

全天X線観測装置MAXIの速報システムの改良と成果

Improvement and results on the Nova Alert System of Monitor of All-sky X-ray Image, MAXI

○諏訪文俊¹, 根来均²

*Fumitoshi Suwa¹, Hitoshi Negoro²

Abstract: One of main objectives of MAXI, Monitor of All-sky X-ray Image, is to discover X-ray transient objects such as X-ray novae and GRBs by analyzing short- and long-term X-ray variabilities in each sky area. If a transient object is discovered, the MAXI nova alert system sends the information soon to MAXI-team members via e-mail. The members confirm the events, and send the information to the world through MAXI-mailing lists. We improve the system, for example, direct burst notification to the world without the human confirmation. As a result, the e-mail notification has been fasted from more than 5 minutes to about 30 seconds.

1. 全天X線観測装置MAXI

国際宇宙ステーション (ISS) に搭載されている MAXI は進行方向と天頂方向に視野を持ち, ISS が約 92 分で地球の周りを 1 周することで, 全天を走査することができる (Figure 1). 常に全天をスキャン観測しているため, 発生が予測出来ない突発天体の発見に対し, MAXI は非常に有効である. そのため MAXI は, 全天の短・長期の X 線強度の時間変動をモニターすることにより, X 線新星やガンマ線バーストなどの突発天体を発見することを目的の 1 つとしている.

突発天体を発見した際には, 他の観測衛星が追観測を行えるように, 早急に世界へ向けて速報を流している. 今回, この速報システムに対して, 信頼度と緊急度による速報のレベル分けと, 自動でメーリングリストへと速報を行う機能を組み込んだ.

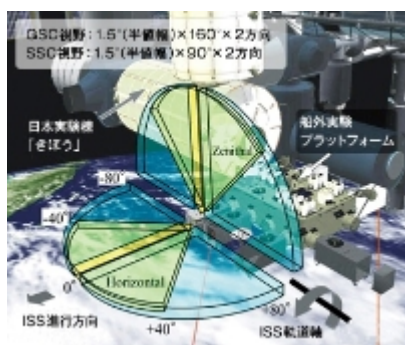


Figure 1. Field of view of MAXI. (JAXA)

2. 速報システム

MAXI で観測されたデータはリアルタイムで時系列解析がなされ, 速報システムにより突発天体の出現が世界へと速報される (Figure 2).

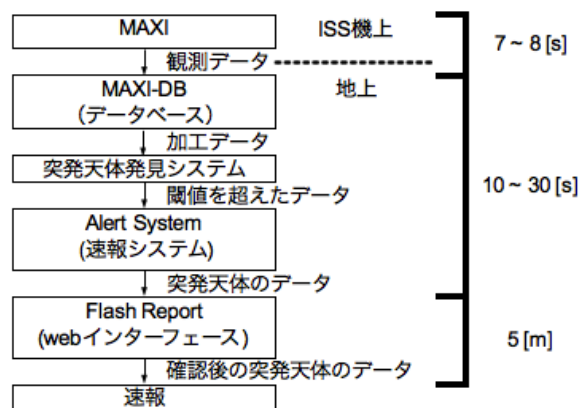


Figure 2. Data flow and elapsed time from the X-ray detection to the nova alert notification.

突発天体発見システムでは, HEALPix というライブラリ^[1]を用いて, 天球を等立体角に分割した各領域(pixel)で, 最小 1 秒から最大 4 日の 8 つの時間ビンと 2-4 keV, 4-10 keV, 10-20 keV, 3-10 keV の 4 つのエネルギーバンドで X 線強度の時間変動を解析している (Figure 3)^[2]. そして 閾値を超えたデータだけが速報システムへと送られている.

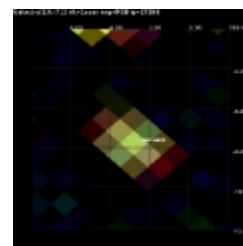


Figure 3. Sky image of some spherical area divided with HealPix library.

1: 日大理工・院 (前) ・物理、 2: 日大理工・教員・物理

速報システムは送られてきたデータを、隣り合うピクセル同士を 1 つのイベントとしてまとめる。ここで検出器の性能により、本物の天体现象ならば点源があるピクセルを中心に広がって観測されることが期待される。そのため、複数の領域に渡って検出したイベントという条件で速報を行っている。しかし稀に解析を行っている領域の中心で起こった現象については、周囲の領域の線強度の増加が閾値に届かない場合がある。そのため、既知天体から 1 度以内のイベントについては、突発天体解析システムから 10 回以上のデータ受信があった場合は速報をしている^[3]。

3. 緊急度による速報のレベル分け

これまでは突発天体発見システムを異なる閾値で動作させ、各々の速報システムにデータを送ることで緊急度の異なる速報を行っていた。今回、新しく速報システム内部で閾値を設定し、速報のレベル分けを行った。

また、これまでによく検出されていた偽イベントとして、太陽フレアや非常に明るい中性子星の Sco X-1 の低エネルギー側のイベントが広がって検出され、別のイベントと見なされてしまうことなどがある。そのため Sco X-1 と太陽の近くにおいて検出されたイベントは、緊急度を下げて速報をするなどの改良を行った。他にもイベントの分散が大きいものや、1 ピクセルあたりの突発天体発見システムからのデータ受信数が、1 つしかないものはレベルを下げる処理を行っている。逆にこれまでの統計から 30 秒以下の短い時間ビンと 1 スキャン以上の長い時間ビンの両方で検出、複数のエネルギーバンドで検出などの条件を満たすようなガンマ線バーストだと思われるイベントは、緊急度を上げて速報を行うように改良した。またそれに伴って、元々は Alert, Warning という 2 段階のレベル分けであったものを、緊急度と信頼度の高いものから順に Burst, Alert, Warning, Info の 4 段階に分けて速報を行うように変更をした (Figure 4)。

4. メーリングリストへの自動速報

これまでの速報は MAXI チーム内で、速報システムからの速報内容を人の目で確認した後に、メーリングリストへの速報を行ってきた。しかし、これでは最短でも約 5 分かかってしまうため、GRB などの追観測で緊急を要する場合は、さらに迅速な速報が望ましい。

そのため、前述のレベルの区分けにおいて、Burst レベルに該当するイベントについては、メーリングリストへ自動で速報を行えるように 7 月 22 日に改良した。こ

れにより最短で約 30 秒ほどで速報が可能となる。

これまでに 3 回の自動速報を行ったが、太陽フレアと荷電粒子による偽のイベントであった。よって、これらが起きる領域においては、速報の緊急度のレベルを下げるように変更をした。

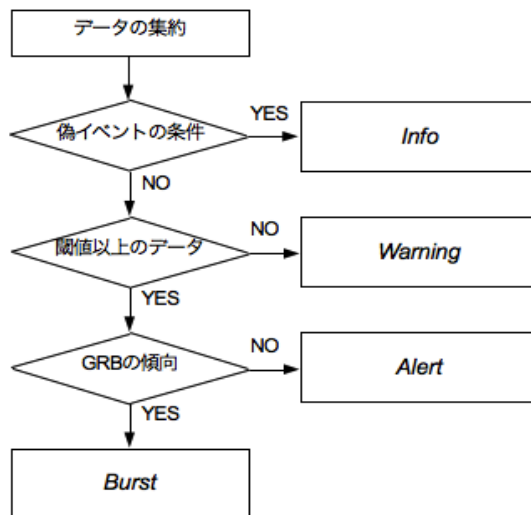


Figure 4. Flow chart of the determination of the alert.

5. 速報成果

MAXI が観測を開始した 2009 年 7 月から 2011 年 9 月までに、緊急性の高い情報を世界へと知するサイトである ATel に 70 件、GRB の情報を通知する GCN に 16 件報告をしている。また、この中には MAXI が発見した X 線新星も 5 件含まれている。

6. 課題

速報レベルの区分けを行うことにより、メーリングリストへの自動速報機能の追加をしたことで、速報時間の短縮された。しかし、精度にはまだ問題があるため、これからは精度の向上が重要となる。よって、X 線強度分布の形状を調べることや、今までの統計を用いた偽のイベント仕分けをさらに詳細に行っていく。

7. 参考文献

[1] Gorski K.M. et al. 2005, ApJ., 622, 759
 [2] Negoro H. et al. 2010, in ASP Conf. Ser.434, ADASSXIX, ed Y. Mizumoto, K.I. Morita, and M. Ohishi [P.127]
 [3] Suwa F. et al. 2011, MAXI Workshop 2011 Proceedings