CALETによる6年間の ガンマ線バースト観測成果

川久保雄太, Mike Cherry (Louisiana State Univ.), 赤池陽水, 小林兼好,鳥居祥二 (早大理工研), 森正樹(立命館大理工), 坂本貴紀, 吉田篤正(青学大理工), N. Cannady (NASA/GSFC), 他CALETチーム



CALorimetric Electron Telescope (CALET)



- 国際宇宙ステーション(ISS)船外実験プラット フォームにて観測中
- Calorimeter (CAL)による高エネルギー
 宇宙線・ガンマ線の直接観測
 - ガンマ線バースト(GRB)の観測を目的とした
 - CALET Gamma-ray Burst Monitor (CGBM)も搭載

Calorimeter

電子: 1 GeV - 20 TeV **ガンマ線: 1 GeV - 10 TeV** 陽子&原子核: 10 GeV - 1000 TeV



CHD

- 電荷測定 IMC
- 電荷測定
- 粒子識別
- TASC
- エネルギー測定
- 粒子識別

Hard X-ray Monitor (HXM)



CALET Gamma-ray Burst Monitor

7 - 1000 keV LaBr₃(Ce) + PMT

Soft Gamma-ray Monitor (SGM)



0.04 – 20 MeV BGO + PMT

CGBMによるプロンプト放射の観測とCALによる高エネルギーガンマ線観測

CALETによるGRB観測



- 1/4 s 毎にS/N比の計算
 - トリガー閾値を超えるとトリガー発生
 - トリガー時イベントデータ取得
- **GCN**への速報
 - トリガー時のGCN notice (~1分)
 - 地上解析後のGCN circular (数日)

ガンマ線自動選別(数時間)

• 低エネルギーガンマ線モード (LEG)

低緯度, CGBMトリガー時, 1 GeV 以上

常時, 10 GeV以上

自動地上解析

CGBMの機上トリガーイベント

2015年10月5日から2022年7月31日までに1032の機上トリガーが発生している。



CGBMによって観測されたGRB



CALによる高エネルギーガンマ線探査 (>1 GeV)

133(昨年+25)の位置が精度良く決まっているGRBについてCALのLEGデータを確認

• 新たな候補は発見出来ず

Fermi-GBMとの比較: Photon flux vs. T₉₀



Fermi-GBMが検出しているGRBのうち高いfluxのGRBをCGBMで検出

Fermi-GBMとの比較: Energy fluence vs. T₉₀



Fermi-GBMが検出しているGRBのうち高いfluenceのGRBをCGBMで検出

CALETによる重力波電磁波対応天体探査

CALETは2015年10月の観測開始以降、重力波電磁波対応天体の探査を 行ってきた。

O1 & O2 (Adriani et al. 2016, Yamaoka et al. 2017, Adriani et al. 2018)

GWTC1に含まれる11イベント(Abbot et al. 2019)

O3 (Adriani et al. ApJ, 933:85, 2022)

GraceDBにて公開されている56 イベント + sub threshold イベント 1 (Fermi GBM-190816)

	非検出(視野内)	視野外	HV OFF	観測開始前	
CGBM 01 & 02	3	3	4	1	
CAL O1 & O2	3	6	-	2	₩ 1000 HXM1+2 - 7-100 keV
CGBM O3	31	5	21	-	gin and the second seco
CAL O3	20	36	1	-	(400
S190	0408an LEG 1~	10 GeV e	rg cm ⁻² s ⁻¹	7σ upper limit (10 - 1000 keV)	300 - 3000 kev atg 200 200
	(+)		6×10° 5×10° 4×10° 3×10° 2×10°	HXM1 9.7 \times 10 ⁻⁷ erg cm ⁻² s ⁻¹ HXM2	1000 SGM 40-1000 keV 200 500 - 830 - 2600 keV - 830 - 2600 keV
			$ \begin{array}{c} 10^{-6} \\ 7 \times 10^{-7} \\ 6 \times 10^{-7} \\ 5 \times 10^{-7} \\ 4 \times 10^{-7} \\ 3 \times 10^{-7} \end{array} $	$1.2 \times 10^{-6} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ SGM $8.2 \times 10^{-7} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$	= 2600 - 28000 kev $= 2600 - 28000 kev$ $= 2600 - 2800 kev$

LIGO/Virgo/KAGRA O4に向けて

2023年3月開始予定のO4においてもO3と同様な観測を予定している。

- CGBMの機上トリガーのGCN noticeへの速報 (~1分)
 - THライトカーブ(~15分)
- GCN circular への報告 (視野内のイベントのみ,~数日)
 - CGBM THデータを用いた信号探索,フラックスの上限値
 - CALのガンマ線探索結果とガンマ線フラックスの上限値
- Web page上での観測結果公開
 - CGBMの機上トリガーイベントのリストとTHライトカーブ
 - O4の重力波イベントに対するCGBMの解析結果
 - 視野マップ
 - THライトカーブ

まとめ

- CALETは2015年10月の観測開始から約7年経過した現在も正常に観測を 継続中
- CGBMは2015年10月から2022年7月までに1032回機上トリガーしている。
 - 約3割の306回がGRBによるトリガー
- 重力波検出器稼働中は重力波電磁波対応天体の探査を行ってきた。
 - O3の観測結果(Adriani et al. ApJ, 933:85, 2022)
 - 2023年3月からのO4においてもO3と同様な観測を予定

backup

The logic of trigger



Δt	: 1/4,1/2,1,4sec
----	------------------

- Δt_{BG} : 8,16,32,64 sec
- N_{tot} : GRB + Background counts during Δt
- N_{BG} : background counts during Δt_{BG}
- σ : significance level (4,5.5,7,8.5,10,11,13)

CALET Gamma-ray burst monitor

Hard X-ray Monitor (HXM)



Soft Gamma-ray Monitor (SGM)



7 – 1000 keV

40 keV – 20 MeV



CGBM covers the typical energy range of GRB prompt emissions.

On-orbit background of CGBM



Since we turn CGBM high voltages off at highcount rate regions, duty cycle is ~ 60 %.

Typical count rates (at the low latitude) HXM: ~ 500 counts / s SGM: ~ 1000 counts / s



Averaged background count rate (2020/09)







CGBM has continued stable data collection since the observation started.

GW 170817 & GRB 170817A



Unfortunately, the direction of GRB 170817A was blocked by ISS structures.

CGBM GRB light curves









	210222A
200	Annu and the product of the state of the back of the
100	dinachalan an t. a
75	a development to the second
50 -	
139	Additional and a state of the s
00	والمعادية وروالانتها والمعاد والمعاد والمعالمة فأنفأ فالمعالية ومسروي
50 📊	A A LANDAR AND A REAL PROPERTY
100	أحانه وأراطوا المراجع والمرجع والمراج أوراد المراجع ومراجع والمدار
50	allow of the Levin References in the
100	Monnedhard have been a service and a service
500	Westford
150	al a tra a la sa
100 -	an inner Ministeria Statistic on whe makes a back of
288-	
100 🖊	kennentledenskirkljedelsenentligenentligenestigenester
200	a wear a superior and the second state of the second state of the
100	AMMIAN IMMIAN IN ALCONTON
–50 Tin	o 50 100 150 20 ne [s] since 21/02/22 15:57:23.5
	210602A
750	ai.
500	Color L
250 20	Hillberghan Withoundary
500	A
250	have been been been been been been been be
750 🏲	P CONTRACTOR OF THE OWNER





