

MAXI/GSC のデータを用いた MAXI J1647-227 のスペクトル解析

小野寺 卓也 (日本大学大学院 理工学研究科)

Abstract

MAXI (Monitor of All-sky X-ray Image) とは、ISS (International Space Station) の日本実験棟「きぼう」の船外実験プラットフォームに設置された X 線観測装置である。MAXI の目的の 1 つは、ブラックホールや中性子星からのアウトバースト、また γ 線バーストなどの X 線領域で突然明るく輝く突発現象を捉えることである。本研究では、MAXI が発見した新 X 線天体 MAXI J1647-227 の解析を MAXI/GSC のデータを用いて行った。各エネルギー帯のハードネスレシオを取ることで、本天体が軟 X 線領域 (2-10 keV) でスペクトル変化していることが確認できた。また、中性子星周りの降着円盤の最内縁半径と天体までの距離を仮定する事で、天体のおおよその傾き (視線角度 θ) を見積もることができた。今後は、より詳細なスペクトル解析を行い、本天体の半径と質量、そして天体までの距離を算出することを目標としている。

1 紹介

1.1 MAXI

MAXI には、比例計数管を用いた GSC (Gas Slit Camera) と CCD を用いた SSC (Solid state Slit Camera) の 2 種類のカメラが、天頂方向と進行方向を見るように配置されている。ISS が地球を周回することで、約 92 分で地球から見たほぼ全天を観測することができる。GSC, SSC の性能を以下に示す [1]。

表 1: GSC の性能

	GSC
X 線検出器	比例計数管 (12 台)
X 線エネルギー帯域	2-30 keV
全検出面積	5320 cm ²
エネルギー分解能	18% (5.9 keV)
視野	160 度 × 1.5 度
時間分解能	50 μ 秒

表 2: SSC の性能

	SSC
X 線検出器	X 線 CCD (32 枚)
X 線エネルギー帯域	0.5-12 keV
全検出面積	200 cm ²
エネルギー分解能	< 150 eV (5.9 keV)
視野	90 度 × 1.5 度
時間分解能	5.8 秒

GSC の実際の X 線エネルギー帯域は 2-30 keV であるが、20 keV 以上はノイズが大きいため、解析には使用していない。

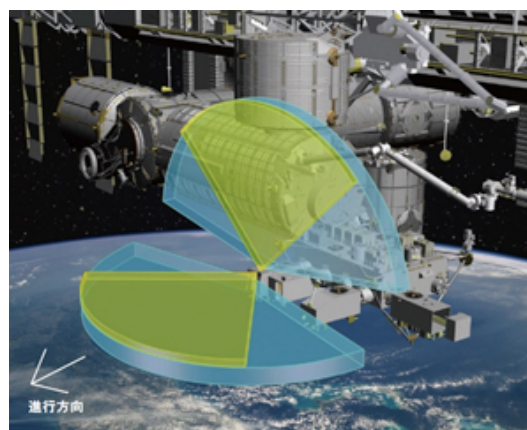


図 1: MAXI の視野 (JAXA のホームページ [2] より引用)

図 1 は、ISS の日本実験棟「きぼう」の船外実験プラットフォームに搭載された MAXI の視野を表したものである。青色が GSC の視野で、緑色が SSC の視野である。

1.2 MAXI J1647-227

MAXI J1647-227 は、2012 年 6 月 12 日に MAXI/GSC によって検出された X 線天体である

[3]。その後 Swift/XRT の追観測により正確な位置 ((R.A.,Dec) = (252.05134, -23.01534)(J2000)) がわかり、2012 年 6 月 19 日に Type I burst が観測されたことより、本天体が中性子星であると特定された [4]。

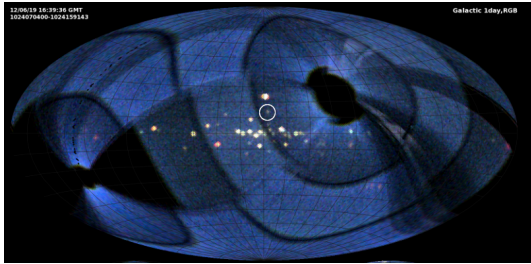


図 2: 2012 年 6 月 19 日の全天 X 線画像。MAXI J1647-227(白丸)

2 観測結果

2.1 光度曲線

MAXI/GSC で観測した MJD=56070-56470 (2012 年 5 月 23 日-2013 年 6 月 27 日) の 400 日間における MAXI J1647-227 の各エネルギー帯の光度変化を図 3 に示す。

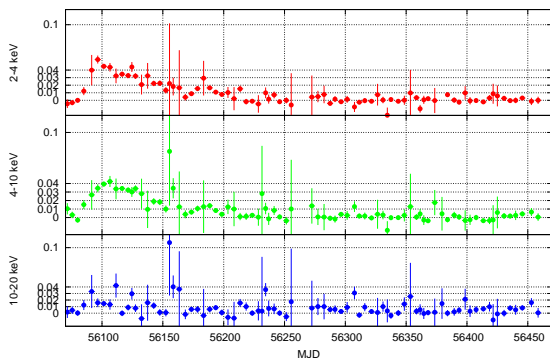


図 3: MAXI J1647-227 の各エネルギー帯の光度変化。縦軸: Count Rate [count/cm²/s]

MJD=56097 (2012 年 6 月 19 日) 付近で、2-4 keV 帯において Count Rate = 0.06 程度まで上昇し、その後なだらかに減光している。MJD=56180 (2012 年 9 月 10 日) 付近で Count Rate = 0.03 まで上昇するが、MJD=56225 (2012 年 10 月 25 日) には Count Rate = 0 まで減光している。

図 4 は、アウトバーストが起きている MJD=56070-56270 (2012 年 5 月 23 日-2012 年 12 月 9 日) の期間に注目し、ハードネスレシオ (4-10 keV [count/cm²/s] / 2-4 keV [count/cm²/s]) を取ったものである。

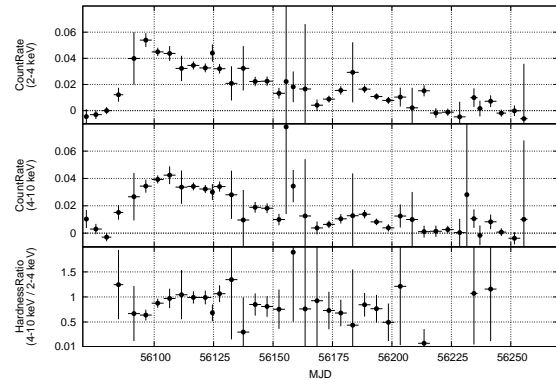


図 4: ハードネスレシオ (4-10 keV [count/cm²/s] / 2-4 keV [count/cm²/s])

2-4 keV 帯での Count Rate が最大を迎えるところからハードネスレシオは上昇し、MJD=56125 (2012 年 7 月 17 日) まで一定となっている。その後はハードネスレシオ=1 を超えることはなく、soft な状態にあるといえる。

図 5 は、Swift/Burst Alert Telescope で得られたデータと MAXI/GSC で得られたデータのハードネスレシオを取ったものである。Swift/BAT とは、X 線エネルギー帯域が 15-50 keV と、高エネルギー帯で高感度の検出感度を誇る広視野 X 線観測装置である。

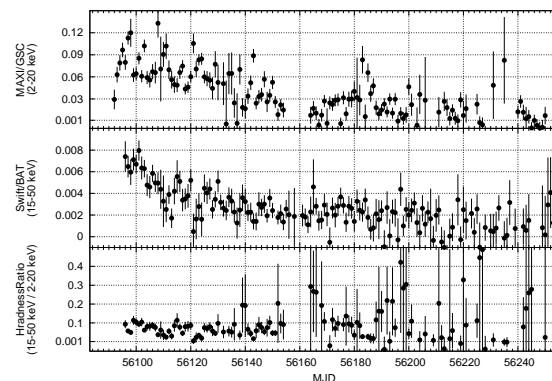


図 5: Swift/BAT と MAXI/GSC の観測データのハードネスレシオ (15-50 keV [count/cm²/s] / 2-20 keV [count/cm²/s])

3 解析

3.1 スペクトル解析

スペクトル解析は、NASA が提供している解析ソフト HEAsoft (vresion 6.13) に含まれている xspec (version 12.8.0) を用いて行った。

中性子星のスペクトルは、光学的に厚い降着円盤からの放射 (多温度黒体放射: Multi Color Disk model) と中性子星表面からの放射 (黒体放射: blackbody model) の 2 つの領域からの放射で説明できるとされている (Mitsuda et al,1984[5])。これより、今回のフィッティングは星間吸収を考慮した 2 つの領域からの放射 ($wabs*(diskbb+bb)$) を仮定した。

今回のフィッティングにおいて、星間吸収のパラメータは、 $N_H = 0.43 \times 10^{22} cm^{-2}$ に固定した。この値は、Swift/XRT の観測結果より得た値である [6]。ここで Swift/X-Ray Telescope とは、X 線エネルギー帯域 0.2-10 keV の X 線観測装置である。フィッティングは 3 つの期間において行い、その各々のパラメータは以下の通りである。

表 3: 各期間のフィッティングパラメータ

	component	parameter	value
obs 1	wabs	$N_H [10^{22} cm^{-2}]$	0.43(fixed)
	diskbb	$T_{in} [keV]$	1.37 ± 0.3
	diskbb	norm	11.9 ± 11.3
	bb	kT[keV]	3.81 ± 1.7
	bb	norm $[\times 10^{-3}]$	9.21 ± 3.48
	$\chi^2(d.o.f)$		0.95(35)
obs 2	wabs	$N_H [10^{22} cm^{-2}]$	0.43(fixed)
	diskbb	$T_{in} [keV]$	1.07 ± 0.32
	diskbb	norm	19.1 ± 22.1
	bb	kT[keV]	2.31 ± 0.56
	bb	norm $[\times 10^{-3}]$	6.33 ± 1.10
	$\chi^2(d.o.f)$		0.70(46)
obs 3	wabs	$N_H [10^{22} cm^{-2}]$	0.43(fixed)
	diskbb	$T_{in} [keV]$	1.14 ± 0.58
	diskbb	norm	8.71 ± 18.2
	bb	kT[keV]	3.25 ± 1.18
	bb	norm $[\times 10^{-3}]$	8.00 ± 2.46
	$\chi^2(d.o.f)$		0.41(12)

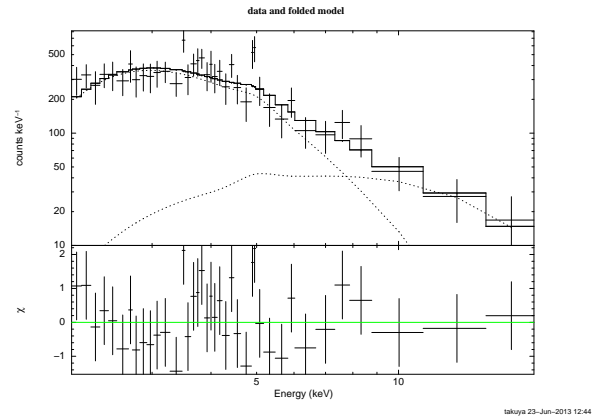


図 6: obs 1 (MJD=56093-56101)

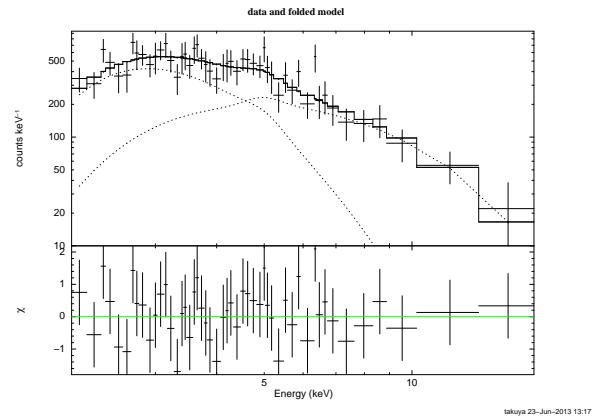


図 7: obs 2 (MJD=56102-56120)

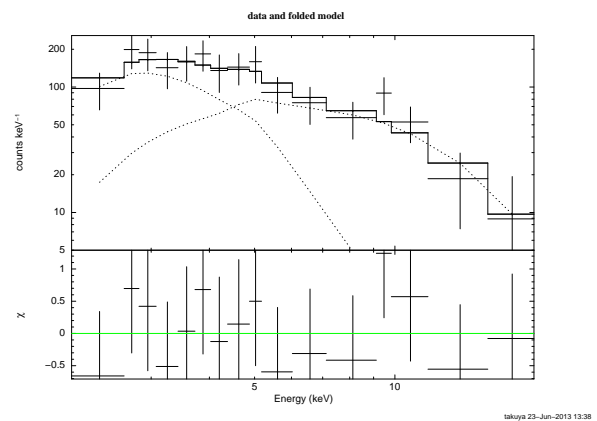


図 8: obs 3 (MJD=56142-56150)

Reduced χ^2 の値を見ると、図 6,7,8 において、フィッティングの結果が合致していることがわかる。次章では、obs 1 のパラメータの値を用いて議論を行う。

4 議論

4.1 MCD model

光学的に厚い降着円盤からの放射は、Multi Color Disk model (黒体放射の重ね合わせ) で説明できるとされている (Mitsuda et al,1984)。xspec では diskbb model がこれにあたり、パラメータの T_{in} は降着円盤の最内縁半径の温度で、norm は

$$norm = \left(\frac{R_{in}}{km} \right)^2 \left(\frac{D}{10kpc} \right)^{-2} \cos\theta \quad (1)$$

で与えられる。ここで、D は天体までの距離、 R_{in} は降着円盤の最内縁半径、 θ は視線角度 ($\theta=0$ は face-on) である。これより、視線角度 θ は

$$\cos\theta = norm \left(\frac{R_{in}}{km} \right)^{-2} \left(\frac{D}{10kpc} \right)^2 \quad (2)$$

より算出することができる。表 3 の obs 1 より、norm=12、中性子星の半径 \approx 降着円盤の最内縁半径として $R_{in}=10km$ と仮定すると、視線角度 θ は

表 4: 視線角度 θ の距離依存性

D [kpc]	θ [度]
3	89
6	87
8	85
10	83
12	80
15	74
17	65
20	61

と導く事ができる。 $\theta=90$ [度] の場合は edge-on なので、中性子星からの放射を観測することはできない。このことから、本天体までの距離は $D < 12$ kpc であると推測される。

5 今後の課題

今回の議論では、本天体が軟 X 線の放射が占めていることにも関わらず、10 keV 以下のエネルギー帯

の十分なデータを扱うことができなかった。今後は、MAXI/SSC や Sxift/XRT といった低エネルギー帯で高感度を持つ X 線観測装置のデータを解析していく。また、スペクトル解析においても先に述べたデータを用いて、より詳細なスペクトルフィッティングを行い、本天体までの距離、質量そして半径を見積もることを目標とする。

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,ISAS. <http://www.isas.jaxa.jp/j/enterp/sbms/maxi.shtml>
- [3] The Astronomer's Telegram, #4175. <http://www.astronomerstelegram.org/?read=4175>
- [4] The Astronomer's Telegram, #4192. <http://www.astronomerstelegram.org/?read=4192>
- [5] Mitsuda et al. 1984. PASJ 36,741-759
- [6] The Astronomer's Telegram, #4178. <http://www.astronomerstelegram.org/?read=4178>