

X19c Lagrange 的手法を用いたシミュレーションにおける resolution 制限

山本泰義, 岡本崇 (北海道大学), 齋藤貴之 (東京工業大学)

銀河進化の理論研究において、観測では得られない銀河の長時間進化を調べることが可能な点で宇宙流体計算は重要な役割を果たす。Lagrange 的手法を用いた計算では、流体は流体要素分布によって表現される。各流体要素は質量、速度、内部エネルギーの他に決まった近傍粒子数 N_{NEIB} を含む最小距離である kernel size を持っている。また、物理量は kernel 関数と呼ばれる kernel size に依存する関数によって重み付けされ表現される。この手法を用いる際、対象とする現象を描写するために十分な要素数を用いていないと物理的に正しい計算結果が得られない可能性がある。これを検証する方法の一つとして、重力収縮による構造形成の計算を行う上で必要な resolution を評価する Jeans test (Hubber et al. 2006) が挙げられる。この検証法には解析解が存在し、各 resolution における計算結果の振る舞いを解析解と比較することにより、計算に必要な resolution を評価できる。

本研究では、GIZMO (Hopkins et al. 2015) を用いて Jeans test を行った。GIZMO には複数の Lagrange 的流体手法が実装されており、それらの流体手法に起因する Jeans test の解析解への収束性を比較した。また、kernel 関数を変えた場合に Jeans test の結果にどのような違いが生じるのかを検証した。その結果、次に示す3つが判明した。(i) resolution(=流体要素の平均直径/密度摂動の波長)は0.25以下であることが好ましい。(ii) kernel 関数は高次であるほど resolution が高く、有効半径の範囲の大きさが影響していると考えられる。(iii) Traditional SPH(TSPH), Pressure SPH(PSPH), Meshless Finite Mass(MFM), Meshless Finite Volume(MFV)を用いた結果を比較すると TSPH, PSPH の結果に差は無く、MFM や MFV と比較して解析解によく収束しているが、高密度・低密度の箇所における精度の高さは MFV, MFM, SPH の順に良い。