

X59a 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), 斎藤貴之 (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、流体は粒子分布によって表現される。各流体粒子は質量、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のに十分な粒子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。この方法には解析解が存在するため、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) という一般公開されているコードで Jeans test を行なった。GIZMO には複数の Lagrange 的流体手法が内装されており、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 関数の表式を変化させた場合に 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 (=流体粒子の平均直径/密度ゆらぎのスケール) は少なくとも 0.25 以下である必要がある。(ii) kernel 関数が高次であるほど解析解によく収束する。(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 と PSPH の結果に差は無く、MFM や MFV に比べて解析解によく収束しているように見えるが別の値に収束している可能性がある。MFV より MFM の方が解析解に近い値となる。