

# MERIT インターンシップ（国内）報告書

工学系研究科 物理工学専攻 沙川研究室  
博士課程 2年 MERIT 9期生  
曾根和樹

## インターンシップ概要

- ・ 実施期間  
2022年10月11日～11月10日
- ・ 受入れ先  
パナソニックホールディングス株式会社  
テクノロジー本部 マテリアル応用技術センター
- ・ 研究課題  
機械学習導入による流体シミュレーションの高速化検証

## 研究背景・業務内容

水や空気など流体は身の回りに広く存在し、そのダイナミクスを予測することは工学的応用の観点からも重要である。このような流体のダイナミクスはナビエ-ストークス方程式によって記述される。しかしながら、乱流と呼ばれる高非線形性な動きが見られる高レイノルズ数領域では、数値的にも方程式を厳密に解くことが困難であることが知られている。そのため、乱流をモデル化することで様々な計算手法が提案されているが、精度や計算コストの観点から実用上不十分な場合があり、モデルなしで直接解を高速に解くことが求められている。

一方で近年、生物の脳の構造を模したネットワーク構造（ニューラルネットワーク）を用いることで機械学習の技術が向上し、画像処理や自動運転など幅広い応用が期待されている。このニューラルネットワークの技術を応用し、微分方程式を数値的に解く手法として Physics Informed Neural Network (PINN) と呼ばれるものが提案されている。これは、入力を時間や位置などの変数としたときに、物質の速度などの状態変数を出力するようなニューラルネットワークを学習して構築する手法であり、微分方程式を直接解かないで済むため、様々な微分方程式を高速かつ高精度に解ける可能性がある。PINN を用いて、流体方程式を解く手法も提案されているが[1]、計算精度が直接計算と比べて劣ることが問題として残されている。

本インターンシップでは、PINN を用いた数値計算を行うプログラムを改良し、PINN による流体方程式の高速かつ高精度な数値計算が可能かどうかを検証した。特に、学習の際に最小化する目的関数の重みづけを決定するハイパーパラ

メータの動的最適化手法の提案やニューラルネットワークの入力変数に高非線形項を取り入れた新手法の開発を行った。これらにより、必要な学習ステップ数が減少することを確認し、ナビエ-ストークス方程式を PINN によって直接解く可能性を見出した。

## 所感

これまで主に基礎研究の観点から流体力学や機械学習などを勉強してきたが、それらが実際のデバイス開発などにおいてどのように役立っているかを知ることができた。また、実際に応用に向けた研究を行うことで、機械学習を応用する上での障壁となりやすい点や課題を理解できたように思う。その他にも、勤務されている方々の研究内容についてお話を伺い、大学で学習したことがどのように企業での研究につながるかについて、様々な事例を知ることができた。

また、本インターンシップでの体験を通じ、企業と大学における研究の進め方の違いを体感した。さらに様々な経歴を経て、現在は企業で研究を行っている方々のお話を伺い、キャリアパスの選び方について視野を広げることができた。これらの経験は、今後の研究を潤滑に進める上でも、キャリア選択を考える上でも大いに役立つと期待される。

## 謝辞

インターンシップで受け入れてくださったパナソニックホールディングス株式会社の皆様に心からお礼を申し上げます。特に、受入担当者としてインターンシップ中だけでなく開始前から多くのご協力、ご指導いただいた大越様、専門分野が最も密接に関連し、毎日議論や指導していただいた青木様、研究のご指導だけでなく勤務されている方々との交流の時間をご設定いただいた四橋様、その他多くの助言や意見交換の時間を頂いたテクノロジー本部マテリアル応用技術センターの皆様に感謝申し上げます。

また、計算物質科学高度人材育成・産学マッチングプログラム(MP-CoMS)の皆様には、インターンシップのマッチングなどで多くのご協力をいただきました。この場を借りてお礼を申し上げます。最後に、インターンシップへの参加をご快諾いただいた指導教員の沙川先生、副指導教員の齊藤先生、MERIT 事務局の皆様には感謝申し上げます。

## 引用文献

[1] Wandel, N., Weinmann, M., Neidlin, M., & Klein, R. (2022). Spline-PINN: Approaching PDEs without Data Using Fast, Physics-Informed Hermite-Spline CNNs. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 36(8), 8529-8538.