

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月11日現在

機関番号：32689

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21740207

研究課題名（和文） マグネターの正体解明へ向けた超強磁場での陽子サイクロトロン吸収線の発展的研究

研究課題名（英文） Revealing Magnetars Based on Studies on Proton Cyclotron Absorption Line in Super-Strong Magnetic Field

研究代表者

中川 友進（NAKAGAWA YUJIN）

早稲田大学・理工学術院・助教

研究者番号：50513454

研究成果の概要（和文）：日本のX線天文衛星「すざく」を用いて、 $\sim 10^{15}$ Gの超強磁場を持つ中性子星「マグネター」の観測的研究を行った。バーストと定常放射のスペクトルに、陽子のサイクロトロン共鳴散乱による吸収線を発見し、磁場強度の直接的な測定を目的として、活動期の3天体の観測・解析を行った。吸収線は見出せなかったが、2天体では暗いバーストに初めて硬X線成分を発見し、1天体では静穏期より硬いスペクトルを持つ可能性を見出した。

研究成果の概要（英文）：I performed observational studies of highly magnetized neutron stars with $\sim 10^{15}$ G “Magnetars” using Japanese X-ray satellite *Suzaku*. In order to detect proton cyclotron resonance features and directly measure a magnetic field strength, I performed observations and analyses of three magnetars in active phases. Although I did not find any features in X-ray spectra, I discovered hard X-ray components in the X-ray spectra of weak bursts. In addition, I found a possibility that X-ray spectra in active phases are harder than those in quiet phases.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	4,600,000	1,380,000	5,980,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学、素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：宇宙物理（実験）

1. 研究開始当初の背景

観測事実から我々の宇宙には $B \approx 10^{15}$ G もの超強磁場を持つ中性子星である「マグネター」が要求されている。磁場が $B \geq 4.4 \times 10^{13}$ G になると、電子のサイクロトロン半径が古典電子半径程度になり、量子電

磁力学の非摂動効果が重要となる。

通常の強磁場中性子星でさえ $B \approx 10^9 - 10^{12}$ G の強磁場であり、マグネターの $B \approx 10^{15}$ G は驚愕である。X線で輝くマグネター ($F \approx 10^{-11}$ erg cm⁻² s⁻¹) は現象論的に定義され、軟ガンマ線リピータ（8天体）

と異常な X 線パルサー (11 天体) がある。一部は数十ミリ秒の間に X 線を放出する ($F \approx 10^{-6} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) バーストを起こす。一定の周期で光度が変化する点では (回転周期は 5-12 秒) パルサーと似ているが、回転駆動型パルサーや降着駆動型パルサーと明確に異なる性質 (エネルギー源など) を持つ。

マグネターの提案から約 30 年も経過したが、研究は発展途上である。その原因は、観測的に要求された天体にも関わらず統計的に有意な直接的な証拠が無いからである (ただし先人たちの尽力により、いま正にその正体に迫れるようになった)。

私は研究開始当初において、バーストのエネルギースペクトルは二温度黒体放射が尤もらしい事を解明 (Nakagawa et al. 2007, PASJ, 59, 653-678)、バーストと定常放射の自己相似的なエネルギースペクトル (二温度黒体放射) の提案 (Nakagawa et al. 2009, PASJ, 61, 109-122)、バーストに伴う X 線残光の発見 (Nakagawa et al. 2008, ApJL 681, L89-L92)、バースト活動と X 線定常放射のパルス強度の関連性を提案 (Nakagawa et al. 2009, PASJ, 61, S387-S393) という成果をあげていた。二温度黒体放射のエネルギースペクトルは、超強磁場での放射輸送を導入しなければ物理的な解釈が難しく (Guver et al. 2006, arXiv: astro-ph/0611405)、私の研究成果は超強磁場での放射輸送の重要性を提案している。そのためマグネターの正体解明には、磁場強度の直接的な測定が急務だった。

2. 研究の目的

本研究では、陽子のサイクロトロン共鳴散乱による吸収線の検出により、マグネターの磁場強度の直接的な測定を達成目標とした。

X 線で輝くパルサーは、電子のサイクロトロン共鳴散乱による吸収線を用いて直接的に磁場強度が測定されている。陽子は電子の約 2000 倍の質量を持つので、 $B \approx 10^{15} \text{ G}$ の超強磁場では陽子のサイクロトロン共鳴散乱による吸収線が X 線領域に現れる。マグネターは X 線で輝くので吸収線が見えるはずだが、普段は見えず RXTE 衛星が捉えたバーストに僅かな兆候が見られただけである (Ibrahim et al. 2002, ApJ, 574, L51-L55)。そのためバーストの X 線領域でのエネルギースペクトルの精密測定が重要である。

3. 研究の方法

広いエネルギー帯域、高いエネルギー分解能、高い感度を併せ持つ日本の X 線天文衛星「すざく」の XIS 検出器 (0.2-12 keV) ・HXD 検出器 (10-600 keV) による観測を行った。

本研究ではバーストが研究対象であるので、その活動をいち早く把握することが成功のカギである。これを実現するためには、X 線への感度だけでなく、到来方向の決定能力を有する衛星が必要である。アメリカ航空宇宙局 (NASA) の *Swift* 衛星は、即座の位置決定が可能な衛星である。そこで私は、平成 19 年度の 10 月~11 月に NASA を訪問し、現地の研究者と協力して *Swift* 衛星が捉えたバーストの研究を行い、投稿論文にまとめ

(Nakagawa et al. 2008, ApJL, 682, L89-L92)、バースト監視の協力体制を築いた。

本研究の成功には、陽子のサイクロトロン共鳴散乱による吸収線の検出が大前提であり、バーストの X 線スペクトルの精密測定が必須である。しかし、マグネターはいつでもバーストを起こすわけではない。そこで活動期を示した時に観測を行った。本研究では公募観測枠、および緊急観測枠を用いた。

4. 研究成果

「すざく」衛星により SGR 0501+4516、AXP 1E 1547.0-5408、AXP 4U 0142+614 の観測を実施した。有意な吸収線構造は見られなかったが、以下の興味深い観測成果を得た。

私は、定常放射は微小バーストの重ね合わせという仮説を提唱している。「すざく」衛星が検出した SGR 0501+4516 (Nakagawa et al. 2011, PASJ, 63, S813-S820) と AXP 1E 1547.0-5408 (Enoto et al. submitted) の暗いバースト ($\sim 10^{-8} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) の X 線スペクトルに初めて硬 X 線成分を発見した (図 1)。

私を含む研究グループは、バースト/定常放射によらず X 線スペクトルは、二温度黒体放射+硬 X 線成分という良く似た形状を持つこと、両成分の光度に相関 (図 1) があることを明らかにした (Nakagawa et al. 2007, PASJ, 59, 653-678; Nakagawa et al. 2009, PASJ, 61, 109-122; Nakagawa et al. 2011, PASJ, 63, S813-S820; Enoto 2010, Ph.D. Thesis, University of Tokyo; Enoto et al. submitted)。

明るいバースト ($10^{-6} \sim 10^{-7} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) では硬 X 線成分は報告されていない。HETE-2 衛星が SGR 1806-20 から検出した 50 個の明るいバーストの X 線スペクトルを再解析した結果、一部のバーストは二温度黒体放射+硬 X 線成分でよく再現され、明るいバーストほど硬 X 線成分の光度よりも二温度黒体放射の光度が大きくなる可能性を見出した (図 1)。

アメリカの *Swift* 衛星の観測チームにより、AXP 4U 0142+614 が 2011 年 7 月 29 日にバースト活動を示し、少なくとも 10 個以上のバーストを起こしている事が報告された。また、1 ヶ月以上に渡って 20-30%ほど明るい状態が続いている事が分かった。そこで私はこの天体が活動期にあると判断して、「すざく」衛

星による観測を2011年9月7日に実施した。その結果、静穏期と比べると定常放射が明るく、X線スペクトルが硬い可能性を見出した。

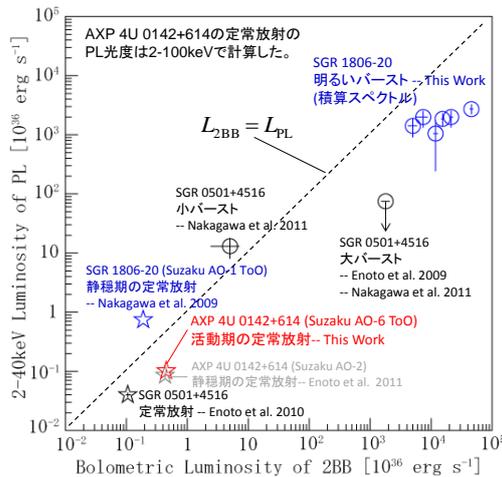


図1. 二温度黒体放射と硬X線成分の光度相関。

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 23 件)

- ① Paolo Esposito, Gian Luca Israel, Roberto Turolla, Fabio Mattana, Andrea Tiengo, AAndrea Possenti, Silvia Zane, Nanda Rea, Marta Burgay, Diego Gotz, Sandro Mereghetti, Luigi Stella, Mark Wieringa, John Sarkissian, Teruaki Enoto, Patrizia Romano, Takanori Sakamoto, Yujin E. Nakagawa, Kazuo Makishima, Kazuhiro Nakazawa, Hiroyuki Nishioka, C. Francois-Martin, Long-term spectral and timing properties of the soft gamma-ray repeater SGR 1833-0832 and detection of extended X-ray emission around the radio pulsar PSR B1830-08, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 査読有、416 巻、2011、pp. 205-215
- ② Motoko Serino, Atsumasa Yoshida, Nobuyuki Kawai, Yujin E. Nakagawa, Yoshihiro Ueda, Tatehiro Mihara, Satoshi Nakahira, Satoshi Eguchi, Kazuo Hiroi, Masaki Ishikawa, Naoki Isobe, Masashi Kimura, Hiroki Kitayama, Mitsuhiro Kohama, Takanori Matsumura, Masaru Matsuoka, Mikio Morii, Motoki Nakajima, Hitoshi Negoro, Megumi Shidatsu, Tetsuya Sootome, Kousuke Sugimori, Mutsumi Sugizaki, Fumitoshi Suwa, Takahiro Toizumi, Hiroshi Tomida, Yohko Tsuboi, Hiroshi Tsunemi, Shiro Ueno, Ryuichi

Usui, Takayuki Yamamoto, Kazutaka Yamaoka, Makoto Yamauchi, Kyohei Yamazaki, the MAXI Collaboration, Peculiary Narrow SED of GRB 090926B with MAXI and Fermi/GBM, Publication of the Astronomical Society of Japan, 査読有、63 巻、2011、S1035-S1040

- ③ Yujin E. Nakagawa, Kazuo Makishima, Enoto Teruaki, The Suzaku Discovery of A Hard Power-Law Component in the Spectra of Short Bursts from SGR 0501+4516, Publication of the Astronomical Society of Japan, 査読有、63 巻、2011、S813-S820
- ④ Yujin E. Nakagawa, Teruaki Enoto, Kazuo Makishima, Atsumasa Yoshida, Kazutaka Yamaoka, Takanori Sakamoto, Nanda Rea, Kevin Hurley, Suzaku SGR 0501+4516 Team and HETE-2 Team, Suzaku Detection of Hard X-ray Emission in SGR 0501+4516 Short Burst Spectrum, High-Energy Emission from Pulsars and their Systems, Astrophysics and Space Science Proceedings, 査読有、ISBN 978-3-642-17250-2, 2011, p. 323
- ⑤ Enoto Teruaki, Kazuo Makishima, Nanda Rea, Yujin E. Nakagawa, Kazuhiro Nakazawa, Takanori Sakamoto, Wide-band X-ray Studies of Magnetars with Suzaku, High-Energy Emission from Pulsars and their Systems, Astrophysics and Space Science Proceedings, 査読有、ISBN 978-3-642-17250-2, 2011, p. 275
- ⑥ Masanori Ohno, Motohide Kokubun, Tadayuki Takahashi, Kazutaka Yamaoka, Motoko Serino, Yujin E. Nakagawa, Toru Tamagawa, Yasushi Fukazawa, Takeshi Uehara, Yoshitaka Hanabata, Hiromitsu Takahashi, Satoshi Sugita, Nicolas Vasquez, Yukikatsu Terada, Makoto Tashiro, Wataru Iwakiri, Kazuki Takahara, Tetsuya Yasuda, Norisuke Ohmori, Arata Daikyujii, Yuusuke Nishioka, Makoto Yamauchi, Yuji Urata, Patrick Tsai, Kazuhiro Nakazawa, Kazuo Makishima, Soojing Hong, All-sky Observations with Suzaku Wide-band All-sky Monitor and MAXI, The First Year of MAXI: Monitoring Variable X-ray Sources, Published online at <http://maxi.riken.jp/FirstYear>, 査読無、2010、id. 53
- ⑦ Tetsuya Yasuda, Wataru Iwakiri, Yukikatsu Terada, Makoto S. Tashiro, Teruaki Enoto, Aya Bamba, Shinpei Shibata, Yujin E. Nakagawa, Kazuo Makishima, Suzaku-Wam Team, Discovery of

- MeV emission from a Magnetar, AXP 1E1547.0-5408, with Suzaku / Wide-band All-sky Monitor, The First Year of MAXI: Monitoring Variable X-ray Sources, Published online at <http://maxi.riken.jp/FirstYear>, 査読無、2010、id. 31
- ⑧ Yujin E. Nakagawa, Tatehiro Mihara, Mutsumi Sugzaki, Mitsuhiro Kohama, Takayuki Yamamoto, Motoko Suzuki, Masaru Matsuoka, Nobuyuki Kawai, Mikio Morii, Ryuichi Usui, Kohsuke Sugimori, Satoshi Nakahira, Hitoshi Negoro, Motoki Nakajima, Naoki Isobe, Maxi Team, The First MAXI/GSC View of Galactic Magnetars, The First Year of MAXI: Monitoring Variable X-ray Sources, Published online at <http://maxi.riken.jp/FirstYear>, 査読無、2010、id. 29
- ⑨ Kazuo Makishima, Makoto Sasano, Kenta Nakajima, Toshio Nakano, Hiroyuki Nishioka, Takayuki Yuasa, Shin'ya Yamada, Kazuhiro Nakazawa, Junko S. Hiraga, Teruaki Enoto, Yujin E. Nakagawa, Tatehiro Mihara, Aya Bamba, Takuya Sato, Yukikatsu Terada, Tomomi Kohzu, Tetsuya Yasuda, The First Year of MAXI: Monitoring Variable X-ray Sources, Published online at <http://maxi.riken.jp/FirstYear>, 査読無、2010、id. 28
- ⑩ Wataru Iwakiri, Masanori Ohno, Tuna Kamae, Yujin E. Nakagawa, Yukikatsu Terada, Makoto S. Tashiro, Atsumasa Yoshida, Kazutaka Yamaoka, Kazuo Makishima, Timing Analysis of Unusual GRB 090709A Observed by Suzaku Wide-band All sky Monitor, DECIPHERING THE ANCIENT UNIVERSE WITH GAMMA-RAY BURSTS, AIP Conference Proceedings, 査読無、1279 卷、2010、pp. 89-92
- ⑪ Hitoshi Negoro, Sho Miyoshi, Hiroshi Ozawa, Ryoji Ishiwata, Motoki Nakajima, Masaru Matsuoka, Kazuyoshi Kawasaki, Shiro Ueno, Hiroshi Tomida, Motoko Suzuki, Masaki Ishikawa, Tatehiro Mihara, Mitsuhiro Kohama, Mutsumi Sugizaki, Yujin Nakagawa, Hiroshi Tsunemi, Nobuyuki Kawai, Mikio Morii, Atsumasa Yoshida, Kazutaka Yamaoka, Yoshihiro Ueda, Naoki Isobe, Satoshi Eguchi, MAXI Nova Alert System and the Latest Scientific Results, X-RAY ASTRONOMY 2009, AIP Conference Proceedings, 査読無、1248 卷、2010、pp. 589-590
- ⑫ Masaru Matsuoka, Motoko Suzuki, Kazuyoshi Kawasaki, Shiro Ueno, Hiroshi Tomida, Yasuki Adachi, Masaki Ishikawa, Yasuhara Itamoto, Daiki Takahashi, Haruyoshi Katayama, Ken Ebisawa, Tatehiro Mihara, Mitsuhiro Kohama, Mutsumi Sugizaki, Yujin Nakagawa, Takayuki Yamamoto, Hiroshi Tsunemi, Masahi Kimura, Nobuyuki Kawai, Mikio Morii, Kohsuke Sugimori, Atsumasa Yoshida, Kazutaka Yamaoka, Satoshi Nakahira, Ichiro Takahashi, Hitoshi Negoro, Motoki Nakajima, Ryoji Ishiwata, Sho Miyoshi, Hiroshi Ozawa, Yoshithiro Ueda, Naoki Isobe, Satoshi Eguchi, Kazuo Hiroi, Makoto Yamauchi, Arata Yamauchi, Arata Daikyuji, The First Light from MAXI onboard JEM (Kibo)-EF on ISS, X-RAY ASTRONOMY 2009, AIP Conference Proceedings, 査読無、1248 卷、2010、pp. 531-536
- ⑬ Yujin E. Nakagawa, Atsumasa Yoshida, Kevin Hurley, Kazutaka Yamaoka, Noriaki Shibasaki, Teruaki Enoto, Takanori Sakamoto, Kazuo Makishima, HETE-2 Team, Suzaku SGR/AXP ToO Team, Uniting Burst and Quiescent Emission Mechanisms of Magnetars, Proceedings of The Energetic Cosmos: from Suzaku to ASTRO-H Published online at <http://www-utheal.phys.s.u-tokyo.ac.jp/SuzakuConference2009/ProceedingsHTML>, 2010、p. 220-221
- ⑭ Teruaki Enoto, Nanda Rea, Yujin E. Nakagawa, Kazuhiro Nakazawa, Takanori Sakamoto, Kazuo Makishima, the Suzaku Magnetar Team, Suzaku Studies of the Extremely Hard Emission Components of Magnetars, Proceedings of The Energetic Cosmos: from Suzaku to ASTRO-H Published online at <http://www-utheal.phys.s.u-tokyo.ac.jp/SuzakuConference2009/ProceedingsHTML>, 2010、p. 186-189
- ⑮ Shiro Ueno, Masaru Matsuoka, Kazuyoshi Kawasaki, Hiroshi Tomida, Mitsuhiro Kohama, Motoko Suzuki, Masaki Ishikawa, Yasuki Adachi, Tatehiro Mihara, Mutsumi Sugizaki, Yujin E. Nakagawa, Takayuki Yamamoto, Hiroshi Tsunemi, Masashi Kimura, Nobuyuki Kawai, Mikio Morii, Kousuke Sugimori, Atsumasa Yoshida, Kazutaka Yamaoka, Satoshi Nakahira, Hitoshi Negoro, Ryoji Ishiwata, Sho Miyoshi, Motoki Nakajima, Yoshihiro Ueda, Naoki Isobe, Satoshi Eguchi, Kazuo Hiroi, Haruyoshi Katayama, Ken Ebisawa, the MAXI team, The MAXI Experiment - Monitor

- of All-sky X-ray Image installed on the International Space Station - , Proceedings of The Energetic Cosmos: from Suzaku to ASTRO-H Published online at <http://www-utheal.phys.s.u-tokyo.ac.jp/SuzakuConference2009/ProceedingsHTML>, 2010, p. 400-403
- ⑩ Masaru Matsuoka, Tatehiro Mihara, Shu Miyoshi, Mutsumi Sugizaki, Motoko Suzuki, Yujin E. Nakagawa, Takayuki Yamamoto, Tetsuya Sootome, Kazuyoshi Kawasaki, Shiro Ueno, Hiroshi Tomida, Mitsuhiro Kohama, Masaki Ishikawa, Yasuki Adachi, Yasuhara Itamoto, Yoko Kobayashi, Haruyoshi Katayama, Nobuyuki Kawai, Mikio Morii, Kousuke Sugimori, Hiroshi Tsunemi, Masashi Kimura, Atsumasa Yoshida, Kazutaka Yamaoka, Satoshi Nakahira, Hitoshi Negoro, Hiroshi Ozawa, Fumitoshi Suwa, Motoki Nakajima, Yoshihiro Ueda, Naoki Isobe, Satoshi Eguchi, Kazuo Hiroi, Ken Ebisawa, Arata Daikyujii, Makoto Yamauchi, Akiko Uzawa, Takanori Matsumura, Kyohei Yamazaki, Yohko Tsuboi, Early results of MAXI (Monitor of All-sky X-ray Image) on ISS, Space Telescopes and Instrumentation 2010: Ultraviolet to Gamma Ray. Proceedings of the SPIE, 査読有、7732 巻、2010, pp. 77320Y-77320Y-9
- ⑪ Kaori Onda, Makoto S. Tashiro, Yujin E. Nakagawa, Kazutaka Yamaoka, Yukikatsu Terada, Masanori Ohno, Satoshi Sugita, Takanori Sakamoto, Kenji Toma, Poshak Gandhi, Natsuki Kodaka, Wataru Iwakiri, Yuji Urata, Makoto Yamauchi, Yasushi Fukazawa, Prompt MeV Emission from GRB 070125 Observed by Suzaku/WAM, Publication of the Astronomical Society of Japan, 査読有、62 巻、2010, pp. 547-556
- ⑫ Teruaki Enoto, Nanda Rea, Yujin E. Nakagawa, Kazuo Makishima, Takanori Sakamoto, Paolo Esposito, Diego Gotz, Kevin Hurley, Gean Luca Israel, Motohide Kokubun, Sandro Mereghetti, Hiroshi Murakami, Kazuhiro Nakazawa, Luigi Stella, Andrea Tiengo, Roberto Turolla, Shin'ya Yamada, Kazutaka Yamaoka, Atsumasa Yoshida, Silvia Zane, Wide-band Suzaku Analysis of the Persistent Emission from SGR 0501+4516 During the 2008 Outburst, The Astrophysical Journal, 査読有、715 巻、2010, pp. 665-670
- ⑬ Makoto Arimoto, Nobuyuki Kawai, Katsuaki Asano, Kevin Hurley, Motoko Suzuki, Yujin E. Nakagawa, Takashi Shimokawabe, Nicolas Vasquez Pazmino, Rie Sato, Masaru Matsuoka, Atsumasa Yoshida, Toru Tamagawa, Yuji Shirasaki, Satoshi Sugita, Ichiro Takahashi, Jean-Luc Atteia, Alexandre Pelangeon, Roland Vanderspek, Carlo Graziani, Gregory Prigozhin, Joel Villasenor, J. Garrett Jernigan, Geoffrey B. Crew, Takanori Sakamoto, George R. Ricker, Stanford E. Woosley, Nat Butler, Alan Levin, John P. Doty, Timothy Q. Donaghy, Donald Q. Lamb, Edward Fenimore, Mark Galasshi, Michel Boer, Jean-Pascal Dezalay, Jean-Francois Olive, Joao Braga, Ravi Manchanda, Graziella Pizzichini, Spectral-Lag Relations in GRB Pulses Detected with HETE-2, Publication of the Astronomical Society of Japan, 査読有、62 巻、2010, pp. 487-499
- ⑭ Teruaki Enoto, Kazuhiro Nakazawa, Kazuo Makishima, Yujin E. Nakagawa, Takanori Sakamoto, Masanori Ohno, Tadayuki Takahashi, Yukikatsu Terada, Kazutaka Yamaoka, Toshio Murakami, Hiromitsu Takahashi, Suzaku Discovery of a Hard X-Ray Tail in the Persistent Spectra from the Magnetar 1E 1547.0-5408 during its 2009 Activity, Publication of the Astronomical Society of Japan, 査読有、62 巻、2010, pp. 475-485
- 21 Kevin Hurley, Antonia Rowlinson, Eric Bellm, Daniel Perley, Igor Mitrofanov, Dmitry Golovin, S. Alexander Kozyrev, Maxim Litvak, Anton Sanin, William Boynton, Charles Fellows, Karl Harshman, Masanori Ohno, Kazutaka Yamaoka, Yujin E. Nakagawa, David Smith, Thomas Cline, Nial R. Tanvir, Paul T. O'Brien, Klaas Wiersema, Evert Rol, Andrew Levan, James Rhoads, Andrew Fruchter, David Bersier, John J. Kavelarrs, Niel Gehrels, Hans Krimm, David M. Palmer, Robert C. Duncan, Claudia Wigger, Wojtek Hajdas, Jean-Luc Atteia, George Ricker, Roland Vanderspe, Arne Rau, Andreas von Kienlin, A new analysis of the short-duration, hard-spectrum GRB 051103, a possible extragalactic soft gamma repeater giant flare, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 査読有、403 巻、2010, pp. 342-352
- 22 Masaru Matsuoka, Kazuyoshi Kawasaki, Shiro Ueno, Hiroshi Tomida, Mitsuhiro Kohama, Motoko Suzuki, Yasuki Adachi, Masaki Ishikawa, Tatehiro Mihara, Mutsumi Sugizaki, Naoki Isobe, Yujin E.

Nakagawa, Hiroshi Tsunemi, Emi Miyata, Nobuyuki Kawai, Jun Kataoka, Miki Morii, Atsumasa Yoshida, Hitoshi Negoro, Motoki Nakajima, Yoshihiro Ueda, Hirotaka Chujo, Kazutaka Yamaoka, Osamu Yamazaki, Satoshi Nakahira, Tetsuya You, Ryoji Ishiwata, Sho Miyoshi, Satoshi Eguchi, Kazuo Hiroi, Haruyoshi Katayama, Ken Ebisawa, The MAXI Mission on the ISS: Science and Instruments for Monitoring All-Sky X-Ray Images, Publication of the Astronomical Society of Japan, 査読有、61巻、2009、pp.999-1010

- 23 Satoshi Sugita、Kazutaka Yamaoka、Masanori Ohno、Makoto S. Tashiro、Yujin E. Nakagawa、Yuji Urata、Valentin Pal' Shin、Sergei Golenetskii、Takanori Sakamoto、Jay Cummings、Hans Krimm、Michael Stamatikos、Ann Parsons、Scott Barthelmy、Neil Gehrels、Suzaku-WAM、Konus-Wind and Swift-BAT Observations of The Prompt Emission of The Highest Redshift GRB、Publication of the Astronomical Society of Japan、査読有、61巻、2009、pp.521-527

[学会発表] (計 19 件)

- ① 中川友進、「すざく」衛星・HETE-2 衛星によるマグネターのバースト/定常放射の X 線スペクトルの研究、日本天文学会 2012 年春季年会、2012 年 3 月 21 日、京都
- ② Yujin E. Nakagawa、Wide-Band Spectra of Magnetar Burst Emission, Positrons in Astrophysics, 2012 年 3 月 20 日、Murren, Switzerland
- ③ Yujin E. Nakagawa、Wide-Band Spectra of Magnetar Burst Emission, IAU Symposium 279, 2012 年 3 月 12 日、栃木
- ④ 中川友進、マグネターのバースト/定常放射のスペクトルの研究、日本天文学会 2011 年秋季年会、2011 年 9 月 20 日、鹿児島
- ⑤ 中川友進、マグネターの X 線・ γ 線による観測的研究、コンパクト天体で探る極限物理、2011 年 3 月 18 日、京都
- ⑥ 中川友進、全天 X 線監視装置 MAXI によるマグネターの観測、日本天文学会 2011 年春季年会、2011 年 3 月 17 日、茨城
- ⑦ 中川友進、マグネターの X 線・ γ 線による観測的研究、2011 年 3 月 1 日、東京
- ⑧ Yujin E. Nakagawa、Wide-Band Spectra of Magnetar Emission、8th INTEGRAL Workshop "The Restless Gamma-Ray Universe", 2010 年 9 月 29 日、Dublin, Ireland
- ⑨ 中川友進、マグネターのバースト/X 線定常放射の広帯域スペクトルの研究、日本天

文学会 2010 年秋季年会、2010 年 9 月 24 日、石川

- ⑩ Yujin E. Nakagawa、The First Results of Monitoring Galactic Magnetar Activities with MAXI/GSC, COSPAR 2010、2010 年 7 月 24 日、Bremen, Germany
- ⑪ Yujin E. Nakagawa、Suzaku Observations of Long-Duration GRB 090709A X-ray Afterglow, The GRB Conference in Kyoto 2010、2010 年 4 月 19 日、Kyoto, Japan
- ⑫ Yujin E. Nakagawa、Suzaku Detection of Hard X-ray Emission in SGR 0501+4516 Short Burst Spectrum, ICREA Workshop on The High-Energy Emission from Pulsars and their Systems, 2010 年 4 月 14 日、Barcelona, Spain
- ⑬ 中川友進、「すざく」衛星による SGR 0501+4516 のバーストに付随する硬 X 線放射の検出、日本天文学会 2010 年春季年会、2010 年 3 月 26 日、広島
- ⑭ 中川友進、全天 X 線監視装置 MAXI によるマグネターの初期観測、日本物理学会 2010 年第 65 回年次大会、2010 年 3 月 21 日、岡山
- ⑮ 中川友進、すざく衛星によるマグネター研究の最新成果(2)、第 10 回宇宙科学シンポジウム、2010 年 1 月 7 日、神奈川
- ⑯ 中川友進、Suzaku による準周期的プロンプト放射を示した GRB090709A の X 線残光観測、ガンマ線バーストで読み解く太古の宇宙・第三回領域シンポジウム、2009 年 9 月 24 日、岐阜
- ⑰ 中川友進、「すざく」衛星による超強磁場中性子星 SGR 0501+4516 の小バーストの観測、日本物理学会 2009 年秋季大会、2009 年 9 月 10 日、兵庫
- ⑱ Yujin E. Nakagawa、Uniting Burst and Quiescent Emission Mechanisms of Magnetars, The Energetic Cosmos: from Suzaku to ASTRO-H, 2009 年 6 月 29 日、北海道
- ⑲ Yujin E. Nakagawa、Suzaku Observations of Short Bursts from SGR0501+4516, The Shocking Universe - Gamma Ray Bursts and High Energy Shock phenomena in the Universe, 2009 年 9 月 18 日、Venice, Italy

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中川 友進 (NAKAGAWA YUJIN)
早稲田大学・理工学術院・助教
研究者番号：50513454