

平成 31 年 4 月 27 日現在

機関番号：22604

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H05438

研究課題名(和文) X線精密分光によるブラックホールバリオンジェットの観測的研究

研究課題名(英文) Study on X-ray high-resolution spectroscopy of baryonic black hole jets

研究代表者

山田 真也 (Yamada, Shinya)

首都大学東京・理学研究科・助教

研究者番号：40612073

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 18,580,000円

研究成果の概要(和文)：世界で初めてX線マイクロカロリメータによる宇宙観測を実現できたことは成果の一つである。ただし、姿勢系のトラブルで1ヶ月で運用が終了し、その後は、次期衛星の波形処理部を担当し、2021年度の打ち上げに向けて新たな挑戦を始めている。超電導遷移端のマイクロカロリメータの性能評価では、過酷な宇宙線環境での動作実証に成功し、宇宙応用に一步近づいたと言える。ブラックホール降着流の状態遷移について、半解析的な計算から磁場が遷移に寄与している可能性を示すことにも成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

短いながらも宇宙でX線精密分光を実現できたことにより、これまでの常識や観念の検証し覆すことができる可能性があることを提示することができた。また将来の精密分光に向けて、過酷なバックグラウンド環境であっても、超電導のデバイスが正常に動作し、サイエンスの抽出に決定的な役割を果たすことを示すことにも成功した。ブラックホールの電磁場放射や降着過程を理解するには磁場の役割が重要であることを示せたことで、今後の観測および理論的研究の役立つと考える。

研究成果の概要(英文)：The first demonstration of X-ray microcalorimeter in space was finished without any trouble in the detector, resulting in handful but fruitful outcome around the cluster of galaxy. Although the mission did not last for long, the next challenge has started. I was responsible for the digital electronics of the calorimeter. Application of the next-generation calorimeter has been demonstrated under high background condition, which enhanced the technical readiness level of the detector. Black hole study using semi-analytical approach has suggested a magnetic field from a companion star might trigger the state transition of the accretion flow around the black hole.

研究分野：X線天文学

キーワード：ブラックホール X線 超伝導検出器

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ブラックホールからの噴出流(ジェット)についてはその組成や、運動について、電波や X 線イメージによる研究は進んでいたもの、X 線スペクトルを精密に分光して、その輝線の幅や運動を用いて空間分解できないジェットの物理状態を探ることがまだできていなかった。それを実現するために、X 線精密分光器マイクロカロリメータを用いた宇宙観測の実現と将来の宇宙観測に向けた超電導体を用いた精密 X 線分光を実現することが急務であった。

2. 研究の目的

研究の目的は、ブラックホールからの高速の噴出流であるジェットの運動や、質量放出率、星間空間への影響を、日本の衛星を用いて X 線マイクロカロリメータによる宇宙観測を実現し、精密 X 線分光で輝線の幅とシフト量を精密に計測し、ジェットの運動を制限する。将来の大規模な精密 X 線分光の実現にむけて、超電導を用いた新しい X 線マイクロカロリメータの開発と技術成熟度の完成度を高める。

3. 研究の方法

X 線衛星に精密 X 線分光装置のマイクロカロリメータを搭載し、宇宙での運用を実現し、目標天体の観測を行う。具体的にはマイクロカロリメータのデジタル波形処理部がサイエンスに直結する重要箇所の一つであり、地上での性能評価から軌道上での評価を行う。将来に向けた精密 X 線分光の衛星計画の設計を進めることも行う。また、超電導を用いた次世代の精密 X 線分光装置の開発と宇宙応用に向けて荷電粒子環境下での実験も行う。

4. 研究成果

世界で初めて X 線マイクロカロリメータによる宇宙観測を実現できたことは成果の一つである。ただし、姿勢系のトラブルで 1 ヶ月で運用が終了し、その後は、次期衛星の波形処理部の責任者を担当し、2021 年度の打ち上げに向けて新たな挑戦を始めている。超電導遷移端のマイクロカロリメータの性能評価では、過酷な宇宙線環境での動作実証に成功し、宇宙応用に一步近づいたと言える。ブラックホール降着流の状態遷移について、半解析的な計算から磁場が遷移に寄与している可能性を示すことにも成功した。

5. 主な発表論文等

(1)

1. Super DIOS: Future X-ray Spectroscopic Mission to Search for Dark Baryons, S. Yamada et al, Journal of Low Temperature Physics, 2018, in press, 10.1007/s10909-018-1918-z
2. Solar abundance ratios of the iron-peak elements in the Perseus cluster Hitomi Collaboration, S. Yamada (208 人中 193 番目), Nature 551, 478-480, 2017
3. Neural network-based preprocessing to estimate the parameters of the X-ray emission of a single-temperature thermal plasma, Ichinohe, Y., Yamada, S., Miyazaki, N., Saito, S., 2018, MNRAS, 475, 4739I, 10.1093/mnras/sty161
4. In-Orbit Performance of the Digital Electronics for the X-Ray Microcalorimeter Onboard the Hitomi Satellite Tsujimoto, M., Tashiro, M. S., Ishisaki, Y., Yamada, S., Seta, H., Mitsuda, K., Boyce, K. R., Eckart, M. E., Kilbourne, C. A., Leutenegger, M. A., Porter, F. S., Kelley, R. L., Journal of Low Temperature Physics, 2018, in press, 10.1007/s10909-018-1861-z
5. Atomic data and spectral modeling constraints from high-resolution X-ray observations of the Perseus cluster with Hitomi, Hitomi Collaboration, S. Yamada (208 人中 193 番目), PASJ, 2018, 70, Issue 2, 10.1093/pasj/psx156
6. Temperature structure in the Perseus cluster core observed with Hitomi Hitomi Collaboration, S. Yamada (208 人中 193 番目), PASJ, 2018, 70, Issue 2, 10.1093/pasj/psy004
7. Measurements of resonant scattering in the Perseus Cluster core with Hitomi SXS, Hitomi Collaboration, S. Yamada (208 人中 193 番目), PASJ, 2018, 70, Issue 2, 10.1093/pasj/psx127

8. In-flight performance of the soft x-ray spectrometer detector system on Astro-H, Porter, Frederick S., Boyce, Kevin R., Chiao, Meng P., Eckart, Megan E., Fujimoto, Ryuichi, Ishisaki, Yoshitaka, Kilbourne, Caroline Anne, Leutenegger, Maurice A., McCammon, Daniel, Mitsuda, Kazuhisa, Sato, Kosuke, Seta, Hiromi, Sawada, Makoto, Sneiderman, Gary A., Szymkowiak, Andrew E., Takei, Yoh, Tashiro, Makoto S., Tsujimoto, Masahiro, Watanabe, Tomomi, Yamada, Shinya, Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems, Volume 4, id. 011218 (2018), 10.1117/1.JATIS.4.1.011218
9. In-flight performance of pulse-processing system of the ASTRO-H/Hitomi soft x-ray spectrometer, Ishisaki, Yoshitaka; Yamada, Shinya; Seta, Hiromi; Tashiro, Makoto S.; Takeda, Sawako; Terada, Yukikatsu; Kato, Yuka; Tsujimoto, Masahiro; Koyama, Shu; Mitsuda, Kazuhisa; Sawada, Makoto; Boyce, Kevin R.; Chiao, Meng P.; Watanabe, Tomomi; Leutenegger, Maurice A.; Eckart, Megan E.; Porter, Frederick Scott; Kilbourne, Caroline Anne, Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems, Volume 4, id. 011217 (2018), 10.1117/1.JATIS.4.1.011217
10. In-flight calibration of Hitomi Soft X-ray Spectrometer. (1) Background, Kilbourne, Caroline A.; Sawada, Makoto; Tsujimoto, Masahiro; Angellini, Lorella; Boyce, Kevin R.; Eckart, Megan E.; Fujimoto, Ryuichi; Ishisaki, Yoshitaka; Kelley, Richard L.; Koyama, Shu; Leutenegger, Maurice A.; Loewenstein, Michael; McCammon, Dan; Mitsuda, Kazuhisa; Nakashima, Shinya; Porter, Frederick S.; Seta, Hiromi; Takei, Yoh; Tashiro, Makoto S.; Terada, Yukikatsu; Yamada, Shinya; Yamasaki, Noriko Y., P ASJ, Volume 70, Issue 2, 10.1093/pasj/psx139
11. A Semi-analytical Model for Wind-fed Black Hole High-mass X-Ray Binaries: State Transition Triggered by Magnetic Fields from the Companion Star, K. Yaji, S. Yamada, K. Masai, ApJ, 847, 2, 129, 10pp, (2017) DOI: 10.3847/1538-4357/aa88d3
12. Black hole spin of Cygnus X-1 determined from the softest state ever observed Kawano, Takafumi, Done, Chris, Yamada, Shin'ya, Takahashi, Hiromitsu, Axelsson, Magnus, Fukazawa, Yasushi, PASJ, 69, 2, 36 (2017) DOI: 10.1093/pasj/psx009
13. Beamline Test of a Transition-Edge-Sensor Spectrometer in Preparation for Kaonic-Atom Measurements', HEATES Collaboration, T. Hashimoto, Yamada, S. (51 名中 49 番目), IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Volume 27 Issue 4, 2017, DOI: 10.1109/TASC.2016.2646374
14. Hitomi constraints on the 3.5 keV line in the Perseus galaxy cluster, Hitomi Collaboration, S. Yamada (208 人中 193 番目) ApJ, 837, L15 (2017), DOI 10.3847/2041-8213/aa61f
15. First application of superconducting transition-edge sensor microcalorimeters to hadronic atom X-ray spectroscopy", S. Okada, Yamada, S. (38 名中 36 番目), Progress of Theoretical and Experimental Physics 2016;
16. The quiescent intracluster medium in the core of the Perseus cluster, Hitomi Collaboration, S. Yamada (215 人中 193 番目) Nature 535, 117–121 (07 July 2016) doi:10.1038/nature18627
17. Future Japanese X-ray TES Calorimeter Satellite: DIOS (Diffuse Intergalactic Oxygen Surveyor). Yamada, S. Ohashi, T. Ishisaki, Y. Ezoe, (他 18 名), Journal of Low Temperature Physics, 2016, Volume 184, Issue 3–4, pp 688–693, DOI: 10.1007/s10909-015-1362-2 (2015)

〔雑誌論文〕(計 17 件)

1. 「精密X線分光技術の将来展望とそのサイエンス」 高エネルギー天文学・宇宙物理学の観測と理論研究会X@広島、広島大学2018年3月1-2日 (招待講演)
2. 「ブラックホール連星の状態遷移と時間変動」 磁気流体プラズマで探る高エネルギー天体現象研究会、2017年8月28-30日、JAMSTEC (招待講演)
3. 日本天文学会 春大会 2018年 超伝導カロリメータを用いた低温下の星間分子計測実験 (1)、山田真也(首都大学東京) P116a

4. 日本天文学会2017年春季年会, 九州大学, 2017年 3/15-3/18, 山田真也ほか V328a, 超伝導 TES カロリメータを用いた K 中間子原子 X 線の精密分光プロジェクト(3-1)
5. ブラックホール降着流ミニワークショップ, 千葉大学, 2017/03/08, 山田真也
Astro-H/Hitomi衛星の状況報告とその後
6. Annual Symposium 2016 on "New Developments in Astrophysics Through Multi-Messenger Observations of Gravitational Wave Sources", 2016/12/27-12/29, S.Yamada et al., Kyoto University, "A future X-ray mission to survey missing baryons"
7. "ASTRO-H/Hitomi and the next mission", Time for accretion, Sigtuna, Sweden, August 6-10, 2018

〔学会発表〕(計 7 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

http://www-x.phys.se.tmu.ac.jp/home/wp/?page_id=185

6 . 研究組織

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。