

非理想気体も扱える Density Independent Smoothed Particle Hydrodynamics の開発

P231a

細野 七月 (東京工業大学), 斎藤 貴之 (東京工業大学), 牧野 淳一郎 (東京工業大学, 理化学研究所)

Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) 法とは、天文学や惑星科学の分野で広く使われている数値流体計算手法である。しかしながら近年、SPH 法には、流体不安定の取り扱いに弱点があると指摘された。この弱点は、標準的な SPH 法の定式化が、密度を畳み込みで評価している事に起因する。接触不連続面では、圧力が一定で密度は不連続である。SPH 法では、密度を評価する際にこの不連続面が鈍る。その結果、密度推定に誤差が発生する。この密度の誤差が圧力の評価に波及し、圧力にも誤差が生じる。そして、この圧力の誤差が人工的な表面張力の様に働き、流体不安定の成長を阻害する。

近年、この問題を解決するため、密度の連続性を仮定しない新しい SPH の定式化が提案され、流体不安定性の取り扱いについて解決していることが示された (Saitoh & Makino 2013)。この方法では、密度の代わりに基本的な物理量として圧力を使う。理想気体の場合、内部エネルギーから直接に圧力分布を計算できるので、まず圧力を求めて、それから他の物理量を計算する。しかし、一般の状態方程式では、内部エネルギーから直接に圧力を計算できないため、この方法は適用できなかった。

そこで、我々は内部エネルギーから圧力分布を与える方程式を定式化し、これが反復により解けることを示した。これにより、一般の状態方程式に Saitoh & Makino (2013) の方法を拡張した。テスト計算によって、我々の開発した SPH 法は、非理想気体に対しても問題なく流体不安定を表現できる事が示された。我々はこの SPH 法をジャイアントインパクトのシミュレーションに応用している。