

M46a 圧縮性磁気流体方程式における離散的なライプニッツ則を活用した差分解法の直交曲線座標系への拡張

飯島陽久 (名古屋大学)

圧縮性磁気流体方程式はマクロスケールプラズマの挙動を記述し、天文学におけるプラズマシミュレーションで広く用いられる方程式系である。この方程式系の1つの特徴として、内部エネルギー、運動エネルギー、磁気エネルギーという3つのエネルギーの総和が閉鎖系で保存するという点が挙げられる。太陽コロナに代表される、磁気エネルギーが熱エネルギーより圧倒的に大きい環境でプラズマの加熱過程を調査するには、磁気エネルギーの輸送と変換を正確に追跡していくことが不可欠である。

我々は以前、デカルト座標において、差分法で現れる離散的なライプニッツ則 (積の微分法則) を活用した新たな差分解法を提案した (Iijima, JCP, 435, 110232, 2021.)。内部・運動・磁気エネルギー方程式を陽にそれぞれ解くことなく、各エネルギー間のやり取りを空間離散化として厳密な形で保存させることが可能であり、全エネルギー保存を保ちながら頑健な数値シミュレーションを実現出来ることを示した。

今回の発表ではこの離散的なライプニッツ則を活用した差分解法の直交曲線座標系への拡張を報告する。物理成分表示の直交曲線座標系において、球座標系における角運動量保存といった重要な性質を保ちながら、デカルト座標と同様の離散的なエネルギー整合性を維持する離散形式を発見した。提案する離散形式は、円柱座標や球座標だけでなく、磁力線に沿った直交座標系のような太陽物理学で頻繁に利用される座標系への応用も可能である。