

FORMOSAT-2/ISUAL で観測されたスプライトの時空間構造と雷放電の電気的特性

Spatiotemporal structures of sprites observed with the FORMOSAT-2/ISUAL and electrical properties of lightning discharges

足立 透 [1]; 福西 浩 [1]; 高橋 幸弘 [1]; 平木 康隆 [1]; 山本 桂 [2]; Hsu Rue-Ron[3]; Su Han-Tzong[3]; Chen Alfred Bing-Chih[3]; Mende S.B.[4]; Frey H.U.[4]; Lee Lou-Chuang[5]

Toru Adachi[1]; Hiroshi Fukunishi[1]; Yukihiko Takahashi[1]; Yasutaka Hiraki[1]; Katsura Yamamoto[2]; Rue-Ron Hsu[3]; Han-Tzong Su[3]; Alfred Bing-Chih Chen[3]; S.B. Mende[4]; H.U. Frey[4]; Lou-Chuang Lee[5]

[1] 東北大・理・地球物理; [2] 東北大・理・地球物理; [3] 台湾成功大・物理; [4] U.C.Berkeley; [5] NSPO

[1] Dept. of Geophysics, Tohoku Univ.; [2] Dept. of Geophysics, Tohoku Univ.

; [3] Cheng Kung Univ.; [4] U.C.Berkeley; [5] NSPO

雷放電に伴って中間圏高度に発生するスプライトは、多様な形態を持つ大気放電現象である。近年の望遠鏡を用いた観測により、スプライトは 100 mスケールの微細構造からなることが明らかになった。現在のところ、これらはストリーマ放電であると考えられている。一方で、ストリーマの上部には半径約 80 km のぼんやりとした発光がしばしば観測される。この現象はスプライト・ヘイローと呼ばれており、ストリーマと独立に発生することが知られている。数 10 ms に渡って微細な構造を保つストリーマと対照的に、ヘイローの発光継続時間は 1 - 2 ms と短く、その発光はディヒューズである。従って、比較的視認性の良くないヘイローのデータ数は過去の地上撮像観測において十分ではなく、ストリーマとヘイローの発生を決定づける雷の電気的要素もこれまでのところ未解明であった。

本研究では、FORMOSAT - 2 衛星搭載 ISUAL 観測器と地上 ELF 磁場観測ネットワークによって得られたデータを解析する。ISUAL はイメージャ、アレイフォトメータ、スペクトロフォトメータから構成される。主に解析に使用したアレイフォトメータは、2 台のフォトメータを搭載し、それぞれ 360-470 nm と 520-750 nm の 2 種類の波長域を同時に観測する。各々は鉛直方向に 16ch の視野と 50 あるいは 500 マイクロ秒の高い時間分解能を有するため、雷とスプライトの発光を区別して、その時空間変動を観測することができる。ELF 磁場観測装置は南極昭和基地 (39.506 °E, 69.018 °S)、東北大学惑星圏女川観測所 (141.483 °E, 38.433 °N)、エスレンジ観測所 (21.100 °E, 67.883 °N) に設置されている。サーチコイル磁力計をセンサーに用いたシステムは、雷から放射される電磁波の 1 - 100 Hz の周波数帯における磁場変動を観測する。我々は、ISUAL 観測器のデータを用いて、スプライトの形態や発光強度、開始高度、雷からの遅延時間といった時空間構造のパラメータと青赤比から導出される電場強度を推定する。さらに、ELF 磁場観測ネットワークのデータから、スプライトを誘起した雷放電の極性や電荷モーメント等の電気的特性を推定する。

2004 年 7 月 4 日から 2005 年 11 月 20 日の期間に ISUAL によって取得された 254 例のスプライトのうち、アレイフォトメータと ELF 磁場ネットワークデータに明瞭なシグナルが認められる 77 例について解析を行った。イメージャデータを用いて形態の分類を行ったところ、ヘイローが 15 例、ストリーマが 29 例、両者ともに発生したものが 23 例、そして形態が明瞭でないものが 10 例であった。形態別に雷の電荷モーメントの平均値を推定したところ、ヘイローは 400 Ckm、ストリーマは 1100 Ckm、両者ともに発生したものは 1200 Ckm であった。ストリーマを伴う場合に比べて、ヘイロー単独のイベントは小さい平均電荷モーメントを有することが明らかになった。さらに、アレイフォトメータによって観測される青赤比から電場強度を推定したところ、発光開始高度における最大値は、ヘイローとストリーマにおいて、それぞれ 60 - 80 Td と 100 - 260 Td であった。イオン化係数と付着係数が同値になる絶縁破壊電場強度が約 126 Td であるため、ヘイローにはイオン化のプロセスがほとんどなく、一方で、ストリーマには強いイオン化が存在すると考えられる。

これらの結果から、雷の電荷モーメントが 600 Ckm 以下の場合には、雷雲上空に印加される準静電場が絶縁破壊を超えず、イオン化をほとんど伴わないヘイローを発生させることが示唆される。これに対して、600 Ckm 以上の電荷モーメントを有する雷は、絶縁破壊強度を超える強い準静電場を印加するため、電子なだれのプロセスを経てストリーマへと成長させることが示唆される。本講演では、発光強度や開始高度、遅延時間といった観点からも解析を行い、雷とスプライトの電気的結合関係を議論する。