

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H03983

研究課題名(和文) 超新星残骸のX線精密撮像分光から探るIa型超新星の親星の起源

研究課題名(英文) A study of the progenitors of Type Ia supernovae with X-ray precision spectroscopy of their remnants

研究代表者

森 浩二 (Mori, Koji)

宮崎大学・工学部・教授

研究者番号：00404393

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,080,000円

研究成果の概要(和文)：Ia型と呼ばれる超新星はその絶対光度が一定と考えられており、宇宙の標準光源として使われています。一方で、爆発前の親星の多様性に起因する絶対光度のばらつきも徐々に明らかになってきています。我々は、Ia型超新星が爆発した後に残す残骸のX線分光観測に着目し、そこから親星や爆発の情報を引き出す研究をおこないました。これにより、ケプラー超新星の爆発が非対称であった可能性を示しました。また、その他の超新星残骸のX線精密分光観測もおこなうと共に、それらの観測装置として「ひとみ」衛星に搭載されたX線CCDカメラとXRISM衛星に搭載するX線CCDカメラの開発もおこないました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我々が提唱するIa型超新星残骸のX線精密撮像分光を用いて親星の起源に迫る手法は、一般的に用いられる可視光観測とは異なるアプローチです。互いに相補的な関係にあり、両者を統合して解釈することで、これまでになかった知見をもたらすことが期待できます。カロリメータを用いた超新星残骸のX線精密撮像分光は次のXRISM衛星に持ち越されましたが、本研究でそれにむけてデータ解析の観点でも、観測装置の開発という観点でも準備を整えることができました。

研究成果の概要(英文)：Type Ia supernovae are utilized as cosmic standard candles because of their uniform absolute luminosities after some empirical corrections. In this context, systematic variations in luminosity due to the diversity of their progenitors have been investigated. We performed X-ray spatially-resolved spectroscopic studies of the young remnants of Type Ia supernovae in order to derive the information of their progenitors and explosions. We showed that Kepler's supernova might have been originated from an asymmetric explosion. We also performed X-ray studies of other types of supernova remnants. As observation device for this kind of studies, we developed X-ray CCD cameras for Hitomi and XRISM observatories.

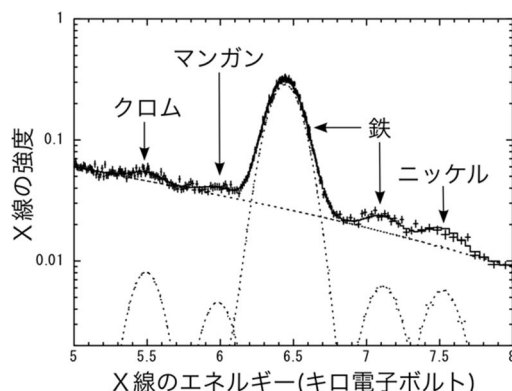
研究分野：高エネルギー宇宙物理学

キーワード：超新星残骸 X線CCD ひとみ衛星 XRISM衛星

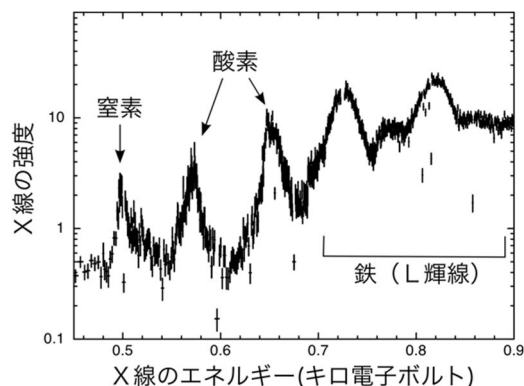
### 1. 研究開始当初の背景

その爆発の均質性から Ia 型超新星の宇宙論的な利用が進む中で、親星の多様性に起因する光度の系統的不定性も徐々に明らかになってきていた。我々はそのような状況において、Ia 型超新星の爆発そのものの可視光観測ではなく、その残骸の X 線分光から、親星の情報を引出す手法を開発してきた。以下に具体例を示す。

当時、Ia 型超新星爆発の光度が母銀河のタイプにも依存していることが明らかになってきていた。このことは、親星の金属量  $Z$  が明るさに影響を及ぼしており、 $Z$  の見積もりが重要であることを意味する。そこで、我々は超新星残骸の X 線分光から  $Z$  を導出する手法を「ケプラー超新星」の残骸に適用し、その値が太陽組成より有意に大きく、およそ 3 倍程度であったことを示した (Park et al. 2013; 森 天文月報 2014 年 6 月号)。右図に、すざく衛星搭載 X 線 CCD カメラで取得したケプラー超新星の残骸の鉄族元素付近の X 線スペクトルを示す。圧倒的な低バックグラウンドを誇るすざく X 線 CCD カメラの観測により、はじめて微量元素である Cr, Mn, Ni の輝線強度を精度よく決定することができた。ここで捉えた Cr に対する Mn の質量比が  $Z$  の良い指標になる。なぜなら、両者は共に不完全 Si 燃焼によりできるが、前者の生成量が  $Z$  に鈍感であるのに対し、後者のそれは  $Z$  に敏感だからである。このように、たかだか一例の結果ではあるが、我々は直接的且つ具体的に太陽組成を越える金属量を持つ白色矮星が系内で超新星爆発したことを観測的に示した。



親星の起源については、その白色矮星の爆発的核燃焼が、伴星からの質量降着によって起こるのか (single-degenerate; SD)、白色矮星同士の合体によって起こるのか (double-degenerate; DD)、という議論も長らく続いている。ケプラー超新星の残骸は、その周囲に伴星が撒き散らしたと思われる星周物質が存在し、SD 起源であることが強く示唆される点でも貴重な天体である。我々はケプラー超新星の残骸の高分散スペクトルを取得し、はじめて窒素からの X 線輝線を検出した (Katsuda et al. 2015)。右図に、ニュートン衛星搭載 X 線分散分光器で取得した軟 X 線スペクトルを示す。窒素の過剰な存在比と質量損失率から、我々は伴星が AGB 星であったと結論した。これは X 線の結果のみから初めて伴星のタイプを同定したものであり、他波長の結果と矛盾ない。



このように、我々は Ia 型超新星の若い残骸を X 線分光することで、親星の金属量の導出やタイプの同定が可能であることを示していた、というのが研究開始当初の背景であった。

### 2. 研究の目的

我々は 2015 年度末に、すざく衛星の後継機となる ASTRO-H 衛星を打ち上げた。ASTRO-H 衛星には、超新星残骸のような広がった天体の精密撮像分光を初めて実現するマイクロカロリメーター (エネルギー分解能  $E=5$  eV で CCD の 30 倍) と、すざくで実現した低バックグラウンドはそのままに鉄族元素を含む硬 X 線帯域の感度を向上させた広視野 X 線 CCD カメラを搭載していた。本研究では、この ASTRO-H 衛星を用いた X 線精密撮像分光により、プラズマの運動・空間情報も含めて上記の手法を拡張し、我々が端緒を開いた Ia 型超新星の残骸からその親星の起源を探るというアプローチを確立することを目的とした。

### 3. 研究の方法

ASTRO-H 衛星は 2016 年 2 月 17 日に無事に打ち上げられ、ひとみ衛星と名付けられた。最初の観測からその分光性能を知らしめるスペクトルを我々に示し、今後の活躍が否が応にも高まったが、残念ながら、打ち上げ後 40 日程度でその機能を喪失する結果となった。その後、関係各位のご理解とご助力の御蔭で、ひとみ衛星のリカバリーミッションとして、マイクロカロリメーターと広視野 X 線 CCD カメラのみを搭載する XRISM 衛星 (初期には XARM という名称だった) を実現する運びとなった。特に、広視野 X 線 CCD カメラについては、ひとみ衛星の X 線 CCD カメラを基本として、申請者を含むチームが中心となり開発をおこなうこととなった。また、申請者はそのチームで副責任者を務めることになった。

この経緯を踏まえて、以下の方法による研究を計画した。

- (1) 既存の X 線天文衛星を活用して、Ia 型超新星の残骸からその親星の起源を探るというアプローチを継続して実施する。特に、XRISM 衛星での将来の観測を見越したデータ解析をおこなうことを念頭に置く。
- (2) ひとみ衛星は早期に機能を喪失したものの、複数の天体を観測しデータを残した。それらのデータは科学的にも新規性があるため、まず、このデータを解析し論文としてまとめる。その際に、XRISM 衛星での再観測を意識して解析結果をまとめる。
- (3) ひとみ衛星に搭載されていた広視野 X 線 CCD カメラの軌道上での振舞を解析してまとめると共に、それを踏まえて、XRISM 衛星に搭載する広視野 X 線 CCD カメラを開発する。

#### 4. 研究成果

- (1) ケプラー超新星の残骸中の Fe-rich ejecta の非対称膨張の発見  
ケプラー超新星の残骸を空間分解能に優れたチャンドラ衛星で観測したデータを解析し、Fe-rich ejecta が非対称に膨張していることを発見した(Kasuga et al. 2018)。Fe 輝線の中心値に着目し、その値が空間的にどのように変化しているか調べたところ、中心付近では中心値が中性鉄輝線の中心値である 6.4 keV よりも低く、赤方偏移していることがわかった。一方で、少し離れた領域では青方偏移している領域も見つかった。これは超新星爆発そのものが非対称であった可能性を示唆する結果である。XRISM 衛星ではこの視線方向の運動による輝線中心値の変化をより精度よく求めることができるため、将来的にはこのチャンドラ衛星のデータと併せて、ejecta の運動学とその先の超新星爆発機構について観測的な制限を課すことができると期待される。
- (2) X 線回折格子を用いた白鳥座ループ超新星残骸の南西部の精密分光観測  
点源に関してであれば、カロリメーターと同等かそれ以上の精密分光スペクトルが X 線回折格子を用いることで得られる。特に軟 X 線帯域では、その度合が高まる。一般に超新星残骸は広がっており X 線回折格子には適さないが、超新星残骸中の点源状の明るい構造(輝点)であれば使用可能である。ここで得られる精密分光スペクトルを理解しておくことは、将来的に XRISM 衛星で得られるデータ解析の準備としても有用である。我々は白鳥座ループ超新星残骸の南西部の輝点に着目し、X 線回折格子を用いて精密分光スペクトルを取得した(Uchida et al. 2019)。この中で、ヘリウム様酸素 K 輝線における共鳴線に対する禁制線の比が、従来の衝突電離プラズマの放射モデルからは説明できないくらい高いことがわかった。これを説明するものとして電荷交換反応および電離した吸収物質の存在を提案した。
- (3) ひとみ衛星のカロリメータを用いたカニ星雲からの熱的放射の探査  
ひとみ衛星が機能消失前の最後に観測したのがカニ星雲である。カニ星雲は SN1054 と同定されている一方、それに伴う熱的 X 線放射が見つかっていない。これまでに打ちあげられた全ての X 線天文衛星で探査をおこなったがそれでも見つかっていない。我々は微弱な輝線に対して過去最高の感度を実現するカロリメータのデータを解析し、これまでで最も厳しい熱的 X 線放射の上限を得た(Hitomi collaboration 2018; 辻本、森 天文月報 2019 年 6 月号)。ひとみ衛星による観測はカニ星雲の中心領域だけであり、XRISM 衛星ではその周辺領域まで観測することで、熱的 X 線放射の検出、もしくは、通常の超新星爆発とは異なる低エネルギーの爆発であったことが判明すると期待される。
- (4) ひとみ衛星に搭載した X 線 CCD カメラの開発と機上較正  
ひとみ衛星に搭載した広視野 X 線 CCD カメラ「SXI」の開発と機上較正をおこなった。SXI は、38 分角平方の広視野と 0.4-12 keV の広帯域を撮像分光する最新鋭の X 線 CCD カメラである。我々はひとみ衛星打ち上げ前の数年をかけて SXI を開発し、打ち上げ後も無事に動作させた。ひとみ衛星が軌道上で稼働していた 40 日の中で、SXI は 20 日程度データを取得することができた。駆動パラメータ調整前の期間であったため、光漏れやセグメント間クロストークの影響がデータに見られたが、それらは原因を特定し対策を講じることで、その後の観測には影響を及ぼさないことを示すことができた。また、短い期間ではあったものの、これらのデータはアーカイブ化して公開する。それにむけてユーザーが即解析できるように、機上キャリブレーションをおこなった。性能はおおむね地上較正試験から予想されるものであり、SXI は X 線 CCD カメラとして期待通りの性能を発揮したと言える。その中でも、特に校正線源からの輝線中心値が短期間で変動しているように見える現象については詳細に調べた。まず、変動をより具体的に調べると、いずれも期待値よりも輝線中心値が上昇していることがわかった。また、その上昇は、「衛星が日照にある時間帯」および「SAA 通過直後の時間帯」であることがわかった。これらの時間帯で輝線中心値が上昇する直接的な原因は、「日照時の光漏れ」と「SAA 時に素子に貯まった電荷の掃き出しの残り」であり、それらがダーク見積りと CTI に影響を与えていることを突き止めた。SAA に関する後者については、電荷の掃き出し処理プロセスの調整をおこなえば、その後の観測では影響がでなかったと推測された。一方で、日照に関する前者については、根本的な問題であり、次の代替機搭載の CCD カメラ開発ではその対処が必須であることがわかった。これらの結果は、日

本天文学会や、世界中の天文衛星のキャリブレーションについて議論する IACHEC 会議で報告をおこなった。さらに、X線 CCD カメラ「SXI」の概要と軌道上の校正について、二編の論文(Tanaka et al. 2018; Nakajima et al. 2018)と実験報告書の一部としてまとめて記録に残した。

(5) XRISM 衛星に搭載する X線 CCD カメラの開発と地上較正

ひとみ衛星でおこなうはずであった、カロリメーターによる超精密 X線分光とそれと対を成す広視野 X線 CCD カメラによる X線撮像分光は、次の XRISM 衛星で実現することとなった。X線 CCD カメラ開発においては、基本的にはひとみ衛星搭載の SXI をベースとして製作をおこない、X線 CCD 素子について光漏れ対策や電荷転送効率の向上を狙った改良を施すこととした。まず、陽子照射放射線損傷試験、可視光照射光漏れ検証試験などをおこない、改良点の有効性を実証した(Kanemaru et al. 2019; Uchida et al. 2020)。これにより、XRISM 衛星に搭載する X線 CCD 素子の仕様を確定させ、製造段階に入ることができた。製造段階後は、まず、素子製造メーカーから納品された複数のフライト候補の素子の性能を測定し、順位付けした上で、4つのフライト素子を選定した。複数の候補素子を用意したことで、ひとみ衛星に搭載した X線 CCD よりも良質の応答を示す素子を選定することができた。また、選定した素子に対して、地上キャリブレーションを実施して、フライト素子の特性を詳細に評価した(Nakajima et al. 2020; Yoneyama et al. 2020)。この地上キャリブレーションのデータを基に、電荷転送効率による電荷損失分を補正する新しい手法を開発した。これまでは、動作モード毎に現象論的に補正方法をかえていたが、新しい手法では実際の電荷転送過程を考慮し、異なる動作モードにも適用できる首尾一貫した補正方法を確立した。この手法を、NASA/GSFC から提供される補正ソフトウェアに組み込んだ。この結果は国際学会で発表し、論文にまとめた(Kanemaru et al. 2020)。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 17件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kasuga Tomoaki, Sato Toshiki, Mori Koji, Yamaguchi Hiroya, Bamba Aya	4. 巻 70
2. 論文標題 Asymmetric expansion of the Fe ejecta in Kepler's supernova remnant	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 88
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psy085	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
1. 著者名 Hitomi Collaboration	4. 巻 70
2. 論文標題 Detection of polarized gamma-ray emission from the Crab nebula with the Hitomi Soft Gamma-ray Detector †	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psy118	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
1. 著者名 Uchida H., Katsuda S., Tsunemi H., Mori K., Gu L., Cumbee R. S., Petre R., Tanaka T.	4. 巻 871
2. 論文標題 High Forbidden-to-resonance Line Ratio of O VII Discovered from the Cygnus Loop	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 234 ~ 234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aaf8a6	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
1. 著者名 Kanemaru Y., Sato J., Mori K. et al.	4. 巻 14
2. 論文標題 Radiation hardness of a p-channel notch CCD developed for the X-ray CCD camera onboard the XRISM satellite	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Instrumentation	6. 最初と最後の頁 C04003 ~ C04003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-0221/14/04/C04003	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 -

1. 著者名 Tashiro, M., Mori, K. et al.	4. 巻 10699
2. 論文標題 Concept of the X-ray Astronomy Recovery Mission	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the SPIE	6. 最初と最後の頁 id1069922
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2309455	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 該当する

1. 著者名 Hayashida Kiyoshi, Tomida Hiroshi, Mori Koji et al.	4. 巻 10699
2. 論文標題 Soft x-ray imaging telescope (Xtend) onboard X-ray Astronomy Recovery Mission (XARM)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the SPIE	6. 最初と最後の頁 id1069923
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2311446	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 該当する

1. 著者名 Katsuda Satoru, Morii Mikio, Janka Hans-Thomas, Wongwathanarat Annop, Nakamura Ko, Kotake Kei, Mori Koji, Muller Ewald, Takiwaki Tomoya, Tanaka Masaomi, Tominaga Nozomu, Tsunemi Hiroshi	4. 巻 856
2. 論文標題 Intermediate-mass Elements in Young Supernova Remnants Reveal Neutron Star Kicks by Asymmetric Explosions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 18 ~ 18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aab092	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

1. 著者名 Tanaka Takaaki, Uchida Hiroyuki, Nakajima Hiroshi, Tsunemi Hiroshi, Hayashida Kiyoshi, Tsuru Takeshi Go, Dotani Tadayasu	4. 巻 4
2. 論文標題 Soft X-ray Imager aboard Hitomi (ASTRO-H)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/1.JATIS.4.1.011211	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 -

1. 著者名 Hitomi Collaboration	4. 巻 70
2. 論文標題 Hitomi observations of the LMC SNR N132D: Highly redshifted X-ray emission from iron ejecta*	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx151	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

1. 著者名 Hitomi Collaboration	4. 巻 551
2. 論文標題 Solar abundance ratios of the iron-peak elements in the Perseus cluster	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 478-480
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/nature24301	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

1. 著者名 Hitomi Collaboration	4. 巻 70
2. 論文標題 Glimpse of the highly obscured HMXB IGR J16318-4848 with Hitomi	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx154	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

1. 著者名 Nakajima H., Mori, K., et al.	4. 巻 70
2. 論文標題 In-orbit performance of the soft X-ray imaging system aboard Hitomi (ASTRO-H)*	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx116	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

1. 著者名 Hitomi Collaboration	4. 巻 70
2. 論文標題 Search for thermal X-ray features from the Crab nebula with the Hitomi soft X-ray spectrometer*	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx072	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

1. 著者名 Katsuda Satoru, Acero Fabio, Tominaga Nozomu, Ballet Jean, Fukui Yasuo, Hiraga Junko S., Koyama Katsuji, Lee Shiu-Hang, Mori Koji, Nagataki Shigehiro, Ohira Yutaka, Petre Robert, Sano Hidetoshi, Takeuchi Yoko, Tamagawa Toru, Tsuji Naomi, Tsunemi Hiroshi, Uchiyama Yasunobu	4. 巻 12
2. 論文標題 Detecting Thermal X-Ray Emission and Proper Motions in RX J1713.7-3946	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the International Astronomical Union	6. 最初と最後の頁 206 ~ 212
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/S1743921317004434	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

1. 著者名 Hitomi Collaboration	4. 巻 535
2. 論文標題 The quiescent intracluster medium in the core of the Perseus cluster	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 117-121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/nature18627	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

1. 著者名 Katsuda, S., Maeda, K., Ohira, Y., Yatsu, Y., Mori, K., Aoki, W., Morihana, K., Raymond, J.C., Ghavamian, P., Lee, J.-J., Shimoda, J., Yamazaki, R.	4. 巻 819
2. 論文標題 Spatially Resolved Spectroscopy of a Balmer-dominated Shock in the Cygnus Loop: An Extremely Thin Cosmic-Ray Precursor?	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 L32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8205/819/2/L32	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



1. 著者名 Tsunemi, H., Mori, K., et al.	4. 巻 9905
2. 論文標題 Soft x-ray imager (SXI) onboard ASTRO-H	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of the SPIE	6. 最初と最後の頁 990510
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2230672	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 該当する

1. 著者名 Takahashi, T., Mori, K. et al.	4. 巻 9905
2. 論文標題 The ASTRO-H (Hitomi) x-ray astronomy satellite	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of the SPIE	6. 最初と最後の頁 99050U
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2232379	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 該当する

1. 著者名 Inoue, S., Mori, K., et al.	4. 巻 831
2. 論文標題 Modeling the spectral response for the soft X-ray imager onboard the ASTRO-H satellite	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A	6. 最初と最後の頁 415-419
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2016.03.071	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12件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 森浩二、他 XRISM/SXI チーム
2. 発表標題 X線天文衛星代替機 XARM 搭載軟X線撮像装置 Xtend の開発の状況 (2)
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kanemaru Y., Sato J., Mori K., et al.
2. 発表標題 Radiation hardness of a p-channel notch CCD developed for the X-ray CCD camera onboard the XRISM satellite
3. 学会等名 The 9th International Workshop on Semiconductor Pixel Detectors for Particles and Imaging (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 富田洋、森浩二、他 XRISM/SXI チーム
2. 発表標題 X線分光撮像衛星(XRISM)搭載軟X線撮像装置の開発の現状
3. 学会等名 日本天文学会2019年春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森浩二、他
2. 発表標題 すざく衛星搭載X線CCDカメラ「XIS」の昼地球観測時のバックグラウンド推定の新手法とその適用効果の評価
3. 学会等名 日本天文学会2019年春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林田清、森浩二、他 XARM/SXI チーム
2. 発表標題 X線天文衛星代替機(XARM) 搭載の軟X線撮像装置の検討状況
3. 学会等名 日本天文学会2017年秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 富田洋、森浩二、他 XARM/SXI チーム
2. 発表標題 X線天文衛星代替機(XARM)搭載軟X線撮像装置の開発
3. 学会等名 日本天文学会2018年春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本田大悟、森浩二、他ひとみ/SXIチーム
2. 発表標題 X線天文衛星「ひとみ」搭載軟X線撮像検出器 SXI における日照中の校正線源からの輝線中心値の変動調査と光漏れ経路の検討
3. 学会等名 日本天文学会2018年春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tsujiimoto, M., Mori, K., et al.
2. 発表標題 Search for Thermal X-ray Features from the Crab nebula with Hitomi Soft X-ray Spectrometer
3. 学会等名 The X-ray Universe 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森浩二、他ひとみ/SXIチーム
2. 発表標題 X線天文衛星「ひとみ (ASTRO-H)」搭載軟X線撮像検出器 SXI の軌道上性能と較正の現状
3. 学会等名 日本天文学会 2016 年秋季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Mori, K. et al.
2. 発表標題 Hitomi/Soft X-ray Imager (SXI) overview and on-board calibrations
3. 学会等名 The 12th IACHEC meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tsunemi, H., Mori, K., et al.
2. 発表標題 Soft x-ray imager (SXI) onboard ASTRO-H
3. 学会等名 SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Takahashi, T., Mori, K. et al.
2. 発表標題 The ASTRO-H (Hitomi) x-ray astronomy satellite
3. 学会等名 SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
連携研究者	内田 裕之  (Uchida Hiroyuki)  (60589828)	京都大学・理学研究科・助教    (14301)	

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
連携研究者	村上 弘志  (Murakami Hiroshi)  (00415902)	東北学院大学・教養学部・准教授    (31302)	
連携研究者	辻本 匡弘  (Tsujimoto Masahiro)  (10528178)	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・准教授    (82645)	

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