

## 宇宙線変成衝撃波の加速効率に対する磁場増幅の効果

# 斎藤 達彦 [1]; 星野 真弘 [2]; 天野 孝伸 [2]  
[1] 東大・理; [2] 東大・理

### Effects of magnetic field amplification on the particle acceleration efficiency at cosmic ray modified shocks

# Tatsuhiko Saito[1]; Masahiro Hoshino[2]; Takanobu Amano[2]  
[1] EPS, Univ. of Tokyo; [2] University of Tokyo

Shock waves with the feedback effects of accelerated particles (cosmic rays: CRs) are called cosmic ray modified shocks (CRMSs) [Drury & Voelk 1981]. In CRMSs, the shock structures change globally, the energy spectrum of CRs becomes concave. Such features typical of CRMSs were reported by recent observations of supernova remnants (SNRs) [Vink et al. 2006]. Therefore, it is important to consider the feedback effect of CRs.

On the other hands, recent observations of SNRs imply that the magnetic fields are amplified up to mG [Vink & Laming 2003; Uchiyama et al. 2007]. In such situations, the pressure of the amplified magnetic field may also play a role for modification of the shock structure, and hence the acceleration efficiency of CRs.

In our research, we assume that the background plasma is described as a fluid whereas the distribution function of CRs is governed by the diffusion convection equation. Reville, Kirk & Duffy (2006) found the steady-state solution of CRMSs for this system by using an iterative approach. However, they did not consider of the effect of magnetic field amplification. In this study, we extend the system by introducing the generations of magnetic field and its dissipation that leads to non-adiabatic heating of the background plasma in the precursor region. The non-adiabatic heating of the background plasma leads to the decrease in Mach number in the precursor, resulting in a weaker subshock. Therefore, the CR acceleration efficiency in a modified shock may be substantially reduced. We will quantify the acceleration efficiency of the modified shock in such an extended system, and discuss the stability of the steady-state solutions by using non-linear time-dependent simulations.

衝撃波に対して被加速粒子(宇宙線)の反作用効果が効いた衝撃波は宇宙線変成衝撃波と呼ばれている [Drury & Voelk 1981]。宇宙線変成衝撃波では、衝撃波の構造が大きく変化し、それに伴い被加速粒子のエネルギースペクトルも低エネルギー側で急峻で、高エネルギー側でなだらかな凹型の形状を示す。実際の超新星残骸衝撃波などでは、こうした特徴的な構造が見つかっており [Vink et al. 2006]、宇宙線加速を論ずる際にはこの効果を考慮することは非常に重要である。

一方、衛星観測から、超新星残骸衝撃波では mG 程度の非常に大振幅な磁場が生成されていることが示唆されている [Vink & Laming 2003; Uchiyama et al. 2007]。このような状況では宇宙線の反作用効果に加えて、励起された波の圧力も十分に衝撃波を変成し、宇宙線の加速効率に寄与を与え得ると考えられる。

本研究では、背景プラズマを流体、宇宙線を分布関数として宇宙線変成衝撃波を記述する。同様の枠組みにおいて時間定常解が Reville, Kirk & Duffy (2006) によって得られているが、この先行研究では衝撃波での磁場増幅の効果を無視している。そこで、我々は新たに磁場の生成と、減衰による背景プラズマの非断熱加熱の効果を取り入れて系を拡張した。この拡張された系では、背景プラズマの加熱によって subshock 上流でのマッハ数が低下し、subshock が弱まる。従って、宇宙線が加速効率が低下することが予想される。今回の発表では、この宇宙線の生成効率を見積もり、さらに、非線形な時間発展を追うことで、この系が安定して存在できるかどうかも議論する。