

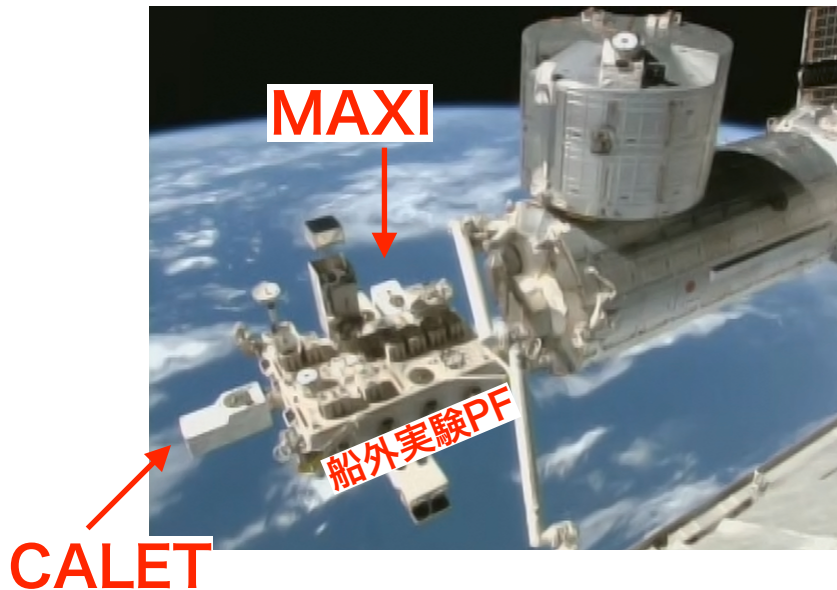
# ISS船外実験プラットフォームに搭載された **MAXI**と**CALET-CGBM** の データアーカイブの開発

中平 聡志( 理化学研究所/ JAXAきぼう利用センター)

海老沢 研(JAXA), 菅原 泰晴(JAXA), 古庄 多恵(JAXA),  
杉崎 睦(理研), 芹野 素子(青学大), 根来 均(日大) [MAXI team]

吉田 篤正(青学大), 坂本 貴紀 (青学大), 山岡 和貴(名大),  
川久保 雄太(青学大), 浅岡 陽一(早大), 小澤 俊介(早大),  
鳥居 祥二(早大) [CALET team]

# 国際宇宙ステーション(ISS)上での観測

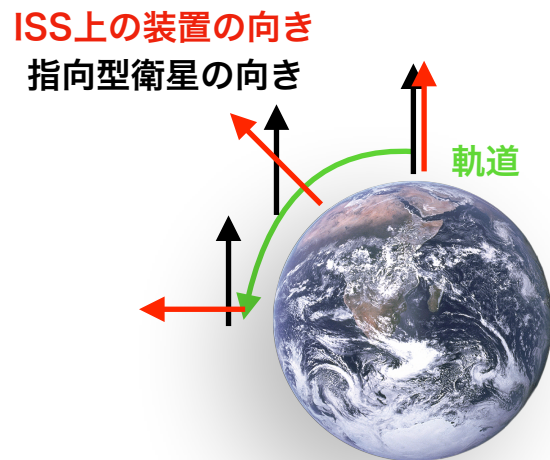


ともに、ISS「きぼう」船外実験プラットフォームに取り付けられた広視野の観測装置。高エネルギー電磁波に感度を持ち、観測帯域がオーバーラップしている

**MAXI**(全天X線監視装置) X線天文

CALET(カロリメータ型電子・ガンマ線望遠鏡)に搭載されたガンマ線バーストモニタ**CGBM** 宇宙線, X・ $\gamma$ 線天文

## ISS上で観測を行なう利点



- ・ **~70%リアルタイム通信** (残りはデータレコーダーに蓄積されて10分～数時間後に再生)
- ・ 通常は速度ベクトルに対して同じ姿勢を維持して(普通の飛行機と同じように)飛ぶので視線方向が常に動く。そのため短時間のうちに広い視野をカバーしやすい  
(同じ方向を長く見ることはできない)

# 本開発の前提: 広視野モニタの役割

広い視野を観測し、1秒以下～数百日の様々な時間スケールで  
明るく輝くトランジェント天体を発見する

→長期的な強度・エネルギースペクトル変動を調べる

→発見について報告し、望遠鏡による詳細な観測を依頼・実施

**タイムドメイン天文学、マルチメッセンジャー天文学**によって近年は  
以下の様な役割が求められる

- 例**・可視光で超新星が発見された、過去数十日で同じ方向でX線のフラッシュが観測されて  
いないか、またその後数十日で増光がみられないか
- ・新しいX線連星アウトバーストが見つかった、過去数十年に同じ位置にX線天体やX線  
バーストはみられないか
  - ・重力波イベントが検出された。時間的, 空間的に同期したイベントはあるか

何か起こったら確認する  
過去のデータをプレイバックする



監視カメラ



ドライブレコーダ



# 本開発の前提: 広視野モニタのデータアーカイブに求められる事

## 簡単に解析済みデータを取得できる

データを最大限活用するには、チーム外の人々の自由な利用が不可欠

様々な観測装置からのアラートに広視野モニタの運用チーム側が全て対応(位置、方向が同期したイベントの調査)できるとは限らない、より低い有意度のイベントまで調査対象に含めたい場合は尚更

Webブラウザーなどで簡単に使えるのが良い、  
ツールのインストールが不要で使い方を覚える必要も無い

## 迅速なデータの入手

発見された天体が急速に減光することが多い  
方向の決定ができる場合特に重要で、大きな望遠鏡や観測衛星を向けるかどうかの判断を早く行いたい

# MAXIの装置とデータアーカイブ概要



	観測帯域	視野	位置決定
GSC (ガス比例計数管)	2-40 keV	160°×3°×2方向 (~2%)	○ (>~0.2°)
SSC (CCDカメラ)	0.7-7 keV	90°×3°×2方向 (~1%)	○ (>~0.2°)

特徴: 瞬間的な視野は狭いが毎周回(92分)ごとに全天の~60%を観測し、1日で~90%を観測する。軟X線帯域では現在、実質的に唯一の全天モニタ

この学会でのMAXI関係の発表: FY2011中平、FY2012海老沢、FY2013中川

2009年 8月観測開始

2010年 天体ごとの光度曲線データ公開

2011年 「オンデマンドデータ処理(Web IF)」提供

2014年 データアーカイブの開発開始

2017年 データアーカイブと、暫定版のデータ解析ソフトの公開(DARTSから)

<http://darts.isas.jaxa.jp/pub/maxi/mxdata/>

2018年予定 HEASARCからデータ公開

正式版解析ソフトウェアをHEASOFTパッケージに取り込んで公開

観測運用のさらなる延長を申請

# MAXIアーカイブデータの構造

<http://darts.isas.jaxa.jp/pub/maxi/mxdata/>

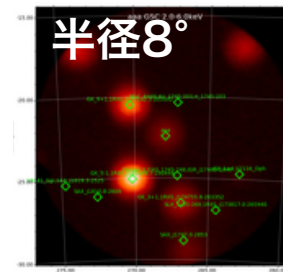
```
1000日ごと      1日ごと
obs/MJDXX000/MJDXXXXX
├── auxil (補助データ)
│   ├── mx_mjdXXXXXX.att
│   ├── mx_mjdXXXXXX.iat
│   ├── mx_mjdXXXXXX.isa
│   ├── mx_mjdXXXXXX.isp
│   ├── mx_mjdXXXXXX.mkf
│   ├── mx_mjdXXXXXX.orb
│   ├── mx_mjdXXXXXX.tim
│   └── mx_mjdXXXXXX_gsc.hk
│
│   ...
│
│   ├── mx_mjdXXXXXX_ssch_*hk.mkf
│   └── mx_mjdXXXXXX_sscz_*hk.mkf
└── events (光子イベントデータ)
    ├── gsc_low
    │   └── mx_mjdXXXXXX_gsc_low_PPP.evt.gz
    │
    │   ...
    │
    │   ├── gsc_med
    │   │   └── mx_mjdXXXXXX_gsc_med_PPP.evt.gz
    │   │
    │   │   ...
    │   │
    │   │   ├── ssc_med
    │   │   │   └── mx_mjdXXXXXX_ssch_med_PPP.evt.gz
    │   │   │
    │   │   │   ...
    │   │   │
    │   │   │   ...
```

## 補助データ

通常の観測衛星と同様、  
ハウスキーピングデータ  
姿勢(att: MAXI姿勢データ、iat: ISS姿勢データ)  
軌道  
太陽パネル角度情報

## 光子イベントデータ

- 時々刻々と変わる姿勢観測し続けるため、時間・空間方向に入り組んだデータになる(時間でソートすると方向がバラバラ、方向でソートすると時間ば飛び飛び)
- 効率化のため適度な粗さの時間(1日)と方向(768タイル)でファイルを分割
- 着目する時刻と方向が決まれば、必要なファイルのリストが自明に決まり、必要なデータが荒く抽出できる



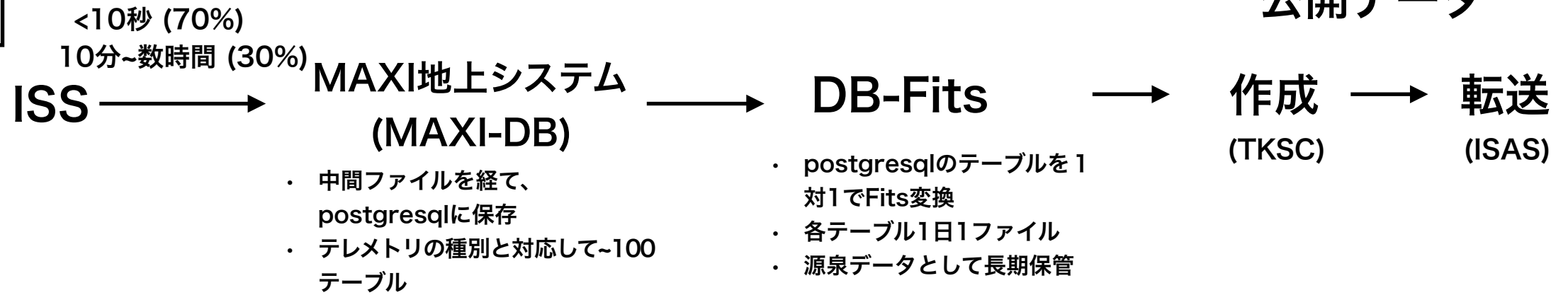
```
for time in range-of-time:
  for tile in list-of-tile:
    append: mx_mjd[time]_gsc_med_[tile].evt.gz
```

方向で分割しない場合に比べて、典型的な解析条件で  
100分の1のデータを取得すれば良い  
(回線の細い海外からの取得で有利)



# MAXIアーカイブデータの処理

## データの流れ



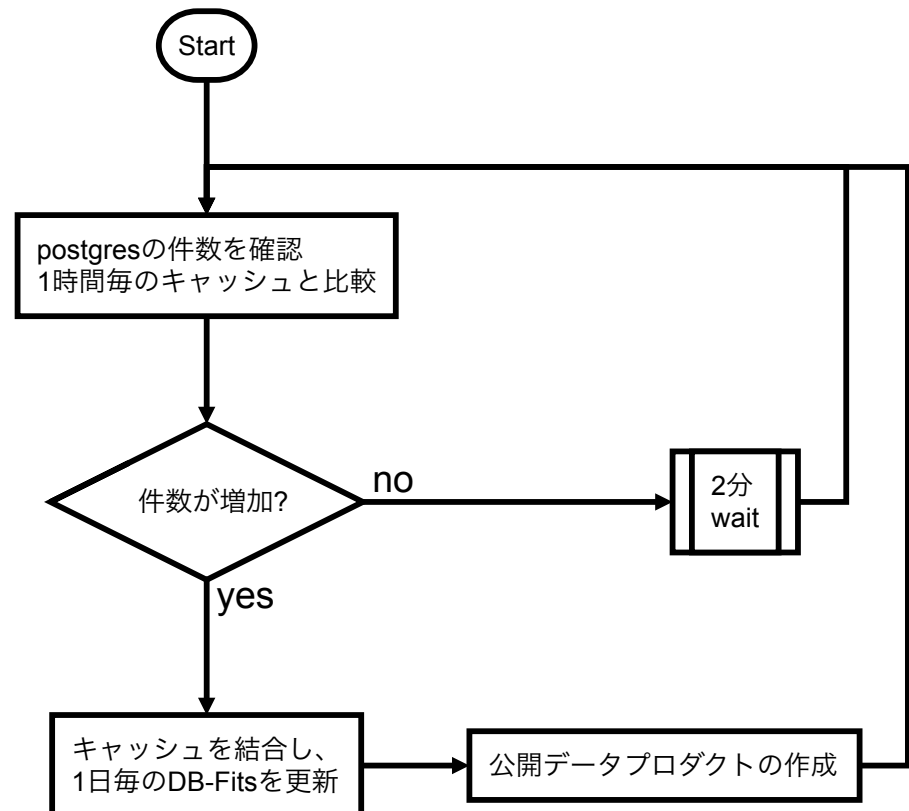
迅速なデータ公開のため高速化の工夫を取り入れた。ただし、データ形式の策定後に取り組んだので無理のない範囲で行った

## DB-Fits

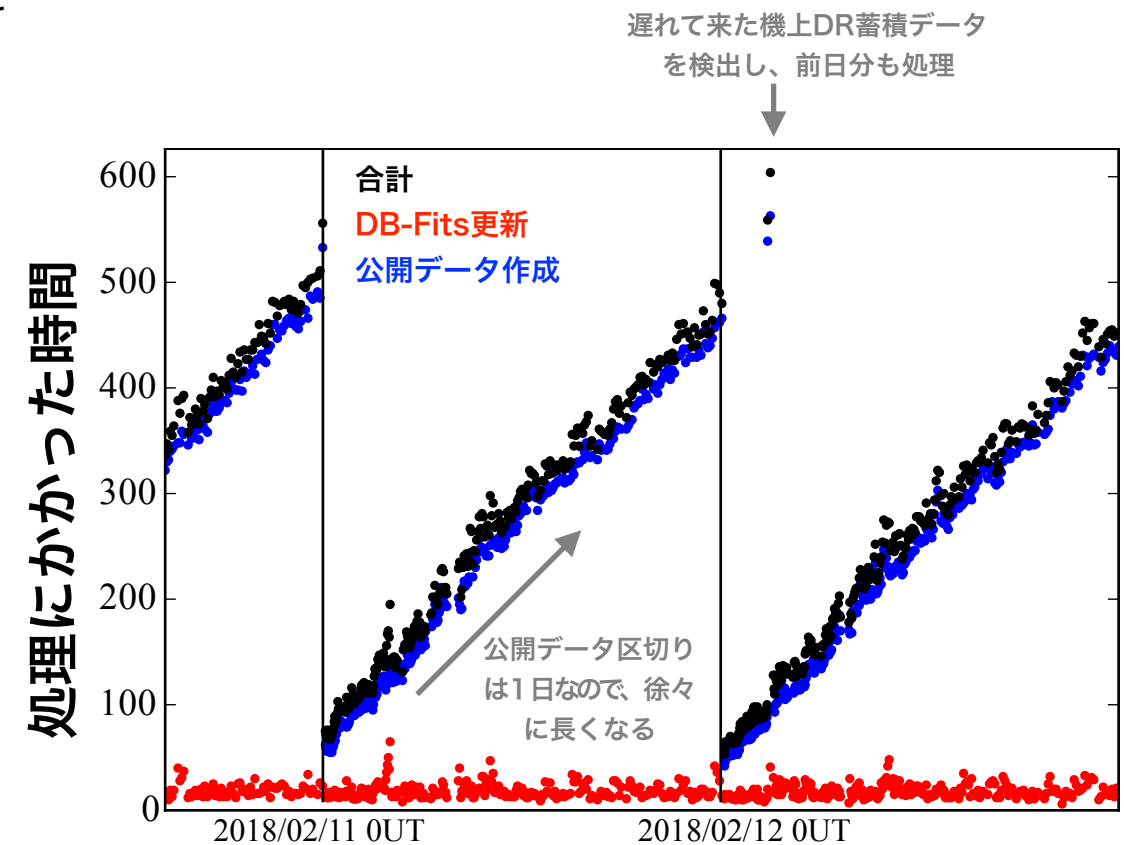
1時間毎のキャッシュを持って増加を確認する

## 公開データプロダクト

依存関係のないファイルを並列に作成



GSC, SSCは依存関係がないので並列に開始



- 観測から2~8分程度で公開領域に転送完了
- 更新ファイルは同じ名前で上書きし、Fitsのキーワードで識別
- 1日に300回程度更新される

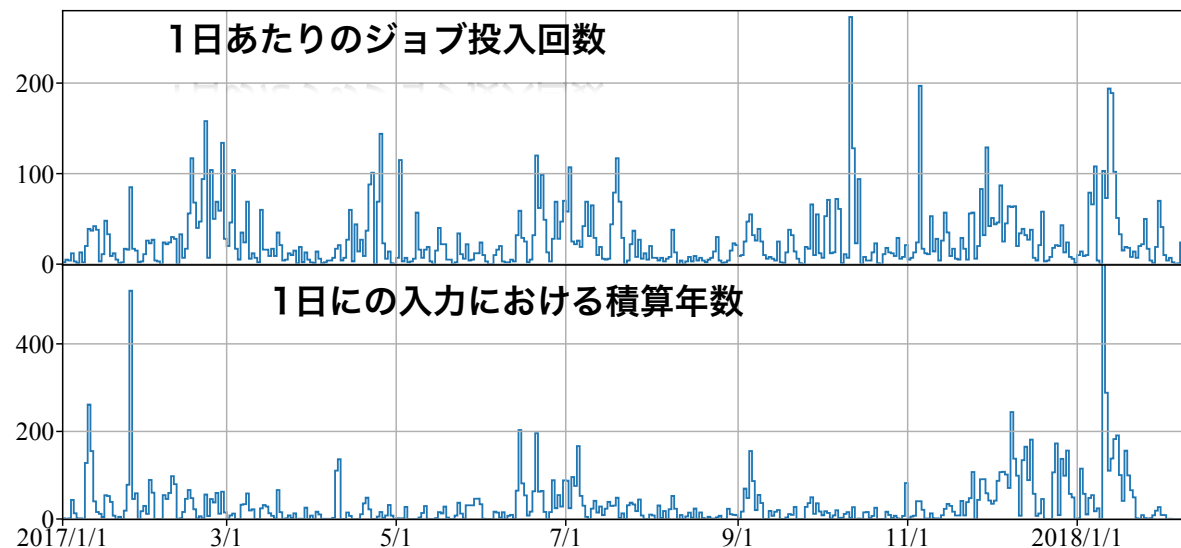
# MAXIオンデマンドデータ公開とその状況

簡単に使えるWebIFを <http://maxi.riken.jp/mxondem> で公開

ほぼ個人プロジェクトで、データ処理サーバーは普通のパソコン2台(公開用・チーム内用)で運用してきた (先週4台に増やした)

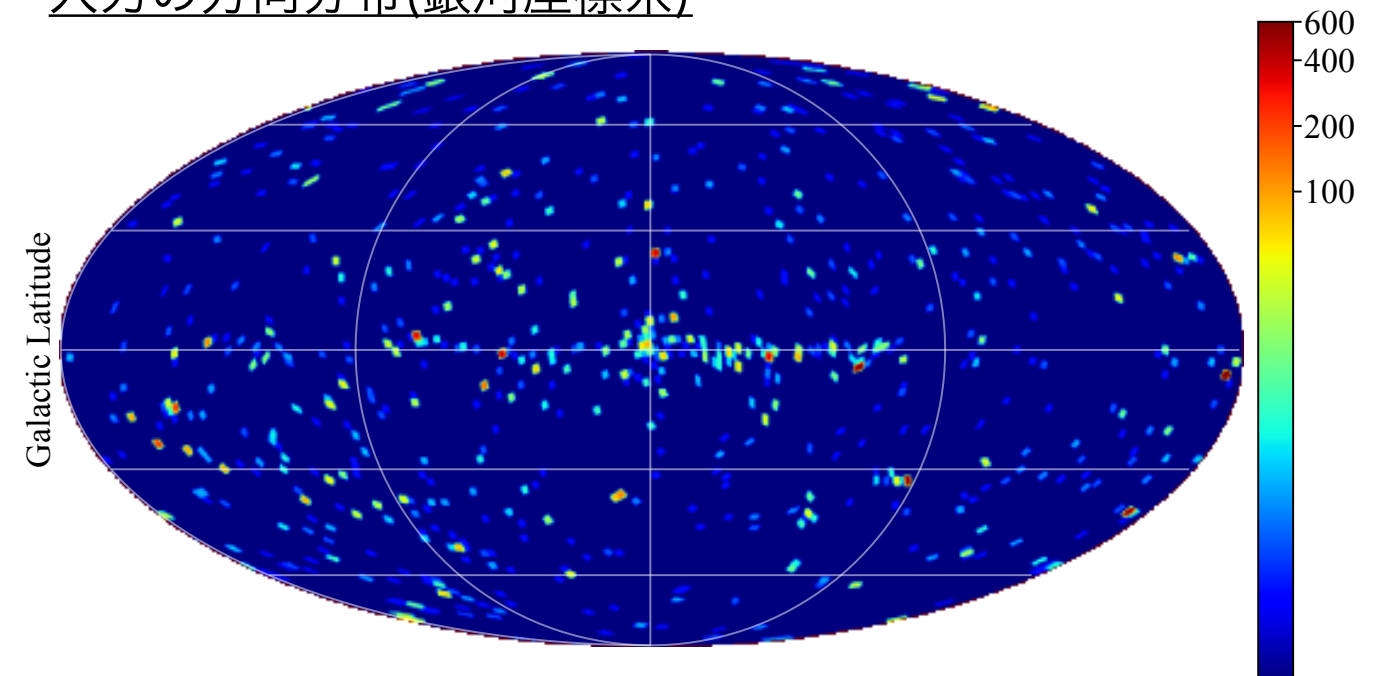
## 入力ジョブの統計: 2017年1月から2018年2月

有効なジョブ投入件数は10842件、リクエストされたデータ作成期間を積算すると13500年



- ・ 新天体など興味深い天体の発見付近で増加
- ・ 大きいピークは一人が大量に入力
- ・ 学位論文が迫った時期に増加する傾向
- ・ 全期間(~8年)の処理に2時間かかるため長いジョブが大量に入った際には破綻する

## 入力の方向分布(銀河座標系)

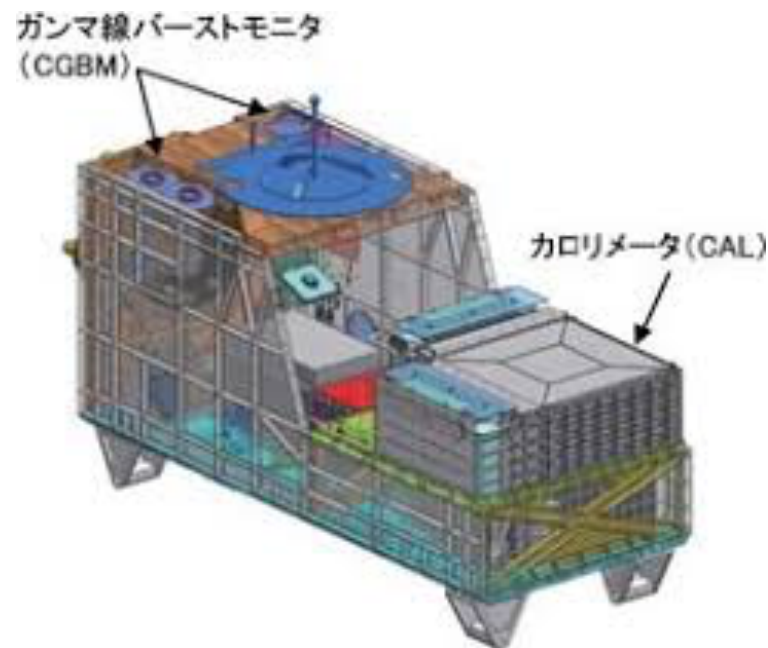


### 頻度の高い天体

かに星雲(初期値)	GRS1915+105
さそり座X-1	Cyg X-1
LMC X-3	MAXI J1535-571
X Per	HR1099



# CALET/CGBMの装置とデータアーカイブ概要



	観測帯域	視野	位置決定
HXM (LaBr <sub>3</sub> Ce)	7 keV- 1MeV	~1 str	×
SGM (BGO)	50keV-20 MeV	全方向(地球以外)	×

CAL: 1 GeV-10 TeV (ガンマ線)は、本開発では対象外

2015年 10月 観測開始

2017年 1月 データアーカイブの開発開始

2018年予定 運用を継続

DARTSからデータ公開

大掛かりな解析用ソフトウェア公開の予定は今のところなし、そのかわり

- ・ 観測データは可能な限り一般的なファイル形式で提供(公開ツールで解析可能)
- ・ 補助データ等は可能な限りMAXIと共通化し、HEASOFTに含まれるMAXI用ライブラリを使った簡単なツールを使って扱えるように設計

# CGBMアーカイブデータの構造

## データ公開試験ページ(internal)

obs/YYYY/YYYYMNMDD

└─ auxil (補助データ)

┌─ cgbm\_YYYYMNMDD.att  
┌─ cgbm\_YYYYMNMDD.hk  
┌─ cgbm\_YYYYMNMDD.iat  
┌─ cgbm\_YYYYMNMDD.orb  
┌─ cgbm\_YYYYMNMDD.tim  
└─ cgbm\_YYYYMNMDD\_[det].gti

...  
└─ monitor(定時モニタデータ)

┌─ cgbm\_20180101\_calld.fits  
┌─ cgbm\_20180101\_[det].ph  
└─ cgbm\_20180101\_[det].th

...

obs/trigger (機上トリガーデータ)

┌─ 1120000000  
┌─ 1128160484  
┌─ cgbm\_1128160484\_[det].evt  
└─ cgbm\_1128160484\_ascN.img

... ..

データの処理:

地上系の元々の設計の問題で早くて観測から~4時間

### 補助データ

ハウスキーピングデータ

姿勢

軌道

### 定時モニタデータ

検出した光子イベントを機上でリダクション

4secごとに512ch

1/8secごとに8ch

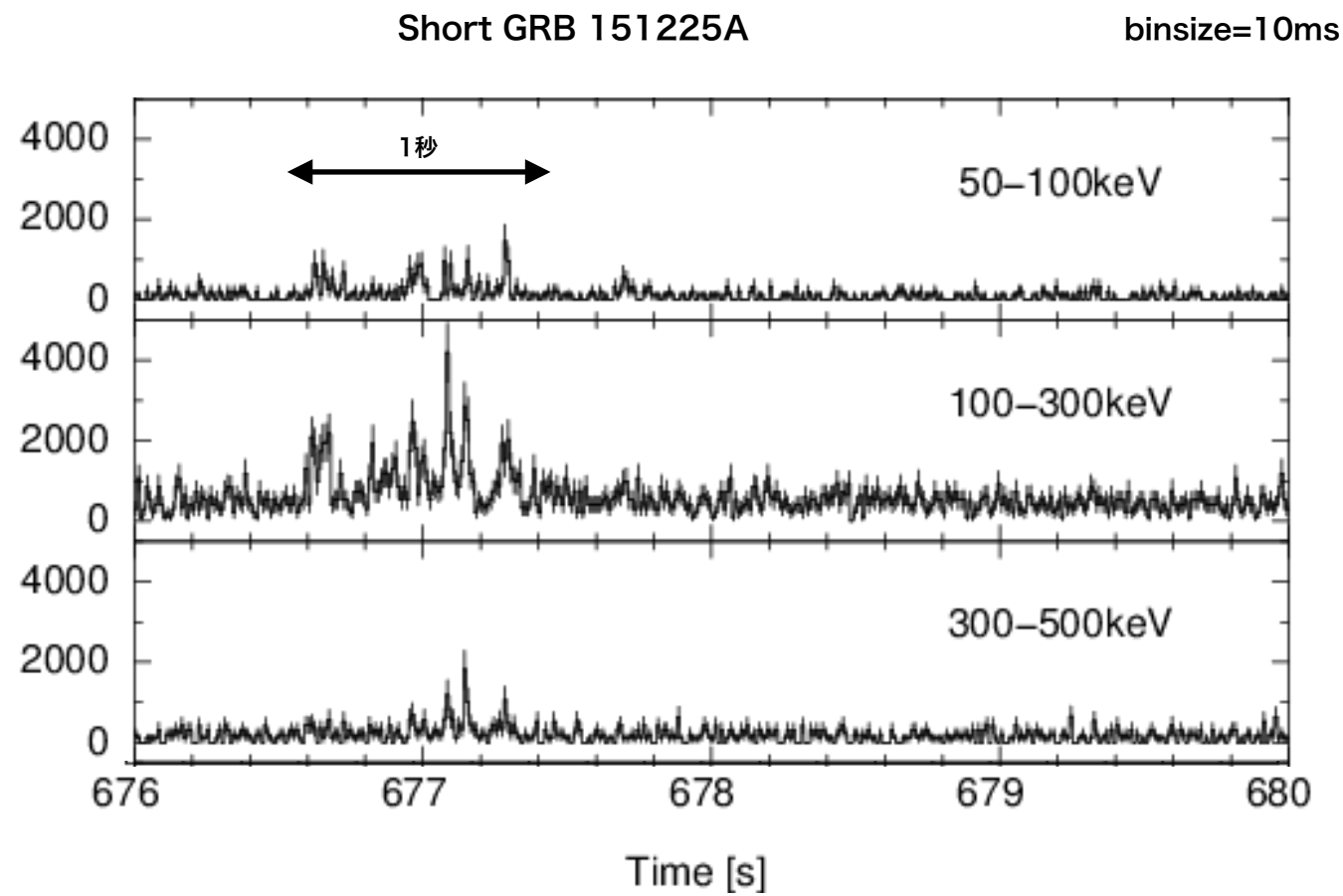
### 機上トリガーデータ

オンボードの計算機でGRB判定が働いた場合

# 機上トリガーデータ

## 光子イベントデータ

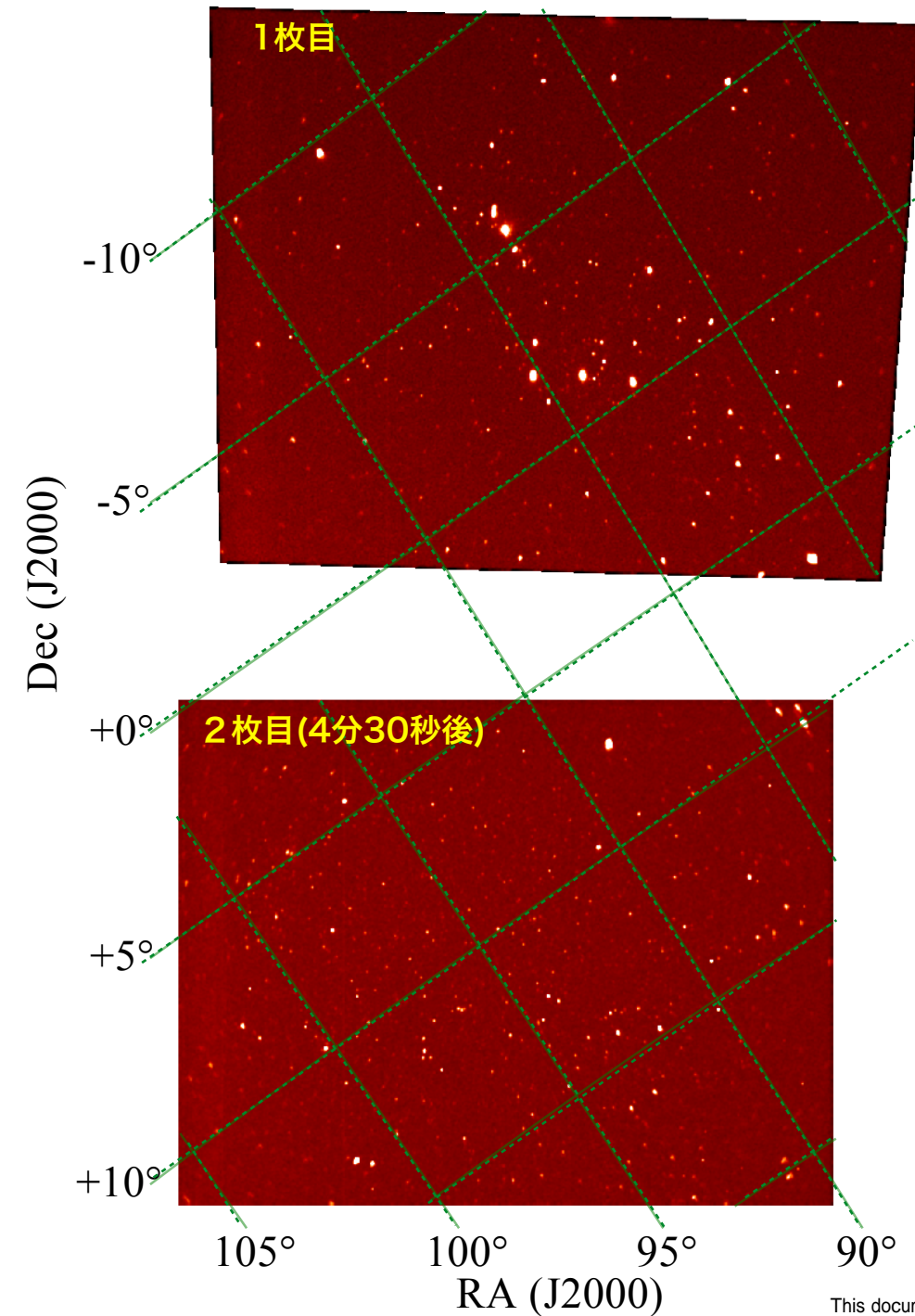
8192ch,  $62.5 \mu s$



## スターセンサの画像

露出時間0.5sで2枚

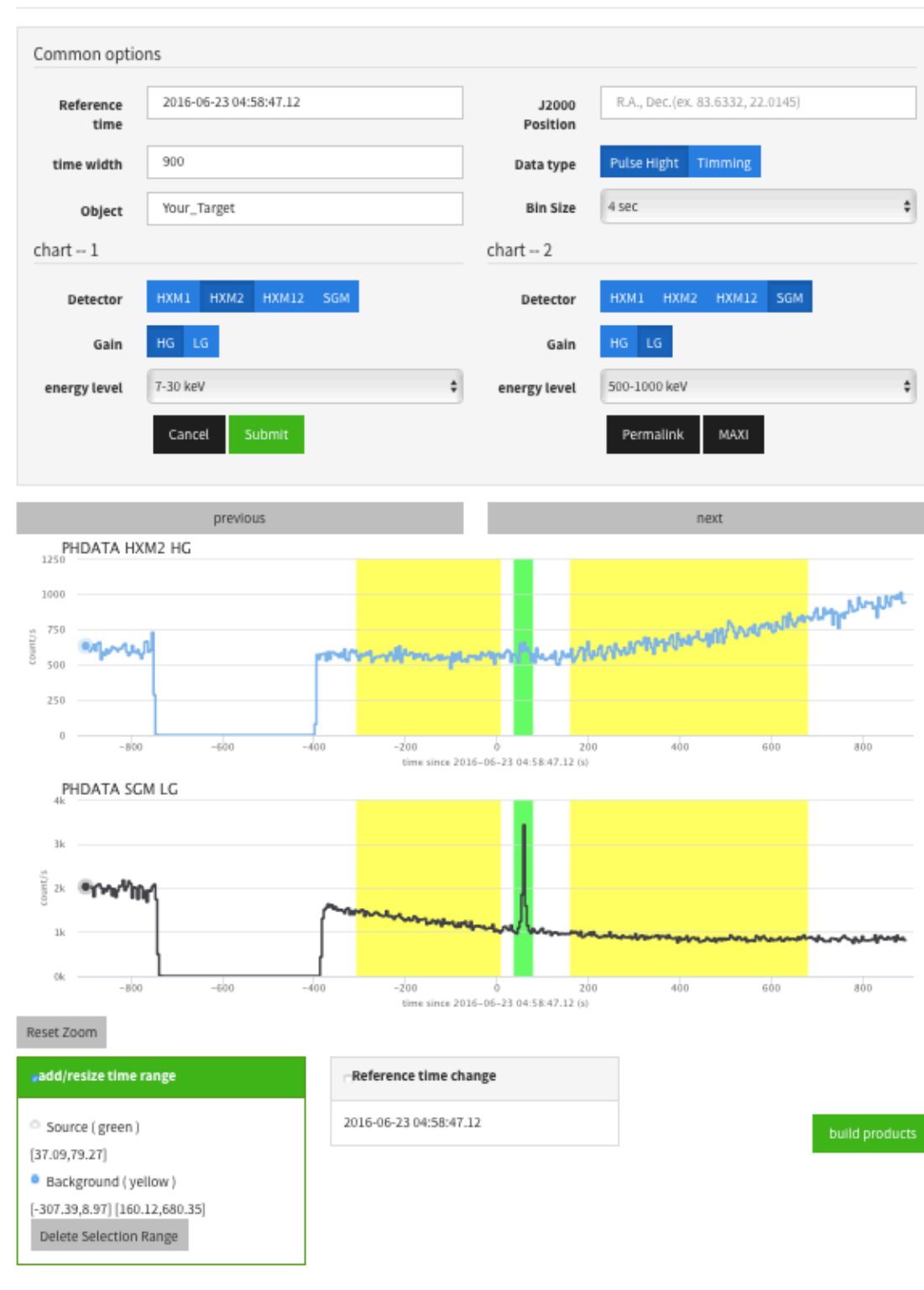
限界等級  $\sim 8\text{mag}$



# CGBMオンデマンドデータ公開システムの開発

## CALET CGBM Web解析システム

Light curve viewer on demand



デモ用リンク:  
ローカルのサーバーへのリンクのため削除

# Web解析システム間の連携

Query stringを使って連携

あるシステムから他のシステムに飛ぶ際に、入力条件にしたがって  
初期値を埋められるようにした

## JUDO2

[http://www.darts.isas.jaxa.jp/astro/judo2/?center\\_lng=187.628786&center\\_lat=12.83067&zoom=-2&coord=J2000&selectedLayer=&Base=MAXI\\_GSC\\_IMAGE&Top=MAXI\\_GSC\\_IMAGE&TopAlpha=100&GraphicAlpha=100](http://www.darts.isas.jaxa.jp/astro/judo2/?center_lng=187.628786&center_lat=12.83067&zoom=-2&coord=J2000&selectedLayer=&Base=MAXI_GSC_IMAGE&Top=MAXI_GSC_IMAGE&TopAlpha=100&GraphicAlpha=100)

## MAXI ondemand

<http://maxi.riken.jp/mxondem/index.html?RA=267.864765&DEC=-22.434746&DispLayerID=2&TSID=25>

## CGBM ondemand

ローカルのサーバーへのリンクのためURLを削除



# まとめ

きぼう船外実験プラットフォーム搭載搭載された広視野モニタ:  
MAXIとCALET-CGBMの観測データアーカイブを構築。

MAXIについては、観測データ、Webインターフェイス、ローカルPCで動作するソフトウェアを公開済み。

- 観測から、遅くとも10分程度世界中の誰でもデータの利用が可能
- 簡易にデータ解析を実施できるWebツールを提供。1日あたり数十件の利用があり、論文でも使われた実績が増加している

CALET-CGBMは観測データ、Webインターフェイスの公開に向けて開発中  
連携機能の開発を進めている。