

X13c Godunov 法を用いた宇宙論的流体シミュレーションコードの開発

細川 環、横沢 正芳、吉田 龍生 (茨城大)

我々は、宇宙初期の構造形成シミュレーションを行うために、流体方程式の数値解法に Godunov 法を用いるコードを作成している。Godunov 法は保存式を満たす風上差分である。

この差分法の特徴は、セル境界のフラックスを求めるために、各セル間で Riemann 問題を解く必要があるということであり、この部分に計算時間が割かれる。一方、中心差分で用いられている人工粘性項を必要としないため、衝撃波が形成されるような場合にも、このような人工的な項による効果を心配する必要がない。したがって、計算の信頼性は高いと考えられる。

開発中のコードは Euler 形式で、3次精度の Godunov 法 (PPM) をベースに、FFT を用いた自己重力計算、N 体計算によるダークマター、宇宙膨張、衝撃波形成に伴う加熱・冷却過程まで考慮に入れるもので、宇宙論的な一次元流体のシミュレーションを行うことが目的である。これにより、これまでより厳密に構造形成過程を追うことができる。

1次、2次、3次精度での Godunov 法を用いたシミュレーションコードの有効性を shock tube 問題で議論した。その結果、精度を上げるにつれ解析解とのずれが小さくなり、shock 幅は3次精度で1~2 cell 程度になった。また shock 前後での数値ゆらぎもみられなかった。質量保存、エネルギー保存は高い精度 (0.1%以下) で成り立っていることが確認された。

さらに、自己重力等を組み合わせた場合でもこのコードが有効であることが分かった。