

平成 2 8 年 6 月 4 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2011～2015

課題番号：23243038

研究課題名（和文）計量経済学におけるコンピュータ・インテンシブな統計手法の開発とその実証研究

研究課題名（英文）Computer-Intensive Statistical Methods and their Applications in Econometrics

研究代表者

谷崎 久志（Tanizaki, Hisashi）

大阪大学・経済学研究科（研究院）・教授

研究者番号：60248101

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 24,500,000 円

研究成果の概要（和文）：経済時系列分野で用いられる統計的手法を用いて、株価変動の推定を行った。同時に、経済構造の変化を検定する方法を考案した。また、シェア変数などのような被説明変数が0と1の間にある場合に、ブートストラップ法を用いて、推定・検定の方法も考案した。さらに、いくつかの応用例として、提案された計量経済の手法を用いて、様々な実証分析を示した。

研究成果の概要（英文）：Using statistical methods in a field of economic time series analysis, we estimate the stock price volatility. We consider testing the economic structural change. Moreover, using the bootstrap method, we consider the estimation method and the testing procedure in the case where the dependent variable lies on the interval between zero and one. In addition, as some applications, we show a lot of empirical studies using the proposed econometric methods.

研究分野：経済統計

キーワード：コンピュータ・インテンシブ 時系列分析 ボラティリティ ブートストラップ 構造変化

科学研究費助成事業 研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初の背景として、パーソナル・コンピュータの発展に伴って、計算量が膨大な (computer-intensive) 推定・検定を行うことが出来るようになってきていた。その一つには、乱数を用いた手法（いわゆる、モンテ・カルロ法）があり、もう一つはノンパラメトリックによる手法が考えられた。その他にも、手軽に入手可能なパーソナル・コンピュータの範囲内で計算負担の重い計量分析手法を利用して、実証分析などの実例を示すことを考えた。

2. 研究の目的

モンテ・カルロ法については、計量経済学、統計学の最も基本的な主題の一つは平均や分散等の期待値を推定することであり、この期待値の評価をモンテ・カルロ法によって行うことが出来る。代表的なものとして、重点的サンプリング (importance sampling)、棄却法 (rejection sampling)、Metropolis-Hastings アルゴリズム、重点的リサンプリング (importance resampling) 等による期待値の評価方法がある。重点的サンプリングとは、モンテ・カルロ積分という方法を用いて、期待値に含まれる積分値を乱数によって近似する方法である。それに対して、棄却法、Metropolis-Hastings アルゴリズム、重点的リサンプリングとは、任意の密度関数から乱数を生成する方法であり、期待値は単に乱数の算術平均によって与えられる。

ノンパラメトリック検定では分布関数に正規分布等の関数型に関する仮定を置かないということが最大の特徴である。ノンパラメトリック検定 (nonparametric test, distribution-free test) は多くの方法が考案され、例えば、スコア検定 (正規スコア検定、ロジスティック・スコア検定、Wilcoxon 順位和検定)、メディアン検定、符号検定、並べ替え検定 (Fisher's permutation test) 等がある。この研究では、「2つの標本間に分布に差はない」、「2つの標本間に相関はない」といった帰無仮説を、分布を仮定せずに、検定することが出来る。また同時に、ノンパラメトリック密度推定もまた重要なテーマである。推定、検定を行う場合、通常、分布を仮定する（通常は正規分布が仮定される）。しかし、本来、分布は未知である。密度関数を推定する場合、バンド幅（または、窓幅、平滑化定数等の呼び名もある）を推定する必要がある。バンド幅の推定には、平均自乗誤差の積分を最小にする方法、尤度関数の推定値を最大にする方法等が考案されている。さらに、このノンパラメトリック密度推定を

回帰分析に応用して、関数形を線形に特定化せずに推定することが出来る。

これらのモンテ・カルロ法やノンパラメトリック法等の computer-intensive な手法を用いて、計量経済学で利用される推定・検定問題に応用することが今回の研究目的である。

回帰モデルに自己回帰項 (AR 項) が含まれる場合、小標本では、回帰係数のパラメータの推定値にバイアスが生じることが知られている。回帰モデルに AR 項が含まれる場合のパラメータ推定値のバイアスは正の問題を扱った文献は数多くあるが、一次の AR 項のみを含んだ場合がほとんどで、より一般的に p 次までの AR 項を含んだ場合のバイアスは正を考えた文献はほとんどない。本研究では、サンプリングの手法を用いて $AR(p)$ の場合に拡張して、AR 係数の推定値のバイアスは正の問題を考える。

回帰モデルについて、ノンパラメトリックの手法を用いて、分布に依存せずに回帰係数の推論を行うことを考える。回帰係数の有意性検定では、通常、 t 検定が行われる。しかし、 t 検定を用いるためには、回帰式の誤差項に正規分布を仮定しなければならない。小標本で非正規分布の場合、 t 検定を用いると、明らかに間違った推論が行われることになる。この場合、分布を仮定しなくてもよいノンパラメトリック検定というのは有効である。

3. 研究の方法

研究計画期間内に予定していたことは、下記のような4つの統計手法を中心に研究を行うことであった。

統計手法1： 効率的な状態空間モデルの推定を行う。

統計手法2： 回帰モデルに AR 項が含まれる場合の回帰係数のパラメータの推定値問題を考える。

統計手法3： ノンパラメトリック検定としてブートストラップ法を考える。

統計手法4： ノンパラメトリック推定 (Nonparametric Estimation) による密度関数の近似を考える。

上に示したコンピュータ・インテンシブな推定・検定問題を続けて研究を行うことに加えて、これらの内容を組み合わせることも考えている。また、統計手法だけでなく応用例として、出来るだけ多の実証分析を行う。

主として、上記の手法を用いてさまざまな実証分析を行うことを考えている。その他のコンピュータ・インテンシブな計量手法についても、様々な応用が考えられるが、以下では、現在考えている4つの応用例を具体的に

示す。

応用例 1： 本研究では、日本の株式市場における株価の変動要因 (Volatility) について調べる。過去において、株価の Volatility に関する様々な実証分析が行われてきた。

応用例 2： 株価の変動要因について、SV モデルや GARCH モデル等によって、パラメトリックにモデルの定式化が行われる。しかし、本来、関数形は未知なので、GARCH や SV といったモデルを用いないで、関数形を特定化しないノンパラメトリック推定を行うことも考えられる。

応用例 3： AR モデルの推定問題を考える。

応用例 4： 代表的な需要関数の推定に AIDS モデル (Almost Ideal Demand System モデル) が用いられる。このモデルでは、被説明変数はシェアを表し、0 と 1 の間の値をとる。すなわち、このモデルの誤差項は正規分布に従っていない。ブートストラップを実行することによって、パラメータの信頼区間を構成することが出来る。

その他にも、考え方は以前からあったがコンピュータの性能のため応用されなかった計量手法を利用して多くのコンピュータ・インテンシブな実証分析を行うことを考えている。

4. 研究成果

それぞれの研究テーマについて、下記の研究成果が得られた。それぞれの分野について、簡単に箇条書きに記す。

第一に、時系列分析に関する統計手法の研究(実証分析を含む)は以下のとおりである。

- ・株価・外国為替レート・金利のレベル水準値とそのボラティリティの変動要因を SV モデルによって分析を行った。レベル、ボラティリティの両方について、株価・外国為替レート・金利は、どちらか一方的に影響を及ぼしているのではなく、相互に密接に影響を及ぼしあっていることが確認した。

- ・線形トレンドを説明変数に含む複数の構造変化の検定方法を開発した。そこでは、構造変化の数に依存せずに、より計算量の低くなる検定方法を考案し、効率的な計算アルゴリズム・構造変化のあるモデルにおいて変化点を推定した場合の信頼区間の新たな構築方法を開発した。本手法は検定統計量を反転させるため、高速なコンピュータによる計算のもとに実現したものである。さらに、自己相関係数を利用したパネル共和分検定において、局所対立仮説下における検定統計量の漸近的性質を導出した。また、コンピュータを駆使したブートストラップ法によるパネル共和分の検定について、シミュレーション実験を行った。

- ・非斉次な説明変数をもつ線形モデルにおいて、構造変化を伴う場合の変化点の信頼区間

の構築方法を開発した。また、平均のシフトを検定する sup ワールド検定及び CUSUM 検定の有限標本特性を向上させるため、長期分散推定量のバイアス修正方法を導出した。

第二に、ブートストラップ法を用いた統計的分析または実証分析に関する研究実績は以下のとおりである。

- ・Almost Ideal Demand System での推定・検定を行うために、Pairs bootstrap と Moving blocks bootstrap を同時に用いた。その結果、誤差項の分布を仮定せずに、様々な需要関数の性質が成り立つかどうかを検定することが可能となった。

- ・分布関数に対する推定量の平均自乗誤差の積分値を最小にするようなバンド幅を利用した場合、平滑化ブートストラップ法を用いた信頼区間は非常に優れた性質を持つ事を、コンピュータ・シミュレーションの結果により示した。

- ・平均に関する検定に関して、2 段階のブートストラップ法(ダブル・ブートストラップ法)とファスト・ダブル・ブートストラップ法を応用し、その効果をシミュレーションにより分析した。

- ・構造変化の有無に対する検定であるチョウ検定にダブル・ブートストラップ法を応用し、そのパフォーマンスをコンピュータ・シミュレーションにより分析した。シミュレーション結果より、ブートストラップ法およびダブル・ブートストラップ法により、検定の精度が大きく改善されることが示された。

- ・構造変化を含む可能性のある回帰モデルを考え、構造変化時点の前後に攪乱項分散が変化する可能性がある場合には、ブートストラップ法を用いることにより、通常の検定の精度を大幅に改善できることをシミュレーションにより示した。

最後に、下記のとおり、様々な統計的手法を用いて、実証分析を行った。

- ・東日本大震災の震源から遠く離れた大阪市において、東日本大震災が住宅価格(特に、中古マンション価格)に与えた影響を分析した。その結果、活断層が住宅価格に負の影響を与えることがわかった。さらに、東日本大震災以降、液状化も住宅価格に負の影響を与えるという結果が得られた。・離散型変数の選択・併合を主目的とした、凸最適化を要しない計算効率的な方法を提案した。さらに、値幅制限のある商品先物市場での応用を念頭に、打ち切りのある時系列データに対する計算機集約型の推定方法を提案し、マージンコールの発生リスクを適切に評価する方法について研究を行った。

- ・サーキットブレーカー制度導入後の商品先物市場で、価格変動の非対称性をモデル化し定式化を探索するための、MCMC に基づく計算機集約型の方法を研究し、リスク管理(VaR, CVaR)への応用を行いその有効性を確認した。
- ・スパース正則化に基づく現代的な変数選択

法である LASSO, SCAD, MCP に円滑閾値型推定方程式(STEE)法を加えて、電話による銀行定期預金の販売促進データを素材にモンテカルロ実験により予測能力の比較を数値的に行った。

・投資関数の実証分析に関する研究, 税収予測の不偏性に関する実証分析, 風評被害の関連食物への影響に関する検証方法及び医学部教育の付加価値の計測に関する研究を行った。

・マクロ経済政策の影響を考慮した地価の変化について研究し, 個々の地域の政策(観光振興, 景観条例や道路の緑化)が地価及び地域の経済全体に与える影響についての研究を行った。その他に医療支出の格差に関する新たな指標を提案した。

・2013年度において quantile regression の中国の地方財政支出の決定要因の分析を例として, その応用方法について研究を行った。さらに, 計量経済学的な disequilibrium model を台湾の電力需要による経済成長抑制効果を計測する方法へと応用し, 実証分析を行った。

・誤差項に系列相関がある不均衡モデルに関して, 従来の潜在的な系列相関を持った誤差項の仮定を外し, レジームのスイッチに際して誤差分散が変化するモデルを提案した。このモデルを使って, 第2次世界大戦後に急成長した台湾における電力需給に関する不均衡モデルを用いた実証分析に応用し, 安定的かつ説得力のある推計結果を得た。

・合理的消費者, 高齢者における住居環境, 中国経済などに関する様々な実証分析を行った。

このように, 統計的手法 1~4 を更に発展させ, それらを用いて応用例 1~4 の実証分析を, 様々な角度から行った。

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 44 件)

- (1) ・谷崎久志 (2015) 「東日本大震災が大阪市の住宅価格に与えた影響について: 中古マンション価格を例にとって」(保元大輔と共著『大阪大学経済学』第 65 巻, 第 2 号, pp.39-55. 査読なし)
- (2) H. Tanizaki (2014), On Estimation of Almost Ideal Demand System Using Moving Blocks Bootstrap and Pairs Bootstrap Methods, (with K. Mizobuchi), *Empirical Economics*, Vol.47, No.4, pp.1221-1250. 査読付き, DOI 10.1007/s00181-013-0782-6
- (3) 谷崎久志 (2012) 「日本における株価, 外国為替レート, 金利のボラティリティの相互作用に関する分析」『経済学論究』(関西学院大学) 第 66 巻, 第 1 号,

pp.29-46. 査読なし

- (4) M. Fukushige (2015), Dissatisfaction with dwelling environments in an aging society: An empirical research for Kanto Area in Japan (石川路子と共著), *Review of Urban & Regional Development Studies*, Vol.27, No.3, pp.149-176, DOI:10.1111/rurd.12038, 査読あり
- (5) M. Fukushige (2015), Long-Run Fiscal Multiplier for Autonomous Prefectures in China, (with Yingxin Shi), *Pacific Economic Review*, Vol.20, No.5, pp.687-695, DOI:10.1111/1468-0106.12111, 査読あり
- (6) M. Fukushige (2015), Efficient Scale of Prefectural Government in China, (with Yingxin Shi), *China Finance and Economic Review*, Vol.4, No.2, pp.1-18, DOI:10.1186/s40589-016-0026-y, 査読あり
- (7) M. Fukushige (2015), Rational Consumers, (窪田康平と共著), *International Economic Review*, Vol.57, Issue 1, pp.231-254, DOI:10.1111/iere.12154, 査読あり
- (8) M. Fukushige (2013), Targeted Standards for Floor Space in a Government Housing Plan: An Empirical Investigation of the Kanto Area in Japan, (with Noriko Ishikawa), *International Real Estate Review*, Vol.16, No.2, pp.209-230, 査読付き
- (9) M. Fukushige (2013), Meta-Analytic Approach to the Impacts of Tourism and Fiscal Expenditure on the Remote Islands of Japan, (with Noriko Ishikawa), *Studies in Applied Economics* (『応用経済学研究』), 第 6 巻, pp.16-33, 査読付き
- (10) M. Fukushige (2012), Tax Projections and Economic Forecasts by Government Bureaucrats: Hidden Maneuverings behind Fiscal Reconstruction in Japan, (with SATOKO MAEKAWA), *Japanese Economic Review*, Vol. 63, No.4, pp.528-545, 査読付き
- (11) M. Fukushige (2012), Effects of Street Landscape Planting and Urban Public Parks on Dwelling Environment Evaluation in Japan, (with Noriko Ishikawa), *Urban Forestry & Urban Greening*, Vol.11, Issue. 4, pp.390-395, 査読付き
- (12) M. Fukushige (2012), The Chinese Economy and Income Inequality among East Asian Countries, (with Sumie Sato), *China Economic Journal*, Vol.5, No.1, pp.1-15, 査読付き
- (13) M. Fukushige (2012), Land Prices

- and Landscape Preservation Restriction in a Metropolitan Area: The Case of Kyoto City, (with Kazuhisa Matsui), *Review of Urban & Regional Development Studies*, Vol.24, Issue 1-2, pp.17-34, 査読付き
- (14) M. Fukushima (2012), Negative Spillover Effect on US Pork and Vegetable Caused by the BSE Outbreak, (with Takashi Ishida, Noriko Ishikawa), *Journal of Food Research*, Vol.1, No.2, pp.32-44, 査読付き
- (15) M. Fukushima (2012), A Modified Kakwani Measure for Health Inequality, (with Noriko Ishikawa, Satoko Maekawa), *Health Economics Review*, Vol.2, No.10, pp.1-7, 査読付き
- (16) M. Fukushima (2012), Estimating Expected Returns to Medical Education in Japan, (with Hideo Yunoue), 『経済政策ジャーナル』第9巻第1号, pp.3-21, 査読付き
- (17) E. Kurozumi (2015), Confidence Sets for the Break Date Based on Optimal Tests (with Yohei Yamamoto), *Econometrics Journal*, Vol.18, pp.412-435, DOI:10.1111/ectj.12055, 査読付き
- (18) E. Kurozumi (2015), Novel Panel Cointegration Tests Emending for Cross-Section Dependence with N Fixed, (with Kaddour Hadri and Yao Rao), *Econometrics Journal*, Vol.18, pp.363-411, DOI:10.1111/ectj.12054, 査読付き
- (19) E. Kurozumi (2015), Improving the Finite Sample Performance of Tests for a Shift in Mean, (with Daisuke Yamazaki), *Journal of Statistical Planning and Inference*, Vol.167, pp.144-173
DOI:10.1016/j.jspi.2015.05.002, 査読付き
- (20) E. Kurozumi (2015), Synergy Between an Improved Covariate Unit Root Test and Cross-sectionally Dependent Panel Data Unit Root Tests, (with Kaddour Hadri and Daisuke Yamazaki), *The Manchester School*, 査読付き
- (21) E. Kurozumi (2015), Testing for Parameter Constancy in the Time Series Direction in Panel Data Models, (with Daisuke Yamazaki), *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 査読付き
- (22) E. Kurozumi (2015), Testing for Multiple Structural Changes with Non-Homogeneous Regressors, *Journal of Time Series Econometrics*, 査読付き
- (23) E. Kurozumi (2013), Estimation and Inference in Predictive Regressions (with Kohei Aono), *Hitotsubashi Journal of Economics*, 査読なし
- (24) E. Kurozumi (2012), Testing the Prebisch-Singer Hypothesis Using Second Generation Panel Data Stationarity Tests with Break (with Rabah Arezki, Kaddour Hadri and Yao Rao), *Economics Letters*, 査読付き
- (25) E. Kurozumi (2012), Investigating Finite Sample Properties of Estimators for Approximate Factor Models When N Is Small (with Shinya Tanaka), *Economics Letters*, 査読付き
- (26) E. Kurozumi (2012), Model Selection Criteria for the Leads-and-Lags Cointegrating Regression (with In Choi), *Journal of Econometrics*, 査読付き
- (27) E. Kurozumi (2012), A Simple Panel Stationarity Test in the Presence of Serial Correlation and a Common Factor (with Kaddour Hadri), *Economics Letters*, 査読付き
- (28) E. Kurozumi (2011), A Locally Optimal Test for No Unit Root in Cross-Sectionally Dependent Panel Data (with Kaddour Hadri), *Hitotsubashi Journal of Economics*, 査読なし
- (29) Y. Kawasaki, M. Ueki (2015), Sparse predictive modeling for bank telemarketing success using smooth-threshold estimating equations, *Journal of Japanese Society of Computational Statistics*, Vol.28, pp.53-66, 査読有, DOI : 10.5183/jjscs.1502003_217
- (30) Y. Kawasaki, Y. Aoki (2015), Change in trading rules and its impact on the distributional properties of commodity futures, *JSM Proceedings*, pp.1604-1616, 査読なし
- (31) Y. Kawasaki (2013), Detection of heterogeneous structures on the Gaussian copula model using predictive power entropy, (with A. Notsu, S. Eguchi), *ISRN Probability and Statistics*, pp.1-10, 査読付き
- (32) Y. Kawasaki (2013), Multiple choice from competing regression models under multicollinearity based on standardized update, (with M. Ueki), *Computational Statistics and Data Analysis*, Vol.63, pp.31-41, 査読付き
- (33) A. Namba (2015), Bootstrap Test for a Structural Break under Possible Heteroscedasticity, *Communications in*

Statistics - Simulation and Computation, 査読付き

- (34) A. Namba (2015), MSE Dominance of the Positive-Part Shrinkage Estimator when Each Individual Regression Coefficient is Estimated, *Statistical Papers*, Vol.56, pp.379-390, 査読付き
- (35) A. Namba (2014), Double Bootstrap Test for a Structural Break when the Disturbance Variance Changes with the Break, *Kobe University Economic Review*, 査読なし
- (36) A. Namba (2013), ダブル・ブートストラップ法およびファスト・ダブル・ブートストラップ法による検定のシミュレーション比較, 『国民経済雑誌』, 査読なし
- (37) A. Namba (2012), MSE Performance of a Heterogeneous Pre-Test Ridge Regression Estimator, *Communications in Statistics - Theory and Methods*, Vol.41, No.9, pp.1692-1700, 査読付き
- (38) A. Namba (2012), Small Sample Properties of a Pre-Test Stein-Rule Estimator for Each Individual Regression Coefficient under an Alternative Null Hypothesis in the Pre-Test, (大谷 一博と共著), *Kobe University Economic Review*, Vol.58, pp.1-9, 査読なし
- (39) A. Namba (2012), 平均に対する平滑化ブートストラップ法におけるバンド幅の選択に関する一考察, 『国民経済雑誌』 第205, 巻3号, pp.41-55, 査読なし
- (40) A. Namba (2012), MSE performance of a heterogeneous pre-test ridge regression estimator, (with OHTANI Kazuhiro), *Communications in Statistics-Theory and Methods*, Vol.41, pp.1692-1700, 査読付き

他4本

〔学会発表〕(計 1 件)

- (1) 谷崎久志 (2011), On Estimation of the AIDS Model using Bootstrap Method, Summer Workshop on Economic Theory 2011(招待講演), 2011年8月10日, 小樽商科大学(北海道小樽市)

他11件

〔図書〕(計 4 件)

- (1) 谷崎久志 (2012) 「カルマンフィルター」『経済時系列分析ハンドブック』(刈屋武昭・前川功一・矢島美寛・川崎能典・福地純一郎 編), 1章13節, pp.190-203, 朝倉書店.
- (2) T. Subbarao, S. Subbarao, C. R. Rao

著/北川源四郎, 田中勝人, 川崎能典監訳 (2016) 『時系列分析ハンドブック』朝倉書店

- (3) H. Ombao 著/川崎能典訳(2016) 局所化フーリエ関数族を利用した多変量非定常時系列解析, 『時系列解析ハンドブック』(第14章), 朝倉書店
- (4) A. Namba (2015), 『計量経済学講義』日本評論社 2015/09

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

- (1) 日本学術会議・数理科学委員会数理統計学分科会(竹村・栗木・北川・赤平・今泉・大森・狩野・國友・清水・谷口・谷崎・椿・中西・吉田)(2014) 提言「ビッグデータ時代における統計科学教育・研究の推進について」(2014年8月20日)
- (2) 谷崎久志(2013) 書評『非線形カルマンフィルタ』(片山著, 朝倉書店, 2011年発行)『日本統計学会誌』第43巻 シリーズJ 第2号, pp.305-306, 2013年3月
- (3) 和合・大森・谷崎(2012) 「国際ベイズ分析学会世界大会 (ISBA World Meeting) のご案内」『日本統計学会会報』(第150号, pp.13-14, 2012年1月号に収録).

6. 研究組織

(1)研究代表者

谷崎 久志 (TANIZAKI, Hisashi)

大阪大学・大学院経済学研究科・教授

研究者番号: 60248101

(2)研究分担者

福重元嗣 (FUKUSHIGE, Mototsugu)

大阪大学・大学院経済学研究科・教授

研究者番号: 10208936

黒住英司 (KUROZUMI, Eiji)

一橋大学・大学院経済学研究科・教授

研究者番号: 00332643

川崎能典 (KAWASAKI, Yoshinori)

統計数理研究所・モデリング研究系・教授

研究者番号: 70249910

難波明生 (NAMBA, Akio)

神戸大学・大学院経済学研究科・准教授

研究者番号: 60324901

(3)連携研究者

()

研究者番号: