



MAXI-NICER即時連携観測 OHMAN計画

三原 建弘、岩切 渉、芹野 素子(理研)、根来 均(日大)、
中平 聡志、上野 史郎 (JAXA)、牧島 一夫、松岡 勝、杉崎 睦(理研) 河合 誠之 (東工大)

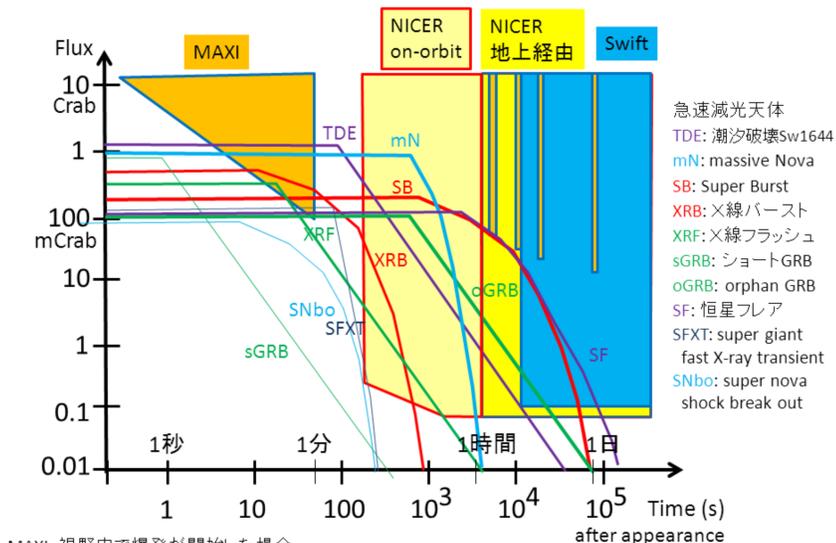


MAXIは2009年の運用開始以来、85個のガンマ線バースト(GRB)と17個のMAXI新星を発見している。そのうち7個は、Swift衛星の追観測でも対応天体が見つからず、MAXI未同定短時間軟X線トランジェント(MUSST、マスト天体)と呼ばれている。このような急速減光天体では、追観測が間に合わず正体が解明されていない。候補としては、GRBの親なし(Orphan)残光や重力波対応天体などが挙げられ、実に興味深い。折しもNASAのX線望遠鏡型観測装置NICERが今年3月にISSに搭載される予定である。そこでMAXIのデータをISS上で解析し、発見した新星を同じくISSに載っているNICERに即時に伝えて2分後から追観測を行うことを、NASA(MIDX-MOO)、ISAS(小規模計画)共同で提案している。**On-orbit Hookup of MAXI And NICER** : OHMAN (オーマン)と銘打ち、X線がまだ明るいうちにX線で追観測する。同計画は、時間領域天文学の未発見領域を探索する。スーパーバーストを利用したX線バーストにおける元素合成の研究や、天文学的に興味深い超巨大恒星フレアの観測も可能となる。

時間領域天文学

MAXIは時間領域天文学をけん引している。MAXIやSwift衛星が天体を発見し即時にアラートを流し、それをもとにX線や可視光などの追観測が行われ、詳細なスペクトル情報などが時間遷移と共にえられる。「時間領域天文学」は、現代の天文学として注目されている。2016年7月のアメリカ宇宙航行学会など主催のISS研究開発会議において、MAXIはInnovation in earth and space science賞を受賞した(ISASニュース2016年9月号)。その授賞理由の1つが、時間領域天文学を発展させた功績であった。ここで提案するOHMAN計画は「時間領域天文学」をさらに発展させる内容である。つまりSwift衛星では実現されていない「X線」トランジェントの「即時」観測という未発見領域(discovery space)を探索する。図に示されるように、MAXI-NICERの軌道上での即時連携観測によって、Massive Nova, Super burst, Stellar flare, orphan GRB, X-ray Flashなどが観測対象になる。

X線領域の即応性と観測感度



MAXI: 視野内で爆発が開始した場合。
NICER: MAXIからonorbitでアラートを受けた場合と地上経由の場合
Swift: MAXIからGCNでアラートを受けた場合。観測時間は1ksと仮定。

OHMAN計画

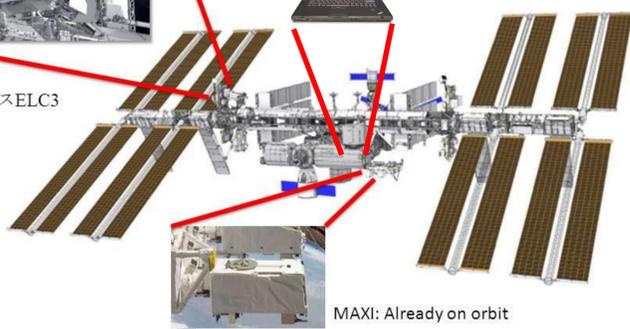
- 素早い追観測
- まだX線で明るいうちにX線で見える。
- ISS上で天体検出&出現情報を伝達。

NICER: Launch in March 2017



LaptopPC 新星サーチ
NASA物品、JEMIに設置。
ソフトウェアを入れ替え

ISSトラスELC3



MAXIとNICER

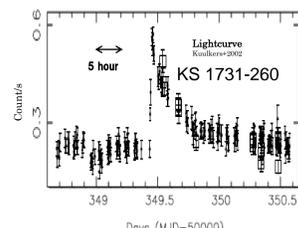
OHMAN計画は、広く浅く全天を監視しているMAXIと、狭い視野を深く観測できるNICERという2装置を、ISS上で連携させ、2つを組み合わせることでおのこの単独ではできないサイエンスを実現しようとするものである。MAXIは理研が提案した装置でISSのきぼう船外実験プラットフォームに実装されている走査型スリットカメラであり、2009年8月から運用している。2-20keVで1スキャン(典型的には60秒)で100mCrab以上の天体を検出できる。NICERはNASA/GSFCが提案しているもので、X線集光鏡にノンイメージングのシリコンドリフト検出器を組み合わせたものを56台束ねた装置である。アメリカ側のELC3トラスに2017年3月に搭載予定である。エネルギー帯は0.2-12keVでMAXIと同じX線帯である。

スーパーバースト 中性子星と元素合成

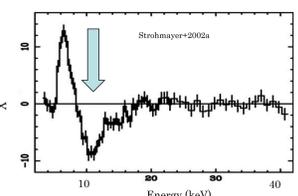
鉄より重い元素は、赤色巨星内部でのs過程や、超新星爆発時のr過程で生成されると考えられているが、宇宙には中性子の捕獲過程では作れない陽子過剰な同位体(例えば安定したMoの24%は陽子過剰な同位体)が存在している。この元素を作る過程として、陽子捕獲とβ+崩壊を繰り返す速い陽子の捕獲過程(rapid proton capture process: 以下rp過程)が考えられている。rp過程が起こりうる最も有力な場所が、X線バーストである。

スーパーバースト(SB)は1998年に発見された数時間にも及ぶX線バーストであり、炭素の燃焼で起きると考えられている(右図)。MAXIは数時間も続くSBを12例も発見している(Serino+2016,他)。この時間スケールであれば、MAXI-NICER即時連携により、観測が間に合い、長時間にわたって高品質のスペクトルが取れる。その時間変化も追うことができる。

実際、RXTE/PCAによって偶然観測された結果では、スーパーバースト中に中心エネルギーが5.8-6.4 keVの間で変化する強度の強い広がった鉄輝線と、10 keV付近に強い吸収構造が見られた。広がった鉄輝線の解釈として、相対論的効果で降着円盤内縁の鉄が広がっていると考えると、中性子星の質量、半径の比が制限できる。また、吸収構造の解釈として光電離したH-likeの鉄輝線による吸収端、もしくはrp過程による重元素(Ni, Zn, Ge)の吸収の2つが挙げられる。



10時間も続く、長時間X線バースト



RXTE/PCAによる4U 1820-30のエネルギーによる吸収端、もしくはrp過程による重元素(Ni, Zn, Ge)の吸収の2つが挙げられる。

MUSST天体の正体解明

MAXI Unidentified Short Soft Transientとは、

Soft : X線帯(MAXI 2-10 keV)でのみ検出される

硬X線のSwift/BAT (15-50 keV)では検出されていない
GRB検出器(Fermi/GBMやKonus/wind)でも非検出。

Short transient : 約半日後のSwift/XRT 追観測では非検出。

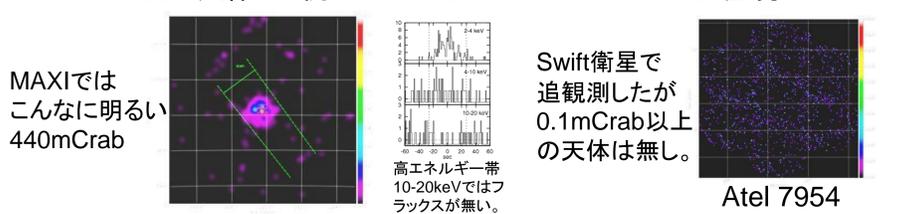
すでに0.1mCrab以下にFade outしている。

Unidentified : Swift/XRTによる位置同定ができないため未同定に終わる。

MUSST天体の1例

MAXI J1501-026

2015-08-26出現



MUSST天体は何だろう?

「宇宙論的遠方での爆発現象」

赤方偏移した遠方ガンマ線バーストは、X線でのみ見える。NICERで位置を決め、そこにごく遠方のGRBが見つければ決定的。

「重力波天体の電磁波フォローアップ」

去年の重力波の発見により、NS-NS合体の重力波の検出も期待される。MUSSTが重力波のX線対応天体である可能性もある。

重力波天体との同時刻の検出、およびNICERによる位置決めとライトカーブ取得により、「重力波天体」のX線対応天体を発見できるかも。

「GRBの親なし(orphan)X線残光」GRBのジェットから外れれば残光のみ見える。

「超新星ショックブレークアウト」超新星時の衝撃波が恒星表面に達した瞬間。

「単独ブラックホールに彗星が落下?」

「年取ったマグネターのバースト?」

超巨大恒星フレア

恒星フレアは、MeV以上の高エネルギー粒子生成の現場であり、熱いX線プラズマの生成現場でもある。MAXIはdMe星から、最大の太陽フレアの1000倍ものX線光度の、RS CVn連星からは同10万倍もの恒星フレアを検出している(Tsuboi+ 2016)。フレアの立ち上がりは、磁気ループの大きさなどの、立下りは、プラズマの自己coolingやループ外への散逸の情報を知ることができる。