

2024 年度年次報告書
信頼される AI の基盤技術
2022 年度採択研究代表者

岸田 昌子

情報・システム研究機構 国立情報学研究所
准教授

リスク・アウェア制御理論の構築とその展開

研究成果の概要

2024年度は、制御理論のグラフ信号処理への応用、および入力の不確実性下でのニューラルネットワークのリスクアウェアな安全性検証に関する研究を行った。

グラフ信号処理の研究では、グラフトポロジーに関する事前知識を活用したグラフ学習アプローチを新たに提案した。制御理論における多面体不確実性 (polytopic uncertainty) の概念を既存のグラフラプラシアン行列と隣接行列学習手法に統合し、解空間を多面体集合に制約することで、実現不可能なトポロジーを除外して精度を向上させつつ、計算コストを削減することに成功した。この手法の有効性は、様々な信号モデルとノイズレベルにわたる数値実験によって実証された。特に良好な極端点集合 (extreme point set) が利用可能な場合に顕著な性能向上が見られた。また、極端点が正確でない場合や、ランダムに生成された極端点を使用する場合でも、提案手法は既存手法より優れたパフォーマンスを示した。

入力の不確実性下でのニューラルネットワークの安全性検証では、ニューラルネットワーク安全性検証の最近の進展を基に、最悪条件付きバリューアットリスク (WC-CVaR) を考慮できるように拡張した。このフレームワークは、指定された信頼水準を超える最悪ケースの結果の予想される重大度を制御することにより、リスクを考慮した安全性保証を提供する。特に自律システムやロバスト制御アプリケーションなど、テールリスク制御が重要な設定においてニューラルネットワーク検証の適用可能性を拡大した。具体的には、分類問題やクローズドループ制御システムの到達可能性と安定性への応用について数値例で検討した。(査読中)

【代表的な原著論文情報】

- 1) M. Kishida, S. Ono, “Graph learning over polytopic uncertain graph,” IEEE Signal Processing Letters, vol. 32, pp. 716–720, 2025, DOI: 10.1109/LSP.2025.3531218
- 2) M. Kishida, “Risk-aware control of discrete-time stochastic systems: Integrating Kalman filter and worst-case CVaR in control barrier functions,” Proc. of IEEE Conference on Decision and Control, pp.2019- 2024, 2024, DOI: 10.1109/CDC56724.2024.10886199

*論文2については、2023年度の研究成果の概要で報告済み