

Z202a 相対論的磁気流体計算における反復解法の機械学習による初期値推測

松本洋介（千葉大学）、松本仁（慶應義塾大学）、高橋博之（駒澤大学）

宇宙における高エネルギー現象を明らかにする上で、相対論的磁気流体（RMHD）シミュレーションは欠かせない技術となっている。近年広く使われる RMHD コードには、衝撃波捕捉法を組み込んだ有限体積法が広く採用されている。方程式を保存形式で解く本手法は、保存変数（運動量、全エネルギーなど）と基本変数（速度、圧力など）を保持する必要があるが、RMHD 方程式系では保存変数から基本変数を求めるために非線形方程式を数値的に解く必要があり、そのアルゴリズムが数値的安定性を決める要因の1つとなっている。

非線形方程式を解く手法としてニュートン・ラフソン法による反復法が採択されるが、初期推測値をどのようにして与えるかという一般的問題が残される。時間発展を追うシミュレーションでは、前時間ステップの値を初期推測値として選ぶ方法がしばしば取られるが、ダイナミックに変動する高エネルギー現象の計算では数値的に不安定であることが示される。そのような中、ある条件下では Mignone and McKinney [2007] で提案された手法が一定の成功を収めている。

本研究では、基本変数変換における初期推測値をニューラルネットワーク（NN）の予測で与える手法を提案する。ランダムに生成した基本変数から保存変数を代数的に求めることで学習データを大量かつ高速に作成し、それらを反転して、保存変数を入力として基本変数を予測する NN を設計・学習した。学習済みの NN のパラメータを特殊相対論 MHD コード（Matsumoto and Masada, 2019）に取り組み、初期推測値の推定法による比較を行った。その結果、1次元衝撃波管問題、2次元 Rotor 問題等のテスト計算で従来の手法と同じ結果を得ることができた。本発表では、NN の学習の詳細とジェット伝搬の実問題への応用における性能評価を報告する。