

## ゆらぎのある磁場中での宇宙線の垂直拡散：パーコレーション統計

## Cross Field Transport of Cosmic Rays : Percolation statistics

# 大塚 史子[1], 羽田 亨[1]

# Fumiko Otsuka[1], Tohru Hada[2]

[1] 九大・総理工・大気海洋

[1] E.S.S.T., Kyushu Univ, [2] ESST, Kyushu Univ

ゆらぎのある磁場中における粒子の拡散過程について、テスト粒子シミュレーションを行った。時間的には定常であるが、空間的にゆらぎをもつ垂直磁場の存在する2次元空間を考える。磁場ゆらぎの大きさはベキ乗則で与え、境界は周期的とする。磁場ゆらぎの位相をランダム変数の組として与え、幾つかのrunを行った。粒子の実空間拡散係数を評価し、粒子のラーマ半径と磁場ゆらぎの特性長の比、磁場ゆらぎの平均磁場にたいする大きさをパラメータとして、準線形理論との比較およびパーコレーション的観点からの数値計算結果の議論を行う。

宇宙線の加速機構については、明らかでない部分が多い。ここでは特に天体プラズマ中の垂直衝撃波によるフェルミ加速を考える。衝撃波の上流域と下流域のそれぞれに存在する磁気流体(MHD)乱流による拡散による、少数の宇宙線粒子は衝撃波を何度も横切ることにより、高エネルギーにまで加速される。このためには、宇宙線粒子は磁力線に垂直方向に拡散されることが必要である。この観点から本研究では、ゆらぎのある磁場中における粒子の拡散過程について、テスト粒子シミュレーションを行い、その結果の統計解析を行った。

時間的には定常であるが、空間的にゆらぎをもつ垂直磁場の存在する2次元空間を考える。磁場ゆらぎの大きさはベキ乗則で与え、境界は周期的とする。与えるパラメータは磁場ゆらぎのベキ指数、強度、最大波長、粒子のエネルギーである。また、磁場ゆらぎの位相をランダム変数の組として与え、幾つかのrunを行った。粒子の実空間拡散係数を評価し、粒子のラーマ半径と磁場ゆらぎの特性長の比(以後、これを断熱パラメータ  $a$  と呼ぶ)、磁場ゆらぎの平均磁場にたいする大きさをパラメータとして、その依存性を考察した。

幾つかのrunの結果、 $a \gg 1$  の場合には、粒子は1周のラーマ運動の間にランダムな磁場を感じるため、案内中心の、ほぼ古典的なランダムウォークとなった。一方、 $a \sim 1$  程度または  $a \ll 1$  の場合には、拡散係数は2つのタイプに分類できた。どちらのタイプの場合でも古典的拡散とは全く異なる統計が見られた。 $a \ll 1$  の場合には粒子は磁場の等高線に沿って運動し、磁場の構造に捕捉される粒子と境界周期性のため輸送され続ける粒子が共存する。これらの粒子群は、それぞれ単独では時間スケールに比例および反比例する拡散係数をもたらす。さらに  $a \sim 1$  の場合には、長時間スケールで見ると、ラーマ半径が比較的大きいため、ときどき等高線の乗り換えがおり、ランダムウォークとなる。拡散係数の準線形理論との比較およびパーコレーション的観点からの数値計算結果の議論を行う。