



MAXIと Tomo-e Gozen との連携

芹野 素子 (青学大)

根來均(日大)、岩切渉(中央大)、
三原建弘(理研)、志達めぐみ(愛媛大)、
MAXIチーム

本日の話



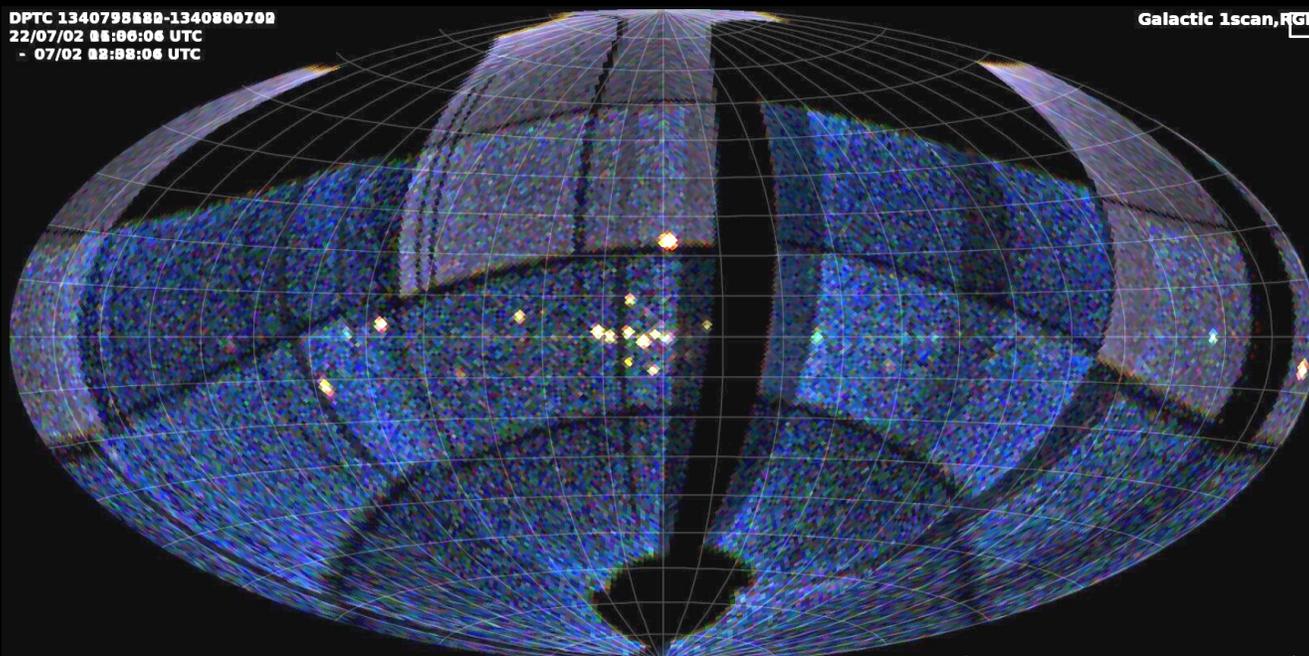
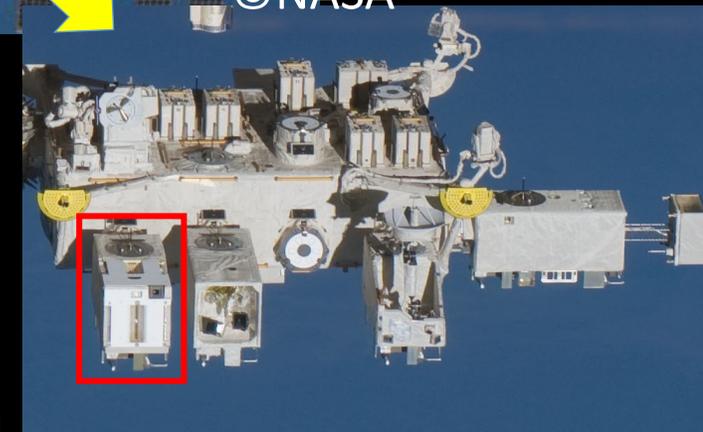
- MAXI・NICER について
- これまでのMAXI—Tomo-e 連携と最近の進展
 - 2017, 2018 年の発表を振り返りつつ -
 - MAXI発見の突発天体の(自動)フォローアップは実現した
 - NICERを含めた連携の成功例
 - MAXI-NICER 連携の発展
- 今後の連携の構想
 - アーカイブでの長期変動調査
 - 短い(1スキャン)突発天体の追観測

MAXIについて

- MAXI: Monitor of All-sky X-ray Image
- 国際宇宙ステーション搭載の全天X線監視装置
- 軌道周期 92分 ごとに全天をスキャン観測



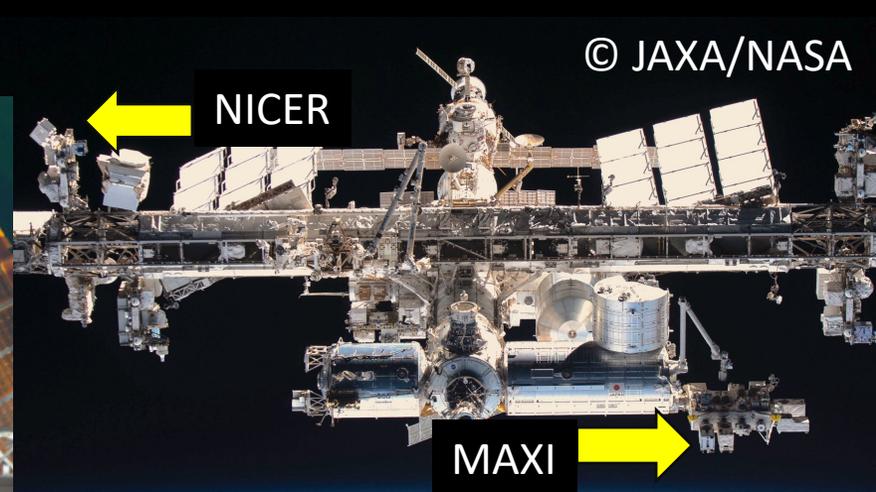
©NASA



主な役割/成果

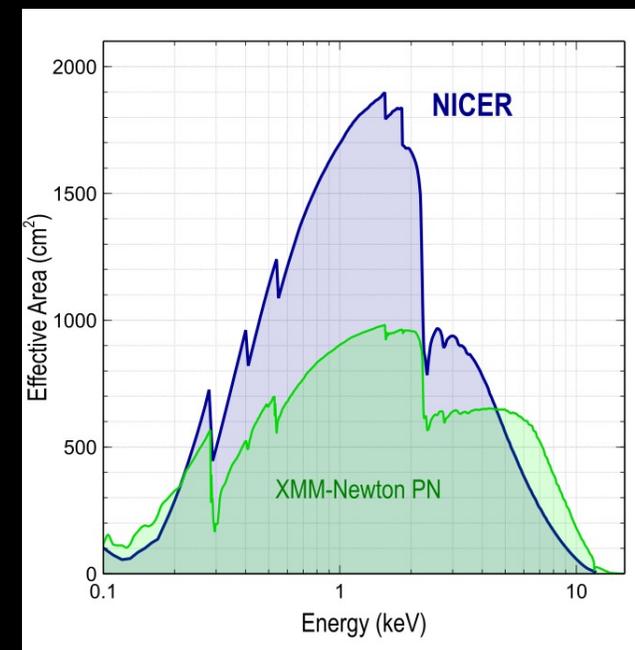
- 変動天体の監視、X線での新天体の検出と速報
- (感度的に)系内のブラックホール/中性子星連星
- 13年の運用で34の新天体を発見
14がブラックホール連星
- 年間10イベント程度のGRB(的な突発天体)

MAXI-NICER連携



- NICER
(Neutron star Interior ComposiRon ExploER)
- 0.2-12 keV、有効面積大、高時間分解能(<300nsec)
- ISS搭載のため、通信可能な時間が多い
→コマンドをあげやすくToO向き
- MAXIで突発天体を発見→NICERで追観測
 - 2017年(打ち上がった年)から地上経由で連携開始
 - 2022年4月からISS上での連携開始
機上のパソコンで突発天体を探査、NICERへのコマンドも自動(効率↑)

NEW!



<https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/nicer/>
より



これまでのMAXI—Tomo-e 連携 と最近の進展

– 2017, 2018 年の発表を振り返りつつ –

「木曾広視野サーベイと京都3.8m即時分光によるタイムドメイン天文学の推進」 芹野

「木曾シュミットシンポジウム2018」 岩切



MAXI発見の突発天体を Tomo-eでフォローアップ(1)

- MAXI新天体のフォローアップの呼びかけ

「MAXI新天体の価値を決めるのはフォローアップ観測です」

- black hole X-ray binary MAXI J1820+070 (2018年3月)
 - MAXIの発見の3日後にフォローアップ観測
 - ~100 msec スケールのフレア、100-200 sec スケールの準周期的変動、~10 msec タイムスケールの変動を報告 (Sako+ ATel #11426)

ATel を引用・NICERとの連携についても示唆
「NICERもタイミングが良ければ観測時期を合わせてくれるはず」

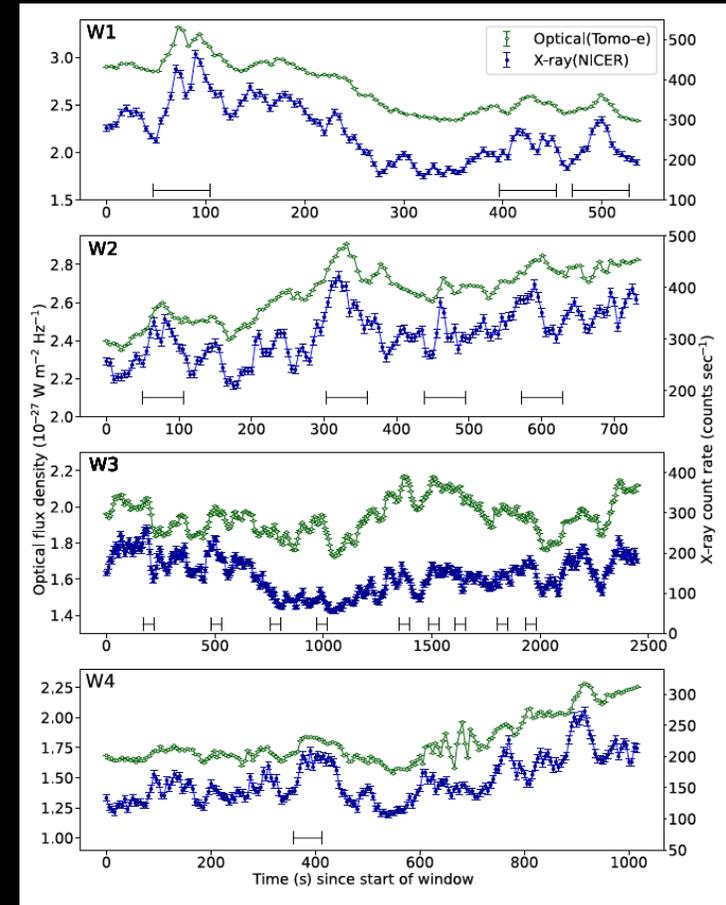


(MAXI速報からの)

Tomo-e- NICER 連携

「NICER+Tomo-e Gozen の短時間変動の連携も面白い」

- 2020年5月MAXIが矮新星 SS Cyg の X線での増光を報告 (Negoro+ ATel #13744)
- 2020年9月と11月にTomo-eとNICERでの同時観測が行われた (Nishino+ 2022 PASJ 74, L17) 右図
 - X線と可視光の変動が相関している
 - 可視光に～秒のタイムスケールの遅れを発見



MAXI発見の突発天体を Tomo-eでフォローアップ(2)



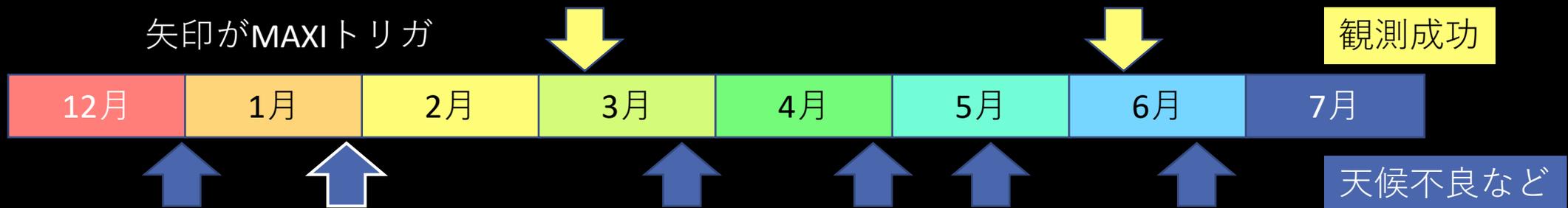
(MAXIの未知天体を観測する上では)
「どのくらい早く反応できるかが鍵」

「MAXI新天体が出た際に、できるだけ早く見に行ってもらうことは可能でしょうか」

- 2021年度からMAXI速報に対して自動的に追観測を行う体制を
Tomo-eの方で整備

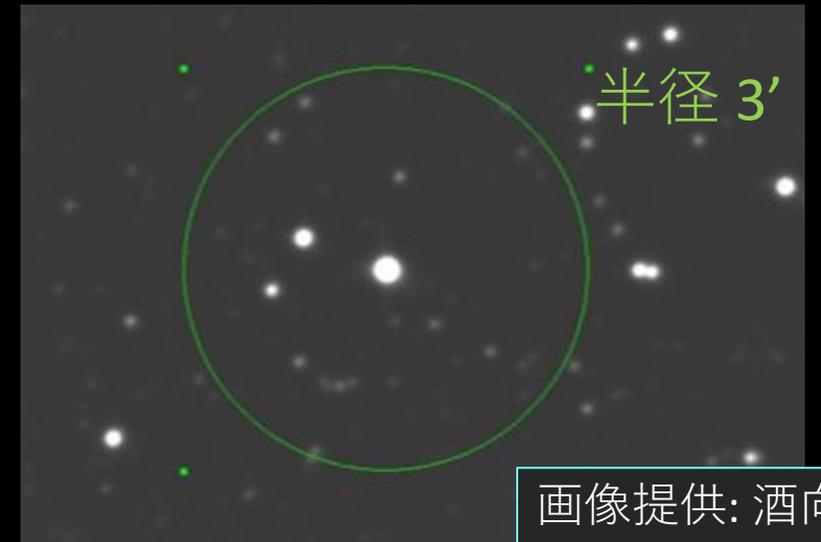
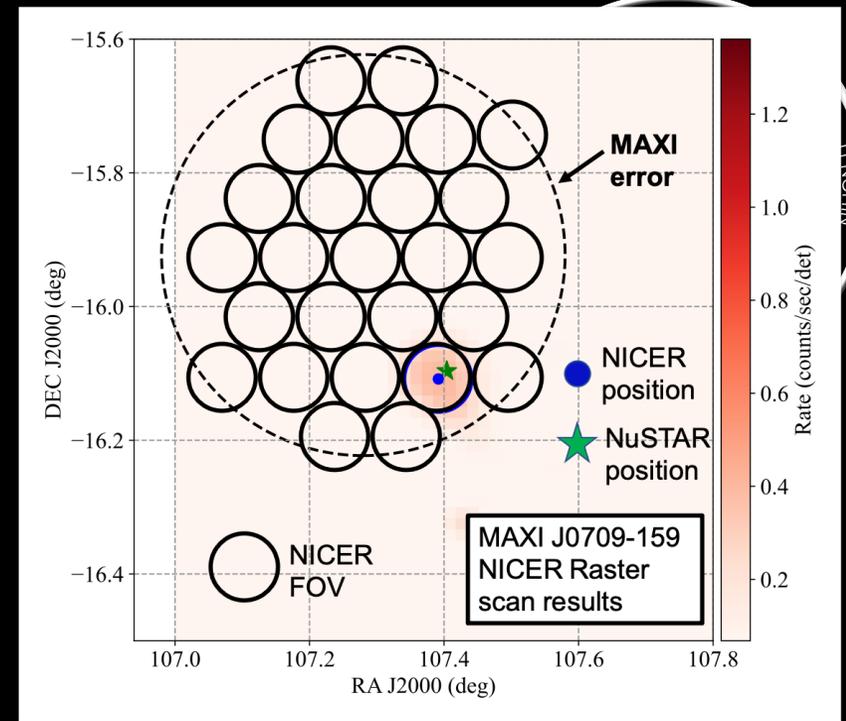
- 2021年12月28日から自動観測可能に

情報提供: 酒向さん



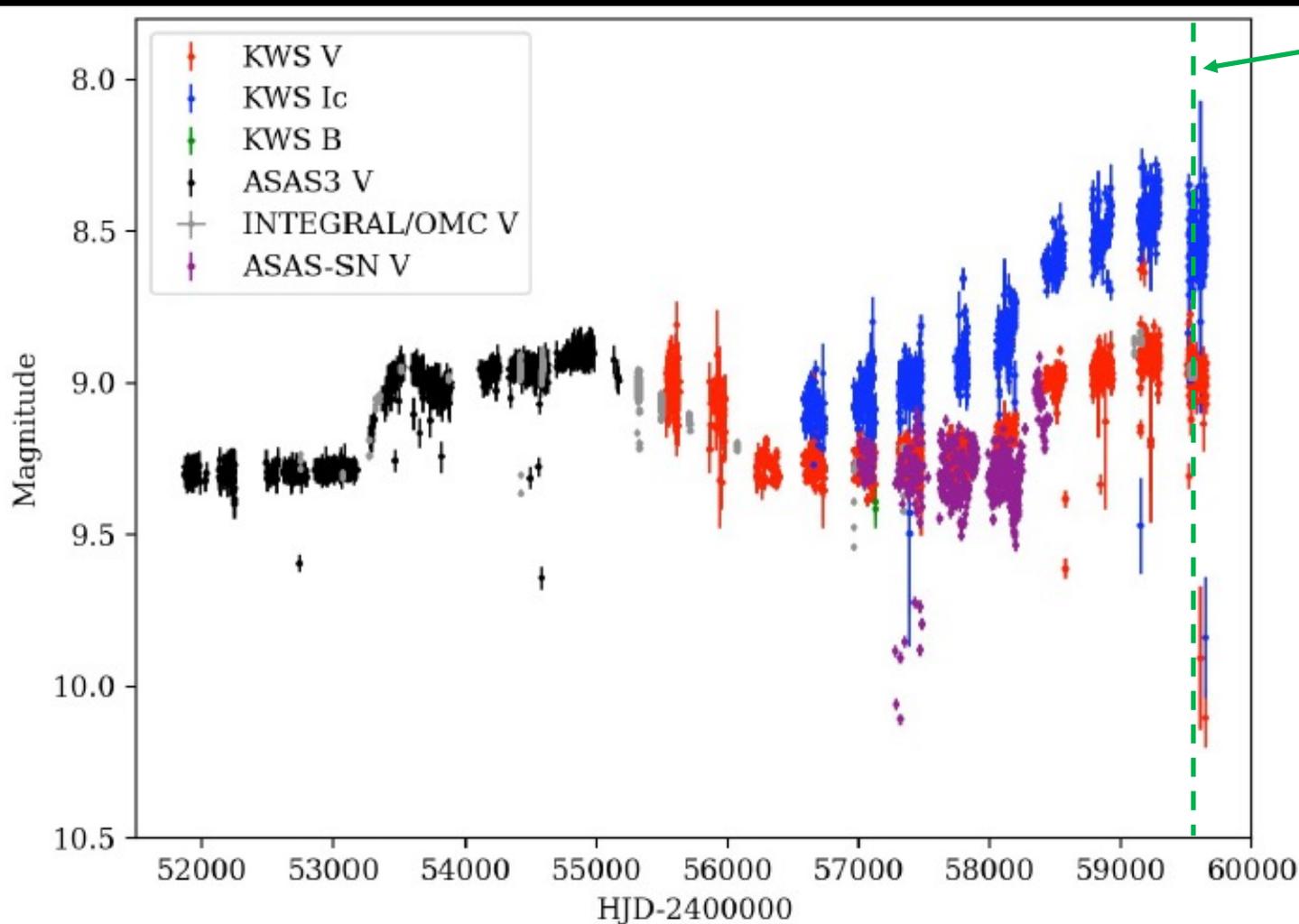
MAXI発見の突発天体を Tomo-eでフォローアップ(2)

- 2022年1月25日
MAXI J0709-159 アラート (ATel #15178)
 - 当日は悪天候→翌日に観測
- MAXI-NICER 連携観測 で決まった
位置 (ATel #15181) は、
LY CMa に一致することがわかった
 - 新しく現れた星・
目立って明るくなった星はない
- 対応天体がすぐにわかったことで、
その後の追観測もスムーズに
 - MAXI+他の追観測の論文
Sugizaki+ 2022 PASJ accepted
(arXiv 2207. 01969)



画像提供: 酒向さん

LY CMa/MAXI J0709-159 長期モニタ



MAXI発見のタイミング

- LY CMa は10年以上前からKWSでモニタ観測されていた
- X線でバースト的な振る舞いが観測されたのは初めて (X線での名前はなかった)
- 短期の観測だけでなく、長期のモニタ観測の情報も有用

KWS: Kamogata/Kiso/Kyoto Wide-field Survey
(データ提供: 前原さん)



今後の連携の構想

アーカイブでの長期変動調査

短い突発天体の追観測

アーカイブでの長期変動調査



(連携のもうひとつのパターンは) 「多波長モニタ」

- MAXI と Tomo-e のブラックホールの長期モニタデータを用いて
 - X線での変動と可視での変動の対応を調べる
 - X線では観測されない静穏期に可視でどのような変動があるかを調べる



短い突発天体の追観測

- そもそもTomo-eで追観測する一番のメリットは視野の広さ
 - MAXIは短い突発天体の位置精度が最悪 >1 度にもなる
 - 誤差領域が視野内におさまれば、上限値でも意味がある
(誤差領域を覆えていないとなにもいえない)
↑ 過去ほぼこのパターン
- 自動観測には成功している
 - なぜか今年にはMAXIのみのGRBが0件
 - あとは良いタイミング・位置で発生すれば...



まとめ

- MAXI-NICER-Tomo-e 連携では、5年前に構想していたことが次々と実現
 - 早期フォローアップ
 - 短時間変動調査
 - MAXI-NICER 機上連携
- 次なる目標は長期変動調査と(MAXIのみの)GRBの対応天体発見
- MAXIへのご要望などありましたら是非ご連絡ください