

S002-05

A 会場 : 11/25 AM2 (10:30-12:00)

11:40~11:55

## XRISM 搭載軟 X 線撮像検出器 Xtend による 2024 年 5 月の巨大宇宙嵐の X 線観測

#小林 翔悟<sup>1)</sup>, 福島 光太郎<sup>2)</sup>, 伊師 大貴<sup>2)</sup>, 山崎 典子<sup>2)</sup>, 佐藤 浩介<sup>3)</sup>, the XRISM team<sup>2,4)</sup>

(<sup>1)</sup> 東理大, (<sup>2)</sup> ISAS JAXA, (<sup>3)</sup> 埼玉大学, (<sup>4)</sup> NASA

## XRISM/Xtend observation of the intense space storm in 2024 May

#Shogo Kobayashi<sup>1)</sup>, Kotaro Fukushima<sup>2)</sup>, Daiki Ishi<sup>2)</sup>, Noriko Yamasaki<sup>2)</sup>, Kosuke Sato<sup>3)</sup>, the XRISM team<sup>2,4)</sup>

(<sup>1)</sup> Tokyo University of Science, (<sup>2)</sup> ISAS JAXA, (<sup>3)</sup> Saitama University, (<sup>4)</sup> NASA

The XRISM satellite, launched in September 2023, is equipped with a microcalorimeter (Resolve) and an X-ray CCD camera (Xtend/SXI; hereafter SXI) at the focal planes of two X-ray telescopes, enabling high-resolution spectroscopy and imaging in the soft X-ray band of 0.5 – 10 keV. The former offers a spectral resolution of  $E/\Delta E \sim 1000$  at 6 keV, which is 5 – 10 times higher than that of the other X-ray satellites, albeit with imaging capabilities limited to a  $3' \times 3'$  field of view with a  $6 \times 6$  pixel mosaic. The latter, SXI, consists of four X-ray CCD chips arranged in a  $2 \times 2$  configuration, achieving wide-field observations of  $38' \times 38'$  with an energy resolution of  $E/\Delta E \sim 35$ , making it complementary to Resolve. Japanese satellites, including XRISM, have traditionally been placed below the Van Allen belts in low-altitude orbits. The primary goal of this orbit is to utilize geomagnetic shielding to reduce background noise from charged particles originating from the solar wind and low-energy cosmic rays, thereby achieving the highest sensitivity to faint and diffuse X-ray emissions. On the other hand, in such a low orbit, phenomena such as solar wind charge exchange where heavy ions in the solar wind capture electrons from hydrogen atoms in the Earth's upper atmosphere and emit X-rays, rapid increases in charged particle events, and solar X-ray radiation scattered by the satellite structure can be observed during periods of high solar activity. In fact, in the Suzaku satellite, emission lines of oxygen and carbon, considered to be originating from the solar wind charge exchange, have been reported (e.g., Fujimoto et al., 2007; Ezoe et al., 2011; Ishi et al., 2023), and the SXI's field of view, which is nearly four times larger than that of Suzaku, is also useful for observing such phenomena occurring near the upper atmosphere associated with these geomagnetic storms.

The Sun is currently entering the peak of the 25th solar cycle, frequently causing solar flares, coronal mass ejections, and massive geomagnetic storms. In particular, an enormous space storm occurred in May 2024, during which XRISM, conducting performance verification observations, was observing M81 and M82 (with exposure of 240 ks and 170 ks, respectively). By excluding X-ray emissions from celestial objects associated with each galaxy, we analyzed the background-dominated events in the observation data. The SXI X-ray spectrum exhibited emission lines from ionized oxygen and carbon due to solar wind charge exchange reactions, an increase in X-ray continuum components from charged particles, and events caused by solar X-ray flares scattered by the satellite structure, all detected with the highest statistical quality, showing a strong correlation with solar wind variations. In this presentation, we will focus on the SXI observation data during the massive geomagnetic storm in May and discuss the radiation mechanisms based on the temporal evolution of X-ray events associated with the storm.

2023 年 9 月に打ち上げられた XRISM 衛星は、2 つの X 線望遠鏡の各焦点面にマイクロカロリメータ (Resolve) と X 線 CCD カメラ (Xtend/SXI; 以降 SXI) を搭載しており、0.5 – 10 keV の軟 X 線帯域における高精度分光および撮像を実現している。前者は、撮像能力が  $3' \times 3'$  の視野で  $6 \times 6$  のピクセルモザイクに制限される代わりに、6 keV で  $E/\Delta E \sim 1000$  と従来の X 線衛星の 5 – 10 倍の分光性能を有する。後者の SXI は、 $2 \times 2$  で配置した X 線 CCD 素子 4 枚で構成され、 $E/\Delta E \sim 35$  のエネルギー分解能で  $38' \times 38'$  の広視野観測を実現しており、Resolve と相補的な関係にある。日本の衛星は伝統的にヴァン・アレン帯以下の低高度軌道に投入されており、XRISM 衛星もこの例に漏れず高度 550 km の円軌道に投入されている。これは主に地磁気による遮蔽を利用し、太陽風由来の荷電粒子や低エネルギー宇宙線によるバックグラウンドノイズを低減することで、天球上に広がった微弱な X 線放射に対して世界最高感度を実現することが目的である。一方で、このような低軌道では、太陽活動が活発な時期において、太陽風に含まれる重イオンが地球超高層大気の水素原子から電子を奪い X 線を発光する電荷効果反応、荷電粒子によるイベントの急激な上昇、衛星構体で散乱された太陽 X 線放射などが観測される。実際に「すざく」では、太陽風電荷効果反応によると考えられる酸素や炭素の輝線が報告されている (e.g., Fujimoto et al., 2007; Ezoe et al., 2011; Ishi et al., 2023) おり、「すざく」よりも 4 倍近くある SXI の広視野は、これらの磁気嵐に伴う超高層大気付近で発生する現象を観測する上でも有用となる。

太陽は現在第 25 回周期の活動極大期に入りつつあり、太陽フレア、コロナ質量放出、巨大磁気嵐を頻発させている。特に 2024 年の 5 月には巨大な宇宙嵐を発生させており、打ち上げ後の性能評価観測を実施中であった XRISM は、当時 M81 および M82 銀河の観測中 (それぞれ露光時間 240 ks と 170 ks) であった。観測データから、各銀河に付随する天体由来の X 線放射を除去したバックグラウンドイベントが支配的なデータに対して解析を行なったところ、SXI の X 線スペクトル中に、太陽風電荷交換反応による電離した酸素および炭素からの輝線群の他に、荷電粒子による X 線連続成分の増光、そして衛星構体などで散乱された太陽 X 線フレアによるイベントが、かつてない統計で検出され、またそれらが太陽風変動と強く相関する様子も見られた。本講演では、この 5 月の巨大磁気嵐における SXI の観測データについて着目し、磁気嵐に伴う X 線イベントの時間発展から、その放射メカニズムについて議論する。