

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：15401

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K20760

研究課題名（和文）計量経済学と心理統計学のコラボレーション：パネルVAR分析の視点から

研究課題名（英文）Collaboration between econometrics and psychostatistics: a panel VAR analysis perspective

研究代表者

早川 和彦（Hayakawa, Kazuhiko）

広島大学・人間社会科学研究所（社）・教授

研究者番号：00508161

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、計量経済学と心理統計学の両分野で利用可能なパネルベクトル自己回帰（VAR）モデルの新しい推定量を提案した。具体的には、時系列の長さやクロスセクション主体数が両方とも大きい高次元パネルデータに基づいた、自己回帰係数や誤差分散がクロスセクション主体ごとに異なるパネルVARモデルの新しい推定量を提案した。モンテカルロ実験を行った結果、提案されたバイアス修正平均グループ推定量は、バイアスと推測の正確さに関して、優れたパフォーマンスを持つことがわかった。また、先行研究でよく使われているベイズ法と比較して、計算時間も非常に短いことがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で考察したパネルVARモデルは、経済学や心理学等の分野で使われているモデルである。特に、自己回帰係数等がクロスセクションごとに異なるパネルVARモデルの推定には、これまでベイズ推定量が主に使用されてきた。しかし、ベイズ推定量を使うためには、特殊なプログラミングスキルが必要であり、また、計算時間も非常に長くなるため、実証分析では必ずしも使い勝手が良くないという欠点があった。この問題を解決したのが本研究で提案されたバイアス修正平均グループ推定量である。提案された推定量は、容易に実行でき計算時間も非常に短いという使い勝手は非常に良く、今後、多くの実証分析で利用されていくことが期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this research project, we proposed a new estimator for panel vector autoregressive (VAR) models that can be used in both econometrics and psychostatistics. Specifically, we proposed a new estimator of the panel VAR model based on high-dimensional panel data, where both the length of the time series and the number of cross-sectional units are large, and where the autoregressive coefficients and error variances are heterogenous across units. Monte Carlo experiments show that the proposed bias-corrected mean group estimators have superior performance with respect to bias and accuracy of inference. It is also found that the computational time is very short compared to the Bayesian method commonly used in the literature.

研究分野：計量経済学

キーワード：パネルデータ 自己回帰モデル ベイズ法

## 1. 研究開始当初の背景

ベクトル自己回帰(VAR)モデルは、1980年代以降、多変量時系列データのモデリング法の1つとして、経済学を中心に大きく発達した統計手法であり、現在でも多くの研究が行われている。VARモデルは時系列データの分析に用いられることが多かったが、時系列とクロスセクションの両方の構造を持つパネルデータにおいても使われるようになってきている。パネルデータに対するVARモデルを初めて考察したのは、Holtz-Eakin, Newey and Rosen (1988)である。この論文では、パネルVARモデルの推定方法として、GMM推定量が提案されている。一方、心理統計学の分野では、cross-lagged panelモデルと呼ばれるパネルVARモデルが、1980年代から広く使われており、計量経済学・心理統計学の両分野で、ほぼ同時期に独立して同じようなモデルが議論されていたということになる。

これらの研究では、時系列の長さ $T$ が小さく、クロスセクションの主体数 $N$ が大きいパネルデータを想定して推定手法が開発されていた。しかしながら、近年、情報技術等の進歩により、 $T$ と $N$ が両方とも大きいパネルデータ(高次元パネルデータ)が利用できるようになった。例えば、経済学では、マクロパネルデータやファイナンスのパネルデータでは、 $N$ と $T$ が両方とも大きいことは珍しくない。一方、心理統計学では、経験サンプリング法と呼ばれるデータ収集法で、スマートフォンなどを通じて容易に高次元パネルデータが作成できるようになっており、実際、そのように集められたデータを用いて、心理状態の動学分析などが行われている。

上記のGMM推定量は $T$ が小さいパネルデータを想定して推定量が構築されているため、それらをそのまま高次元パネルデータに基づくVARモデルに適用することができない。そこで、本研究では、計量経済学・心理統計学の両分野で利用可能な、高次元パネルデータに対するパネルVARモデルの新しい分析手法を開発する。特に、クロスセクションごとに異なる自己回帰係数、切片、誤差分散を持つVARモデル(不均一パネルVARモデル)を考察する。

## 2. 研究の目的

高次元パネルデータに対する不均一パネルVARモデルの推定手法に関しては、心理統計学を中心に多くの研究が行われてきた。具体的には、モデルを線形階層モデルと見なして制限付き最尤推定量を用いる方法と、ベイズ推定が先行研究で良く議論されている。しかしながら、これらの方法には問題点がある。制限付き最尤推定量は誤差分散に均一性を課す必要があるため、誤差分散が不均一である場合、妥当性を失ってしまう。また、ベイズ推定は、マルコフ連鎖モンテカルロ法を用いるため、実行に特別なプログラミングスキルが必要になり、また計算に時間がかかってしまうという欠点がある。そこで、本研究では、これらの問題点を解決するためにPesaran and Smith (1995)の平均グループ推定量を用いることを提案し、モンテカルロ実験を行ってそのパフォーマンスを調べる。また、現実のデータを用いて、提案された手法とベイズ法の推定結果を比較する。

## 3. 研究の方法

Pesaran and Smith (1995)の平均グループ推定量は、クロスセクション主体ごとに時系列回帰を行って自己回帰係数、切片、誤差分散の推定値を求め、それらをクロスセクションに関して平均化することで得られる。したがって、平均グループ推定量では、最小二乗法をクロスセクション主体数である $N$ 回繰り返すことになるが、最小二乗法は計算も早く、プログラミングも簡単であるため、非常に使いやすいという利点がある。しかしながら、ラグ変数を含んだ動学モデルの最小二乗推定量は、小標本バイアスを持つことが良く知られている(Marriott and Pope, 1954)。実際にモンテカルロ実験を行うと、修正を施さないナイーブな平均グループ推定量はバイアスを持ち、統計的推測も正確に行えないことが分かる。そこで、最小二乗推定量の小標本バイアスを修正する必要があるが、本研究ではジャックナイフ法と解析法の2つのバイアス修正を考える。Quenouille(1949)によって提案されたジャックナイフ法は、時系列データを前半と後半の2つに分割し、それぞれの期間で最小二乗推定量を求め、全期間の最小二乗推定量と組み合わせることでバイアス修正する方法である。一方、解析法は、バイアス表現を理論的に導出し、それを用いてバイアス修正する方法である。ジャックナイフ法は、標本分割だけが必要であり、バイアスの解析的な表現は不必要であるため、幅広いモデルに利用可能である。一方、解析法については、モデルごとに最小二乗推定量のバイアスの表現が異なるため、モデルごとに実行方法が異なる。

モンテカルロ実験を行って、本研究で提案されたバイアス修正平均グループ推定量と先行研究で良く用いられている制限付き最尤推定量やベイズ推定量のパフォーマンスを比較した。数値実験には統計ソフト R を利用した。バイアス修正平均グループ推定量は基本的に最小二乗推定量を使用するため、R でのプログラミングは容易である。また、制限付き最尤推定量もパッケージを利用すれば比較的容易に計算できる。しかしながら、ベイズ推定量を計算するためのプログラミングは非常に複雑である。今回は RStan というパッケージを用いたが、最もシンプルな構造を持つ一変量 AR(1) モデルの場合でも複雑なプログラミングが必要になる。

#### 4. 研究成果

モンテカルロ実験を行ってバイアス修正平均グループ推定量・制限付き最尤推定量・ベイズ推定量のパフォーマンスを 1 変量 AR(1) モデルの枠組みで調べた。その結果、バイアスと推測の正確さに関して、バイアス修正平均グループ推定量は非常に優れたパフォーマンスを持っていることが分かった。また、代替的な推定量である、制限付き最尤推定量・ベイズ推定量とのパフォーマンスを比較したところ、バイアス修正平均グループ推定量とベイズ推定量のパフォーマンスはほぼ同じであることが分かった。しかしながら、バイアス修正平均グループ推定量は計算時間が非常に短い、ベイズ推定は計算に非常に時間がかかるという大きな違いがある。下記の表は、バイアス修正平均グループ推定量とベイズ推定量の計算時間を示している。この表から、特に N と T が大きい時、バイアス修正平均グループ推定量とベイズ推定量の間には計算速度に顕著な差があることが分かる。

その後、1 変量 AR(1) モデルを 2 変量ベクトル自己回帰モデルと外生変数を含んだ AR(1) モデルに拡張し、モンテカルロ実験を行ったところ、これらのモデルにおいてもバイアス修正平均グループは優れたパフォーマンスを持つことが分かった。また、実際のデータを用いた分析例として、喫煙衝動と憂鬱の関係性を考察したところ、バイアス修正平均グループ推定量とベイズ推定量の推定結果はほとんどパラメータで同じような推定値になることがわかった。

以上の内容を “Mean Group Estimators for Multilevel Autoregressive Models with Intensive Longitudinal Data” というタイトルの論文としてまとめ、2023 年 5 月に査読付き雑誌に投稿したところ、2024 年 1 月に改訂要求があった。審査員からのコメントをもとに論文を修正し、2024 年 3 月に再投稿し、現在審査の結果を待っている。

平均グループ推定量とベイズ推定量の計算時間(単位：秒)

T	N	修正平均 グループ 推定量	ベイズ推定量
25	25	0.33	29.02
25	50	0.64	54.25
25	100	1.25	114.79
50	25	0.34	54.36
50	50	0.67	125.74
50	100	1.31	375.48

#### < 引用文献 >

- ・Holtz-Eakin, D., Newey, W., & Rosen, H. S. (1988) “Estimating vector autoregressions with panel data,” *Econometrica*, 1371-1395.
- ・Marriott, F. H. C. and J. A. Pope (1954) “Bias in the Estimation of Autocorrelations,” *Biometrika*, 41 (3/4), 390-402
- ・Pesaran, M. H. and R. Smith (1995) “Estimating Long-run Relationships from Dynamic Heterogeneous Panels,” *Journal of Econometrics*, 68 (1), 79-113.
- ・Quenouille, M. H. (1949) “Approximate Tests of Correlation in Time-Series,” *Journal of the Royal Statistical Society: Series B*, 11 (1), 68-84.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Bao Ruoyi、Yamada Hiroshi、Hayakawa Kazuhiko	4. 巻 93
2. 論文標題 L1 common trend filtering: an extension	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Statistical Computation and Simulation	6. 最初と最後の頁 493～512
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/00949655.2022.2144314	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 Cui Guowei、Hayakawa Kazuhiko、Nagata Shuichi、Yamagata Takashi	4. 巻 41
2. 論文標題 A Robust Approach to Heteroscedasticity, Error Serial Correlation and Slope Heterogeneity in Linear Models with Interactive Effects for Large Panel Data	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Business and Economic Statistics	6. 最初と最後の頁 862～875
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/07350015.2022.2077349	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 Breitung Joerg、Kripfganz Sebastian、Hayakawa Kazuhiko	4. 巻 24
2. 論文標題 Bias-corrected method of moments estimators for dynamic panel data models	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Econometrics and Statistics	6. 最初と最後の頁 116～132
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ecosta.2021.07.001	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 Hayakawa Kazuhiko	4. 巻 29
2. 論文標題 Recent development of covariance structure analysis in economics	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Econometrics and Statistics	6. 最初と最後の頁 31～48
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ecosta.2021.10.002	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 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Kazuhiko Hayakawa
2. 発表標題 Mean Group Estimators for Multilevel Autoregressive Models with Intensive Longitudinal Data
3. 学会等名 The 25th International Conference on Computational Statistics (COMPSTAT 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kazuhiko Hayakawa
2. 発表標題 Mean Group Estimators for Multilevel Autoregressive Models with Intensive Longitudinal Data
3. 学会等名 The 17th International Conference on Computational and Financial Econometrics (CFE 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023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
研究協力者	尹 博言  (Yin Boyan)		

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
---------	---------