

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K11188

研究課題名（和文）統計的推測における縮小推定法の新たな展開に関する研究

研究課題名（英文）New development of shrinkage estimation methods in statistical inference

研究代表者

久保川 達也（Kubokawa, Tatsuya）

東京大学・大学院経済学研究科（経済学部）・教授

研究者番号：20195499

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、統計的推測において（A）混合効果モデルを利用した小地域推定理論の新展開、（B）多次元母数の同時推定に関するスタイン問題の新たな展開、（C）高次元多変量モデルにおける縮小推定法の有効性・有用性、の3つのトピックに関して様々な推測問題を扱い、有効性・最適性などに関する理論的な性質を調べ、応用面からの有用性を示す結果を得た。

特に、歪んだ正規分布を変量効果の分布として組み込んだ小地域推定の新たな理論の構築とデータ解析への適用を行い有用性を示した。また多変量の歪んだ正規分布における平均ベクトルの同時推定という新たな問題に挑戦し、縮小推定量のミニマックス性について条件を導出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題では、統計的決定理論と小地域推定理論に関する様々なトピックについて新たな理論の構築と応用での有用性が示されており、これらの分野への理論研究の貢献を与えている。特に、歪んだ正規分布やランク落ちした共分散行列などを組み込んだ新たなモデルの提案と新たな推測手法の導出は挑戦的な取り組みであり、これらの分野の次のステップへの貢献に繋がる。また、小地域推定は官庁統計・政府統計において重要な分野であるので、数理統計学からの新たな理論的な貢献は応用的にも意味があると考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this research project, various inference problems were addressed regarding three topics: (A) new developments in small area estimation theory using mixed effects models, (B) new developments in the Stein problem concerning simultaneous estimation of multidimensional parameters, and (C) the effectiveness and usefulness of shrinkage estimation methods in high-dimensional multivariate models. Theoretical properties regarding the effectiveness and optimality and the usefulness from an applied perspective were investigated.

In particular, a new theory of small area estimation incorporating skew-normal distribution as the distribution of random effects was developed and its usefulness was demonstrated through data analysis. Additionally, a new challenge of simultaneous estimation of mean vectors in skew-normal distributions and derivation of conditions for minimaxity of shrinkage estimators were addressed.

研究分野：統計学

キーワード：統計的決定理論 縮小推定 多変量解析 小地域推定 ミニマックス性 高次元解析 ベイズ推定

1. 研究開始当初の背景

統計的推測理論の近年の発展の中で、特に注目されるのが、小地域推定、縮小推定、高次元解析である。

小地域推定については、小地域データの分析で利用されるモデルは線形混合モデルで、変量効果と誤差項に正規分布を仮定するのが標準的な方法である。しかし、収入や価格のデータを扱うとき、対称な正規分布よりも歪んだ正規分布の方が適している場合がある。このようなデータを小地域推定の枠組みで扱う場合、モデルの歪度パラメータを精度良く推定できるか、また小地域推定の文脈で議論されるところの、予測誤差の2次近似と2次不偏推定量の導出を行うことができるかが課題となる。モデルが複雑になる分だけ解析的な扱いが困難になるため、このモデルはほとんど研究されてこなかった。

また、従来扱われてきたモデルは一変量のモデルで、収入と支出のデータを同時に扱うような多変量の線形混合モデルについては、分散成分の共分散行列の推定の扱いが難しくなるため、あまり研究されてこなかったのが現状である。混合効果モデルを利用する研究論文は近年多数出版されており、そうした研究動向をサーベイし、有益な知識と情報を論文として広く提供することが大切である。混合効果モデルと小地域推定に関する研究のサーベイを行うことよって、新たな統計モデルとその推測手法の開発に繋がることのできる。

縮小推定については、主に多変量正規分布の平均ベクトルの経験ベイズ推定量や階層ベイズ推定量のミニマックス性が論じられてきた。近年、事前分布の共分散行列が非正則である場合が問題になっている。共分散行列のランクが落ちて正則でなくなる例としては、変数同士の類似度もしくは関連の程度を共分散行列に組み込む場合に共分散行列のランクが落ちてしまうことが知られている。また時間軸上の平滑化及び空間の平滑化の問題において同様な問題が現れる。このような状況での縮小推定量の性質はほとんど研究されてこなかった。この問題設定は、理論上興味深いだけでなく、空間統計解析において地域同士の関連の度合いを共分散行列に組み入れると、共分散行列のランクが落ちてしまうので、応用上の問題も生ずる。また、歪んだ正規分布を多次元に拡張した多変量歪み正規分布において、平均ベクトルの同時推定の問題については、縮小推定に関する理論研究はこれまで扱われてこなかった。

高次元解析については、次元がデータ数より大きくなる場合、多変量解析の様々な手法は標本共分散行列の逆行列に基づいているので、そうした従来の手法が利用できなくなる。例えば、多変量正規分布の行列平均の推定問題を考えてみると、Efron and Morris (1972)による行列縮小型ミニマックス推定量は、標本共分散行列の逆行列を用いるため、次元がデータ数に近いときには不安定になってしまう。こうした問題の解決に向けて理論上優れた推定手法の導出が望まれる。

2. 研究の目的

本研究課題では、統計的推測において直面している諸問題に対して、数理統計学の立場から縮小推定による新たな解決策を導出し、推定誤差の漸近2次近似による評価や有効性・最適性などに関する理論的な性質を調べ、現実のデータ解析を通して応用面からの有用性を示すことを目的とした。具体的には、(A)混合効果モデルを利用した小地域推定理論の新展開、(B)多次元母数の同時推定に関するスタイン問題の新たな展開、(C)高次元多変量モデルにおける縮小推定法の有効性・有用性、の3つの問題を扱った。いずれも従来の統計手法をそのまま用いたのでは問題があり、縮小推定手法が従来の手法の欠陥を解決していて、しかも理論的及び応用的側面から従来の手法を優越することを示した。特に、(A)で扱う小地域推定は官庁統計・政府統計の分野において重要な分野であり、数理統計からの理論的な解決策がこの分野のデータ解析に大きな貢献を与えることを目的とした。

3. 研究の方法

(A)混合効果モデルを利用した小地域推定理論の新展開については、具体的に次のような問題を考えた。

(A1) 歪度正規分布を用いた小地域推定

変量効果に歪度正規分布を仮定したモデルを提案し、小地域の経験ベイズ推定量の導出とその平均2乗誤差の2次漸近近似とその2次不偏推定量を考察した。特に、モデルのパラメータである歪度パラメータに対して、一致推定量をモーメント法で導出した。歪んだ分布を扱うときには、歪度パラメータを精度よく推定できるかが課題となる。

(A2) 多変量小地域モデルを用いた推測

従来のFay-Herriotモデルを多変量Fay-Herriotモデルへ拡張し、従来の推測理論が拡張できるかを確認した。特に、分散成分は共分散行列になり非負定値で一致性をもつ推定量の構成が課題となる。さらに、枝分かれ誤差回帰モデルを多変量に拡張したモデルを扱うときには、2つに共分散行列の推定を行う必要があるため、その推定手法の提案と、その後の経験最良線形不偏予測量の2次漸近近似に関する理論研究には多次元の複雑な計算を行う必要がある。

(A3) 分散成分の新たな推定法

混合効果モデルには変量効果と誤差項に分散成分が埋め込まれているため、非負で一致性をもつ推定量の導出が望まれる。分布に正規性を仮定しないノンパラメトリックな設定のもとで、一般的な推定方程式に基づいた分散成分の推定を考え、その漸近共分散行列の導出と漸近2次バイアスの導出を考察した。また、枝分かれ誤差回帰モデルにおいて、群間分散の推定問題について共分散情報を利用した新たな推定量をモーメント方程式に基づいて求めることを考察した。

(A4) 離散混合効果モデルにおける母数の推定問題

混合効果モデルに関連して、離散分布の混合モデルとして知られているガンマ・ポアソンモデルやベータ・2項モデルの母数推定を扱い、形状母数などの推定問題について考察した。スコア調整法を用いて簡便な推定手法の導出を目指した。

(A5) 小地域推定のための様々なモデルの検討

小地域推定と混合効果モデルに関するこれまでの研究成果をサーベイし、様々なモデルの検討を行った。

(B) 多次元母数の同時推定に関するスタイン問題の新たな展開については、具体的に次のような問題を考えた。

(B1) 非正則事前分布を用いた平均ベクトルの縮小推定

多変量正規分布の平均ベクトルに対して、その事前分布の共分散行列が非正則である場合に、平均ベクトルの経験ベイズ推定量と階層ベイズ推定量を導出し、それらのミニマックス性の条件をリスクの不偏推定量から求めた。

(B2) 多変量歪み正規分布における推定理論

多変量歪み正規分布の平均ベクトルの同時推定の問題について、歪み正規分布が、正規分布の平均ベクトルに打ち切り正規分布を仮定することによって得られることに注意し、この性質を使って縮小推定量のミニマックス性の条件を導出した。また多変量の歪み正規分布の共分散行列の推定問題を考察した。

(B3) ポアソン分布や多標本正規分布における縮小推定

多標本のポアソン分布モデルの平均の同時推定問題や多標本の多変量正規分布の平均行列の同時推定問題を考察し、ミニマックス性の条件を調べた。

(C) 高次元多変量モデルにおける縮小推定法の有効性・有用性については、具体的に次のような問題を考えた。

(C1) 行列平均の高次元推定問題

正規分布の行列平均の推定問題については、Efron and Morris(1972)による行列縮小型ミニマックス推定量において、標本共分散行列の逆行列の代わりにリッジ型の逆行列を用いることを提案し、その縮小推定量のミニマックス性について取り組んだ。

(C2) 高次元線形縮小推定問題

分布の正規性を仮定しない枠組みで、高次元の平均ベクトルを推定する際に、平均ベクトルがある線形空間に入ることが疑われる場合に、標本平均をその空間に制約された推定量の方向へ縮小する推定量を提案し、縮小関数についての最適な推定量を求め、提案手法と従来の方法をリスク関数の挙動を通して数値的に比較した。

4. 研究成果

個々のトピックについて研究成果を説明する。

(A) 混合効果モデルを利用した小地域推定理論の新展開

(A1) 歪度正規分布を用いた小地域推定

収入や価格のデータには対称な正規分布よりも歪んだ正規分布の方が適応がいい場合がある。このようなデータを小地域推定の枠組みで扱い、変量効果に歪度正規分布を仮定したモデルを提案した。小地域のベイズ推定量を導出し、モデルのパラメータの推定をモーメント法で推定した結果を代入することにより、経験ベイズ推定量を与えた。また、経験ベイズ推定量の平均2乗誤差の2次漸近近似とその2次不偏推定量を求めた。数値的に提案手法の良さを調べるとともに京浜急行線沿いの土地の公示価格の予測問題に適用した。この実例において、変量効果の分布が歪んだ正規分布が適切であることを確認した。

(A2) 多変量小地域モデルを用いた推測

従来の一変量のモデルを多変量 Fay-Herriot モデルへ拡張することを考えた。この場合、分散成分は共分散行列になり非負定値で一致性をもつ推定量を構成し経験最良線形不偏予測量の平均2乗誤差行列の2次近似と2次漸近不偏推定量の導出を行った。また分布に正規性を仮定しない場合についても、上述の結果が成り立つ、いわゆる頑健性についても研究成果を得た。

さらに、枝分かれ誤差回帰モデルを多変量に拡張し、しかも分布に正規性を仮定しないときに、経験最良線形不偏予測量の導出とその平均2乗誤差行列の2次近似と2次漸近不偏推定量の導出を行った。そして数値実験による評価とともに実データへの適用についても検討した。

多変量 Fay-Herriot モデルにおける信頼領域を構成する問題においても、経験最良線形

不偏予測量に基づいた信頼領域で、被覆確率が名目信頼係数に 2 次漸近近似の意味で一致するものを導出した。

(A3) 分散成分の新たな推定法

混合効果モデルを利用した小地域推定については、変量効果と誤差項の分布に正規性を仮定しないノンパラメトリックな設定のもとで、一般的な推定方程式に基づいた分散成分の推定を考え、その漸近共分散行列の導出と漸近 2 次バイアスの導出を行った。特に、枝分かれ誤差回帰モデルにおいて、群間分散の推定問題について共分散情報を利用した新たな推定量をモーメント方程式に基づいて求めた。これは分散情報に基づいて導出される従来の推定量とは異なっており、推定量の漸近分散を導出して推定誤差の性質を調べ比較検討した。また共分散情報と分散情報による 2 つの統計量の線形結合において漸近分散を最小にするような最適な係数を求めて、最適係数をもつ新たな推定量も提案した。このようにして求めた群間分散の不偏推定量の欠点として、正の確率で負の値をとることが知られている。この問題に対して、正の値をとる推定量に修正する方法を新たに提案した。この手法は、正の値をとるだけでなく、群間成分の一致推定量であり、しかも漸近分散が修正する前の推定量の漸近分散と 2 次のオーダーまで一致するという画期的な方法である。提案された推定量と従来の推定量とを平均 2 乗誤差とバイアスを通して数値的に比較した。

(A4) 離散混合効果モデルにおける母数の推定問題

混合効果モデルに関連して、離散分布の混合モデルとして知られているガンマ・ポアソンモデルやベータ・2 項モデルの母数推定を扱い、形状母数などの推定問題について考察した。最尤推定量は EM アルゴリズムを用いて計算されるが、アルゴリズムの各ステップにおいて方程式を数値的に解くループが入るため計算時間がかかってしまう。そこで、スコア調整法を適用することによって、そのループを回避して計算時間を短縮する手法を提案し数値実験を通して良さを確認した。

(A5) 小地域推定のための様々なモデルの検討

結合関数を未知とするときに階層ベイズモデルを用いて小地域推定を行うための統計手法の開発や、有限母集団のパラメータを推定するための適応型変換モデルに関する研究を行った。小地域推定と混合効果モデルに関するこれまでの研究成果を調査し、研究サーベイの論文を作成した。

(B) 多次元母数の同時推定に関するスタイン問題の新たな展開

(B1) 非正則事前分布を用いた平均ベクトルの縮小推定

多変量正規分布の平均ベクトルに対して、その事前分布の共分散行列が非正則である場合を扱った。共分散行列のランクが落ちて正則でなくなる例は、各変数間に関係性を埋め込んだ共分散行列を考える場合や時間軸上の平滑化及び空間の平滑化の問題において現れる。このような状況での縮小推定量の性質はほとんど研究されてこなかった。そこで、ランク落ちした共分散行列をもつ事前分布に対して、平均ベクトルの経験ベイズ推定量と階層ベイズ推定量を導出し、それらのミニマックス性の条件を求めた。上で述べた例の多くはミニマックス性の条件を満たすことを示し、数値的にそれらの良さを検証した。また、空間統計解析において地域同士の関連の度合いを共分散行列に組み入れると、共分散行列のランクは落ちるので、得られた手法を Fay-Herriot モデルと呼ばれる小地域推定のモデルに適用した。小地域推定の文脈では経験ベイズ推定量の推定誤差の漸近評価と 2 次不偏推定量の導出が求められるが、それらをランク落ちした共分散行列の枠組みで行った。更に誤差評価の 2 次近似において提案手法が通常のを改良するための条件を与えた。

(B2) 多変量歪み正規分布における推定理論

正規分布より歪んだ分布が現実のデータ解析の場面にしばしば遭遇する。その歪みの程度を組み入れた分布として歪度正規分布が知られていて、その理論的な性質が研究されてきた。そこで、多次元に拡張した多変量歪み正規分布において、平均ベクトルの同時推定の問題を取り上げた。多変量歪み正規分布での推定理論はこれまで議論されてこなかった問題であるが、歪み正規分布は、正規分布の平均ベクトルが打ち切り正規分布に従う混合分布として表されることが特徴であり、この性質を使って、縮小推定量のミニマックス性の条件を導出した。しかし、ミニマックス性の条件は歪度が大きくなると満たされなくなることがわかった。そこで、経験ベイズ推定量を求めて近似的な性質を調べてみると、歪みが大きい時にはあまり縮小せず、歪みが小さいときには大きく縮小することがわかった。しかし、経験ベイズ推定量は扱いにくい形をしているのでその理論的な性質を求めるのは困難である。そこで、経験ベイズ推定量と同様な性質をもち扱いやすい簡便な推定量を提案し、そのミニマックス性の条件を与えた。そして数値的にも優れていることを示した。

また多変量の歪み正規分布の共分散行列の推定問題を考察した。この問題は、非心ウィシャート分布の尺度行列の推定問題に帰着されることを示し、ミニマックス性などの性質を論じた。多変量正規分布のもとで得られている改良手法は多変量歪度正規分布においても利用できることを示した。

(B3) ポアソン分布や多標本正規分布における縮小推定

標本数が異なる多標本のポアソン分布モデルを考え、平均の同時推定に関して正則な事前分布を用いたベイズ推定量でミニマックス性をもつものを導出した。さらに、ポアソン分

布の平均が制約されているときにベイズ予測分布が制約無しのを改良することを示した。また、多標本の平均ベクトルを並べた行列を同時推定する枠組みにおいてミニマックスで許容的な推定量の導出を行った。

(C) 高次元多変量モデルにおける縮小推定法の有効性・有用性について

(C1) 行列平均の高次元推定問題

正規分布の行列平均の推定問題については、Efron and Morris(1972)による行列縮小型ミニマックス推定量が代表的であるが、標本共分散行列の逆行列を用いるため、次元 p がサンプルサイズ n より大きい時はこの推定量を用いることができず、また、次元とサンプルサイズが近い値をとるような時には精度の改善の程度があまり良くない。そこで、サンプルサイズと次元がともに大きくなるような高次元の設定で有効に働くような推定量として、標本共分散行列の逆行列の代わりにリッジ型の逆行列を用いた縮小推定量を提案した。提案した縮小推定量のリスク関数の不偏推定量を求め、それがミニマックス性を満たすための縮小関数の重み a, b の条件を求めた。更に、リスク関数を最小化する最適な a, b の重みを求めると、未知のパラメータの関数として得られるので、その最適な重みの推定量を与えた。その最適な推定量を代入したリッジ型縮小推定量がミニマックスになるための条件を導出した。重みが確率変数になるため、このミニマックス性の証明は非常に難しかったが、不等式を駆使して証明に辿り着くことができた。

この問題では重み a, b の最適な重み関数の推定量を提案したが、次元 p が無限に大きくなる、いわゆる高次元の設定において、その最適性を示した。この証明には、Siverstein (1995), Wang, Pan, Tong and Zhu (2015)の方法を用いた。事前分布の仮定のもと固有値の漸近的挙動を表現するランダム行列理論を用いることにより、提案した重みの推定量が高次元の漸近理論において最適な重み関数に確率収束することを証明した。最後に数値実験を通して様々な次元での提案手法の良さを調べた。特に、 p と n が近いときには、従来の推定量は極めて不安定になりリスクが大きくなるが、提案手法は安定しリスクの大きな改善がなされていることがわかった。

(C2) 高次元線形縮小推定問題

分布の正規性を仮定しない枠組みで、高次元の平均ベクトルを推定する際に、平均ベクトルがある線形空間に入ることが疑われる場合には、標本平均をその空間に縮小する手法が考えられる。線形空間のもとではその空間上での最適な推定量(ここでは制約推定量と呼ぶ)が得られるので、標本平均を制約推定量の方向へ縮小する線形縮小推定量を取り上げた。線形とは、標本平均と制約推定量の重み付き平均をとることを意味しており、リスク関数の不偏推定量を与えることによって、最適な重み関数の推定量を求めた。高次元の漸近理論において、提案した重みの推定量が最適な重み関数に収束することを示した。また、疑われる空間が2つある場合に、その2つの空間の方向へ縮小する2重線形縮小推定量を考え、重み関数の最適解とその推定量の一致性を高次元において証明した。最後に、正規分布、 t -分布などにおいて、提案手法と従来の方法をリスク関数の挙動を通して数値的に比較した。

また、これに関連して同様な線形縮小推定量を分散のスタイン問題に適用した議論を行った。これは、標本分散が標本平均の情報を用いることによってリスク関数の改善が図れるというものであるが、従来は正規分布の元で研究されてきた。これを分布の正規性の仮定を外した上で、標本分散と標本平均の2乗との重み付き平均を考え、リスク関数の不偏推定量から、最適な重み関数の推定量を求めた。このようにして得られた線形縮小推定量が、正規分布のもとでは従来のスタイン型打ち切る推定量に一致することを示した。提案した推定量が、正規分布、 t -分布などにおいて優れたリスクの挙動を与えることを数値的に示した。更に、線形回帰モデルへの拡張を行った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計31件（うち査読付論文 30件 / うち国際共著 13件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Y. Hamura, T. Kubokawa	4. 巻 217
2. 論文標題 Bayesian predictive density estimation for a chi-squared model using information from a normal observation with unknown mean and variance	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Statistical Planning and Inference	6. 最初と最後の頁 33 - 51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jspi.2021.07.004	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 久保川達也	4. 巻 60
2. 論文標題 データサイエンスと線形代数	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 数理科学	6. 最初と最後の頁 35 - 42
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 Y. Hamura, T. Kubokawa	4. 巻 85
2. 論文標題 Bayesian predictive density estimation with parametric constraints for the exponential distribution with unknown location	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Metrika	6. 最初と最後の頁 515 - 536
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00184-021-00840-3	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 S. Chaudhuri, T. Kubokawa, S. Sugasawa	4. 巻 56
2. 論文標題 Covariance based moment equations for improved variance component estimation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Statistics	6. 最初と最後の頁 1290 - 1318
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/02331888.2022.2144856	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 T. Ito and T. Kubokawa	4. 巻 211
2. 論文標題 Corrected empirical Bayes confidence region in a multivariate Fay-Herriot model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Statistical Planning and Inference	6. 最初と最後の頁 12 - 32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jspi.2020.05.008	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 R. Nakada, T. Kubokawa, M. Ghosh and S. Karmakar	4. 巻 183
2. 論文標題 Shrinkage estimation with singular priors and an approach to small area estimation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Multivariate Analysis	6. 最初と最後の頁 1 - 18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmva.2021.104726	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 Y. Ikeda, R. Nakada, T. Kubokawa and M.S. Srivastava	4. 巻 50
2. 論文標題 Linear shrinkage estimation of the variance of a distribution with unknown mean	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications in Statistics - Theory and Methods	6. 最初と最後の頁 2039 - 2047
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/03610926.2019.1657457	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 T. Ito and T. Kubokawa	4. 巻 50
2. 論文標題 Empirical best linear unbiased predictors in multivariate nested-error regression model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications in Statistics - Theory and Methods	6. 最初と最後の頁 2224 - 2249
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/03610926.2019.1662048	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 T. Kubokawa, S. Sugasawa, H. Tamae and S. Chaudhuri	4. 巻 4
2. 論文標題 General unbiased estimating equations for variance components in linear mixed models	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 841 - 859
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42081-021-00138-8	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 H. Tsukuma and T. Kubokawa (2020)	4. 巻 49
2. 論文標題 Estimation of a covariance matrix in multivariate skew-normal distribution	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Communications in Statistics - Theory and Methods	6. 最初と最後の頁 1174-1200
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/03610926.2018.1554137	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 T. Ghosh, M. Ghosh and T. Kubokawa	4. 巻 74
2. 論文標題 On the loss robustness of least squares estimator	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 American Statisticians	6. 最初と最後の頁 64-67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00031305.2018.1529626	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 T. Kubokawa, W.E. Strawderman and R. Yuasa	4. 巻 49
2. 論文標題 Shrinkage estimation of location parameters in a multivariate skew-normal distribution	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Communications in Statistics - Theory and Methods	6. 最初と最後の頁 2008-2024
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/03610926.2019.1568481	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 Y. Hamura and T. Kubokawa	4. 巻 49
2. 論文標題 Bayesian predictive distribution for a Poisson model with a parameter restriction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Communications in Statistics - Theory and Methods	6. 最初と最後の頁 3257-3266
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/03610926.2019.1586943	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 T. Ito and T. Kubokawa	4. 巻 3
2. 論文標題 Robust estimation of mean squared error matrix of small area estimators in a multivariate Fay-Herriot model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Statistics and Data Science	6. 最初と最後の頁 39-61
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42081-019-00044-0	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 M. Ghosh, T. Kubokawa and G.S. Datta	4. 巻 82-A
2. 論文標題 Density prediction and the Stein phenomenon	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sankhya	6. 最初と最後の頁 330-352
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13171-019-00186-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 該当する

1. 著者名 R. Yuasa and T. Kubokawa	4. 巻 178
2. 論文標題 Ridge-type shrinkage estimation of the matrix mean of high-dimensional normal distribution	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Multivariate Analysis	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmva.2020.104608 Arxiv.org/1910.11984	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 Y. Hamura and T. Kubokawa	4. 巻 179
2. 論文標題 Bayesian shrinkage estimation of negative multinomial parameter vectors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Multivariate Analysis	6. 最初と最後の頁 1-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmva.2020.104653 Arxiv.org/2001.09602	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 Y. Hamura and T. Kubokawa	4. 巻 34
2. 論文標題 Proper Bayes minimax estimation of parameters of Poisson distributions in the presence of unbalanced sample sizes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Brazilian Journal of Probability and Statistics	6. 最初と最後の頁 728-751
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1214/19-BJPS459	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 H. Tamae, K. Irie and T. Kubokawa	4. 巻 3
2. 論文標題 A Score-adjusted approach to closed-form estimators for the gamma and beta distributions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Statistics and Data Science	6. 最初と最後の頁 543-561
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42081-019-00071-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 S. Sugasawa and T. Kubokawa	4. 巻 3
2. 論文標題 Small area estimation with mixed models : A review	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Statistics and Data Science	6. 最初と最後の頁 693-720
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42081-020-00076-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 R. Imai, T. Kubokawa, M. Ghosh	4. 巻 169
2. 論文標題 Bayesian simultaneous estimation for means in k sample problems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Multivariate Analysis	6. 最初と最後の頁 49- 60
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmva.2018.08.013	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 Y. Hamura, T. Kubokawa	4. 巻 28
2. 論文標題 Bayesian predictive distribution for a negative binomial model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Mathematical Methods of Statistics	6. 最初と最後の頁 1- 17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3103/S1066530719010010	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 S. Sugawara, T. Kubokawa, J.N.K. Rao	4. 巻 46
2. 論文標題 Hierarchical Bayes small area estimation with unknown link function	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scandinavian Journal of Statistics	6. 最初と最後の頁 885-897
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/sjos.12376	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 T. Tsujino, T. Kubokawa	4. 巻 2
2. 論文標題 Empirical Bayes methods in nested error regression models with skew-normal error	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 375-403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42081-019-00038-y	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 Y. Hamura, T. Kubokawa	4. 巻 2
2. 論文標題 Simultaneous estimation of parameters of heterogeneous Poisson distributions	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 405-435
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42081-019-00039-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 S. Sugawara, T. Kubokawa	4. 巻 46
2. 論文標題 Adaptively transformed mixed model prediction of general finite population parameters	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scandinavian Journal of Statistics	6. 最初と最後の頁 1025-1046
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/sjos12380	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 M. Ghosh, T. Kubokawa	4. 巻 106
2. 論文標題 Hierarchical Bayes versus empirical Bayes density predictors under general divergence loss	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biometrika	6. 最初と最後の頁 495-500
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/biomet/asy073	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 S. Sugawara, T. Kubokawa, J.N.K. Rao	4. 巻 27
2. 論文標題 Small area estimation via unmatched sampling and linking models	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Test	6. 最初と最後の頁 407-427
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11749-0551-5	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 Y. Kawakubo, S. Sugasawa, T. Kubokawa	4. 巻 46
2. 論文標題 Conditional Akaike information under covariate shift with application to small area estimation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Canadian Journal of Statistics	6. 最初と最後の頁 316-335
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cjs.11354	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 Y. Kawakubo, T. Kubokawa, M.S. Srivastava	4. 巻 B, 80
2. 論文標題 A variant of AIC based on the Bayesian marginal likelihood	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sankhya	6. 最初と最後の頁 60-84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13571-018-0152-7	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 R. Imai, T. Kubokawa, M. Ghosh	4. 巻 1
2. 論文標題 Bayes minimax competitors of preliminary test estimators in k sample problems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Statistics and Data Science	6. 最初と最後の頁 3-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42081-018-0002-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 該当する

〔学会発表〕 計9件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 湯浅 良太
2. 発表標題 高次元正規分布の平均の縮小推定
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 Yasuyuki Hamura
2. 発表標題 Bayesian predictive distributions for Poisson and negative binomial models when the parameter spaces are restricted
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 中田竜明
2. 発表標題 対称分布の分散共分散行列の縮小推定
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 伊藤翼
2. 発表標題 多変量小地域推定における信頼領域について
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 湯浅 良太
2. 発表標題 行列正規分布の平均行列のベイズ縮小推定
3. 学会等名 統計関連学会連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 河野 遥希
2. 発表標題 spike and slab priorによるベイズ的な情報量規準とその変数選択の大標本・高次元での一致性
3. 学会等名 統計関連学会連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 羽村 靖之
2. 発表標題 負の多項分布の母数のベイズ縮小推定
3. 学会等名 統計関連学会連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 湯浅 良太
2. 発表標題 正規分布の行列平均と共分散行列に対するシンプルな一般化ベイズ推定量
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 湯浅 良太
2. 発表標題 行列正規分布の縮小推定とその適用
3. 学会等名 統計関連学会連合大会
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
--	---------------------------	-----------------------	----

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