

## 雷放電で誘起される Sprite halo の特徴とその発生機構

## Characteristics of Lightning-induced Sprite Halos and Their Generation Mechanisms.

宮里 梨奈[1], 福西 浩[2], # 高橋 幸弘[3], Michael J. Taylor [4], Hans. C. Stenbaek-Nielsen[5]  
 Rina Miyasato[1], Hiroshi Fukunishi[2], # Yukihiro Takahashi[3], Michael J. Taylor[4], Hans. C. Stenbaek-Nielsen[5]

[1] 東北大・理・惑星大気, [2] 東北大・理・地物, [3] 東北大・理・地球物理, [4] SDL, [5] アラスカ大・フェアバンクス

[1] Planetary Atmosphere, Tohoku Univ, [2] Department of Geophysics, Tohoku Univ., [3] Dept. Geophysics, Tohoku University, [4] SDL, [5] Geophysical Institute, Fairbanks

<http://pat.geophys.tohoku.ac.jp>

雷雲地上間放電に伴って引き起こされる発光現象に sprites, elves などがあるが、それに加え、近年 sprite halo と呼ばれる円盤状の発光が、高速 CCD カメラとフォトメータの同時観測によって確認された。sprite halo は、sprite の上部高度に出現する内部構造を持たないぼんやりとした発光で、その発光形態から elve と混合されてきたと考えられる。これまでの高速カメラによる観測から、sprite halo の大まかな特徴については調べられてきたが、その詳細は明らかになっていない。

本研究の目的は、sprite halo の発光の時間空間構造、発光形態の特徴、発生確率について統計的に調べることである。このため、1996年と1999年の夏季米国コロラド州 Ft. Collins 郊外にある Yucca Ridge 観測所(40.70N, 104.90W)で実施された SPRITES96、99 キャンペーンで得られた sprite halo について、鉛直方向に16チャンネルの分解能を持つ multi-anode array photometer (MAP)のデータと、image-intensified CCD カメラのイメージ、Stanford 大学によって得られた VLF/ELF データを用いて解析を行った。SPRITES'99 では、2台の MAP に赤、または青のフィルターを取り付けて観測を行った。それぞれの感度域は、MAP (red)で 560 - 800 nm、MAP (blue)で 300 - 500 nm となっている。この2台の MAP で得られた sprite halo のうち、青、赤の信号がともに高い強度レベルを示した2例について、その発光強度の青赤比から、電子分布を仮定した際の電子温度の時間空間変化を求めた。また、SPRITES99 キャンペーン期間中に、Stanford 大学 STAR 研究所が南極 Palmer 観測所で観測した磁場データを用いて、sprite halo の発光を引き起こした雷雲地上間放電内の ELF 変動による移動電荷量を見積もった。本学会ではこれらについて得られた結果をまとめて発表する。

< 結果 >

1) MAP の16チャンネルのデータから、sprite halo と、elve の発光を区別することに成功した。また、MAP データとイメージデータの解析から、sprite halo の平均の上端、下端高度は、それぞれ 87.6 km、73 km、また水平方向のスケールは、86.3 km、sprite halo の下方伝播速度は、 $\sim 4.3 \times 10^7$  m/s と求めた。この結果は、これまでの Alaska 大学による2点観測結果や Stanford 大学のモデル計算結果とよい一致を示した。

2) sprite halo のイベントを、(1)sprite halo のみ、(2)elve を伴ったもの、(3)elve と sprite を伴ったもの、(4)sprite を伴ったもの の4タイプに分けそれぞれの発生確率を求めた。その結果、(1)~(4)発生確率は、それぞれ 26, 3, 34, 37%と求めた。

3) 電子のエネルギー分布を Maxwell-Boltzmann 分布、または Druyvesteyn 分布であると仮定し、sprite halo を引き起こす電子の電子温度を求めた。その結果、電子温度は sprite halo の発光内部で大きく時間変化し、赤の発光強度がピークに達する前にピーク値を持つことがわかった。ピークにおける電子温度は、Maxwell 分布で 6 - 23 eV、Druyvesteyn 分布で 7 - 16 eV であった。また、発光時間で積分した信号の青赤比から求めた電子温度は、それぞれの分布について、3 - 10 eV、4 - 10 eV であった。この結果から、sprite halo の発光の初期段階では、エネルギーが高い状態が存在し、特に sprite halo 下部で強い電離が起こっていることが示唆される。また、求められた電子温度の値(> 10 eV)から、発光の初期段階における電離過程において、相対論的電子(Runaway electrons)の寄与も考えられる。高エネルギーをもつ runaway 電子の寄与も考えられる。

4) 推定された電子温度を用いて、赤、青のバンド内での輝線の発光強度を計算し sprite halo の発光強度を計算したところ、発光のピークで  $\sim 7 - 56$  MR と見積もられた。これは、N21P バンド、と N22P バンドでの発光を仮定して求められた Barrington-Leigh et al. [2001]のモデル計算結果と非常によく一致した。