

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 23 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2014

課題番号：22340039

研究課題名(和文)多波長観測による超相対論的ジェット天体の系統的研究

研究課題名(英文)Multiwavelength observational study on ultra-relativistic jets

研究代表者

田代 信 (TASHIRO, Makoto)

埼玉大学・理工学研究科・教授

研究者番号：00251398

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,600,000円

研究成果の概要(和文)：ガンマ線バースト(GB)と活動銀河核(AGN)は、超相対論的宇宙ジェット現象の双璧である。本課題では、さまざまな波長の観測装置を用いた (A)ジェットの活動期間、(B)ジェット中の放射領域の物理、そして(C)周辺環境に着目した観測的研究と、将来にむけての観測装置開発を行った。主な成果は、(A)AGNジェットに伴う電波ロープの電波・X線観測によって、AGNジェットが1億年程度、定常的に活動していることを明らかにした。(B)GBのスペクトル変動の研究より2種類の放射機構が共存しながら放射していることを示唆した。(C)低電離銀河間プラズマを含む周辺環境の探査のための開発と、観測計画を進めた。

研究成果の概要(英文)：Gamma-Ray Bursts (GRBs) and Active Galactic Nuclei (AGNs) are the two archetypical phenomena among astrophysical jets. This study consists of multi-wavelength observational study of these objects to investigate (A) the life of the jets, (B) physics of radiation region, and (C) circumstances including intergalactic warm-hot plasma. Through this study we realized that: the life time of AGN jets is up to 100 Myears with a fairly constant energy ejection; the radiation of the GRB prompt emission consists both of non-thermal synchrotron and thermal blackbody like emissions. We also developed X-ray micro-calorimeter system for the next generation X-ray observatory ASTRO-H and made observation plan to reveal warm-hot intergalactic medium irradiated by GRB or relativistically beamed AGN jets.

研究分野：宇宙物理学実験

キーワード：宇宙ジェット ガンマ線バースト 活動銀河核

1. 研究開始当初の背景

宇宙ジェットは、原始星から、恒星、コンパクト星、超巨大質量ブラックホールまで、あらゆるスケールの天体で見られる普遍的な天体構造であるが、ローレンツ因子にして10-1000にいたる超相対論的ジェットとなると限られる。そのなかでもガンマ線バースト (GRB) と超相対論的ジェットをもつ活動銀河核は、その双壁であり、ジェットの物理を調べる究極の実験室といえよう。

近年、ジェットを生成するブラックホール周りの降着円盤の状態、ジェット中の物理状態、そしてジェットが形成される環境について、さまざまな観測結果が得られているが、本課題では、特に、次の(1)~(3)の三点に着目した。

(1) エンジン：状態遷移とジェットの継続時間

銀河系内ジェット天体の代表格マイクロクェーサーは、降着円盤の状態遷移によってジェットを射出する (Mirabel et al. 1998, A&A 330, L9) が、実はブレーザーにも類例がある。我々は、周期的な活動で有名な活動銀河核 OJ287 を多波長で観測、1年の間をおいた二度の活動期で「降着円盤優勢」から「ジェット優勢」への状態遷移をしている証拠を得ている (Seta et al. 2009, PASJ 61, 1011)。

(2) ジェット：放射領域の物理状態

GRB の最大光度は、そのスペクトルのピークエネルギーの二乗に比例するという、米徳相関が知られている (e.g. Yonetoku et al. 2004, ApJ 609, 935)。我々は、この相関が、GRB の時間帯全体にわたって、常に成り立っていることが示した (Ohno et al., 2008, PASJ, 60, 361)。これはこの相関が放射機構など基本的な物理によって決まっていることを示唆する。その一方で、スペクトルの形からは、非熱的シンクロトロン放射 (e.g. Preece 1990, Ph. D thesis) と熱的プラズマ放射 (e.g. Ryde & Pe'er 2009) が、放射機構として提案されている。これらの提案が米徳相関をどう説明できるのかホットな議論がなされている。

ブレーザーにおいても類似の相関がすでに指摘されている (Tanihata et al. 2004, ApJ 601, 759; Kataoka 2000, Ph.D. thesis)。ブレーザーはシンクロトロンによる放射と考えられている。実際にスペクトル変動の説明と磁場・電子のエネルギー測定に成功、根本的には、疑いない (Tashiro et al. 1995, 1996; Takahashi et al. 1996; Kataoka et al. 2002; Ushio et al. 2009)。

もちろんこの類似だけをもって、GRB の放射機構をシンクロトロン放射のみと結論することはできないが、放射領域の物理に、スペクトル変動の比較という新たな視点を持ち込むことで、両者の共通点と相違点を調べることは、まちがいに重要課題である。

(3) 環境：周辺の物質と相互作用

これまで輝線が弱くあまり観測されていなかったブレーザーについても、鉄輝線や周辺物質の散乱成分からの X 線観測が始まっている (e.g. Sambruna et al. 2006)。活動銀河核一般で、X 線によるスペクトル構造の研究は、大きな成功を収めており、ブレーザーにおいても、観測降着円盤自体やその周辺の状況の比較は非常に興味深いテーマである。一方の GRB についても、輝線の兆候などの報告があるものの (e.g. Antonelli et al. 2000; Rees et al. 2000) 確定的ではなく、これからの精度の高い観測に期待される場所である。また多波長による残光観測によって、星周物質による吸収の研究も始まっている。

このように、ブレーザーと GRB は、サイズで 7-8 桁、ジェットのドップラー因子にして 2 桁程度スケールが異なるとはいえ、共通の観測的なテーマを持つ。超相対論的ジェットの形成と状態を知る上で、これらの共通点、相違点を明確にすることは、重要な指針となるはずである。

2. 研究の目的

本課題は、多波長モニタリング観測とターゲット観測を併用して、GRB とブレーザーの 2 大超相対論的ジェットの類似と相違を観測的に解き明かし、ジェット形成・加速のメカニズムの解明に挑む。

(1) エンジン：ジェットの活動時間

GRB については、広視野の X 線と可視光によるモニター観測によって、バースト発生前の小規模な活動—プリカーサを含め、バースト発生前の活動状態の探査を進める。

AGN については、視点を変え、電波ローブの詳細観測を行う。電波ローブは AGN ジェットの終端にできる構造である。AGN ジェットは銀河間物質によって減速され、衝撃波を経て非熱的電子を銀河間空間に拡散する。これが銀河間磁場と散乱することでシンクロトロン電波源となり電波ローブとして観測される。この相対論的電子はまた、マイクロ波背景放射を散乱し、X 線放射もつくる。放射している系でのマイクロ波背景放射のエネルギー及び密度は容易に求められるので、X 線放射の強度からは、電子のエネルギーが算出できる。さらにこれを用いることで、シンクロトロン電波強度からは磁場を求めることができる。すなわち、ジェットによって供給された相対論的電子が、銀河間磁場とマイクロ波背景放射によってゆっくりと冷却されている過程が電波ローブからの電波および X 線放射として観測されるのであり、AGN ジェットの長期的な活動の履歴を表す。ローブ中のエネルギー密度から、AGN ジェットの活動の履歴・時間変化を明らかにする。

(2) ジェット：放射領域の物理

相対論的ジェット中の放射領域の物理は、スペクトルの時間変動で探る。変動の速さは、ジェットの速度とジェットのサイズに依存するので、より高速で小さく、その結果、明るく短時間で変動する GRB の方が観測に有利になる。

上で触れたように GRB はさまざまな時間スケールでスペクトル変動を行うことがわかってきた。時間変動観測は、我々の運用している「すざく」搭載 WAM 検出器のもっとも得意とするところである。GRB に含まれる変動をスペクトル変動のしかたで分類し、サイズ、加速（加熱）、冷却、ジェットの減速効果に仕分けして、プレーザーの振る舞いと詳細に比較する。これによって、GRB の放射機構を熱的なものか非熱的なものか、あるいは両者を含むのか観測的に決着させる。

(3) 環境：衝撃波伝播と周辺物質の分光解析

ジェットの環境は、ジェットの加速と減速に影響を与えるはずである。逆に周囲の物質の密度分布とジェットの減速の様子から、ジェットの運動エネルギーをある程度みつめることが可能である。そこで、GRB 多波長残光観測によって、星周物質中を伝播する衝撃波の振る舞いを調べた。

さらに将来の課題として、星周物質の元素組成探査がある。GRB 残光の X 線観測から、これまでスペクトル中の光電吸収や輝線スペクトルの兆候が示唆されている。これはジェットの進行にともなって、起源星の星周物質の分布をスキャン探査することに相当する。この研究を進めるために ASTRO-H 搭載軟 X 線分光装置 SXS の開発を進める。

3. 研究の方法

本課題では、GRB と AGN の 2 大超相対論的ジェットの類似と相違を観測的に解き明かし、前項にのべた(1)~(3)の観点から、ジェット形成・加速のメカニズムの解明に挑んだ。

(1) エンジン：GRB 初期放射・早期残光探査と AGN 電波ロブの多波長観測

GRB の状態遷移は、X 線残光および可視光残光の特に初期における連続観測が重要である。このために有用なのが、バースト発生時から連続して観測をおこなう Swift と、それに連携して初期可視光残光観測を行う WIDGET をはじめとする可視光追観測望遠鏡である。このうち我々が開発・運用している WIDGET は、4 台の 30 度四方の広視野カメラで、GRB 観測衛星 Swift の視野を自動的に追尾し、GRB 発生前からの観測データを取得する。これは我々のグループで開発し、東京大学天文教育センター木曾観測所で運用している。

一方、AGN ジェットの状態遷移をしらべ

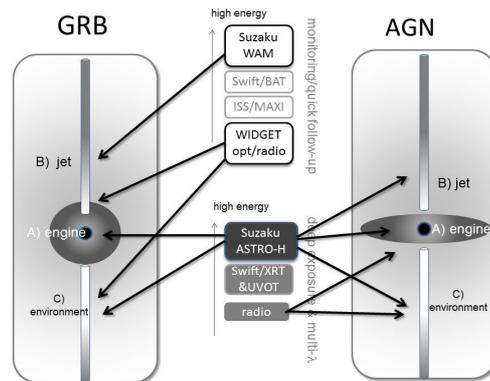
るためには、ジェット・電波ロブ系の観測をおこなう。すなわち、低輝度の硬 X 線観測にすぐれた「すざく」衛星の XIS ならびに HXD を使用する。電波干渉計による観測とあわせて、巨大電波ロブ天体の観測をおこない、ロブのサイズと蓄積された電子と磁場のもつエネルギー、さらにその空間分布の研究を行った。

(2) ジェット；GRB 放射スペクトルの変動
前項で述べたように GRB の短時間スペクトル変動を「すざく」搭載 WAM と Swift 衛星の BAT をつかって系統的に調査した。特に単一パルスのスペクトル変動に注目することで、詳細に電子冷却過程の特定に注力した。WAM と BAT の組み合わせは、15keV-5MeV 帯域で最大の有効面積を誇り、スペクトルの時間変動解析に適している。

(3) 環境：GRB 早期残光の多波長観測と、超高分解能 X 線分光計の開発

GRB については、可視光残光の共同変動を星周物質との衝撃波形成の観点から研究した。観測装置としては(1)でのべた WIDGET のほかに、ミリ波を含む電波から可視光の望遠鏡の観測結果を用いた。

さらに、GRB の星周物質や AGN をとりまく銀河間物質の電離度と元素組成を明らかにすることをめざし、エネルギー分解能において画期的な装置となることが確実な ASTRO-H 衛星搭載の X 線マイクロカロリメータ SXS の開発をすすめると同時に、それを用いた観測計画を立てた。



4. 研究成果

(1) エンジン

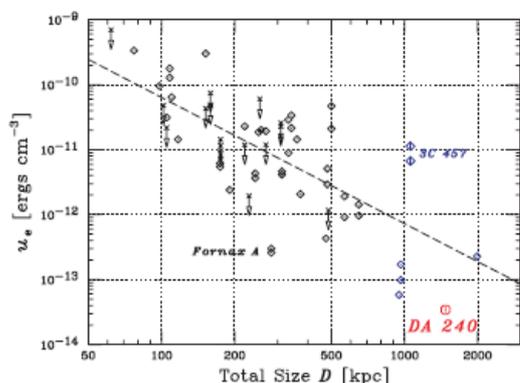
GRB 可視光初期放射をとらえることを目指し超広視野可視光望遠鏡 WIDGET の改良、運用を行った。しかし、これまでに有意な検出がなく生成された降着円盤の状態遷移を示す初期放射の可視光探査は継続中である。

これまでの開発、性能評価をまとめた論文を Urata et al.(2010)として出版した。2012 年には、小屋内においた制御用計算機が経年劣化と雨による動作不良をきたしたので、計

算機の更新も行っている。一方、WIDGETも含めた早期残光の観測による、星周物質との相互作用の研究結果については別項(3)で述べる。

AGN 電波ローブの観測：活動銀河核ジェット・ローブの進化について、コンパクトな系から巨大電波ローブにいたるまで、系統的に調べることで、ローブ中の電子に供給されている電子の総エネルギーがローブのサイズにほぼ比例していることを明らかにした。これはジェットの活動期間（最大のもので100Myr程度）にわたって、ほぼ一定量のエネルギーが継続的（連続的あるいは短い中断を挟んで断続的）にローブに供給されていることを示唆する。一方、ローブ中の磁場は、電子エネルギーにくらべて弱い相関しか示さず、AGN 活動によらず銀河間空間を起源として、これがジェットと衝撃波に増幅されていると考えられる。

観測的研究成果を Yaji et al.(2010).矢治博士論文(2011), Isobe et al.(2010,2011)として出版している。



Isobe et al. (2011)より。電波ローブのサイズ(D)とローブ中の電子のエネルギー密度(u_e)が、 $u_e \propto D^{-2}$ の相関を示している。

さらに近傍の巨大電波ローブを調べることで、ローブ中に銀河間空間から巻き込まれた熱的なプラズマが存在することを発見した(Seta et al. 2013, 瀬田博士論文 2013)。このプラズマは空間的に非一様に分布しており、これはローブを形成するときのジェットの向きの変化や力学的エネルギーの変遷を調べるうえで重要な情報であり、継続して系統的な探査を進めている。

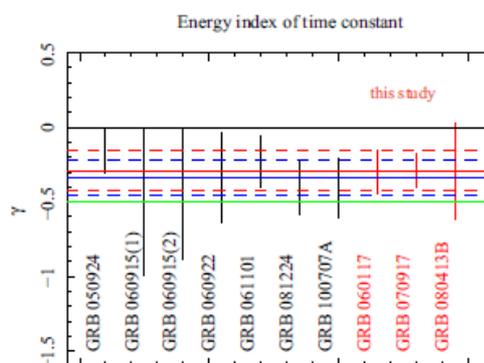
(2) ジェット

「すざく」WAM と Swift/BAT を使って GRB 初期放射のスペクトル変動を系統的に調べた。とくに加速と放射冷却によるスペクトル変動を峻別するため、光度曲線の立ち上がり時間が短く、指数関数的に減光する FRED (fast rise exponential decay)型のパルスを選び、その減光部分のスペクトル変動に着目した。このパルス形状はしばしば GRB に見られるが、複数のパルスが重なると加速によるスペクトル変動が混入するので、孤立

したものを選んだ。

最初に WAM で高い統計で観測された7つの FRED イベントのエネルギー帯域別光度曲線をしらべ、減光の時定数がエネルギーのべき関数で表現できることを示した。求められたべきは-0.3~-0.5 に集中しており、共通の冷却機構を示唆した。続いて、時間分解スペクトル解析を行い、WAM の帯域では、シンクロトン放射冷却が支配的であるが、GRB によっては、そこに次第に冷却される黒体放射スペクトルが混入しているものもあることを明らかにした(Tashiro et al. 2012)。

次いで、Swift/BAT と WAM の同時観測に成功した FRED イベントを3つ選び出し、それらの減光に伴うスペクトル変動がシンクロトン冷却で説明でき、特に統計のよかった2例については、シンクロトン自己吸収周波数以上のすべての帯域にわたって、シンクロトン冷却が及んでいる場合(fast cooling)の放射冷却の振る舞いで再現できることを明らかにした(Tashiro et al. in press ほかに学会発表など)。



Tashiro et al. (2014)より。FRED 型 GRB の減光における時定数が、エネルギー帯域のべき関数になっている。そのエネルギー指数は、多数の GRB において共通の傾向が見られる。

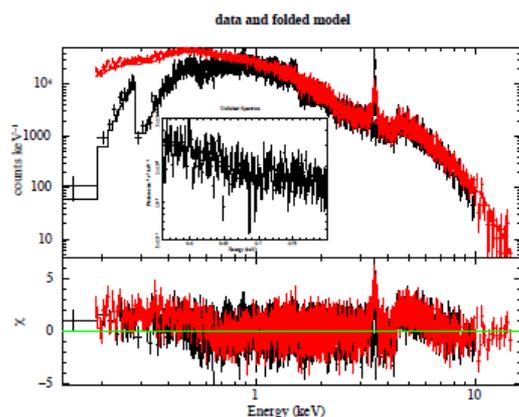
(3) 環境

GRB の初期残光は、星周物質とジェットの相互作用によってつくられる。これらの波長別光度変動は、衝撃波の伝播を反映しており、特にミリ波・サブミリ波帯域において、他波長の残光とことなった振る舞いをする残光を観測した。これは他波長が順行衝撃波によるのに対して、逆行衝撃波によるものと理解でき、星周物質の分布と、ジェットの与える衝撃波の様子を知る上で、新しい手がかりを示した(Urata et al. 2014)。またこのほかにも、国際観測ネットワークを組んでいる他の望遠鏡の観測データによる残光観測の報告も行っている(Urata et al. 2012)。

GRB や AGN ジェットの周辺物質の元素組成については、精密分光をおこなうのが有効である。このために ASTRO-H 搭載 X 線マイクロカロリメータ SXS の開発をすすめた。特に、デジタル信号処理部については責任担当し、性能実証モデル試験をはじめ、耐振動、

耐衝撃、熱真空、電磁環境などの環境試験、さらに NASA/GSFC から提供されたセンサー信号を入力しての性能実証をへて、搭載品の開発とその機能・性能実証を主導した(田代他 日本天文学会 2013 年秋季年会、山口他 日本天文学会 2014 年春季年会)。その成果は、国際学会で発表し、さらに査読論文(Seta et al. 2012; Shimoda et al. 2012)として出版している。

また ASTRO-H による GRB や AGN を用いた星間空間・銀河間空間の低電離プラズマの観測計画について検討をすすめた。その成果は、国際学会の招待講演、口頭講演として発表し(Tashiro, 2013 ギリシア、2014 ロシア)、また、ASTRO-H White Paper の一篇として公表している (Tashiro et al., 2014b, eprint arXive: 14212.1179)



Tashiro et al. (2014b)より。ASTRO-H で観測が期待される低電離銀河間プラズマによる元素吸収線のシミュレーション。プラズマを照らす光源として GRB の早期 X 線残光を想定している。

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 42 件)

主な査読論文のみ記載

1. Urata, Y, Huang, K., Takahashi, S., Im, M., Yamaoka, K., Yamaoka, K., Tashiro, M., Kim, J-W., Jang, M., Pak, S., “Synchrotron Self-inverse Compton Radiation from Reverse Shock on GRB 120326A”, 2014, ApJ 789, id 146 (8 pp), DOI: 10.1088/0004-637X/789/2/146
2. Seta, H., Tashiro, M.S., Inoue, S., “Suzaku Detection of Thermal X-Ray Emission Associated with the Western Radio Lobe of Fornax A”, 2013, PASJ 65, 106 (10 pp), DOI: 10.1093/pasj/65.5.106
3. Seta, H., Tashiro, M.S., Ishisaki, Y., Tsujimoto, M., Shimoda, Y., Abe, Y., Yasuda, T., Takeda, S.; Asahina, M., Hiyama, Y., Yamaguchi, S., Terada, Y., Boyce, K. R., Porter, F. S., Kilbourne, C. A., Kelley, R. L., Fujimoto, R., Takei, Y.,

Mitsuda, K., Matsuda, K., Masukawa, K., “The Digital Processing System for the Soft X-Ray Spectrometer Onboard ASTRO-H —The Design and the Performance—”, 2012, IEEE Transactions on Nuclear Science, 59, 366-372, DOI: 10.1109/TNS.2011.2179671

4. Shimoda, Y., Seta, H., Tashiro, M. S., Terada, Y., Ishisaki, Y., Tsujimoto, M., Mitsuda, K., Yasuda, T., Takeda, S., Hiyama, Y., Masukawa, K., Matsuda, K., Boyce, K. R., “Development of a Digital Signal Processing System for the X-Ray Microcalorimeter Onboard ASTRO-H(II)”, 2012, Journal of Low Temperature Physics, 167,575-581,DOI:10.1007/s10909-012-0483-0
5. Urata, Y., Huang, K., Yamaoka, K., Tsai, P.P., Tashiro, M.S., “Energetic Fermi/LAT GRB 100414A: Energetic and Correlations”, 2012, ApJ, 748, id L4 (5 pp), DOI: 10.1088/2041-8205/748/1/L4
6. Tashiro, M.S., Onda, K., Yamaoka, K., Ohno, M., Sugita, S., Uehara, T., Seta, H., “Spectral Evolutions in Gamma-Ray Burst Exponential Decays Observed with Suzaku WAM”, 2012, PASJ 64, 26 (10 pp), DOI: 10.1093/pasj/64.2.26
7. Isobe, N., Seta, H., Poshak, G., Tashiro, M.S., “Suzaku Diagnostics of the Energetics in the Lobes of the Giant Radio Galaxy 3C 35”, 2011, ApJ 727, id 82 (9 pp), DIO: 10.1088/0004-637X/727/2/82
8. Urata, Y., Tashiro, M.S., Tamagawa, T., Usui, F., Kuwahara, M., Hungmiao, L., Kageyama, S., Iwakiri, W., Sugasahara, T., Takahara, K., Kodaka, N., Abe, K., Masuno, K., Onda, K., “WIDGET: System Performance and GRB Prompt Optical Observations”, 2011, PASJ 63, 137-146, DOI: 10.1093/pasj/63.1.137
9. Sakamoto, T., Pal’Shin, V., Yamaoka, K., Ohno, M., Sato, G., Aptekar, R., Barthelmy, S.D., Baumgartner, W.H., Cummings, J. R., Fenimore, E. E., Frederiks, D., Gehrels, N., Golenetskii, S., Krimm, H.A., Markwardt, C.B., Onda, K., Palmer, D.M., Parsons, A.M., Stamatikos, M., Sugita, S., Tashiro, M., Tueller, J., Ukwatta, T.N., “Spectral Cross-Calibration of the Konus-Wind, the Suzaku/WAM, and the Swift/BAT Data Using Gamma-Ray Bursts”, 2011, PASJ 63, 215-277, DOI: 10.1093/pasj/63.1.215
10. Yamada, S., Makishima, K., Nakazawa, K., Kokubun, M., Kawaharada, M., Kitaguchi, T., Watanabe, S., Takahashi, H., Noda, H., Nishioka, H., Hiragi, K., Hayashi, K., Nakajima, K., Tashiro, M., Sasano, M., Nishino, S., Torii, S., Sakurai, S., Takahashi, T., Mizuno, T., Enoto, T., Yuasa,

- T., Tanaka, T., Kouzu, T., Nakano, T., Fukazawa, Y., Terada, Y., Uchiyama, Y., Iwakiri, W., “Improvements in Calibration of GSO Scintillators in the Suzaku Hard X-Ray Detector”, 2011, PASJ 63, S645-656, DIO: 10.1093/pasj/63.sp3.S645
11. Isobe, N., Seta, H., Tashiro, M.S., “Suzaku Measurement of Electron and Magnetic Energy Densities in the East Lobe of the Giant Radio Galaxy DA 240”, 2011, PASJ, 63,S947-955,DIO:10.1093/pasj/63.sp3.S947
 12. Yaji, Y., Tashiro, M.S., Isobe, N., Kino, M., Asada, K., Nagai, H., Koyama, S., “Evidence of Non-thermal X-ray Emission from Radio Lobes of Cygnus A”, 2010, ApJ, 714, 37-44, DOI: 10.1088/0004-637X/714/1/37
 13. Onda, K., Tashiro, M.S., Nakagawa, Y.E., Yamaoka, K., Terada, Y., Ohno, M., Sugita, S., Sakamoto, T., Toma, K., Poshak, G., Kodaka, N., Iwakiri, W., Urata, Y., Yamauchi, M., Fukazawa, Y., “Time-Resolved Spectral Variability of the Prompt Emission from GRB 070125 Observed with Suzaku/WAM”, 2010, PASJ, 62, 547-556, DOI: 10.1093/pasj/62.3.547
 14. Endo, A., Minoshima, T., Morigami, K., Suzuki, M., Shimamori, A., Sato, Y., Terada, Y., Tashiro, M.S., Urata, Y., Sonoda, E., Yamaoka, K., Sugita, S., Watanabe, K., “A Catalog of Suzaku/WAM Hard X-Ray Solar Flare”, 2010, PASJ 62, 1341-1349, DOI: 10.1093/pasj/62.5.1341
 15. Konami, S., Matsushita, K., Nagano, R., Tashiro, M.S., Tamagawa, T., Makishima, K., “Abundance Patterns in the Interstellar Medium of the S0 Galaxy NGC 1316 (Fornax A) Revealed with Suzaku”, 2010, PASJ, 62, 1435-1443, DOI: 10.1093/pasj/62.6.1435

〔学会発表〕(計8件) 国際学会のみ記載

1. Tashiro, M.S., “Swift and Suzaku observations of spectral evolutions in the FRED type GRBs”, Swift: 10 Years of Discovery, Roma-La Sapienza University, Rome (Italy) December 2-5, 2014 (poster)
2. Tashiro, M.S., “Future ASTRO-H Capability in Observing Gamma-ray Bursts and their Afterglows”, Ioffe Workshop on GRBs and other transient sources: 20 Years of Konus-Wind Experiment, Ioffe Institute, St. Petersburg (Russia) 26 September 2014, <invited>
3. Ueno, Haruka, Tashiro, Makoto, “Spectral Evolutions in Gamma-Ray Burst Exponential Decays Observed with Suzaku/WAM and Swift/BAT”, Suzaku-MAXI 2014: Expanding the Frontiers of the X-ray Universe, Ehime

University (愛媛県・松山市), February 19, 2014 (poster)

4. Ueno, Haruka, Tashiro, Makoto, “Spectral Evolutions in Gamma-Ray Burst Exponential Decays Observed with Swift/BAT and Suzaku/WAM”, Explosive Transients: Lighthouses of the Universe, Santorini, (Greece) September 15, 2013, (poster)
5. Tashiro, M. S., et al. “Future Astro-H Capability in Observing Gamma-ray Bursts”, Explosive Transients: Lighthouses of the Universe, Santorini, (Greece) September 20, 2013,
6. Tashiro, Makoto, “Spectral Evolutions in Gamma-Ray Burst Exponential Decays Observed with Suzaku WAM”, IAU Symposium 279 ‘Death of Massive Stars: Supernovae and Gamma-Ray Bursts’, Nikko Senhime Monogatari (栃木県・日光市) (Japan), March 12, 2012 (poster)
7. Shimoda, Yuya et al., “Development of a Digital Signal Processing System for the X-Ray Microcalorimeter Onboard ASTRO-H (II)”, 14th International Workshop on Low Temperature Detectors, Heidelberg University, Heidelberg. (Germany), August 3, 2011,
8. Tashiro, Makoto, “GRB: the contribution of Suzaku”, Vulcano Workshop 2010 Frontier Objects in Astrophysics and Particle Physics, Vulcano, (Italy) May 27 2010 <invited>

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件) ○取得状況(計0件)

6. 研究組織

(1)研究代表者

田代 信 (TASHIRO, Makoto)
(埼玉大学・理工学研究科・教授)
研究者番号 : 00251398

(2)研究分担者 なし。

(3)連携研究者

寺田幸功(TERADA, Yukikatsu)
(埼玉大学・理工学研究科・准教授)
研究者番号 : 90373331

玉川 徹 (TAMAGAWA, Toru)
(理化学研究所・准主任研究員)
研究者番号 : 20333312