

様式 C-19

科学研究費補助金研究成果報告書

平成 23 年 6 月 2 日現在

機関番号 : 14301
研究種目 : 基盤研究(C)
研究期間 : 2008 ~ 2010
課題番号 : 20540230
研究課題名 (和文) 新世代硬 X 線全天サーベイによる埋もれた活動銀河の構造と進化の研究
研究課題名 (英文) Study of the structure and evolution of buried active galactic nuclei with new-generation hard X-ray all sky surveys
研究代表者 上田佳宏 (UEDA YOSHIHIRO)
京都大学・大学院理学研究科・准教授
研究者番号 : 10290876

研究成果の概要 (和文) :

Swift/BAT 硬 X 線サーベイの「すざく」衛星による X 線追求観測をすすめ、活動銀河のトーラス構造についての新しい知見を得て、結果を 4 本の論文として出版した。全天 X 線監視装置の機上校正とデータ解析をすすめ、初期成果として 2 本の論文を出版した。また、XMM ニュートンディープサーベイ計画における X 線データの解析を系統的に行ない、その最終結果をカタログ論文として出版した

研究成果の概要 (英文) :

Suzaku follow-up observations of active galactic nuclei detected with Swift/BAT gave us new insights into the torus structure around the supermassive black hole. The results have been published in four papers. We have performed onboard calibration and data analysis of Monitor of All X-ray Image (MAXI) mission, and have published two papers as initial results. Also, we have published the final X-ray source catalog in the Subaru/XMM-Newton deep field based on a systematic analysis of the X-ray data.

交付決定額

(金額単位: 円)

	直接経費	間接経費	合計
20 年度	1300000	390000	1690000
21 年度	1100000	330000	1430000
22 年度	1100000	330000	1430000
年度			
年度			
総計	3500000	1050000	4550000

研究分野: 数物系科学

科研費の分科・細目: 天文学

キーワード: 活動銀河核 ブラックホール X 線

1. 研究開始当初の背景

X 線サーベイ天文学は今、大きな節目を迎えようとしている。10 keV 以下での範囲では、X 線背景放射がほぼ完全に分解され、その起源の大部分が定量的に理解されつつある。しかし、「巨大ブラックホールがどのように形成され、宇宙の歴史においてどのような役割を果たしてきたのか?」というもっと本

質的な問いに対しては、まだまだ多くの謎が残されている。これらはもはや「ブラックホール天文学」という分野に留まらず、現代天文学全体に課せられた大問題であり、高エネルギー天文学と多波長観測との連携によって初めて決着の付けられる課題である。巨大ブラックホール形成史に関して、観測的に現在大きな問題となっているのは

(1) 完全に覆い隠された活動銀河核(コンプト

ン厚 AGN) は宇宙にいくつ存在し、ブラックホール成長にどれだけの寄与を果たしてきたか?

- (2) 1 型 AGN と 2 型 AGN の宇宙論的進化は同一か? (統一モデルの正否)
 - (3) 宇宙最初のブラックホールはいつどのような環境で作られたのか? (高赤方偏移での AGN 進化)
- の 3 点である。

2. 研究の目的

観測の困難により、深く埋もれた活動銀河核 (AGN) の存在量とその進化は謎に包まれている。本研究は Swift 衛星による硬 X 線サーベイの多波長追求観測、全天 X 線監視装置 (MAXI) による AGN サーベイ、「すばる」XMM ディープサーベイ (SXDS) という、三計画の推進を柱とする。これら世界フロンティアの、軸の異なる研究を組み合わせることにより、この現代天文学の大問題に観測的に初めて明確な解答を与えることを目的とする。

3. 研究の方法

(I) Swift/BAT AGN の X 線追求観測: 最新の Swift/BAT カタログを用い、15 keV 以下の X 線スペクトルの情報が存在しない活動銀河核に対し、「すざく」を用いて追求観測を行なう。広域スペクトルを詳細に調べることで透過光の吸収量を正確に決定し、トーラスからの反射成分およびガスからの散乱成分の強度を測定し、中心核の周囲の構造を明らかにする。

(II) MAXI データ解析手法の確立: MAXI の機上データ校正を進めるとともに、X 線天体検出方法を確立し、AGN カタログ作成の準備を行なう。

(III) SXDS 領域の X 線カタログ作成: SXDS 領域の XMM ニュートン衛星のデータ解析結果をまとめ、最終 X 線カタログを完成させる。このカタログは、多波長追求観測の基礎となり、高赤方偏移における活動銀河核の存在量決定のための貴重なデータベースとなる。

4. 研究成果

(I) Swift/BAT 硬 X 線サーベイで見つかった AGN の「すざく」衛星による X 線追求観測をすすめ、結果を 4 本の論文として出版した。1 本目は、Swift で検出された新しい AGN 6 天体を「すざく」で観測し、系統的なスペクトルフィットを行なったものである。その結

果、これらの AGN は「反射成分が強く、散乱成分の弱い」3 天体と、「反射成分が弱く、散乱成分の強い」3 天体の 2 つのグループに分かれることが判明した。前者は、幾何学的に厚いトーラスに深く埋もれた「新タイプ」AGN に相当する。これらは、AGN のトーラス構造が単純でなく、その統一理解に新たな視点が必要であることを示した重要な結果となった。2 本目は、未観測の隠された AGN 5 天体の「すざく」による観測をまとめたものであり、非常に吸収の大きな「コンプトン厚 AGN」の存在量が近傍宇宙において予想外に少ないことを示唆する結果を得た。3 本目の論文では、硬 X 線バンドで全天で最も明るい広輝線電波銀河 4C 50.55 の同時広域スペクトルを初めて取得し、その解析結果から、降着円盤がブラックホールの最内縁安定軌道まで伸びていないこと、中心部が低温でコンプトン散乱に対して光学的に厚いガスに覆われている証拠を得た。4 本目の論文は、大きな吸収を受けた 2 つの 2 型 AGN の広域スペクトルに、モンテカルロシミュレーションによる数値スペクトルモデルを当てはめてたもので、トーラス構造についてこれまでの解析的手法では得られなかった制限を得ることに成功した。

(II) 全天 X 線監視装置 (MAXI) の打ち上げ後、機上データを用いた校正を行ない、特にカタログ作成の基礎となる、イメージ解析手法の開発および非 X 線バックグラウンドの性質の調査を進めた。これらに基づき、MAXI の概要と期待される性能をまとめた論文を発表した。さらに MAXI の初期成果として、ブラックホール X 線連星 XTE J1752-223 および AGN (ブレイザー天体) Mrk 421 のついでに観測結果を論文として出版した。

(III) 「すばる」XMM ディープサーベイ (SXDS) 計画における X 線データの解析を系統的に行ない、その最終結果を論文として出版した。XMM ニュートン衛星の 7 つのポインティングデータを同時に扱い、1.14 平方度という広いサーベイ面積から 4 つのエネルギーバンドでソース検出を行ない、のべ 1245 個の X 線源からなるカタログを作成した。さらに得られたカタログを用いて、異なるエネルギーバンドで X 線天体の 2 次元相関関数を計算した。2 keV 以下のソフトバンドで有意なクラスタリング信号を検出したが、2 keV 以上のハードバンドでは過去の別のサーベイデータから報告されていた強い相関信号は見つからなかった。過去の研究では、SXDS と比べてサーベイ面積が狭く、統計バイアスの影響が除外できていない可能性があることを指摘した。このカタログは、SXDS 領域におけるさまざまな多波長研究で有効に使われた。

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 15 件)

1. Eguchi, S., Ueda, Y. et al. "Suzaku View of the Swift/BAT Active Galactic Nuclei. III. Application of Numerical Torus Models to Two Nearly Compton Thick Active Galactic Nuclei (NGC 612 and NGC 3081)" *The Astrophysical Journal*, 729, 2011, 31-41
2. Isobe, N. et al. (Ueda, Y.) "Bright X-Ray Flares from the BL Lac Object Markarian 421, Detected with MAXI in 2010 January and February", *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 62, 2010, L55-L60
3. Nakahira, S. et al. (Ueda, Y.) "MAXI GSC Observations of a Spectral State Transition in the Black Hole Candidate XTE J1752?223", *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 62, 2010, L27-L32
4. Tazaki, F., Ueda, Y. et al. "Suzaku Observation of the Brightest Broad-line Radio Galaxy 4C 50.55 (IGR J21247+5058)", *The Astrophysical Journal*, 721, 2010, 1340-1347
5. Tanaka, M., Finoguenov, A., Ueda, Y. "A Spectroscopically Confirmed X-ray Cluster at $z = 1.62$ with a Possible Companion in the Subaru/XMM-Newton Deep Field", *The Astrophysical Journal Letters*, 716, 2010, L152-L156
6. Finoguenov, A. et al. (Ueda, Y.) "X-ray groups and clusters of galaxies in the Subaru-XMM Deep Field", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 403, 2010, 2063-2076
7. Ueda, Y. et al. "Suzaku Observation of GRS 1915+105: Evolution of Accretion Disk Structure during Limit-cycle Oscillation", *The Astrophysical Journal*, 713, 2010, 257-268
8. Noguchi, K. et al. (Ueda, Y.) "Scattered X-rays in Obscured Active Galactic Nuclei and Their Implications for Geometrical Structure and Evolution", *The Astrophysical Journal*, 711, 2010, 144-156
9. Matsuoka, M., et al. (Ueda, Y.) "The MAXI Mission on the ISS: Science and Instruments for Monitoring All-Sky X-Ray Images", *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 61, 2009, 999-1010
10. Winter, L., Mushotzky, R., Terashima, Y., Ueda, Y. "The Suzaku View of the Swift/BAT Active Galactic Nuclei. II. Time Variability and Spectra of Five "Hidden" Active Galactic Nuclei", *The Astrophysical Journal*, 701, 2009, 1644-1664
11. Eguchi, S, Ueda, Y. et al. "Suzaku View of the Swift/BAT Active Galactic Nuclei. I. Spectral Analysis of Six Active Galactic Nuclei and Evidence for Two Types of Obscured Population", *The Astrophysical Journal*, 696, 2009, 1657-1667
12. Ueda, Y. et al. "The Subaru/XMM-Newton Deep Survey (SXDS). III. X-Ray Data", *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 179, 2008, 124-141
13. Smail, I. et al. (Ueda, Y.) "A pilot survey for KX QSOs in the UKIDSS Ultra Deep Survey Field", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 389, 2008, 407-414
14. Ouchi, M. et al. (Ueda, Y.) "The Subaru/XMM-Newton Deep Survey (SXDS). IV. Evolution of Ly α Emitters from $z=3.1$ to 5.7 in the 1 deg² Field: Luminosity Functions and AGN", *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 176, 2008, 301-330
15. Furusawa, H et al. (Ueda, Y.) "The Subaru/XMM-Newton Deep Survey (SXDS). II. Optical Imaging and Photometric Catalogs", *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 176, 2008, 1-18

[学会発表] (計 2 件)

1. Ueda, Y. "Suzaku studies of microquasars", at IAU Symposium 275 "Jets at All Scales", 2010/09/16, ブエノスアイレス (アルゼンチン)
2. Ueda, Y. "Astrophysics with Monitor of All-sky X-ray Image (MAXI)" at "High-energy sources at different time scales", 2008/09/30, カトマンズ (ネパール)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上田佳宏 (UEDA YOSHIHIRO)

京都大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号：10290876

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：