

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 5 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25245034

研究課題名(和文) 超高速注文執行システムにおける市場データの統計的推測と実証分析

研究課題名(英文) Statistical inference and empirical analysis of high frequency market data

研究代表者

大屋 幸輔(OYA, KOSUKE)

大阪大学・経済学研究科(研究院)・教授

研究者番号：20233281

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 30,600,000円

研究成果の概要(和文)：市場のミクロ構造を反映した統計的推測法として、高頻度市場データの統計解析において不可避とされるミクロ構造ノイズに頑健なボラティリティの推定法を確立し、市場リスクのより正確な計測を可能とした。また高頻度取引が行われている金融市場データの新たな統計分析法として、周期的変動の因果性の計測により銘柄間の関係を検証する方法を開発した。これにより、金融市場に特徴的な不等間隔で観測されるデータの統計解析に新たな視点加わった。市場流動性に関しては、取引システム高速化の市場流動性に対する影響について検証が行われ、高速化と逆選択コストの関係が明らかにされた。

研究成果の概要(英文)：The statistical analysis of high frequency market data suffers from the market microstructure noise. In this research, we develop the robust estimation method for the market volatility which provides us more accurate market risk measure. Further we propose a new approach to shed light on entangled relation among financial instruments. The approach is based on the causality analysis in frequency domain and make the identification of the causality direction at different frequencies possible. For the market liquidity, we conduct the empirical analysis to see how newly introduced the high-speed trading system in the Tokyo Stock Exchange affects the market liquidity and confirm that the asymmetric relational changes between adverse selection cost and the small and large size stocks after introducing the high-speed trading system. We also examine the market phase classification such as bull/bear or bubble/non-bubble and identification of the phase change that is useful to risk management.

研究分野：計量経済学

キーワード：高頻度データ 市場流動性

1. 研究開始当初の背景

主要な証券取引所では大量の取引を正確かつ高速に達成可能とする注文執行システムを取引参加者に提供し、その優位性を競い合っており、結果として高頻度取引とよばれる取引割合が急増している。そのような超高速注文執行システム上での高頻度取引に関しては、市場のかく乱要因とする見方がある一方で、流動性を供給させているという見方もある。本来、そのような議論は統計的な検証の積み重ねにより行われる必要があるが、超高速注文執行システムにおける市場データの分析では、大量観測を前提とし、その統計的推測理論の正当性を大数の法則と中心極限定理にもとめている従来の標準的な数理統計学、計量経済学では遭遇することがなかった問題を抱えており、新たな統計手法の開発が必要とされている。

2. 研究の目的

市場改革や規制が市場の効率性、公平性、安定性にどのような影響を与えたかを検証するには、証券市場で展開されている高頻度取引の結果として観測される、いわゆる高頻度データをもちいる必要がある。しかしながら、高頻度データは、その背後に、市場のマイクロ構造誤差の問題や複雑な投資家行動を反映した統計モデルの推定問題、必ずしも同時点で取引が行われていない複数の金融資産の取引データを同時点での観測と見なすことの是非に関わる問題などがかかえている。また直接観測されない流動性のような市場特性を表す指標の計測方法を確立する必要もある。本研究の目的は、そのような問題を克服した新たな統計手法の開発を行うことにある。

3. 研究の方法

以下の3つのプロジェクトと並行して、高頻度市場データの収集、およびデータベースの構築を行った。各プロジェクトにおける研究主題は以下の通りである。

(1) 市場のマイクロ構造に関する統計的推測：市場で観測される約定価格は売値と買値の間で振動している様相を示すが、その振動をマイクロ市場誤差ととらえた場合に、その誤差に頑健な統計的推測方法を開発することがこのプロジェクト研究主題である。他方、その振動を投資家の売買選択結果として、そこから分析対象資産の本源的な価値に関する情報を抽出する方法に関しても研究を行う。

(2) 非同期資産取引における因果性の推測：市場で取引される複数の資産に関する取引ごとに記録されたデータは、その多くが同時点で観測されていない、非同期データとなっ

ている。この非同期観測を前提とした場合、従来の時間領域での変数間の因果性に関する統計的推測方法で得られる結果には限界があり十分ではない。このプロジェクトでは、周波数領域での時系列解析の手法をもちいることで、周波数領域での因果性の計測とそれにかかわる統計的推測方法の開発を行う。

(3) 市場の流動性の計測とその統計的推測：市場の流動性は、資産の売値と買値の最良気配の差であるビッド・アスク・スプレッドや提示されている気配での取引可能な数量を示すデプスといった観測できる変数を代理変数として計測する方法がある。これらをもちいた実証研究を行うほかに、市場で観測可能な変数によって構成される流動性や情報の非対称性を測る指標に関する研究を行う。

4. 研究成果

各プロジェクトの成果は以下の通りである。

(1) 市場のマイクロ構造に関する統計的推測の研究プロジェクトでは、マイクロ構造誤差に対して頑健なボラティリティの推定方法に関する研究を行った。成果の一部は Nagakura and Watanabe (2015) で発表されている。ボラティリティの統計的推測に関する他の研究成果は、Takahashi, Watanabe and Omori (2015), Ubukata and Watanabe (2015), 石田 (2016) で発表されている。証券市場価格の変化過程を表した統計モデルの未知パラメータは高頻度データによって推定できるが、データは市場のマイクロ構造を反映して、離散時点で観測されたものである。モデル特定化、モデル推定は、その影響を考慮する必要があり、研究成果は Kitagawa and Uchida (2014), Uchida and Yoshida (2014), Fujii and Uchida (2014), Kamatani and Uchida (2015) で発表されている。

(2) 非同期資産取引における因果性の推測の研究プロジェクトでは、まず周波数領域上での因果性の検証方法が、金融市場における分析に応用可能かどうかを検討した。その結果、因果性の有無を見極めることに加えて、特定の経済イベントの前後で、因果性がどのように変化したかを明らかにする手法が実証分析に新たな視点をもたらすことが明らかとなり、このプロジェクトでは、そのような因果性の変化に関する検証方法を開発し、木下・大屋 (2014) で発表した。

(3) 市場の流動性の計測とその統計的推測の研究プロジェクトでは、高頻度データを用いて市場流動性と深く関連している、市場における注文不均衡や情報の非対称性を測る指標に関する研究を大屋 (2015), 脇屋・大屋 (2016) で発表している。太田 (2016) では東京証券取引所が実施した取引システム高

速化が市場流動性にどのような影響をあたえているかを、逆選択コストと流動性の観点から実証研究を行っている。

本研究全体に関連する研究として、ボラティリティに関するものが、Maghrebi, Holmes and Oya (2014), Cai and Fukasawa (2016) で発表されている。市場の複雑な特性に関する統計的推測方法に関しては Ishida and Kvedaras (2015), Takada and Kitajima (2016) が、またオプション市場のデータを用いてインプライド・ボラティリティやレバレッジの効果を表現する方法が Fukasawa (2014) で開発されている。

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 18 件)

太田 亘, 「取引システム高速化とティックサイズの制約」, 『現在ファイナンス』, 査読有, 近刊, 2016

脇屋 勝・大屋幸輔, 「短期的な市場変動予測指標としての VPIN の有効性について」, 『先物・オプションレポート』, 査読無, 28, 2016, 1-7

Jiayu Cai and Masaaki Fukasawa, Asymptotic replication with modified volatility under small transaction costs, *Finance and Stochastics*, 査読有, 20, 2016, 381-431, DOI:10.1007/s00780-016-0294-2

Teruko Takada and Yasuhiro Kitajima, Prediction of trend reversals in time series by support vector machine classification, *OCU-GSB Working paper*, 査読無, 201605, 2016

石田 功, 「実現測度モーメント GMM による日経平均株価の連続時間確率ボラティリティ・モデルの推定」, 『甲南経済学論集』, 査読無, 56, 2016, 79-86, DOI: 10.14990/00001745

Makoto Takahashi, Toshiaki Watanabe and Yasuhiro Omori, Volatility and quantile forecasts by realized stochastic volatility models with generalized hyperbolic distribution, *International Journal of Forecasting*, 査読有, 32, 2016, 437-457, DOI: 10.1016/j.ijforecast.2015.07.005

Masato Ubukata and Toshiaki Watanabe, Evaluating the performance of futures hedging using multivariate realized

volatility, *Journal of the Japanese and International Economies*, 査読有, 38, 2015, 148-171, DOI:10.1016/j.jjie.2015.07.001

大屋幸輔, 「情報の非対称性のリアルタイム計測としての VPIN」, 『先物・オプションレポート』, 査読無, 27, 2015, 1-6

Kengo Kamatani and Masayuki Uchida, Hybrid multi-step estimators for stochastic differential equations based on sampled data, *Statistical Inference for Stochastic Processes*, 査読有, 18, 2015, 177-204, DOI:10.1007/s11203-014-9107-4

Daisuke Nagakura and Toshiaki Watanabe, A state space approach to estimating the integrated variance under the existence of market microstructure noise, *Journal of Financial Econometrics*, 査読有, 13, 2015, 45-82, DOI:10.1093/jfinec/nbt015

Isao Ishida and Virmantas Kvedaras, Modeling autoregressive processes with moving-quantiles-implied nonlinearity, *Econometrics*, 査読有, 3, 2015, 2-25, DOI:10.3390/econometrics3010002

木下 亮・大屋幸輔, 「周波数領域における時系列間の因果性の変化の検証」, 『日本統計学会誌』, 査読有, 44, 2014, 19-40, DOI:10.11329/jjssj.44.19

Hayato Kitagawa and Masayuki Uchida, Adaptive test statistics for ergodic diffusion processes sampled at discrete times, *Journal of Statistical Planning and Inference*, 査読有, 150, 2014, 84-110, DOI:10.1016/j.jspi.2014.03.003

Masayuki Uchida and Nakahiro Yoshida, Adaptive Bayes type estimators of ergodic diffusion processes from discrete observations, *Statistical Inference for Stochastic Processes*, 査読有, 17, 2014, 181-219, DOI:10.1007/s11203-014-9095-4

Takayuki Fujii and Masayuki Uchida, AIC type statistics for discretely observed ergodic diffusion processes, *Statistical Inference for Stochastic Processes*, 査読有, 17, 2014, 267-282, DOI:10.1007/s11203-014-9101-x

Nabil Maghrebi, Mark J. Holmes and Kosuke Oya, Financial instability and the short-term dynamics of volatility expectations, *Applied Financial Economics*, 査読有, 24, 2014, 377-395, DOI:10.1080/09603107.2014.881966

Masaaki Fukasawa, Efficient discretization of stochastic integrals, *Finance and Stochastics*, 査読有, 18, 2014, 175-208, DOI:10.1007/s00780-013-0215-6

Masaaki Fukasawa, Volatility derivatives and model-free implied leverage, *International Journal of Theoretical and Applied Finance*, 査読有, 17, 2014, 23 pages, DOI: 10.1142/S0219024914500022

〔学会発表〕(計 24 件)

Masaaki Fukasawa and Mitja Stadje, Perfect hedging under endogenous permanent market impact, The fourth Asian quantitative finance conference, 2016/2/21, 大阪大学中之島センター (大阪府大阪市)

棕木伸吾・大屋幸輔, Term structure with smooth transition, 日本金融・証券計量・工学学会, 2016/1/25, 慶応義塾大学三田キャンパス (東京都港区)

Isao Ishida and Shuichi Nagata, A GMM-RM estimation of the GARCH jump diffusion model, 9th International conference on Computational and Financial Econometrics, 2015/12/14, The Senate House, University of London (London, UK)

Masayuki Uchida, Hybrid type estimation for stochastic differential equations based on sampled data, *CMStatistics 2015*, 2015/12/13, The Senate House, University of London (London, UK)

Toshiaki Watanabe and Masato Ubukata, The Predictability of the Market Variance Risk Premium in Japan, 9th International conference on Computational and Financial Econometrics, 2015/12/13, The Senate House, University of London (London, UK)

Kosuke Oya, Option implied volatility of JGB using American option prices, 9th International conference on Computational and Financial Econometrics, 2015/12/12, The Senate House, University of London (London, UK)

Teruko Takada and Yasutomo Tsukioka, Broken Corporate bond spread and investor risk appetite, 9th International conference on Computational and Financial Econometrics, 2015/12/12, The Senate House, University of London (London, UK)

木下 亮・大屋 幸輔, 帰無仮説下における因果性測度の検定統計量の分布に関して, 2015 年度統計関連学会連合大会, 2015/9/7, 岡山大学津島キャンパス (岡山県岡山市)

棕木伸吾・大屋幸輔, 平滑推移するリスクの市場価格を伴う金利期間構造モデル, 2015 年度統計関連学会連合大会, 2015/9/7, 岡山大学津島キャンパス (岡山県岡山市)

内田雅之, 確率微分方程式のハイブリッド型推定法とモデル選択への応用, 2015 年度統計関連学会連合大会, 2015/9/7, 岡山大学津島キャンパス (岡山県岡山市)

内田雅之, 拡散過程の適応的推測法と高頻度データ解析への応用, 第9回日本統計学会春季集会, 2015/3/8, 明治大学中野キャンパス (東京都中野区)

Ryo Kinoshita and Kosuke Oya, Measurement of causality change between returns of financial assets, 8th International conference on Computational and Financial Econometrics, 2014/12/7, University of Pisa, Italy

Teruko Takada, Robust early warning signals of abrupt switches in stock markets, 8th International conference on Computational and Financial Econometrics, 2014/12/7, University of Pisa, Italy

Isao Ishida and Virmantas Kvedaras, Moment-based estimation of stochastic volatility models in the presence of intraday seasonality, 8th International conference on Computational and Financial Econometrics, 2014/12/6, University of Pisa, Italy

Toshiaki Watanabe, Volatility and quantile forecasts of realized stochastic volatility models with generalized hyperbolic distribution, 8th International conference on Computational and Financial Econometrics, 2014/12/6, University of Pisa, Italy

高田輝子, 大規模金融データ解析で群衆行動の解明と制御を目指す, JST シンポジウム情報学による未来社会のデザイン - 人間力・社会力を強化する情報技術, 2014/12/5, 東京大学福武ホール (東京都文京区)

木下 亮・大屋幸輔, 高頻度取引市場における金融時系列間の因果性検証, 2014 年度統計関連学会連合大会, 2014/9/15, 東京大

学本郷キャンパス(東京都文京区)

石田 功, 実現ボラティリティのモーメントによる確率ボラティリティ・モデルの推定と日中季節性, 2014年度統計関連学会連合大会, 2014/9/15, 東京大学本郷キャンパス(東京都文京区)

Virmantas Kvedaras and Isao Ishida, On the moving quantile effects in (financial) time series, 7th CSDA International Conference on Computational and Financial Econometrics, 2013/12/16, The Senate House, University of London (London, UK)

Teruko Takada and Takahiro Kitajima, Broken symmetry of financial bubbles: evidence from NYSE limit order book, 7th CSDA International Conference on Computational and Financial Econometrics, 2013/12/14, The Senate House, University of London (London, UK)

⑳ Shuichi Nagata and Kosuke Oya, Volatility forecast comparison with biased proxy and related test statistic, 7th CSDA International Conference on Computational and Financial Econometrics, 2013/12/14, The Senate House, University of London (London, UK)

㉑ Masayuki Uchida, Adaptive Bayes type estimation for stochastic differential equations based on high-frequency data, 7th CSDA International Conference on Computational and Financial Econometrics, 2013/12/14, The Senate House, University of London (London, UK)

㉒ Masaaki Fukasawa, Linear regression of drift in continuous semimartingale models, The 59th World Statistics Congress, 2013/8/30, Hong Kong Convention and Exhibition Centre (Hong Kong)

㉓ 太田 亘, 取引システム高速化の流動性に対する長期的影響, 日本ファイナンス学会, 2013/6/2, 武蔵大学(東京都練馬区)

〔図書〕(計2件)

Jin Seo Cho, Isao Ishida and Halbert White, Oxford university press, Testing for neglected nonlinearity using twofold unidentified models under the null and hexic expansions (published in: *Essays in Nonlinear Time Series Econometrics*, Festschrift in Honor of Timo Terasvirta), 2014, 400(3-27)

Yasuhiro Omori and Toshiaki Watanabe, Chapman & Hall/CRC Press, Stochastic volatility and realized stochastic volatility models (published in: *Current Trends in Bayesian Methodology with Applications*, eds S. K. Upadhyay, U. Singh, D. K. Dey and A. Loganathan), 2015, 680(435-456)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大屋 幸輔 (OYA, Kosuke)
大阪大学・大学院経済学研究科・教授
研究者番号: 20233281

(2) 研究分担者

太田 亘 (OHTA, Wataru)
大阪大学・大学院経済学研究科・教授
研究者番号: 20293681

(3) 研究分担者

渡部 敏明 (WATANABE, Toshiaki)
一橋大学・経済研究所・教授
研究者番号: 90254135

(4) 研究分担者

高田 輝子 (TAKADA, Teruko)
大阪市立大学・大学院経営学研究科・准教授
研究者番号: 30347504

(5) 研究分担者

内田 雅之 (UCHIDA, Masayuki)
大阪大学・大学院基礎工学研究科・教授
研究者番号: 70280526

(6) 研究分担者

深澤 正彰 (FUKASAWA, Masaaki)
大阪大学・大学院理学研究科・准教授
研究者番号: 70506451

(7) 研究分担者

石田 功 (ISHIDA, Isao)
甲南大学・経済学部・教授
研究者番号: 20361579

(8) 研究分担者

木下 亮 (KINOSHITA, Ryo)
大阪大学・大学院経済学研究科・助教
研究者番号: 10732323