

# SMILE-2+

## 2018年豪州MeVガンマ線気球観測における 天体解析

吉川慶 (京都大学)

谷森達, 高田淳史, 水村好貴, 竹村泰斗, 中村優太,

小野坂健, 斎藤要, 阿部光, 水本哲矢, 窪秀利,

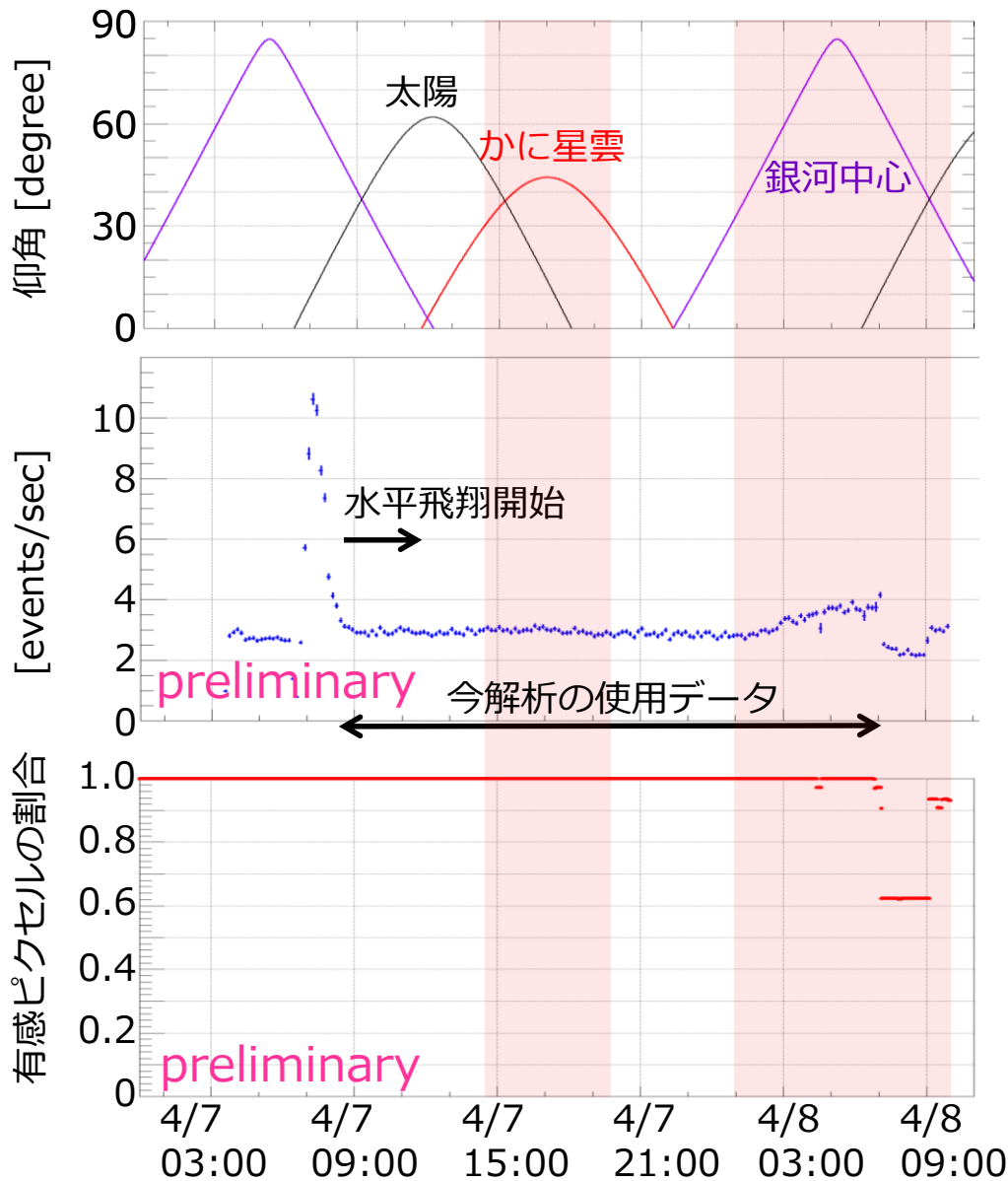
古村翔太郎, 岸本哲朗, 中増勇真, 谷口幹幸,

黒澤俊介<sup>A</sup>, 身内賢太郎<sup>B</sup>, 澤野達哉<sup>C</sup>, 小財正義<sup>D</sup>, 荘司泰弘<sup>E</sup>

京都大学 <sup>A</sup>東北大学 <sup>B</sup>神戸大学 <sup>C</sup>金沢大学 <sup>D</sup>ISAS/JAXA <sup>E</sup>大阪大学

写真：気球放球直前 2018/4/7 @ アリススプリングス, オーストラリア

# ガンマ線事象の検出レートの時間変化



- 水平飛翔 26時間
  - 高度 ~39 km
  - かに星雲 ~6時間
  - 銀河中心領域 ~8時間
  - 4/8 7時以降、  
ガス検出器にノイズ  
今回はノイズ混入前まで
- 各天体について見ていく。

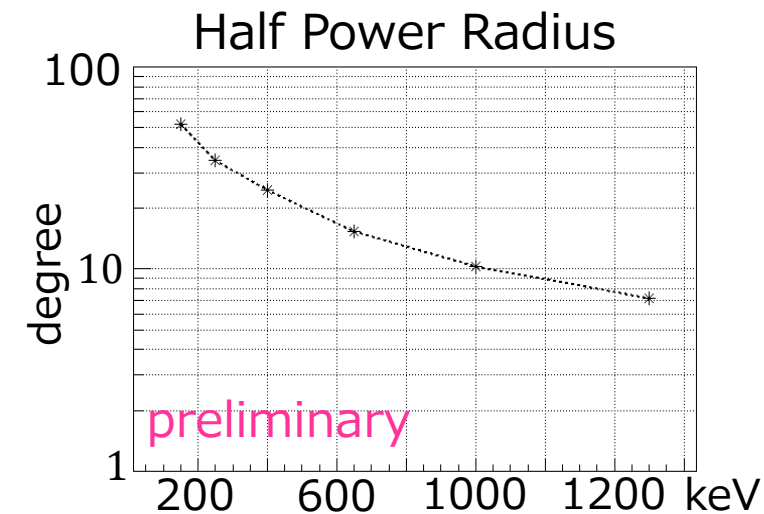
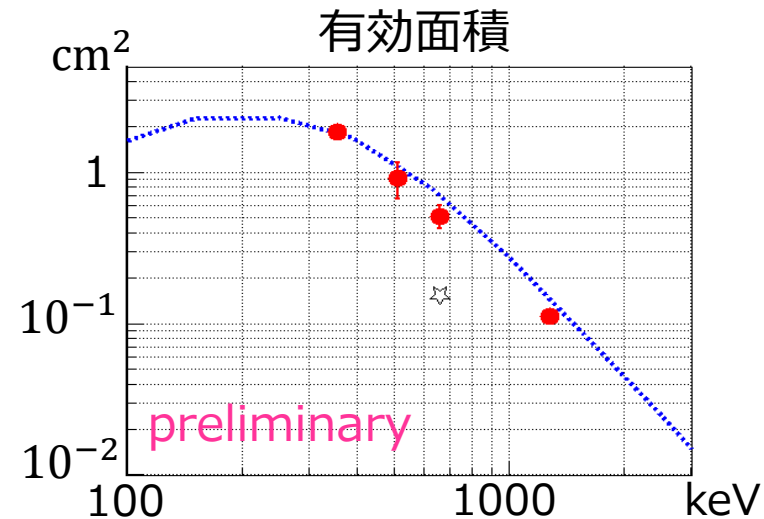
# かに星雲の検出有意度の見積もり

## かに星雲

- フラックス INTEGRAL/SPI  
Jourdain et al. 2009
  - 大気減衰  $\sim 0.47$  @300keV, 仰角 $30^\circ$
  - 観測時間 5.5 時間
- 検出光子数  $\sim 263$  photons

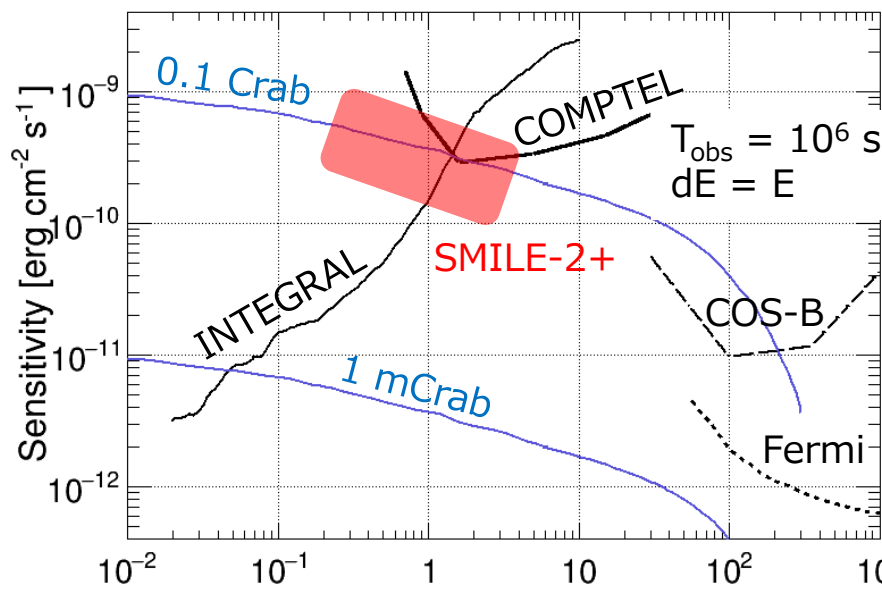
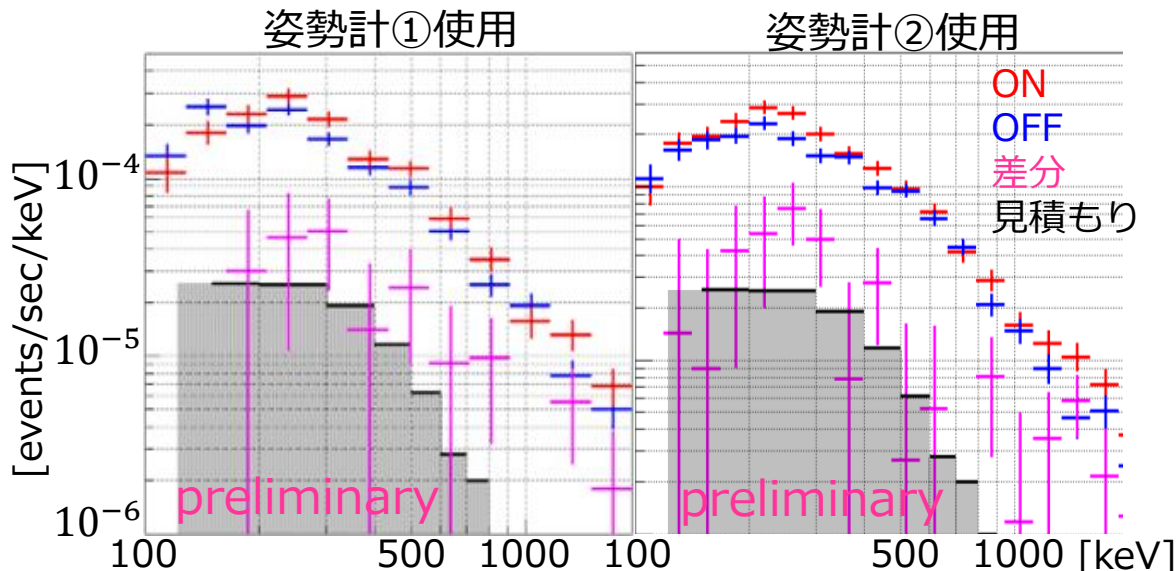
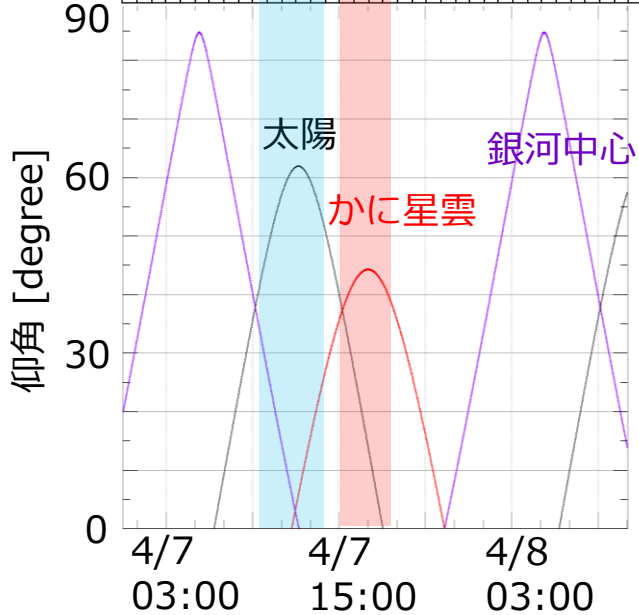
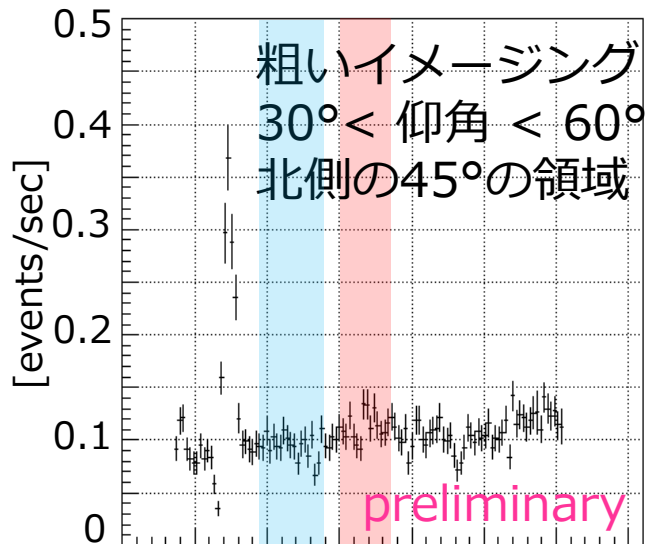
## バックグラウンド

- 大気拡散ガンマ線 Ling 1975
  - 系外拡散ガンマ線 Ajello et al. 2009
- 背景光子数  $\sim 1930$  photons



かに星雲を有意度 $4.1 \sigma$  (200 – 1500 keV) で観測を予測

# かに星雲の解析

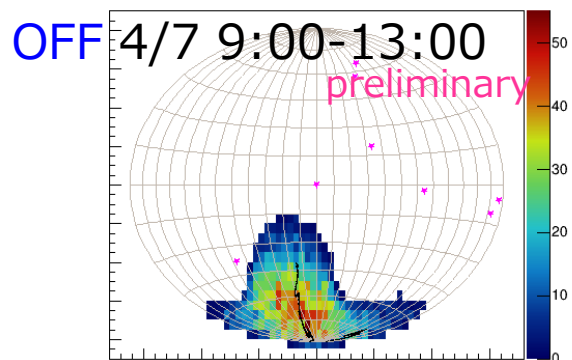


~ $10^4 \text{ s}$  で  
 ~ $3\sigma$ 検出  
 (1 Crab)



~ $10^6 \text{ s}$  で  
 ~ $3\sigma$ 検出  
 (0.1 Crab)

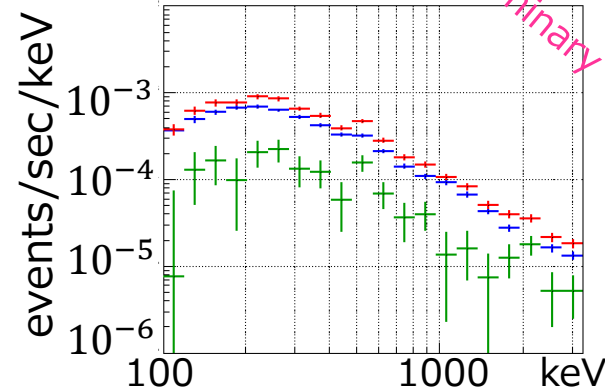
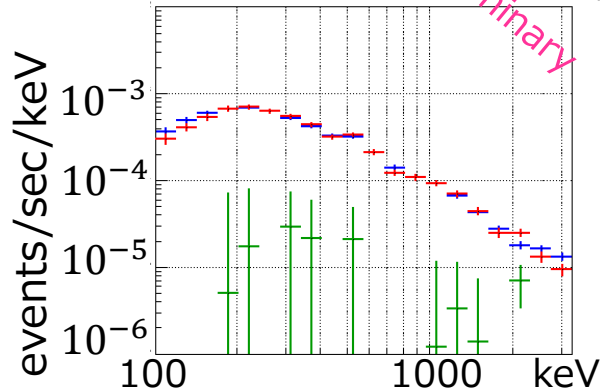
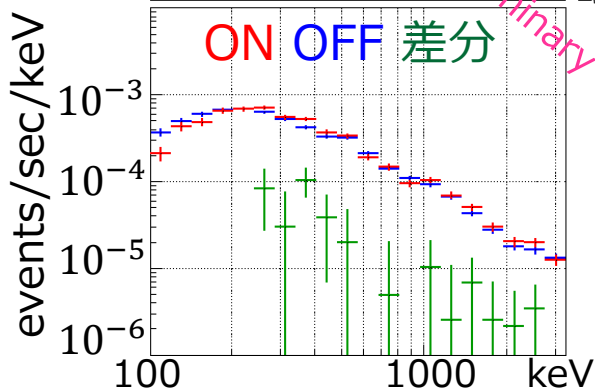
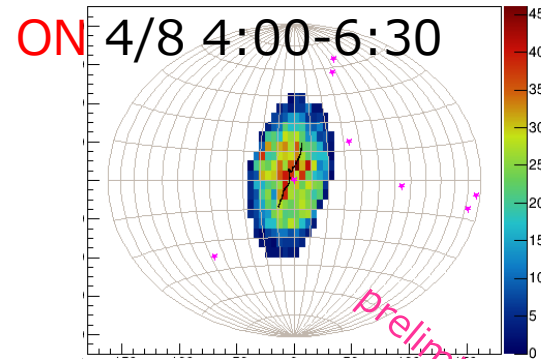
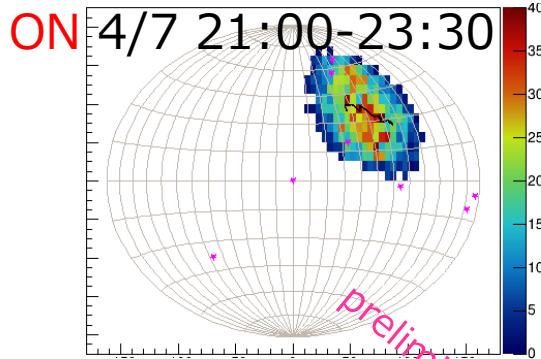
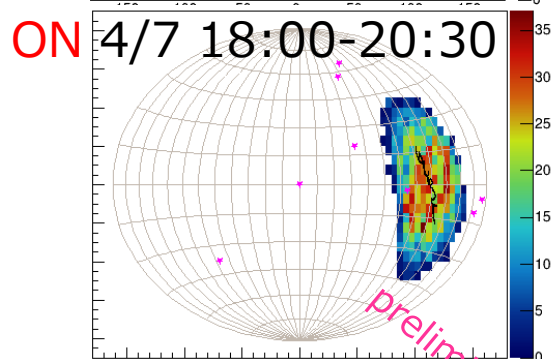
# 銀河座標での各領域のスペクトル



ON領域とOFF領域の差分で解析

OFF領域を高銀緯に固定。

地平座標仰角  $> 60^\circ$ のみ利用



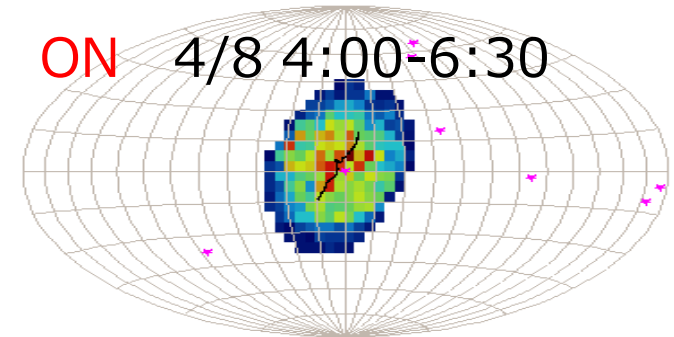
他の領域と比べて、銀河中心方向にだけ超過が見える。

# 銀河中心領域方向からの放射

ON領域とOFF領域の差分で解析

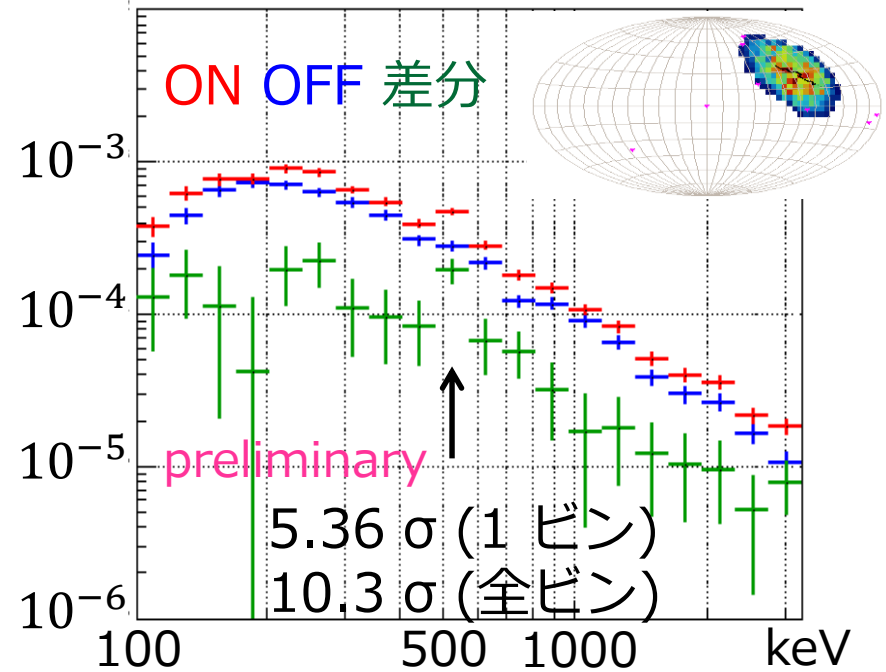
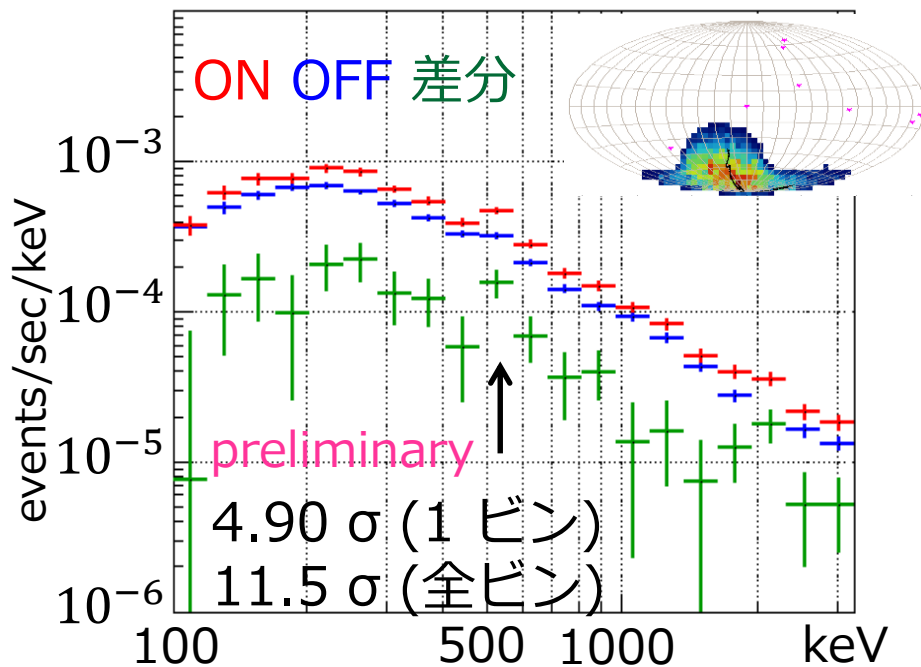
OFF領域には銀河面から遠い2領域を選択

地平座標仰角  $> 60^\circ$ のみ利用



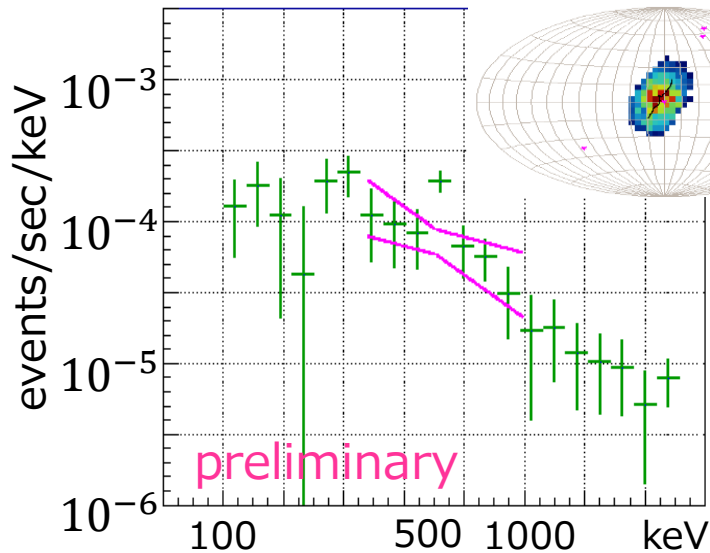
OFF 4/7 9:00-13:00

OFF 4/7 21:00-23:30



銀河中心領域方向からの $\sim 511$  keVを $\sim 5 \sigma$ で検出

# INTEGRAL/SPIとのフラックスの比較

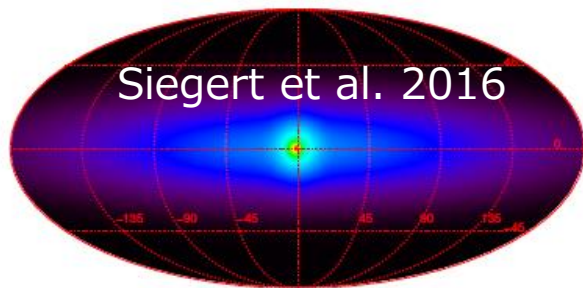


SMILE-2+

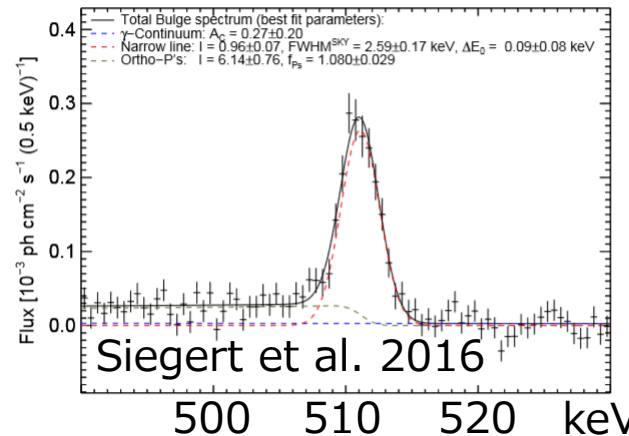
- 511keVビン : 483 - 575 keV
- 有効面積 :  $\sim 1 \text{ cm}^2$  @ 511 keV
- 連続成分に対する超過のフラックス :  $10^{-3} - 10^{-2} \text{ events/cm}^2/\text{sec}$

INTEGRAL/SPIのモデル

バルジのスペクトル



バルジ FWHM 20.55°



e+e- 511 keV line:  
 $0.96 \times 10^{-3} \text{ ph/cm}^2/\text{sec}$

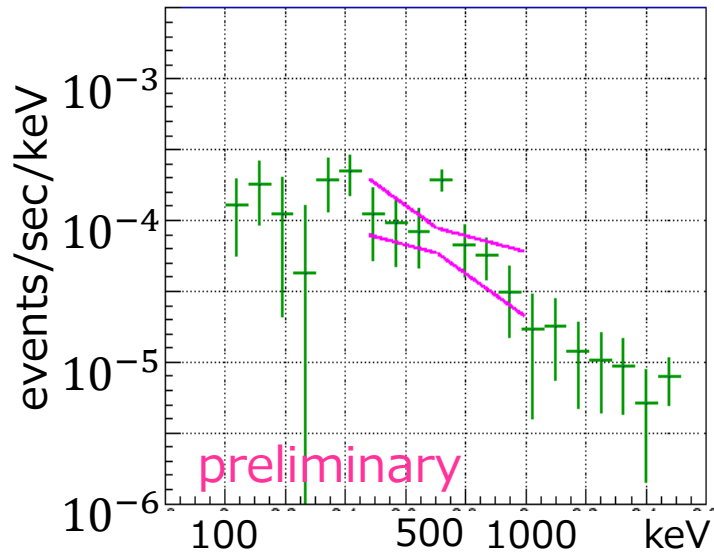
オルソポジトロニウム :  
 $\sim 1.5 \times 10^{-3} \text{ ph/cm}^2/\text{sec}$

合計 :  
 $\sim 2.5 \times 10^{-3} \text{ ph/cm}^2/\text{sec}$

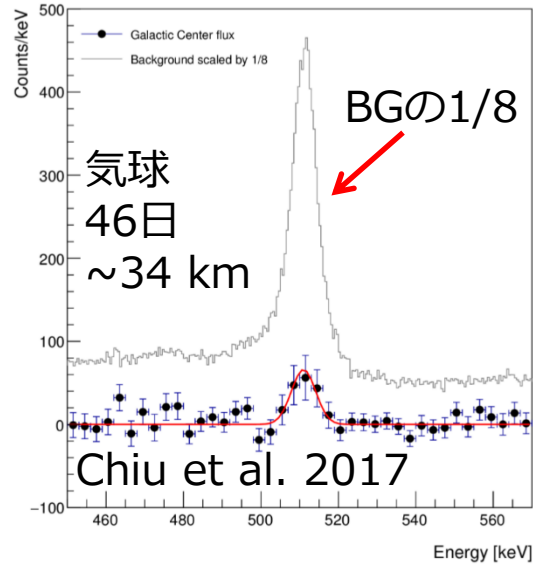
INTEGRAL/SPIの観測とオーダーで一致

# 他の観測との検出有意度の比較

SMILE-2+



COSI 2016



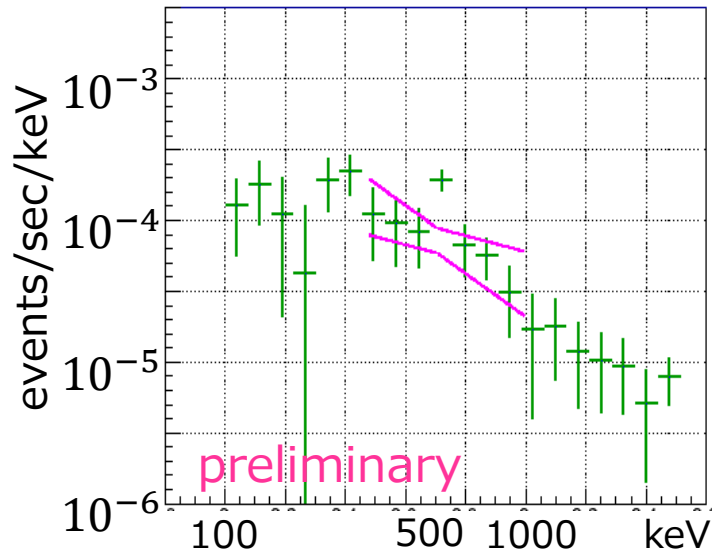
SMILE-2+ 511 keV ビン  $\sim 5 \sigma$   
 511 keV ビン超過分  $\sim 2 \sigma$

$$\text{COSIとの比較} : \sim 5 \sigma \times \sqrt{\frac{6.1 \times 10^5 \text{ sec}}{6.4 \times 10^3 \text{ sec}}} = \sim 48 \sigma$$



# 他の観測との検出有意度の比較

SMILE-2+



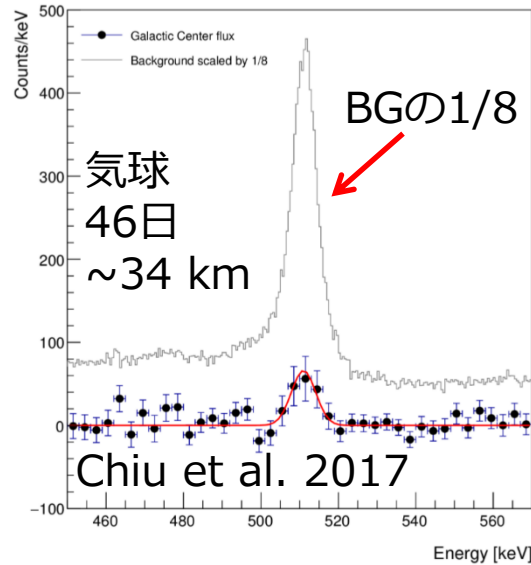
SMILE-2+ 511 keV ビン  $\sim 5 \sigma$   
 511 keV ビン超過分  $\sim 2 \sigma$

COSIとの比較:  $\sim 5 \sigma \times \sqrt{\frac{6.1 \times 10^5 \text{ sec}}{6.4 \times 10^3 \text{ sec}}} = \sim 48 \sigma$

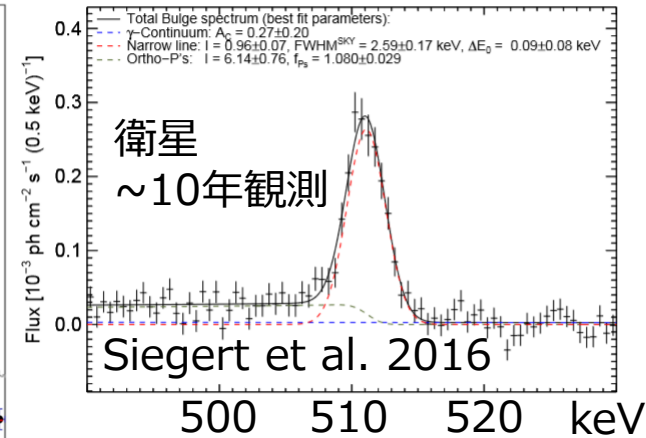
INTEGRAL/SPIとの比較:  $\sim 5 \sigma \times \sqrt{\frac{1.6 \times 10^9 \text{ cm}^2 \text{ sec} / 75 \text{ cm}^2}{6.4 \times 10^3 \text{ sec}}} = \sim 295 \sigma$

初期解析の段階で、従来観測を凌駕するS/N比を実現している。

COSI 2016



INTEGRAL/SPI

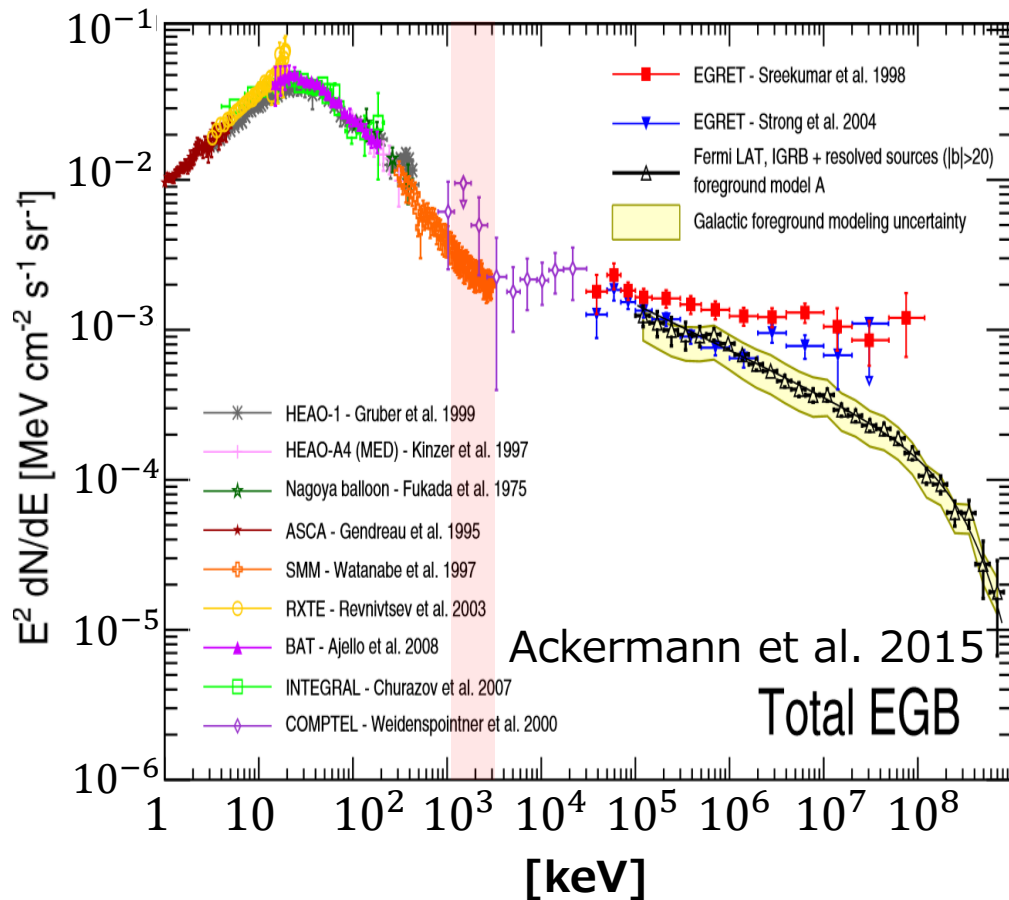
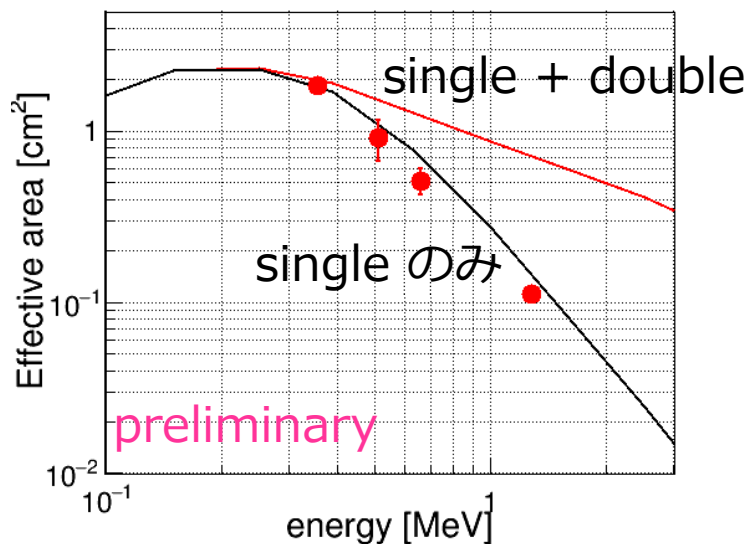
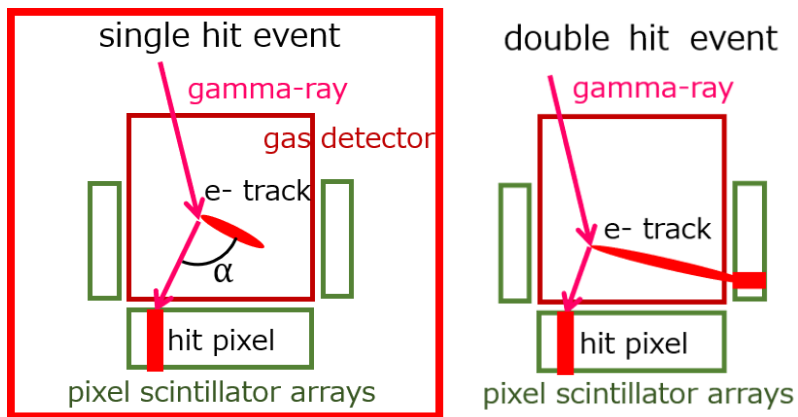


- 511 keV line  $58 \sigma$
- オルソポジトロニウムと連続成分で計  $29 \sigma$
- 全成分で  $65 \sigma$

# double hit eventと系外拡散ガンマ線

検出できるガンマ線事象は2通り

今回はsingle hit eventのみ



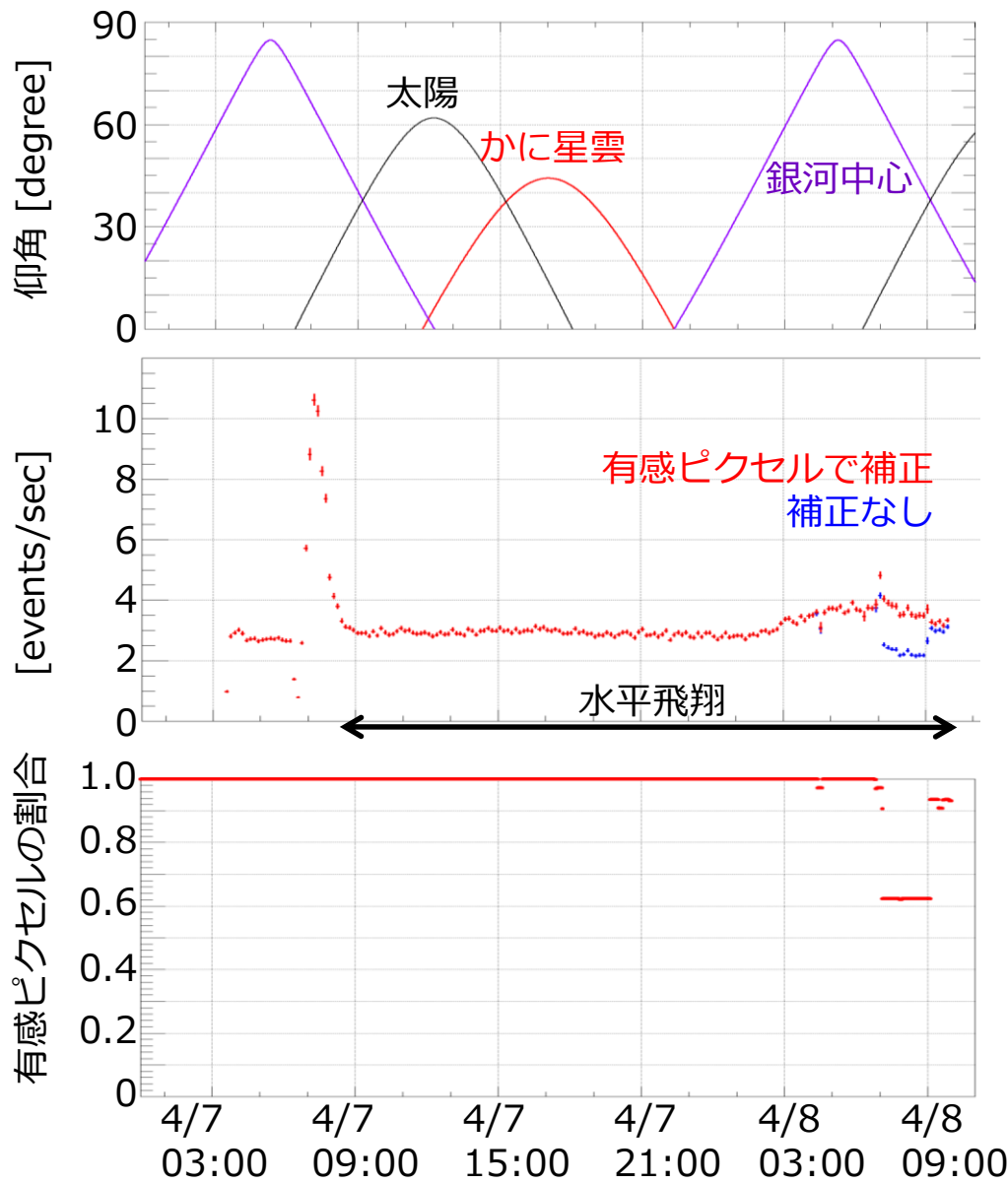
double hit eventも含めることで  
1 - 3 MeVで精度よく決める。

# まとめ

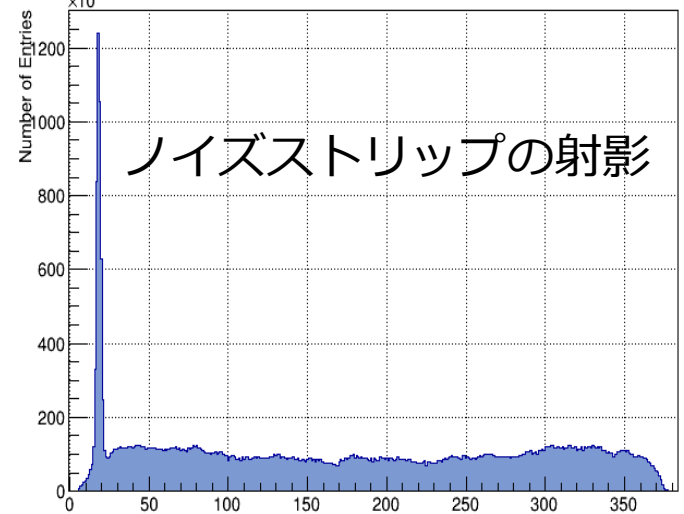
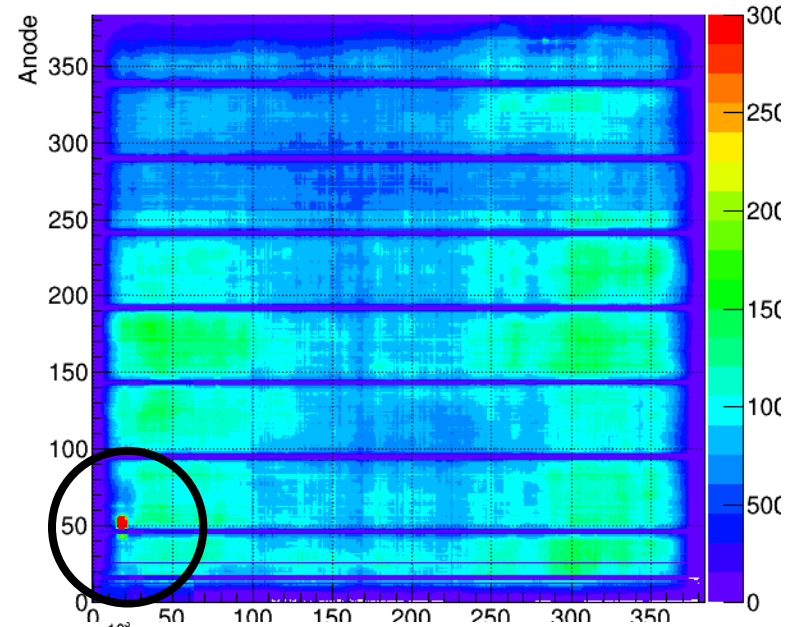
---

- SMILE-2+の目的は天体観測による撮像分光の実証
- かに星雲、銀河中心領域を含む半天を観測
- 今回はデータの一部を使用した初期解析
- かに星雲をおおよそ期待値程度で検出。
- 銀河中心領域の方向から $\sim 511$  keVの超過を $\sim 5 \sigma$ で検出
- フラックスの値は過去の観測とオーダーで一致
- 従来の観測を凌駕するS/Nを実現
- 今後、検出器のレスポンスの算出・Double hit事象の解析を進め、全データを用いた天体解析を詰めていく。

# ガス検出器ノイズ

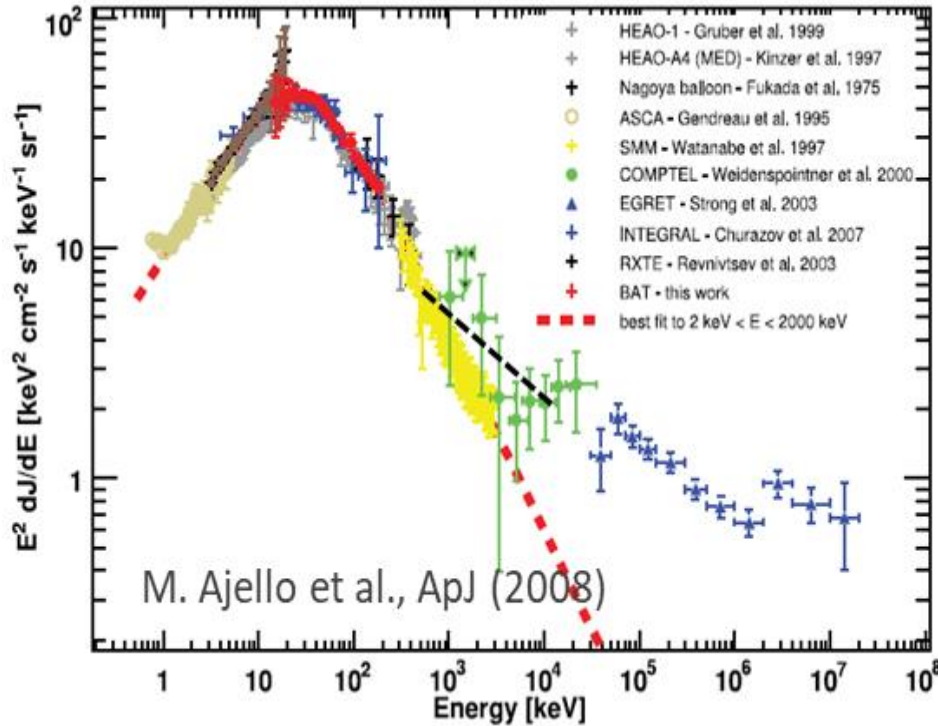


検出器平面



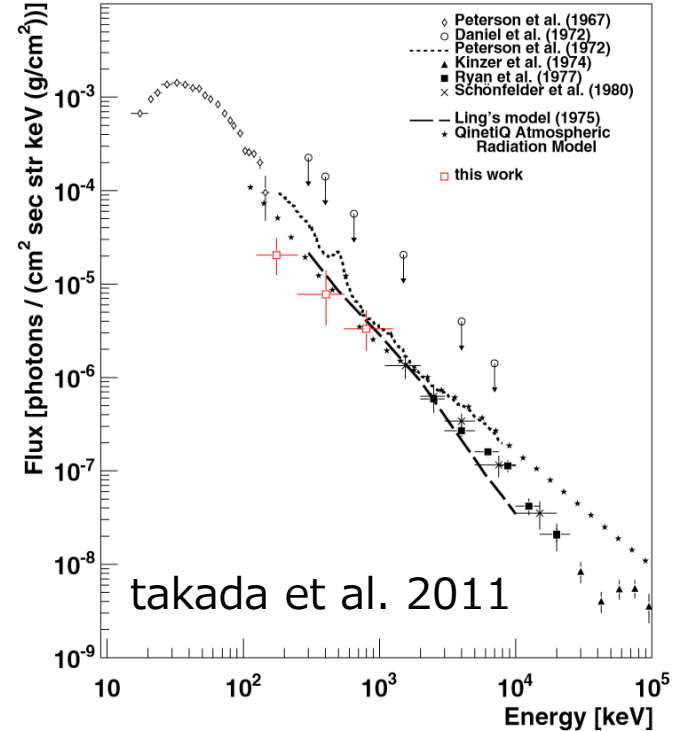
# かに星雲のバックグラウンドの見積もり

## 系外拡散ガンマ線



BAT, SMM, COMPTTELの観測値を利用

## 大気拡散ガンマ線



Ling 1975のモデルを利用