

MHD パルスと荷電粒子の非線形相互作用

Nonlinear interaction of MHD pulse and charged particle

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] ESST, Kyushu Univ., [2] ESST, Kyushu Univ

http://www.esst.kyushu-u.ac.jp/CDS/index_j.html

宇宙空間で観測される大振幅で空間的に強い相関を持つ磁気流体(MHD)波動と荷電粒子の相互作用は、そのような場の下で粒子がどのように拡散・緩和されるかを知る上で本質的である。本稿では強い空間相関を持つ波動による粒子の加速過程(ソリトン加速)の素課程としてMHDパルスと荷電粒子の相互作用を調べた。特にソリトン加速の簡単な統計モデルを作ることを目的に、孤立波による粒子のミラー反射について議論した。パルスと粒子が遷移的にサイクロトロン共鳴することで断熱性が破れ、また非断熱的極限で等方的な速度分布を持つ粒子に対し反射確率が速度の冪で減少し、その指数が $-1/2$ となることを理論と数値実験により示す。

宇宙プラズマは無衝突プラズマである。そのため宇宙空間で観測される大振幅で空間的に強い相関を持つ磁気流体(MHD)波動と荷電粒子の相互作用は、そのような場の下で粒子がどのように拡散・緩和されるかを知る上で本質的である。準線形的なランダム場では粒子は共鳴散乱をくり返すことで速度空間で拡散していく。

これに対し、空間相関の強い孤立波的波形の下では粒子は連続的なミラー反射により加速される。波動が空間的に相関を持つ場合の孤立波によるフェルミ加速を、準線形的なランダム場による加速と区別してソリトン加速と呼ぶことにする。本稿ではソリトン加速の素課程としてMHDパルスと荷電粒子の相互作用を調べた。特にソリトン加速の簡単な統計モデルを作ることを目的に、孤立波による粒子のミラー反射について議論した。波束による粒子のミラー反射は波束の幅が大きい、または粒子の速度が小さい場合は断熱理論で説明できる。

また波束の幅とが小さくなると波束と粒子が遷移的なサイクロトロン共鳴することで断熱性が破れ、また巻き数が有限の場合は背景磁場に対して左右の対称性が破れる。非断熱的極限で等方的な速度分布を持つ粒子に対し反射確率がパルスの振幅や巻き数、形そのものによらず速度の冪で減少し、その指数が $-1/2$ となることを理論と数値実験により示す。静電波の場合も同様の議論が可能で、ポンデラモーティブ力等の静電成分が電磁的な波束とともに存在する場合の反射確率はどうか、また同様な場合として波動が斜伝播の場合はどうかを議論し、得られた素過程からどのようにソリトン加速をモデル化するか簡単な例を議論する。