

SPRITE-SAT 搭載カメラ製作の現状

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]

[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

Progress on the development of SPRITE-SAT onboard cameras

Satoshi Kondo[1]; Takeshi Sakanoi[2]; Mitsuteru Sato[3]; Yukihiro Takahashi[4]; Yasumasa Kasaba[5]

[1] Geophysics, Tohoku Univ.; [2] PPARC, Grad. School of Sci., Tohoku Univ.; [3] Hokkaido Univ.; [4] Dept. of Geophysics, Tohoku Univ.; [5] Tohoku Univ.

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

Horizontal distribution of sprite columns, that provides a key to understand the sprite generation mechanism, is difficult to observe on the ground. The nadir observation from space with satellite is an only method to investigate it continually and globally.

SPRITE-SAT is a small satellite to observe sprites and terrestrial gamma-ray flashes (TGFs), developed mainly by Tohoku University. The lightning and sprite imagers (LSI-1,2) are the onboard CMOS cameras, which capture the lightning luminosity with a 744-840 nm optical filter (LSI-1), and 762 nm emission line of sprite (LSI-2). The ratio of luminous intensity obtained by LSI-1 and LSI-2, provides information on sprite occurrence. Taking into account the global occurrence rate of lightning and sprite, the expected detection rate of sprites by LSI is 0.87 events per a day.

The focus of LSI is necessary to be fixed with accuracy of +/- 70 micro meters. The method used in focusing the INDEX satellite optical system was applied to the assembling LSI. As a result, the diameter of light spot was set to be smaller than the pixel size of the image sensor. We calibrated the sensitivity of LSI and other cameras with the integrating sphere, and made sure that LSI can detect the luminosity higher than ~5 MR. LSI-2 can detect sprite luminosity, which is expected to be about 10-100 MR based on the observation from the International Space Station.

The onboard cameras must be tolerant to the vibration, vacuum and thermal cycle environment. We conducted the vibration test, and thermal cycle in vacuum condition, and made sure that there are no problems in conducting the scientific observation.

We will test complete the total semantics of the trigger logic in the FPGA and CPU by October. The FPGA logic, which picks up the transient luminosity, was confirmed. The CPU logic, which detects sprite luminosity by taking ratio of the counts of LSI-1 and LSI-2, is now under final adjustment. If all trigger logic run properly, 500-1000 images of sprite events are expected to be down linked to the ground during the operation period of 3-5 years.

一つのスプライトで現れる複数のカラムの水平分布は、発生原因となる「親」雷放電が放射する電磁パルス (EMP) の干渉による、中間圏の水平方向の電子密度ムラが関係している可能性があり、スプライトの発生メカニズムを調べる重要な手がかりである。しかし、一点からの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、カラムの分布はわからない。それを調べるために2つ以上の観測点から三角測量を行うにしても、同時観測実現の難しさや位置推定の信頼性の問題、多点観測点整備の問題が常に付きまとう。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、全球にわたる観測を容易に行える唯一の手段である。

SPRITE-SAT は東北大学が主体となって開発を進めている、スプライトや地球ガンマ線を観測対象にした小型衛星である。スプライト観測には、762nm のスプライトの輝線を捕らえる LSI-2 と、雷発光の3つの輝線を捕らえる 744-840nm のフィルタを付けた LSI-1 の2台の CMOS カメラを使用する。これらはそれぞれ、512x512 ピクセルフォーマットを持ち、撮像間隔は 33ms である。突発的な発光が確認された場合、この2つのカメラで得られたカウント値の比からスプライトの有無を判定する。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、もし機上でスプライトイベントを選別して地上へ伝達できれば、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。

カメラを組み上げる際には、センサ面がレンズの最良結像面に来るように調整する必要がある。LSI-1, 2 については、 +/- 70 ミクロンの精度でこの作業を行う必要があった。今回は INDEX 衛星の光学系のピント合わせの技術を活用し、入射並行光に対するセンサ面でのスポット直径がピクセルサイズ以下になるようにセッティングすることができた。また、搭載カメラの感度及びその一様性を定量評価するために、国立極地研究所の所有する積分球を用いたキャリブレーションを行った。LSI-2 は ~5MR 以上の発光を十分に検出できる感度のあることが確かめられた。国際宇宙ステーションからの観測より、天底観測においてスプライトは 10-100MR 程度の明るさを有すると推定されているため、本観測は十分に成立し得る。LSI-1, 2 はスプライト発生高度における ~300km 四方の領域を撮像でき、最高 600m の空間分解能を有しており、約 50 km の範囲に分布する直径数 km のスプライトカラムの水平分布が十分観測可能である。

衛星搭載カメラには打ち上げ時や、観測時の環境耐性も求められる。打ち上げ時の耐振動性確認のため、17-25 Grms 程度の振動レベルを各カメラに負荷し、機械的な破損やピントのずれ、電気不具合の有無を検証した。振動レベルは、衛星の構造モデルを加振した際に、カメラ取り付け部で得られた値を参照した。加振後、上記不具合は認められないことを確認できた。観測時の耐温度環境性の確認のため、各カメラを約 10^{-5} Torr の真空下におき、-20+50 の範囲で温度

を振って低温側と高温側で動作チェックを行った。温度範囲は、衛星の熱解析で得られたカメラ取り付け部の温度を参照した。動作は問題なく、また温度変化に対する熱ノイズの評価も行うことができた。

現在、LSIのイベントトリガロジックのを最終確認している。突発的な発光を検出するFPGAロジックは問題なく機能していることが確かめられた。LSI-1,2のカウント値の比からスプライト発光を検出するCPUロジックの検証と、各ロジックのスプライト観測に適切な検出閾値の設定を現在進めている。本ロジックが正常に機能した場合、雷発光の100分の1程度の発生頻度のスプライト発光の効率的な検出に大きく貢献することが期待される。