

昼側磁気圏で観測される粒子フラックス増加の時間分散性からわかるイオンの電荷と加速について

Ion charge and acceleration mechanism estimated from time dispersion of flux increases observed in the dayside magnetosphere

藤森 徹[1], 能勢 正仁[2], 桂華 邦裕[1], Richard W. McEntire[3], 長井 嗣信[4]

Tohru Fujimori[1], Masahito Nose[2], Kunihiro Keika[1], Richard W. McEntire[3], Tsugunobu Nagai[4]

[1] 京大・理・地球物理, [2] 京大・理 地磁気資料解析センター, [3] ジョンズホプキンス大・応用物理研究所, [4] 東工大・理・地球惑星

[1] Dept. Geophysics, Kyoto Univ., [2] DACGSM, Kyoto Univ., [3] JHU/APL, [4] Dept. Earth & Planet. Sci.

サブストームが起ったとき、夜側で荷電粒子が加速され、その粒子の注入が起る。そして、その加速された粒子はドリフトして、昼側磁気圏に到達する。そのとき、昼側で粒子のフラックスを観測していると、注入された粒子の到着によって急激な増加が起る。また、このフラックスの増加はすべての粒子で同時に起るのではなく、粒子のドリフト速度は、粒子が持つエネルギーや電荷によって異なるため、各々の粒子状態により、時間的にずれが生じる。この性質を利用することによって、He イオンと O イオンについて、各エネルギー範囲におけるイオンの価数を決定した。そして、その粒子がどこで加速されたかを見積もった。

この解析で用いた粒子フラックスのデータは、GEOTAIL 衛星に搭載されている EPIC 観測器の Ion Composition System (ICS) センサーによって観測されたもので、この観測器は、50 keV から 3 MeV のエネルギー範囲の粒子の質量とエネルギーを計測できる。特に、今回は、プロトン、ヘリウム、CNO (実際はほとんどが O イオンだと考えられる) の各チャンネルについて、比較的フラックスの量が多く時間分散性がはっきりと確認できる、エネルギーが約 700 keV 以下のデータを使用した。そして、2000 年 10 月から 2001 年 3 月までのデータの中から、衛星が昼側磁気圏にいる時について、目で見てイベントを探した。その結果、解析に用いられるほど時間分散性がはっきりと現れているイベントは 15 例見つかった。

この解析にあたって、仮定として、地球の磁場はダイポールであり、すべての粒子の加速はある一点で、同じ時刻に起きたと考える。そして、粒子は、 $E \cdot B$ ドリフトや curvature ドリフト、gradient B ドリフトに従ってドリフトするが、今、大きさを見積もると、 $E \cdot B$ ドリフトより gradient B ドリフトの方が 10 倍以上大きいため、前者を無視する。さらに、GEOTAIL は地磁気赤道面に近いと仮定し、ICS の平均観測方向は衛星のスピニング軸 (実際はほぼ Z_{gse} 軸であるが、今は仮定として Z_{gsm} 軸とする。) に垂直であるため、磁気赤道面のピッチアングル 90 度の粒子を観測しているとして、curvature ドリフトも無視する。この時、すべての粒子は gradient B ドリフトするので、速度はエネルギー (W) / 価数 (q) に比例する。

よって、フラックスの増加の起る時間、つまり粒子の到着時間 (T) はその逆数の q/W に比例する。 $T - (q/W)$ の関係を、 $q=1$ であるプロトンの各エネルギー範囲の到着時間 (T) から求め、それを、他の粒子の各エネルギー状態についてそれぞれ適用することで、各々の価数を決定した。そして、 W を無限大 (加速と同時にドリフトして観測される粒子) を考えたときの到着時間 (T) を、インジェクションの発生時刻とした。そして、ドリフト速度を見積もり、磁気赤道内の円軌道を仮定して、加速の起る場所を求めた。

この解析の結果、イオンの価数は、He イオン、O イオンとも高エネルギーなものほど、価数が高いものが現れるという結果が得られた。これは、一つの可能性として、高い価数のものほど、強い加速を受けていると考えられる。また、元々高い価数のものほど高エネルギーで存在し、すべての粒子が同等の加速を受けた可能性も考えられる。また、加速の起ったポイントは、MLT で夕方からミッドナイトの間に集中していることがわかった。

発表では、上記のデータの期間をより長くし、そして、先に述べた仮定より精度をあげた解析をし、その結果を交えて、報告する予定である。