

2004年度 後期 第11回 活地球圏セミナー (05/1/12)
「地球放射線帯での相対論的高エネルギー電子とプラズマ波動の関係」

講演者： 加藤雄人（生存圏研究所：COE 研究員）

報告者： 名倉元樹（京都大学理学研究科）

地球周辺の宇宙空間には、光速の95%を超える相対論的な速度を持つ高エネルギー電子が存在する領域があり、放射線帯と呼ばれている。これらの高エネルギー電子は地球磁場に捕えられた状態にあり、地球の周囲を取り巻くようにして分布している。

放射線帯の存在は1958年に発見され、比較的安定な領域であるとして認識されていたが、90年代以降の衛星観測により磁気嵐に伴って時間的・空間的に激しく変動する領域であることが明らかにされた。磁気嵐が生じると、数時間から一日にわたって地球磁場が減少し（主相）、その後数日間かけて磁場が回復する（回復相）。磁気嵐の主相では放射線帯の高エネルギー電子が消失し、回復相で再び高エネルギー電子が現れる。主相での高エネルギー電子の消失は、磁場の減少に伴う地球大気への電子の降下や、磁気圏前面での太陽風中への電子の散逸によって説明できる。一方、回復相での高エネルギー電子発生の機構には、放射線帯外部からの高エネルギー電子の供給に加えて、放射線帯内部での電子の加速が重要であると考えられている。

放射線帯内部での電子の加速機構には、プラズマ波動の Whistler モードと電子の共鳴過程が重要な役割を果たす。つまり、粒子の運動によるドップラーシフトの結果、プラズマ波動と電子の共鳴（サイクロトロン共鳴）が生じ、波動から電子へエネルギーが伝達され、電子のエネルギーが増加し加速する。広い振動数帯にエネルギーを持つ波動と電子の共鳴は準線形理論で取り扱いが可能なため、この共鳴過程については多くの理論的な検討が行われていた。これに対して、磁気嵐時に発生する Whistler モードの波動は狭い帯域にエネルギーが集中しており、電子との共鳴に非線形過程が働くため、その再現には計算機実験が必要である。一方で、磁気嵐は現象の空間スケールが大きいため計算機の負荷の問題から実験が困難であるという側面がある。このため、磁気嵐時の共鳴過程については十分な検討がなされていなかった。

そこで講演者は、低エネルギー電子を流体、高エネルギー電子を粒子として扱うことにより計算機の負荷を軽減する数値モデルを新しく開発し、狭帯域の Whistler モードの波動と MeV (Mega electron Volt) 電子との共鳴およびそれに伴うエネルギー授受について数値実験を行った。背景磁場に沿った1次元空間の実験結果から、Whistler モードの波動との共鳴によって keV (kilo electron Volt) 電子のエネルギーが MeV 電子へ供給されていることが明らかになった。これは、keV 電子が Whistler モードの波動を励起すると共に、keV 電子と波動との共鳴が生じ、さらに高エネルギーな MeV 電子が発生することを示唆している。磁気嵐の回復相には keV 電子が放射線帯に進入してくることが知られているが、講演者の計算機実験によって明らかになった共鳴過程によって keV 電子から MeV 電子が生成され、高エネルギー電子が生じていると考えられる。