

高エネルギー天体物理学研究室

信川 久実子 講師
修士4名 学部生5名

研究

研究の概要

- **日本の次期 X 線天文衛星 XRISM 搭載の X 線 CCD 検出器の開発**
2023 年度打ち上げ予定の日本の次期 X 線天文衛星 XRISM に搭載する X 線 CCD 検出器 (SXI) の開発を行なっている。2022 年 4 月に、筑波宇宙センターにて、SXI のフライト品を衛星に搭載したのち、衛星総合試験や軌道上の環境を模擬した熱真空試験などを行い、動作や運用手順の検証を行った。2023 年 3 月に、射場のある種子島宇宙センターに輸送された。本研究室からは信川や大学院生が衛星総合試験や熱真空試験に参加し、現場で試験実施に貢献した。また大学院生と学部生が中心となって、試験で取得した膨大なデータを迅速に解析し、動作や機能を確認した [3, 8, 11]。エネルギー較正でも貢献を果たし [17]、成果を大学院生が国際会議で口頭発表した [10]。これらが JAXA/XRISM チームから評価され、『Outstanding Contribution award for young researchers』を信川が受賞した。また本研究室の大学院生 1 名と 2021 年度の卒業生 1 名も、開発に貢献した学生として表彰された。
- **国際宇宙ステーションへの搭載を目指す超高層大気専用の観測装置の開発**
高度 100 km 付近の超高層大気は、地球温暖化により密度変化するなど、気候変動を予測する上で重要な研究対象である。一方、太陽や下層大気の影響によっても膨張収縮し密度が変化する。超高層大気の変動を引き起こすメカニズムは複雑であり、未だ全容解明されていない。問題は、人工衛星や気球でその場観測できない高度のため、大気の中で最もデータが乏しいことである。近年、X 線天文衛星が偶然地球を向くわずかな観測時間を利用し、宇宙 X 線の大気減光を用いて超高層大気密度の鉛直分布を測定できることが実証された (Katsuda et al. 2021)。だが偶然任せの観測データは離散的で、メカニズム解明に至らなかった。そこで我々は、本研究室がこれまで独自に開発してきた SOI-CMOS イメージセンサ「SOIPIX」を用いて X 線カメラを製作し、国際宇宙ステーション (ISS) に搭載することで、超高層大気を長時間観測することを発案した。実現すれば、世界で初めて大気 X 線観測の専用装置となる。太陽が極大期を迎える 2025 年頃に ISS へ搭載し、太陽活動に対する超高層大気

の応答を調査する目論みである。本年度は、宮崎大、埼玉大、京都大、名古屋大、奈良教育大の研究者・学生と本研究室で構成する研究チームを立ち上げ、概念検討・概念設計を行った [6]。また予算の申請を行い、2024年度から科学研究費助成事業 基盤研究 (A) の採択が決まった。

- **X 線天文衛星すざくによる超新星残骸の観測研究**

【3C 400.2 のプラズマ状態と近傍 X 線未同定天体の調査】 超新星残骸 (以下 SNR) の標準的なシナリオでは、電離過程が優勢なプラズマ (IP) が生成されたのち、やがて電離過程と再結合過程が平衡状態 (CIE) になると考えられている。しかし近年、いくつかの SNR で再結合過程が優勢なプラズマ (RP) が発見されており、RP の生成過程は未解明である。3C 400.2 は、RP の存在が 2 つの先行研究で報告されているが (Broersen et al. 2015; Ergin et al. 2017)、両者の測定したプラズマの物理パラメータは互いに矛盾する結果となっている。我々は、この矛盾がバックグラウンドの評価方法に起因すると考え、すざく衛星のデータを用いてバックグラウンドを丁寧に評価した上でプラズマ状態を調査した。その結果、3C 400.2 のプラズマは CIE プラズマと IP の 2 成分で説明できることを見出した。加えて、3C 400.2 の近傍で未同定天体を発見した。この天体は、およそ ~ 4.4 keV に輝線の構造を付随していた (有意度 2.8σ)。 ~ 4.4 keV 付近に顕著な atomic line は存在しないため、赤方偏移した鉄輝線と考えられる。輝線の等価幅が大きい (> 300 eV) ことから、この天体は銀河団候補天体である可能性が高い [15, 19]。

【低エネルギー宇宙線起源の中性鉄輝線の調査】 宇宙から地球に飛来する高エネルギー粒子 (宇宙線) の起源は、その発見以来 100 年にわたる重要課題である。宇宙線は、低いエネルギーの粒子が徐々に高いエネルギーまで加速されて生成されると考えられている。銀河系内を高速で飛び交う宇宙線のうち、 10^8 eV 以下の低エネルギー宇宙線はこれまで観測的情報がほとんどなかった。本研究室では、「低エネルギー宇宙線と星間物質の衝突で放射される、中性の鉄原子からの $K\alpha$ 線 (中性鉄輝線) の測定」という、新たな観測手法を構築し、低エネルギー宇宙線研究を開拓してきた。これまでに 10 天体以上の SNR から、低エネルギー宇宙線起源と考えられる中性鉄輝線を見つけている (e.g. Nobukawa et al. 2018)。本年度は、ガンマ線で最も明るい銀河系内 SNR の 1 つ、W51C からの中性鉄輝線検出について論文を出版した [2]。また、これまで調査が手薄だった、銀河系中心に対して西側に位置する SNR について、すざくのアーカイブデータを用いて中性鉄輝線の調査を行った。その結果、G346.6-0.2 と G304.6+0.1 からおよそ 3σ の有意度で中性鉄輝線を検出した [16, 18]。どちらの天体も分子雲と相互作用していること、周囲に明るい天体が存在しないことから、低エネルギー宇宙線起源の中性鉄輝線であると考えられる。

- **超小型衛星「SpaceTuna1」の打ち上げと放出**

近畿大学初の超小型衛星「SpaceTuna1 (宇宙マグロ 1 号)」の開発を、理工学部電気電子工学科の前田佳伸准教授および株式会社エクセディと共同で行なっ

てきた。「SpaceTuna1」には日本カーバイド工業株式会社と共同開発した再帰性反射シートを装着する。ミッションの主目的は、軌道上の衛星に地上からレーザーを照射し、反射強度を地上の望遠鏡で測定することである。本年度初めにすべての安全審査を通過し、6月に筑波宇宙センターにて衛星をJAXAへ引き渡した。その後米国へ運ばれ、2022年11月7日（日本時間）にバージニア州ワロップス島から打ち上げられた。そして12月2日（日本時間）に国際宇宙ステーションから無事放出された。JAXAへの引き渡しとISSからの放出の際には、大学からニュースリリースが配信され、各種メディアに掲載された。特に、放出に関するニュースリリースは、大学プレスセンター ニュース・アクセスランキング（2022年10月21日～12月20日）の1位となり、サンデー毎日で取り上げられた。

メディア掲載

- 新聞: サンケイスポーツ 「近大「宇宙マグロ1号」が年内打ち上げへ 超小型人工衛星が宇宙空間へ」
2022年4月27日
- 新聞: 日本経済新聞 「近畿大学とエクセディなど、超小型人工衛星を打ち上げ」
2022年4月28日
- 新聞: 富山新聞 「富山の技術、宇宙へ 日本カーバイド 近大と開発の反射シート実験 超小型衛星で年内に」
2022年4月28日
- 新聞: 日刊工業新聞 「近畿大・エクセディ、超小型人工衛星「宇宙マグロ1号」共同開発」
2022年5月2日
- Web ニュース: sorae 「近大生が組み立てた「宇宙マグロ1号」が宇宙へ」
2022年5月5日
- TV: ytv ニュース 「近大の人工衛星「宇宙マグロ1号」ISSから宇宙空間へ放出」
2022年12月3日
- Web ニュース: drone 「三井物産エアロスペース、近畿大学の超小型衛星「宇宙マグロ1号」をISSから放出」
2022年12月12日
- 雑誌: サンデー毎日 「大学プレスセンター ニュース・アクセスランキング」
2023年2月12日号 p.67

学術論文（査読付）

1. “Confirmation of dust scattering echo around MAXI J1421-613 by Swift observation”
K. K. Nobukawa, M. Nobukawa, S. Yamauchi
Advances in Space Research, **71**, pp.1074–1079
DOI:10.1016/j.asr.2022.09.003
2. “Suzaku Observations of Fe K-shell Lines in the Supernova Remnant W51C and Hard X-ray Sources in the Proximity”
A. Shimaguchi, K. K. Nobukawa (corresponding author), S. Yamauchi, M. Nobukawa, Y. Fujita
Publications of the Astronomical Society of Japan, **74**, 656 (2022)
DOI:10.1093/pasj/psac026

学術論文（査読なし）

3. “Xtend, the soft x-ray imaging telescope for the X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission (XRISM)”
K. Mori, K. K. Nobukawa, Y. Aoki et al.
Proceedings of the SPIE, **12181**, 121811T (2022)
DOI:10.1117/12.2626894
4. “A broadband x-ray imaging spectroscopy in the 2030s: the FORCE mission”
K. Mori, K. K. Nobukawa et al.
Proceedings of the SPIE, **12181**, 1218122 (2022)
DOI:10.1117/12.2628772

学士論文

5. 「すざく」衛星による銀河系の中心領域における鉄輝線のドップラー偏移の調査
6. ISS 上での大気 X 線観測へ向けた SOI ピクセル検出器の開発と軌道上バックグラウンドの推定
7. X 線天文衛星すざくによる超新星残骸 Kes 75 における鉄の特性 X 線の調査
8. X 線分光撮像衛星 XRISM 搭載 CCD カメラ Xtend の環境試験におけるペDESTラルの調査と撮像モード間の X 線フラックスの比較
9. 次世代 X 線天文衛星用 SOI ピクセル検出器の実験システムにおけるノイズカットトランスの導入

国際学会・研究会講演

10. Yuma Aoki (presenter)
“Simulation study of pulse height difference between pixel patterns of X-ray CCDs onboard the XRISM satellite”
10th International Workshop on Semiconductor Pixel Detectors for Particles and Imaging (Pixel2022), Santa Fe, New Mexico, USA [12-16 December 2022]

国内学会・研究会講演

11. 信川久実子 (presenter), 青木悠馬, 伊藤耶馬斗 他 XRISM/Xtend チーム
「X線分光撮像衛星 (XRISM) 搭載軟 X線撮像装置 (Xtend) の開発の現状 (9)」
日本天文学会 2023 年春季年会, 立教大学 [2023 年 3 月 13 日-16 日]
12. 信川久実子 (presenter), 鶴剛, 信川正順
「超小型衛星で探る銀河系中心・銀河面からの鉄輝線」
2040 年代のスペース天文学, 名古屋大学 [2022 年 11 月 14 日-15 日]
13. 信川久実子 (presenter), XRISM/GC チーム
「次期 X線天文衛星 XRISM で探る天の川銀河に広がる X線放射」
天の川銀河研究会 2022, 鹿児島大学 [2022 年 11 月 7 日-9 日]
14. 信川久実子 (presenter)
「X線観測を用いた新手法による低エネルギー宇宙線の探査と起源の解明」
公益財団法人 山田科学振興財団 2022 年度研究交歓会, 東京コンファレンスセンター・品川 [2022 年 10 月 29 日]
15. 小沼将天 (ポスター)
「Revealing evolution scenarios for mixed-morphology supernova remnants」
XRISM Core-to-Core Science Workshop, 埼玉大学 [2022 年 10 月 19 日-21 日]
16. 森川朋美 (ポスター)
「Low-energy cosmic rays in supernova remnants probed by neutral iron emission lines」
XRISM Core-to-Core Science Workshop, 埼玉大学 [2022 年 10 月 19 日-21 日]
17. 青木悠馬 (presenter), 信川久実子 他 XRISM/Xtend チーム
「X線分光撮像衛星 XRISM 搭載 CCD 検出器における Goffset のシミュレーション」
日本天文学会 2022 年秋季年会, 新潟大学 [2022 年 9 月 13 日-15 日]
18. 森川朋美 (presenter), 信川久実子, 小沼将天, 信川正順, 山内茂雄, 佐治重孝, 松本浩典

「超新星残骸における低エネルギー宇宙線起源の中性鉄輝線の探査」
日本天文学会 2022 年秋季年会, 新潟大学 [2022 年 9 月 13 日-15 日]

19. 小沼将天 (presenter), 信川久実子, 信川正順, 山内茂雄
「X 線天文衛星「すざく」による超新星残骸 3C400.2 のプラズマ調査」
日本天文学会 2022 年秋季年会, 新潟大学 [2022 年 9 月 13 日-15 日]
20. 信川久実子 (presenter), 神農夕奈
「超新星残骸 3C396 における鉄 K 輝線の調査」
日本天文学会 2022 年秋季年会, 新潟大学 [2022 年 9 月 13 日-15 日]

競争的外部資金

- 科学研究費助成事業 若手研究「宇宙 X 線精密観測による低エネルギー宇宙線の銀河面分布とスペクトルの初測定」
研究代表者: 信川 久実子, 直接経費 800,000 円 (2022 年度)
- 科学研究費助成事業 基盤研究 (C) 研究分担者: 信川 久実子, 直接経費 100,000 円 (2022 年度)

学外活動

- 大阪府立北野高等学校 第一学年 課題研究に関する講演会「課題研究の進め方」
2023 年 1 月 20 日
- 「第 16 回宇宙 (天文) を学べる大学」合同進学説明会
大阪市立科学館 2022 年 6 月 12 日
- 大阪府立北野高等学校 WWL 課題研究「系外惑星の研究」指導

学内委員

- 理工学部安全管理・衛生委員 (前期)
- 理工学部施設設備委員 (後期)
- 理工学部人権教育ハラスメント防止委員 (後期)
- 物理学コース 1 年担任 (前、後期)

学外委員

- 高エネルギー宇宙物理連絡会 運営委員 (2021-2022 年度)