

ガス飛跡検出器を用いた γ 線コンプトンカメラの 気球フライトモデルの開発 +気球フライト速報

京都大学宇宙線研究室 西村 広展

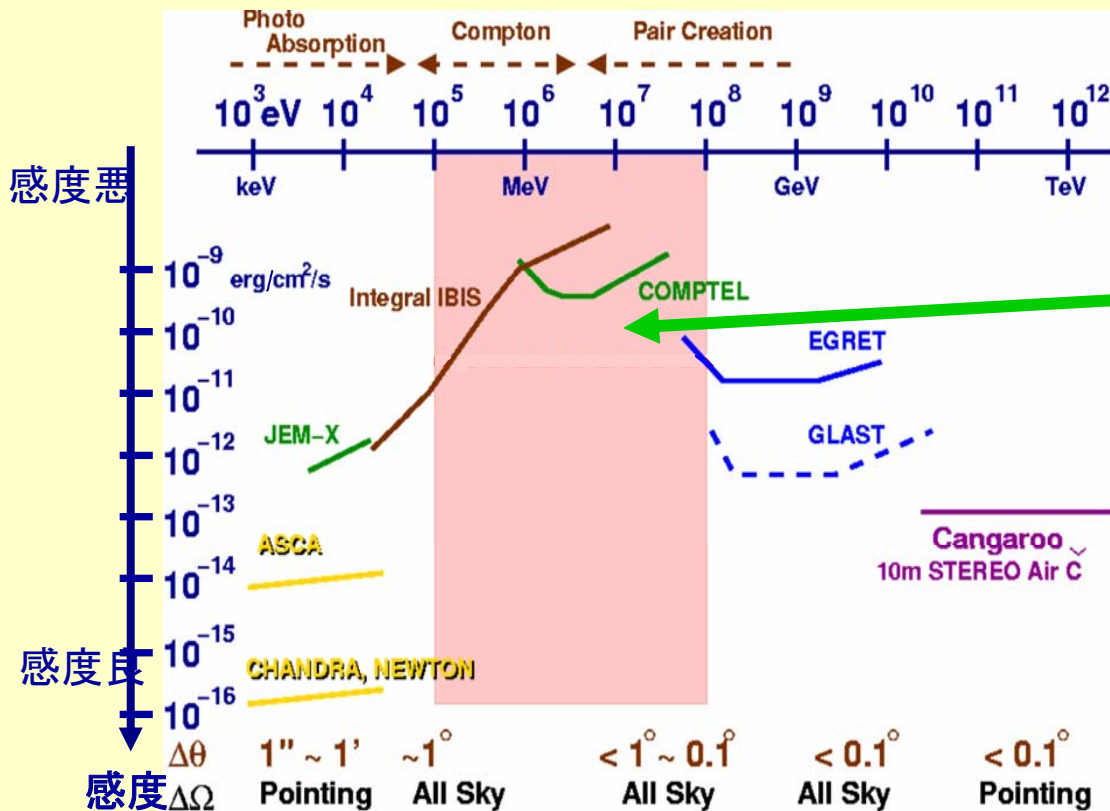
谷森達、窪秀利、身内賢太郎、土屋兼一、株木重人、
高田淳司、岡田葉子、服部香里、上野一樹、黒澤俊介

目次

- 1、Advanced Compton Camera
- 2、MeV γ 線気球実験SMILE
- 3、第一回打ち上げ結果(速報)

MeV γ 線観測

これまでの硬X線・ γ 線の代表的観測機器を観測感度



エネルギー

COMPTTEL (1990~2000)

以後観測なし。

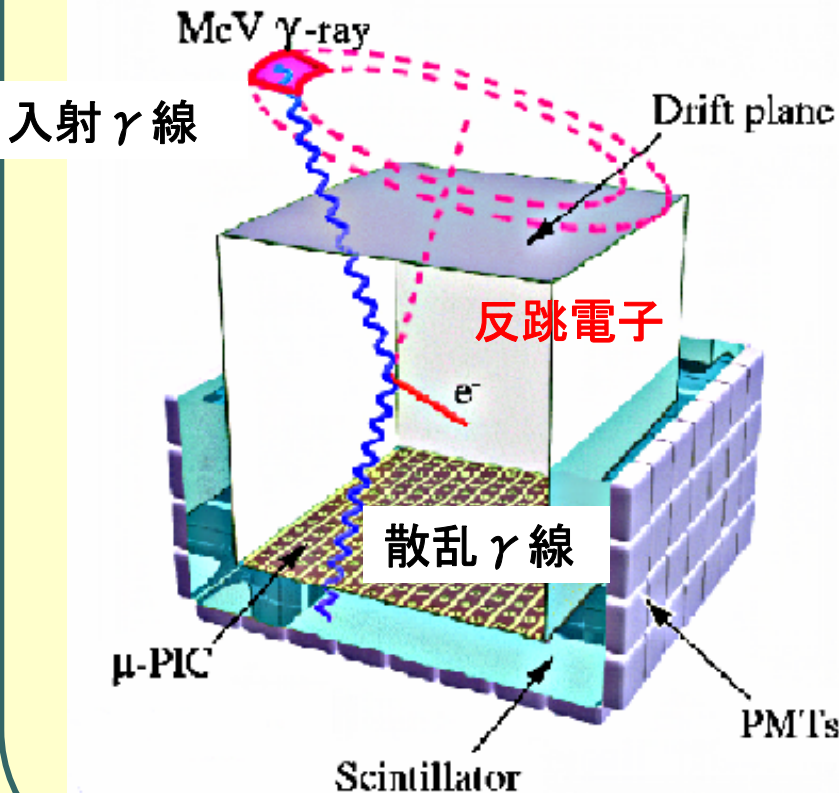
具体的計画もなし。

超新星残骸・ブラックホール

AGN・GRBなどの天体研究において期待。

Advanced Compton Imaging 次世代コンプトン法

次世代コンプトンカメラ概念図



micro-TPC (散乱体)

反跳電子の飛跡とenergy

ガス検出器でのみ両方取得可能！！

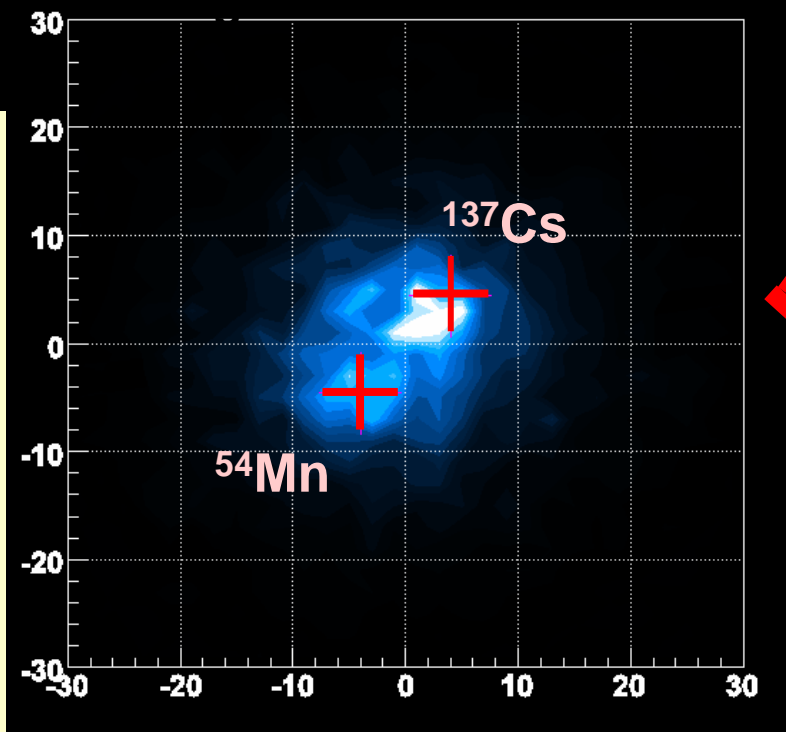
GSO Scintillator (吸収体)

散乱γ線の散乱方向とenergy

光子毎にCompton散乱を再現

- 1光子毎に到来方向 + energy
⇒少ない統計でイメージング
- 強力なbackground除去能力
- 大きな視野 (~3str)
⇒全天探査

検出器の性能 (プロトタイプ1000cm³)

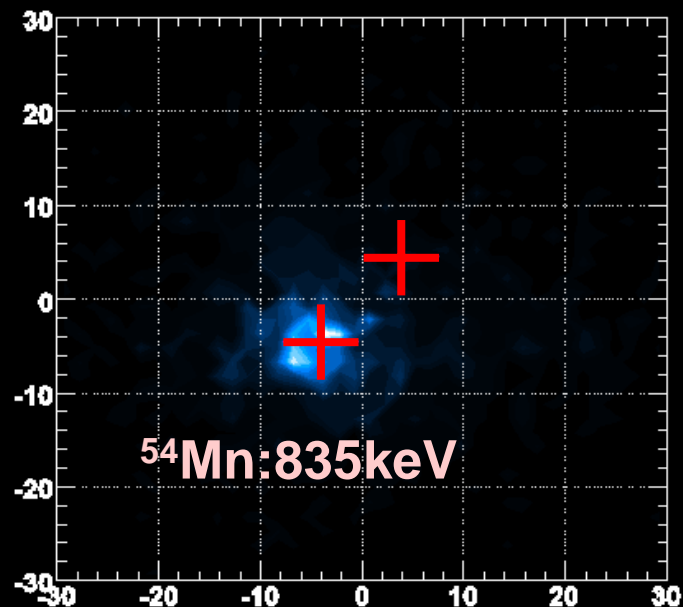
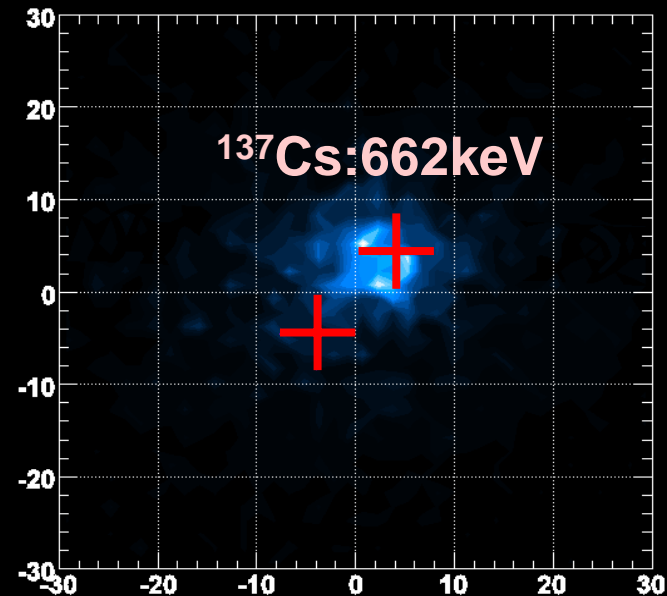
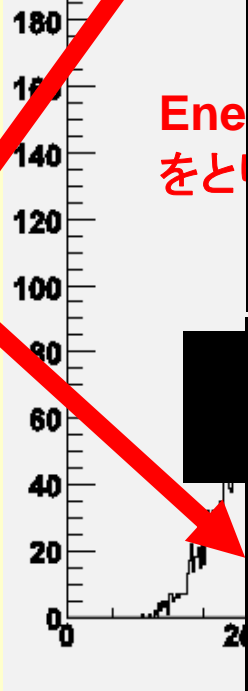


10° 程度の角度分解能。20%程度のエネルギー分解能。
¹³⁷Cs(4,4.5) ⁵⁴Mn(-4,-4.5) において測定

γ線

120cm

Energy
をと



開発計画（気球観測による性能試験）

- 小型(10cmガス槽) プロトタイプ開発 完了
- 小型(10cmガス槽) フライトモデル開発 (検出効率 $\sim 10^{-4}$)
⇒ 気球搭載によるバックグラウンド γ 線測定・フライト実証
(宇宙科学研究本部と協力)
- 大型(30cmガス槽使用)プロトタイプ開発 現在進行中
詳細は2006 物理学会 宇宙線(9月22日 於:奈良女子大)
- 大型(30cmガス槽使用)フライトモデル開発
⇒ 気球搭載による天体観測実証(宇宙科学研究本部と協力)

SMILE (*Sub-MeV γ -ray Imaging Loaded-on-balloon Experiment*)

長期間気球・衛星搭載・超大型化により全天探査

2006 天文学(秋)

九州国際大学

第1回気球実験 放球ゴンドラ

- ゴンドラサイズ：1.45×1.2×1.55m³
- ベッセルサイズ： $\phi 1 \times 1.4\text{m}^3$
- ゴンドラ 総重量 397kg
- 総消費電力：~350W
 - ベッセル内部：220W

耐圧ベッセル内 (1 atm)：

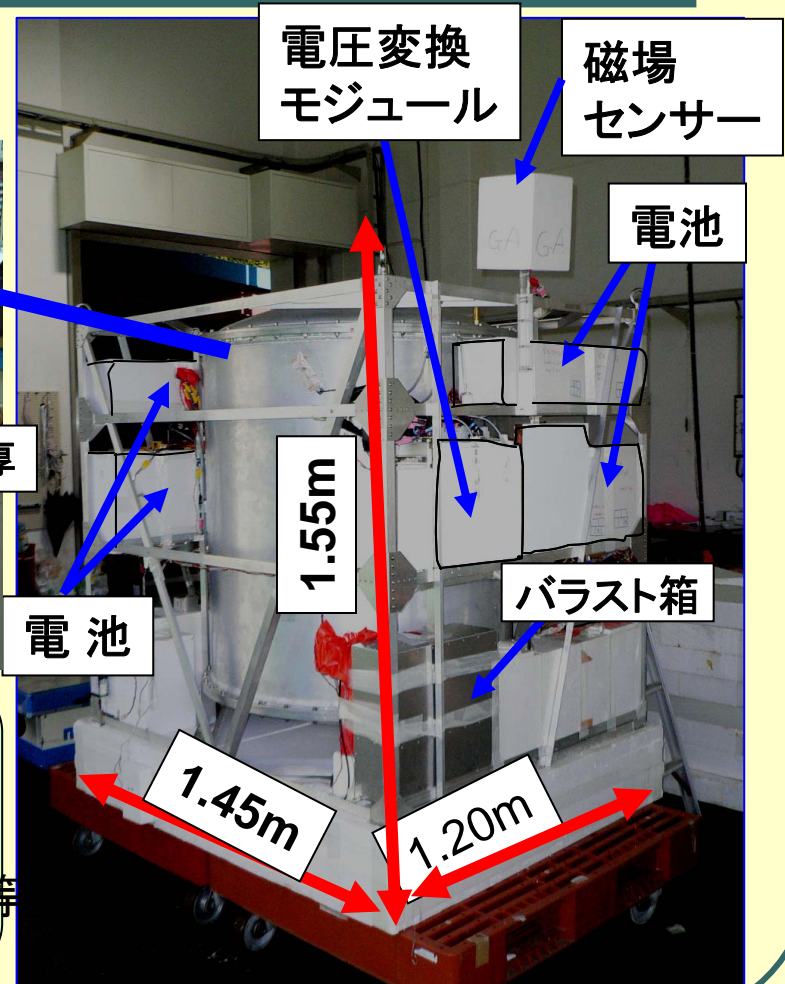
検出器
DAQシステム・記憶装置
温度センサー・圧力計
GPS本体・傾斜計

ベッセル外：

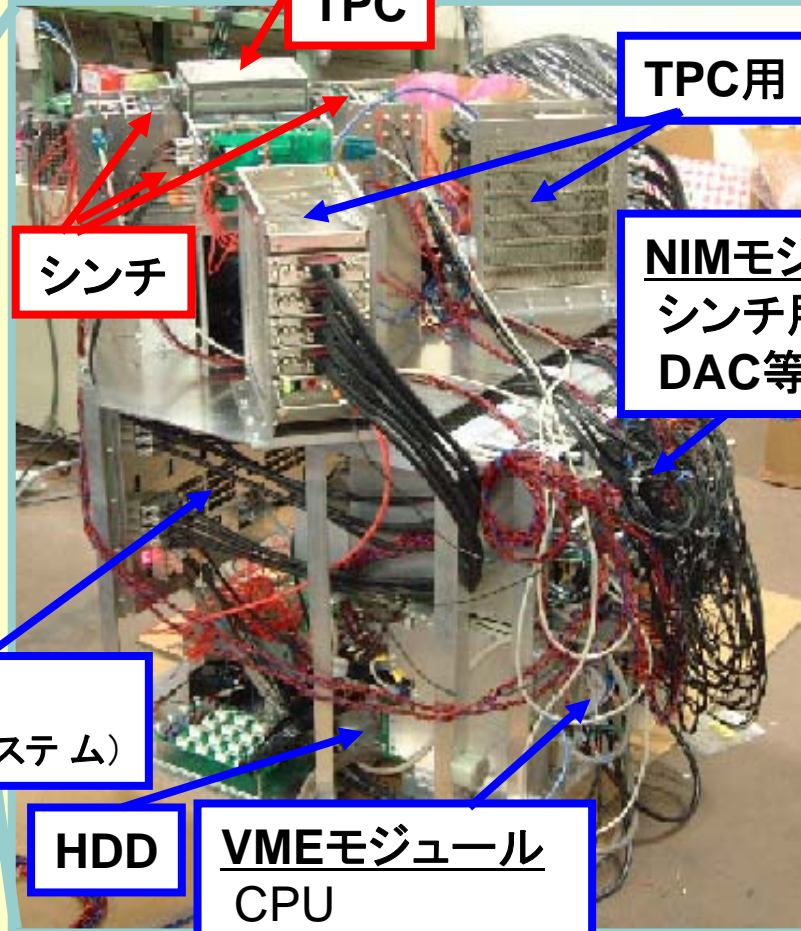
電源供給システム
電池
温度センサー・圧力計
GPSアンテナ・磁場センサー

気球工学：

送信器・受信器
トラポン・ブイ・ゾンデ
GPS・圧力計・温度計等



ベッセル内部 検出器



TPC

TPC用 amp

シンチ

NIMモジュール
シンチ用Amp
DAC等

encoder
(FPGAデータ処理システム)

HDD

VMEモジュール
CPU
各種ADC
通信モジュール
カウンターボード

• *TPC* :
Xe+Ar+C₂H₆混合ガス
10×10×15cm³

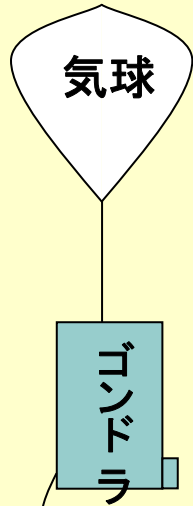
• シンチレータカメラ :
GSO(Ce) 6mm角
3×3 PMTs@bottom
4×(3×2) PMTs@side

• Anti 用Plasticシンチ
30cm×30cm×3mm
(荷電粒子線veto)

取得データはすべてHDDに書き込み

+
一部をテレメトリーで地上に送信

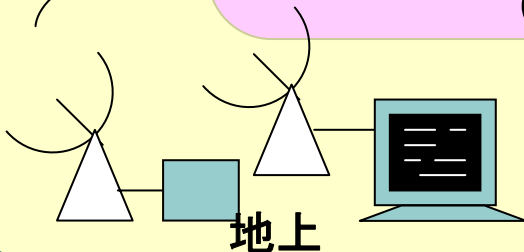
通信系 (気球工学系を除く)



- 気球⇒地上 FM波 64kbps Bi-phase
 - モニターデータ(電圧・温度・圧力・位置等 384byte/set)
 - カウンターデータ(各種トリガーカウンター 320byte/set)
 - イベントデータ(DAQ取得情報の一部。384byte/set)

高
優先順位
低

- 地上⇒気球 接点コマンド ダブルトーン 9ch
 - 6ch 電源システム制御(ON・OFF)
 - 3ch 選択コマンド コントロール
15メニュー×8項目
(DAQコントロール(veto On/Off)、HVコントロール等)



使用気球

- B100 100000m³
- 藤倉航装製
- 総重量 816kg
(気球263kg ゴンドラ397kg
荷姿 25.8kg バラスト 130kg)
- 総浮力 888.2kg
- 到達高度 34.7km

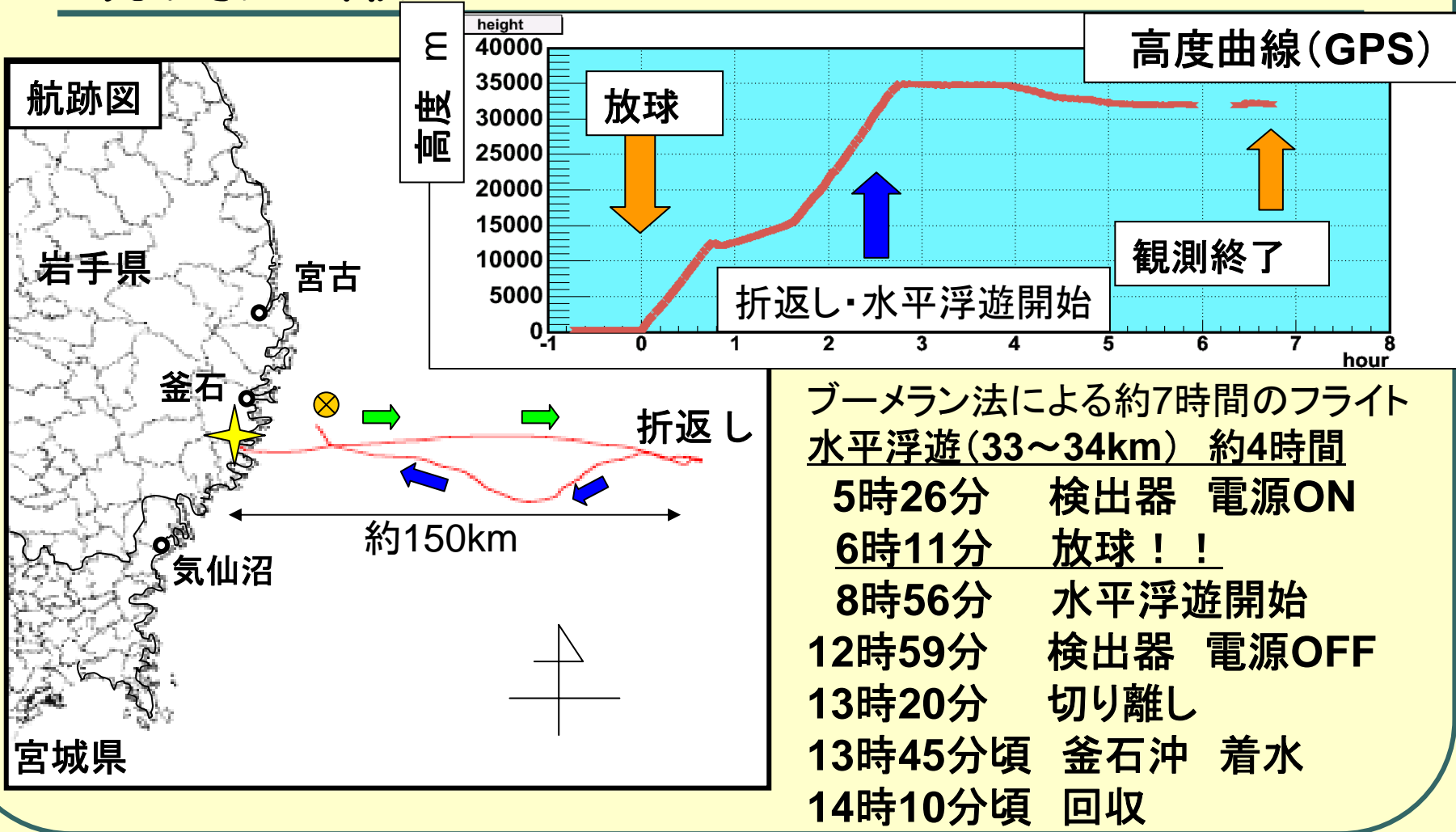
放球前のゴンドラ⇨



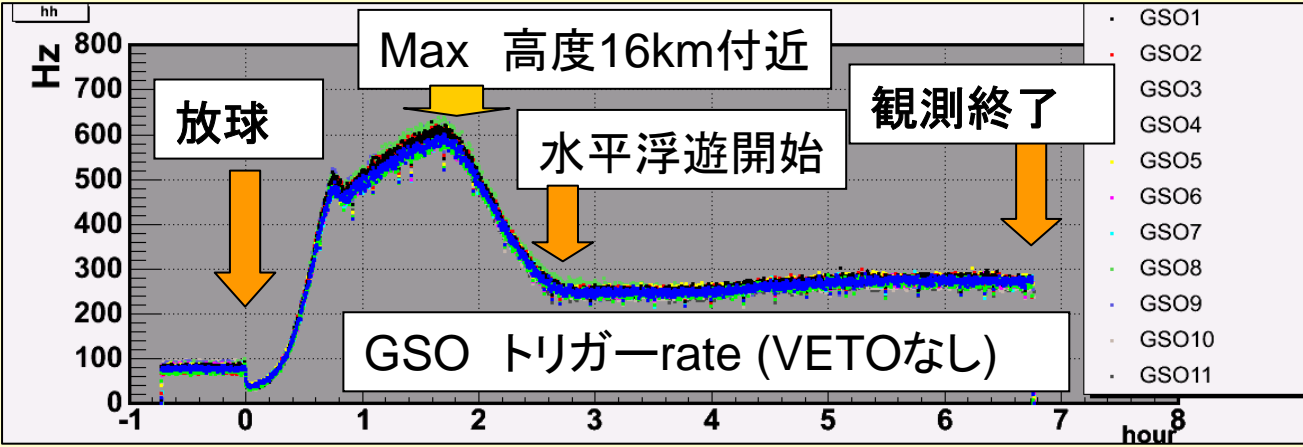
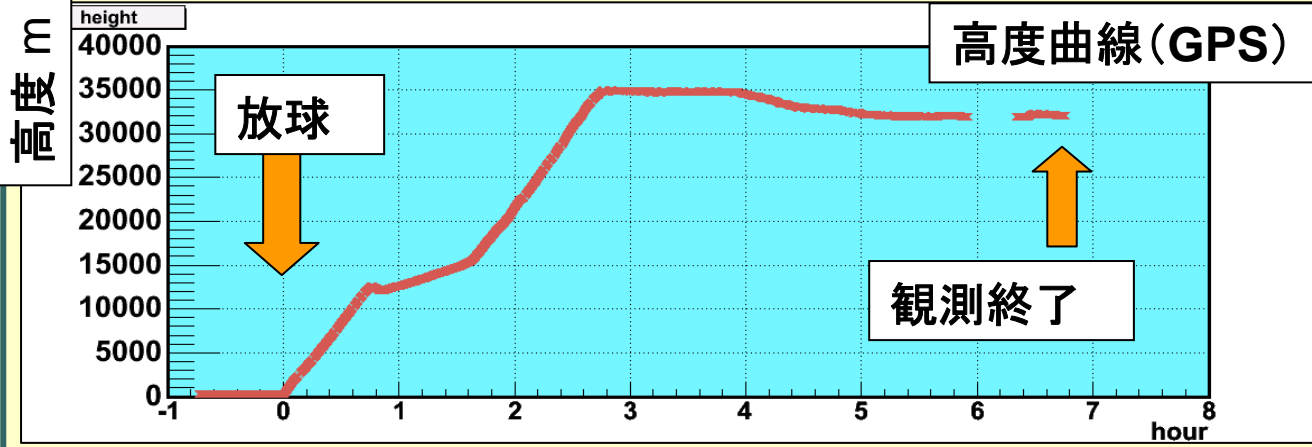
ISASの方々による
放球
(2006年9月撮影)

観測速報

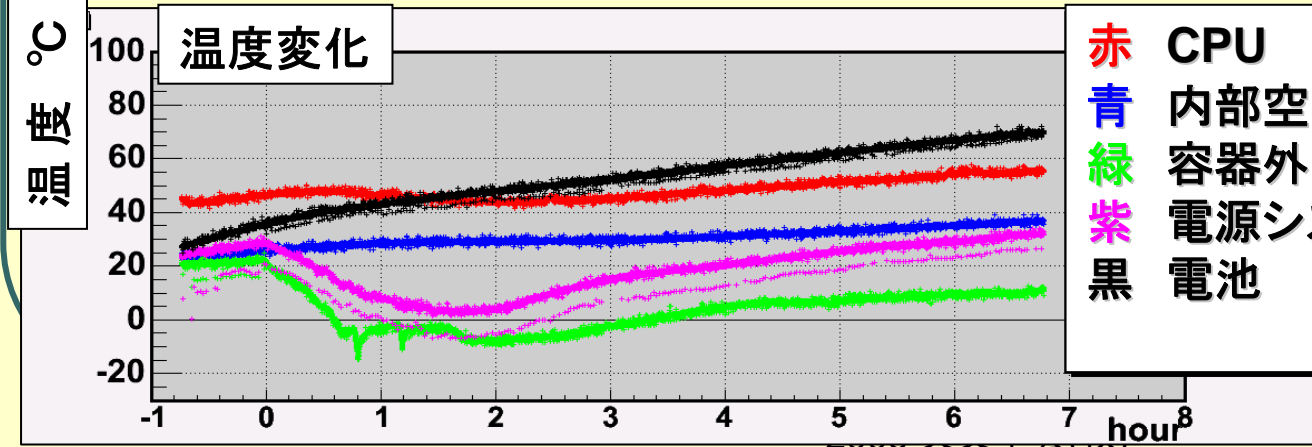
- 2006年9月1日(防災の日)6時11分放球
- 於 三陸大気球観測所



フライト時 検出器状況



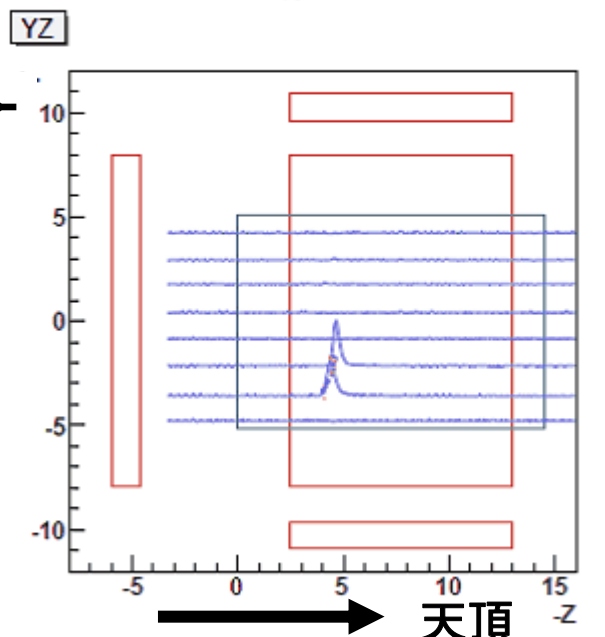
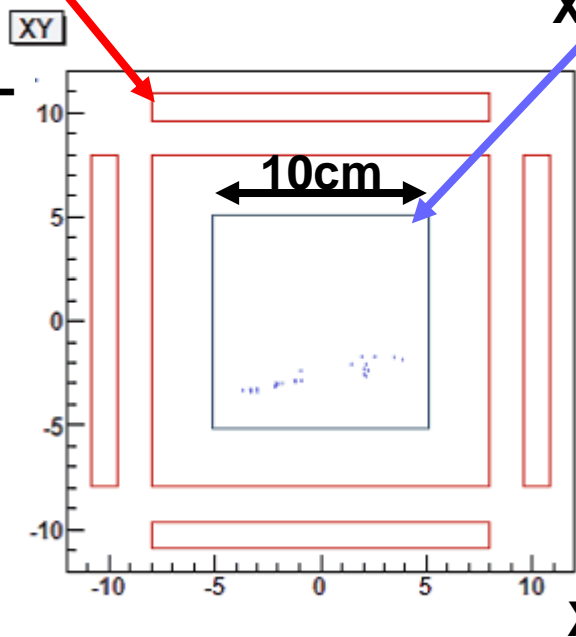
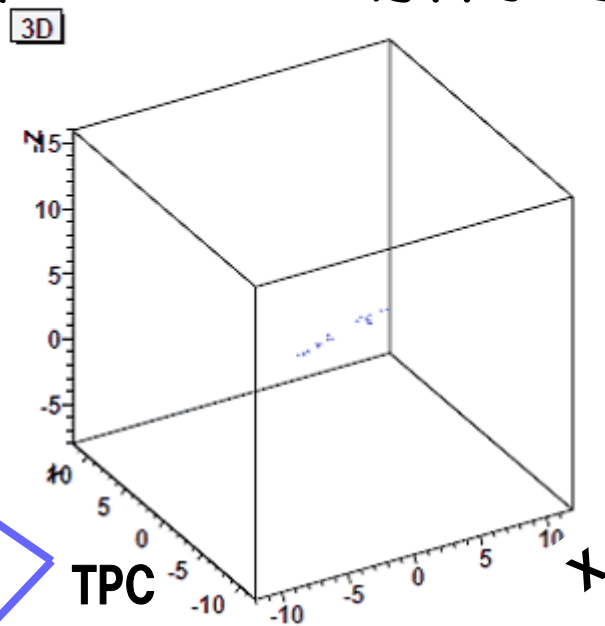
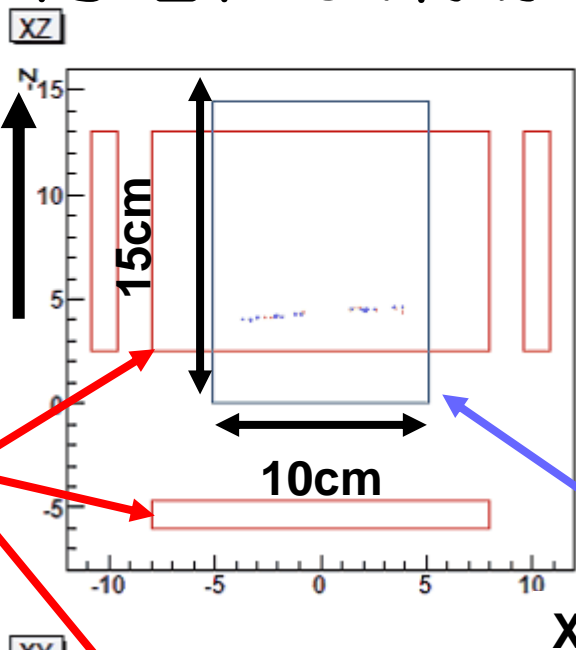
- テレメトリー
良好
- 検出器・DAQ
全フライト期間で
正常に動作
- データ取得レート
レベルフライト時
20Hz程度
- 温度上昇
想定範囲内



- 赤 CPU
- 青 内部空気
- 緑 容器外空気
- 紫 電源システム
- 黒 電池

問題なし
回収も成功

荷電粒子飛跡 (VETO 解除時)



シンチレータ

真上から

まとめ

1、Advanced Compton Camera を用いた気球実験 *SMILE*の概要

2、第一回のフライトモデルの紹介

3、第一回フライトの速報

- ⇒
- 検出器の正常動作確認(トリガーレート・DAQ・モニターシステム)
 - μ -TPC(μ -PIC+GEM)の安定動作確認
 - ゴンドラおよび記憶装置HDD回収
 - HDDデータ・検出器の損傷ほとんどなし。

ほぼ大成功！！

現在、取得データより γ 線再構成中。

次回は天体観測可能大型検出器によりCrab等の観測。

重量・電力を今回と同程度に抑えることが課題。