

Z309a Toward simulations of globular cluster formation

藤井通子, Long Wang (東京大学), 平居悠 (理化学研究所), 斎藤貴之 (神戸大学)

球状星団や young massive cluster など、質量が $10^4 M_{\odot}$ を超える星団の形成シミュレーションは既存のシミュレーションコードでは難しかった。その主な要因は、星同士の重力相互作用に重力ソフトニングを用いなければならず、星団の力学進化に重要な近接遭遇を正しく取り扱えない点である。また、星の数の増加に従い、計算量が $O(N^2)$ で増加するため、 $10^6 M_{\odot}$ を超える星団の計算例は未だ少ない。我々は、Fujii et al. (2007) で用いたツリー法とダイレクト法のハイブリッド法 (BRIDGE) を、SPH 法を用いた流体計算コード ASURA (Saitoh et al. 2008) に組み込んだ「ASURA+BRIDGE」を開発した。ASURA+BRIDGE では、星同士の相互作用による軌道進化はダイレクト法と 6 次エルミート法を用いて解くため、ソフトニングを用いなくても星の軌道を高精度に計算することができる。さらに、6 次エルミート法の部分は、ツリー法とダイレクト法のハイブリッド法である Particle-Particle Particle-Tree (P3T) 法に置き換えても計算できるようにし、星の数が数十万以上でも計算量が $O(N \log N)$ でしか増えず、高速かつ近接遭遇や連星も正確に積分できるようになった。

本研究では、星形成過程は分解せず、銀河で用いるような密度に依存した確率的星形成を行うことで、大質量星団形成を取り扱えるようにした。この星形成スキームは化学進化用ライブラリ CELib (Saitoh 2017) をベースに実装されており (Hirai et al. 2020)、CELib によって生まれてくる星のアバundanceも調べることができる。さらに、大質量星からのフィードバックを、HII 領域を解析的に求め電離領域の粒子の温度を上げる手法で実装した。

本講演では、ASURA+BRIDGE を用いた乱流を持つ分子雲からの星団形成シミュレーションの結果と、球状星団形成、銀河形成シミュレーションへの応用といった今後の展望について報告する。