

令和 6 年 5 月 25 日現在

機関番号：24405

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K11867

研究課題名（和文）多変量解析における統計的推測理論の新たな地平の開拓

研究課題名（英文）Exploring new horizons in statistical inference theory in multivariate analysis

研究代表者

今野 良彦（Konno, Yoshihiko）

大阪公立大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：00205577

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：成果として、以下のものがあげられる。(1) 共分散行列が未知のときの複素数多変量正規モデルにおける平均ベクトルの同時推定問題における推定量の精度評価。(2) メタアナリシスにおける母数推定の問題を共通平均の推定問題の枠組みで検討し、縮小型推定量の提案とその精度の数値的評価。(3) 共通な未知の分散共分散行列をもつ行列型多変量正規分布モデルの平均行列が低ランクである場合における推定問題における新たな低ランク型推定量の提案。

研究成果の学術的意義や社会的意義

統計的推測問題に対する理論的な結果は、本課題がかかわる学問領域において重要な役割を果たす。さらに、生物統計学への応用も視野に入れた研究成果も含むので、その社会的な意義も高いと思われる。

研究成果の概要（英文）：The results include the following.(1) Accuracy evaluation of the estimator in the problem of simultaneous estimation of the mean vector in a complex multivariate normal model when the covariance matrix is unknown.(2) Examine the problem of parameter estimation in meta-analysis in the framework of the common mean estimation problem, propose a reduced estimator, and numerically evaluate its accuracy.(3) Proposal of a new low-rank estimator for estimation problems when the mean matrix of a matrix-type multivariate normal distribution model with a common unknown variance-covariance matrix is low-rank.

研究分野：数理統計学

キーワード：縮小推定量 推定量の評価 同時推定問題 共通平均問題 コピュラ メアアナリシス

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 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

観測変数間に相関があると多次元データの統計的解析の手法の理論の体系である統計的多変量解析は、1959年に刊行されたT.W. Andersonによる成書(最新版は3版An Introduction to Multivariate Analysis)を基礎として、その手法の体系と理論は厳密化・一般化が行われてきた。一方、計算機の計算能力やデータ収集・蓄積能力の飛躍的な向上により、標本数よりも観測変量の次元が大きなデータ(いわゆる高次元統計データ)やT.W. Andersonの教科書にある古典的なアプローチを越えた複雑な相関構造を持つデータに対する統計手法の導出とその最適理論を考える上で、古典的な統計的多変量解析にはない本質的な困難が以下の点から発生する。データ間の相関構造を推測するための統計量である経験分散共分散行列が特異(経験分散共分散行列の行列式の値がゼロになり、逆行列を持たない)となり、古典的な統計手法がうまく機能しないことである。さらに、スパースな大規模母数(高次元の母数であるが、多くの変数の値がゼロに近い)をいかにadaptiveに推測するかということである。これらの困難を解決するための統計手法の構築と提案された手法の精度評価を目的とした研究は、現代統計科学のひとつの大きな流れとなっている。また、上記で挙げた問題意識は、Compressed sensing, 画像認識, 機械学習や人工知能といった統計科学の隣接分野からも注目されている。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、多くの重要なモデルを含む一般的な統計モデルを構築し、そのもとで統計的推測理論を展開していくことである。本研究の学術的な特徴および独自性は、その研究対象と研究手法が分野横断的な点である。すなわち、機械学習理論・パターン認識・情報理論・バイオインフォマティクス・金融工学等の個別分野で登場する統計モデルにおける推測理論を統計的決定理論の立場から体系的に研究を進めるところに本研究の特徴と独自性がある。さらに、信号処理で重要な複素数値データに対する有効な統計手法を統計的決定理論の立場から体系的に提案することを目指すことは意義深いことである。また、ランダム行列理論および調和解析の深い理論を援用しつつ、新たな理論の地平を切り拓く可能性のある研究である。本研究の成果を評価の確立された海外の学術雑誌へ発表することで今後の統計推測理論の発展に貢献することを目指す。

### 3. 研究の方法

隣接分野の研究成果で数理統計学と深い関係になる知識を書籍や論文から得るとともに他分野の研究者および海外研究者との研究討論を積極的に進めることで新たな着想を得ることを目指した。

### 4. 研究成果

本課題の研究期間中に公表された論文は6報で下記の通りである。

(1) Taketomi, N., Chang, Y.-T., Konno, Y., Mori, M., and Emura, T. Confidence interval for normal means in meta-analysis based on a pretest estimator. Japanese Journal of Statistics and Data Science (2023). Doi:

<https://doi.org/10.1007/s42081-023-00221-2>

(2) Konno, Y. An adaptive singular value shrinkage for estimation problem of low-rank matrix mean with unknown covariance matrix. Japanese Journal of Statistics and Data Science (2023). Doi:

<https://doi.org/10.1007/s42081-023-00223-0>

- (3) Shih, J.-H., Konno, Y., Chang, Y.-T., and Emura, T. A class of general pretest estimators for the univariate normal mean, *Communication in Statistics–Theory and Methods* 52 (2023), no. 8, 2538–2561.
- (4) Shih, J.-H., Konno, Y., Chang, Y.-T., and Emura, T. Copula-based estimation methods for a common mean vector for bivariate meta-analyses. *Symmetry*(2022), 4(2), 186.
- (5) Taketomi, N., Konno, Y., Chang Y.-T., and Emura, T. A Meta-Analysis for Simultaneously Estimating Individual Means with Shrinkage, Isotonic Regression and Pretests. *Axioms*(2021), 10(4), 267.
- (6) Shih, J.-H., Chang, Y.-T., Konno, Y. and Emura, T. Estimation of a common mean vector in bivariate meta-analysis under the FGM copula, *Statistics*, 53(2019), no. 3, 773–695.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Shih, J.-H. Konno, Y., Chang, Y-T., and Emura	4. 巻 52
2. 論文標題 A class of general pretest estimators for the univariate normal mean	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Communication in Statistics-Theory and Methods	6. 最初と最後の頁 2538-2561
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/03610926.2021.1955384	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 Taketomi, N., Konno, Y., Chang Y-T., and Emura, T.	4. 巻 10
2. 論文標題 A Meta-Analysis for Simultaneously Estimating Individual Means with Shrinkage, Isotonic Regression and Pretests	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Axioms	6. 最初と最後の頁 267-
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 Shih, J.-H., Konno, Y., Chang, Y-T., and Emura,	4. 巻 14
2. 論文標題 Copula-Based Estimation Methods for a Common Mean Vector for Bivariate Meta-Analyses	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Symmetry	6. 最初と最後の頁 186-
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 該当する
1. 著者名 Jia-Han Shih, Yoshihiko Konno, Yuan-Tsung Chang, Takeshi Emura	4. 巻 53
2. 論文標題 Estimation of a common mean vector in bivariate meta-analysis under the FGM copula	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Statistics	6. 最初と最後の頁 673-695
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/02331888.2019.1581782	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5件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Yoshihiko Konno
2. 発表標題 Adaptive shrinkage of singular values of a low-rank mean matrix when a covariance matrix is unknown
3. 学会等名 大阪公立大学数学研究所 研究集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoshihiko Konno
2. 発表標題 Stein's unbiased risk estimate and adaptive singular value shrinkage for estimatin problem of low-rank matrix mean with unknown covariance matrix
3. 学会等名 研究集会「Conference Mathematical Methods of Modern Statistics 3」（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoshihiko Konno
2. 発表標題 Improved mean-matrix estimation of multivariate complex normal distributions by a singular value shrinkage
3. 学会等名 OCAMI 研究集会「統計的推測理論への幾何学的アプローチ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshihiko Konno and Satomi Seita
2. 発表標題 Shrinkage estimation of mean for complex multivariate normal distribution with unknown covariance when $p > n$
3. 学会等名 Mathematical Methods of Modern Statistics 2 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Konno, Yoshihiko and Seita, Satomo
2. 発表標題 Shrinkage estimation of mean for complex multivariate normal distribution with unknown covariance when $p > n$
3. 学会等名 日本数学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

今野良彦のホームページの論文一覧 <a href="https://mcm-www.jwu.ac.jp/~konno/list.html">https://mcm-www.jwu.ac.jp/~konno/list.html</a> OCAMI 研究集会のスライド <a href="https://mcm-www.jwu.ac.jp/~konno/pdf/talk46.pdf">https://mcm-www.jwu.ac.jp/~konno/pdf/talk46.pdf</a>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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