

令和 3 年 5 月 28 日現在

機関番号：15401

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）

研究期間：2018～2020

課題番号：17KK0070

研究課題名（和文）ファクター構造を持つ動学パネルデータモデルの共分散構造分析

研究課題名（英文）Covariance structure analysis of dynamic panel data models with a factor structure

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） 9,800,000円

渡航期間：12ヶ月

研究成果の概要（和文）：本研究では、共分散構造分析を用いて動学的パネルデータモデルの新しい分析手法を提案した。考察した動学的パネルデータモデルは、先行研究で使われている多くのモデルを特殊ケースとして含む、非常に一般的なモデルであり、例えば、内生変数や誤差にファクター構造を許している。提案した手法の統計的性質を理論的に考察し、また、モンテカルロ実験でパフォーマンスを調べたところ、既存の手法よりも良い特性を持つことが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

動学的パネルデータモデルは、経済学・政治学・社会学・心理学等、様々な分野で利用されているモデルである。したがって、同モデルの精緻化や一般化、分析手法の改善は、本研究課題が属する経済学だけではなく、様々な分野の研究に貢献することになるため、大きなインパクトを持つと期待できる。また、これを機に、パネルデータ分析という観点から、分野横断的な研究が活性化するきっかけになることも期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this project, I have proposed a new statistical method to analyze dynamic panel data models based on the covariance structure analysis. The model considered in this project is very general in that many existing models are the special cases of my model. For instance, endogenous variables or a factor structure in the error is allowed. I investigated the theoretical property of the proposed method and confirmed by Monte Carlo simulation that it has better performance than those studied in the literature.

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 ファクターモデル

1. 研究開始当初の背景

近年、世界中で多くのパネルデータが作られており、それを用いた実証研究が、経済学・政治学・社会学・心理学等、様々な分野で行われている。パネルデータの基本的な分析手法はどの分野でも共通であるが、発展的な手法に関する研究は分野ごとに異なる。例えば経済学では、操作変数法を用いたパネルモデルの推定や動学構造に関する研究が他の分野よりも盛んにおこなわれている。一方、例えば心理統計学の分野では共分散構造分析に関連した研究が他分野よりも盛んに行われている。また、欠損値の取り扱いについても、経済学よりも心理統計学の方が多くの研究が行われている。このように、同じパネルデータの分析をするにしても、分野ごとに注目される研究トピックが異なる。しかし、残念ながら複数の分野の横断的な研究はほとんど行われていない。そこで、本研究では、心理統計学の分野で盛んに研究が行われている共分散構造分析と呼ばれるアプローチを用いて、パネルデータの動学構造の基礎分析を行うための統計手法の開発を行う。共分散構造分析は、計量経済学の分野ではそれほど多くの研究は行われていないが、心理統計学の分野では活発に研究が行われているため、計量経済学と心理統計学の2つの視点から研究を行い、双方の分野で利用可能な統計手法を開発する。

2. 研究の目的

本研究課題では、共分散構造分析を用いて、誤差項がファクター構造を持つ動学パネルデータモデルの新しい推定手法を開発する。誤差項がファクター構造を持つ動学パネルデータモデルは、計量経済学分野の最先端のモデルの1つであり、既存の多くのモデルを特殊ケースとして含む、非常に一般的なモデルである。このモデルの推定に関しては、現在、活発な研究が行われているが、基本的には、最尤法がGMMのいずれかに基づいている。しかしながら、これらの手法にはいくつかの限界や問題点がある。例えば、最尤法では、説明変数が強外生変数であることが前提となっており、例えば説明変数が弱外生変数の場合は一致性を持たないという問題点がある。また、GMM推定量の場合、弱操作変数の問題を避けることは難しく、有限標本において、必ずしも優れたパフォーマンスを持たないということが指摘されている。そこで、本研究課題では、共分散構造分析を使うことにより、これらの問題を解決する。

3. 研究の方法

上で説明したモデルの推定を共分散構造分析の枠組みで考察する。心理統計学の分野で、一般的なモデルに対する推定量の漸近的性質が確立しているため、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、説明変数が強外生変数・弱外生変数・内生変数の場合にその前提条件が満たされているかどうかを理論的に考察する。そして、その前提条件が満たされていない場合については、対処法を検討する。次に、誤差項がファクター構造を持つ動学パネルデータモデルの推定で重要になってくるのは、ファクター数の推定である。誤った数のファクターを使ってしまうと、一致性を失って推定値がバイアスを持ったり、効率性が落ちて推定精度が悪化したりするため、真のファクター数の推定は重要な問題である。ファクター数の推定には、尤度比検定を使う方法と情報量基準を使う方法の2つが利用可能である。データが正規分布に従っている場合は標準的な結果が利用可能であるが、データが非正規分布に従う場合には、両アプローチとも修正が必要となってくる。心理統計学の文献を確認したところ、尤度比検定については、非正規性に対する修正方法が提案されているが、情報量基準については、十分な議論が行われていなかった。そのため、最初にデータが非正規分布の場合の情報量基準の修正について理論的に考察し、その後、数値実験で既存の方法とパフォーマンスの比較を行う。

4. 研究成果

論文“A Unified Approach to Efficient Estimation of Short Linear Panel Regression Models”(with T. Yamagata, Working paper)では、共分散構造分析を用いた動学的パネルデータモデルの推定について考察した。本論文で考察しているモデルは、非常に一般的な線形パネルデータモデルであり、ラグ付き内生変数・時変説明変数・時間不変な説明変数・ファクター構造を持つ誤差項を許している。また、時変説明変数は、厳密な外生変数・弱外生性変数・内生変数のいずれでも良い。このモデルは、先行研究で考察されている、既存の多くの線形パネルデータモデルを特殊ケースとして含んでいるが、そのような一般的な形のモデル自体を考察した先行研究はない。本論文では、そのような一般的なモデルに対する最尤推定量と最小距離推定量を提案し、統計的な性質を考察した。理論的な分析の結果、時変説明変数が内生変数の場合、正則条件の中で、ランク条件を満たさないことが分かった。そして、その問題を解決する簡単な方法を提案した。また、理論的考察を簡単にするために、新しいvechオペレータを提

案した。この新しい vech オペレータを使うことで、上記のランク条件の問題が理論的に扱いやすい形で定式化でき、また、局外パラメータを concentration out した最小距離推定量を導出することができた。今回提案する推定量はパラメータ数が非常に多くなるため、局外パラメータの concentration out は特に重要であり、実際、モンテカルロ実験から、 concentration out をする/しないで、計算時間に著しい差があることが分かった。モンテカルロ実験を行って、既存の推定量と本論文で提案された新しい推定量のパフォーマンスを比較したところ、新しく提案した推定量の方が良いパフォーマンスを持つことが分かった。現在、提案した手法を例示するための応用例を検討しており、その分析が終わり次第、査読付き雑誌に投稿する予定である。

論文 “Panel Regression Models with Non-Classical Measurement Errors: An Application to Investment Equations” (with T. Yamagata, Working paper) では、観測誤差を含むパネルデータの新しい分析手法を開発した。観測誤差を含む回帰モデルは統計学・計量経済学の分野で膨大な研究があるが、本論文では共分散構造分析を用いた点が先行研究と大きく異なる点である。共分散構造分析は心理統計学の分野で多くの研究が行われていたが、経済学の分野では所得過程モデルの推定にのみ使われていた。そこで、本論文では、共分散構造分析の経済学への応用として、観測誤差を含んだ投資関数の推定を考察した。投資関数では説明変数に Tobin の限界 Q が使われるが、限界 Q をデータから計算することは一般的に難しく、多くの場合、計算が容易な平均 Q を用いる。Hayashi (1982) は限界 Q と平均 Q が一致する条件を理論的に導いているが、その前提条件が満たされていない場合、限界 Q と平均 Q は異なるため、観測誤差が生じてしまう。このように、投資関数で観測誤差が生じることはよく知られていたが、十分に満足いく対処法は提案されていなかった。そこで本論文では共分散構造分析を用いて、先行研究よりも緩い仮定の下で、推定精度の高い推定量を提案した。特に、非古典的観測誤差と言われる、観測誤差と説明変数の真の値が相関するケースを許している点が先行研究よりも優れている点である。数値実験を行って、先行研究で提案されている手法と本研究で提案した手法のパフォーマンスを比較したところ、本論文で提案されている手法は既存の方法よりも高い推定精度を持っていることが分かった。現在、以上の結果を論文としてまとめており、論文が完成次第、査読付き雑誌に投稿予定である。

論文 “Further Results on the Weak Instruments Problem of the System GMM Estimator in Dynamic Panel Data Models” (with M. Qi, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 82, 453-481, 2020 年) では、動学パネルデータモデルの推定に最もよく使われているシステム GMM 推定量の弱操作変数の問題について考察した。Blundell and Bond (1998) は、Arellano and Bond (1991) が提案した一階階差 GMM 推定量は、データの従属性が強い時に弱操作変数の問題が生じるが、その問題は二階階差 GMM 推定量と Arellano and Bover (1995) が提案したレベル GMM 推定量を組み合わせることで解決できるということを示している。その後、Bun and Windmeijer (2010) は、レベル GMM 推定量も個別効果と誤差項の分散比が大きい時に弱操作変数の問題が生じることを示している。しかしながら、Bun and Windmeijer (2010) は弱操作変数という問題点を指摘したものの、その解決策を示していなかった。そこで本論文では、個別効果と誤差項の分散比が大きい場合でも弱操作変数の問題が生じにくい、新しいシステム GMM 推定量を提案した。モンテカルロ実験で既存のシステム GMM 推定量と新しいシステム GMM 推定量のパフォーマンスを調べたところ、既存のシステム GMM 推定量は個別効果と誤差項の分散比が大きくなるにつれてパフォーマンスが急激に悪化するが、新しいシステム GMM 推定量はほとんど影響を受けないことが分かった。

論文 “Double Filter Instrumental Variable Estimation of Panel Data Models with Weakly Exogenous Variables” (with M. Qi and J. Breitung, *Econometric Reviews*, 38, 1055-1088, 2019 年) では、説明変数が先決変数である線形パネル回帰モデルの新しい操作変数推定量を提案している。説明変数が外生変数の場合、固定効果推定量がよく実証分析において用いられるが、説明変数が先決変数の場合、固定効果推定量はバイアスを持つことが知られており、代替的な方法として操作変数を用いた推定方法が使われることが多い。一般的に、操作変数の数が多くなると、推定量の効率性は改善するが、バイアスが大きくなり、効率性とバイアスの間にトレードオフの関係があることが知られている。この問題に対し、Hayakawa (2009) は、パネル AR(p) モデルの枠組みで、そのトレードオフの問題を解決する新しい操作変数推定量を提案している。しかしながら、Hayakawa (2009) で考察されたモデルは、ラグ付き内生変数以外の説明変数が含まれていないモデルを考察しているため、実証分析の観点からは、やや制約的である。そこで本論文では、より実証分析で使いやすいように、自己回帰モデルを特殊ケースとして含む、より一般的なモデルにおいて、効率性とバイアスのトレードオフの問題を解決する操作変数推定量を提案している。また、Hayakawa (2009) の拡張として、クロスセクションごとに異なる傾きを持つタイムトレンドが含まれたモデルも考察している。モンテカルロ実験を行って提

案された推定量と既存の推定量のパフォーマンスを比較したところ、提案された推定量の方が良いパフォーマンスを持つことが分かった。なお、本論文で提案された操作変数推定量は実証分析で最もよく使われている Stata のコマンド `xtabond2` で利用可能なため、今後、実証分析でも広く使われる可能性を秘めていると考えられる。

論文 “Estimation of Time-Varying Coefficient Dynamic Panel Data Models” (with J. Hou, *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 48, 3311-3324, 2019 年) では、時間とともに係数が変化する動学パネルモデルを考察している。多くの実証分析では、係数が観測期間を通じて変化しないことを仮定しているが、本論文ではその仮定を緩めた場合にどのような影響があるのかを考察し、代替的な推定方法を提案している。本論文の貢献は以下の 2 点である。1 つ目は動学パネルモデルで最もよく使われるシステム GMM 推定量は一致性を持たないことを示した点である。この結果は、実証研究において係数が時間に依りて変化していると疑われる場合、システム GMM 推定量を使用するのは望ましくないことを示している。2 つ目は、時間とともに係数が変化する動学パネルモデルを推定するための、新しい一般化モーメント法 (GMM) 推定量と最尤推定量を提案した点である。また、係数が時間を通じて変化しているかどうかの検定方法も提案している。両推定量とも新しく提案されたものであるが、モンテカルロ実験の結果から、最尤推定量の方が良いパフォーマンスを持つことが分かった。

論文 “Corrected Goodness of Fit Test in Covariance Structure Analysis” (*Psychological Methods*, 24, 371-389, 2019 年) では、一般的な共分散構造を持つモデルに関連した新しいモデル定式化検定を提案した。心理統計学の分野では、共分散構造分析が実証分析の標準的なツールになっており、ファクターモデルや成長曲線モデルなど心理統計学の研究で使用される統計モデルは、共分散構造分析のフレームワークで分析可能である。また、それに関連する理論的研究や数値実験も多く行われている。本論文で考察している問題は、このような共分散構造分析において、40 年近く前から継続的に議論されている問題の 1 つである。具体的には、共分散構造分析を使用する際には、モデルの定式化検定を行うことが分析手順の 1 つになっているが、その定式化検定のパフォーマンスが十分満足にいくものではないということが、何度も報告されており、open question の 1 つであった。その解決策として、特定のモデル、例えばファクターモデルのみに焦点を当てた解決策は提案されていたが、一般的な共分散構造モデルについては、解決策が提案されていなかった。そこで、本研究では、Browne (1974) で考察されていたが、先行研究でほとんど議論されていなかった統計量が、定式化検定のパフォーマンスを大きく改善することを示した。また、近年の高次元統計学の結果を用いて、データが非正規分布の場合でも優れたパフォーマンスを持つ新しい定式化検定を提案した。提案した定式化検定のパフォーマンスを、ファクターモデル・パネル自己回帰モデル・cross lagged パネルモデルにおいて調べたところ、すべてのモデルで劇的にパフォーマンスが改善することが分かった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6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 2018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

[学会発表] 計6件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 5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

〔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
その他の 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		
英国	University of York		