

## MAXI のデータを用いたブラックホール候補天体の X 線短時間変動解析

## Short-term X-ray variability study of black hole candidates using MAXI-GSC data

○鈴木和彦<sup>1</sup>, 根来均<sup>2</sup>\*Kazuhiko Suzuki<sup>1</sup>, Hitoshi Negoro<sup>2</sup>

Abstract: The MAXI-GSC, Monitor of All sky X-ray Image-Gas Slit Camera, on board the International Space Station covers the energy band from 2 to 20 keV and has the time resolution of 50 micro-seconds. GSC data are, however, affected by a triangular window function due to the scanning observation. The purpose of this study is to correct the effect of the window function on power spectral densities, and evaluate short-term variability of black hole candidates correctly.

## 1. 序

MAXI (Monitor of All sky X-ray Image)<sup>[1]</sup>とは ISS (国際宇宙ステーション) の日本実験棟「きぼう」に搭載された全天 X 線観測モニターである。比例計数管を用いた MAXI の GSC (Gas Slit Camera) 検出器は 2-20 keV のエネルギー領域に感度を持ち、50  $\mu$  秒の時間分解能を有している。MAXI は ISS が地球を一周する 92 分毎に全天をスキャン観測をしている。このスキャン観測の為に天体からの X 線入射角が時間変化し、光度曲線は三角窓関数を掛けた形となる。Fig.1 に光度曲線の例と三角窓関数の影響を図示した。

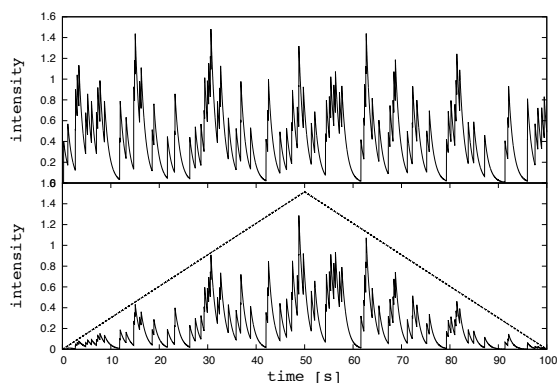


Fig. 1. Upper : A sample of a simulated light curve. Lower : A triangular window function (dashed) and a resultant light curve (solid).

MAXI のデータを用いた時系列解析において、三角窓関数の影響を計算する事は重要である。ここでは、三角窓関数の影響を計算するため方法を紹介する。

## 2. パワースペクトルと三角窓関数

時系列データをフーリエ変換し、周波数毎のパワー(振幅の二乗)をグラフ化したものパワースペクト

ルという<sup>[2]</sup>。観測データは離散的なので計算には離散的フーリエ変換を用いる。 $x_k$ のフーリエ変換を $X_j$ とすると離散的フーリエ変換の式は

$$X_j = \sum_k x_k e^{i\omega_j t_k} \quad (1)$$

となる。三角窓関数の影響を受けたパワースペクトルは、時系列データ $x$ と窓関数 $w$ のフーリエ変換 $X, W$ の畳み込み

$$X(f) * W(f) = \int X(f') W(f - f') df' \quad (2)$$

と表すことができる<sup>[2]</sup>。ここで

$$W(f) = A \frac{4 \sin^2(\text{exposure time} \times \omega / 2)}{\text{exposure time} \times \omega^2} \quad (3)$$

であり、 $A$ は規格化定数である。

## 3. XSPEC とレスポンス

XSPEC とは NASA が提供しているエネルギースペクトルを解析するソフトウェアである<sup>[3]</sup>。XSPEC は観測値をモデル(理論値)でフィッティングすることができ、定量的に解析する事ができる。ただし、検出器にはエネルギー毎に感度の違いなどがあるために応答関数という行列式を用いて入力モデルの再計算が行われる。再計算されたモデルを $C$ 、応答関数を $R$ 、入力モデルを $M$ とすると

1 : 日大理工・院(前)・物理 2 : 日大理工・教員・物理

$$\begin{pmatrix} C_0 \\ C_1 \\ \vdots \\ C_{n-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{0,0} & R_{0,1} & \cdots & R_{0,m-1} \\ R_{1,0} & R_{1,1} & \cdots & R_{1,m-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{n-1,0} & R_{n-1,1} & \cdots & R_{n-1,m-1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_0 \\ M_1 \\ \vdots \\ M_{m-1} \end{pmatrix} \quad (4)$$

のように表される。

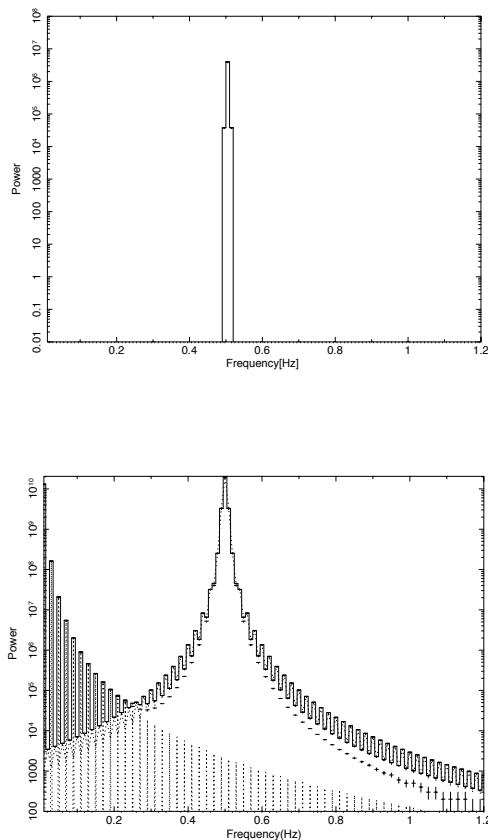
XSPECはエネルギースペクトルの解析用ソフトウェアであるが、パワースペクトルの表示、及び三角窓関数の影響(畳み込み)を計算できるように応答関数を自作し、システムの改良を行った。その作例をFig. 2 に図示した。上の図は正弦波のパワースペクトルで、正弦波の周波数に鋭いピークを見る事ができる。下の図は三角窓関数の影響によって、先ほどのピークに広がりが発生した様子である。エイリアスの影響なども考慮した精度の高いフィッティングは今後の課題である。

ていないので (Miyamoto et al<sup>[4]</sup>) を用いるようにする。

様々な天体のパワースペクトルを作成し、他の観測衛星との結果を比較する事によって解析結果が正しいかどうかの検証を行う。

#### 5. 参考文献

- [1] 理化学研究所 MAXI, <http://maxi.riken.jp>
- [2] van der Klis, M. FOURIER TECHNIQUES IN X-RAY TIMING in *Timing Neutron Stars*, NATO ASI 282, Ögelman & van den Heuvel eds., Kluwer, 27-69
- [3] NASA's HEASARC, <http://heasarc.nasa.gov/xanadu/xspec/>
- [4] Miyamoto, S., et.al. 1994, NORMALIZED POWER SPECTRAL DENSITIES OF TWO X-RAY COMPONENTS FROM GS 1124-683



**Fig. 2.** *Upper:* Power spectral densities of a sinusoidal wave. *Lower:* Power spectral densities affected by the triangle window function, and two Gaussian models (*dashed*), and the sum of the two models (*solid*).

#### 4. 今後の課題

XSPEC を用いたパワースペクトルの規格化ができ