

令和 3 年 5 月 28 日現在

機関番号：34504

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K01554

研究課題名（和文）経験類似度に基づくボラティリティの推定と予測に関する研究

研究課題名（英文）Study on estimation and prediction of volatility based on empirical similarity

研究代表者

森本 孝之（Morimoto, Takayuki）

関西学院大学・理工学部・教授

研究者番号：80402543

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の成果は大きく分けて次の2つである：(1) 事例ベース意思決定理論に基礎を置いた経験類似度という概念を適用し、過去のモデル予測値と対応するボラティリティの実現値との距離を定量化した。そして、この経験類似度モデルから得られたボラティリティの予測値とその他時系列モデルの予測値とを実証的に比較した。(2) COVID-19 感染拡大前後の日本の金融市場における業種別データを用い、構造変化とボラティリティ波及効果について分析した。結果としては、日本の多くの産業において2020年1月以降に構造変化が発生していることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

(1) 本研究では、事例ベース意思決定理論に基礎を置いた経験類似度の枠組みに着目し、経験類似度に基づく時系列モデルを用いボラティリティ予測の実証分析を行なった。ここでの実証研究の中心的貢献は、経験類似度モデルとその他の時系列モデルとの予測力比較にある。分析結果としては、外挿予測において経験類似度モデルが最良モデルとして評価された。(2) COVID-19 感染拡大前後の日本の金融市場における業種別データを用い、構造変化とボラティリティ波及効果について分析した。結果としては、日本の多くの産業において2020年1月以降に構造変化が発生していることが示された。

研究成果の概要（英文）：The achievements of this study mainly consist of the following twofold. (1) Applying the concept of empirical similarity based on case-based decision theory, we quantified the distance between past forecasts and corresponding volatility. Then, we empirically compared the predicted values of volatility obtained from the empirical similarity models with ones from other time-series models. (2) Using industry-specific data in the Japanese financial market before and after the spread of COVID-19 infection, we analyzed structural changes and volatility spillover effects. As a result, we found that structural changes have occurred in many industries in Japan since January 2020.

研究分野：経済統計学

キーワード：経験類似度 実現測度 モデル信頼集合 COVID-19 構造変化 ボラティリティ波及 波及ネットワーク

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

類推による推論は、過去の経験に基づき、未来の出来事を予測する基本的な方法の 1 つである (Gilboa et al. 2011). 帰納的推論の論理的妥当性に疑問を持ち、また類推的推論を議論したことで有名な Hume (1748) は、将来について過去から学ぶ基本思想である。一般的に、不確実あるいは無知な状況において、意思決定者は将来の確率を評価できない、あるいは評価したがないが、将来について過去から学びその類似性に基づき思考することは可能である。より現代的に表現すれば、不確実性下の意思決定におけるフォンノイマン・モルゲンシュテルンの期待効用理論では、意思決定者は起こりうる状態をすべて列挙しつくした状態空間と、その上の確率分布から計算される期待効用を最大化すべく行動すると想定されている (尾山, 2012). しかし、意思決定者が状態空間を完全に把握していると想定するにはあまりにも無理がある状況も多々あり、そのような状況での意思決定についての 1 つの考え方は、人々は過去の経験からの類推に基づいて現時点での行動を決めるであろう、というものである。これが Gilboa and Schmeidler (1995, 2001) の提唱する事例ベース意思決定理論 (CBDT, case-based decision theory) である (尾山, 2012). この類似性に基づく推論は、医学、法律、ビジネス、政治、あるいは人工知能における意思決定に幅広く応用されている (Gilboa and Schmeidler, 2001). この事例ベース意思決定理論は、現在の状況が以前経験した過去の状況との類似性を考えることによって評価されるケースにおいて人間の類似した思考を推定する (Gilboa and Schmeidler, 2001). 現在の状況により類似した事例は、あまり類似していない事例と比較して、より大きい重みが与えられる。この考え方が事例ベース意思決定理論に基づく経験類似度 (ES, empirical similarity) の概念 (Gilboa et al., 2006 および Gilboa et al., 2011) であり、Gilboa and Schmeidler (2012) によりデータから類似度関数を推定する計量経済学的枠組みが提供された。これにより、意思決定者によって認識される事例(問題、状況)間の距離を計測することができる。

### 主要参考文献

- [1] Gilboa, I., Lieberman, O. and Schmeidler, D. (2006). Empirical similarity. *Review of Economics and Statistics*, 88, 433-444.
- [2] Gilboa, I., Lieberman, O. and Schmeidler, D. (2011). A similarity-based approach to prediction. *Journal of Econometrics*, 162, 124-131.
- [3] Golosnoy, V., Hamid, A. and Okhrin, Y. (2014). The empirical similarity approach for volatility prediction. *Journal of Banking & Finance*, 40, 321-329.
- [4] Hansen, P. R., Lunde, A. and Nason, J. M. (2011). The model confidence set. *Econometrica*, 79, 453-497.
- [5] 尾山 大輔 (2012). 「事例ベース意思決定理論とは」『オペレーションズ・リサーチ：経営の科学』57, 557-559.

## 2. 研究の目的

本研究の目的は大きく分けて次の 2 つである：

(1) 本研究では、非確率的な手法で異なるモデルから得られる予測値を組み合わせるために、Golosnoy et al. (2014) の提案した経験類似度の概念を利用する方法を用いる。ここでの設定では、競合するモデルから得られた異なる予測値は、現在観測された状態あるいは実現値にある程度類似している事例として評価される。直近でより正確な点予測値を与えるモデルには、その他のモデルと比較して、より大きい現在の重みを与える。Golosnoy et al. (2014) の核となるアイデアは、現在の観測値と異なるモデルから得られる直近の 1 期先予測値との間の経験類似度距離を計測することである。この類似度距離により、次の期のモデルの重みが決定される。したがって、この経験類似度によるモデル組合せ手法は、予測モデルの組合せの重みを決定するために、異なるモデルの直近の予測力に関する情報を利用する。Golosnoy et al. (2014) によれば、その他の確率的な手法と比較して、この経験類似度によるモデル組合せ手法を用いる利点として、以下の 3 点が考えられる。

モデルの成功確率の知識を必要としない。

経済主体の選好に予測モデルの重みを関連づけられる。

意思決定者が予測値と実現値間の類似度をどのように評価するかをデータから明らかにできる。

(2) 最終年度は、新型コロナウイルス感染症(COVID-19) パンデミックの発生に伴い、当初の研究計画を大きく変更し、感染症拡大による経済不確実性の上昇が市場リスクに与える影響について、種々の多変量ボラティリティ変動モデルを用いることにより分析することを研究目標とした。

### 3. 研究の方法

本研究の方法は大きく分けて次の 2 つである：

(1) 本研究では、経験類似度によるモデル組合せ手法を、日次実現ボラティリティ過程をモデル化することにより分析する。この目的のために、過去の異なる投資期間における推定結果をボラティリティの予測に反映できる HAR モデルの組合せに対する経験類似度を評価する。予測力の比較に関しては、インサンプルとアウトオブサンプルにおいて得られた各モデルの誤差関数値を統計的仮説検定の枠組みで適切に予測力の評価を行うため、前述の MCS を用いる。MCS により、特定の真のモデルを仮定すること無しに、所与の有意水準での最良なモデル選択が可能となる。

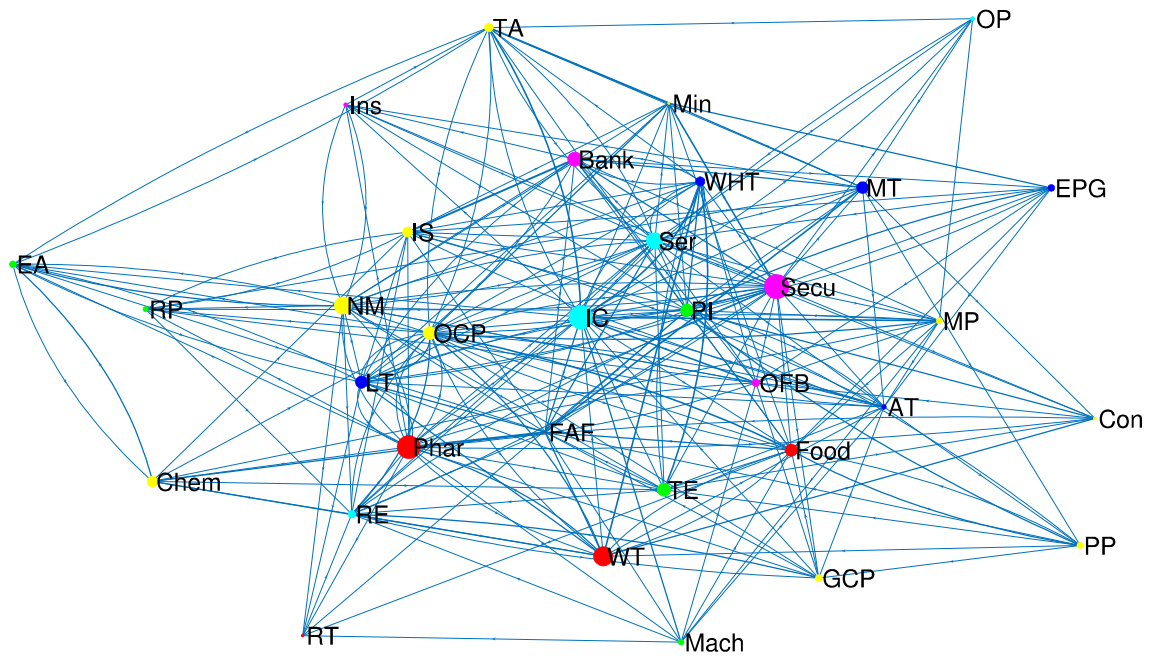
(2) COVID-19 感染拡大前後の日本の金融市場における業種別データを用い、構造変化とボラティリティ波及効果について分析した。構造変化の検出には複数の変化点を捉えることができる ICSS アルゴリズムを、ボラティリティ波及効果の測定には BEKK-GARCH モデルを適用した。結果としては、日本の多く産業において 2020 年 1 月以降に構造変化が発生していることが示された。また、波及ネットワークを作成することにより、COVID-19 パンデミック前後、つまり 2019 年と 2020 年の比較分析を行った。結果としては、2020 年におけるネットワークのノードが大きく、ネットワーク自体も密になっており、COVID-19 パンデミック後の各業界が発する波及が多く、また業界同士のつながりが密になっていることが示された。

### 4. 研究成果

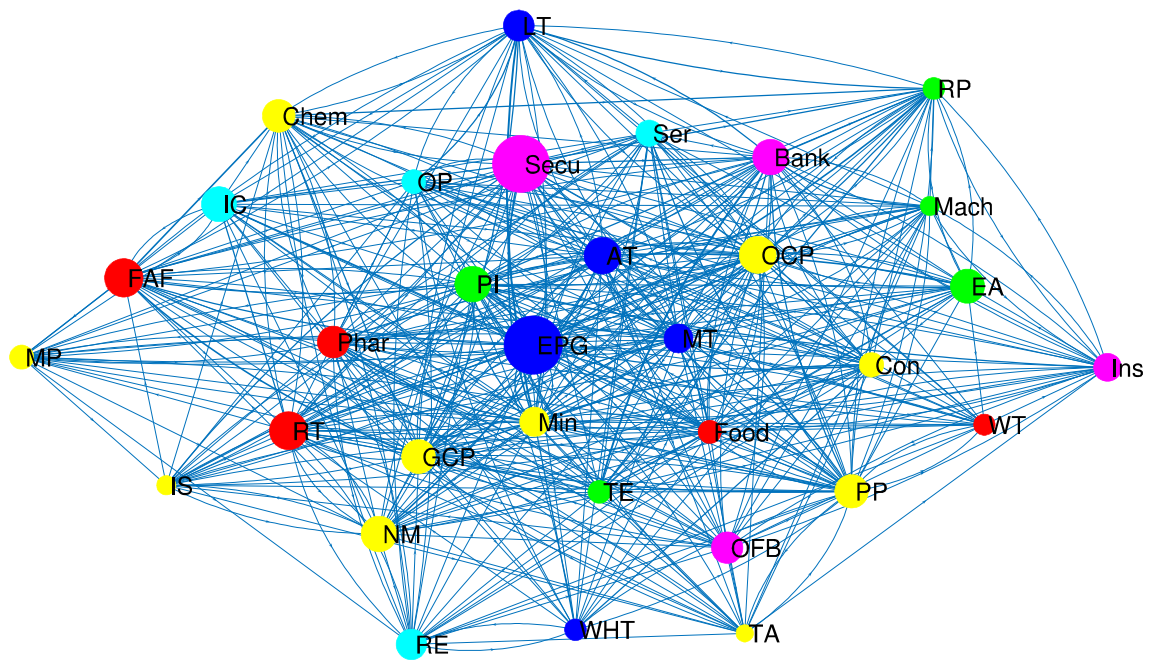
本研究の成果は大きく分けて次の 2 つである：

(1) 本研究では、Golosnoy et al. (2014) により提案された経験類似度によるモデル組合せ手法を、日次実現ボラティリティ過程をモデル化することにより分析した。この目的のために、先行研究同様、Corsi (2009) によって提案された、過去の異なる投資期間における推定結果をボラティリティの予測に反映できる HAR (heterogeneous autoregressive) モデルの組合せに対する経験類似度を評価した。この実証研究において予測力評価に利用されるデータは、1999 年 1 月から 2013 年 12 月まで 15 年分の株価指数 6 銘柄と東京証券取引所 1 部上場の個別 24 銘柄の 1 分間隔高頻度データから得られた日次実現ボラティリティである。データの標本期間については、1999 年から 2013 年までのインサンプル、アウトオブサンプルを含む計 225 通りの推定予測期間を分析対象とした。この 225 通りの組合せの内訳は、インサンプル 120 通り、アウトオブサンプル 105 通りである。これらインサンプルとアウトオブサンプルにおける予測を行うことにより、複数の一般的なボラティリティモデルに対して、この経験類似度によるモデル組合せ手法の予測力を比較した。予測力の比較に関しては、インサンプルとアウトオブサンプルにおいて得られた各モデルの誤差関数値を統計的仮説検定の枠組みで適切に予測力の評価を行うため、ここでは Hansen et al. (2011) が提案する Model Confidence Set (MCS) を用いた。MCS により、特定の真のモデルを仮定すること無しに、所与の有意水準での最良なモデル選択を可能にする。最後に、Mincer and Zarnowitz (1969) により提案された予測力を評価する一般的な手法の 1 つである Mincer-Zarnowitz (MZ) 回帰を、各モデルの予測値に対して実行し、得られた自由度調整済み決定係数の値を比較した。

(2) 本研究では、COVID-19 感染拡大前後の日本の金融市場における業種別データを用い、構造変化とボラティリティ波及効果について分析を行った。構造変化の検出には複数の変化点を捉えることができる ICSS アルゴリズムを、ボラティリティ波及効果の測定には BEKK-GARCH モデルを適用した。結果としては、日本の多く産業において 2020 年 1 月以降に構造変化が発生していることが示された。また、波及ネットワークを作成した結果が下図である。ノードの大きさは出ていく波及の大きさを表し、ノードの色で業種グループごとに分けている。2019 年 (図 1) と 2020 年 (図 2) を比較すると、2020 年の各ノードが大きく、ネットワークも密になっていることが分かる。つまり、各業界が発する波及が多く、また業界同士のつながりが密になっていることを示している。



(图 1) 2019 年



(图 2) 2020 年

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 H. Shigemoto and T. Morimoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Constructing a Realized DCC Model with Measurement Errors	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Available at SSRN: <a href="https://ssrn.com/abstract=3817246">https://ssrn.com/abstract=3817246</a>	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） 10.2139/ssrn.3817246	査読の有無 無
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 -

1. 著者名 H. Shigemoto and T. Morimoto	4. 巻 -
2. 論文標題 An Integrated Framework for Visualizing and Forecasting Realized Covariance Matrices	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Statistics and Data Science	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/s42081-020-00100-0	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 -

1. 著者名 H. Shigemoto and T. Morimoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Analyzing Structural Breaks and Volatility Spillover due to Infectious Disease in Japan: Using Spillover Networks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Available at SSRN: <a href="https://ssrn.com/abstract=3715379">https://ssrn.com/abstract=3715379</a>	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） 10.2139/ssrn.3715379	査読の有無 無
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 -

1. 著者名 H. Shigemoto and T. Morimoto	4. 巻 49
2. 論文標題 Dependency Structure Analysis of the Japanese Stock Market Based on Realized Networks (in Japanese: 実現ネットワークによる日本株の依存構造分析)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本統計学会誌	6. 最初と最後の頁 241-264
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 -

1. 著者名 D. B. Nugroho and T. Morimoto	4. 巻 26
2. 論文標題 Incorporating Realized Quarticity into a Realized Stochastic Volatility Model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Asia-Pacific Financial Markets	6. 最初と最後の頁 495-528
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10690-019-09276-2	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3件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 T. Morimoto
2. 発表標題 「A collaborative filtering approach to the evaluation of liquidity in the limit order book markets」Takaki HAYASHI and Makoto TAKAHASHI へのコメント
3. 学会等名 日本ファイナンス学会第28回大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Morimoto
2. 発表標題 Economic Policy Uncertainty and Financial Market Volatility: Evidence from Japan
3. 学会等名 ISI-WSC 2019 (The 62nd International Statistical Institute World Statistics Congress 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森本孝之
2. 発表標題 Multiplicative Error Models with Application to the Japanese Stock Market
3. 学会等名 科学研究費補助金「非ガウス型構造VARモデルの統計理論と応用」計量経済学・計量ファイナンス研究集会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

平成 31 年度 科研費 計量ファイナンス研究会

2019 年 8 月 2 日

関西学院大学 大阪梅田キャンパス 1407号室 (大阪市北区茶屋町19-19アプローチタワー14階)

・開会の辞 13:30-13:35

・学生セッション

座長：森本 孝之 (関西学院大学)

13:35-14:05 守屋 奨悟 (関西学院大学大学院理工学研究科) 自己回帰条件付きボアソンモデルに基づく株価収益率のジャンプの推定

14:10-14:40 中澤 碧斗 (関西学院大学大学院理工学研究科) 金融資産の価格の共分散行列の予測において正定値性を保証したモデルの紹介

14:45-15:15 重本 秀人 (関西学院大学大学院理工学研究科) Realized Networksによる日本株の依存構造分析

・休憩 15:15-15:30

・招待講演

座長：川崎 能典 (統計数理研究所)

15:30-16:30 小池 祐太 (東京大学大学院数理科学研究科) 高次元共分散行列推定に基づく最小分散ポートフォリオのパフォーマンス比較

本研究会は日本学術振興会 科学研究費補助金基盤研究(C)課題番号 18K01554 の援助を受けて開催されました。

#### 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会

〔国際研究会〕 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
---------	---------