

W49a 深層学習を用いた一般相対論的輻射磁気流体力学計算の高精度・高速化

上野航介, 朝比奈雄太, 大須賀健, 矢島秀伸, 福島肇 (筑波大学)

ブラックホール天体をはじめ、光度の大きな天体の形成や進化を理論的に解明するためには、輻射場を正確に解く数値計算法が必要となる。輻射場の計算において、昨今、広く用いられているのが、0次と1次の輻射モーメント量をもとにエディントンテンソルを近似的に求める M1 closure (M1) 法 (González et al. 2007) である。M1 法は比較的高速であるが、光学的に薄い場合や輻射が非等方な場合には正確に解くことができないことが示されている (Asahina et al. 2020)。輻射輸送方程式を解くことで得られた輻射強度からエディントンテンソルを求める Variable Eddington Tensor (VET) 法 (Stone et al. 1992) は、正確な輻射場を得ることができるが計算量が多いという難点がある。

そこで本研究では、ブラックホール降着円盤のシミュレーションにおいて、深層学習を用いてエディントンテンソルを推定し、正確且つ高速に輻射場を計算する手法を開発する。具体的には、VET 法を実装した一般相対論的輻射磁気流体力学計算で得られた輻射場と流体場を説明変数とし、エディントンテンソルを目的変数とした深層学習を行う。こうして作成した深層学習モデルを用いてエディントンテンソルを推定し、輻射場を計算する。

2024 年春季年会では、ブラックホール近傍領域 (50 シュヴァルツシルト半径以内) のみを学習した結果を報告したが、遠方領域 (50-500 シュヴァルツシルト半径) も学習させることで、遠方領域はもちろんのこと、ブラックホール近傍領域でも計算精度が向上することが確認できた。計算速度は VET 法の 3 倍以上になった。さらに、L2 正則化を用いることで、VET 法ではみられない不自然な時間変動が抑えられることが分かった。