

スプライト観測衛星に搭載する光学系の開発

Development of the optical instruments onboard SPRITE-SAT

近藤 哲志 [1]; 坂野井 健 [2]; 佐藤 光輝 [3]; 高橋 幸弘 [4]; 笠羽 康正 [5]; 高島 健 [6]; Ivan Linscott[7]; Umrans Inan[8]
Satoshi Kondo[1]; Takeshi Sakanoui[2]; Mitsuteru Sato[3]; Yukihiko Takahashi[4]; Yasumasa Kasaba[5]; Takeshi Takashima[6];
Linscott Ivan[7]; Inan Umrans[8]

[1] 東北大・理・地球物理; [2] 東北大・理; [3] 北大; [4] 東北大・理・地球物理; [5] 東北大・理; [6] 宇宙研; [7] スタンフォード大; [8] none

[1] Geophysics, Tohoku Univ.; [2] PPARC, Grad. School of Sci., Tohoku Univ.; [3] Hokkaido Univ.; [4] Dept. of Geophysics, Tohoku Univ.; [5] Tohoku Univ.; [6] ISAS/JAXA; [7] Stanford Univ.; [8] STAR Lab., Dept. of Electrical Engineering, Stanford Univ.

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

スプライトの水平分布は、EMP と発生したカラムスプライトの数の関係など、スプライトの発生メカニズムを調べる上で重要である。しかし、地上観測では水平線付近のスプライトしか観測できないため、その水平分布を調べるには2つ以上の観測点から個々のストリーマ構造に対して三角測量を行うしかなく信頼性のある情報を得ることは困難であった。人工衛星を用いた宇宙からの天底観測は、スプライトの水平分布を継続的に観測できる確実な方法であり、また水平分布の把握の科学的重要性ため、現在国内外で計画されている4つの宇宙プロジェクト全てで採用されている。

SPRITE-SAT はスプライトや雷、地球ガンマ線 (TGFs) を観測対象とする。天底観測のため上面パネルよりブームを伸展させ、重力傾斜方式により下面パネルが常に地球の中心を向くようにする。この伸展ブームは雷からの VLF 帯放射電場を観測するアンテナとしての役目も果たす。

我々はスプライトと雷を観測するカメラ (LSI) を底面パネルに取り付ける。LSI は2台の CMOS カメラから構成され、スプライトと雷の発光を分離するために2種の光学フィルタをもつ。ひとつは中心波長 792nm、半値幅 100nm で雷の発光を (LSI-1)、もうひとつは中心波長 767nm、半値幅 14nm でスプライトの発光をとらえる (LSI-2)。762nm には O₂ の強い吸収線があり、大気の下層から来るこの波長の雷光は強い減衰を受ける。したがって LSI-2 はスプライトの発光のみを効率よくとらえることができると推算される。LSI の空間分解能は、スプライト発生高度で 600m/pixel である。つまり、カラムスプライトのカラム1個はおよそ2ピクセル、キャロットスプライトのヘッド領域は数十ピクセル分の大きさに相当する。また、S/N は LSI-1 では27以上、LSI-2 では80以上である。これらはスプライトと雷の水平構造を観測する上で十分な値であると考えている。LSI の時間分解能は 33ms である。スプライトは殆どが数 ms から数 10 ms 程度の発光継続時間なので、その時間発展を捉えることは不可能であるが、今回の観測はひとつの現象を通しての水平分布を求めることが目的なので、この値は最も高い SN を確保するために適したものである。LSI の視野は対角 40 度で、これはスプライト発生高度において 300km 四方に相当する。雷活動の活発な緯度 ± 20 度の範囲内の雷とスプライトの発生頻度を考えると、1日におよそ 0.87 回スプライトを観測できることになり、期待される衛星寿命 (3-5 年) の間には、500-1000 個以上のデータの取得が期待される。LSI の取得するデータはスプライトを検出した時点の画像を含む前後 4 枚、計 8 枚の画像である。データ量は 1 イベントにつき 2.6MB と見積もられるが、衛星の通信資源が著しく制約されていることから、データの圧縮を工夫する必要がある。

スプライトイベントを検出するトリガロジックは以下のようなものである。まず、前後の画像のピクセル同士の差をとり、閾値を超えた差分のみを画像全体で足し合わせる。この和が閾値を超えた場合、何らかの過渡発光現象が検出されたとする。この作業は FPGA でリアルタイムで行われる。これにより、背景で動いている都市の明かりの効果を除去できる。さらに検出された発光がスプライトを含むかどうかを判別するために、CPU を用いて LSI-1 と-2 の画像の差分をとり雷発光を除去する。この結果スプライトの発光検出された場合、データの保存に移る。

底面パネルには、TGF 観測のために 180 度の視野をもつ CCD カメラ (WFC) を取り付ける。WFC は可視範囲の地球全体を撮像し、TGF を発生させた雷の位置を推定するのに用いる。地表面において半径約 2800km の領域をカバーし、空間分解能は天底付近で約 3km、時間分解能は 16.7ms である。WFC は、同じく下面パネルにある地球ガンマ線カウンタが TGF を検出したときにその前または前後を含む 2 枚または 3 枚の連続画像を取得し、落雷、及び TGF の成因の可能性が指摘されている先行放電の位置を決定することを目的とする。