

MAXI/SSC データを用いた突発天体の解析のための 突発天体発見システム Nova Search の改良

福島 康介 (日本大学大学院 理工学研究科)

Abstract

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) の「きぼう」日本実験棟の船外実験プラットフォームに搭載された。MAXI は広い視野によって全天から飛来する X 線の強度を観測する。この観測データを突発天体発見システム Nova Search で解析することで、突発天体を発見する。MAXI に搭載されている SSC と呼ばれる CCD カメラでは、世界で初の 2 keV 以下のエネルギー領域で全天のスキャン観測を行っている。この観測データを Nova Search で読み込み解析することで、新しい発見が期待できる。そこで、本研究では、Nova Search での解析のための、観測データの読み込み機能の改良を行っている。今回の改良では、MAXI に搭載されている GSC と呼ばれる比例計数管を用いたカメラの検出器毎に保存されたアーカイブデータの同時読み込みが可能となり、オフライン解析でリアルタイムの解析の再現が可能となった。現在は、SSC の実観測データを読み込むための改良中である。

1 研究目的

MAXI には観測装置として 2 種類のカメラが搭載されている。一つは 2-20 keV のエネルギーの X 線に感度を持った GSC (Gas Slit Camera)、もう一つは 0.7-12 keV のエネルギーの X 線に感度を持った SSC (Solid-State Slit Camera) である。これまで全天の X 線観測ではどれも 2 keV 以上のエネルギー領域で観測が行われている。GSC も 2-20 keV での観測であるが、SSC においては世界で初の 2 keV 以下での全天観測である。

しかし、現段階では、SSC の観測データでは突発天体を発見するための解析は行われていない。この観測データを解析することで、今までカバーされていない低温度の突発天体など新しい発見が期待できる。そこで、SSC の観測データを解析できるように、Nova Search を改良することが本研究の目的である。

2 MAXI

MAXI (Monitor of All-sky X-ray Image) とは、全天を監視する X 線モニターである。宇宙には数多くの高エネルギー天体が存在し、その天体の活動からは多量の X 線が放射される。このため、X 線を監視す

ることは、天体の正体や活動を知るためには最適である。また宇宙では突然明るくなるような突発現象が起こる。全天を監視する MAXI では、このような現象を早期に発見し、定点観測衛星や他波長の望遠鏡を用いた観測を促したり、MAXI によって長期観測を行うことができる。

MAXI の 2 種類のカメラは、それぞれが ISS の進行方向と天頂方向の 2 方向に取り付けられている。そして、ISS が約 92 分で地球を一周することにより、全天のスキャンが行われる。

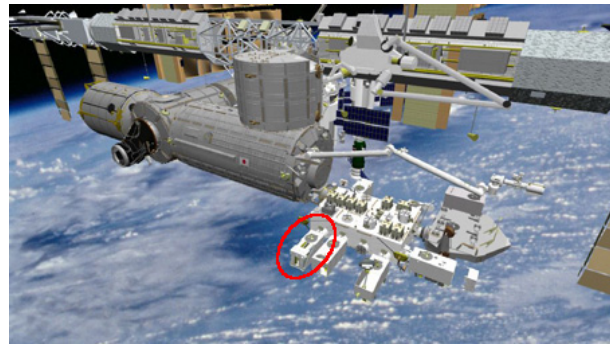


図 1: 「きぼう」日本実験棟、赤丸:MAXI (JAXA のホームページから引用)

3 SSC の特徴

SSC は低エネルギーバンド (軟 X 線) での感度とエネルギー分解能が特徴である。これまでになかったエネルギーバンドでの全天モニターにより、低温度の天体などで新しい発見が期待できる。またエネルギー分解能を活かし、酸素やネオンなどの輝線分布から X 線放射の起源や構造を理解することができる。

観測後 30ヶ月分のデータによる全天マップから白鳥座の方角に軟 X 線の大構造「白鳥座スーパーバブル」が、およそ 2-3 百万年前の巨大な超新星爆発の痕跡である可能性を示した (Kimura et al. 2013)。爆発後は小さく温度も高かった超新星残骸も輻射などによって冷却されて温度が徐々に低くなり、現在では GSC では検出できない。しかし、SSC では明るく、大きく広がっている様子がわかる。

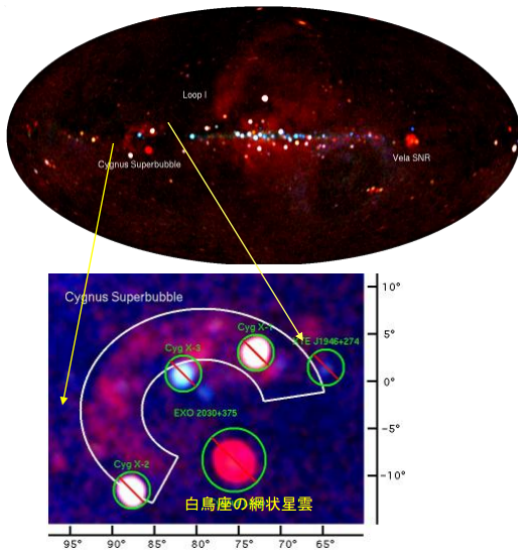


図 2: 白鳥座の方角に広がる軟 X 線の大構造 (JAXA のホームページから引用)

2011 年 11 月 11 日、南天にある小マゼラン星雲の外周で短時間だけ輝いた超軟 X 線新星を発見し、天体名 MAXI J0158-744 と名付けられた。X 線の最高強度はかに星雲の 4 割程度で、GSC でも、SSC でも検出された。X 線スペクトルが温度にして 400 万度程であり、A/B 型星から白色矮星に流入して溜まったガスがその表面で水素の核融合爆発を起こす軟 X 線新星であることが分かった (Morii et al. 2013)。

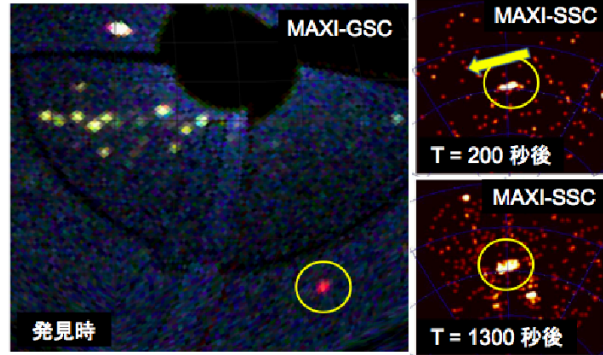


図 3: MAXI J0158-744 (理研 のホームページから引用)

SSC の観測データを用いた解析において、このような低温度の天体を検出することが出来る。そのため、アーカイブデータより容易に突発天体発見のための解析が出来るように Nova Search を改良する。

4 観測データの送信

MAXI により観測されたデータは、中継衛星を経て地上に送信される。地上と通信ができる場合、リアルタイムでの送信が行われる。このデータをリアルタイムデータと呼ぶ。ISS は地球を周回しており即座に通信ができない場合、機上にある HCOR と呼ばれるバッファに一度データを格納し、通信ができたようになった時に送信される。このデータを COR データと呼ぶ。

地上に送信されたデータは、MAXI-DB と呼ばれるデータベースに格納され、突発天体発見システム Nova Search へ送信される。また、データは一日毎に FITS と呼ばれるファイル形式でも保存されている。もし、MAXI-DB にデータの欠損が起こった場合、DARS と呼ばれるデータベースから再生データとして補完される。

5 Nova Search

Nova Search は、MAXI の地上データ処理システムの一つであり、我々の研究室で開発している。観測データを受信し、ガンマ線バーストや X 線新星など

の突発現象発見のための解析を行うシステムである。オンライン解析では、MAXI-DB からリアルタイムで観測データを取得、または過去のデータをデータベースから取得し解析する。オフライン解析では、テキスト形式や FITS 形式でまとめられたデータを読み込むことで解析する。解析の結果、閾値を超えたデータを Alert System へ送信する。

Alert System では受信したデータを集約し、再解析を行う。本物の天体現象だと判断されると世界へ速報される。



図 4: 新天体発見の流れ

6 FITS 形式

FITS (Flexible Image Transport System) 形式とは、天文データを移送するための共通ファイル形式である。MAXI においても、GSC と SSC の両方の観測データの保存形式として用いられている。

FITS 形式のファイルは、ASCII コードで書かれたテキスト部分と、バイナリで書かれたデータ部分からなる。テキスト部分は、データが得られた観測日時、観測装置、観測した方向、天体名などのデータに関する解析部分となっているおり、ASCII コードを読むことが可能であればシステムに依存せず読むことができる。データ部分は、実際の観測で得られた大量のデータが書き込まれており、バイナリにすることで容量を小さく抑えることができる。

7 Nova Search の改良

今回の改良では、FITS 形式のファイルにまとめられた GSC の実観測データを扱っている。Nova Search では、観測データの複数ファイルを同時処理することが出来なかった。GSC は ISS の進行方向と天頂方向で計 12 台搭載されている。その観測データのファイルは、各々のカメラ毎に分けて保存されているため、同時帯の観測データを別々に処理しなければならない。そこで、複数のファイルを同時に読み込み、処理できるように改良した。

読み込むファイルの指定は、ファイル名を並べたテキストファイルをリストとして用いている。

```

-----
gsc0_mjd12.evt, gsc1_mjd12.evt, ... gscb_mjd12.evt
gsc0_mjd13.evt, gsc1_mjd13.evt, ... gscb_mjd13.evt
gsc0_mjd14.evt, gsc1_mjd14.evt, ... gscb_mjd14.evt
-----
    
```

上記のように 1 行に横に並べたファイル名のファイルは同時に読み込まれる。全部処理されると次の行が読み込まれる。

観測データを読み込む処理では、DPTC (観測時間) を基準とし、同時帯のデータを複数ファイルから同時に取り出せるように改良した。DPTC 順に読み込まれるデータをリアルタイムデータとし、DPTC が一定値以上戻るデータを COR データとして処理している。

このことにより、オフライン解析でリアルタイムのオンライン解析を再現させることが可能となった。そのため、過去の観測データについて閾値を変更した再解析が容易に可能である。

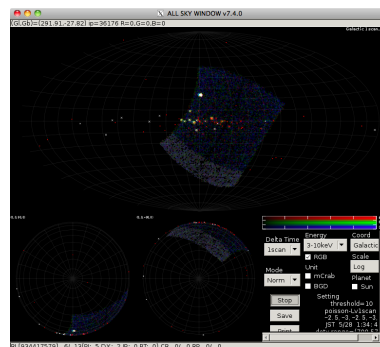


図 5: 単一ファイル処理の様子

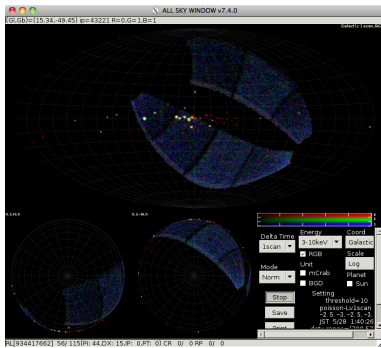


図 6: 複数ファイル同時処理の様子

8 今後の課題

SSC の観測データを使った解析を行い、低温度の突発天体の X 線変動について解析することが本研究の目的である。そのため、GSC と同様に SSC の実観測データにおいても FITS 形式でまとめられたファイルからの解析を可能にするために Nova Search の改良中である。

Reference

JAXA きぼう , <http://www.jaxa.jp/projects/isshuman/kibo/>

理化学研究所 MAXI , <http://maxi.riken.jp/>

全天 X 線監視装置開発チーム, 全天 X 線監視装置中間報告書

斎藤裕紀 2008, 三好翔 2009, 小澤洋志 2010, 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

HEASARC, CFITSIO User's Reference Guide, An Interface to FITS Format Files for C Programmers

Kimura et al., PASJ , Vol.65, No.1, Article No.14, 8 pp., 2013

Morii et al., APJ submitted, 2013,