

# シンチレーティング・ファイバーを用いた ミュオンビームモニターの開発

2009年12月21日

# ミュオンビームモニターとは

世界最高強度 ( $10^8 \sim 10^9$  muon/秒) を持つ  
DCミュオンビーム源MUSICに用いられる。

実際にどのようなビームが出ているのかを知る  
ために、ビームモニターが必要



シリコンモニター  
(最新の技術のため、うまくいく保証がない)



バックアップとしてファイバーモニター

# MUSICビームモニターに期待される役割

- ①ビーム量の測定
- ②粒子の位置特定（プロファイル）
- ③粒子組成識別

①、②は大強度ビーム中で行う

⇒ファイバーシンチで行うことができるだろう

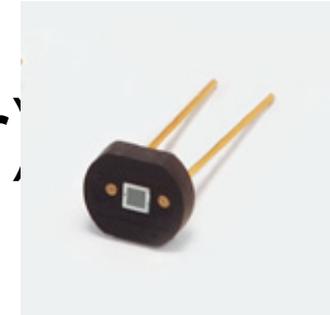
③は弱強度ビーム中で行う

⇒ファイバーシンチでは deposit energy が小さく、粒子の見分けがつかない懸念・・・プラスチックシンチが良いのでは

本当にそうであるか検討の必要性有

# モニターに使用する機器

## ・ MPPC(Multi-Pixel Photon Counter)



- ①微弱な光も検出できる
- ②磁場に強い→MUSICはパイオン捕獲のために磁場を用いる  
(PMTは磁場にやられる)

光電面は、1mm×1mmと3mm×3mmがあり、ピクセル数は100から14400がある

## ブレークダウン電圧と静電容量

ブレークダウン電圧と静電容量の関係

$$\text{Gain} = \frac{C}{e} (V_{bias} - V_0)$$

C : 静電容量

$V_{bias}$  : 印加電圧

$V_0$  : ブレークダウン電圧

e : 素電荷 =  $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$

# ファイバーシンチでの実験

- 0.5mmファイバー内でのdeposit energy
  - 20MeV/c ミューオン→1.89MeV (0.37mmで全て失う)
  - 40MeV/c ミューオン→0.474MeV
  - 60MeV/c ミューオン→0.255MeV
  - 宇宙線 (エネルギー1GeV) ミューオン→0.106MeV

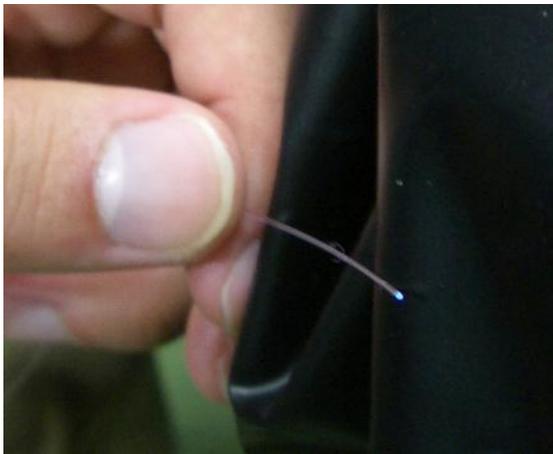
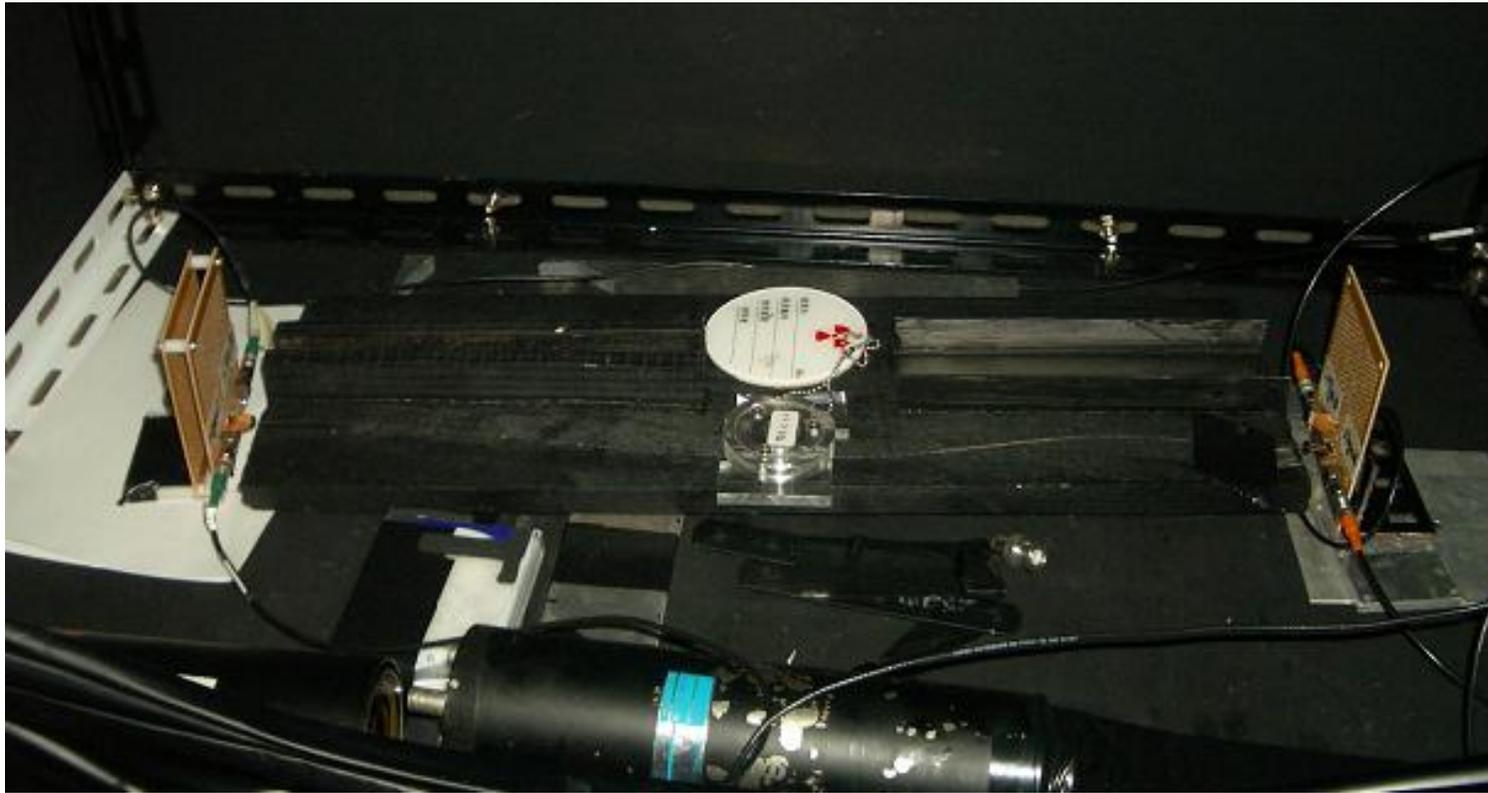
宇宙線の場合(1mm×1mm、100ピクセルMPPC)

$$\frac{0.106 \times 10^4 \times e^{(-x/4)} \times 0.053 \times 1/4}{\substack{\text{エネルギーロスによって} \\ \text{できるフォトン数}}} \sim 14 \times \frac{e^{(-x/4)}}{\substack{x \text{を平均行路長と} \\ \text{したときの減衰率}}} \times \frac{1}{\substack{\text{全反射角に} \\ \text{入る確率}}} \times \frac{1}{\substack{\text{MPPC検出効率}}}$$

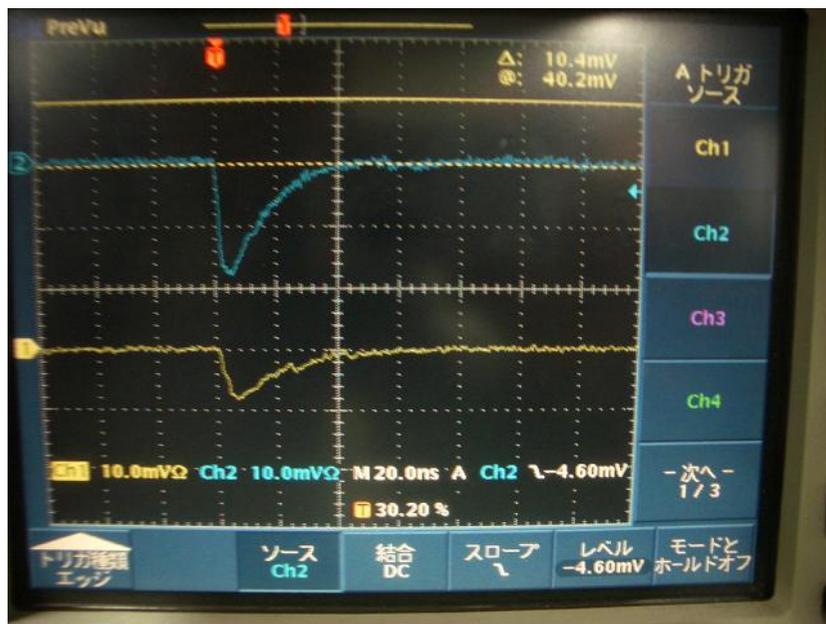
仮に $x=1\text{m}$  とすると、11photonが検出される

同様に、20MeV/c → 195photon、40MeV/c → 49photon  
60MeV/c → 26photon

# 実験装置



## 線源なし

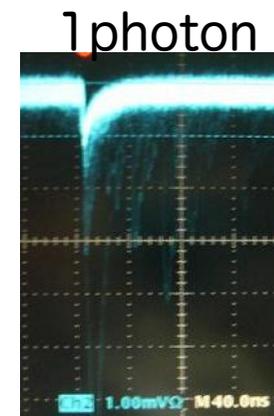


1分に約1~2回のペースで coincidenceがとれた  
1 photonと比べると、ch2で十数 photonが検出されている  
ch1はハサミでファイバーを切った面を用いている  
(面の粗さがphotonの少なさに影響を与えると考えられる)

## 線源あり (Sr-90)



1秒に2~3回程度のペースで coincidenceがとれた  
ノイズと比べてcoincidenceの rateが大幅に高い  
1 photonと比べると、ch2で十数 photonが検出されている

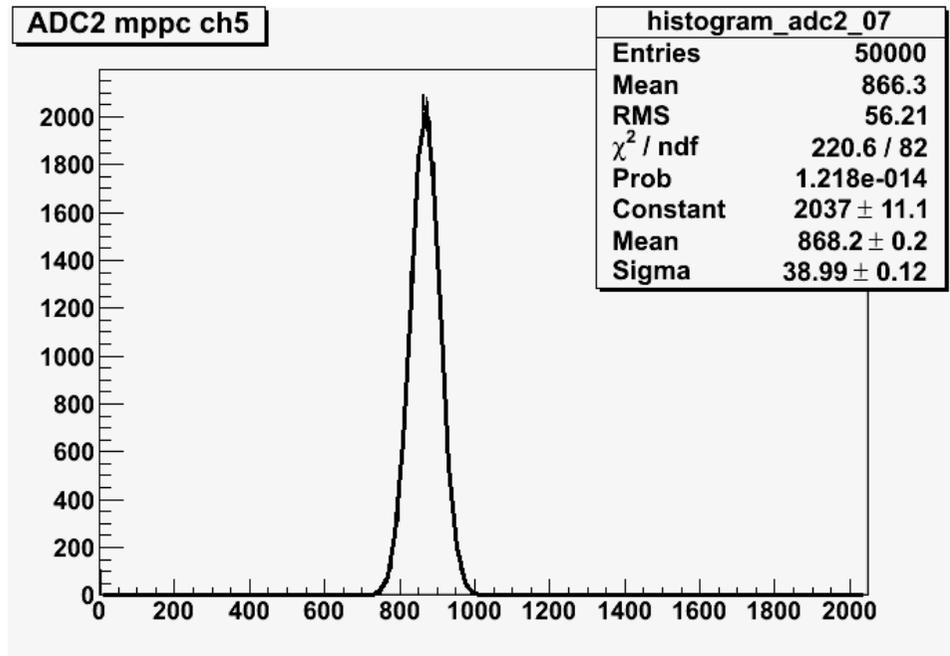


# MPPCエネルギー分解能測定実験

3mm×3mm、14400ピクセルMPPC

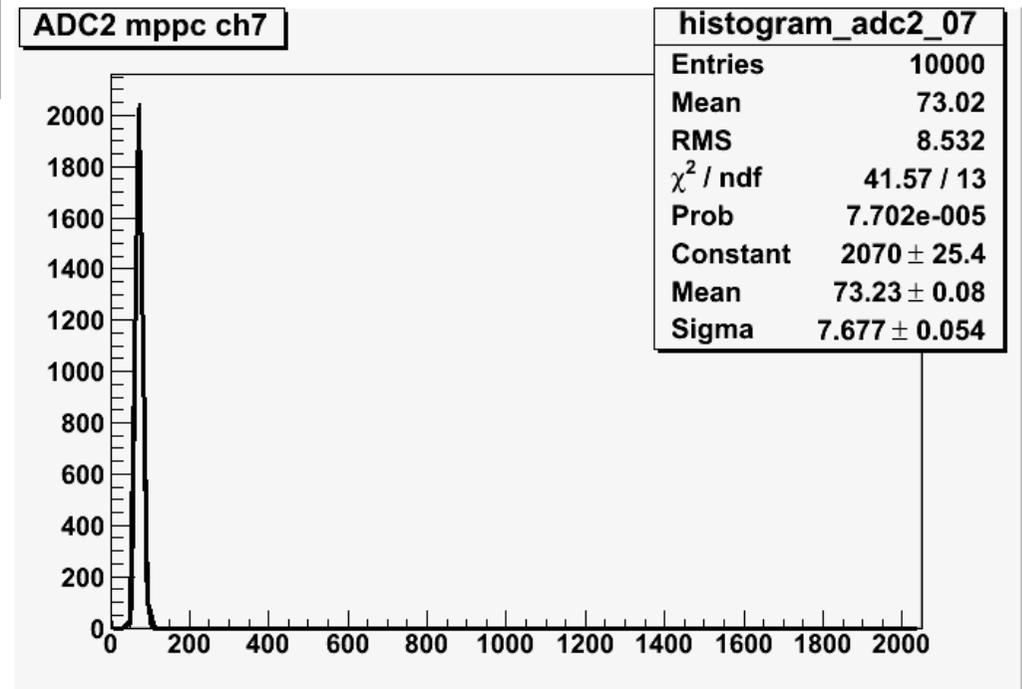
@東北大学

# Fitting



LEDのシグナル

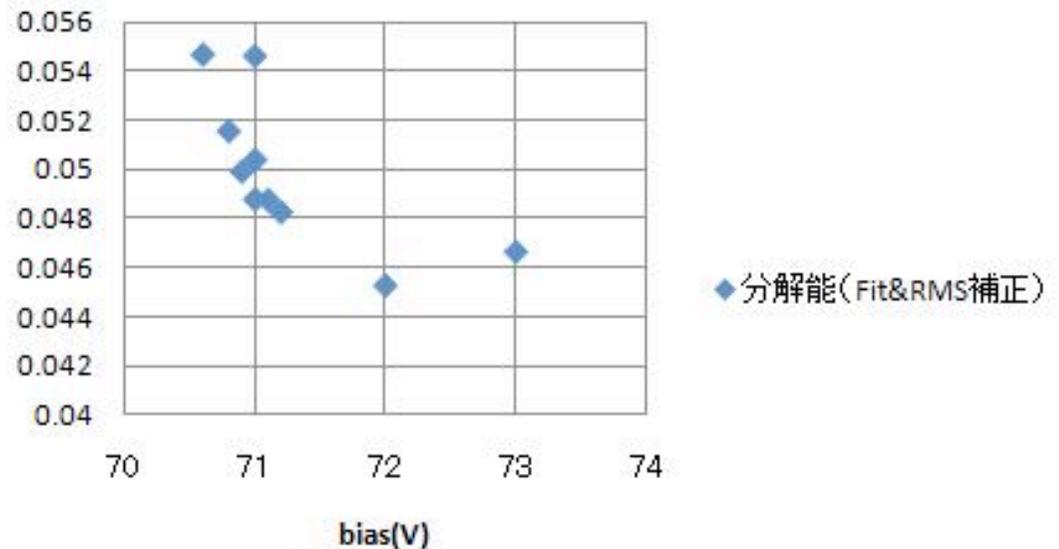
pedestal



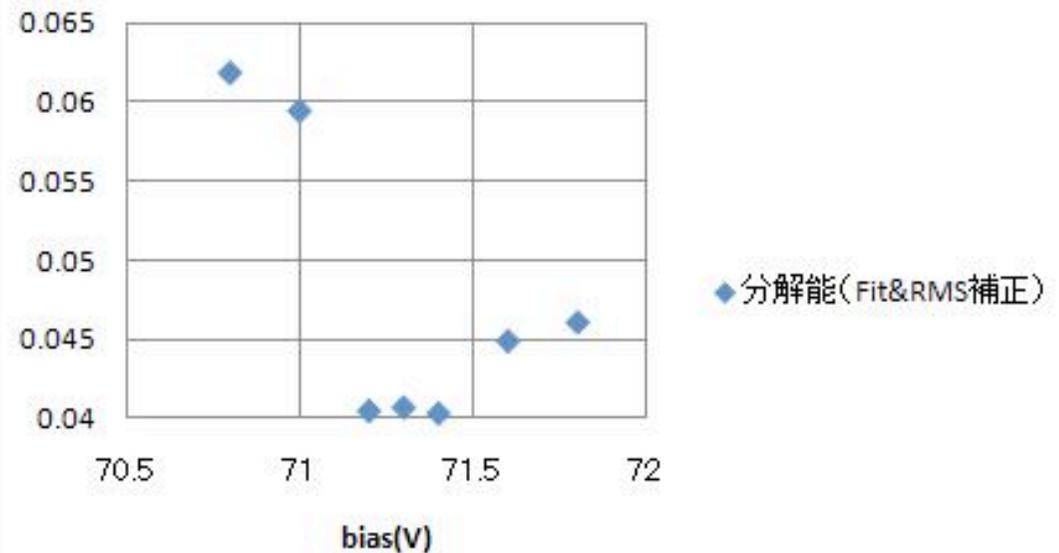
# バイアス電圧と 分解能

規格電圧は  
71.01V(上)  
70.98V(下)

### 分解能 (Fit&RMS補正)

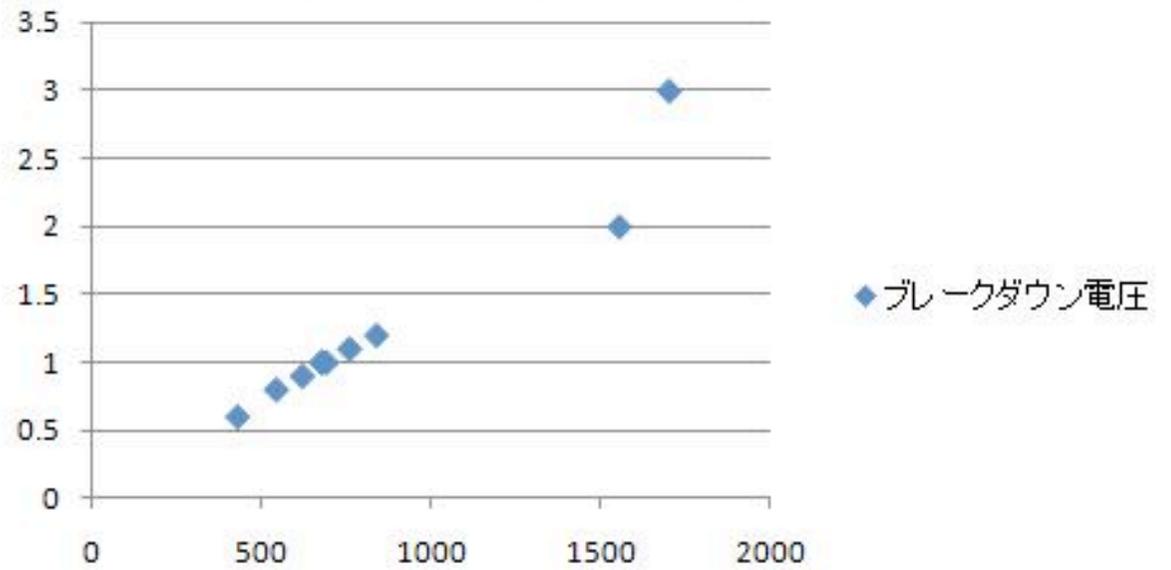


### 分解能 (Fit&RMS補正)

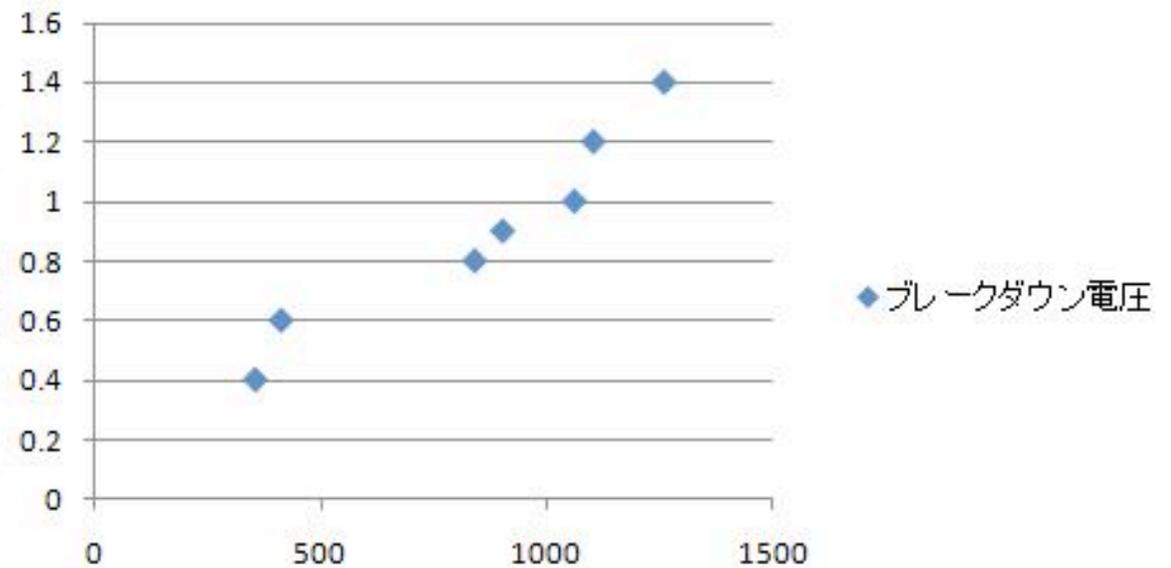


# ブレークダウン電圧と Gain

## ブレークダウン電圧



## ブレークダウン電圧



# 今後の予定

- 光量の見積もり（ADCを用いた回路）
- Sr-90線源での観測（位置をずらしながら）
- 網目状のファイバー装置の注文、測定
- DAQの構築

