

平成21年 6月 9日現在

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2006～2008

課題番号：18203901

研究課題名（和文） 高頻度データを用いた日本の証券市場の計量分析

研究課題名（英文） Econometric Analysis of Securities Markets in Japan Using High-frequency Data

研究代表者

渡部 敏明 (WATANABE TOSHIKI)

一橋大学・経済研究所・教授

研究者番号：90254135

研究成果の概要：Realized Volatility (RV) と Realized Covariance (RCOV)に関して、以下の研究を行った。(1) RV を ARFIMAX モデルで定式化すると、ボラティリティの予測やオプション価格の導出で高いパフォーマンスが得られることを示した。(2) 日次リターンと同時に定式化するモデルや ARFIMA-GARCH モデルなど RV の新たなモデルを提案。(3) マイクロストラクチャ・ノイズの推定・検定方法を提案。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	14,100,000	0	14,100,000
2007年度	8,300,000	2,490,000	10,790,000
2008年度	16,600,000	4,980,000	21,580,000
年度			
年度			
総計	39,000,000	7,470,000	46,470,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経済学・財政学・金融論

キーワード：オプション 高頻度データ 長期記憶性 非同期取引 マイクロストラクチャ・ノイズ ARFIMA Realized Volatility Realized Covariance

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初、欧米では既に、ティックデータと呼ばれる日中の値がつくたびのデータや分刻みのデータといった証券市場の高頻度データを用いた分析が盛んに行われていた。そうした高頻度データに関して最も盛んに研究されていたのが、Realized Volatility (RV)、Realized Covariance (RCOV) と呼ばれる高頻度データを用いた証券リターンのボラティリティや共分散の新たな推定量である。欧米では、それらがボラティリティの予測、Value-at-Risk (VaR) などの金融リスク管理にも応用されており、単に研究者の間に留まらず、金融実務におい

ても有用であることが明らかになりつつあった。また、高頻度の証券価格はマイクロストラクチャ・ノイズと呼ばれるノイズを含むため、RV や RCOV を計算する際にそれを除去する方法が必要になる。欧米では、そうした方法についても研究が行われていた。さらには、ブラック・ショールズ公式を使わず、ボラティリティの変動を許容してオプション価格から計算されるモデル・フリー・インプライド・ボラティリティ (MFIV) が開発され、MFIV は危険中立測度の下でのボラティリティ、RV は現実の測度の下でのボラティリティとして、両者の関係についても研究が行われていた。

それに対して、日本では、研究機関において証券市場の高頻度データが整備されていなかったため、こうした高頻度データを用いた分析はほとんど行われていなかった。日本で唯一組織的に高頻度データの研究を行っていたのは、本研究の代表者である渡部敏明が拠点リーダーを務めていた東京都立大学 21 世紀 COE プログラム「金融市場のミクロ構造と制度設計」だけであった。本研究は、そこで得られた研究成果を出発点として開始した。

2. 研究の目的

本研究の目的は以下の通りである。(1) 日本の証券市場の高頻度データのデータベースを構築する。(2) マイクロストラクチャ・ノイズを考慮した RV、RCOV の計算方法を開発する。(3) 日本の証券市場の RV、RCOV の変動特性を明らかにし、それらの変動を表わすモデルの開発を行う。(4) 日本の証券市場の RV や RCOV をボラティリティの予測、VaR、オプション価格の導出といった金融リスク管理に応用する。(5) 日本の株価指数オプション価格から MFIV を計算し、RV との関係进行分析する。

3. 研究の方法

本研究を行うためには、日本の証券市場の高頻度データが必要となるので、まず日本の株価指数先物・オプション、個別株、円ドルレート、円ユーロレートの高頻度データを購入し、渡部研究室の PC に整備した。その上で、本研究のメンバーは、それぞれ、RV、RCOV、ボラティリティ変動モデル、証券市場のミクロ構造といった本研究を行う上で重要な分野の研究者であったので、各研究者の専門分野に応じて研究を進めた。また、研究代表者である渡部敏明がすべての研究に指示を出すことにより連携を図った。本研究は単に研究者の間だけでなく、金融当局や金融実務でも重要なので、代表者の渡部敏明が非常勤を務める日本銀行金融研究所でも適宜意見を求めた。

研究成果の発信とメンバー以外の研究者との意見交換のため、以下の3つの研究会を開催した。(1) 「計量ファイナンス研究会」(2007年3月19日、一橋大学)、(2) 国際コンファレンス “High-frequency data analysis in financial markets” (2008年10月25日～26日、一橋大学、グローバル COE プログラム「社会科学の高度統計・実証分析拠点構築」との共催)、(3) 「ファイナンスと計量経済学の最近の発展 (Recent Developments in Finance and Econometrics)」(2009年2月14日～15日、琉球大学)。(1)は初年度の研究成果を報告し、実務家を含む参加者から意見を求め、必

要があれば次年度以降の研究を軌道修正するために行った。そこでは、メンバーほぼ全員が出席する中、教員、大学院生、日本銀行職員など計9名が RV、RCOV を中心とした最新の計量ファイナンスの論文を報告した。参加者(報告者を含む)は20名強で、特に、日本銀行金融研究所、ニッセイアセットマネジメント株式会社から実務家の参加もあったことで、実務的な観点からの議論も行われ、有意義であり、次年度以降の研究遂行に弾みをつけた格好となった。(2)は、日本ではこの分野の研究が遅れているので、海外の最新の研究成果の吸収と、かつ我々の研究成果を海外の研究者に発信するために行った。海外から、Torben Andersen (米国ノースウエスタン大学)、Federico Bandi (米国シカゴ大学)、Peter Hansen (米国スタンフォード大学)などこの分野の代表的な研究者7名を招聘し、参加者は60名に上った。このコンファレンスは日本で初めての証券市場の高頻度データのコンファレンスで、この分野の研究の重要性、海外での研究の現状、我々の研究成果を十分発信できたと思われる。本研究会の模様および報告論文は一橋大学グローバル COE プログラム「社会科学の高度統計・実証分析拠点構築」のホームページ

<http://gcoe.ier.hit-u.ac.jp/index.html> からダウンロードできるので、参照されたい。(3)は本研究の総括として、これまでの研究成果を報告するために行った。高頻度データの分析では、連続時間モデルから価格が離散的に観測されるものと仮定することがあるが、そうした分析では連続時間モデルに関する数理ファイナンスの知識が必要となる。そこで、数理ファイナンスの見地から高頻度データの分析を行っている研究者も招聘し、意見を求めた。

これら以外にも国内外の学会・研究会で積極的に報告を行い(詳しくは下記の学会報告を参照されたい)、そこで得られたコメントを基に論文の改訂を行い査読付き学術誌への掲載を目指した。

4. 研究成果

本研究の主な研究成果は以下の通りである。(1) 日本の株価の高頻度データを用いて、RV を長期記憶性とボラティリティ変動の非対称性を考慮した ARFIMAX モデルで定式化すると、ボラティリティの予測パフォーマンスが高いことを明らかにした(下記論文 11、13)。(2) RV を ARFIMAX モデルで定式化すると、オプション価格の導出においてもパフォーマンスが高いことを明らかにした(下記論文 5)。(3) VaR においては、RV を ARFIMAX モデルで定式化するよりも日次リターンを誤差項の分布を t 分布にした

FIEGARCH モデルで定式化した方がパフォーマンスが高いことを明らかにした（下記論文 13）。ただし、これについては、FIEGARCH モデルではすべてのパラメータを同時推定しているのに対して、RV を ARFIMAX モデルで定式化した場合は、 t 分布の自由度と ARFIMAX モデルのパラメータを 2 段階推定しているため、今後さらなる検討が必要である。（4）マイクロストラクチャ・ノイズを考慮して RV と日次リターンを同時に定式化する新たなモデルとその MCMC を用いたベイズ推定法を提案した（下記論文 3）。（5）RV の分散不均一性を考慮した ARFIMA-GARCH モデルを提案し、日本の株式市場の RV に応用した（下記論文 7）。（6）一般的な連続時間確率的ボラティリティ変動モデルから離散時間でマイクロストラクチャ・ノイズを含んだ価格が観測されるものとして RV の新たなモデルを提案し、それを円ドルレートに応用することによりマイクロストラクチャ・ノイズの比率を推定した（下記論文 4）。（7）マイクロストラクチャ・ノイズの有無の検定の方法を提案した。（下記論文 2、6、8、14）。（8）RV で基準化したリターンや RV を ARFIMA-GARCH モデルで定式化した残差を用いて BDS テストや CCK テストを行うことにより、日本の株式市場のリターンには、ボラティリティの高い自己相関以外に有意な非線形依存関係が存在しないことを明らかにした（下記論文 1、7）。（9）日経 225 オプション価格からブラック・ショールズの公式を用いて計算したインプライド・ボラティリティは将来の RV に対して過去の RV 以上の情報を含んでいないことを明らかにした（下記論文 12）。（10）日経 225 オプション価格から MFIV を計算した（下記論文 9）。

これらの研究成果は国内外の学会・研究会で積極的に報告した。また、研究成果の一部は既に、査読付き国際的学術誌である *Computational Statistics & Data Analysis*（下記論文 3）や *Journal of Financial Econometrics*（下記論文 6）や国内の査読付き学術誌である『経済研究』（下記論文 10、11）に掲載されている。また、同じく国内の査読付き学術誌である『日本統計学会誌』の「高頻度データの統計的分析」特集（下記論文 1）にも掲載予定である。この特集は本研究の代表者渡部敏明が責任編集者として企画したものである。その他の論文（下記論文 4、7 と学会発表 3）も現在査読付き国際的学術誌に投稿中である。

日本銀行金融研究所の『金融研究』（下記論文 13）やディスカッションペーパー（下記論文 4）、大阪証券取引所『先物オプションレポート』（下記論文 5、9、12）で実務家向けにも研究成果を公表した。

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 14 件）

1. 渡部敏明, 長倉大輔, 「GARCH 型モデルと Realized Volatility を用いた TOPIX 日次リターンの非線形性の検証」, 日本統計学会誌, 第 39 巻・シリーズ J・第 1 号, 2009 年 9 月（掲載予定）, 査読有
2. Masato Ubukata and Kosuke Oya, “Statistical Properties of Covariance Estimator of Microstructure Noise: Dependence, Rare Jumps and Endogeneity”, forthcoming in *Recent Advance in Financial Engineering*, World Scientific, pp.1-28, May 2009, 査読有
3. Makoto Takahashi, Yasuhiro Omori and Toshiaki Watanabe, “Estimating Stochastic Volatility Models Using Daily Returns and Realized Volatility Simultaneously”, *Computational Statistics and Data Analysis*, Volume 53, Issue 6, pp.2404-2426, April 2009, 査読有
4. Daisuke Nagakura and Toshiaki Watanabe, “State-space Approach to Estimating the Integrated Variance and Microstructure Noise Component”, IMES Discussion Paper (Institute for Monetary and Economic Studies, Bank of Japan), 2009-E-11, pp.1-41, March 2009, 査読無
5. 渡部敏明, 「Realized Volatility を用いた日経 225 オプション価格の導出」, 大阪証券取引所『先物オプションレポート』, Vol.21, No.3, pp.1-6, 2009 年 3 月, 査読無
6. Masato Ubukata and Kosuke Oya, “Estimation and Testing for Dependence in Market Microstructure Noise”, *Journal of Financial Econometrics*, vol.7, pp.106-151, March 2009, 査読有
7. Isao Ishida and Toshiaki Watanabe, “Modeling and forecasting the volatility of the Nikkei 225 realized volatility using the ARFIMA-GARCH model”, Global COE Hi-Stat Discussion Paper Series 032, Hitotsubashi University, pp.1-27, February 2009, 査読無
8. 大屋幸輔, 「マーケット・マイクロストラクチャー・ノイズの系列相関の推定」, 『大阪大学経済学』, 第 57 巻, 第 4 号, pp.229-241, 2008 年 3 月, 査読無
9. 渡部敏明, 「モデル・フリー・インプライド・ボラティリティ」, 『先物オプションレポート』, 19・12, pp.1-6, 2007 年 12 月, 査読無
10. 里吉清隆, 「マルコフ・スイッチング GARCH モデルによるボラティリティの

- 予測」, 『経済研究』, 58・4, pp.323-334, 2007年10月, 査読有
11. 渡部敏明, 「Realized Volatility—サーベイと日本の株式市場への応用—」, 『経済研究—一橋大学』, 58, pp.352-373, 2007年10月, 査読有
 12. 渡部敏明, 「日経225の”Realized Volatility”とインプライド・ボラティリティ」, 『先物オプションレポート』, 18・12, pp.25, 2006年12月, 査読無
 13. 渡部敏明, 佐々木浩二, 「ARCH型モデルと”Realized Volatility”によるボラティリティ予測とバリュー・アット・リスク」, 『金融研究』, 25・別冊第2号, pp.39-74, 2006年10月, 査読無
 14. Masato Ubukata, Kosuke Oya, “Test of Unbiasedness of the Integrated Covariance Estimation in the Presence of Noise”, Discussion Papers Graduate School of Economics and Osaka School of International Public Policy (OSIPP), Osaka University, 07-03, pp.1-24, February 2007, 査読無
- [学会発表] (計 20 件)
1. 国浜剛, 大森裕浩, “Bayesian Analysis of Max-stable Processes with Application to High Frequency Stock Returns”, Bayesian Analysis of Max-stable Processes with Application to High Frequency Stock Returns, 2009年3月23日, 福岡大学
 2. 渡部敏明, “Recent Developments in the Studies on Financial Volatility”, APF7& Tokyo Tech-Hitotsubashi Interdisciplinary Conference “New Approaches to the Analysis of Large-Scale Business and Economic Data”, 2009年3月5日, 東京工業大学
 3. 生方雅人, 渡部敏明, “Option Pricing Using Realized Volatility and ARCH Type Models”, 「ファイナンスと計量経済学の最近の発展 (Recent Developments in Finance and Econometrics)」, 2009年2月15日, 琉球大学
 4. 国浜剛, 大森裕浩, “Bayesian Analysis of Max-stable Processes with Application to High Frequency Stock Returns”, 「ファイナンスと計量経済学の最近の発展 (Recent Developments in Finance and Econometrics)」, 2009年2月15日, 琉球大学
 5. 中島上智, 国浜剛, 大森裕浩, “Generalized Extreme Value Distribution with Time-dependence using the Auto-regressive Model in State Space Form”, 「ファイナンスと計量経済学の最近の発展 (Recent Developments in Finance and Econometrics)」, 2009年2月14日, 琉球大学
 6. 渡部敏明, “Bayesian Analysis of Structural Changes in ARFIMA Models with an Application to Realized Volatility”, Joint Meeting of 4th World Conference of the IASA and 6th Conference of the Asian Regional Section of the IASC on Computational Statistics & Data Analysis, International Statistical Computing, 2008年12月8日, パシフィコ横浜
 7. 石原庸博, 大森裕浩, “Asymmetric Markov Switching Stochastic Volatility Model with Realized Volatility”, Joint Meeting of 4th World Conference of the IASA and 6th Conference of the Asian Regional Section of the IASC on Computational Statistics & Data Analysis, International Statistical Computing, 2008年12月8日, パシフィコ横浜
 8. 渡部敏明, “Bayesian Analysis of Structural Changes in ARFIMA Models with an Application to Realized Volatility”, International Conference “High-Frequency Data Analysis in Financial Markets, 2008年10月25日, 一橋大学
 9. 中島上智, 国浜剛, 大森裕浩, “Generalized Extreme Value Distribution with Time-dependence using the Auto-regressive Model in State Space Form”, International Conference “High-Frequency Data Analysis in Financial Markets, 2008年10月25日, 一橋大学
 10. 里吉清隆, 「マルコフ・スイッチング EGARCH モデルによる TOPIX の分析」, 日本統計学会, 2008年9月9日, 慶應義塾大学
 11. 生方雅人, 大屋幸輔, “A Test for Cross-sectional Dependence of Micro-structure Noises and their Cross-Covariance Estimator”, Daiwa Lecture Series and International Workshop on Financial Engineering, 2008年8月4日, 大手町サンケイプラザ
 12. 大屋幸輔, “Bias Corrected Realized Volatility with Dependent Microstructure Noise”, 2nd International Workshop on Computational and Financial Econometrics(CFE’08), 2008年6月20日, University of Neuchatel, Switzerland
 13. 高橋慎, 大森裕浩, 渡部敏明, “Estimating Stochastic Volatility Models Using Daily Returns and Realized Volatility Simultaneously”, 複雑現象のモデル化と統計理論的発展, 2008年3月2日, 金沢大学

横浜国立大学・経済学部・教授
研究者番号：60170354

14. 渡部敏明, “Bayesian Analysis of Structural Changes in ARFIMA Models with an Application to Realized Volatility”, 2007 年度統計関連学会連合大会, 2007 年 9 月 8 日, 神戸大学
15. 高橋慎, 大森裕浩, 渡部敏明, “Estimating Stochastic Volatility Models Using Daily Returns and Realized Volatility Simultaneously”, 2007 年度統計関連学会連合大会, 2007 年 9 月 7 日, 神戸大学
16. 大屋幸輔, 「株価収益率間の共分散推定とそのバイアス検定」, 2007 年度統計関連学会連合大会, 2007 年 9 月 7 日, 神戸大学
17. 渡部敏明, “Bayesian Analysis of Structural Changes in ARFIMA Models with an Application to Realized Volatility”, 2nd Japanese-European Bayesian Econometrics and Statistics Meeting, 2007 年 8 月 27 日, The National Bank of Hungary
18. 生方雅人, 大屋幸輔, “Test of Unbiasedness of the Integrated Covariance Estimation in the Presence of Noise”, 日本経済学会 2007 年度春季大会, 2007 年 6 月 3 日, 大阪学院大学
19. 生方雅人, 大屋幸輔, “Test of Unbiasedness of the Integrated Covariance Estimation in the Presence of Noise”, International Workshop on Computational and Financial Econometrics, 2007 年 4 月 21 日, University of Geneva
20. 高橋慎, 大森裕浩, 渡部敏明, “Estimating Stochastic Volatility Models Using Daily Returns and Realized Volatility Simultaneously”, International Workshop on Computational and Financial Econometrics, 2007 年 4 月 21 日, University of Geneva

6. 研究組織

(1)研究代表者

渡部 敏明 (WATANABE TOSHIAKI)

一橋大学 経済研究所・教授

研究者番号：90254135

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

大森 裕浩(OMORI YASUHIRO)

東京大学・大学院経済学研究科・准教授

研究者番号：60251188

大屋 幸輔(OYA KOUSUKE)

大阪大学・大学院経済学研究科・教授

研究者番号：20233281

里吉 清隆(SATOYOSHI KIYOTAKA)

東洋大学・経営学部・准教授

研究者番号：10366510

小林 正人(KOBAYASHI MASATO)