

磁気嵐時のプラズマ圏電子温度変動について

On the electron temperature variation in the plasmasphere during the magnetic storm

今川 隆司[1], 阿部 琢美[2], 小山 孝一郎[2]

Takashi Imagawa[1], Takumi Abe[2], Koh-ichiro Oyama[2]

[1] 東大・理・地球惑星, [2] 宇宙研

[1] Earth and Planetary Sci., The Univ. of Tokyo, [2] ISAS

衛星「あけぼの」に搭載された熱的電子エネルギー分布測定器はプラズマ圏の広い領域(高度 300 ~ 10000 km)において電子温度観測を行ないつつあり、既に12年以上にわたり観測データを蓄積し続けている。「あけぼの」は大きな地磁気嵐に伴うプラズマ圏内の特徴的な電子温度変化を観測しており、これらのデータはプラズマ圏を中心に周囲の磁気圏や電離圏との間の熱エネルギー収支を理解する上で非常に重要である。本研究では、衛星「あけぼの」の電子温度データを用いて、Dst が 100 nT 以上変化するような規模の大きな磁気嵐が発生した場合に関してプラズマ圏中の電子温度の時間変化を調べることにより、熱エネルギー収支に関する議論を行っている。

超高層大気中における電子温度は、地球電離圏やプラズマ圏の熱的エネルギーの収支を考える上での良いパラメータであり、観測と理論の両面から40年以上にわたって様々な研究がなされてきた。このうち、高度3,000 km程度までの電子温度についてはロケットや人工衛星を使った直接観測、ISレーダーを用いた地上観測が数多く行われ、電離圏の熱構造や力学について幅広く研究がなされてきた。しかしながら3,000 kmを超える比較的高い高度領域に関しては、プラズマ密度が低いという状況下での温度測定信頼性等の理由により、数例の観測実績を残すのみとなっている。

一方、磁気嵐時の電子温度変動は外部環境の変化に対する電離圏の応答という観点から注目されてきた研究テーマである。地磁気嵐に伴うエネルギー流入は主として太陽圏や磁気圏尾部から放射線帯に流入する高エネルギー粒子によると考えられ、電子温度変化としては磁力線を介してプラズマポーズと結びついたトラフ領域、および高エネルギー粒子が直接電離を引き起こす領域に近い高度(下部電離圏)に関して解析がなされてきた。したがって、低・中緯度域の内部プラズマ圏において地磁気嵐に伴う熱エネルギー輸送に関する知見はほとんど得られていない状況にある。

1989年2月に打ち上げられた衛星「あけぼの」に搭載された熱的電子エネルギー分布測定器(TED)は、プラズマ圏の広い領域(高度300~10,000 km)において電子温度観測を行ないつつあり、既に打ち上げ以来12年間にわたって観測データを蓄積し続けている。衛星「あけぼの」はプラズマ圏内で、この間発生した大きな地磁気嵐に伴う特徴的な電子温度変化を観測しており、これらのデータはプラズマ圏を中心に周囲の磁気圏や電離圏との間の熱エネルギー収支を理解する上で非常に重要である。

本研究では、衛星「あけぼの」の電子温度データを用いて、Dst が 100 nT 以上変化するような規模の大きな磁気嵐が発生した場合に関してプラズマ圏中の電子温度の時間変化を調べることにより、熱エネルギー収支に関する議論を行っている。その主な結果をまとめると次のようになる。

1) 地磁気嵐に伴って高高度プラズマ圏からのヒートフラックスが増加し、特に主相と回復相で電子温度が上昇する。

2) ヒートフラックス増加に伴う電子温度上昇はプラズマポーズ周辺のみではなく、 $L=1.3\sim 1.5$ 前後の低緯度領域でも生じる。

3) 地磁気嵐時の温度上昇幅は高度が高い領域ほど大きく、温度変化の要因となる熱源がより高い高度にあることを示唆している。

4) Dst 値の減少幅と温度変化量の間には相関があって、大きな磁気嵐ほど温度上昇幅が大きい。

5) NOAA 衛星データとの比較から、電子温度変化は放射線帯粒子の中でも特にエネルギーが比較的低い(30~80 eV)粒子のフラックス量と良い相関がある。

これらの結果は、従来考えられていたようにプラズマポーズ周辺の電子温度構造が地磁気嵐に伴ってダイナミックに変動する、という一般的な描像が中低緯度プラズマ圏にも拡大されるべきであることを示唆している。さらに、比較的安定した領域であると見なされてきた内部プラズマ圏が、実際は外部との相互作用によって強く影響を受け熱的構造がむしろダイナミックに変動する事を物語っている。