

磁場を考慮した宇宙線変成衝撃波

斎藤 達彦 [1]; 星野 真弘 [2]

[1] 東大・理; [2] 東大・理

Two fluid model of Cosmic-Ray Modified Shock including magnetic field

Tatsuhiko Saito[1]; Masahiro Hoshino[2]

[1] EPS, Univ. of Tokyo; [2] University of Tokyo

It is now widely accepted that Galactic cosmic rays, whose energy is less than $10^{15.5}$ eV, are mainly accelerated at shock wave of supernova remnants in our galaxy. The acceleration process is known as "first-order Fermi acceleration", in this process, particles are scattered by MHD waves and cross the shock many times. In crossing the shock, particles are compressed and gain energies from back ground plasma, finally they are accelerated to nonthermal energy. Population of cosmic rays around shock grows to a certain level, then cosmic rays have back reaction to shock structure and modify it. This modified shock is often called "cosmic-ray modified shock (CRMS)". Recent observations of supernova remnants reveal indirect evidence for the existence of CRMS.

We have been discussed in the frame of so-called "two fluid model of CRMS", proposed by Drury & Volk at 1981. In this model, we assume plane parallel shock structure, and magnetic field is neglected in Rankine-Hugoniot relation. In this study, we investigate the contribution of magnetic field to the structure of CRMS in the frame of MHD.

In one dimensional system, we investigate time-dependent solution of MHD CRMS.

In two dimensional system, we perform numerical simulation and compare the structure of CRMS between HD and MHD two fluid model.

衝撃波による宇宙線の加速が進行し、衝撃波におけるエネルギー分配において宇宙線の存在が無視できない状況では、衝撃波は自らが生み出した宇宙線によって自発的な構造変化を起こす。こうした、粒子加速による非線形段階のフェイズに入り、構造変化を起こした衝撃波を宇宙線変成衝撃波と呼ぶ。

銀河宇宙線の主たる加速起源である超新星残骸の最近の観測から、この宇宙線変成衝撃波の存在を示す傍証がいくつか発見されている。

衝撃波での宇宙線の加速はフェルミ加速によるがその加速効率は磁場の配置に大きく依存している。また、DSA 理論による最高加速エネルギーも磁場の大きさに依存するため、磁場を考えることは非常に重要である。

本研究では、これまでに Drury & Volk (1981) らの、宇宙線と背景プラズマを共に流体として取り扱う 2 流体モデルを基に宇宙線変成衝撃波の構造変化 1 次元、2 次元のそれぞれの場合を通して議論してきたが、2 流体モデルでは、平行衝撃波を暗に仮定して、2 流体衝撃波におけるランキン・ユゴニオ関係には陽に磁場が現れない形になっている。

今回は磁場の項を入れて、流体から MHD へと系を拡張して、2 流体宇宙線変成衝撃波を議論する。

まず、1 次元系においては、1 次元垂直衝撃波を仮定した場合、下流での宇宙線の圧力は、平行衝撃波に比べて減少することが分かっている。また、高マッハ数においては、宇宙線の拡散効果が顕著に効き、衝撃波における各物理量は上流から下流に向かって連続的に変化していく。この状況下において、下流の宇宙線の圧力に対する磁場の角度依存性を調べた。また、上流に宇宙線がない状態から、衝撃波を進展させていき、宇宙線の圧力変化の時間依存性を調べる。

次に、2 次元において、磁場がある状態とない状態での衝撃波の構造の違いを数値シミュレーションを通して比較する。