

3次元乱流磁気リコネクションによる高効率の非熱的粒子加速

星野 真弘 [1]
[1] 東大・理

High-efficiency nonthermal particle acceleration by 3d turbulent magnetic reconnection

Masahiro Hoshino[1]
[1] University of Tokyo

Nonthermal particles whose energy much larger than the thermal plasma are ubiquitously observed in astrophysical environments, and the energy density of the nonthermal particles is known to be often larger than that of the thermal plasma. Among many variety of acceleration processes of these nonthermal particle, the accelerations by shock wave and magnetic reconnection are believed to play the most important role for the origin of the observed nonthermal particles. Roughly speaking, two elementary plasma acceleration processes are occurring: one is the stochastic acceleration under the resonant interaction of a charged particle with turbulent waves, and the other is the direct acceleration where a charged particle can gain its huge energy only by a single interaction with a localized, large-amplitude electric field. However, the acceleration mechanisms in details are still controversial.

In this presentation, we focus on the turbulent reconnection in many magnetic islands, which is thought to be responsible for determination of the maximum attainable energy of accelerated particle in the system. We have already demonstrated by using 2d PIC simulation that the particle acceleration efficiency of the classical 2nd order Fermi acceleration with many magnetic clouds becomes to be 1st order of the ratio of Alfvén speed and the speed of light, if we take into account of many magnetic islands instead of those magnetic clouds (Hoshino, PRL, 2012). However, the behavior of three-dimensional reconnection remains elusive. Based on our result of 3d PIC simulation, we discuss that the acceleration process of multiple magnetic islands seen in 2d PIC simulation can work in more realistic 3d magnetic islands as well.

宇宙プラズマ中では、熱エネルギーを凌駕する非熱的高エネルギー粒子が普遍的に観測され、非熱的粒子のエネルギー密度が、熱的プラズマのエネルギー密度を上回ることが知られている。非熱的粒子の起源には多種多様なプラズマ加速機構が考えられるが、その中でも高効率の加速過程として衝撃波加速と磁気リコネクション加速が注目されている。そしてそのマイクロなプラズマ過程に着目すると、乱流場と荷電粒子が繰り返し共鳴する統計的加速に加えて、局在化した大振幅の電場と一回の共鳴で大きなエネルギーを得る直接加速が効くこともあり、加速の物理は必ずしも統一的な理解にいたっていないのが現状である。

本発表は、加速粒子の最高エネルギーを決定するのに重要であると考えられる、多数の磁気島中での乱流磁気リコネクションに着目する。我々は既に2次元PICシミュレーションを用いて、磁気雲との相互作用による古典的な2次オーダーのフェルミ加速について、磁気雲の代わりに磁気リコネクションを考えることで、アルフベン速度と光速の1次オーダーで加速される高効率の加速が起きることを示した (Hoshino, PRL, 2012)。しかし磁気島が三次元構造を持つ場合には今後の課題となっていた。今回は3次元PICシミュレーションの結果を下に、現実的な3次元構造を持つ磁気島においても、2次元で得られた加速と同様な機構が働くことを議論する。