

将来の X 線観測に向けた X 線望遠鏡開発

松本浩典、小高裕和、川室太希、住 貴宏、増田 賢人、鈴木 大介
分野横断プロジェクト研究部門 宇宙多波長精密観測プロジェクト

ブラックホールや中性子星などの極限天体の物理学の理解、太陽系外惑星や宇宙生命現象の探索のためには、様々な波長で宇宙を観測する必要がある。宇宙先端観測プロジェクトでは、特に X 線と赤外線での観測を推進するために、観測装置の開発を行っている。本年度は、赤外線観測では、重力マイクロレンズ現象により太陽系外惑星系を発見するための PRIME 計画の望遠鏡開発などを行った。X 線観測では、2023 年 9 月に X 線天文衛星 XRISM が無事に打ち上がった。我々は XRISM 用 X 線 CCD の主たる開発機関であった。現在 XRISM は Announcement of Opportunity 2 期の観測を行っている。

また、我々は偏光観測気球実験 XL-Calibur のための X 線望遠鏡の開発を行った。XL-Calibur 計画とは、15–80 keV の硬 X 線域で高感度な偏光観測を目標とする日米スウェーデンの国際協力気球実験である。この実験では、硬 X 線帯域での高い集光能力を実現するために、焦点距離 12m、口径 45cm、角度分解能 2.0 分角程度の硬 X 線望遠鏡を搭載する。我々はこの硬 X 線望遠鏡の開発を担当している。XL-Calibur は 2024 年 7 月 9 日から 7 月 14 日にかけて、スウェーデンからカナダにかけて観測飛行を行った。その間に星雲、白鳥座 X-1 の観測を行い、過去最高精度で硬 X 線偏光を観測することに成功した。この観測結果は、Awaki et al. MNRAS, 540, 34 (2025), Awaki et al. ApJ, 994, 37 (2025) として出版された。また、大阪大学理学部よりプレスリリースも行っている。

また我々は、将来の高角度分解能、大面積の X 線望遠鏡を実現するべく、炭素繊維強化プラスチック (CFRP) を用いた X 線反射鏡開発を行っている。CFRP は、炭素繊維を樹脂で固めた複合材料であり、軽量かつ高剛性をほこる。軽量高形状精度の X 線反射鏡を開発するためには、理想的な材料と言える。ただし、炭素繊維に起因する凹凸（プリントスルー）のため、表面粗度が大きく、そのままでは鏡面にはならない。そこで我々は、愛媛大学、東京電機大学、理化学研究所と協力し、ニッケルリン (NiP) を CFRP にコーティングし、超精密加工技術によって、形状・表面粗度を出すという手法に取り組んでいる。今年度は、半径 10 cm、焦点距離 2 m の Wolter-I 型の試作を行った。できあがったサンプルに対して、宇宙科学研究所の X 線ビームラインで X 線照射実験を行い、X 線を集光できることの実証に成功した。ただし、Half Power Diameter (HPD) は 10 分角程度であり、将来の高角度分解能の実現にむけて、今後も改良が必要である。

研究業績リスト

I 査読論文

XL-Calibur Polarimetry of Cyg X-1 Further Constrains the Origin of Its Hard-state X-Ray Emission

Awaki, Hisamitsu; Baring, Matthew G.; Bose, Richard; Casey, Jacob; Chun, Sohee; Dasgupta, Adrika; Galchenko, Pavel; Gau, Ephraim; Goya, Kazuho; Hakamata, Tomohiro; Hayashi, Takayuki; Heatwole, Scott; Hu, Kun; Ishi, Daiki; Ishida, Manabu; Kislak, Fabian; Kiss, Mózsi; Klepper, Kassi; Krawczynski, Henric; Kuramoto, Haruki; Lisalda, Lindsey; Maeda, Yoshitomo; Matsumoto, Hironori; Menon, Shravan Vengalil; Miyamoto, Aiko; Miyamoto, Asca; Murakami, Kaito; Okajima, Takashi; Pearce, Mark; Rauch, Brian; Rodriguez Cervero, Nicole; Shirahama, Kentaro; Spooner, Sean; Takahashi, Hiromitsu; Tamura, Keisuke; Uchida, Yuusuke; Wimalasena, Kasun; Yokota, Masato; Yoshimoto, Marina

The Astrophysical Journal, Volume 994, Issue 1, id.37, 9 pp.

DOI: 10.3847/1538-4357/ae0f1d

Monitoring of the Spectral and Timing Properties of the Ultraluminous X-Ray Pulsar NGC 7793 P13

Yoshimoto, Marina; Yoneyama, Tomokage; Kobayashi, Shogo B; Odaka, Hirokazu; Kawamuro, Taiki; Matsumoto, Hironori

The Astrophysical Journal Letters, Volume 993, Issue 1, id.L26, 11 pp.

DOI: 10.3847/2041-8213/ae018f

The unusual spectrum of the X-ray transient source XRISM J174610.8-290021 near the Galactic Center

Yoshimoto, Anje; Yamauchi, Shigeo; Nobukawa, Masayoshi; Uchiyama, Hideki; Nobukawa, Kumiko K.; Aoki, Yuma; Ishida, Manabu; Kanamaru, Yoshiaki; Shidatsu, Megumi; Hayashi, Takayuki; Maeda, Yoshitomo; Matsumoto, Hironori; Tsuboi, Yohko; Suzuki, Hiromasa; Nakajima, Hiroshi; Wang, Q. Daniel; Eguchi, Satoshi; Yoneyama, Tomokage; Dotani, Tadayasu; Behar, Ehud; Terada, Yukikatsu; Suzuki, Nari; Yoshimoto, Marina

Publications of the Astronomical Society of Japan, Advance Access, id.psaf063, 11 pp.

DOI: 10.1093/pasj/psaf063

XL-Calibur measurements of polarized hard X-ray emission from the Crab

Awaki, Hisamitsu ; Baring, Matthew G. ; Bose, Richard ; Braun, Dana ; Casey, Jacob ; Chun, Sohee ; Galchenko, Pavel ; Gau, Ephraim ; Goya, Kazuho ; Hakamata, Tomohiro ; Hayashi, Takayuki ; Heatwole, Scott ; Hu, Kun ; Imazawa, Ryo ; Ishi, Daiki ; Ishida, Manabu ; Kislat, Fabian ; Kiss, Mózsi ; Klepper, Kassi ; Krawczynski, Henric ; Kuramoto, Haruki ; Lanzi, R. James ; Lisalda, Lindsey ; Maeda, Yoshitomo ; af Malmberg, Filip ; Matsumoto, Hironori ; Menon, Shravan Vengalil ; Miyamoto, Aiko ; Miyamoto, Asca ; Miyazawa, Takuya ; Murakami, Kaito ; Nagao, Azuki ; Okajima, Takashi ; Pearce, Mark ; Rauch, Brian F. ; Rodriguez Caverio, Nicole ; Shima, Kohei ; Shirahama, Kentaro ; Snow, Carlton M. ; Spooner, Sean ; Takahashi, Hiromitsu ; Takatsuka, Sayana ; Tamura, Keisuke ; Tanaka, Kojiro ; Uchida, Yuusuke ; West, Andrew Thomas ; Wulf, Eric A. ; Yokota, Masato ; Yoshimoto, Marina

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters, Volume 540, Issue 1, pp. L34–L40, 7 pp.

DOI: 10.1093/mnrasl/slaf026

NuSTAR detection of a hot stellar superflare with a temperature of 95 MK in hard X-rays

Tomohiro HAKAMATA; Hironori MATSUMOTO; Hirokazu ODAKA; Shinsuke TAKASAO

Publications of the Astronomical Society of Japan, Volume 77, Issue 2, pp.356–369

DOI: 10.1093/pasj/psaf002

II 国際会議等における発表

該当なし

III 国内会議等における発表

XL-Calibur 気球実験搭載硬 X 線望遠鏡の 2024 年フライト後の性能調査

倉本春希, 松本浩典, 小高裕和, 袴田知宏, 島耕平, 宮本愛子, 河村穂登, 村上海都, 内田賢佑, 高塚紗弥菜, 長尾梓生, 宮澤拓也, 石橋和紀, 伊師大貴, 前田良知, 石田学, 宮本明日香, 田中虎次郎, 内田悠介, 呉屋和保, 横田雅人, 高橋弘充, 栗木久光, 古澤彰浩, Takashi Okajima, Henric Krawczynski, Fabian Kislat, Mark Pearce, 上杉健太郎, 星野真人, 他 XL-Calibur チーム

日本天文学会 2025 年春季年会

2025 年 3 月 17 日–3 月 20 日

水戸市民会館

炭素繊維強化プラスチックと超精密加工技術を用いた X 線反射鏡の開発

松本浩典, 村上海都, 高塚紗弥菜, 長尾梓生, 倉本春希, 坂本英寿, 土屋魁琉, 森田晋也, 栗木久光, 細畠拓也, 竹田真宏, 山形豊

日本天文学会 2025 年秋季年会

2025 年 9 月

海峡メッセ下関

XL-Calibur 気球実験搭載硬 X 線望遠鏡の 2024 年フライト後の性能調査 (2)

倉本春希, 松本浩典, 小高裕和, 袴田知宏, 宮本愛子, 河村穂登, 巽隆太郎, 村上海都, 高塚紗弥菜, 長尾梓生, 宮澤拓也, 石橋和紀, 石田学, 前田良知, 伊師大貴, 宮本明日香, 松村温斗, 内田悠介, 高橋弘充, Jean-Paul Breuer, 武田朋志, Vladimir Nizhnik, 呉屋和保, 横田雅人, 栗木久光, 古澤彰浩, Takashi Okajima, Henric Krawczynski, Fabian Kislat, Mark Pearce, 上杉健太郎, 星野真人, 他 XL-Calibur チーム

日本天文学会 2025 年秋季年会

2025 年 9 月

海峡メッセ下関

IV 著書

該当なし

V 受賞と知的財産

該当なし

VI その他研究業績、発表文献

該当なし