

MAXI 突発天体発見システムの発見アルゴリズムの最適化と観測データの再解析 Optimization of the auto-detection algorithm in the MAXI nova alert system and reanalysis of archival data

小澤 洋志*¹, 根来 均*², 諏訪 文俊 *¹

*Ozawa Hiroshi*¹, Negoro Hitoshi*², Suwa Fumitoshi*¹

Abstract: The monitor of all-sky X-ray image, MAXI, has observed since Aug. 2009. The MAXI observes X-rays to make all-sky maps and detect transient objects. We have developed the MAXI alert system in order to detect transient objects. The system has successfully detected a number of transient objects since MAXI began observation. We, however, did not search transient objects systematically for the first three months, because the system had not been ready. In this study, we optimize the detection algorithm using data obtained with MAXI so far, and reanalyze archival data.

1 全天 X 線監視装置 MAXI

宇宙には X 線を放出して明るく輝く天体があり、その多くはブラックホールや中性子星などの非常に大きい質量を持った天体である。これらの天体はいまだ原因が解明されていない現象を起こすため、多くの観測データが必要である。

全天 X 線監視装置 MAXI は 2009 年 7 月に国際宇宙ステーション (ISS) に取り付けられ、同年 8 月から観測を開始した X 線望遠鏡である。MAXI は $1.5^\circ \times 160^\circ$ の視野を 2 本持ち、約 92 分で ISS が地球を 1 周することで全天を観測する。MAXI の目的は X 線天体の全天マップを作成することや、突発天体を発見することなどである。

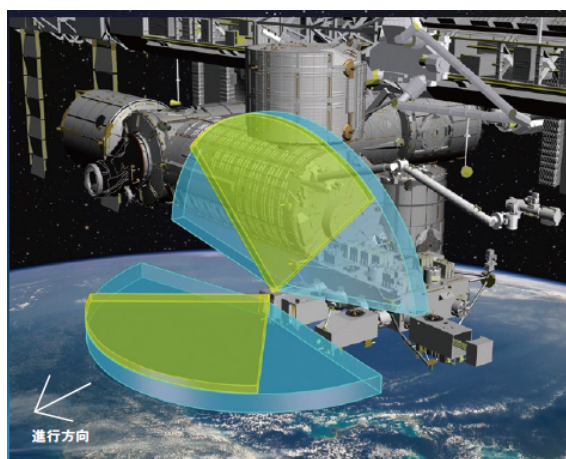


Figure.1 MAXI field of view

MAXI の観測データは毎秒筑波宇宙センターに送信され、解析が行われる。解析により発見した突発天体は世界中に速報される。

2 突発天体発見システム

筑波宇宙センターに送信された観測データは、我々の研究室が開発した突発天体発見システムによりリアルタイムで解析される。同システムはノバサーチとアラートシステムと呼んでいる 2 つのシステムにより構成されており、線バーストや X 線新星などの様々なタイムスケールで変動する突発天体を発見し、世界に速報することが目的である。

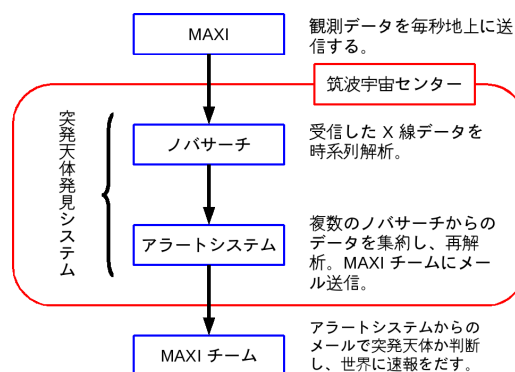


Figure.2 MAXI flow chart

ノバサーチは HEALPix[1] と呼ばれるライブラリを用いて天球を等立体角に分割し、各領域で様々なエネルギーバンドやタイムスケール毎に観測データの時系列解析を行う。また、モニターに全天マップをリアルタイムで描画する。

アラートシステムは発見条件を変えた複数のノバサーチからの情報を集約する。そして、それらの情報を太陽光発電のために取り付けられたパドルの影響やカメラの状態の変化等を考慮して各イベントを吟味し、突発天体と判断したイベントの情報をメールで MAXI チームに送信する。MAXI チームのメンバーはその情報を元に突発天体かどうかを判断し、突発天体なら世界に速報をする。

*¹ 理工・院・物理 *² 理工・教員・物理

3 これまでの改良

本研究ではこれまでに以下の改良を行った。

- ユーザーインターフェイスの改良
ノバサーチは我々だけではなく開発に携わっていないメンバーにも運用当番として使用されるため、誰でも簡単に使える必要がある。そこで、ユーザーインターフェイスを改良し、操作性を向上させた。
- 分散処理
ノバサーチは毎秒データを受信するため、1 秒間に解析を完了させなければならない。そこで、解析の処理時間を減らすために、複数の CPU で処理を並行するように改良を行った。
- 既知天体カタログの表示
突発天体を発見した場合、その天体が既知天体なのか素早く知る必要がある。そこで、全天マップ上の既知天体の場所に印を付ける機能を追加し、イメージで判断できるようにした。
- イメージのオートセーブとアップロード
同システムは筑波宇宙センター内で稼働している。そこで、遠隔地でも全天マップを監視できるように一定時間毎に全天マップをファイルとして保存し、ウェブにアップロードするようにした。

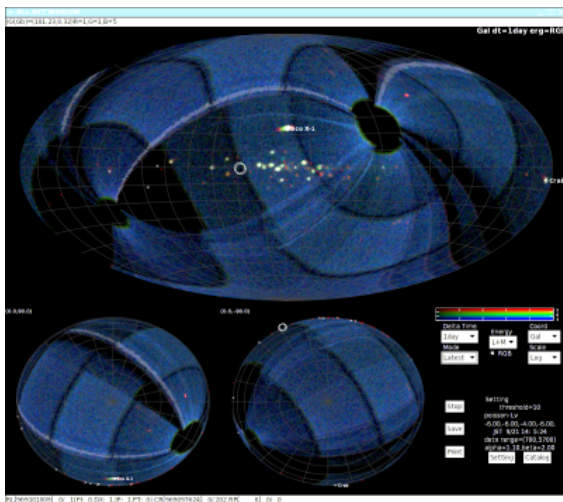


Figure.3 Nova Search

4 発見アルゴリズムの最適化

突発天体発見システムの発見アルゴリズムは 2010 年に博士前期課程を修了した三好翔により改良されており、HEALPix により分割された各領域におけるカメラの露光時間や ISS の歳差運動によるスキャン時間の変化、X 線のイベント数の統計的ゆらぎ等を考慮している。また、同

システムにおける突発天体発見の基準となる閾値や各種パラメータの最適化も行われている。これらの詳細は三好翔の修士論文 [2] で述べられている。

本研究ではセクション 3 に記した改良に加え、さらに上記の研究を引継ぎ、これまで得られた MAXI の観測データを用いて、突発天体の発見状況を調査し、さらなる閾値等の最適化を行う。

その他に、X 線イベントのバックグラウンドによる影響にも対処する。MAXI は他の X 線観測衛星に比べ低高度を飛行しているため、より強い地磁場がある領域で観測を行う。この磁場に荷電粒子がトラップされ、ISS に衝突することで X 線が放出されると考えられている。この X 線を MAXI が検出してしまい、X 線イベントのバックグラウンドが増大する。また、検出器の電源を落とした時にもバックグラウンドが増大する。これらの要因により、システムが誤発見してしまうため、バックグラウンドの変動を考慮した発見アルゴリズムに改良する。

5 データの再解析

MAXI は 2009 年 8 月から観測を開始しており、ノバサーチも同時に運用を開始している。しかし、アラートシステムは同年の 11 月まで稼働しておらず、その間の 3 ヶ月は系統だった突発天体の調査をできない状態が続いていた。その 3 ヶ月の間に数件の突発天体が発見されており (Fig.4) , その他に突発天体を観測していても見逃している可能性がある。

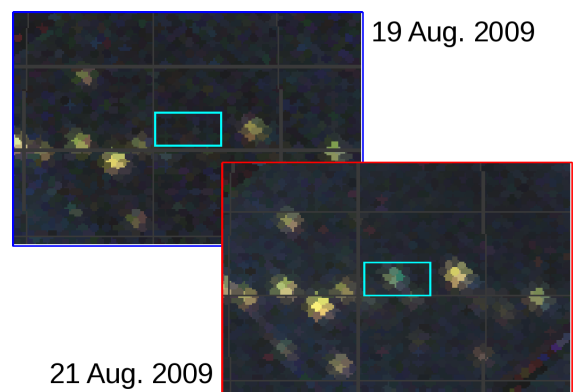


Figure.4 Transient star appeared on 21 Aug. 2009

そこで、発見アルゴリズムの改良と最適化をした突発天体発見システムを用いて、これまで得られたデータを再解析し、突発天体の再調査を行う。

参考文献

- [1] HEALPix <http://healpix.jpl.nasa.gov/>
- [2] 三好翔, 日本大学大学院 理工学研究科 物理学専攻, 2010