

コヒーレントな乱流的アルフベン波による速い衝撃波粒子加速

村木 昂大 [1]; 星野 真弘 [2]; 天野 孝伸 [2]
[1] 東大・理・地球惑星; [2] 東大・理

The fast acceleration of particles scattered by turbulence-like coherent Alfvén wave in shock fronts

Koudai Muraki[1]; Masahiro Hoshino[2]; Takanobu Amano[2]
[1] EPS, Univ. of Tokyo; [2] University of Tokyo

The origin of the galactic cosmic ray is believed to be generated around the supernova remnant shocks (SNR), and the first-order Fermi acceleration is widely recognized as the standard theory of cosmic ray acceleration. Yet the maximum attainable energy expected by the first-order Fermi acceleration is at least an order of magnitude less than the observed energy of $10^{15.5}$ eV. To overcome this problem, additional acceleration and/or other efficient acceleration processes are needed.

Among several alternative acceleration mechanisms, a special attention to be paid to the particle acceleration for the particles trapped around the shock wave front. For instance, the scattering process between upstream and downstream through monochromatic circularly polarized Alfvén wave (Sugiyama et al. 2001) is regarded as a possible pre-acceleration process injecting the thermal particles into the Fermi acceleration process and the subsequent fast Fermi acceleration process. By extending the previous researches, we study a fast particle acceleration process for turbulence-like waves which have power law energy spectrum, instead of the monochromatic wave. We argue that the turbulence-like waves with a certain degree of coherence scatter effectively the particles, and as a result the particles are accelerated into high energy regime. By using the test particle simulation, we find the acceleration efficiency depends on the coherence of turbulent electromagnetic fields and for the case of strongly coherent waves the energetic particles are quickly accelerated.

銀河宇宙線の起源は銀河系内の超新星残骸衝撃波であると考えられており、そのメカニズムは一次フェルミ加速が標準理論として受け入れられている。しかし一次フェルミ加速では、加速効率が悪く超新星残骸の寿命という限られた時間の中では十分な宇宙線粒子の加速が難しく、期待される到達エネルギーは観測される $10^{15.5}$ eV に対して一桁以上足りないという問題が残っている。この問題を解決するために、付加的な加速もしくは他のより効率のよい加速機構が求められている。

いくつかの理論的アプローチがあり、特に衝撃波近傍の波動に補足された粒子の加速の可能性が着目されている。例えば、衝撃波上流と下流とで単一波長の円偏アルフベン波を利用した散乱過程 (Sugiyama et al. 2001) は、熱的粒子をフェルミ加速過程に注入する「粒子注入過程」とそれに続く速いフェルミ加速過程の可能性を示している。本研究では、これまでの研究を発展させ、単一波長ではなく乱流的な冪型強度スペクトルを持つアルフベン波を散乱体と考えることで、速い衝撃波加速の可能性を調べる。テスト粒子解析を行い、粒子の加速過程は乱れ場のコヒーレンスに依存することが分かった。強くコヒーレントな乱れ場の中では粒子は速く高エネルギー領域まで加速されることを議論する。