

令和 3 年 6 月 2 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K03660

研究課題名（和文）共分散構造に基づいた動学パネル分析

研究課題名（英文）Dynamic panel analysis based on covariance structure analysis

研究代表者

早川 和彦（Hayakawa, Kazuhiko）

広島大学・人間社会科学研究科（社）・教授

研究者番号：00508161

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）：本研究ではパネルデータの動学構造を分析するためのツールとして、自己共分散関数を推定する方法とパネルVARモデルについて考察した。両方法とも時系列データの動学構造を分析する際に用いられる標準的な方法であるが、パネルデータには個別効果等が含まれているため、時系列分析の結果をそのまま適用することができない。そこで、本研究では、共分散構造分析を用いて、パネルデータの構造を考慮した、新しい統計手法を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では共分散構造分析を用いて、パネルデータの動学構造を分析するための新しい統計手法を提案した。パネルデータは経済学だけではなく、政治学・心理学・社会学等様々な分野の実証分析で用いられているため、本研究で提案した手法は、幅広い分野で利用可能である。また、心理統計学の分野で盛んに研究が行われて共分散構造分析を、計量経済学に積極的に導入しようとしている点も本研究の大きな成果である。

研究成果の概要（英文）：In this project, we studied an estimation of autocovariance function and panel VAR model as a tool to analyze the dynamics of panel data. Although both methods are basic tools to analyze the dynamics of time series data, they are not directly applicable to panel data since it typically includes individual effects. Therefore, in this project, we proposed new methods to study the dynamics of panel data based on the covariance structure analysis.

研究分野：計量経済学

キーワード：パネルデータ 共分散構造分析 パネルVARモデル 自己共分散関数

1. 研究開始当初の背景

近年、実証研究においてパネルデータの利用が非常に増えているが、それは時系列データやクロスセクションデータのみでは考慮できなかった個々の主体の異質性を、パネルデータではコントロールできるからである。また、日本国内でも利用可能なパネルデータも増えてきており、パネルデータを用いた実証分析は今後もさらに増えていくと予想できる。

パネルデータモデルには非常に多くの種類があるが、本研究では特にパネルデータの動学構造の分析に焦点を当てる。動学構造の分析は従来、時系列データを用いて行われてきたが、時系列構造をもつパネルデータでも同様の分析が可能である。しかしながら、時系列分析では比較的長い期間のデータが用いられるのに対し、パネルデータは、短い期間のデータしか利用できないことも多く、さらには個人の異質性を考慮する必要があるため、時系列分析の手法をそのままパネルデータに適用できない。したがって、パネルデータを使った動学分析を行う際は、パネルデータの特徴を考慮した分析手法を使うべきであるが、残念ながらそのような手法はあまり議論されていなかった。そこで、本研究課題では、パネルデータの特徴を考慮した、動学構造を分析するための統計手法を提案する。

2. 研究の目的

本研究では、パネルデータの動学構造を分析するツールとして、ベクトル自己回帰 (VAR) モデルと自己共分散関数の推定について考察する。これらはどちらも時系列分析で標準的に用いられているが、個別効果の存在やデータの構造が異なるため、それらをそのままパネルデータ分析に適用できない。先行研究では、パネルデータの構造を考慮した代替的な推定方法が提案されているが、本研究では、それらを拡張、あるいは補完する新しい推定手法を提案する。特に、推定の際に共分散構造分析と呼ばれる、心理統計学でよく用いられる手法を用いるので、心理統計学の最新の研究成果も取り入れながら分析手法を開発していく。

3. 研究の方法

パネル VAR モデルと自己共分散関数を、共分散構造分析の手法を用いて推定する。共分散構造分析は、データから計算された標本共分散行列と、理論モデルから導かれた共分散行列に基づいて未知パラメータを推定する方法の総称であり、様々な分野で用いられている。計量経済学でも所得過程の推定等に用いられているが、もっとも頻繁に用いられているのは心理統計学であり、多くの理論的研究も行われている。また、一般的なモデルに対する推定量の漸近的性質も確立しているため、その前提条件が満たされていれば、各モデルの推定量の漸近的性質も容易に導出できる。そこで、本研究では、心理統計学の最近の動向も考慮しながら、共分散構造分析を計量経済学の重要なトピックである、パネル VAR モデルと自己共分散関数の推定に適用し、理論分析やシミュレーション、実証分析でその有用性を考察する。

4. 研究成果

論文 “Measuring Persistency with Panel Data” (Working paper) では、パネルデータを用いて時間方向の従属性を推定する手法を提案している。まず、パネルデータが個別効果項と idiosyncratic 項の和として表現できると仮定し、さらに、個別効果項は観測できるファクターと観測できないファクターに分解できると仮定した。また、idiosyncratic 項は ARMA モデルに従うと仮定した。時系列の従属性を測る方法として、データを用いて自己共分散関数を計算することができるが、その場合、個別効果項の自己共分散関数と idiosyncratic 項の自己共分散関数の和になってしまう。多くの場合、データの自己共分散関数ではなく、idiosyncratic 項の自己共分散関数に関心があるが、データから得られた自己共分散関数からそれを識別することはできない。そこで、本論文では共分散構造分析を用いて idiosyncratic 項の ARMA モデルの係数を推定し、それに基づいて自己共分散関数を推定するという方法を提案した。この方法の利点は、(1) パネルデータの時間の長さが短い時でも一貫性がある、(2) モデルにファクター構造を含めることができる、(3) idiosyncratic 項に時間方向の不均一分散を許すことができる、の3点である。モンテカルロ実験を行って提案された手法のパフォーマンスを調べたところ、idiosyncratic 項の自己共分散関数が非常に正確に推定できることが分かった。以上の結果はパネルデータに欠損値がないケースを想定しているが、実際のデータには欠損値が含まれていることが多い。そこで、現在、欠損値が含まれている場合にも提案した手法が適用できるように拡張を行っている。

論文 “Maximum Likelihood Estimation of Panel VAR model with Interactive Fixed Effects” (Working paper)では、誤差項に相互作用効果を含むパネル VAR モデルの最尤推定量を提案している。Binder, Hsiao and Pesaran (2005)もパネル VAR モデルの最尤推定量を提案しているが、彼らは伝統的な個別効果と時間効果が加法的に含まれているパネル VAR モデルを考察している。それに対し、本論文では、より最先端のモデルである相互作用効果を含むパネル VAR モデルを考察している。最尤推定量を計算するためには数値最適化が必要となってくるが、いくつかのアルゴリズムを使うことができる。もっとも簡単な方法は、ソフトウェアに組み込まれている最適化ルーチンをそのまま使うことである。実際にこの方法でモンテカルロ実験を行ったところ、ある程度満足いく結果が得られたが、計算に時間がかかったり、計算が収束しないといった問題が生じることがわかった。そこで、現在、代替的な方法として EM アルゴリズムの検討している。

論文 “The Weak Instruments Problem in Factor Models” (*Behaviormetrika*, 47, 123-157, 2020 年)では、ファクターモデルの弱操作変数問題について考察した。多くの場合、ファクターモデルは最尤法で推定されるが、近年、代替的な方法として、操作変数を用いた推定も議論されている。最尤法でファクターモデルを推定する際、数値最適化を行って推定値を得るが、それが局所解となっている可能性があったり、最適化が失敗して解が得られないケースも生じてしまう。それに対し、操作変数推定では、閉じた解析的な形で推定量が計算できるため、数値最適化に付随する問題は生じないという利点がある。ファクターモデルの操作変数推定の歴史は古く、Madansky (1964)にまで遡るが、最尤推定と比較して、それほど多くの研究が行われていなかった。特に、近年、弱操作変数の問題が計量経済学の重要なテーマであったが、ファクターモデルの操作変数推定に関連した研究は行われていなかった。そこで、本論文ではファクターモデルにおける弱操作変数の問題を詳しく考察した。その結果、確証的ファクターモデルにおいては、基準変数の選択が、操作変数の強さに影響することが分かった。どの変数を基準変数にするかは、主観的に判断するため、実際のデータ分析では注意深く基準変数を選ぶ必要があるということがわかった。一方、探索的ファクターモデルでは、ファクター間の相関が強くなると、弱操作変数の問題が生じることが分かった。また、モンテカルロ実験と Holzinger and Swineford (1939)のデータを使って以上の理論的結果が実際に生じることを確認した。

論文 “Instrumental Variable Estimation of Factor Models with Possibly Many Variables” (with Q. Sun, *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 48, 1729-1745, 2019 年)では、ファクターモデルの操作変数推定について、特に操作変数の数の視点から考察した。計量経済学の分野では 1990 年代後半から操作変数の強さと数に関連した研究が活発に行われており、2 段階最小二乗推定量等の既存の方法の問題点を指摘するとともに、代替的な推定量が提案されている。しかしながら、主に心理統計学の分野で議論されてきたファクターモデルの操作変数については、操作変数の強さや数に関する議論が全く行われていなかった。そこで、本研究では、操作変数の数が多い時のファクターモデルの操作変数について考察した。クロスセクションデータを用いた回帰モデルでは、モデルの外部から操作変数を探してくる必要があるが、ファクターモデルの場合、観測可能な変数のうち、推定に用いる被説明変数と説明変数以外の変数が操作変数として利用可能であるという特徴を持つ。したがって、ファクターモデルで分析する変数の数が増えると、操作変数の数も増えるということになる。モンテカルロ実験で、14 種類の推定量を比較した結果、これまでファクターモデルの操作変数推定で使われてきた 2 段階最小二乗推定量は最もパフォーマンスが悪いこと、Hausman, Newey, Woutersen, Chao and Swanson (2012)が提案した HLIM/HFUL 推定量が最もパフォーマンスが良いことが分かった。

論文 “Examining the Feldstein-Horioka Puzzle Using Common Factor Panels and Interval Estimation” (with Ginama I. and T. Kanmei, *Japan and the World Economy*, 48, 11-21, 2018 年)では、パネルデータを用いて Feldstein-Horioka パズルの検証を行った。Feldstein-Horioka パズルは、Feldstein and Horioka (1980)が問題を提起して以降、膨大な研究が行われている。データのタイプの観点からは、クロスセクションデータを用いた研究、時系列データを用いた研究、パネルデータを用いた研究に分類することができるが、本論文は、パネルデータを用いた研究の範疇に入る。パネルデータを用いた先行研究では、パネルデータ分析の最も基本的な推定量である固定効果推定量に基づいた研究が多いが、固定効果推定量は、マクロパネルデータで頻繁に生じるクロスセクション間の相関を考慮できないという問題点がある。そこで本論文では、最先端のパネルデータモデルの 1 つである、誤差にファクター構造を仮定したパネルモデルを採用した。そのモデルを用いて、OECD のパネルデータと、日本・インドネシアの各国の地域データで Feldstein-Horioka パズルの検証を行った。分析結果からは、OECD に関しては Feldstein-Horioka パズルが存在するが、日本・インドネシアの地域データでは Feldstein-

Horioka パズルは存在しないことが分かった。

論文 “Alternative Over-Identifying Restriction Test in the GMM Estimation of Panel Data Models” (*Econometrics and Statistics*, 10, 71-95, 2019 年)では、様々なパネルデータモデルの GMM 推定で利用可能な新しい過剰識別制約検定を提案した。より具体的には、動学的パネルデータモデルを含む、説明変数が先決変数あるいは内生変数の線形パネル回帰モデル、誤差項が相互作用固定効果を含む線形パネル回帰モデル、パネルカウントデータモデル等を特殊ケースとして含んだ乗法的非線形パネルデータモデルの GMM 推定において、モーメント条件の数が増えると過剰識別制約検定のサイズが著しく歪んでしまうことが知られていた。この問題を解決する 1 つの方法はモーメント条件の数を減らすことであるが、モーメント条件の数が減ると推定量の効率性が落ちてしまうため、好ましい解決方法ではない。そこで、本論文では、モーメント条件の数を減らさずに検定のサイズをうまくコントロールできる新しい統計量を提案した。まず、検定のサイズが歪んでしまう原因が、逆行列の形になっているウェイト行列にあることを示し、その解決方法として、ブロック対角なウェイト行列を使うことを提案した。そして、新しく提案したウェイト行列に基づいた検定統計量の漸近分布と局所検定力を導出した。モンテカルロ実験を用いて、動学的パネルモデルにおける既存の過剰識別制約検定と新しい検定のパフォーマンスを比較したところ、新しい検定はサイズを著しく改善するが、検定力はほとんど同じであることが分かった。このことは、追加的なコストを払うことなく、既存の検定の問題点のみを克服しているということを示している。

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 2件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Hayakawa Kazuhiko, Qi Meng	4. 巻 82
2. 論文標題 Further Results on the Weak Instruments Problem of the System GMM Estimator in Dynamic Panel Data Models	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Oxford Bulletin of Economics and Statistics	6. 最初と最後の頁 453 ~ 481
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/obes.12336	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 47
2. 論文標題 The weak-instruments problem in factor models	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Behaviormetrika	6. 最初と最後の頁 123 ~ 157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s41237-019-00097-1	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 Ginama Isamu, Hayakawa Kazuhiko, Kanmei Takahiro	4. 巻 48
2. 論文標題 Examining the Feldstein-Horioka puzzle using common factor panels and interval estimation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japan and the World Economy	6. 最初と最後の頁 11 ~ 21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.japwor.2018.06.001	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 -

1. 著者名 Hayakawa Kazuhiko	4. 巻 10
2. 論文標題 Alternative over-identifying restriction test in the GMM estimation of panel data models	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Econometrics and Statistics	6. 最初と最後の頁 71-95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecosta.2018.06.002	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 Hayakawa Kazuhiko, Hou Jie	4. 巻 48
2. 論文標題 Estimation of time-varying coefficient dynamic panel data models	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Communications in Statistics - Theory and Methods	6. 最初と最後の頁 3311-3324
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/03610926.2018.1476704	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 Hayakawa Kazuhiko, Qi Meng, Breitung Joerg	4. 巻 38
2. 論文標題 Double filter instrumental variable estimation of panel data models with weakly exogenous variables	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Econometric Reviews	6. 最初と最後の頁 1055 ~ 1088
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/07474938.2018.1514024	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 167
2. 論文標題 Corrected standard errors for optimal minimum distance estimator	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Economics Letters	6. 最初と最後の頁 5 ~ 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.econlet.2018.02.029	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 -

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Kazuhiko Hayakawa
2. 発表標題 A robust approach to heteroskedasticity, serial correlation and slope heterogeneity for large linear panel data models
3. 学会等名 The 13th International Conference on Computational and Financial Econometrics (CFE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuhiko Hayakawa
2. 発表標題 Double Filter Instrumental Variable Estimation of Panel Data Models with Weakly Exogenous Variables
3. 学会等名 The 24th International Panel Data Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuhiko Hayakawa
2. 発表標題 Covariance Structure Analysis of Panel Regression Models
3. 学会等名 The 4th International Conference of Economics Forum of Asia Pacific Economy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuhiko Hayakawa
2. 発表標題 Covariance Structure Analysis of Panel Regression Models
3. 学会等名 Statistical Penalisation Methods and Dimension Reduction Methods for Economic and Financial Analysis(York - Hiroshima Joint Symposium 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuhiko Hayakawa
2. 発表標題 Covariance Structure Analysis of Panel Regression Models
3. 学会等名 BK21PLUS Korean Economic Group International Conference on Econometrics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuhiko Hayakawa
2. 発表標題 Covariance Structure Analysis of Panel Regression Models
3. 学会等名 科学研究プロジェクト「経済統計・政府統計の理論と応用」研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuhiko Hayakawa
2. 発表標題 Corrected Goodness-of-Fit Test in Covariance Structure Analysis
3. 学会等名 International Meeting of Psychometric Society 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kazuhiko Hayakawa
2. 発表標題 Double Filter Instrumental Variable Estimation of Panel Data Models with Weakly Exogenous Variables
3. 学会等名 28th Australia New Zealand Econometric Study Group Meeting (国際学会)
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
研究協力者	山形 孝志 (Yamagata Takashi)		

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