

SPRITE-SAT 搭載の小型ガンマ線検出器の開発と製作

榎戸 輝揚 [1]; 三谷 烈史 [2]; 中澤 知洋 [3]; 牧島 一夫 [4]; 坂野井 健 [5]; 高島 健 [2]; 吉田 和哉 [6]; 高橋 幸弘 [7]
[1] 東大・理・物理; [2] 宇宙研; [3] 東大・理・物理; [4] 東大・理・物理; [5] 東北大・理; [6] 東北大・工・航空宇宙; [7] 東北大・理・地球物理

Development and Fabrication of small gamma-ray detectors on board SPRITE-SAT

Teruaki Enoto[1]; Takefumi Mitani[2]; Kazuhiro Nakazawa[3]; Kazuo Makishima[4]; Takeshi Sakanoi[5]; Takeshi Takashima[2]; Kazuya Yoshida[6]; Yukihiro Takahashi[7]

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

<http://ceres.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~enoto/index.php>

A Tohoku University small satellite, SPRITE-SAT, will be launched into a sun-synchronous polar orbit in 2008, in order to reveal global distributions and horizontal structures of luminous phenomenon in an upper atmosphere, such as sprites and Elves. Another purpose of this satellite is to verify a connection among terrestrial gamma-ray flashes (TGFs), lightning discharges, and optical transient luminous events (TLEs). In particular, TGFs were discovered by BATSE detectors on board the Compton gamma-ray observatory (CGRO) in recent years, and have been also frequently detected by the RHESSI satellite. These observations revealed that TGFs have a short duration (typically ms order), and its spectra extend up to 20 MeV with a very hard photon index. Bremsstrahlung gamma-rays from high energy electrons accompanying a lightning discharge is a candidate of TGFs. The detail is not well known.

Terrestrial Gamma-ray Counter (TGC) on board SPRITE-SAT is a small gamma-ray detector for TGFs. The TGC have been developed and manufactured mainly by members of ISAS and Univ.Tokyo. One TGC detector has four sensors, which consist of a 50 mm x 50 mm x 13.8 mm CsI scintillator and a avalanche photodiode (APD). The TGC records gamma-ray counts in the 150 keV-5 MeV energy band with four energy channels (150-450 keV, 450-970 keV, 0.97-2.8 MeV, above 2.8 MeV). A binning time of the data is 250 us corresponding to a short duration of TGFs, and one TGF data is recorded during 512 ms. The size and weight of one TGC including a high-tension circuit (fabricated by MEISEI Co., Ltd.) and a signal processing circuit (by Clear Pulse Co., Ltd) are 70 mm x 280 mm x 30 mm, and 1.3 kg respectively. Two TGC detectors are placed on the bottom panel of SPRITE-SAT facing the Earth. We reduced a total power consumption for two TGCs to 0.72 W. Output gains of four channels each TGC are adjusted, and a typical energy resolution of these sensors is about 12% for 662 keV gamma-rays from ¹³⁷Cs operated at +380 V.

At this moment, we finished a development and fabrication phase, and fundamental environmental tests, such as a vibration test up to 30G, a temperature cycling test from -30 C to +80C, and a operation test in vacuum. Based on these tests, we verified operations of TGCs in a space-based environment. Now we continue to all sort of test for the launch of SPRITE-SAT.

This research is supported by grants-in-aid for scientific research No.19002002.

2008 年度に打ち上げ予定の東北大学の小型衛星 SPRITE-SAT は極軌道 (太陽同期軌道) に投入され、スプライトやエルブスといった中層から超高層の発光現象の水平構造と全球分布を明らかにするとともに、雷放電との関係が指摘されている地球ガンマ線 (Terrestrial gamma-ray Flash; TGF) と落雷、あるいは可視光の発光現象との関係を明らかにすると期待されている。特に、ガンマ線天文衛星 CGRO 衛星 BATSE 検出器が近年になって発見し、太陽観測衛星 RHESSI が多数検出するようになった地球ガンマ線については、ミリ秒程度の継続時間と 20 MeV まで延びた極めて硬いベキのスペクトルが報告されており、雷放電に伴って大気上層へ向けて駆け上がる高エネルギー電子からの制動放射ガンマ線の可能性が指摘されているものの、その詳細はまだよくわかっていない。

この地球ガンマ線の検出を目的とした検出器として SPRITE-SAT に小型のガンマ線カウンター (Terrestrial Gamma-ray Counter; TGC) が搭載するために、宇宙科学研究所と東京大学のメンバーを中心に設計、開発、製作が進められてきた。TGC は 50 mm x 50 mm x 13.8 mm の CsI シンチレータとアバランシェフォトダイオード (APD) を組み合わせたセンサー部を 4 つ並べ、150 keV から 5 MeV におけるガンマ線カウント数を 4 つのエネルギー帯域 (150-450 keV, 450-970keV, 0.97-2.8 MeV, > 2.8 MeV) ごとに記録する。地球ガンマ線の極めて短い継続時間に対応できるように、時間ピン幅は 250 us と短く、ひとつの地球ガンマ線イベントを 512 ms にわたって記録することができる。明星電機製の高圧回路とクリアパルス社製の信号処理回路を内蔵した TGC 検出器の一台の大きさは 70 x 280 x 30 mm³、重さ 1.3 kg で、SPRITE-SAT の地球側を向いた面に 2 台搭載される。とくに、2 台を合わせた消費電力は 0.72 W と極めて低く抑えられていることが特徴である。2 台の各 4 つのセンサー部についてゲインがそろそろ調整され、APD への印加電圧 +380 V のもとで、¹³⁷Cs の 662 keV ガンマ線に対する典型的なエネルギー分解能は ~12 % ほどとなっている。

7 月現在、基礎開発、製作段階を終え、30 G までの振動試験、-30 から +80 にわたる温度サイクル試験、さらに真空中での動作試験といった環境試験に耐えることが実証できた。SPRITE-SAT に同時に搭載される他の検出器と協調したデータ取得なども考え、衛星搭載にむけて残る試験項目を進めている段階である。地球ガンマ線に特化した検出器は他に例を見ず、TGC による地球ガンマ線の解明に期待が持たれる。

本研究は（または、「本研究の一部は」）、科学研究費補助金・特別推進研究「マイクロサテライト・地上観測連携による高々度放電発光と地球ガンマ線現象の解明」（課題番号 19002002）により行われています。