(B2) 飛翔体観測と理論による、 物質の起源の解明

**平成26年**：平成27年に打ち上げを予定している、ASTRO-H衛星での超新星残骸等における元素組成の検出精度の評価とシミュレーションを行い、観測に備える。同時に将来の天体観測を目指した、極低温 X 線検出器の開発のための冷凍機を導入し、冷凍性能を確認する。

**平成27年**：ASTRO-H衛星での超新星残骸の観測データを解析し、検出器の性能を確認する。また、低温検出器のための冷凍機運転と調整を行い、目的温度（〜100mK）を目指す。

**平成28年**：ASTRO-H衛星でのX線による超新星残骸の観測データを、各種元素の組成比に注目して解析する。また、達成出来た極低温環境にて、X線検出器の駆動と評価を試みる。

**1.現在までの進捗状況および達成度**

　将来の高エネルギー分解能 X 線観測を目指した極低温 X 線検出器の開発している。2016年に打ち上げらえた「ひとみ衛星（ASTRO-H）」に搭載した極低温X線検出器の開発、試験に携わった。その軌道上での分光性能を確認し、ペルセウス銀河団中心部の精密分光観測を世界で初めて実現することができた[論20,30,31,33,35,138,139, その他の成果8]。一方で、「ひとみ衛星」は 2016年3月26日に深刻なトラブルにより喪失してしまったため、超新星残骸の観測データを解析し、各種元素組成比を解析研究する方針の変更を余儀なくされてしまった。そこで、米国のチャンドラ衛星やNuSTAR衛星による超新星残骸の観測データの解析を行うことで、当初予定していた研究を進めている[学41,73,141]。チャンドラ衛星による超新星残骸カシオペア座Aの観測データ解析を進め,特に超新星爆発のメカニズムそして爆発的元素合成を観測的に研究する上で興味深いカシオペア座Aのジェット部の解析から,放射性でない安定なチタンからのX線ライン放射を発見した。そしてチタンの生成量を推定するためにプラズマモモデルによる不定性を評価した。現在は,これらの成果を国際査読誌への投稿論文としてまとめているところである[学55,70]。また、このチームでは大マゼラン銀河の超新星残骸 N157B のフェルミ衛星によるガンマ線観測を進めている。超新星残骸 N157B のパルサー星雲は、ガンマ線スペクトルに今までに知られていないような成分を持ち、非常に効率の良い電子加速が働いていることがわかった。この天体のガンマ線観測は中性子星の慣性モーメントを制限する新しい手法となることがわかった。さらに、ガンマ線放射が卓越している2つの超新星残骸についての研究 を進めている。そのうちの一方である超新星残骸 RX J1713.7−3946 の X 線観測と力学的進化についての論文が国際査読誌に受理された[論10,72, 学49,69,120,124]。超新星残骸 RX J1713.7−3946 の NuSTAR 衛星による硬 X 線観測をはじめて行った[論10、学49]。

　超伝導遷移端 (TES) 型 X 線マイクロカロリメータの抵抗温度特性の評価を行った。 磁気シールドに囲まれた環境に TES 素子 SII-209H を置き、3K に設置した SQUID 読み出し 回路に素子を接続した。断熱消磁冷却前後の温度変化時の SQUID の出力電圧の変化を測定し 超伝導遷移温度 240-280mK という結果を得た。同一素子の過去の評価結果と比較すると、これまで使用してきた 2 段式断熱消磁冷凍機の環境と比較して 50% 程度の改善が見られる結果を得た。今後も冷却環境を整備しながら、TES 素子の評価を進めていく予定である

**2.問題点とその克服方法**

「ひとみ衛星」の喪失により、超新星残骸の観測からの元素組成比の研究、及び、複数の銀河団から統計的手法あるいは、特別な銀河団における、ダークマターの検証等を本プロジェクト期間内で実施することが不可能になった。2021年打ち上げを目指す「ひとみ衛星代替機」での観測に向けて，チャンドラ衛星やNuSTAR衛星による研究を進めるとともに，代替機の開発に参画し，目標としていた科学成果を2020年代に得ることを目指す。

**3.今度の研究方針**

超新星残骸カシオペアAから放射性でない安定チタンからのX線ライン放射を新たに発見したことを受け，今後は重力崩壊型超新星の爆発的元素合成のモデルと結びつけることで，その起源を解明する。超新星爆発の理論研究者との共同研究を進め，超新星爆発の数値計算で得られる元素組成の空間構造とX線観測の結果を比較する。

**4.特に優れた研究成果（表彰、新聞記事、プレス発表等）**

**5.研究成果の副次的効果（特許出願や、計画に無かった良い結果）**

**6.成果の公表(2014, 2015, 2016年度の物)**

雑誌

査読有無、著者（基本全員、10名以上の場合はFirst Author と関係者（＊＊名中＊番目）、関係者には２重線）、題名(D.O.I:)、雑誌名、巻、号、ページの初めと終わり（または論文番号とページ数）

図書

著者名（関係者には２重線）、著者名、出版社、発行年、総ページ数

学会発表

発表者名(関係者には２重線, 10名以上の場合はFirst Author と関係者（＊＊名中＊番目）、招待講演か一般か)、発表題目、学会名、開催地、発表年月

査読付き

Tsuji, Naomi; Uchiyama, Yasunobu

Expansion measurements of supernova remnant RX J1713.7-3946

doi: 10.1093/

2016PASJ...68..108T(1-12)

Hampton, E. J.; Rowell, G.; Hofmann, W.; Horns, D.; Uchiyama, Y.; Wagner, S.

Chandra observations of the HII complex G5.89-0.39 and TeV gamma-ray source HESSJ1800-240B

DOI: 10.1016/j.jheap.2016.05.001

Journal of High Energy Astrophysics, Volume 11, p. 1-19.

Hitomi Collaboration; Hoshino, A.（215人中54番目） Kitamoto, S. （215人中79番目） Uchiyama, Y. 他（215人中190番目）

The quiescent intracluster medium in the core of the Perseus cluster

DOI: 10.1038/nature18627

Nature, Volume 535, Issue 7610, pp. 117-121 (2016)

Abbott, B. P., Uchiyama, Y.(1574名中＊番目)

Supplement: "Localization and Broadband Follow-up of the Gravitational-wave Transient GW150914"

DOI: 10.3847/0067-0049/225/1/8

The Astrophysical Journal Supplement Series, Volume 225, Issue 1, article id. 8, 15 pp. (2016)

Abbott, B. P., Uchiyama, Y.(1574名中＊番目)

Localization and Broadband Follow-up of the Gravitational-wave Transient GW150914

DOI: 10.3847/2041-8205/826/1/L13

The Astrophysical Journal Letters, Volume 826, Issue 1, article id. L13, 8 pp. (2016).

Ackermann, M, Uchiyama, Y. (10９名中＊番目)

Minute-timescale >100 MeV γ-Ray Variability during the Giant Outburst of Quasar 3C 279 Observed by Fermi-LAT in 2015 June

DOI: 10.3847/2041-8205/824/2/L20

The Astrophysical Journal Letters, Volume 824, Issue 2, article id. L20, 8 pp. (2016)

Acero, F., Uchiyama, Y.(161名中＊番目)

The First Fermi LAT Supernova Remnant Catalog

DOI: 10.3847/0067-0049/224/1/8

The Astrophysical Journal Supplement Series, Volume 224, Issue 1, article id. 8, 50 pp.

Ackermann, M. Uchiyama, Y (167名中＊番目)

Fermi-LAT Observations of the LIGO Event GW150914

DOI: 10.3847/2041-8205/823/1/L2

The Astrophysical Journal Letters, Volume 823, Issue 1, article id. L2, 13 pp. (2016)

Ajello, M., Uchiyama, Y.(103名中＊番目)

Search for Spectral Irregularities due to Photon-Axionlike-Particle Oscillations with the Fermi Large Area Telescope

DOI: 10.1103/PhysRevLett.116.161101

Physical Review Letters, Volume 116, Issue 16, id.161101

Ajello, M., Uchiyama, Y.(110名中＊番目)

Deep Morphological and Spectral Study of the SNR RCW 86 with Fermi-LAT

DOI: 10.3847/0004-637X/819/2/98

The Astrophysical Journal, Volume 819, Issue 2, article id. 98, 12 pp. (2016)

Ajello, M., Uchiyama, Y.(123名中＊番目)

Fermi-LAT Observations of High-Energy Gamma-Ray Emission toward the Galactic Center

DOI: 10.3847/0004-637X/819/1/44

The Astrophysical Journal, Volume 819, Issue 1, article id. 44, 30 pp. (2016).

Fermi LAT Collaboration, Uchiyama, Y. (117名中＊番目)

An extremely bright gamma-ray pulsar in the Large Magellanic Cloud

DOI: 10.1126/science.aac7400

Science, Volume 350, Issue 6262, pp. 801-805 (2015)

Katsuda, Satoru, Uchiyama, Y. (17名中17番目)

Evidence for Thermal X-Ray Line Emission from the Synchrotron-dominated Supernova Remnant RX J1713.7-3946

DOI: 10.108/0004-637X/814/1/29

The Astrophysical Journal, Volume 814, Issue 1, article id. 29, 11 pp.

Ackermann, M, Uchiyama, Y. (141名中＊番目)

Multiwavelength Evidence for Quasi-periodic Modulation in the Gamma-Ray Blazar PG 1553+113

DOI: 10.1088/2041-8205/813/2/L41

The Astrophysical Journal Letters, Volume 813, Issue 2, article id. L41, 8 pp. (2015)

Ackermann, M, Uchiyama, Y. (148名中＊番目)

The Third Catalog of Active Galactic Nuclei Detected by the Fermi Large Area Telescope

DOI: 10.1088/0004-637X/810/1/14

The Astrophysical Journal, Volume 810, Issue 1, article id. 14, 34 pp. (2015)

Takei, D., Drake, J. J., Yamaguchi, H., Slane, P., Uchiyama, Y., Katsuda, S.

X-Ray Fading and Expansion in the “Miniature Supernova Remnant” of GK Persei

DOI: 10.1088/0004-637X/801/2/92

The Astrophysical Journal, Volume 801, Issue 2, article id. 92, 8 pp. (2015)

Ackermann, M, Uchiyama, Y. (144名中＊番目)

The Spectrum of Isotropic Diffuse Gamma-Ray Emission between 100 MeV and 820 GeV

DOI: 10.1088/0004-637X/799/1/86

The Astrophysical Journal, Volume 799, Issue 1, article id. 86, 24 pp. (2015)

Ackermann, M, Uchiyama, Y. (135名中＊番目)

The Spectrum and Morphology of the Fermi Bubbles

DOI: 10.1088/0004-637X/793/1/64

|  |
| --- |
| The Astrophysical Journal, Volume 793, Issue 1, article id. 64, 34 pp. (2014). |

Ackermann, M, Uchiyama, Y. (155名中＊番目)

|  |
| --- |
| Fermi establishes classical novae as a distinct class of gamma-ray sources |

DOI: 10.1126/science.1253947

Science, Volume 345, Issue 6196, pp. 554-558 (2014).

Ackermann, M, Uchiyama, Y. (127名中＊番目)

|  |
| --- |
| Search for Cosmic-Ray-induced Gamma-Ray Emission in Galaxy Clusters |

DOI: 10.1088/0004-637X/787/1/18

The Astrophysical Journal, Volume 787, Issue 1, article id. 18, 26 pp. (2014).

Chernyakova, M.Uchiyama, Y. (17名中11番目)

Multiwavelength observations of the binary system PSR B1259-63/LS 2883 around the 2010-2011 periastron passage

DOI: 10.1093/mnras/stu021

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 439, Issue 1, p.432-445

Ackermann, M, Uchiyama, Y. (122名中＊番目)

Dark matter constraints from observations of 25 Milky Way satellite galaxies with the Fermi Large Area Telescope

DOI: 10.1103/PhysRevD.89.042001

Physical Review D, Volume 89, Issue 4, id.042001

Hubrig, S.; Schöller, M.; Kholtygin, A. F.; Tsumura, H.; Hoshino, A.; Kitamoto, S.; Oskinova, L.; Ignace, R.; Todt, H.; Ilyin, I.

New multiwavelength observations of the Of?p star CPD -28° 2561

DOI: 10.1093/mnras/stu2516

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 447, Issue 2, p.1885-1894

査読なし

Fujimoto, Ryuichi, Kitamoto S.(39名中12番目), Hoshino, A. (39名中13番目)

Performance of the helium dewar and cryocoolers of ASTRO-H SXS

DOI: 10.1117/12.2232933

Proceedings of the SPIE, Volume 9905, id. 99053S 11 pp. (2016).

Tsujimoto, Masahiro, Hoshino, A.(49名中17番目), Kitamoto, S. (49名中22番目)

In-orbit operation of the ASTRO-H SXS

DOI; 10.1117/12.2231784

Proceedings of the SPIE, Volume 9905, id. 99050Y 10 pp. (2016)

Kelley, Richard L.; Hoshino, A.(57名中16番目)、Kitamoto, S. (57名中22番目)

The Astro-H high resolution soft x-ray spectrometer

DOI: 10.1117/12.2232509

Proceedings of the SPIE, Volume 9905, id. 99050V 17 pp. (2016)

Takahashi, Tadayuki;Hoshino, A.(269 名中71番目),Kitamoto, S. (269 名中102番目), Uchiyama, Y. (269 名中229番目)

The ASTRO-H (Hitomi) x-ray astronomy satellite

DOI: 10.1117/12.2232379

Proceedings of the SPIE, Volume 9905, id. 99050U 17 pp. (2016)

Mitsuda, Kazuhisa;Hoshino, A.(54名中17番目), Kitamoto, S.(54名中23番目)

Soft x-ray spectrometer (SXS): the high-resolution cryogenic spectrometer onboard ASTRO-H

DOI; 10.1117/12.2057199

Proceedings of the SPIE, Volume 9144, id. 91442A 7 pp. (2014)

Takahashi, Tadayuki; Hoshino, A. (248名中＊番目), Kitamoto, S. (248名中\* 番目), Uchiyama, Y. (248名中＊番目)

The ASTRO-H X-ray astronomy satellite

DOI: 10.1117/12.2055681

Proceedings of the SPIE, Volume 9144, id. 914425 24 pp. (2014)

[Kitamoto, S.](http://ads.nao.ac.jp/cgi-bin/author_form?author=Kitamoto,+S&fullauthor=Kitamoto,%20S.&charset=UTF-8&db_key=AST); [Ogawa, S.](http://ads.nao.ac.jp/cgi-bin/author_form?author=Ogawa,+S&fullauthor=Ogawa,%20S.&charset=UTF-8&db_key=AST); [Komatsu, T.](http://ads.nao.ac.jp/cgi-bin/author_form?author=Komatsu,+T&fullauthor=Komatsu,%20T.&charset=UTF-8&db_key=AST); [Umezu, R.](http://ads.nao.ac.jp/cgi-bin/author_form?author=Umezu,+R&fullauthor=Umezu,%20R.&charset=UTF-8&db_key=AST); [Sugimoto, J.](http://ads.nao.ac.jp/cgi-bin/author_form?author=Sugimoto,+J&fullauthor=Sugimoto,%20J.&charset=UTF-8&db_key=AST); [Suzuki, H.](http://ads.nao.ac.jp/cgi-bin/author_form?author=Suzuki,+H&fullauthor=Suzuki,%20H.&charset=UTF-8&db_key=AST); [Nambu, D.](http://ads.nao.ac.jp/cgi-bin/author_form?author=Nambu,+D&fullauthor=Nambu,%20D.&charset=UTF-8&db_key=AST); [Tsumura, H.](http://ads.nao.ac.jp/cgi-bin/author_form?author=Tsumura,+H&fullauthor=Tsumura,%20H.&charset=UTF-8&db_key=AST); [Seta, H.](http://ads.nao.ac.jp/cgi-bin/author_form?author=Seta,+H&fullauthor=Seta,%20H.&charset=UTF-8&db_key=AST); [Hoshino, A.](http://ads.nao.ac.jp/cgi-bin/author_form?author=Hoshino,+A&fullauthor=Hoshino,%20A.&charset=UTF-8&db_key=AST); [Aikawa, Sae](http://ads.nao.ac.jp/cgi-bin/author_form?author=Aikawa,+S&fullauthor=Aikawa,%20Sae&charset=UTF-8&db_key=AST); [Niizuma, Yutaro](http://ads.nao.ac.jp/cgi-bin/author_form?author=Niizuma,+Y&fullauthor=Niizuma,%20Yutaro&charset=UTF-8&db_key=AST)

Estimation of observation possibility of the x-ray interferometer with an x-ray beam-splitter

DOI: 10.1117/12.2055305

Proceedings of the SPIE, Volume 9144, id. 91441Z 6 pp. (2014)

国際会議

"Gamma Rays from Supernova Remnants" (招待講演) Y. Uchiyama

Cosmic Ray Origin – Beyond the Standard Models, San Vito di Cadore (Italy), September 19-22, 2016

"X-ray and Gamma-ray Study of Supernova Remnants" (招待講演) Y. Uchiyama

TeV Particle Astrophysics, Kashiwa (Japan), October 26-30, 2015

"Synergies between X-ray and Gamma-ray Observations of Cosmic Accelerators" (招待講演) Y. Uchiyama

Athena Science Conference, European Space Astronomy Centre, Madrid (Spain), September 8-10, 2015

"Particle Accelerators in Our Galaxy as Revealed by X-ray and Gamma-ray Observations" (招待講演) Y. Uchiyama

The First Conference on Laser Energeitcs (CLE2015), Yokohama (Japan), April 22-24 2015

"High Energy and Very High Energy Gamma-rays from Galactic Particle Accelerators" (招待講演) Y. Uchiyama

Symposium on Frontiers of Fundamental Physics 2014, Marseille (France), July 15-18 2014

"Chandra and NuSTAR observations of SNR RXJ1713.7-3946" (oral)

Naomi Tsuji, Yasunobu Uchiyama, Satoru Katsuda, David Berge, Felix Aharonian

6th International Symposium on High-Energy Gamma-Ray Astronomy (Gamma2016), Heidelber, Germany, July 11-15, 2016

"GeV gamma-ray emission from PWN N157B powered by PSR J0537-6910" (oral)

Shinya Saito, Dmitry Khangulyan, Keita Hagiwara, Yasunobu Uchiyama on behalf of the Fermi-LAT Collaboration

6th International Symposium on High-Energy Gamma-Ray Astronomy (Gamma2016), Heidelber, Germany, July 11-15, 2016

"Detection of Ti-K X-ray Line Emission from Cassiopeia A with Chandra Observatory" (oral)

Takuma Ikeda, Yasunobu Uchiyama

Many Riddles About Core-Collapse Supernovae, NAOJ, Japan, June 27 - July 1, 2016

"Locating Gamma-ray Emitting Zone in FSRQ Jets Through Modeling Flaring Light Curves" (oral)

S. Saito, L. Stawarz, T. Takahashi, Y. Tanaka

Relativistic Jets: Creation, Dynamics, and Internal Physics, Jagiellonian University, Poland, April 24th, 2015

"Searching for Sub-hour Gamma-ray Variability in FSRQ Flares with Bayesian Statistics" (poster)

S. Saito, L. Stawarz, H. Odaka, T. Takahashi, Y. Tanaka

Relativistic Jets: Creation, Dynamics, and Internal Physics, Jagiellonian University, Poland, April 24th, 2015

"Chandra Observations of the NW Shell of SNR RX J1713.7-3946" (oral)

Masanori Arakawa, Naomi Tsuji, Yasunobu Uchiyama

One-Day Workshop at Rikkyo - The Many Facets of Supernora Remnants -, Rikkyo University, Japan, November 2014

"Rapid Gamma-ray Variability of FSRQs and the Implications for Emission Mechanism" (oral)

S. Saito, L. Stawarz, T. Takahashi, Y. Tanaka

Fifth International Fermi Symposium, Nagoya University, Japan, October 20-24, 2014

国内学会、研究会

"超新星残骸からのガンマ線放射" (招待講演) 内山泰伸

高エネルギー宇宙物理学研究会2016、青山学院大学、2016年12月1日

"超新星残骸における宇宙線加速：X線ガンマ線観測" (招待講演) 内山泰伸

SNR Workshop 2016、名古屋大学、2016年11月22日

"Fermiガンマ線観測による宇宙線起源研究" (招待講演) 内山泰伸

日本物理学会秋季大会シンポジウム：宇宙線起源の解明にむけた新展開、大阪市立大学、2015年9月28日

"Fast Electron Acceleration in SNR RX J1713.7-3946" (口頭発表) Yasunobu Uchiyama

One-Day Workshop at Rikkyo - The Many Facets of Supernova Remnants -, Rikkyo University, Tokyo, Japan, November 10, 2014

"X-ray and Gamma-ray Observations of Supernova Remnants" (招待講演) Yasunobu Uchiyama

超新星・ガンマ線バースト研究会, 理研, 2014年8月25-27日

"銀河系天体のガンマ線観測の現状と将来の展望" (招待講演) 内山泰伸

CRC将来計画タウンミーティング, 名古屋大学, 2014年7月13日

"NuSTAR 衛星を用いた超新星残骸 RX J1713.7−3946 の観測結果" (口頭発表)

辻直美、内山泰伸

SNR Workshop 2016、名古屋大学、2016年11月22日

"Confronting SNR Evolution Models with X-ray Observations of RX J1713.7-3946 and Vela Jr" (口頭発表)

Naomi Tsuji, Yasunobu Uchiyama

JAXA 宇宙科学シンポジウム SNSNR2015, November 2015

"Detection of Ti-K X-ray Line Emission from Cassiopeia A Using Chandra Observations" (口頭発表)

Takuma Ikeda, Yasunobu Uchiyama

JAXA 宇宙科学シンポジウム SNSNR2015, November 2015

"ガンマ線短時間変動のモデル化による活動銀河核ジェットの放射への制限" (口頭発表)

斉藤新也、L. Stawarz、田中康之、高橋忠幸

日本天文学会秋季学会, 甲南大学, 2015年9月9-11日

"チャンドラ衛星を用いた超新星残骸RX J1713.7-3946の膨張測定" (口頭発表)

辻 直美, 荒川 真範, 内山 泰伸

日本天文学会秋季年会特別セッション:ガンマ線天文台CTAで切り拓く次世代の高エネルギー天文学, 甲南大学, 2015年9月9日

"チャンドラ衛星による超新星残骸 RX J1713.7-3946 の長期モニタリング観測" (口頭発表)

荒川 真範, 辻 直美, 内山 泰伸

日本天文学会春季年会, 大阪大学, 2015年3月

"チャンドラ衛星による超新星残骸 Cassiopeia A におけるチタンKX線の発見" (口頭発表)

池田 拓馬, 内山 泰伸

日本天文学会秋季学会, 甲南大学, 2015年9月9-11日