

植山良貴<sup>1</sup>, 鳥居祥二<sup>1</sup>, 笠原克昌<sup>1</sup>, 村上浩之<sup>1</sup>, 小澤俊介<sup>1</sup>, 清水雄輝<sup>1</sup>, 赤池陽水<sup>1</sup>, 相場俊英<sup>1</sup>, 仁井田多絵<sup>1</sup>, 中村政則<sup>1</sup>, 田村忠久<sup>2</sup>, 奥野祥二<sup>2</sup>, 片寄祐作<sup>3</sup>

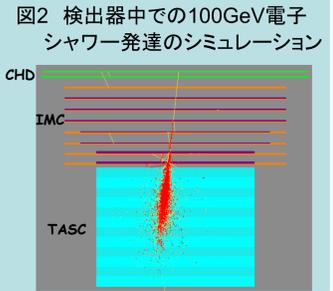
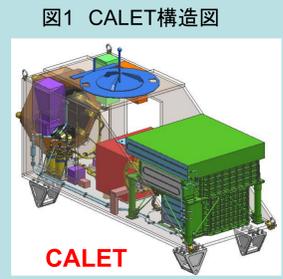
1: 早稲田大学 理工学術院総合研究所  
 2: 神奈川大 工学部  
 3: 横浜国立大学 工学部

## CALET計画と研究目的

宇宙線中の高エネルギー電子成分は、近傍の加速源からのみ地球に到達する。このためTeV領域において特徴的なエネルギースペクトルが予測されており、精密な測定により、宇宙線の起源や伝播機構の解明に重要な手がかりを与える。また、ここ数年の新しい観測や理論の発展から、数100GeV以上の電子観測は、暗黒物質探索の有力な手段と考えられている。CALET計画では1GeV~10TeVの電子観測により、これらに関する新しい知見を求めるとともに、ガンマ線成分・陽子・原子核成分の観測を行い、高エネルギー宇宙現象の体系的解明を目指している。

CALETでは、高エネルギー粒子の発生させるカスケードシャワーを測定する(図2)。観測時に低エネルギー陽子によるバックグラウンドを効率よく除くために、検出器内でシャワーを起こしたイベントのみを取得するシャワートリガー方式を用いる。

本研究では、特に機上におけるトリガーシステムの性能実証を目的として、CERN-SPSによるプロトタイプを用いたビーム実験を行った。



## CERN-SPSビーム実験概要

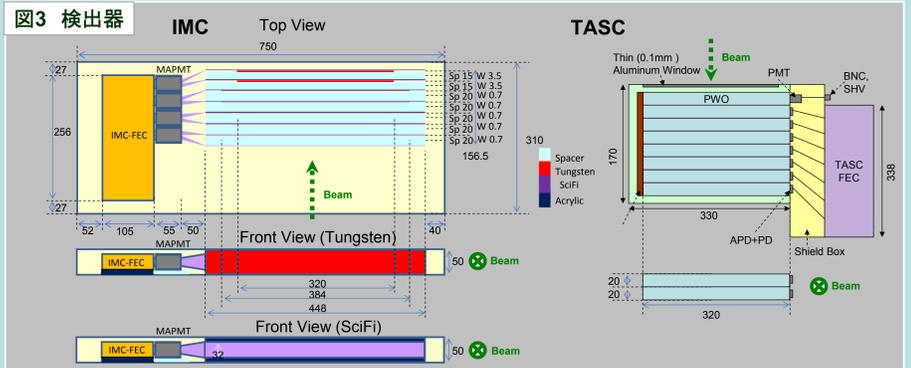
CALETを構成する要素である解像型カロリメータ(IMC)と全吸収型カロリメータ(TASC)のプロトタイプを製作し、ビーム照射を行った。

### 実験装置(図3)

- IMC : 1mmx1mmx448mm のSciFi32本x8層および各層に合計3 r.l. のタングステンを挿入
- TASC : 20mmx19mmx320mmのPWOを2本8層分配置して構成、物質厚は合計で17.9 r.l.

### 実験方法

- 回路構成 : CALET用前置回路(FEC)とVMEシステム(図4)
- 検出器配置 : 外部トリガー用シンチレータとプロトタイプ検出器(図5, 7)



### 図5 検出器の配置

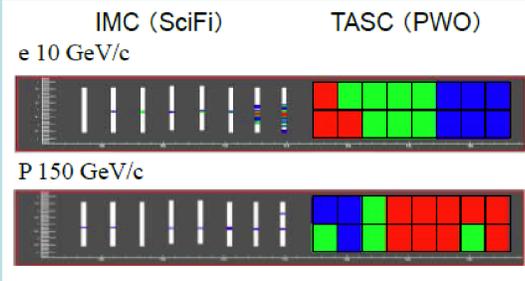
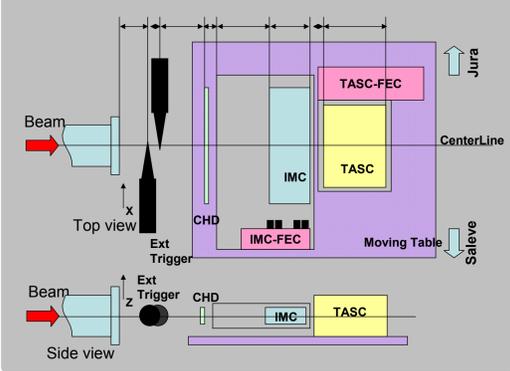


図6 陽電子10GeV及び陽子150GeVのイベントモニター例  
 落としたエネルギーの高い順に赤>緑>青で表示

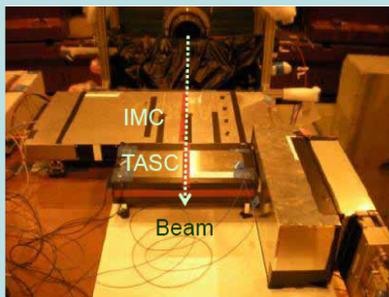
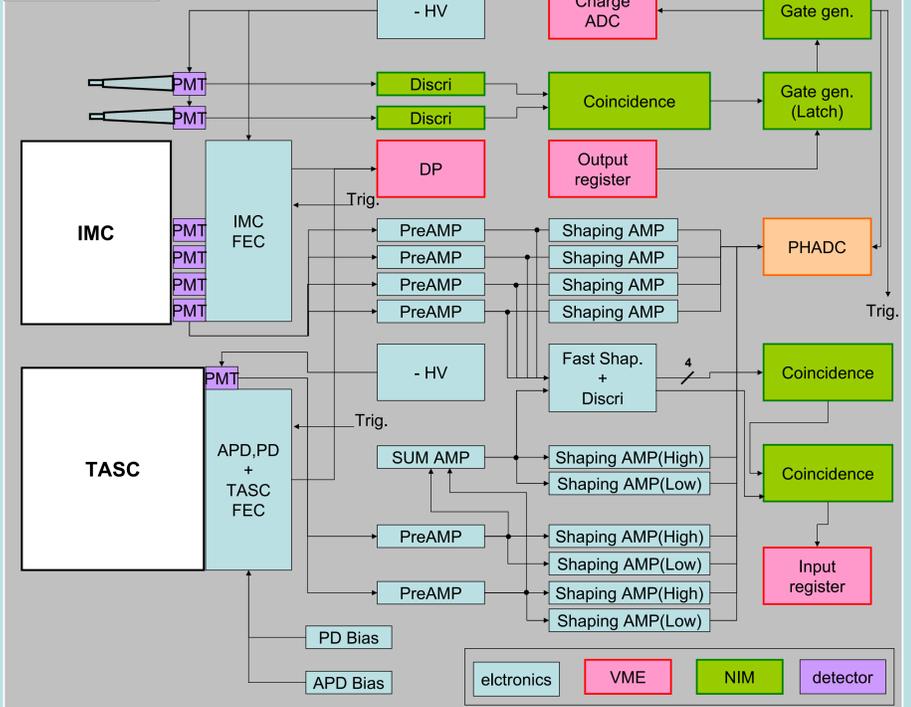


図7 可動台上に設置された検出器

### 図4 回路構成



### ビーム照射実験

実験期間 : 2010年9月(2週間)  
 ビームライン : CERN-SPS (T2-H4)  
 照射ビーム : positrons - 6, 8, 10, 15, 25, 75, 150, 200 GeV/c  
 : hadrons - 30, 150 GeV/c  
 : muon - 150 GeV/c

## トリガーシステムの評価

### CALET検出器 トリガーシステム

CALETでは、検出器内で発達したカスケードシャワーを検知してトリガーを発生させる。トリガーにはIMC・TASC各層の信号を波高弁別し、その論理和を用いる。

- トリガーソース
  - ・IMCを読み出している各層のMaPMTのDynode出力の層ごとの和
  - ・TASC最上層を読み出しているPMT出力の和

### ➢ トリガー条件(表1)

- ・ High Energy Shower Trigger (HE)  
 10GeV以上のシャワーを対象としたトリガー条件
- ・ Low Energy Shower Trigger (LE)  
 1GeV以上のシャワーを対象としたトリガー条件
- ・ Single Event Trigger (Single)  
 CALETの検出性能評価のための、1粒子観測用トリガー条件

### ビーム実験用トリガーシステム構成

本実験では、トリガーシステムの性能評価を行う為に  
 1. IMC読み出しの各PMTのDynode出力(Dy#1~#4)  
 2. TASC最上層の読み出しのPMT2つの和(TTop-SUM)  
 を用いて内部トリガーを発生し、トリガー条件を識別するフラグをイベントごとに付加した。  
 HE及びSingleに相当するトリガー条件で測定を行い、各トリガー条件におけるシグナル(Dy#1~#4, TTop-SUM)の閾値は、シミュレーションによって得られた最適値(表1)を採用した。

表1 シミュレーションによるトリガー閾値

Trigger条件	Dy#1	Dy#2	Dy#3	Dy#4	TTop-SUM
HE	-	-	-	7.5	52
LE	0.7	0.7	0.7	2.5	7

単位 : MIP

### トリガー効率の評価

- ① ミューオン照射イベントより、各トリガーシグナルでの1MIP相当のパルス高さを決定(図8)
- ② 内部トリガーによる電子シャワーのパルス高さ分布から、TTop-SUMでの閾値(=40MIP)を導出(図9) この値からHEトリガーに相当する52MIPの閾値を求めて、トリガー効率を算出
- ③ 各入射エネルギーにおいて、HEトリガー効率のエネルギー依存性を評価(図10)

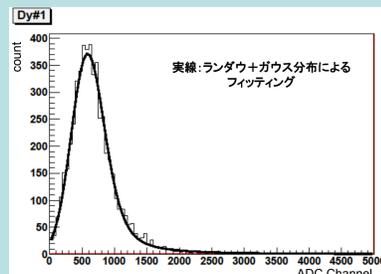


図8 ミューオン入射のDy#1のパルス高さ分布  
 太線はランダム+ガウス分布でのフィッティング

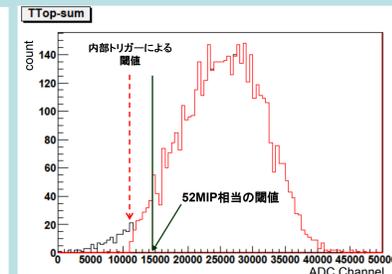


図9 10GeV電子入射のTTop-SUMのパルス高さ分布  
 赤は40MIP相当の閾値での内部トリガーフラグの付いたイベント

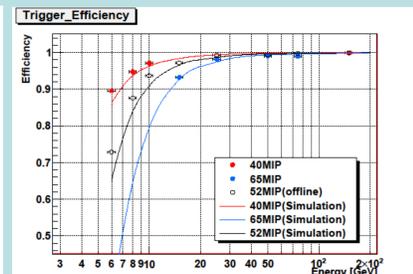


図10 各エネルギーの電子に対するトリガー効率  
 太線は各閾値でのシミュレーションから算出したトリガー効率

## まとめ

- ・ CERN-SPSビーム実験によって、CALETの試作検出器による性能評価を行った
- ・ CALETで用いるトリガーシステムの性能を実証できた
- ・ トリガー検出効率のエネルギー依存性を求め、シミュレーション計算との比較を行った
- ・ シミュレーションとの相違は、ビームプロファイルの違いや1MIP相当パルス高の系統誤差によるものと考えられ、現在解析を進めている
- ・ 今後は、CALETの各種基本性能(エネルギー分解能、角度分解能、陽子除去能等)に関する解析を行う