

## O-7

## 全天 X 線監視装置 MAXI の長期データを用いた大質量 X 線連星系の周期解析

### Periodic analysis of high mass X-ray binary systems using MAXI long-term data

○酒巻 愛<sup>1</sup>, 根来 均<sup>2</sup>\* Ai sakamaki<sup>1</sup>, Hitoshi Negoro<sup>2</sup>

Abstract: Supergiant Fast X-ray Transients (SFXTs) are a class of a high-mass X-ray binaries (HMXBs) and were discovered by the INTEGRAL satellite. SFXTs are X-ray sources composed of a neutron star and an OB-type supergiant star. X-ray luminosity of a SFXT is variable on a short timescale. The SFXT IGR J18483-0311 has been detected by Monitor of All-sky X-ray Image (MAXI). We performed power spectrum and folding analyses using 9 years MAXI data, and confirmed the orbital period of IGR J18483-031 of 18.52 day, which was obtained by Sakakibara using the first 4 years data of MAXI.

## 1 序

Supergiant Fast X-ray Transients (SFXTs) は、HMXBs の一種である [1]. 通常の HMXBs に比べ、SFXTs は数時間に及ぶ X 線フレアが起こり、その立ち上がりは約 10 分と速い。また、SFXTs は軌道周期に伴う X 線強度変動を示す。全天 X 線監視装置 MAXI は国際宇宙ステーション (ISS) に搭載され、全天をスキャン観測する。MAXI では、数ミリ秒～数 10 秒の短時間 X 線強度変動を捉えることができ、数年にわたって多くの天体を観測することができる。MAXI の観測データを用いることにより、SFXTs の軌道周期 (数日～数 10 日) を調べることができる。MAXI の 4 年間分のデータを用いた SFXTs の軌道周期解析は榊原によって行われた [2]。我々は、現在も観測を続けている MAXI の 9 年間のデータを用いることでより精度の高い軌道周期を求め、周期成分の有意性の判定を含め、さらに、他の HMXBs に対しても行い、新たな周期性を発見することが本研究の目的である。

## 2 全天 X 線監視装置 (MAXI)

MAXI 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ている。ISS の動きに合わせて地球の周りを約 92 分間で周回しながら、全天をスキャン観測する X 線監視装置である [3]。2009 年 8 月 15 日より 9 年以上観測し続けている。MAXI には比例計数管を用いた、視野が  $160^\circ \times 1.5^\circ$  (半値幅) のガススリットカメラ (GSC : Gas Slit Camera) と X 線 CCD を搭載した、視野が  $90^\circ \times 1.5^\circ$  (半値幅) のスリットカメラ (SSC : Solid-state Slit Camera) の 2 種類のカメラが天頂方向と ISS の進行方向の 2 方向を向き、観測している。

## 3 HMXBs と SFXTs

## 3.1 大質量 X 線連星 (HMXBs)

HMXBs (high mass X-ray binaries) は、強い磁場 ( $B \sim 5 \times 10^{12} G$ ) を持つ中性子星、または、ブラックホールのコンパクト天体と、大質量 ( $10 M_\odot$  以上) の主系列星からなる系であり、銀河面に多く分布する。伴星は誕生してから  $10^7$  年未満の若い恒星で、O 型や B 型 (表面温度 2-5 万 [K], 青白い) のスペクトルタイプに分類される [4]。

## 3.2 Supergiant Fast X-ray Transients (SFXTs)

SFXTs は、INTEGRAL 衛星によって発見され、中性子星と OB 型超巨星で構成される。静穏状態で暗い時の X 線光度は  $L \sim 10^{32}$  [erg/s] であるが、ピーク光度が  $10^{36} - 10^{37}$  [erg/s] の明るいフレアを起こす特徴がある。通常の HMXBs は数 100 秒から数 1000 秒のタイムスケールで平均の 10-50 倍の明るさになる。しかし、SFXT は数時間に及ぶ硬 X 線フレアが起こる。フレアの立ち上がりは  $\sim 10$  分で静穏状態の数 1,000- 数 10,000 倍の  $L \sim 10^{36} - 10^{37}$  [erg/s] に達する。

## 3.2.1 IGR J18483-0311

IGR J18483-0311 は 2003 年 4 月に INTEGRAL 衛星によって発見された SFXTs に分類される天体である [5]。この天体の軌道周期は INTEGRAL 衛星で  $18.545 \pm 0.034$  日 [6]、Swift/BAT で  $18.545 \pm 0.003$  日 [7]、榊原によって  $18.576 \pm 0.016$  日 [2] と求められている。

## 4 解析

MAXI/GSC (エネルギー領域 : 4.0-10.0 keV) の 1 スキャンピンを 6 時間ピンにまとめたデータ (MJD 55058-58367) を用いて IGR J18483-0311 のパワースペクトル解析を行った。

<sup>1</sup>日大理工・院(前)・物理<sup>2</sup>日大理工・教員・物理

その結果、周波数  $6.25 \times 10^{-7}$  Hz (軌道周期 18.52 日) にピークが見つかった (Fig. 1).

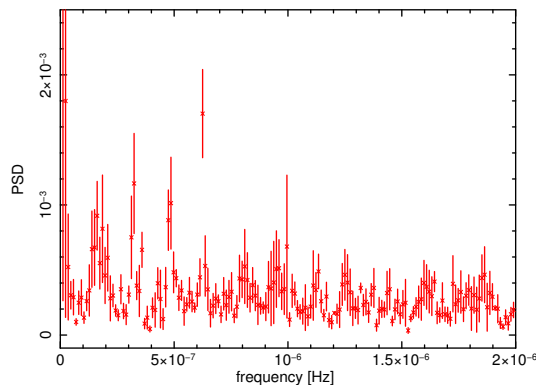


Fig. 1: Power spectral density of IGR J18483-0311 (MJD 55058–58367, 4.0-10.0 keV)

さらに詳細な周期を求めるため、ある期間で X 線強度変動を周期的に重ね合わせ、その期間での平均周期強度変動を調べる畳み込み解析を行った。畳み込みをしたデータ (データ:  $x_i$ , 誤差:  $\sigma_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ ) は、モデル関数 ( $f_m$ ) からのずれ具合を示す  $\chi^2$  (式 (1)) をデータのビン数とモデル関数のパラメータから求められる自由度  $\nu$  で割った Reduced- $\chi^2$  を用いて評価する。

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(x_i - f_m)^2}{\sigma_i^2} \quad (1)$$

Reduced- $\chi^2$  が 1 程度である時、モデル関数と矛盾がないと言える。

今回は IGR J18483-0311 がフレアを起こした時の光度曲線を定数のモデル関数と比較するため、reduced- $\chi^2$  が最大となる周期が軌道周期であると考えられる。

1 日ビンのデータを用いて行った結果は榊原の結果 [2] と異なり、いくつかのパルスが見つかった。畳み込みをする時のビンサイズを 17 時間程度にすると似たような結果となった。一致しない原因は究明中である。

## 5 まとめと課題

MAXI の観測データをパワースペクトル解析した結果、IGR J18483-0311 の 18.52 日の周期性が見つかった。畳み込み解析では榊原の結果 [2] と異なるため、原因を究明し、精度の高い軌道周期を求め、周期成分の有意性の判定をする。さらに、他の HMSBs に対しても周期解析を行い、新たな周期性を発見する。

## 参考文献

[1] Negueruela, I. et al. 2006, ApJ, 638, 982

[2] Sakakibara, H. 2013, Master's thesis, Nihon University

[3] Matsuoka, M. et al. 2009, PASJ, 61, 999

[4] Lewin and van der Klis (2016) "Compact Stellar X-ray Sources", Cambridge University Press

[5] Rahoui, F. et al. 2008, A&A, 492, 163-166

[6] Levine et al. 2011, ApJS 196, 6

[7] Romano, P. et al. 2014, A&A, 562, A2