

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K03415

研究課題名(和文)高次元多変量データに対して一貫性を持つ高速で簡便な変数選択法

研究課題名(英文)A fast and simple consistent variable selection method for high-dimensional multivariate data

研究代表者

柳原 宏和 (Yanagihara, Hirokazu)

広島大学・先進理工系科学研究科(理)・教授

研究者番号：70342615

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)：本研究課題では、目的変数や説明変数の個数が多いときの多変量線形回帰モデルにおいて、一貫性を持つ高速かつ簡便な変数選択法を提案した。ある説明変数が必要・不要の判断は、判定したい説明変数のみを抜いた候補のモデルとフルモデルのモデル選択規準の差により行った。使用するモデル選択規準の一貫性は、目的変数と説明変数の個数の和を標本数で割ったものが1未満の定数に収束するという条件の下で標本数を無限大とする漸近理論により評価した。この漸近理論で一貫性を保証することで、ある程度大きい標本数があれば、目的変数や説明変数の個数の大小にかかわらず、真の説明変数を選ぶ確率が高くなると期待できる変数選択法が提案できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題で提案する変数選択法は、ある程度大きい標本数があれば、目的変数や説明変数の個数の大小にかかわらず、選択確率が高くなると期待できる。よって、提案手法は、既存の変数選択法と一線を画す、計算時間が短く目的変数や説明変数の個数の大小によらないuser friendlyな手法であると言える。また、他の多変量解析法の変数選択法に拡張できる可能性があることから、提案手法は汎用性も高い変数選択法になることも期待できる。以上のことから、提案する変数選択法は現在広く利用されているスパース推定に基づく変数選択法に替わる標準的な手法になる可能性を秘めていると言える。

研究成果の概要(英文)：We proposed a fast and simple consistent variable selection method in multivariate linear regression models when the numbers of response and explanatory variables are large. The decision whether an explanatory variable is necessary or not is based on the difference between the model selection criteria of the full model and a candidate model in which only the target explanatory variable is removed. The consistency of the model selection criterion used was evaluated using asymptotic theory, in which the sample size goes to infinity under the condition that the sum of the numbers of response and explanatory variables divided by the sample size converges to a constant less than 1. By guaranteeing the consistency with this asymptotic theory, we could propose a variable selection method that is expected to increase the probability of selecting the true explanatory variables regardless of the sizes of the numbers of response and explanatory variables if the sample size is large enough.

研究分野：統計科学

キーワード：変数選択 多変量線形回帰モデル 一貫性 有効性 高次元漸近理論 情報量規準

1. 研究開始当初の背景

多変量線形回帰モデルは複数の目的変数(調べる対象となる変数)と説明変数(目的変数に影響を与えていると考えられる要因)の間の関係を記述するためのモデルである。このモデルにおいて、不要と判断された説明変数は目的変数に影響を与えていないとみなすことができるため、それぞれの説明変数が必要か不要かを判断する変数選択は、目的変数に対し影響を与えている要因を探索するという意味においても重要であると言える。未知の本当に正しい説明変数(真の説明変数と呼ぶ)が存在しているならば、実解析の多くの場面で、真の説明変数をできるだけ正しく選ぶことができる変数選択法が望まれる。しかし、有限標本の下では、真の説明変数を正しく選ぶ確率(選択確率と呼ぶ)を正確に評価することが非常に困難となる。そのため、多くの場合、標本数を無限大としたときの漸近選択確率を選択確率の近似値として用い、漸近選択確率が1となる性質(一致性と呼ぶ)を持つ変数選択法で代用される。実際、近似の精度が高ければ、一致性を持つ選択法はある程度大きい標本数で高い選択確率を持つことが期待できる。一方、研究開始当初では、ハードウェアの発達により、蓄積・解析できるデータ数が増加したため、多くの目的変数や説明変数を持つデータ(高次元データと呼ぶ)に対応できる多変量線形回帰モデルでの変数選択法の開発に対する需要が高まっていた。ここでは、多いといえども、目的変数の個数 p と説明変数の個数 k の和が標本数 n 未満であるとする。ところが、高次元データで安心して使用できる一致性を持つ変数選択法は、残念ながら研究当初は無い状態であった。

2. 研究の目的

多変量線形回帰モデルにおいては、以下の手法が一般的に広く用いられている変数選択法であった。

(I) モデル選択規準最小化法: k 個の説明変数の一部分を用いた候補のモデルで Mallows の C_p 規準(Mallows, 1973)などのモデル選択規準を計算する。このとき、すべての候補のモデルの中でモデル選択規準を最も小さくするモデルを最適なモデルとし、最適なモデルでの説明変数を最適な変数とする。この手法の長所と短所は以下の通りである。

[長所] 未知パラメータの推定は、繰り返し計算が不要なため非常に短時間でできる。

[短所] k が増えれば候補のモデルの個数が爆発的に増大するため、すべての候補のモデルでのモデル選択規準を計算することが物理的に不可能になることがある。

(II) グループ Lasso による変数選択法: k 個すべての説明変数を用いたフルモデルにおいて、各説明変数に対応する回帰係数を並べた回帰係数ベクトルの長さを罰則とした、罰則付き最小二乗法により未知パラメータを推定するスパース推定を用いた手法。罰則の強さを表すハイパーパラメータを適当に選ぶと、通常最小二乗法と異なり、回帰係数の推定値が正確にゼロとなる。そのとき、対応する回帰係数ベクトルの推定値がゼロベクトルとならなかった説明変数を最適な変数とする。この手法の長所と短所は以下の通りである。

[長所] モデル選択規準をすべての候補のモデルで計算する必要がないため、変数選択のための計算が物理的に不可能にならない。

[短所] 変数選択の計算が不可能でなくても、繰り返し計算を必要とするため、 k が増えるほど未知パラメータの推定と最適化にかかる時間が延びる。

k が大きいとき、(I)の手法は実装が難しく、(II)の手法は計算時間がかかるという問題がある。また、既存の変数選択法での一致性は、 n のみを無限大とする大標本漸近理論により評価しているため、 p や k が大きい場合には漸近選択確率の近似精度が悪くなる。そのため、既存の変数選択法で一致性を持つと保証されているものを高次元データで実装できたとしても、高い選択確率はたとえ大きな標本数があったとしても期待できない。本研究課題の目的は、既存の選択法(I)と(II)が持つ実装時間の問題と有限標本下での選択確率の問題を解消できる新たな変数選択法を提案することである。

3. 研究の方法

研究の目的を達成するために、具体的に以下のような変数選択法を提案する。

- 研究課題で提案する変数選択法: $(p+k)/n$ が1未満の定数に収束するという条件の下で n を無限大とする漸近理論(新たな漸近理論と呼ぶ)により一致性を保証したモデル選択規準を用いて、以下のアルゴリズムにより変数選択を行う(このアルゴリズムは Zhao, Krishnaiah & Bai, 1986 によって提案されたアルゴリズムなので、ここでは ZKB 法と呼ぶ)。

手順 1: 各説明変数に対して、その説明変数のみ取り除いたモデルとフルモデルのモデル選択規準の差を計算する。

手順 2: 手順 1 で求めた差が負になれば取り除いた説明変数を有効とし、差が正となれば取り除いた説明変数を有効でないとする。

手順 3: 最終的に有効と判断された説明変数の組を最適な説明変数とする。

提案手法の場合、計算負荷が小さいモデル選択規準の計算を k 個のモデルで行うだけなので、 k が増えたとしても(II)の手法よりも計算負荷ははるかに少ない。また、新たな漸近理論では、 p

と k は無限大の場合も固定の場合も含んでいるので、 p や k の大きさによって漸近選択確率の近似精度が悪くなることはない。そのため、提案する変数選択法は、ある程度大きい標本数があれば、 p や k の大小にかかわらず、選択確率が高くなると期待できる。よって、提案手法は、既存の変数選択法と一線を画す、計算時間が短く p や k の大小によらない user-friendly な手法であると言える。また、他の多変量解析法の変数選択法に拡張できる可能性があることから、提案手法は汎用性も高い変数選択法になることも期待できる。以上のことから、提案する変数選択法は現在広く利用されているスパース推定に基づく変数選択法に替わる標準的な手法になる可能性を秘めていると言える。ここで、本研究課題で用いるモデル選択規準は、標準化多変量残差平方和にモデルの複雑さに対する罰則の強さを調整する α にパラメータ数をかけた項を足すことで定義される一般化 C_p (Generalized C_p ; GC_p) 規準 (Atkinson, 1980; Nagai, Yanagihara & Satoh, 2012) と、モデルの最大対数尤度の -2 倍にモデルの複雑さに対する罰則の強さを調整する α にパラメータ数をかけた項を足すことで定義される一般化情報量規準 (Generalized Information Criterion: GIC; Nishii, 1984) である。 GC_p 規準や C_p 規準や修正 C_p (Modified C_p ; MC_p) 規準 (Fujikoshi & Satoh, 1997) を特別な場合として含み、GIC は、赤池情報量規準 (Akaike's Information Criterion: AIC; Akaike, 1973)、ベイズ型情報量規準 (Bayesian Information Criterion: BIC; Schwarz, 1978) などを特別な場合として含む。

4. 研究成果

- (1) GC_p 規準を用いたときの一致性【雑誌論文：[1]Oda & Yanagihara(2020)】：研究目的にもあげたが、本研究課題の目的は、ZBK 法に基づく変数選択法において、新たな漸近理論により一致性が保証されるモデル選択規準を提案することである。ZKB 法では、ある説明変数がある有効か否かを判別する統計量 (判別関数と呼ぶ) は、モデル選択規準の差として定義される。論文[1]では、 GC_p 規準を用いたときの判別関数が独立なカイ二乗分布に従う確率変数に比の和、もしくは独立なカイ二乗分布と非心カイ二乗分布に従う確率変数の比の和で表現できることを示し、そのモーメントとマルコフの不等式を使って、ある説明変数が選ばれる漸近確率のオーダーを新たな漸近理論の下で評価した。その結果から、常に一致性を持つような α の条件を導出し、それを使った新たなモデル選択規準を提案した。数値実験により新しいモデル選択規準を用いた ZKB 法は、標本数がある程度の大きければ、 p や k の大きさにかかわらず選択確率が高くなることも確かめられた。一方で、提案した変数選択法に比べ、従来の方法であるグループ Lasso を用いた変数選択法は大きいところで計算時間が 100 倍近くかかり、また有限標本の下での選択確率も低くなる傾向があることが確かめられた。
- (2) GIC を用いたときの一致性【雑誌論文：[2]Oda & Yanagihara(2021)】： CG_p 規準以外に広く用いられているモデル選択規準として、GIC がある。論文[2]では、GIC を用いた ZKB 法について、論文[1]と同様な判別関数の表現をつかって、常に一致性を持つような α の条件を新たな漸近理論の下で導出し、それを使った新たなモデル選択規準を提案した。また、数値実験により、新しいモデル選択規準を用いた ZKB 法は、標本数がある程度の大きければ、 p や k の大きさにかかわらず選択確率が高くなることも確かめられた。
- (3) 正規性の仮定の除去【雑誌論文：[3]柳原(2019)】：論文[1]と[2]の両方とも、一般の次数のモーメントの正確な表現が必要であったため、正規性の仮定が真のモデルにされている。この仮定は k も大きいかもしれないという状況を考えるときはどうしようもないが、 k は n に比べると大きくないという状況を考えるのであれば、外すことも可能となる。この状況の下では、モデル選択規準最小化法を行うことが可能となるので ZKB 法は必要でなくなり、考える漸近理論も p/n が 1 未満の定数に収束するという条件の下で n を無限大とする高次元漸近理論となる。この状況の下で、論文[3]では、 GC_p 規準と GIC のどちらにおいても、候補のモデルと真のモデルのモデル選択規準の差が、サイズが n と p のどちらにも依存しない冪等行列の関数として表せることを示した。ここでの冪等行列は、真の分布がどのような確率分布に従っていたとしても、各対角成分は独立ではないが同一な確率分布に従い、また各非対角成分も独立ではないが同一な確率分布に従う。冪等行列の成分の絶対は 1 以下であることに注意すれば、この行列の成分は必ず期待値を持つことがわかる。この期待値を使って GC_p 規準と GIC のどちらにおいても常に一致性を持つような α の条件を非正規性の下で導出することが可能となり、それを使った新たなモデル選択規準を提案した。
- (4) 他の多変量モデルへの拡張【雑誌論文：[4]Oda, Suzuki, Yanagihara & Fujikoshi(2020), [5]Oda, Yanagihara & Fujikoshi(2021); [6]Oda, Mima, Yanagihara & Fujikoshi(2021)】：研究成果(1)、(2)、(3)は、多変量線形回帰モデルでの変数選択に関する結果であるが、これらの結果はその他の多変量モデルへ拡張することが可能である。論文[4]では、正準相関判別分析において、研究成果(2)と同様に GIC を用いた ZKB 法で変数選択を行ったとき、常に一致性を持つような α の条件を新たな漸近理論の下で導出し、それを使った新たなモデル選択規準を提案した。本研究課題において一致性とは厳密に言えば弱一致性のことを示しているが、選ばれた変数の組み合わせが真の変数の組み合わせに収束する確率が 1 となるような強一致性について考えることができる。論文[5]では、正準相関分析において GIC を用いて変数選択を行ったとき、研究成果(3)と同様の高次元漸近理論の下で常に強一致性を持つような α の条件を導出し、それを使った新たなモデル選択規準を提案した。また、変数選択の一致性とは直接関係ないが、モデル選択規準において、そのバイアス補正も重要な問題である。高次

元データに対しては、高次元漸近理論の下でバイアスを補正したモデル選択規準の方が大標本漸近理論の下でバイアス補正したモデル選択規準よりも近似的な意味で妥当であると言える。論文[6]では、多変量逆回帰モデルにおける変数選択での AIC のバイアスを高次元漸近理論の下で補正した新たなバイアス補正 AIC を提案した。

- (5) 多変量線形モデルにおける有効性【学会発表：[7]柳原(2018), [8]小田・柳原(2021)】：変数選択問題において一致性も重要な性質ではあるが、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も重要な性質であると言える。特に、有効性を持つモデル選択規準で変数選択を行えば、漸近的に予測の意味で良い変数選択法であるといえる。ただ、有効性に関しては ZKB 法ではうまくいかないのが、 k は n に比べると大きくないという状況、つまり、高次元漸近理論の下で考える。研究発表[7]では、 GC_p 規準を用いた変数選択において、ロス関数として期待残差平方和を考えたときに常に漸近ロス有効性と漸近平均有効性を持つような α の条件を高次元漸近理論の下で導出し、それを使った新たなモデル選択規準を提案した。研究発表[8]では、GIC を用いた変数選択において、ロス関数として KL 情報量を考えたときに常に漸近ロス有効性を持つような α の条件を高次元漸近理論の下で導出し、それを使った新たなモデル選択規準を提案した。さらに数値実験により、 p の大小によらず、ある程度大きな標本数の下で、高い確率で予測精度の高いモデルを最適なモデルとして選択できていることが確かめられた。
- (6) 罰則付き推定のアルゴリズムの開発【雑誌論文：[9]Yanagihara & Oda(2021), [10]Ohishi, Fukui, Okamura, Itoh & Yanagihara(2021), [11] Ohishi, Okamura, Itoh & Yanagihara(2021), [12]Yamamura, Ohishi & Yanagihara(2021)】：本研究課題において比較対象であるグループ Lasso による変数選択法は罰則付き推定に基づくもので、本研究課題を進める上で、それらの推定アルゴリズムについても新しい結果を得ることができた。論文[9]では、正規性の下での対数尤度の -1 倍に基づく目的関数にグループ Lasso 型の罰則項を加えた罰則付き対数尤度関数を最小にするためのブロックワイズ座標降下法の更新式を求めた。論文[10], [11]では、残差平方和に基づく目的関数に種類の異なる fused Lasso 型の罰則項を加えた罰則付き残差平方和を最小にするための座標降下法の更新式を求めた。また論文[12]では、論文[10]の結果を利用して、ロジスティック fused Lasso 回帰を最適化し、離散型平滑化を行う手法を提案した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Ohishi Mineaki, Yanagihara Hirokazu, Kawano Shuichi	4. 巻 72
2. 論文標題 Equivalence between adaptive Lasso and generalized ridge estimators in linear regression with orthogonal explanatory variables after optimizing regularization parameters	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Annals of the Institute of Statistical Mathematics	6. 最初と最後の頁 1501 ~ 1516
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10463-019-00734-2	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, Fujikoshi Yasunori	4. 巻 83
2. 論文標題 Strong consistency of log-likelihood-based information criterion in high-dimensional canonical correlation analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sankhya A	6. 最初と最後の頁 109 ~ 127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13171-019-00174-3	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, Wakaki Hirofumi	4. 巻 193
2. 論文標題 Optimization of generalized Cp criterion for selecting ridge parameters in generalized ridge regression	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Smart Innovation, Systems and Technologies	6. 最初と最後の頁 267 ~ 278
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-15-5925-9_23	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 Fukui Keisuke, Ohishi Mineaki, Yamamura Mariko, Yanagihara Hirokazu	4. 巻 193
2. 論文標題 A fast optimization method for additive model via partial generalized ridge regression	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Smart Innovation, Systems and Technologies	6. 最初と最後の頁 279 ~ 290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-15-5925-9_24	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規準の大標本・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 Yanagihara, H.	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 Oda Ryoya, Mima Yoshie, Yanagihara Hirokazu, Fujikoshi Yasunori	4. 巻 50
2. 論文標題 A high-dimensional bias-corrected AIC for selecting response variables in multivariate calibration	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications in Statistics - Theory and Methods	6. 最初と最後の頁 1 ~ 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/03610926.2019.1705978	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 Kamo Ken-ichi, Yanagihara Hirokazu	4. 巻 20
2. 論文標題 Ridge estimate application to growth function	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 FORMATH	6. 最初と最後の頁 1 ~ 12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15684/formath.20.002	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 -

1. 著者名 Ohishi M., Fukui K., Okamura K., Itoh Y., Yanagihara H.	4. 巻 50
2. 論文標題 Coordinate optimization for generalized fused Lasso	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications in Statistics - Theory and Methods	6. 最初と最後の頁 5955 ~ 5973
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/03610926.2021.1931888	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, Yanagihara Hirokazu	4. 巻 238
2. 論文標題 A consistent likelihood-based variable selection method in normal multivariate Linear regression	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Smart Innovation, Systems and Technologies	6. 最初と最後の頁 391 ~ 401
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_33	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 Yanagihara Hirokazu, Oda Ryoya	4. 巻 238
2. 論文標題 Coordinate descent algorithm for normal-likelihood-based group Lasso in multivariate linear regression	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Smart Innovation, Systems and Technologies	6. 最初と最後の頁 429 ~ 439
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_36	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, Okamura Kensuke, Itoh Yoshimichi, Yanagihara Hirokazu	4. 巻 238
2. 論文標題 Optimizations for categorizations of explanatory variables in linear regression via generalized fused Lasso	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Smart Innovation, Systems and Technologies	6. 最初と最後の頁 457 ~ 467
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_38	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 Yamamura Mariko, Ohishi Mineaki, Yanagihara Hirokazu	4. 巻 238
2. 論文標題 Spatio-temporal adaptive fused Lasso for proportion data	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Smart Innovation, Systems and Technologies	6. 最初と最後の頁 479 ~ 489
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_40	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, Fujikoshi Yasunori	4. 巻 83
2. 論文標題 Strong consistency of log-likelihood-based information criterion in high-dimensional canonical correlation analysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sankhya A	6. 最初と最後の頁 109 ~ 127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13171-019-00174-3	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26件 (うち招待講演 10件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Ohishi, M., Yanagihara, H., Wakaki, H.
2. 発表標題 Optimization of generalized Cp criterion for selecting ridge parameters in generalized ridge regression
3. 学会等名 12th International KES Conference, IDT-20 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Fukui, K., Ohishi, M., Yamamura, M., Yanagihara, H.
2. 発表標題 A fast optimization method for additive model via partial generalized ridge regression
3. 学会等名 12th International KES Conference, IDT-20 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大石峰暉・山村麻理子・柳原宏和
2. 発表標題 ロジスティック回帰モデルにおけるgeneralized fused Lassoの座標降下法
3. 学会等名 第15回日本統計学会春季集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 望月教平・柳原宏和
2. 発表標題 Post-selection Inference for linear regression via KOO method with general-formed variable selection criterion
3. 学会等名 第15回日本統計学会春季集会
4. 発表年 2021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貫性
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 Yanagihara, H.
2. 発表標題 High-dimensionality-adjusted consistent information criterion in multivariate linear models
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 Yanagihara, H.
2. 発表標題 Consistent generalized C_p 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 Oda, R., Yanagihara, H.
2. 発表標題 A consistent variable selection method in the high-dimensional multiple responses linear regression
3. 学会等名 The 5th Institute of Mathematical Statistics Asia Pacific Rim Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ohishi, M., Yanagihara, H.
2. 発表標題 A fast algorithm for solving model selection criterion minimization problem in generalized ridge
3. 学会等名 The 5th Institute of Mathematical Statistics Asia Pacific Rim Meeting (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 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 Fused Lassoを用いた地域分類～マンションの賃料に対する地域効果のモデリング～
3. 学会等名 2018年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福井敬祐・山村麻理子・柳原宏和・Solvang, H. K.・Oien, N.・Haug, T.
2. 発表標題 ミンククジラの身体データを例とした粗密がある空間データでのFused Lassoによる空間効果の推定
3. 学会等名 2018年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小田凌也・柳原宏和
2. 発表標題 Group Lasso 型罰則項を伴う重み付き残差平方和の最小化に基づく多変量線形回帰モデルの推定
3. 学会等名 2018年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木裕也・小田凌也・柳原宏和・藤越康祝
2. 発表標題 正準判別分析における一致性を持つ高次元変数の選択法
3. 学会等名 2018年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永井 勇・小田凌也・柳原宏和
2. 発表標題 Sparse Group Lasso を用いたGMANOVAモデルの変数選択
3. 学会等名 2018年度統計関連学会連合大会
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 Yanagihara, H., Oda, R.
2. 発表標題 Coordinate descent algorithm for normal-likelihood-based group Lasso in multivariate linear regression
3. 学会等名 13th International KES Conference, IDT-21 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ohishi, M., Okamura, K., Itoh, Y., Yanagihara, H.
2. 発表標題 Optimizations for categorizations of explanatory variables in linear regression via generalized fused Lasso
3. 学会等名 13th International KES Conference, IDT-21 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yamamura, M., Ohishi, M., Yanagihara, H.
2. 発表標題 Spatio-temporal adaptive fused Lasso for proportion data
3. 学会等名 13th International KES Conference, IDT-21 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Oda, R., Yanagihara, H.
2. 発表標題 A consistent likelihood-based variable selection method in normal multivariate linear regression
3. 学会等名 13th International KES Conference, IDT-21 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大石峰暉・岡村健介・伊藤嘉道・柳原宏和
2. 発表標題 Generalized fused Lassoによる説明変数のカテゴリの最適化
3. 学会等名 2021年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小田凌也・柳原宏和
2. 発表標題 Asymptotically KL-loss efficiency of GIC in normal multivariate linear regression models under the high-dimensional asymptotic framework
3. 学会等名 2021年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柳原宏和
2. 発表標題 GICとGcP: 高次元漸近理論の下での漸近性質の比較
3. 学会等名 第16回日本統計学会春季大会(招待講演)
4. 発表年 2022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	二宮 嘉行 (Ninomiya Yoshiyuki) (50343330)	統計数理研究所・数理・推論研究系・教授 (62603)	

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
研究協力者	福井 敬祐 (Fukui Keisuke) (50760922)	広島大学・先進理工系科学研究科(理)・准教授 (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			
ノルウェー	Institute of Marine Research			