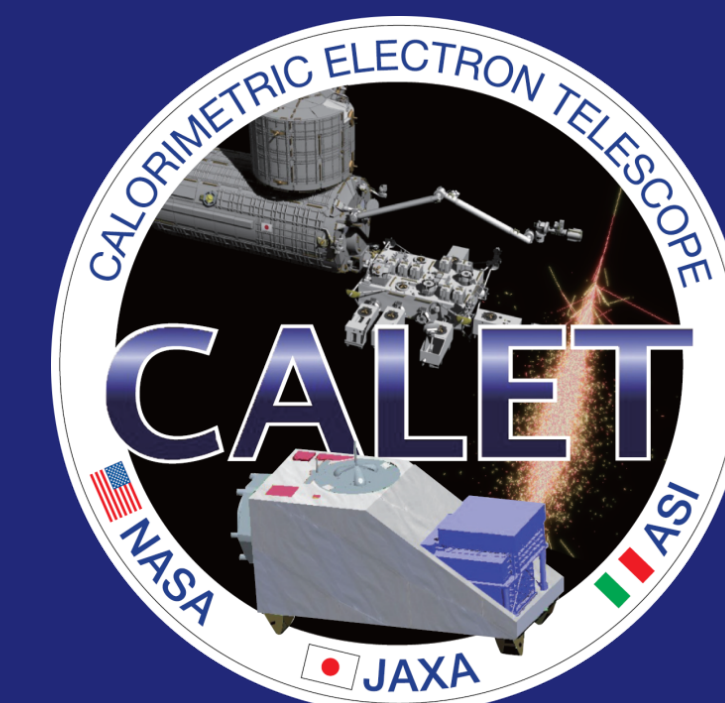


CALETプロフライトモデルの機能検証



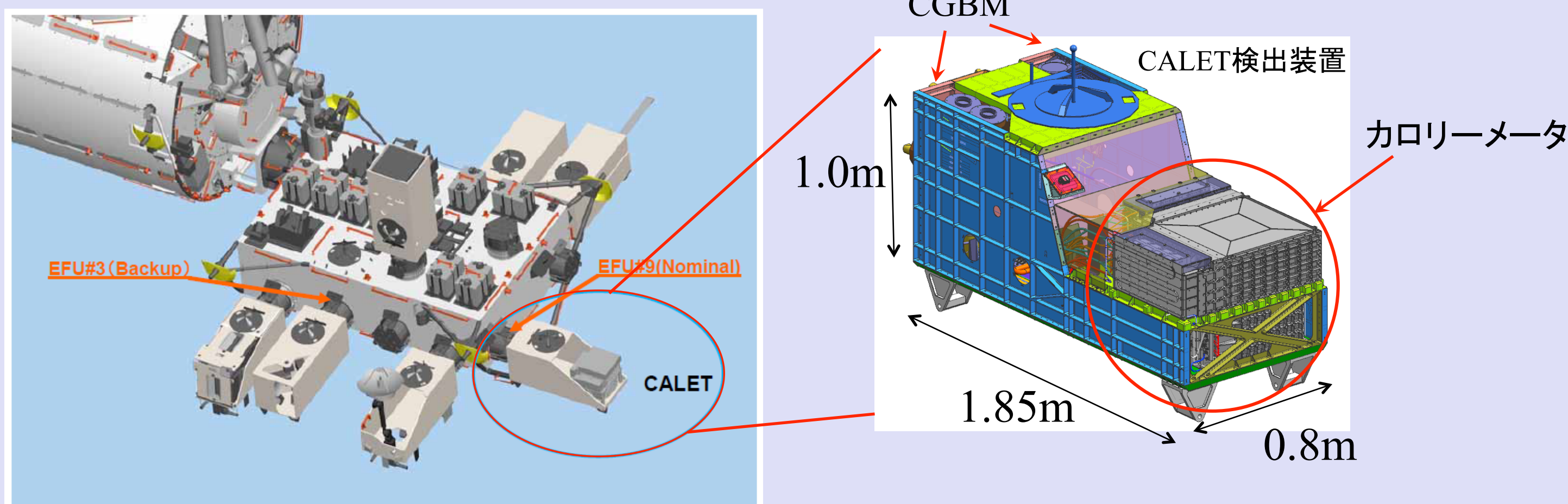
小澤俊介¹, 浅岡陽一², 赤池陽水³, 木村寿利¹, 清水雄輝⁴, 田村忠久⁵, 鳥居祥二^{1,2}, 塚原一樹¹, 仁井田多絵¹
他CALETチーム

1: 早稲田大学先進理工, 2: 早稲田大学理工研, 3: 東大宇宙線研, 4: JAXA/SEUC, 5: 神奈川大学

ISS搭載予定のCALETのカロリーメータは、現在各検出器の製造及び全体の組み立てを完了し、システムレベルでの環境試験及び機能試験が行われている。本発表では、検出器組み上げ時及び各種システム試験における、CALETカロリーメータを構成する各検出器の健全性及び基本的な性能検証を目的とした試験について報告する。

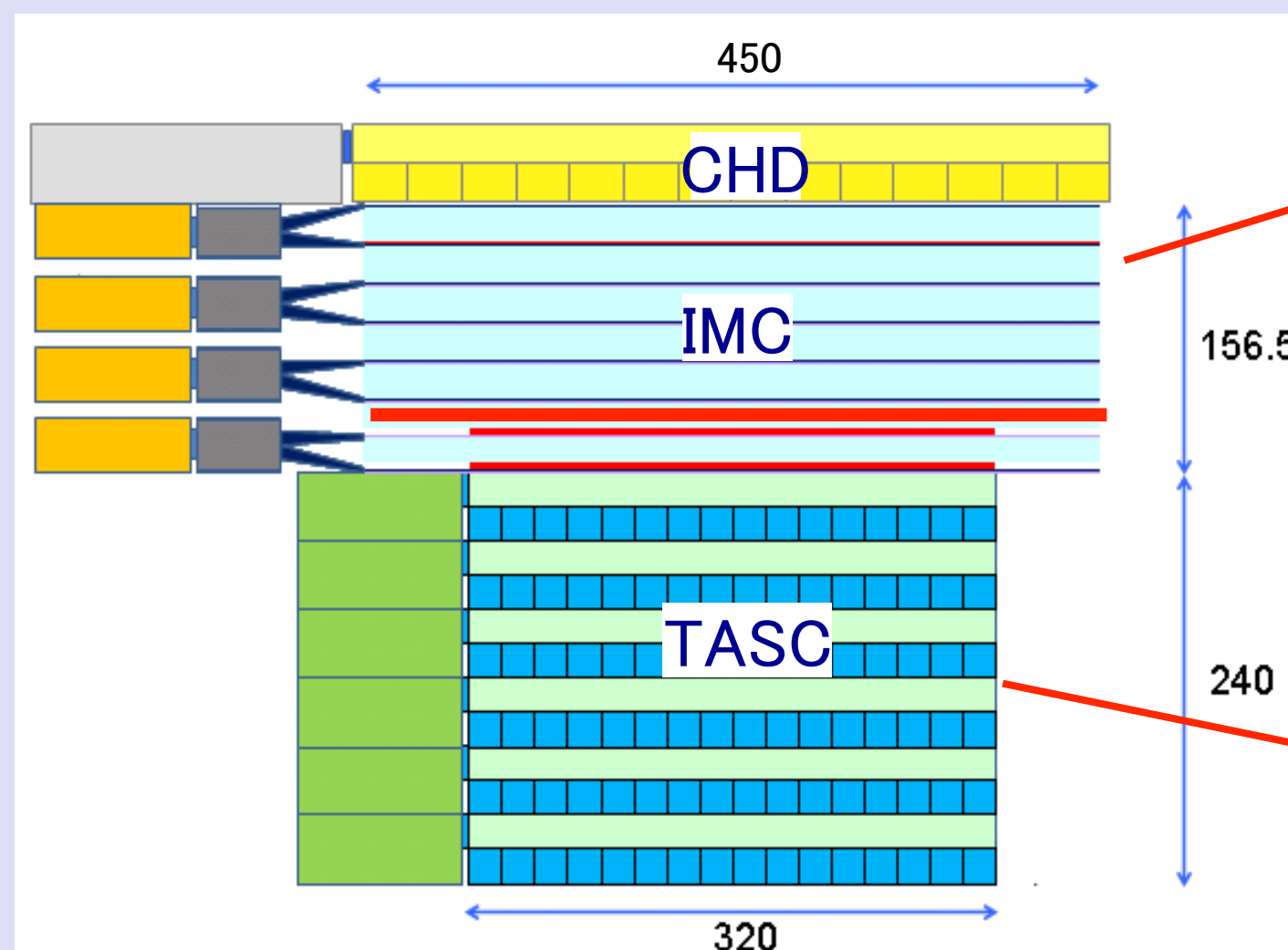
CALETカロリーメータ

CALET宇宙線電子、ガンマ線望遠鏡は、宇宙線近傍加速源の同定及び銀河系内の宇宙線伝播機構の解明のため、国際宇宙ステーション日本実験モジュール(きぼう)の船外実験プラットフォームに設置し、5年間の観測を計画している。主要な検出装置は上部から**電荷検出器 - Charge Detector (CHD)** -, **解像型カロリーメータ (IMC)** -, **全吸収型カロリーメータ (TASC)** で構成されている。



「きぼう」の船外実験プラットフォームに取り付け予定のCALET検出装置。宇宙線観測のため、ISSのソーラーパネル等の構造の影響を受けにくいポート(EFU#9)への設置を予定している。他にガンマ線バーストモニタ(CGBM)を搭載して、GRBの探索を行う。

CALETカロリーメータ 検出器構成



CALET/PFM (CHD/IMC)



CALET/PFM (TASC)

CALETカロリーメータは3つの検出器(上部から、電荷検出器(CHD)、解像型カロリーメータ(IMC)、全吸収型カロリーメータ(TASC))で構成されており、電子(1GeV-20TeV)、ガンマ線(10GeV-10TeV)、原子核(数10GeV-1PeV)の観測を行う。

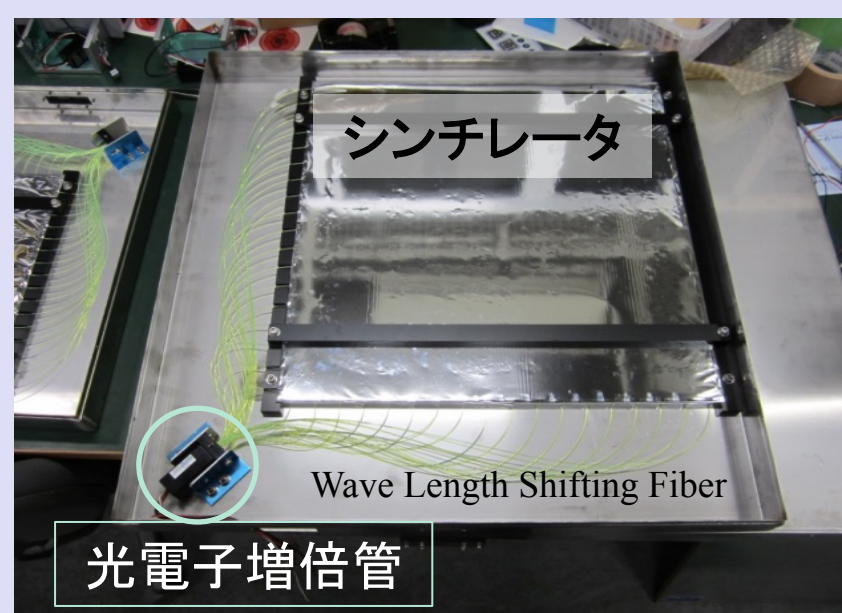
大気ミュオンによる出力信号測定

検出器からの信号が正常に読み出されている事を検証するため、宇宙線起源の大気ミュオンが検出器を通過する際のシンチレーション現象による出力信号の測定を行った。ミュオンの入射をPFMとは独立に検知するため、シンチレーション検出器を新たに作成し、その出力をトリガー信号として用いた。

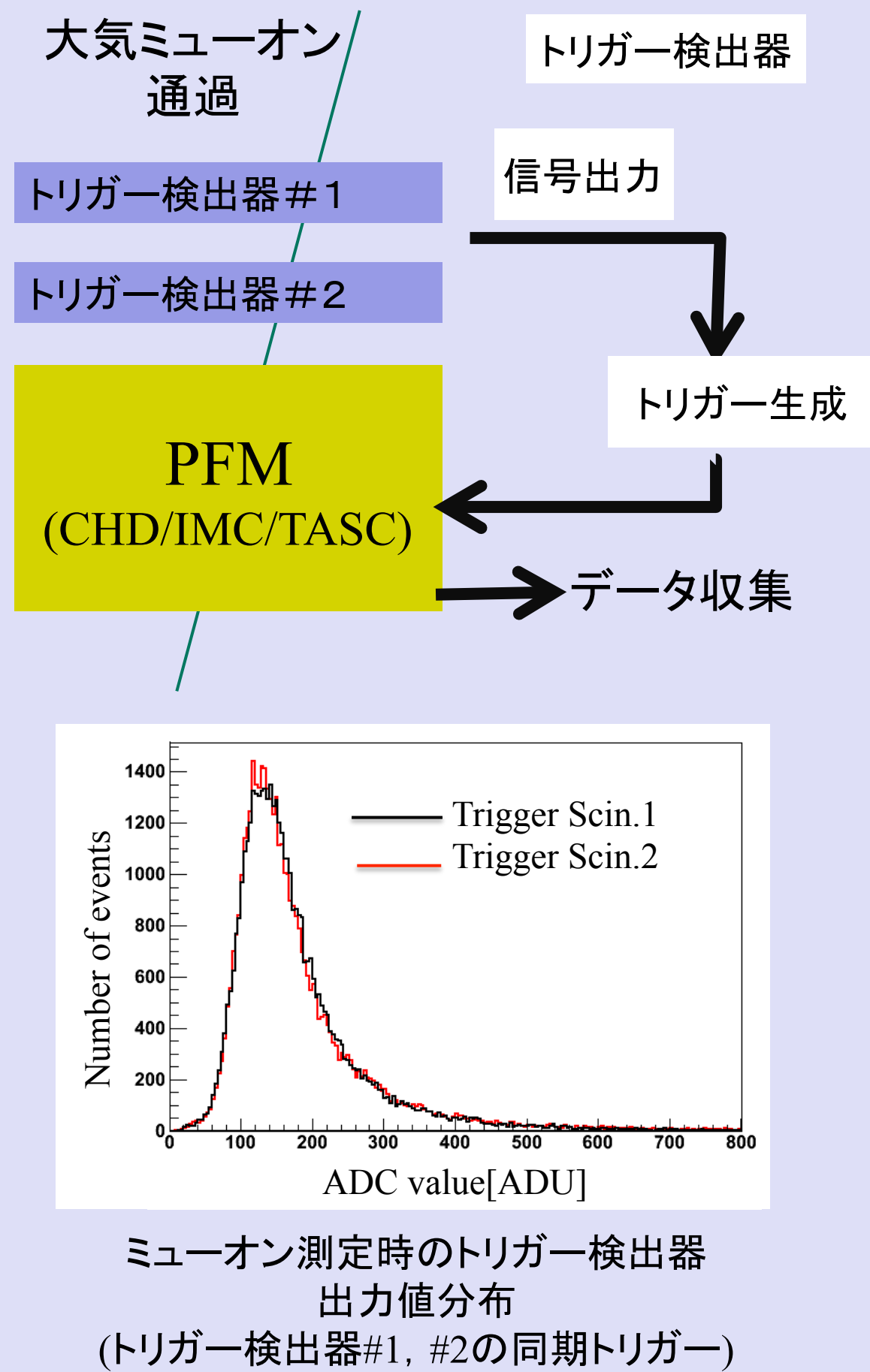
信号測定のセットアップ

各検出器の上部にシンチレーション検出器を配置しトリガー検出器とし、大気ミュオンによる信号からトリガーを生成、PFMのエレクトロニクスへトリガー信号を配信する。

トリガー検出器



プラスチックシンチレータ(EJ200, 10mm)に溝を掘り、WLSF(Y11(200))を埋め込み、PMTへ信号を配信する。トリガー検出器はCHD/IMC用(450mm×450mm)とTASC用(326mm×326mm)を各2枚ずつ用意し、2枚のトリガー検出器からの信号の同期信号をトリガーとした。



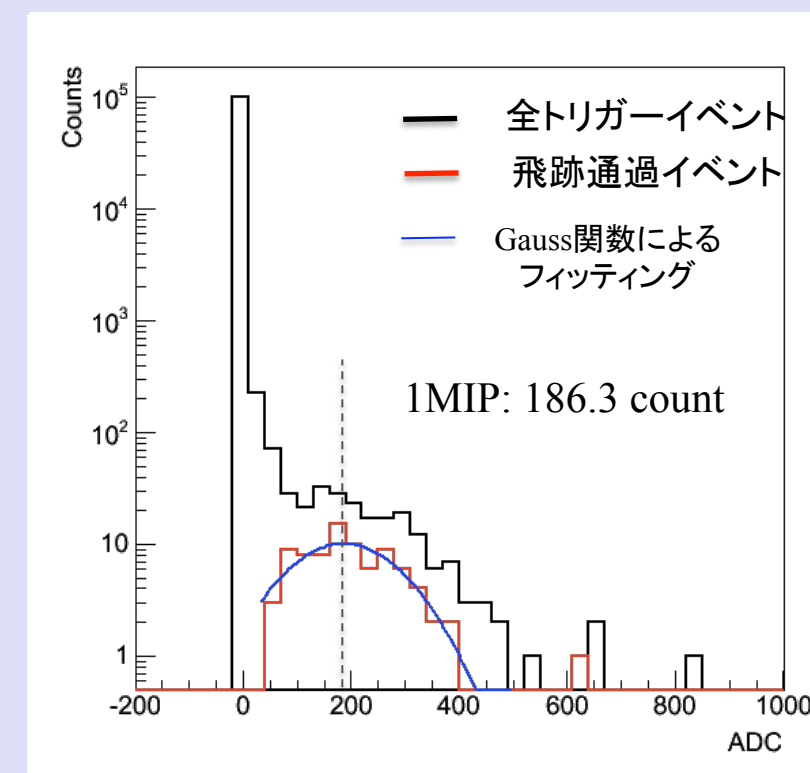
ミュオン測定時のトリガー検出器出力値分布 (トリガー検出器#1, #2の同期トリガー)

大気ミュオンによる各検出器の信号確認

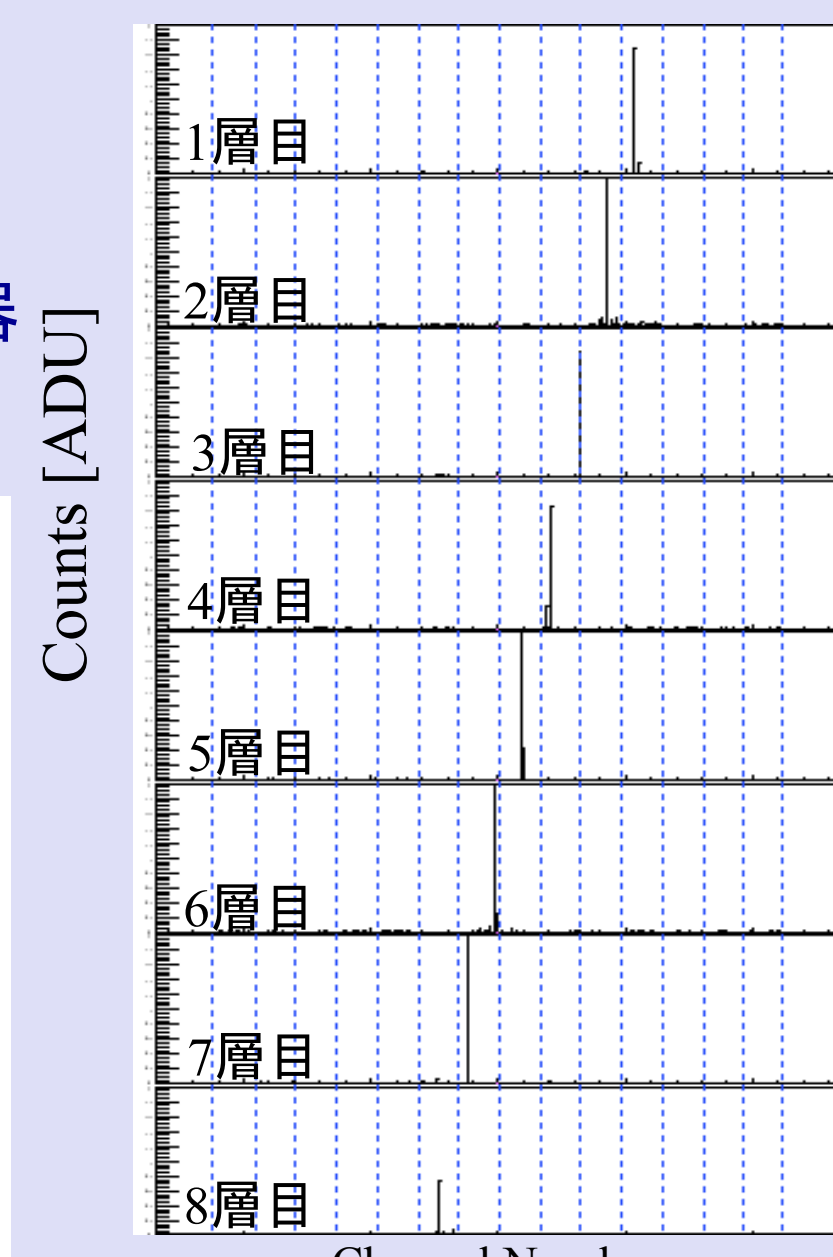
カロリーメータ組み上げ時及び各種システム試験(振動、熱真空等)前後にミュオン通過による信号出力を各検出器について確認し、検出器全チャンネルの健全性を検証した。

取得データの解析

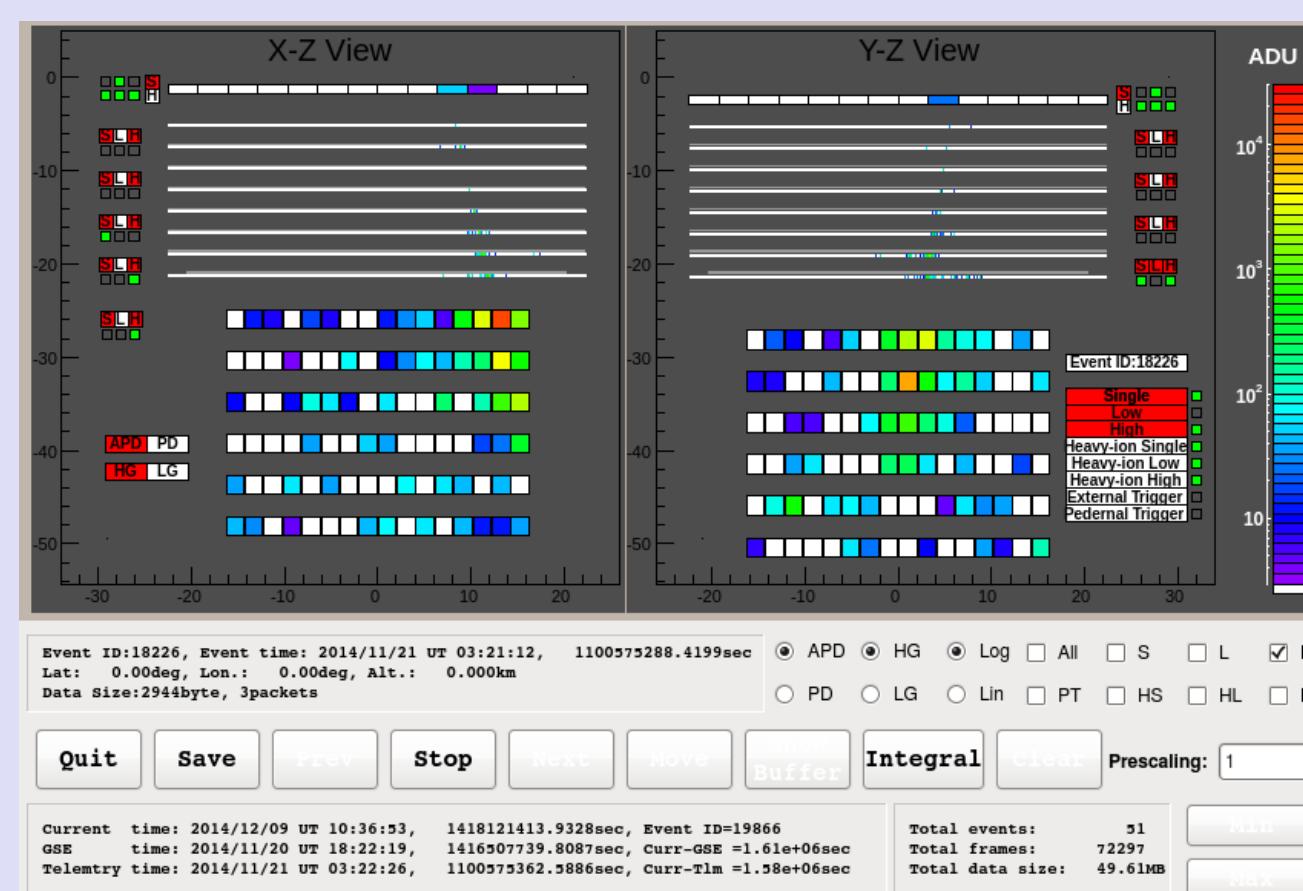
検出装置組み上げ後は、IMCを用いてミュオンの飛跡の再構成が行えるようになり、他の検出器についても、ミュオン通過条件がより詳細に選別可能となった。また、トリガーを検出装置自身に設定し、観測時と同じ検出装置条件での基礎特性の検証が可能である。



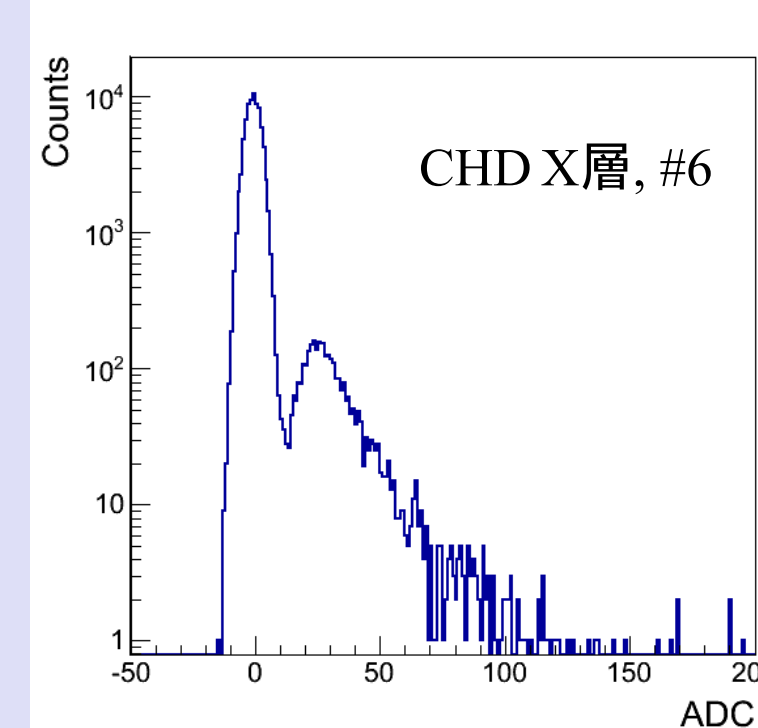
IMCの出力値分布例 (Data set 2. IMC-layer#X-1, fiber #225)



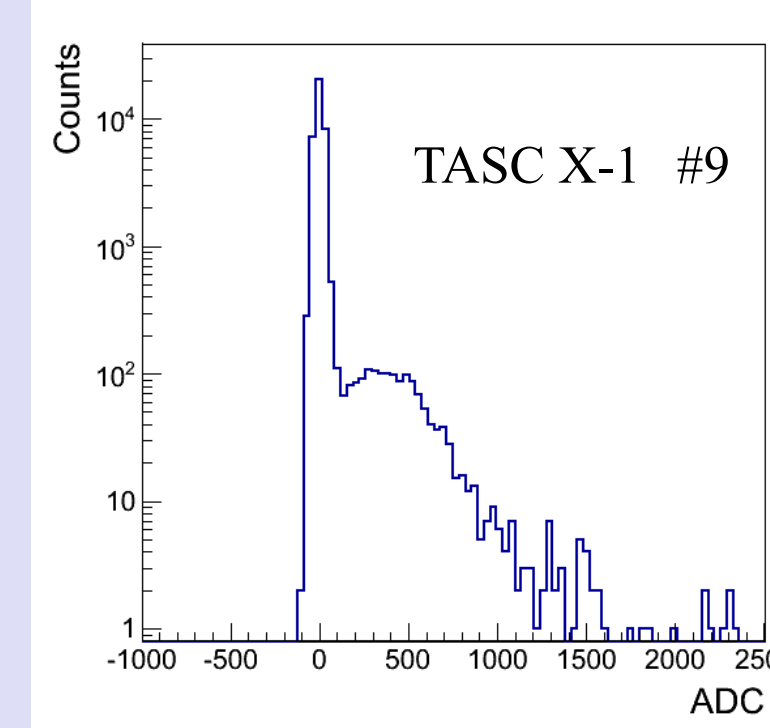
ミュオンのIMC通過の様子



全検出器組み上げ後のシャワーイベント取得例



CHDの出力値分布例



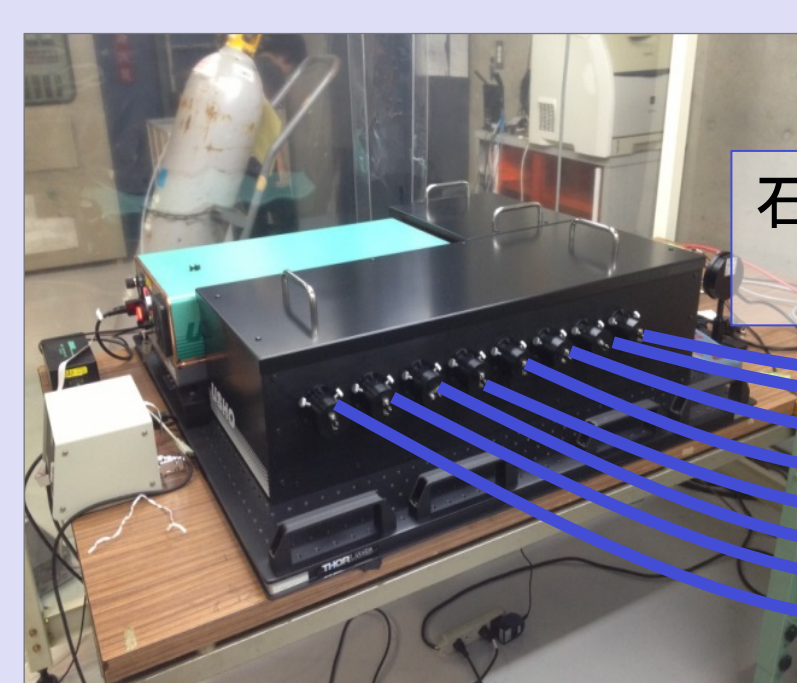
TASC(PMT)の出力値分布例

UVパルスレーザーによるTASC出力信号較正

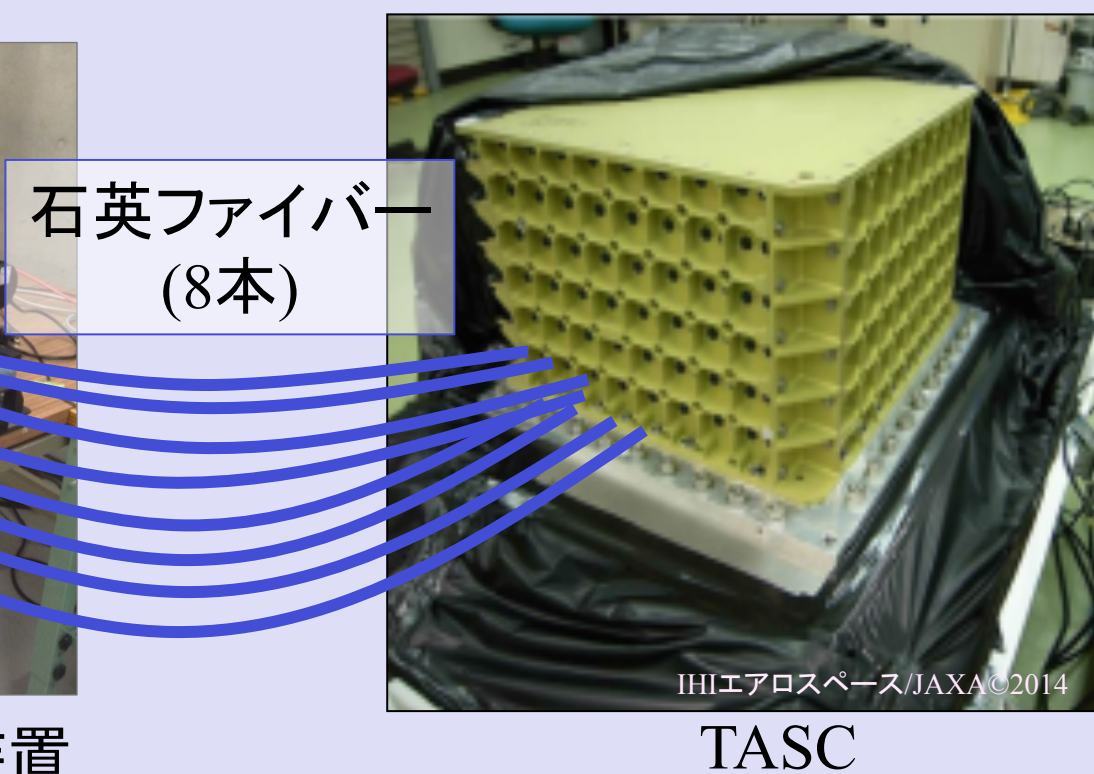
測定ダイナミックレンジの広いTASCセンサー出力の正常性確認と、ダイナミックレンジ接続のための出力信号較正のため、UVパルスレーザーを使ったレーザー照射装置を開発し、TASC PFMに照射を行った。UVパルスレーザーはTASCを構成するPWOシンチレータを励起するため、窒素レーザー(波長337nm)を用い、光学系を組み合わせ、数MIP-10⁶MIPの測定領域を網羅した。

UVパルスレーザー照射装置

TASCシンチレータ(PWO)を発光させ、宇宙線の入射を模擬的に再現するため、窒素パルスレーザー(波長337nm, パルス幅900ps)を用いて、レーザー照射装置を開発した。光量の調整は、光学フィルター及び虹彩絞りを用いて行い、効率化のため、レーザー光を8分割し、石英ファイバーにてTASCへ導入する光学系を組み合わせた。



UVパルスレーザー照射装置

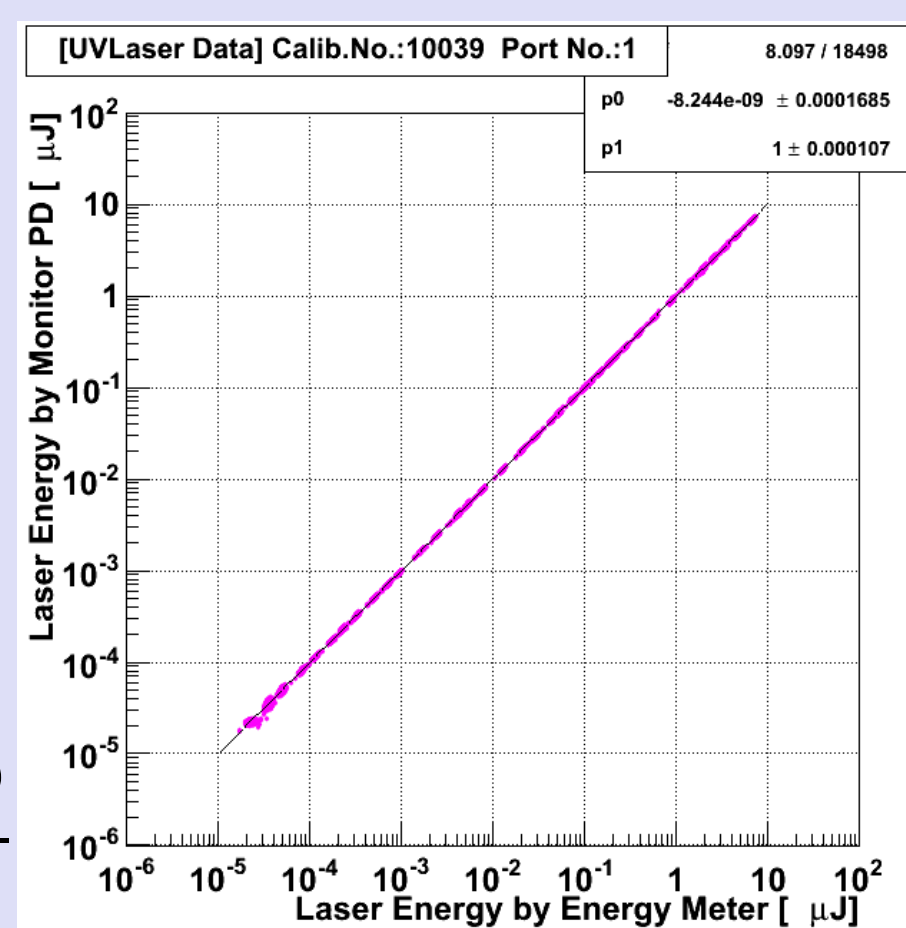


TASC

レーザー光量の較正

レーザーの照射の光量と安定性をモニターするため、光学系にPIN-PDを使った光量モニターを設置した。ファイバー端から出力される光をエネルギーメータを用い測定し、モニター出力との相関を各ファイバーで算出し、照射光量とした。

レーザー光量モニターの較正 (Port#1)
横軸: エネルギーメータによるファイバー端からの出力(μJ)
縦軸: モニターによる出力(較正後, μJ)



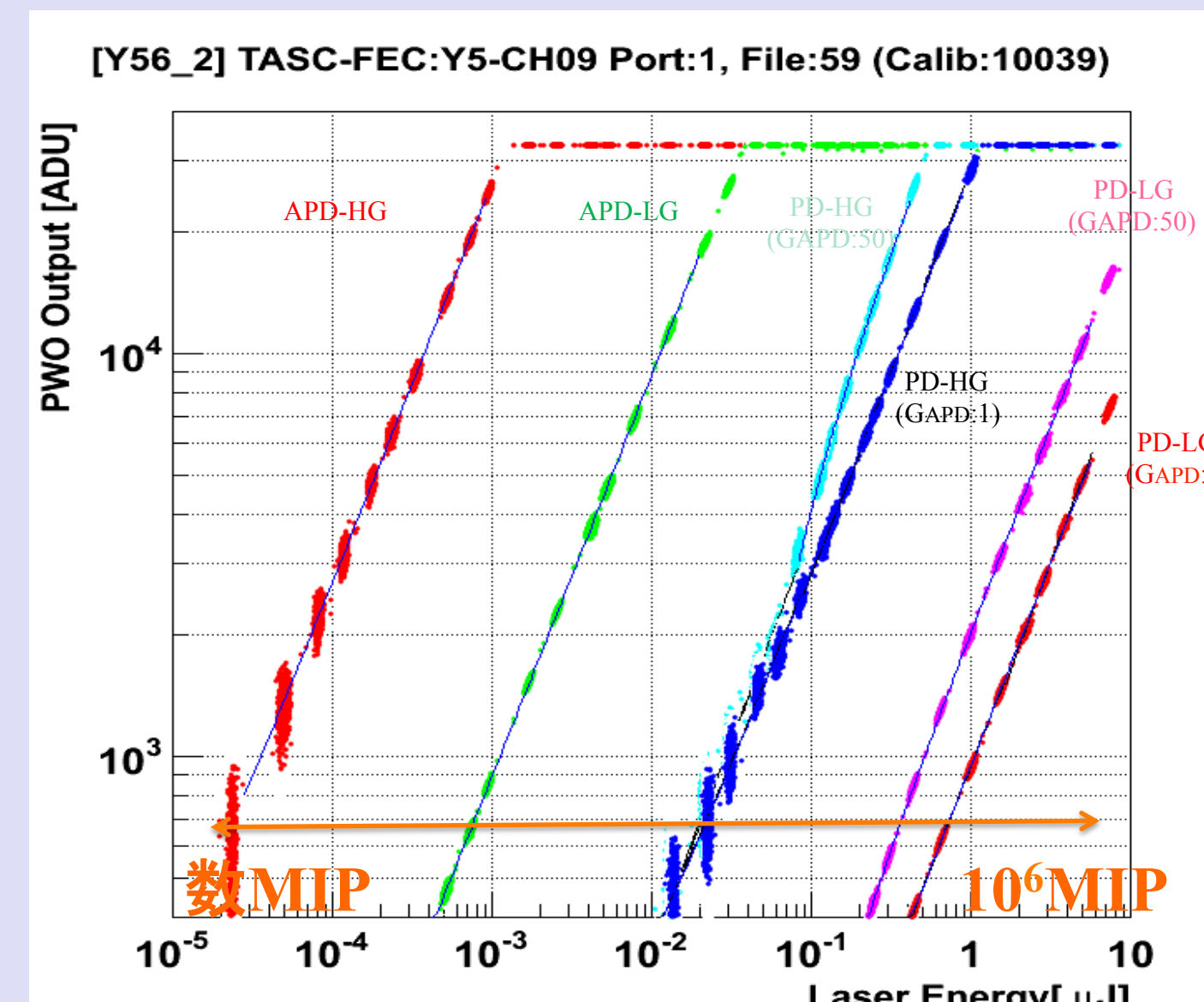
TASC信号出力特性の検証

TASCへのレーザー照射による出力信号を、APD/PDセンサーにて読み出す172本について測定を行った。右図は測定例で、横軸は照射光量(μJ)、縦軸はTASCからの出力(ADU)。

TASCで用いているセンサー(APDとPD)は、それぞれ増幅率の異なるアンプで読み出されており、センサー同士の出力相関を予め測定しておく必要がある。レーザー照射による測定では、観測時に使用する出力レンジを網羅した測定が行えており、全ての検出器が健全である事が確認できた。また、個々の出力特性による変化の較正のため、APDの逆バイアス電圧を変化させた測定を行い、較正計数についての詳細な検討を行っている。

まとめ

CALETカロリーメータ組み上げ及びシステム試験時に各検出器からの出力信号データを取得し、全検出器についての健全性の確認を行った。また、検出器の全チャンネルの較正に必要な基礎データを取得することができた。来年度に予定している打ち上げ前に、これら取得したデータを用いて検出器特性について基礎的な較正が可能で、現在データ解析が進行中である。



レーザー照射時TASC出力
横軸: モニターによる出力(較正後, μJ)
縦軸: TASC出力(ADU)