

SPMHDにおける離散随伴射影によるソレノイダル磁場条件の実現

○塚本 裕介¹ (1.甲南大学)

磁気流体力学(MHD)シミュレーションでは、磁場のソレノイダル条件 $\text{div } \mathbf{B}=0$ を数値的に保つことが重要な課題である。非零の $\text{div } \mathbf{B}$ は、磁気単極子に対応する非物理的な力を生じ、MHD計算において解の信頼性を損なう可能性がある。本発表では、Smoothed Particle Magnetohydrodynamics (SPMHD)における磁場発散誤差を、楕円型のプロジェクション問題として取り扱う新しい手法を提案する。

本手法では、既存の誘導方程式の時間発展により得られた補正前磁場 に対して、SPH離散発散演算子による $\text{Div } \mathbf{B}$ を計算し、この演算子に対する磁場補正をスカラー場 π の体積計量付き随伴勾配 $\text{grad } \pi$ として構成できることを示す。この定式化により、解くべき方程式は対称半正定値な線形系となることを見出した。またこの補正は $\text{div } \mathbf{B}=0$ 面への直交射影であり、磁気エネルギーは補正によって増大しないことが数学的に保証されることも確認した。対称半正定値性によりこの系は共役勾配法で解くことができ、十分な反復によってまるめ誤差まで $\text{div } \mathbf{B}$ を消去することができることを確認した。本手法は、任意のSPMHD誘導更新の後処理として実装可能である。発表においては重力崩壊シミュレーションのような現実的なシミュレーションにおいて、計算量なども含めてDedner型cleaningよりも優れた有効性を示すことについて紹介し、今後の展望を議論する。