



CERN-SPSビーム実験によるCALET-TASCのエネルギー測定性能

植山良貴^A, 小澤俊介^A, 笠原克昌^A, 片平亮^A, 金子翔伍^A, 小谷太郎^A, 下村健太^A, 鳥居祥二^A, 中川友進^A,
 中村政則^A, 仁井田多絵^A, 村田彬^A, 田村忠久^B, 片寄祐作^C, 清水雄輝^D, 赤池陽水^E 他CALETチーム
^A早大理工研, ^B神奈川大, ^C横国大, ^DJAXA/SEUC, ^E東大宇宙線研

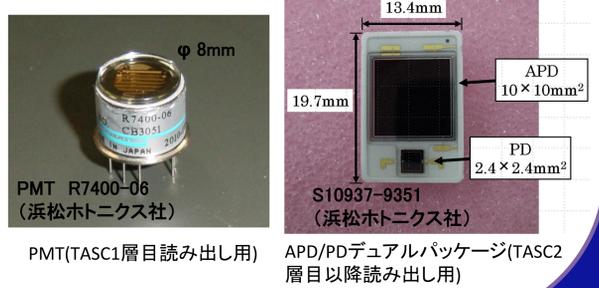
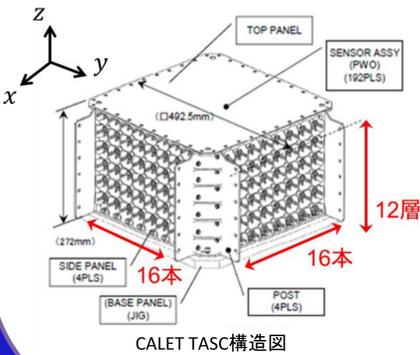
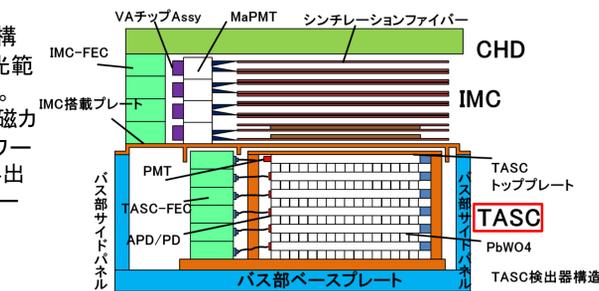
概要

CALETは2014年にISSの日本実験モジュール「きぼう」船外実験プラットフォームに設置される予定の宇宙線観測装置である。CALETの特徴は30r.l. という非常に厚い物質層から構成されるカロリメータで、高エネルギー宇宙線の粒子選が可能である点にある。CALETの主要な検出器である、全吸収型カロリメータ(TASC)はPWOをAPD/PDで6桁のレンジでエネルギー測定を行うことができる。そして、エネルギーの決定や電子観測の際にバックグラウンドとなる陽子を効率良く除去する性能を持つ。本発表では、2011年と2012年に行ったCERN-SPSを用いたビーム実験によるCALET-TASCプロトタイプエネルギー測定性能について報告する。特に、2012年にはフライトモデルと同等の熱構造モデルによる試験を実施している。

TASC (Total Absorption Calorimeter)

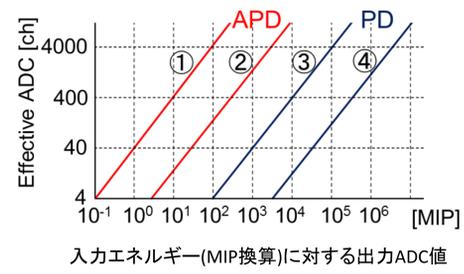
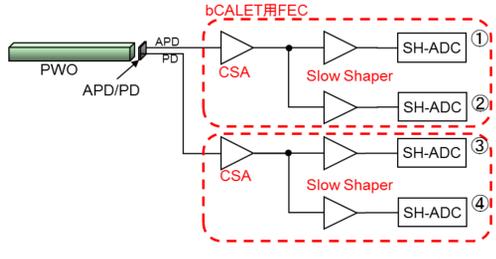
TASCは20mm×19mm×326mmのPbWO₄(PWO)16本を1層とし、XY方向に各6層ずつ積載し、TASC全体で30r.l.となっている。PWOは他の一般的なシンチレータと比べて放射長が短く、放射長あたりの面積密度が小さいという特徴をもつ。そのため観測装置の軽量・小型化が可能であり、厚みを薄くできることから立体角を大きくすることもできる。1層目のPWOの一端にはPMT、2層目以降にはAPD/PDを取り付け、周囲は3M社製のEnhanced Spectral Reflector (ESR)という反射材で覆う。

ESRはポリエステル系樹脂を用いた多層膜構造により反射時の損失が小さくでき、可視光範囲において98%という高い反射率を有する。TASCでは入射粒子のエネルギー決定や電磁カスケードシャワーとハドロンカスケードシャワーの識別を行う。信号は1層目はPMTで読み出し、2層目以降はAPD/PDのデュアルパッケージで読み出す。



TASC信号読み出し回路

APD/PDにおける信号読み出しでは、下記の表のように4つのチャンネルを使用する。APDとPDの受光面積比は約18倍、APDのゲインをPDに対して50倍、Shaperのゲインが異なるものをAPDとPDで2種類設定している。以上の4チャンネルを異なる回路で読み出すことで6桁以上のダイナミックレンジを実現している。このように、あるADC countに対して異なるchで読み出すことによって、相互較正が可能にしている。

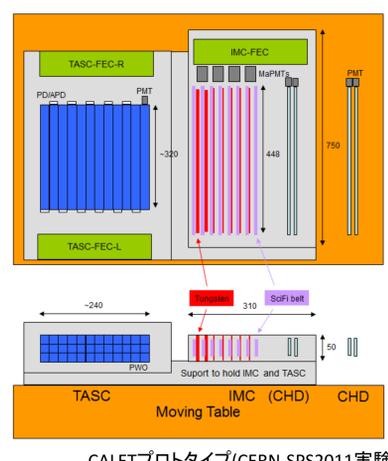


TASCにおける信号読み出し回路

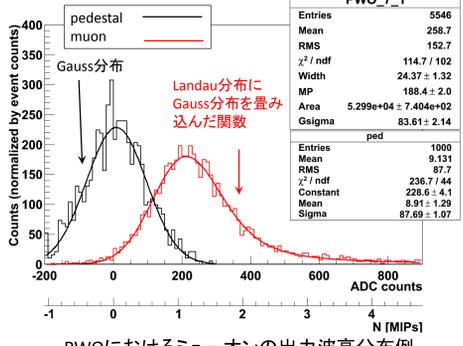
PD+Low Gain アンプに対する各チャンネルのgain比

ch	APD/PD gain	受光面積比	アンプ gain比	出力シグナル比
① APD+High Gain Shaper	50	18	30	2.7×10^4
② APD+Low Gain Shaper	50	18	1	9.0×10^2
③ PD+High Gain Shaper	1	1	30	30
④ PD+Low Gain Shaper	1	1	1	1

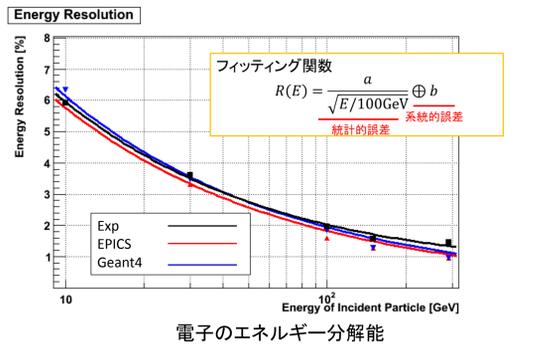
CERN-SPS2011実験



ミュオン出力波高分布に対して、Landau分布にGauss分布を畳み込んだ関数でフィッティングし、MPの値を1MIPと定義した。また、温度による出力の変化を補正するために、電子150GeVでの出力波高分布の平均値と温度の関係性を求め、ミュオン照射時である24.6°Cでの出力を基準に補正した。



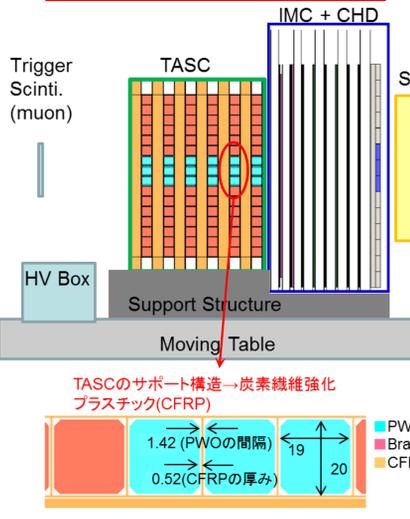
エネルギー分解能を、粒子数分布のピークに対するピークから±34%の範囲に入る分布の幅の半分の長さの割合と定義し、電子の各エネルギーにおけるエネルギー分解能を求めた。その結果、実験結果とシミュレーションで値がよく一致した。



フィッティング関数のパラメータ値

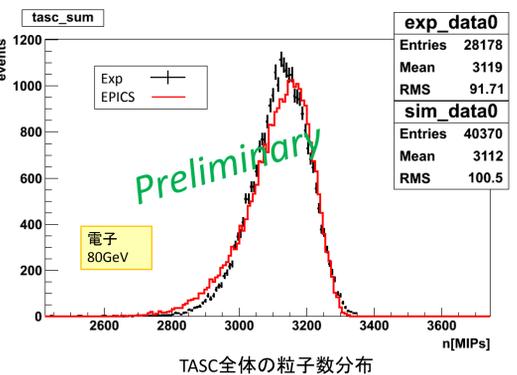
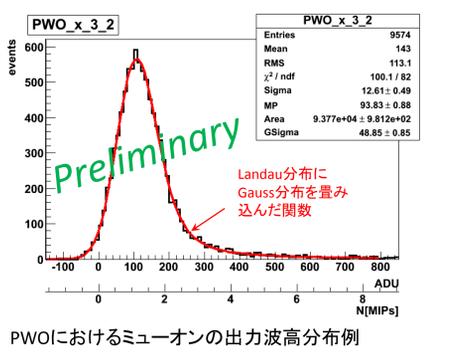
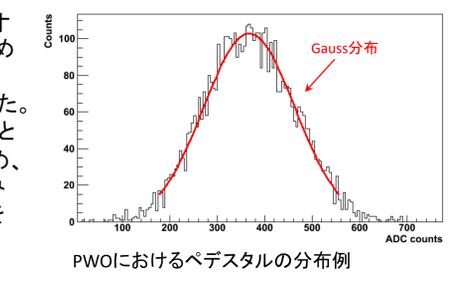
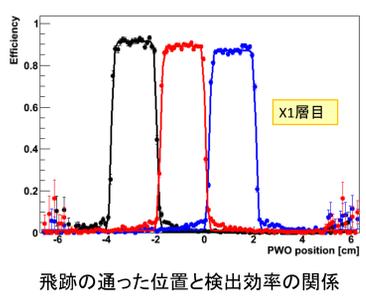
	a	b
Exp	18.7	0.775
EPICS	18.2	5.57×10^{-4}
Geant4	19.4	3.80×10^{-5}

CERN-SPS2012実験



装置のキャリブレーションのために、ミュオンを照射して1MIPの値を算出する。そのために、右図のようにペダスタルの値をGauss分布をフィッティングすることで算出し、補正した。また、IMCを用いて引いたミュオンの飛跡と以下の様に定義した検出効率の関係性を求め、これによって各PWOに入射したイベントのみを選別し、2011年実験と同様に1MIPの値を算出した。

$$\text{検出効率} = \frac{0.7\text{MIP以上の出力があった回数}}{\text{飛跡が通過した回数}}$$



算出した1MIPの値を用いて、TASCにおける粒子数分布を実験結果とシミュレーションと比較した。今後、更に詳細な解析を行い、2011年実験と同様に実験値とシミュレーションでエネルギー分解能を比較する予定である。