

SMILE 3

ガス飛跡検出器を用いたコンプトンカメラによる ガンマ線観測気球実験

高田 淳史, 谷森 達, 窪 秀利, 身内 賢太郎,
土屋 兼一, 株木 重人, 岡田 葉子, 西村 広展,
服部 香里, 上野 一樹, 黒澤 俊介 (京大理),
野中 直樹, 水田 栄一 (ISAS/JAXA)

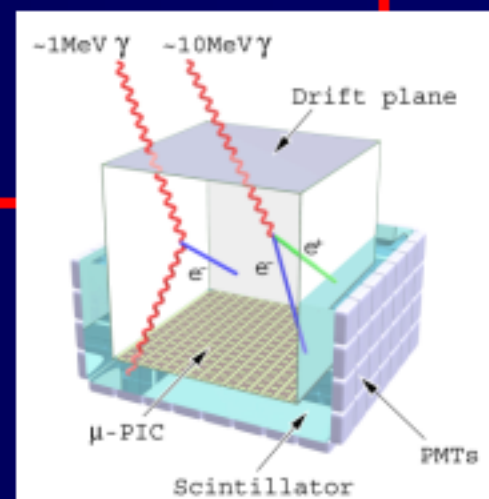
- SMILE計画
- Flight Model Detector
- Results of 1st Balloon Flight
- Summary



SMILE計画 *Sub-MeV gamma-ray Imaging Loaded-on-balloon Experiment*

(10cm)³のMeV γ 線カメラ @三陸 (2006秋)

- ガスTPC@増幅率3万の動作検証
(GSOシンチレータはSuzaku/HXDで実証済)
- 宇宙背景・大気ガンマ線測定
予想値: 0.1~1MeV
~200フォトン @ 35km, 3時間



(30cm)³ カメラ @日本 6時間 (2009?)

かに星雲、白鳥座 X-1の観測

(40cm)³ カメラ

スーパープレッシャー気球~10日間

(50cm)³ カメラ 衛星に搭載し全天サーベイ

気球搭載コンプトンカメラ

Plasticシンチ

TPC

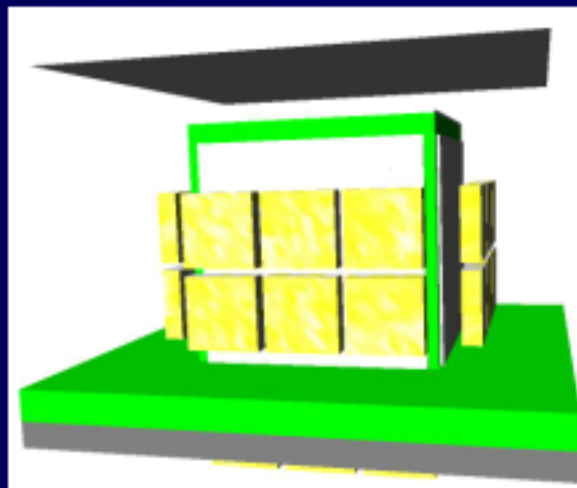
GSO
シンチ

TPC用アンプ

NIMモジュール
・シンチ用Amp
・DAC

VMEモジュール
・CPU
・各種ADC
・通信モジュール
・スケーラー

FPGAデータ処理システム



・TPC

Xe+Ar+C₂H₆ガス
(80:18:2) 1気圧
10×10×14cm³

シンチレーションカメラ

GSO:Ce PSA 6×6×13mm³
+ flat panel PMT H8500
3×3PMTs@bottom
4×(3×2)PMTs@side

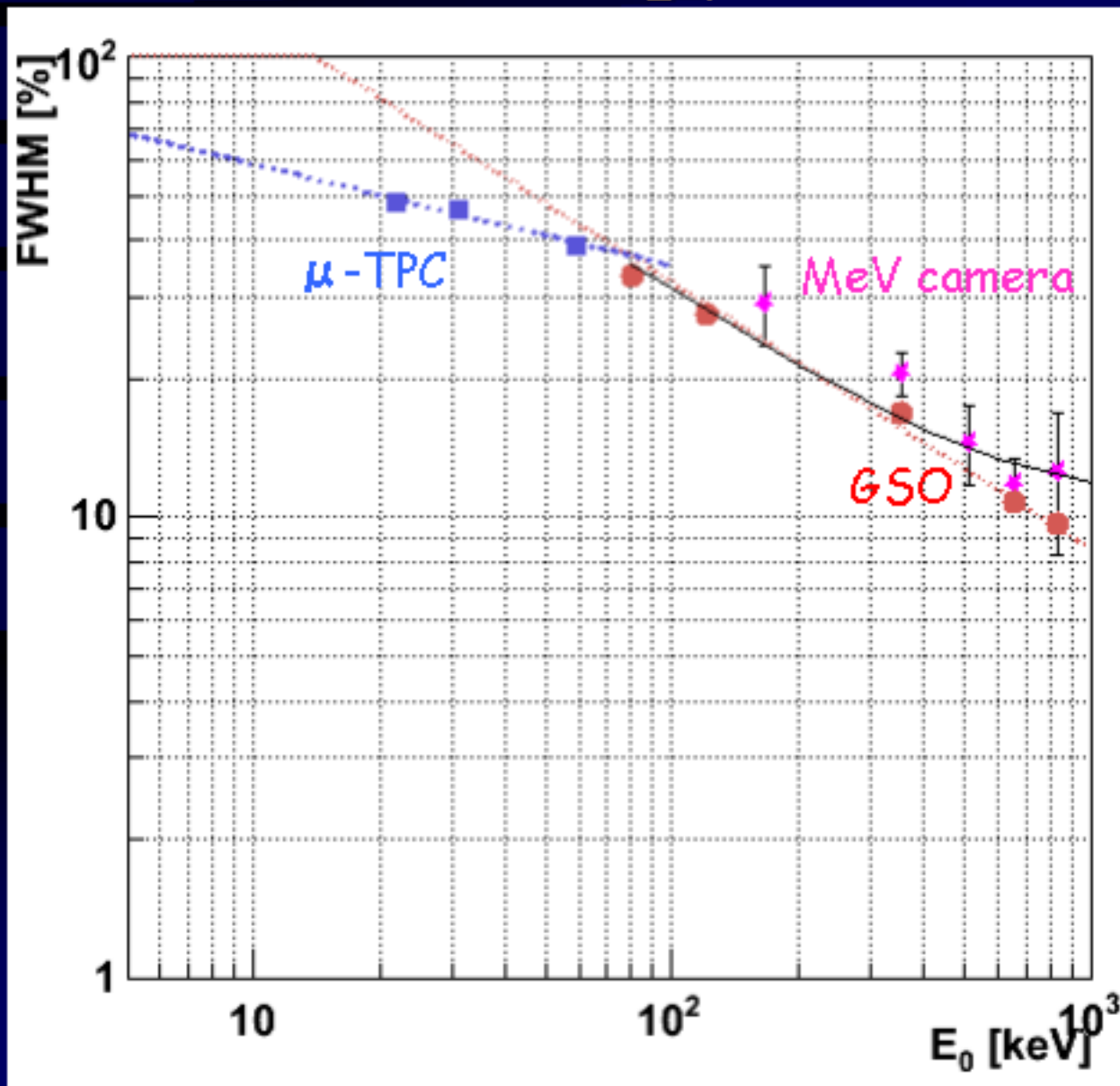
Anti用Plasticシンチ

30cm × 30cm × 3mm



φ1×1.4m³

Energy resolution

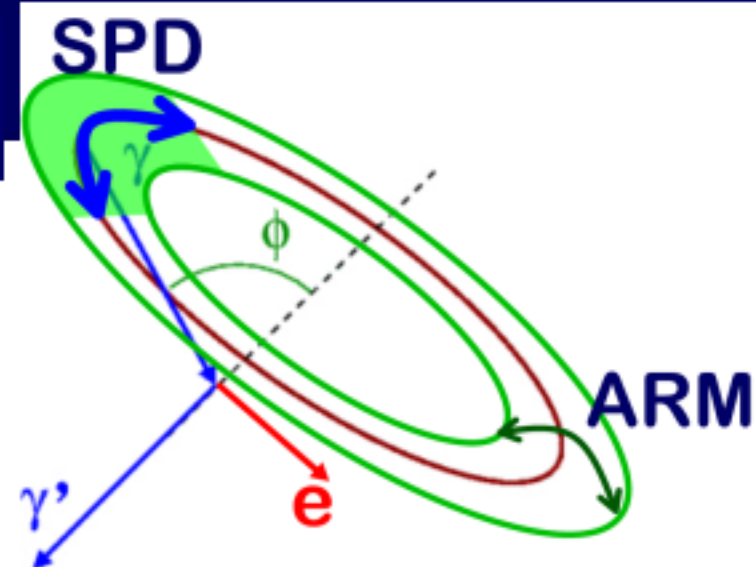
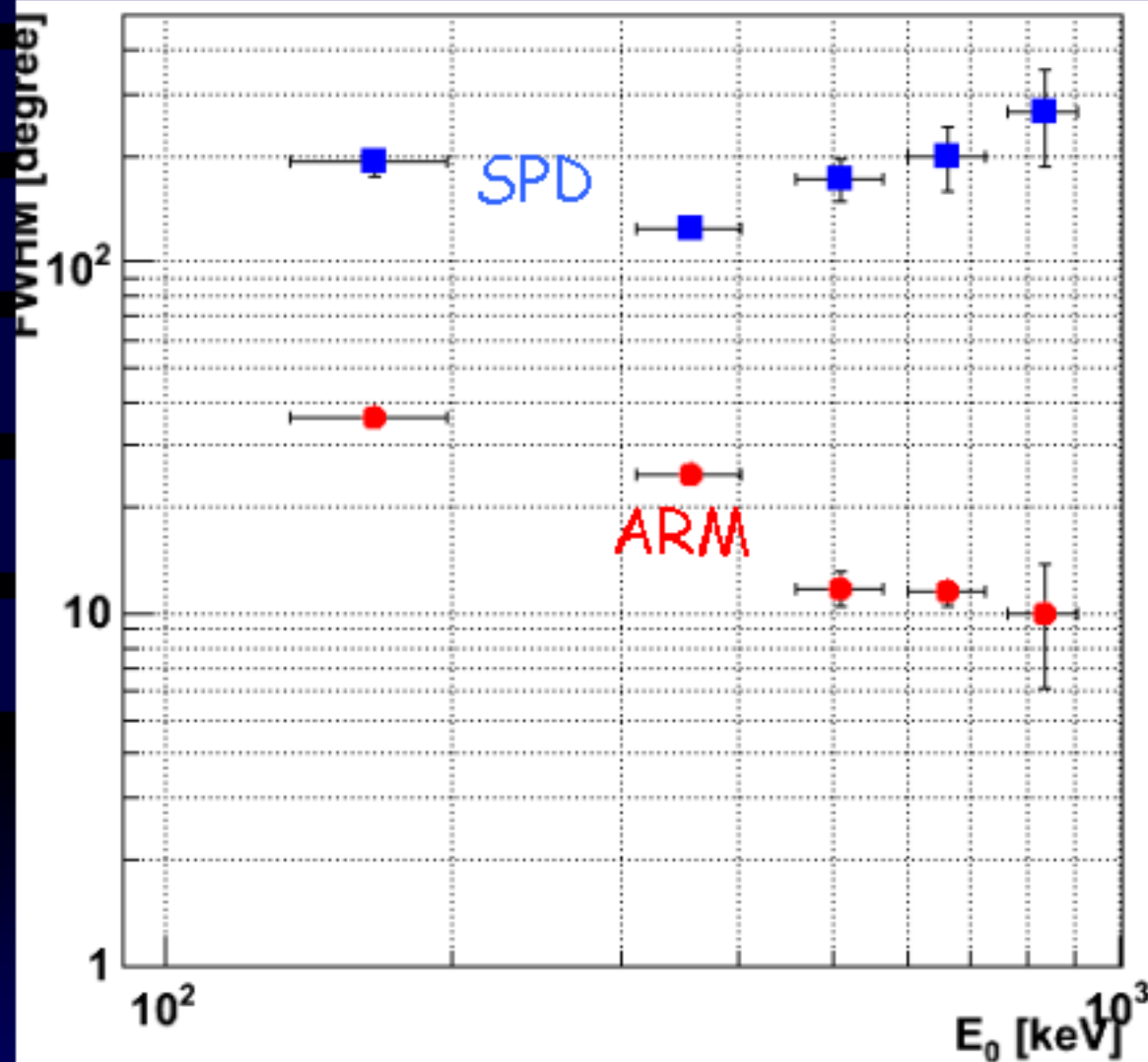


- μ -TPC
~45% @ 22keV
- GSO
~11% @ 662keV



MeV γ -ray camera
~12% @ 662keV

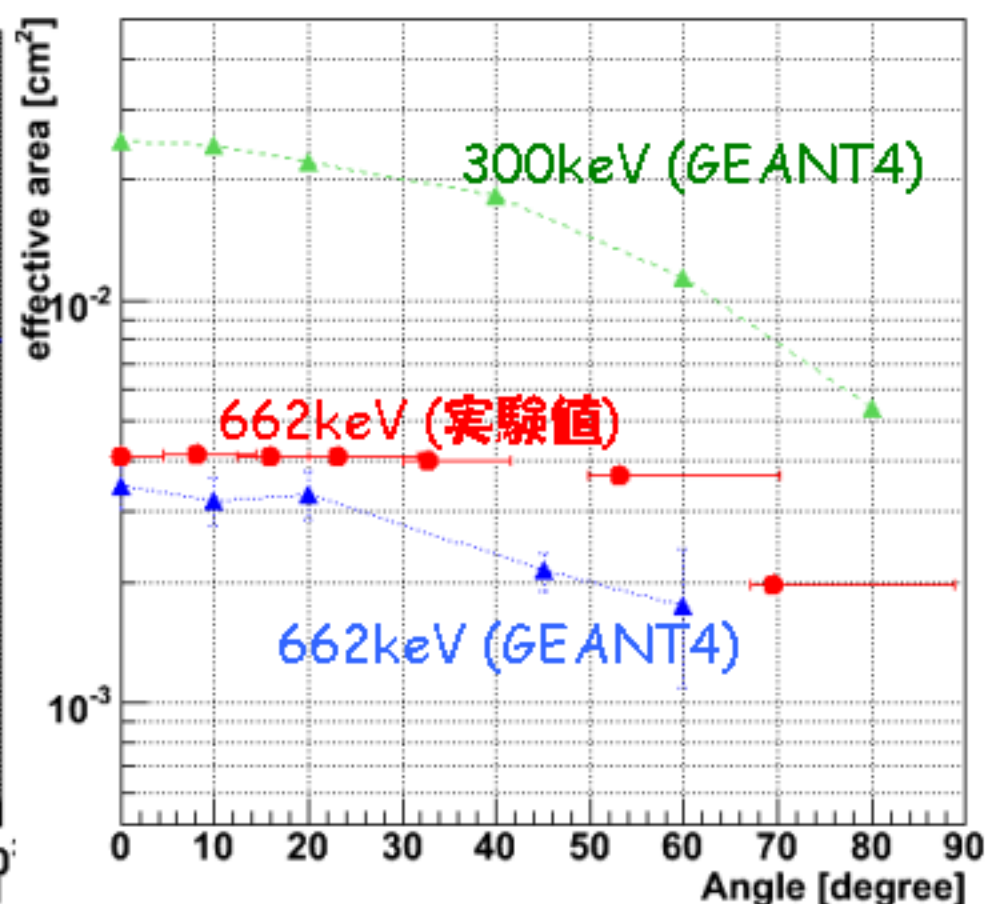
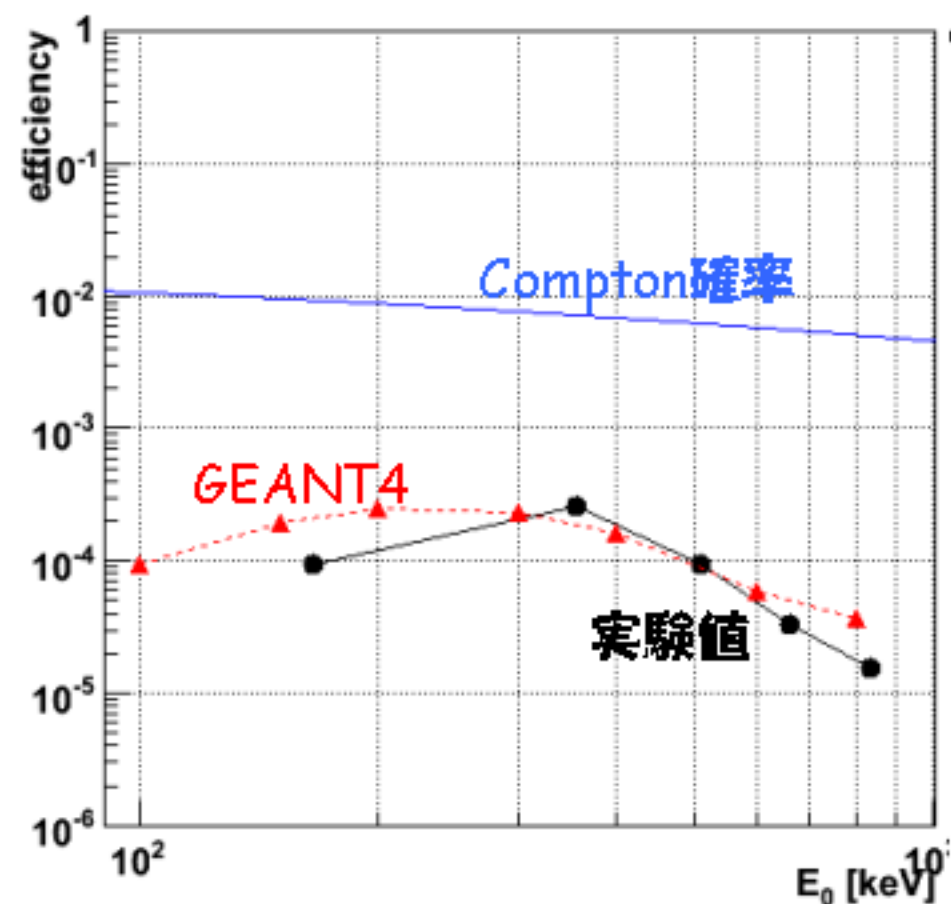
Angular resolution



- ARM (FWHM)
~25° @ 356keV
- SPD (FWHM)
~125° @ 356keV

ARM : Angular Resolution Measure (散乱角決定精度)
SPD : Scatter Plane Deviation (散乱平面決定精度)

Detection Efficiency & FOV

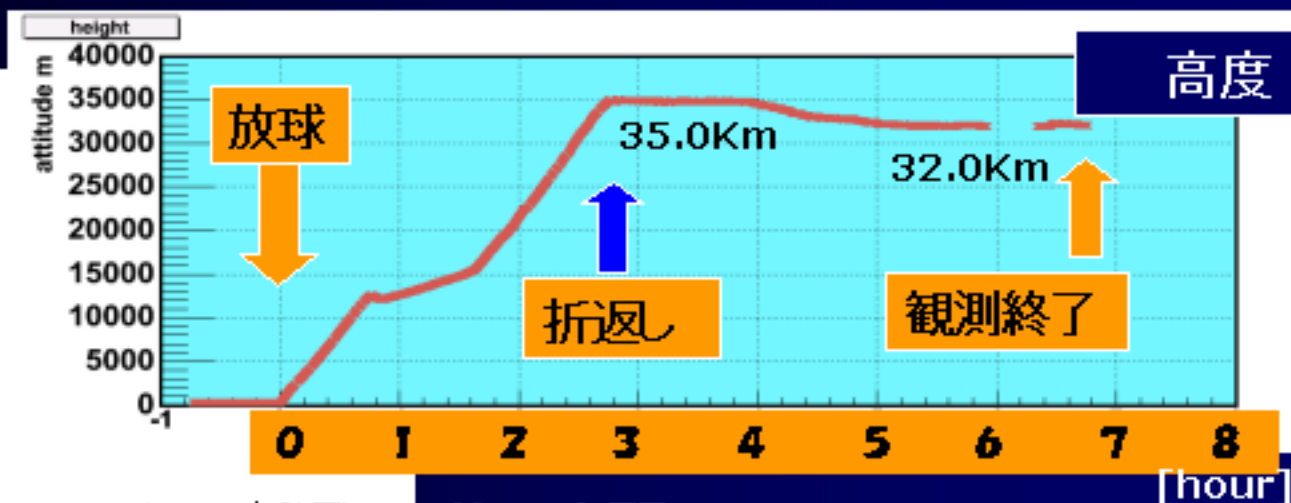
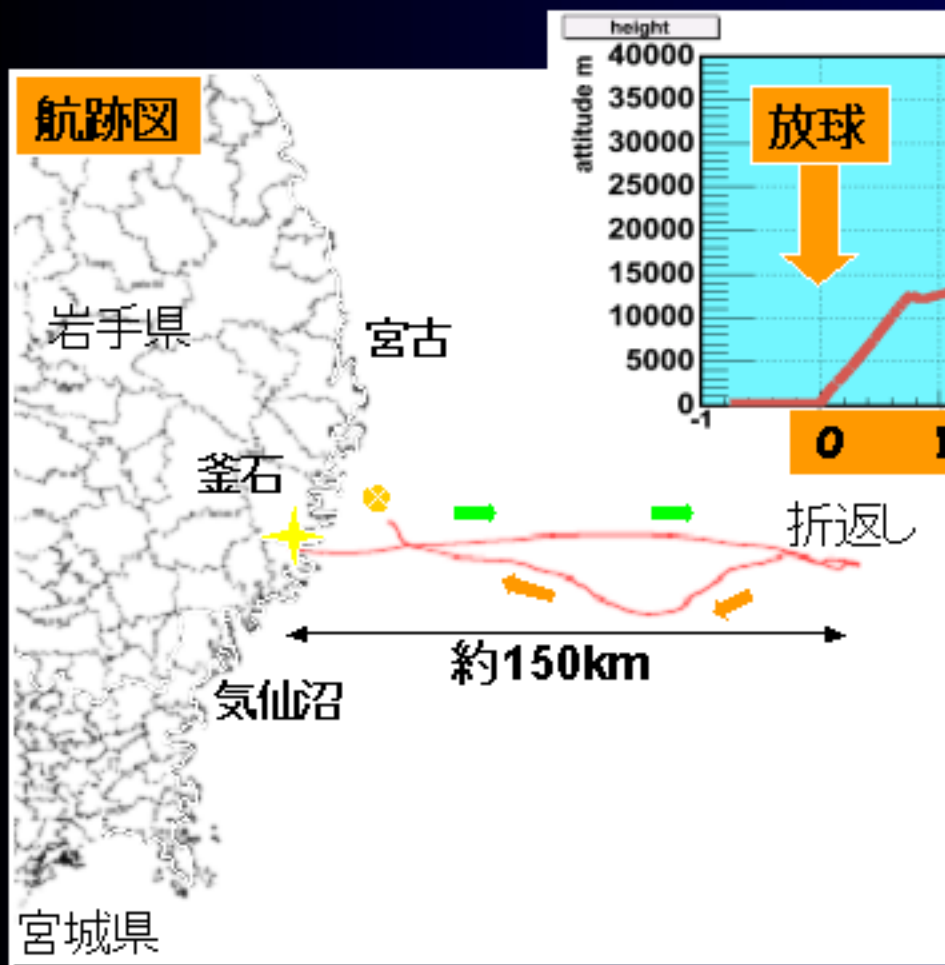


- detection efficiency $\sim 2.5 \times 10^{-4}$ @ 356keV
- FOV ~ 3 str (zenith angle $\leq 60^\circ$)

Balloon Flight

三陸大気球観測所

2006年9月1日6時11分放球



約7時間のフライト

5時26分 検出器 電源ON

6時11分 放球

8時56分 水平浮遊開始

12時59分 検出器 電源OFF

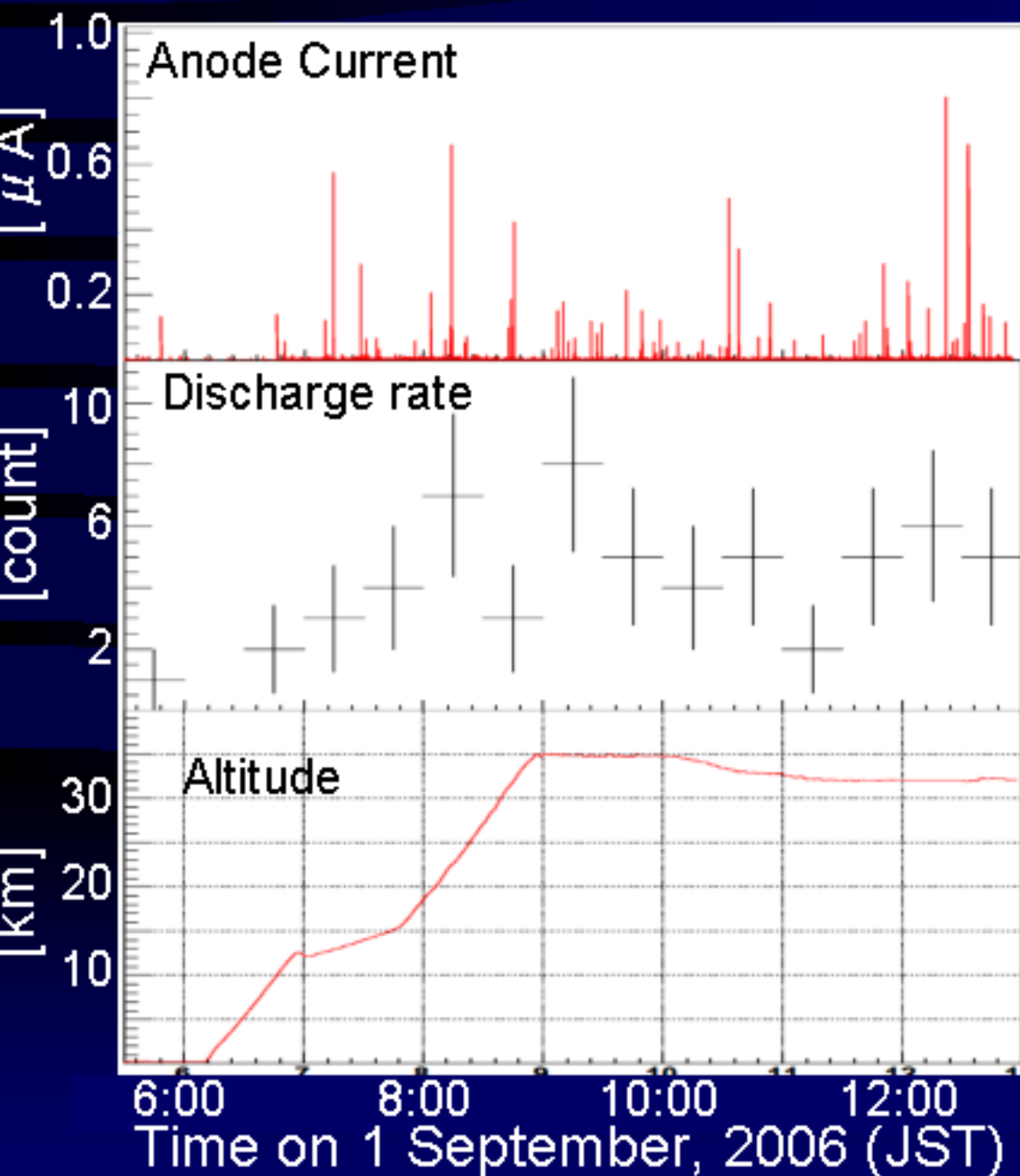
13時20分 切り離し

13時45分頃 釜石沖 着水

14時32分 回収

回収も成功！

Status of μ -TPC



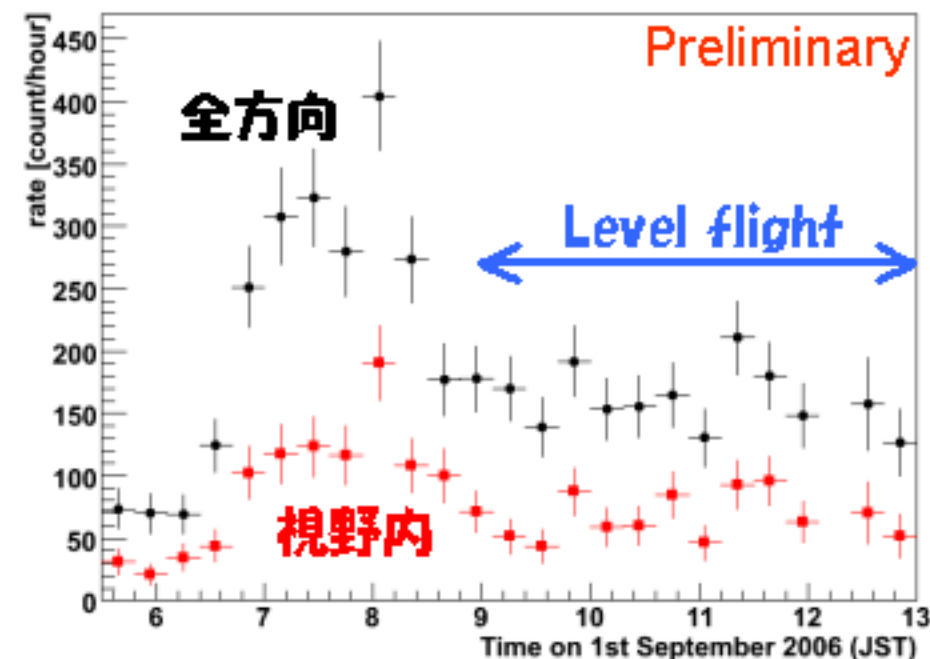
➤ 気球高度と共に
放電レートが増加
⇒ Energy depositの
大きいHeやCによる

➤ 放電以外の
異常電流は見られない
⇒ TPCは32~35 kmの
上空で安定に動作

Gamma-ray rate & spectrum

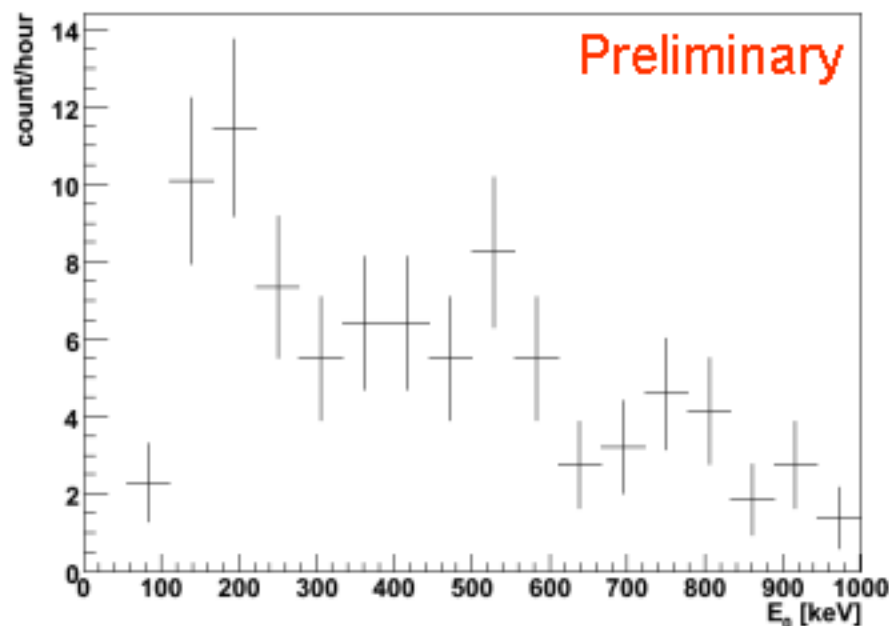
←ガンマ線カウントレート

- 100~900 keV
- 4π 方向 $\sim 1000 \gamma$
- 視野(3str)内 $\sim 450 \gamma$



エネルギースペクトル →

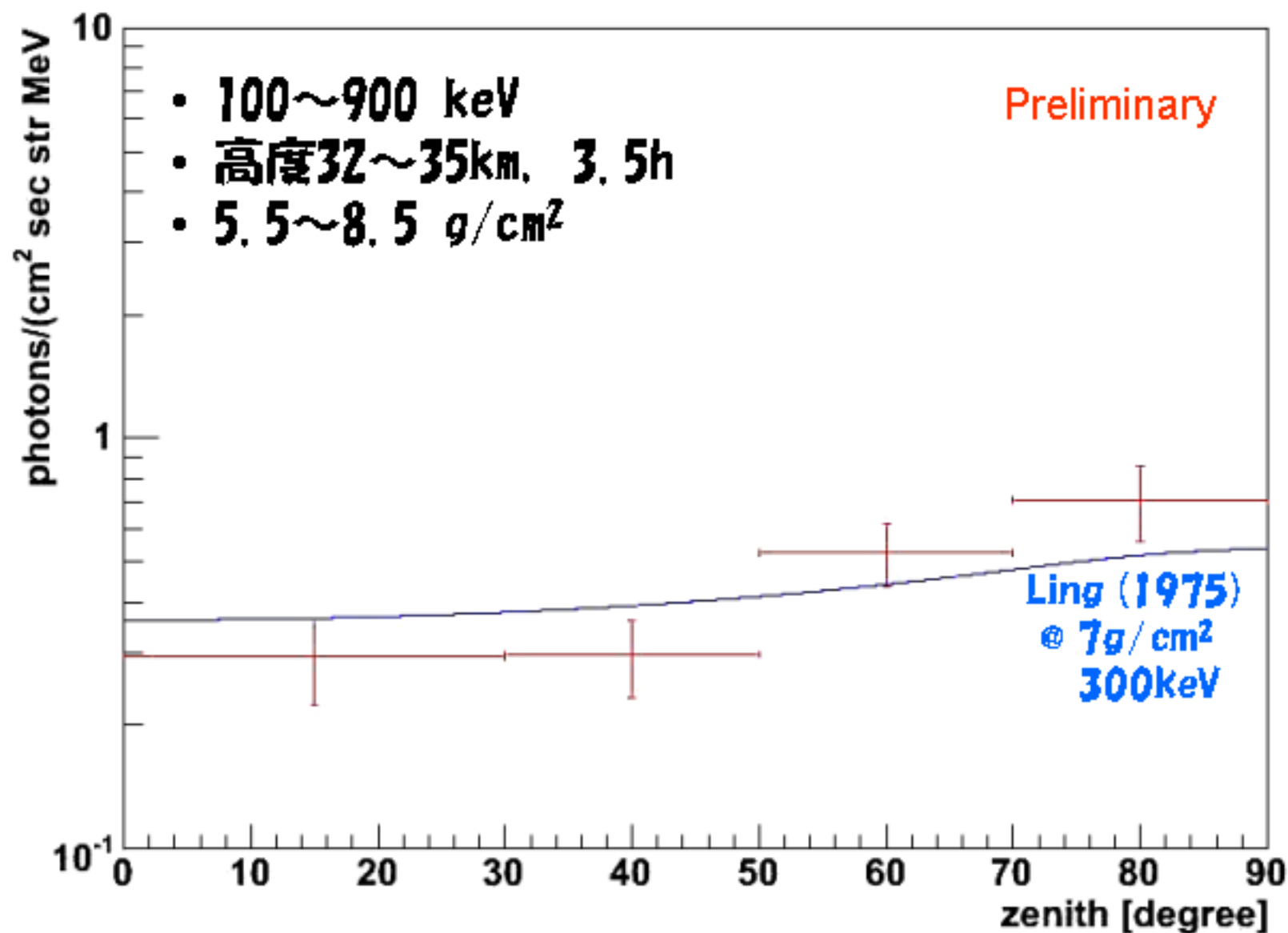
- 32~35 km level flight
- 3.5 h (live ~ 3 h)
- 視野3str内のevent
- ~ 200 photons



天頂角依存性

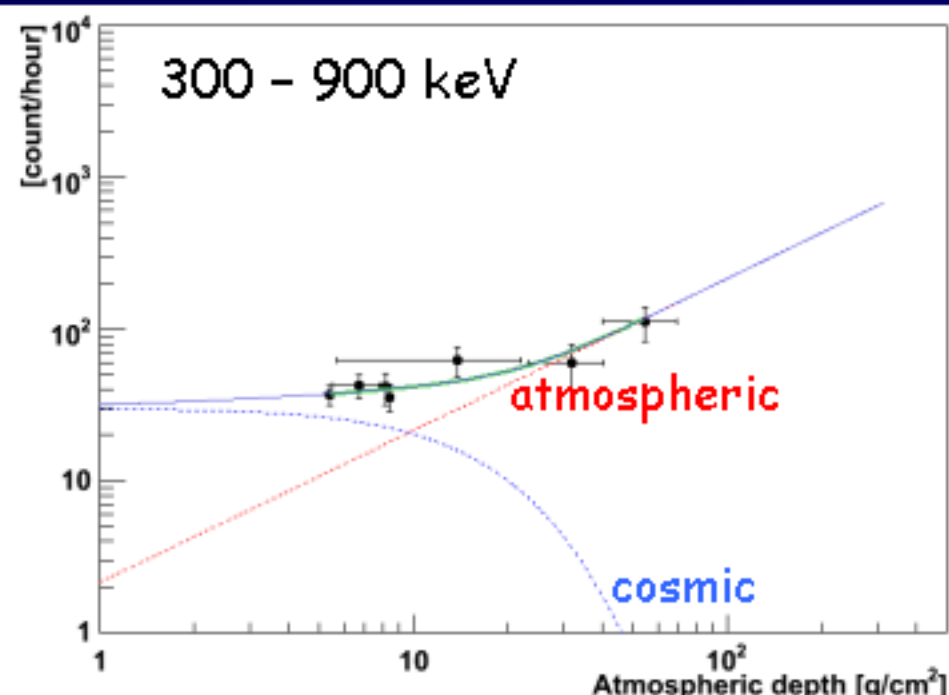
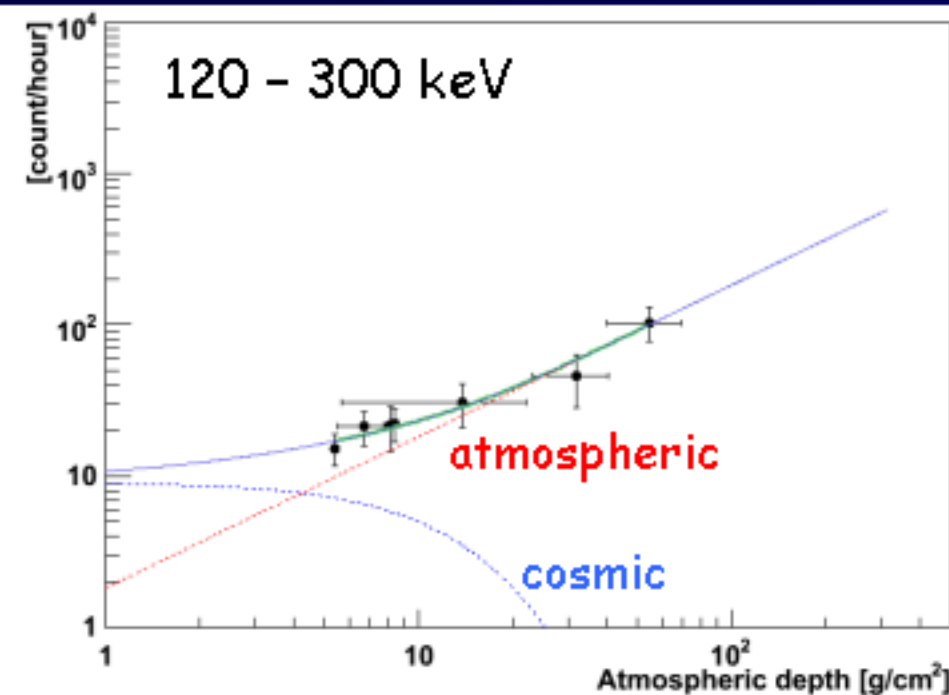
- 100~900 keV
- 高度32~35km, 3.5h
- 5.5~8.5 g/cm²

Preliminary



Growth curve

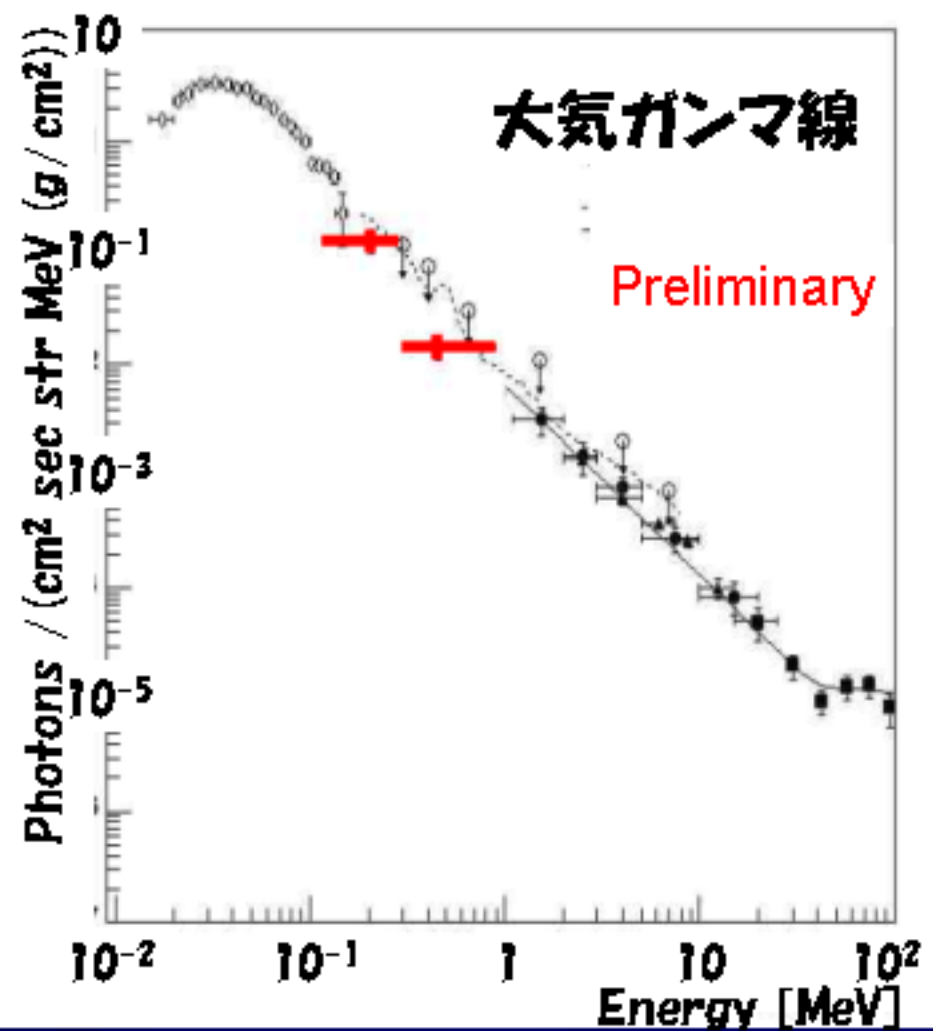
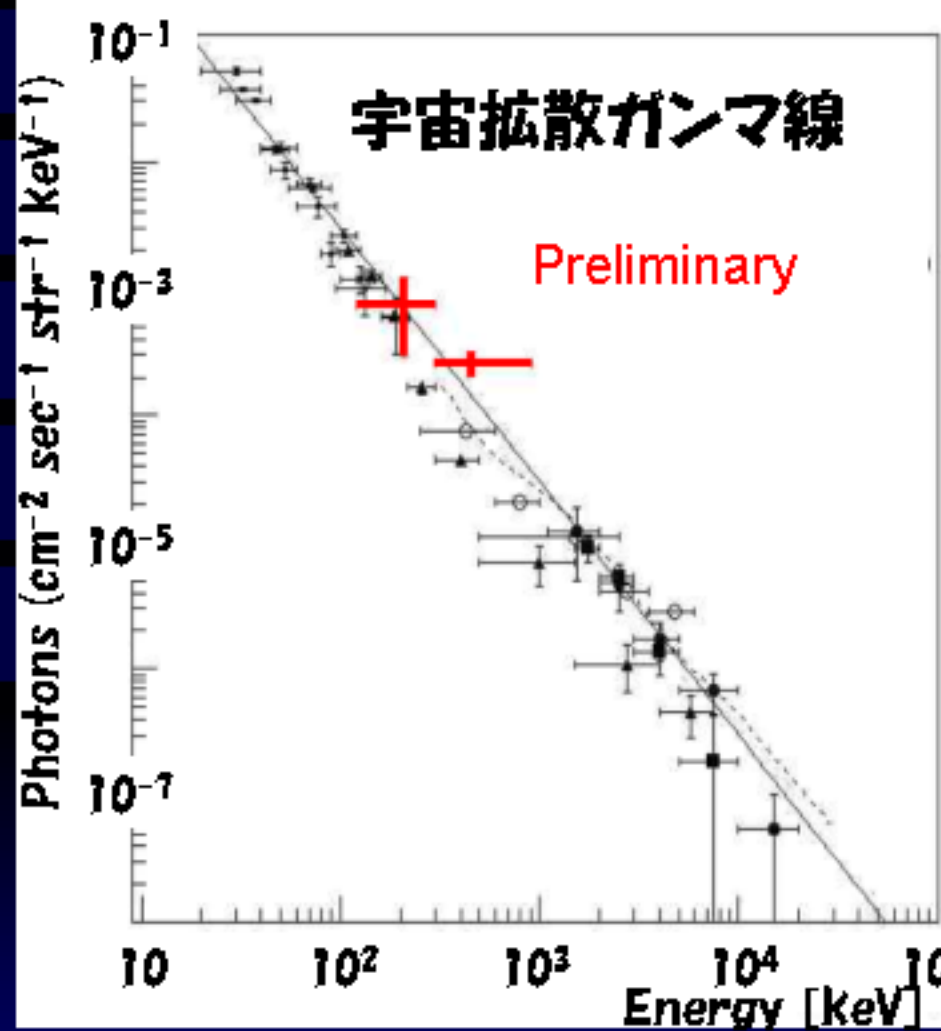
大気の厚みに対するガンマ線レートの変化



$a \cdot z + b \cdot (1+p) \cdot \exp(-z/\tau_{\text{tot}})$ でfitting

a, b: free parameter p: 大気散乱補正項 τ_{tot} : mean free path

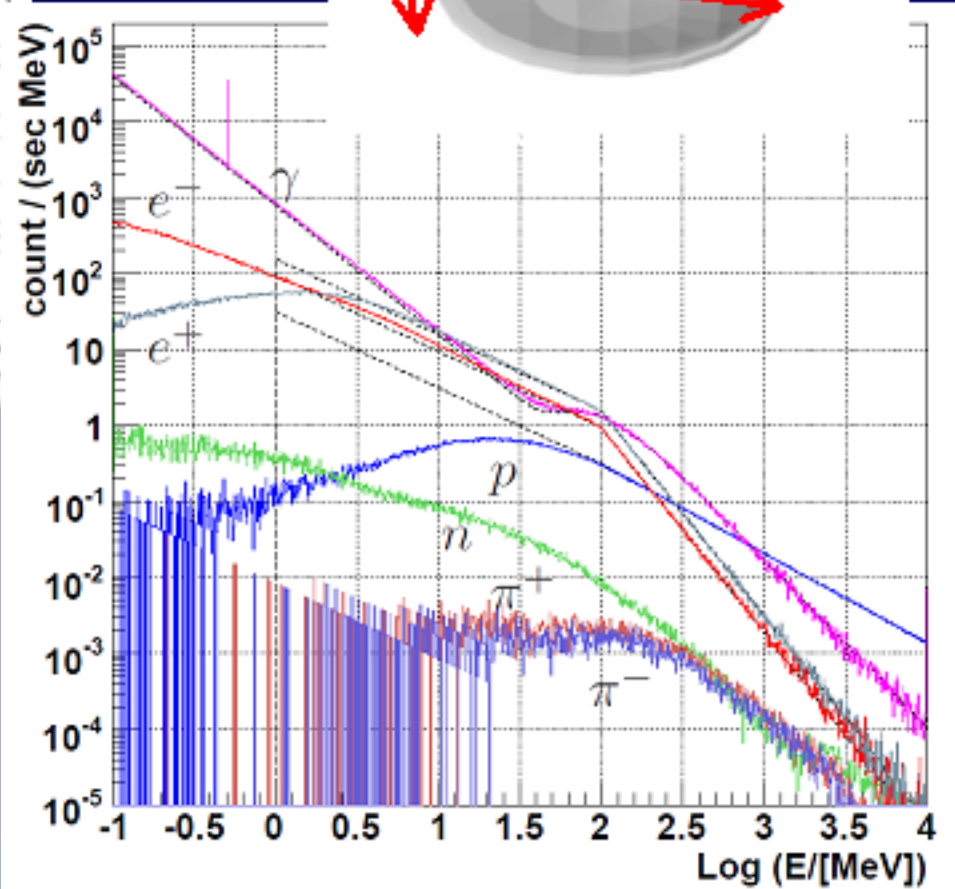
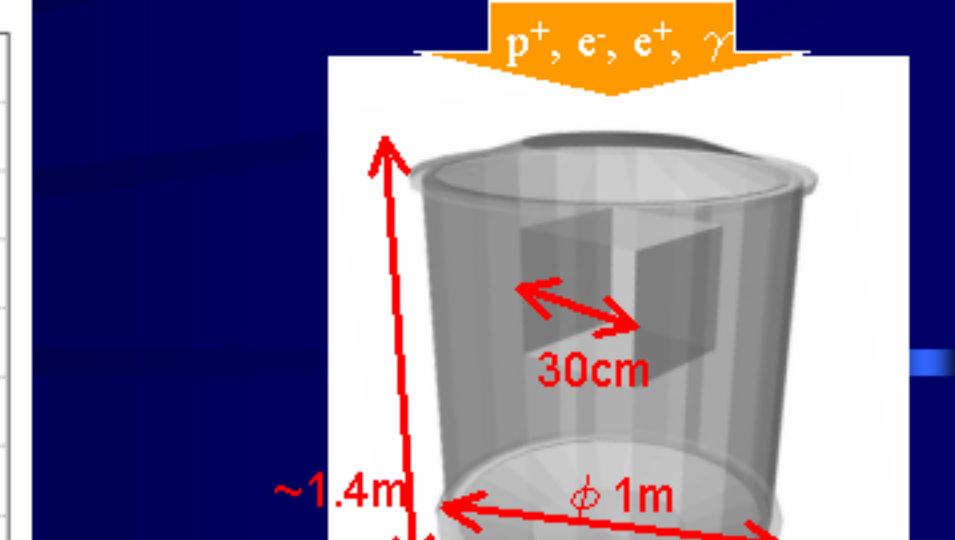
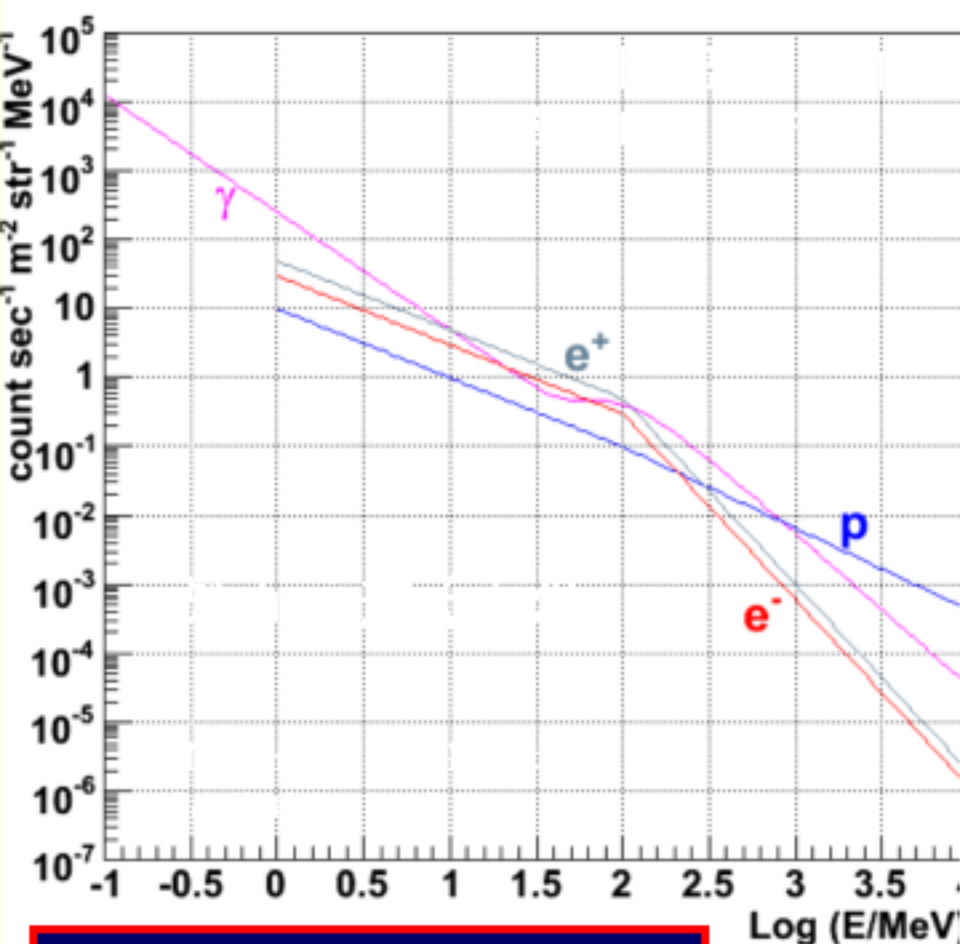
宇宙拡散・大気ガンマ線フラックス



Diffuse Cosmic/Atmosphericとも、過去の観測と矛盾しない

まとめ

- 電子飛跡検出型コンプトンカメラを開発
- 入射ガンマ線の到来方向とエネルギーを一意に決定できることを証明
- 2006年9月1日 三陸気球センターから放球
- 7時間のフライト、高度32~35kmで4時間の水平飛行
- 上空において、検出器は安定に動作
- 電子飛跡検出型コンプトンカメラの気球高度での観測は世界初
- 全フライトで約1000個のガンマ線を観測
- 水平飛行中、視野内に200個のガンマ線を観測
- 測定結果から宇宙拡散・大気ガンマ線それぞれのフラックスを得ることに成功
- 広視野かつ高いバックグラウンド除去能力を気球高度で実証

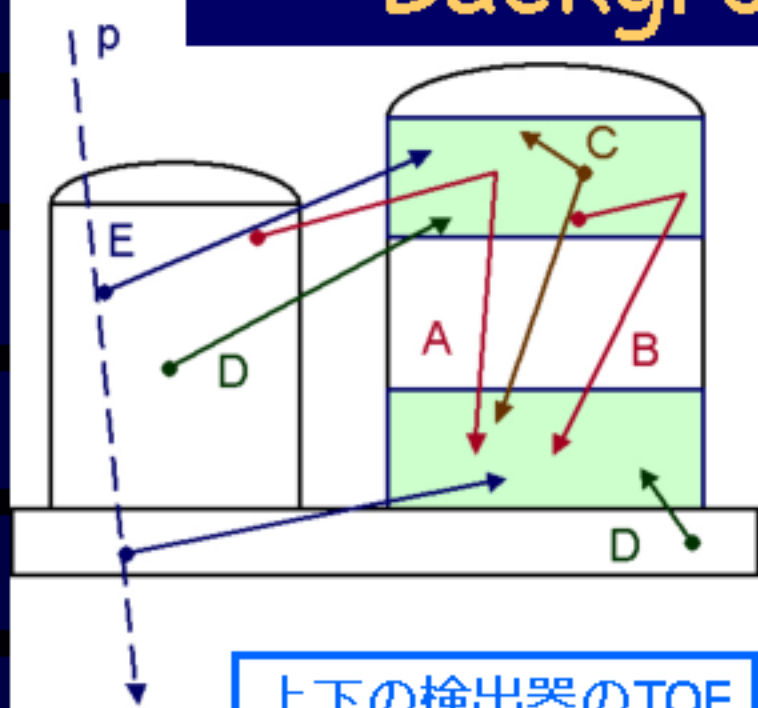


できれば荷電粒子の
トリガは抑えたい

- $>1\text{MeV}$ の γ は来ないし、止められない
- MIPがGSOで落とす energyは $>1\text{MeV}$

Background of COMPTEL

G.Weidenspointner, et.al. (A&A, 2001)

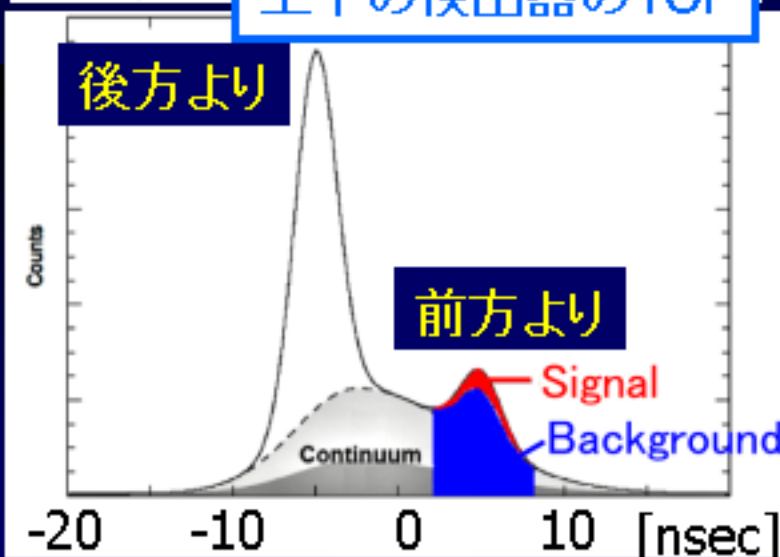


- A: external γ
 - B: internal γ
 - C: two γ
 - D: random coincidence
 - E: proton-induced γ
- 取り除けない
 γ 線background

上下の検出器のTOF

Other background
neutron
electron
大気からの γ 線

COMPTELでは
上下の検出器のTOFを用いて
ある程度除去



→ Backgroundは落としきれず
SNは非常に悪い