



全天X線監視装置MAXIの現状と MAXI-NICER連携OHMANの現状



三原建弘 (理研)、根来均 (日大)、中平聡志 (JAXA/ISAS)、岩切涉 (中央大)、
志達めぐみ (愛媛大)、杉崎睦 (中国国家天文台)、芹野素子 (青学)、
河合誠之 (東工大)、上田佳宏 (京大)、坪井陽子 (中央大)、海老沢研(JAXA/ISAS)、山内誠(宮崎大)

全天X線監視装置MAXIは、2021年3月にJAXAによる延長審査を受け、2024年12月までの運用が認められた。現在13年目を運用中である。OHMAN(On-orbit Hookup of MAXI and NICER)は、ISS上にPCを置いてMAXIデータを処理し新星を発見し、即座にNASAのX線望遠鏡NICERに知らせて追観測を行う計画で、2022年4月から開始の予定である。

13年目を迎えたMAXI

ISS搭載の全天X線監視装置MAXIは2009年の観測開始から13年目を順調に運用中である。観測データは <http://maxi.riken.jp> から公開されている。MAXIはこれまでに、31個のX線新星を発見してきた。しかしながら、この間に明るくなったトランジェント天体は、MAXI新星でのみではない。Swift衛星に先を越された新星もあるし、19年ぶり50年ぶりに出現した既知のトランジェント天体もある。天文月報MAXI10周年特集に詳しいように、2017年9月のMAXI J1535-571を皮切りに、4個連続して超Crab級の明るいX線新星が出現した。2019年1月のMAXI J1348-630が最近である。これを機に、MAXI時代のトランジェント天体の明るさBest 8を並べてみた。7個までが2017年以降である。MAXIの性能が維持されていることがわかる。

天文月報2019年9月号

全天X線監視装置 MAXI 10周年

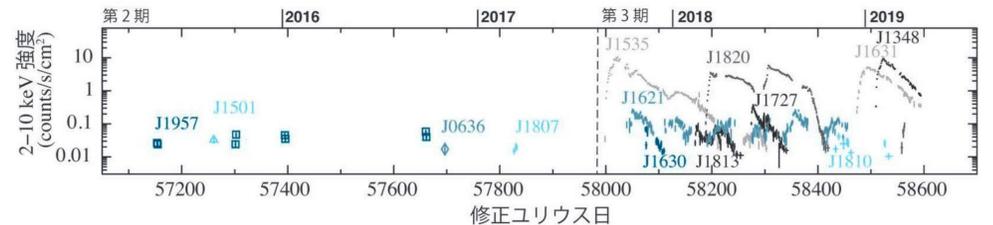
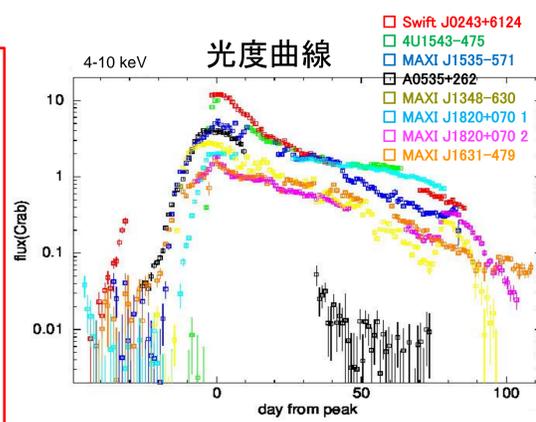


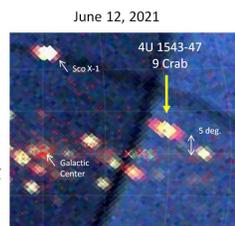
図3 (図2の続き, MJD 57050-58700) MAXIが発見した新天体の光度曲線

X線トランジェント 明るさ Best 8 (1Crab以上のもの)

| 2-20 keV (1日ピン) | (Crab単位, 日付) |
|-----------------------|----------------|
| 1. 4U 1543-475 | 8.4 2021/6/15 |
| 2. Swift J0243.6+6124 | 8.2 2017/11/7 |
| 3. MAXI J1535-571 | 3.9 2017/9/20 |
| 4. A 0535+262 | 2.9 2020/11/23 |
| 5. MAXI J1348-630 | 2.6 2019/2/9 |
| 6. MAXI J1820+070 2nd | 2.1 2018/7/6 |
| 7. MAXI J1631-479 | 1.3 2019/1/8 |
| 8. V 0332+53 | 1.0 2015/7/27 |



第1位は昨年(2021) 6月11日にMAXIが増光をとらえたブラックホール連星4U 1543-475であった(ATel #14701)。6月14日には10 Crab近くに達しMAXI史上最輝のX線新星となった。4U 1543-475は1971, 1983, 1992, 2002年に3~5 Crab程度のアウトバーストを起している。10年ごとに明るくなっているが、2012年は明るくならなかった。今回は従来の2倍の明るさであった。



黒字はブラックホール連星、青字は連星X線パルサー。

MAXI J1820+070は2回アウトバーストした。1回目はハード状態、2回目はソフト状態であった。各エネルギー帯で明るい方のみを用いた。

(注) 定常ソースも含めれば、何と言っても Sco X-1が約15 Crabで1位である。定常ソースだが変動が大きい GRS 1915+105 や Cir X-1 も1 Crabを超えることもある。短時間(1s~100s)だけ明るいものでは、ガンマ線バーストやSGRも1 Crabを超える。

僅差で2位は2017年9月29日に出現した Swift J0243.6+6124である(ATel #10803)。10月3日にSwiftが新天体と同定し、9.8 s のパルスを発見した(ATel #10809)。距離はGAIAにより6.8 kpcであり、X線光度は 3×10^{39} erg/sに達した。エディントン限界を超えるUltra Luminous X-ray Pulsar (ULXP)であった。そんな光度まで、Ghosh & Lamb (1979)のパルサーの光度-加速率関係が成り立っていたのは驚きである(Sugizaki+ 2020)。

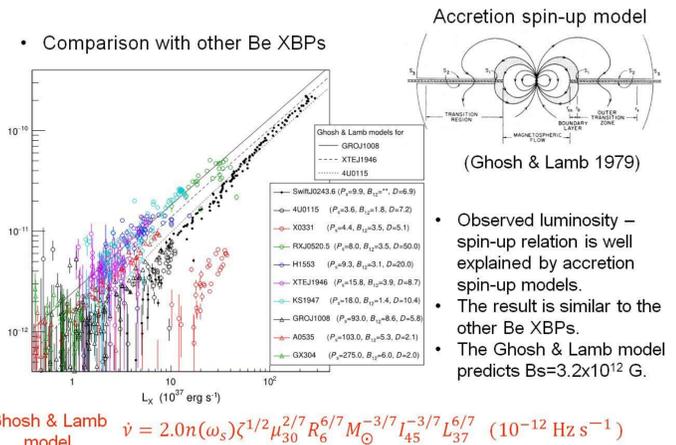
| 2-4 keV (Crab単位) | 10-20 keV (Crab単位) |
|-------------------|--------------------|
| 1. 4U 1543-475 | 11.4 |
| 2. Swift J0243 | 5.9 |
| 3. MAXI J1535 | 4.2 |
| 4. MAXI J1348 | 3.6 |
| 5. MAXI J1820 2nd | 2.3 |
| 6. MAXI J1631 | 1.6 |
| 7. MAXI J1910 | 1.1 |
| 8. A 0535+262 | 1.0 |

| 2-4 keV (Crab単位) | 10-20 keV (Crab単位) |
|-------------------|--------------------|
| 1. Swift J0243 | 9.5 |
| 2. A 0535+262 | 8.5 |
| 3. V 0332+53 | 3.3 |
| 4. MAXI J1348 | 2.8 |
| 5. MAXI J1820 1st | 2.3 |
| 6. MAXI J1535 | 2.0 |
| 7. GX 304-1 | 1.5 |
| 8. 4U 1543-475 | 0.6 |

2-4 keVの軟X線ではブラックホール連星のソフト状態が明るい。このバンドMAXI天体が多いのは、このバンドがMAXI独自のエネルギー帯であることを物語っている。

10-20keVでは首位が入れ替わる。ここではX線連星パルサーが明るい。そのあとにブラックホール連星のハード状態が続く。このエネルギー帯はSwift/BATと競合し、激しい発見競争が繰り広げられている。

Luminosity (L) – spin-up ($\dot{\nu}$) relation



X線帯でのみ光る突発天体

MAXIの発見天体の中には、MAXIの1スキャンでのみ光り、数時間後のSwift/XRTの追観測では、すでに消滅しているような急速減光天体(MUSST天体)がある。我々は、それらの正体を解明すべく、

「X線帯で発見、X線帯で即時追観測」

を合言葉に、OHMANを立ち上げた。ISSに載っている両者では地食や放射線帯などの制約条件が一緒である。つまり、MAXIで見えたものはNICERでも見れる。またISSと地上とは通信が途切れる時間帯が約1/3程度あるが、軌道上では欠測はない。非常に効率が良い。

OHMANの歩み

2017年度にISAS小規模計画で日本側の準備を行った。2020年にはNICER側の予算も認められた。2021年5月、MAXI J1803-298をNICERタイミング観測で位置決定した。同6月OHMANソフト一式を送出。JSCで地上end-to-end試験を行った。同9月バグを修正したOHMANソフトを送出した。同10月、軌道上データを1日取得し、地上でOHMAN試験した。同10月からTKSCで取得したREALデータをOHMANソフトに流し連続試験中。2022年3月30日(ISSの期間incrementの区切り)からOHMAN開始予定。

JAXAとNASAの 日米協力OP3の実現。

ISSを科学的意味において真の「国際」宇宙ステーションに。

MUSST天体 GRB 140814A はソーンジトコフ天体型超新星と判明

Dong et al. Science 373, 1125, (2021.9.3.号)に我々がMUSST天体にリストアップしていたGRB 140814Aが新型の超新星であると報告があった。これは、約300年前に連星系のコンパクト星が伴星に突入し、スパイラルイン。300年後の今、中心に達して伴星のコアと合体。重力崩壊型超新星を起したというもの。VLA, Keckによる観測論文。超新星-GRBには違いないが新種。

OHMANいよいよ始動

On-orbit Hook-up of MAXI and NICER (OHMAN)

ISSにはMAXI(日)とNICER(米)という2つのX線天文装置が搭載されている。MAXIは広く浅く観測し、X線突発天体を発見している。NICERは追尾型のX線望遠鏡で視野は狭いが深い観測ができる。現在は、MAXIのデータは一旦地上に降りてから解析され、出現した新星情報はメール等でNICERチームに知らされている。ISSと地上とのデータ断や人間の作業が入り、数時間の遅れが生じている。そこで、ISS上のPCで新星発見を自動で行い、新星情報を直接NICERに伝えて即座に観測するようにすれば、継続時間の短い突発現象を発生10分後から初めて詳細に観測できる。(最終目標は2分後)

2020年11月からOHMANの準備が本格化し、2022年4月から実施の運びとなった。

机上コンフィギュレーション

最終的に組み上げられた机上コンフィギュレーションを図に示す。

- MAXIからの中速系データ(Ethernet)を用いる。
- データは、JEMハブ、LEHXを経由して地上に下ろされている。
- JEMハブのポートミラー機能を使い、MAXIデータを複製してOHMAN-PCへ流す。
- OHMAN-PCは、本体のUS側インターネットとは別に、USB-LANアダプタを装着してJEMインターネットの複製データを受け取る。
- MAXIのデータは地上宛てになっているので、OHMAN-PCではバケットキャプチャー(OHMAN captureソフト)でデータを取得する。
- 取得されたデータはNova searchソフトに渡され、新星発見が行われる。さらにAlert systemソフトによりデータの精選が行われる。
- 新星情報は、ファイルにより、NICER側に渡される。
- NICER visibilityソフトは、NICERでの観測可否を判断し、可能と判断すれば、EXRESS RICコンピュータにデータ送信。
- RICは1553データ(UAD)に変換しPayload MDMIにデータ送信。
- PL MDMIは、NICERからの毎秒リクエストに応じてデータ送信。

