

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2020

課題番号：16H03606

研究課題名(和文)高次元データの統計分析

研究課題名(英文)Statistical Analysis of High-Dimensional Data

研究代表者

山田 宏(YAMADA, HIROSHI)

広島大学・人間社会科学研究科(社)・教授

研究者番号：90292078

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,800,000円

研究成果の概要(和文)：標本数に比べ変量の次元が高いデータである高次元データを対象とした統計分析手法の開発・評価・応用に取り組んだ。具体的には、次の3項目について重点的に研究を進めた：(1) 高次元多変量線形回帰分析法の開発、(2) 正則化を使った非負値行列因子分解法やフィルタリング法の開発と評価、(3) ファクターモデルの操作変数推定法に関する研究。その結果、数多くの有用な研究成果が得られた。(高次元である場合を含む)多変量線形回帰モデルにおける望ましい変数選択基準を提案したことはそうした研究成果の一例である。研究成果の多くは、査読付き国際学術雑誌においてすでに公開済みである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高次元データとは、標本数に比べ変量の次元が高いデータのことである。この新しいタイプのデータ分析の手法として、標本数に比べ変量の次元が低いデータをその分析対象として開発された従来の統計分析手法は相応しくない。こうした背景のもと、そうした高次元データ分析手法の開発・評価・応用に取り組み、得られた数多くの研究成果を査読付き国際学術雑誌において公開した。この研究プロジェクトを通じて新たに提案された(高次元である場合を含む)多変量線形回帰モデルにおける望ましい変数選択基準はそうした研究成果の一例である。これは、多変量線形回帰モデルにおける統計的推測法を発展させる重要な貢献である。

研究成果の概要(英文)：We have developed and applied new statistical procedures in the field of high-dimensional statistics, which studies data whose number of variables is relatively high. More precisely, we conducted the following three research projects: (1) statistical inference of high-dimensional multivariate linear regression model, (2) non-negative matrix factorization and filtering with regularization, and (3) instrumental variable estimation of factor model. Then, we obtained many results, one of which is a novel desired model selection criterion for possibly high-dimensional multivariate linear regression model. We have published most of the results of our research projects in international refereed journals.

研究分野：経済統計

キーワード：高次元データ 高次元多変量線形回帰モデル 高次元漸近理論 変数選択 非負値行列因子分解 正則化 フィルタリング ファクターモデル

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) 標本数(n)に比べ変量の次元(p)が低いデータをその分析対象とする従来の統計分析手法は、近年出現してきた n に比べ p が高いデータである高次元データの分析手法として対応しない。例えば、目的変数ベクトルの次元 p が相対的に高い高次元多変量線形回帰モデルからの標本に基づく統計量の近似手法として、 p が低いという想定の下での従来からある漸近理論を選択すると、 p が増加するにつれて近似の程度は悪化する。

(2) こうした中、 p が相対的に高いデータに対応可能な手法が提案されてきている。 p が高いデータに対する漸近理論である高次元漸近理論はその一例である。そのほか、線形回帰モデルの説明変数行列が高次元である場合に適用可能な手法として回帰係数ベクトルの l_1 ノルムを正則化項として導入する lasso 回帰 (Tibshirani, 1996) やその亜種もそうした手法の一つとして位置づけられる。その成分がすべて非負値である行列をより低次元の非負値行列の積として表現する非負値行列因子分解法や多変量線形回帰モデルの目的変数行列を低次元行列の積を使って近似するファクターモデルもそうした手法の一つである。

(3) (2) で述べたように p が高いデータに対応できるいくつかの手法が提案されてきているもののその取り組みはまだ緒に就いたばかりであり、数多くの課題が残されている。

2. 研究の目的

(1) 前項で述べた通り、高次元データの統計分析(高次元統計分析)にはまだ解明・開発が待たれる事項も多く、その意味で数多くの課題が残されている。その解決へ向けた取り組みが必要である。この研究課題では、主に次に列挙するような研究プロジェクトに取り組み当該分野の進展に貢献することを試みた: (i) (高次元である場合を含む) 多変量線形回帰モデルに対する望ましい性質を有するモデル選択基準の開発; (ii) 高次元多変量線形回帰モデルにおける統計的推測の新展開; (iii) 正則化法を利用した時系列データのフィルタリング法の改善と応用; (iv) グラフラプリアン正則化法を利用した非負値行列因子分解法の拡張と経済時系列データへの応用; (v) ファクターモデルに対する操作変数推定法の適用に関する考察。これらの研究プロジェクトについて研究成果を得、それを査読付き国際学術誌において公開することを通じて広く社会に還元し、学術の進展に貢献することが本研究課題の目的である。各研究プロジェクトのより具体的な目的は次のとおりである。

(2) プロジェクト(i): 多変量回帰モデルにおいて、モデルの複雑さに対する罰則調整項を伴う一般化 C_p (GC_p) 規準や一般化情報量規準(GIC)の最小化に基づく変数選択問題を取り扱う。 GC_p 規準は、Mallows(1973)により提案された C_p 規準や Fujikoshi and Satoh(1997)により提案された Modified C_p (MC_p) 規準、GIC は、Akaike(1973)で提案された AIC、Schwarz(1978)で提案されたベイズ情報量規準(BIC)など多くの既存の変数選択規準を特別な場合として含む、一般的な変数選択規準である。変数選択においては、真のモデルが最適なモデルとして選ばれる確率が標本数を無限大としたときに 1 に収束する性質である一致性と、期待残差平方和に基づくロス関数について、選ばれたモデルでのロス関数とロス関数の最小値の比が 1 に確率収束する性質である漸近ロス有効性、また、選ばれたモデルでのロス関数の期待値とロス関数の期待値の最小値の比が 1 に収束する性質である漸近平均有効性などの性質が重要となる。本研究の目的は、一致性や有効性を満たすための罰則調整項の十分条件を高次元漸近理論の下で導出し、その結果から、常に一致性や有効性を満たす CC_p 規準や GIC を提案することにある。

(3) プロジェクト(ii): 大標本の枠組みでの統計量の漸近展開公式は、目的変数ベクトルの次元が大きくなると、その漸近展開近似の精度が悪くなることが知られている。近年、標本数と次元の両方が大きくなる、大標本・高次元の枠組みでの漸近展開公式が導出され、さらに、近似公式の計算可能な誤差限界を導出する研究が盛んになってきた。尤度比検定(ウィルクスのラムダ分布)に関しては、誤差限界が導出されていたが、Rao 検定、Bartlette-Nanda-Pillai 検定統計量の帰無分布については、誤差限界は導出できていない。また、従来のカイ 2 乗分布を基にした大標本漸近展開公式についても、誤差評価は得られていない。こうした背景の下、多変量解析における様々な統計量の大標本・高次元漸近展開公式と、従来の大標本漸近展開公式について、それらの計算可能な誤差限界を導出することで、標本数と次元から、従来と異なる漸近展開公式と大標本・高次元漸近展開の精度の良い方を選択する方法を開発することを目的とする。

(4) プロジェクト(iii): Kim et al.(2009)により提案された l_1 トレンドフィルタリング法を使えば時系列データの区分線形トレンドを推定することができる。この手法は、 n と p が等し

い1変数線形回帰モデルにおける(一般化)lasso回帰とみなすことができる。この手法の調整パラメータ値をどう設定するかについては、良い方法がない状態である。この研究ではパラメータ値設定の一つの実用的な方法を提案することを目的とする。そのほか、Hodrick and Prescott (1997)で使用されたフィルター(以下、HPフィルタリング)とパスグラフに対するグラフラプリアンをペナルティ行列としたフィルタリング法との間の関係を解明する。合わせて、両研究において経済時系列データを使った分析例を示す。

(5) プロジェクト(iv): Lee and Seung(1999)が非負値行列分解を顔画像に適用し、顔の部品が基底として抽出できることを発表して以降、非負値行列分解は音楽情報処理等の様々な分野での応用が試みられた。また、基底ベクトルに滑らかさを導入するためにグラフラプリアンを使った正則化(グラフ正則化)を導入したグラフ正則化非負値行列分解のアルゴリズムが提案される等の手法の拡張も試みられていた。しかし、経済時系列データへの非負値行列分解の適用は十分に試みられているとは言えない状況である。この研究では、経済時系列データの特性を考慮して、非負値行列分解を拡張し、その有効性を確認する。

(6) プロジェクト(v): ファクターモデルは100年以上前に心理学の分野で開発されたモデルであるが、現在は経済学をはじめ、様々な分野で頻繁に利用されている。ファクターモデルはEQS・MPlus・LISREL・R(lavaan)等、様々な統計ソフトで推定可能であるが、デフォルトとなっている推定量は最尤推定量である。最尤推定量を計算するには数値最適化が必要となるため、状況によっては計算の負荷が増えたり、収束しないという問題が生じる場合もある。この問題を解決する方法として、解析的な表現が得られる操作変数推定量がMadansky(1964)やBollen(1996)によって提案されていたが、その性質についてはほとんど考察されていない。先行研究であまり注目を浴びてこなかったファクターモデルの操作変数法について、より深く考察することを目的とする。特に、計量経済学の分野では、90年代後半から操作変数の強さと数という視点から膨大な研究が行われているため、その流れに沿って、ファクターモデルの操作変数について、操作変数の強さと数という視点から考察する。

3. 研究の方法

(1) 各研究プロジェクトのより具体的な研究の方法は次のとおりである。

(2) プロジェクト(i): 変数選択規準の一致性や有効性を示すためには、変数選択規準の差を定数で割ったものが正の値に確率収束することを示す必要がある。多変量回帰モデルの場合では、変数選択規準は目的変数の次元数をサイズにもつ行列に依存するが、高次元漸近理論の下ではサイズが無限大になるかもしれない行列の確率収束は直接評価できないため、問題解決が困難になっている。そこで、ウッシャート行列と行列式やトレースの性質を使って、変数選択規準の差をサイズが無限大にならない行列によって書き換え、それにより確率収束を評価する。

(3) プロジェクト(ii): 多変量線形回帰モデルに関する尤度比検定 Rao検定 Bartlett-Nanda-Pillai 検定統計量の帰無分布は、いずれも多変量(行列)ベータ分布に従う確率行列の関数として表現できる。1変量のベータ分布に従う確率変数の関数の期待値は、2つの自由度が大きくなるととき、ラプラス近似を利用して展開することができ、ラプラス近似による誤差項も評価できる。同様な手法を、多変量(行列)ベータ分布に関して拡張することで、Rao 検定、Bartlette-Nanda-Pillai 検定統計量に対する誤差限界を導出する。

(4) プロジェクト(iii): HP フィルタリングの調整パラメータ値の設定方法に関する知見を使って $I_{\{1\}}$ トレンドフィルタリングのそれを設定する方法を提案する。また、HP フィルタリングとグラフラプリアンを使ったフィルタリング法との比較では、離散コサイン変換を利用する。

(5) プロジェクト(iv): 非負値行列分解の各基底を滑らかにするためにグラフ正則化を導入し、さらに、線型結合の係数をスパースにするように拡張し、それらの手法を経済時系列データに適用する。

(6) プロジェクト(v): 操作変数に強さについては、探索的ファクターモデルと確証的ファクターモデルのそれぞれで、集中パラメータと呼ばれる操作変数の強さを測る尺度を理論的に計算し、操作変数の強さに影響を与える要因を明らかにする。操作変数の数の影響については、モンテカルロ実験を行って推定量のパフォーマンスを調べる。

4. 研究成果

(1) 数多くの有用な研究成果が得られた。研究成果の多くは、査読付き国際学術雑誌においてすでに公開済みである。各研究プロジェクトのより具体的な研究成果は次のとおりである。

(2) プロジェクト(i): 柳原(2019)では, 高次元漸近理論の下で, GC_p 規準と GIC が一致性を持つための十分条件を導出し, その結果をもとに常に一致性をもつ GC_p 規準と GIC を提案した。この変数選択規準を使用すれば, ある程度大きな標本数の下で, 目的変数の次元数に関係なく高い確率で真のモデルが選択できることが期待できる。高次元漸近理論では, Yanagihara et al. (2017)などの先行研究において, 真のモデルが正規分布に従っているという仮定を必要としていたが, この論文で提案した変数選択規準では, その正規性の仮定を必要としないことが注目する点である。Oda and Yanagihara(2020)では, 一致性を持つための GC_p 規準の罰則調整項の条件を, 候補となる説明変数の個数は無限大になってもならなくてもよいという設定を追加した高次元漸近理論の下で導出した。この結果を利用して, 目的変数ベクトルの次元の大きさや説明変数の個数によらず高い確率で真のモデルを最適なモデルとして選択できることが期待できる新たな変数選択規準を提案した。さらに数値実験により, 目的変数ベクトルの次元や説明変数の個数の大小によらず, ある程度大きな標本数の下で, 高い確率で真のモデルを最適なモデルとして選択できていること, またその確率が, lasso 回帰などの従来の変数選択手法よりも高くなることを確かめた。また, Oda et al.(2020)では, Oda and Yanagihara (2020)と同様な漸近枠組みの下で, 正準判別分析における変数選択でも同様な結果を導出している。

(3) プロジェクト(ii): 1変量ベータ分布に関するラプラス近似法を, 多変量(行列)ベータ分布に拡張することができ, それを利用して, Bartlette-Nanda-Pillai 検定統計量の帰無分布の漸近展開公式と誤差限界を導出した。良く知られているラプラス近似は, 積分を評価したい関数が最大となる点が, 積分区間の内点にあることを前提としているが, 積分区間の端点で最大となる場合にも, 近似公式を作ることができる。このことを利用して, 従来の大標本漸近展開公式についても誤差限界の導出が可能であることがわかった。

(4) プロジェクト(iii): $I_{\{1\}}$ トレンドフィルタリングの調整パラメータ設定法について得られた成果をまとめた論文を Yamada(2018)として発表した。また, HP フィルタリングとグラフラプリアンを使ったフィルタリングの比較に関する研究成果をまとめた論文を Yamada(2020)としてそれぞれ発表した。

(5) プロジェクト(iv): 鉱工業指数や為替相場等の複数の経済時系列データに非負値行列分解を適用すると, 各時系列データは, 少数の基底ベクトル(トレンド時系列)とその係数の線型結合として近似できるようになる。各基底ベクトルを滑らかにするためにグラフ正則化を導入すると, 滑らかなトレンド時系列を抽出することができる。また, 各時系列データの近似の係数をスパースにすると, 得られた近似の解釈性が向上する。本研究では, 各基底ベクトルに対するグラフ正則化と係数に対するスパース性を同時に導入した非負値行列分解のアルゴリズムを開発するとともに開発した非負値行列分解を鉱工業指数や為替等の経済時系列データに適用した。得られた研究成果をまとめた論文を査読付き国際研究集会 2020 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)にて報告した。

(6) プロジェクト(v): 操作変数に強さについて, 集中パラメータを理論的に計算した結果, 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操作変数が弱くなることが分かった。また, 確証的ファクターモデルでは, 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。さらに, 探索的ファクターモデルとは逆に, 確証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, 操作変数が強くなるということも分かった。これらの結果は Hayakawa(2020)として発表済みである。一方, 操作変数の数については, Hayakawa and Sun (2019)において, 従来用いられてきた2段階最小二乗推定量は, 操作変数の数が増えるとパフォーマンスが悪化することを示した。

<引用文献>

- Akaike, H., 1973, Information theory and an extension of the maximum likelihood principle, in 2nd International Symposium on Information Theory, 267-281.
- Bollen, K. A., 1996, An alternative two stage least squares (2SLS) estimator for latent variable equations, *Psychometrika*, 61, 109-121.
- Fujikoshi, Y. and K. Satoh, 1997, Modified AIC and C_p in multivariate linear regression. *Biometrika*, 84, 707-716.
- Hayakawa, K. and Q. Sun, 2019, Instrumental variable estimation of factor models with possibly many variables, *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 48, 6, 1729-1745.
- Hayakawa, K., 2020, The weak instruments problem in factor models, *Behaviormetrika*, 47, 123-157.
- Hodrick, R. J. and E. C. Prescott, 1997, Postwar U.S. business cycles: An empirical investigation, *Journal of Money, Credit and Banking*, 29, 1, 1-16.
- Kim, S., K. Koh, S. Boyd, and D. Gorinevsky, 2009, $I_{\{1\}}$ trend filtering, *SIAM*

- Review, 51, 2, 339-360.
- Lee, D. D. and H. S. Seung, 1999, Learning the parts of objects by nonnegative matrix factorization, *Nature*, 401, 6755, 788-791.
- Madansky, A., 1964, Instrumental variables in factor analysis, *Psychometrika*, 29, 105-113.
- Mallows, C. L., 1973, Some comments on C_p , *Technometrics*, 15 661-675.
- Oda, R., Y. Suzuki, H. Yanagihara, and Y. Fujikoshi, 2020, A consistent variable selection method in high-dimensional canonical discriminant analysis, *Journal of Multivariate Analysis*, 175, 104561-104561.
- Oda, R. and H. Yanagihara, 2020, A fast and consistent variable selection method for high-dimensional multivariate linear regression with a large number of explanatory variables, *Electronic Journal of Statistics*, 14, 1, 1386-1412.
- Schwarz, G., 1978, Estimating the dimension of a model, *Annals of Statistics*, 6, 461-464.
- Tibshirani, R., 1996, Regression shrinkage and selection via the lasso, *Journal of the Royal Statistical Society Series B*, 58, 1, 267-288.
- Yamada, H., 2018, A new method for specifying the tuning parameter of L_{1} trend filtering, *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics*, 22, 4, 1-8.
- Yamada, H., 2020, A smoothing method that looks like the Hodrick-Prescott filter, *Econometric Theory*, 36, 5, 961-981.
- Yanagihara, H., R. Oda, Y. Hashiyama, and Y. Fujikoshi, 2017, High-dimensional asymptotic behaviors of differences between the log-determinants of two Wishart matrices, *Journal of Multivariate Analysis*, 157, 70-86.
- 柳原宏和, 2019, 非正規性の下での多変量線形回帰モデルにおけるモデル選択規準の大標本・高次元漸近理論による一致性の評価, *日本統計学会誌*, 49, 1, 133-159.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計24件（うち査読付論文 24件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Yamada Hiroshi	4. 巻 36
2. 論文標題 A SMOOTHING METHOD THAT LOOKS LIKE THE HODRICK-PRESCOTT FILTER	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Econometric Theory	6. 最初と最後の頁 961 ~ 981
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/S0266466619000379	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	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 2019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 Kazuhiko Hayakawa	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 柳原 宏和	4. 巻 49
2. 論文標題 非正規性の下での多変量線形回帰モデルにおけるモデル選択標準の大標本・高次元漸近理論による一貫性の評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本統計学会誌	6. 最初と最後の頁 133 ~ 159
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11329/jjssj.49.133	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 -

1. 著者名 Oda Ryoya, Suzuki Yuya, Yanagihara Hirokazu, Fujikoshi Yasunori	4. 巻 175
2. 論文標題 A consistent variable selection method in high-dimensional canonical discriminant analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Multivariate Analysis	6. 最初と最後の頁 104561 ~ 104561
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmva.2019.104561	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 Ohishi Mineaki, Yanagihara Hirokazu, Fujikoshi Yasunori	4. 巻 204
2. 論文標題 A fast algorithm for optimizing ridge parameters in a generalized ridge regression by minimizing a model selection criterion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Statistical Planning and Inference	6. 最初と最後の頁 187 ~ 205
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jspi.2019.04.010	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 Oda Ryoya, Yanagihara Hirokazu	4. 巻 14
2. 論文標題 A fast and consistent variable selection method for high-dimensional multivariate linear regression with a large number of explanatory variables	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Electronic Journal of Statistics	6. 最初と最後の頁 1386 ~ 1412
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1214/20-EJS1701	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 -

1. 著者名 Hidaka Akinori, Watanabe Kenji, Kurita Takio	4. 巻 46
2. 論文標題 Sparse discriminant analysis based on estimation of posterior probabilities	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Applied Statistics	6. 最初と最後の頁 2761 ~ 2785
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/02664763.2019.1613348	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 2018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 該当する

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 Yanagihara Hirokazu	4. 巻 48
2. 論文標題 Explicit solution to the minimization problem of generalized cross-validation criterion for selecting ridge parameters in generalized ridge regression	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Hiroshima Mathematical Journal	6. 最初と最後の頁 203 ~ 222
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.32917/hmj/1533088835	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 -

1. 著者名 Yamada Hiroshi	4. 巻 22
2. 論文標題 A New Method for Specifying the Tuning Parameter of $l_{\{1\}}$ Trend Filtering	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics	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) 10.1515/snde-2016-0073	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 Yamada Hiroshi, Jahra Fatima Tuj	4. 巻 48
2. 論文標題 Explicit formulas for the smoother weights of the Whittaker-Henderson graduation of order 1	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Communications in Statistics - Theory and Methods	6. 最初と最後の頁 3153 ~ 3161
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/03610926.2018.1476713	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 Yamada Hiroshi, Du Ruixue	4. 巻 48
2. 論文標題 A modification of the Whittaker-Henderson method of graduation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Communications in Statistics - Theory and Methods	6. 最初と最後の頁 3795 ~ 3800
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/03610926.2018.1481974	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 Yamada Hiroshi	4. 巻 49
2. 論文標題 A note on Whittaker-Henderson graduation: Bisymmetry of the smoother matrix	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Communications in Statistics - Theory and Methods	6. 最初と最後の頁 1629 ~ 1634
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/03610926.2018.1563183	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 Yamada Hiroshi, Du Ruixue	4. 巻 6
2. 論文標題 Some Results on $L_{\{1\}}$ Polynomial Trend Filtering	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Econometrics	6. 最初と最後の頁 33 ~ 33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/econometrics6030033	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 Yamada Hiroshi, Jahra Fatima Tuj	4. 巻 23
2. 論文標題 An explicit formula for the smoother weights of the Hodrick-Prescott filter	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics	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) 10.1515/snde-2018-0035	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 Wakaki Hirofumi, Fujikoshi Yasunori	4. 巻 62
2. 論文標題 Computable error bounds for high-dimensional approximations of an LR statistic for additional information in canonical correlation analysis	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Teoriya Veroyatnostei i ee Primeneniya	6. 最初と最後の頁 194 ~ 211
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4213/tvp5098	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 Nakagawa Tomoyuki、Wakaki Hirofumi	4. 巻 47
2. 論文標題 Selection of the Linear and the Quadratic Discriminant Functions when the Difference between Two Covariance Matrices is Small	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 JOURNAL OF THE JAPAN STATISTICAL SOCIETY	6. 最初と最後の頁 145 ~ 165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14490/jjss.47.145	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 -

1. 著者名 Yanagihara Hirokazu、Oda Ryoya、Hashiyama Yusuke、Fujikoshi Yasunori	4. 巻 157
2. 論文標題 High-dimensional asymptotic behavior of the difference between the log-determinants of two Wishart matrices	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Multivariate Analysis	6. 最初と最後の頁 70 ~ 86
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmva.2017.03.002	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	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 -

1. 著者名 Hayakawa Kazuhiko	4. 巻 178
2. 論文標題 On the effect of weighting matrix in GMM specification test	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Statistical Planning and Inference	6. 最初と最後の頁 84 ~ 98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jspi.2016.06.003	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25件（うち招待講演 11件 / うち国際学会 15件）

1. 発表者名 Hiroshi Yamada
2. 発表標題 A SMOOTHING METHOD THAT LOOKS LIKE THE HODRICK-PRESCOTT FILTER
3. 学会等名 2020 Nanyang Econometrics Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroshi Yamada
2. 発表標題 A SMOOTHING METHOD THAT LOOKS LIKE THE HODRICK-PRESCOTT FILTER
3. 学会等名 5th Hitotsubashi Summer Institute (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Yamada
2. 発表標題 Some properties of the quantile regression version of Hodrick-Prescott filtering
3. 学会等名 The 3rd International Conference on Econometrics and Statistics (国際学会)
4. 発表年 2019年

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 Hirokazu Yanagihara
2. 発表標題 High-dimensionality-adjusted consistent information criterion in multivariate linear models
3. 学会等名 The 11th ICOSA International Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小田凌也・柳原宏和
2. 発表標題 高次元多変量モデルにおける非正規下での変数選択法の一致性
3. 学会等名 2019年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大石峰暉・福井敬祐・岡村健介・伊藤嘉道・柳原宏和
2. 発表標題 Estimation of geographically varying coefficient model via group fused lasso
3. 学会等名 2019年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福井敬祐・大石峰暉・小田凌也・岡村健介・伊藤嘉道・柳原宏和
2. 発表標題 Variable selection method for nonparametric varying coefficient model via group lasso penalty
3. 学会等名 2019年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木裕也・大石峰暉・小田凌也・柳原宏和
2. 発表標題 Best subset selection in multivariate linear regressions via discrete first-order algorithms
3. 学会等名 2019年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuhiko. Hayakawa, Meng. Qi, Jeorg. Breitung
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, Takashi Yamagata
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, Takashi Yamagata
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, Takashi Yamagata
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, Takashi Yamagata
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 若木宏文
2. 発表標題 ラプラス近似とその応用
3. 学会等名 RIMS共同研究会「高次元量子雑音の統計モデリング」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hirokazu Yanagihara
2. 発表標題 Consistent generalized Cp in high-dimensional multivariate linear models under nonnormality
3. 学会等名 The 5th Institute of Mathematical Statistics Asia Pacific Rim Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柳原宏和
2. 発表標題 大標本・高次元漸近理論による情報量規準の一致性の評価について
3. 学会等名 2018年度統計関連学会連合大会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柳原宏和
2. 発表標題 High-dimensionality adjusted asymptotically loss efficient GCp in normal multivariate linear models
3. 学会等名 日本数学会2018年度秋季総合分科会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroshi Yamada
2. 発表標題 Whittaker-Henderson Graduation and Graph Spectral Filtering
3. 学会等名 The SH3 Conference on Econometrics 2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田宏
2. 発表標題 Whittaker-Henderson Graduation, Discrete Cosine Transform and Graph Spectral Filtering
3. 学会等名 2018年度（第26回）関西計量経済学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Yamada
2. 発表標題 Whittaker-Henderson Graduation, Discrete Cosine Transform and Graph Spectral Filtering
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 Hiroshi Yamada
2. 発表標題 Whittaker-Henderson Graduation, Discrete Cosine Transform and Graph Spectral Filtering
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 Hayakawa, K.
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 Hayakawa, K.
2. 発表標題 Double Filter Instrumental Variable Estimation of Panel Data
3. 学会等名 28th Australia New Zealand Econometric Study Group Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yanagihara, H.
2. 発表標題 Robustness to nonnormality on high-dimensionality-adjusted consistent generalized Cp criterion for multivariate linear regression models
3. 学会等名 2017年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 栗田多喜夫, 日高章理	4. 発行年 2018年
2. 出版社 コロナ社	5. 総ページ数 223
3. 書名 統計的パターン認識と判別分析	

〔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	早川 和彦 (Hayakawa Kazuhiko) (00508161)	広島大学・人間社会科学研究科(社)・教授 (15401)	
研究分担者	栗田 多喜夫 (Kurita Takio) (10356941)	広島大学・先進理工系科学研究科(工)・教授 (15401)	
研究分担者	柳原 宏和 (Hirokazu Yanagihara) (70342615)	広島大学・先進理工系科学研究科(理)・教授 (15401)	

6. 研究組織（つづき）

	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	若木 宏文 (Wakaki Hirofumi) (90210856)	広島大学・先進理工系科学研究科(理)・教授 (15401)	
研究分担者	藤越 康祝 (Fujikoshi Yasunori) (40033849)	広島大学・理学研究科・名誉教授 (15401)	

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