

宇宙線変成衝撃波での粒子注入に対する宇宙線の影響

斎藤 達彦 [1]; 星野 真弘 [2]; 天野 孝伸 [3]
[1] 東大・理; [2] 東大・理; [3] 東大

Self-modulation of injection in cosmic ray modified shocks

Tatsuhiko Saito[1]; Masahiro Hoshino[2]; Takanobu Amano[3]
[1] EPS, Univ. of Tokyo; [2] University of Tokyo; [3] Univ. Tokyo

Galactic cosmic rays are believed to be accelerated by the supernova remnant shocks through the well-known first order Fermi acceleration mechanism. It is important to understand how thermal particles are heated sufficiently to be accelerated by the Fermi mechanism. This is the so called *injection problem*.

Additionally, nonlinear *feed-back* of cosmic rays to shock is also important. Helder et al. 2009 suggested that the energy of cosmic rays might be larger than half of total energy in some supernova shocks from observations. Other observations also suggested that there are cases where energy density of cosmic rays is so large that shocks are strongly modified by the pressure of cosmic rays. These shocks are called *cosmic ray modified shocks*.

Our motivation of research is to investigate the influence of cosmic rays on the strength of particle injection and modulation of cosmic ray production efficiency. A model of cosmic ray modified shocks with the effect of injection was proposed by Zank et al. 1993. Their injection model was the *thermal leakage* model. However, in their model, the injection parameter is taken as an arbitrary constant. In actual situation, it is possible to consider that the injection efficiency decreases when the cosmic ray pressure increases because, in response, the subshock strength becomes weaker. To discuss such a possible feedback from cosmic rays, we extend their model and redefine the injection parameter as a variable determined by other physical variables self-consistently. Then, we conduct the numerical simulations and investigate the spatial and temporal variations of the injection parameter.

銀河宇宙線の加速源は銀河系内の超新星残骸衝撃波である。その加速メカニズムは1次のフェルミ加速であると考えられているが、フェルミ加速を起こすだけのエネルギー帯まで熱的粒子をいかに加熱・注入するかという、いわゆる“粒子注入問題”は宇宙線の衝撃波加速において非常に重要である。

他方、フェルミ加速機構によって生成された宇宙線が衝撃波に及ぼす影響も無視できない。Helder et al. (2009) は、衝撃波近傍で生成された宇宙線のエネルギーが系全体のエネルギーの実に半分以上を占めている場合があると推定した。その他にも衝撃波近傍で宇宙線のエネルギー密度が大きいと推定できる結果が報告されている (Hughes et al., 2000)。このような状況では宇宙線の影響が顕著に現れ、衝撃波が非線形的に発展していると考えられる。こうした衝撃波は特に「宇宙線変成衝撃波」と呼ばれる。

本研究では、宇宙線の存在が粒子注入の強さにどのような影響を与え、さらに宇宙線の生成率がどう自己調整されるのか、について調べることを目的としている。粒子注入を含んだ宇宙線変成衝撃波は“熱的漏れ”モデルを仮定して Zank et al. (1993) によって提案されている。しかしながら、彼らのモデルでは注入パラメータが任意定数となっている。実際の系では、宇宙線の量が増大することによって衝撃波強度が減少し、注入効率も減少すると考えられる。本研究では、こうした物理を議論するために、新たに注入パラメータも系の物理量から自己無撞着に定まる変数として拡張した。その上で、数値計算による非線形時間発展を行い注入パラメータの時間・空間変化を追った。