

磁気圏尾部において電磁的エネルギーを伝播するアルフベン波の空間スケールの推定

松岡 彩子 [1]; 高田 拓 [1]; 星野 真弘 [2]; 早川 基 [3]; 向井 利典 [4]
[1] 宇宙研; [2] 東大・理・地球物理; [3] 宇宙研・宇宙機構; [4] JAXA

Estimation of the dimensional scale of the Alfvén waves carrying electromagnetic energy in the plasma sheet

Ayako Matsuoka[1]; Taku Takada[1]; Masahiro Hoshino[2]; Hajime Hayakawa[3]; Toshifumi Mukai[4]
[1] ISAS/JAXA; [2] Earth and Planetary Sci., Univ of Tokyo; [3] ISAS/JAXA; [4] JAXA

It is not still very clear how the charged particles in the geotail plasma sheet are energized. Terasawa et al. (1997) showed that the temperature and density of the plasma in the plasma sheet depends on the kinetic energy and the density of the solar wind as well as the orientation of the interplanetary magnetic field (IMF). It suggests that the heating process controlled by the solar wind condition would energize the particles entering into the plasma sheet from the solar wind. Magnetic reconnection is considered to be a potential process to energize the plasma sheet particles. However, it is difficult to consider that the particles in the plasma sheet are energized just by the reconnection because the reconnection is a discontinuous process occurring in very limited region while energetic particles are observed always in the geotail plasma sheet.

We are considering that Alfvén wave travelling in the plasma sheet is another potential process to energize the particles in the plasma sheet. We discovered large-amplitude Alfvén waves often appear in the geotail plasma sheet in the Geotail observations. Large fraction of the Alfvén-wave events coincides with (1) ion beams or (2) dipolarization. It suggests that Alfvén waves are excited by cyclotron instability or the change of the magnetospheric shape. Large Poynting flux events (less than 0.04 W/m²) are always found with ion beams. Since the probability of Alfvén waves with large Poynting flux decreases with approaching to the earth, the wave energy is suggested to dissipate in the short time after the decay of the sunward ion beam. The plasma sheet may be heated by the Alfvén waves.

The energy carried by the Alfvén waves, Poynting flux, flows along the ambient magnetic field. To estimate the total energy carried by the Alfvén waves in the plasma sheet, it is necessary to estimate the scale of the waves in the direction perpendicular to the ambient magnetic field. This scale can be estimated from the deviation of the electric to magnetic field amplitude ratio from the local Alfvén speed (Wygant et al., 2002). On the other hand, the inertia of the electron and the heavy ions may cause the deviation of the E to B amplitude ratio. Therefore, electron temperature and the ion composition should be examined as well to estimate the scale of the Alfvén waves in the plasma sheet.

プラズマシートがどのようなプロセスで加熱されているのかは、磁気圏物理学における大きな課題である。Terasawa, et al. (1997) は、プラズマシートの温度や密度が、太陽風の運動エネルギーや密度、惑星間空間磁場に依存していることを明らかにした。このことは、太陽風の状況に依存した加熱過程が、プラズマのプラズマシートへの進入時あるいは進入後に起こっていることを示唆している。有力なプラズマの加熱プロセスの一つとして、磁気圏尾部におけるリコネクションが挙げられる。リコネクションによる磁場のエネルギー開放が、ローブ領域からプラズマシートに進入するプラズマを直接加熱している、という解釈が考えられる。リコネクションの頻度は、磁気圏尾部における電場が大きいほど増え、更に磁気圏尾部の電場は太陽風の状況に依存するため、Terasawa, et al., (1997) の結果と定性的に一致する。確かにリコネクションはプラズマシートの加熱に寄与していると考えられるものの、リコネクションの起こる領域が極めて限定的であることを考えると、それだけでプラズマシート全体の加熱を説明できるとは考えられない。プラズマシートの加熱プロセスには、更にステップを加えて、広い範囲で加熱を起こす機構を考える必要がある。

我々はこれまで、Geotail 衛星のデータを用い、プラズマシート内で観測される大振幅のアルフベン波の観測を行ってきた。その結果、地球磁気圏尾部において、多くの大振幅アルフベン波イベントが発見された。更に、プラズマの分布関数等との比較研究により、大きなエネルギーを運んでいるアルフベン波はイオンビームのサイクロトロン不安定によって立てられており、イオンビームの減衰と共にアルフベン波も減衰するらしいことがわかった。リコネクションによって生じたイオンビームのエネルギーが、アルフベン波のエネルギーとなり、それがプラズマシートの加熱に寄与していることが示唆される。

磁気圏尾部において、アルフベン波によって運ばれる電磁的エネルギーの総量を導き出し、プラズマシートを加熱する可能性を探る第一段階として、波が伝播している領域の、磁場に垂直方向のスケールを導き出す。アルフベン波は、磁力線方向にポインティングベクトルを持ち、エネルギーを伝播する。また、アルフベン波の垂直方向のスケールが波長に比べて小さい時には、電場と磁場の振幅比の、アルフベン速度からのずれから、このスケールを出すことが可能である (Wygant et al., 2002)。ただし、このずれは、電子の慣性が無視できない場合や、プラズマに重イオンが含まれる場合にも生じる。従って同時に、イオンの組成や電子の温度を正確に求め、スケールの見積もり時に考慮に入れる必要がある。