

X70a Density-Independent SPH 法及び Godunov SPH 法への Integral Approach の適用とその性能

湯浅拓宏, 森正夫 (筑波大学)

Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) 法はその利便性やロバストネスゆえに銀河形成や宇宙論シミュレーションで幅広く用いられているが、いくつかの問題が存在する。例えば、衝撃波を扱うために人工粘性と呼ばれる人工的な散逸項が必要なこと、接触不連続面で非物理的な圧力勾配が表面張力の様に発生してしまうこと、離散化の際に粒子分布の非等方性からくる空間ゼロ次の誤差が発生することである。

Saitoh & Makino (2013) によって開発された Density-Independent SPH (DISPH) 法では、接触不連続面で不連続な密度ではなく、連続な圧力をカーネル推定し、SPH 法の方程式が密度に陽に依存しないように書き表すことで接触不連続面での非物理的な圧力勾配の問題を解決した。実際に、DISPH 法によって静水圧平衡やケルビンヘルムホルツ不安定性といった流体の特徴的な現象を通常の SPH 法よりも正確に再現することに成功している。

一方、García-Senz et al. (2012) では熱拡散項等に現れる 2 階微分項の計算に使用されていた方法 (Brookshaw 1985) を一階微分に応用する Integral Approach (IA) と呼ばれる手法を提案した。IA では物理量の一階微分をより精度良く計算でき、SPH 法が苦手とする流体不安定性の成長をより正確に捉えられ、離散化による数値誤差を減らせることが報告されている。(García-Senz et al. 2012; Rosswog 2015; Valdarnini 2016; Cabezón et al. 2017)

本発表では、IA を適用させた DISPH 法と Cha & Whitworth (2003) によって提案された、Riemann Solver を SPH に組み込むことで人工粘性がなくても衝撃波を扱うことができる Case 3 の Godunov SPH 法の性能を評価するために 1 次元衝撃波管問題、2 次元ケルビンヘルムホルツ不安定性などのテストの結果について報告する。