

2023 年度年次報告書

複雑な流動・輸送現象の解明・予測・制御に向けた新しい流体科学

2021 年度採択研究代表者

堀江 正信

(株)RICOS 基盤研究部

部長

機械学習と数値解析を融合した流動モデリング

研究成果の概要

本研究の主要な目的である、保存性を担保する機械学習モデルの構築が完了した。保存性を担保することができる数値解析手法である有限体積法と機械学習モデルの類似性に焦点をあて、機械学習モデルが保存性を担保するために必要な条件の数学的定式化・証明を行ったとともに、混相流の問題に対して有用性を実証した。構築した機械学習モデルでは回転・平行移動・鏡映変換に加えて拡大縮小に対しても対称性を有し、かつ保存性も厳密に満たすことができる。これら物理現象の性質を厳密に反映できる特徴があるため、学習したサンプルとは大幅に異なる対象についても精度の劣化がなく予測が可能であることが数値実験により確かめられた。この研究成果は機械学習のトップ国際会議のひとつである International Conference on Machine Learning (ICML) に採択が決定しており (採択率 27.5%、全学術分野における論文誌・学会誌の h5-index におけるランキング 17 位)、近々論文が公開予定である⁽¹⁾。

また、2022 年度に得られた成果である、物理現象の対称性や境界条件を確実に満たす機械学習モデルを用いて自動車の空気抵抗を予測する機械学習モデルの構築を行った⁽²⁾。使用した機械学習モデルは数値解析手法と非常に深いつながりを持ち、機械学習モデルの内部でどの部分がどの物理量に対応しているかが明確である。そのため、空気抵抗の重要な指標である空気抵抗係数を算出する式に対応するものを機械学習モデル内部に組み込むことにより、予測精度と計算精度の高いバランスを実現することができた。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Masanobu Horie & Naoto Mitsume. (2024). Graph Neural PDE Solvers with Conservation and Similarity-Equivariance. Forty-first International Conference on Machine Learning (ICML).
- 2) 堀江正信, 足立大樹, & 谷村慈則. (2024). 物理法則に立脚した機械学習モデルによる自動車空力特性の予測. *自動車技術会論文集*, 55(2), 387-392.