

配信先：大阪科学・大学記者クラブ、文部科学記者会、科学記者会

2025年2月5日

大阪公立大学

AI を活用して流体の動きを予測計算する新モデルを開発 —精度を落とさず計算時間の大幅短縮に成功—

<概要>

海上発電などを効率的に行うためには、波や潮流など流体の動きをいち早く予測し、発電装置にどのような力が加わるかを計算する必要があります。流体の動きの計算には主に粒子法が用いられますが、人の手で一から計算すると膨大な時間がかかります。そこで近年は「代理モデル」と呼ばれる、AI に事前に計算前の流体の状態と計算後の流体の状態を学習させて、計算時間を短縮する手法の研究が進んでいます。このような計算手法は、映画などのグラフィックでも使用されていますが、これまでの研究では AI による計算結果の精度検証は十分ではありませんでした。

大阪公立大学大学院工学研究科の檜垣 岳史助教らの研究グループは、グラフニューラルネットワークと呼ばれる深層学習技術を用いて、新しい代理モデルを提案。代理モデルを使用せずに流体の動きを予測した場合と同程度の精度を維持しながら、計算にかかる時間を約45分から約3分まで大幅に短縮することができました（図1）。本モデルは、海洋発電設備や船舶などの設計時に必要な流体挙動計算の時間短縮や、海洋発電の効率最大化に向けた流体挙動のリアルタイム計算などへの応用が期待されます。

本研究成果は、2025年1月15日に国際学術誌「Applied Ocean Research」のオンライン速報版に掲載されました。

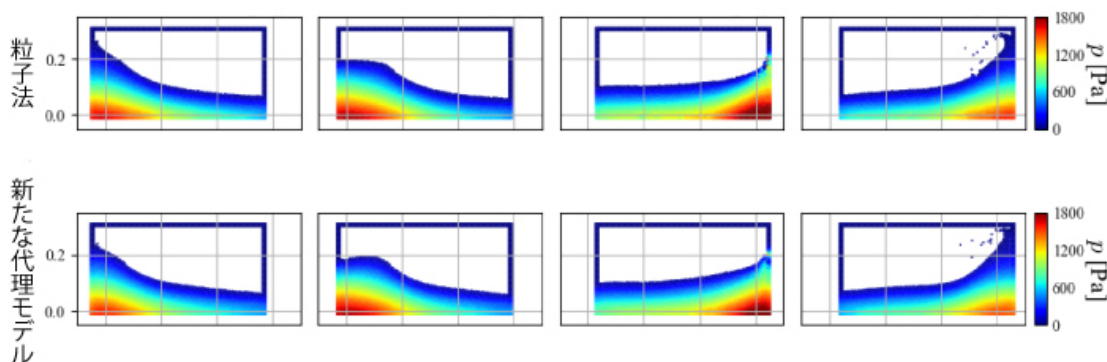


図1 粒子法と本研究の代理モデル（計算時間の刻み幅：0.0020秒）による流体シミュレーション例。同程度の計算精度を維持したまま、計測時間を15分の1に短縮可能。

AIは、ある問題では素晴らしい成果を出せるものの、別の問題に適用するとたちまち性能が悪くなってしまふ、ということがしばしば起こり得ます。本研究でも、提案手法の汎用性を証明するのに苦労しましたが、粘り強く研究を続けることで今回の成果を得ることができました。



檜垣 岳史助教

<研究の背景>

波や潮流といった海のエネルギーの持続的な活用には、流体（水）の挙動を正確に把握することが重要です。特に、流体の激しい動きを計算する手法として「粒子法」が有用ですが、高い計算コストが最大の課題です。近年は、AIに流体の挙動を学習させて高速計算する「代理モデル」の研究が進んでいますが、その妥当性や汎用性の検証は不十分でした。そこで、本研究では「グラフニューラルネットワーク」と呼ばれる手法を用いて粒子法の代理モデルを開発し、その妥当性や汎用性をさまざまな観点から検証しました。

<研究の内容>

まず、種々の条件で学習させた代理モデルを比較し、高精度な流体計算にはどの条件が重要かを検証しました。次に、流体計算の時間刻み幅を変える検証を行い、学習元である粒子法に対する、本研究で提案した代理モデルの時間刻み幅ごとの誤差を調べました。その結果、時間刻み幅を10~20倍程度まで大きくしても計算精度が保たれること、時間刻み幅が50倍以上になると誤差が大きくなり計算精度が大幅に下がることを示しました(図2)。これにより、粒子法では約45分かかっていた計算が、代理モデルでは約3分(同一CPUを使用した場合)、画像や映像の高速処理に特化したGPUを使えば約5秒にまで短縮できることが確認できました。さらに、今回提案した代理モデルは、学習時には経験したことのないようなさまざまな流体现象も、汎用的に計算できることを示しました。

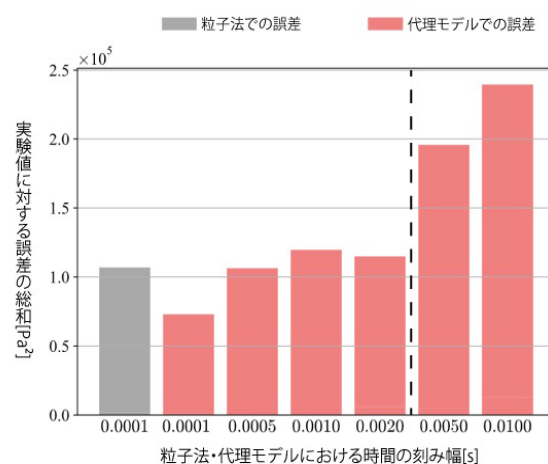


図2 実験データに対する誤差の比較
粒子法(グレー)に対し、代理モデル(赤)は時間刻み幅を20倍程度大きくしても精度が保たれている

<期待される効果・今後の展開>

流体計算を高速かつ高精度に実行できれば、海洋発電設備だけでなく船舶などの設計サイクルを大幅に速めることが可能です。また、運用中の海洋構造物を取り巻く流体の挙動をリアルタイムに把握できれば、発電効率を最大化するための最適制御や安全性のモニタリングなど、幅広い応用が期待されます。

<資金情報>

本研究は、JSPS 科研費(24K22934)の支援を受けて実施しました。

<掲載誌情報>

【発表雑誌】 Applied Ocean Research

【論文名】 Step-by-step enhancement of a graph neural network-based surrogate model for Lagrangian fluid simulations with flexible time step sizes

【著者】 Takefumi Higaki, Yuki Tanabe, Hirotada Hashimoto, Takahito Iida

【掲載URL】 <https://doi.org/10.1016/j.apor.2025.104424>

【研究内容に関する問い合わせ先】

大阪公立大学大学院工学研究科
助教 檜垣 岳史(ひがき たけふみ)
TEL : 072-252-6185
E-mail : higaki.marine@omu.ac.jp

【報道に関する問い合わせ先】

大阪公立大学 広報課
担当 : 竹内
TEL : 06-6967-1834
E-mail : koho-list@ml.omu.ac.jp