

信頼される AI の基盤技術
2021 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

松原 崇

大阪大学 大学院基礎工学研究科
准教授

望まれる性質を設計段階で保証する幾何学的深層学習の構築

研究成果の概要

これまで、深層学習を用いて物理現象をモデル化する際に、既知の物理法則を組み込むことで、学習結果がその法則を満たすことを保証する方法を研究した。しかし、一般にモデル化したい対象は未知の現象であり、どの物理法則を埋め込めば良いか分からない。そこで個別の法則ではなく保存則という広い枠組みをとり、データから保存則と発見してそれを保証する手法を開発した。これは保存則を厳密に満たすための数値積分手法である射影法と離散勾配法を応用したもので、対象の力学系が持つ保存則の数を同定することもできた。これによって、未知の現象の保存則を満たすモデル化が可能になったとともに、非常に広い範囲の幾何学的性質を深層学習に埋め込むことが可能になった¹⁾。

また、物理現象に限定されない幾何学的性質の抽出にも取り組んだ。特に深層生成モデルと呼ばれる擬似データを生成する手法では、意味空間と呼ばれる抽象的な空間があり、意味の加算減算が可能なベクトル空間であると一般に考えられてきた。しかし現実のデータにはある種の偏りがあるので、意味空間が平らであるとは考えにくい。よって従来の手法は意味の表現性能に限界が合った。一方で、非線形な意味ベクトル場を考えると、意味の表現力は上がるが、複数の意味を加えた場合に整合性が取れない(意味の加算が可換にならない)という問題がある。非線形かつ可換なベクトル場は曲線座標系と等価であるという幾何学の基礎的な知識を用い、意味空間に曲線座標系を定義した。これによって非線形性による豊かな意味表現と、線形性による可換な意味の編集を両立される手法を提案した²⁾。このように、望ましい性質を幾何学の言葉で表現し、それを実装するという本課題の大きな目標の一つを達成することができた。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Takashi Matsubara and Takaharu Yaguchi, "FINDE: Neural Differential Equations for Finding and Preserving Invariant Quantities," Proc. of The Eleventh International Conference on Learning Representations (ICLR2023), Kigali, May 2023.
- 2) Takehiro Aoshima and Takashi Matsubara, "Deep Curvilinear Editing: Commutative and Nonlinear Image Manipulation for Pretrained Deep Generative Model," Proc. of The IEEE/CVF Computer Vision and Pattern Recognition Conference 2023 (CVPR2023), Jun. 2023.