

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：35402

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K01555

研究課題名（和文）非ガウス型構造VARモデルの統計理論と応用

研究課題名（英文）Statistical inference for non-Gaussian Structural VAR model and its application

研究代表者

前川 功一（Maekawa, Koichi）

広島経済大学・未登録・名誉教授

研究者番号：20033748

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：非ガウス型構造VARモデルの推定法を提案した。その要点は、未知の非ガウス分布を推定し、推定された分布を使って最大疑似尤度推定量を計算するというものである。さらにセミパラメトリック統計学に基づいてこの方法の数学的根拠を示した。この方法を使って日本における金融緩和政策の効果を分析した。その結果は国際学会、他大学におけるセミナー等で報告し、一定の評価を得ることができた。それらの報告を和文又は英文の論文にまとめ専門雑誌に投稿し、和文論文はすでに出版された。また2編の英語論文は、現在投稿中である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

構造VARモデルに対して誤差項に正規分布が仮定されることが多いが、現実のデータ分析ではしばしば正規分布に従わない。本研究では、このような場合に適した疑似最尤推定量を提案した。この方法は独立成分分析もどくと構造VARモデルの類似性から得られたものであるが、この方法の数学的正当性をセミパラメトリック統計学の観点から明らかにした。また推定効率に関してはモンテカルロ実験によって確認することができた。この方法の妥当性を示したことは学術的意義がある。さらに非正規構造VARモデルによる日本の金融緩和政策の効果分析においてもこの方法が有効であることが示されたことは、本研究の社会的意義を示すものである。

研究成果の概要（英文）：An estimation method for non-Gaussian structural VAR models is proposed. The gist of the method is to estimate an unknown non-Gaussian distribution and use the estimated distribution to compute the maximum pseudo-likelihood estimator. We also presented the mathematical basis for this method based on semiparametric statistics. The accuracy of this estimator is also demonstrated through Monte Carlo experiments.

Using this method, we analyzed the effects of monetary easing policy in Japan. The results were reported at international conferences and seminars at other universities, and received a certain amount of recognition.

These reports were compiled into papers in Japanese and English and submitted to specialized journals, and the Japanese papers have already been published. Two papers in English are currently under submission.

研究分野：計量経済学

キーワード：構造VARモデル 非正規誤差項 独立成分分析 疑似最尤推定量 セミパラメトリック統計学 モンテカルロ実験 金融緩和政策の効果分析

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

(1) 従来は構造 VAR モデルでは誤差項はガウス分布に従うと仮定されてきた。しかし現実のデータ分析では誤差項はしばしば非ガウス型である場合が少なくないので、この伝統的仮定に基づく分析には問題がある。しかし、われわれが知る限りでは、研究開始時点における非ガウス型誤差を持つ構造 VAR モデル (Non-Gaussian Structural VAR model; NG-SVAR) に関する国内外の計量経済学関係の研究論文は、外国のメジャーな専門誌に数編、国内では皆無に等しい状況であった。しかし上記の論文は、機械学習における独立成分分析 (Independent Component Analysis; ICA) が非ガウス型誤差を持つ構造 VAR モデルの推定に応用できることを示唆していた。

(2) われわれは日本の金融緩和政策の効果を、データに基づく構造 VAR モデル分析を用いて明らかにしたいと考えていた。その時期に上記の論文に触発されて NG-SVAR を用いて金融緩和政策効果を分析することを思いついた。

2. 研究の目的

しかし NG-SVAR の効果的な推定法については決定的の方法が確立されていなかったため、われわれ独自の提案をすることを目指し、ある種の疑似最尤推定量の提案を研究目的とした。その際、提案した方法の理論的根拠と推定精度を示すことが重要であるので、それらの点を明らかにすることをも目指した。

3. 研究の方法

(1) 提案した疑似最尤法の理論的根拠として、セミパラメトリック統計学の理論に着目し、その理論的枠組みの中で考察を進めた。(2) また小標本のもとでの推定精度の確認については、モンテカルロ実験を用いた。(3) 提案した疑似最尤推定量を使って日本における金融緩和政策の効果を実証することによってこの推定法が現実のデータ分析に応用可能であることを示す。

4. 研究成果

3(1) に関して、セミパラメトリック統計学の理論と甘利俊一氏らによる情報幾何学 (参考文献 [1]-[3]) によってわれわれの疑似最尤推定量の理論的妥当性を示すことができた。3(2) に関してはモンテカルロ実験によって小標本においてもこの疑似最尤推定量は満足いく精度が得られた。3(3) に関しては、日本の金融緩和政策の効果に関して現実的妥当な結果 (非常に小さながら、効果がないとは言えない) が得られた。これらの研究成果は下記の発表論文及び投稿中論文にまとめられている。モンテカルロ実験に関しては、NG-SVAR のパラメータを事前に与えたうえで、t 分布、ラプラス分布、双曲線正割分布を使って人工的に小標本観測値データを発生させ、そのデータを使って元のモデルパラメータがどの程度正確に推定されるかを見た。その結果は下記投稿中論文に示されたように、小標本であっても、また何れの分布を使って誤差項を発生させても推定精度は満足いくものであった。以下にその一例を示す。使用したモデルは4変数 NG-SVAR。構造パラメータ行列 B のパラメータを事前に与え、その内、下記の表の第一列に示された係数を推定目標とし、残りの係数値は所与とした。このような設定の下でわれわれの疑似最尤法で目標パラメータを推定するという操作を 200 回繰り返した。その結果を下記の表のように整理した。推定誤差を表す RMSE を注目すると、非常に推定精度が高いことがわかる。この例以外に 11 のケースについても同様な実験を行ったが、何れのケースについても満足できる精度が得られた。

モンテカルロ実験結果

| 推定目標パラメータ | 推定目標パラメータの真値 | 200 個の推定値の平均 | 平均 2 乗誤差の平方根 (RMSE) |
|-----------|--------------|--------------|---------------------|
| b_{13} | 1.4142 | 1.4096 | 0.0328 |
| b_{14} | 1.0000 | 0.9996 | 0.0065 |
| b_{23} | 1.0000 | 1.0101 | 0.0626 |
| b_{31} | 0.5774 | 0.5777 | 0.0036 |
| b_{42} | 0.5774 | 0.5781 | 0.0076 |

モンテカルロ実験における繰り返し回数 = 200, 構造誤差発生に使った分布 = ラプラス分布 (母数 = 0.5), 推定された密度関数 = ピアソン分布のタイプ VII

投稿中論文

- [1] Estimation of non-Gaussian SVAR models:A pseudo-log-likelihood function approach, 中西正氏と共著
- [2] Change Point Test for Structural Vector Autoregressive Model via Independent Component Analysis, Sangyeol Lee 等と共著

参考文献

- [1] Amari, S., 2000, Estimating Functions of Independent Component Analysis for Temporally Correlated Signals, *Neural Computation*, 12, (2000), 2083-2107.
- [2] Amari, S., and Cardoso, J. F., Blind Source Separation-Semiparametric Statistical Approach, *IEEE Trans. On Signal Processing*, 45, (1997) 2692-2700.
- [3] Amari, S., and Kawanabe, M., Information geometry of estimating functions in semi-parametric statistical models, *Bernoulli* 3(1), (1997), 29-54
- [4] Gourieroux, C., Monfort, A., and Renme, J., Statistical inference for independent component analysis: application to structural VAR models, *Journal of Econometrics*, 196, (2017) 111-126.
- [5] Hyvärinen, A., Karhunen, J., and Oja, E., Independent component analysis, *JOHN WILEY & SONS, INC.* (2001)
- [6] Hyvärinen, A., and Oja, E., Independent component analysis: algorithms and applications, *Neural Networks*,13, (2000) 411-430.
- [7] Hyvärinen, A., Zhang, K., Shimizu, S., and Hoyer, P. O., Estimation of structural vector autoregression model using non-gaussianity, *Journal of Machine Learning Research*, 11, (2010) 1709-1731.
- [8] Lanne, M., Meitz, M., and Saikonen, P., Identification and estimation of non-gaussian structural vector autorepression, *Journal of Econometrics*, 196, (2017) 288-304.
- [9] Moneta, A., Entner, D., Hoyer, P. O., Coad, A., Causal inference by independent component analysis: theory and applications., *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 75, Issue 5, (2013) 705-730
- [10] Shimizu, S., Hoyer, P. O., Hyvärinen, A., Kerminen, A., A linear non-gaussian acyclic model for causal discovery, *Journal of Machine Learning Research*, Vol.7, (2006) 2003-2030.

5. 主な発表論文等

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

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 前川功一 | 4. 巻 44 |
| 2. 論文標題 構造VARモデルの識別性と推定（II） 非正規誤差項の場合 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 広島経済大学経済研究論集 | 6. 最初と最後の頁 21, 32 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18996/keizai2021440202 | 査読の有無 無 |
| 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 上野信行、得津康義 | 4. 巻 44 |
| 2. 論文標題 内示データの時系列特性の分析 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 広島経済大学経済研究論集 | 6. 最初と最後の頁 5, 19 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18996/keizai2021440201 | 査読の有無 無 |
| 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 前川功一 | 4. 巻 43 |
| 2. 論文標題 構造VARモデルの識別性と推定（I） 正規性誤差項の場合 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 広島経済大学経済研究論集 | 6. 最初と最後の頁 23-40 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18996/keizai2020430202 | 査読の有無 無 |
| 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 前川功一 | 4. 巻 43 |
| 2. 論文標題 非ガウス型構造VARモデルにおける尤度比及びWald検定について シミュレーション分析 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 広島経済大学経済研究論集 | 6. 最初と最後の頁 119-127 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18996/keizai2021430308 | 査読の有無 無 |
| 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 得津康義 | 4. 巻 42 |
| 2. 論文標題 投資主体別における株式需要の分析 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 広島経済大学経済研究論集 | 6. 最初と最後の頁 41-56 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18996/keizai2020420303 | 査読の有無 無 |
| 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 - |

[学会発表] 計5件(うち招待講演 4件/うち国際学会 4件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 Koichi Maekawa, Tadashi Nakanishi |
| 2. 発表標題 Estimation of non-Gaussian structural VAR model under a flexible quasi-log-l |
| 3. 学会等名 4th International Conference on Econometrics and Statistics (EcoSta 2021) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Tadashi Nakanishi, Koichi Maekawa, Takashi Senda |
| 2. 発表標題 Application of non-Gaussian SVAR model to the analysis of Japan's quantitative easing monetary policy |
| 3. 学会等名 4th International Conference on Econometrics and Statistics (EcoSta 2021) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 k. Maekawa, T. Nakanishi |
| 2. 発表標題 Estimation of Non-Gaussian Structural VAR model -A flexible Quasi Likelihood function Approach- |
| 3. 学会等名 SMU Econometric Conferenc (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Koichi Maekawa and Gigih Fitrianto |
| 2. 発表標題 Statistical inference of non-Gaussian structural vector autoregressive (VAR) models |
| 3. 学会等名 3rd International Conference on Econometrics and Statistics (EcoSta 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 前川 功一 |
| 2. 発表標題 非正規型構造VARモデルに関する最近の研究動向 |
| 3. 学会等名 大阪大学 数理・データ科学教育研究センター主催 2018年度中之島ワークショップ (招待講演) |
| 4. 発表年 2018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 |
|-------------------|--|---------------------------------------|----|
| 研究 分 担 者 | 得津 康義 (Tokutsu Yasuyoshi) (30412282) | 広島経済大学・経済学部・教授 (35402) | |

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 |
|---------|---------|