

AIP 加速課題

2020 年度採択研究代表者

2021 年度 年次報告書

原田 達也

東京大学 先端科学技術研究センター
教授

限られた教師情報からの高精度な予測モデルの構築

§ 1. 研究成果の概要

本課題の目標は、限られた教師データからの高精度な予測モデルの自動構築基盤の実現である。この目標のために、1) 少ない教師データを活用した予測モデルの学習理論とアルゴリズム、2) 知識転移の理論とアルゴリズム、3) 高精度な予測モデルの自動構築と応用、の3つの観点から取り組んでいく。

1に関して、限られた教師情報からの学習を可能にする弱教師付き学習の研究を継続し、データ対に対して間接的に与えられる教師情報のみから教師付き学習を行う技術、および、複数セットのラベルなしデータのみから教師付き学習を行う技術を開発した。そして、これまでの弱教師付き学習の成果をまとめた英語専門書を執筆し、完成させた。更に、弱教師付き学習の発展課題であるラベル雑音を含むデータからの学習に関して、雑音の性質を表す雑音遷移行列を精度良く推定できる実用的な正則化アルゴリズム、弱い仮定のもとで雑音遷移行列の推定を可能にする理論、更には入力に依存する雑音遷移行列の実用的な推定アルゴリズムを開発した。また、ラベル雑音の極限である敵対的攻撃への対処法を検討し、ロバスト性向上のための重み付け学習アルゴリズムやニューラルネットワークのアーキテクチャに関する研究を行い、有望な成果を得た。

2に関して、プライバシーに関する懸念が近年高まっており、知識転移において対象ドメインでの学習にソースデータの直接的利用が可能とは限らない。この問題を解決するため本年度は、データの代わりに学習済みソースモデルを用いて、対象ドメインの予測誤差の上限を求める新しい定理を導出した。また、実世界には時間を含めると4次元の低次元構造が存在し、この低次元構造を前提知識として活用することによって、大幅にアノテーションコストの削減につながる可能性がある。そこで、スパースな観測画像から制御可能な3次元モデルを獲得する手法の研究、陰関数表現からのリアルタイム3次元メッシュ生成に関する研究に取り組んだ。

3に関して、モデルの自動構築には、汎用的かつ探索範囲を広げると膨大な計算コストがかかるために、モデルの飛躍的な効率性が求められる。そこで本年度はモデルの飛躍的な効率性を目指して、スパイキングニューラルネットワークによる生成モデルと、双曲空間におけるニューラルネットワークの実現を行った。

§ 2. 研究実施体制

(1) 原田グループ (研究機関別)

- ① 研究代表者: 原田 達也 (東京大学先端科学技術研究センター 教授)
- ② 研究項目
 1. 知識転移の理論とアルゴリズム開発
教師情報が大量に得られる領域(ソースドメイン)で獲得した予測モデルを、教師情報がほとんど得られない領域(ターゲットドメイン)に転用するドメイン適応の問題に取り組む。
 2. 実世界の時空間モデル化
実世界を認識するための常識や前提知識として様々な課題に転移可能な時空間モデルを視覚情報から構築する手法を開発する。
 3. 高精度な予測モデルの自動構築基盤の実現と応用
限られた教師データから予測モデルを自動で構築するプラットフォーム非依存の計算基盤を実現する。

(2) 杉山グループ (研究機関別)

- ① 主たる共同研究者: 杉山 将 (理化学研究所革新知能統合研究センター チームリーダー)
- ② 研究項目
 1. 弱教師付き学習の理論構築とアルゴリズム開発
データ対に対する弱ラベルからの学習、相対比較に基づく弱ラベルからの学習、雑音を含むデータ対からの学習に対する理論とアルゴリズムの開発を行う。
 2. ロバスト学習の理論構築とアルゴリズム開発
ラベル雑音を含む教師データから、雑音遷移行列を推定するための基礎理論を構築する。また、雑音遷移行列が入力データに依存する場合の実用的な推定アルゴリズムを構築する。
 3. 敵対的攻撃に対する対処法の開発
敵対的データの検出、敵対的データの空間的な方向性情報の活用、敵対的データにロバストなニューラルネットワークのアーキテクチャに関する研究を行う。

【代表的な原著論文情報】

- [1] Ryohei Shimizu, Yusuke Mukuta, Tatsuya Harada. Hyperbolic Neural Networks++. International Conference on Learning Representations (ICLR), 25 pages, online, May 4-8, 2021.
- [2] Hiromichi Kamata, Yusuke Mukuta, Tatsuya Harada. Fully Spiking Variational Autoencoder. Thirty-Sixth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI), 9 pages, online, Feb. 22- Mar. 1, 2022.
- [3] Zhang, J., Zhu, J., Niu, G., Han, B., Sugiyama, M., & Kankanhalli, M. Geometry-aware instance-reweighted adversarial training. In Proceedings of Ninth International Conference on Learning Representations (ICLR2021), 29 pages, online, May 4-8, 2021. Oral: 53/2997=1.8%

- [4] Berthon, A., Han, B., Niu, G., Liu, T., & Sugiyama, M. Confidence scores make instance-dependent label-noise learning possible. In Proceedings of 38th International Conference on Machine Learning (ICML2021), pp. 825–836, online, Jul. 18–24, 2021. Long: 166/5513=3.0%
- [5] Zhang, Y., Niu, G., & Sugiyama, M. Learning noise transition matrix from only noisy labels via total variation regularization. In Proceedings of 38th International Conference on Machine Learning (ICML2021), pp. 12501–12512, online, Jul. 18–24, 2021. Long: 166/5513=3.0%