

MAXIの速報システム

日本大学大学院 理工学研究科
物理学専攻 宇宙数理解析研究室
修士1年 諏訪 文俊

概要

全天 X 線監視装置 MAXI は、昨年7月に国際宇宙ステーションに取り付けられ、観測を開始した。MAXI は広い視野で全天をスキャン観測しているため、全天の短・長期の X 線強度の時間変動を捉えることができる。よって突然 X 線強度が増す突発天体の発見が MAXI の重要な目的の一つとして挙げられる。観測により得られたデータは、ほぼリアルタイムで突発天体発見システム NovaSearch へと送られて解析される。閾値以上の大きな強度変動が受けられれば、そのデータは即座に速報システム AlertSystem へと送られる。AlertSystem では、送られてきたデータに対するチェックをし、その結果、再度突発天体だと認められたならば、突発天体発見の速報を出すという流れとなっている。本システムを用いて、2010年7月末までに ATel に 33 件、GCN に 11 件投稿している。今回は新しく組み込んだ太陽電池パドルの遮蔽判定プログラムを中心に AlertSystem についての説明を行う。

1 MAXI

MAXI とは Monitor of All-sky X-ray Image の略称であり、その名前の通り全天型の X 線観測装置である。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。MAXI の観測は日本大学の他に、JAXA、理化学研究所、東京工業大学、青山学院大学、京都大学、大阪大学の 7 機関を中心とし、さらに中央大学と宮崎大学を加えたメンバーでプロジェクトを行っている。以下は ISS と MAXI が搭載されている日本実験棟「きぼう」をピックアップしたものである。

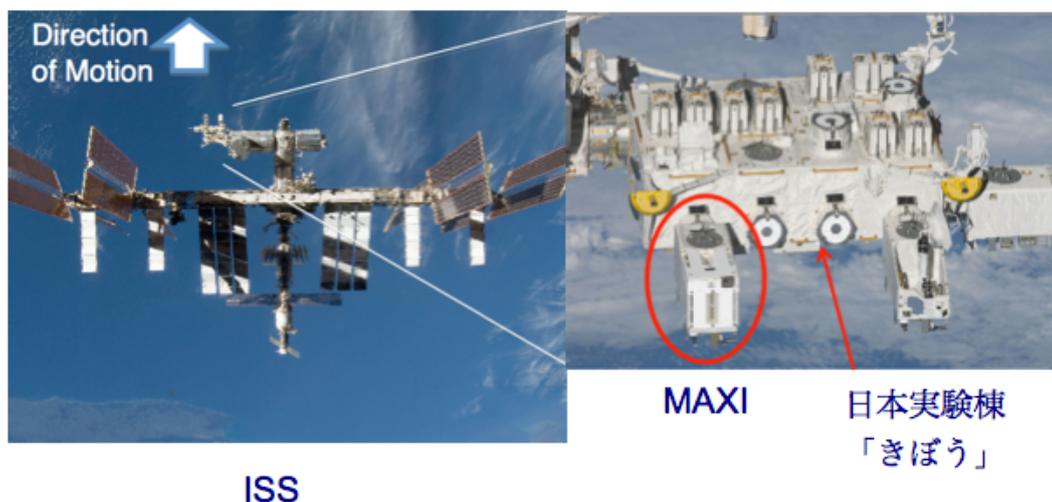


図 1: ISS と MAXI

1.1 MAXIの特徴

- 全天をスキャン観測
- 従来の全天観測装置よりも数倍高い検出感度
- 0.5～20 keV の検出範囲 (GSC:2～20 keV , SSC:0.5～12 keV)
- ほぼリアルタイムでデータを地上へ送信

以上の特徴から、MAXI は大きく 2 つの観測目的を持っている。1 つは X 線源の短・長期の時間変動の観測を行うこと。2 つ目は突発的に増光する天体を発見し、迅速に速報を流して、周りへ追観測を呼びかけていくことである。特にこの 2 つ目の目的において速報システムが活用される。

1.2 MAXIの視野

MAXI は進行方向と天頂方向の 2 方向に視野を持っている。各方向には 3 台のカメラが図のように取り付けられており、合計として各方向に $160^\circ \times 1.5^\circ$ の細長い視野を持つ。そして ISS が約 92 分間で地球の周りを 1 周することで全天の走査を行う。

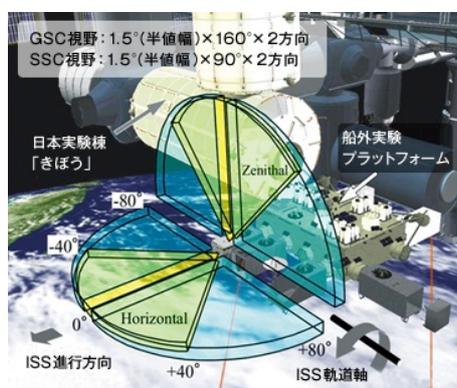


図 2: MAXI の視野

1.3 観測から速報までの流れ

1. MAXI

軌道上から地上へ観測データを送信

2. MAXI-DB (筑波宇宙センター内 MAXI 専用データベース)

X 線の飛来方向やエネルギーなどの検出器内の情報を、対応関係を用いてデータとして扱えるように変換し、蓄積を行う。

3. NovaSearch (突発天体発見システム)

リアルタイムで X 線の時間変動を解析し、突発的な増光現象がないかチェックする。また、同時に全天マップの描画も行っている。ここで突発天体と判断されたデータが、AlertSystem へと送られる。

4. AlertSystem (速報システム)

NovaSearch で突発天体だと判断されたデータの再チェックを行う。その結果、再度突発天体だと判断されれば、速報メールを流す。

2 NovaSearch

データの時系列解析を行うと同時に、下図のような全天マップの描画を行っている。このマップの任意の場所をクリックすることで、その場所における光度曲線を確認することができる。

データの解析を行う際には、HEALPix を用いて天球を等立体角に分割し、その分割された各領域において、エネルギーバンド、タイムスケールごとに X 線強度の時系列解析を行っている。図における赤い丸印で囲まれたひし形の領域が1つの領域 (pixel) である。この図では分かりやすくするためにわざと大きな領域で表しているが、実際には天球を約5万個の微小な pixel に分けて解析を行っている。また突発天体だと判断した際に、AlertSystem へ送られるデータも pixel 単位となっている。

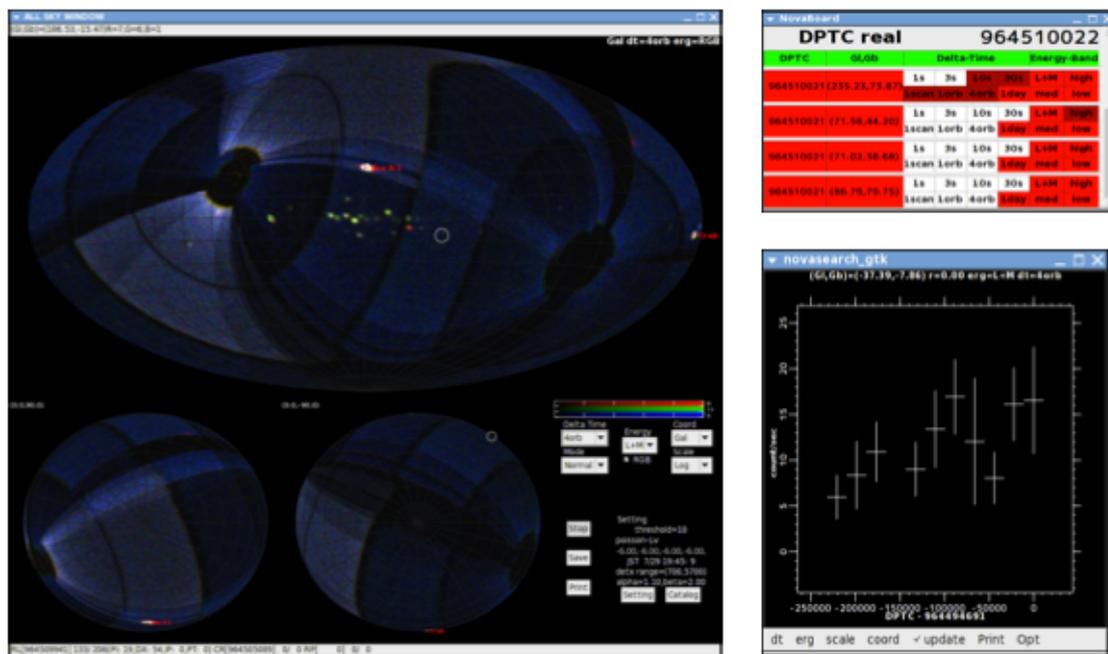


図 3: NovaSearch

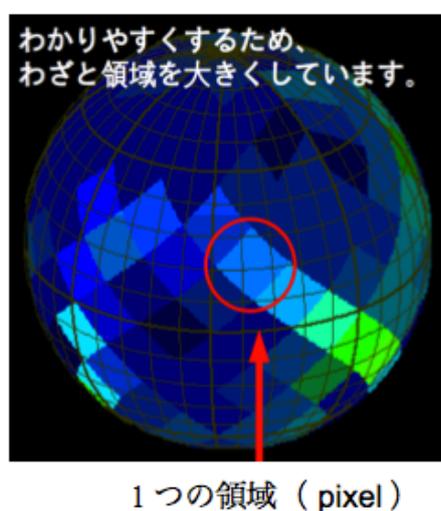


図 4: HEALPix による領域の分割

3 AlertSystem

AlertSystem では NovaSearch から送られてきた pixel データに対して、以下のような処理を行う。

- 隣接する pixel データの集約
- カタログを用いた既知天体との同定
- 太陽電池パドルによる遮蔽判定（新しく付加）
- 速報メールの作成・送信

時間としては、イベント発生から 30 秒以内で速報が出される仕組みとなっている。

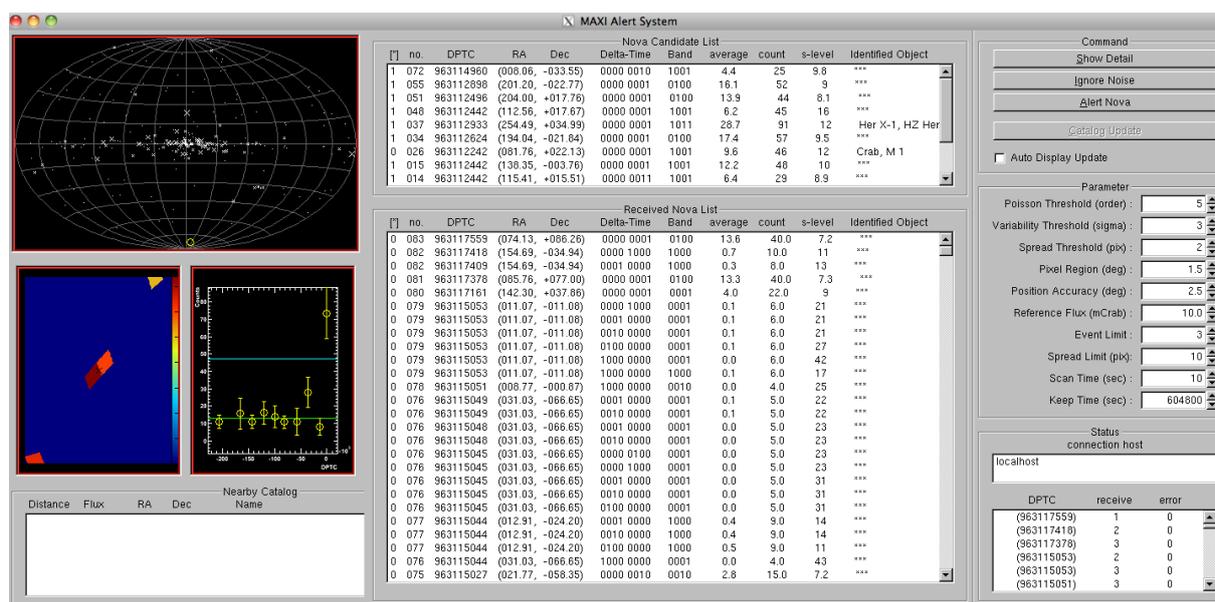


図 5: AlertSystem

3.1 PSF を考慮した pixel データの排除

pixel データの集約において、隣接する pixel データ同士をまとめる作業がなされるが、この際に複数の pixel にまたがらない単独の pixel だけのイベントは排除される。これは PSF(Point Spread Function) による X 線源の広がりよりも pixel の大きさの方が小さいため、本物の event であれば複数の pixel に渡って観測されるであろうことから、このような条件付けを行っている。

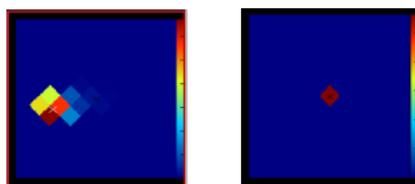


図 6: pixel の集約

3.2 実績

MAXI で発見した突発現象については、まず ATel や GCN に投稿している。ATel というのは、新天体や突発現象などの緊急性を要する情報について、世界に通知するためのサイトであり、GCN はガンマ線バースト専用の通知サイトである。運用が始まってから 2010 年 7 月末までの約 1 年間で ATel に 33 件、GCN に 11 件の投稿を行った。またこれらのうちのほぼすべてが NovaSearch と AlertSystem を用いたものである。

4 太陽電池パドルによる遮蔽判定プログラム

X 線源が ISS の太陽電池パドルにより遮蔽されていた状態から出てくることで、実際は増光していないけれど、データ上では急に増光したように見えてしまう現象が稀に起こる。そのようなパドルによる見かけの増光に対応するために、今回新しく太陽電池パドルの遮蔽判定プログラムを AlertSystem へ組み込んだ。

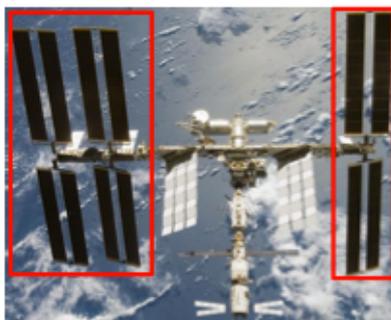


図 7: 太陽電池パドル

4.1 太陽電池パドルによる見かけの増光

以下に表したものが、過去に起こった太陽電池パドルによる見かけの増光の一例である。これを見ると、データ上では一見、突発的に天体が増光したように見えるが、実際にはパドルによる遮蔽が外れただけで増光が起こったわけではない。このようなイベントが起こった際に、今までは手動で確認を行ってきたが、AlertSystem へ組み込むことでチェックの自動化を行う。そして誤報を出さないようにすると同時に、より迅速に投稿ができるようにした。

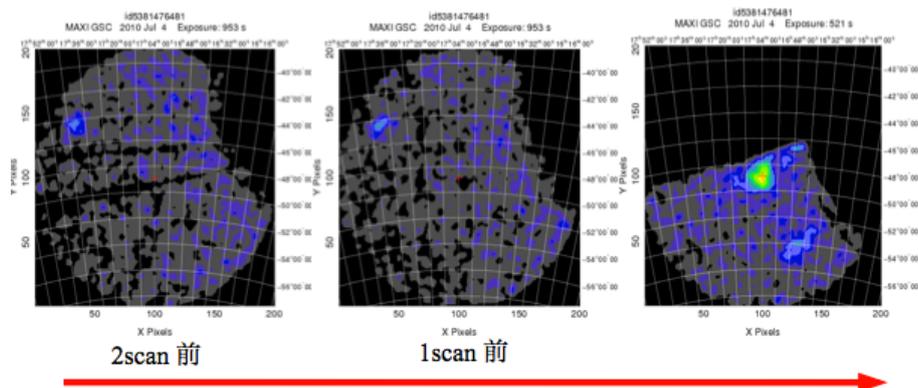


図 8: 見かけの増光の一例

4.2 プログラムの流れ

実際のプログラムの流れとしては、始めに速報を出すようなイベントがあるかどうかのチェックを行う。そして、もしそのようなデータがあれば、まとめあげられた pixel データから該当するものを探して DPTC や ra,dec の情報を得る。そしてそのデータを基に ECPG を用いてデータベースから一定時間前の DPTC とその時間における ISS の補助データを取得する。そしてその ISS の補助データからパドルの形状を計算し、ISS の軌道ファイルと合わせて遮蔽判定を行う。

速報という観点からチェック時間が重要となってくる。以上の流れは約 6.3 秒ほどで行うことができるため、速報を流すまでの 30 秒という時間に十分収まる時間なので、速報に支障なくチェックを行うことが可能である。

5 まとめ

- 運用開始から約 1 年間で ATel に 33 件、GCN に 11 件投稿の実績
- AlertSystem への太陽電池パドルの遮蔽判定プログラムの追加
- 研究室内において、Real データを用いて試験を実施中。夏中に正式に実装予定