、について研究を行い、雑誌論文掲載13件、学会発表27件を行った。

(5) 平成25年度:

収益率に生じたショックのボラティリティに対するインパクト曲線の新しい計算方法、実現ボラティリティの長期記憶性、日経225の実現ボラティリティのオプション価格導出に対する有用性、日経225のボラティリティ・リスク・プレミアムの景気動向指数や信用スプレッドの予測に対する有用性、マイクrostラクチャ・ノイズを考慮した新たな

ボラティリティの推定方法、景気循環の確率的ボラティリティ変動モデルのマルコフ切替モデルによるベイズ分析、逡増型ブロック料金体系下での水道需要関数の計量経済分析、市町村の廃棄物事業のパネルデータの実証分析、Approximate Bayesian Computationの改善、気候変動が日本の農業部門・農作物貿易に与える影響、エネルギー使用量の決定要因について研究を行い、雑誌論文掲載12件、学会発表22件を行った。

4. 研究成果

[A] 金融リスクの評価

(1) 確率的ボラティリティモデルの拡張

確率的ボラティリティ変動モデルを、誤差項が裾の厚い分布を持つ場合や、収益率にジャンプがある場合に拡張して、その効率的な推定方法を開発した。TOPIXと米国株価指数S&P500の日次収益率データに適用して実証分析を行った結果、ジャンプよりも裾の厚い分布をもつモデルのあてはまりが良いことが示された。さらに、誤差項に歪みを考慮した一般化双曲型非対称t分布を導入して、モデルパラメータの効率的な推定方法を開発、TOPIXと米国株価指数S&P500の日次収益率データに適用して実証分析を行った。分布における歪みの存在は、TOPIXやS&P500及び推定期間に依存するが、一般的に歪みを考慮したモデルのあてはまりがよいことが示された。また、このモデルをS&P500データにあてはめて周辺尤度、リスク評価に関するモデル比較も行い、モデルのあてはまりやリスク評価の精度を高めることが示された。このほか、収益率に生じたショック・ニュースがボラティリティにどのような影響を与えるかについて、新しいインパクト曲線の計算の方法を提案した。

(2) 実現ボラティリティと確率的ボラティリティ変動モデルとの同時モデリング

確率的ボラティリティ変動モデルに実現ボラティリティを導入して同時にモデル化することで、実現ボラティリティのバイアスを自動的に補正するとともに、モデルパラメータの推定精度が改善されることを示した。さらにこれを日経225株価指数の日次収益率に適用し、ボラティリティの予測精度が改善できること、モデルを拡張してボラティリティの対数が長期記憶過程や誤差項にすその厚い分布を導入することでモデルのあてはまりやリスク評価の精度が改善されることを示した。GARCHモデルについても同様な実現ボラティリティが考案されており、S&P500の日次収益率に適用し、リスク評価において有用であることを示した。

(3) 多変量確率的ボラティリティ変動モデル

非対称性・レバレッジ効果を取り入れて（しかし相関係数は一定）誤差項にすその厚い分布も導入した多変量モデルを提案し、パラメータの効率的な推定方法を示した。S&P500業種別株価指数に適用し、ある業種の収益率と別の業種のボラティリティに交差レバレッジ効果が認められた。さらに東証業種別株価指数について適用して選択基準DICによるモデル比較を行い、このモデルのあてはまりのよいことが示された。

(4) 最大値・分位点の時系列モデル

最大安定過程(max-stable process)は時系列構造を導入した数少ない過程の一つでこれまで推定方法が存在していなかったが、本研究ではベイズ・アプローチを採用することにより、効率的な推定方法を提案した。また最大値の確率変数をグンベル分布に従う確率変数を状態変数とする状態空間モデル表現することにより、新たな時系列モデルを構築してその推定方法を提案した。このモデルをTOPIX日次収益率の1か月間の最小値に適用して、GARCH型モデルとの比較を行い、提案モデルのあてはまりが最もよいことを示した。さらに分位点回帰モデルを状態空間モデルの枠組みに置き換え、状態変数に平滑な時系列構造を導入することで新たな時系列モデルを提案し、その効率的な推定方法を示した。

(5) 実現ボラティリティ等を用いた計量ファイナンス分析

日経225の実現ボラティリティが日経225オプション価格の導出に有用であることを明らかにした。また昼休みと夜間のリターンを用いずHansen and Lundeの方法によって調整した実現ボラティリティを長期記憶性と非対称性を考慮したARFIMAXモデルで定式化した場合のパフォーマンスが高いことを明らかにし、さらに他の方法でマイクロストラクチャ・ノイズの調整を行ってもパフォーマンスが改善しないことも明らかにした。その一方でマイクロストラクチャ・ノイズを考慮した新たなボラティリティの推定方法を開発した。また実現ボラティリティで基準化したTOPIXのリターンには過去の値との線形・非線形依存関係が無いことを示した。このほか、信用リスクを考慮した金利派生証券の価格付けに幅広く応用できる方法として、Gram-Charlier展開を用いた方法を提案し、日経225のボラティリティ・リスク・プレミアムが日本の景気動向指数や信用スプレッドの予測に有用であることを明らかにした。

[B] 経済行動のベイズ計量分析

(1) ゲーム理論に基づく計量経済モデル分析
市場参入ゲームモデルに基づいて、我が国の航空産業が複占である場合について参入

企業の効果の場合分けすることにより、計量経済モデルを提案して、モデル選択の結果により市場構造を明らかにするとともに、新しく建設される空港の需要予測を行った。

(2) 選択行動の計量分析

トービットモデルを一般化して、閾値が説明変数に依存するようなモデルを提案して、効率的な推定方法を示し、従来のモデルよりもあてはまりがよくなることを既婚女性の賃金関数の実証分析等において示した。

(3) 水道需要関数の計量分析・政策分析

水道料金は消費量が増加するにつれて、ある閾値を超えると料金が上昇するというブロック料金制であるが、この下における水道需要関数の推定方法を、母数が複雑な制約（分離条件）を満たすように行わなければならないことを明らかにして、これをベイズ・アプローチによって可能とした。このモデルを用いて我が国のマイクロデータを用いて分析し、さらにブロック料金を採用しない場合に比べて水道需要がどのように変化するか政策変更の効果を検証した。また、当該モデルをパネルデータに適用できるように拡張して個別効果を考慮したモデルを提案して、マイクロデータを用いた実証分析を行い、負の価格弾力性、正の所得弾力性を明らかにし、家計の人数・部屋数と水道需要の関係に関する結果が個別効果のモデルによって異なることを示した。

(4) マクロ計量経済分析

マルコフ切替モデルに構造変化を加味したモデルを用いて日本の景気循環の構造変化の数および時期の推定を行った。さらに金融危機や東日本大震災などの大きなショックがある場合、通常のマルコフ切替モデルでは景気の転換点を推定できないが、誤差項の分散を可変にするか分布をt分布にすると推定できることを明らかにした。

また、ボラティリティの変動も考慮した時変母数 VAR モデルを日本のマクロデータに応用し、母数・係数をすべて時変にしたモデルが最もあてはまりが良いことを示して、日銀の金融政策の効果の時期による違いを明らかにした。

一方、マクロ経済学の有力な分析手法としてよく用いられる、確率的動学一般均衡 (DSGE) モデルをゼロ金利政策前の日本のマクロデータに用いて簡単なニュー・ケインジアン DSGE モデルを推定するとともに、そのモデルを DSGE-VAR モデルを用いて評価した。

(5) 分位点回帰モデル

分位点回帰モデルに潜在変数を導入することによって、モデルを混合モデルの形に定式化し直し、シミュレーションを用いた推定方法の開発を行った。さらに動学パネルデータに対する分位点回帰モデルへの拡張も行った。

た。説明変数としてラグ付き従属変数を導入することで動学的な分位点回帰モデルを考え、さらに柔軟なモデルを構築するために説明変数と相関を持つ個体効果もモデルに導入した。また分位点関数に特定の関数形を仮定しないセミパラメトリック分位点回帰モデルの開発も行い、提案する計量モデルをより効率的に推定するための方法を開発した。一方、分位点回帰モデルの推定方法に関連して、尤度関数の評価が困難である場合の計算方法の一つである Approximate Bayesian Computation について、Multiple-point 法を一般化し適用することによってその改善を行った。

(6) 環境経済の計量分析

近年関心を集めている企業の汚染物質排出量削減の自主努力を促進する制度・政策の有効性を明らかにするため、事業所レベルのデータを用いて、企業・事業所の自主努力の一つとして環境マネジメントシステムの導入を対象に、認証取得のインセンティブを明らかにし、認証取得がトルエン排出削減に有効となっていることを明らかにした。

また、ヘドニック・アプローチを使って、住宅市場が、周辺の事業所で生じている化学物質排出のリスクを分析し、事業所から 0.5~1.0km 離れている場所では、化学物質排出量の増加に伴って有意に家賃が下落していることを明らかにした。

さらに洪水による浸水被害リスクを土地市場がどのように評価しているかを分析した。地価は洪水リスクに直面することによって約 10.24% 低下していること、単位面積当たりの洪水被害額は 120 万円 / m² にのぼり、先行研究の推計結果が過小推計であることが明らかとなった。

このほか、首都圏を対象とした調査結果に基づいて、エネルギー使用量の決定要因を分析し、補助金などによってエネルギー効率の悪い古い電気製品の買い替えを促進するだけでは、CO₂ 削減の観点からは必ずしも有効ではない場合があることが示唆された。また、市町村の廃棄物事業のパネルデータを用いて、廃棄物処理の非効率性を推計し、処理のために採用されている技術選択の違いが非効率性にどのように関係しているかを分析し、各自治体が社会的に処理費用の高い技術を採用していることが明らかとなった。さらに重力モデルを二国間の相対貿易モデルに適用し、パネルデータを用いて、気候条件が農作物の相対貿易に与える影響を分析し、世界全体で気温が 10% 程度(平均 1.8) 上昇した場合、小麦は 3.71% 輸出減少、米は 0.07% 輸出増加、トウモロコシは、0.98% 輸出減少、することが明らかになった。

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 4 8 件)

- [1] Tsuyoshi Kuniyama, Yasuhiro Omori and Zhengjun Zhang, "Efficient estimation and particle filter for max-stable processes," Journal of Time Series Analysis, 査読有, Vol.33-1, 2012, pp.61-80. DOI: 10.1111/j.1467-9892.2011.00740.x
- [2] Akira Hibiki and Shunsuke Managi, "Does the housing market respond to information disclosure?: Effects of toxicity indices in Japan," Journal of Environmental Management, 査読有, Vol.92-1, 2011, pp.165-171
- [3] Hideo Kozumi and Genya Kobayashi, Gibbs sampling methods for Bayesian quantile regression. Journal of Statistical Computation and Simulation, 査読有, 2011, Vol. 81. No.11, pp.1565-1578.
- [4] Koji Miyawaki, Yasuhiro Omori and Akira Hibiki, "Panel data analysis of Japanese residential water demand using a discrete/continuous choice approach," Japanese Economic Review, 査読有, Vol.62, 2011, pp.365-386.
- [5] Makoto Takahashi, Yasuhiro Omori and Toshiaki Watanabe, "Estimating stochastic volatility models using daily returns and realized volatility simultaneously," Computational Statistics and Data Analysis, 査読有, Vol.53-6, 2009, pp.2404-2426.

このほか 4 3 件

〔学会発表〕(計 1 3 3 件) (招待講演 3 3 件)

1. Makoto Takahashi, Toshiaki Watanabe, Yasuhiro Omori, "Realized stochastic volatility model with GH skewed t distribution," Joint Meeting of the IASC Satellite Conference for the 59th ISI WSC and the 8th Asian Regional Section (ARS) of the IASC, 2013 年 8 月 22 日, Yonsei University, Seoul, Korea (招待講演)
2. Yasuhiro Omori, "Multivariate realized stochastic volatility," 6th CSDA International Conference on Computational and Financial Econometrics (CFE12), 2012 年 12 月 3 日, Conference Center, Oviedo, Spain (招待講演)
3. Toshiaki Watanabe, "Bayesian analysis of time-varying parameter vector autoregressive model with the ordering of variables for the Japanese economy and monetary policy," Joint Meeting of the 2011 Taipei

International Statistical Symposium and 7th Conference of the Asian Regional Section of the IASC 2011 年 12 月 19 日, Academia Sinica, Taipei, Taiwan (招待講演)

4. Tsunehiro Ishihara, Yasuhiro Omori, "Efficient Bayesian estimation of a multivariate stochastic volatility model with cross leverage," COMPSTAT2010 (19th International Conference on Computational Statistics), 2010 年 8 月 25 日, Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris, France. (招待講演)
5. Jouchi Nakajima, Tsuyoshi Kuniyama and Yasuhiro Omori, "Generalized Extreme Value Distribution With Time-Dependence Using the ARMA Model in State Space Form," The Annual International Symposium on Forecasting, 2009 年 6 月 21-24 日, Sheraton Hong Kong Hotel and Towers Kowloon, 香港 (招待講演)

このほか 1 2 8 件

〔図書〕(計 1 件)

1. 浅子和美・渡部敏明 ミネルヴァ書房, ファイナンス・景気循環の計量分析, 2011, 352.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大森裕浩 (OMORI YASUHIRO)
東京大学・大学院経済学研究科・教授
研究者番号: 6 0 2 5 1 1 8 8

(2) 研究分担者

古澄英男 (KOZUMI HIDEO)
神戸大学・経営学研究科・教授
研究者番号: 1 0 2 6 1 2 7 3
日引聡 (HIBIKI AKIRA)
上智大学・経済学部・教授
研究者番号: 3 0 2 1 8 7 3 9
渡部敏明 (WATANABE TOSHIAKI)
一橋大学・経済研究所・教授
研究者番号: 9 0 2 5 4 1 3 5

(3) 連携研究者

()