

Richtmyer-Meshkov不安定性での

Biermann Battery効果による乱流磁場生成

新井瑞月(東京大学)

利用カテゴリ XC-B

本研究は2019年度共同利用計算機採択課題として昨年度に行う予定だった研究課題だったが、昨年度は別の研究テーマに変更になったため、計算機を利用しなかった。以下に本研究の概要と研究テーマを変更した経緯を記す。

地球上には宇宙船と呼ばれる高エネルギー粒子が絶えず飛来しており、その中でもエネルギーが $10^{15.5}$ eV以下の宇宙線は銀河系内起源だと考えられている。銀河系内起源の宇宙線の加速機構として衝撃波統計加速が挙げられ、この加速機構の加速効率は衝撃波近傍の乱流磁場強度に依存することが分かっている。また、加速現場としては超新星残骸衝撃波が考えられている。X線衛星の観測から、この衝撃波の近傍では上流の媒質である星間物質の元の磁場の100倍程度まで増幅していることが示唆されている。よって、衝撃波近傍での磁場増幅機構を解明することは、銀河系内宇宙線の加速機構を理解するために不可欠である。

Sato et al.(2012)による先行研究では、衝撃波下流での磁場増幅機構としてRichtmyer-Meshkov不安定性(RMI)に着目した。RMIは非一様な密度分布をしている流体が衝撃波を通過する際に生じる不安定性である。流体が衝撃波を通過する際、流体の密度勾配と圧力勾配の向きが異なることで瞬時的に渦度が生じる。これによって衝撃波下流では慣性的に高密度領域が回転していき、それに伴って磁力線が巻き上げられ、磁場の増幅が起こる。先行研究では2次元MHDシミュレーションを行うことで、RMIが衝撃は下流での磁場の増幅機構として有効であることを明らかにしたが、シミュレーションでは上流の約10倍までの増幅しか起こすことができず、これだけでは必要な磁場増幅に到達することができなかった。

本研究では誘導方程式に高次項であるBiermann Battery項(BBT)を加えることによる磁場増幅が行われる可能性を調べた。BBTはRMIと同じように密度擾乱をもつプラズマが衝撃波を通過する際に瞬時的に密度勾配、圧力勾配に対して垂直な方向に磁場生成を行うことが分かっている。昨年度はこのBBTを取り入れた拡張MHDの3次元シミュレーションを行うことで、BBTによって生成された磁場がどのように増幅していくのかを調べる予定であった。

しかし、昨年度から大学院進学に伴いそれまで所属していた千葉大学から東京大学へ進学を行った。共同計算機の利用申請を行なった当初は大学院に進学した後も本研究を継続する予定であったが、大学院進学後に本研究とは異なる研究テーマを進めることになったため、計算機の利用は行わなかった。