

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 30 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2010～2012

課題番号：22243021

研究課題名（和文） 金融リスクの計量化と統計的推測に関わる諸問題の解明

研究課題名（英文） Issues related to financial risk measurement and its statistical inference

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

研究成果の概要（和文）：金融市場におけるリスク評価が適切でなければ、金融不安は極端な形で顕在化し、結果として生じる信用供与の低下は企業活動や人々の社会経済活動に深刻な影響を与えることとなる。本研究では、特定のモデルに依存しない金融市場リスク指標の開発、リスク指標の予測モデルの構築、高頻度市場データを利用したリスク評価の統計的分析などに関する研究を行い、それぞれ従来の問題点を改善する結果を得た。

研究成果の概要（英文）：Inappropriate risk evaluation can be potential source of financial instability and reduction of market liquidity. As a result, we have a serious impact on the economic activities. In this study, we conduct research on, risk index which does not depend on the specific model, building a predictive model of risk index and the analysis of high frequency financial market data.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	8,500,000	2,550,000	11,050,000
2011年度	5,900,000	1,770,000	7,670,000
2012年度	6,500,000	1,950,000	8,450,000
年度			
年度			
総計	20,900,000	6,270,000	27,170,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経済学・経済統計

キーワード：計量ファイナンス、高頻度データ解析、金融リスク

1. 研究開始当初の背景

将来の資産価格がどのような値（状態）になるかは未確定であるが、その状態に対応する確率密度が判明すれば、その期待値を将来の合理的な予想としてみることが可能である。以下では将来価格が確定していない資産をリスク資産と呼ぶが、そのようなリスク資産の価格付けでは、状態価格密度（リスク中立確率）が中心的な役割を果たしている。こ

の状態価格密度は、派生証券の価格付けやリスク管理において重要なものであるが、価格付けといった実際の応用には、状態価格密度自体は必要ではなく一般には推定対象でもない。しかしながらこの状態価格密度は市場参加者のリスクに対する選好と密接に関連しており、状態価格密度を推定することにより、投資家の行動や市場参加者のリスクに対する態度などを経済学的に明らかにすることが可能となる。

一方、市場参加者が直面しているリスク自体をどのように計測するかも重要な課題である。景気の転換点をとらえることがマクロ経済政策上、重要なように、リスクの時系列的な推移をとらえることは金融政策上も様々な経済活動においても重要とされる。このようなリスクは、それ自体は観測されない変数であり、従来は特定のモデル(Black-Scholes モデル) から誘導されたインプライド・ボラティリティや日次データを長期にわたって利用するヒストリカル・ボラティリティによって計測されてきた。しかしながらモデルに対する仮定やデータの定常性といった問題点もあり、統計学的には望ましいものではない。このような問題に対しては、近年、実現ボラティリティ(Realized Volatility, RV) やモデル・フリー・インプライド・ボラティリティ・インデックス(MFVIX) によるアプローチが注目を集めている。市場の流動性や急激な価格変動に対する頑健性において改善すべき課題は残っているが、それらを利用することでリスクの適切な計測が行われることが期待されている。さらに金融当局や市場関係者にとっては、社会経済状況の局面に応じた現時点のリスクの評価も重要な課題であるが、同時に、将来の金融リスクを適切に予測することも政策運営や市場規制など多くの点で重要な課題であり、ボラティリティの予測モデルの貢献が期待されることである。

2. 研究の目的

近年、極端な形で顕在化した金融不安が信用供与を極端に低下させ企業活動や人々の社会経済活動に影響を与えているが、それは金融機関が抱える過度の金融リスクがその一因とされている。現実には企業が金融リスクを適切に評価し管理できていたとは言い難く、金融市場における適切な金融リスク評価は派生商品の価格付けやヘッジの問題のみならず、望ましい金融市場の構築・運営に際して不可避の問題となっている。さらに適切なリスク管理を行うために必要な、経済主体のリスクに対する選好の推定、リスクの計測・予測といった統計手法の開発が政策当局や金融実務家から期待されている。金融リスク管理を適切に行うためには、金融市場において市場参加者がリスクに対してどのような態度をとっているのか、リスク量はどの程度であるのか、将来のリスクはどのように推移していくのか、といったことが問

題となる。本研究課題ではこれらの問題を、以下の3つのテーマに分類し、個別に研究を推進するとともに、最終的にはこれらを融合させ、適切な金融リスク管理を行うための統計的手法を開発する。

- (1) 市場参加者のリスクに対する選好と密接に関連している状態価格密度に関する統計的推測方法を確立し、投資家の行動や市場参加者のリスクに対する態度などを経済学的に明らかにする。
- (2) 市場参加者が直面しているリスク自体をモデルの特定化にできるだけ依存しない形で計測する方法を確立する。
- (3) 金融当局や市場関係者にとっては、社会経済状況の局面に応じた現時点のリスクの評価も重要な課題であるが、同時に、将来の金融リスクを適切に予測することも政策運営や市場規制など多くの点で重要な課題である。従って、より精度の高いボラティリティの予測モデルの構築を目指す。

3. 研究の方法

本研究課題では既述した3つのテーマに関して研究を推進する。

- (1) 金融リスクに対する経済主体の選好の統計的推測問題(大屋・谷川・大西) 状態価格密度からリスク回避度に関する情報を導きだすことを検討する。ノンパラメトリックなアプローチにもとづくことから、大標本を必要とする統計的推測方法がもちいられるが、推定量が高頻度データに固有のマイクロストラクチャー・ノイズの影響を受ける可能性が大きいので、検討するアプローチがマイクロストラクチャー・ノイズの影響をどのように受けるのかについても検討する。

- (2) 低モデル依存の金融リスク指標の開発(Maghrebi・深澤・石田・大屋) モデルフリー・ボラティリティ・インデックスが利用するデータの影響をどの程度受けるのかを明らかにし、より頑健なインデックスの開発を行う。また、ティックデータをもちいた場合のインデックスの性質を明らかにするために、ティックデータのデータベースの構築を合わせて行う。

- (3) 金融リスク指標の予測モデル構築(渡部・生方・大屋) 実現ボラティリティの予測モデルの構築を行う。実現ボラティリティには長期記憶性があること

が先行研究で報告されており、長期記憶性を確保したモデルを有力な候補とする。他に平常時の低リスク状態と金融不安時の高リスク状態を記述するマルコフ・スイッチングモデルなどの非線形時系列モデルの研究分野で得られている知見を応用することを計画している。実現ボラティリティだけでなく、「低モデル依存の金融リスク指標の開発」グループによって開発されるボラティリティ・インデックスを分析対象とするため、情報共有を行いつつ研究を遂行する。

4. 研究成果

(1) 金融リスク指標開発

①リスク指標として代表的なモデルフリー・インプライド・ボラティリティが的確にリスクを捉えることできない状況を明らかにし、その欠点を改善した頑健な指標を開発した[雑誌論文(7)]。

開発されたリスク指標は大阪大学金融・保険教育研究センターのホームページ上で閲覧可能になっている。さらにボラティリティだけではなく、3次モーメントの情報を利用したインプライド・歪度、あるいはインプライド・レバレッジによってリスクをとらえる研究を行った。

②ボラティリティに関するリスクプレミアムが将来の経済変数とどのような関連にあるかを分析し、それが景気予測に有効な変数であることを示した。さらに、そのリスクプレミアムが、将来の株価収益率やクレジットスプレッド等に対して予測力を持つか否かについても検証を行った[学会発表(11)、図書(1)]。

③累積分散の推定に関しては、その推定量である実現分散における市場のマイクロ構造に起因するノイズの影響を考慮した推定方法を提案し、それが従来の方法と同等かそれ以上の精度であることを数値実験により確認した[雑誌論文(5)]。

(2) 金融リスク指標の予測モデル構築

①ボラティリティ変動の長期記憶性と非対称性を考慮したARFIMAXモデルにより予測されたボラティリティをもちいた日経225株価指数オプションの価格付けを行い、そのパフォーマンスの良さを確認した。予測精度に関しては、GARCHモデルにインプライド・ボラティリティを取り込むことでその予測精度が向上することが検証された[雑誌論文(11)]。

②日次リターンと実現ボラティリティを同時にモデル化する Realized GARCH

モデルが Value-at-Risk (VaR) や期待シヨートフォール (ES) で有用であることが示された。VaR や ES は金融実務でリスク管理に使われているため、この結果は金融実務の観点からも重要である[学会発表(16)]。

③実現ボラティリティのバイアスを考慮して、日次リターンと実現ボラティリティを同時にモデル化する Realized Stochastic Volatility モデルにおいて、リターンの分布を一般双曲線非対称分布へ拡張した研究を行い、予測や VaR のパフォーマンスが改善する結果を得た[学会発表(6)]。

④ジャンプに関する研究としては、大きなジャンプに関するインプライド・ラージジャンプ・インデックスが金融危機の時期のような期間におけるボラティリティの予測に有効かどうかを検証し、有効であることが実証分析によって確認された[学会発表(5)]。

⑤CEV 型連続時間ボラティリティ変動モデルを日経平均のボラティリティの日次データを用いて推定した結果、実務で利用される機会の多い Heston モデルが棄却され、GARCH 拡散過程モデルを支持する結果を得ている[雑誌論文(6)]。

(3) 金融リスクに対する選好の推測

①これまで導出された方法をサーベイするとともに、意思決定における投資主体のリスク回避性の影響に関する比較静学についての研究を推し進めた[雑誌論文(12)]。またリスク中立密度のノンパラメトリック推定が頑健ではないことを実際の観測データをもちいることで確認した。

②従来提案されている推定方法は、大標本を前提とするノンパラメトリックな手法であるため、金融危機の前後のようにデータの定常性を確保できない時期を含むデータを利用すると、その結果は安定的な推定結果をもたらさないことが確認された。その結果を受け、モデルフリー・インプライド・ボラティリティの推測に用いる手法を応用することで、投資主体のリスク回避性を推定する方法に関して検討した[学会発表(12)]。

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 20 件)

(1) 大森裕浩・渡部敏明，「Realized Stochastic Volatility モデル—マルコ

- フ連鎖モンテカルロ法を用いたベイズ分析」, 日本統計学会誌, 42 巻, 2013, 273-303, 査読無.
- (2) Nagata, S. and Oya, K., “Volatility Forecast Comparison with Biased Proxy”, Discussion Papers Series CSFI Osaka University, vol.2012-02, 2012, 1-11, 査読無.
- (3) Fukasawa, M., “The Normalizing Transformation of the Implied Volatility Smile”, Mathematical Finance, vol.22, 2012, 753-762, 査読有り.
- (4) Watanabe, T., “Quantile forecasts of financial returns using realized GARCH models”, Japanese Economic Review, vol.63, 2012, 68-80, 査読有り.
- (5) Oya, K., “Bias Corrected Realized Variance under Dependent Microstructure Noise”, Mathematics and Computers in Simulation, vol.81, 2011, 1290-1298, 査読有り.
- (6) Ishida, I., McAleer, M. and Oya, K., “Estimating the Leverage Parameter of Continuous-time Stochastic Volatility Models Using High Frequency S&P 500 and VIX”, Managerial Finance, vol.37, 2011, 1048-1067, 査読有り.
- (7) Fukasawa, M., Ishida, I., Maghrebi, N., Oya, K., Ubukata, M. and Yamazaki, K., “Model-Free Implied Volatility: from Surface to Index”, International Journal of Theoretical and Applied Finance, vol.14, 2011, 433-463, 査読有り.
- (8) 生方雅人・渡部敏明, 「実現ボラティリティーボラティリティの計測方法の発展とリスクマネジメントへの応用可能性」, 証券アナリストジャーナル, 49 巻, 2011, 16-26, 査読無.
- (9) 石田 功, 「ボラティリティ指数を利用した確率ボラティリティ・モデルの推定」, 大阪証券取引所『先物オプションレポート』, 23 巻, 2011, 査読無.
- (10) Tanaka, K., Yamada, T. and Watanabe, T., “Applications of Gram-Charlier Expansion and Bond Moments for Pricing of Interest Rates and Credit Risk”, Quantitative Finance, vol.10, 2010, 645-662, 査読有り.
- (11) 渡部敏明, 「Realized Volatility のモデル化とオプション価格」, 大阪証券取引所『先物オプションレポート』, 22 巻, 2010, 査読無.
- (12) Ohnishi, M. and Osaki, Y., “Comparative Risk Aversion under Background Risk Revisited”, Economic Research International, volume 2010, 2010, article ID 180478, 査読有り.
- (13) 石田 功, 「日本版ボラティリティ・インデックス VXJ の時系列特性」, 大阪証券取引所『先物オプションレポート』, 22 巻, 2010, 査読無.
- [学会発表] (計 33 件)
- (1) Fukasawa, M., Effective Discretization of Stochastic Differential Equations, Statistique Asymptotique des Processus Stochastiques IX, 2013 年 3 月 13 日, Universite du Maine, Le Mans, France.
- (2) Nagata, S. and Oya, K., Volatility Forecast Comparison with Biased Proxy, The 2012 ASIAN MEETING of the Econometric Society, 2012 年 12 月 22 日, University of Delhi, Delhi, India.
- (3) Ishida, I. and Kvedaras, V., On the Moving Quantile Effects in Financial Series, 2012 年 12 月 21 日, University of Delhi, Delhi, India.
- (4) Takkabutr, N., Oya, K., Empirical Stochastic Time Change Variable of Equity Returns with High Frequency Data, The 3rd International Conference “High-frequency Data Analysis in Financial Markets”, 2012 年 11 月 18 日, 広島経済大学 (広島).
- (5) Ubukata, M., The role of implied volatility and jump risk component in forecasting realized volatility, The 3rd International Conference “High-frequency Data Analysis in Financial Markets”, 2012 年 11 月 16 日, 広島経済大学 (広島).
- (6) Watanabe, T., Volatility and Quantile Forecasts of Financial Returns using Realized Stochastic Volatility Models with Generalized Hyperbolic Distribution, The 3rd International Conference “High-frequency Data Analysis in Financial Markets”, 2012 年 11 月 16 日, 広島経済大学 (広島).
- (7) Takkabutr, N.・大屋幸輔, 株価収益率と経済活動時間の関連, 2012 年度統計関連学会連合大会, 2012 年 9 月 11 日, 北海道大学 (北海道).
- (8) 大森裕浩・渡部敏明, Realized Stochastic Volatility モデル - 日次リターンと Realized Volatility の同時モデル化, 2012 年度統計関連学会連合大会, 2012 年 9 月 10 日, 北海道大学 (北海道).
- (9) 永田修一・大屋幸輔, 代理変数を用いた

- ボラティリティ予測評価に関する考察, JAFEE 2012 夏季大会, 2012年8月3日, 成城大学(東京).
- (10) Ubukata, M., Market Variance Risk Premiums in Japan as Predictor Variables and Indicators of Risk Aversion, The 2nd Institute of Mathematical Statistics Asia Pacific Rim Meeting, 2012年7月3日, つくば国際会議場(茨城県)
- (11) Ishida, I., McAleer, M. and Oya, K., Estimating the extended Heston stochastic volatility model with Jacobi stochastic leverage for S&P500 and VIX, 5th CSDA International meeting on Computational and Financial Econometrics, 2011年12月19日, University of London, London(UK).
- (12) Oya, K., Implied Moments and the Related Risk Measures, The 2nd International Conference “High-frequency Data Analysis in Financial Markets”, 2011年10月30日, 大阪大学中ノ島センター(大阪).
- (13) Watanabe, T., Estimating realized GARCH models with different volatility measures, The 2nd International Conference “High-frequency Data Analysis in Financial Markets”, 2011年10月30日, 大阪大学中ノ島センター(大阪).
- (14) 石田 功・大屋幸輔, Jacobi 型確率レバレッジを持つ拡張 Heston 確率ボラティリティ・モデルの日中高頻度データによる推定, 2011年度統計関連学会連合大会, 2011年9月6日, 九州大学伊都キャンパス(福岡).
- (15) Watanabe, T., Quantile forecasts of financial returns using realized GARCH models, Stanford Institute for Theoretical Economics Summer 2011 Workshop, 2011年6月20日, Stanford University, Stanford, CA (USA).
- (16) 渡部敏明, Value-at-Risk using Realized GARCH Models, 日本経済学会2011年度春季大会, 2011年5月22日, 熊本学園大学(熊本).
- (17) Ishida, I., Testing for Neglected Nonlinearity in Autoregressive Models of Volatility Indices, 日本統計学会春季集会, 2011年3月6日, 立教大学(東京).
- (18) Oya, K., Bayesian estimation of probability of informed trading, The 4th CSDA International meeting on Computational and Financial Econometrics, 2010年12月11日, University of London, UK.
- (19) Maghrebi N., Model-Free Volatility Expectations and Risk Perceptions during Financial Crises, The 5th International Conference on Asia-Pacific Financial Market, 2010年12月4日, The Westin Chosun Hotel, Seoul, Korea.
- (20) 深澤正彰, 二次変分の非正則な漸近挙動について, 日本数学会, 2010年9月22日, 名古屋大学(名古屋).
- (21) Ishida, I., Estimating Continuous-Time Stochastic Volatility Models for the S&P 500 Index Using High-Frequency S&P 500 and VIX Data, 日本ファイナンス学会, 2010年5月23日, 上智大学(東京).
- [図書] (計2件)
- (1) 大屋幸輔 (共著), 『世界同時不況と景気循環分析』, 東京大学出版会, 2011年, 141-157.
- (2) 浅子和美, 渡部敏明, 『ファイナンス・景気循環の計量分析』, ミネルヴァ書房, 2011年, 352頁.
- [その他]
ホームページ等
- <http://www-csfi.sigmath.es.osaka-u.ac.jp/structure/activity/vxj.php>
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
大屋 幸輔 (OYA KOSUKE)
大阪大学・経済学研究科・教授
研究者番号: 20233281
- (2) 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
- マグレビ ナビル (MAGHREBI NABIL)
和歌山大学・経済学部・教授
研究者番号: 20283947
(H23年9月5日まで分担者として参画)
- 谷川 寧彦 (TANIGAWA YASUHIKO)
研究者番号: 60163622
- 大西 匡光 (OHNISHI MASAMITSU)
大阪大学・経済学研究科・教授
研究者番号: 10160566

生方 雅人 (UBUKATA MASATO)
釧路公立大学・経済学部・准教授
研究者番号：00467507

石田 功 (ISHIDA ISAO)
大阪大学・金融保険教育研究センター・特任
講師
研究者番号：20361579
(H22年12月1日から分担者として参画)

深澤 正彰 (FUKASAWA MASA AKI)
大阪大学・理学研究科・准教授
研究者番号：70506451
(H22年11月30日まで分担者として参画後、
海外の大学へ移籍のため分担者から外れる。
帰国後、H23年9月6日から分担者として参
画)