

# SMILE-2+フライトデータ解析状況報告

## Contents

1. SMILE-2+解析の目的
2. ETCCの機上較正
3. 大気ガンマ線growth curve解析
4. 銀河中心領域解析
5. かに星雲解析



京都大学 宇宙線研究室 中村優太

高田淳史, 谷森達, 水村好貴, 古村翔太郎, 岸本哲朗, 竹村泰斗, 中増勇真, 吉川慶, 谷口幹幸, 小野坂健,  
齋藤要, 阿部光, 水本哲矢, 園田真也, 窪秀利, 黒澤俊介<sup>A,B</sup>, 身内賢太郎<sup>C</sup>, 澤野達哉<sup>D</sup>, 小財正義<sup>E</sup>  
京都大, 東北大NICHe<sup>A</sup>, 山形大理<sup>B</sup>, 神戸大理<sup>C</sup>, 金沢大数物<sup>D</sup>, ISAS/JAXA<sup>E</sup>

# SMILE-2+解析の目的

気球高度雑音環境において  
明るい天体に対するETCCの撮像分光性能を実証する

拡散ガンマ線:

- ・ 残留大気圧依存性の解析により  
宇宙拡散ガンマ線・大気拡散ガンマ線を分離
- ・ 活動銀河核進化モデルの検証

銀河中心領域:

- ・ 厳密な光学原理に基づいたPSFによるガンマ線撮像分光の実証

かに星雲:

- ・ 連続ガンマ線に対する感度の検証

# フライトデータ解析手法

今回はこちらのみ

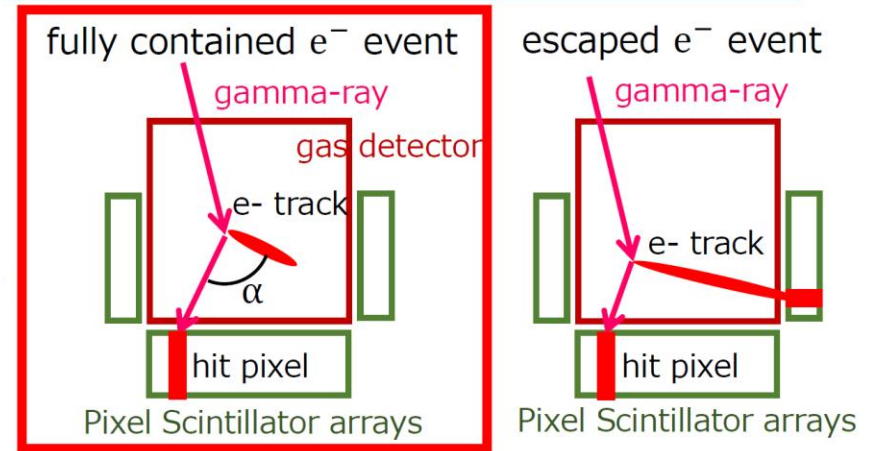
コンプトン事象の種類:

- contained 事象:  $E < 800$  keVで主要
- escaped 事象:  $E > 800$  keVで主要

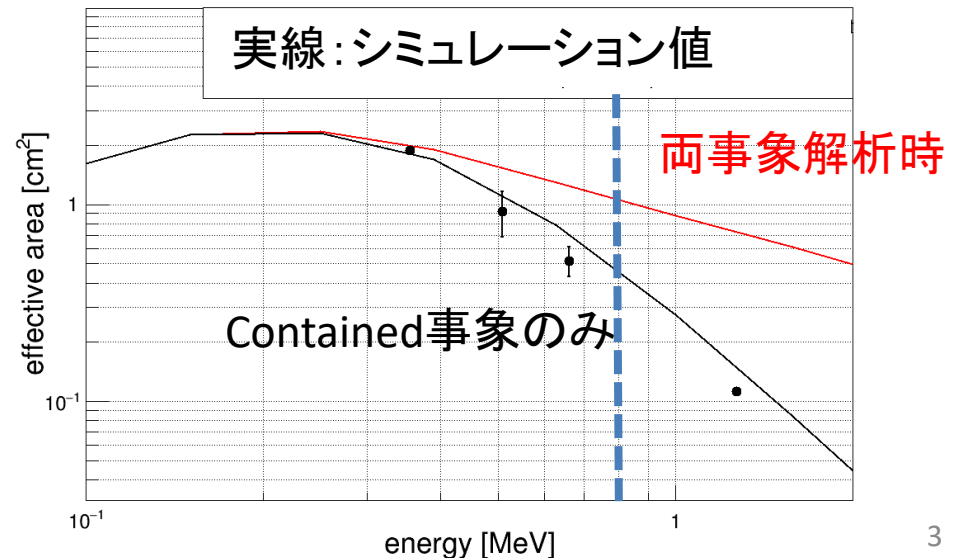
上記2種の事象の解析を予定

同じPMT(8 × 8 pix)内の  
複数ヒットは分離が困難  
⇒PMT単位でのヒット数で事象判別

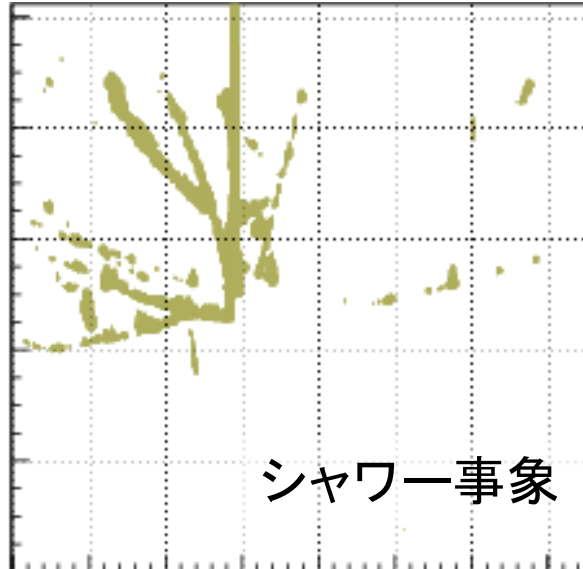
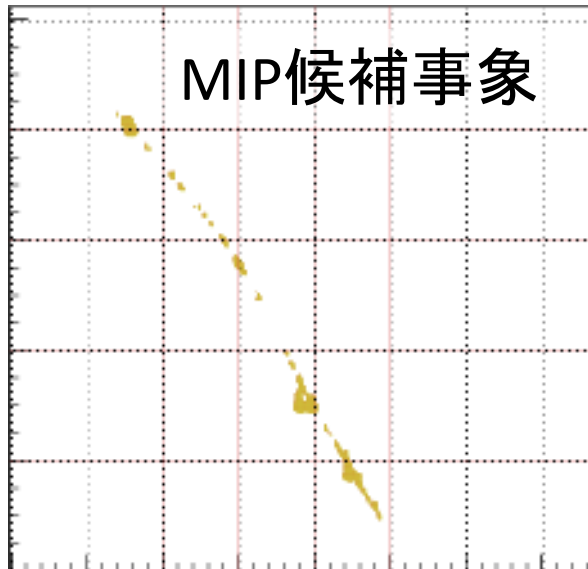
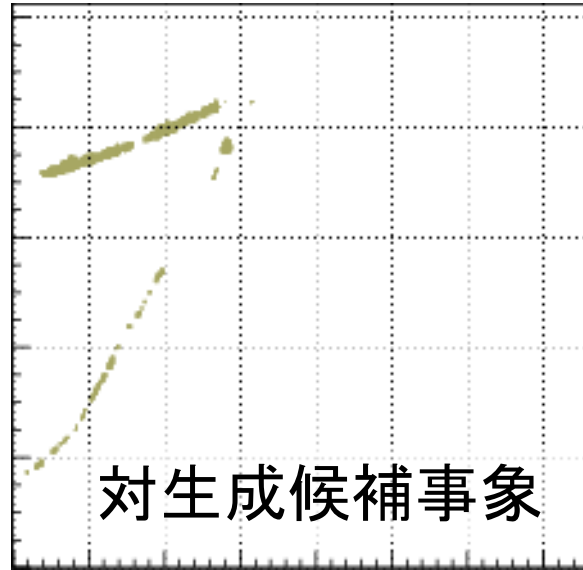
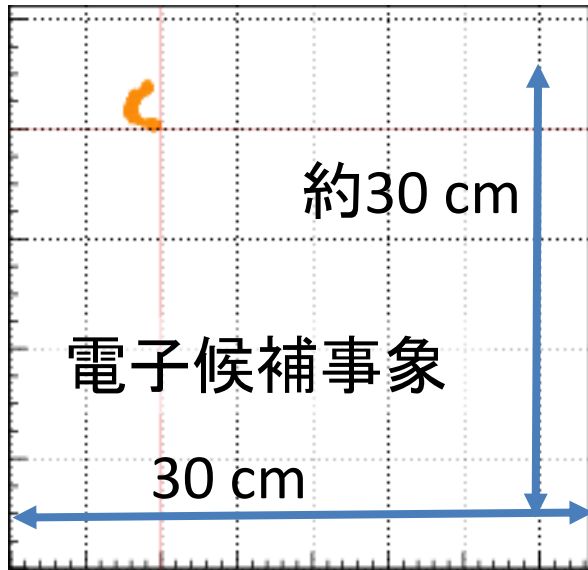
escaped 事象解析は製作中  
⇒本発表での解析では  
contained 事象のみを扱う



※フライトデータにおける割合は3:2程度



# フライト中に検出されたTPC事象



荷電粒子運動方向は明瞭  
取得飛跡の質は解析に十分

電子候補事象：  
入射ガンマ線再構成に使用

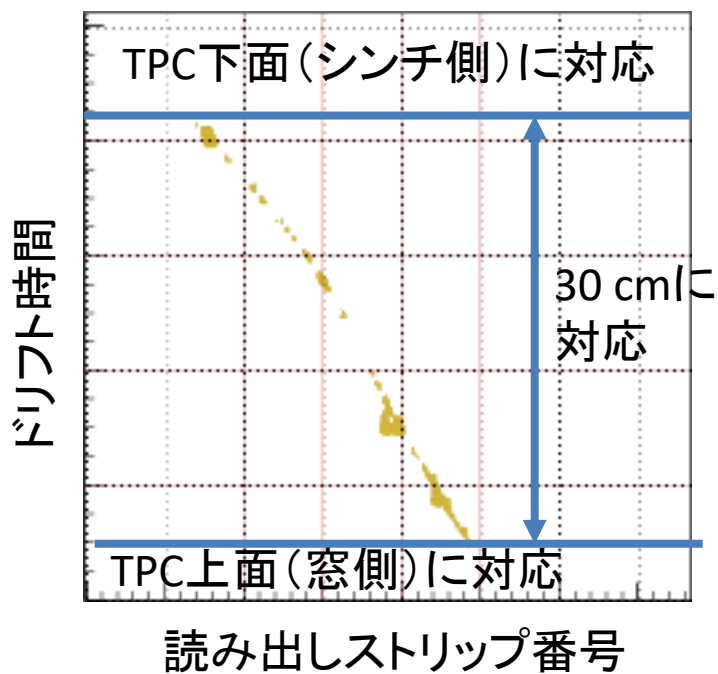
上空では温度変化：  
 $\Delta T \sim 30^\circ\text{C}$   
検出器の機上較正が必要

TPC領域を縦断する事象：  
ドリフト速度較正に使用

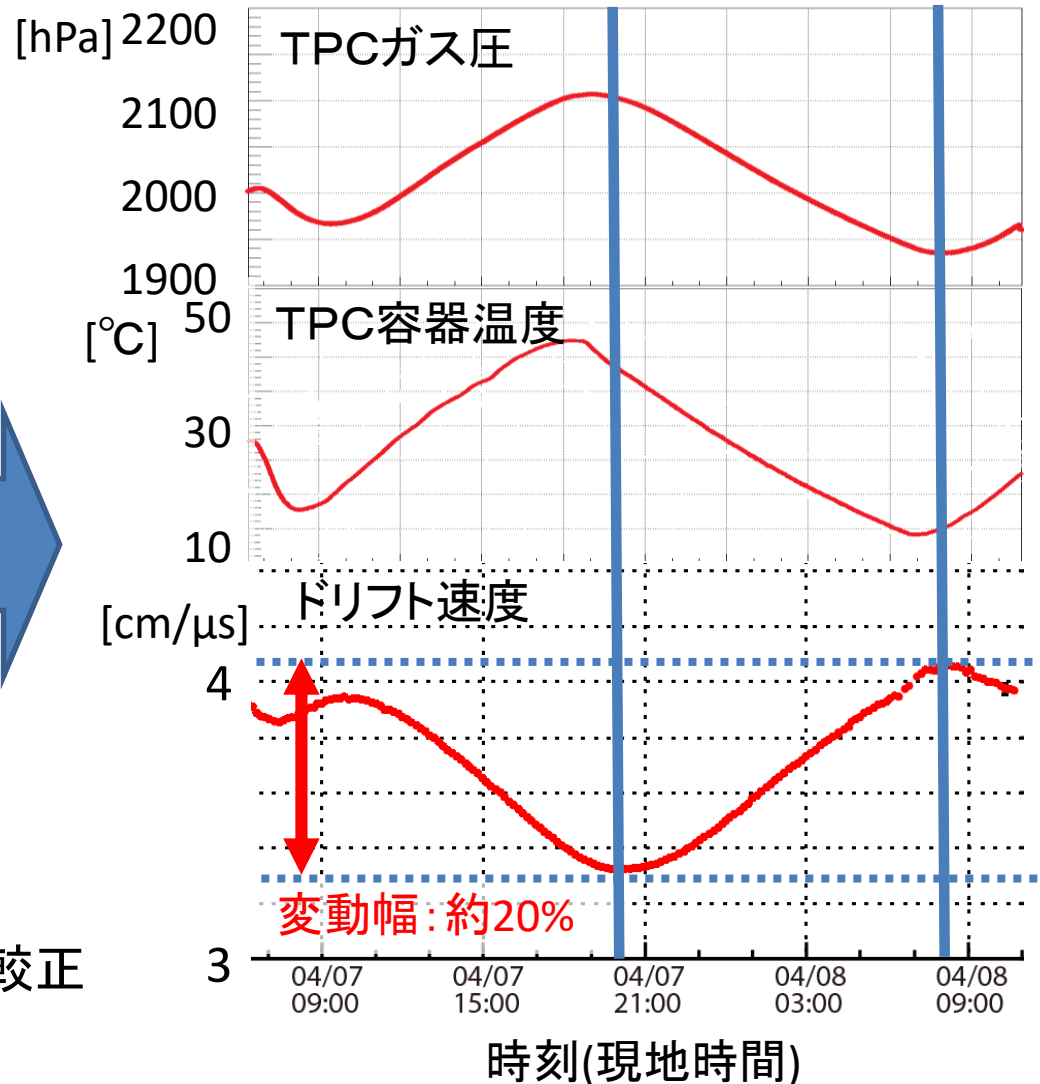
MIP候補事象：  
TPCゲイン較正に使用

# ETCCの机上較正 TPCドリフト速度

TPC有感領域を縦断する荷電粒子の事象を使用



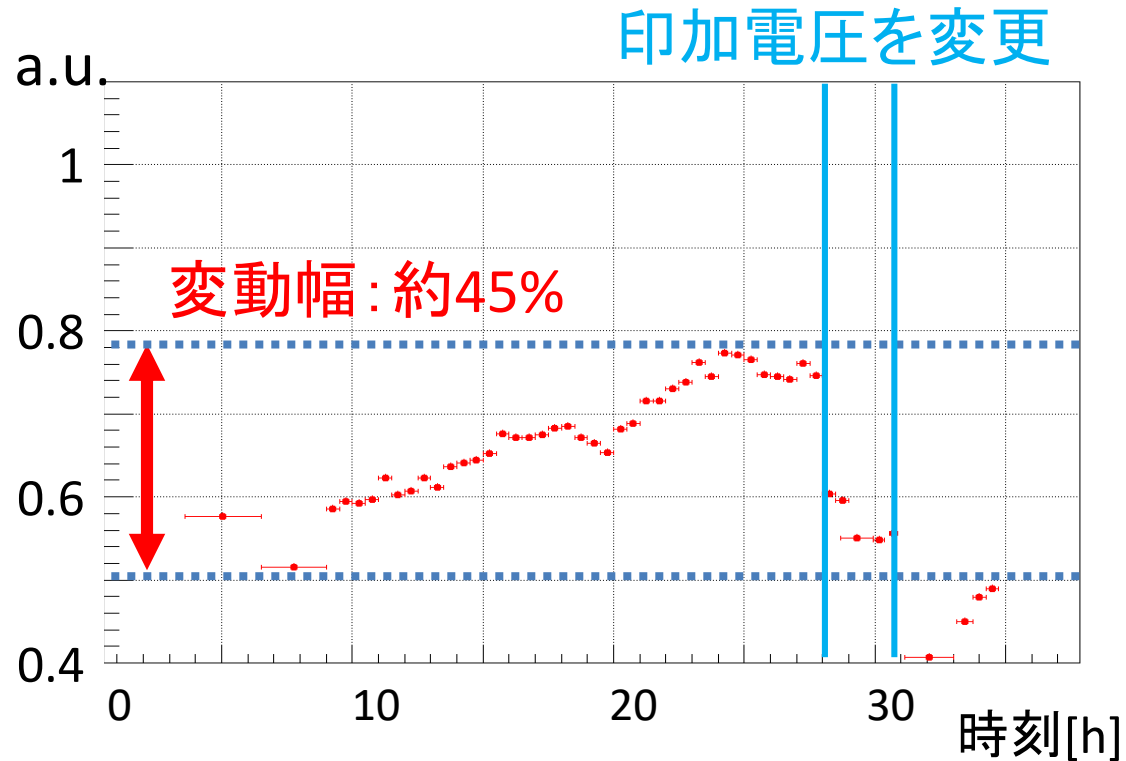
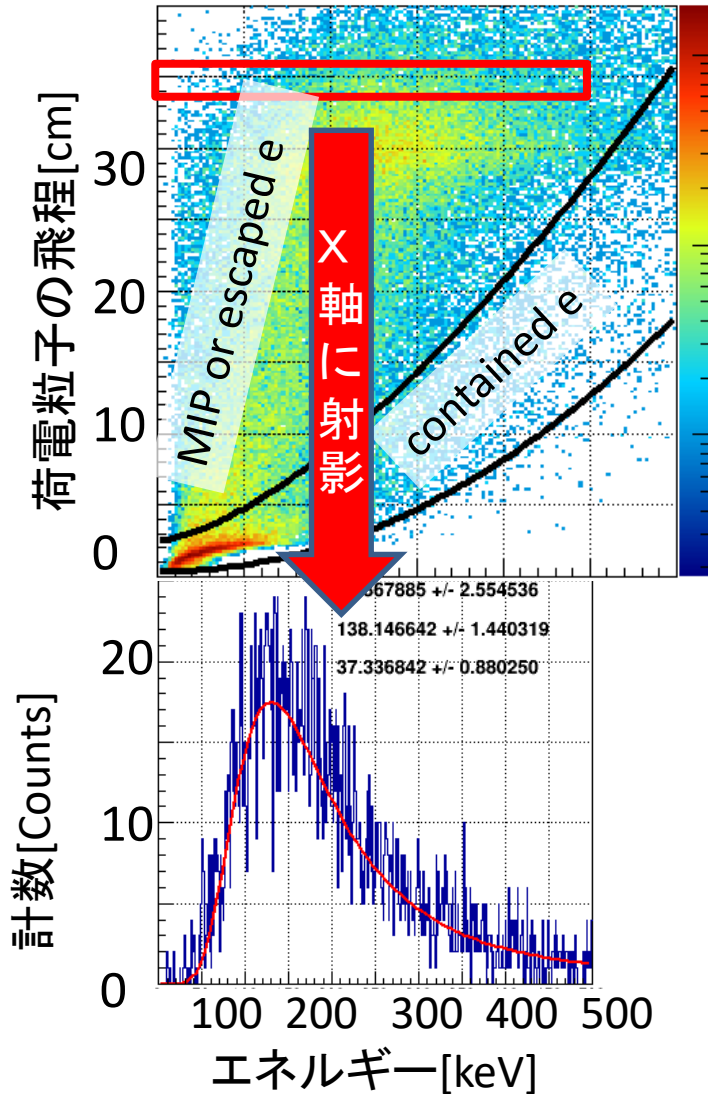
※全有感領域の平均ドリフト速度で較正



ドリフト速度の変化は温度・圧力変化が原因か

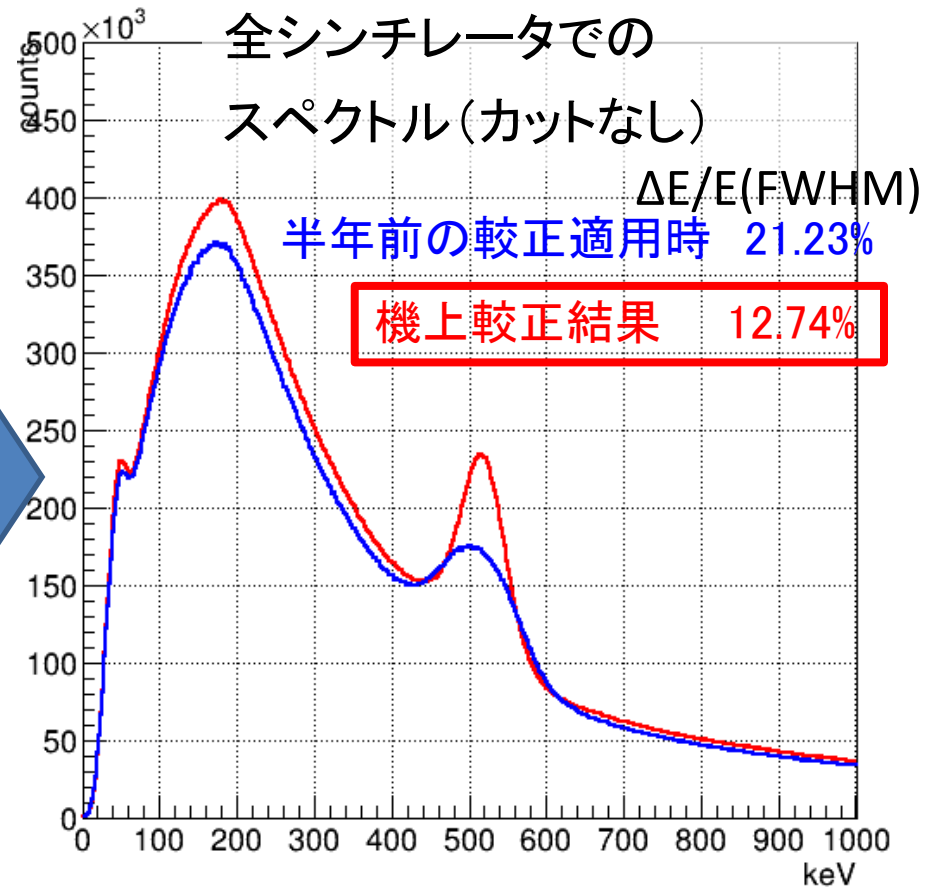
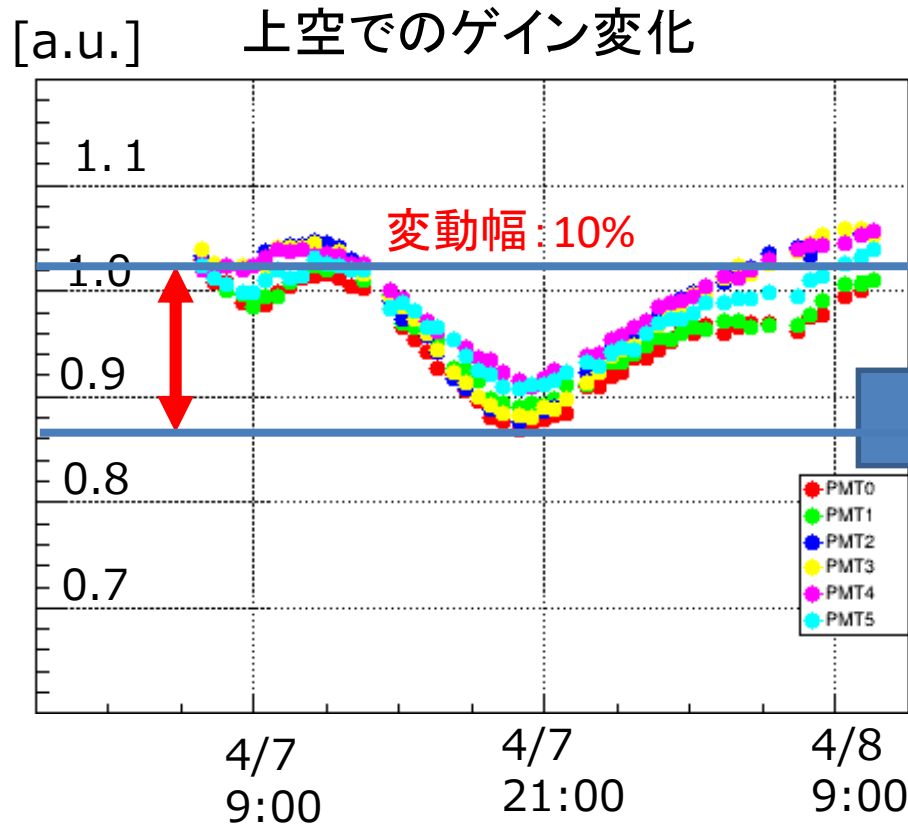
# ETCCの機上較正 TPCゲイン

高エネルギー宇宙線の電離損失率 (Ar 2気圧で5.08 keV/cm) を使用



ゲインに日周変化はあまり見られず、  
ほぼ単調増加

# ETCCの機上較正 シンチレータゲイン



シンチレータスペクトル中の511 keV線を使用

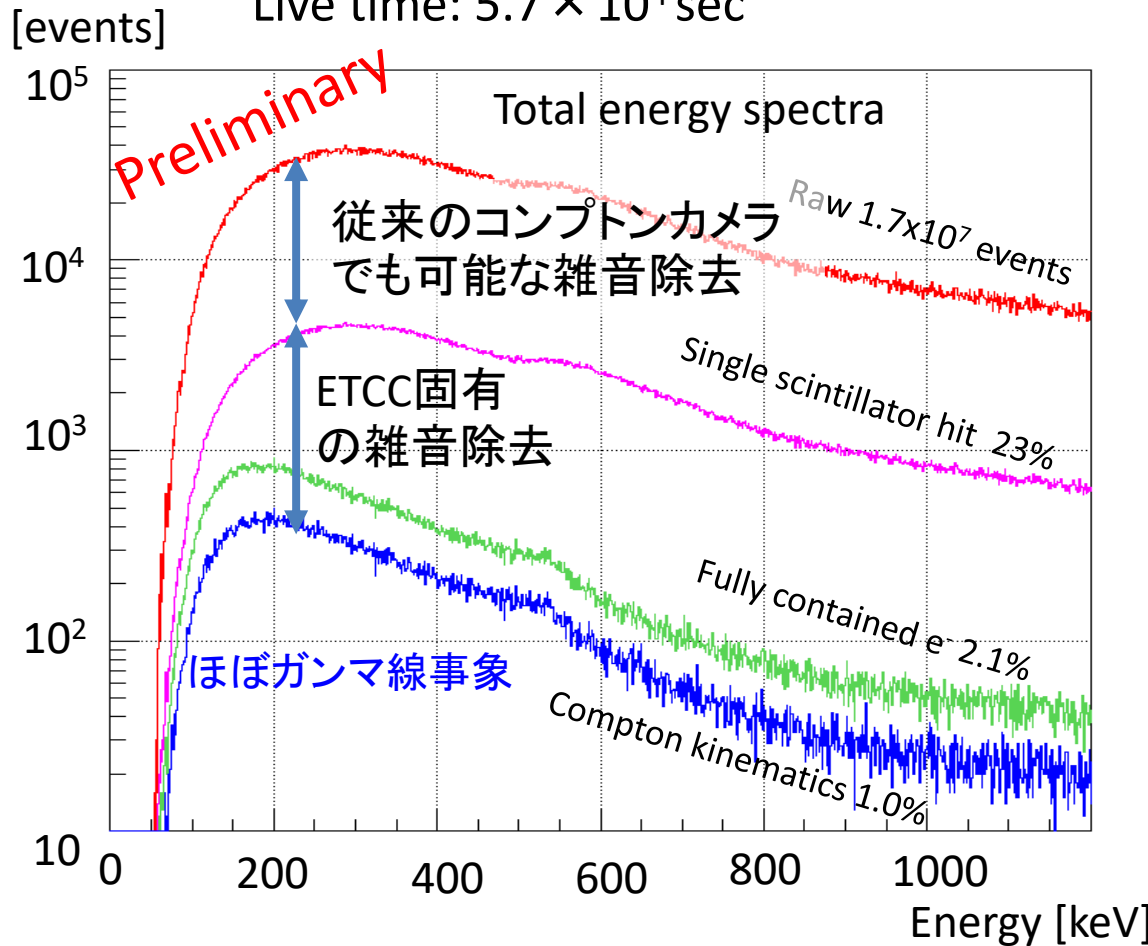
PMT(8 × 8 pix)単位で較正、ピクセル毎の較正には地上試験データを使用

**TPC・シンチレータの機上較正完了!!**

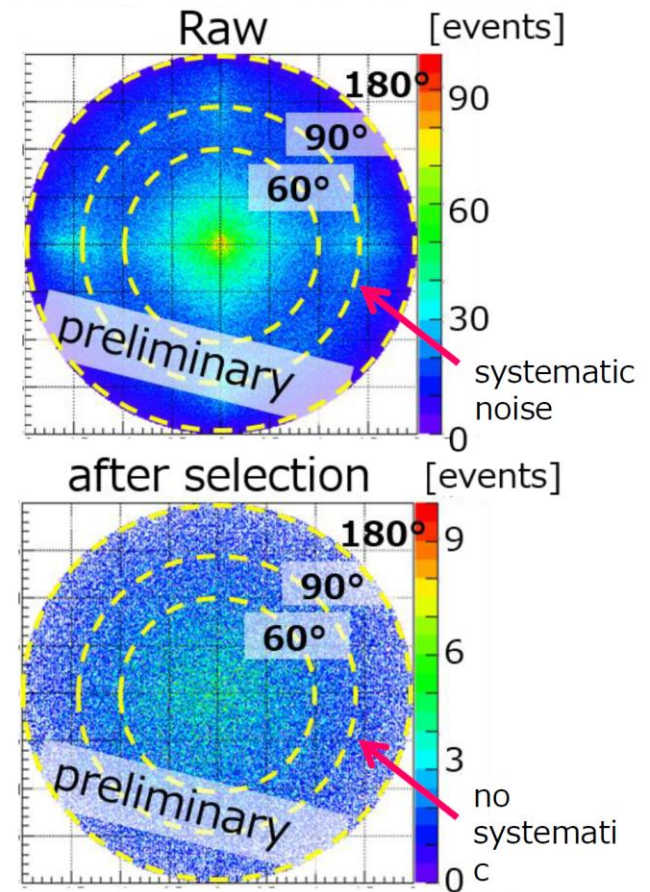


# フライトデータの事象選別

解析データ: レベルフライト中の19h分  
 Live time:  $5.7 \times 10^4$  sec



検出器座標での全天図

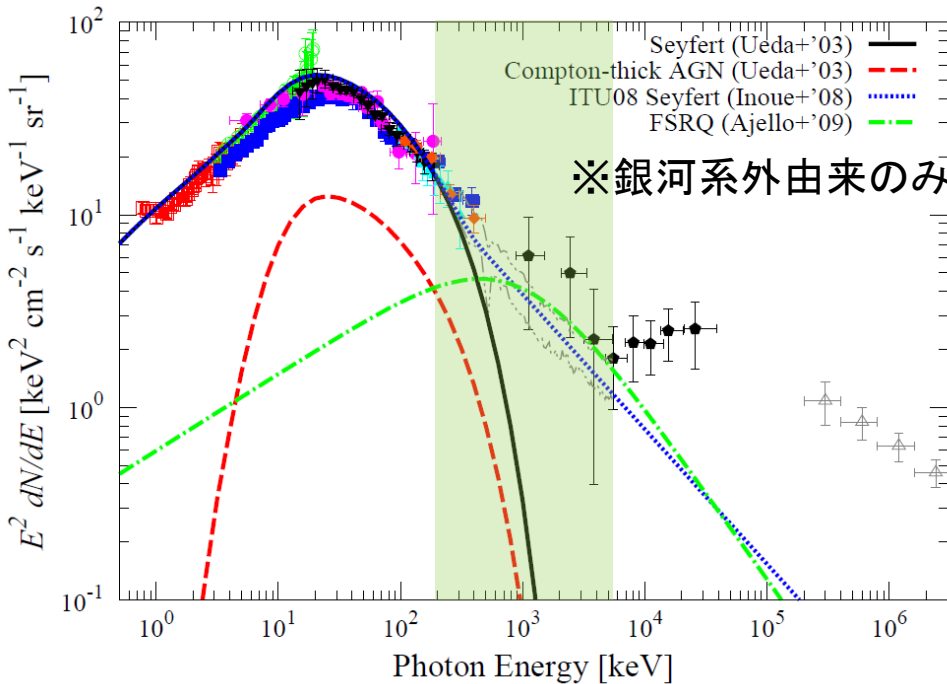


電子飛跡取得によるカットで他の検出器で可能な範囲よりも1桁以上雑音を抑制  
 雑音フリーなガンマ線事象が得られる

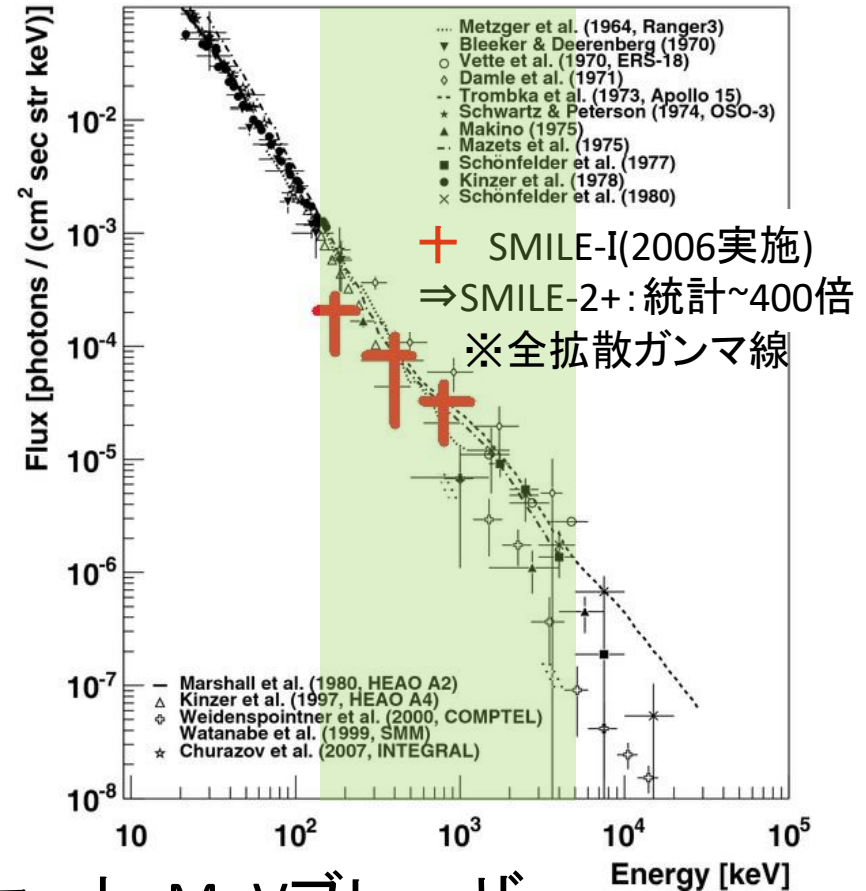


# 拡散ガンマ線と活動銀河核

銀河系外拡散ガンマ線成分のモデル  
Y. Inoue+, (2013)



SMILE-1での観測 A.Takada +, ApJ (2011)

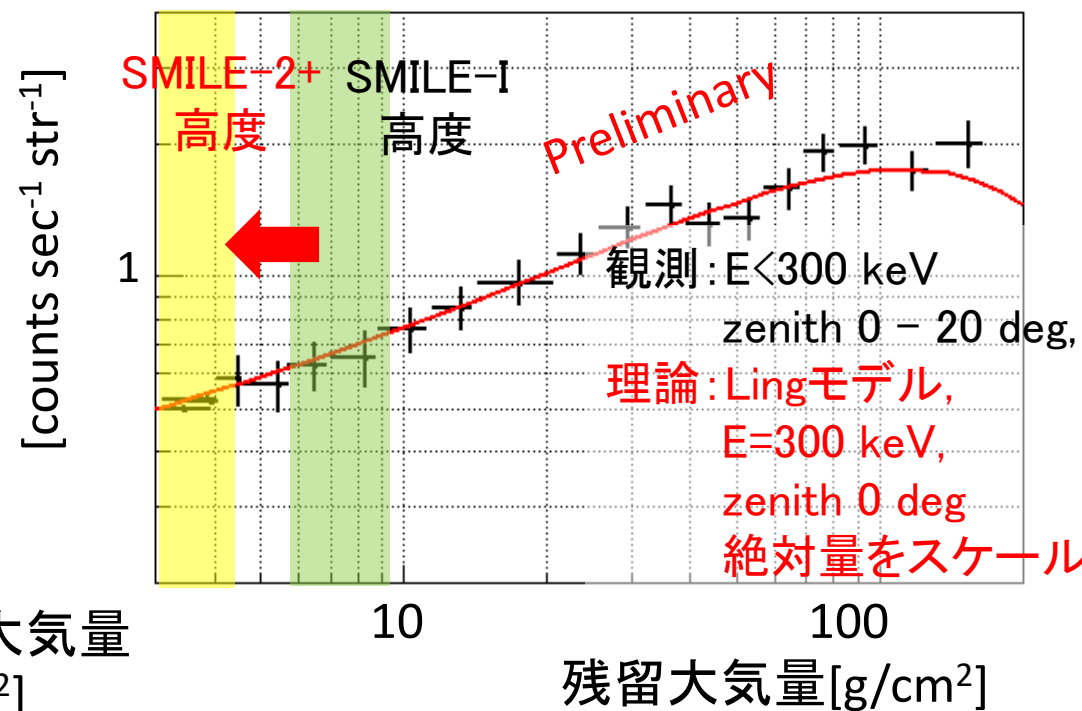
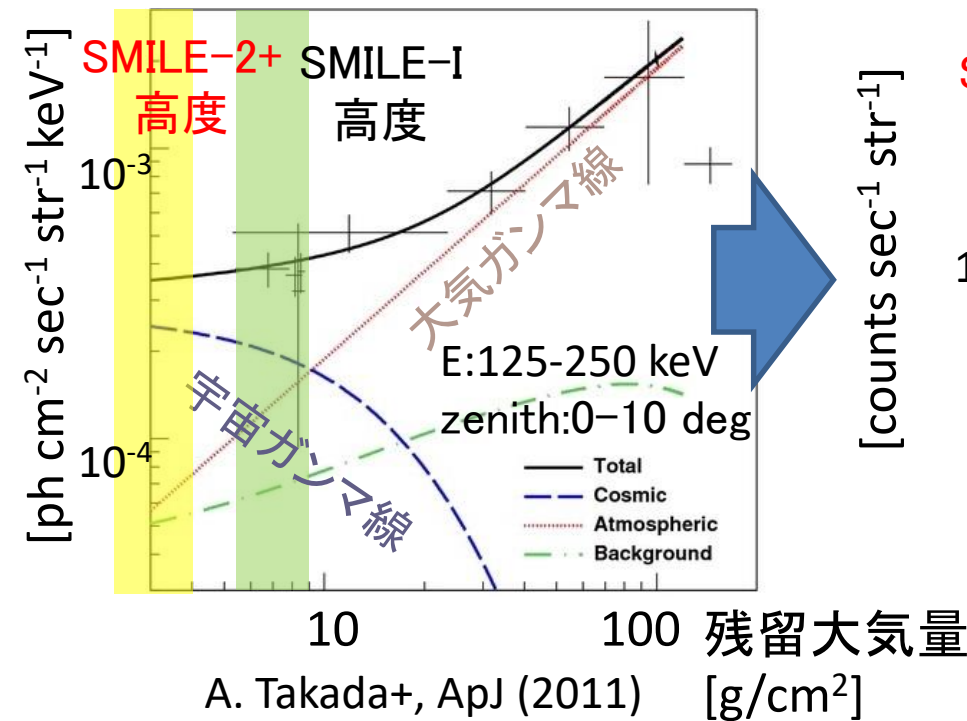


MeV 宇宙 (拡散) ガンマ線 = セイファート・MeVブレーザー  
 スペクトルが折れ曲がる重要帯域  
 ⇒ 活動銀河核の進化モデルとも密接に関与  
 しかし、MeV帯域では観測ごとのばらつきが大きい

# 残留大気量によるガンマ線量の変化

SMILE-I (2006)での  
拡散ガンマ線量

SMILE-2+(4/7 7:04-24:00)での  
拡散ガンマ線量

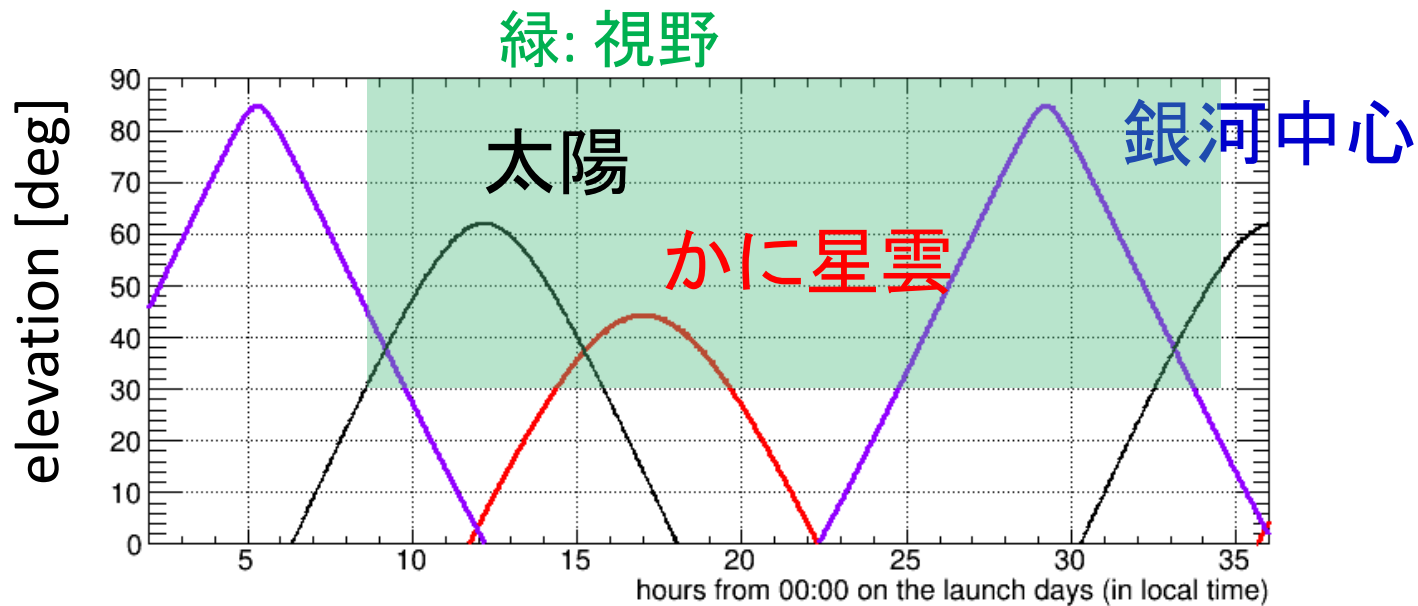


## J. C. Ling, JGR(1975)の半経験的式と無矛盾

今後の解析:

- 有効面積100倍⇒高統計により信憑性の高い議論が可能
- 高高度観測⇒宇宙ガンマ線優勢の高度も測定⇒成分を正確に決定

# 天体由来のガンマ線の解析



銀河中心: 4/8 5:00ごろに視野のほぼ中心を通過

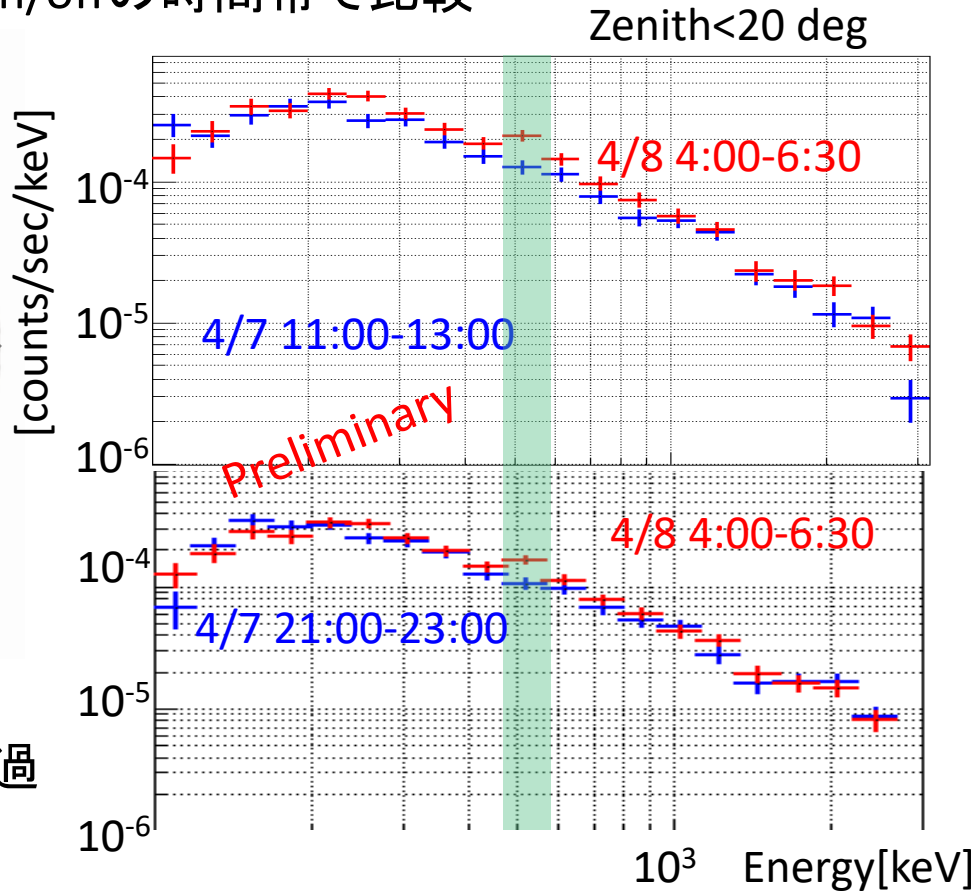
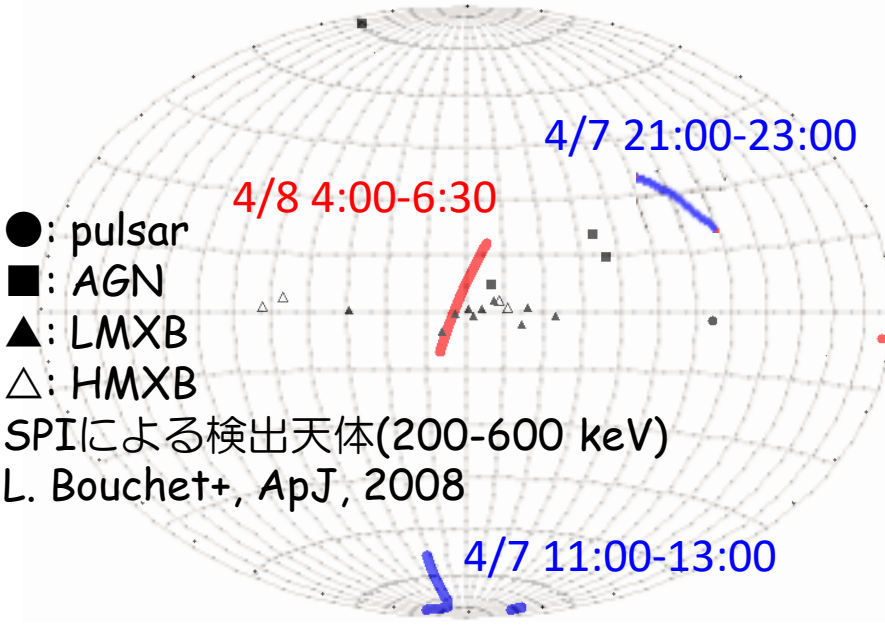
かに星雲: 4/7 17:00ごろにzenith 45degを通過  
検出器の姿勢情報が特に重要

姿勢解析状況: 磁場センサ・傾斜計出力の温度依存性を補正中  
磁場センサのAzimuth方向2つについては補正完了

# 銀河中心領域からの511 keVガンマ線放射

時刻でカットし、スペクトルを確認

Livetime補正を行い銀河中心領域on/offの時間帯で比較



銀河中心領域にて511 keVガンマ線の超過  
( $8.5 \times 10^{-5}$  photons/s/keV)を確認

バルジ+Sgr A\*:  $1.3 \times 10^{-5}$  photons/s/keV[G.Skinner+, 2014]とオーダーで一致  
今後、雑音量などの精査が必要

# かに星雲の解析状況

ETCC有効面積の異方性・時刻(直接には高度や姿勢)に由来するガンマ線フラックスの変化を考慮し、現状可能な以下の3通りでの解析を実施

解析1. 異時刻 同ETCC領域をOFFデータとする解析

解析2. 同時刻 対称ETCC領域をOFFデータとする解析

解析3. かに星雲位置とガンマ線の再構成位置のコインシデンスチェック

	ETCC異方性	時刻変化	コメント
解析1	○	×	分光メインの検証
解析2	×	○	
解析3	○	×	撮像メインの検証

○:影響なし、×:影響あり

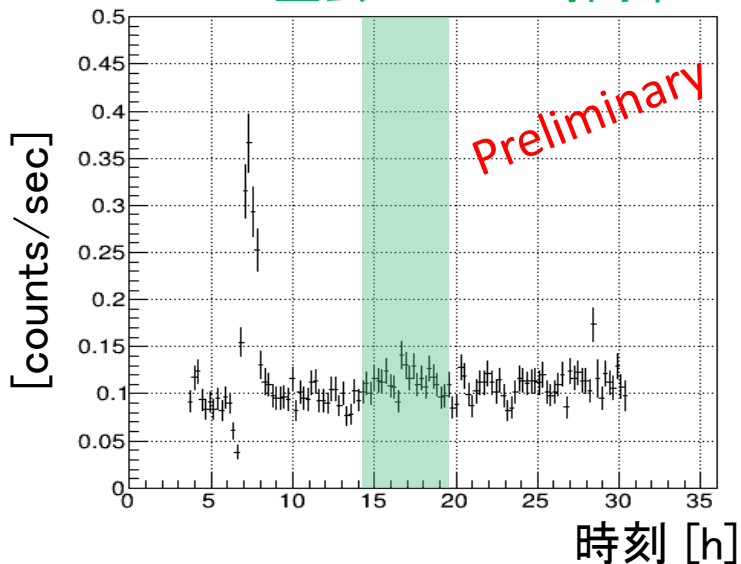
上記3つで検出できていれば今後の本格解析で十分撮像可能

# かに星雲(1.異時刻 同ETCC領域解析)

Zenith: 30-60°

Azimuth: ETCC固定のとある45°

かに星雲<60° の時間帯

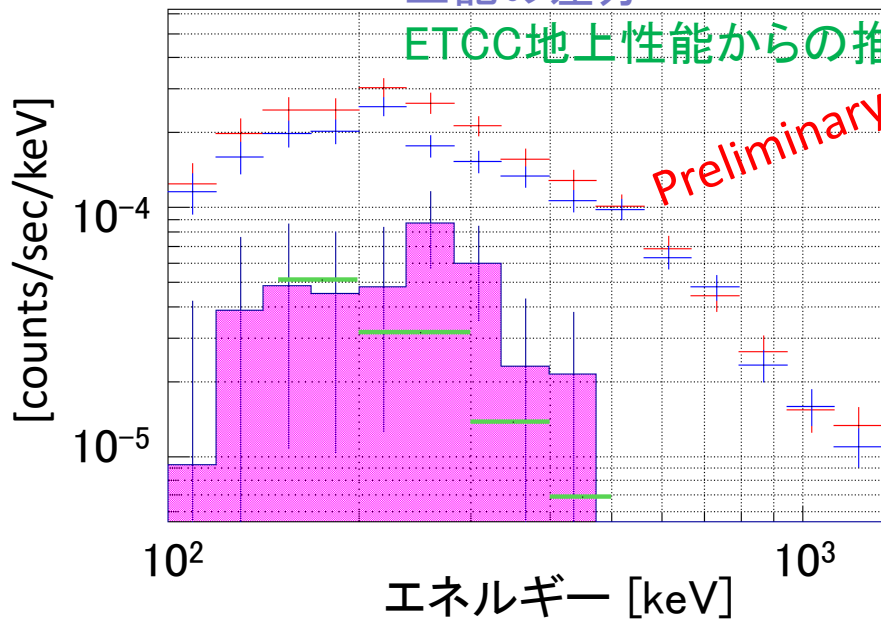


4/7 15:00-18:30 (かにON)

4/7 9:30-14:00 (かにOFF)

上記の差分

ETCC地上性能からの推定値



推定値とオーダーレベルで合致  
⇒フライトモデルでの有効面積の精査が必要

感度では高エネルギー側が得  
⇒escaped事象解析完成後が本番

※強度が低いのはZenith~50 degのため  
⇒有効面積 ~60%(Zenith 0deg比), 大気減衰~50%(地表大気組成での概算値)

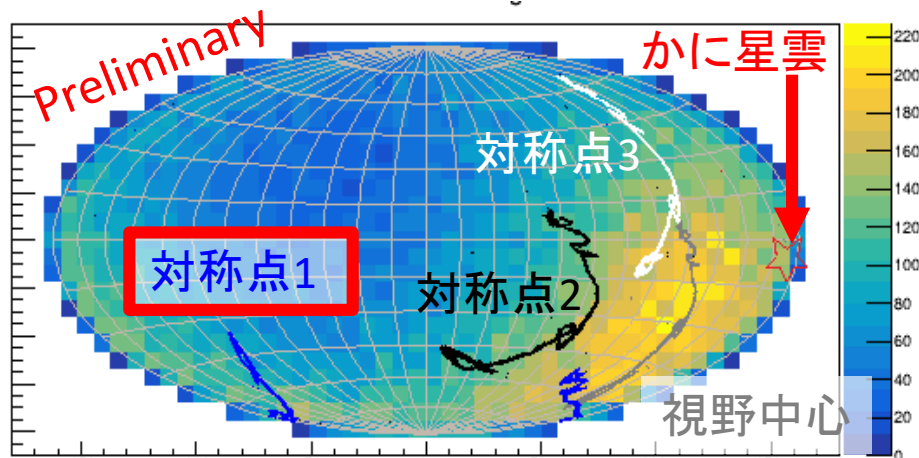
※ 15:00-18:30は若干高度が低め  
⇒差分は増える方向



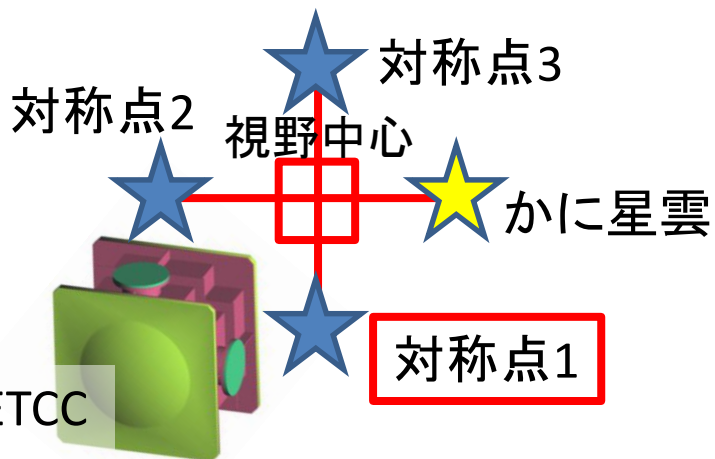
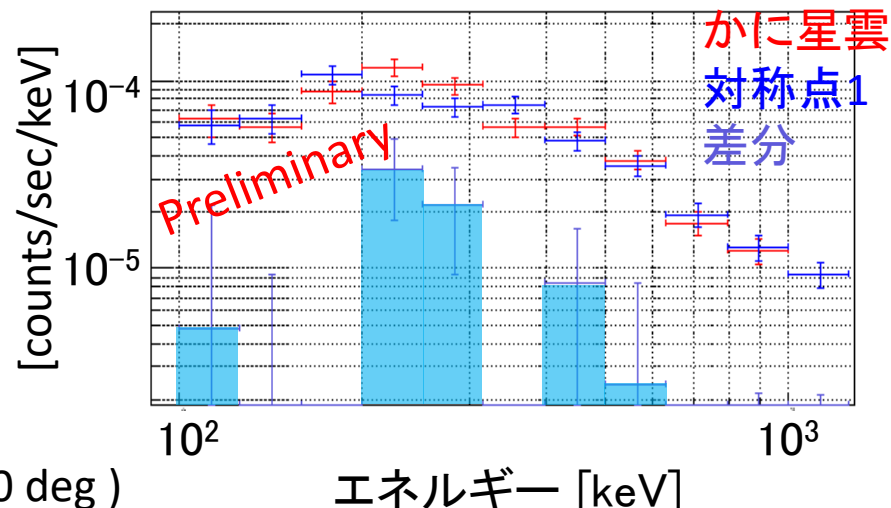
# かに星雲(2.同時刻 対称領域解析)

SMILE-2+ETCCの基本構造は4回回転対称

対称点1が銀河面との交差もなく比較用として最適  
かに星雲・対称点から半径10 deg内の事象を使用



ガンマ線分布: 4/7 14:21-19:40 (⇔ Crab<Zenith 60 deg)



解析1と同様に200-300 keVに超過が見られる

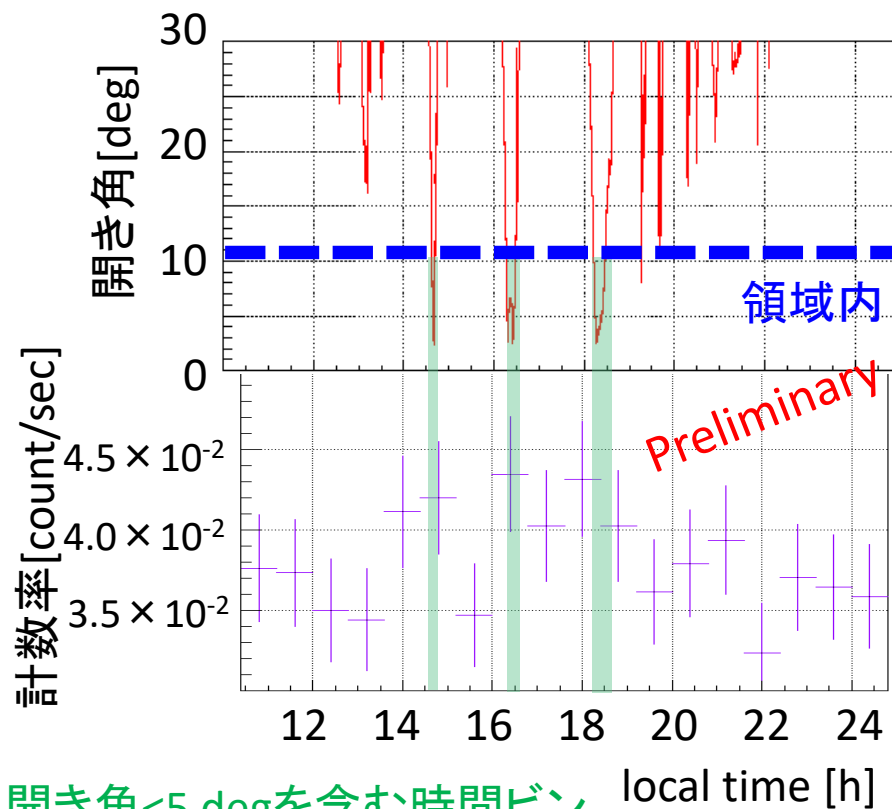
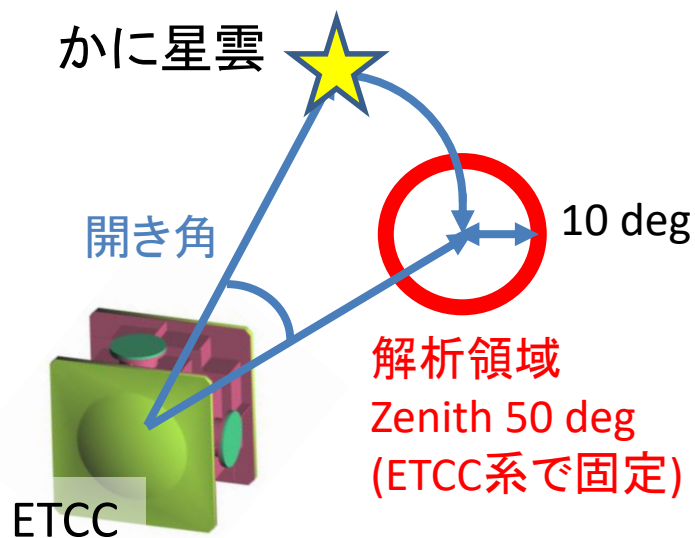
今後の修正項目

- Zenith方向磁場データ補正による姿勢データの修正
- 2 hit解析の適用による>800 keV以上の事象の増加



# かに星雲(3. コインシデンスチェック)

解析1よりも解析領域を絞って天体位置とのコインシデンスを確認



領域にかに星雲が入る時間と計数率が増える時間が概ね一致

# まとめ

- ETCCの機上較正が完了
- ガンマ線量の残留大気圧依存性はLingモデルと無矛盾
- 銀河中心領域で511 keVガンマ線放射の超過を確認(preliminary)
- 200-300 keV付近でかに星雲方向からの超過を確認(very preliminary)

## 今後の課題:

- 姿勢データの補正
- 2 hit解析の完成
- exposure mapの作成
- Geant4による雑音量シミュレーション

