

SPRITE 衛星搭載スプライト・雷撮像システムの開発

Development of the sprite and lightning imaging system onboard the SPRITE-SAT

上田 真也 [1]; 高橋 幸弘 [1]; 坂野井 健 [2]; 小野 高幸 [3]; 吉田 和哉 [4]; 中西 洋喜 [5]; 荘司 泰弘 [6]; 田口 真 [7]; 高島 健 [8]

Shinya Ueda[1]; Yukihiro Takahashi[1]; Takeshi Sakanoi[2]; Takayuki Ono[3]; Kazuya Yoshida[4]; Hiroki Nakanishi[5]; Yasuhiro Shoji[6]; Makoto Taguchi[7]; Takeshi Takashima[8]

[1] 東北大・理・地球物理; [2] 東北大・理; [3] 東北大・理; [4] 東北大・工・航空宇宙; [5] 東北大・工・航空宇宙; [6] 東北大・工・航空宇宙; [7] 極地研; [8] 宇宙研

[1] Dept. of Geophysics, Tohoku Univ.; [2] PPARC, Grad. School of Sci., Tohoku Univ.; [3] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ.; [4] Dept. Aeronautics and Space Eng., Tohoku Univ.; [5] Aeronautics and Space Eng., Tohoku Univ.; [6] Dept of Aerospace Engineering, Tohoku Univ.; [7] NIPR; [8] ISAS/JAXA

スプライトと呼ばれる中間圏での大気発光現象は、1989年の発見以来、精力的な研究が観測、理論の両面から行われており、落雷や雲内雷放電などの大気放電現象に伴い発生することがわかっている。しかし、観測的な難しさから雷放電とスプライトの水平空間分布についての詳細は未だに解明されていないのが現状である。また、近年スプライトと同様、雷放電に起因する現象として Terrestrial Gamma-ray flashes (TGFs) と呼ばれる地球起源のガンマ線が注目を集めているが、それを生成するような雷放電の性質やその生成高度、放出角などはほとんど理解されていない。

スプライト、TGFの生成メカニズム解明のために必要な雷放電やスプライトの水平空間分布撮像、そしてTGFと雷放電の同時観測が可能となるのは人工衛星による宇宙からの天底(nadir)観測である。現在、スプライトやTGFの生成メカニズムを解明することを目的とした小型衛星の開発が東北大学の研究グループによって進められている。衛星に搭載する科学機器はスプライト及び雷の撮像用イメージャー3台、スターセンサー、ガンマ線カウンタ及びVLFアンテナがそれぞれ1台ずつである。衛星の総重量は50kg以下、科学機器重量は4-5kgを予定しており、2008年8月の打ち上げを目指している。本研究の目的はスプライトやTGFの生成メカニズムの解明のため、3台のカメラで構成されるスプライト・雷撮像イメージングシステムを開発し、これらの発光現象の衛星観測手法を確立することである。

2台の雷・スプライトイメージャー(Lightning and Sprite Imager-1, 2; LSI-1, 2)は同型のCMOSカメラであり、それぞれ雷放電とスプライトの水平空間構造を撮像することに特化した設計となっている。LSI-1は雷の最も強い輝線が含まれる740-830nmの波長領域を観測する。LSI-2はスプライト観測のため762nmの光を観測する。この波長は酸素分子の吸収帯であるため、低高度(対流圏)における雷放電発光を著しく低減できる。両者のカメラで得られた画像の除算を行うことにより、LSI-2画像から雷発光の影響を除去することができる。LSI-1, 2は雷・スプライトの水平構造を詳細に撮像するため、空間分解は高度660kmで660m以下に設計され、かつより多くの発光イベントを検出するため、24.8x24.8degの視野角を持つ。現在得られている衛星観測による雷データを解析したところ、LSI-1及び2による観測では、1日に1イベント以上のスプライトが検出可能であることがわかった。広角CCDイメージャー(Wide Field CCD imager; WFC)はTGFを誘起する雷放電の撮像に特化したCCDカメラとして設計されている。WFCはガンマ線カウンタと同時に起動され、地球のリムからリムにかけての魚眼撮像を行う。そのためWFCには画角140度の魚眼レンズが取り付けられている。また、WFCによってOH大気光やオーロラ観測も行えるように、波長650nm以上の光を透過するフィルターを採用する。LSI-1, 2及びWFCは一つのケースに収納されており、その重量は約630gである。また、LSI-1, 2の消費電力は0.47W、WFCについては1Wである。

これらのカメラはFPGA(Field Programmable Gate Array)、DSP(Digital Signal Processor)などで構成されるScience Handling Unit(SHU)で制御される。各観測機器の制御や取得データの単純な演算にはFPGA、画像圧縮などの複雑な演算にはDSPを使用する。データ量を小さくするため、LSI-1, 2及びWFCにより得られた画像データはスプライトや雷発光が発生したときのみ保存される。この自律的に発光現象を判断するトリガーロジックやGPSからの正確な時刻データを取得するロジックの開発をFPGAを使用して行った。トリガーロジックは雷やスプライトのような過渡的発光現象のみを撮像するよう設計されており、それ以外のノイズによる信号は除去される仕組みとなっている。雷のような過渡的発光現象を模擬するシミュレーターを製作し、そのトリガーロジックを検証した結果、発光現象を高精度で検出できることを確認した。