

X14a AIサロゲートモデルを用いた star-by-star 銀河形成シミュレーションの高速化

平島敬也, 森脇可奈, 藤井通子 (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), Shirley Ho (CCA/Princeton 大学/NYU)

多階層的な銀河進化を解明するため、これまで大規模シミュレーションを用いた研究が行われてきた。銀河進化において、詳細な星形成とフィードバックの影響を計算するには高い質量分解能が求められるが、超新星爆発の影響の適切な評価には $\sim 1M_{\odot}$ の分解能が必要である (Steinwandel et al. 2020 など)。スーパーコンピュータの発展 (CPU コア数の増大など) に伴い、N 体/Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) などの粒子的手法を用いた計算では、シミュレーションで用いる粒子数が増加し質量分解能は向上してきた。しかし、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、世界最高の分解能 ($\sim 1000M_{\odot}$) を持つ天の川銀河のシミュレーション (Applebaum et al. 2021 など) でも個別の恒星は表現できず、フィードバックはサブグリッドモデルとして導入されている。

そこで、機械学習により $\Delta t = 10^5$ 年後の超新星フィードバックの密度、温度・速度まで予測可能なサロゲートモデル (Hirashima et al. 2023a,b) を独自に開発した。これにより、ボトルネックとなっているタイムスケールの短い領域の直接計算を回避でき、シミュレーションの加速が期待される。本講演では、我々のサロゲートモデルの実装の状況と、実際にサロゲートモデルを利用した銀河形成シミュレーションの結果を、星形成率・アウトフローなどの観点から報告する。