



# P3-20E 気球搭載コンプトンカメラによる MeV領域ガンマ線観測実験SMILE

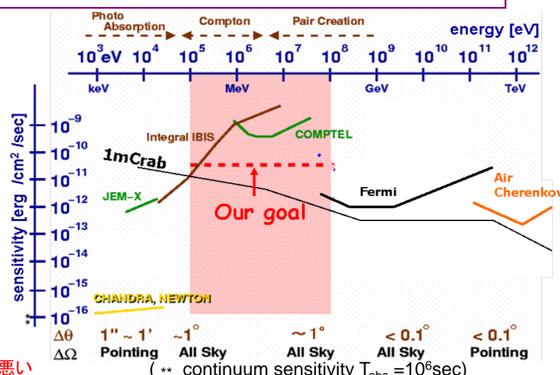


○岸本祐二, 谷森達, 窪秀利, 身内賢太郎, 株木重人, Parker Joseph, 黒澤俊介, 岩城智, 澤野達哉, 谷上幸次郎, 東直樹, 中村輝石, 松岡佳大(京大理), 高田淳史(京大生存研), 上野一樹(理研)

## 1, MeV ガンマ線天文学

### 過去の観測

- COMPTEL (CGRO) [1]  
Compton Imagingを用いた検出器約30個の定常放射天体を検出
- IBIS, SPI (INTEGRAL) [2]  
Coded Aperture Imagingを使用 MeV付近での感度はCOMPTELと同程度
- MeV領域は宇宙線と検出器との相互作用などによって生じる大きなバックグラウンドあり[3]  
上記検出器はガンマ線イベント毎に到来方向を決定できずバックグラウンドに弱い  
⇒他の領域に比べ感度が一桁以上悪い



## 2, われわれの電子飛跡測定型ガスコンプトンカメラの概要

### Micro Pixel Chamber (μ-PIC)

比例計数管を輪切りにし、基板上にピクセル状に並べたようなガス検出器。高精度(~120μm)で二次元位置情報を取得可能

### Micro Time Projection Chamber (micro-TPC)

絶縁体の両面に銅を蒸着し、微細な穴を開けた構造。上下の電極間に電位差を与えて電子を増幅する。Gas-gainを稼ぐために前置増幅器として使用。

scintillator

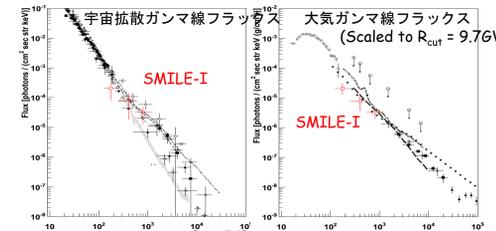
Gd<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>:Ce (GSO) ピクセルシンチレータ (6 x 6 x 13 mm<sup>3</sup>)  
マルチアノード光子増倍管(MAPMT)と接合(アノードピッチはピクセルと同じ)

散乱ガンマ線の吸収位置およびエネルギーの測定  
イベントごとにコンプトン散乱を再構成, コリメーターを用いていないので広視野(~3str)を実現

反跳電子の3次元飛跡およびエネルギーの測定  
μ-PIC面への到達時間差Δt  
垂直方向の位置情報

## 3, SMILE (Sub-MeV γ-ray Imaging Loaded-on-balloon Experiment)

SMILE-I [8] ←2006年に実施  
宇宙拡散および大気ガンマ線の測定が目的(2006年、三陸から放球、高度約35 km、レベルフライト4時間)  
power: ~250 W (system)  
balloon: 100,000 m<sup>3</sup>  
TPC: 10 x 10 x 15 cm<sup>3</sup> (gas: Xe+Ar+C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 1 atm)  
scintillator (GSO): 3 x 3 PMTs@bottom 4 x (3 x 2) PMTs@side  
~400の下向きガンマ線イベントを検出、シミュレーション、及び過去の結果と合致



SMILE-II ←2013年に実施を目指す  
CrabやCyg X-1といったガンマ線で明るい天体の観測を目指す。そのため、SMILE-I 検出器の約20倍の有効面積を持つ大型検出器(30cm)<sup>3</sup>の開発を進めている。

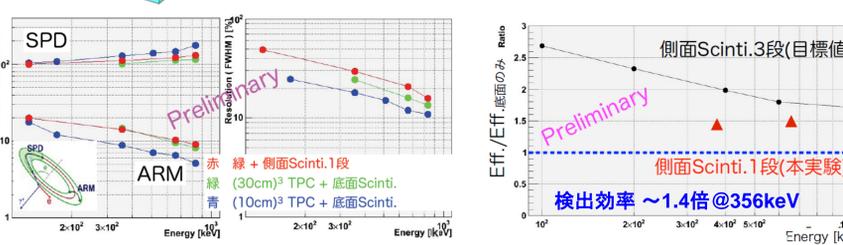
## 4, SMILE-II の開発状況1 ~検出器の開発~

プロトタイプ(30cm)<sup>3</sup>コンプトンカメラの開発  
TPCの側面にもシンチレーションカメラを導入。イメージング性能をほぼ損なわずに検出効率の向上を実現。

(30cm)<sup>3</sup>TPC + 底面シンチ (PMT 36個)

(30cm)<sup>3</sup>TPC + 底面シンチ + 側面シンチ(1段) (PMT 36個 + 24個)

プロトタイプ(30cm)<sup>3</sup>コンプトンカメラ  
gas: Ar 90% + C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 10%



気球用TPC読み出しASICの開発  
省電力化を図ったTPC読み出し用ASICを用いて64ch読み出しボードを製作。ミュオンの飛跡が取得できることが確認できている。

64ch TPC読み出しボード

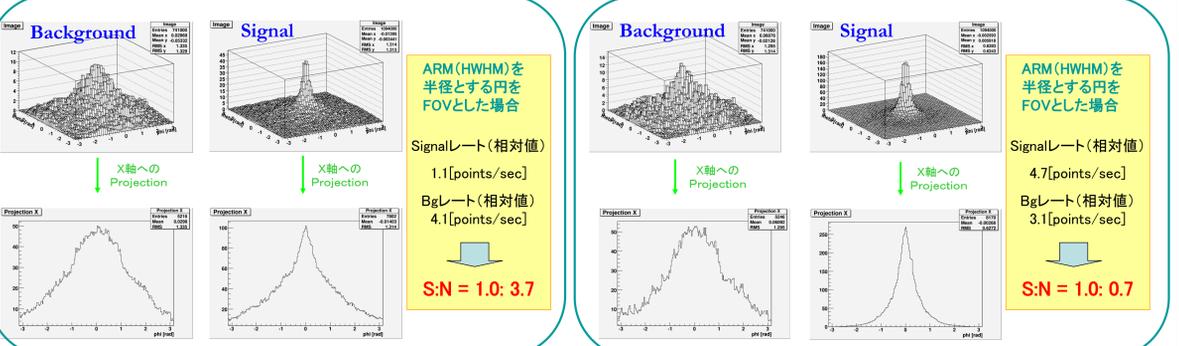
	ASD(SMILE-I)	FE2009bal
Ch数	4	16
ピーキングタイム	20ns	30ns
ダイナミックレンジ	-1.2~2.0pC	±1pC
ノイズ(Cd=100pF)	~3000e	~6000e
タイムアウト	~6.5ns (20IC-1pC)	~6ns (10IC-1pC)
消費電力	59mW/ch	18mW/ch

64ch TPC読み出しボード回路図

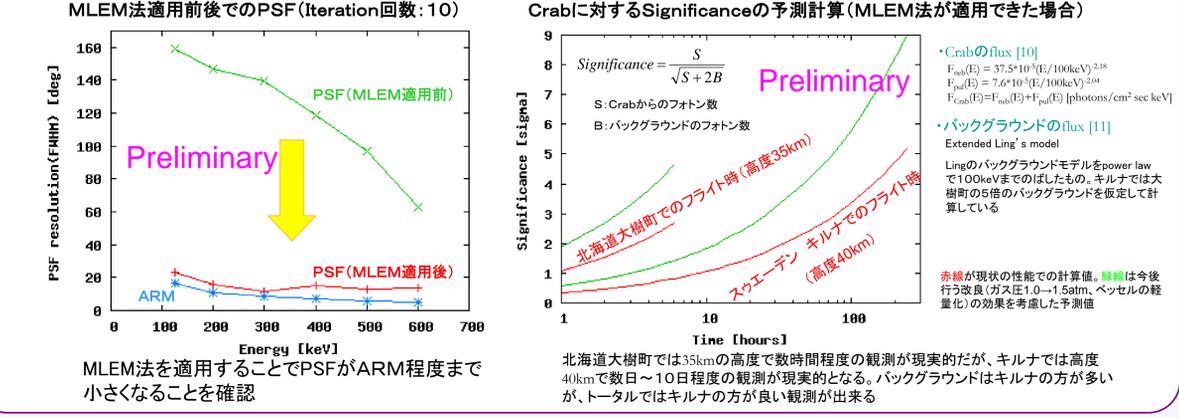
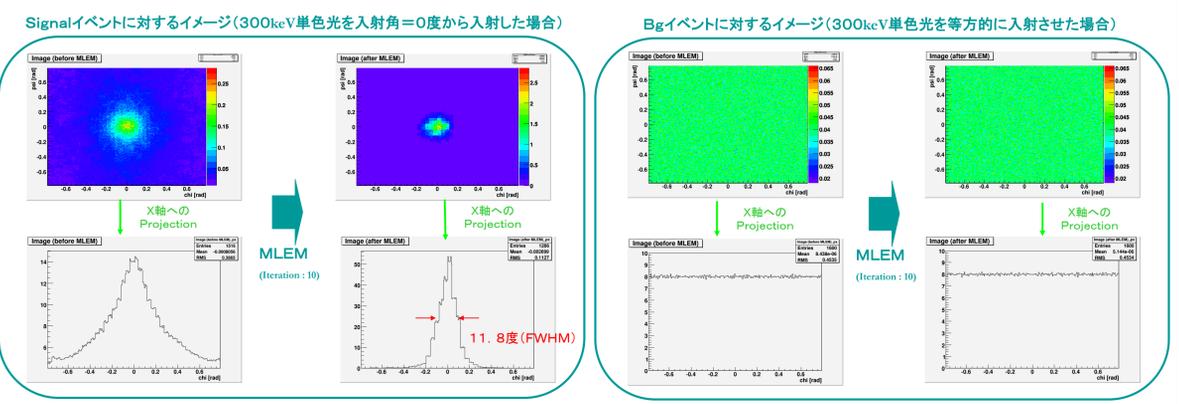
取得されたミュオンのトラック  
64ch TPC読み出しボードを使用してミュオンのトラックが取得できることを実証

## 5, SMILE-II の開発状況2 ~解析手法の検討~

Advanced Compton法のメリット  
同一のシミュレーションデータに対してConventional Compton法とAdvanced Compton法で解析し、それぞれの場合でS/Nを見積もった。



Conventional Compton法にMLEM法を適用した場合の感度予測 (Advanced Compton + MLEMはこれから)  
シミュレーションデータにMLEM法を適用した結果からPSFがARM程度まで向上することが確認できた。得られたPSFを用いてCrabに対する有為度を見積もった。



## 6, 今後の課題

- 検出効率の向上のための改良  
ガス圧を1atmから1.5atmに上げると共に、ベッセルの物質量を減らし透過率を向上させる。側面のシンチレーションカメラ面積を現状の3倍にまで増やす。
- フライトモデルの構築  
2013年キルナでの本観測を目指す。数日~10日程度のフライトが可能になるので、長期放球に耐えられるシステムとして構築する
- 長期放球に向けた電源システムの開発  
太陽電池と二次電池を使用した充電システムを開発する。
- 北海道大樹町でのテストフライト  
長期気球実験システムの試験のためのテストフライトを北海道大樹町で行う。2012年の放球を目指す。

References  
[1] V. Schönfelder et al. A&AS 143, 45, (2000).  
[2] C. Winkler et al. A & A 411, 1-6, (2003).  
[3] G. Weidenspointner et al. A&A 368, 347, (2001).  
[4] A. Ochi et al. NIM A 471, 264, (2001).  
[5] T. Tanimori et al. New Astro. Rev. 48, 263, (2004).  
[6] F. Sauli. NIM A 386, 531, (1997).  
[7] T. Tamagawa et al. NIM A 560, 418, (2006).  
[8] A. Takada et al. JPSJ 78, 161, (2006).  
[9] S. Kurosawa et al. IEEE TNS 56, 3779, (2009).  
[10] L.M. Bartlett et al. AIP conf. Proc. 304, 67, (1994).  
[11] J. Ling. J. Geophys. Res., 80, (1975)