

SPRITE 衛星搭載雷・スプライト観測カメラの開発

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]

[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

Development of the lightning and sprite imagers onboard the SPRITE satellite

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] 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

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

Sprites are large transient optical phenomena in the middle atmosphere associated with lightning discharges in thunderstorms. Lightning discharges can also generate runaway electrons which are thought most likely to produce gamma rays from Earth, called terrestrial gamma ray flashes (TGFs). Simultaneous space measurements of lightning discharge and TGFs are important to understand the relationship between them, which need nadir observations but have not been carried out until now. Nadia observations of sprites also provide us details of horizontal structure and distribution of sprites.

A micro-satellite for investigation of horizontal structures of sprites and the relationship between lightning discharges and TGFs has been developed by Tohoku University group. The total weight of the satellite would be about 30 kg, including 3 - 4 kg mission payload. This satellite will be launched in 2008 or early 2009.

Four cameras, a gamma counter and a VLF antenna are onboard the satellite, and we have been developing those cameras. Lightning and Sprite Imager-1 and 2 (LSI-1 and 2) are CMOS cameras with 512 x 512 pixels and the pixel size of 25 μm , which pointed at nadir to take images of the horizontal structures of lightning and sprites. We equip LSI-2 with a band-pass filter at 762 nm which enable us to eliminate the light emission from lightning, occurring in deeper atmosphere, because the wavelength range around 762 nm includes one of the most intense emission bands of sprites and the oxygen absorption bands. The optics and the detector array altogether yield an effective field of view (FOV) of 40 deg, giving the pixel resolution of 660 m from the altitude of 660 km. The power consumption is 0.47 W. Wide Field CCD imager (WFC) is a CCD camera with 659 x 494 pixels and the pixel size of 7.4 μm , which takes images of lightning discharges inducing TGFs. WFC is also pointed at nadir and is equipped fish-eye lens (FOV is 180 deg). The power consumption is 1 W. High Sensitive Star sensor (HSS) is a CCD camera with the same configurations of WFC except for the optics which has a FOV of 40 deg. HSS takes images of stars, which provides information about the satellite attitude. The outputs of all cameras are digitized 10 bit A/D conversion. One instrumental case contains LSI-1, 2 and WFC. The total weight of those three cameras and HSS is 900 g.

Science instruments are controlled by the Science Handling Unit (SHU) which consists of FPGA, DSP and SRAM. Input/output ports and image processing algorithms are developed with the FPGA and the DSP, respectively. We have completed the development of the control logic of imagers with FPGA. We also investigated the influence of gamma radiation on imagers. From the evaluation of total dose tolerance we confirmed the CCD camera and other devices could tolerate up to 18 kRad and 20 kRad, respectively.

We are developing the trigger logic for detection of lightning and sprites with DSP which is also used for image compression. We plan to perform the calibration of imagers in the near future.

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してい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。

以上のような、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 nadir 観測である。現在、それらのミッションを遂行することを目的とした小型衛星の開発が東北大学主体で進められている。総重量は約 30 kg、ミッションペイロードは 3 - 4 kg を予定しており、2008 年度の打ち上げを目指している。

衛星には 4 台のカメラ、ガンマ線カウンタ及び VLF アンテナが搭載されるが、この内我々はカメラの開発を担当している。Lightning and Sprite Imager-1 及び 2 (LSI-1 及び 2) は可視域から近赤外域に感度をもつ同型の CMOS カメラであり、雷放電とスプライトの水平空間分布を撮像することを目的としている。LSI-2 には中心波長 762 nm のバンドパス干渉フィルタを設置する。この波長は酸素分子の吸収帯であるため低高度（対流圏）における放電発光を著しく低減できる。フォーマットは 512x512 ピクセルであり、高度 660 km で 660 m の空間分解能をもつ。LSI-1 及び 2 の消費電力はそれぞれ 0.47 W である。Wide Field CCD camera (WFC) は画角 180 度の魚眼レンズを取り付けた CCD カメラであり、フォー

マツトは 659x494 ピクセルとなっている。WFC とガンマ線カウンターを同時に起動させ、TGF を誘起する雷放電の撮像を行う。WFC の消費電力は 1 W である。High Sensitive Star sensor (HSS) は画角 40 度のレンズを取り付けた WFC と同型の CCD カメラで、恒星を撮像することにより衛星の姿勢情報を提供する。LSI-1, 2 及び WFC は一つの AI ケースに収納され、それらのカメラと HSS の重量はそれぞれ 700 g と 200 g である。

以上の観測機器は FPGA, DSP や SRAM など構成される Science Handling Unit (SHU) で制御される。各観測機器の制御には FPGA, 取得データの演算には DSP を使用する。FPGA による CMOS 及び CCD カメラの制御ロジックはすでに完成しており、さらに CCD カメラと SHU を構成する機器に対するガンマ線放射線試験も実施した。その結果、トータルドーズで CCD カメラは 18kRad まで、その他の機器は 20kRad 以上照射しても正常動作することを確認した。

我々は現在、FPGA 及び DSP を用いた雷、スプライト検出のためのトリガーロジックと画像圧縮ロジックの開発を行っている。今後各カメラの絶対感度校正及びプロトン放射線試験を行う予定である。