

長時間気球観測による 高エネルギー宇宙線加速天体の研究

早稲田大学 理工学術院
理工学総合研究所(理工学研究所)
鳥居祥二

参加研究者及び研究補助者

早稲田大学 清水雄輝、晴山慎、小平聡、日高 健、赤池陽水、福田康博、平 晃一
神奈川大学 田村忠久、日比野欣也、湯田利典
芝浦工業大学 笠原克昌、吉田健二、渡辺怡禎、佐藤俊成
JAXA/宇宙科学研究本部 山上隆正、斉藤芳隆、福家英之
弘前大学 倉又秀一、市村雅一
横浜国立大学 柴田禎雄、片寄祐作
立教大学 村上浩之
宇宙線研究所 瀧田正人、塩見昌司

研究概要

□ 予算

研究費： 450千円 旅費：100千円

支出内容：

64アノードPMT読み出し用前置回路部品

□ 研究内容：

高エネルギー電子、ガンマ線の気球観測によるCALETプロトタイプの
性能実証

□ 発表概要

- 気球搭載用CALET1/64スケールモデルの製作
- 気球実験概要とデータ解析
- 日中共同衛星実験
原子核乾板塗布及び現像施設の共同利用

気球実験@三陸大気球観測所

宇宙航空開発研究機構
宇宙科学研究本部
大気球観測所

岩手県大船渡市三陸町吉浜

B100-14

5/25~30 装置準備、噛合せ

5/31 放球・回収



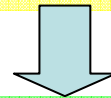
気球観測装置

BETS

(Balloon-borne Electron Telescope
with Scintillating fibers)

イメージンテンシファイア + CCD

サンプリングカロリメータ (SciFi + 鉛)



新技術の開発

CALET プロトタイプ (ISS用設計の1/64の面積)

- SciFi 1mm × 128本 × 8層 → MAPMT読み出し
- BGO (25 × 25 × 300) × 4本 × 6層 → PD読み出し
- トリガーシンチレーター
プラスチックシンチレーター 20mm (S1、S2)
BGO最上部4本sum PMT読み出し (B)

気球 B100 (100,000m²)

高度 37 km

重量 340 kg (バラスト 84 kg 込)

SΩ ~21 cm²sr

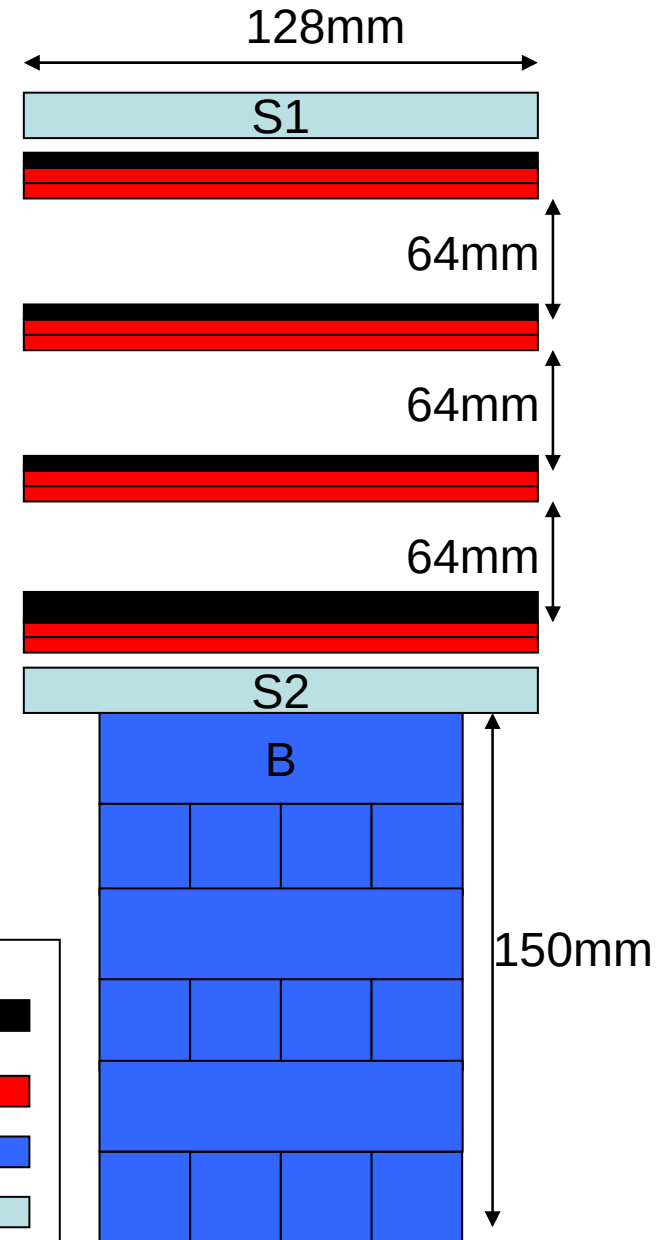
W 0.1 r.l. × 3

W 1.0 r.l. × 1

SciFi 1mm × 8

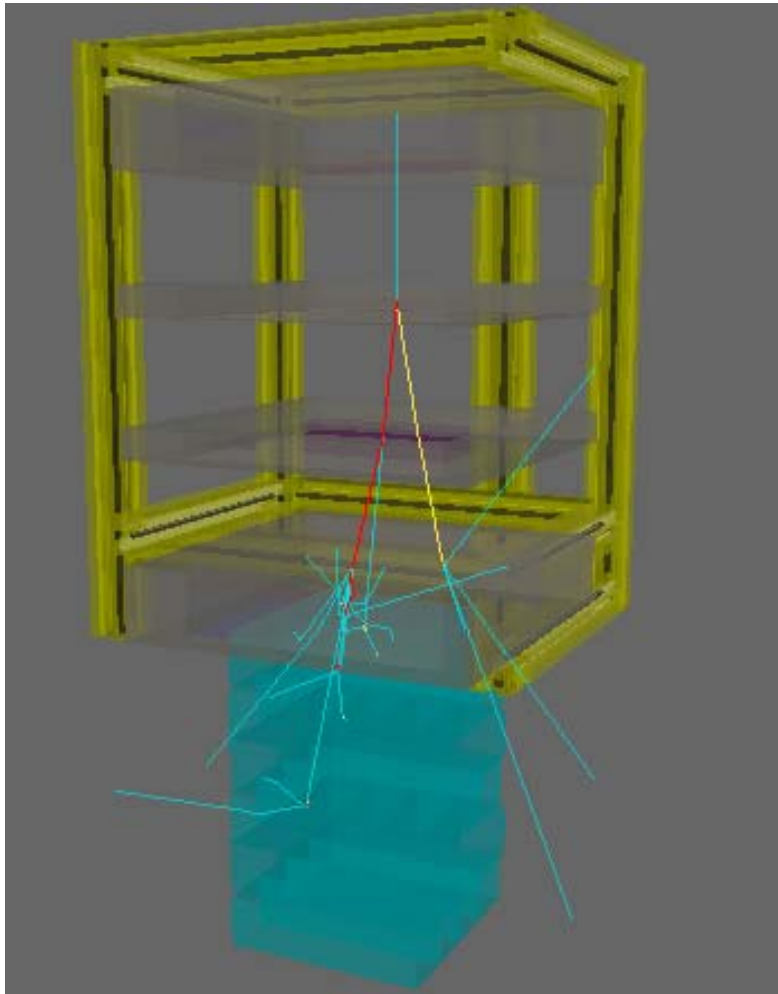
BGO 2.23r.l. × 6

S1、S2 20mm

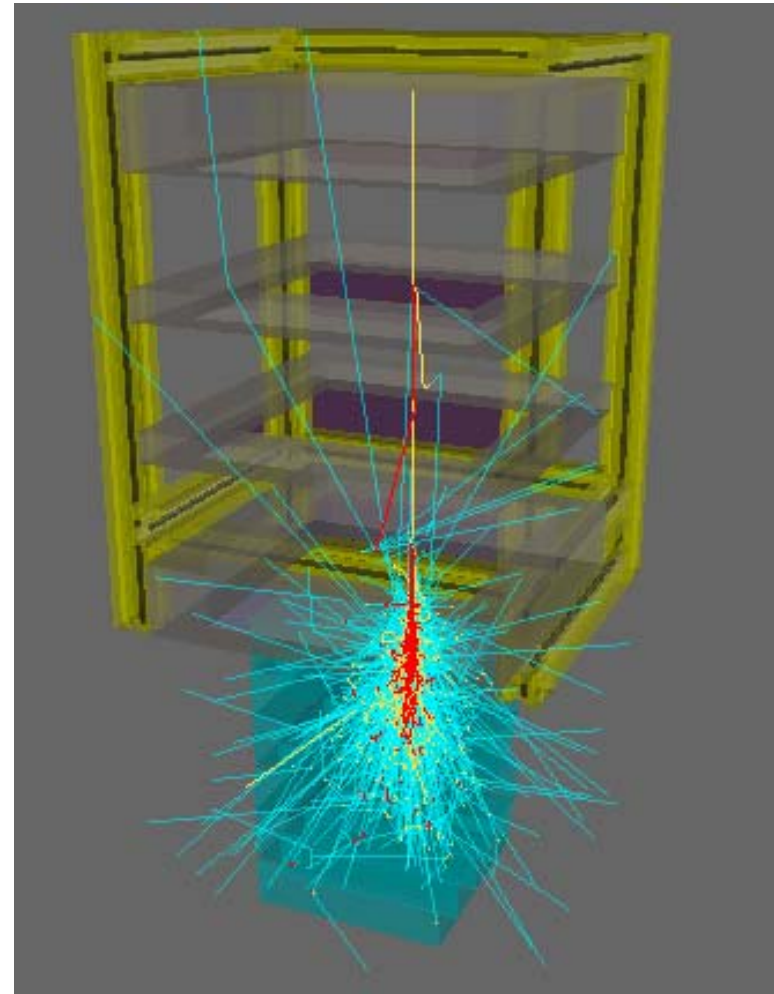


シミュレーションイベント

ガンマ線 100MeV



電子 5GeV



気球実験の目的

1. 技術実証: CALETに用いる要素技術の気球観測による実証化
 IMC: SciFi+64アノードPMTのASIC(VA32HDR14)による読み出し
 TASC: BGO+PIN PDの読み出し、一層目でのトリガー

2. 観測項目

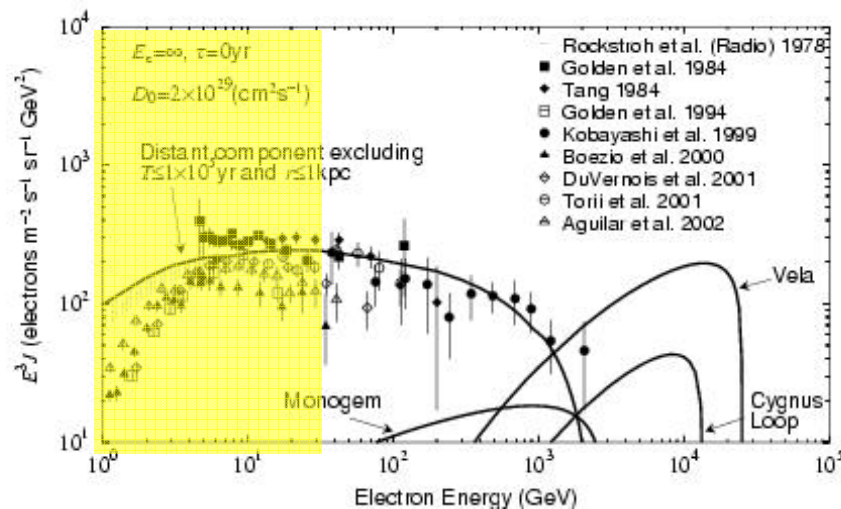
電子: 1 GeV~100 GeV

- 電子フラックスの絶対強度の測定 (~10 GeV)
- Rigidity Cut 以下 (< 10 GeV)での地磁気によるエネルギースペクトルの変化

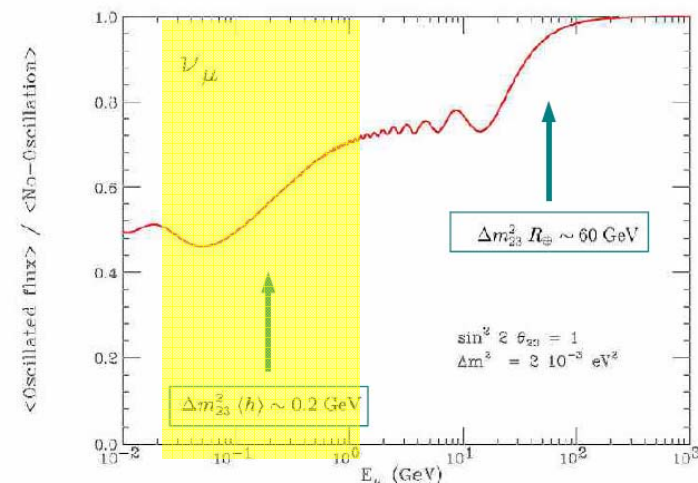
大気ガンマ線: 20 MeV~1 GeV

- 大気ニュートリノ振動計算に必要な核相互作用モデルの検証
- 装置バックグラウンドの評価

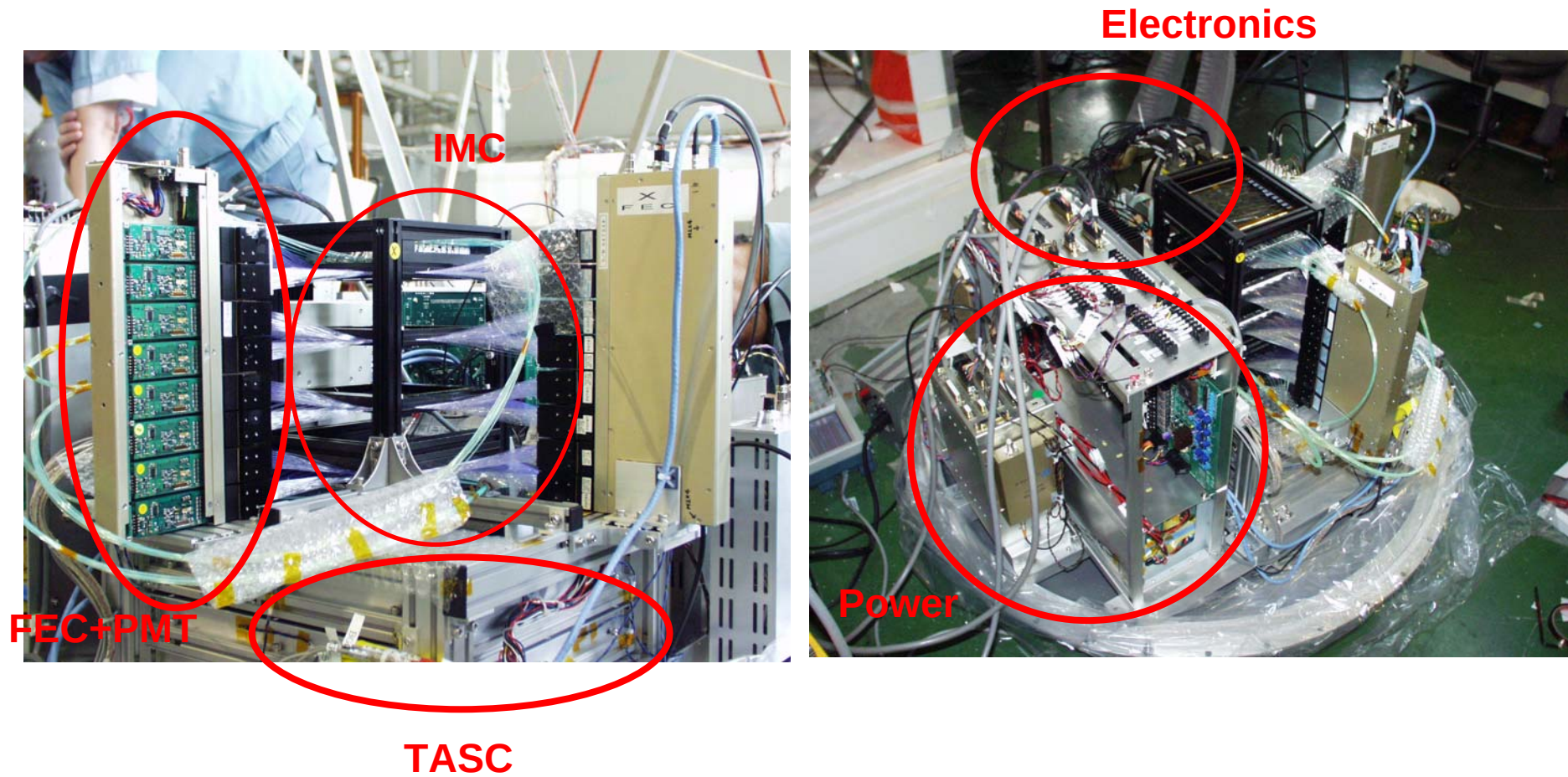
電子観測領域



大気ガンマ線観測領域に対応する 大気ニュートリノの振動エネルギー領域



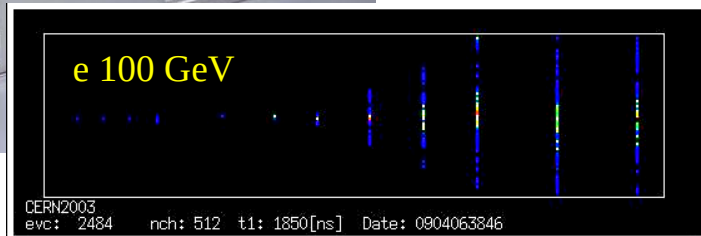
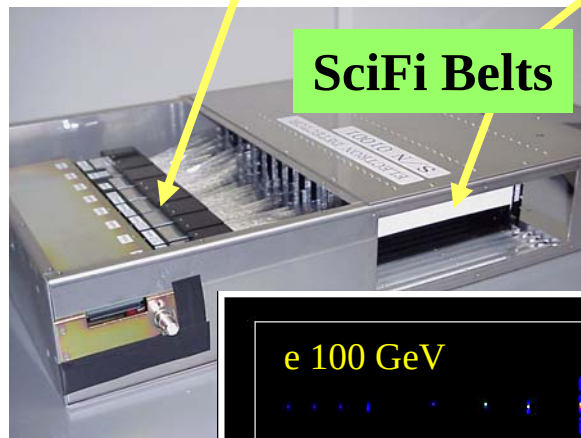
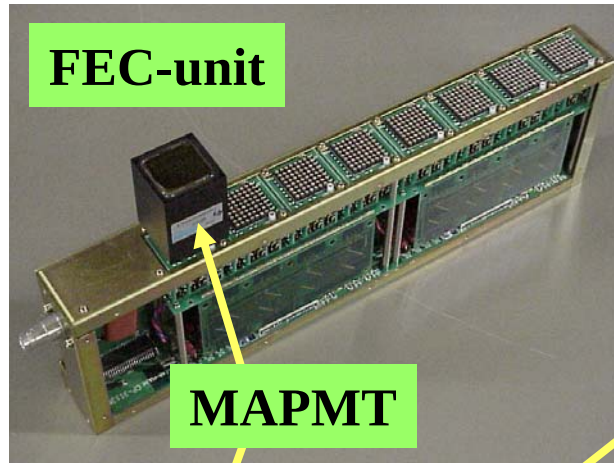
CALET~1/64モデル



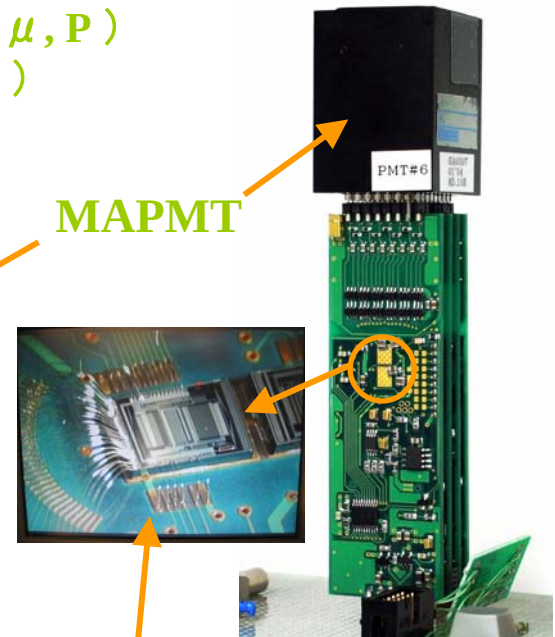
SciFiのMAPMT読み出しの開発

ビーム実験

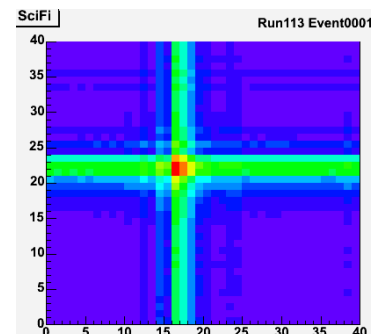
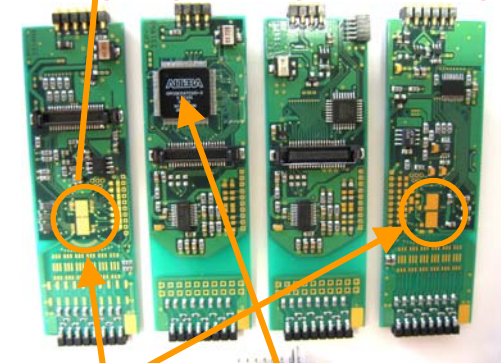
CERN 2003年 (e, μ , P)
HIMAC 2004年 (He, C, Si)



CERN 2004年 (e, μ , P)
HIMAC 2005年 (Si)



Analog Digital Digital Analog



e 200 GeV @ 10 r.l.

VA,TA

FPGA
8

気球観測



6:00 放球

8:15 35km

10:20 37km

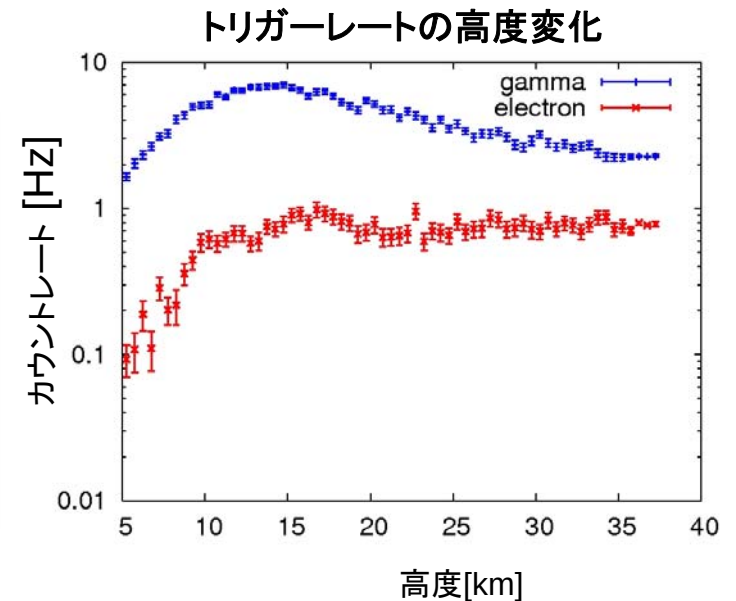
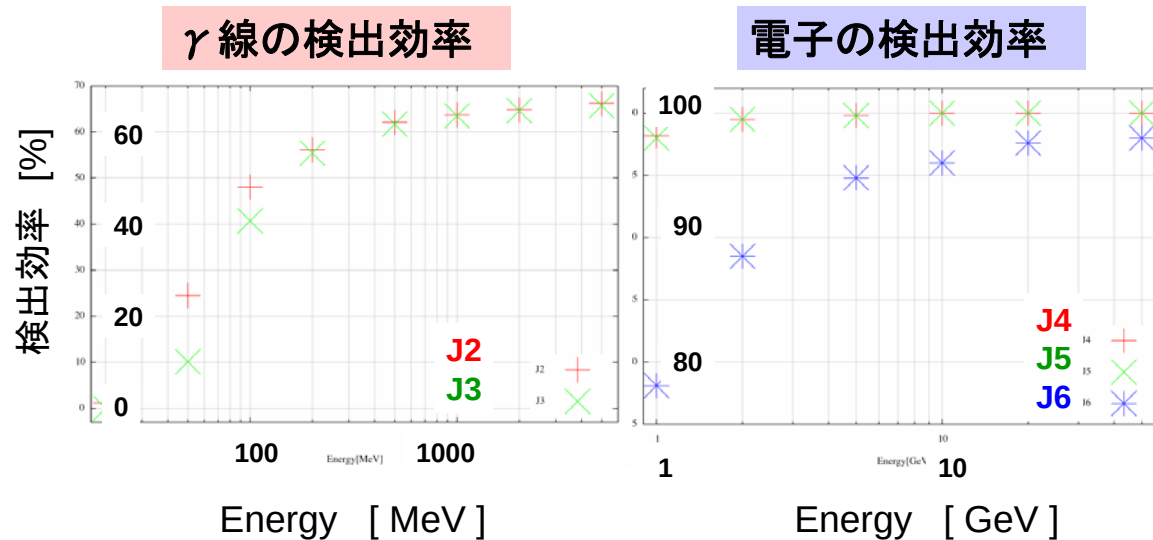
12:15 着水

データ取得

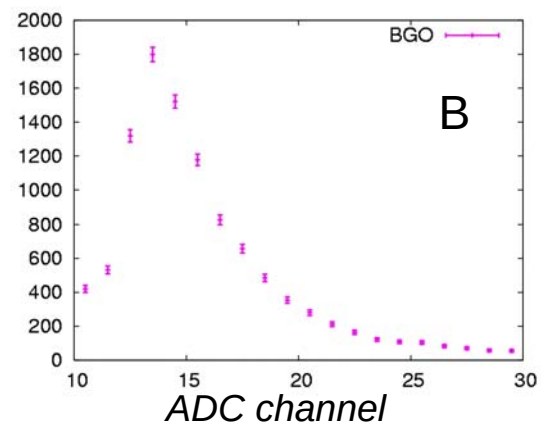
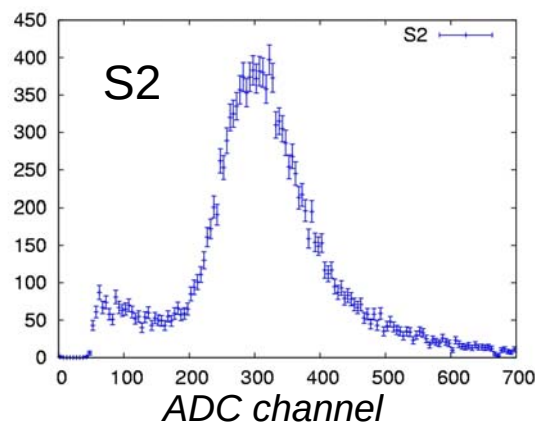
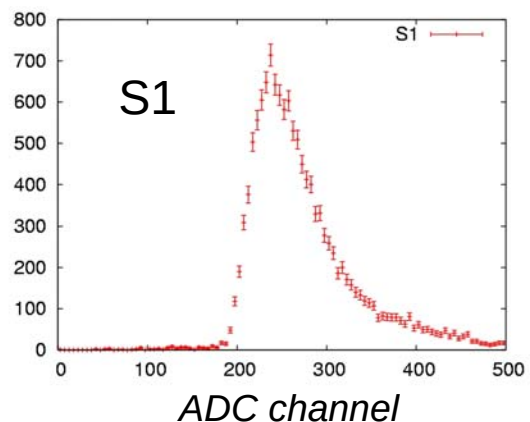
高度37km付近での観測データ

8.1×10^3 s (real time) のデータを解析

- 電子トリガーイベント
条件(J4) $S1 > 0.7$ MIPs , $S2 > 0.7$ MIPs , $B > 2.0$ MIPs
 5.6×10^3 events (イベントレート 0.8 Hz)
- γ 線トリガーイベント
条件(J2) $S1 < 0.7$ MIPs , $S2 > 0.7$ MIPs , $B > 0.5$ MIPs
 1.7×10^4 events (イベントレート 2.3 Hz)

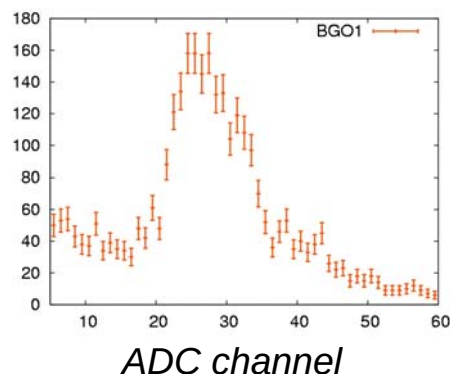


地上ミュオン観測による較正



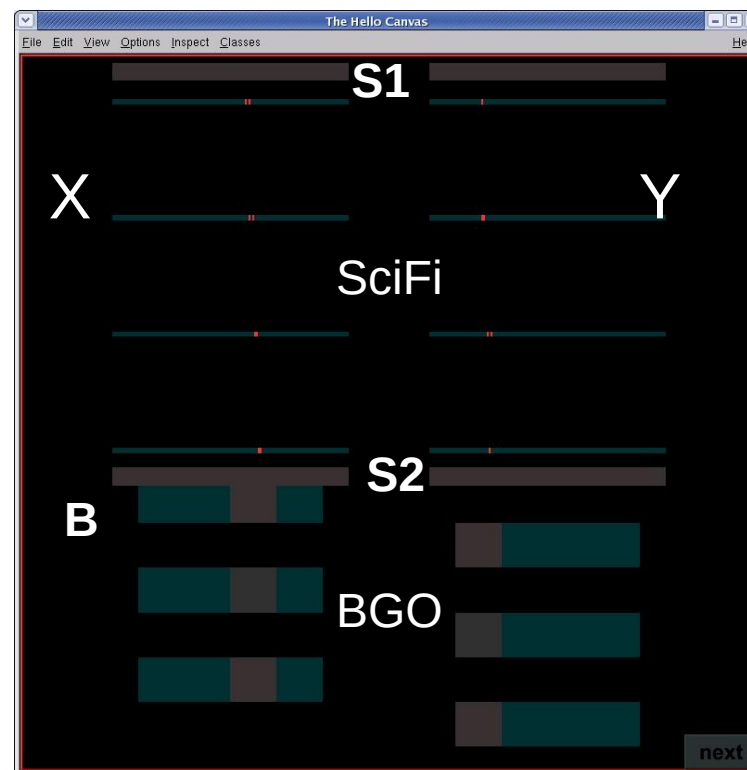
ミュオントリガ(S1 + S2)により
検出器上部から入射した宇宙線を観測

ミュオンによるピークを1MIPとして定義
各トリガー、各BGOの相対ゲイン補正に使用



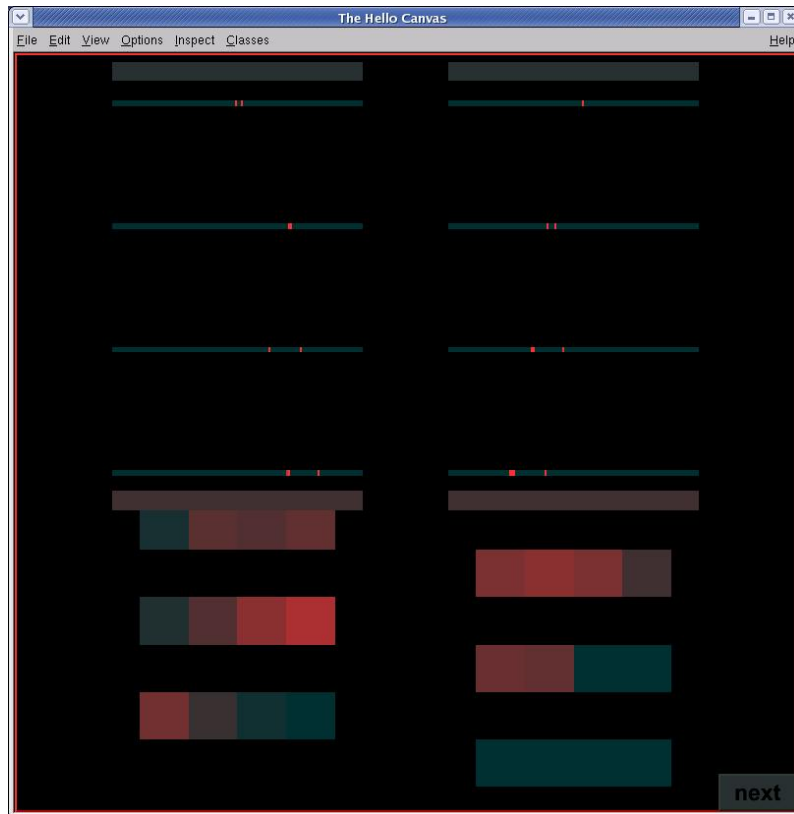
トリガーのしきい値は
この1MIPを基準に設定

輝度:
パルスハイトの対数



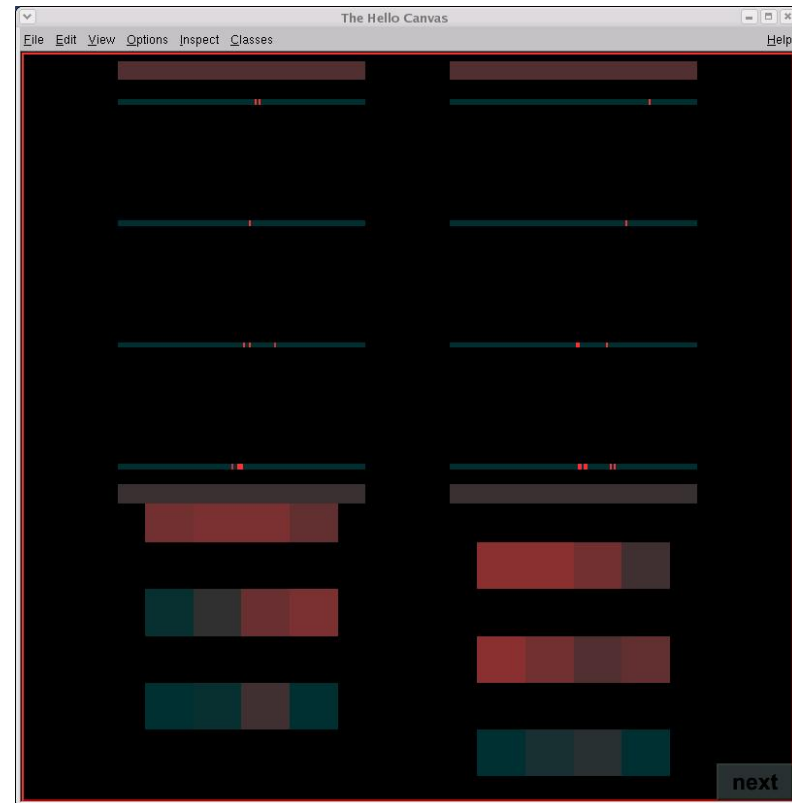
電子・ γ 線トリガーイベント

γ 線トリガーイベント
S2 + B



BGO sum : 215 MIPs

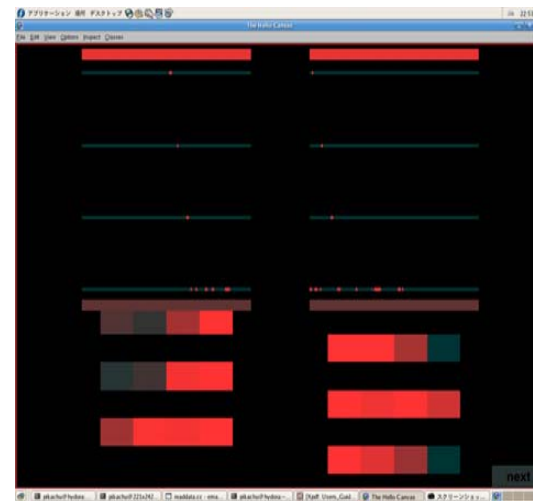
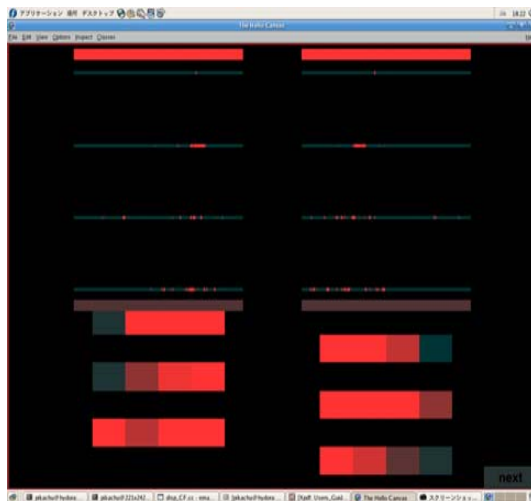
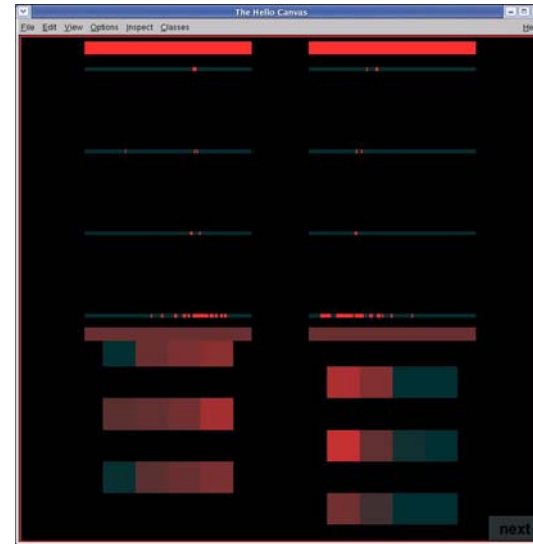
電子トリガーイベント
S1 + S2 + B



BGO sum : 177MIPs

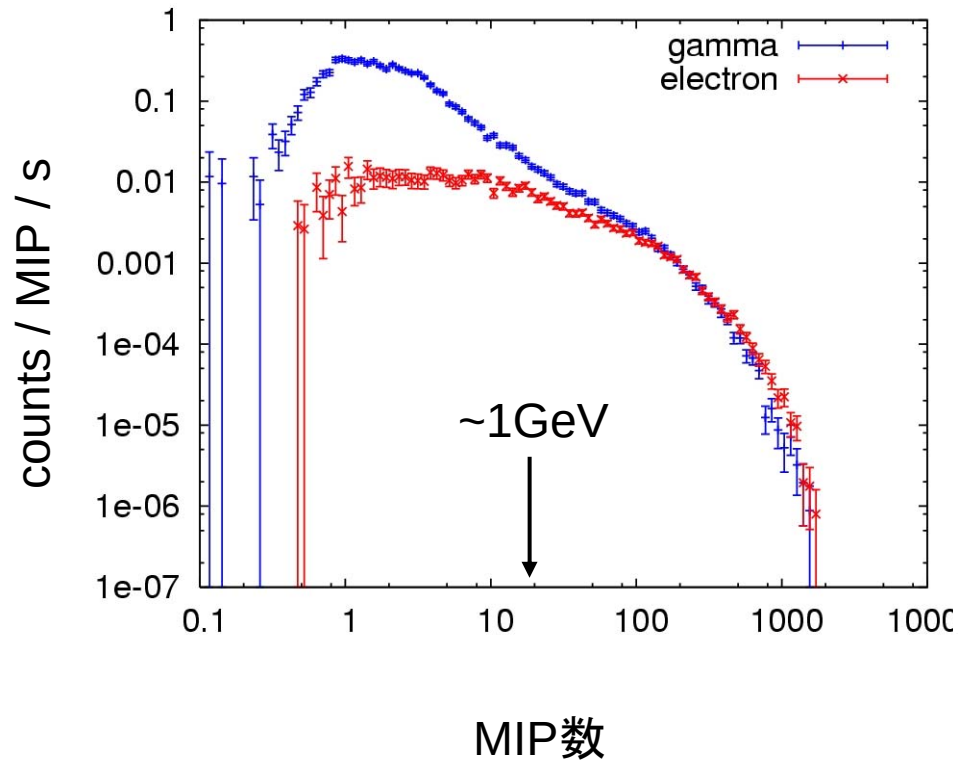
ただしトリガーイベントの大部分は陽子バックグラウンド

陽子候補イベント

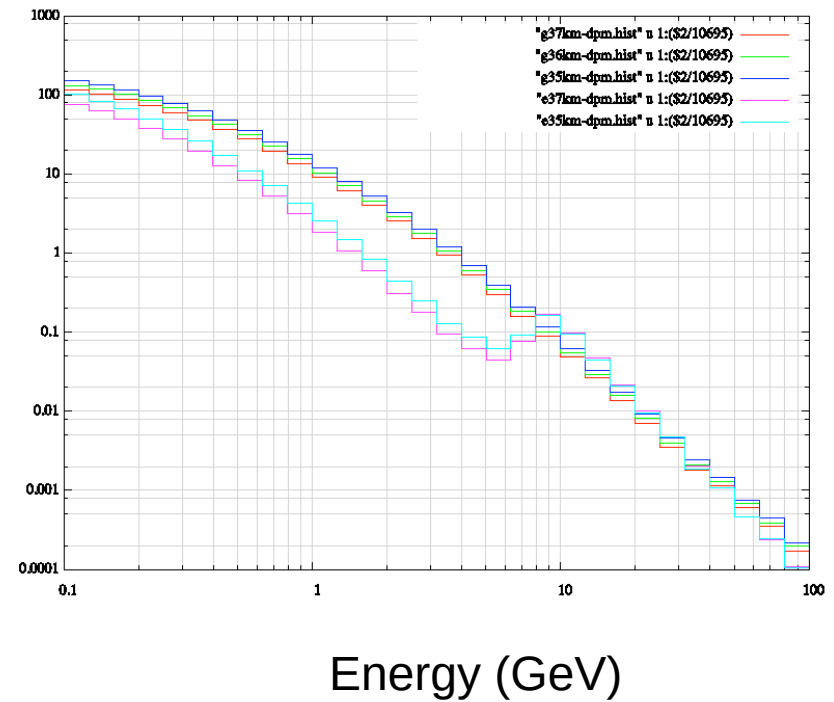


電子、ガンマ線トリガーイベントのパルスハイト分布

BGO のパルスハイト分布



電子、 γ 線スペクトルのシミュレーション計算による予測



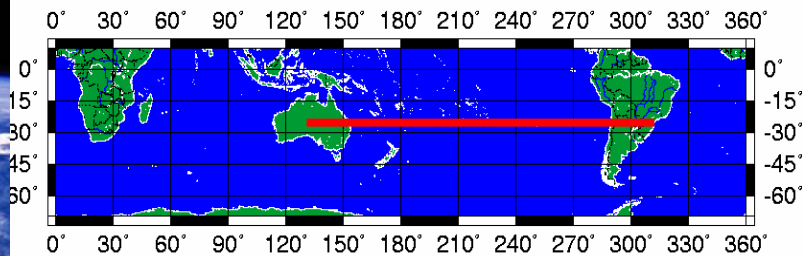
今後の計画

2009~2011年

長期間気球実験 20-100日間

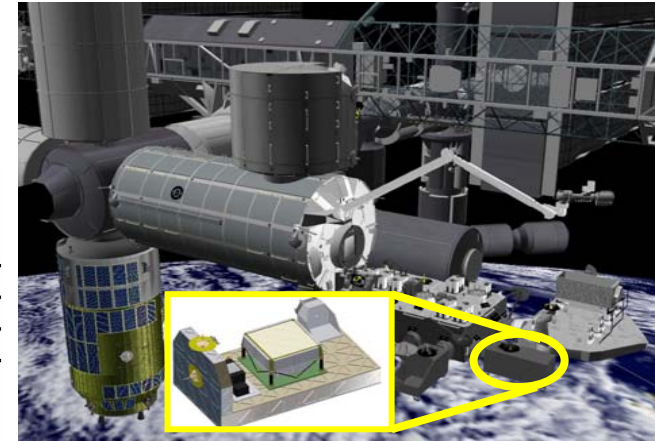
スーパープレッシャーバルーン、南半球周回

JAXA/ISAS 共同実験

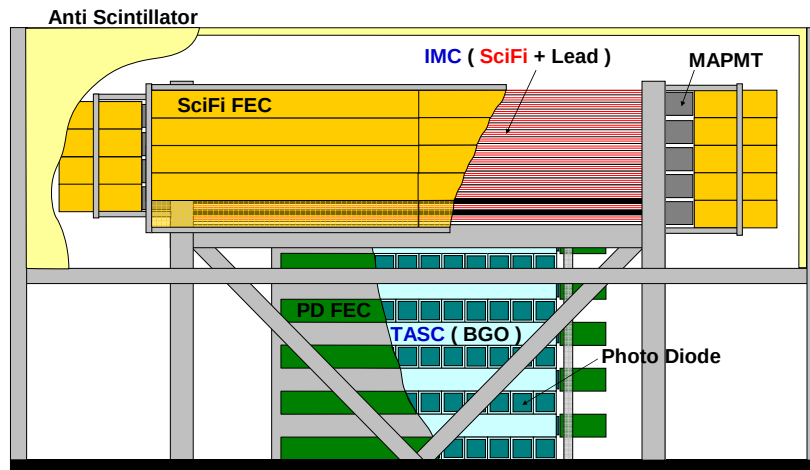


~ 2013年 CALET on ISS

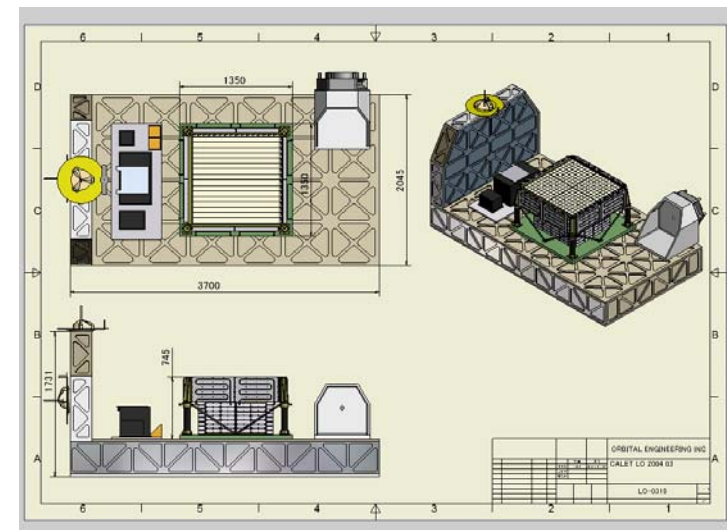
JEM/EF 第2期計画候補ミッション



CALET 1/4 Scale Model



CALET on JEM/EF



まとめ

- CALETプロトタイプ検出器を製作、大気球観測所にて気球実験を行った
- BETSとは異なる新技術を用いたIMC、TASCは正常に動作、技術実証に成功
- レベルフライト(37km)での宇宙線観測により電子トリガー5600、 γ 線トリガー17000イベントを取得
- 電子1~100GeV、 γ 線20MeV~1GeVのflux導出のため取得データを解析中
- 装置の拡充によりスーパープレッシャー気球による長時間気球観測を行い、国際宇宙ステーション「きぼう」でのCALET計画を実現する。