

2024 年度年次報告書

信頼される AI システムを支える基盤技術

2022 年度採択研究代表者

杉山 磨人

国立情報学研究所 情報学プリンシプル研究系
准教授

記号推論に接続する機械学習

主たる共同研究者：

井上 克巳（情報・システム研究機構 国立情報学研究所 教授）

小島 諒介（京都大学 大学院医学研究科 准教授）

西野 正彬（日本電信電話(株) NTT コミュニケーション科学基礎研究所 特別研究員）

研究成果の概要

本プロジェクトの目標である機械学習と記号推論の接続を実現するために、各グループが研究に取り組みそれぞれの領域で成果を挙げるとともに、グループ間の連携を順調に進めている。まず杉山がリーダーを務める機械学習グループでは、これまでに構築した解釈可能かつ安定なテンソル分解を実現する技術であるテンソル多体近似の一般化、および理論解析を進めるとともに、記号推論への展開を念頭においた機械学習技術の開発を進めた。特に、特徴空間の軸平行分割による微分可能決定木アンサンブルに対して、学習能力の理論解析に成功した[1]。テンソル多体近似の確率論理プログラミング言語 **T-PRISM** での実装については、小島がリーダーを務めるモデリンググループで進めており、GPU 実装による高速テンソル計算部分のライブラリ化とテンソル多体近似の試行実装を完了した。井上がリーダーを務める記号推論グループでは、ベクトル空間における論理推論に関する研究を継続しており、画像入力データに対しその正解ラベルではなく、論理規則・制約を用いて得られる解がラベルとして与えられるニューロシンボリック学習に適用し、開発している微分可能な推論手法が有効であることを実証した[2]。また矛盾する知識やデータが存在するような現実的な環境において、与えられた観測に対し適切な説明を推論する論理的枠組みを提案した[3]。西野がリーダーを務めるアルゴリズムグループでは、テンソル分解の一種であるテンソルトレイン分解が、論理回路の代表的な表現方法である二分決定グラフを上回る論理回路の表現能力をもつことを明らかにした[4]。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Kanoh, R., Sugiyama, M., Neural Tangent Kernels for Axis-Aligned Tree Ensembles, *The 41st International Conference on Machine Learning (ICML 2024)*, Vol. 235, pp.23058–23081 (2024).
- 2) Takemura, A., Inoue, K., Differentiable Logic Programming for Distant Supervision. *The 27th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI-2024)*, *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, Vol. 392, pp.1301–1308 (2024).
- 3) Bienvenu, M., Inoue, K., Kozhemiachenko, D., Abductive reasoning in a paraconsistent framework. *The 21st International Conference on Knowledge Representation and Reasoning (KR-2024)*, pp.134-144 (2024).
- 4) Onaka, R., Nakamura, K., Nishino, M., & Yasuda, N., Tensor Decomposition Meets Knowledge Compilation: A Study Comparing Tensor Trains with OBDDs. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-25)*, 39(14), 15109-15117 (2025).