

全天X線監視装置 MAXI の光度曲線解析システムの改良と 同システムを用いた突発天体の系統的調査

Improvement of a light curve analysis system of Monitor of All-sky X-ray Image (MAXI) and systematic survey of transient objects with the system

○工藤 優乃¹, 根来 均², 小林 浩平³*Yuno Kudo¹, Hitoshi Negoro², Kohei Kobayashi³

Abstract: Monitor of All-sky X-ray Image (MAXI) observes more than three hundred X-ray sources in the entire sky every 92 minutes. It has discovered 34 new X-ray novae and short transients since 2009. Sources in source-crowded regions such as the Galactic center and ridge regions, however, have not been investigated intensively because of relatively low spatial resolution (~ 1 deg) X-ray cameras. We are therefore trying to discover X-ray novae and other transient objects by creating light curves at regions around the Galactic center at intervals of about 0.1 degree. In addition, we develop software to display light curves at once of not only the object to be examined but also surrounding objects of which fluxes are evaluated simultaneously. As a result, it becomes easy to determine whether detected variations are due to the source itself or any other nearby source.

1. 序

ブラックホール自体は X 線を放射しない。しかし、他の恒星と連星系を成し、その恒星からのガスがブラックホールに降着すると、その重力エネルギーを解放し X 線を放射する。このような連星をブラックホール X 線連星 (BHXB) と呼ぶ。BHXB は一時的に X 線で輝くブラックホール新星として発見されることが多い。これまで、MAXI のデータを用い 34 の新たな X 線新星が発見されてきたが、銀河中心付近など星が多い領域では MAXI の位置分解能では近傍天体と重なり、十分な調査がなされていない。

そこで現在、MAXI の運用当初から 14 年以上にわたるデータを利用して、1 orbit (約 1 時間半) ビン、6 時間ビン、1 日ビンのタイムスケールで銀河中心付近の各領域での光度曲線を作成し、X 線新星などの突発天体を見出すことを試みている。

2. 全天 X 線監視装置 MAXI

MAXI は国際宇宙ステーション (ISS: International Space Station) に搭載された X 線観測装置である。約 14 年にわたり、全天で 300 個を超える X 線天体の X 線の強度変化を約 92 分 1 回の間隔で監視している。1 台の比例計数管から構成される GSC (Gas Slit Camera) と、X 線 CCD を搭載した SSC (Solid-state Slit Camera) の 2 種類のカメラが搭載されている。MAXI のデータを解析する際には、観測している視野の広さから現在も稼働している GSC のデータが一般的に用いられる。

3. 解析

3.1. 光度曲線の作成

光度曲線の生成には、森井幹雄によるイメージフィットプログラム^[1]を鈴木和彦 (2014 年度修了) と増満隆洋 (2016 年度修了) によってスクリプト化されたものを使用する。スクリプトに座標・時間等の必要なデータを入力すると、光度曲線が作成できる。光度曲線は周辺天体からの光子の混入を考慮したものとなっている。

3.2. 評価方法

強度変動の検出には、調べたい日の X 線強度の前日から 10 日間の強度分布の標準偏差 σ_s を用いる。1 orbit (1 時間半) ビンはポアソン分布、6 時間ビン、1 日ビンはガウス分布にほぼ従う。ガウス分布では平均値 $\pm 3\sigma_s$ の範囲内に全体の約 99.7% が存在する。よって $3\sigma_s$ レベル以上で検出される統計的揺らぎによるイベントの確率は約 0.15% 未満となる。そこで現在、 $3\sigma_s$ レベル以上で検出されるイベントを変動の候補とした。

また、データ自身が持つ負のエラーの大きさを σ_e とし、 $3\sigma_e$ レベル以上で検出されるイベントも対象とし、 σ_s と σ_e の両方が 3σ 以上で検出されたイベントを採用することとした。

4. スクリプトの改良

4.1. 指定した範囲・間隔で光度曲線の作成し、一挙に並べる

まず初めに、指定した天球領域で等距離間隔にあ

1 : 日大理工・院 (前)・物理 2 : 日大理工・教員・物理 3 : 日大理工・院 (後)・物理

各点での光度曲線を作成できるようにした。これにより、銀河中心付近において満遍なく光度曲線を作成することが可能となった。また、それらの各座標の相対位置関係を保ったまま得られた光度曲線を一度に並べられるようにした。Fig.1 は MAXI J1803-298 の増光を確認した期間で、赤経赤緯±約0.2度の範囲内で光度曲線を作成し、MAXI J1803-298 の光度曲線を中央に15個を並べたものである。

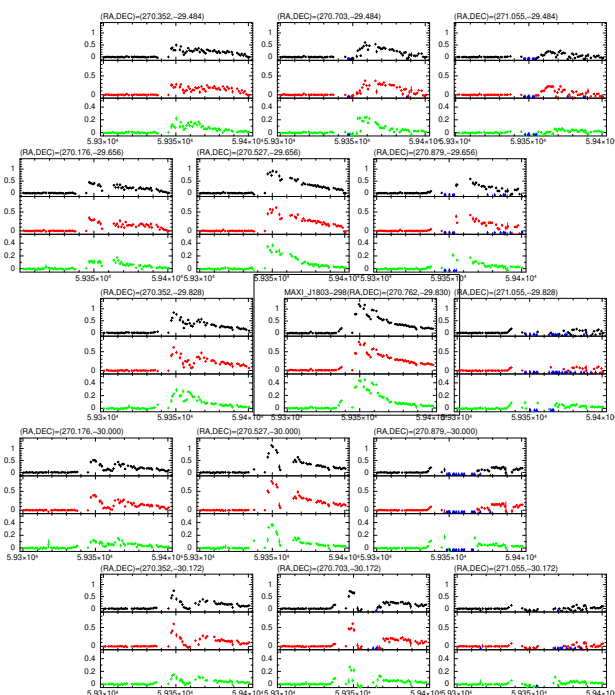


Figure 1. Light curves of MAXI J1803-298 (center) and at the positions in the surrounding $0.4^\circ \times 0.4^\circ$ region. (black: 2-10 keV, red: 2-4 keV, green: 4-10 keV)

Fig.1 より、MAXI J1803-298 より右側はあまり増光の影響を受けていないことがわかる。一方で、そのすぐ左下 (RA, DEC) = (270.527, -30.000) での光度曲線は MAXI J1803-298 の光度曲線とよく似ている。両位置の離角はおおよそ 0.26 度であり、このことからその程度離れた天体の変動を分離することは難しいことがわかった。

4.2. 周辺天体の光度曲線の表示

未発見の増光を見つけた際、それが周辺天体の増光に影響されたものか調べる必要がある。そこで、調べたい天球座標の光度曲線とその周辺の既知天体の光度曲線を同時に表示させることができるようにした。Fig. 2 は MAXI J1803-298 とその周辺天体の位置関係を示した。



Figure 2. An X-ray image of the Galactic center region obtained with the GSC on 2021 May 16 UT (MJD 59359).

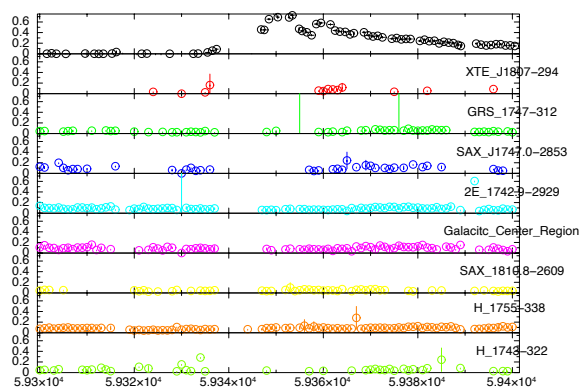


Figure 3. 4-10 keV 1-d light curves of MAXI J1803-298 (top) and surrounding sources.

Fig. 3 は MAXI J1803-298 の増光を確認した期間に、MAXI J1803-298 とその周辺天体の光度曲線を同時に表示させたものである。MAXI J1803-298 が増光している期間 (MJD 59359 (UT 2021 年 5 月 16 日)あたり) で、周囲の天体が増光している様子は見られないので、MAXI J1803-298 そのものの増光であることが確認できる。

5. 今後の課題

4.1 で約 0.26 度 離れていても増光した天体を十分に分解できないことがわかった。そこで、増光の具合によって、どのくらいの範囲内であれば増光の影響を受けずに分解可能なのかを調べる必要がある。

今回改良を行ったスクリプトを利用して、銀河座標内で等間隔に隔てた各点での光度曲線を作成し、X 線強度の増光の検出をすることが目標である。

6. 参考文献

[1] Morii, M., et al., 2016, PASJ, 68, S11