

## 宇宙先端観測プロジェクト

松本浩典、林田清、野田博文、住 貴宏、鈴木大介、増田賢人  
基礎理学プロジェクトセンター・プロジェクト研究部門

宇宙先端観測プロジェクトでは、宇宙の高エネルギー現象の解明や系外惑星の発見を目指して、技術開発を行っている。我々は次期 X 線天文衛星 XRISM 用 X 線 CCD の開発、赤外線系外惑星探査望遠鏡 PRIME の開発などを行っている。それらの活動の中から、本稿では X 線偏光観測のための X 線望遠鏡の開発に関して述べる。

我々は Washington University in St. Louis、NASA Goddard Space Flight Center、宇宙科学研究所、広島大、理化学研究所、愛媛大学などと、天体 X 線偏光検出気球実験 XL-Calibur 計画を推進している。X 線偏光は、シンクロトロン放射や光子散乱によって生じる。従って、中性子星やブラックホール、超新星残骸、活動銀河核などにおける放射機構や幾何学的構造を解明する上で、X 線偏光観測は重要な役割を果たすと期待されているが、バックグラウンドノイズや系統誤差の関係で、まだ本格的な高感度観測は行われていない。XL-Calibur は、焦点距離 12 m の硬 X 線望遠鏡と、シンチレーターと CZT 半導体を用いた散乱型の偏光 X 線検出器を組み合わせ、低ノイズでの天体 X 線偏光観測を狙う計画である。このシステムを大気球で地上 40 km 程度まで打ち上げ、15–80 keV 程度のエネルギーの天体 X 線偏光を観測する。現在のところ、2022 年にスウェーデンからの打ち上げを予定している。

大阪大学は、XL-Calibur 用 X 線望遠鏡の開発を担当している。この望遠鏡は、Wolter-I 型の 2 回反射型 X 線光学系であり、Pt/C の多層膜をコーティングした薄板反射鏡をバウムクーヘン状に約 200 層並べたものである。多層膜によるブラッグ反射で X 線を反射・集光する。この反射鏡は、数マイクロメートルの精度でアラインメントしなければならない。この望遠鏡は円周方向に 3 分割されている。これまでの開発で 2/3 週の反射鏡はアラインメントをすでに行った。今年度我々は残った 1/3 週の反射鏡のアラインメントを行った。PRC にて反射鏡を大雑把に並べ、SPring-8 BL20B2 にて X 線を照射して反射像を確かめながら、精密アラインメントを行った。来年度は望遠鏡全体の性能評価を行い、アメリカに持って行って気球ゴンドラに組み込む予定である。

### 参考文献：

- Abarr, Q., Awaki, H., Baring, M. G., et al. 2021, *Astroparticle Physics*, 126, 102529.  
doi:10.1016/j.astropartphys.2020.102529
- Hattori, K., Matsumoto, H., Abarr, Q., et al. 2020, *Proc. SPIE*, 11444, 114445W.  
doi:10.1117/12.2560928

## 研究業績リスト

### I 査読論文

Experimental studies on the charge transfer inefficiency of CCD developed for the soft X-ray imaging telescope Xtend aboard the XRISM satellite

Kanemaru, Yoshiaki; Sato, Jin; Takaki, Toshiyuki; Terada, Yuta; Mori, Koji; Saito, Mariko; Nobukawa, Kumiko K.; Tanaka, Takaaki; Uchida, Hiroyuki; Hayashida, Kiyoshi; Matsumoto, Hironori; Noda, Hirofumi; Hanaoka, Maho; Yoneyama, Tomokage; Okazaki, Koki; Asakura, Kazunori; Sakuma, Shotaro; Hattori, Kengo; Ishikura, Ayami; Amano, Yuki Okon, Hiromichi; Tsuru, Takeshi G.; Tomida, Hiroshi; Kashimura, Hikari; Nakajima, Hiroshi; Kohmura, Takayoshi; Hagino, Kouichi; Murakami, Hiroshi; Kobayashi, Shogo B.; Nishioka, Yusuke; Yamauchi, Makoto; Hatsukade, Isamu; Sako, Takashi; Nobukawa, Masayoshi; Urabe, Yukino; Hiraga, Junko S.; Uchiyama, Hideki; Yamaoka, Kazutaka; Ozaki, Masanobu; Dotani, Tadayasu; Tsunemi, Hiroshi  
Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A, Volume 984 (2020), article id. 164646

DOI: 10.1016/j.nima.2020.164646

NuSTAR Non-detection of a Faint Active Galactic Nucleus in an Ultraluminous Infrared Galaxy with Kpc-scale Fast Wind

Chen, Xiaoyang; Ichikawa, Kohei; Noda, Hirofumi; Kawamuro, Taiki; Kawaguchi, Toshihiro; Toba, Yoshiki; Akiyama, Masayuki

The Astrophysical Journal Letters, Volume 905, Issue 1, id.L2, 6 pp. (2020)

DOI: 10.3847/2041-8213/abca30

Optical blocking performance of CCDs developed for the X-ray Astronomy Satellite XRISM

Uchida, Hiroyuki; Tanaka, Takaaki; Amano, Yuki; Okon, Hiromichi; Tsuru, Takeshi G.; Nakajima, Hiroshi; Noda, Hirofumi; Hayashida, Kiyoshi; Matsumoto, Hironori; Hanaoka, Maho; Yoneyama, Tomokage; Okazaki, Koki; Asakura, Kazunori; Sakuma, Shotaro; Hattori, Kengo; Ishikura, Ayami; Saito, Mariko; Nobukawa, Kumiko K.; Tomida, Hiroshi; Kanemaru, Yoshiaki; Sato, Jin; Takaki, Toshiyuki; Terada, Yuta; Mori, Koji; Kashimura, Hikari; Kohmura, Takayoshi; Hagino, Kouichi; Murakami, Hiroshi; Kobayashi, Shogo B.; Nishioka, Yusuke; Yamauchi, Makoto; Hatsukade, Isamu;

Sako, Takashi; Nobukawa, Masayoshi; Urabe, Yukino; Hiraga, Junko S.; Uchiyama, Hideki; Yamaoka, Kazutaka; Ozaki, Masanobu; Dotani, Tadayasu; Tsunemi, Hiroshi; Suzuki, Hisanori; Takagi, Shin-ichiro; Sugimoto, Kenichi; Atsumi, Sho; Tanaka, Fumiya

Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A, Volume 978, article id. 164374 (2020)

DOI: 10.1016/j.nima.2020.164374

Origin of the in-orbit instrumental background of the Hard X-ray Imager onboard Hitomi

Hagino, Kouichi; Odaka, Hirokazu; Sato, Goro; Sato, Tamotsu; Suzuki, Hiromasa; Mizuno, Tsunefumi; Kawaharada, Madoka; Ohno, Masanori; Nakazawa, Kazuhiro; Kobayashi, Shogo B.; Murakami, Hiroaki; Miyake, Katsuma; Asai, Makoto; Koi, Tatsumi; Madejski, Greg; Saito, Shinya; Wright, Dennis H.; Enoto, Teruaki; Fukazawa, Yasushi; Hayashi, Katsuhiro; Kataoka, Jun; Katsuta, Junichiro; Kokubun, Motohide; Laurent, Philippe; Lebrun, François; Limousin, Olivier; Maier, Daniel; Makishima, Kazuo; Mori, Kunishiro; Nakamori, Takeshi; Nakano, Toshio; Noda, Hirofumi; Ohta, Masayuki; Sato, Rie; Tajima, Hiroyasu; Takahashi, Hiromitsu; Takahashi, Tadayuki; Takeda, Shin'ichiro; Tanaka, Takaaki; Terada, Yukikatsu; Uchiyama, Hideki; Uchiyama, Yasunobu; Watanabe, Shin; Yamaoka, Kazutaka; Yatsu, Yoichi; Yuasa, Takayuki

Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems, Volume 6, id. 046003 (2020).

DOI: 10.1117/1.JATIS.6.4.046003

Tracing the Coevolution Path of Supermassive Black Holes and Spheroids with AKARI-selected Ultraluminous IR Galaxies at Intermediate Redshifts

Chen, Xiaoyang; Akiyama, Masayuki; Ichikawa, Kohei; Noda, Hirofumi; Toba, Yoshiki; Yamamura, Issei; Kawaguchi, Toshihiro; Abdurro'uf; Kokubo, Mitsuru

The Astrophysical Journal, Volume 900, Issue 1, id.51, 28 pp (2020)

DOI: 10.3847/1538-4357/aba599

Dust reverberation mapping of type 2 AGN NGC 2110 realized with X-ray and 3–5  $\mu\text{m}$  IR monitoring

Noda, Hirofumi; Kawamuro, Taiki; Kokubo, Mitsuru; Minezaki, Takeo

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 495, Issue 3, pp.2921–

2929 (2020)

DOI: 10.1093/mnras/staa1376

Discovery of a transient X-ray source Suzaku J1305–4930 in NGC 4945

Ide, Shuntaro; Hayashida, Kiyoshi; Noda, Hirofumi; Kurubi, Hiroyuki; Yoneyama, Tomokage; Matsumoto, Hironori

Publications of the Astronomical Society of Japan, Volume 72, Issue 3, id.40 (2020)

DOI: 10.1093/pasj/psaa023

Inverse First Ionization Potential Effects in Giant Solar Flares Found from Earth X-Ray Albedo with Suzaku/XIS

Katsuda, Satoru; Ohno, Masanori; Mori, Koji; Beppu, Tatsuhiko; Kanemaru, Yoshiaki; Tashiro, Makoto S.; Terada, Yukikatsu; Sato, Kosuke; Morita, Kae; Sagara, Hikari; Ogawa, Futa; Takahashi, Haruya; Murakami, Hiroshi; Nobukawa, Masayoshi; Tsunemi, Hiroshi; Hayashida, Kiyoshi; Matsumoto, Hironori; Noda, Hirofumi; Nakajima, Hiroshi; Ezo, Yuichiro Tsuboi, Yohko; Maeda, Yoshitomo; Yokoyama, Takaaki; Narukage, Noriyuki

The Astrophysical Journal, Volume 891, Issue 2, id.126, 13 pp. (2020)

DOI: 10.3847/1538–4357/ab7207

## II 国際会議等における発表

Current status of the x-ray mirror for the XL-Calibur experiment

Hattori, Kengo; Matsumoto, Hironori; Abarr, Quincy; Awaki, Hisamitsu; Bose, Richard; Braun, Dana; De Geronimo, Gianluigi; Dowkontt, Paul; Enoto, Teruaki; Errando, Manel; Fukazawa, Yasushi; Gadson, Thomas; Guarino, Victor; Gunji, Shuichi; Hayashida, Kiyoshi; Heatwole, Scott; Ide, Shuntaro; Ishida, Manabu; Iyer, Nirmal; Krawczynski, Henric Maeda, Yoshitomo; Miyazawa, Takuya; Noda, Hirofumi; Okajima, Takashi; Takahashi, Hiromitsu; Tamura, Keisuke; Tsunemi, Hiroshi; Kislak, Fabian; Kiss, Mozsl; Kitaguchi, Takao; Kushwah, Rakhee; Lanzi, James; Li, Shaorui; Lisalda, Lindsey; Mizuno, Tsunefumi; Nakaniwa, Nozomi; Pearce, Mark; Peterson, Zachary; Rauch, Brian; Stuchlik, David; Takeo, Mai; Tamagawa, Toru; Uchida, Kazumi; West, Andrew

SPIE ASTRONOMICAL TELESCOPES + INSTRUMENTATION

14–18 December 2020

Online

On-ground calibration of XRISM/Xtend CCD

Yoneyama, Tomokage; Noda, Hirofumi; Hanaoka, Maho; Hayashida, Kiyoshi; Okazaki, Koki; Asakura, Kazunori; Kanemaru, Yoshiaki; Sato, Jin; Takaki, Toshiyuki; Mori, Koji; Sako, Takashi; Nobukawa, Masayoshi; Saito, Mariko; Nobukawa, Kumiko K.; Murakami, Hiroshi; Amano, Yuki; Uchida, Hiroyuki; Uchiyama, Hideki; Tomida, Hiroshi; Nakajima, Hiroshi Hattori, Kengo; Sakuma, Shotaro; Ishikura, Ayami; Matsumoto, Hironori; Okon, Hiromichi; Tanaka, Takaaki; Tsuru, Takeshi G.; Urabe, Yukino; Hiraga, Junko S.; Kashimura, Akira; Kobayashi, Shogo B.; Hagino, Kouichi  
SPIE ASTRONOMICAL TELESCOPES + INSTRUMENTATION

14–18 December 2020

Online

Soft x-ray imager (SXI) for Xtend onboard X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission (XRISM)

Nakajima, Hiroshi; Hayashida, Kiyoshi; Tomida, Hiroshi; Mori, Koji; Noda, Hirofumi; Matsumoto, Hironori; Yoneyama, Tomokage; Okazaki, Koki; Asakura, Kazunori; Hanaoka, Maho; Hattori, Kengo; Ishikura, Ayami; Sakuma, Shotaro; Tanaka, Takaaki; Uchida, Hiroyuki; Tsuru, Takeshi; Amano, Yuki; Okon, Hiromichi; Yamauchi, Makoto; Hatsukade, Isamu Nishioka, Yusuke; Kanemaru, Yoshiaki; Sato, Jin; Takaki, Toshiyuki; Terada, Yuta; Yoshida, Tessei; Kohmura, Takayoshi; Hagino, Kouichi; Kobayashi, Shogo; Murakami, Hiroshi; Kashimura, Hikari; Uchiyama, Hideki; Yamaoka, Kazutaka; Nobukawa, Masayoshi; Sako, Takashi; Nobukawa, Kumiko; Saito, Mariko; Hiraga, Junko; Urabe, Yukino; Yoshida, Masayuki; Dotani, Tadayasu; Ozaki, Masanobu; Tsunemi, Hiroshi  
SPIE ASTRONOMICAL TELESCOPES + INSTRUMENTATION

14–18 December 2020

Online

Subsub-arcseconds x-ray imaging with multi-image x-ray interferometer module (MIXIM): experimental results

Asakura, Kazunori; Hayashida, Kiyoshi; Hanasaka, Takashi; Kawabata, Tomoki; Yoneyama, Tomokage; Noda, Hirofumi; Sakuma, Shotaro; Okazaki, Koki; Ishikura, Ayami; Hanaoka, Maho; Ide, Shuntaro; Hattori, Kengo; Matsumoto, Hironori; Tsunemi, Hiroshi; Awaki, Hisamitsu; Nakajima, Hiroshi; Hiraga, Junko S.

SPIE ASTRONOMICAL TELESCOPES + INSTRUMENTATION

14-18 December 2020

Online

Sub-arcseconds to micro-arcsecond x-ray imaging with multi image x-ray interferometer method (MIXIM): concept and scalabe mission plans

Hayashida, Kiyoshi; Asakura, Kazunori; Ishikura, Ayami; Sakuma, Shotaro; Hanasaka, Takashi; Kawabata, Tomoki; Yoneyama, Tomokage; Noda, Hirofumi; Okazaki, Koki; Hanaoka, Maho; Hattori, Kengo; Sawagami, Kenmei; Kamogawa, Wataru; Nakajima, Hiroshi; Matsuhita, Yusuke; Mineta, Taisei; Yoshimoto, Marina; Hakamata, Tomohiko; Ode, Yuichi; Matsumoto, Hironori; Tsunemi, Hiroshi; Awaki, Hisamitsu; Terashima, Yuichi; Kawaguchi, Toshihiro

SPIE ASTRONOMICAL TELESCOPES + INSTRUMENTATION

14-18 December 2020

Online

**III 国内会議等における発表**

なし

**IV 著書**

なし

**V 受賞と知的財産**

なし

**VI その他研究業績、発表文献**

なし