



X線天文衛星「ひとみ(ASTRO-H)」搭載 軟ガンマ線検出器(SGD)の軌道上動作

深沢泰司 (広島大学)

田島宏康(名大ISEE), 渡辺伸(ISAS/JAXA), 大野雅功, 勝田隼一郎, 北口貴雄, 高橋弘充, 田中康之, 水野恒史(広大理), 林克洋, 山岡和貴(名大理), 太田方之, 国分紀秀, 佐藤悟朗, 佐藤理江, 高橋忠幸, 萩野浩一, 森國城(ISAS/JAXA), 一戸悠人(首都大理), 内山秀樹(静大教), 内山泰伸, 齊藤新也(立教大理), 榎戸輝揚, 田中孝明(京大理), 小高裕和, Roger Blandford, Grzegorz Madejski(Stanford大), 片岡淳(早大理), Andrea Goldwurm, Philippe Laurent, Olivier Limousin, Francois Lebrun(APC/CEA), 武田伸一郎(沖縄科技大), 寺田幸功(埼大理), 中澤知洋(東大理), 中野俊男, 牧島一夫, 湯浅孝行(理研), 中森健之(山形大理), 野田博文(東北大学際), 谷津陽一(東工大理), 米徳大輔(金沢大理), ほか「ひとみ」SGDチーム



ASTRO-H SGD Team

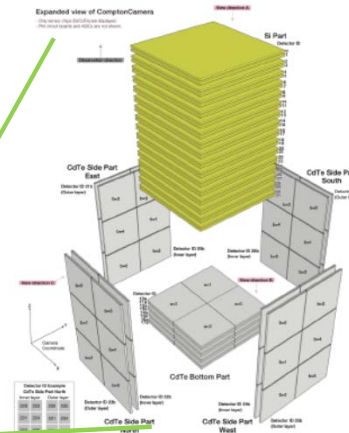
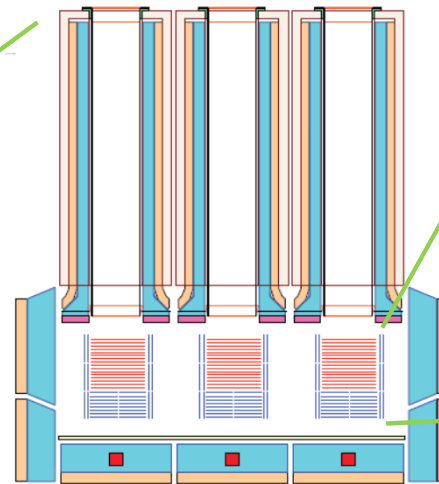
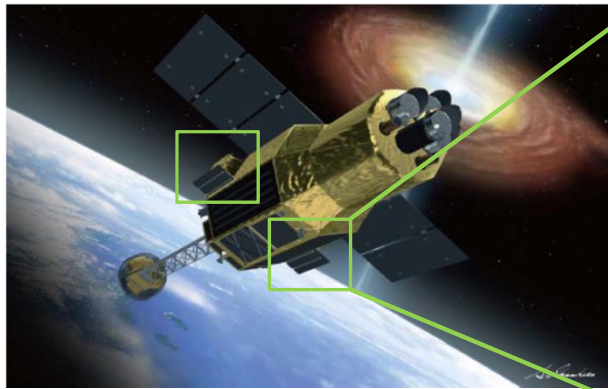
- H. Tajima (PI), K.Yamaoka ([Nagoya University](#))
- S. Watanabe(Dep. PI), K. Hayashi, K. Hagino, M. Kokubun, M. Mori, M. Ohta, G. Sato, R.Sato, T. Takahashi ([ISAS/JAXA](#))
- Y. Fukazawa(Dep. PI), J. Katsuta, T. Kitaguchi, T. Mizuno, M. Ohno, H. Takahashi, Y. Tanaka, ([Hiroshima University](#))
- K. Nakazawa ([University of Tokyo](#))
- H. Odaka, R. Blandford, G. Madejski ([KIPAC, Stanford University](#))
- S. Takeda ([OIST](#))
- Y. Ichinohe ([Tokyo Metropolitan University](#))
- K. Makishima, T. Nakano, T. Yuasa([RIKEN](#))
- J. Kataoka ([Waseda University](#))
- Y. Yatsu ([Tokyo Institute of Technology](#))
- T. Tanaka, T. Enoto ([Kyoto University](#))
- Y. Terada ([Saitama University](#))
- Y. Uchiyama, S. Saito ([Rikkyo University](#))
- H. Uchiyama ([Shizuoka University](#))
- H. Noda ([Tohoku University](#))
- T. Nakamori ([Yamagata University](#))
- D. Yonetoku ([Kanazawa University](#))
- F. Lebrun, O. Limousin, P. Laurent, A. Goldwurm ([APC, CEA/DSM/IRFU](#))

日本語版

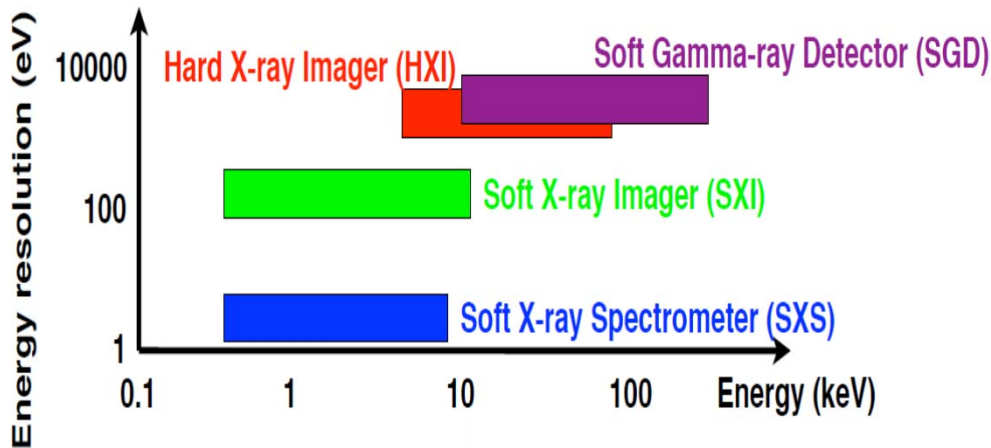


軟ガンマ線検出器 (SGD)

- ASTRO-Hの4種類の検出器の1つ
- とくに60-600 keVの帯域を従来よりも良い感度で観測



散乱体: Si 32層
 吸収体: CdTe 8層+2x4層



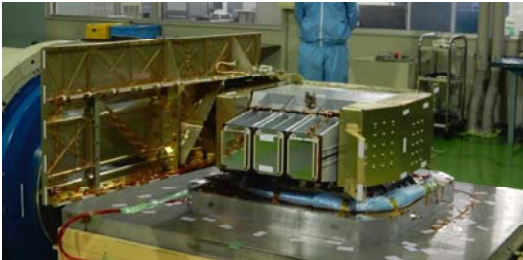
SGD 1台 (非イメージング)

- コンプトンカメラ 3台
- それぞれの上にファインコリメータ
- BGOシンチレータ 25ユニット

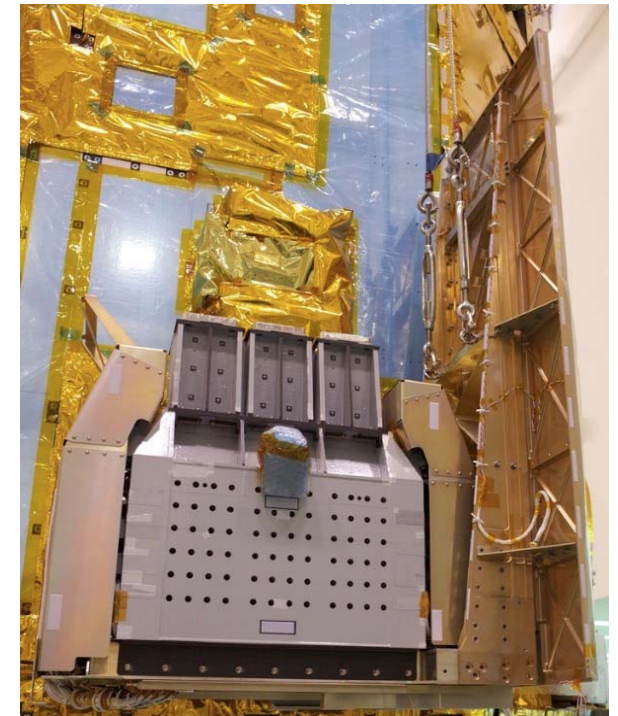
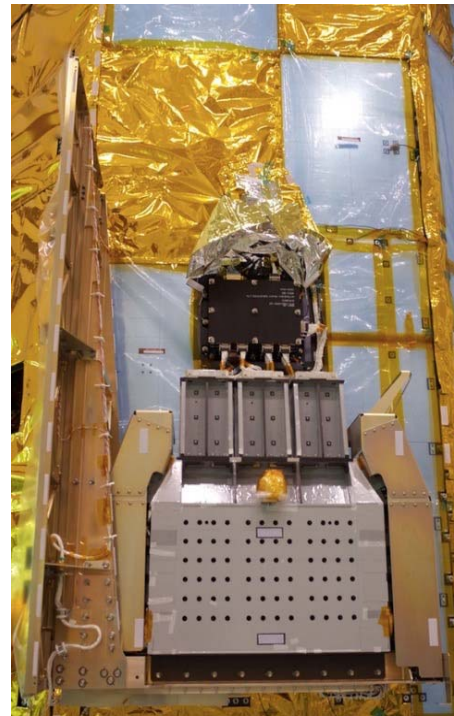
コンプトン運動学 + 狭視野

⇒ 低バックグラウンド化を実現

衛星に組み付け前(2015年2月)



衛星に組み付け後(2015年4月)





SGD初期運用履歴

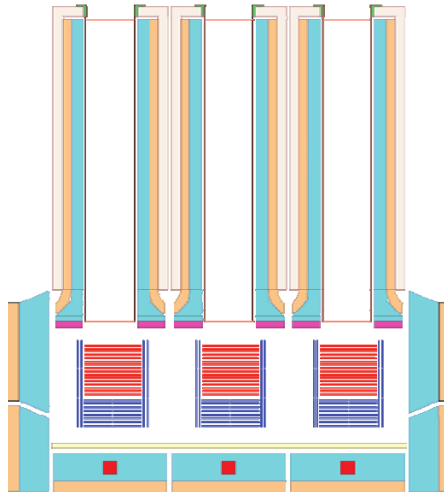
- 2/17 Y0 (TLでSGD-SのHEC温度設定 0°C)
- 3/1 SGD DE, DPU電源投入、立ち上げ、AE電源投入
- 3/3-3/13 SGD-S温度下げ(HCE設定値 0°C→-25°C) (TL)

- 3/18- SGD1-S シールド系定常モード
- 3/20- SGD1-S CC1定常モード(APD:~400V, Si:230V, CdTe:1000V)
- 3/21- SGD1-S CC2,CC3定常モード、SGD1全系定常モード
- 3/22- SGD2-S シールド系定常モード
- 3/23- SGD2-S CC1定常モード
- 3/24- SGD2-S CC2,CC3定常モード、SGD2全系定常モード

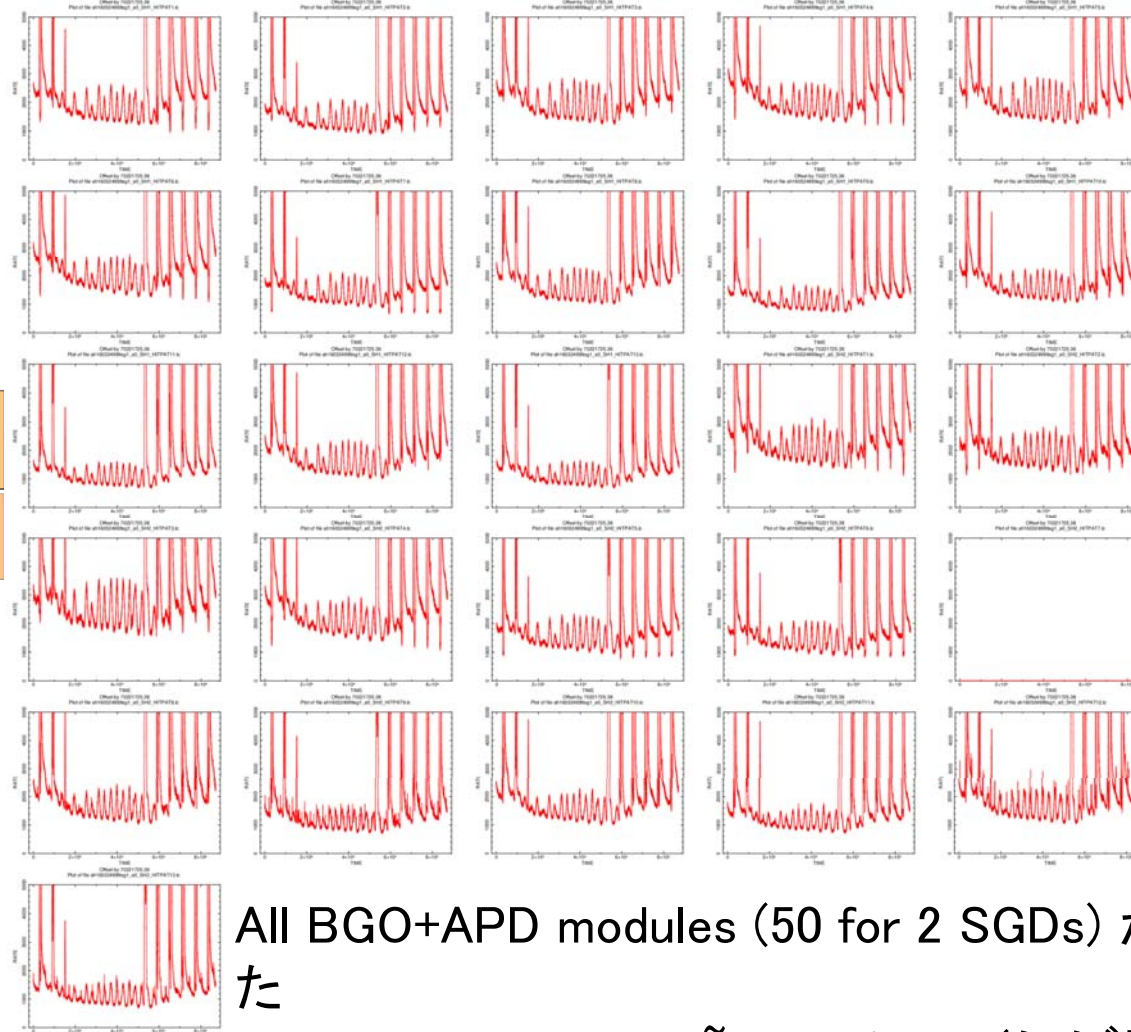
特に大きな問題なく無事立ち上がり、3つの天体を観測



SGD BGO Shield in orbit



25 BGO+APD modules
~400V applied to APD



Example data from
March 23 18:00 ~
March 24 18:00
(SGD1)

All BGO+APD modules (50 for 2 SGDs) が安定して動作した
BGO count rate was $\sim 1\text{kHz/unit}$, (ほぼ予想通り).
CORやSAAによるバックグラウンドレート変動が見えた

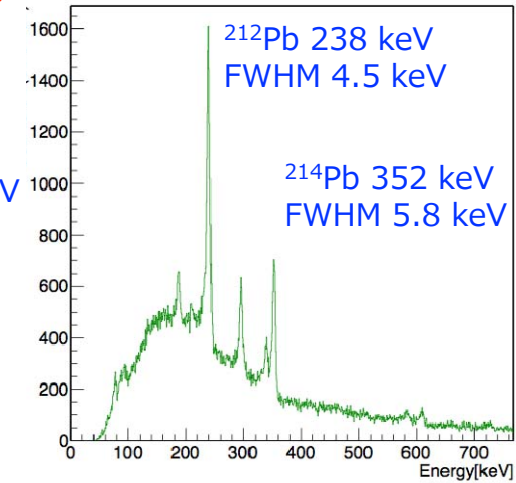
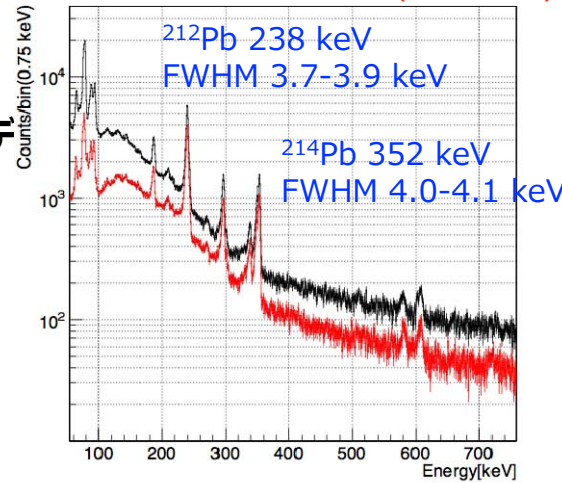


Compton cameraのノイズ特性

ex. SGD1 CC1 CdTeスペクトル (Side CdTe(48 devices) Bottom CdTe (32 devices)) コンプトン再構成スペクトル

ASTRO-H熱真空試験中
(2015年6-7月)のバックグラウンドデータ

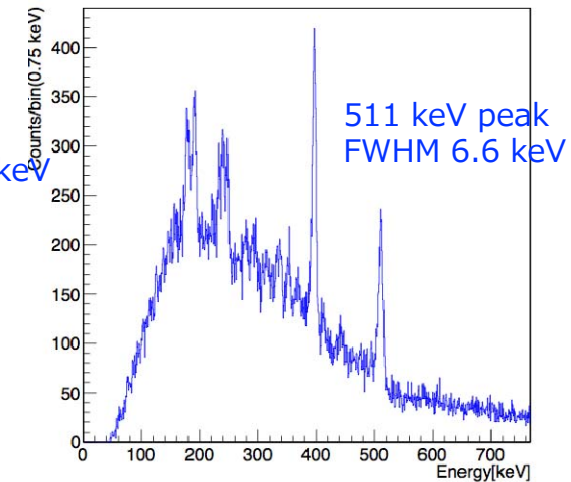
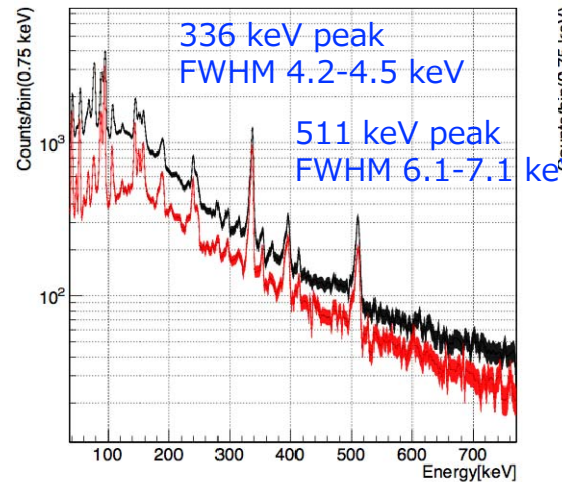
自然同位体からの
核ガンマ線など



軌道上バックグラウンド

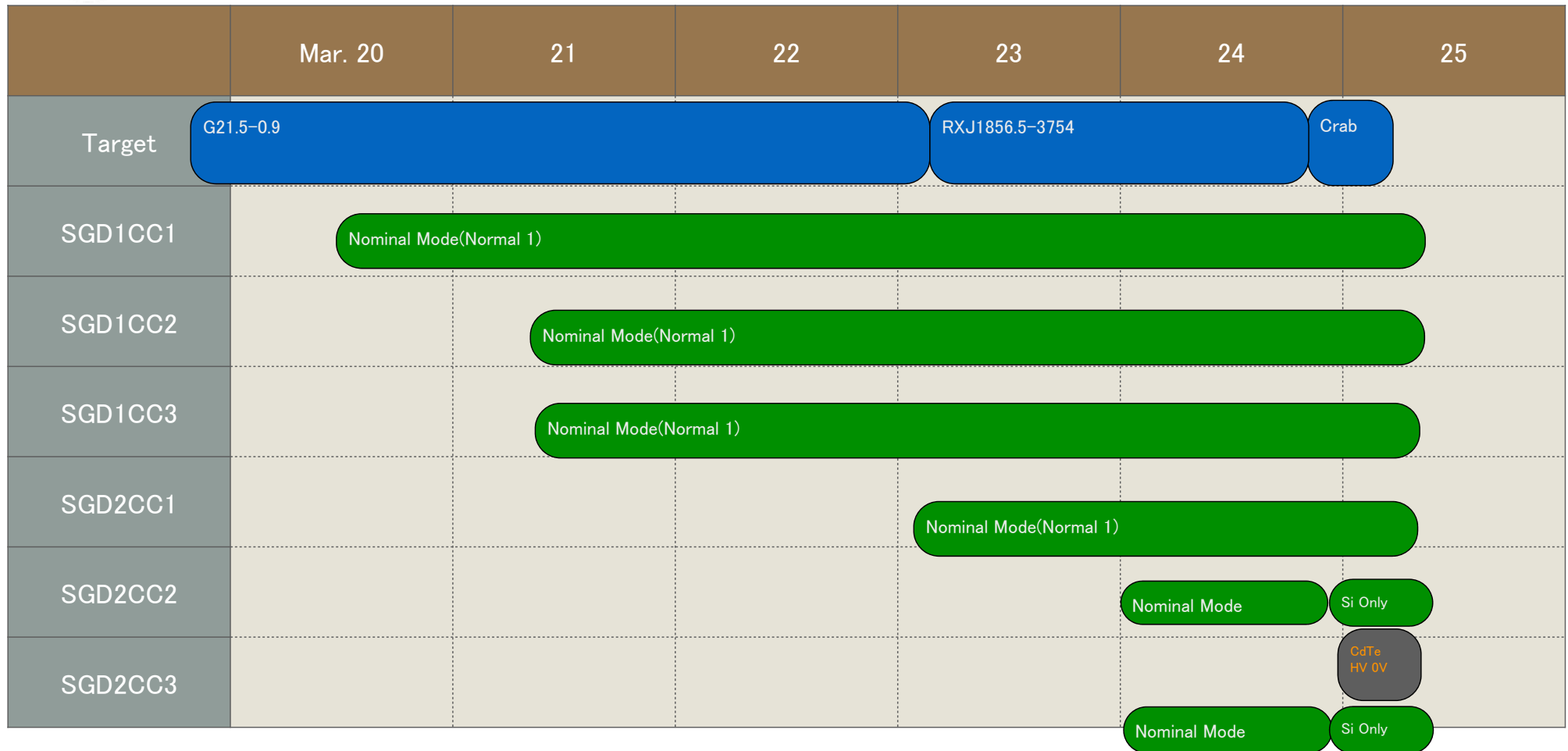
放射化物質からの核ガンマ線など

ノイズ性能 (エネルギー分解能や閾値) は、ほぼ期待通り





SGD Compton camera observation



Crab observation: ~5 ks (デッドタイム補正後).

note: SGD2 CC2,CC3のCdTeは、ノイズチャンネルのために0Vに一時的に0Vに設定。Siデータは取得。

Crabまでの観測は、Compton modeとしては、ほぼバックグラウンドスタディーに利用可能.

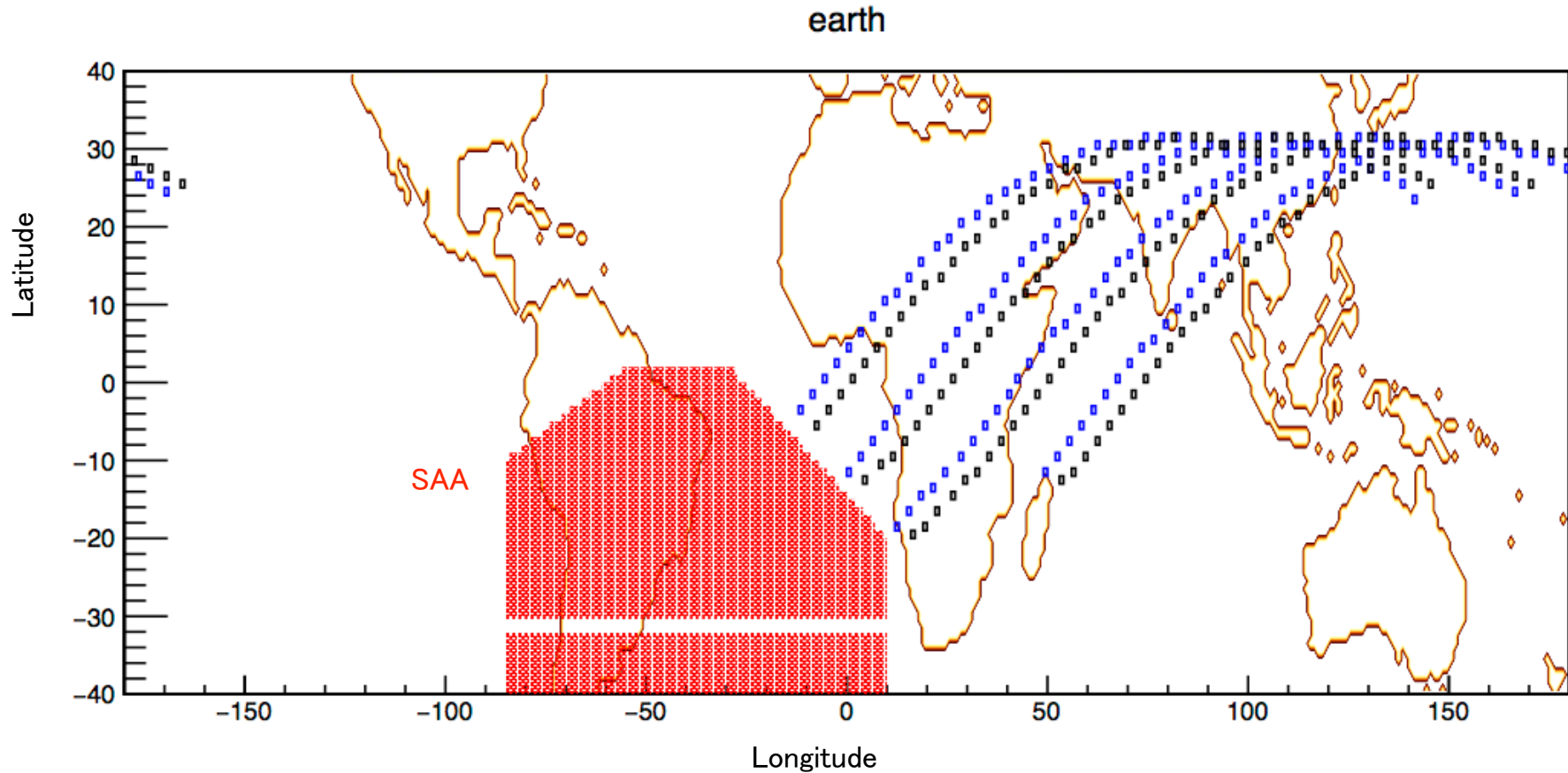
SGD1CC1: ~5days, SGD1CC2, CC3: ~4days

SGD2CC1: ~2days, SGD2CC2,3 ~1day



Crab observation

Crab観測中の衛星位置 / 1day before

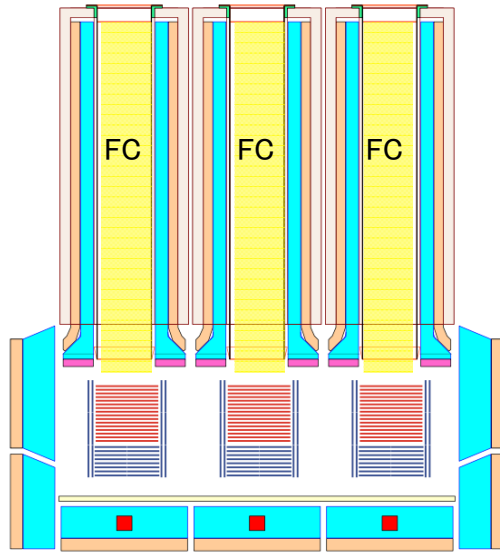


Crabの観測は、SAA通過後の時間帯
→ バックグラウンドが高め.

ちょうど1日前の同じ時間帯をバックグラウンドとして差し引く

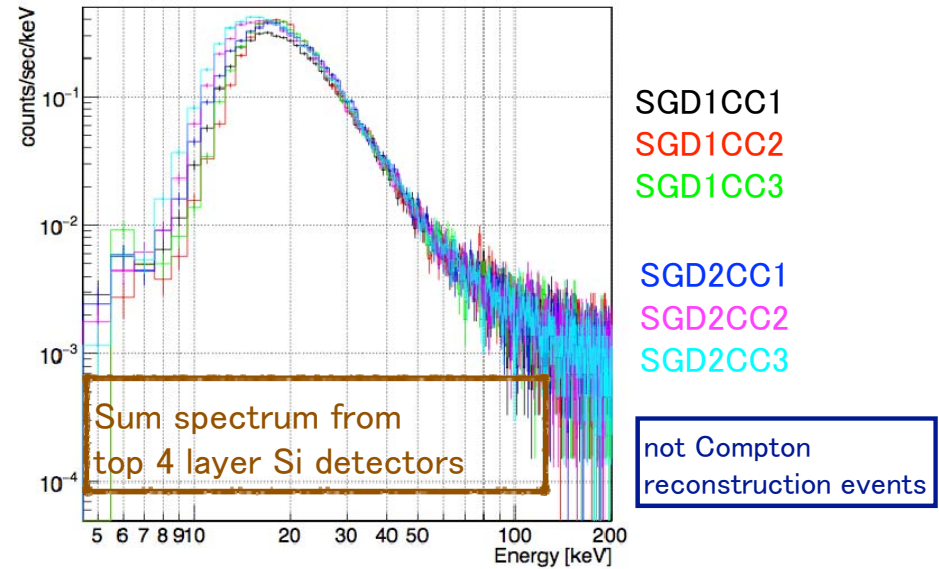


Fine collimator alignments



Fine collimator (PCuSn.)
33 arcmin FOV, up to ~ 150 keV.

FCどうしのmisalignment : 3 arcmin
---+ 10% flux decrease



	35–60keV[c/s]	35–60 keV
SGD1CC1	0.47070	-3.15%
SGD1CC2	0.47938	-1.37%
SGD1CC3	0.49312	+1.46%
SGD2CC1	0.50025	+2.93%
SGD2CC2	0.48274	-0.67%
SGD2CC3	0.48993	+0.81%
average	0.48602	
statistical error	$\sim 2.1-2.4\%$	

Count rates within $\sim 5\%$ \rightarrow
misalignment : $< \sim 1.5$ arcmin



絶対 Flux

FCの方向 (SGDの視野) が望遠鏡の光軸に向いているかどうか

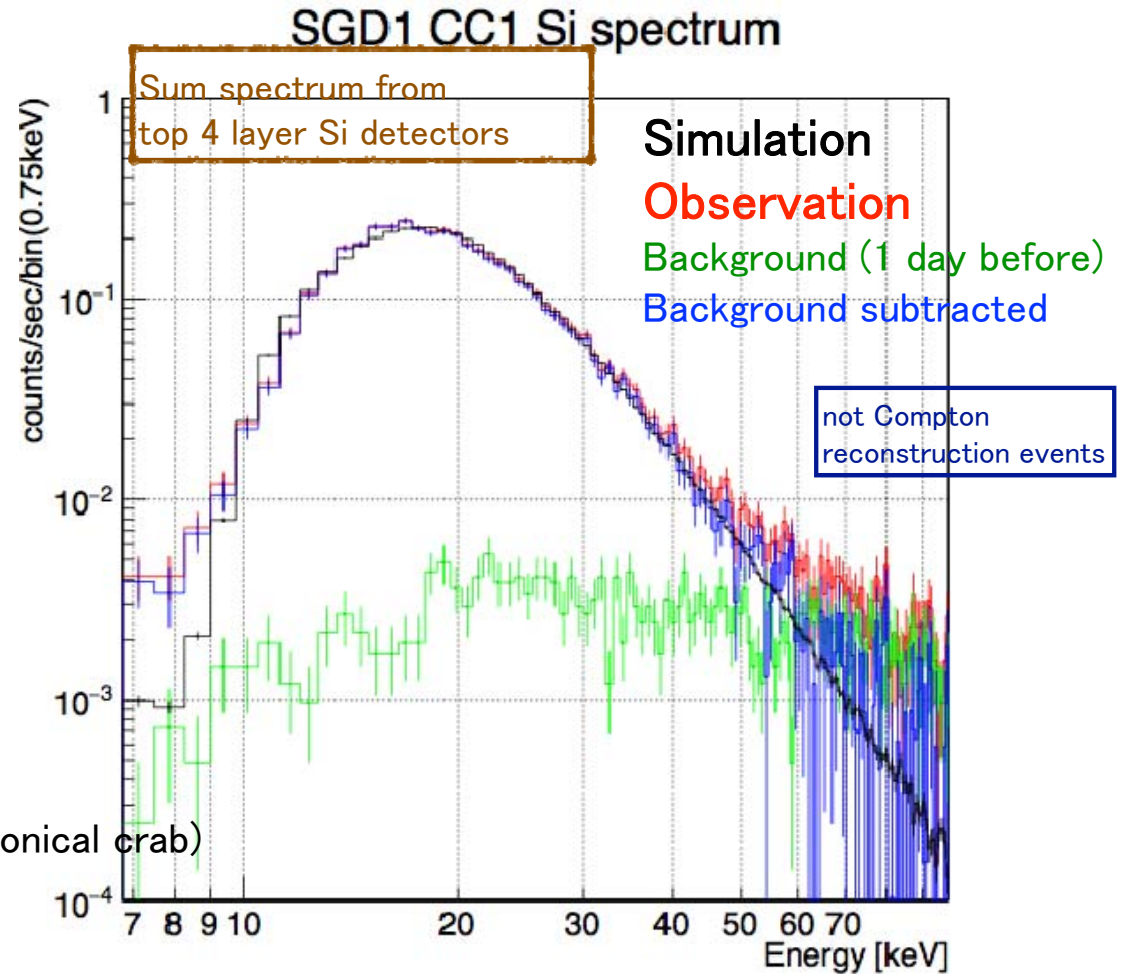
観測 Flux をシミュレーション予想と比較

Simulation Model:

Power-Law with a photon index of 2.1,
scaled by the observed 30–50 keV flux.

flux 30–50 keV: 5.30×10^{-9} erg/cm²/s

→ flux(2–10 keV): 2.14×10^{-8} erg/cm²/s (\sim canonical crab)



望遠鏡光軸とよく合っていた。



Time assignment (Crab pulse)

Crabのパルス解析により時刻付けを確認.

First, Si top 4 layers events を使用. (for Good S/N)

Barycentric 補正。

Si top 4 layers events

SGDで得られたパルス周期:

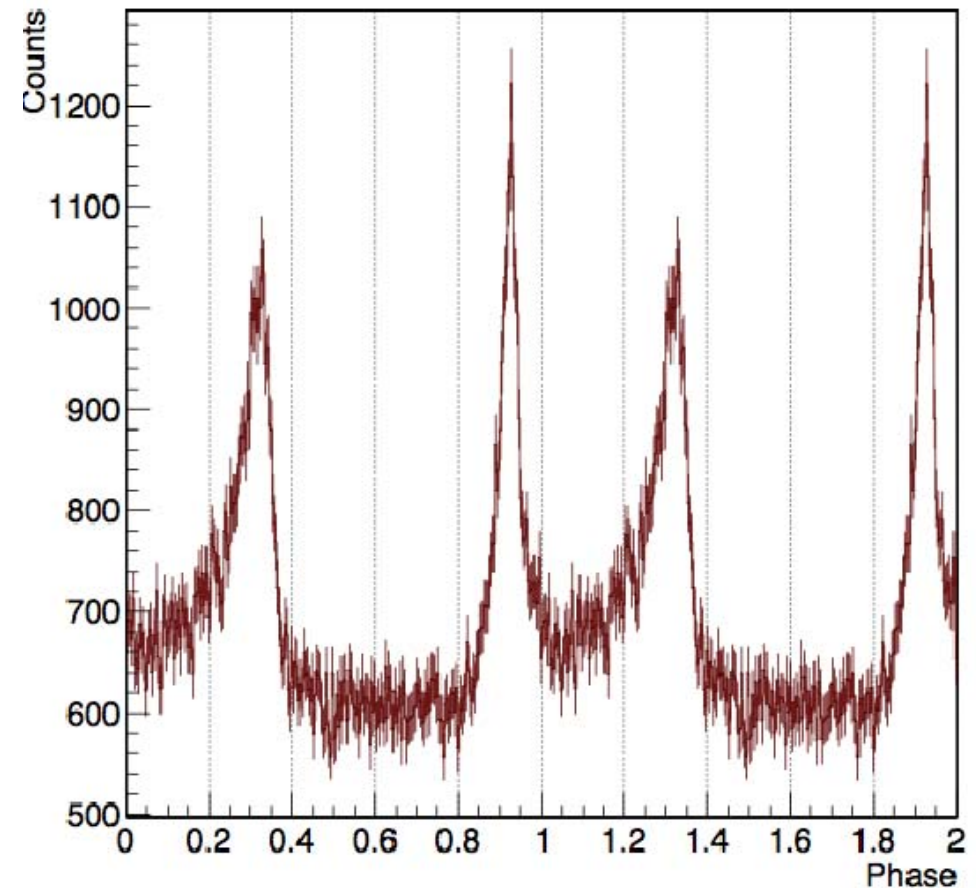
33.720462 ms

最近の電波観測とほぼ一致

.(<http://www.jb.man.ac.uk/pulsar/crab.html>)

絶対時刻付けの精度は調査中

Pulse Profile





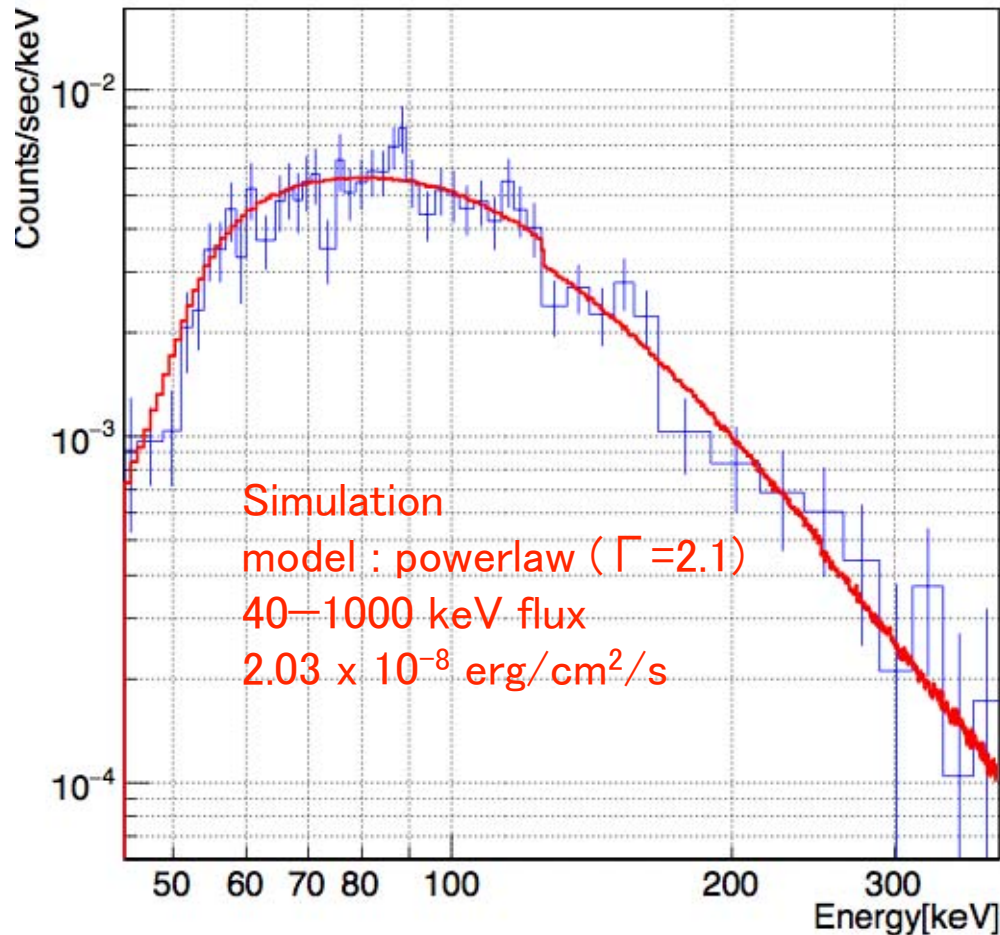
Crab spectrum (Compton Events)

exposure: 5167 sec deadtime corr.

Sum of SGD1CC1,CC2,CC3, SGD2CC1

After preliminary ARMCUT

After background subtraction



ARMCUT:コンプトン再構成で得られたガンマ線到来方向が視野中心と、ある程度ずれていたら捨てる

Ichinohe et al. 2015 NIM-A

3500 イベントが残った
in the range of 50 – 300 keV.

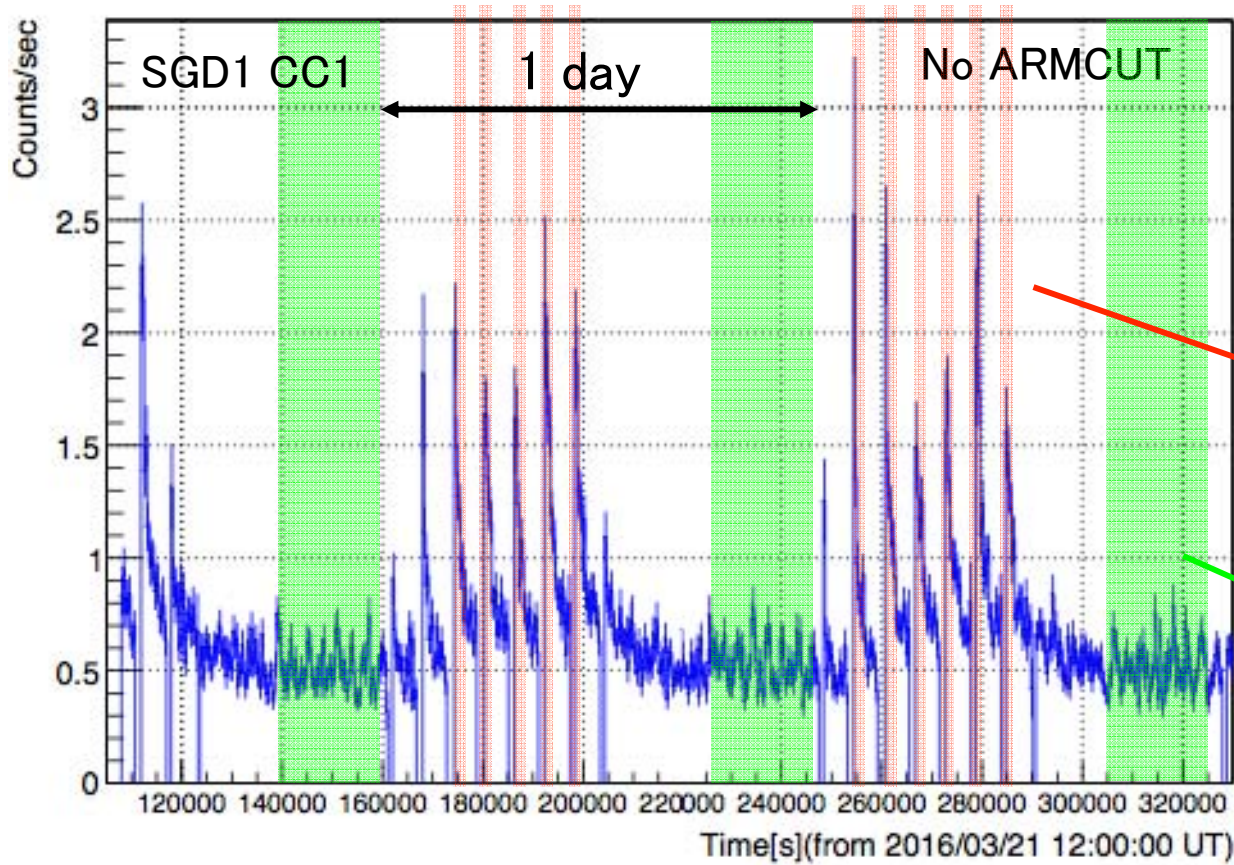


Crabの偏光は、このイベント数で解析中

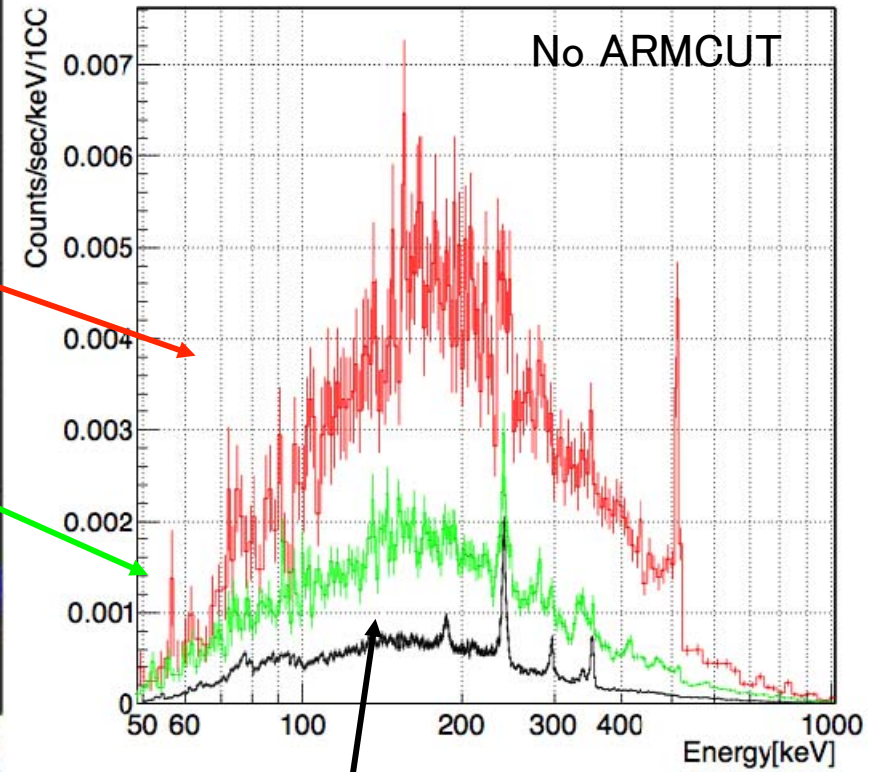


SGD Background

Light Curve of Compton Reconstruction Events [50–600 keV]



short-lived 511 keV line,
activated gamma-ray lines



地上熱真空時



まとめ

- SGD は、軌道上で設計どおり動作した.
- BGO active shields は、問題なく動作した(大野講演)
- Si/CdTe半導体コンプトンカメラは正常に動作し、Crabを観測した。
 - Noise performance は、地上とほぼ同等
 - ファインコリメータのアライメントは、要求以内でそろっていた
 - Crabのパルスプロフィールは正常に得られた。
 - Crabの軟ガンマ線偏光のデータ解析は進行中
 - バックグラウンドスタディーも進行中