

Z238b

Godunov Smoothed Particle Magnetohydrodynamics

岩崎一成 (同志社大学), 犬塚修一郎 (名古屋大学)

完全 Lagrange 法である Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) 法は, 高密度領域で自動的に分解能を上げることができるため, 宇宙物理学の研究で広く用いられている。しかし, 長年, 磁気流体が扱えないことが SPH の大きな弱点であった。そこで, 我々は, 有限体積法で用いられている Godunov 法を SPH 法に応用し, 線形波動よび不連続面を精度よく解くことができる Smoothed Particle Magnetohydrodynamics (SPM) 法を開発した (Iwasaki & Inutsuka 2011, 2013)。すでに, 星形成の研究に適用されている (c.f. Tsukamoto et al. 2015 a, b)。

我々は, SPM 法の線形解析をおこない, 磁気圧優勢下で, 線形波動の精度が極端に悪化するという問題を発見し, その問題を最小限にする処方箋を見出した (Iwasaki 2015)。SPM 法では, 我々の手法に限らず, 磁気圧優勢下で起こる数値不安定を抑制するために, 運動方程式とエネルギー方程式に磁場の発散に比例する修正項を加えている。この修正項によって, 磁場に沿って伝播する slow wave の数値的な位相速度が, 理論値を大きく超えてしまうことがわかった。これは, 磁場が数値的に復元力として働いてしまうために引き起こされる。整形解析から, 修正項の大きさをちょうど半分にすると, 数値的な安定性を保ったまま, 上記の問題を取り除くことができることがわかった。この処方箋の有効性は, 複数のテスト計算で確認された。衝撃波が頻繁に発生するような動的な状況では, 従来の SPM 法でも比較的精度よく解くことができるが, sub-Alfvénic 乱流などが重要な状況では精度が悪化するため, 我々が見つけた処方箋が有効である。