

X33a Integral Approach を用いた新しい Godunov SPH 法の開発

藤原隆寛, 森正夫 (筑波大学)

銀河形成シミュレーションを始めとして, 宇宙物理の理論分野では Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) 法が流体計算に広く用いられている. しかしながら, SPH 法には流体の接触不連続面が上手く扱えないことや, 離散化された方程式が空間ゼロ次の誤差項を持つことといった欠点が知られている. これらは流体の不安定性を扱う上で大きな障害となりうる問題であり, これまでに様々な解決策が提案されてきた.

例えば, Riemann solver を SPH 粒子の相互作用計算に組み込む Godunov SPH (GSPH) 法によって, 接触不連続面を適切に扱えることが報告されている (Inutsuka 2002; Cha et al 2010). GSPH 法は, 通常の SPH 法で衝撃波を扱うために必要な人工粘性項を必要としないという長所も持っている. また, García-Senz et al. (2012) によって開発された Integral Approach (IA) には, 物理量の一階微分を新しい手法で計算することで離散化によって発生する数値粘性を抑制し, 空間ゼロ次の誤差を小さくする効果があることが確認されている.

我々は GSPH 法と IA を組み合わせることによって, 人工的な散逸項を必要としない高精度の Lagrange スキームの開発を目指した. その際に, IA を使用したときに強い膨張波が発生する領域で内部エネルギーが過小評価されることと, それが GSPH 法とは関係無く, IA が本質的に抱える問題であることを発見した. この問題を改善するために, 我々は IA での微分計算に使用していた行列に対して改良を加えた. その結果, 膨張波領域の問題を解決できるようになっただけでなく, 複数のテスト問題において元の IA より良い結果を示した. 本講演では, 我々の考案した新しい手法の有効性を物理的見地から考察した上で, 静水圧平衡や流体不安定性, 衝撃波といったテスト問題を行った結果を報告する.