

地球磁気圏衝撃波と惑星間空間衝撃との相互作用による電子加速の研究

中野谷 賢 [1]; Mazelle Christian[2]; 松清 修一 [3]; 羽田 亨 [4]
[1] 九大総理工; [2] CNRS,IRAP; [3] 九大・総理工; [4] 九大総理工

Investigation of Electron Acceleration through the Interaction of between the Earth's Bow Shock and an Interplanetary Shock

Masaru Nakanotani[1]; Christian Mazelle[2]; Shuichi Matsukiyo[3]; Tohru Hada[4]
[1] ESST, Kyushu Univ.; [2] CNRS,IRAP; [3] ESST Kyushu Univ.; [4] ESST, Kyushu Univ

Shock waves can exist wherever supersonic relative flows exist in space. They often approach and even collide with each other (we call it a shock-shock interaction). For instance, it is commonly observed that an interplanetary (IP) shock interacts with planetary bow shocks or the heliospheric termination shock. Beyond the heliosphere, shock-shock interactions can be also seen in many astrophysical circumstances.

In those situations, we have a question: 'Is particle acceleration through a shock-shock interaction more efficient than that occurring in a single shock wave?'. However, we have little direct evidence of particle acceleration by a shock-shock interaction. Hietala et al.[2011] discussed ion acceleration while an IP shock was approaching to the bow shock by mainly using ACE, WIND and GEOTAIL data. They argued that ions can be accelerated through bouncing off between the two shocks with a Fermi acceleration mechanism. Until now, on the other hand, we do not still have a direct evidence of electron acceleration by a shock-shock interaction.

In this paper, we report a spacecraft observation implying electron acceleration due to the interaction between an IP shock and the bow shock on January 20, 2004. While CLUSTER observed increase of electron flux two hours before the IP shock crossing, ACE and WIND did not observe such electron flux increase. The reason for the difference is that although CLUSTER was magnetically connected to the bow shock and IP shock, ACE and WIND were only connected to the IP shock. In this case, energetic electrons were probably accelerated through bouncing off between the two magnetically connected shocks. The electrons have a bi-directional pitch angle distribution implying that they come and go between the two shocks. We discuss the acceleration mechanism in detail and compare its efficiency to the case of single shock acceleration (usual diffusive shock acceleration).

衝撃波は宇宙において超音速の相対的な流れがあるところであればどこにでも起こりうる。それらはしばしば、互いに近づいたり衝突したりする。例えば太陽から発生した惑星間空間衝撃波は惑星前面のバウショックや太陽圏終端衝撃波と相互作用することが観測的にも捉えられている。太陽圏を超えても、衝撃波-衝撃波相互作用は多くの天体現象においてみることができる。

それらの状況において、一つの疑問が思い浮かぶ、'衝撃波-衝撃波相互作用による粒子加速の効率は単一の衝撃波より高いのか?'。しかしながら衝撃波-衝撃波相互作用による粒子加速を示す直接的な観測はほとんどない。Hietala et al. [2010] は惑星間空間衝撃波が地球のバウショックに近づいている間にイオンが加速されたことを ACE, WIND, GEOTAIL 衛星の観測から見出した。彼女らは、イオンは二つの衝撃波の間で反射を繰り返しながら加速されたと論じた (フェルミ加速)。しかしながら、これまで、衝撃波-衝撃波相互作用による電子加速の直接的な証拠は報告されていない。

本研究では、2004年1月20日に発生した惑星間空間衝撃波と地球のバウショックとの相互作用による電子加速を示唆する観測結果を報告する。CLUSTER は惑星間空間衝撃波が衛星を通過する2時間前から電子フラックスの増加を観測したが、ACE と WIND はそのような電子フラックスの増加を観測しなかった。その違いの理由は、CLUSTER はバウショックと惑星間空間衝撃波の両方と磁場でつながっていたのに対して、ACE や WIND は惑星間空間衝撃波とだけ磁場でつながっていたことである。その場合、高エネルギー電子は二つの磁場でつながった衝撃波の間を、反射を繰り返しながら加速されると考えられる。さらに観測された電子のピッチ角分布は bi-directional 分布を持っており、それは電子が二つの衝撃波からやってきていることを示している。本講演では詳細な加速メカニズムや、単一の衝撃波による場合との加速効率の比較を議論する。