

X61a 銀河形成シミュレーション高解像度化に向けた深層学習・CVによる超新星爆発のシェル膨張予測

平島敬也, 森脇可奈, 藤井通子 (東京大学), 平居悠 (東北大学, 理化学研究所), 斎藤貴之 (神戸大学), 牧野淳一郎 (神戸大学, 理化学研究所)

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^{10} 個程度の粒子で銀河を表しており、zoom-in シミュレーションを用いても質量分解能は $10^3 M_{\odot}$ 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、銀河の個々の星まで分解した star-by-star シミュレーションの達成を目指している。しかし、ごく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演算・通信回数を数百倍に増大させ、その実行を困難にしている。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) を孤立系として計算する手法を試みる。その実現には、超新星爆発に加熱され時間刻みが短くなる非等方なシェル領域 (粒子) を事前に同定する必要がある。解析解は等方的な現象しか扱えないため、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) とデジタル画像・映像を機械に解釈・処理させる技術 (Computer Vision; CV) を用いて、非等方なシェル膨張を高速に予測する深層学習モデルを開発した。本講演では、開発した深層学習モデルと粒子同定アルゴリズムのパフォーマンスについて報告する。さらに、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。