

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 23 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26800102

研究課題名(和文) X線精密分光撮像による超新星残骸の形成史の解明

研究課題名(英文) A Study of Formation Process of SNRs with X-ray Spectrometers

研究代表者

内田 裕之(Uchida, Hiroyuki)

京都大学・理学研究科・助教

研究者番号：60589828

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：研究期間全体を通じて複数の超新星残骸の分光観測を行い複数の主著論文としてまとめることができた。また、将来のX線精密分光観測を成功させるために ASTRO-H (ひとみ) 衛星の開発に尽力した。ひとみは2016年2月に打ち上げに成功した。事故による喪失があったが、開発に携わった軟X線撮像装置が軌道上で問題なく動作することを実証した。得られた知見は代替機の開発にも反映できる見込みである。

研究成果の概要(英文)：We published several papers for X-ray studies of SNRs with spectrometers during the research period. We also developed the soft X-ray imager (SXI) onboard ASTRO-H (Hitomi), which was successfully launched on February 2016. Although Hitomi was lost by an accident of the attitude control system, we had observed several celestial sources before its lost and confirmed the in-orbit performance of the instruments.

研究分野：X線天文学

キーワード：超新星残骸

1. 研究開始当初の背景

超新星爆発で撒き散らされた重元素は、衝撃波加熱によりプラズマ化して宇宙空間に拡散していく。この基本的な描像において、単純な点源爆発モデルは観測事実を必ずしもうまく再現しないことがわかってきた。その端的な例として、従来考えられてきた標準的な熱的進化では説明のつかない「過電離プラズマ」が系内の超新星残骸から次々に見つかっている。こうした特異な超新星残骸の形成過程は今のところ不明だが、申請者らは衝撃波と非一様な周辺物質との相互作用がプラズマの温度と電離状態に多大な影響を及ぼすこと、これが過電離プラズマ形成の一因であることを明らかにした。研究開始当初の時点で、ASTRO-H 打ち上げ後を見据えて、精密分光で衝撃波が周辺物質と相互作用する際に各パラメータがどのように変化するかを定量的に調査する必要があった。

2. 研究の目的

近年申請者らが明らかにしたとおり、周辺環境の影響を考慮すると超新星残骸の形成過程は予想外に多様である。本研究では通常の熱的進化を逸脱した超新星残骸の起源を明らかにするために反射型回折格子分光装置を利用し、スペクトルの微細構造を ASTRO-H に先駆けて研究する。一般に回折格子は超新星残骸のような拡散天体には不向きと考えられている。しかし実際には、観測対象を絞れば回折格子でも ASTRO-H SXS と遜色ないエネルギー分解能を得られる。そこで多数の超新星残骸に対して精密分光観測を行い、特に衝撃波と非一様な周辺物質との相互作用領域の物理過程を明らかにする。このようにして、ASTRO-H 時代に最大限の成果を引き出すための布石を打っておく。

3. 研究の方法

本研究で主に扱うのは XMM-Newton の RGS、反射型回折格子分光装置の観測データである。これらは観測後一年経つと自動的に公開されるため、打ち上げ後 10 年を経た両衛星は膨大なアーカイブを有している。この中から有望な天体をリストアップし、過電離、電荷交換反応、共鳴散乱など超新星残骸の分野で検証の困難だった全く新しい物理過程の兆候を探っていく。また、ASTRO-H 開発メンバーとして、打ち上げまでの各種試験に携わり、将来的に進展の見込めるサイエンスを検討する。こうした成果は随時論文発表すると同時に、ASTRO-H 打ち上げ後に当該分野で主導権を握れるよう、国内外の学会で積極的に発表していく。

4. 研究成果

超新星残骸 Cygnus Loop 南西部の衝撃波 - 小分子雲衝突領域を XMM-Newton RGS で観測し、精密分光スペクトルからヘリウム様酸素輝線の微細構造 (O VII triplet) をこれまででない精度で分離、禁制線が共鳴線に対して 2 倍ほど強度が高いことを発見した。この起源を調査した結果、超新星残骸ではこれまで見つかったことのない共鳴散乱が最も可能性の高い起源であることを突き止めた。この成果について国際学会 COSPAR2014 口頭発表など複数の学会で報告を行った。

また銀河系外から初となる過電離超新星残骸 N49 を発見し、国内外の複数の学会で発表を行った。この天体はほぼ点源に近く明るいため、精密分光による将来の研究に適している。また N49 から過電離超新星残骸としては 3 例目となる鉄の K 殻輝線の放射を発見した。従って ASTRO-H 衛星の分光撮像装置 SXS の格好

の観測対象である。本研究も査読論文としてはびょうした。またその他の超新星残骸についても共著で論文発表を行った。さらに ASTRO-H（現ひとみ衛星）の開発に携わり、当衛星は 2016年 2月12日に打ち上げ、軌道投入に成功した。この初期運用のメンバーに加わり、検出器が軌道上で当初の期待通りの性能を発揮できることを確認した。

以上のように、申請書の研究課題についての成果を論文発表し、またひとみ衛星打ち上げとその後のデータ解析で所定の性能を確認できた。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 11 件）

1. Kamitsukasa, Fumiyoshi; Koyama, Katsuji; Uchida, Hiroyuki; Nakajima, Hiroshi; Hayashida, Kiyoshi; Mori, Koji; Katsuda, Satoru; Tsunemi, Hiroshi, “Global distribution of ionizing and recombining plasmas in the supernova remnant G290.1-0.8”, 査読有, Publications of the Astronomical Society of Japan, 2015, 67, 168
2. Takeda, A.; Tsuru, T. G.; Tanaka, T.; Uchida, H.; Matsumura, H.; Arai, Y.; Mori, K.; Nishioka, Y.; Takenaka, R.; Kohmura, T.; Nakashima, S.; Kawahito, S.; Kagawa, K.; Yasutomi, K.; Kamehama, H.; Shrestha, S., “Improvement of spectroscopic performance using a charge-sensitive amplifier circuit for an X-ray astronomical SOI pixel detector”, 査読有, Journal of Instrumentation, 2015, 10

3. Uchida, Hiroyuki; Koyama, Katsuji; Yamaguchi, Hiroya, “N49: THE FIRST ROBUST DISCOVERY OF RECOMBINING PLASMA IN AN EXTRA GALACTIC SUPERNOVA REMNANT”, 査読有, The Astrophysical Journal, 2015, 808

4. Tanaka, Takaaki; Tsunemi, Hiroshi; Hayashida, Kiyoshi; Tsuru, Takeshi G.; Dotani, Tadayasu; Nakajima, Hiroshi; Anabuki, Naohisa; Nagino, Ryo; Uchida, Hiroyuki et al., “The Soft X-ray Imager (SXI) for the ASTRO-H Mission”, 査読有, Proceedings of the SPIE, 9601

5. Washino, Ryosaku; Uchida, Hiroyuki; Nobukawa, Masayoshi; Tsuru, Takeshi Go; Tanaka, Takaaki; Kawabata Nobukawa, Kumiko; Koyama, Katsuji, “Recombining plasma in the remnant of a core-collapsed supernova, Kes 17”, 査読有, Publications of the Astronomical Society of Japan

6. Kamitsukasa, Fumiyoshi; Koyama, Katsuji; Nakajima, Hiroshi; Hayashida, Kiyoshi; Mori, Koji; Katsuda, Satoru; Uchida, Hiroyuki; Tsunemi, Hiroshi, “Suzaku study on the ejecta of the supernova remnant G272.2-3.2”, 査読有, Publications of the Astronomical Society of Japan, 2016, 68

7. Yasumi, Masato; Nobukawa, Masayoshi; Nakashima, Shinya; Uchida, Hiroyuki; Sugawara, Ryusuke; Tsuru, Takeshi Go; Tanaka, Takaaki; Koyama,

Katsuji, “Abundances in the ejecta of core-collapse supernova remnants G350.1-0.3 and G349.7+0.2”, 査読有, Publications of the Astronomical Society of Japan, 2014, 66, 689

8. Kamitsukasa, Fumiyoshi; Koyama, Katsuji; Tsunemi, Hiroshi; Hayashida, Kiyoshi; Nakajima, Hiroshi; Takahashi, Hiroaki; Ueda, Shutaro; Mori, Koji; Katsuda, Satoru; Uchida, Hiroyuki, “Suzaku discovery of Fe K-shell line from the O-rich SNR G292.0+1.8”, 査読有, Publications of the Astronomical Society of Japan, 2014, 66, 648

9. Yamaguchi, Hiroya; Badenes, Carles; Petre, Robert; Nakano, Toshio; Castro, Daniel; Enoto, Teruaki; Hiraga, Junko S.; Hughes, John P.; Maeda, Yoshitomo; Nobukawa, Masayoshi; Safi-Harb, Samar; Slane, Patrick O.; Smith, Randall K.; Uchida, Hiroyuki, “DISCRIMINATING THE PROGENITOR TYPE OF SUPERNOVA REMNANTS WITH IRON K-SHELL EMISSION”, 査読有, The Astrophysical Journal Letters, 2014, Volume 785, Number 2

10. Takata, Akihiro; Nobukawa, Masayoshi; Uchida, Hiroyuki; Tsuru, Takeshi Go; Tanaka, Takaaki; Koyama, Katsuji, “X-ray study of the supernova remnant G337.2-0.7”, 査読有, Publications of the Astronomical Society of Japan, 2016, Volume 68S

11. Matsumura, Hideaki; Uchida, Hiroyuki; Tanaka, Takaaki; Tsuru, Takeshi Go; Nobukawa, Masayoshi; Nobukawa, Kumiko

Kawabata; Itou, Makoto, “Localized recombining plasma in G166.0+4.3: A supernova remnant with an unusual morphology”, 査読有, Publications of the Astronomical Society of Japan, 2017

[学会発表] (計 9 件)

1. 内田裕之, 河島久実子, 鷺野遼作, et al. 「ASTRO-H 衛星搭載軟X線撮像検出器 SXI における CTI 異常領域とその較正手法」日本天文学会春季年会、首都大学東京、2016-03-13 - 2016-03-17

2. 内田裕之, 河島久実子, 鷺野遼作, et al. 「ASTRO-H 衛星搭載軟X線撮像検出器 SXI の検出効率測定」日本天文学会秋季年会、甲南大学、2015-09-09 - 2015-09-11

3. Hiroyuki Uchida, “Mixed-morphology Supernova Remnants”, SNR Workshop 2015, Nagoya University, 2015-06-18 - 2015-06-19

4. Hiroyuki Uchida, “Enhancement of the Forbidden Line in the Southwestern Knot in the Cygnus Loop”, Spectroscopy of Cosmic Plasma in the Era of ASTRO-H 2015, Aoyama Gakuin University, 2015-06-18 - 2015-06-19

5. 内田裕之, 「はくちょう座ループ南西部におけるヘリウム様酸素からの強い禁制線の発見」日本天文学会秋季年会、山形大学、2014-09-11 - 2014-09-13

6. Hiroyuki Uchida, “Enhancement of the Forbidden Line in the

Southwestern Knot in the Cygnus Loop” ,
AtomDB Workshop, Tokyo Metropolitan
University, 2014-09-06 - 2014-09-09

7. Hiroyuki Uchida, “Enhancement of
the Forbidden Line in the Southwestern
Knot in the Cygnus Loop” , COSPAR2014,
Moscow University, 2014-08-02 - 2014-
08-11

8. 内田裕之, 「X線天文衛星「ひとみ
(ASTRO-H)」搭載 X線撮像検出器 SXI の軌
道上較正: 光漏れイベントの原因追求とそ
の対策」日本天文学会秋季年会、愛媛大学、
2016-09-14 - 2016-09-16

9. 内田裕之, 「超新星残骸 W44 からの拡
散硬 X線成分の発見」日本天文学会春季年
会、九州大学、2017-03-15 - 2017-03-18

〔図書〕 (計 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

内田 裕之 (UCHIDA, Hiroyuki)

京都大学・大学院理学研究科・助教

研究者番号: 60589828

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者

()