

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2012～2016

課題番号：24244014

研究課題名(和文) GeVガンマ線観測および多波長偏光観測による活動銀河核ジェットの構造の解明

研究課題名(英文) Exploring GeV gamma-ray and multi-wavelength polarization observations of jet from active galactic nuclei

研究代表者

深沢 泰司 (Fukazawa, Yasushi)

広島大学・理学研究科・教授

研究者番号：60272457

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、初めての本格的な宇宙ガンマ線偏光観測の実現に向けて、特にASTRO-H衛星搭載SGD検出器の開発および観測実施を推進するとともに、偏光を示すようなジェット天体をGeVガンマ線観測衛星フェルミや広島大学かなた望遠鏡を中心に観測を進め、最終的にはジェット天体の多波長偏光観測を目指すものである。しかし、X線偏光衛星がキャンセルされ、またASTRO-Hひとみ衛星も打ち上げ直後に喪失してしまい、多波長偏光観測は実現できなかったが、ジェット天体に関する観測は進めてジェット放射に関する知見を得たとともに、SGDの軟ガンマ線偏光観測性能をかに星雲の観測によって実証することができた。

研究成果の概要(英文)：In this project, in order to realize a genuine X-ray and gamma-ray polarization observation, we planned to develop a SGD detector onboard ASTRO-H satellite and conduct observations. In addition, we planned to proceed gamma-ray observations by Fermi satellite and optical polarization observations with Kanata telescope in Hiroshima university to study celestial objects with jet which show a polarization. Unfortunately, X-ray polarization mission was cancelled, and ASTRO-H/Hitomi satellite was lost just after the launch, and thus we could not realize a multi-wavelength polarization observation. However, we could obtain many results from gamma-ray and optical polarization observations of jet objects. Also, we could show a SGD capability of gamma-ray polarization measurements by observing a Crab nebula.

研究分野：高エネルギー宇宙物理学

キーワード：宇宙物理 X線天文学 ガンマ線天文学 偏光 宇宙ジェット

1. 研究開始当初の背景

銀河の中心に存在する巨大質量ブラックホールは、周辺から物質降着が激しく起こっている場合に活動銀河核(AGN)として観測される。そうした AGN の中には銀河スケールを超える巨大な相対論的プラズマビームであるジェットを放出しているものが存在する。ジェットの放出機構は理解されておらず、現代宇宙物理の大問題の1つとなっている。その理解のためには、ジェット内部の粒子・磁場のエネルギー情報が不可欠であるが、いまだに情報が不足している。

このような状況は、2008年のフェルミ衛星打ち上げによって劇的に変化しつつある。フェルミ衛星は、我々がハードウェアの開発に大きく貢献した GeV ガンマ線観測衛星であり、全天高感度 GeV ガンマ線モニターを実現した。これにより、100を超えるブレーザーの GeV ガンマ線のライトカーブをほぼ毎日連続に取得できるようになった。これに合わせて、世界中で電波、可視、X線によるブレーザーの多波長連携モニター観測が盛んに行なわれるようになり、我々も世界的に観測数の少ない可視偏光観測に着目して、偏光度 5-40%にもなるブレーザーのシンクロトロン放射を広島大学かなた望遠鏡によって偏光モニター観測し、約 40 個の天体の可視偏光の短期長期変動を測定した。その一環として、3C279 において GeV ガンマ線フレアに同期して偏光面が回転する現象を捉えることに成功し、その原因としてジェットが曲がっていることを示唆し、Nature 論文として発表した。同時に別のチームによるブレーザー偏光観測の Nature 論文が出た。このようにブレーザーの偏光観測によってジェットの磁場構造の情報が得られ、続けて 2 つの Nature 論文が出ていることから、ブレーザーの偏光観測の重要性がわかる。

一方、X線軟ガンマ線偏光観測に至っては、観測感度の不足から、かに星雲と CygX-1、および、ガンマ線バーストのみであり、ブレーザーの偏光観測は皆無である。このような状況に対して、2-10 keV 帯域の偏光観測を主目的とする GEMS 衛星と、日本の次期 X線衛星 ASTRO-H 搭載の軟ガンマ線検出器(SGD)による 80-300keV 帯域での偏光観測が 2014 年に観測開始が予定されている。申請者は SGD 開発の副責任者となっている。この 2 つの衛星により、数個の明るいブレーザーがフレアアップした時には X線軟ガンマ線帯域で数 10mCrab にも達するため十分観測可能となる。よって、ここ数年で電波から軟ガンマ線領域でのブレーザー偏光観測が始まろうとしており、ブレーザー観測のさらなる革新が起きようとしている。

2. 研究の目的

本研究では、この期を逃さずに、電波から軟

ガンマ線帯域での初のブレーザー同時偏光観測を実現し、ブレーザーのジェットの構造の解明に迫ることを目的とする。本研究では、ブレーザーの多波長"偏光"同時観測を実現して、ジェットの磁場構造、放射領域の特定、粒子と磁場のエネルギーの情報を引き出し、ジェットの構造を明らかとする。

(1) 電波から軟 X線までの偏光の様子を比較して、それぞれの波長域の放射領域のサイズ、位置、磁場構造の情報を得る。

(2) X線から軟ガンマ線領域で偏光を観測することによって放射機構を区別することを狙い、ジェット中の粒子および磁場のエネルギーに強い制限を与える。

(3) ジェット放出機構の理解のためには、特に最低エネルギー電子の情報を得ることが重要であり、MeV 領域の観測が不可欠である。過去に例のないブレーザーの MeV ガンマ線偏光観測を実現するため、反跳電子追跡型コンプトンカメラの要素技術の開発を行ない、近い将来における観測の実現性を高める。

3. 研究の方法

フェルミ衛星でブレーザーを連続的に途切れなくモニターし、フレアをくまなく捉える。最初の 2 年間は、可視光と電波 VLBI において、できるだけ常時からモニターし続けて静穏期の偏光状態を測定すると共に、フレア時には観測頻度を増やす。軟ガンマ線検出器 SGD の打ち上げ前の環境試験およびキャリブレーションを進める。2014 年度以降は、1 年に数度起こる明るいブレーザーのフレアについて、電波可視光に加えて、X線偏光観測衛星 GEMS と SGD の観測を連携させて実行し、電波から軟ガンマ線までの多波長偏光観測を実現する。全期間にわたって、将来の MeV ガンマ線偏光観測のために反跳電子追跡型コンプトンカメラの要素技術の開発を行なう。具体的には、SGD のシリコン検出器を両面シリコンストリップセンサーに置き換えたカメラの基礎開発を行なう。

4. 研究成果

4. 1. ブレーザー・電波銀河の観測的研究

フェルミ衛星は順調に観測を続け、結果として期間内に 9 年間にもわたる連続ガンマ線モニターの結果が得られた。その結果、多数のフレアが検出された。検出されたブレーザーは、打ち上げの後 4 年間のデータを用いたカタログとして、他波長の情報も追記して公開し(論文 6)、ブレーザーの研究として重要なデータベースとして使われることになった。さらに本研究期間終了時には 8 年間のデータに基づいたカタログ作成にも着手した。その中には、ガンマ線天体として新種となる電波銀河も 20 個を超えて含まれていた。電波銀河は、放射をジェットの方向に対

して斜めからみている。そのため、ブレーザーのようにビーミング効果でジェット中心が強調されて観測されるのに対して、電波銀河ではジェットの端からも情報も観測される。よって、ジェットの構造を探るには重要である。このため、電波銀河について可視光からX線でフォローアップ観測を行い、いくつかの天体で興味深い多波長スペクトルが得られた(論文7)。その中でもガンマ線で最も明るい電波銀河 NGC1275 について、フェルミ衛星、すざくX線衛星、Swift衛星(X線、紫外線)、かなた望遠鏡などを用いて、長期的短期的な相関を調べるプロジェクトを推進した。最初は、ガンマ線と他波長で相関が見られなかったが(論文12)、2014年以降にガンマ線が大きく増光すると、X線と紫外線で相関が見られるようになった。また、ガンマ線フレア時にもX線増光が観測され、新たにショック加速で高エネルギー電子が作られている兆候を捉えた(論文1、図1)。また、いくつかのブレーザーで異なるジェットの領域からの放射が示唆された(論文13)。以上、フェルミ衛星によりブレーザー天体および電波銀河の観測は進めることはできたが、他波長との同時偏光観測は以下に述べるように実現できなかった。しかし、上記の結果は、今後の多波長偏光観測を行なうための重要な戦略的情報となった。

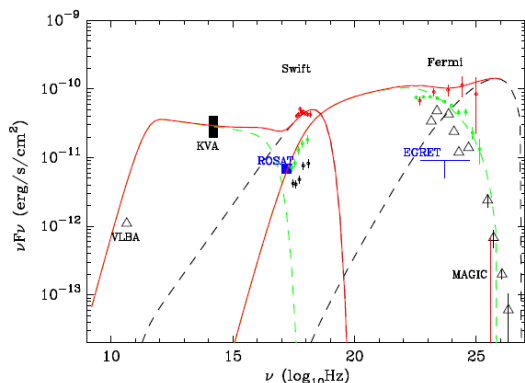


図1. NGC1275 の多波長スペクトル。フレア時に加速された別成分が必要となることがわかった(論文5)。

偏光観測については、広島大学かなた望遠鏡による観測を推進した。そして、45個のブレーザーについてフェルミ衛星のガンマ線との相関を系統的に調べ、ガンマ線光度が大きいほど、また、可視光 flux に対するガンマ線 flux の比が大きいほど、最大可視偏光度が大きいことがわかった。この傾光は、ブレーザーの種族によって異なることがわかり、種族ごとでジェット中の磁場の様子が異なることが示唆された(論文3)。また、2つのジェット天体について、数時間さらには数分スケールにもなる非常に速い可視偏光変動を捉えることに成功し、フレアの放射発生領域で揃った磁場が存在することを示唆した(論文14、15、図2)。こうした

結果は、将来の多波長偏光観測につながる成果と言える。

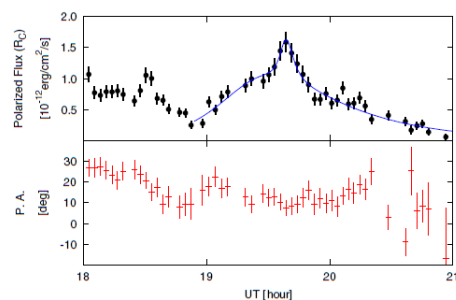


図2. かなた望遠鏡で観測されたジェット天体 PWM J0948+0022 の数分スケールの可視偏光度の変動(論文15)。

以上、当初予定していたフェルミ衛星によるガンマ線連続モニター観測と、かなた望遠鏡による可視偏光観測は推進することができたが、初の本格的X線偏光観測衛星 GEMS 衛星は2014年の前にキャンセルされてしまった。2015年には再び PRAXyS 衛星としてプロジェクトが復活したが、2017年1月に衛星選別に負けてしまい、結果としてX線偏光観測は実現しなかった。現在は、PRAXyS 衛星が負けた相手である同じX線偏光観測衛星 IXPE (2021年打ち上げ)に参加を試みている。

4. 2. ASTRO-H 搭載軟ガンマ線検出器 SGD の組み立て・各種試験・較正試験・打ち上げ後の観測

SGD の基本的な設計は本計画期間の前に終わっていたので、本研究では搭載機器の組み立てを推進した。その際に、どうしても設計変更が迫られる箇所も生じたため、メーカーとともに相談しながら設計変更を行いながら進めた。組み立てでは、Si-Pad センサーの基礎特性(論文16)によるセンサー選別を担当した。また、Active シールドの BGO の組み立て後の性能試験を担当し、ほぼ問題なく組み立てが進められた。また、Active シールドの処理回路の性能試験・動作試験を担当して進めた(論文4、17)。当初は2014年打ち上げであったが、衛星全体の計画の遅延もあり、打ち上げは最終的に2016年となった。2015年2月までにSGDのセンサー部、回路部すべてを完成させることができた。それまでに、動作試験、環境試験(振動衝撃、熱真空)、キャリブレーションを行い、問題なく装置に問題ないこと、予定通りの性能が出ていることを確認した(論文9、10、11、18)。さらに、搭載型と同等のコンプトンカメラを Spring-8 に持ち込んで、ガンマ線偏光ビームによるキャリブレーションを実行し、偏光観測能力を確認した(論文5、図3)。2015年は衛星に取り付けた状態で各種衛星試験に参加した。そして、ASTRO-H は2016年に打ち上げられ、「ひとみ」衛星と命名され、SGD は

2016年3月に観測立ち上げを無事行なうことができた。そして、約2時間だけ、かに星雲を観測することに成功したが、その直後に、姿勢トラブルが原因で、ひとみ衛星は運用停止となってしまった。

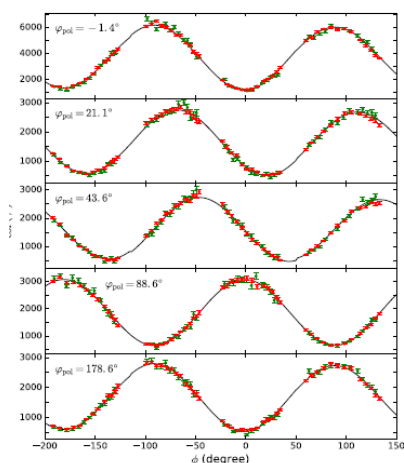


図3. SGD 搭載品と同等のコンプトンカメラを用いてガンマ線偏光ビームで得られた偏光モジュレーション曲線 (論文5)

しかし、得られたデータは貴重であり、その解析を進めた。そして、SGD が所定のとおり正常に動作していること、データがきちんと出ていること、バックグラウンドが予想よりも少し高めであったが偏光観測に支障ないことなどを確認することができた (論文2)。これにより、半導体多層コンプトンカメラを衛星搭載装置とした初めて動作させることに成功した。次に、かに星雲の軟ガンマ線偏光測定を進めるために、様々なパターンのデータ選別を行なって分布図を作り、Geant4 によるシミュレーションと比較しながら、SGD で考慮されるべき事項を詳細にチェックして、dead channel、エネルギー閾値などをデータとシミュレーションで合わせこんで、様々な頻度分布をデータとシミュレーションで、ある程度合わせることができた。また、バックグラウンドの変動も調べて、その再現性を確保した。こうしてSGD の動作をほぼ理解した状態で、偏光測定のための散乱方位角分布を作成したところ、 3σ のレベルで偏光検出できていることがわかった (図4、物理学会・天文学会で発表)。偏光度と偏光方位角は、最近行なわれた他の実験とほぼ矛盾なかった。注目すべきは、他の実験では1日以上かけて実現した測定精度を、SGD ではわずか1時間半の時間が達成できたことを実証したことである。これにより、SGD の偏光観測性能が所定どおりであり、観測を続けていればプレーザーのフレア状態の偏光観測を実現できたと思われる。以上、SGD を含めた多波長偏光観測を不幸にも実現できなかったが、SGD の技術をもってすれば将来実現可能であることを実際に示すことができたのは幸いであった。なお、偏光の結果は報告書執筆時には準備中であり、まもなく投稿

する予定であった。

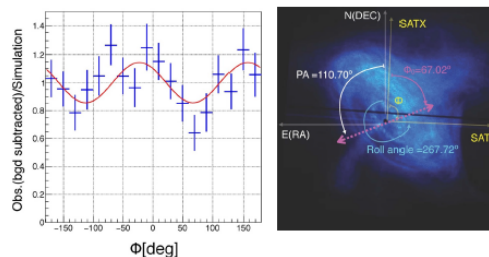


図4. SGD による「かに星雲」の軟ガンマ線偏光観測で得られたモジュレーション曲線 (左) と偏光情報 (右)

4. 3. 将来ガンマ線高感度観測のための基礎開発

SGD の Si センサーの pad の大きさを小さくし、読み出し線に起因する容量ノイズを低減したセンサーを試作し、リーク電流、センサー容量、X線を用いたエネルギー分解能やノイズ性能などの基礎特性実験を行なった。その結果、実際に性能が良くなっていることを確認することができた。一方、コンプトン散乱に伴う反跳電子を捉えるには $50\mu\text{m}$ 以下の位置分解能が必要であり、pad を小さくすると読み出しピクセル数が莫大となって電力的に成り立たないので、新しいアイデアとしてシリンドリフトセンサーを性能評価した。シリンドリフトセンサーでは、読み出し用量を小さくできるとともに、ドリフト時間を信号立ち上がり時間として測定して $50\mu\text{m}$ 以下の精度を達成できることが加速器実験で確認されており、我々はガンマ線を検出するために構造を変更したものを別予算で試作し、その性能評価を行なった。その結果、一部に設計の不具合があり、ドリフトさせるための高い電圧をかけられないことがわかった。また動作が不安定なこともあり、実験に手間取ったが、ガンマ線を捉えるための空乏層が読み出し口付近には形成されていることがわかった。今後、設計を見直したセンサーを試作して、ドリフト性能を検証したいと考えている。

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 17 件)

- 10番と11番以外は、すべて査読あり
- 1. "X-Ray and GeV Gamma-Ray Variability of the Radio Galaxy NGC 1275", Fukazawa, Y., 他 8 名, 2018, ApJ, 855, 93, 10.3847/1538-4357/aaabc0
- 2. "Design and performance of Soft Gamma-ray Detector onboard the Hitomi (ASTRO-H) satellite", Tajima, H., Watanabe, S. (2番目), Fukazawa, Y. (3番目), Mizuno, T. (19番目), Ohno, M. (26番目),

Takahashi, H. (32 番目), 他 36 名, 2018, JATIS 4, 021411, 10.1117/1.JATIS.4.2.021411

3. "Systematic Study of Gamma-ray-bright Blazars with Optical Polarization and Gamma-Ray Variability", Itoh, R., Fukazawa, Y. (3 番目), Kawabata, K.S. (20 番目), 他 18 名, 2016, ApJ 833, 77, 17pp, 10.3847/1538-4357/833/1/77

4. "Development and verification of signal processing system of avalanche photo diode for the active shield onboard ASTRO-H", Ohno, M., Takahashi, H. (11 番目), Fukazawa, Y. (12 番目), et al. 計 47 名, 2016, NIM-A 831, 410, 10.1016/j.nima.2016.04.063

5. "Study of the polarimetric performance of a Si/CdTe semiconductor Compton camera for the Hitomi satellite", Katsuta, J., Watanabe, S. (3 番目), Mizuno, T. (番目 7), Fukazawa, Y. (8 番目), Ohno, M. (13 番目), Takahashi, H. (15 番目), Tajima, H. (18 番目), 他 15 名 2016, NIM-A, 840, 51-58, 10.1016/j.nia.2016.09.057

6. "The Third Catalog of Active Galactic Nuclei Detected by the Fermi Large Area Telescope", Ackermann, M., Fukazawa, Y. (54 番目), 他 147 名, 2015, ApJ 810, 14, 10.1088/0004-637X/810/1/14

7. "Suzaku Observations of gamma-Ray Bright Radio Galaxies: Origin of the X-Ray Emission and Broadband Modeling", Fukazawa, Y., 他 4 名, 2015, ApJ 798, 74, 10.1088/0004-637X/798/2/74

8. "The first demonstration of the concept of narrow-FOV Si/CdTe semiconductor Compton camera", Ichinohe, Y., Watanabe, S. (3 番目), Ohno, M. (7 番目), Fukazawa, Y. (10 番目), Tajima, H. (14 番目), Takahashi, H. (15 番目), 他 12 名, 2015, NIM-A 806, 5, 10.1016/j.nima.2015.09.081

9. "The Si/CdTe semiconductor Compton camera of the ASTRO-H Soft Gamma-ray Detector (SGD)", Watanabe, S., Tajima, H. (2 番目), Fukazawa, Y. (3 番目), 他 23 名, 2014, NIM-A, 765, 192-201, 10.1016/j.nima.2014.05.127

10. "Soft gamma-ray detector (SGD) onboard the ASTRO-H mission", Fukazawa, Y., Tajima, H. (2 番目), Watanabe, S. (3 番目), Mizuno, T. (15 番目), Ohno, M. (21 番目), Takahashi, H. (27 番目), 他 30 名, 2014, Proc. SPIE, 9144, id.91442C, 12pp, 10.1117/12.2055292

11. "Development and verification of signal processing system of BGO active shield onboard Astro-H", Ohno, M., Takahashi, H. (6 番目), Fukazawa, Y. (8 番目), Watanabe, S. (24 番目), Tajima, M. (31 番目), 他 30 名, 2014, Proc. SPIE, 9144, id.91445G, 13pp, 10.1117/12.2055676

12. "X-Ray and Optical Monitoring of a

Gamma-Ray-Emitting Radio Galaxy, NGC 1275", S. Yamazaki, Y. Fukazawa (2 番目), Kawabata, K.S. (8 番目), 他 7 名, 2013, PASJ 65, 30 1-8, 10.1093/pasj/65.2.30

13. "A Study of the Long-Term Spectral Variations of 3C 66A Observed with the Fermi and Kanata Telescopes", Itoh, R. Fukazawa, Y. (2 番目), 他 26 名, 2013, PASJ 65, id.19, 10.1093/pasj/65.1.18

14. "Dense Optical and Near-infrared Monitoring of CTA 102 during High State in 2012 with OISTER: Detection of Intra-night "Orphan Polarized Flux Flare", R. Itoh, Y. Fukazawa (2 番目), Kawabata, K.S. (11 番目), 他 37 名, 2013, ApJ 768, L24 1-5, 10.1088/2041-8205/768/2/L24

15. "Minute-scale Rapid Variability of the Optical Polarization in the Narrow-line Seyfert 1 Galaxy PMN J0948+0022", R. Itoh, Y. Fukazawa (3 番目), Kawabata, K.S. (4 番目), 他 12 名, 2013, ApJ 775, L26 1-6, 10.1088/2041-8205/775/1/L26

16. "Radiation effects on the silicon semiconductor detectors for the ASTRO-H mission", K. Hayashi, Y. Fukazawa (8 番目), T. Mizuno (10 番目), H. Takahashi (11 番目), M. Onho (12 番目), H. Tajima (15 番目), 他 15 名, 2012, NIM-A 699, 225-230, 10.1016/j.nima.2012.05.088

17. "Development of signal processing system of avalanche photo diode for space observations by Astro-H", M. Ohno, H. Takahashi (4 番目), Y. Fukazawa (5 番目), S. Watanabe (14 番目), H. Tajima (19 番目), 他 12 名, 2012, NIM-A 699, 230, 10.1016/j.nima.2012.03.022

〔学会発表〕 (計 23 件)

1. 渡辺伸、田島宏康、深沢泰司、水野恒史 高橋弘充、大野雅功、他「X線衛星「ひとみ」搭載 SGD によるかに星雲のガンマ線偏光観測」日本物理学会 (2018年3月)

2. Y. Fukazawa, "X-ray and GeV gamma-ray variability of the radio galaxy NGC 1275", 7th Fermi Symposium, Garmisch-Partenkirchen, Germany, 2017 October 15-23

3. Y. Fukazawa, "GeV gamma-ray, X-ray, and optical monitoring of a radio galaxy NGC 1275", 35th International Cosmic Ray Conference (ICRC), Pusan, Korea, 2017 July 13-20

4. 深沢泰司、他「ひとみ衛星による NGC1275 の X線観測: 初の活動銀河核 Fe-K ライン精密分光」日本天文学会 (2017年3月)

5. 深沢泰司、田島宏康、渡辺伸、水野津史 高橋弘充、大野雅功、他「X線天文衛星「ひとみ (ASTRO-H)」搭載軟ガンマ線検出器 (SGD) の軌道上動作」日本天文学会(2016年

9月)

6. Y. Fukazawa, "Recent Fermi results of extragalactic objects and TeV gamma-rays", "The extreme Universe viewed in very-high-energy gamma rays 2016", December 15-16, 2016, University of Tokyo, Chiba, Japan

7. 大野雅功、深沢泰司、田島宏康、渡辺伸、水野津史、高橋弘充、他「ASTRO-H 衛星搭載 1X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」日本物理学会 (2015年3月)

8. 深沢泰司「GeVガンマ線観測 (Fermi ガンマ線宇宙望遠鏡) と CTA」(招待講演) 日本物理学会 (2015年3月)

9. 深沢泰司、他「電波銀河 NGC1275 と M87 の X線とガンマ線の同期した変動」日本天文学会 (2015年9月)

10. 伊藤亮介、深沢泰司、川端弘治、他「ブレーザージェットの系統的偏光変動探査」日本天文学会 (2015年9月)

11. 大野雅功、深沢泰司、田島宏康、渡辺伸、水野津史、高橋弘充、他「ASTRO-H 衛星搭載軟ガンマ線検出器(SGD)開発の現状」日本天文学会 (2014年3月)

12. 大野雅功、深沢泰司、田島宏康、渡辺伸、水野津史、高橋弘充、他「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」日本物理学会 (2014年3月)

13. 深沢泰司「すざく衛星とフェルミ衛星によるガンマ線電波銀河 PKS0625-354 と 3C78 の観測」日本物理学会 (2014年9月)

ル、2012年8月1-4日
14. Y. Fukazawa: "Suzaku and Fermi Observations of Gamma-Ray Bright Radio Galaxies: Origin of the X-ray Emission and Broad-Band Modeling", 2014/10/20-24, 5th Fermi Symposium@Nagoya, Japan

15. Y. Fukazawa: "Soft gamma-ray detector (SGD) onboard the ASTRO-H mission", 2014/06/22-27, SPIE Astronomical Telescope+Instrumentation, Montreal, Canada

16. M. Ohno: "Development and Verification of Signal Processing System of BGO Active Shield onboard Astro-H", 2014/06/22-27, SPIE Astronomical Telescope+ Instrumentation @Montreal, Canada

17. 伊藤亮介、深沢泰司、川端弘治、他「ブレーザー天体 CTA 102 の多波長光度・色・偏光短期変動観測」日本天文学会 (2013年3月)

18. 伊藤亮介、深沢泰司、川端弘治、他「Narrow-line Seyfert 1 型銀河 PMN J0948+0022 における分スケールでの可視偏光変動観測」日本天文学会 (2013年9月)

19. 深沢泰司「フェルミ衛星による AGN ジェ

ット放射の観測と ALMA との関連」(招待講演)、研究会「ALMA で探るブラックホール高エネルギー現象」、2013年9月25-26日、国立天文台三鷹

20. Y. Fukazawa, 5th Fermi Symposium, Oct. 28-Nov. 2, 2013, Monterey, USA, 350 participants, "X-ray and optical observations of GeV gamma-ray emitting Radio galaxies"

21. 深沢泰司、田島宏康、渡辺伸、水野恒史、高橋弘充、大野雅功、他「ASTRO-H 衛星搭載軟ガンマ線検出器の開発状況」日本物理学会 (2012年9月)

22. 深沢泰司、川端弘治、他「ブレーザー天体の多波長偏光観測」日本天文学会 (2012年9月)

23. 深沢泰司、他「フェルミで検出された FR-I 電波銀河の X線観測」天文学会 (2012年9月)

[その他]

ホームページ等

・広島大学高エネルギー宇宙グループ学位論文

<http://www-heaf.astro.hiroshima-u.ac.jp/thesis.html>

・日本 Fermi 衛星グループ

<http://www-heaf.astro.hiroshima-u.ac.jp/glast/glast-j.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

深沢 泰司 (Yasushi Fukazawa)

広島大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号: 60272457

(2) 研究分担者

大野 雅功 (Masanori Ohno)

広島大学・大学院理学研究科・助教

研究者番号: 50509875 (平成 27 年度まで)

高橋 弘充 (Hiromitsu Takahashi)

広島大学・大学院理学研究科・助教

研究者番号: 10536775 (平成 25 年度より連携研究者)

(3) 連携研究者

水野 恒史 (Tsunefumi Mizuno)

広島大学・宇宙科学センター・准教授

研究者番号: 20403579

渡辺 伸 (Shin Watanabe)

宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・助教

研究者番号: 60446599

田島 宏康 (Hiroyasu Tajima)

名古屋大学・太陽地球環境研究所・教授

研究者番号: 80222107

玉川 徹 (Tohru Tamagawa)

理化学研究所・仁科加速器研究センター・准主任研究員

研究者番号: 20333312