

R15a FDPS-SCF: 円盤銀河の高速 N 体計算コードの開発

穂積俊輔 (滋賀大学), 似鳥啓吾 (理化学研究所), 岩澤全規 (松江高専)

円盤とそれを取り巻く大質量ダークマターハローからなる円盤銀河のシミュレーションでは、ハロー粒子が円盤を通過する際のショットノイズを避けるためにハロー粒子も円盤粒子と等質量にする必要があり、必然的に大量のハロー粒子を扱わなければならない。2体間の重力を計算する N 体計算では計算量は $O(N^2)$ になることから、各粒子に対してある見込み角度内にある遠方の粒子をまとめて重力を計算することで計算量が $O(N \log N)$ になるツリー法がしばしば使われてきた。一方、系の密度とポテンシャルを直交基底関数系で展開してポアソン方程式を解く SCF 法 (Hernquist & Ostriker, 1992, ApJ, 386, 375) では重力場が求まるので、各粒子はその重力場中を運動するテスト粒子のように計算できる。その結果、計算量は $O(N)$ まで減らすことができる。SCF 法は完全な並列性を備えているため、現在の主流である並列計算機によるシミュレーションに最適な方法である。

そこで、ハローのような球状の系では少ない展開項数で系を表現できる直交基底が存在することからハロー粒子に対して SCF 法を適用し、円盤粒子は局所構造を記述できるようにツリー法で計算するハイブリッドコードを開発した。同様な計算コードは Vine & Sigurdsson (1998, MNRAS, 295, 475) によって開発されているが、彼らは円盤粒子がハロー粒子に及ぼす重力はツリー法で計算している。これに対して、我々は円盤粒子の自己重力のみツリー法で計算し、ハロー粒子の自己重力、および円盤粒子とハロー粒子の相互作用はすべて SCF 法で計算するようにしてさらなる高速化を実現した。現状では、ツリー法で並列化に適した FDPS (Iwasawa et al., 2016, PASJ, 68, 541) を使い、コード全体を SIMD 化した結果、円盤 100 万粒子、ハロー 500 万粒子に対して 64 コアマシンで 0.24 秒/ステップを達成することができた。講演では開発した計算コードの性能を詳細に紹介する。