

平成 28 年 6 月 15 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25800151

研究課題名(和文) 高感度広帯域ガンマ線観測によるガンマ線バーストにおけるジェット構造の解明

研究課題名(英文) Understanding of Jet Structure of Gamma-ray Bursts with Broad-band and High-sensitive Gamma-ray Observation

研究代表者

大野 雅功(OHNO, MASANORI)

広島大学・理学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：50509875

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、宇宙物理学最大の問題の一つとして考えられている宇宙ジェットの構造について解明するため、宇宙最大級のジェットを持つと考えられているガンマ線バーストに対してガンマ線観測衛星フェルミを用いた高感度観測を実施した。多くのガンマ線バーストからのガンマ線放射を捉え、ジェットの放射機構が従来の描像では説明できないことや、ジェットの運動速度について明らかとした。また、将来計画として進めたASTRO-H衛星搭載ガンマ線バースト検出器開発を予定通り実施でき、衛星軌道上で問題なく動作させることに成功した。

研究成果の概要(英文)：We performed gamma-ray observations with Fermi gamma-ray telescope to gamma-ray bursts which is thought to have ultra-relativistic jet. High-energy gamma-rays observed by Fermi revealed that gamma-ray emission mechanism of gamma-ray bursts cannot be explained by standard scenario and we discussed motion of jet. In addition, we developed future instruments for observing gamma-ray bursts onboard Japanese next X-ray observatory ASTRO-H. We successfully fabricated flight model of sensors and performed on-ground calibrations as scheduled. Finally, we confirmed that instruments of ASTRO-H worked properly after launch.

研究分野：X線ガンマ線天文学

キーワード：ガンマ線バースト フェルミ衛星 ASTRO-H

1. 研究開始当初の背景

宇宙における様々な現場で観測される宇宙ジェットは高エネルギー宇宙線の加速現場候補など、重要な役割を持っていると考えられているにもかかわらず、その構成要素、放出機構などの物理的描像が未だよく分かっておらず、宇宙物理学最大の問題の一つとなっている。その中でも極限ともいえるものが宇宙最大の爆発現象であるガンマ線バースト (GRB) で、ローレンツ因子にして >100 もの凄まじいエネルギーを持つと考えられているが、本当にそのようなジェットが存在するのか決定的な観測的証拠が得られないでいた。そのような中、2008年に打ち上げられたガンマ線観測衛星フェルミにより GRB からの高エネルギーガンマ線が続々と観測され始め、ジェットの運動速度などの物理状況が観測的に明らかとなりつつあった。ただし観測例はまだ限られている上、フェルミ衛星の観測精度がまだ十分でない領域まで活用しないとジェットの情報が十分に得られない可能性が指摘されていた。従って、継続した観測に加えて、フェルミ衛星の効率の良いデータ解析手法の開発を行うことにより、より多くの GRB からジェットの情報を引き出し、その物理状況を明らかにすることが必要と考えた。

2. 研究の目的

本研究では、GRB に付随した超相対論的ジェットの運動速度などといった物理状態の解明を目的とする。フェルミ衛星を用いたガンマ線観測により、高エネルギーガンマ線をかつかない精度で検出、解析し、シンクロトロン放射からの超過成分やガンマ線吸収端をこれまでにないサンプルから決定し、GRB のガンマ線放射機構やジェットの運動速度分布などを明らかにする。加えて、シンクロトロン放射成分をより精度よく決定するための将来計画として Astro-H 衛星搭載ガンマ線バースト検出器の開発を行う。

3. 研究の方法

フェルミ衛星 LAT 検出器により、GRB からの GeV 領域の高エネルギーガンマ線により、従来考えられてきたシンクロトロン放射とは異なるスペクトル成分や、ジェットの運動速度に対応したガンマ線の対消滅反応に起因した吸収端が観測され、ジェットの放射機構や運動速度の情報が引き出されてきた。いくつかの観測結果から特にガンマ線吸収端がフェルミ衛星の観測精度がまだ十分でない比較的低エネルギー側にまで分布している可能性が浮上した。そこで本研究ではフェルミ衛星の低エネルギー領域における精度の良いデータ解析手法を確立し、より多くの GRB からガンマ線吸収端やシンクロトロン成分とは異なる成分の探査を行い、GRB ジェットの描像の理解につなげる。ガンマ線観測結果から物理情報を引き出すには GRB までの距離を決定することが重要である。そこでフェルミ衛星のデータを即時に解析し、全世界の

コミュニティに通知することで距離測定の追観測を行う監視体制に参加する。

シンクロトロン放射とは異なるスペクトル成分を検出するにはシンクロトロン放射成分を精度よく抑えておく必要がある。フェルミ衛星自身もガンマ線バーストモニタ (GBM) によりシンクロトロン放射成分の観測を行っているが、より精度よくシンクロトロン放射成分を観測するために将来計画として Astro-H 衛星搭載の GRB 検出器の開発を並行しておこなう。Astro-H 衛星ガンマ線バースト検出器の集光面積は GBM の 10 倍以上になり、非常に有効な GRB 検出器として働く。本研究では、衛星搭載機器の地上較正試験や打ち上げ前の最終試験、さらに応答関数の構築などを主導する。

4. 研究成果

Fermi 衛星による GRB 観測及び監視体制への参加を予定通り実施した。研究期間中に新たに高エネルギーガンマ線を検出した GRB は 50 例に及び、いくつかのイベントでは研究代表者が迅速にデータ解析を行い、距離の決定に成功した。また、近傍で起きた明るいガンマ線バースト GRB130427A ではその良質なデータからシンクロトロン放射とは異なる放射メカニズムを示唆する結果を導き、ジェットの物理状況に迫る重要な結果として報告した。このような個別のイベントに対する成果に加えて、これまで検出した GRB の系統的な解析も行い、フェルミ衛星で検出した高エネルギーガンマ線は従来の描像では説明しきれないことが一般的な性質であることを明らかにとした。このような系統的解析を低エネルギー側まで拡張しており、結果を論文として発表する予定である。

Astro-H 衛星 GRB 検出器の開発については、地上較正試験や打ち上げ前の最終試験など予定通り実施することができ、打ち上げに成功した。開発状況について逐次研究会や論文で発表を行った。衛星軌道上での動作状況も想定通りであり、今後の装置設計に関して極めて重要な結果を得ることができた。

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 33 件)

1. “Development and verification of signal processing system of avalanche photo diode for active shields onboard ASTRO-H”, M. Ohno, T. Kawano, I. Edahiro, H. Shirakawa, N. Ohashi, et al. (他35名), 2016, NIMA, in press (doi:10.1016/nima.2016.04.063) 査読あり

2. "Suzaku Wide-band All-sky Monitor measurements of duration distributions of gamma-ray bursts", Ohmori Norisuke, Yamaoka Kazutaka, Ohno Masanori et al. (他25名 研究代表者は3人目), 2016, PASJ, Advanced Access. 11pp 査読あり
3. "Fermi-LAT Observation of High Energy Gamma-ray Emission toward the Galactic Center, Ajello, M., Ohno, M. et al. (他 121 名、研究代表者は 87 番目), 2016, ApJ, 819,44 査読あり
4. "Fe-K Line Time variability and Ni abundance of Distant Reflector in Seyfert Galaxies", Fukazawa Yasushi, Furui, Shun'ya, Hayashi Kazuma, Ohno Masanori, Hiragi Kazuyoshi, Noda Hirofumi, 2016, ApJ, in press 査読あり
5. "X-ray Spectral Model of Reprocess by Smooth and Clumpy Molecular Tori in Active Galactic Nuclei with the Framework MONACO", Furui Shun'ya, Fukazawa Yasushi, Odaka Hirokazu, Kawaguchi Toshihiro, Ohno Masanori, Hayashi Kazuma, 2016, ApJ, 818, 164 査読あり
6. "The first demonstration of the concept of "narrow-FOV Si/CdTe semiconductor Compton camera", Ichinohe Yuto, Uchida Yuusuke, Watanabe Shin, Edahiro Ikumi, Hayashi Katsuhiko, Kawano Takafumi, Ohno Masanori, Ohta Masayuki, Takeda Shin'ichiro, Fukazawa Yasushi, Katsuragawa Miho, Nakazawa Kazuhiro, Odaka Hirokazu, Tajima Hiroyasu, Takahashi Hiromitsu, Takahashi Tadayuki, Yuasa Takayuki, 2016, NIMPA, 806, 5 査読あり
7. "Multiwavelength Evidence for Quasi-periodic Modulation in the Gamma-Ray Blazar PG 1553+113", Ackermann, M., Ohno, M., et al. (他139名、研究代表者は92番目), 2015, ApJ, 813L, 41 査読あり
8. "Sub-MeV band observation of a hard burst from AXP 1E 1547.0-5408 with the Suzaku Wide-band All-sky Monitor", Yasuda, T., Iwakiri, W., Tashiro, M. S., Terada, Y., Kouzu, T., Enoto, T., Nakagawa, Y. E., Bamba, A., Urata, Y., Yamaoka, K., Ohno, M., Shibata, S., Makishima, K. 2015, PASJ, 67, 41 査読あり
9. "Gamma-Ray Flaring Activity from the Gravitationally Lensed Blazar PKS 1830-211 Observed by Fermi LAT", Abdo, A. A., Ohno, M. (他 126 名、研究代表者は 86 番目), 2015, ApJ, 799, 143 査読あり
10. "Development and verification of signal processing system of BGO active shield onboard Astro-H", Ohno, Masanori (他34名), 2014, Proceedings, of the SPIE, 9144, 91445G 査読なし
11. "ASTRO-H White Paper - Chemical Evolution in High-z Universe", Tashiro, M. S., Yonetoku, D., Ohno, M., Sameshima, H., Seta, H., Ueno, H., Nakagawa, T., Tamura, T., Paerels, F., Kawai, N., on behalf of the ASTRO-H Science Working Group, 2014, arXiv1412.1179 査読あり
12. "MAXI observations of gamma-ray bursts", Serino, Motoko, Ohno, Masanori (他 41 名、研究代表者は 5 番目), 2014, PASJ, 66, 87 査読あり
13. "Optical follow-up observations of PTF10qts, a luminous broad-lined

- Type Ic supernova found by the Palomar Transient Factory”, Walker, E. S., Ohno, M. (他 23 名、研究代表者は 22 番目), 2014, MNRAS, 442, 2768 査読あり
14. “Thermal design of the hard x-ray imager and the soft gamma-ray detector onboard ASTRO-H”, Noda, Hirofumi, Ohno, Masanori (他 15 名、研究代表者は 12 番目), 2014, Proceedings of the SPIE, 9144, 91445E 査読あり
 15. “Soft gamma-ray detector (SGD) onboard the ASTRO-H mission”, Fukazawa, Yasushi, Ohno, Masanori (他 34 名、研究代表者は 21 番目), 2014, Proceedings of the SPIE, 9144, 91442C 査読あり
 16. “The Hard X-ray Imager (HXI) for the ASTRO-H Mission”, Sato, Goro, Ohno, Masanori, (他 32 名、研究代表者は 20 番目), 2014, Proceedings of the SPIE, 9144, 914427 査読あり
 17. “The ASTRO-H X-ray astronomy satellite”, Takahashi, Tadayuki, Ohno, Masanori (他 246 名、研究代表者は 154 番目), 2014, Proceedings of the SPIE, 9144, 914425 査読あり
 18. “Impulsive and Long Duration High-energy Gamma-Ray Emission from the Very Bright 2012 March 7 Solar Flares”, Ajello, M., Ohno, M. (他 134 名、研究代表者は 94 番目), 2014, ApJ, 789, 20 査読あり
 19. “High-energy Gamma-Ray Emission from Solar Flares: Summary of Fermi Large Area Telescope Detections and Analysis of Two M-class Flares”, Ackermann, M., Ohno, M. (他 145 名、研究代表者は 100 番目), 2014, ApJ, 787, 15 査読あり
 20. “High-energy Gamma-Ray Emission from Solar Flares: Summary of Fermi Large Area Telescope Detections and Analysis of Two M-class Flares”, Ackermann, M., Ohno, M. (他 145 名: 研究代表者は 100 番目), The Astrophysical Journal, Volume 787, Issue 1, article id. 15, 13 pp. (2014) 査読あり
 21. “The First Pulse of the Extremely Bright GRB 130427A: A Test Lab for Synchrotron Shock”, Preece, R. Ohno, M. (他 157 名: 研究代表者は 113 番目), Science, Volume 343, Issue 6166, pp. 51-54 (2014) 査読あり
 22. “Fermi LAT Observations of the Gamma-Ray Bursts GRB 130427A”, Ackermann, M., Ohno, M. (他 180 名: 研究代表者は 109 番目), Science, Volume 343, Issue 6166, pp. 42-47 (2014) 査読あり
 23. “Extremely Microwave-Rich Solar Flare Observed with Nobeyama Radioheliograph”, Masuda, Satoshi Shimoo, Masumi Kawate, Tomoko Ishikawa, Shin-nosuke Ohno, Masanori, Publications of the Astronomical Society of Japan, Vol 65, No. SP1, p.1-6, (2013) 査読あり
 24. “The First Fermi-LAT Gamma-Ray Burst Catalog”, Ackermann, M. Ohno, M. (他 178 名: 研究代表者は 119 番目), The Astrophysical Journal Supplement, Vol. 209, Issue 1, article ID 11, p.1-90, (2013) 査読あり
 25. “Fermi Large Area Telescope Detection of Two Very-high-energy ($E > 100$ GeV) γ -Ray Photons from the $z = 1.1$ Blazar PKS 0426-380”, Tanaka, Y. T. Cheung, C.C. Inoue, Y. Stawarz, L. Ajello, M. Dermer, C. D. Wood, D. L. Chekhtman,

- A. Fukazawa, Y. Mizuno, T. Ohno, M., Paneque, D. Thompson, D. J., 2013, The Astrophysical Journal Letters, Vol. 777, Issue 1, article id. L18, pp. 6 (2013). 査読あり
26. “Emission Height and Temperature Distribution of White-light Emission Observed by Hinode/SOT from the 2012 January 27 X-class Solar Flare”, Watanabe, Kyoko Shimizu, Toshifumi Masuda, Satoshi Ichimoto, Kiyoshi Ohno, Masanori, The Astrophysical Journal, Volume 776, Issue 2, article id. 123, 9 pp. (2013) 査読あり
27. “The Interplanetary Network Supplement to the Fermi GBM Catalog of Cosmic Gamma-Ray Bursts”, Hurley, K. Ohno, M. (他 38 名:研究代表者は 26 番目), The Astrophysical Journal Supplement, Volume 207, Issue 2, article id. 39, 8 pp. (2013) 査読あり
28. “Interplanetary Network Localizations of Konus Short Gamma-Ray Bursts”, Pal’shin, V. D. Ohno, M. (他 72 名:研究代表者は 35 番目), The Astrophysical Journal Supplement, Volume 207, Issue 2, article id. 38, 14 pp. (2013) 査読あり
29. “The Interplanetary Network”, Hurley, K. Ohno, M. (他 40 名:研究代表者は 23 番目), EAS Publications Series, Volume 61, 2013, pp. 459-464 査読あり

〔学会発表〕(計 14 件)

1. “Development and Verification of Signal Processing System of Avalanche Photo Diode for the Active Shields onboard ASTRO-H”, Masanori Ohno, 10th International “Hiroshima” Symposium on the Development and Application of Semiconductor Tracking Detectors, Sep. 25-29 2015, Xian, China
2. “ASTRO-H 衛星搭載硬 X 線軟ガンマ線検出器における BGO アクティブシールドの応

- 答関数の構築”, 大野 雅功, 天文学会秋季年会, 2015 年 9 月 9-11 日, 甲南大学
3. “Fermi view of Gamma-ray bursts”, Masanori Ohno, GRB workshop (招待講演), Aug.31-Sep.02 2015, RIKEN, Wako
4. “Development and Verification of the Response Function for the BGO Active Shields onboard ASTRO-H”, Masanori Ohno, 11th Geant4 workshop, Aug.26-28 2015, Hiroshima Institute of Technology
5. “ASTRO-H 衛星搭載硬 X 線軟ガンマ線検出器における BGO アクティブシールドの地上較正試験”, 大野 雅功, 物理学会春季年会, 2015 年 3 月 21-24 日, 早稲田大学
6. “Future ASTRO-H observations of chemical evolution in high-z universe”, Masanori Ohno, Jan.4-8, 2015, American Astronomical Society 225th meeting, Seattle, USA
7. “Observation of Gamma-ray Bursts with ASTRO-H and Fermi”, Masanori Ohno, Fifth International Fermi Symposium, Oct. 20-24 2014, Nagoya, Japan
8. “Development and Verification of Signal Processing System of BGO Active Shields onboard ASTRO-H”, Masanori Ohno, SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation Jul. 22-26, 2014, Montreal Canada
9. “Hard X-ray and Soft Gamma-ray Observations of Solar Flares with Suzaku Wide-band All-sky Monitor”, Masanori Ohno, 13th RHESSI workshop, Apr. 1-4 2014, FHNW Windisch, Switzerland
10. “ASTRO-H 衛星搭載硬 X 線軟ガンマ線検出器における BGO アクティブシールドの開発状況”, 大野 雅功, 日本物理学会 春季年次大会, 2014 年 3 月 27-30 日, 東海大学湘南キャンパス
11. “ASTRO-H 衛星搭載軟ガンマ線検出器 (SGD)開発の現場”, 大野 雅功, 日本天文学会春季年会, 2014 年 3 月 19-22 日, 国際基督教大学
12. “すざく衛星搭載広帯域全周モニタによる太陽フレア観測”, 大野 雅功, 日本天文学会秋季年会, 2013 年 9 月 10-12 日, 東北大学
13. “フェルミ衛星で見たガンマ線バーストからの高エネルギー放射”, 大野 雅功, 高エネルギーガンマ線で見える極限宇宙 2013(招待講演), 2013 年 9 月 3-4 日, 東京大学柏キャンパス宇宙線研究所
14. “Future Astro-H Observations of Gamma-ray Bursts”, Masanori Ohno, Huntsville Gamma Ray Burst Symposium GRB 2013, Apr. 14-18 2013, Nashville, Tennessee, USA

〔図書〕(計 2 件)

1. “「別冊ニュートン」アインシュタイン相対論の 100 年”, 井手 亮, 大野 雅功, 株式会

社ニュートンプレス 2015 年発行 (16・48p)
2. “サイエンス誌に載った日本人研究者”, 大野 雅功, 株式会社アスカコーポレーション
2015 年発行 (13p)

6 . 研究組織

(1)研究代表者

大野 雅功 (OHNO MASANORI)
広島大学・大学院理学研究科・助教
研究者番号 : 50509875