

# MAXI による重力波電磁波対応天体の観測 および NICER 連携

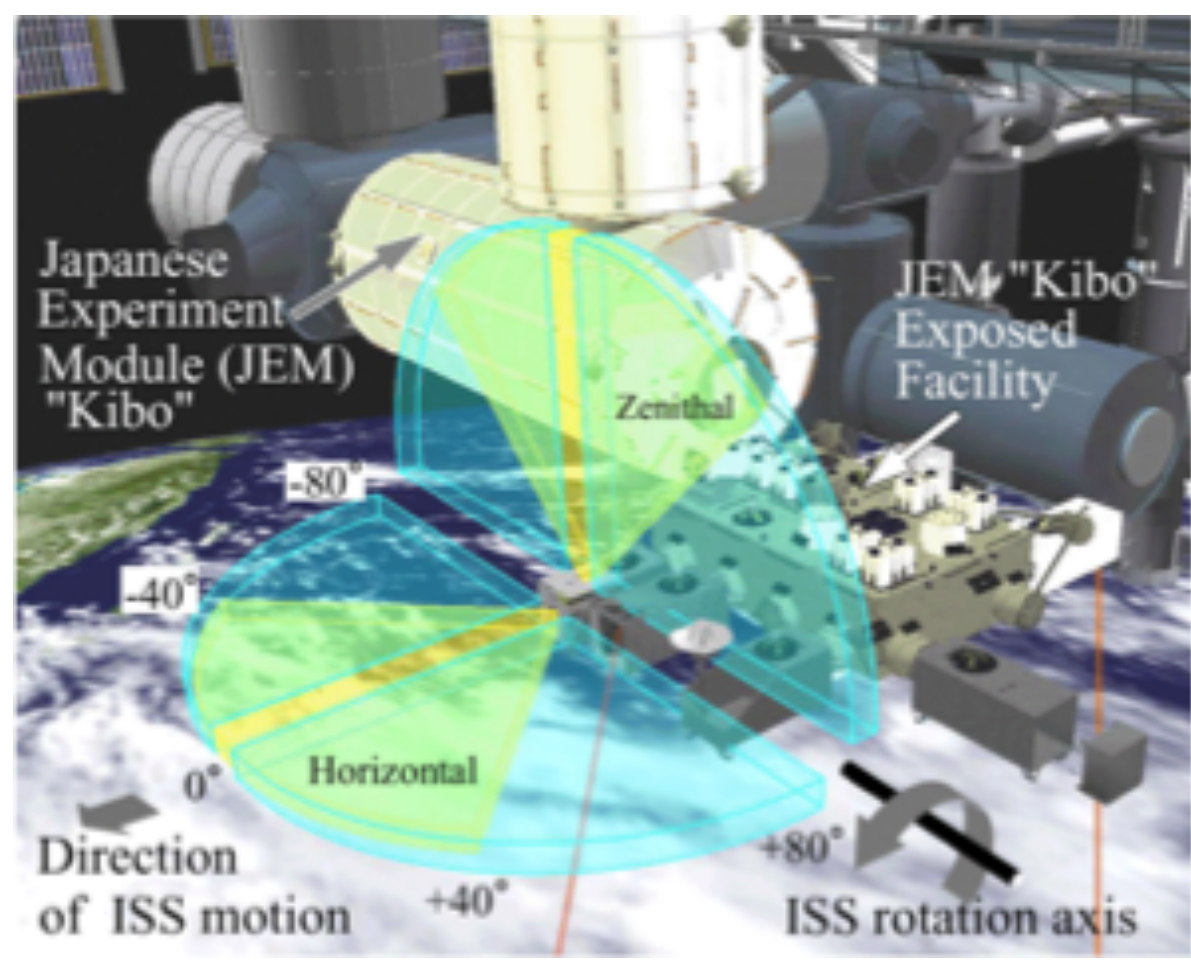
P2.20

三原 建弘(理研), 岩切 渉(中央大), ○杉田 聡司, 芹野 素子(青学大), 根来 均(日本大), 河合 誠之(東工大), 杉崎 睦(NAOC), 中平 聡志(JAXA), 坪井 陽子, 佐々木 亮, 河合 広樹(中央大), 志達 めぐみ(愛媛大), 榎戸 輝揚(京都大), MAXIチーム

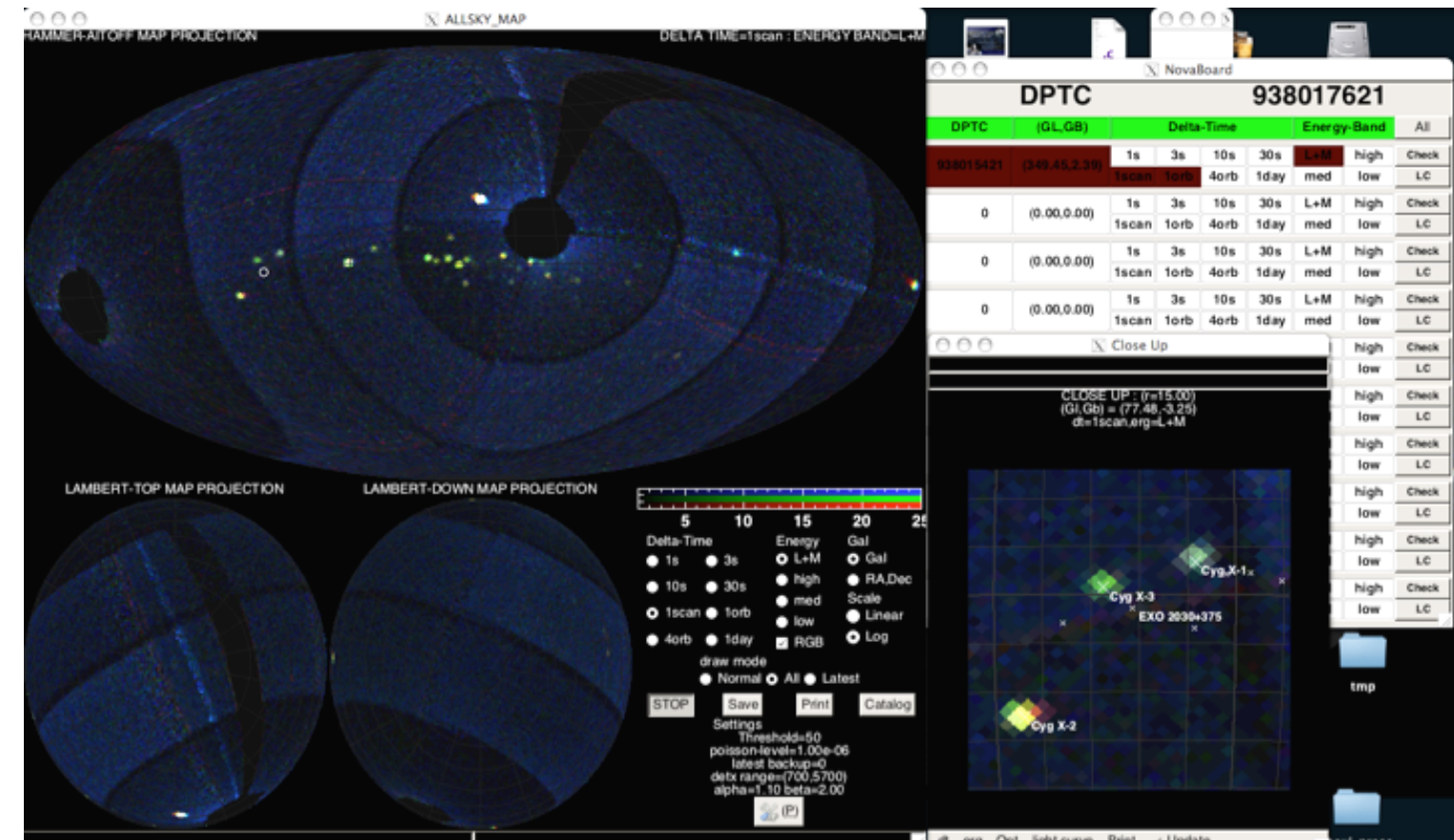
突発天体の速報は全天X線観測装置 MAXI の主たる目的の一つであり、ここではそのうち重力波電磁波対応天体の速報および NICER との連携に関して報告する。MAXI は1周回の観測で重力波天体の広い位置誤差をカバーし、重力波発生アラートを受けて電磁波対応天体の探査結果を速報している。また追観測の即応性を上げるため、ISS で稼働中の NASA のX線観測装置 NICER との連携観測 MANGA および OHMAN 計画を進めている。

## MAXIによる重力波対応天体の観測

- 1周回(92分)で全天の 85% を観測
  - 重力波イベントの広い誤差範囲(~100平方度)を1周回でカバーする
- Alert system (Nova) for X-ray transient event
  - 重力波天体かどうかによらず、24時間の突発天体速報体制を敷いている。



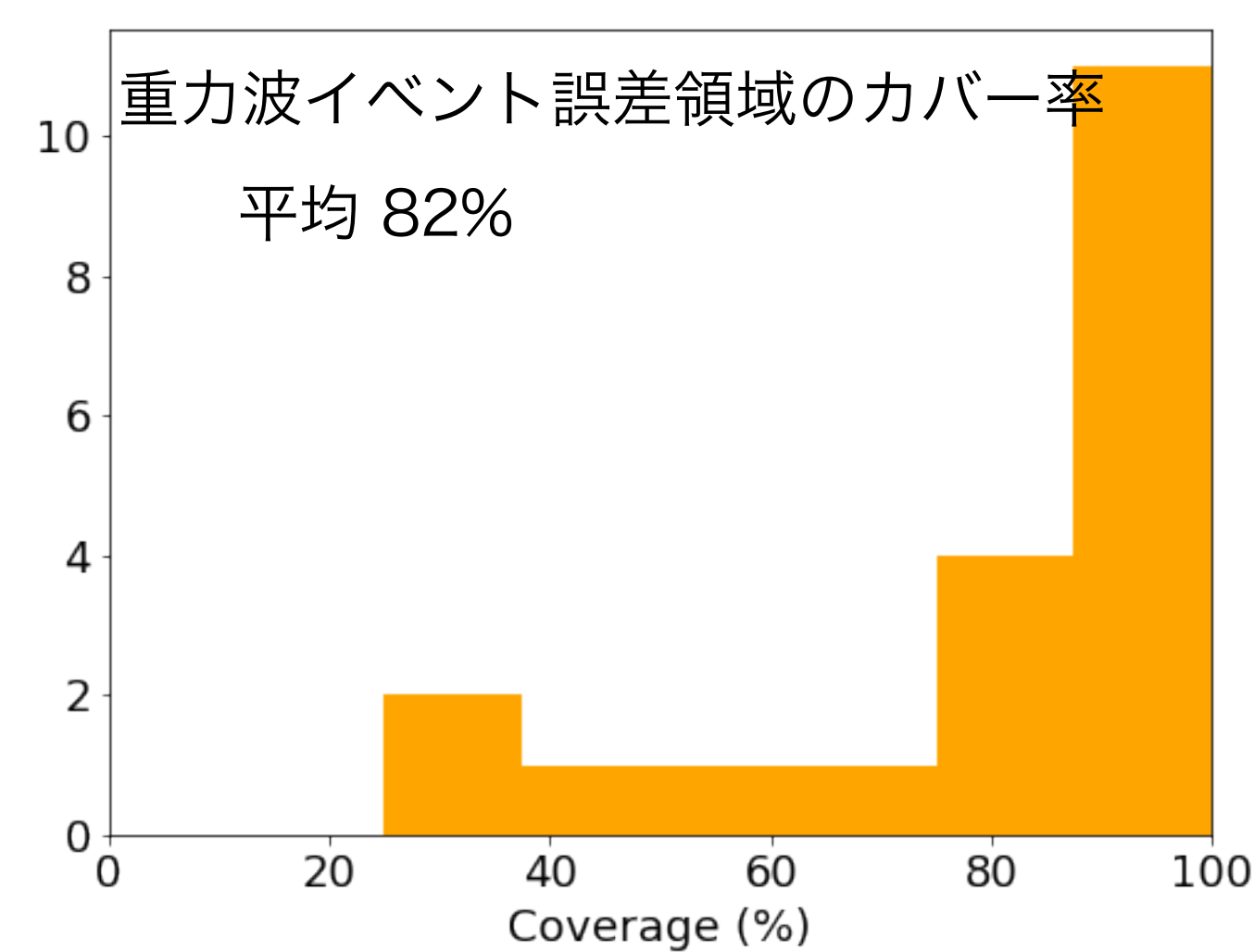
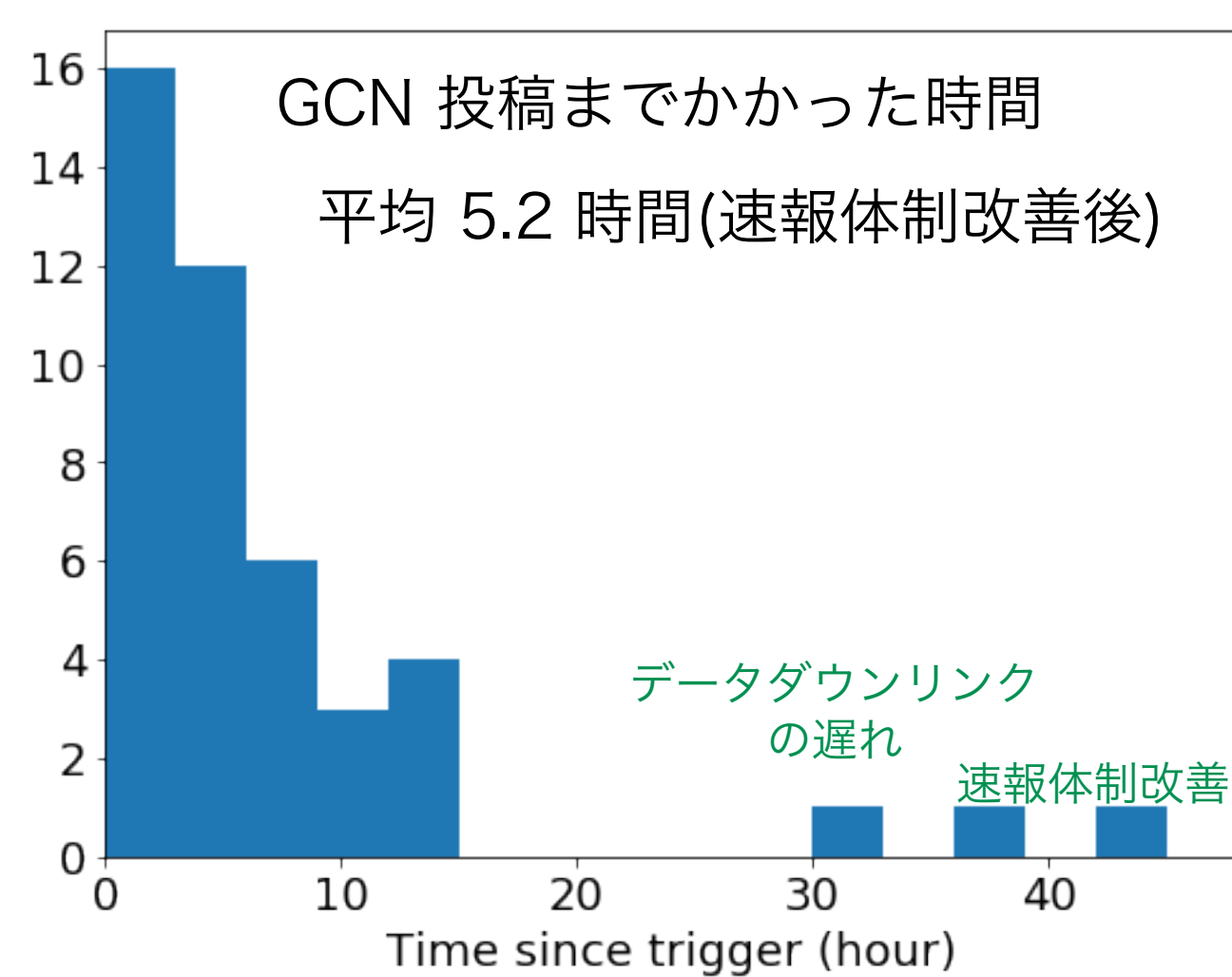
MAXI/GSCの視野: 幅3度、長さ160度の細長い範囲でスキャンする



Nova-Alert システムによる突発X線イベントの全天監視: 観測データは MAXIDB に格納され、逐次イメージ判定によるX線イベント検出が行われている

## 2. O3 における GCN への報告

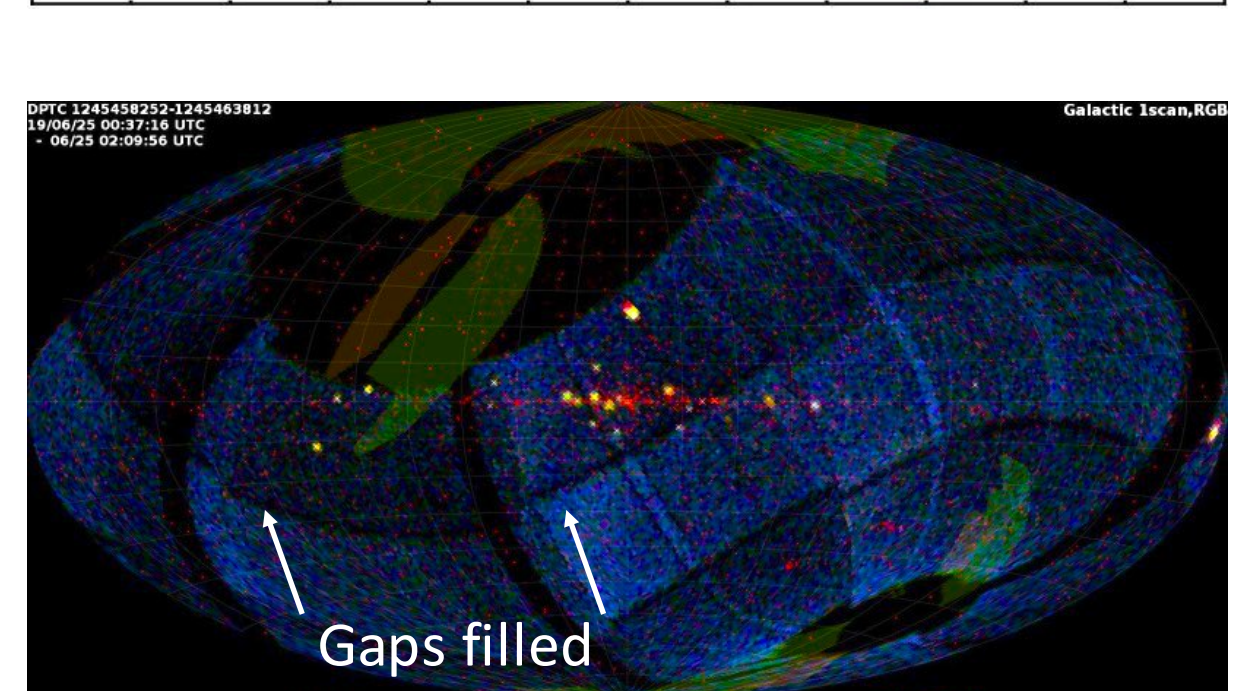
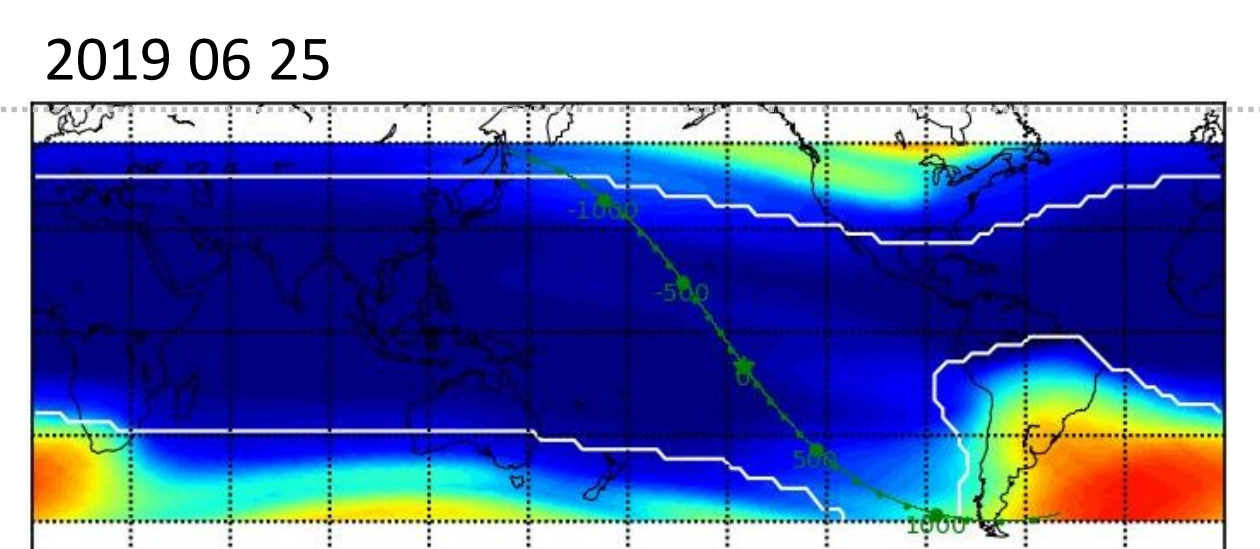
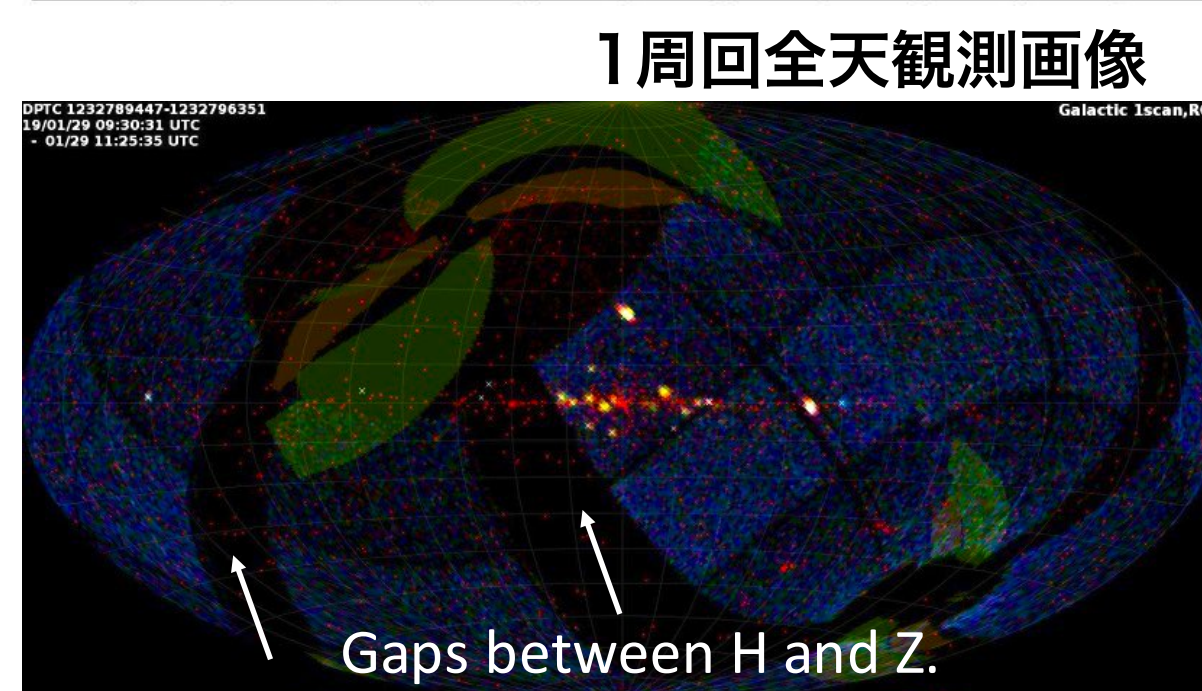
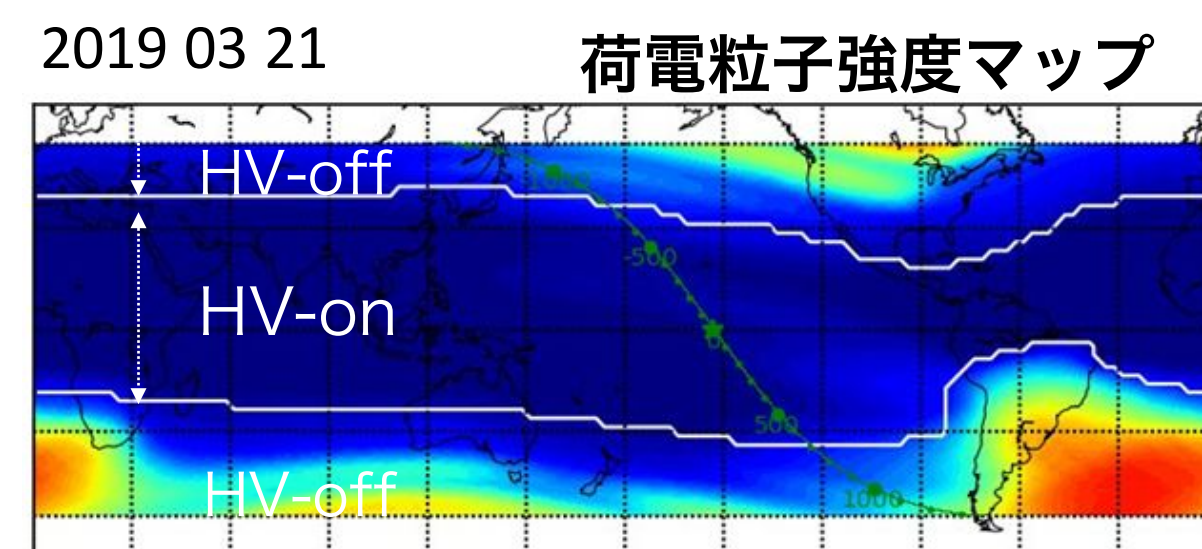
重力波アラートを受け、誤差領域内に有意なイベントがない場合でも誤差範囲カバー率とフラックス上限値を GCN へ報告する。O3 開始 (2019/4)から 2019/12 まで 43 件の重力波イベントの観測結果を報告した。



## 1. 第3回観測期間(O3)に向けた運用のアップデート

### 観測時間の拡大

- MAXI/GSC の二つのカメラユニット(Zenith と Horizontal)は 96 度離れている
  - Z と H の視野を繋げるには  $96/360 \times 92\text{min} = 24.5\text{ min} = 1472\text{ s}$  の観測時間が必要
- 地球軌道高緯度における高圧電源オンの時間を慎重に調整
  - 通常 1472 s の観測時間と VC count < 3000 c/s の条件を達成した

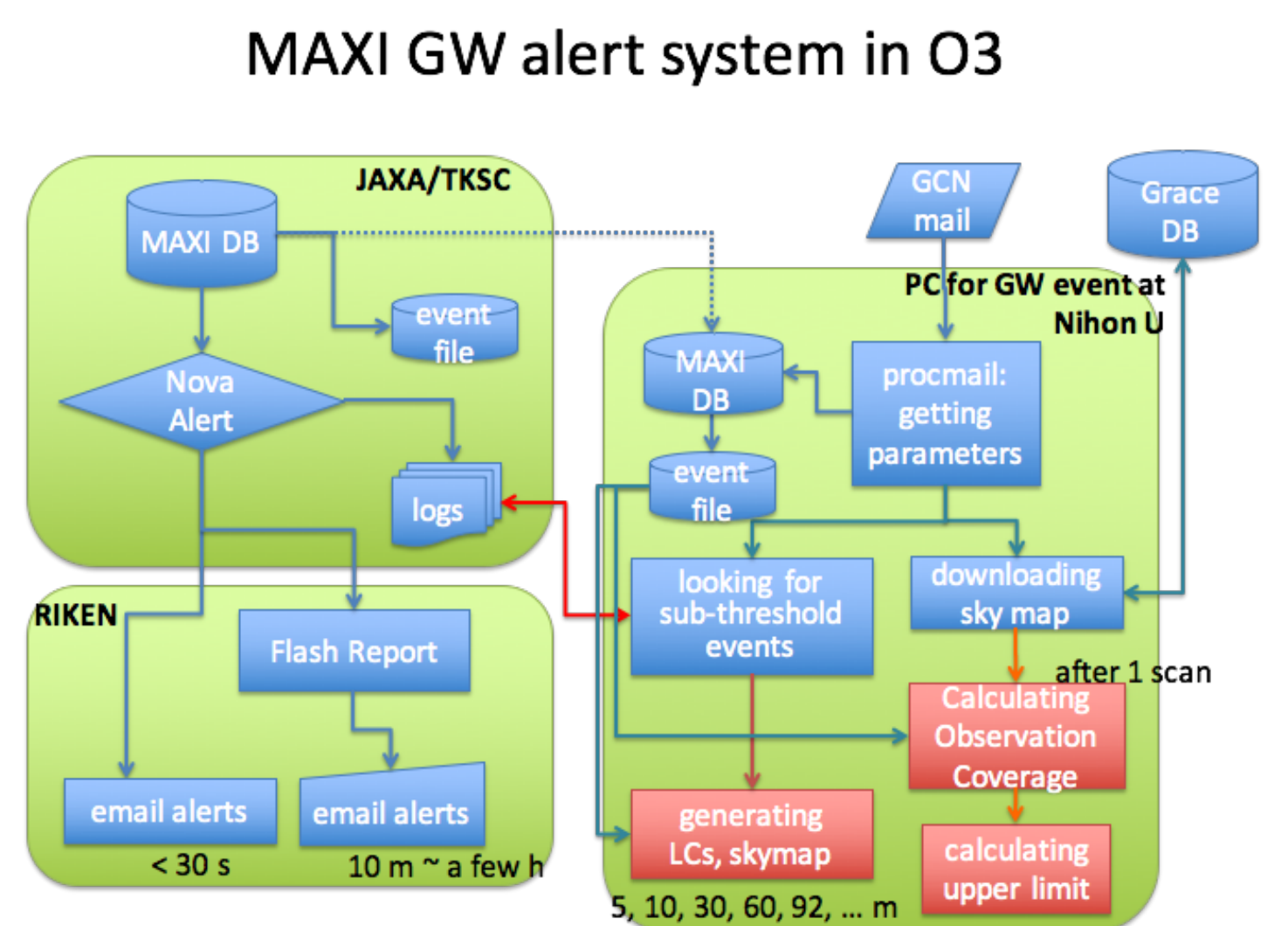


電源ON時間拡大により全天カバー率 9% 増加

### 速報体制の改善

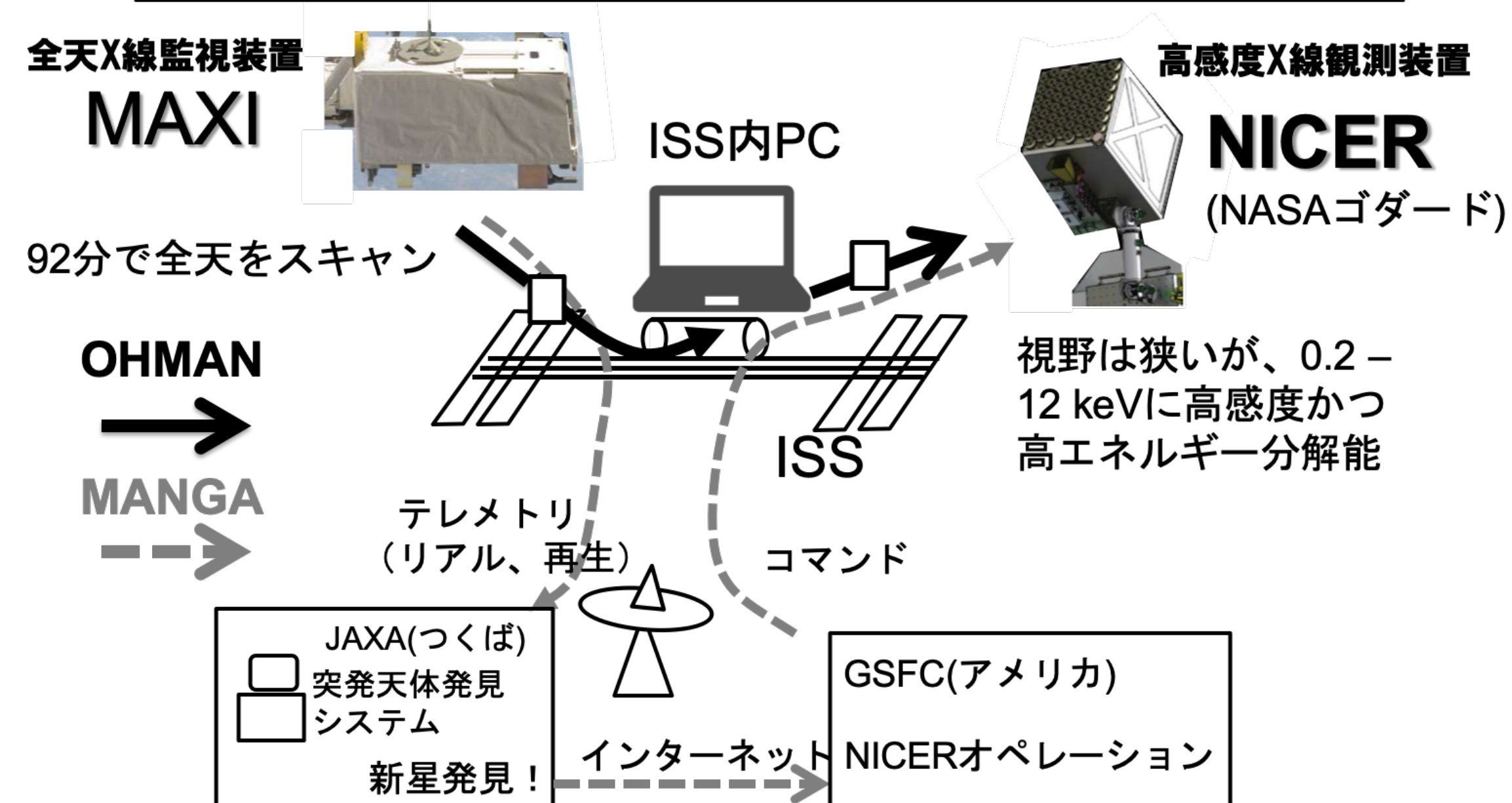
重力波イベントの解析専用計算機を構築

- MAXI データベースを常時コピー
- 重力波アラートを受け解析パイプラインが走る
  - GCN 投稿までの準備が自動的に行われる



## MAXI-NICER連携による観測体制

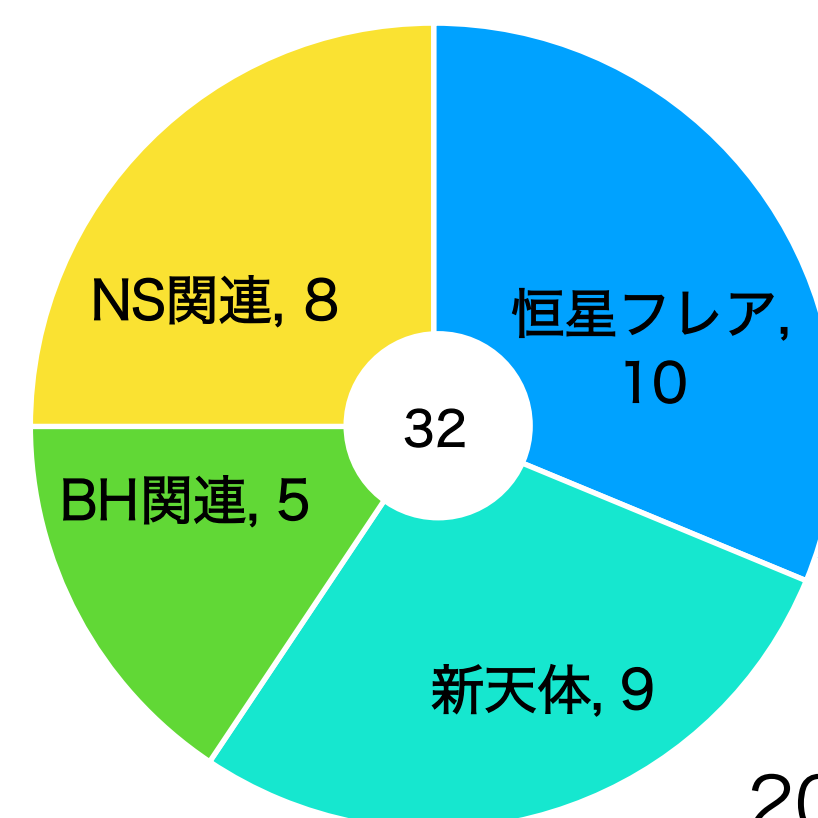
### 2. ISS内部のネットワークを使う OHMAN(On-orbit Hookup of MAXI and NICER)ルート



### 1. 地上のネットワークを使う MANGA (MAXI And NICER Ground Alert)ルート

広く浅く観測しているMAXIで発見した軟X線突発天体の情報を、視野は狭いが深い観測のできる、ISSに搭載されたX線望遠鏡NICERに即座に伝えて観測することで、継続時間の短い貴重な突発現象の時間発展をとらえる「時間領域天文学」を推し進める。このMAXI-NICER連携には、2つの情報伝達ルートがある。1つ目は、地上のインターネットを経由したルートMANGAである。2つ目は両機器ともにISSに搭載されていることを活かし、ISS内のPCを介して情報伝達を行うルートOHMANである。(詳細は天文月報2019年10月号参照)

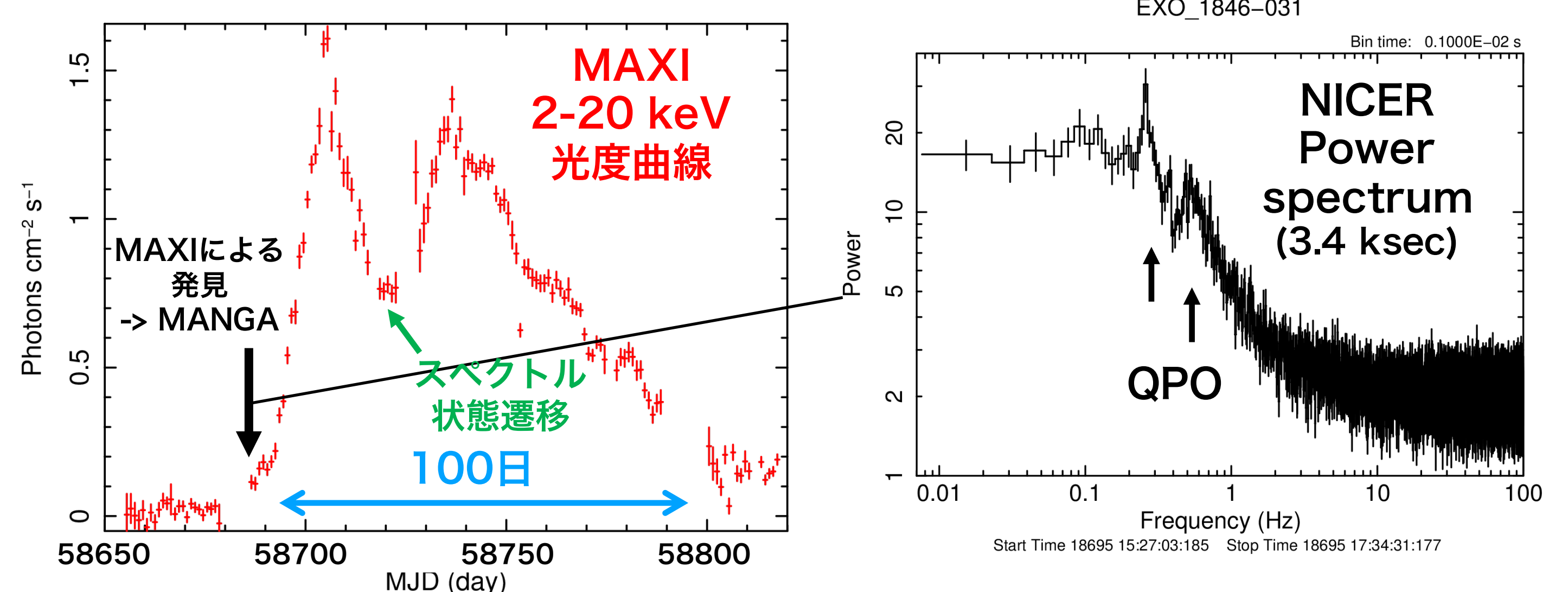
## 1. MANGA (MAXI And NICER Ground Alert)



2017年6月にNICERが運用を開始して以来、2020年1月までに32件のMANGAによる追観測が行われた。その天体毎の内訳は、左図のようになっており、太陽フレアのエネルギーの1万倍以上のエネルギーを放出する恒星フレアや、ブラックホールX線連星のアウトバーストの初期観測等に成功している。これまでにAstronomer's Telegramへの投稿を9件行なった。ATel #10768, #11423, #11689, #12248, #12617, #12793, #12976, #13305, #13309

### ブラックホールX線連星の観測例

2019年7月30日にMAXIがブラックホールX線連星のEXO 1846-031から、実に34年ぶりの増光を確認し、数ヶ月に渡るアウトバーストとなった。

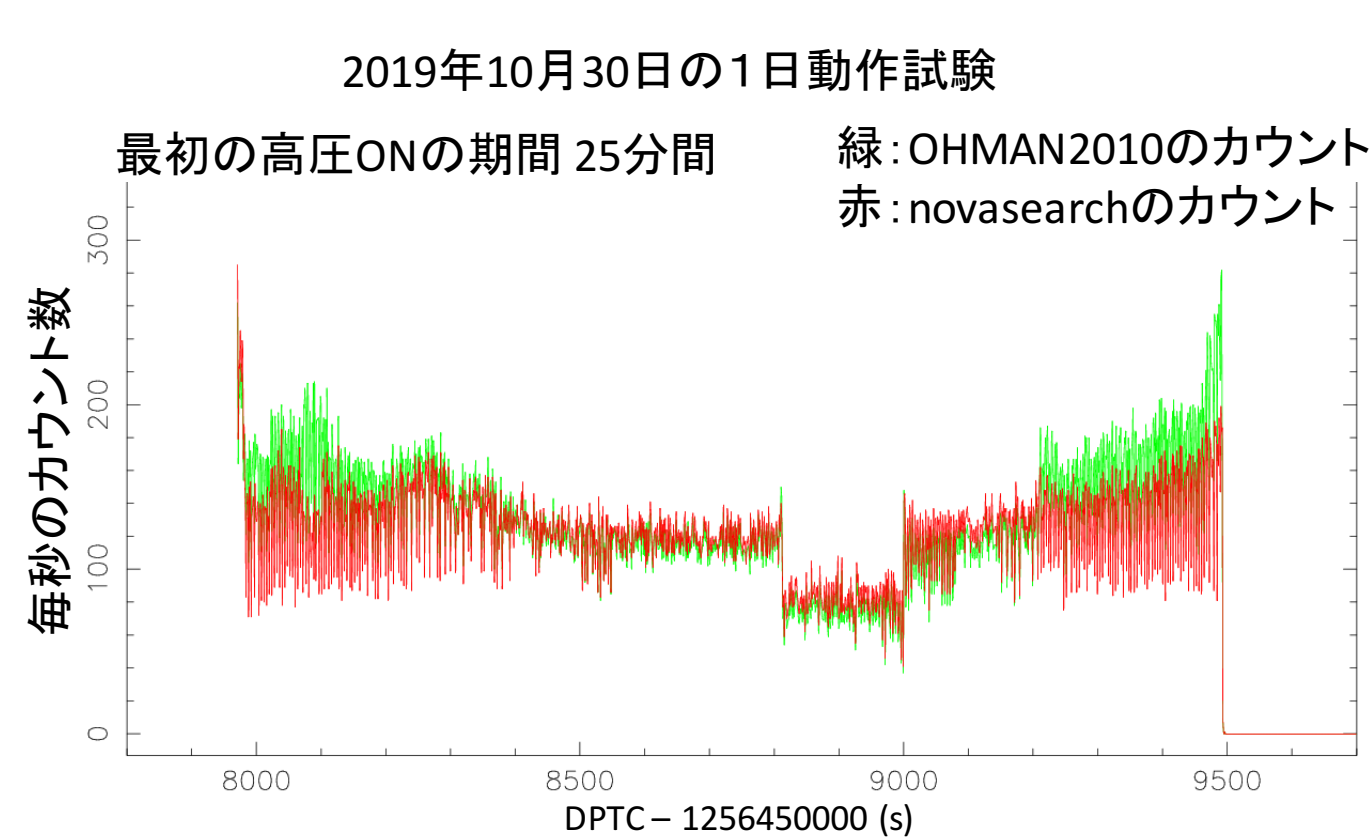


MANGA連携により、アウトバーストの初期段階からNICERでの追観測に成功しており、ブラックホール周囲の情報を持つ、パワースペクトル中に見られる準周期的振動(QPO)と、エネルギー分解能137 eV@6 keVのエネルギースペクトルの変動をアウトバーストを通して記録することに成功している。

## 2. OHMAN (On-orbit Hookup of MAXI And NICER)

### 日本側の進展

- 2019年1月17日の1軌道間の動作試験で出たソフトバグを改修。
- 2019年10月30日に1日間の動作試験を行った。
  - ほぼ正常に動作した。
  - 20分間に1分間程度データ抜けが見られることがある。地上試験で原因究明する。



### アメリカ側の進展

2019年7月、NASA Senior Reviewにおいて、NICERの即応性能を最大限に有効活用し、MAXIやGCNのトリガーに自動対応するようという勧告があった。

Establishing a response capability with MAXI is an excellent idea. The panel puts high priority on faster and more systematic ToO response, both to MAXI triggers and to ground-based alerts.

<https://science.nasa.gov/astrophysics/2019-senior-review-operating-missions>

### 2019年12月のMAXI-NICER会談

- サイエンティストもコマンド送信を可能にし、時間カバー率を上げる。
- MANGAやGCNのためにコマンド生成を自動化する。スキャンプログラムは、12/4に発見された4U 2129+47で試験した。NICERのvisibilityはMAXI側で判断する。
- OHMAN用に、ISSでの工学的改修を始めた。
  - Payload MDMソフトが RIC (Rack Interface Computer) から NICERへUAD (unique ancillary data)で通信できるようにする。(接続図については2019年のOHMANポスター参照)
  - MAXI側でvisibility softwareを ISS laptopで動作させる。
  - MAXIとNICER間の速報データのICDを取り決め、OHMANの全システムを接続する。