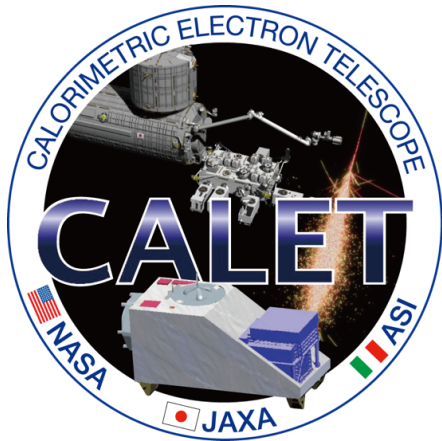


CALETによる5年間の ガンマ線バースト観測の成果



川久保雄太, Mike Cherry (ルイジアナ州立大)
赤池陽水, 小林兼好, 鳥居祥二 (早大理工総研)

森正樹 (立命館大理工)

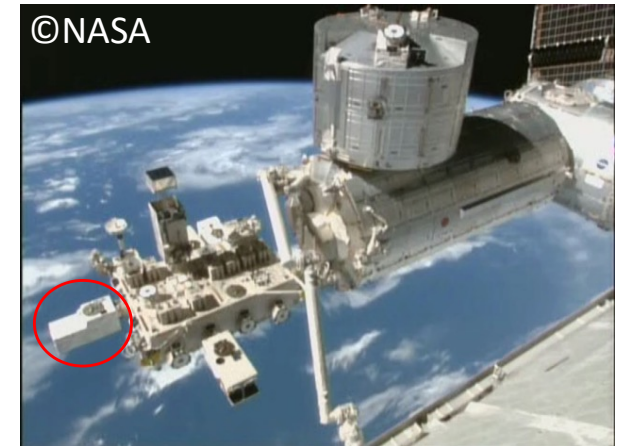
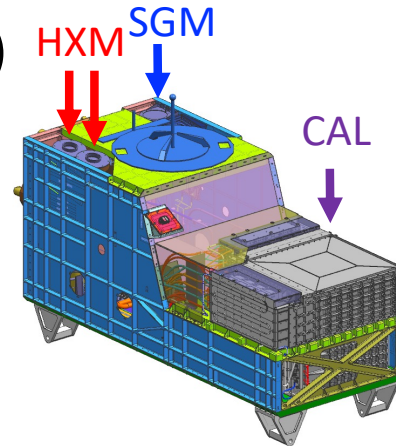
吉田篤正, 坂本貴紀 (青学大理工)

Nick Cannady (NASA GSFC/UMBC), 他CALETチーム

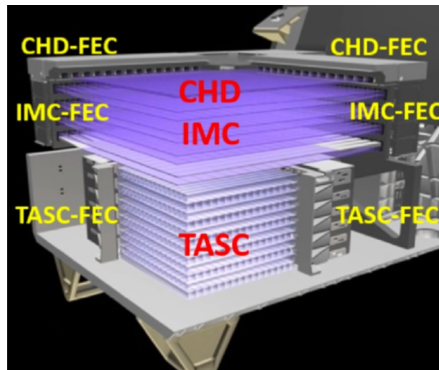
CALorimetric Electron Telescope (CALET)

CALorimetric Electron Telescope (CALET)

- 国際宇宙ステーション船外実験プラットフォーム搭載
- 2015年10月から観測開始
- 宇宙線、ガンマ線の直接観測
- 2021年9月現在も正常に観測を継続中



Calorimeter (CAL)



CHD

- 電荷の測定

IMC

- 到来方向の決定

- 粒子識別

TASC

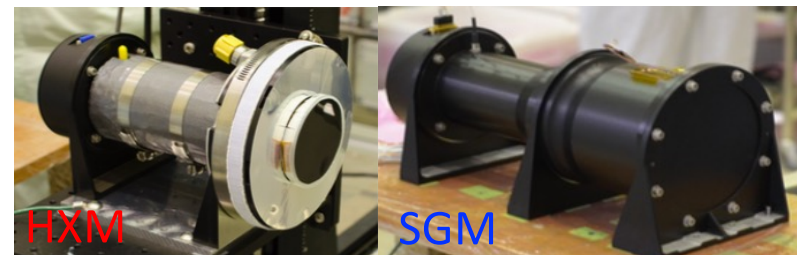
- エネルギーの測定

- 粒子識別

Gamma-ray Burst Monitor (CGBM)

Hard X-ray monitor (HXM) 7 keV - 1 MeV

Soft gamma-ray monitor (SGM) 40 keV - 20 MeV



電子: 1 GeV – 20 TeV

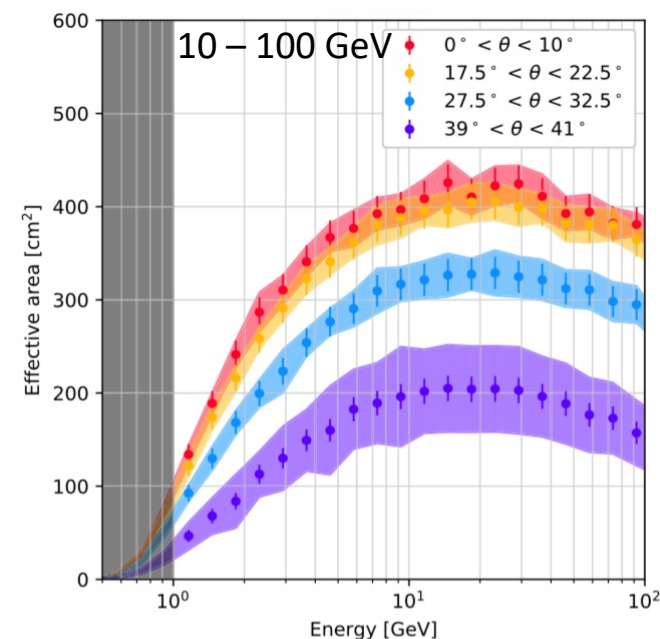
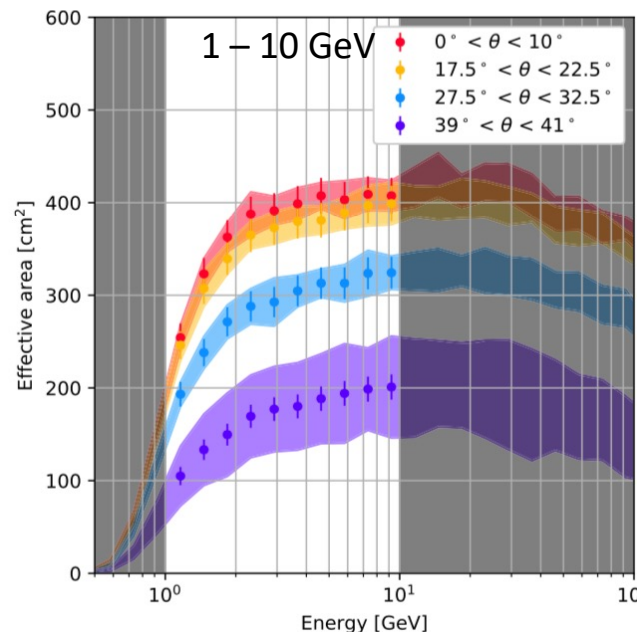
ガンマ線: 1 GeV – 10 TeV

陽子 & 原子核 : 100 GeV - 1 PeV

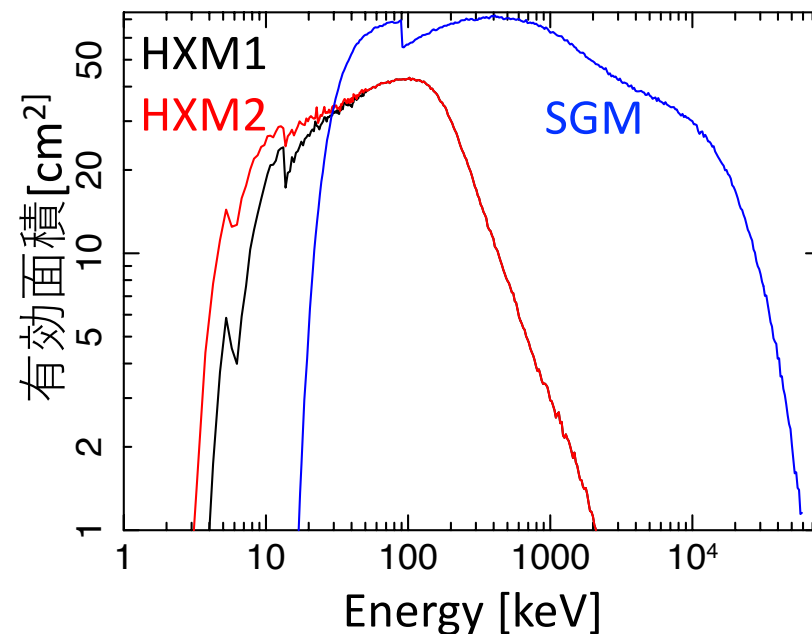
CALETのガンマ線観測性能

	CAL
エネルギー分解能	~3 % @ 10 GeV
エネルギー範囲	1 GeV - 10 TeV
視野	~2 sr
角度分解能	~0.5° @ 10 GeV

※詳細はCannady et al., ApJS
238:5,2018 を参照



	HXM	SGM
シンチレータ	LaBr ₃ (Ce)	BGO
搭載数	2	1
エネルギー分解能	8 % @ 511 keV	11 % @ 511 keV
エネルギー範囲 [keV]	7-1000	40-20000
視野	~3 sr	~8 sr



- CALによる1 GeV 以上のガンマ線観測
- CGBMによる硬X線、軟ガンマ線の観測

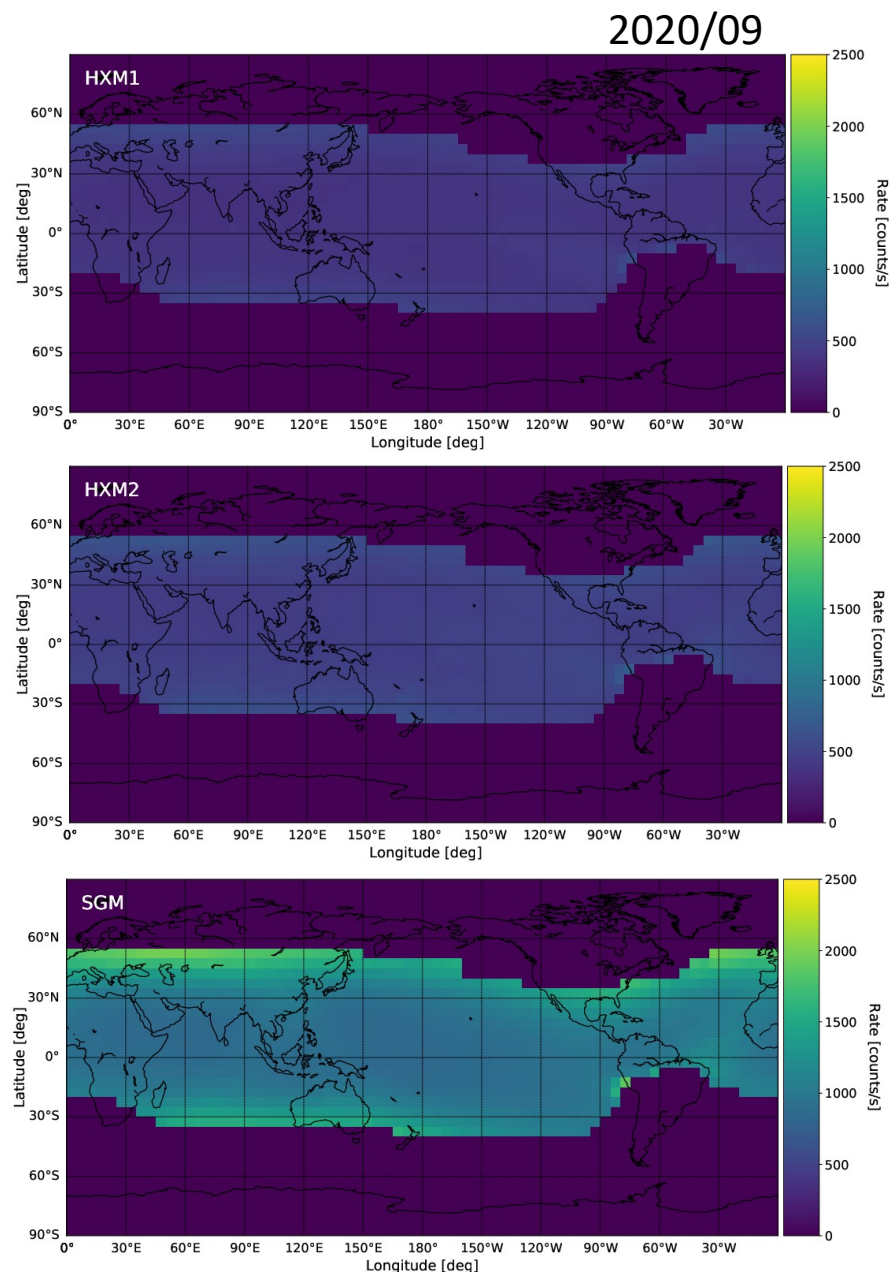
CGBMの観測体制

モニターデータの取得

- ライトカーブデータ (1/8 s, 8 ch)
- スペクトルデータ (4 s, 512 c)
- 高緯度、SAA付近では高電圧をオフ
 - 観測効率 約60 %
- データ取得から数時間以内に解析可能

機上トリガー判定と速報

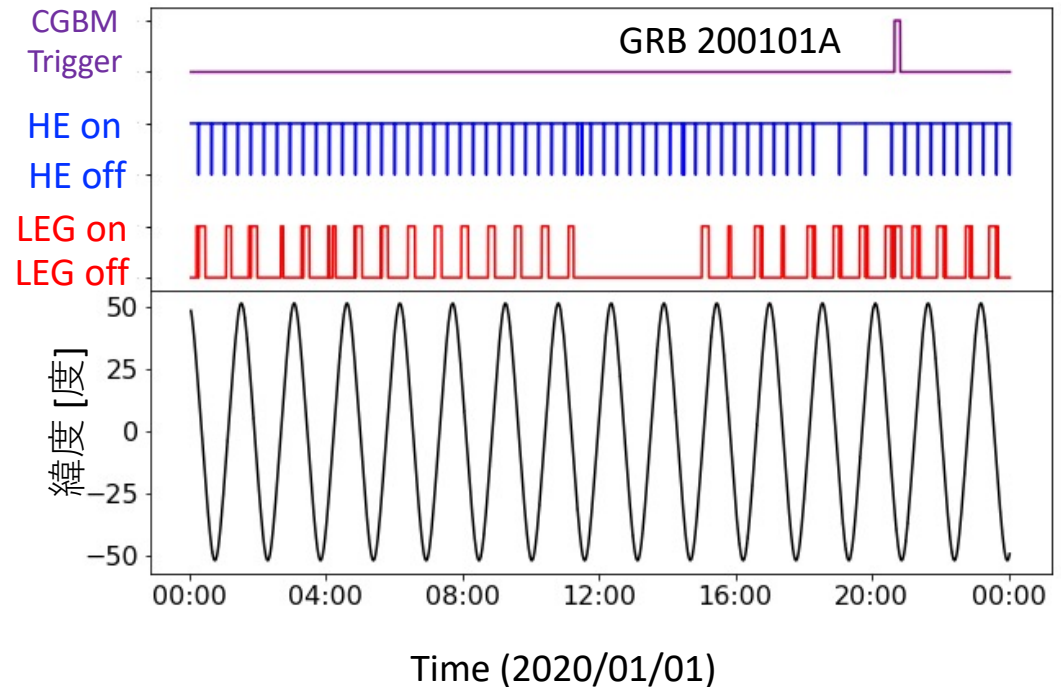
- 1/4 秒毎に機上トリガー判定
 - 3つのセンサーそれぞれで判定
 - 4つの時間範囲 (1/4 s, 1/2 s, 1 s, 4 s)
- イベントデータの取得
 - 62.5 us, 4096 ch x 2
 - 機上に4つまで蓄積可能
 - 週3回のダウンリンク
- 即時地上解析の速報
 - QL用リアルタイムデータを使用
 - 地上解析後The Gamma-ray Coordinate Network (GCN) noticeへ自動速報 (約1分)
 - ライトカーブ公開 (約15分)



CALのガンマ線観測

CALによるガンマ線データ取得

- 高エネルギー観測モード(HE)
 - ほぼ常時
 - ガンマ線 > 10 GeV
- 低エネルギーガンマ線モード(LEG)
 - 低緯度帯とCGBMの機上トリガー時
 - ガンマ線 > 1 GeV



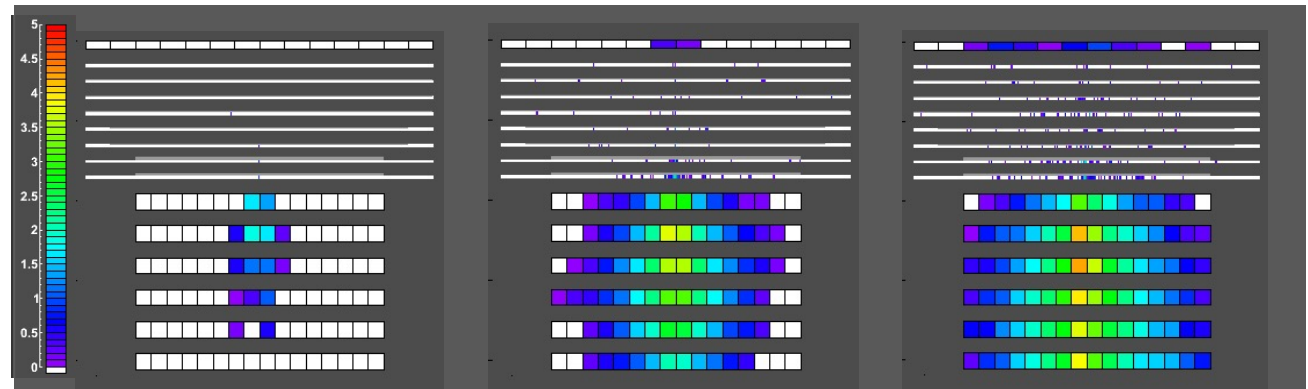
地上即時解析

- 1時間毎のデータを使用
- 数時間以内にガンマ線イベントを自動選別
- CGBMのトリガー時刻周辺のガンマ線候補イベントの自動探査
- 同方向から来たガンマ線ペアの自動探査

ガンマ線 (10 GeV)

電子 (1 TeV)

陽子 (10 TeV)



シャワー発達の違いによる粒子選別 (Cannady et al. 2018)

CGBMが検出したGRBの継続時間分布

2015/10/05 ~ 2021/07/23
(2119日)

264 (+47) GRBs を 機上検出
(45.5 GRBs / year)

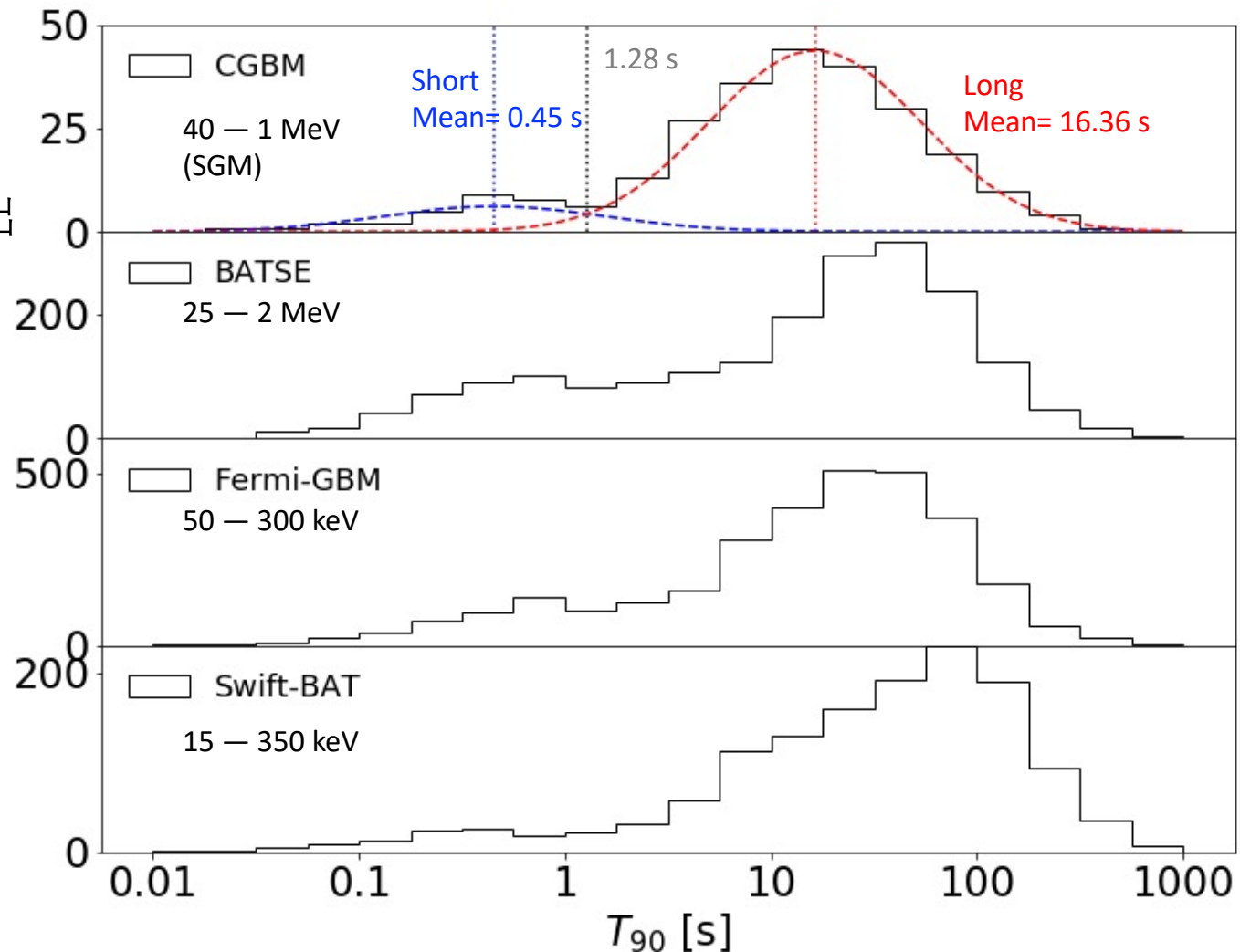
$T_{90} \geq 1.28$ s: 228 + 5 (88.3 %)

$T_{90} < 1.28$ s: 31 (11.7%)

+5はSGMによる計測が出来なかったもの

他の観測装置との同期

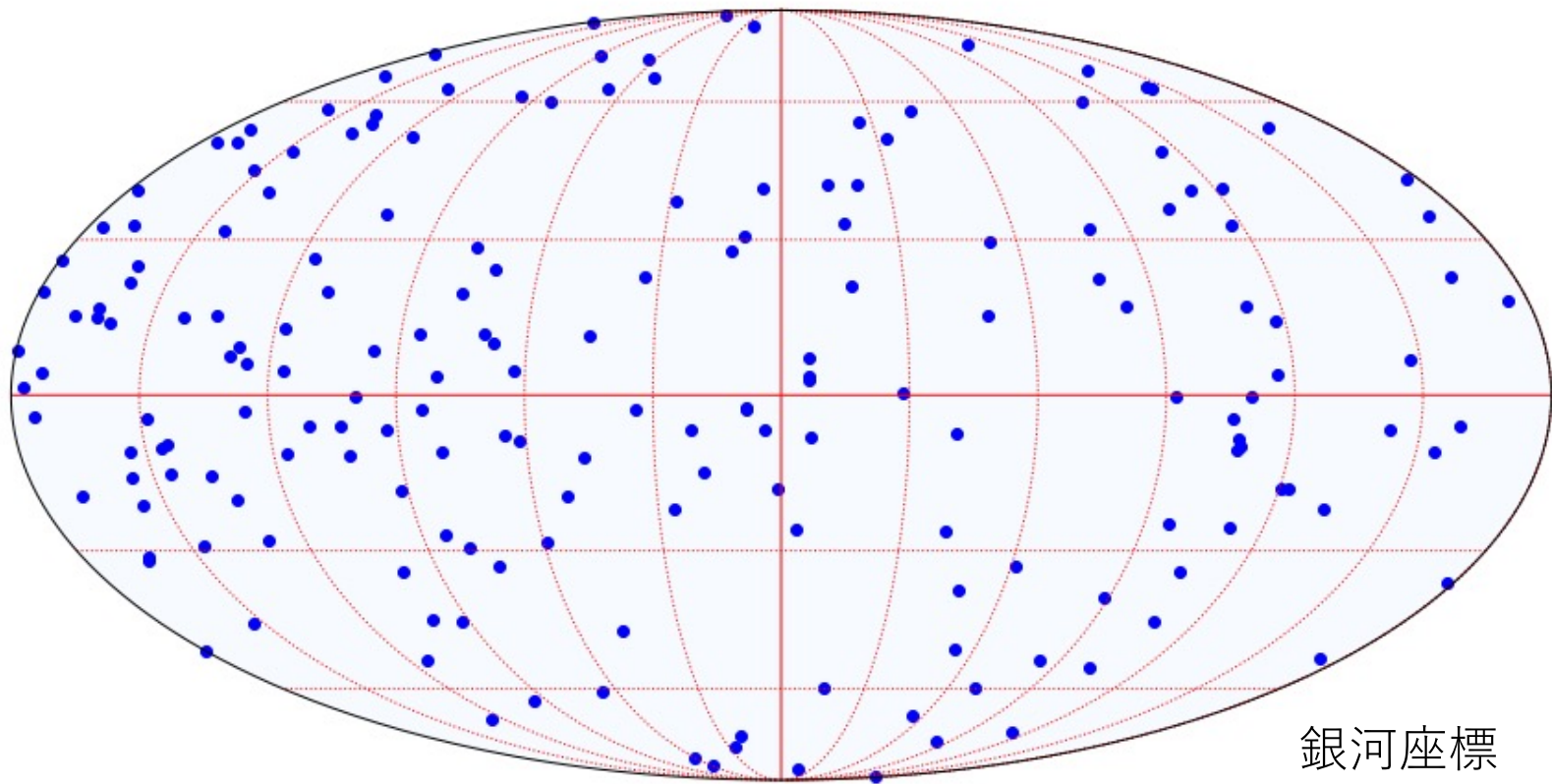
- Swift-BAT: 51 (19.3 %)
- Fermi-GBM: 147 (55.6 %)
- MAXI-GSC: 12 (4.5 %)



- 観測から5年以上経過した現在も年間約45個のGRBを検出している。
- 他のGRB観測と同様にlongとshortの両方のGRBを検出している。

CGBMで検出したGRBの到来方向

264 のGRBのうち位置が決定されている187 のGRBの到来方向を銀河座標にプロット
(位置情報はGCNから参照)



CGBMが検出したGRBも等方的に分布している

GRBからの高エネルギーガンマ線の探査

CALのデータを用いたGRBからの高エネルギーガンマ線の探査も継続的に行っている。

- 解析対象はCGBMの検出した108 (+15)のGRB
 - Swift, Fermi-LAT, MAXI, IPNによって精度よく位置が決まっているもの
- $T_0 - 60 \text{ s} \sim T_0 + 7200 \text{ s}$ のLEG データ (T_0 はCGBMのGRB 検出時刻)
- 報告されたGRBの中心位置から2度以内のガンマ線イベントを探査

探査結果

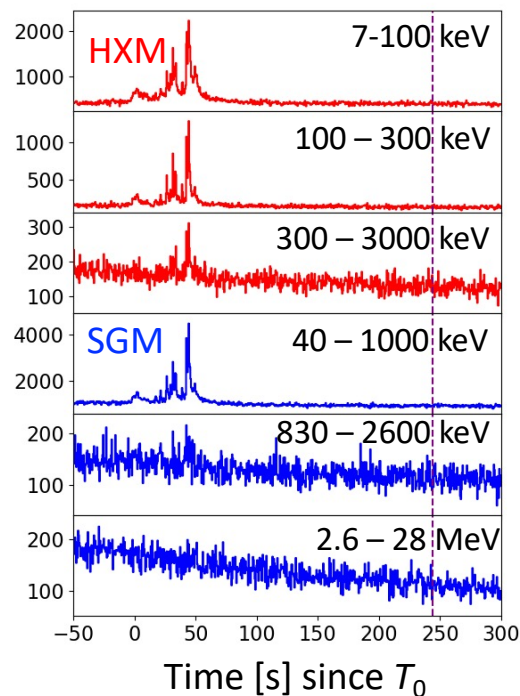
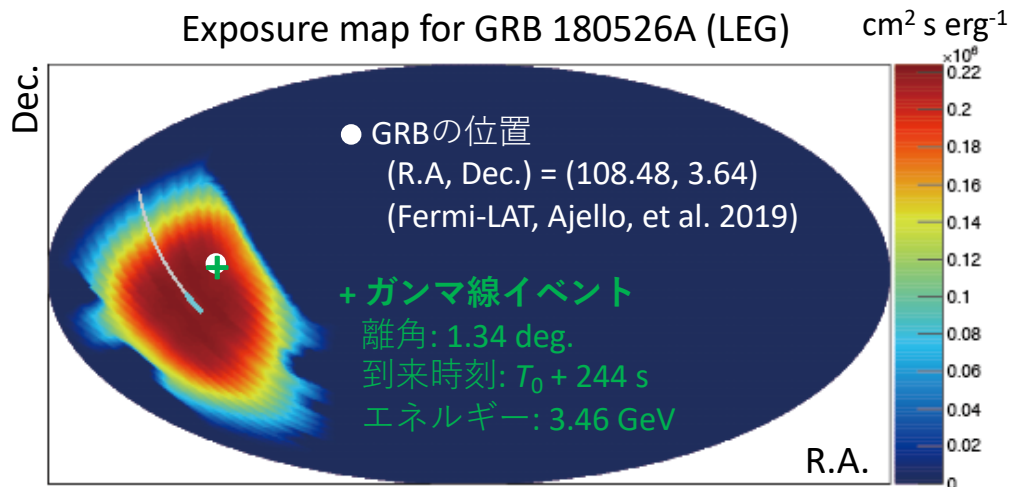
昨年の発表時から新たな候補は見つからず。

- 視野外 or LEGデータなし: 38
- 視野内だがガンマ線イベントなし: 67
- ガンマ線イベントあり: 3
 - GRB 180526A
 - GRB 200101A
 - GRB 200613A (突発的な移動構造物による二次ガンマ線)

GRBからのガンマ線候補 (preliminary)

- GRB 180526A $T_0 = 2018/05/26\ 11:03:36$

Exposure map for GRB 180526A (LEG)

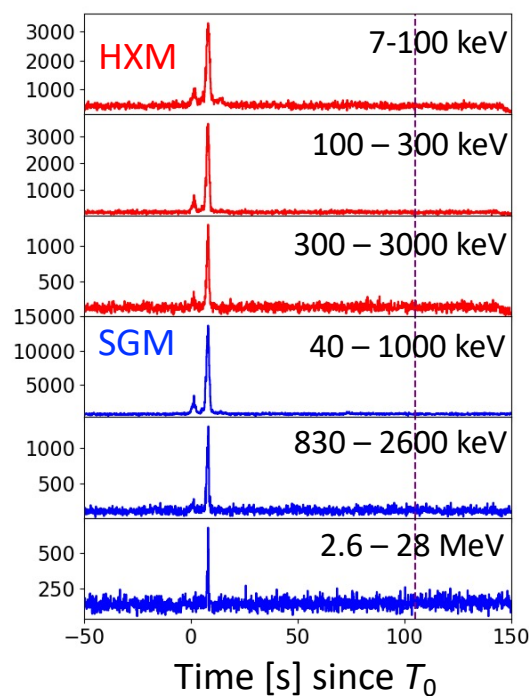
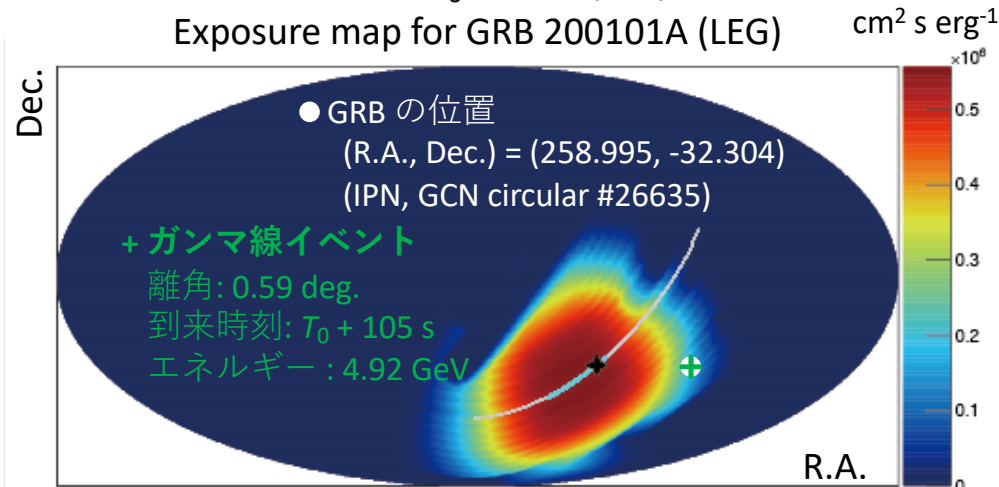


$$T_{100} = 69.6 \text{ [s]}$$

CGBMで計測した
 T_{100} よりも後

- GRB200101A $T_0 = 2020/01/01\ 20:39:30.40$

Exposure map for GRB 200101A (LEG)



$$T_{100} = 83.9 \text{ [s]}$$

CGBMで計測した
 T_{100} よりも後

まとめ

- CALETは2015年10月の観測開始から2021年9月現在まで問題なく観測を継続中。
- CGBMは約60%の観測効率でこれまでに31のshort GRBを含む 264 のGRBを検出。
- CALによるGRBからの高エネルギーガンマ線探査も継続しており、2つのGRBからの候補が見つかった。