

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

2022 年度
年次報告書

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 准教授)

鈴木 大慈 (東京大学 大学院情報理工学系研究科 准教授)

増田 弘毅 (九州大学 大学院数理学研究院 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

安定レヴィ駆動型 Ornstein-Uhlenbeck(OU)型回帰モデル¹⁾および一般化双曲型分布に基づく非ガウス混合効果モデルを提案し、最適推定量を得た。

適合的でない係数をもつ多重ウイナー積分の多項式に対して漸近展開を導いた。汎関数の指数の概念を導入した。²⁾ 因果推論における batched bandits の統計量に対する漸近展開を研究した。

(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を用いたモンテカルロ法の、裾の形状など確率分布に対する頑健性を調べた。手法によっては従来手法と同程度であることを発見した。

ニューラルネットワークの最適化手法として平均場ランジュバン動力学の時間・空間離散化した一重ループアルゴリズムの離散化誤差を評価し、収束解析を与えた。勾配ランジュバン動力学の無限次元への拡張、収束解析と平均場ランジュバン動力学への応用を提案し、無限次元入力ニューラルネットワークの最適化手法を与えた。

(C) 生命科学への従属性の統計学の展開

脳波・脳磁図・fMRI などの神経画像時系列データに宿る変動指数の推定法を提案し、オンライン推定および集団・多部位にわたる従属構造へ適用可能であることを示した。

(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

Q-ブラウン運動で微小攪乱された2次元空間放物型 SPDE モデルの係数パラメータの適応型推定法を開発した。エルゴード的拡散過程モデルに対する変化点推測³⁾、点過程による limit order book の予測に関して研究した。

(E) 研究の統合と YUIMA による計算環境の構築

ステューデント・レヴィ過程の擬似生成関数の開発を進めた。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Masuda, H.: Optimal stable Ornstein–Uhlenbeck regression. *Japanese Journal of Statistics and Data Science*, 6, 573–605 (2023)
- 2) Yoshida, N.: Asymptotic expansion and estimates of Wiener functionals. *Stochastic Processes and their Applications*, 157, 176–248 (2023)
- 3) Tonaki, Y., Uchida, M.: Change point inference in ergodic diffusion processes based on high frequency data. *Stochastic Processes and their Applications*, 158, 1–39 (2023)