

全天 X 線監視装置 (MAXI) による SFXTs 観測

榊原 大貴 (日本大学大学院 理工学研究科)

Abstract

全天 X 線監視装置 (MAXI : Monitor of All-sky X-ray Image) は、2009 年 7 月に国際宇宙ステーション (ISS) の日本の実験棟「きぼう」の船外実験プラットフォームに搭載された。MAXI では、IGR J18483-0311 等のいくつかの SFXTs (Supergiant Fast X-ray Transients) 天体で受かっている。そこで、その他の SFXTs 天体でも増光現象が起こっているのではないかと考えた。その確認のため、SFXT 関連の論文から、SFXTs 候補天体をリストアップし、INTEGRAL や Swift/BAT などの他の衛星の観測をもとに、座標、flux、エネルギー領域を一覧にした。そして、MAXI の on-demand data を利用し、SFXTs 天体の座標近くに、その他の強い X 線源がないかを確認する。また、運用開始からの SFXTs 候補天体の座標の X 線強度変動を確認する。

1 研究目的

SFXTs 天体 (3 章参照) は、INTEGRAL によって数多く発見され、X 線強度変動の周期性も発見された。また、周期性は Swift/BAT や RXTE/ASM でも発見されている。しかしながらそれらの観測機器は MAXI よりも高いエネルギー領域の観測によるものであった。SFXTs 天体は、MAXI でも増光が観測される。そのため INTEGRAL で発見されたような周期性を MAXI on-demand data を使い、軟 X 線領域の強度変動の周期性を確認する。

2 全天 X 線監視装置 (MAXI)

2.1 概要

MAXI は、2009 年 7 月 24 日に国際宇宙ステーション (ISS : International Space Station) の日本の実験棟 (JEM : Japanese Experiment Module) に搭載され、同年 8 月 8 日より観測を開始した全天 X 線モニター (ASM : All-Sky Monitor) である。

MAXI には、2 種類のカメラが搭載されている。1 つは比例計数管を用いた、視野 $1.5^\circ \times 160^\circ$ 、2-20 keV の X 線エネルギー領域を観測する GSC (Gas Slit Camera)、もう一つが、視野 $1.5^\circ \times 90^\circ$ 、0.7-12 keV の X 線エネルギー領域を観測するの CCD を用

いた SSC (Solid-state Slit Camera) である。このカメラが ISS の進行方向に対して、それぞれ水平方向と垂直方向に設置されている (図 2 参照)。そして、ISS が地球の周りを約 92 分間で周回することで全天をスキャンしている [1]。

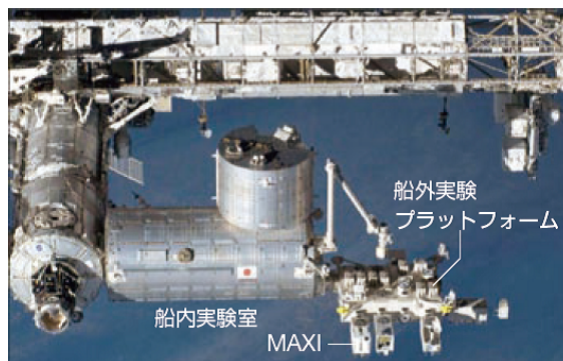


図 1: 全天 X 線監視装置 (MAXI) [2]

3 Supergiant Fast X-ray transients (SFXTs)

Supergiant Fast X-ray Transients (SFXTs) は、INTEGRAL 衛星によって発見された (Sguera et al. 2005, 2006; Negueruela et al. 2006)。この系は、

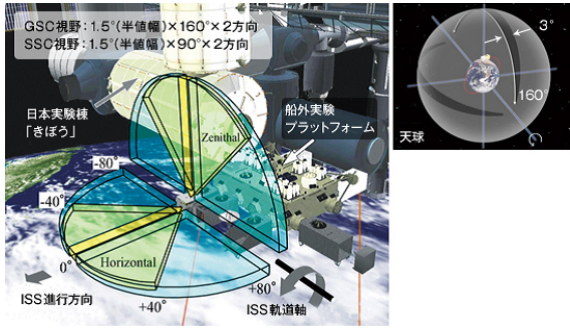


図 2: MAXI の観測方向と視野 (黄色の視野: GSC、青色の視野: SSC) [3]

コンパクト天体の中性子星とドナー星の OB 型超巨星で構成している。この系からの放射機構の特徴としては、短く輝くフレアが特徴的である。約数秒から数分で flux のピークに達し、数分から数時間にかけて減光する。図 3 では INTEGRAL によって観測された XTE J1739-302 のフレア時のライトカーブが記されている。図 4 では同衛星によって観測された IGR J16479-4514 の一つのフレアに関して、詳細な形状が分かる。また、静穏時とフレア時の X 線 luminosity の変動幅が大きいという特徴がある。静穏時が $\sim 10^{32} \text{erg s}^{-1}$ 、フレア時が $\sim 10^{37} \text{erg s}^{-1}$ と 5 桁ほど幅がある天体もある [6]。

この X 線放射機構として考えられているモデルの 1 つとして、clumpy wind モデルがある。このモデルは、超巨星からの恒星風の密度にムラがあり、濃い恒星風のかたまりが中性子星に降着することによって、一時的に降着量が増加し、短時間に急激な X 線変動をもたらすと考えられている。また、このモデルでは、ドナー星を基準とする慣性系でみたとき、中性子星の軌道は大きな楕円軌道をとる。そのため近星点付近ではアウトバーストを起こすが、それ以外ではほとんど恒星風による降着がないため、低 luminosity が長く続く [5][6]。

3.1 SFXTs 候補天体

表 1 の SFXTs は、今までに SFXTs もしくは SFXTs 候補天体として論文に発表された天体を一覧にしたもので 18 天体ある。そして SFXTs 候補天

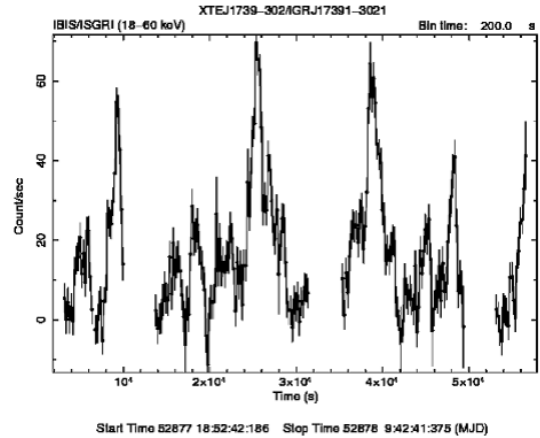


図 3: INTEGRAL によって観測されたフレア時の XTE J1739-302 のライトカーブ [7]

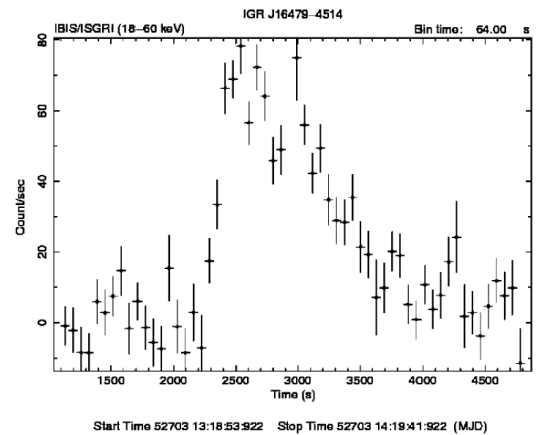


図 4: INTEGRAL によって観測されたアウトバースト時の IGR J16479-4514 のライトカーブ [7]。フレアの形は 200~300 秒で上昇し、 890 ± 60 秒の指数関数的な減少をする。

体が過去にどの程度のフレアを起こしたかを一覧にしたものである。この中で、IGR J19294+1816 に関しては、MAXI の公開データとしても登録されている。その他 17 天体に関して、MAXI の公開データとしては登録されていない。

図 5 に関しては、SFXTs 候補天体の銀河座標を全天マップにプロットしたものである。図 5 をみると、全ての SFXTs 天体が銀河面に集中し、銀河中心など、ある程度かたまって存在する傾向がわかる。またその

他の明るい X 線源の近くにある場合が多く見られるため、SFXTs 候補天体から近傍天体までの離角や近傍天体の X 線強度を調べている。これにより SFXTs 候補天体への X 線強度の影響を判断できる。その影響が大きいものとしては、図 6 の IGR J16479-4514 である。図 6 中央の IGR J16479-4514 のすぐ左上に GX 340+0 という明るい X 線源が存在する。そのため MAXI では IGR J16479-4514 の X 線強度変動をとらえるのは難しいのではないかと考えている。

その他には、MAXI の on-demand data や他の X 線衛星の公開ライトカーブを比較し、X 線強度の変動が確認できるかやフレアが他の X 線衛星と同時刻に起こっているのかを確認している。

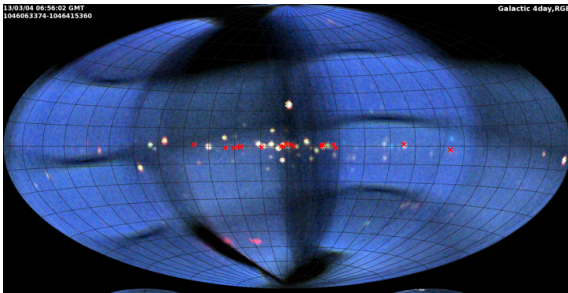


図 5: SFXTs 候補天体の 18 天体の銀河座標のプロット (赤の×印が SFXTs 候補天体)

4 今後の課題

今後の課題として、まず表 1 で記した 18 天体に関して、MAXI の on-demand data を利用し、近傍に他の X 線強度の強い天体がないかを確認する。また近くに X 線強度の強い天体があった場合、分解ができるかを確認する。次に INTEGRAL や Swift/BAT の公開ライトカーブを利用し、同時期のライトカーブを比較し、MAXI でフレアとして観測できているかを確認する。

表 1: SFXTs 候補天体の flux とそのエネルギー領域

SFXTs 候補天体	flux	エネルギー領域	観測機器
	[mCrab]	[keV]	
AX J1749.1-2733	68	22-60	INTEGRAL
AX J1841.0-0536	~ 4	2-10	ASCA
IGR J08408-4503	250	20-40	INTEGRAL
IGR J11215-5952	~ 68	1-10	Swift
IGR J16195-4945	~ 35	20 - 40	INTEGRAL
IGR J16207-5129	3.8±0.3	20-40	INTEGRAL
IGR J16418-4532	~80	20-30	XMM-Newton
IGR J16465-4507	8.8±0.9	20-60	INTEGRAL
IGR J16479-4514	~ 810	0.5-10	Swift
IGR J17354-3255	~ 9	10-100	Swift
IGR J17407-2808	~805	20-60	INTEGRAL
IGR J17544-2619	160	18-25	INTEGRAL
IGR J18450-0435	~32	3-10	INTEGRAL
IGR J18483-0311	10	15-40	INTEGRAL
IGR J19294+1816	33.7	18-40	INTEGRAL
SAX J1818.6-1703	400	9-25	INTEGRAL
XTE J1739-302	150	18-50	INTEGRAL
XTE J1901+014	~900	2-12	RXTE

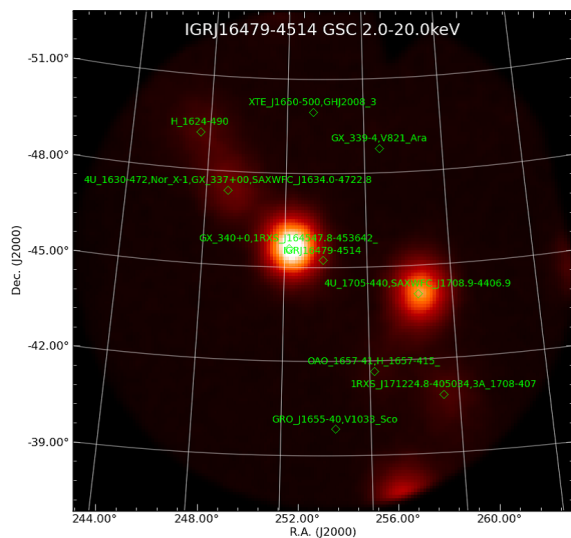


図 6: MAXI/GSC (2.0-20.0 keV) の観測データをもとに MAXI on-demand data でイメージした IGR J16479-4514 と GX 340+0 である。

Reference

- [1] 諏訪文俊. 2011. 日本大学大学院 理工学研究科 物理学専攻 修士論文
- [2] JAXA きぼう, <http://www.isas.ac.jp/j/forefront/2009/ueno/02.shtml>
- [3] 理化学研究所 MAXI, <http://www.riken.jp/media/riken/pr/publications/news/2010/rn201010.pdf>.
- [4] 全天 X 線監視装置開発チーム, 全天 X 線監視装置中間報告書
- [5] R. Walter and J. Zurita Heras, 「Probing clumpy stellar winds with a neutron star」, *A&A*, 2007
- [6] Sidoli, L., arXiv, 2013. Supergiant Fast X-ray Transients: a review
- [7] Ubertini, P. and Bazzano, A., Bird, A.J., and Sguera, V. and Sidoli, L., 2010. INTEGRAL review of HMXBs: SFXTs