空間相関を持つ磁気流体波動による荷電粒子の加速

Acceleration of Charged Particles by Spatially Correlated MHD Waves

蔵満 康浩 [1], 羽田 亨 [1]

Yasuhiro Kuramitsu [1], Tohru Hada [2]

[1] 九大・総理工・大気海洋

[1] Earth System Sci., Kyushu Univ., [2] ESST, Kyushu Univ

強い空間相関を持つ磁気流体波動による荷電粒子の加速過程を議論した。ランダム場に比べ強い空間相関を持つ波動は効率よく高エネルギー粒子を生成する。これは双方向に伝搬する局在した波動・孤立波によるミラー反射による連続的な加速が起こっているためである。いわゆる断熱理論ではミラー反射の確率は粒子のピッチ角とミラー比で決まるが、孤立波による粒子の反射は断熱理論の適用できない範囲があり、数値的に反射確率を求める。得られた反射確率をもとに粒子のエネルギー拡散過程をモデル化する。

宇宙プラズマは無衝突プラズマであり、種々の輸送は粒子と波動の相互作用を通して行われる場合が多い。宇宙空間の様々な現象で観測される高エネルギー粒子・宇宙線の生成も波動と粒子の相互作用が本質的な役割を担っていると考えられる。また実際観測される磁気流体波動はしばしば大振幅であり、空間的に局在した間欠的な波束として存在することが少なくない。我々は強い空間相関を持つ磁気流体波動による荷電粒子の加速過程を議論する。

同じパワースペクトルと異なる位相相関をパラメータとして与え、ランダム場と空間的に局在した孤立波的波形の中で粒子加速過程をテスト粒子シミュレーションにより調べる。ランダム場に比べ孤立波は効率よく高エネルギー粒子を生成する。これは双方向に伝搬する孤立波の間で粒子がミラー反射を繰り返し連続的に加速されるためである。

粒子の孤立波による反射の確率は、孤立波の振幅と幅、孤立波と粒子の旋回の位相差、そして粒子のピッチ角によってきまる。簡単な波束を与え、これに粒子をぶつけることで反射の確率を数値的に求める。粒子の速度が小さい（孤立波の幅が広い）場合の反射はいわゆる断熱理論により、粒子のピッチ角とミラー比でほぼ完全に説明できる。ところが粒子の速度が大きくなると、粒子は急激な場の変化を感じてロスコーンの中にある粒子でも反射される場合が生じる。この粒子の運動の非断熱性は、粒子の速度と波束の幅の比が ~ 1 のオーダーからみられるようになり、更に速度を大きくしていくと粒子の反射確率はほぼ逆べきで減衰する。

得られた反射確率をもとに強い空間相関を持つ磁気流体波動のもとでの粒子のエネルギー拡散過程を簡単な統計的モデルをたてて議論する。