

X02a Density Independent Formulation of SPH

齋藤貴之、牧野淳一郎 (東京工業大学地球生命研究所)

Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) 法は、ラグランジュ法の一つであり、天文学の流体シミュレーションで広く用いられている。通常の SPH 法 (以下標準 SPH 法) では、まず密度を周りの流体素片との畳み込みで評価し、次にその密度を用いて他の物理量を評価する。

近年、Agertz ら (Agertz et al. 2007) は、SPH 法とメッシュ法の比較から、標準 SPH 法は接触不連続面をうまく扱うことができず、その結果流体不安定性の発展を抑制すると指摘した (cf. Ritchie & Thomas 2001, Okamoto et al. 2003)。そのためこれまで様々な改善方法が提案されている。

SPH 法が接触不連続面を正しく扱えないという問題は、標準 SPH 法の定式化に密度の微分可能性を使っているのが原因である。本来接触不連続面では圧力が一定であるはずなので、密度の代わりに圧力を最初に評価し、それを用いて他の物理量を求めることでこの問題を解決できると期待される。

我々は、密度ではなく圧力に基づいた体積要素を用いて方程式を離散化することで、密度の微分可能性を必要としない SPH 法の定式化に成功した。こうして求めた流体方程式の SPH 表記は右辺に密度を含まない形で表されるので、これを Density Independent SPH と名付けた。DISPH は接触不連続面における圧力平衡を正しく再現できる。さらに、衝撃波管問題、ケルビン・ヘルムホルツ及びレイリー・テイラー不安定性、点源爆発、高温ガス中を運動する冷たいガス雲の進化などの典型的な問題で DISPH は標準 SPH 法に比べて圧倒的に良い振る舞いをし、メッシュ法の結果と遜色のない結果を示した。なお、DISPH で強い圧力勾配がある問題を扱うときには、圧力そのものではなく圧力の 1 より小さいべきでのべき乗を評価する一般化が有効である。