

研究課題名 超新星衝撃波による宇宙線加速シミュレーターの開発

利用者氏名(所属機関) 井上剛志(名古屋大学)

利用カテゴリ XC-B

宇宙線は最高エネルギーが 10^{20} eV 以上にも達する非熱的なエネルギー分布を持った核子からなり、宇宙空間に広く分布している。宇宙線はそれ自身の圧力や、星間ガスの電離過程に影響することで、銀河や星形成雲のダイナミクスから、原始惑星系円盤の化学的性質に至るまで幅広い影響力を持っているが、その加速天体や現場が明確になっていないという非常に大きな問題が存在する。

本研究では従来多く使われてきた粒子系の計算コードとは異なり、Inoue (2019) によって基本設計されたボルツマン方程式ベースのコードを用いることで宇宙線加速を直接計算するコードの開発を目指した。具体的には、加速に必要な衝撃波と磁場のダイナミクスを記述する空間 1 次元の圧縮性磁気流体方程式に加え、宇宙線粒子のエネルギー空間での分布関数の発展を記述する移流拡散方程式を同時に解く、位相空間の 2 次元コードを開発した。宇宙線粒子の伝搬により流体中に生じる“Bell 電流”を通し、宇宙線と磁気流体は互いにカップルした系になっている。

開発は成功裏に終わり、ペタ電子ボルトに及ぶ宇宙線の加速現場になっていると言われる爆発最初期の超新星残骸の環境下で宇宙線加速を再現するコードが完成した。今後は共同研究者である Marcowith et al. (2018) で提唱されている超新星残骸の現実的環境下で超高分解能計算を行い、PeVatron の起源を明らかにし、さらに数年以内に開始する CTA によるガンマ線観測に向けた理論的予言を行っていく。