



MAXIと「すざく」による連携観測の成果

中平聡志(JAXA), 志達めぐみ, 上田佳宏(京大), 三原建弘, 松岡勝(理研), 河合誠之(東工大),

根来均(日大), 常深博(阪大), 吉田篤正(青学大), 上野史郎(JAXA)

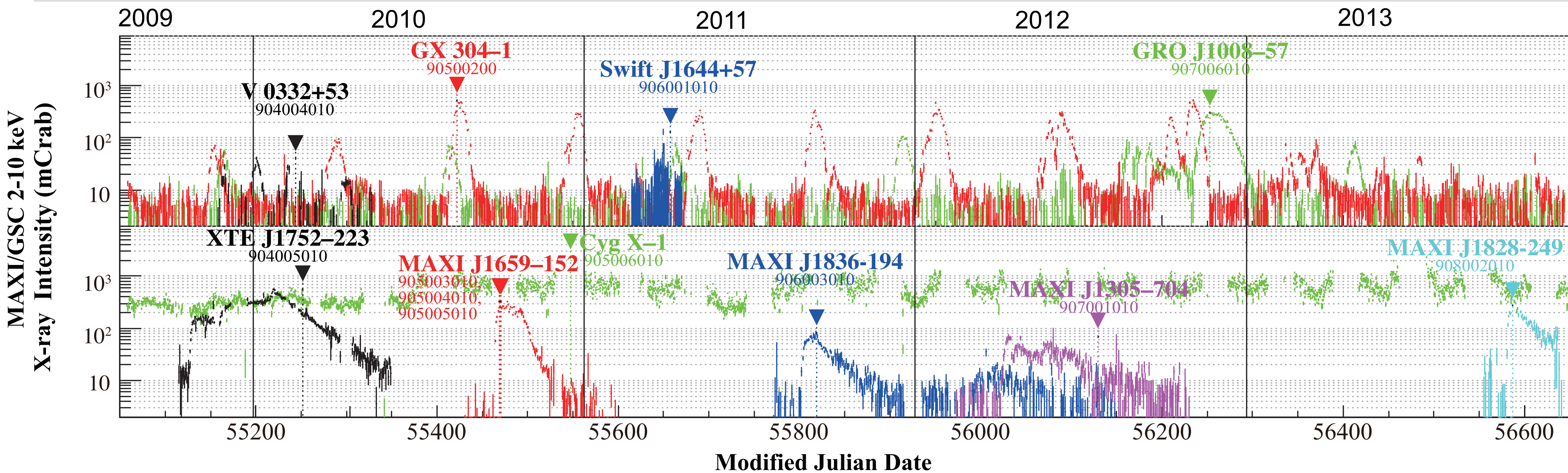
nakahira@crab.riken.jp



MAXIと「すざく」は、特に科学的価値の高い予想外の突発天体現象に対する連携観測の枠組みを設けている。この枠組みでは、MAXI側が科学的意義の評価をおこなった上で「すざく」に対してToO観測を提案する。「すざく」側は運用上の制約がなければ観測をおこない、観測データは即時公開される。現在までに10件(12観測)の観測が実現していて、内訳は新発見の天体6件、既知の天体の予想外の増光またはスペクトル状態遷移が4件である。天体の種族としては系内のブラックホール連星6例、X線連星パルサー3例、巨大ブラックホールにおける潮汐破壊現象1例に対応する。個別の観測結果については過去の本シンポジウムで逐次報告してきたが、本講演では連携観測の全体の成果についてまとめる。

すざく-MAXI連携によって観測された天体のMAXI/GSC光度曲線(2-10 keV)

ラベル / プロットと同色の三角のマーカーと点線はすざくが観測をおこなった時刻を表す



Be/X線連星パルサー:3
潮汐破壊現象:1

銀河系内BH連星: 6

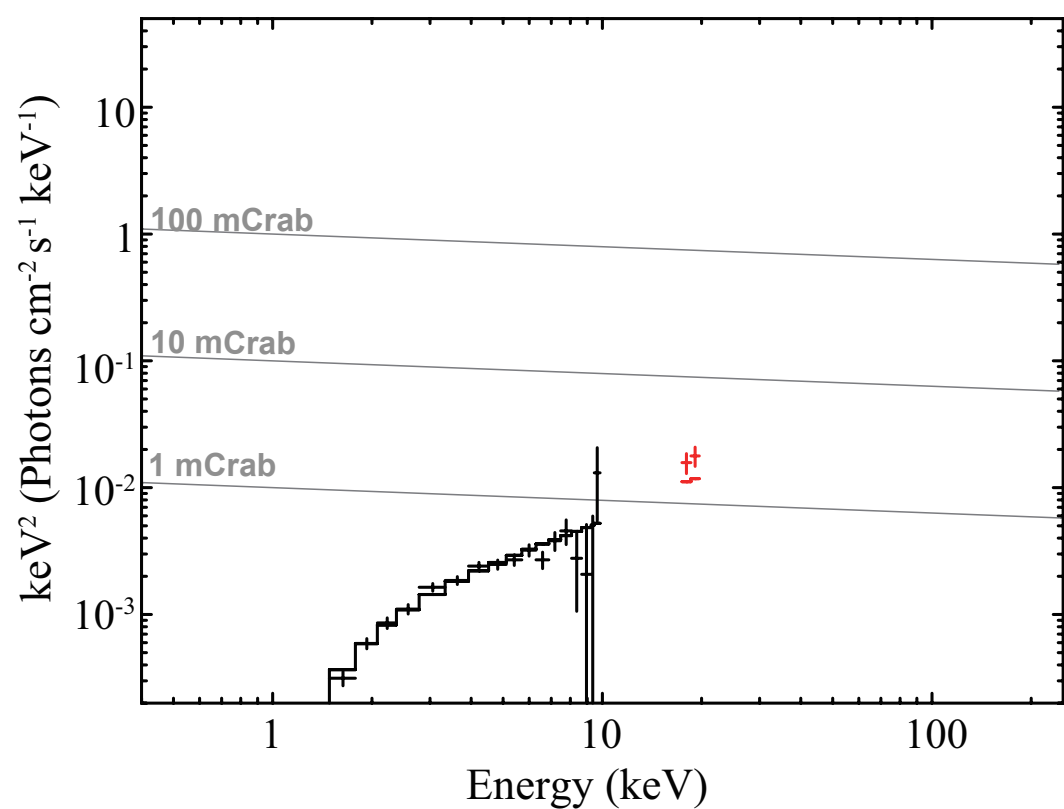
(そのうち、新発見の天体5。
MAXIによって最初に発見
された天体は4)

すざく-MAXI連携観測により取得された積算エネルギースペクトルと観測の意義

MAXIの連続的なモニター観測により、既知の天体の巨大な増光のピークや稀な状態遷移を狙った詳細観測が可能になった。我々はMAXIとすざくを密に連携させることにより、希少な現象について広帯域かつ高精度なエネルギースペクトル取得性能を最大限活かした観測に成功した。

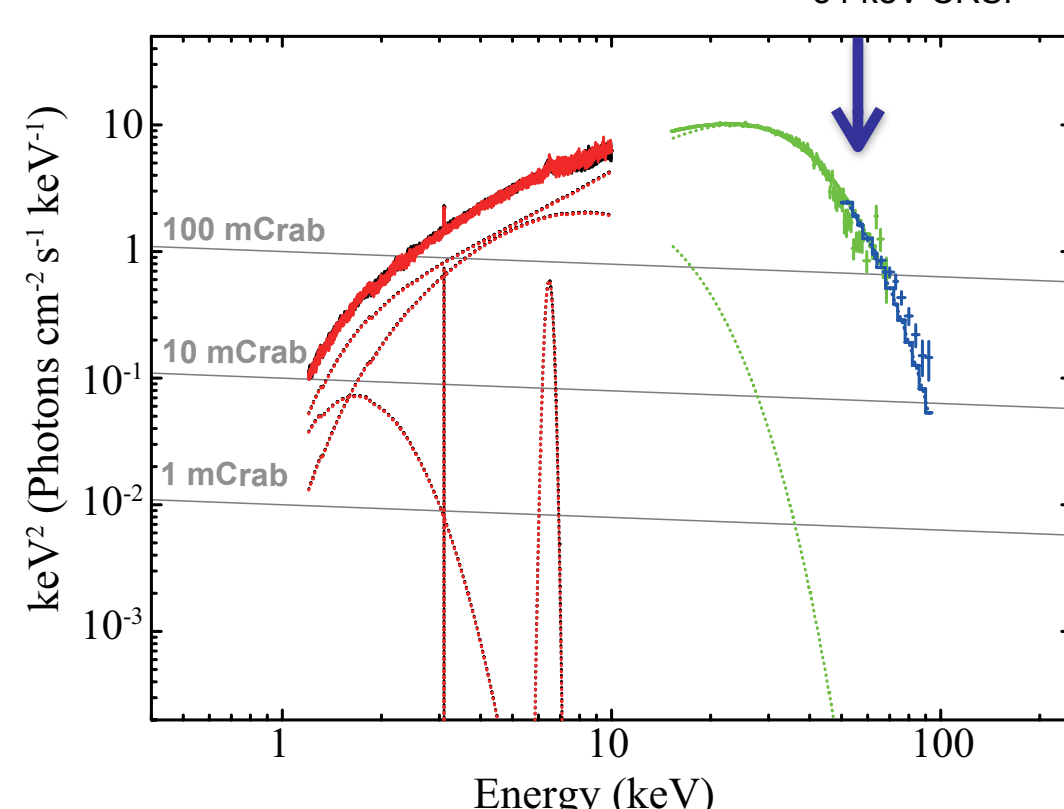
特に事前の観測提案で予測できない現象として、再帰に数十年の間隔が必要だと考えられているブラックホール新星を多数観測し、史上始めて見つかった「巨大ブラックホールによる恒星の潮汐破壊現象」を捉えるなど、歴史的に価値のあるイベントを逃さず観測した。以下ではそれらの概要を示す。

V 0332+53



- MAXI観測開始初期に活動的だったX線連星パルサー
- ぎんがで観測された非常に深い~28 keVのサイクロトロン共鳴吸収線と、~55 keVの2倍波の追認を目的とした観測
- しかし、想定より早い減光によりピークを逃し、目的は達成できず

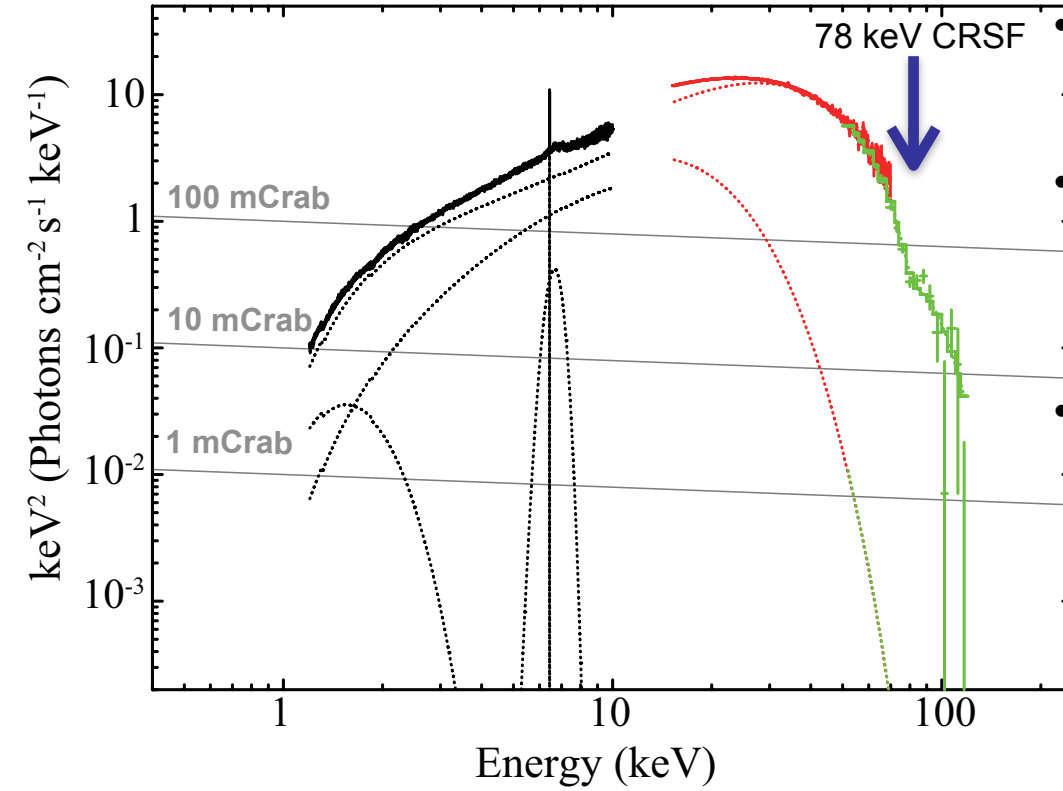
GX 304-1



- 28年ぶりに再開した活動をMAXIが発見したX線連星パルサー。132.2日周期の活動3回目の巨大フレアのピークをすざくが観測した。
- すざくの優れた硬X線観測性能により、54 keVにサイクロトロン共鳴吸収線(CRSF)を有意に検出した。
- 中性子星表面の磁場強度は 4.7×10^{12} Gと推定され、最大級である。

Yamamoto et al., PASJ, 63, S751 (2011)

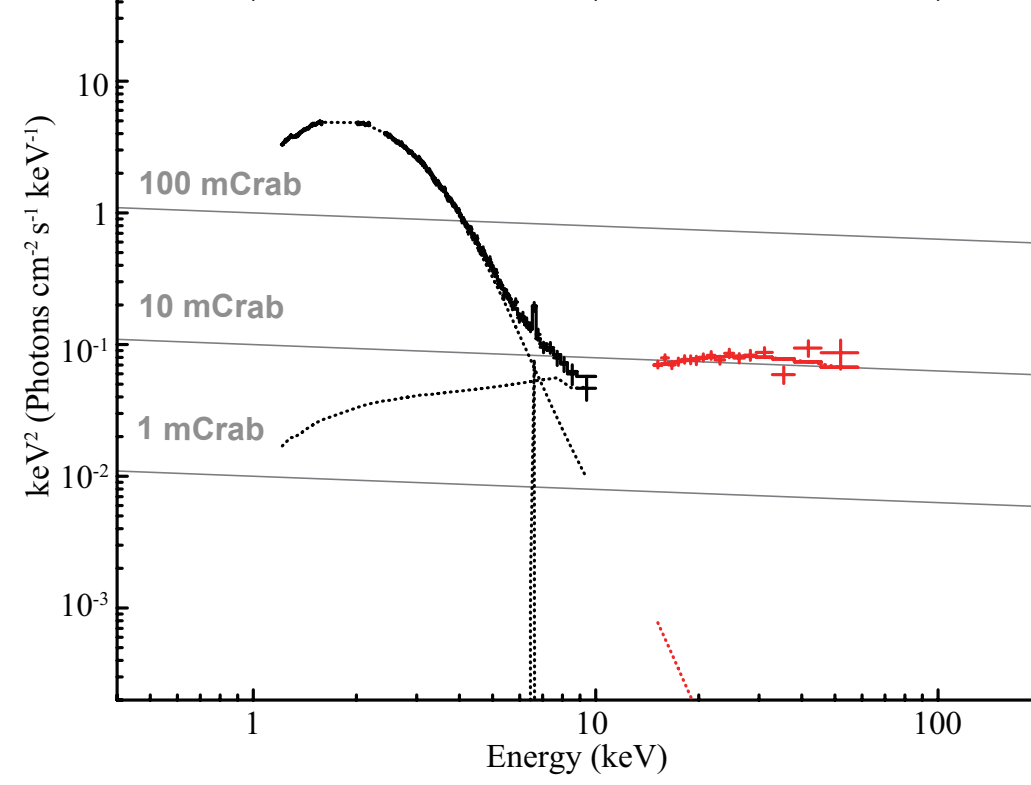
GRO J1008-57



- 1993年7月の発見以来、250日毎に増光を繰り返しているX線連星パルサー。
- MAXIは2012年11月はじめに巨大増光の兆候を予報し(ATel#4561)、過去最大級の増光のピークをとらえた。
- 78 keVにCRSFを検出し、推定された磁場は 6.6×10^{12} Gであり、史上最大である。

Yamamoto et al., submitted

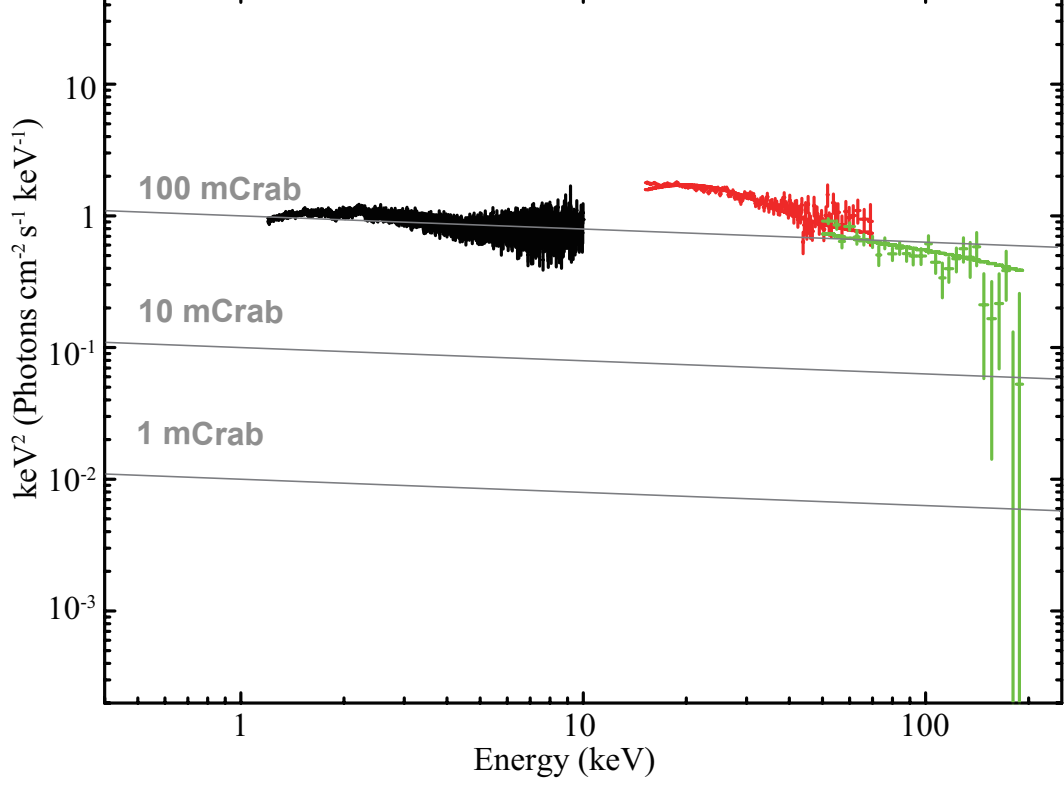
XTE J1752-223



- 2009年10月にRXTE衛星により発見された新天体。
- MAXIによる連続観測からブラックホール連星であると考えられた。
- 発見から約130日後にすざくで観測可能になり、BHにおけるソフト状態特有の放射が検出された。
- 高精度なデータによりブラックホールであることが確実となり、降着円盤からの放射の研究が行われた。

Nakahira et al., 64, 13 (2012)

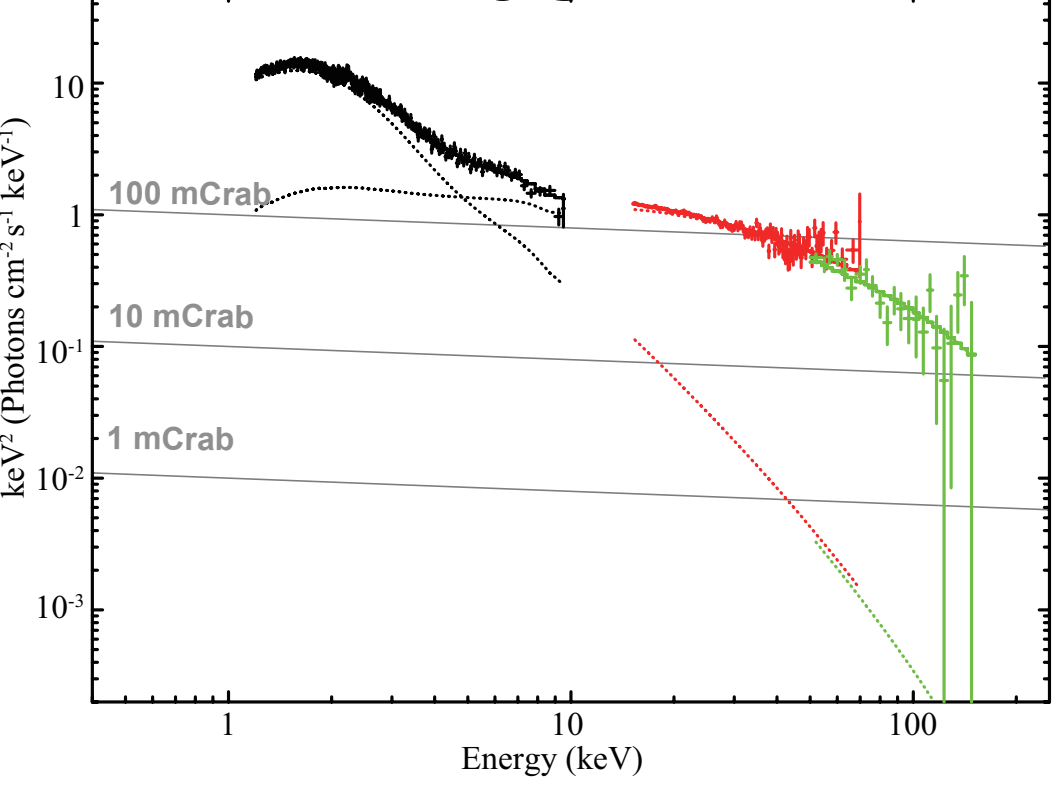
MAXI J1659-152



- 2010年9月25日にMAXIにより発見された新天体(ATel#2873)
- 即座にすざくToO観測の準備がおこなわれ、9月29日から1日毎に3回観測することで、X線新星初期の急激な光度とスペクトルの変化を追った。
- 観測例の少ないVery High状態の観測に成功したと考えられる。

Negoro et al., in prep

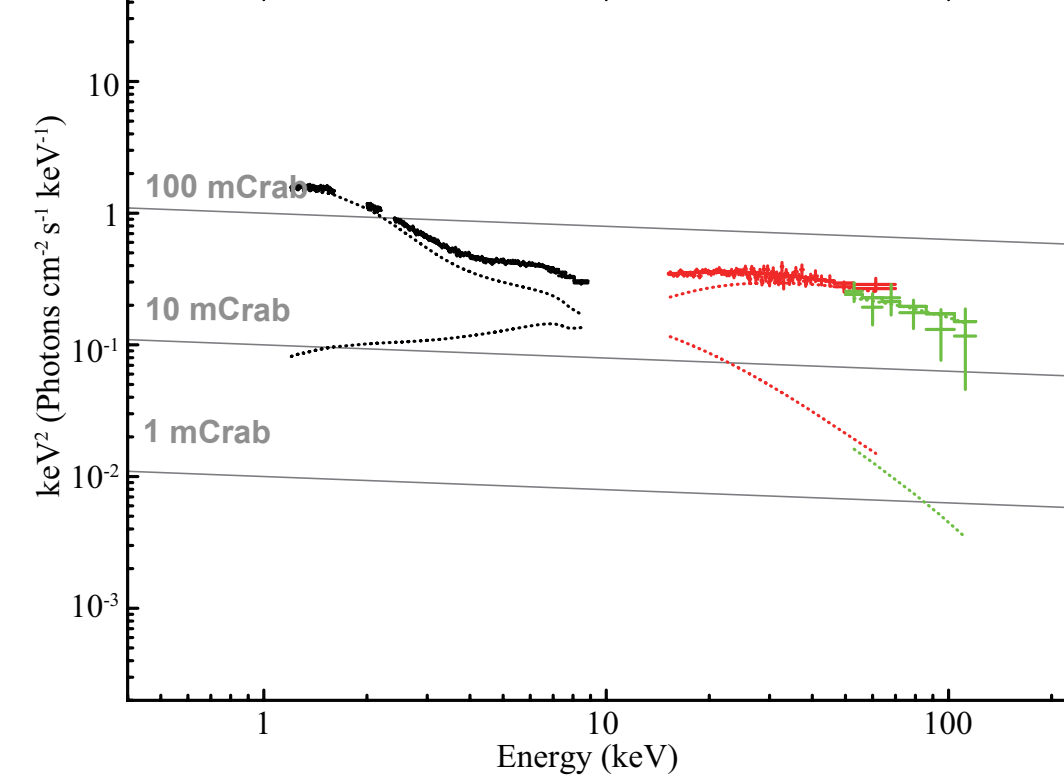
Cyg X-1



- 「はくちょう座X-1」はX線天文学初期から知られている天体で、ブラックホール連星であると考えられる
- 十数年にわたってハード状態にとどまっていたが、MAXIによってソフト状態への遷移が捉えられ(ATel#3534)、2012年12月に観測が行われた。
- 密に研究されている天体ではあるが、すざく始めて以来始めて、Cyg X-1のソフト状態が観測された。また、高階電離した鉄の吸収線が検出された。

Yamada et al., ApJ, 767 L35 (2013)

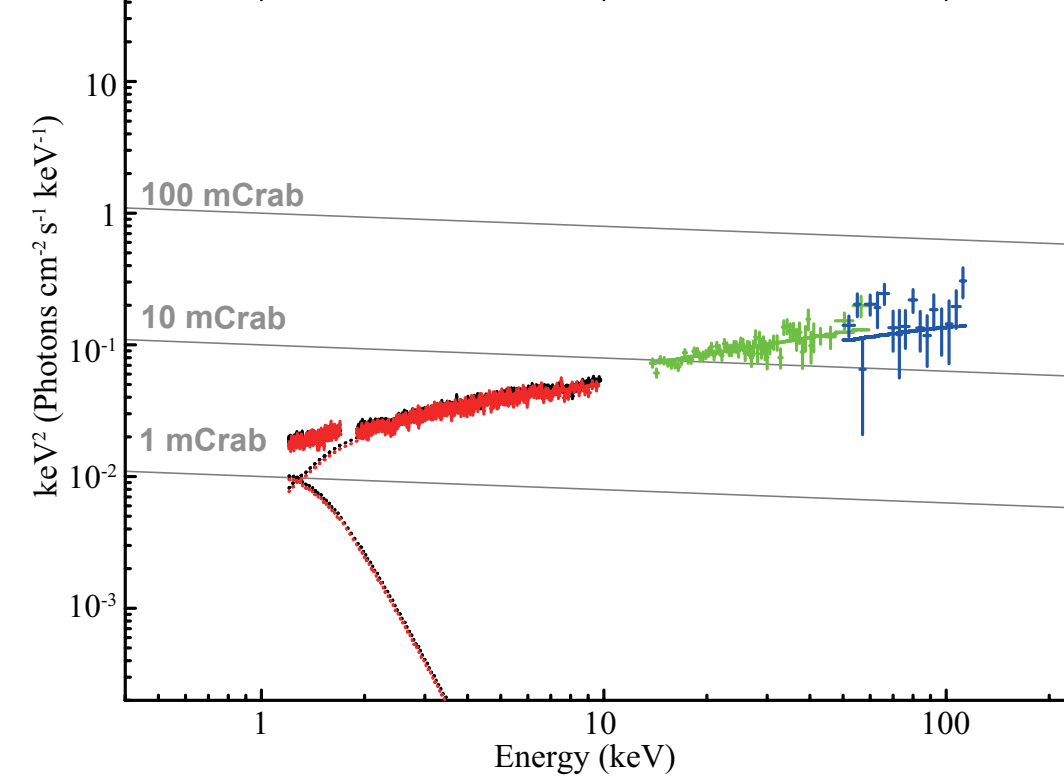
MAXI J1836-194



- 2011年8月30日にMAXIが発見したX線新星で、ブラックホール連星であると考えられている。
- 典型的なBH連星アウトバーストと異なり、初期のハード状態からソフト状態に遷移せずに収束したと考えられている。
- すざくはその最もソフトな瞬間をとらえ、内縁温度~0.4 keVの降着成分と100 keVまで続くハードな放射をとらえた。

Reis et al., ApJ, 751, 34 (2012)

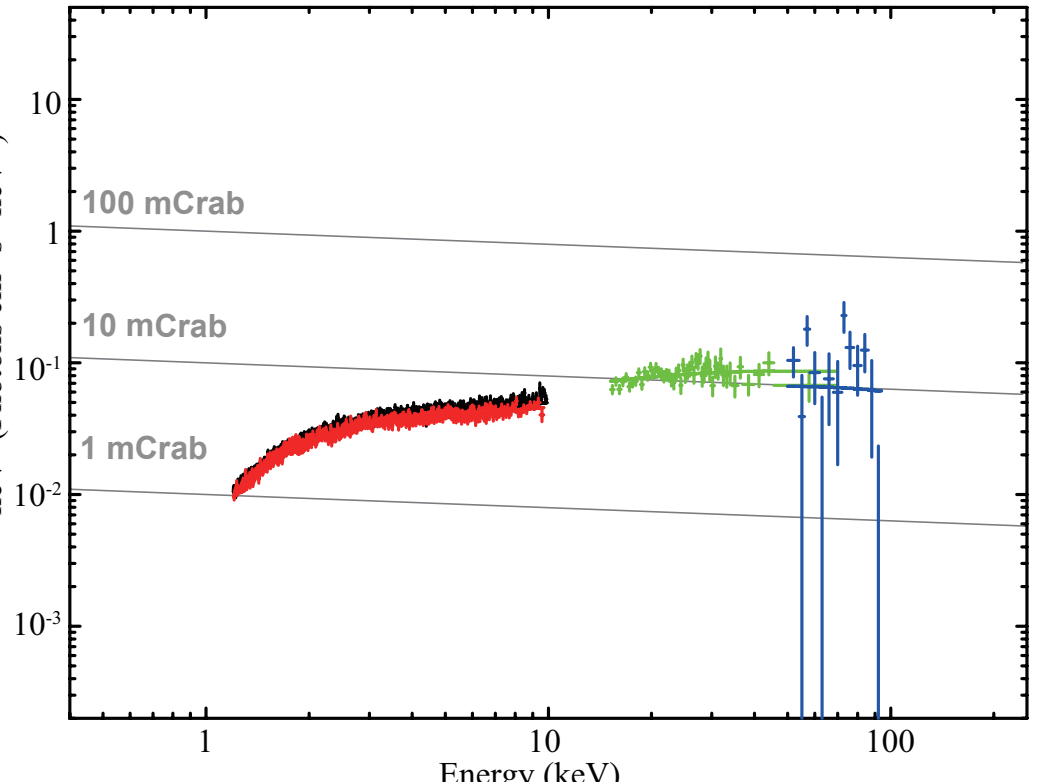
MAXI J1305-704



- 2012年4月9日にMAXIが発見したX線新星。観測可能な位置になった7月20日に追観測が開始された。
- 光子指数~1.6で折れ曲がりのない、非常にハードなスペクトルを示した。
- すざくのデータから、9.7時間周期のdipが発見され、dip中のエネルギースペクトルにおける詳細な吸収構造の研究がおこなわれた。

Shudatsu et al., ApJ, 779, 26 (2013)

Swift J1644+57



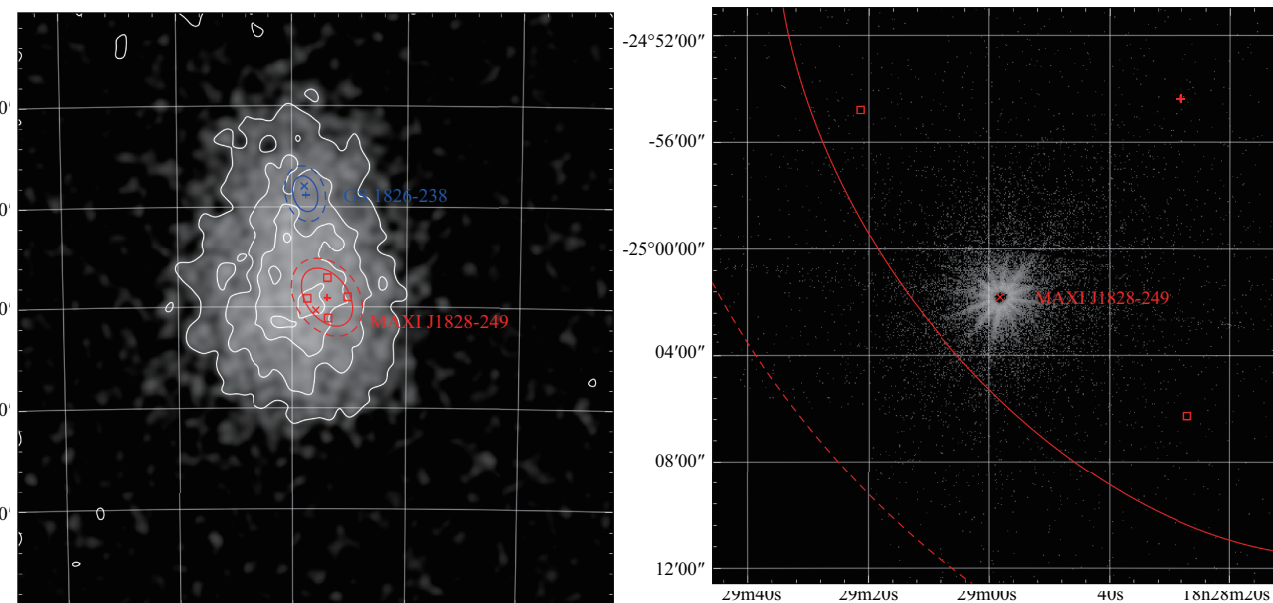
- Swift/BATによりGRB 110328Aとして発見。MAXIでも同時に輝いていること、それ以前に光っていない事を確認。
- 様々な観測装置による追観測によって、地球から39億光年離れた銀河の中心にある巨大ブラックホールに星が吸い込まれる瞬間であったことが確認された。
- すざくでは9日後に観測を開始、~70 keV以上のエネルギースペクトルを取得した。

Reis et al., Science, 337, 6097, 949 (2012)

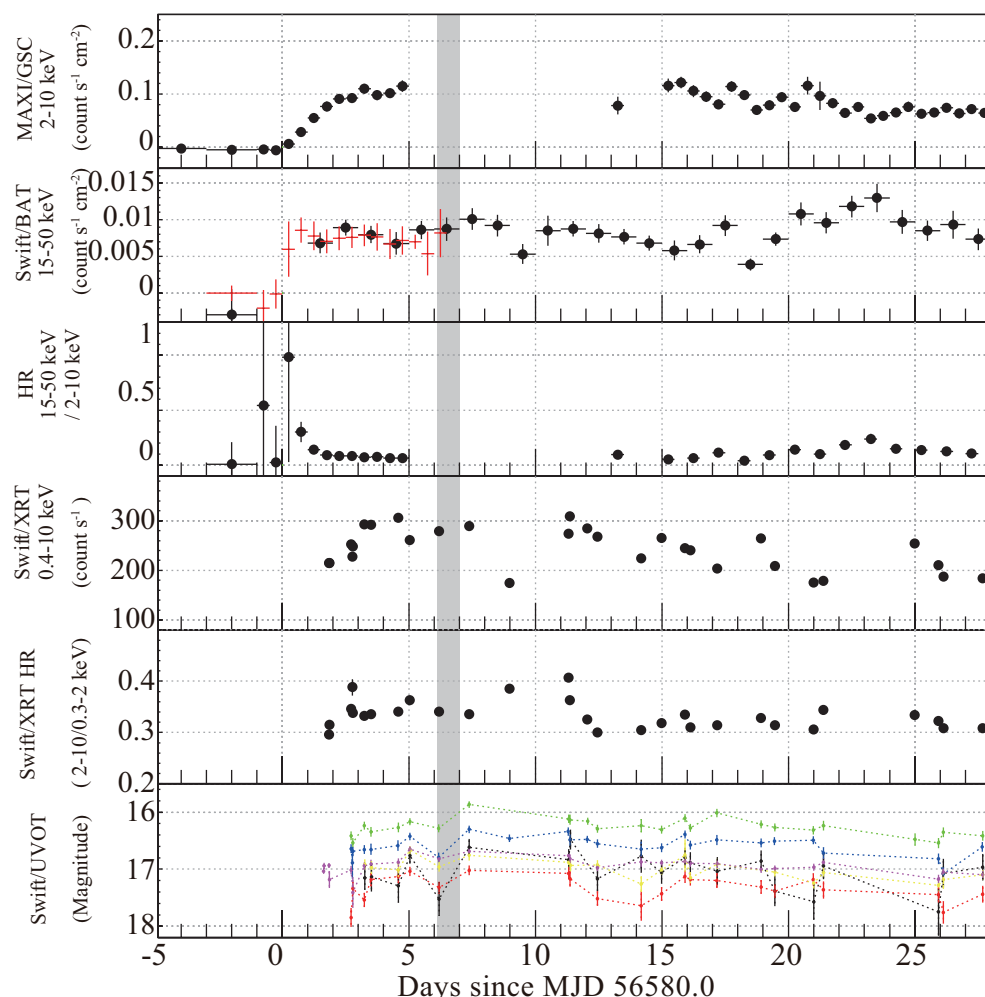
MAXI J1828-249^{new}

- 2013年10月15日21時にMAXIが最初に報告したX線新星(ATel#5474)。即座にSwift衛星に追観測を要請し、MAXIが決定した誤差領域を覆う「タイリング観測」が実施され、新天体の確認と詳細な位置決定が行われた。
- 太陽β角により観測不可になる時期が迫っていたので希少な観測機会を逃さないよう、即座にToO観測の準備が進められ、10月21日05時(UT)に観測を開始した。
- 観測期間に渡って積算したスペクトルは、ブラックホールを想定したモデルでよく再現でき、0.7 keVに達する内縁温度を持つ降着円盤からの放射と、200 keVまで続くハードテイルが見られた。

Nakahira et al., in prep



(左) MAXI J1828-249発見初期における周辺のMAXI/GSC画像と、MAXIが決めた位置。赤色の四角い点とXはそれぞれ、Swift/XRTがおこなったタイリング観測の中心方向と、Swiftによって決定された位置を示す。
(右)Swift/XRTにより取得された画像。図に示した領域情報は両者で同一である。



MAXI, SwiftによるMAXI J1828-249の光度曲線。灰色の背景色で示した領域がすざくによる追観測の期間に対応する。硬X線放射は1日程度でピークと同等の明るさに達し、一ヶ月以上に渡り同じレベルを維持している。一方軟X線は、降着円盤成分の温度上昇に伴い、5日程度で最大値に達し、ゆるやかに減光している。