

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：32690

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K01594

研究課題名（和文）高次元・高頻度データによる金融資産のリスク分析

研究課題名（英文）Financial Risk Analysis using High Dimensional and/or High Frequency Data

研究代表者

浅井 学 (Asai, Manabu)

創価大学・経済学部・教授

研究者番号：90319484

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,500,000円

研究成果の概要（和文）：金融資産のリスク分析においては、リスクは収益率の分散また標準偏差によって測られる。

近年、高次元データまた高頻度データ入手できるようになって、日々変動するリスクをより正確に推定できるようになってきた。この研究では、ネットワーク型ボラティリティ変動モデル、高次元の実現共分散モデルのための主成分分析の拡張、標準化変換されたBEKKモデルの擬似最尤推定量の漸近正規性という課題に取り組んだ。論文11編が、国際的な査読付き学術誌に掲載された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

金融資産のリスク分析において、高次元・高頻度データが使えるようになってきたとはいえ、その研究は緒に就いたばかりである。実用的なモデルを考案し、リスクの予測力の向上に役立てていくことは、実務上非常に重要である。

研究成果の概要（英文）：In the analysis of risks of financial assets, the risk is measured by the return volatility (standard deviation or variance). In recent years, high-dimensional and/or high-frequency data are available, and thus researchers can estimate time-varying risks more accurately. In this research project, I focused on three topics; (i) network volatility models, (ii) high-dimensional covariance model for high-frequency data, and (iii) Asymptotic property of QML estimator for the transformed BEKK models. The research results are summarized in eleven articles.

研究分野：計量ファイナンス

キーワード：高次元データ 高頻度データ 金融資産リスク

1. 研究開始当初の背景

金融資産のリスク分析においては、リスクは収益率の分散また標準偏差によって測られる。金融資産のリスクは、金融市場全体の動きや関連する資産のリスクの影響を受けてダイナミックに変動していくと考えられている。このため、収益率の共分散構造のモデル化と推定が大きな課題となっている。しかし、共分散構造のモデル化において大きな問題となるのが、資産の数の2乗のオーダーでパラメータが増加してしまうという点である。このような高次元の問題にさまざまな取り組みがなされている。また、近年では1分足りのデータや取引ごとのデータ等、高頻度データの利用が可能となり、実現分散・実現共分散を用いた研究に関心が高まっている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、高次元かつ高頻度データを用いて、共分散の新たなモデルを提案し、その実用性を検証することである。特に、ネットワーク型確率的ボラティリティ変動モデル、主成分分析の考えを拡張した実現共分散モデル、標準化による共分散構造の単純化の3点に注目する。

3. 研究の方法

上述のように、大きく3つのテーマについて研究を行った。

ネットワーク型確率的ボラティリティ変動モデル

まず、Zhu et al. (2017)のネットワーク自己回帰モデルを拡張して、ネットワーク型確率的ボラティリティ変動モデルを考案する。Zhu et al. (2017)の実証分析ではネットワーク構造が所与としているが、ボラティリティの研究ではネットワークは観測できない。このため、実用面で問題となるのが、このネットワーク構造をどのように推定するのかという点である。このプロジェクトでは、マルコフ連鎖モンテカルロ法による方法を提案する。

高次元の実現共分散モデルのための主成分分析の拡張

単変量のモデルとして、Hansen et al. (2012)およびHansen and Huang (2016)では実現GARCHモデルを考案している。この多変量版として、高次元の実現BEKKモデルを考える。その際に、Asai and McAleer (2015)とTao et al. (2011)のアイデアに沿って、主成分分析を拡張して取り入れる。上述のように、このときの推定量は漸近正規性をもたないため、マルコフ連鎖モンテカルロ法による推定方法を考案する。

標準化変換されたBEKKモデルの擬似最尤推定量の漸近正規性

Noureldin et al. (2014)は、標準化変換によりBEKKモデルを変換し、モデルのパラメータに制約をかけて推定することを提案している。このモデルの擬似最尤推定量が一致性と漸近正規性をもつための十分条件を求めていく。

4. 研究成果

(1) 論文“Forecasting volatility and co-volatility of crude oil and gold futures: Effects of leverage, jumps, spillovers, and geopolitical risks”について
原油価格先物と金先物の収益率の共分散行列を予測するために、この論文では実現共分散のデータを使って、レバレッジ効果、ジャンプ効果、波及効果、そして地政学的リスクの影響を分析した。共分散行列の予測値が正定符号行列であることを保証するために、条件付きウィッシュャートモデルにおいて、完全なBEKK構造を用いた。このように特定化すれば、ボラティリティ、負の収益率、またジャンプの直接また波及効果を分けて考えることができる。実証分析の結果、負の収益率と地政学的リスクが共分散行列の予測に役立っていることがわかった。

(2) 論文“Quasi-Maximum Likelihood Estimation of Conditional Autoregressive Wishart Models”について

この論文では、条件付き自己回帰型ウィッシュャートモデルの疑似最尤(QML)推定量に関するものである。すなわち、条件付き共分散行列の分布はウィッシュャート分布に限らず、行列F分布などの他の分布でもよいとするものである。行列式の対数値の期待値が存在するという条件のもとで、QML推定量の一致性を示すことができた。またQML推定量の漸近正規性を示すための十分条件を導出した。シミュレーション実験の結果、正しい分布が非ウィッシュャート分布であっても、標本の大きさがT=500であれば効率性の違いは無視できるものであった。日経225と先物の高

頻度データを使って、実現共分散を求めて、モデルを推定したところ、分布はウィッシュャート分布ではなく、QML 推定が適切であることが明らかになった。

(3) 論文 “ Bayesian non linear quantile effects on modelling realized kernels ” について

この論文では、分布の分位数(quantile)に注目して、実現ボラティリティへの影響を調べた。特に、日経 225 の実現ボラティリティのデータを使って、閾値型自己回帰モデルと GARCH モデルを組み合わせたモデルにあてはめた。ここで分析したのは、過去の実現ボラティリティ、収益率またアブノーマルな取引量のもつ分位数レベルでの影響である。モデルの推定には、マルコフ連鎖モンテカルロ法を使った。推定結果より、いずれの変数も分位数レベルで実現ボラティリティの影響を与えていることがわかった。

(4) 論文 “ On a Bivariate Hysteretic AR-GARCH Model with Conditional Asymmetry in Correlations ”

この論文では、多変量時系列データが、遅れのある AR-GARCH モデルに従うときに、非対称な条件付き相関係数行列について考案し、分析を行った。ここでは、遅れをもたらず変数 1 つがすべてのレジームをコントロールし、遅れ具合も時点ごとに変わるものとしている。推定にはマルコフ連鎖モンテカルロ法を用いて、ボラティリティおよびバリュー・アット・リスクの予測値を求めた。分析結果から、新たなモデルによる予測値は、既存の方法よりも正確であることがわかった。

(5) 論文 “ Bayesian Analysis of Realized Matrix-Exponential GARCH Models ” について

この論文では、実現共分散をもちいた行列指数 GARCH モデルを考案した。このモデルでは、収益率と実現共分散が同時にモデル化されている。様々なニュース・インパクト曲線を表現できるように、いくつかの特定化も考案している。推定には、マルコフ連鎖モンテカルロ法を用いた。米国の 3 つの金融資産について、新たに考案したモデルと既存の多変量 GARCH モデルを比較した結果、新たなモデルのほうが予測力において優れていることがわかった。推定されたニュース・インパクト曲線も既存の事実とは矛盾しないものであった。

(6) 論文 “ Asymptotic and Finite Sample Properties for Multivariate Rotated GARCH Models ” について

Noureldin et al. (2014) が考案した多変量回転 GARCH モデルについて、疑似最尤 (QML) 推定量および共分散集約 (VT) 推定量について漸近的性質を明らかにした。具体的には、モデルの定常性の条件を示し、両推定量の一致性と漸近正規性のための十分条件を導出した。モンテカルロ実験の結果も、理論を裏付ける内容であった。

(7) 論文 “ Multivariate Hyper-Rotated GARCH-BEKK ” について

Noureldin et al. (2014) が考案した多変量回転 GARCH モデルの拡張に関する研究である。Noureldin et al. (2014) は、回転の際に共分散行列の固有値分解から回転行列をもとめたが、この論文ではファクター構造もとれるようにパラメータを自由に設定している。4 変量の為替レートのデータを使って、あらゆるパラメータの組み合わせをすべて検討した結果、新たなモデルの方があてはまりがよく、このデータはファクター構造をもつことがわかった。

(8) 論文 “ A new structural multivariate GARCH-BEKK Model: Causality of green, sustainable and fossil energy ETFs ” について、

上記の論文(6)(7)は、データそのものの回転を考えていたが、この論文では構造方程式として関係性を捉え直し、新たなモデルを考案した。米国の金融市場のエネルギー部門において、化石燃料や原子力エネルギーの企業の収益率やリスクが、環境に優しい持続可能エネルギーの企業の収益率やリスクに及ぼす影響などを分析し、その構造を明らかにした。

(9) 論文 “ Feasible Panel GARCH Models: Variance-Targeting Estimation and Empirical Application ” について

実証分析ではときおり、パネルデータのモデルの誤差項が多変量 GARCH モデルに従うものとして分析が行われている。しかし理論的な研究は進んでいなかった。この論文では、共分散集約型 (VT) 推定量を考え、定常性のための条件を導き、推定量の一致性や漸近正規性のための条件を導出した。モンテカルロ実験の結果は理論を裏付けるものであった。

G7 各国のインフレ率によるパネルデータと、世界を 4 つの地域に分割したときの 4 つの地域における貿易の成長率のパネルデータを使って、実行可能パネル GARCH モデルを推定した。インフ

レ率については、Covid-19 によるインフレ率押し下げ効果は有意ではなかった。貿易の成長率については、世界金融危機が影響を及ぼしていることがわかった。

(10) 論文 “Realized matrix-exponential stochastic volatility with asymmetry, long memory and higher moment spillovers” について

この論文では、実現共分散を使った行列指数確率的ボラティリティ変動モデル(RMESV)を考案した。このモデルは、多変量の収益率と共分散行列を同時にモデル化するだけでなく、レバレッジ効果や長期記憶性、高次のモーメントへの波及効果も組み込んでいる。推定には、モンテカルロ最尤法を使用した。既存の方法を比べたところ、新しいモデルはより正確な予測値をもたらすことがわかった。

(11) 論文 “High dimensional sparse multivariate stochastic volatility models” について

多変量確率的ボラティリティ変動 (MSV) モデルは通常、多変量 GARCH モデルよりも正確な予測値を生み出す。しかし、そのマルコフ連鎖モンテカルロ法などその推定方法は、次元が増えるとその2乗の速度でパラメータが増えてしまうという問題がある。この論文では、ペナルティ付き最小二乗法による高速かつ効率的な推定方法を考案した。シミュレーション・データや実データを使って分析したところ、新たな推定方法で予測値をもとめると、既存の多変量 GARCH モデルよりも正確な予測ができることがわかった。

(12) まとめ

上記(1) - (11)の論文は、すべて国際的な査読付き学術誌に掲載された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 10件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Manabu Asai, Mike K.P. So	4. 巻 42
2. 論文標題 Quasi-Maximum Likelihood Estimation of Conditional Autoregressive Wishart Models	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Time Series Analysis	6. 最初と最後の頁 271-294
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/jtsa.12566	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Manh Cuong Dong, Chen Cathy W. S. Chen, Manabu Asai	4. 巻 -
2. 論文標題 Bayesian non linear quantile effects on modelling realized kernels	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Finance & Economics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/ijfe.2459	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Cathy W. S. Chen, Hong Than-Thi, Manabu Asai	4. 巻 -
2. 論文標題 On a Bivariate Hysteretic AR-GARCH Model with Conditional Asymmetry in Correlations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Computational Economics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10614-020-10034-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Manabu Asai, Michael McAleer	4. 巻 -
2. 論文標題 Bayesian Analysis of Realized Matrix-Exponential GARCH Models	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Computational Economics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10614-020-10074-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Manabu Asai, Chia-Lin Chang, Michael McAleer, Laurent Pauwels	4. 巻 9
2. 論文標題 Asymptotic and Finite Sample Properties for Multivariate Rotated GARCH Models	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Econometrics	6. 最初と最後の頁 21~21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/econometrics9020021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Manabu Asai, Rangan Gupta, and Michael McAleer	4. 巻 36
2. 論文標題 Forecasting volatility and co-volatility of crude oil and gold futures: Effects of leverage, jumps, spillovers, and geopolitical risks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Forecasting	6. 最初と最後の頁 933-948
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijforecast.2019.10.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Benjamin Poignard, Manabu Asai	4. 巻 43x
2. 論文標題 High dimensional sparse multivariate stochastic volatility models	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Time Series Analysis	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jtsa.12647	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Manabu Asai, Chia-Lin Chang, Michael McAleer	4. 巻 227
2. 論文標題 Realized matrix-exponential stochastic volatility with asymmetry, long memory and higher-moment spillovers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Econometrics	6. 最初と最後の頁 285~304
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jeconom.2021.06.008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Manabu Asai	4. 巻 23x
2. 論文標題 Feasible Panel GARCH Models: Variance-Targeting Estimation and Empirical Application	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Econometrics and Statistics	6. 最初と最後の頁 1-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecosta.2022.01.004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Manabu Asai, Michael McAleer	4. 巻 14
2. 論文標題 Multivariate Hyper-Rotated GARCH-BEKK	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Time Series Econometrics	6. 最初と最後の頁 175 ~ 198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/jtse-2021-0006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Manabu Asai, Chia-Lin Chang, Michael McAleer, Laurent Pauwels	4. 巻 9x
2. 論文標題 A new structural multivariate GARCH-BEKK Model: Causality of green, sustainable and fossil energy ETFs	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Communications in Statistics: Case Studies, Data Analysis and Applications	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/23737484.2021.2017807	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計2件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Manabu Asai
2. 発表標題 Estimation of high dimensional vector autoregression via sparse precision matrix
3. 学会等名 The 4th International Conference on Econometrics and Statistics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Manabu Asai
2. 発表標題 Accelerated Continuous Space Topic Model for Textual Data
3. 学会等名 The 14th International Conference on Computational and Financial Econometrics (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
中国	香港科学技術大学			
その他の国・地域	Feng Chia University, Taiwan	Asia University, Taiwan	National Chung Hsing University, Taiwan	
オーストラリア	University of Sydney			
南アフリカ	University of Pretoria			