

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K03678

研究課題名(和文) 突発的に増光するX線と可視光によるX線連星の研究

研究課題名(英文) Study on X-ray binaries which shows X-ray and optical outburst

研究代表者

山内 誠 (Yamauchi, Makoto)

宮崎大学・工学部・教授

研究者番号：80264365

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：中性子星やブラックホールについて、そこから放射されるX線や可視光の光度変化が天体の周囲に存在する降着円盤のどのような変化によってもたらされているのか、また降着円盤の変化の原因は何かについて調べた。中性子星をもつBe X線連星においては、Be星周囲に形成されるガス円盤の成長の有無やその速さがX線での爆発的増光に影響を与える事が分かった。またブラックホールでは、その周囲の降着円盤へのガスの降着量だけでなく、降着円盤の歳差運動も観測されるX線強度に影響を与える事が分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

X線連星では質量降着率の変化が降着円盤の状態変化を引き起こし、時として急激なX線や可視光の増光が見られる。しかし、可視光増光は必ずしもX線増光と同時に起こるわけではないこともあり、それぞれの増光と質量降着の関係について完全には明らかになっていない。

そこで本研究では国際宇宙ステーションを利用してX線での長期観測を行うとともに、専用の可視光望遠鏡を用いることで、これまでにはほとんど例のない数百日から数年に及ぶX線と可視光の長期同時観測を実現したことは意義深く、このことにより特にBe X線連星における星周円盤の成長と中性子星への質量降着の関係からX線と可視光の光度変化の関係を見出すことができた。

研究成果の概要(英文)： We have studied to determine how the X-ray or optical luminosity changes of neutron stars and black holes are caused by changes in the accretion disks surrounding them and what causes changes in the accretion disks. In the case of Be X-ray binary having a neutron star, we found that the growth of the gas disk around the Be star and its speed affect the explosive increase of X-ray luminosity. In black holes, not only the amount of gas accretion on the accretion disk around the black hole but also the precession of the accretion disk affects the observed X-ray intensity.

研究分野：高エネルギー宇宙物理学

キーワード：Be X線連星 X線観測 可視光観測 自動観測システム

1. 研究開始当初の背景

X線連星はブラックホールや中性子星などのコンパクト星と主系列星との近接連星系で、主系列星から降り注ぐガスがコンパクト星の周りに降着円盤を形成している。降着円盤の状態は質量降着率により変化し、これに伴って放出する電磁波の光度が変化する。X線連星の中にはアウトバーストと呼ばれる爆発的なX線増光を示すものがある。また、アウトバースト時に限らず光度変化はX線だけでなく可視光や赤外線でも観測されており、例えばブラックホール連星ではX線と可視光は磁場のエネルギーの解放という同一の物理過程に起因するものであると考えられる現象[1]や、X線は可視光光子が熱いコロナにより逆コンプトン散乱されたものであると考えられる現象[2]、アウトバースト中の激しい短時間変動では、ブラックホールのごく近傍で可視光も放射されていると考えられる現象[3]などが観測されている。一方、このような短時間変動だけでなく、アウトバーストから約1年後、およびその約半年後にミニアウトバーストと呼ばれる可視光の再増光が観測されるもの[4]や、アウトバースト後の可視光光度がX線とは無関係に変化しているように見えるものもあり、X線と可視光の放射起源について理論的な説明が試みられてはいる[5]ものの統一的な説明には至っていない。

これらの現象を解明するためにはX線連星に対する観測例を蓄積する必要がある。しかし、特にミニアウトバーストや可視光がX線と連動せずに増光する現象の解明にはX線と可視光での数百日から数年に及ぶ長期同時観測が必要であるが、そのような観測はほとんど行われておらず、系統的な研究は困難な状況であった。

2. 研究の目的

(1) アウトバースト中の放射の性質

X線連星がアウトバーストを起こした際にコンパクト星の周りにある降着円盤の状態がどのように変化するのかを明らかにし、この変化によってもたらされるX線放射と可視光放射の関係からそれぞれの放射機構に対してモデルの検証を行うこと、および降着ガスによるコンパクト星表面でのX線放射状況を調べる。

(2) アウトバースト以外の時期におけるX線と可視光放射の関係

アウトバースト時以外の長期データから、X線と可視光の長期光度変化の共通点や相違点を探るとともに、アウトバーストから可視光再増光までの時間間隔に関係するパラメータを探り、降着率による降着円盤の変化と、そのそれぞれの段階における各放射との関係を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) X線観測と解析

X線観測は国際宇宙ステーション搭載全天X線監視装置 MAXI を利用した。MAXI は約90分に1回の割合で全天をスキャン観測しているので、既知天体の常時観測だけでなくアウトバースト時に新規に天体を発見することができる。MAXI の観測によって得られたデータは宇宙航空研究開発機構にアーカイブされているので、ここから目的的天体に対するデータを抽出して解析に利用した。

解析ではアウトバースト時のX線スペクトルに最適な放射モデルをあてはめることで、X線強度とX線スペクトルの関係調べた。また、X線パルス成分についてはパルス形状と、X線強度やX線スペクトルとの関係について調べた。

(2) 可視光観測と解析

可視光観測は、学内の口径50cm望遠鏡での観測自動化を進め、Be X線連星に対して、RバンドとVバンドでフィルター観測を行い光度やスペクトル指数の変化を調査した。また、MAXI やアメリカのSwift衛星など、現在稼働中の人工衛星がX線増光天体を捉えて、全世界に速報する情報をもとに、その天体を優先的に観測することでアウトバースト時の可視光光度について調査し、X線増光と長期可視光光度変化から、それぞれの放射に至るメカニズムについてモデルの検証を行った。

(3) 解析対象天体

X線強度変動はコンパクト星周囲の降着円盤の変化に関係しているという観点から、ブラックホール連星と中性子星連星を対象天体とした。中でも中性子星を持つBe X線連星は、中性子星がBe星の近星点付近を通過するときにBe星を取り巻く星周円盤からガスをはぎ取って降着円盤に取り込むことで規模の小さいノーマルアウトバーストを起こすと考えられており、幾何学的条件が整ったBe X線連星系ではアウトバーストの時期を予測しやすく、降着円盤の変化に関する観測結果の蓄積が可能である。

そこで、研究期間内にMAXIでアウトバーストが観測されたブラックホール連星 MAXI J1803-298、4U1543-475 と、Be X線連星 GX304-1、V0332+53、4U0115+63、A0535+262、GRO J1008-57 を

X線データ解析の対象とし、本学設置の望遠鏡で、静穏時の光度条件や地理的条件から観測可能なBe X線連星 Swift J0243.6+6124、EX02030+375、V0332+53、4U0115+63、A0535+262を可視光観測、解析の対象とした。

4. 研究成果

(1) Be X線連星におけるアウトバースト中のX線スペクトル変化

Be X線連星 A0535+262 が2020年11月に起こしたジャイアントアウトバーストは、MAXIで2009年と2011年に観測されたジャイアントアウトバーストに比べて数倍の光度をもつものであった。この時のX線スペクトルには2009年、2011年とは異なり黒体放射成分がはっきりと見られ、バーストの初期にはその黒体温度は高く、その後、時間経過とともに温度が下がりながら光度のピークを迎え、バーストの減衰期にはさらに温度が低下している事が分かった。

ジャイアントアウトバーストは中性子星に突然大量のガスがBe星の星周円盤から落ち込むことで発生すると考えられている。このため、ジャイアントアウトバースト発生前は中性子星周囲の降着円盤のガス密度は低い状態を保っていて、そこにガスが落ち込むため、ガスの流れはBondi流となり、ほとんどエネルギーを失わずに中性子星付近まで到達することとなる。しかし降着するガスが降着円盤に蓄積するにつれて密度が増加し、ガスどうしの粘性によってガスの持つエネルギーは熱エネルギーを経て放射として失いながら中性子星付近に降着するようになるため黒体温度は時間とともに低下したと考えられる事が分かった。

(2) Be X線連星パルサーのサイクロトロン吸収エネルギーとX線スペクトル

これまでのBe X線連星の研究によると、V0332+53 [6] と4U 0115+63 [7]では光度の増加と共にサイクロトロンエネルギーが低くなるが、GX 304-1では光度と共にサイクロトロンエネルギーが高くなる [8] ことが報告されている。このように光度とサイクロトロンエネルギーとの関係が統一的に説明できない状況であった。そこで、いくつかのBe X線連星についてジャイアントアウトバースト中のX線スペクトルを、べき関数型放射にサイクロトロン吸収と星間吸収を加えたモデルで再現し、2-20 keVのX線光度に対するサイクロトロンエネルギーを調べたところ図1に示すような結果となった。このように天体によって若干異なるが、系統的に光度が $2-5 \times 10^{37}$ erg/sec 付近までは光度と共にサイクロトロンエネルギーは低くなり、それより明るくなるとサイクロトロンエネルギーが一定になる傾向がある事が分かった。このことは中性子星磁極付近の降着柱の高さがガスの降着量が多く明るい時ほど高くなり、中性子星表面から離れるほど磁場が弱くなるためにサイクロトロンエネルギーが低くなるというモデルと矛盾しない結果である。

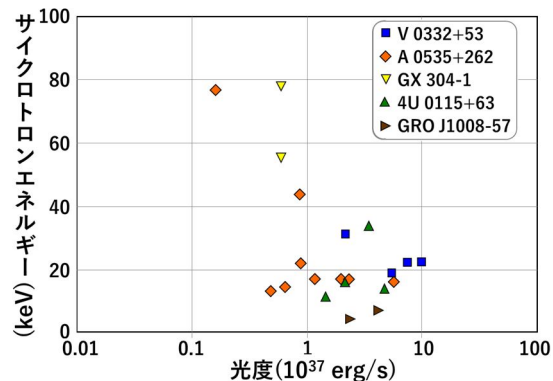


図1 X線光度とサイクロトロンエネルギーの関係

(3) Be X線連星パルサーのパルス形状変化

Be X線連星パルサーA 0535+262 と GRO J1008-57 のスペクトルは、べき関数型放射に星間吸収を加えたモデルで再現できることが分かった。そこでX線光度とスペクトルの光子指数およびパルス成分の形状との関係を調べた。そのうちA 0535+262 に対する結果を図2に示す。X線光度の低い時は光度と光子指数に負の相関があり、パルスの形はシングルピークを示すが、光度の高い時は光度と光子指数の間に相関は見られず、パルスの形はダブルピークとなっている。これは、ガスの降着量が少なく光度が低い間はエネルギーの高いX線がペンシルビームの形で放射され、降着量が増えるとともに高エネルギーのペンシルビーム強度が増えるためスペクトルが硬くなり光子指数の値が徐々に小さくなるが、さらに降着量が増えると、磁極では降着柱が形成され始め、降着柱側面からエネルギーの低いX線がファンビームの形で放射され始めるために、光子指数の変化が止まるとともに、両ビームが放射されることでパルスの形がダブルピークに変化していったと解釈できることが分かった。

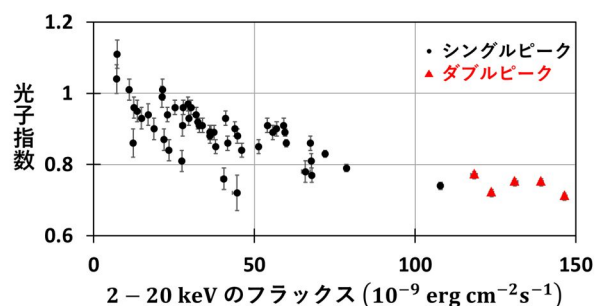


図2 X線フラックスに対する光子指数とパルス形状

一方、Epiliら [9]によるBe型X線連星 EX0 2030+375 の解析では、光子指数は光度の増加に伴って負相関を示す状態から一定の状態を経て、正相関を示す状態へと変化することが確認されている。この時はファンビームによる放射が支配的になった状態でさらに光度が増加してい

るが、本研究での2天体では、ファンビームが形成されたもののそれ以上の光度上昇、すなわち質量降着が起きず、降着柱の成長が止まりファンビームも増加しなかったため、光度と光子指数の間の正相関までには至らなかったと考えられる。

(4) Be 星星周円盤の成長

Be X線連星 4U 0115+63 についての可視光観測結果を図3に示す。光度はR等級、V等級ともに観測期間中わずかに上昇しており、この時の等級を Reig ら [10]、Negueruela ら [11] と比較すると Be 星星周円盤はジャイアントアウトバースト後にほぼ消失し、新たに成長を始めた状態であることが分かった。また、V0332+53 については、図4に示すように2016年12月以前はほ

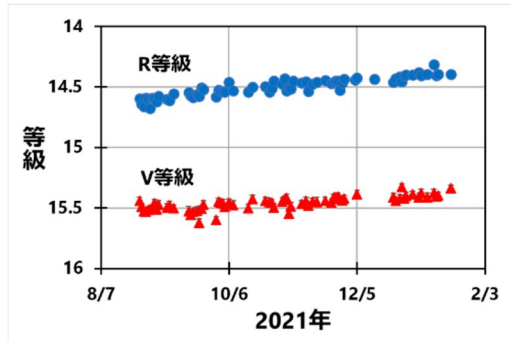


図3 4U 0115+63 の可視光等級変化

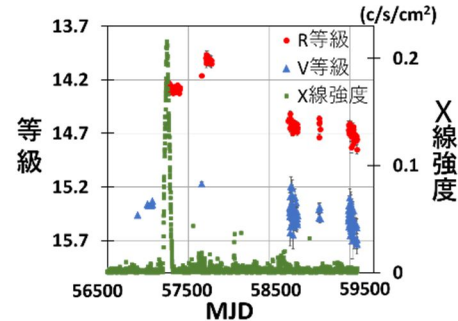


図4 V0335+53 の X 線強度と可視光等級の変化

ぼ近星点ごとに X 線増光を起こしており、Be 星星周円盤が十分に成長していたものと考えられるが、それ以降は R 等級、V 等級ともに減光し続け、X 線増光もほとんど発生していないことから、Be 星星周円盤が十分に成長しない状態となり、さらに中性子星が近星点を通過する際に少しずつ星周円盤ガスを剥ぎ取るため、星周円盤が縮小し続けている状態であると考えられる。このようにアウトバーストを起こすタイミングには Be 星星周円盤の成長状況が関わっている事が分かった。

(5) Be X線連星における可視光減光量とジャイアントアウトバースト

A0535+262 は 2005 年、2009 年、2011 年、2020 年に各 1 回ジャイアントアウトバーストを起こしている。本研究、および ASAS3 [12]、Camero ら [13]、KWS [14] の可視光観測データとジャイアントアウトバーストの発生時期を比較したところ、ジャイアントアウトバーストの発生前に V バンドフラックスが減少している事が分かった。そこで、V バンドフラックスが減少している 3 つの時期について、ジャイアントアウトバーストを含む 15-50 keV の X 線増光のフラックスと V バンドフラックスの減少量の関係性を調べたところ、図5に示すように、ほぼ比例関係を示す事が分かった。このことは V バンドフラックス変化の積分量から X 線増光の規模を見積もることの可能性を示唆している。

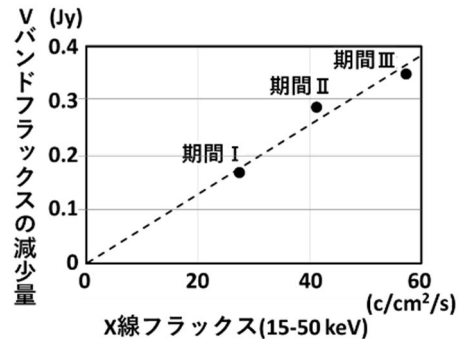


図5 ジャイアントアウトバースト X 線強度と前後の V バンドフラックスの減少量

(6) ブラックホール連星の X 線光度変化

2021 年に起きたブラックホール連星 4U1543-475 のアウトバースト中の X 線スペクトルは多温度黒体放射成分とべき型放射成分で再現でき、多温度黒体放射成分の強度はアウトバースト中に大きく変動している事が分かった。そこで、Draghis ら [15] による観測結果と Jonker と Nelemans [16] が求めた 4U1543-475 までの距離から降着円盤の傾斜角を計算したところ図6のように変化した。このような降着円盤傾斜角の変化は Bardeen と Petterson [17] が唱えた Lense-Thirring 効果による降着円盤の歳差運動を考慮することで説明できることを確認した。

また、このことからアウトバースト中の X 線光度変化は、円盤へのガス降着量の変化と歳差運動による降着円盤のみかけの放射面積の変化の組み合わせで説明できることが分かった。

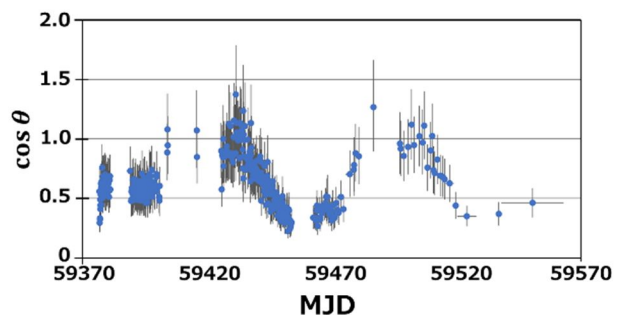


図6 降着円盤の傾斜角

<引用文献>

- Gandhi, P., et al. 2008, Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 390, L29
- Jain, R. K., et al. 2001, The Astrophysical Journal, 546, 1086
- Kimura, M., et al. 2016, Nature, 529, 54
- Shrader, C. R., et al. 1997, The Astrophysical Journal, 487, 858
- Augusteijn, T., et al. 1993, Astronomy and Astrophysics, 279, L13
- Kreykenbohm, I., et al. 2005, Astronomy and Astrophysics, 451, L45
- Nakajima, M., et al. 2010, The Astrophysical Journal, 710, 1755
- Gaurava, K. J., et al. 2016, Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 457, 2749
- Epili, P., et al. 2017, Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 472, 3455
- Reig, P., et al. 2007, Astronomy and Astrophysics, 462, 1081
- Negueruela, I. & Okazaki, T. A. 2001, Astronomy and Astrophysics, 369, 108
http://www.astro.uw.edu.pl/cgi-bin/asas/asas_variable/053855+2618.9,asas3,111.0,0,500,0,0
- Camero-Arranz, A., et al. 2012, The Astrophysical Journal, 754, 16
http://kws.cetus-net.org/~maehara/Vsdata.py?object=V725+Tau&resolver=&plot=1&obs_ys=&obs_ms=&obs_ds=&obs_ye=&obs_me=&obs_de=&submit=Send+query
- Draghis, P. A., et al. 2023. The Astrophysical Journal, 946, id.19
- Jonker, P. G., & Nelemans, G. 2004, Monthly Notices of Royal Astronomical Society, 354, 355
- Bardeen J. M., & Petterson J. A. 1975, The Astrophysical Journal, 376, 214

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 1件）

| | |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名 K. Mori, H. Tomida, H. Nakajima, T. Okajima, H. Noda, T. Tanaka, H. Uchida, K. Hagino, S. B. Kobayashi, H. Suzuki, T. Yoshida, H. Murakami, H. Uchiyama, M. Nobukawa, K. Nobukawa, T. Yoneyama, H. Matsumoto, T. Tsuru, M. Yamauchi, I. Hatsukade, 他35名 | 4. 巻 12181 |
| 2. 論文標題 Xtend, the soft x-ray imaging telescope for the x-ray imaging and spectroscopy mission (XRISM) | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the SPIE | 6. 最初と最後の頁 121811T1-11 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2626894 | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 N. Ohmori, K. Yamaoka, M. Yamauchi, Y. Urata, M. Ohno, S. Sugita, K. Hurley, and M. Tashiro | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Temporal and Spectral studies of GRBs detected by the Suzaku Wide-band All-sky Monitor (WAM) | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the Yamada Conference LXXI | 6. 最初と最後の頁 210-211 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 該当する |

| | |
|---|-------------------|
| 1. 著者名 N. Ohmori, K. Yamaoka, M. Yamauchi, 他17名 | 4. 巻 印刷中 |
| 2. 論文標題 Spectral Properties of Gamma-Ray Bursts Observed by the Suzaku Wide-band All-sky Monitor | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan | 6. 最初と最後の頁 印刷中 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz054 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 根来均、中島基樹、芹野素子、三原建弘、中平聡志、上野史郎、富田洋、河合誠之、吉田篤正、坂本貴紀、杉田聡司、坪井陽子、岩切渉、志達めぐみ、上田佳宏、山内誠、川室太希、山岡和貴、川久保雄太、杉崎睦、松岡勝 |
| 2. 発表標題 2022年にMAXIが発見した新天体と突発現象 |
| 3. 学会等名 第23回宇宙科学シンポジウム |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 三原建弘、根来均、岩切涉、志達めぐみ、杉崎睦、芹野素子、中島基樹、河合誠之、上田佳宏、坪井陽子、海老沢研、中平聡志、山内誠 |
| 2. 発表標題 全天X線監視装置MAXIの現状とMAXI-NICER連携OHMANの現状 |
| 3. 学会等名 第23回宇宙科学シンポジウム |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 K. Mori, H. Tomida, H. Nakajima, T. Okajima, H. Noda, T. Tanaka, H. Uchida, K. Hagino, S. B. Kobayashi, H. Suzuki, T. Yoshida, H. Murakami, H. Uchiyama, M. Nobukawa, K.K. Nobukawa, T. Yoneyama, H. Matsumoto, T.G. Tsuru, M. Yamauchi, I. Hatsukade, 他35名 |
| 2. 発表標題 Xtend, the soft X-ray imaging telescope for the X-ray Imaging and Spectroscopy Mission (XRISM) |
| 3. 学会等名 SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation 2022 (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鈴木寛大、小林翔悟、森浩二、富田洋、中嶋大、林田清、野田博文、内田裕之、萩野浩一、青木悠馬、金丸善朗、宮崎啓太郎、楠康平、大塚芳徳、横須晴彦、米丸若菜、中村彰太郎、亀井貴光、朝倉一統、山内誠、他30名 |
| 2. 発表標題 X線分光撮像衛星XRISM搭載軟X線撮像装置Xtendの開発の状況 (10) |
| 3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小林翔悟、鈴木寛大、森浩二、富田洋、中嶋大、林田清、野田博文、内田裕之、萩野浩一、青木悠馬、金丸善朗、宮崎啓太郎、楠康平、大塚芳徳、横須晴彦、米丸若菜、中村彰太郎、亀井貴光、朝倉一統、山内誠、他30名 |
| 2. 発表標題 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 (8) |
| 3. 学会等名 日本天文学会2022年秋季年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 宮崎啓太郎, 寺田裕太, 金丸善朗, 楠康平, 大塚芳徳, 横須晴彦, 米丸若菜, 森浩二, 青木悠馬, 信川久実子, 筆本脩介, 信川正順, 内田裕之, 鶴剛, 鈴木寛大, 田中孝明, 朝倉一統, 善本真梨那, 大出優一, 山内誠, 他23名 |
| 2. 発表標題 XRISM 搭載軟X線撮像検出器 SXI のフライト用 CCD 素子の地上較正試験における分光性能の評価 |
| 3. 学会等名 日本天文学会2022年秋季年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 大塚芳徳, 金丸善朗, 宮崎啓太郎, 楠康平, 横須晴彦, 米丸若菜, 森浩二, 信川久実子, 信川正順, 内田裕之, 鶴剛, 鈴木寛大, 田中孝明, 朝倉一統, 善本真梨那, 野田博文, 林田清, 松本浩典, 米山友景, 山内誠, 他14名 |
| 2. 発表標題 XRISM 搭載軟X線撮像検出器 SXI のイベント検出アルゴリズムのパラメタ決定 |
| 3. 学会等名 日本天文学会2022年秋季年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 青木悠馬, 信川久実子, 信川正順, 金丸善朗, 宮崎啓太郎, 楠康平, 森浩二, 富田洋, 中嶋大, 松本浩典, 野田博文, 林田清, 鶴剛, 内田裕之, 田中孝明, 鈴木寛大, 吉田鉄生, 米山友景, 村上弘志, 山内誠, 他10名 |
| 2. 発表標題 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 |
| 3. 学会等名 日本天文学会2022年秋季年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Y. Aoki, K. K. Nobukawa, M. Nobukawa, Y. Kanemaru, K. Miyazaki, K. Kusunoki, K. Mori, H. Tomida, M. Nakajima, H. Matsumoto, H. Noda, K. Hayashida, T. G. Tsuru, H. Uchida, T. Tanaka, K. Suzuki, T. Yoshida, T. Yoneyama, H. Murakami, M. Yamauchi, 他10名 |
| 2. 発表標題 Simulation study of pulse height difference between pixel patterns of X-ray CCDs onboard the XRISM satellite |
| 3. 学会等名 10th International Workshop on Semiconductor Pixel Detectors for Particles and Imaging (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 村上弘志, 富田洋, 石田学, 前田良知, 堂谷忠靖, 吉田鉄生, 米山友景, 尾崎正伸, 林田清, 野田博文, 松本浩典, 常深博, 朝倉一統, 善本真梨那, 大出優一, 佐藤淳矢, 袴田知宏, 青柳美緒, 鶴剛, 山内誠, 他33名 |
| 2. 発表標題 X線分光撮像衛星(XRISM)搭載軟X線撮像装置(Xtend)の開発状況 |
| 3. 学会等名 第23回宇宙科学シンポジウム |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 野田博文, 森浩二, 富田洋, 中嶋大, 林田清, 鈴木寛大, 小林翔悟, 内田裕之, 萩野浩一, 金丸善朗, 宮崎啓太郎, 楠康平, 大塚芳徳, 横須晴彦, 米丸若菜, 市川雄大, 中野瑛子, 中村彰太郎, 亀井貴光, 山内誠, 他33名 |
| 2. 発表標題 X線分光撮像衛星XRISM搭載軟X線撮像装置Xtendの開発の状況 (11) |
| 3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 信川久美子, 森浩二, 富田洋, 中嶋大, 野田博文, 林田清, 鈴木寛大, 小林翔悟, 内田裕之, 萩野浩一, 青木悠馬, 伊藤耶馬斗, 金丸善朗, 宮崎啓太郎, 楠康平, 大塚芳徳, 横須晴彦, 米丸若菜, 市川雄大, 山内誠, 他33名 |
| 2. 発表標題 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) |
| 3. 学会等名 日本天文学会2023年春季年会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 富田洋, 林田清, 森浩二, 中嶋大, 内田裕之, 鶴剛, 野田博文, 松本浩典, 常深博, 村上弘志, 山内誠, 廿日出勇, 幸村孝由, 萩野浩一, 小林翔悟, 田中孝明, 鈴木寛大, 岡島崇, 石田学, 前田良知, 堂谷忠靖, 尾崎正伸, 吉田鉄生, 米山友景, 内山秀樹, 山岡和貴, 信川正順, 信川久美子, 平賀純子, 他 XRISM/Xtend チーム |
| 2. 発表標題 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(6) |
| 3. 学会等名 日本天文学会2021年秋季年会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| | |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | 角町駿, 前川航輝, 幸村孝由, 萩野浩一, 林田光揮, 北島正隼, 土居俊輝, 藤森蒼天, 林田清, 富田洋, 森浩二, 中嶋大, 内田裕之, 鶴剛, 野田博文, 松本浩典, 吉田鉄生, 米山友景, 村上弘志, 山内誠, 廿日出勇, 信川正順, 信川久実子, 小林翔悟, 田中孝明, 鈴木寛大, 平賀純子, 内山秀樹, 山岡和貴, 尾崎正伸, 堂谷忠靖, 常深博, Xtendチーム |
| 2. 発表標題 | XRISM衛星搭載XtendのContamination Blocking FilterのX線透過率の測定 |
| 3. 学会等名 | 日本天文学会2021年秋季年会 |
| 4. 発表年 | 2021年 |

| | |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | 田中孝明, 野田博文, 林田清, 富田洋, 森浩二, 中嶋大, 内田裕之, 鶴剛, 松本浩典, 岡島崇, 吉田鉄生, 米山友景, 石田学, 前田良知, 村上弘志, 山内誠, 廿日出勇, 信川正順, 信川久実子, 萩野浩一, 幸村孝由, 小林翔悟, 鈴木寛大, 平賀純子, 内山秀樹, 山岡和貴, 尾崎正伸, 堂谷忠靖, 常深博, 他 XRISM/Xtend チーム |
| 2. 発表標題 | X線分光撮像衛星XRISM搭載軟X線撮像装置Xtendの開発の状況 (8) |
| 3. 学会等名 | 日本物理学会 2021年秋季大会 |
| 4. 発表年 | 2021年 |

| | |
|---------|---|
| 1. 発表者名 | 萩野浩一, 内田裕之, 野田博文, 林田清, 富田洋, 森浩二, 中嶋大, 田中孝明, 鶴剛, 松本浩典, 岡島崇, 吉田鉄生, 米山友景, 石田学, 前田良知, 村上弘志, 山内誠, 廿日出勇, 信川正順, 信川久実子, 幸村孝由, 小林翔悟, 鈴木寛大, 平賀純子, 内山秀樹, 山岡和貴, 尾崎正伸, 堂谷忠靖, 常深博, 水野恒史, 他XRISM/Xtend チーム |
| 2. 発表標題 | 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(7) |
| 3. 学会等名 | 日本天文学会2022年春季年会 |
| 4. 発表年 | 2022年 |

| | |
|---------|--|
| 1. 発表者名 | 内田裕之, 萩野浩一, 野田博文, 林田清, 富田洋, 森浩二, 中嶋大, 田中孝明, 鶴剛, 松本浩典, 岡島崇, 吉田鉄生, 米山友景, 石田学, 前田良知, 村上弘志, 山内誠, 廿日出勇, 信川正順, 信川久実子, 幸村孝由, 小林翔悟, 鈴木寛大, 平賀純子, 内山秀樹, 山岡和貴, 尾崎正伸, 堂谷忠靖, 常深博, 水野恒史, 他 XRISM/Xtend チーム |
| 2. 発表標題 | X線分光撮像衛星XRISM搭載軟X線撮像装置Xtendの開発の状況 (9) |
| 3. 学会等名 | 日本物理学会 第77回年次大会 |
| 4. 発表年 | 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 三原建弘, 根来均, 河合誠之, 常深博, 上田佳宏, 坪井陽子, 山内誠, 坂本貴紀, 芹野素子, 杉崎睦, 中平聡志, 玉川徹, 志達めぐみ, 海老沢研, 菅原泰晴, 中島基樹, 杉田聡司, 岩切渉, 松岡勝, 牧島一夫 |
| 2. 発表標題 全天X線監視装置MAXIの10年 |
| 3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 根来均, 中島基樹, 白石一輝, 安達稜, 河合誠之, 芹野素子, 上野史郎, 富田洋, 中平聡志, 菅原泰晴, 三原建弘, 牧島一夫, 杉崎睦, 常深博, 吉田篤正, 坂本貴紀, 杉田聡司, 上田佳宏, 坪井陽子, 岩切渉, 山内誠, 山岡和貴, 川室太希, 志達めぐみ, 松岡勝 |
| 2. 発表標題 2019年にMAXIが捉えた突発現象と10年に渡るGRS 1915+105の観測 |
| 3. 学会等名 宇宙科学シンポジウム |
| 4. 発表年 2020年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

| |
|--|
| 岡村省吾, 「突発天体の自動可視光観測システムの再構築」, 宮崎大学工学研究科平成30年度修士論文 日高幸希, 「MAXI搭載GSCを用いたBe/X線連星のスペクトル解析」, 宮崎大学工学研究科平成30年度修士論文 朝稲洗介, 「Swift J0243.6+61のアウトバーストにおける可視光とX線の光度変化」, 宮崎大学工学研究科令和元年度修士論文 岩堀隼士, 「全天X線監視装置MAXI搭載GSCで観測されたX線パルサーのサイクロトロンエネルギー」, 宮崎大学工学研究科令和元年度修士論文 栗原靖典, 「MAXI/GSCの観測データを用いた恒星質量ブラックホールの短時間X線光度変動の研究」, 宮崎大学工学研究科令和元年度修士論文 黒木和樹, 「MAXI/GSCで観測されたBe型X線パルサーにおけるX線強度と硬度比の関係」, 宮崎大学工学研究科令和2年度修士論文 坂本章博, 「望遠鏡の遠隔制御に向けた天体の自動導入」, 宮崎大学工学研究科令和2年度修士論文 三池一葉, 「MAXIの観測データを用いたブラックホールX線連星のアウトバースト中における状態遷移の研究」, 宮崎大学工学研究科令和2年度修士論文 坂口峰俊, 「Be/X線連星A 0535+262の可視光光度とX線光度の関係」, 宮崎大学工学研究科令和3年度修士論文 園田諒太, 「可視光トランジェント天体観測の自動化」, 宮崎大学工学研究科令和3年度修士論文 野中義郎, 「Be/X線連星パルサーGRO J1008-57のスペクトルおよびパルスプロファイルと強度との関係」, 宮崎大学工学研究科令和3年度修士論文 佐藤俊近, 「Be型X線連星におけるX線スペクトルとパルス周期の解析」, 宮崎大学工学研究科令和4年度修士論文 福岡廉斗, 「BH連星4U1543 - 475のX線強度と降着円盤の関係」, 宮崎大学工学研究科令和4年度修士論文 |
|--|

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|------------------------------|-----------------------|-----------|
| 研究協力者 | 岡村 省吾 (Okamura Shogo) | | 可視光観測の自動化 |

6. 研究組織（つづき）

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|------------------------------------|-----------------------|----------------|
| 研究協力者 | 日高 幸希 (Hidaka Koki) | | X線データの解析 |
| 研究協力者 | 朝稲 洸介 (Asaina Kosuke) | | 可視光観測、X線データの解析 |
| 研究協力者 | 岩堀 隼士 (Iwahori Shunji) | | X線データの解析 |
| 研究協力者 | 栗原 靖典 (Kurihara Yasunori) | | X線データの解析 |
| 研究協力者 | 黒木 和樹 (Kuroki Kazuki) | | X線データの解析 |
| 研究協力者 | 坂本 章博 (Sakamoto Akihiro) | | 可視光観測の自動化 |
| 研究協力者 | 三池 一葉 (Miike Kazuha) | | X線データの解析 |
| 研究協力者 | 坂口 峰俊 (Sakaguchi Minetoshi) | | 可視光観測 |

6. 研究組織（つづき）

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|--------------------------------|-----------------------|-----------|
| 研究協力者 | 園田 諒太 (Sonoda Ryota) | | 可視光観測の自動化 |
| 研究協力者 | 野中 義郎 (Nonaka Yohiro) | | X線データの解析 |
| 研究協力者 | 佐藤 俊近 (Sato Toshichika) | | X線データの解析 |
| 研究協力者 | 福岡 廉斗 (Fukuoka Rento) | | X線データの解析 |
| 研究協力者 | 黒木 晃太郎 (Kurogi Kotaro) | | 可視光観測の自動化 |
| 研究協力者 | 梅木 優斗 (Umeki Yuto) | | X線データの解析 |
| 研究協力者 | 西尾 美輝 (Nishio Miki) | | 可視光観測 |
| 研究協力者 | 萩原 優 (Hagiwara Yu) | | X線データの解析 |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|