

X44a 深層学習を用いた超新星爆発によるシェル膨張の予測

平島敬也, 森脇可奈, 藤井通子 (東京大学), 斎藤貴之, 牧野淳一郎 (神戸大学)

銀河形成シミュレーションでは、 N 体/Smoothed particle hydrodynamics (SPH) 法や moving mesh 法/adaptive mesh refinement を用いて計算するが、現状のアルゴリズムでは、十分な並列化効率が達成できる並列度に限界がある。例えば、重力だけで相互作用する粒子 (ダークマター粒子と恒星粒子) と、流体力学相互作用する粒子 (SPH 粒子) の3種類の粒子を用いる N 体/SPH法による最高解像度のシミュレーションでも、 10^8 個程度の粒子で銀河を表しており、典型的な質量分解能は $10^3 M_{\odot}$ 程度に止まっている。

我々は、スーパーコンピュータ「富岳」を用いて、個々の星まで分解した高解像度銀河形成シミュレーションの達成を目指している。しかし、一部のタイムスケールの短い現象 (超新星爆発など) が、他の全ての粒子の時間積分に必要な演算・通信回数を数百倍に増大させ、現実的な時間内でのシミュレーション実行を不可能にしている。本研究では、演算・通信回数を減らすため、銀河内の時間刻みが短くなる領域 (超新星爆発など) を孤立系で計算する手法を試みている。そのためには、超新星爆発によるシェルが膨張し、時間刻みが短くなる領域、もしくは粒子を事前に予測する必要がある。そこで、将来の映像を予測する深層学習モデル Memory-In-Memory Network (Y. Wang et al. (2018)) を元に、シェル膨張に伴うガス密度変化を予測する深層学習モデルを開発した。このモデルでは、超新星爆発直前の3次元密度分布だけを入力として、シェル膨張による3次元密度変化が予測可能である。また、爆発後 0.2 Myr の密度変化が予測可能であり、予測結果は1秒以内で出力される。本講演では、開発したモデルを用いた超新星爆発によるシェル膨張の予測の精度・実行時間等について報告する。さらに、時間刻みの短い粒子を孤立系で計算する手法と、銀河形成シミュレーション高速化の展望について述べる。