



ミューオン・電子転換過程探索における  
カロリメーターの開発

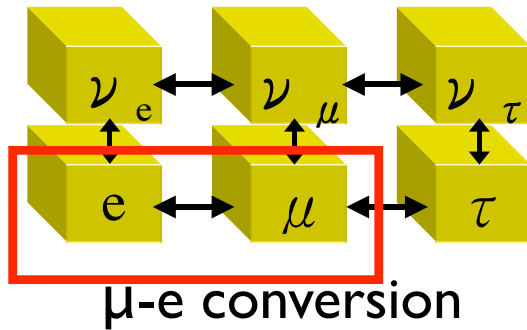
2009/12/21  
久野研・山中研年末合同発表会  
久野研究室M2  
立元琢土

# 目次

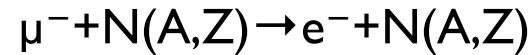
- 研究の背景
  - COMET実験
  - COMET実験で用いる電磁カロリメーター
  - カロリメーターの構成
- 研究の目的
- ビームテスト@ 東北大電子光研究センター(12/11~12/20)
  - セットアップ
  - 結果
- まとめとこれからの予定

# COMET実験

レプトン



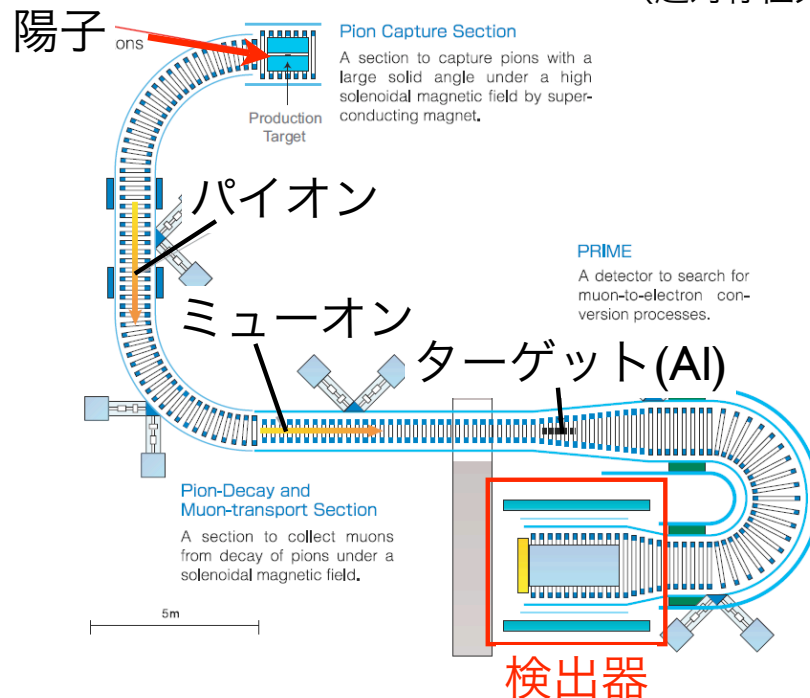
ミューオン・電子転換過程



標準理論モデルでは観測不可能。

→発見できれば標準理論を超える理論

(超対称性大統一理論、超対称性シーソー理論) の証拠となる。



$\mu$ -e転換過程

現在の精度  $\rightarrow 10^{-12}$

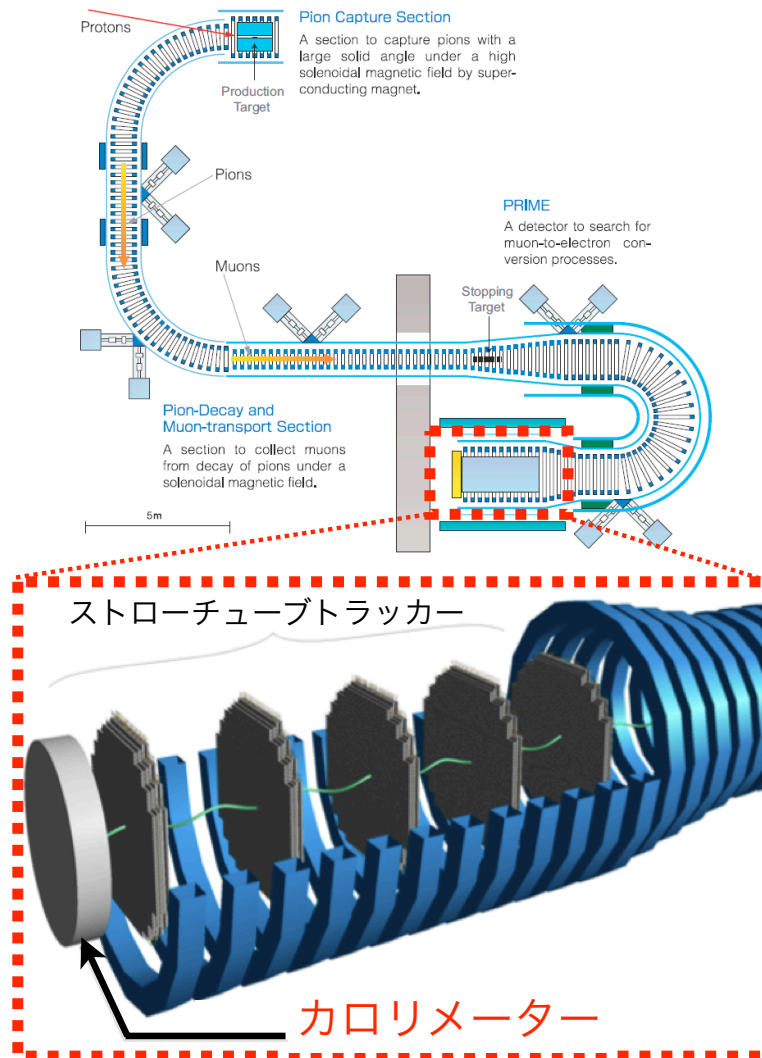
COMETの目標  $\rightarrow 10^{-16}$

J-PARCに設置を計画中

CDR (Conceptual Design Report)

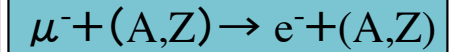
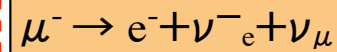
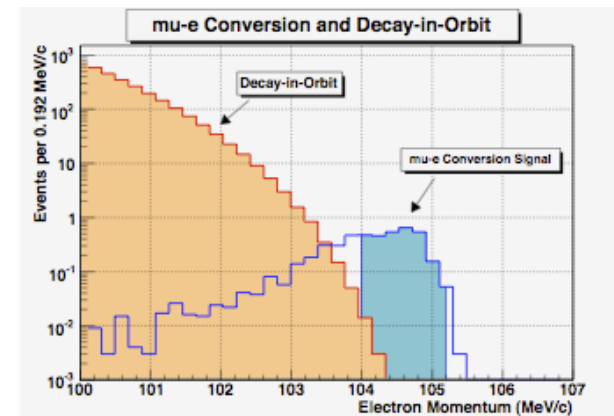
を提出 stage I approval

# COMET実験で用いる電磁カロリメーター



## カロリメーターの役割

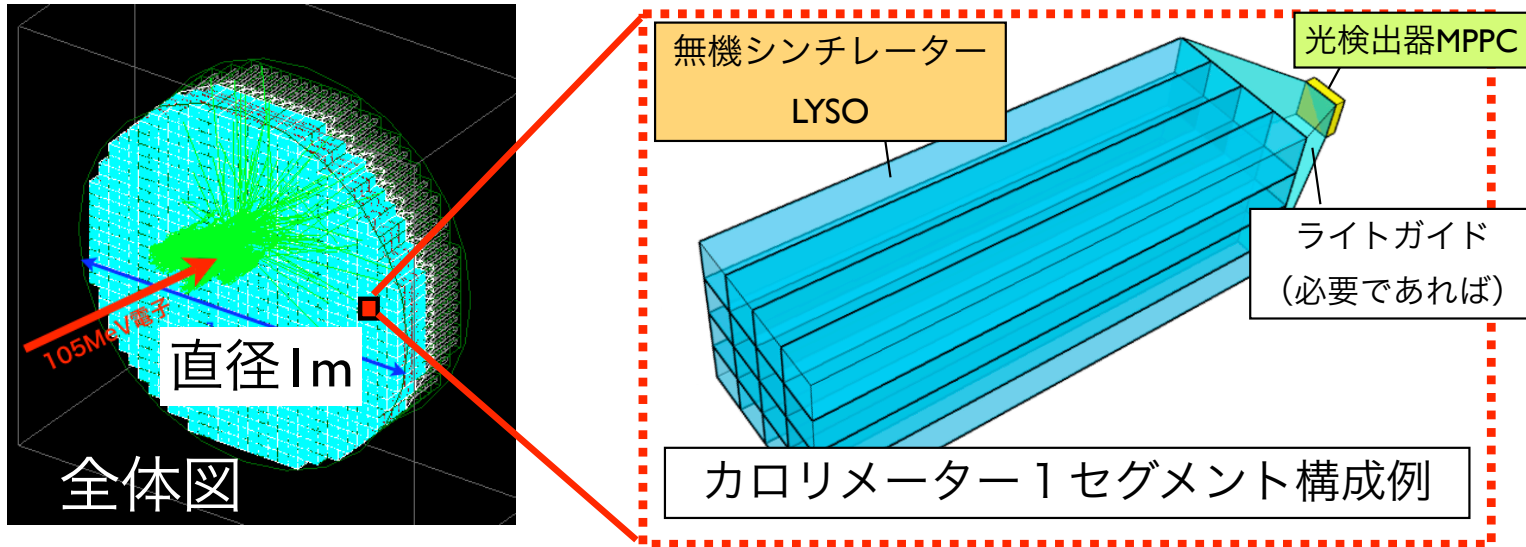
トラックーへのイベントトリガー  
(エネルギー測定、位置検出)



## 要求性能

- エネルギー分解能 <5%(@100MeV電子)
- 応答時間<100nsec
- 位置分解能 約1cm
- 強磁場での使用 (>1T)

# カロリメーターの構成



## 要求性能

- エネルギー分解能  $< 5\%$  (@ 100MeV電子)
- 応答時間  $< 100\text{nsec}$
- 位置分解能 約 1 cm
- 強磁場での使用 ( $> 1\text{T}$ )

## 無機シンチレーターLYSO

- 光量が多い (NaI:100に対してLYSO:72)
- シンチレーション光の減衰定数が短い(40nsec)
- 密度が高い ( $7.40\text{g/cm}^3$ )

## 光検出器MPPC

- 強磁場での使用可能
- 増倍率がPMT並みに高い( $10^5 \sim 10^6$ )

# 研究の目的

- 現在、候補となってるカロリメーターの構成(LYSO+MPPC)でのエネルギー分解能を評価し、目標(<5%@100MeV e-)を満たすようなカロリメーターのデザインを提案する。

エネルギー分解能の構成要素を調べ、エネルギー分解能が最小となるような組み合わせを考える。

- エネルギー分解能( $\sigma/E$ )の構成要素

$$\left(\frac{\sigma}{E}\right)^2 = \left(\frac{a}{E}\right)^2 + \left(\frac{b}{\sqrt{E}}\right)^2 + c^2$$

- 1項目：電気ノイズ (1/Eに依存)
- 2項目：光電子数による統計誤差 (1/ $\sqrt{E}$ に依存)
- 3項目：結晶に落とすエネルギーのばらつき (1/Eに対し定数)

→実際の電子ビームを用いてそれぞれの構成要素がどのような割合なのか調べ  
シミュレーションと比べる。



## ビームテスト@東北大電子光物理学研究センター

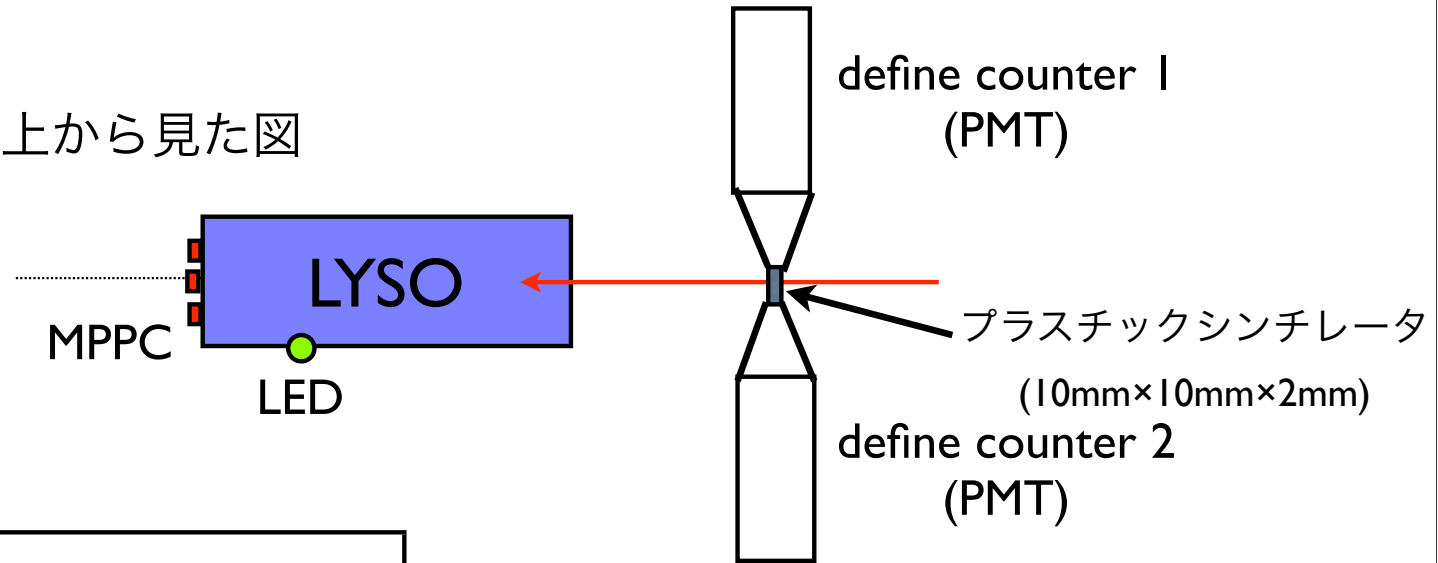


### 東北大電子光物理学研究センターについて (旧東北大物理学研究科附属原子核物理学研究施設)

- 線形加速器(最大200MeV)、STBリング円形加速器(最大1.2GeV)から構成される。
- 加速器で加速された電子をラジエーターに当て、高エネルギー $\gamma$ 線を発生させる。発生した高エネルギー $\gamma$ 線を金属箔( $20\mu\text{m}:\text{Au}$ )に当て、電子・陽電子対生成を起こし、双極電磁石で $30^\circ$ に運動量分析したものをビームとして使用。
- 双極電磁石のコイル電流を変えることによりビームエネルギーを調節(エネルギー広がり $\sigma=1.77\text{MeV}@99.8\text{MeV e}^-$ )

# セットアップ

上から見た図



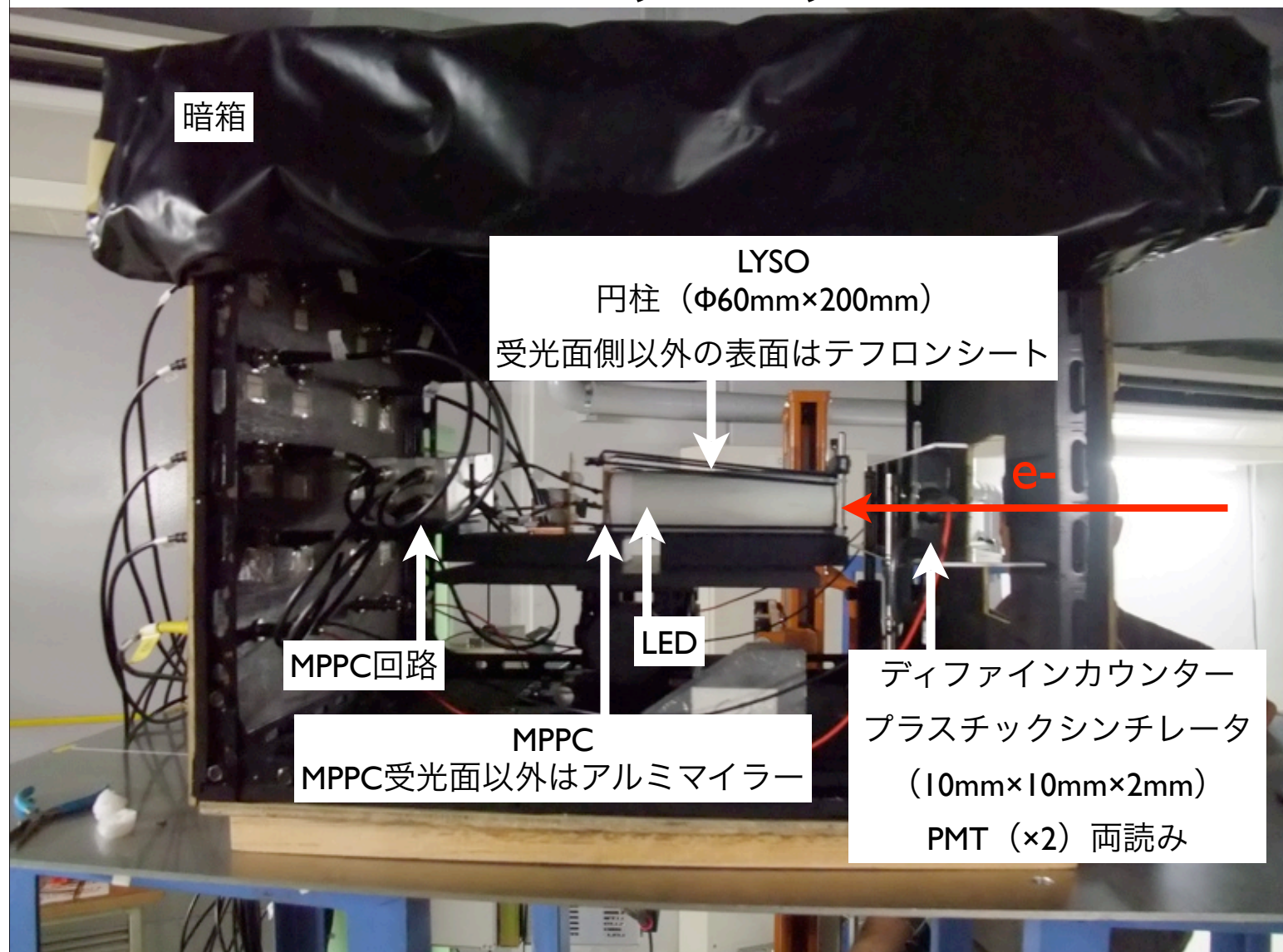
MPPC spec (HAMAMATSU SI0362-33-025)

|              |                                             |
|--------------|---------------------------------------------|
| 有感領域         | 3mm×3mm                                     |
| Fill factor  | 30.8%                                       |
| Pixel        | 14400                                       |
| Single pixel | 25μm×25μm                                   |
| Gain         | $2.75 \times 10^5$ (bias : V=-71.6V , 10°C) |

- ※7秒ごとにビームのon/offが切り替わる。
- trigger1=define counter1 + 2 + beam on
- trigger2=10Hz clock + beam off
- PMT、MPPC共にADC、TDCによりデータを得る。

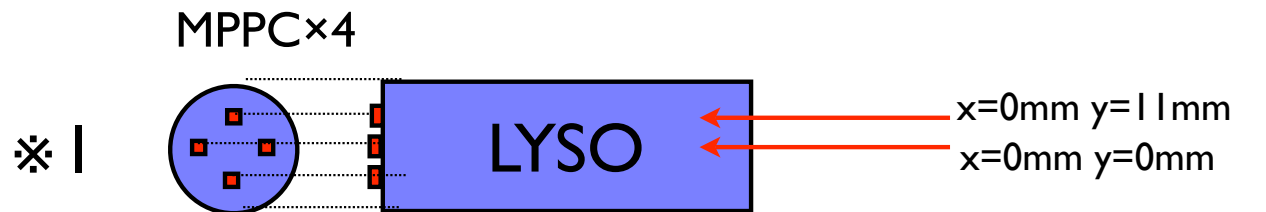


# セットアップ

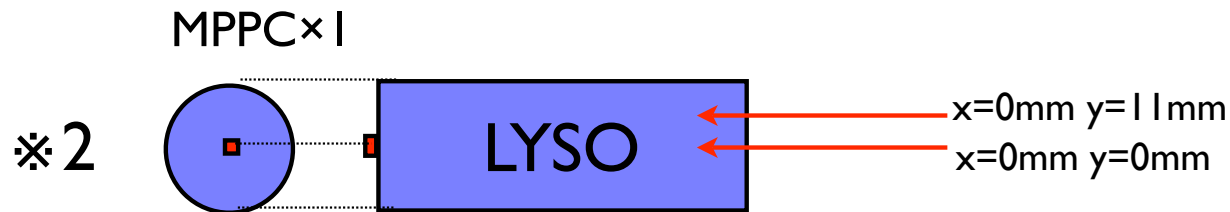


# セットアップ

様々な状況でのエネルギー分解能を比較するため以下のようなセットアップで実験した



$x=0\text{mm } y=0\text{mm}$   
 $e^-=100\text{MeV}$   
 $e^-=75\text{meV}$   
 $e^-=50\text{MeV}$   
 $x=0\text{mm } y=11\text{mm}$   
 $e^-=100\text{MeV}$   
 $e^-=75\text{MeV}$

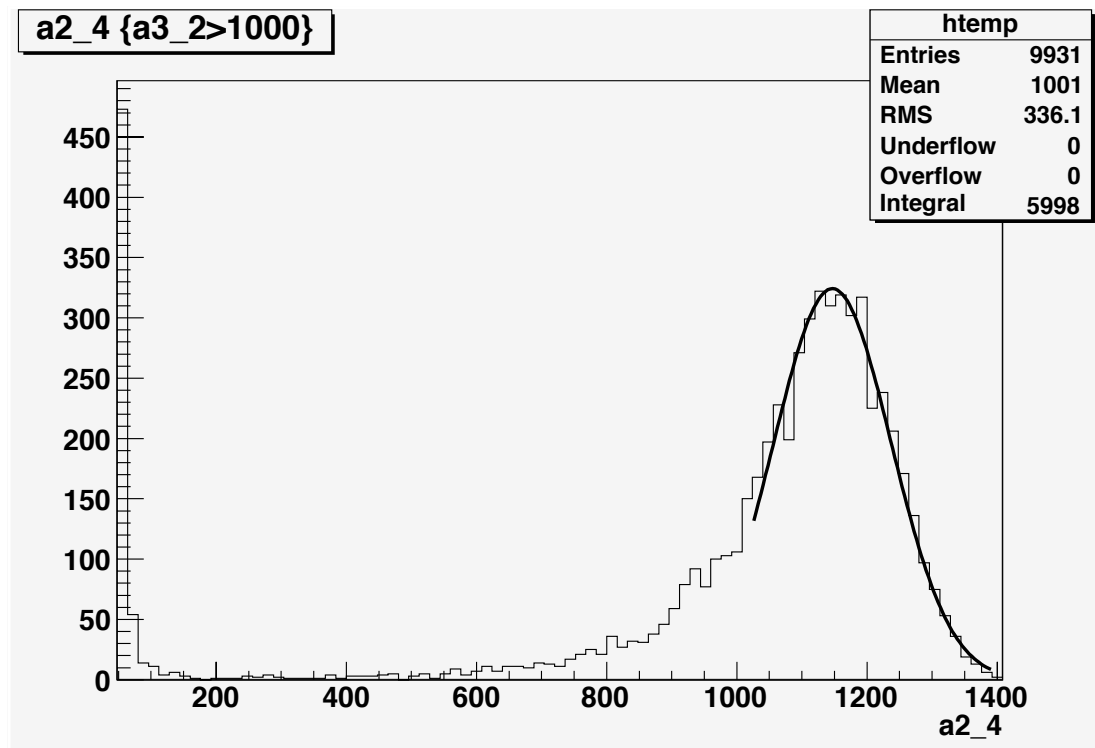
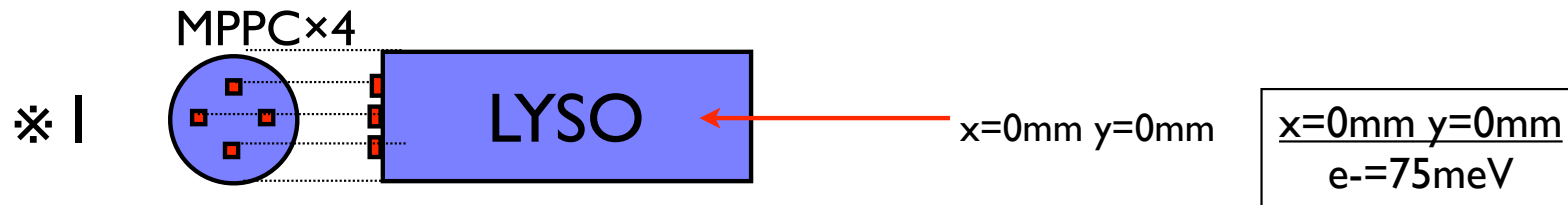


$x=0\text{mm } y=0\text{mm}$   
 $e^-=100\text{MeV}$   
 $e^-=75\text{meV}$   
 $x=0\text{mm } y=11\text{mm}$   
 $e^-=100\text{MeV}$



$x=0\text{mm } y=0\text{mm}$   
 $e^-=100\text{MeV}$   
 $e^-=75\text{meV}$   
 $x=0\text{mm } y=11\text{mm}$   
 $e^-=100\text{MeV}$

# 結果(詳しい解析はこれから)



mean:1152ch  
pedestal:50ch  
sigma:87ch

$\sigma/E=7.9\%$

MPPC ch4 (bias -72.5V)

# まとめと今後

- ミューオン・電子転換過程探索のための電磁カロリメーターの開発を行っており、カロリメーターへの要求性能のとして、エネルギー分解能  $< 5\text{MeV}@105\text{MeV e-}$ 、真空、強磁場中に設置可能であることが挙げられる。
- ビームテストによって導かれたエネルギー分解能のそれぞれの構成要素をシミュレーションと比較し、必要であればシミュレーションのパラメーターを補正する。
- 実機カロリメーターのシミュレーションを行い、効率のよいカロリメーターのデザインを提案する。