

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K03409

研究課題名（和文）高次元データにおける高次漸近理論の開拓とその応用

研究課題名（英文）New developments for high-dimensional higher-order asymptotics and its applications

研究代表者

矢田 和善（YATA, KAZUYOSHI）

筑波大学・数理物質系・准教授

研究者番号：90585803

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）：高次元統計解析における高次漸近論を新たに開拓し、高次元データにおける柔軟かつ高精度な方法論を導出した。高次元データにおける高次バイアスの補正と高次統計量を利用した、高次元平均ベクトル・共分散行列の推定・検定、高次元判別分析、高次元クラスタリング、と様々な高次元統計的推測に、高精度かつ柔軟で汎用性の高い方法論を提供することが可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、理論的困難さゆえに未開拓であった、高次元統計解析の高次漸近論を新たに開拓した。次元数 d と標本数 n が織りなす高次漸近論を構築することで、高次元データに対する精密な理論と、それに基づく高精度かつ柔軟な方法論を提供することが可能となり、学問的に新規で独創的な研究になっている。高次漸近論から導かれる方法論は、 d が小さな多変量データにも推測の精度を保証できるので、非常に汎用性が高く、多様な高次元データの解析を必要とする社会へもインパクトが期待できる。なお、本研究の着眼点やアプローチは、研究代表者と分担者の共同研究で得られた知見が基になっており、極めてオリジナリティーが高い。

研究成果の概要（英文）：We developed higher-order asymptotic theories for higher-dimensional statistical analysis. Based on higher-order bias-corrected estimators and higher-order statistics for high-dimensional data, we provided highly flexible and accurate statistical methodologies such as inferences for high-dimensional mean vectors and covariance matrices, high-dimensional discriminant analysis, high-dimensional clustering.

研究分野：数理統計学

キーワード：高次元統計解析 高次元PCA 高次バイアス補正 高次元判別分析 高次元統計的検定 高次元クラスタリング

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。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初, 研究代表者の所属するグループが中心となり, 様々な高次元共分散モデルにも柔軟に対応できる高次元統計解析法が開発されていた。特に, 標本数 n と次元数 d の比が $n/d \rightarrow 0$ となる高次元小標本については, 非常に強力な手法であった。しかし, n/d の場合や, n と d が同程度に小さい場合, 従来の多変量解析法と比べ高次元統計解析法が常に優れているとは保証できないケースもみられ, 実際, 多変量解析法が良い精度を与える事例もいくつか報告されていた。

2. 研究の目的

高次元統計解析において理論的な困難さゆえにこれまで議論されてこなかった高次漸近論に正面から取り組み, 理論の精密化と, それに基づく柔軟かつ高精度な方法論を提供することを目指し, 次の4つを研究目的とした。

- (1) 高次元強スパイクモデルにおけるデータ変換法の確立
- (2) 高次元統計量における高次漸近論の開拓
- (3) 新たな高次元スパース PCA の考案
- (4) 高精度かつ柔軟な高次元統計的方法論の構築

本研究により, 高次元統計解析の適用範囲を広げ, 高精度で柔軟な解析法を提供できると考えた。

3. 研究の方法

(1) 巨大な固有値を包含する強スパイクモデルにおいて, 漸近論は破綻する。巨大な固有値の影響を受けて統計量の収束が悪くなり, 推測の精度は著しく低下する。巨大な固有値を無効化する空間を探索しデータをその空間に射影して, 巨大な固有値を含まない弱スパイクモデルに帰着させるデータ変換法を, 各種統計的推測に開発する。

(2) 高次元データに高次漸近論を開拓する困難さは, データの相関に起因する。データの相関が強いほど独立性から乖離し, 漸近論の構築が困難になる。データの相関が強いほど固有値は大きい。それゆえ, 研究目的(1)で考案するデータ変換法を適用し, データの相関を弱め, 変数間を独立な関係に近づける。独立性を前提とした漸近論に類似する漸近論を次元数 d に関しても展開し, 高次元統計量に d と n が織りなす高次漸近論を開拓する。

(3) 研究代表者は Yata and Aoshima (2012, JMA) でノイズ掃き出し法を開発し, 高次元小標本のもと解の一致性を示した。しかし, 次元数 d と標本数 n が同時に小さいと精度が下がる。一方, Shen and Huang (2008, JMA) は従来型 PCA にスパースモデリングを融合し, PCA に簡易な解を与えた。しかし, 従来型 PCA は高次元小標本の枠組みに一致性をもつ解がない。本研究は, ノイズ掃き出し法をスパースモデリングに融合させることで正則化ノイズ掃き出し法を考案し, PCA に簡潔な解釈を与える。

(4) 研究目的(2)で構築する高次漸近論を用いて 高次元統計量の高次のバイアス項を考慮する。高次バイアス項は固有値や固有ベクトルなどの PCA の特徴量に起因することが予想される。それゆえ, 研究目的(3)で考案する高次元スパース PCA 法を用いて, バイアス項を推定・補正する

ことで新たな高次元統計量を構築する。バイアス補正した高次元統計量を推定・検定、判別分析、クラスター分析等に如何に組み込むかを考え、小さな次元をもついわゆる多変量データにも適用できる汎用性の高い方法論を提供する。

4. 研究成果

(1) Aoshima and Yata (2018, Sinica)で考案したデータ変換の技法を発展させ、各種統計的推測に応用した。巨大なノイズを含む高次元データにおける、平均ベクトル・共分散行列の統計的推測や高次元判別分析など、各種推測にデータ変換を用いた高精度な統計的理論と柔軟な方法論を新たに構築した。

(2) 研究目的(1)で考案するデータ変換法を適用し、巨大なノイズを除去することで、高次元データの特徴空間を浮き彫りにし、高次の特徴量の特定と抽出に成功した。一方で、世界的に見て理論研究が進んでいない高次元カーネルPCAについて、一致性を与える条件と適切なカーネルの選択法を提案した。高次元カーネルPCAにより、例えば、母集団間の距離を2次以上のモーメントまでの特徴量で捉えることに成功した。

(3) ノイズ掃き出し法をスパースモデリングに融合させることで正則化ノイズ掃き出し法を考案した。具体的には、ノイズ掃き出し法による固有ベクトルについて、その成分の小さいものから順に0とし、適切にスパース化することで、すべての成分の一致性という高い精度をもつまでノイズ掃き出し法を改良した。さらに、その正則化ノイズ掃き出し法をクラスタリングに応用し、300万次元をもつ超高次元な次世代シーケンサーデータにおいても、高速かつ高精度な解析ができることを例示した。

(4) Aoshima and Yata (2014, AISM)で提案した幾何学的表現に基づく2次判別法に研究目的(1)と(2)によるノイズ除去法を適用し、高次のバイアス項の影響を取り払った新たな2次判別法を提案した。さらに、既存の判別方式と理論的な比較を行い、それぞれの判別方式の最適性を適用条件として導出し、判別方式を選ぶための指標を与えた。また、研究目的(2)で導出した高次元カーネルPCAの漸近理論を用いて、クラスター間の距離を高次の特徴量で捉え、高精度な高次元クラスタリングを可能にした。これらの高次漸近論に基づく方法論は、小さな次元をもついわゆる多変量データにも適用でき、汎用性の高い方法論を提供できた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 15件）

1. 著者名 Nakayama Yugo, Yata Kazuyoshi, Aoshima Makoto	4. 巻 185
2. 論文標題 Clustering by principal component analysis with Gaussian kernel in high-dimension, low-sample-size settings	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Multivariate Analysis	6. 最初と最後の頁 無し
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmva.2021.104779	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 Egashira Kento, Yata Kazuyoshi, Aoshima Makoto	4. 巻 4
2. 論文標題 Asymptotic properties of distance-weighted discrimination and its bias correction for high-dimension, low-sample-size data	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Statistics and Data Science	6. 最初と最後の頁 821 ~ 840
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42081-021-00135-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 -
1. 著者名 青嶋 誠、石井 晶、矢田和善	4. 巻 73
2. 論文標題 論説：高次元小標本における統計的仮説検定	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 数学	6. 最初と最後の頁 360 ~ 379
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Ishii Aki, Yata Kazuyoshi, Aoshima Makoto	4. 巻 188
2. 論文標題 Geometric classifiers for high-dimensional noisy data	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Multivariate Analysis	6. 最初と最後の頁 無し
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmva.2021.104850	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 Yata Kazuyoshi, Aoshima Makoto	4. 巻 47
2. 論文標題 Geometric consistency of principal component scores for high-dimensional mixture models and its application	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scandinavian Journal of Statistics	6. 最初と最後の頁 899 ~ 921
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/sjos.12432	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 Nakayama Yugo, Yata Kazuyoshi, Aoshima Makoto	4. 巻 72
2. 論文標題 Bias-corrected support vector machine with Gaussian kernel in high-dimension, low-sample-size settings	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 1257 ~ 1286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10463-019-00727-1	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 石井 晶、矢田和善、青嶋 誠	4. 巻 49
2. 論文標題 単一強スパイク固有値モデルにおける高次元平均ベクトルの2標本検定	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 応用統計学	6. 最初と最後の頁 109 ~ 125
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5023/jappstat.49.109	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 江頭健斗、矢田和善、青嶋 誠	4. 巻 2157
2. 論文標題 高次元におけるDistance Weighted Discriminationについて	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 数理解析研究所講究録	6. 最初と最後の頁 1-10
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 小西啓介、矢田和善、青嶋 誠	4. 巻 2157
2. 論文標題 High-dimensional covariance matrix estimation under the SSE model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 数理解析研究所講究録	6. 最初と最後の頁 11-20
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 石井 晶、矢田和善、青嶋 誠	4. 巻 2157
2. 論文標題 Tests for high-dimensional covariance structures under the non-strongly spiked eigenvalue model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 数理解析研究所講究録	6. 最初と最後の頁 21-30
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Aoshima Makoto, Yata Kazuyoshi	4. 巻 21
2. 論文標題 High-dimensional quadratic classifiers in non-sparse settings	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Methodology and Computing in Applied Probability	6. 最初と最後の頁 663-682
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11009-018-9646-z	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 Ishii Aki, Yata Kazuyoshi, Aoshima Makoto	4. 巻 2
2. 論文標題 Inference on high-dimensional mean vectors under the strongly spiked eigenvalue model	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 105-128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42081-018-0029-z	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 Aoshima Makoto, Yata Kazuyoshi	4. 巻 71
2. 論文標題 Distance-based classifier by data transformation for high-dimension, strongly spiked eigenvalue models	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 473-503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10463-018-0655-z	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 Ishii Aki, Yata Kazuyoshi, Aoshima Makoto	4. 巻 294
2. 論文標題 A quadratic classifier for high-dimension, low-sample-size data under the strongly spiked eigenvalue model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Springer Proceedings in Mathematics and Statistics	6. 最初と最後の頁 131-142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-28665-1_10	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 石井 晶, 矢田和善, 青嶋 誠	4. 巻 2124
2. 論文標題 強スパイク固有値モデルにおける高次元一標本検定とその応用について	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 数理解析研究所講究録	6. 最初と最後の頁 56-64
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 中山優吾, 矢田和善, 青嶋 誠	4. 巻 2124
2. 論文標題 Soft-margin SVMs in the HDLSS context	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 数理解析研究所講究録	6. 最初と最後の頁 44-55
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ishii Aki, Yata Kazuyoshi, Aoshima Makoto	4. 巻 202
2. 論文標題 Equality tests of high-dimensional covariance matrices under the strongly spiked eigenvalue model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Statistical Planning and Inference	6. 最初と最後の頁 99 ~ 111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jspi.2019.02.002	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 Yata Kazuyoshi, Aoshima Makoto, Nakayama Yugo	4. 巻 37
2. 論文標題 A test of sphericity for high-dimensional data and its application for detection of divergently spiked noise	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sequential Analysis	6. 最初と最後の頁 397 ~ 411
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/07474946.2018.1548850	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 矢田和善, 石井 晶, 青嶋 誠	4. 巻 2091
2. 論文標題 An equality test of high-dimensional covariance matrices under the SSE model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 数理解析研究所講究録	6. 最初と最後の頁 22-30
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 中山優吾, 矢田和善, 青嶋 誠	4. 巻 2091
2. 論文標題 A general framework of SVM in HDLSS settings	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 数理解析研究所講究録	6. 最初と最後の頁 14-21
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 遠藤紘平, 矢田和善, 青嶋 誠	4. 巻 2091
2. 論文標題 A test for high-dimensional covariance matrices via the extended cross-data-matrix methodology	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 数理解析研究所講究録	6. 最初と最後の頁 1-13
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計76件 (うち招待講演 22件 / うち国際学会 19件)

1. 発表者名 石井 晶、矢田和善、青嶋 誠
2. 発表標題 強スパイク固有値モデルにおける高次元2次判別
3. 学会等名 応用統計学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ishii Aki, Yata Kazuyoshi, Aoshima Makoto
2. 発表標題 High-dimensional quadratic classifiers under the strongly spiked eigenvalue model
3. 学会等名 IISA 2021 Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ishii Aki, Yata Kazuyoshi, Aoshima Makoto
2. 発表標題 High-dimensional classifiers under the strongly spiked eigenvalue model
3. 学会等名 The 4rd International Conference on Econometrics and Statistics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yata Kazuyoshi、Ishii Aki、Aoshima Makoto
2. 発表標題 Tests for covariance structures in high-dimensional data
3. 学会等名 The 4rd International Conference on Econometrics and Statistics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nakayama Yugo、Yata Kazuyoshi、Aoshima Makoto
2. 発表標題 Clustering by kernel PCA with Gaussian kernel and tuning for high-dimensional data
3. 学会等名 The 4rd International Conference on Econometrics and Statistics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yata Kazuyoshi、Aoshima Makoto
2. 発表標題 Sparse PCA for high-dimensional data based on the noise-reduction methodology and its application
3. 学会等名 The 63rd ISI World Statistics Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹内 努、矢田和善、青嶋 誠、石井 晶、江頭健斗、河野 海、中西康一郎、Suchetha Cooray、河野孝太郎
2. 発表標題 高次元統計学の方法による銀河の分光マップの解析
3. 学会等名 科研費シンポジウム「多様な分野における統計科学に関する理論と方法論の革新的展開」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 矢田和善、石井 晶、青嶋 誠
2. 発表標題 高次元データにおけるノイズ構造の高精度な解析に基づく統計的推測
3. 学会等名 統計関連学会連合大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石井 晶、矢田和善、青嶋 誠
2. 発表標題 単一強スパイク固有値モデルにおける高次元平均ベクトルの2標本検定
3. 学会等名 統計関連学会連合大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中山優吾, 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 高次元における重み付き判別分析とデータ変換法について
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 Nakayama Yugo, Yata Kazuyoshi, Aoshima Makoto
2. 発表標題 Asymptotic properties of high-dimensional kernel PCA and its applications
3. 学会等名 International Symposium on New Developments of Theories and Methodologies for Large Complex Data (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 江頭健斗、矢田和善、青嶋 誠
2. 発表標題 階層的クラスタリングの高次元漸近的性質について
3. 学会等名 京都大学数理解析研究所研究集会「ベイズ法と統計的推測」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中山優吾、矢田和善、青嶋 誠
2. 発表標題 高次元主成分スコアに基づく異常値の検出法
3. 学会等名 日本数学会年度会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂東拓馬、清 智也、矢田和善
2. 発表標題 高次元における客観的総合指標の一致性
3. 学会等名 日本数学会年度会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 矢田和善、青嶋 誠
2. 発表標題 高次元スパースPCAの一致性とその応用
3. 学会等名 2020年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中山優吾、矢田和善、青嶋 誠
2. 発表標題 高次元小標本における異常値の検出
3. 学会等名 2020年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石井 晶、矢田和善、青嶋 誠
2. 発表標題 Tests of high-dimensional correlation matrices under the strongly spiked eigenvalue model
3. 学会等名 2020年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 江頭健斗、矢田和善、青嶋 誠
2. 発表標題 高次元データにおける距離加重判別分析の漸近的性質とバイアス補正
3. 学会等名 2020年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 坂東拓馬、清 智也、矢田和善
2. 発表標題 客観的総合指数とその高次元漸近理論による一致性について
3. 学会等名 2020年度統計関連学会連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石井 晶、矢田和善、青嶋 誠
2. 発表標題 高次元固有ベクトルの検定について
3. 学会等名 日本数学会2020年度秋季総合分科会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中山優吾、矢田和善、青嶋 誠
2. 発表標題 Clustering by kernel principal component analysis for high-dimensional data
3. 学会等名 日本数学会2020年度秋季総合分科会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 竹内 努、河野 海、中西康一郎、矢田和善、青嶋 誠、石井 晶、江頭健斗
2. 発表標題 High-dimensional statistics for integral field spectroscopic data
3. 学会等名 初代星初代銀河研究会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中山優吾、矢田和善、青嶋 誠
2. 発表標題 高次元カーネル主成分分析に基づく異常値の検出
3. 学会等名 科研費シンポジウム「大規模複雑データの理論と方法論：最前線の動向と新たな展開」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢田和善、青嶋 誠
2. 発表標題 Sparse PCA by the noise-reduction methodology
3. 学会等名 科研費シンポジウム「大規模複雑データの理論と方法論：最前線の動向と新たな展開」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 竹内 努、河野 海、中西康一郎、矢田和善、青嶋 誠、石井 昴、江頭健斗
2. 発表標題 Analysis of spatially resolved galaxy spectra as a high-dimensional low-sample size data problem
3. 学会等名 科研費シンポジウム「大規模複雑データの理論と方法論：最前線の動向と新たな展開」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中山優吾、矢田和善、青嶋 誠
2. 発表標題 高次元データにおける異常値の検出について
3. 学会等名 科研費シンポジウム「機械学習・統計学・最適化の数理とAI技術への展開」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐々木拓真、矢田和善、青嶋 誠
2. 発表標題 高次元相互共分散行列の特異値分解とその応用
3. 学会等名 科研費シンポジウム「統計科学の革新にむけて」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 江頭健斗、矢田和善、青嶋 誠
2. 発表標題 高次元におけるDWDとWDWDのバイアス補正とその比較
3. 学会等名 科研費シンポジウム「統計科学の革新にむけて」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中山優吾、矢田和善、青嶋 誠
2. 発表標題 高次元におけるカーネル主成分分析の漸近的性質と異常値の検出への応用
3. 学会等名 日本数学会2021年度年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 江頭健斗、矢田和善、青嶋 誠
2. 発表標題 距離加重判別分析の高次元漸近的性質
3. 学会等名 日本数学会2021年度年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takeuchi Tsutomu, Kono Kai, Yata Kazuyoshi, Aoshima Makoto, Ishii Aki, Nakanishi Koichiro, Egashira Kento, Cooray Suchetha, Kohono Kotatro
2. 発表標題 High-dimensional statistical analysis of the ALMA spectroscopic map of a nearby galaxy NGC 253
3. 学会等名 Galaxy Evolution Workshop 2020 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹内 努、河野 海、中西康一郎、矢田 和善、青嶋 誠、石井 晶、江頭健斗
2. 発表標題 Analysis of integral field spectroscopic data as a high-dimensional low-sample size data problem
3. 学会等名 日本天文学会2021年春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Aki Ishii, Kazuyoshi Yata, Makoto Aoshima
2. 発表標題 Tests for high-dimensional covariance structures under the SSE model
3. 学会等名 International Symposium on Theories and Methodologies for Large Complex Data (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Aki Ishii, Kazuyoshi Yata, Makoto Aoshima
2. 発表標題 Inference on mean vectors for high-dimensional data with the strongly spiked eigenstructure
3. 学会等名 The 3rd International Conference on Econometrics and Statistics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuyoshi Yata, Aki Ishii, Makoto Aoshima
2. 発表標題 A high-dimensional quadratic classifier by data transformation for strongly spiked eigenvalue models
3. 学会等名 The 3rd International Conference on Econometrics and Statistics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuyoshi Yata
2. 発表標題 A test of sphericity for high-dimensional data and its application for detection of divergently spiked noise
3. 学会等名 The 7th International Workshop in Sequential Methodologies (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 高次元相互共分散行列の特異値推定について
3. 学会等名 日本数学会年度会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石井 晶, 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 高次元固有ベクトルの検定について
3. 学会等名 日本数学会年度会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石井 晶, 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 高次元データに対する共分散構造の検定
3. 学会等名 京都大学数理解析研究所研究集会「統計的モデルの新展開」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小西啓介, 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 ノイズ掃き出し法に基づく共分散行列の推定
3. 学会等名 京都大学数理解析研究所研究集会「統計的モデルの新展開」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 江頭健斗, 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 高次元データにおけるDistance Weighted Discriminationについて
3. 学会等名 京都大学数理解析研究所研究集会「統計的モデルの新展開」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石井 晶, 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 データ変換を用いた高次元判別分析について
3. 学会等名 科研費シンポジウム「多様な高次元モデルにおける理論と方法論, 及び, 関連分野への応用」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小西啓介, 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 High-dimensional covariance matrix estimation under the strongly spiked eigenvalue model
3. 学会等名 科研費シンポジウム「多様な高次元モデルにおける理論と方法論, 及び, 関連分野への応用」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 江頭健斗, 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 Asymptotic properties of distance weighted discrimination and its bias correction in HDLSS settings
3. 学会等名 科研費シンポジウム「多様な高次元モデルにおける理論と方法論, 及び, 関連分野への応用」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石井 晶, 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 単一強スパイク固有値モデルに対する高次元平均ベクトルの2標本検定
3. 学会等名 科研費シンポジウム「統計的推測および確率解析に関する総合的研究」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢田和善
2. 発表標題 高次元の統計学: 高次元PCAとその応用
3. 学会等名 応用統計ワークショップ(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中山優吾, 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 Asymptotic properties of kernel PCA with Gaussian kernel for high-dimensional data
3. 学会等名 科研費シンポジウム「統計学と機械学習の数理と展開」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 高次元混合データにおける幾何学的一致性について
3. 学会等名 日本数学会秋季総合分科会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石井 晶, 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 単一強スパイク固有値モデルにおける高次元二標本検定
3. 学会等名 日本数学会秋季総合分科会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Aki Ishii, Kazuyoshi Yata, Makoto Aoshima
2. 発表標題 Tests for high-dimensional covariance structures based on the eigenstructures
3. 学会等名 統計関連学会連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小西啓介, 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 強スパイク固有値モデルにおける高次元共分散行列の推定
3. 学会等名 統計関連学会連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中山優吾, 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 カーネル主成分分析に基づく高次元データのクラスタリングとチューニング
3. 学会等名 統計関連学会連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢田和善, 石井 晶, 青嶋 誠
2. 発表標題 データ変換を用いた高次元2次判別方式について
3. 学会等名 統計関連学会連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢田和善, 石井 晶, 青嶋 誠
2. 発表標題 Geometrical quadratic discriminant analysis for high-dimension, strongly spiked eigenvalue models
3. 学会等名 科研費シンポジウム「高次元複雑データの統計モデリング」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuyoshi Yata, Aki Ishii, Makoto Aoshima
2. 発表標題 A high-dimensional quadratic classifier under the strongly spiked eigenvalue model
3. 学会等名 The 14th Workshop on Stochastic Models, Statistics and their Application (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Aki Ishii, Kazuyoshi Yata, Makoto Aoshima
2. 発表標題 Tests of high-dimensional mean vectors and its application under the SSE model
3. 学会等名 Waseda International Symposium "Introduction of General Causality to Various Data & its Applications" (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuyoshi Yata, Makoto Aoshima
2. 発表標題 A high-dimensional quadratic classifier after feature selection
3. 学会等名 International Symposium on Statistical Theory and Methodology for Large Complex Data (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Aki Ishii, Kazuyoshi Yata, Makoto Aoshima
2. 発表標題 Tests of high-dimensional mean vectors under the SSE model
3. 学会等名 International Symposium on Statistical Theory and Methodology for Large Complex Data (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Aki Ishii, Kazuyoshi Yata, Makoto Aoshima
2. 発表標題 Equality tests for high-dimensional covariance matrices
3. 学会等名 The 27th South Taiwan Statistics Conference (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuyoshi Yata, Makoto Aoshima
2. 発表標題 Regularized PCA for high-dimensional data based on the noise reduction methodology
3. 学会等名 Fifth 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 Kazuyoshi Yata, Makoto Aoshima, Aki Ishii
2. 発表標題 Inference on high-dimensional mean vectors under the strongly spiked eigenvalue model
3. 学会等名 The 9th International Workshop on Applied Probability (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuyoshi Yata, Makoto Aoshima
2. 発表標題 Consistency properties of regularized noise reduction methodology in high-dimensional settings
3. 学会等名 The 4th International Society of NonParametric Statistics Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青嶋 誠, 矢田和善, 仲木 竜
2. 発表標題 計量生物学における高次元統計解析の可能性
3. 学会等名 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 Aki Ishii, Kazuyoshi Yata, Makoto Aoshima
2. 発表標題 Equality tests of high-dimensional covariance matrices on the basis of strongly spiked eigenvalues
3. 学会等名 Waseda International Symposium "Introduction of General Causality to Various Data & its Innovation of the Optimal Inference"
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Aki Ishii, Kazuyoshi Yata, Makoto Aoshima
2. 発表標題 Equality tests of high-dimensional covariance matrices with strongly spiked eigenstructures
3. 学会等名 The 2nd International Conference on Econometrics and Statistics
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 矢田和善, 青嶋 誠, 石井 晶
2. 発表標題 拡張クロスデータ行列法による高次元共分散構造の検定について
3. 学会等名 日本数学会年度会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石井 晶, 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 強スパイクモデルにおける固有空間の推測と高次元平均ベクトルの検定
3. 学会等名 京都大学数理解析研究所研究集会「最尤法とベイズ法」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中山優吾, 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 カーネル主成分分析に基づく高次元データのクラスタリングについて
3. 学会等名 京都大学数理解析研究所研究集会「最尤法とベイズ法」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 高次元平均ベクトルの一致推定について
3. 学会等名 日本数学会秋季総合分科会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石井 晶, 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 Strongly spiked eigenvalueモデルにおける高次元相関ベクトルの検定について
3. 学会等名 日本数学会秋季総合分科会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 変数選択を用いた高次元2次判別方式について
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 中山 優吾, 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 高次元カーネル主成分分析の漸近的性質とその応用
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 石井 晶, 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 A quadratic classifier for high-dimensional data under the strongly spiked eigenvalue model
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 矢田和善, 青嶋 誠, 石井 晶
2. 発表標題 高次元共分散構造に関する検定の一般化について
3. 学会等名 科研費シンポジウム「多変量データ解析法における理論と応用」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石井 晶, 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 Tests for high-dimensional covariance matrices and correlation matrices under the strongly spiked eigenvalue model
3. 学会等名 科研費シンポジウム「融合する統計科学」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中山優吾, 矢田和善, 青嶋 誠
2. 発表標題 カーネル主成分分析に基づく高次元データのクラスタリング
3. 学会等名 科研費シンポジウム「予測モデリングとその周辺 -機械学習・統計科学・情報理論からのアプローチ-」
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 青嶋 誠, 矢田和善	4. 発行年 2019年
2. 出版社 共立出版	5. 総ページ数 120
3. 書名 高次元の統計学	

〔産業財産権〕

〔その他〕

青嶋研究室ホームページ http://www.math.tsukuba.ac.jp/~aoshima-lab/jp/trios http://www.trios.tsukuba.ac.jp/researcher/0000000526

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	青嶋 誠 (Aoshima Makoto) (90246679)	筑波大学・数理物質系・教授 (12102)	

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			
韓国	Seoul National University			
ノルウェー	University of Stavanger			