

## 低高度極軌道衛星観測による 16 - 500MeV 太陽プロトンのカットオフ緯度: 磁気嵐に伴う変化と地方時依存性

Cutoff latitudes of solar energetic protons related with ring current proton precipitation during storms: NOAA/POES observations

# 浅井 佳子 [1]; 長妻 努 [2]; 島津 浩哲 [3]; 三好 由純 [4]

# Keiko T. Asai[1]; Tsutomu Nagatsuma[2]; Hironori Shimazu[3]; Yoshizumi Miyoshi[4]

[1] 宇宙天気システム G, NICT; [2] NICT; [3] 情通研; [4] 名古屋大・太陽地球環境研究所

[1] Space Weather G., NICT; [2] NICT; [3] NICT; [4] STEL, Nagoya Univ.

低高度極軌道衛星 NOAA/POES 衛星の放射線モニターが観測した 16 - 500 MeV 太陽プロトンについて、磁気嵐の相に伴ったカットオフ緯度の変化とその地方時依存性について報告する。

地球磁気圏は外部から飛来する荷電粒子の侵入を妨げる。ダイポール磁場における荷電粒子のエネルギーまたは剛度と侵入限界の緯度との関係は Stormer 理論として知られている通り、低緯度の領域ほど粒子は侵入しづらい。実際の磁気圏は太陽風によって変形されているものの、高エネルギー粒子が到達できる内部磁気圏の領域は概ねダイポール磁場で近似できる。しかし、太陽風の変動によって誘発される磁気嵐は、磁気圏の内部擾乱を引き起こし内部磁気圏の磁場を変化させるため、磁気嵐中は、内部磁気圏もダイポールではなくなる。その結果、高エネルギー粒子の磁気圏への侵入の仕方も変動し、カットオフ緯度は磁気嵐の変動に伴った変化を示す。この現象は 1950 年代の磁気嵐観測で発見され、これまでに磁気活動度指数 (Kp 指数、Dst 指数など) との比較対応が研究報告されている。特に、太陽フレアに伴って太陽面から放出される太陽高エネルギー粒子 (solar energetic particles: SEP) は、地球に到来する宇宙線と呼ばれるエネルギー粒子の中では比較的エネルギーの低い部類になるが、強度が非常に強く継続時間も長い。宇宙開発が盛んに進められている今日、SEP の及ぼす危険が懸念されるため、SEP 監視は急務となっている。[Fluckiger et al. 1990, Leske et al. 2001, Smart and Shea 2001, 2005, Birch et al. 2005, etc.]

2004 年 11 月に起きた巨大な磁気嵐において、高度約 850 km における 16 - 500 MeV 太陽プロトンのカットオフ緯度 (ここでは L-value) の変化は、磁気嵐の相に伴った変動を示していた。また、異なる地方時を周回する NOAA 衛星 3 機によるデータの統合解析から、カットオフ緯度の経度 (magnetic local time: MLT) 依存があることも分かった。

(1) 約 100 分の周回軌道周期の為 1.5 時間の時間精度であるが、カットオフ L-value の変動は、Dst 指数よりむしろ Kp 指数の変動によく合っていた。

(2) 環電流プロトン (30 - 80 keV) の降下粒子の inner cutoff とほぼ一致する。

(3) 放射線帯外帯電子 (0.3 - 2.5 MeV) の outer edge の変動も連動するが、磁気嵐回復相の終盤では電子の diffusion の方が早い。

(4) 磁気嵐ピークでのカットオフ緯度は、夜側 (MLT = 20 - 04) で約 50 度、昼側 (MLT = 08 - 12) で約 55 度 (corrected geomagnetic coordinates にて) であった。

Dst 指数と Kp 指数はともに地上磁場観測から導かれる指数であり、一般的に、Dst 指数は赤道環電流 (中心は L<sup>3~4</sup>)、Kp 指数は経験的には磁気圏電場 (対流) の強さを表す経験的パラメータと考えられている。したがって、これらの指数とカットオフ緯度 (L-value) の関係は自明ではないことに注意を払わねばならない。逆に、太陽プロトンのカットオフ緯度の変動から、Kp 指数の物理的評価の可能性が見いだせる。また、地方時依存性について、Leske et al. (2001) では、ピーク Dst が -150 nT 以上の中規模の磁気嵐について昼夜のカットオフ緯度の違いを約 1 度と報告しており、Birch et al. (2005) では、ピーク Dst が -280 nT の磁気嵐について約 1.5 度と報告している。それらに比べると、夜側のカットオフ緯度が昼側より 5 度ほど低いという本結果は、値が大きい。この理由のひとつとして、今回我々の注目した磁気嵐は巨大であり、Minimum Dst が約 -380 nT であったことが考えられる。また本結果は、MeV に及ぶ高エネルギー粒子に対しても無視できないほど、夜側の磁場が引き伸ばされる (弱くなる) という尾部構造が磁気嵐中に内部磁気圏に浸透している証拠であり、興味深い発見である。

本講演では、他の磁気嵐イベントにおける太陽プロトンのカットオフ緯度 (L-value) の変化の例も示しながら、明らかな地方時依存性を示すことがわかっている環電流からの降下プロトンとの関係、放射線帯外帯電子の diffusion との関係についても議論し、Dst 指数と Kp 指数の物理的意味について考察する。