

X46a Star-by-star 銀河形成シミュレーションに向けた超新星フィードバックのサロゲートモデリング

平島敬也, 藤井通子 (東京大学), Shirley Ho (CCA/Princeton 大学/NYU), 森脇可奈 (東京大学), 平居悠 (Notre Dame 大学/東北大学), 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 Zoom-in シミュレーションでも 10^9 個程度の粒子で天の川サイズの銀河を表しており、質量分解能は $10^3 M_{\odot}$ 程度に止まっている (Applebaum et al. 2021).

我々は、 N 体/SPH 法を用いて、スーパーコンピュータ「富岳」上で銀河の個々の星まで分解した star-by-star シミュレーションを実行するためのコードの開発を進めている。従来のコードは、階層化独立時間刻み幅法を採用するため、ごく一部のタイムスケールの短い現象 (超新星爆発など) の時間刻み幅だけ短くなり、演算・通信回数が数百倍に増大しボトルネックとなっている。そのため、銀河内における超新星フィードバックの数値シミュレーションを機械学習で再現する手法 (サロゲートモデル) を開発し、演算・通信回数の削減を試みる。本手法では、高分解能の巨大分子雲スケールでの超新星爆発シミュレーションの結果を事前にモデルに学習させる。本モデルは、巨大分子雲内で超新星爆発が起こった時刻の周辺領域の物理量の分布を入力とし、 $\Delta t = 10^5$ 年後の物理量の分布を予測する。本講演では、エネルギー保存や超新星残骸の形状などの再現の観点から、短い時間刻みでシミュレーションを行った場合とのずれを評価し、予測の精度について報告する。