

Z235r 宇宙線の非ガウスの輸送と加速

羽田 亨

宇宙天体プラズマ中には MHD 乱流が存在し、数多くの物理過程において重要な役割を果たしている。特に衝撃波における宇宙線の統計加速過程 (DSA 過程) では、宇宙線の散乱体として衝撃波上流および下流域の MHD 乱流の存在は本質的である。これら MHD 乱流による宇宙線拡散を古典的拡散過程と捉え、これを衝撃波前後の流体圧縮と組み合わせた移流拡散モデルを考えると、この解は実際に観測される宇宙線スペクトルをある程度定量的に説明するものであり、広く受け入れられている。一方、MHD 乱流による粒子拡散は、乱流の電磁場を介した波動粒子相互作用によるものであり、一般に古典的拡散であるとは限らない。

本講演では、非ガウスの (非古典的) 拡散に基づく宇宙線の輸送と加速について、最近の研究をレビューする。DSA に関しては、準拡散の場合には宇宙線は十分に加速されないまま下流域に運ばれるため、宇宙線のエネルギースペクトルは標準的な DSA モデルよりもソフトになる。一方、沿磁力線拡散では MHD 乱流に多く存在する間欠性のために超拡散となる時間スケールが存在するが、この場合、下流域に流されるまでに宇宙線が多く衝撃波を横切ることができるため、ハードなスペクトルが実現し得る。古典的ランダム歩行を行う粒子のアンサンブルが古典拡散方程式であらわされるように、非ブラウン歩行 (レビ歩行) を行う粒子のアンサンブルを記述する自然なモデルとしてフラクタル拡散方程式が提案されている。一見、数学的には複雑で難解であるが、最近は数値計算の手法もいくつか提案され、宇宙線を記述するモデルとして有用であることがわかってきた。粒子軌道とアンサンブル時間発展の両面より、できるだけ物理的な視点から宇宙線の輸送と加速について議論を行い、さらに観測結果との関わりについて言及する。