



電子飛跡検出型コンプトンカメラを用いた MeVガンマ線天体探査実験計画

京都大学 高田淳史

谷森達, 窪秀利, J. D. Parker, 水本哲矢, 水村好貴,
澤野達哉, 中村輝石, 松岡佳大, 古村翔太郎, 中村祥吾,
小田真, 岸本祐二, 身内賢太郎, 黒澤俊介

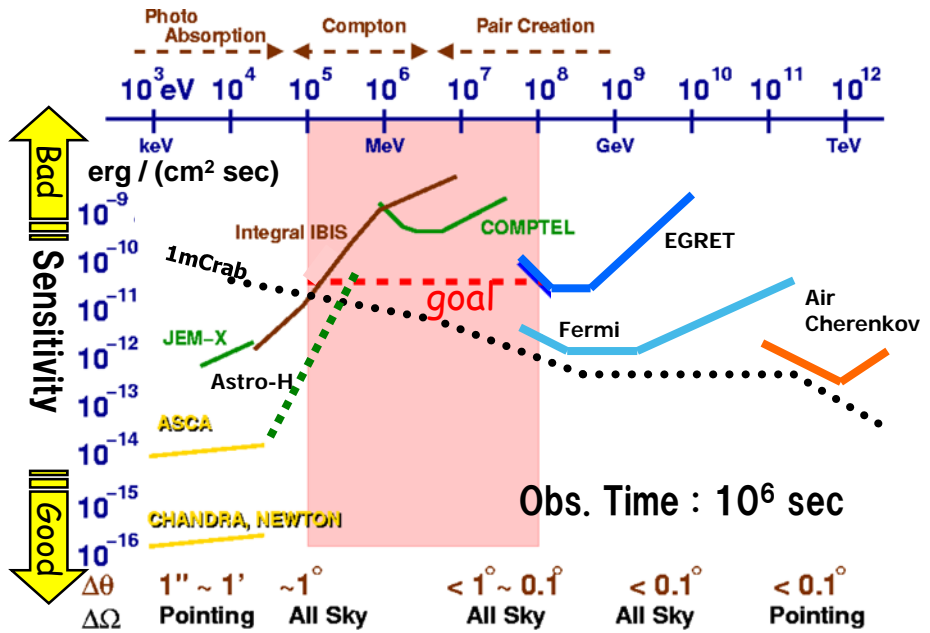
MeV天文学

ラインガンマ線

◆元素合成 超新星残骸, 銀河面

連続スペクトル

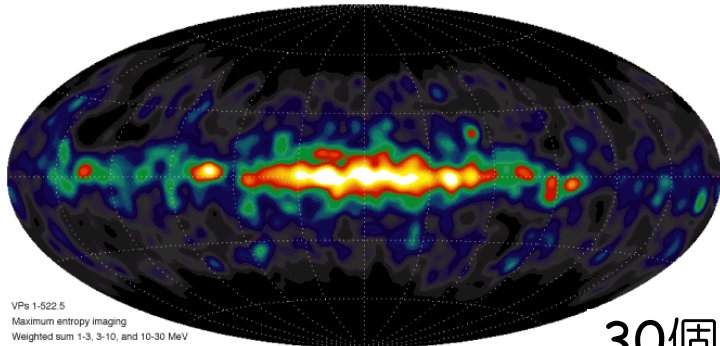
- ◆粒子加速 活動銀河核のジェット
- ◆強い重力場 ブラックホール
- ◆遠方宇宙 活動銀河核の分類, ガンマ線バースト
- ◆その他 ガンマ線パルサー, 太陽フレア



MeVの宇宙

1-30 MeV

CGRO/COMPTEL



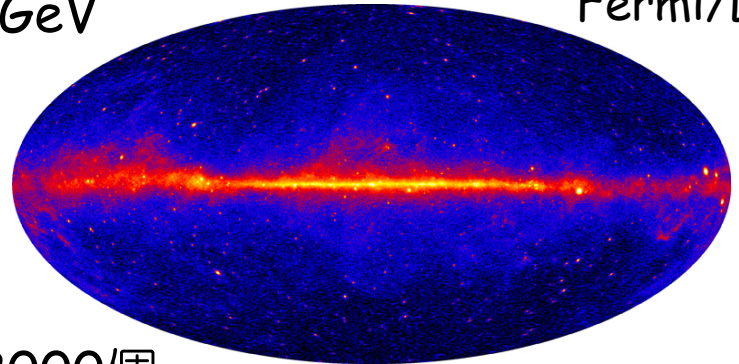
V. Schönfelder+ (A&AS, 2000)

30個程度

GeVの宇宙

> 1 GeV

Fermi/LAT

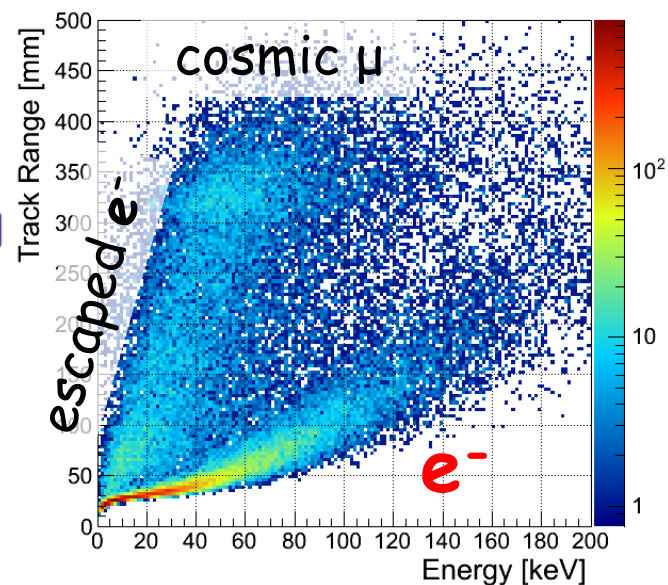
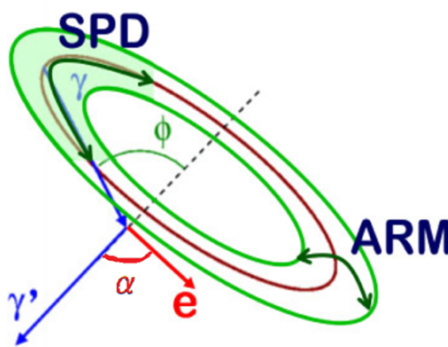
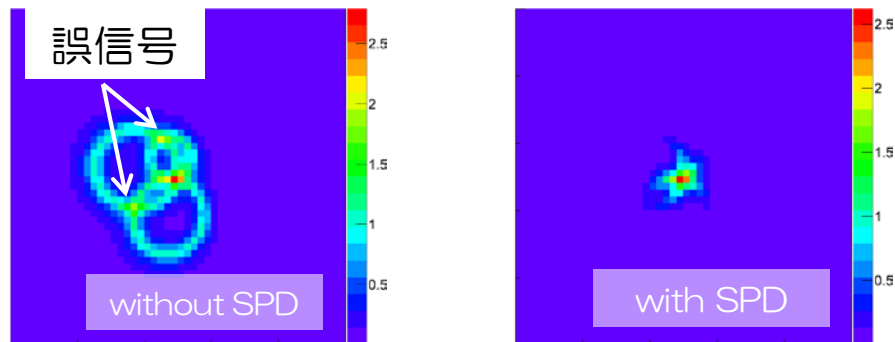
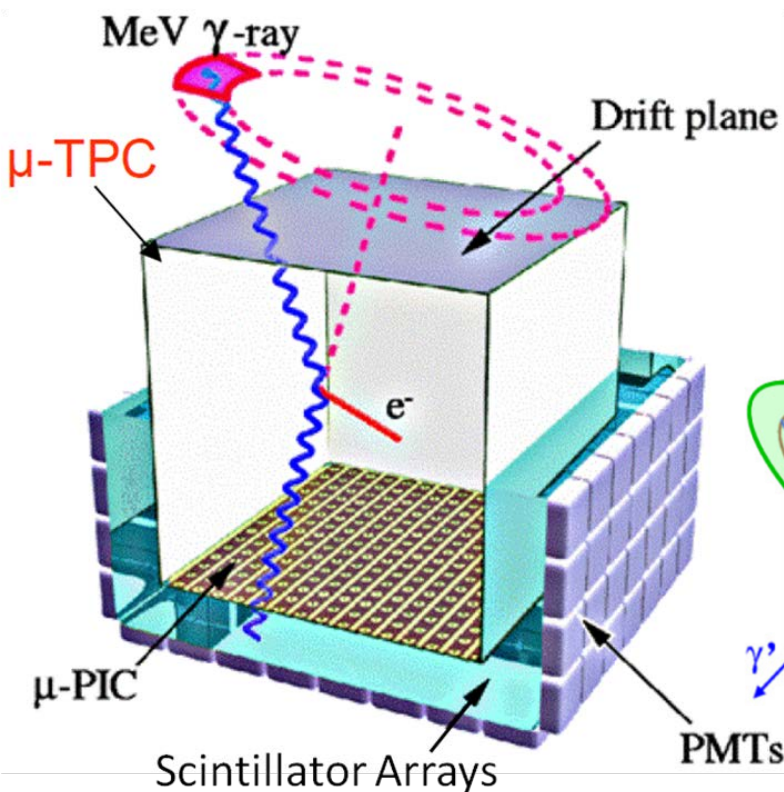


約2000個

P. L. Nolan+ (ApJS, 2012)

MeV領域の観測 ⇒ 確立したイメージング方法が無い
雑音が多く観測が難しい

電子飛跡検出型コンプトンカメラ



ガス飛跡検出器

反跳電子のエネルギーと3次元飛跡

シンチレーションカメラ

散乱ガンマ線のエネルギーと吸収点

- 反跳方向取得による高品質イメージ
- エネルギー損失率による粒子識別
- α 角によるコンプトン運動学テスト
⇒ 強力な雑音除去能力

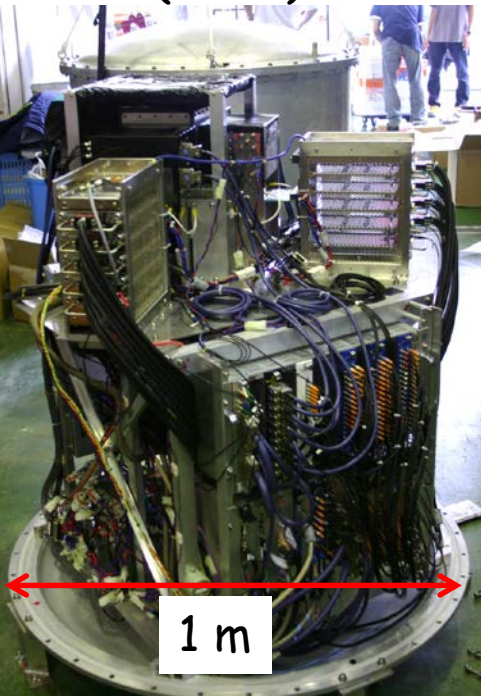
次期気球実験SMILE-IIへ

SMILE-I

- 気球高度での動作検証
- 大気+宇宙拡散ガンマ線の観測
- $(10\text{cm})^3$ の検出器

Weight: ~300kg
Power: ~350W
検出器 << 回路

2006年放球
@三陸



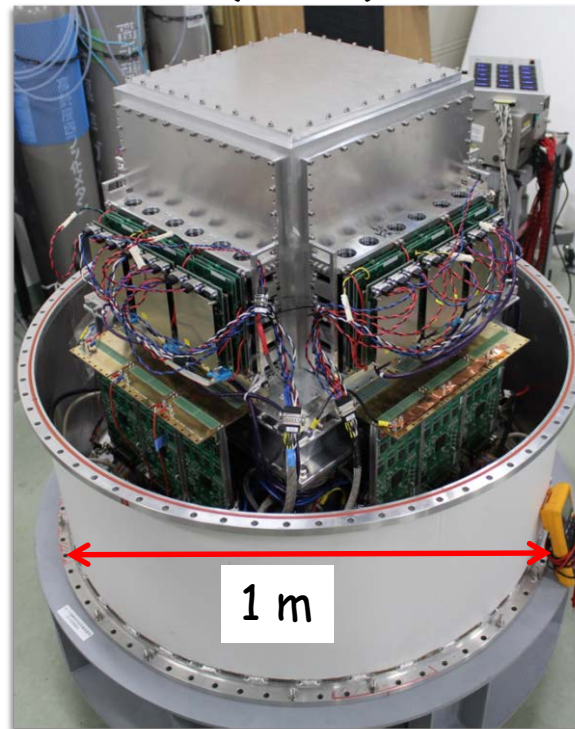
A. Takada+, ApJ (2010)

SMILE-II

- ガンマ線画像取得
- かに星雲・Cyg X-1の観測
- $(30\text{cm})^3$ の検出器

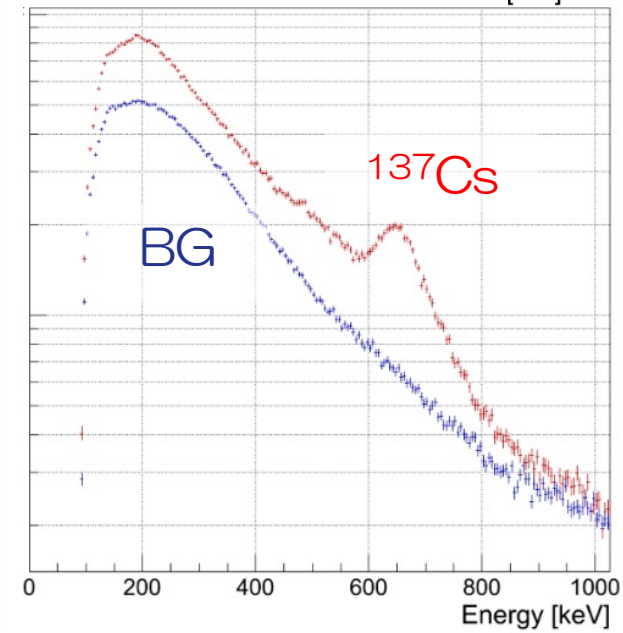
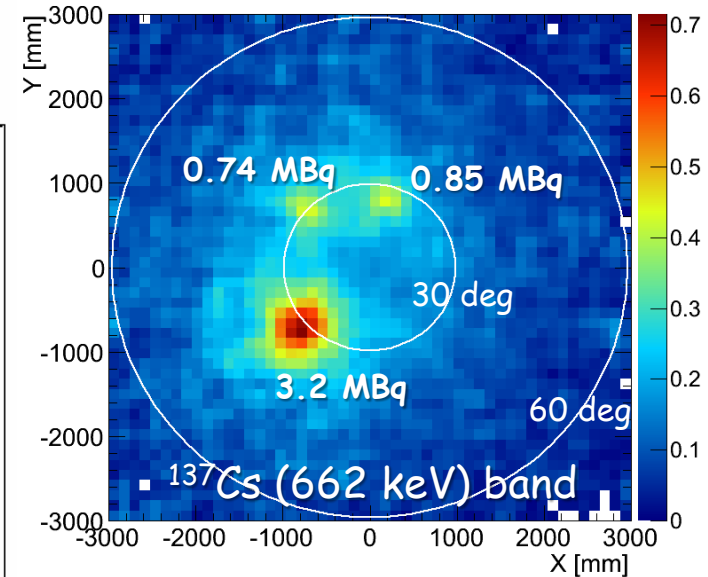
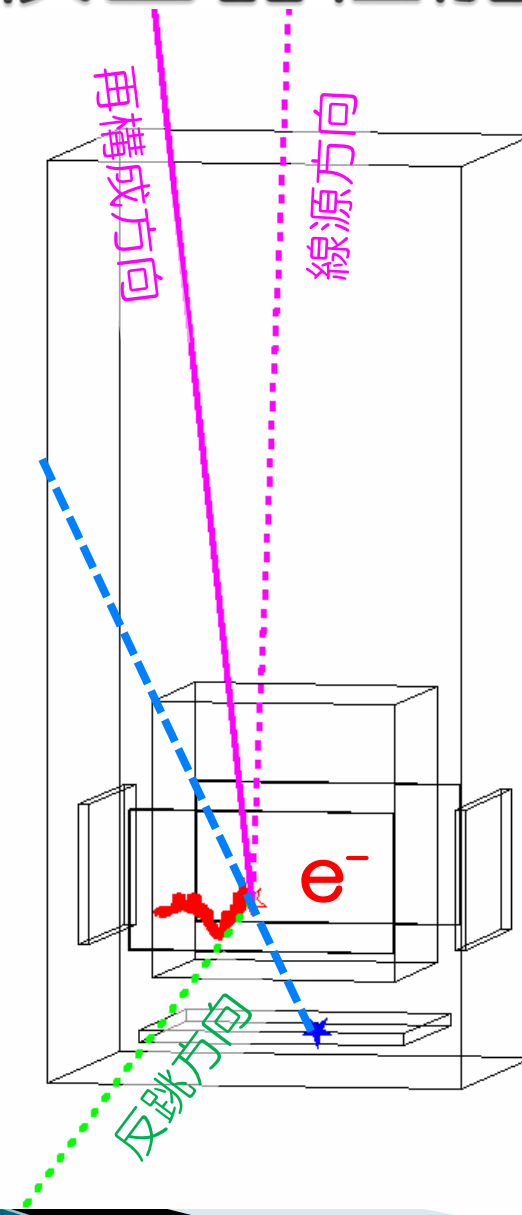
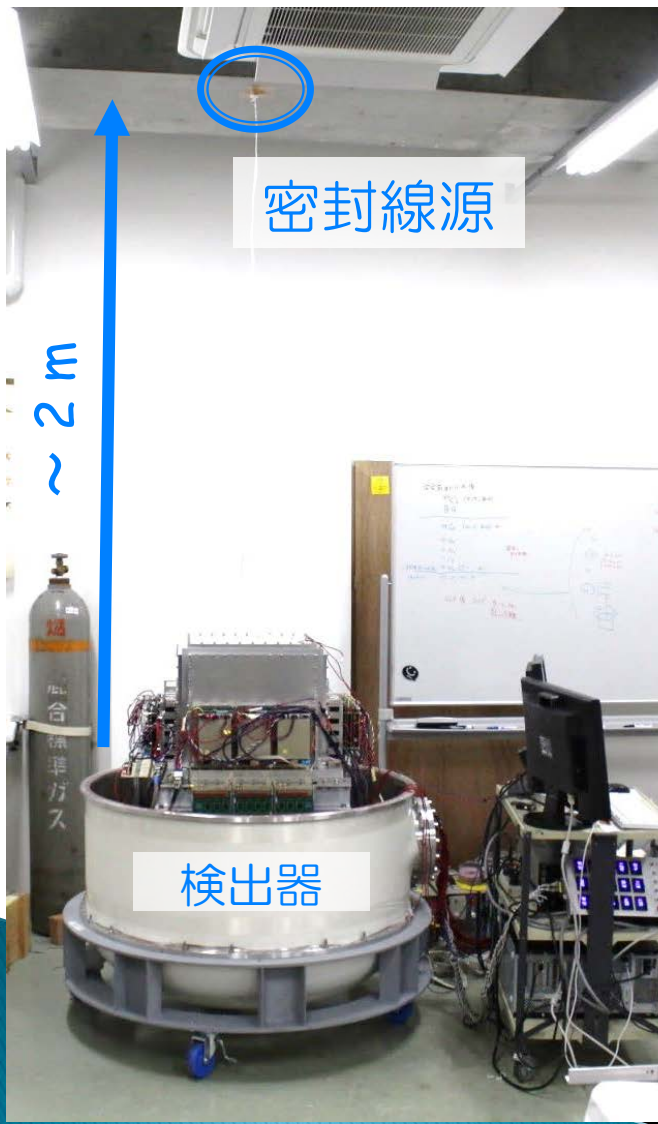
Weight:
~250kg + α
Power: ~250W
検出器 \approx 回路

来年以降
@ Ft. Sumner
Goddardとの
共同ミッション

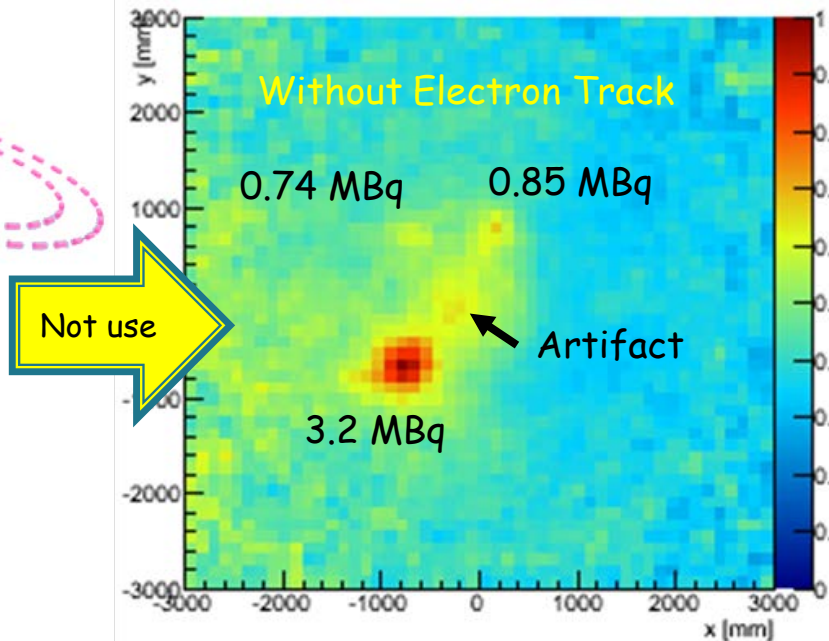
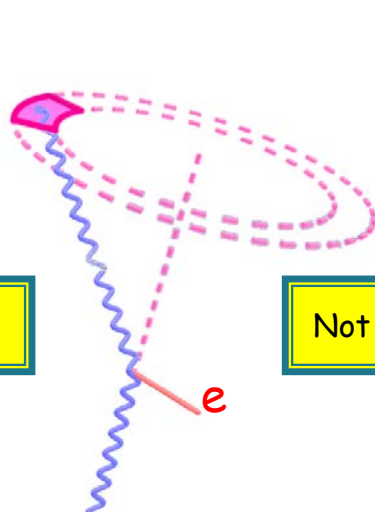
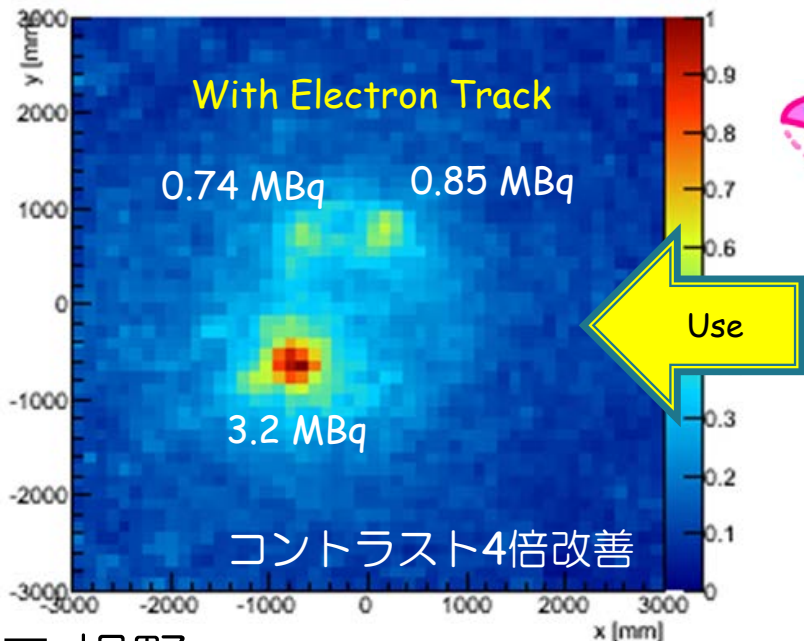


高度~40km数時間でかに星雲観測を 3σ 以上の有意度で観測
⇒ 要求値：有効面積 $>0.5\text{ cm}^2$ 角度分解能 <10 度

SMILE-II検出器性能評価



ガンマ線イメージング



□ 視野

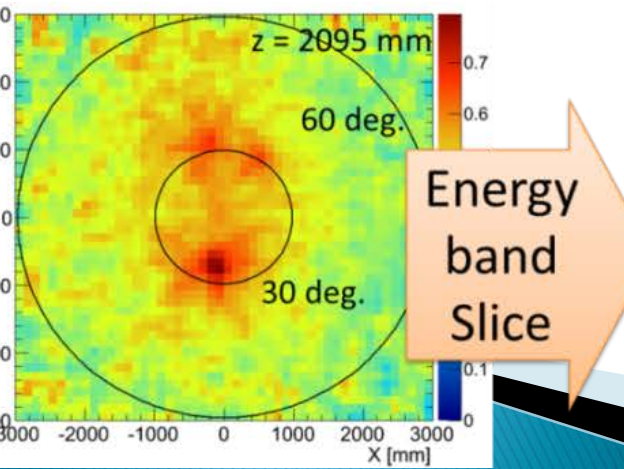


~ 3 sr

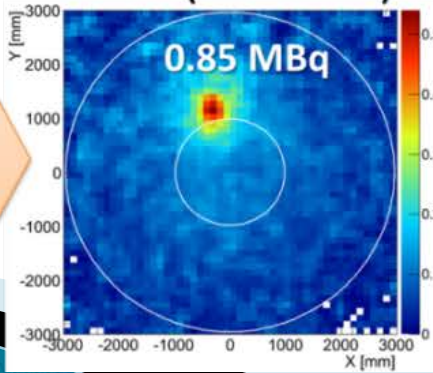
□ エネルギー帯域



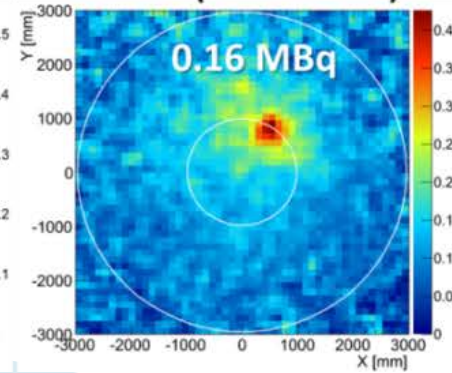
0.1~1 MeV



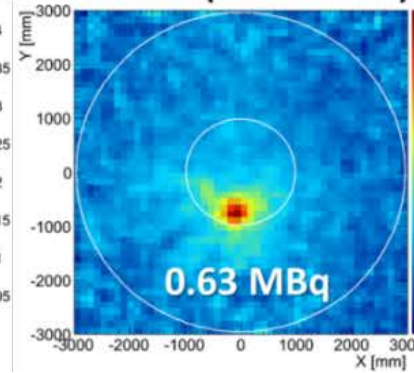
^{137}Cs (662 keV)



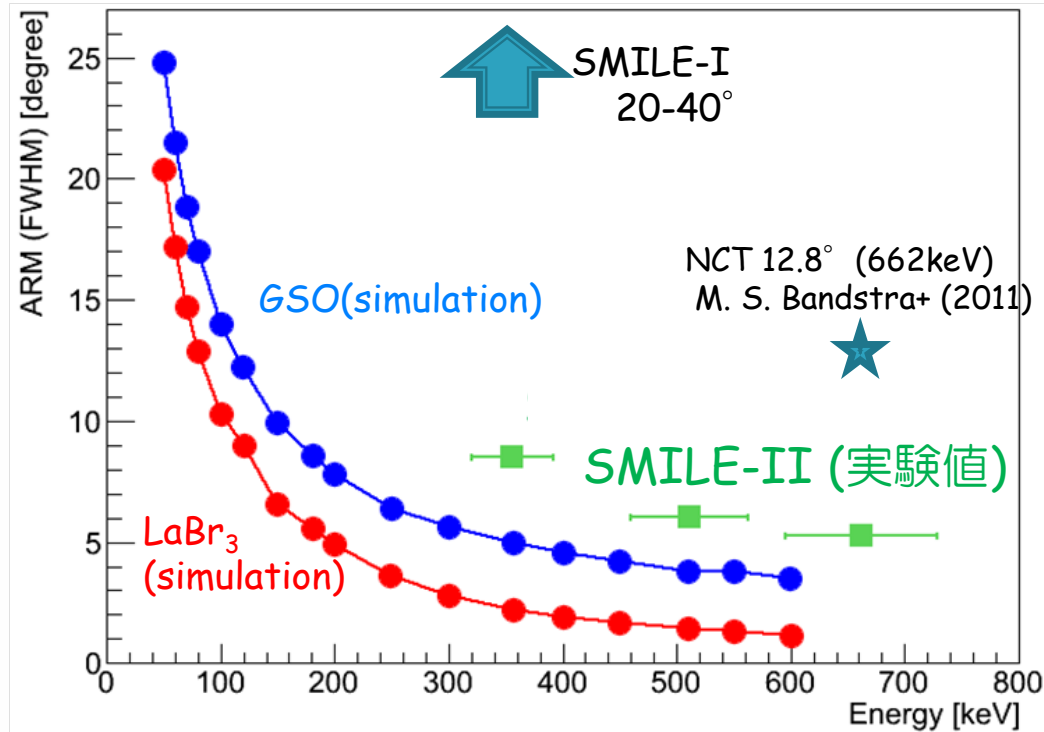
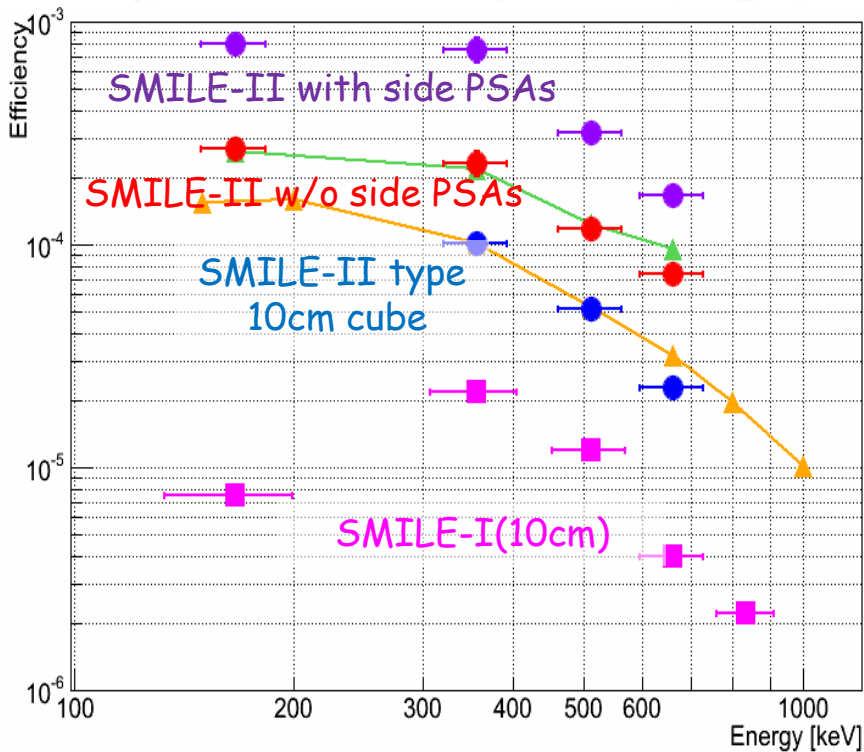
^{22}Na (511 keV)



^{133}Ba (356 keV)



検出効率 & 角度分解能



- ガス飛跡検出器の改良+大面積
⇒ 検出効率を10倍改善
- 物理simulationとほぼ一致
⇒ Compton事象を~100%
捉えている

- 散乱点の精度が改善
⇒ Energy分解能からの
限界値近くまで改善

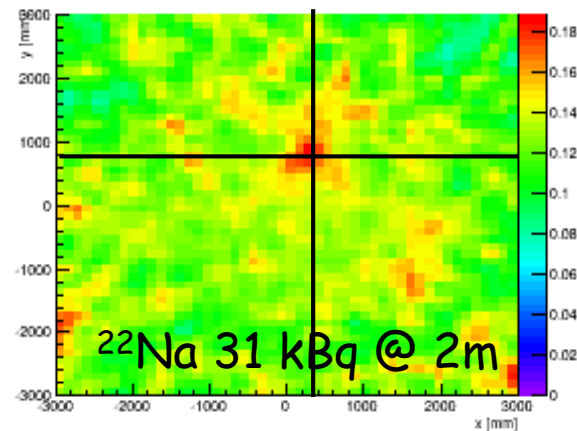
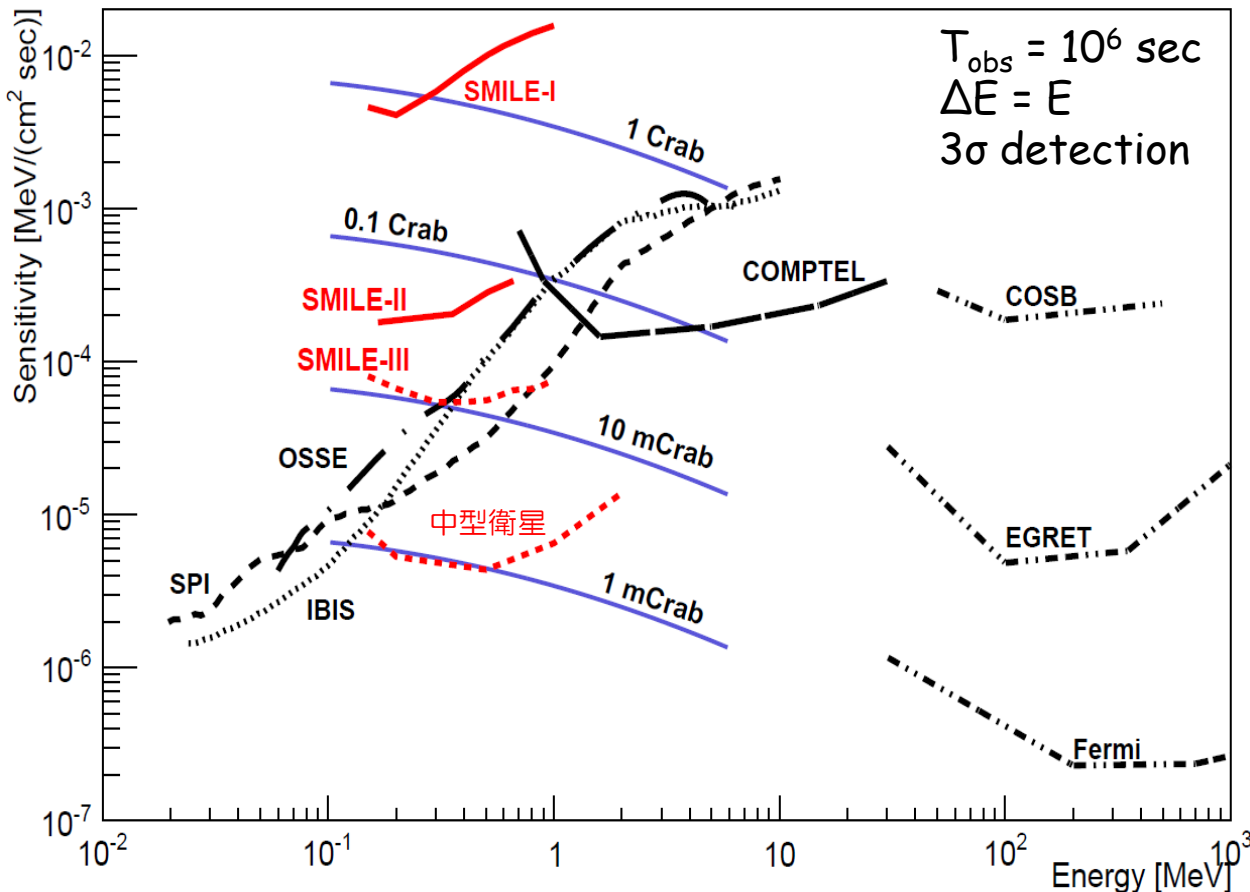
有効面積： 0.7 cm² @ < 300 keV

電場改善によりさらに向上の見込み(もうすぐ)

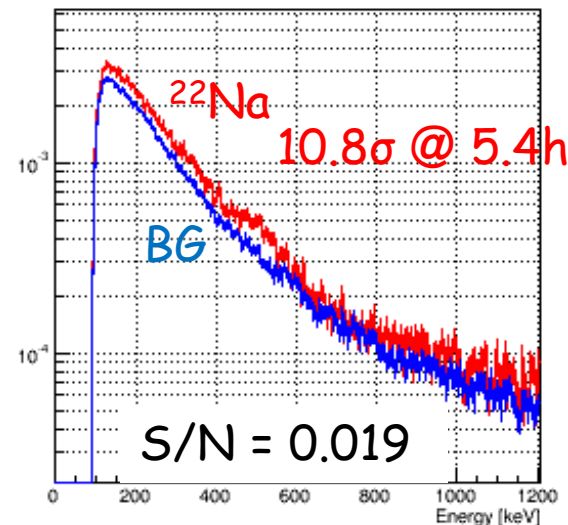
角度分解能： 5.3° @ 662 keV

到達予想感度

弱いガンマ線源の検出



511 keV ± 10% でのImage

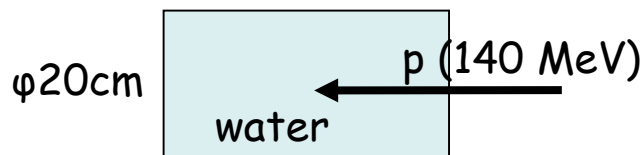


現状の性能から予想される検出感度

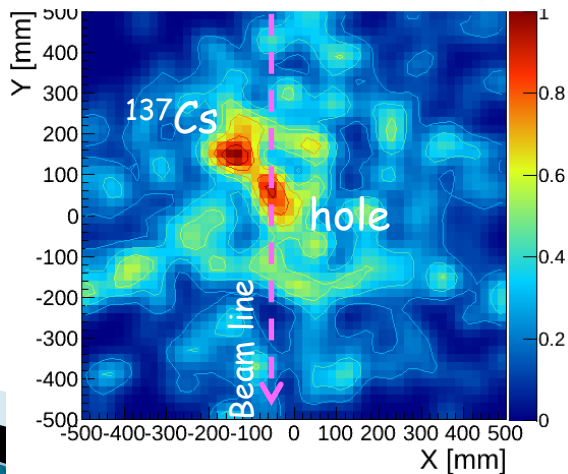
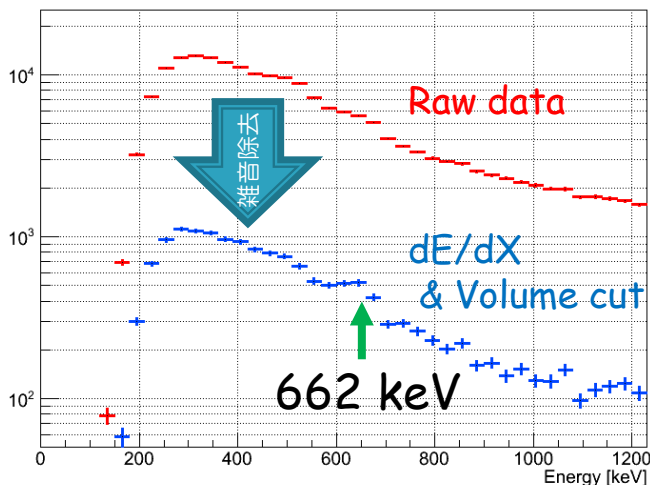
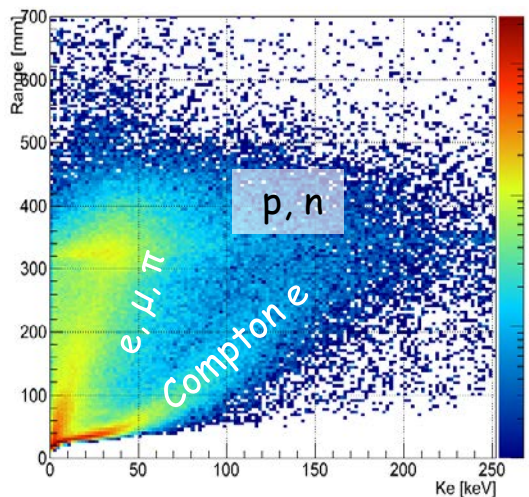
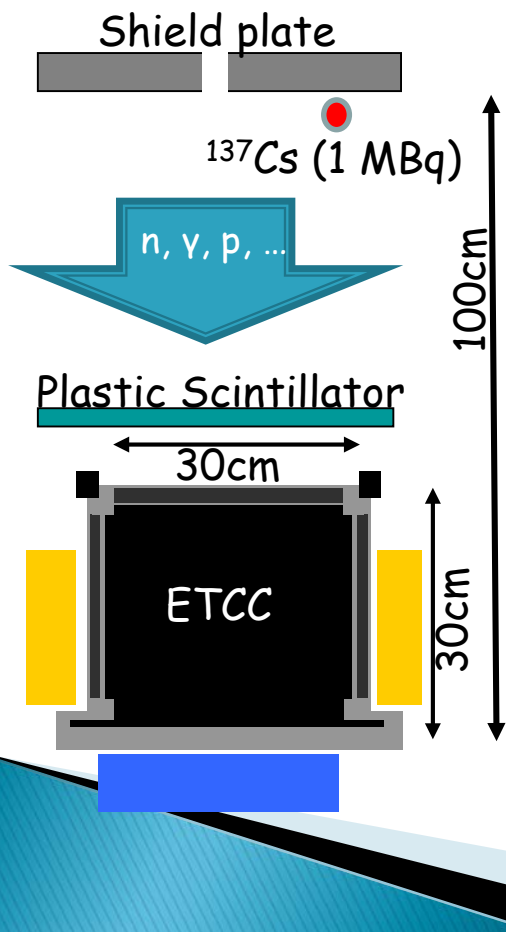
⇒ かに星雲：高度40km (fluxは約半分)、3時間で5σの有意度

高雑音環境下でのガンマ線観測

@ 阪大RCNP



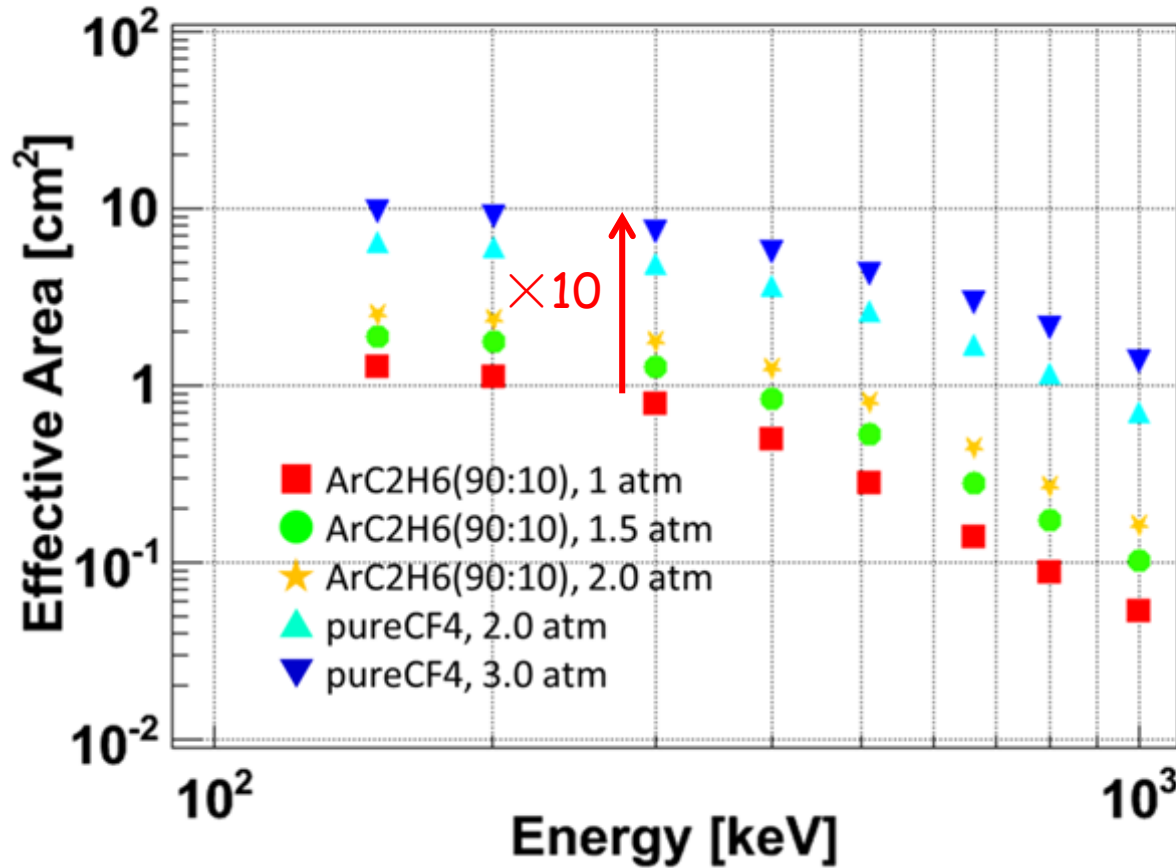
陽子ビームを用いて高レート・高雑音環境を作成
 ⇒ Checking sourceが検出可能か？



Trigger rate: 300~400 Hz

Expected trigger rate
 : ~60 Hz (中緯度)

SMILE-III[^]



- さらに
- シンチレータのカバー率を大きくする
 - シンチレータの厚みを増やす



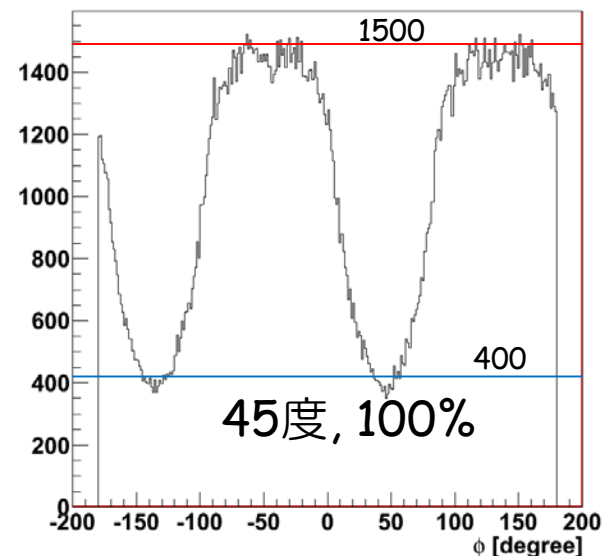
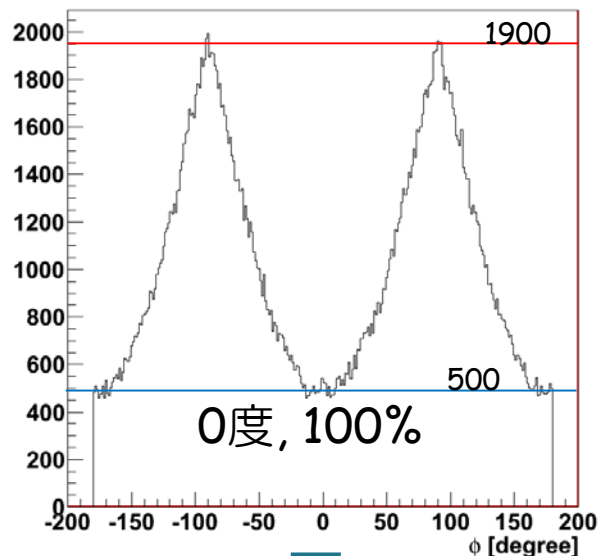
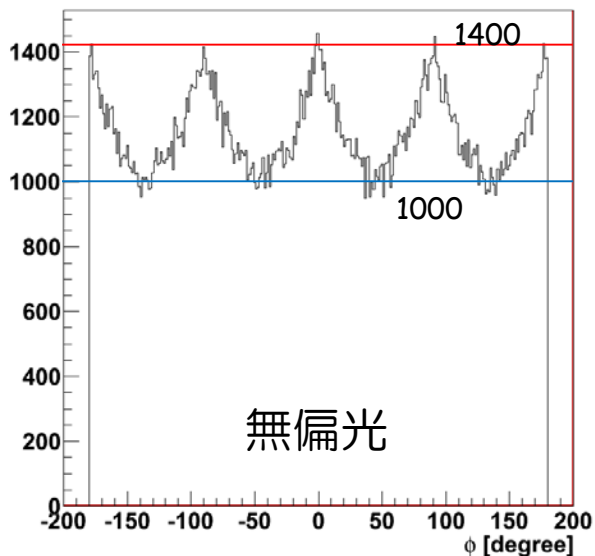
~20 cm²

COMPTELと同等の有効面積

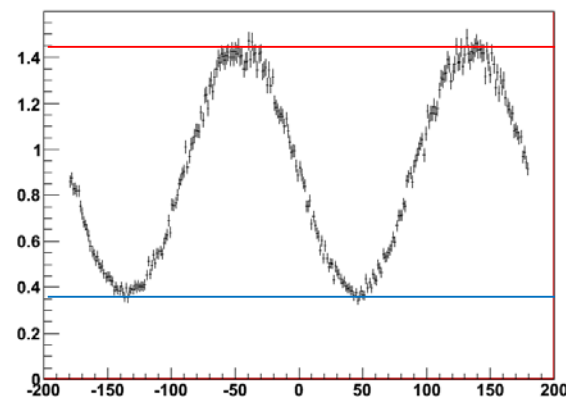
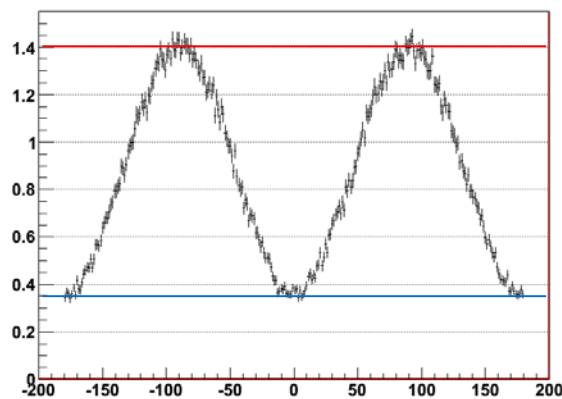
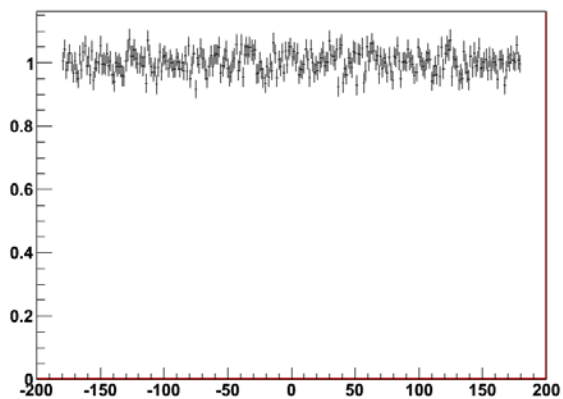
極周回気球により10⁶secの観測

⇒ 系外拡散ガンマ線の起源特定
銀河面の天体探査

偏光観測の可能性



無偏光の場合の応答で割り算



モジュレーションファクター ~ 0.6 @ 200keV

\Rightarrow SMILE-III (>10cm²)では ~ 1 dayでかに星雲の偏光測定が可能

まとめ

- ▶ MeVガンマ線天文学の開拓に必須な
低雑音化と高精度イメージ取得に成功
- ▶ かに星雲観測を目的とした次期気球実験SMILE-II
要求値 有効面積： $>0.5 \text{ cm}^2$ 角度分解能： $<10^\circ$
現状値 有効面積： 0.7 cm^2 角度分解能： 5.3°
高度40 km 3時間で 5σ の有意度で観測可能
電場改善で $\sim 1 \text{ cm}^2$ に
- ▶ かに星雲観測時と同レベルのS/Nの線源を有意に観測
- ▶ 大量の雑音下においても線源を識別
- ▶ SMILE-IIIへ
ガス圧・ガス種変更+シンチレータの増強 $\Rightarrow >10 \text{ cm}^2$
偏光測定も可能に
気球でも新しい物理の探索が可能に
- ▶ Goddardとの共同ミッション
LOIを取り交わし済
具体的な内容は現在検討中