

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：62603

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2021

課題番号：16K00050

研究課題名（和文）セミパラメトリック統計解析におけるモデル選択理論の構築

研究課題名（英文）Developing a theory for model selection in semiparametric statistical analysis

研究代表者

二宮 嘉行（Ninomiya, Yoshiyuki）

統計数理研究所・数理・推論研究系・教授

研究者番号：50343330

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：因果推論では、何が観測されるかということと実際に観測される値が影響を及ぼし合っていることが通常であり、古典的な統計理論を適用すると不当な結果を与えてしまう。それを解決するのが傾向スコア解析であり、急速に発展しているものの、どういった回帰モデルを用いるかというモデル選択の方法が確立していなかった。本研究では、モデル選択のための標準ツールである情報量規準を、傾向スコア解析のために開発し、一般論を完成させた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

因果推論の情報量規準としては、数理的に妥当でないものが試験的に用いられていたが、それは本成果の情報量規準と大幅に異なる値を返すものであった。つまり、両者のモデル選択の結果は相当に異なるものであり、本提案は今後標準的に用いられていくことが期待される。因果推論は機械学習・医学統計・計量経済学でのホットトピックであり、またモデル選択は統計解析において不可欠なタスクであるため、本成果の意義は小さくないものである。

研究成果の概要（英文）：In causal inference, what is observed and what is actually observed usually influence each other, and applying classical statistical theory gives unreasonable results. One solution to this problem is to use propensity score analysis, which is rapidly developing, but the method of model selection, i.e., what regression model to use, has not been established. In this study, we developed an information criterion, a standard tool for model selection, for propensity score analysis and completed the general theory.

研究分野：数理統計学

キーワード：因果推論 傾向スコア解析 情報量規準 スパース推定 セミパラメトリック推定 統計的漸近理論
モデル選択 SURE理論

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) ターゲットとするセミパラメトリック解析

セミパラメトリック解析とは、興味のあるところだけ通常の数式を用いたパラメトリックモデルで表し、その部分のみを頑健かつ効率的に推定して興味のある情報を抽出することである。本研究課題のセミパラメトリック解析の主応用例としては、昔から知られている比例ハザードモデルを重用する生存時間解析と、やはり医学統計の分野において特にホットトピックとなっている傾向スコア解析による欠測データ処理・因果推論・選択バイアス処理・サーベイサンプリングを想定した。そして、これらの解析においても当然不可欠なタスクとなるモデル選択・変数選択のため、その中で標準ツールとなるべく手法の開発を目指した。

(2) 申請者の平成 27 年度の研究成果

変化点モデル、スパース正則化法、因果推論モデルに対する情報量規準を開発した。具体的には、まず、「時系列において構造変化が起こる時点（変化点）を未知のパラメータとしたとき、AIC と同じ方法で導出した情報量規準（これを以降 AIC と呼ぶことにする）において変化点パラメータの罰則は通常のパラメータの罰則の三倍となった」という内容の論文を出版した（Ninomiya 2015）。また、「モデル選択と推定を同時に行う LASSO や SCAD などのスパース正則化法に対し、正則化の度合を制御するチューニングパラメータの最適値を与えるための AIC を導出した」という内容のプレプリントを完成させた（Umezu & Ninomiya 2015）。この種の情報量規準は近年急速に開発されているが、これは古典的な情報量規準と同じ概念に基づく唯一のものである。そして、「最も単純なセミパラメトリック因果推論モデルにおいて、周辺構造のモデル選択問題に対し、傾向スコアを用いた推定法に対処できる Cp 型の情報量規準を導出した」という内容で講演を行った（馬場・二宮 2015）。この設定下での情報量規準はこれまで理論保証のない QICw (Platt et al. 2013) しかなく、それと比べたときの提案規準の圧倒的な優位性を数値実験で確認している。

(3) これまでの研究動向

セミパラメトリック解析における情報量規準の開発は十分でない。上述の QICw やアドホックな FIC (Vansteelandt et al. 2012) を除けば、(正則条件を満たすモデルでセミパラメトリック版最尤法を用いた)最も基本的な設定で導いた Claeskens & Carroll (2007) の情報量規準以外に見当たらない。一方、因果推論モデルのモデル選択自体は注目されており、数値実験や数値的手法の提案がなされている (Brookhart et al. 2006, Brookhart & van der Laan 2006)。

2. 研究の目的

(1) 生存時間解析における情報量規準の開発

回帰係数に変化点が存在するような比例ハザードモデルに対し、比例ハザードモデルにおける統計的漸近理論と平成 27 年度の研究成果で扱った変化点モデル特有の統計的漸近理論を融合させ、AIC を導出する。また、比例ハザードモデルにスパース正則化法を適用させる設定に対し、比例ハザードモデルにおける統計的漸近理論と平成 27 年度の研究成果で扱ったスパース正則化法特有の統計的漸近理論を融合させ、AIC を導出する。

(2) 傾向スコア解析における情報量規準の開発

平成 27 年度の研究成果をベースとし、そして傾向スコアを用いた推定法（逆確率重み付け推定法や二重頑健推定法）における統計的漸近理論を融合させ、一般の因果推論モデルにおける周辺構造のモデル選択問題のための AIC を導出する。また、これを拡張あるいは利用し、因果推論モデルに限らない一般の傾向スコアモデルに対し、(共変量選択問題を含むような)周辺構造に限らない一般のモデル選択問題のための AIC を導出する。

(3) 方法のカスタマイズ

上述の結果の応用対象は生存時間解析・欠測データ処理・因果推論・選択バイアス処理・サーベイサンプリングなどであるが、実際にそれらで用いられるモデルはアドホックで複雑なものである。例えば生存時間解析では生存時間だけでなく他の変量も同時にモデル化したもの、因果推論では縦断的なモデルの開発が進んでいる。それらに対処できるよう情報量規準を拡張・カスタマイズし、また応用ごとにそれをソフト化・パッケージ化する。

3. 研究の方法

(1) 変化点をもつ比例ハザードモデルに対する AIC の導出

Liang et al. (1990) で扱われている変化点モデルに対し、マルチンゲール理論に基づく統計的漸近理論と変化点モデル特有の統計的漸近理論 (Ninomiya 2015) を融合させる。具体的には、部分尤度法に基づく変化点推定量の漸近分布を与え、それを利用して変化点の数も決定できるような AIC を導出する。

(2) スパース正則化法を適用した比例ハザードモデルに対する AIC の導出

Tibshirani (1997) で扱われている LASSO 法を適用したモデルに対し、マルチンゲール理論に基づく統計的漸近理論と LASSO 法特有の統計的漸近理論 (Umezū & Ninomiya 2015) を融合させる。具体的には、部分尤度法に基づく LASSO 推定量の漸近分布を与え、正則化の度合を決定することのできる AIC を導出する。また、これを一般のスパース正則化法に対するものに拡張する。

(3) 最も単純な因果推論モデルに対する情報量規準の導出

「線形構造をもつ因果推論モデルにおいて、周辺構造のモデル選択のために C_p 型の情報量規準を開発する」という研究を完成させる。具体的には、実用性の高いシミュレーションモデルでの数値実験を幅広く行うとともに実データ解析を行い、理論的な妥当性のない既存の情報量規準と提案する情報量規準との性能比較を行う。

(4) 実践的な生存時間解析モデルへの拡張

比例ハザードモデルを拡張した実践的なモデルに対し、例えば生存時間に関わる経時変量も同時にモデル化したジョイントモデルに対し、変化点やスパース正則化法に関する上述の結果を拡張する。

(5) 一般の因果推論モデルへの拡張

線形構造をもつとは限らない因果推論モデルに対し、特に分散構造に興味があるような共分散構造分析で用いられる因果推論モデルに対し、周辺構造のモデル選択のための情報量規準を開発する。この場合には C_p 型の情報量規準は存在しないため、因果推論の目的に即した形のモデル選択の損失関数 (具体的には重み付きの Kullback-Leibler ダイバージェンス) を考え、その漸近不偏推定量としての AIC を導出する。

(6) 一般の傾向スコアモデルへの拡張

因果推論に限らない、欠測データの処理・選択バイアスの処理・サーベイサンプリングなどで用いられる基本的な傾向スコアモデルを考える。そして、傾向スコアを用いた方法 (逆確率重み付け推定法や二重頑健推定法) による推定量に関する統計的漸近理論を利用あるいは発展させ、因果推論でいうところの周辺構造 (つまり周辺分布に関する構造) のモデル選択のため、上述のような AIC を導出する。

(7) 共変量選択問題のための情報量規準の開発

傾向スコアには明示的に、周辺構造には潜在的に関わる共変量の選択問題を考える。「いくらモデルが複雑になろうとも共変量を取り込めば取り込むほど漸近的には良いモデル選択になる」といういわゆるパラドックスがあり、従来のような漸近論に基づく情報量規準が働かない状況となっている。パラドックスを解消するモデリングあるいは漸近論の枠組みを考え、新しいタイプのモデル選択理論の構築を目指す。

4. 研究成果

(1) 2021 年度

一般化線形モデルの因果推論版といえるような基本的なモデルに対し、傾向スコアに基づく標準的なセミパラメトリック推定法 (具体的には逆確率重み付け推定法や二重頑健推定法) を用いるための情報量規準を導出した、というのが前年度までの結果である。因果推論でも説明変数の候補数が大きいケースは当然あり、スパース推定が用いられるようになってきている。本年度の主結果は、そのスパース推定において必要となる正則化パラメータの決定のために、情報量規準を開発したことである。まず、正規分布ベースの因果推論モデルに対し、通常スパース推定においてほぼ弱点のない一般化 C_p 基準を導く SURE 理論を発展させ、逆確率重み付けスパース推定版の一般化 C_p 基準を漸近論に頼らず導いた。次に、正規分布ベースとは限らない一般の因果推論モデルに対し、二重頑健推定も念頭に、LASSO の漸近理論を傾向スコア解析のために発展させた。そして、逆確率重み付けスパース推定のための AIC タイプの情報量規準を与えると同時に、二重頑健スパース推定のため、基準自体にも二重頑健性をもたせたものを導いた。数値実験では、提案基準と形式的な議論で導かれた既存基準を比較し、ほぼすべてのケースで提

案基準が優越すること、多くのケースでその差は無視できないものであること(つまり変数選択の結果が大きく異なること)を検証した。また実データ解析では、実際に両基準による変数選択と推定値の違いが大きいことを確認した。

(2) 2020 年度

因果推論において基本的なものである周辺構造モデルに対し、傾向スコアを用いたセミパラメトリック推定法に対処できる情報量規準を、そのモデル選択問題のために導出した、というのが前年度までの結果である。基本的なものである逆確率重み付け推定だけでなく、二重頑健推定を扱い、また情報量規準自体に二重頑健性を持たせたり、ロジスティック回帰や構造方程式モデリングといった枠組みに対しても対処できるよう、AIC 型の情報量規準に拡張したりした。しかし、それらで推定対象にしたのは、常に ATE (Average Treatment Effect) であった。一方、応用の場では、ATT (Average Treatment effect on Treated) や ATU (Average Treatment effect on Untreated) が推定対象になることも多々ある。そこで、これらを含む一般の因果効果に対するものに情報量規準を拡張したのが、本年度の主結果である。情報量規準は、交絡変数を与えたときの割り当て変数の期待値と、交絡変数を与えたときの結果変数の期待値を含み、モデルが誤っていることを許容する二重頑健推定の設定で、これらは解析的に評価できない。しかし、これらが一つずつ積の形で現れるように一般化する限り、経験推定量で置き換えて漸近論で保証させることが可能である。副結果としては、通常用いられる Kullback-Leibler ダイバージェンスに基づく推定に加え、外れ値に強いダイバージェンスに基づく推定にも対応できる情報量規準への拡張を行った。この頑健性は上述の二重頑健性とは別種のものであり、その意味でこの推定・モデル選択手法は三重頑健性をもつと言える。

(3) 2019 年度

因果推論において基本的なものであ周辺構造モデルに対し、傾向スコアを用いたセミパラメトリック推定法に対処できる情報量規準を、そのモデル選択問題のために導出した、というのが前年度までの結果である。一方、近年重要になってきているのは、選択すべく交絡変数の数が多いときの話であり、機械学習分野を中心として今や標準ツールとなっているスパース推定法が利用されはじめてきている。そこで、これまでの結果にスパース推定法を組み込み、スパース推定法におけるモデル選択の度合いを定めるチューニングパラメータを与えるための情報量規準を導出した。これが本年度の主結果である。因果推論で利用されてきている既存のスパース推定法は、「結果変数に依存していても割当変数に依存していないと変数を落としてしまう」や「結果変数と交絡変数の関係が非線形であるときは扱えない」といった、因果推論においては致命的ともいえる弱点を有しているが、本設定はそれを克服したものとなっている。また、それら既存の方法は、良い性質を与えるチューニングパラメータのクラスを与えているのみであり、結局そのクラスの中の何を用いるかで恣意性を生じさせるものとなっているが、数理的妥当性をもつチューニングパラメータの一つを与える本結果は、そういった恣意性を有さない。結果は C_p 基準の形で与えているが、ロジスティック回帰や構造方程式モデリングといった枠組みに対しても対処できるよう、AIC 型の情報量規準に拡張することも可能な枠組みとなっている。また、スパース推定においては、チューニングパラメータの選択を除いて既存のパッケージを用いればよい方法となっており、実装が容易なものとなっている。

(4) 2018 年度

因果推論において基本的なものである周辺構造モデルに対し、傾向スコアを用いたセミパラメトリック推定法に対処できる C_p 基準を、そのモデル選択問題のために導出した、というのが前々年度の主結果である。そして、ロジスティック回帰や構造方程式モデリングといった枠組みに対しても対処できるよう、それを AIC 型の情報量規準に拡張した、というのが前年度の主結果である。本年度の主結果は、それが二重頑健性をもつようにカスタマイズする、というアイデアを完成させたことである。傾向スコアのモデリングと回帰項のモデリングのどちらかが誤っていても興味あるパラメータに対して一致性を与えるという二重頑健推定は、因果推論におけるホットトピックであるが、それはあくまで推定の話であった。つまり、前年度までに開発した情報量規準も、二つのモデリングが正しくて初めて有効といえるものであった。そこで、どちらかのモデリングさえ正しければ成立するような漸近理論を使い、そのもとで情報量規準のもととなるリスク(重み付き Kullback-Leibler 情報量)と漸近等価となるような量を導いた。それは真のパラメータにも依存した量であるが、TIC や GIC と同様、そのパラメータに一致推定量を代入し、それを二重頑健基準と名付けた。そして、ロジスティック回帰や構造方程式モデリングといった枠組みにおける数値実験で、既存の情報量規準である QICw との比較をおこない、提案した二重頑健基準の有用性を検証した。

(5) 2017 年度

因果推論において基本的なものである周辺構造モデルに対し、傾向スコアを用いたセミパラメトリック推定法に対処できる C_p 基準を、そのモデル選択問題のために導出した、というのが前年度の主結果である。しかし、 C_p 基準ということからわかるように、それは線形回帰の枠組みに限った話であった。本年度では、ロジスティック回帰や構造方程式モデリングといった枠組みに対しても対処できるよう、その情報量規準を拡張した。具体的には、まず、リスクを考える際に自然となるような、ある重み付きの Kullback-Leibler 情報量を二種類定義・提案した。一つは重みとして割り当て変数そのものを用いたものであり、もう一つは重みとして割り当て変数に逆確率をかけたものを用いたものである。そして、弱く無視できる割り当て条件を用い、それら情報量の漸近不偏推定量として基準を導出した。つまり AIC 型の情報量規準を導出したということであり、それらをそれぞれ $uAIC$, $wAIC$ と名付けた。そして、それら基準は既存の情報量規準である QIC_w と大きく異なる量となることを確認した。数値実験においては、真の分布と推定された分布の距離について、また、真の構造を含むモデルあるいはそれに近いモデルを選択する確率について、三つの基準を比較した。そして、 $uAIC$ はベストな結果を与えることはあるもののワーストな結果を与えることもあることを確認した。一方で、 $wAIC$ は常にベストに近い結果を与えることがわかった。

(6) 2016 年度

「最も単純な周辺構造モデルのモデル選択問題に対し、傾向スコアを用いたセミパラメトリック推定法に対処できる情報量規準を開発する」という研究を完成させた。周辺構造モデルとは因果推論において基本となるモデルであり、ある種のデータが欠測している潜在結果変数モデルとみなせるものである。その欠測メカニズムと結果変数に相関があるにもかかわらずナイーブに推定をおこなうと、推定値がバイアスをもつことになるため、傾向スコアを用いた逆確率重み付け推定や二重頑健推定がよく用いられる。しかし、この推定法に対処できるモデル選択法はこれまで十分に開発されておらず、数理的に妥当ではない情報量規準が用いられていた。そこで、情報量規準元来の考え方に基づいてそれを導き、それは既存の情報量規準とは大きく異なることを示した。そして、数値実験により新しく導いた情報量規準と既存の情報量規準を比較し、真の構造を含むモデルあるいはそれに近いモデルを選択する確率について、いずれのシミュレーション設定においても前者は後者をはっきりと上回ることを確認した。また、二重頑健推定はモデル誤特定に頑健な方法であることを踏まえ、モデル誤特定下におけるモデル選択の頑健性をチェックする感度分析をおこなった。さらに、運動が血圧に影響を与えるかどうかを調べる Honolulu Heart Program の実データを用いて実際にモデル選択をおこない、新しく導いた情報量規準と既存の情報量規準とは大きく異なる結果を与えることを確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Daeju Kim, Shuichi Kawano, Yoshiyuki Ninomiya	4. 巻 2102.00136
2. 論文標題 Smoothly varying ridge regularization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 arXiv preprint	6. 最初と最後の頁 1-21
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 Yoshiyuki Ninomiya, Yuta Umezu, Ichiro Takeuchi	4. 巻 2105.00416
2. 論文標題 Selective inference in propensity score analysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 arXiv preprint	6. 最初と最後の頁 1-32
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 Hisao Yoshida, Shuichi Kawano, Yoshiyuki Ninomiya	4. 巻 238
2. 論文標題 Discriminant Analysis via Smoothly Varying Regularization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Intelligent Decision Technologies	6. 最初と最後の頁 441-455
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-981-16-2765-1_37	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 Yoshiyuki Ninomiya, Satoshi Kuriki, Toshihiko Shiroishi, Toyoyuki Takada	4. 巻 214
2. 論文標題 A modification of MaxT procedure using spurious correlations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Statistical Planning and Inference	6. 最初と最後の頁 128-138
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jspi.2021.02.001	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 二宮 嘉行	4. 巻 331
2. 論文標題 選択的推論 ~ データサイエンスにおけるquiet scandalの克服 ~	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 エストレーラ	6. 最初と最後の頁 14-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Yoshiyuki Ninomiya	4. 巻 2110.12145
2. 論文標題 Prior intensified information criterion	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 arXiv preprint	6. 最初と最後の頁 1-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Takamichi Baba, Yoshiyuki Ninomiya	4. 巻 2110.14525
2. 論文標題 Doubly robust criterion for causal inference	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 arXiv preprint	6. 最初と最後の頁 1-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 二宮 嘉行	4. 巻 51
2. 論文標題 傾向スコア解析のための三重頑健情報量規準	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本統計学会誌	6. 最初と最後の頁 275-294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Yoshiyuki Ninomiya	4. 巻 2203.15308
2. 論文標題 Information criteria for sparse methods in causal inference	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 arXiv preprint	6. 最初と最後の頁 1-36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Ryoto Ozaki, Yoshiyuki Ninomiya	4. 巻 2203.15973
2. 論文標題 Information criteria for detecting change-points in the Cox proportional hazards model	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 arXiv preprint	6. 最初と最後の頁 1-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Yoshiyuki Ninomiya, Satoshi Kuriki, Toshihiko Shiroishi, Toyoyuki Takada	4. 巻 214
2. 論文標題 A modification of MaxT procedure using spurious correlations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Statistical Planning and Inference	6. 最初と最後の頁 128-138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jspi.2021.02.001	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 Hisao Yoshida, Shuichi Kawano, Yoshiyuki Ninomiya	4. 巻 238
2. 論文標題 Discriminant analysis via smoothly varying regularization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 13th KES International Conference on Intelligent Decision Technologies	6. 最初と最後の頁 441-455
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Satoshi Komatsu, Yuta Yamashita, Yoshiyuki Ninomiya	4. 巻 2
2. 論文標題 AIC for the Group Lasso in Generalized Linear Models	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Statistics and Data Science	6. 最初と最後の頁 545-558
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42081-019-00052-0	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 Umezū Yuta, Shimizu Yusuke, Masuda Hiroki, Ninomiya Yoshiyuki	4. 巻 71
2. 論文標題 AIC for the non-concave penalized likelihood method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Annals of the Institute of Statistical Mathematics	6. 最初と最後の頁 247-274
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10463-018-0649-x	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 Takamichi Baba, Takayuki Kanemori, Yoshiyuki Ninomiya	4. 巻 104
2. 論文標題 A Cp criterion for semiparametric causal inference	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Biometrika	6. 最初と最後の頁 845-861
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/biomet/asx054	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 Yoshiyuki Ninomiya, Shuichi Kawano	4. 巻 10
2. 論文標題 AIC for the LASSO in generalized linear models	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Electronic Journal of Statistics	6. 最初と最後の頁 2537-2560
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1214/16-EJS1179	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 Yuta Umez, Hidetoshi Matsuoka, Hiroshi Ikeda, Yoshiyuki Ninomiya	4. 巻 8(5)
2. 論文標題 Ridge-type regularization method for questionnaire data analysis	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Pacific Journal of Mathematics for Industry	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40736-016-0024-x	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13件(うち招待講演 2件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 二宮 嘉行
2. 発表標題 形式的な AIC が機能しない典型的な設定における AIC の再評価
3. 学会等名 統計関連学会連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 二宮 嘉行
2. 発表標題 事前分布強調型の情報量規準について
3. 学会等名 統計関連学会連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshiyuki Ninomiya
2. 発表標題 Some information criteria for semiparametric propensity score analysis
3. 学会等名 ISI-ISM-ISSAS Joint Conference
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 二宮 嘉行
2. 発表標題 傾向スコア解析におけるスパース推定のための情報量規準
3. 学会等名 日本統計学会春季集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 二宮 嘉行
2. 発表標題 傾向スコア解析におけるスパース推定と選択的推論
3. 学会等名 統計関連学会連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshiyuki Ninomiya
2. 発表標題 A Cp criterion for semiparametric causal inference
3. 学会等名 The 11th ICSA International Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 二宮 嘉行
2. 発表標題 変化点解析におけるモデル選択理論
3. 学会等名 リスク解析戦略研究センターシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 二宮 嘉行
2. 発表標題 一般化線形モデルにおける LASSO に対する AIC
3. 学会等名 研究討論会「土木工学におけるスパースモデリングの可能性」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 二宮 嘉行
2. 発表標題 計量生物学との交流からもたらされる数理統計研究の広がり・深化
3. 学会等名 統計関連学会連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 二宮 嘉行
2. 発表標題 変化点解析におけるモデル選択理論とその応用
3. 学会等名 研究集会「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 AIC for Change-Point Models and Its Application to a Biological Data Analysis
2. 発表標題 Yoshiyuki Ninomiya
3. 学会等名 ISI-ISM-ISSAS Joint Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshiyuki Ninomiya
2. 発表標題 Regularization parameter selection for sparse methods via AIC
3. 学会等名 9th Conference of the Asian Regional Section of the International Association for Statistical Computing
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 二宮 嘉行, 楊 道偉, 松井 秀俊
2. 発表標題 混合効果モデルに対する情報量規準とスパース推定
3. 学会等名 統計関連合同大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

二宮 嘉行 (Yoshiyuki Ninomiya) - マイポータル - researchmap https://researchmap.jp/read0093801/
--

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

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