

2024 年度年次報告書

数学・数理科学と情報科学の連携・融合による情報活用基盤の創出と社会課題解決に向けた展開

2021 年度採択研究代表者

吉田 朋広

東京大学 大学院数理科学研究科
教授

大規模時空間従属性データ科学へ向けた先端的確率統計学の新展開

主たる共同研究者：

内田 雅之（大阪大学 大学院基礎工学研究科 教授）

鎌谷 研吾（情報・システム研究機構 統計数理研究所 教授）

鈴木 大慈（東京大学 大学院情報理工学系研究科 教授）

増田 弘毅（東京大学 大学院数理科学研究科 教授）

研究成果の概要

従属系に対する確率統計学、機械学習の理論とこれらの融合、さらにその生命科学等への展開を目指している。

(A) 確率過程の統計学の基礎となる推測理論および確率論の研究

非正則な統計モデルに対して、正則化法によって、推定量の収束および漸近分布の特定を可能にする統一的な理論を与えた。これは、従属系の推測、スパース推定、境界真値、識別不可能モデルへ適用できる¹⁾。

係数にマルコフ型スイッチングを含むエルゴード的拡散過程モデルに対して、コントラスト関数に基づいた漸近理論を構成し、生成行列の一致推定量を構成した³⁾。

(B) 確率過程論と機械学習理論の融合、および統計計算理論の研究

区分確定的マルコフ過程 (PDMP) の Fluid limit 解析を行い、対象分布の裾の形状によっては MCMC より有利になる場合があることを発見した。特にガウス分布よりも重い裾をもつ分布に対して PDMP の強みが顕著であることが分かった。

(C) 生命科学への従属性の統計学の展開

生体信号に関連する統計推測を動機として、歪みのある非正規オルンシュタイン-ウーレンベック型モデルとその擬似尤度を提案し、非エルゴード的な枠組みで、擬似対数尤度の局所的な漸近挙動を導出した。

(D) 大規模従属系の高次元高頻度データに対する統計推測とその応用

微小攪乱パラメータをもつ Q-ブラウン運動で駆動された2次元空間線形放物型 SPDE モデルに対して、トリプルインクルメントを用いて係数パラメータの最小コントラスト推定量を導出し、その漸近的性質を解明した。高頻度データを用いた拡散過程に対する構造方程式モデリング (SEM) のための擬似赤池情報量規準に関して研究した。²⁾

(E) 研究の統合と YUIMA による計算環境の構築

yuima 関数 robust qmle の開発について、推定量と関連する情報量規準、および相対モデル評価指標を返り値に含むモジュールを作成した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Yoshida, J., Yoshida, N.: Penalized estimation for non-identifiable models. Annals of the Institute of Statistical Mathematics, 76, 765–796, (2024)
- 2) Kusano, S. and Uchida, M.: Quasi-Akaike information criterion of SEM with latent variables for diffusion processes. Japanese Journal of Statistics and Data Science, (Version of Record), (2024).
- 3) Cheng, Y. and Masuda, H.: Statistical inference for ergodic diffusion with Markovian switching. Accepted at Discrete and Continuous Dynamical Systems Series B (2024, Doi: 10.3934/dcdsb.2025056).