

MEG実験 μ 粒子崩壊における 2γ 事象の研究

日本物理学会 第65回年次大会 @岡山大学津島キャンパス

23/March/2010

名取寛顕 他MEGコラボレーション

Introduction

- MEGは $\mu \rightarrow e\gamma$ 探索の目的で実験を行い、2009年には 6.5×10^{13} muon stop に相当するデータを取得
- このデータから $\mu \rightarrow e\gamma$ 以外の物理事象を見つけられないか？
- ここでは $\mu \rightarrow e\gamma\gamma$ 崩壊の探索が可能かどうかを見ていく

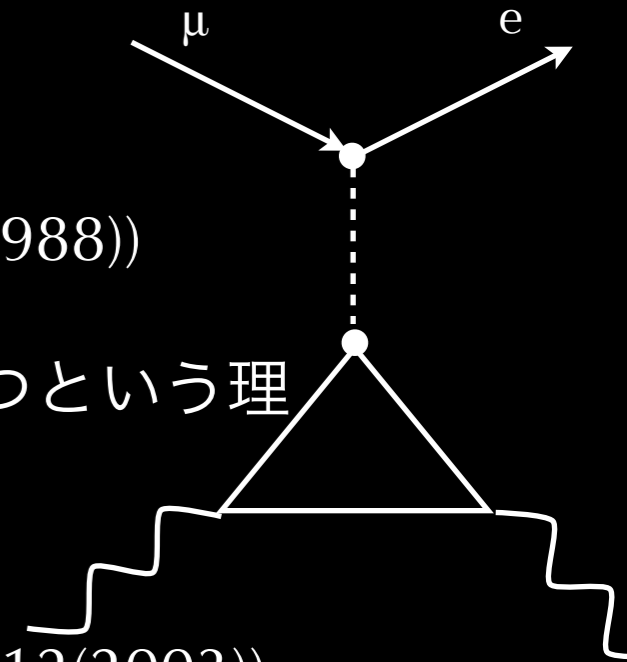
Contents

- $\mu \rightarrow e \gamma \gamma$ の物理
- $\mu \rightarrow e \gamma \gamma$ の特徴について MC study
- バックグラウンドの見積もり
- Sensitivity 見積もり
- 解析について
- 結論

※ Preliminary

$\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma \gamma$ decay

- $BR(\mu \rightarrow e \gamma \gamma) < 7.2 \times 10^{-11}$ (Crystal Box Phys.Rev.D38 2077(1988))
- $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma \gamma$ の方が $\mu^+ \rightarrow e^+ \gamma$ より大きな Branching ratio を持つという理論も存在
 - 例 : R-parity-violating (RPV) SUSY (Phys. Rev. D67 115012(2003))
 - One RPV SUSY model: $BR(\mu \rightarrow e \gamma \gamma) = 1.3 \times 10^{-8} \times |\lambda \lambda'|^2$
- よりよい精度の測定 \rightarrow RPV SUSYモデルへの制限
- general local interaction を仮定し、MCを作りイベントの特徴について見ていく

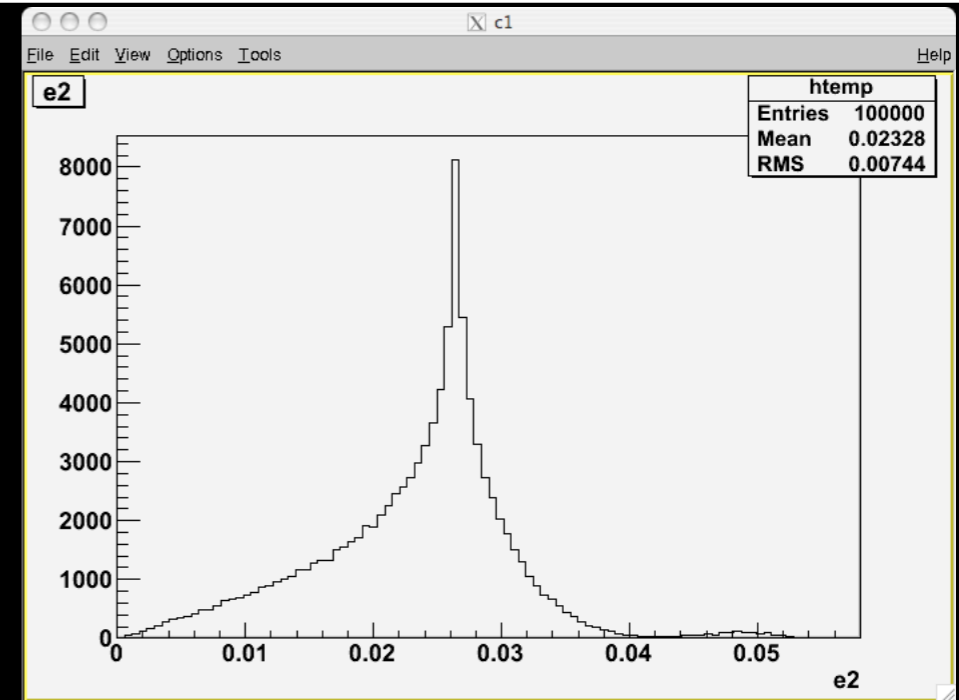
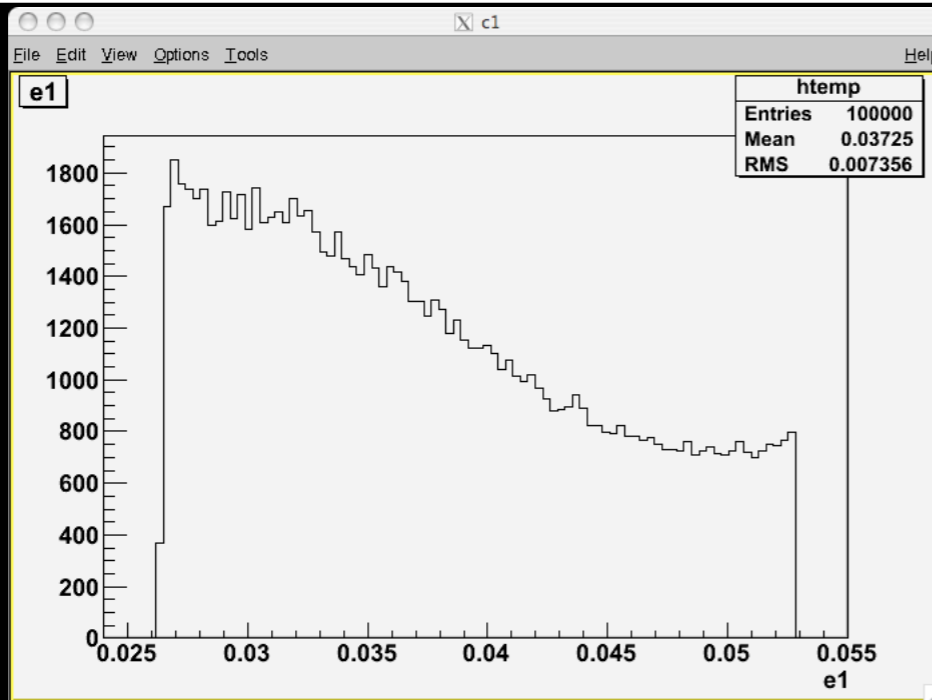


Gamma distribution

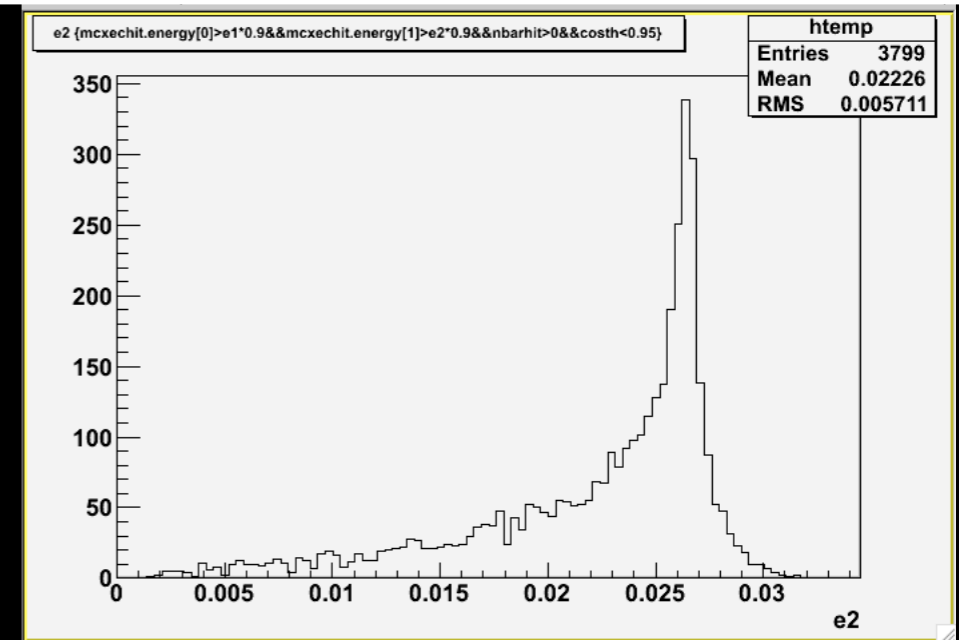
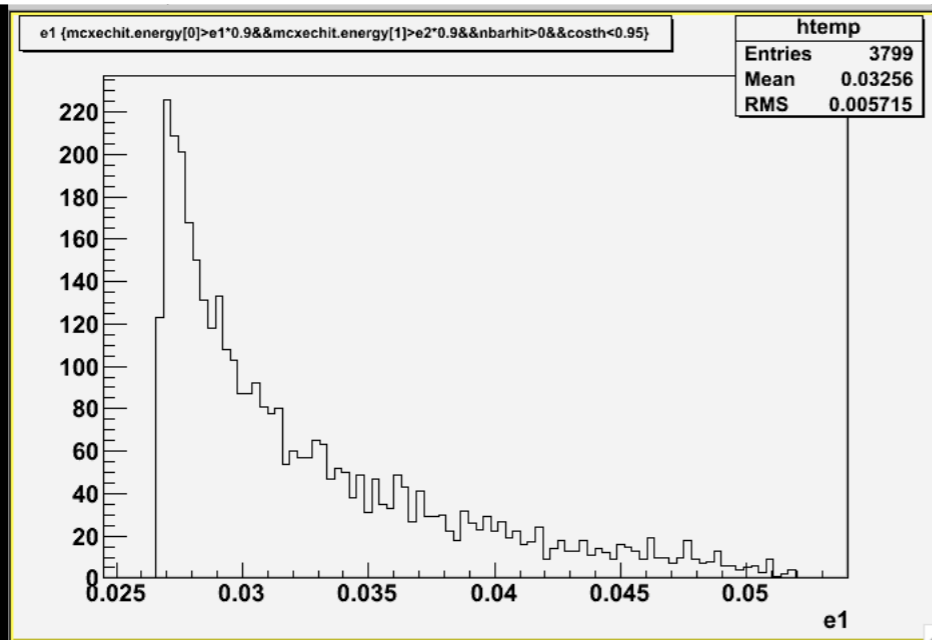
Energy of higher energy photon [GeV]

Energy of lower energy photon [GeV]

Raw Distribution



Detected Gamma (*)



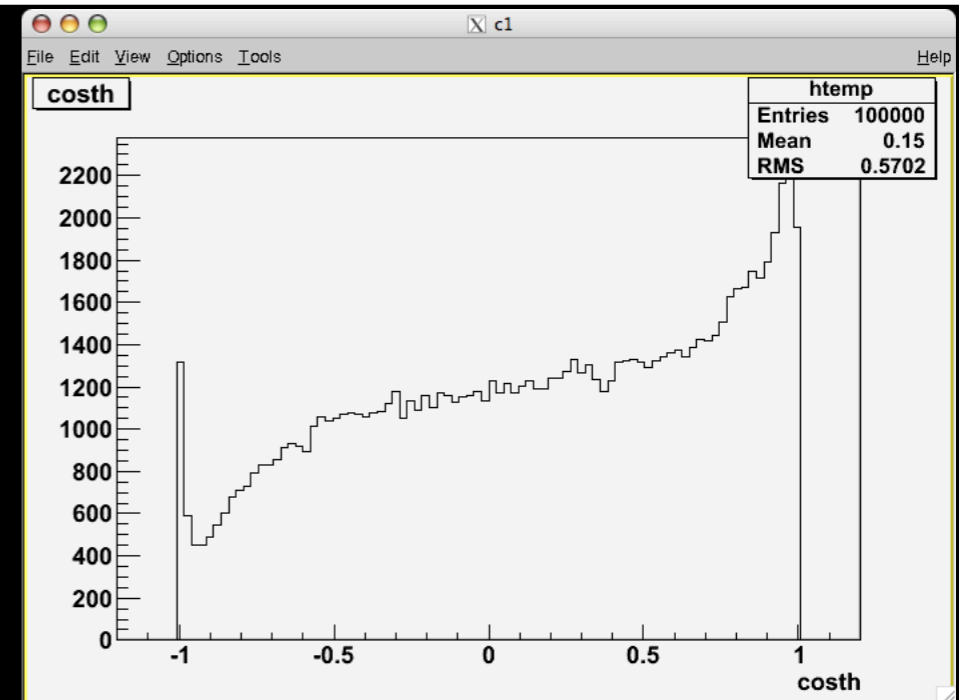
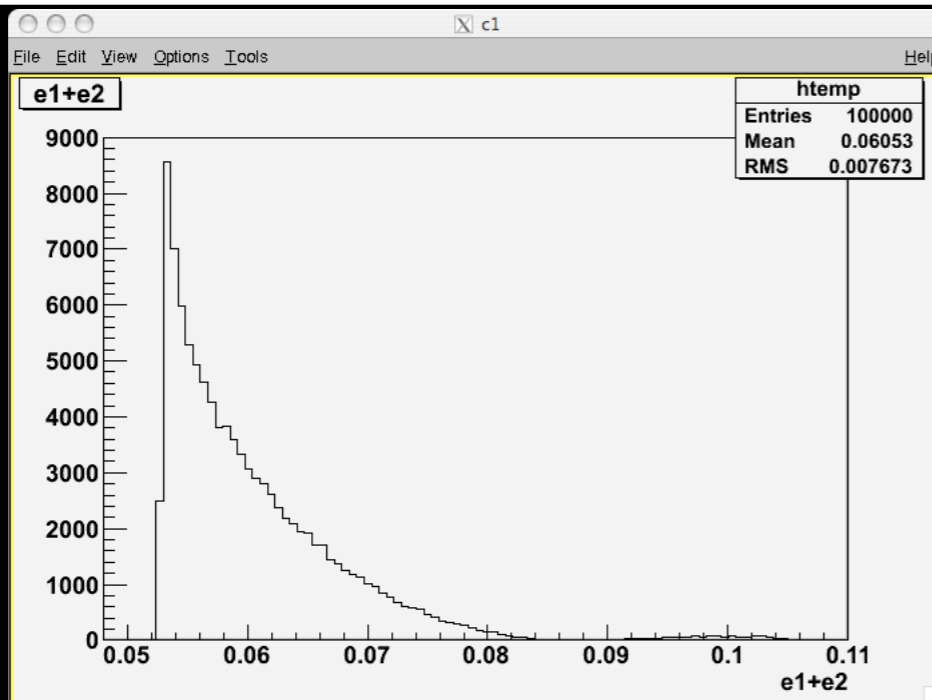
* Energy deposit of $E_{1\gamma} > 0.9 \times E_1$ && Energy deposit of $E_{2\gamma} > 0.9 \times E_2$ && nbarhit > 0 && $\cos\theta < 0.95$ (21 cm at inner face)

Gamma distribution

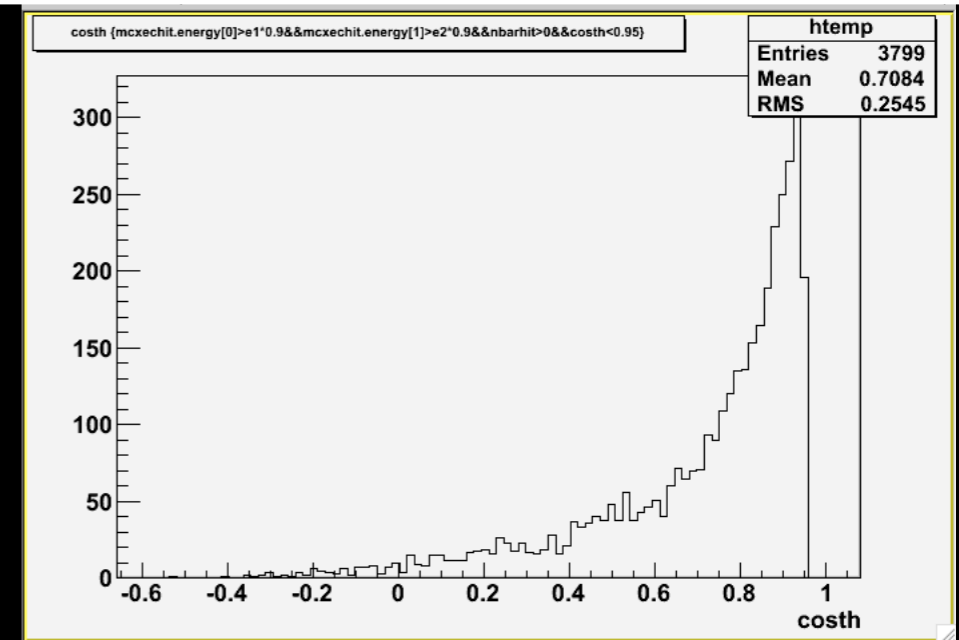
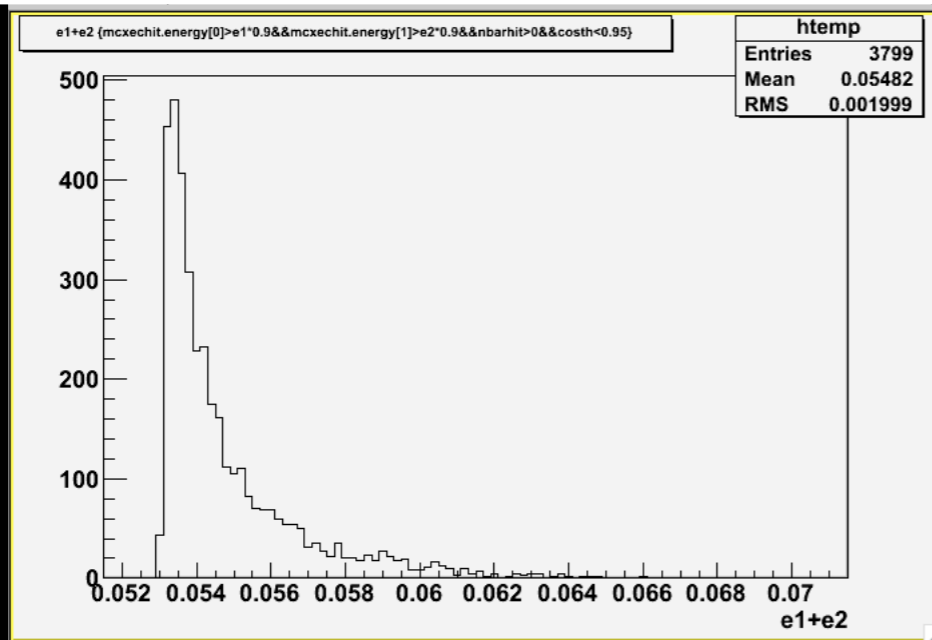
Energy sum of 2 photons [GeV]

Angle between photons [$\cos\theta$]

Raw Distribution



Detected Gamma (*)



* Energy deposit of $E_1\gamma > 0.9 \times E_1$ & Energy deposit of $E_2\gamma > 0.9 \times E_2$ & $n_{\text{barhit}} > 0$ & $\cos\theta < 0.95$ (21 cm at inner face)

$\mu \rightarrow e \gamma \gamma$ event property

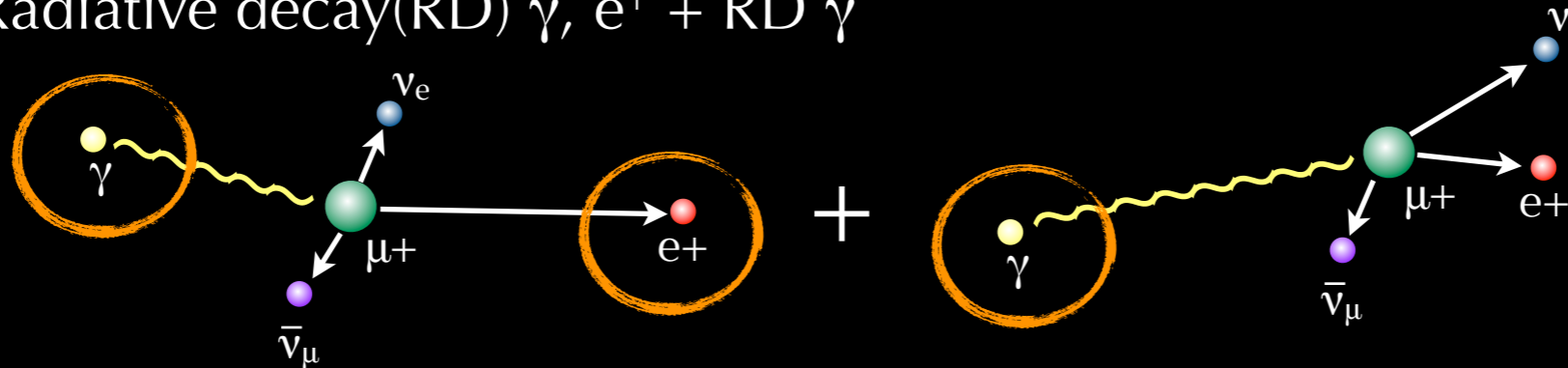
- イベントの特徴
 - γ 線は2つとも 26 MeV付近にピーク
 - γ 線 energy の和: >52.8 MeV にピークがあり、高エネルギー側にテール
 - positron energy: <52.8 MeV にピークがあり、低エネルギー側にテール
 - γ 線間の角度は小さい
 - positron はほぼ γ 線と back to back
- 3粒子とも同一平面上

Trigger efficiency and S.E.S Preliminary

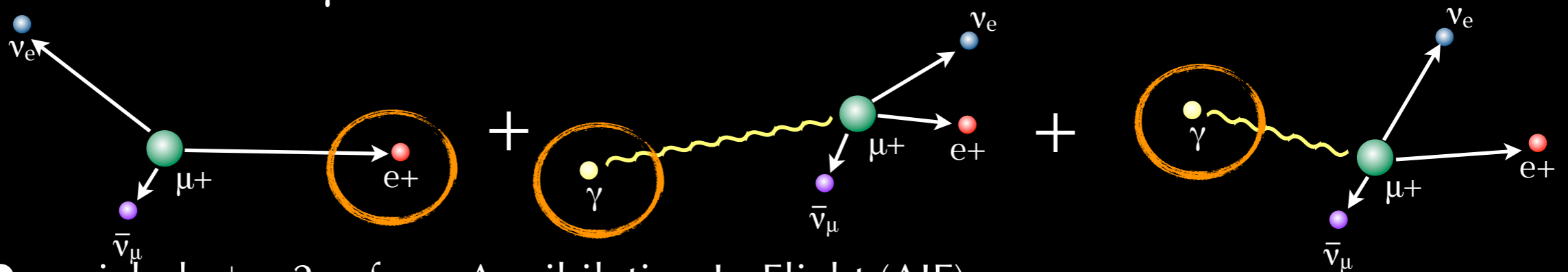
- $\mu \rightarrow e\gamma$ 探索のトリガー条件:
 - γ Energy ($40\text{MeV} < E_\gamma < 70\text{MeV}$) : O.K.
 - γe^+ coincidence : O.K.
 - γe^+ direction match ($\Delta\theta, \Delta\phi < \sim 0.3$ rad) : $\sim 75\%$ of $\mu \rightarrow e\gamma\gamma$ satisfy
- 2つの γ 線がそれぞれ90%以上のエネルギーをXe中にデポジット、 e^+ のHit、 γ 線の間角度が $\cos\theta < 0.95$ を要求した時のEfficiency of detector $\sim 3.8 \times 10^{-2} \times \Omega/4\pi \times \text{TC DC matching efficiency} = 1.5 \times 10^{-3}$
- $\text{S.E.S.} = 1 / (\text{N}\mu \times \epsilon_{\text{detector}} \times \epsilon_{\text{trigger}} \times \epsilon_{\text{reconstruction}}) = 1.4 \times 10^{-11} / \epsilon_{\text{reconstruction}}$
 ※ $\cos\theta < 0.95$ should be conservative

Expected accidental backgrounds

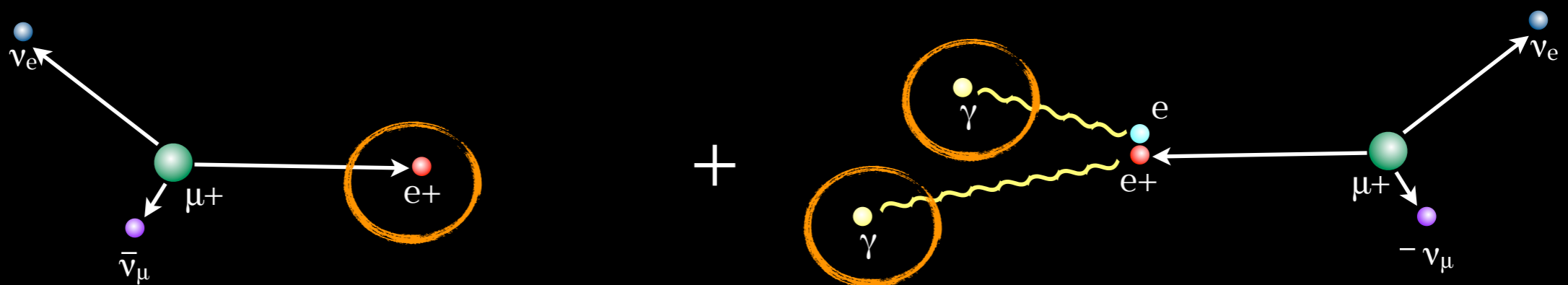
- Radiative decay(RD) $\gamma, e^+ + \text{RD } \gamma$



- michel $e^+ + 2\gamma$ s from RDs



- michel $e^+ + 2\gamma$ s from Annihilation In Flight (AIF)



Rough estimation of BG in 2009

Preliminary

- e^+ のtrack、 γ 線2つのXeへのHit、3つの粒子のエネルギー和 = $M\mu \pm 20\%$ 、運動量保存、coincidence 要求
- Assumption
 - gamma timing resolution : $\pm 600\text{ps}$ (1γ 入射時の1PMTでの測定精度=300ps)
 - gamma position resolution : $\pm 12\text{mm}$ (1γ 入射時のresolution = 5mm)
 - e^+ angular resolution : $\pm 16\text{mrad}(\phi)$, $\pm 22\text{mrad}(\theta)$ (2σ of e^+ angular resolution)
 - Trigger efficiency : 75% (inaccurate)
 - etc..
- $N(\text{BG from RD } \gamma, e^+ \text{ and } \gamma(\text{RD})) = 1.9$
- $N(\text{BG from michel } e^+ \text{ and } 2\gamma(\text{RD})) = 0.5$
- $N(\text{BG from michel } e^+ \text{ and } 2\gamma(\text{AIF})) = 1.9$

Rough estimation of sensitivity

Preliminary

- $N_{\text{BG}} \sim 4.3$
- $S.E.S = 1.4 \times 10^{-11} / \epsilon_{\text{reconstruction}}$
- Expected sensitivity (90% C.L.): $6.9 \times 10^{-11} / \epsilon_{\text{reconstruction}}$

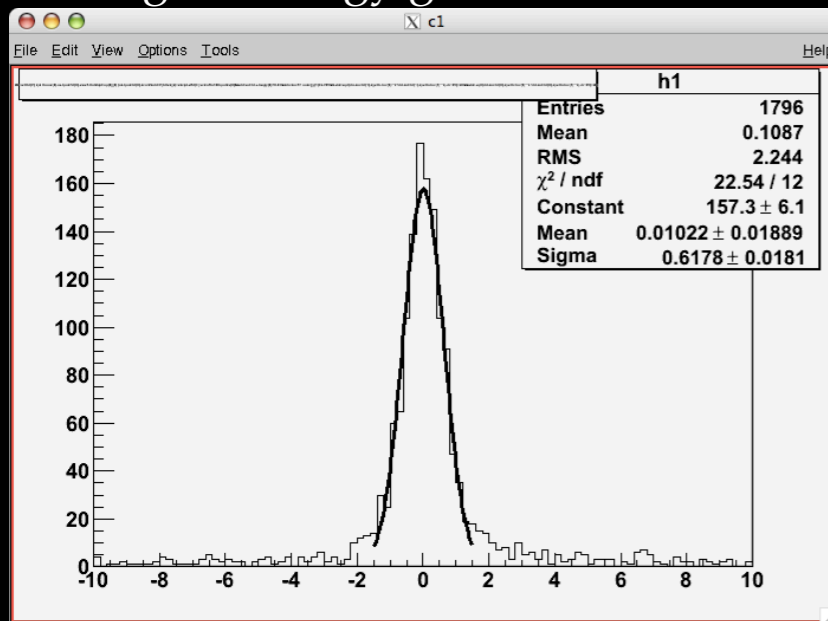
Analysis tools needed

- Emission angle, energy, timing reconstruction of positron : ready
- Position, energy, timing reconstruction of 2γ s : 準備中

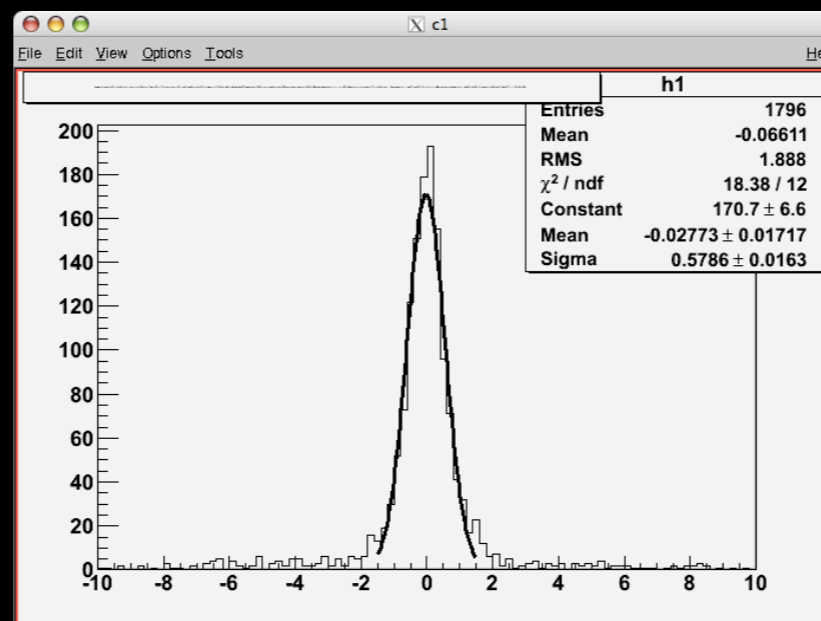
Position reconstruction of 2 photons

Preliminary, no shower correction

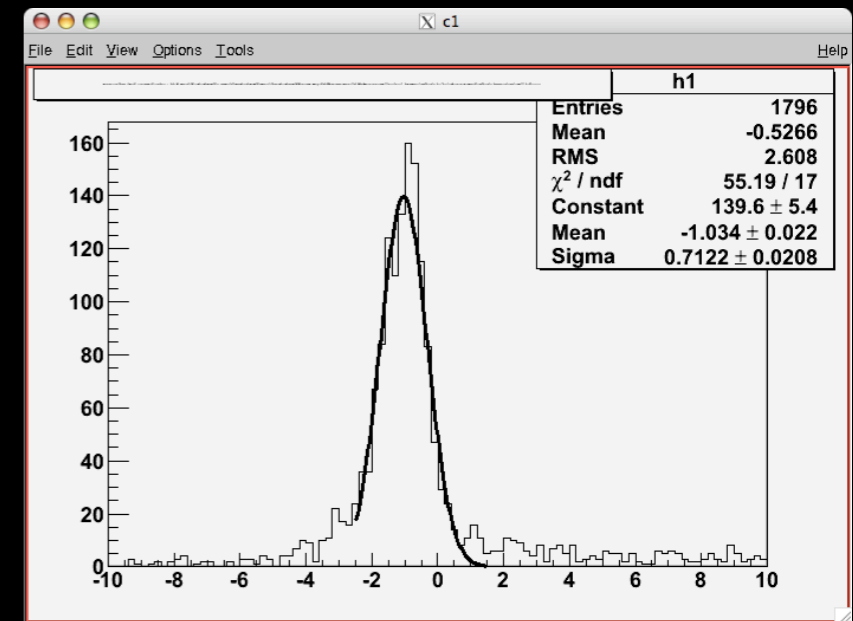
higher energy gamma



u, $\sigma = 6.2$ mm

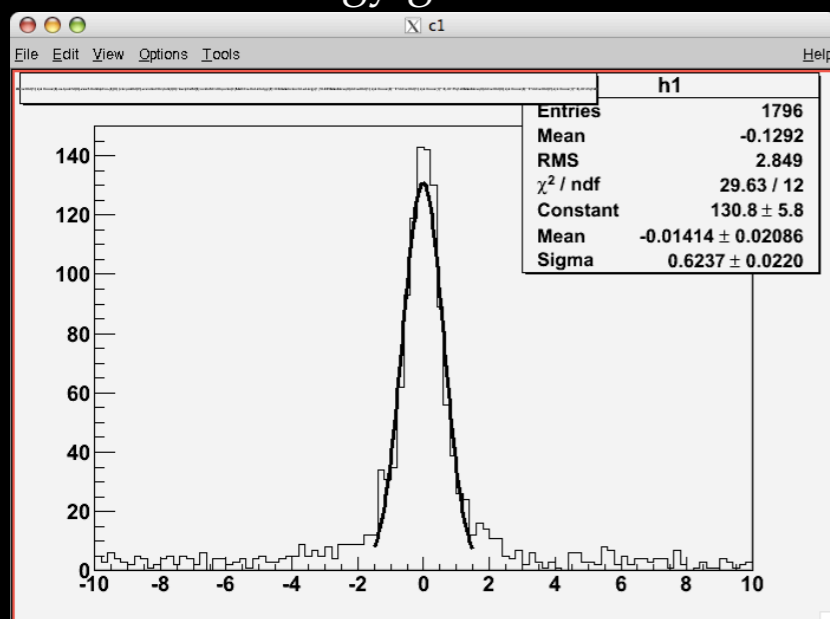


v, $\sigma = 5.8$ mm

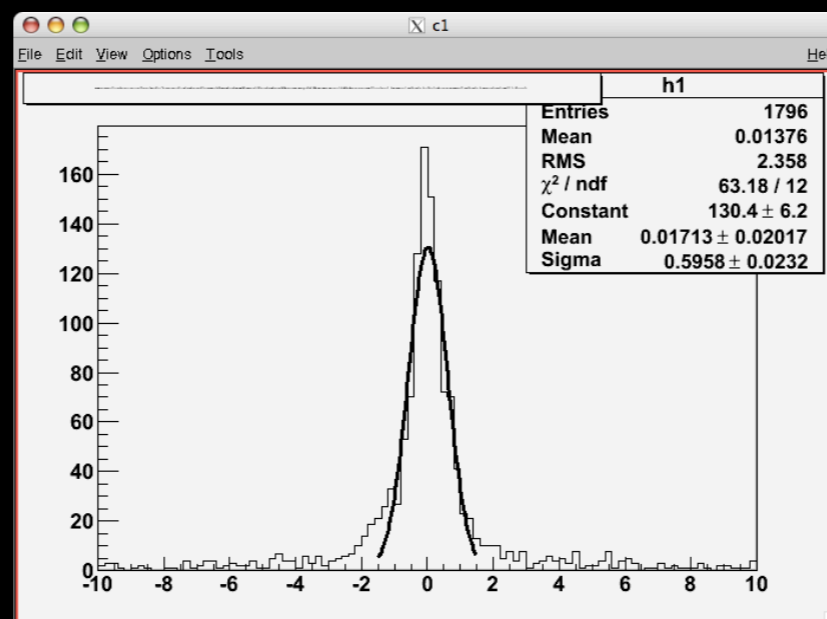


w, $\sigma = 7.1$ mm, shift 10 mm

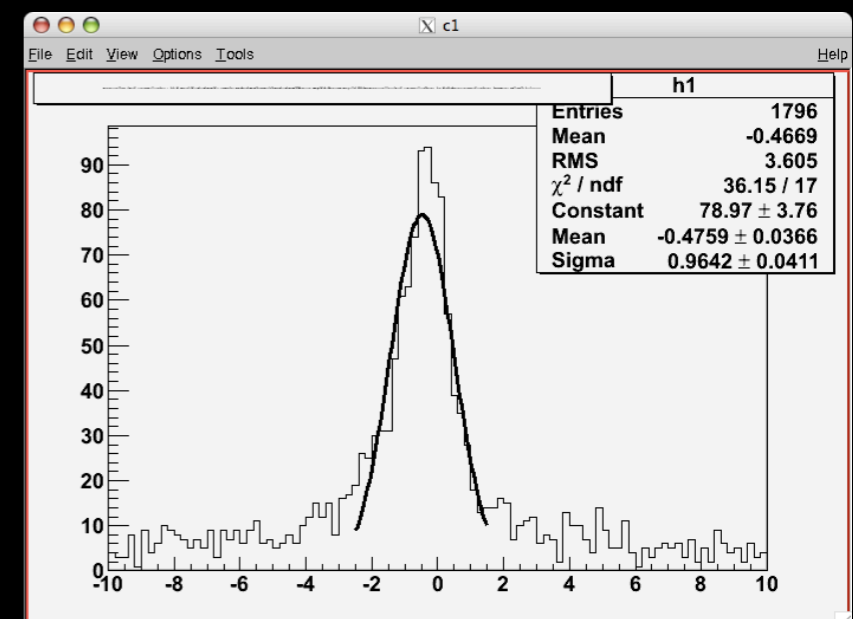
lower energy gamma



u, $\sigma = 6.2$ mm

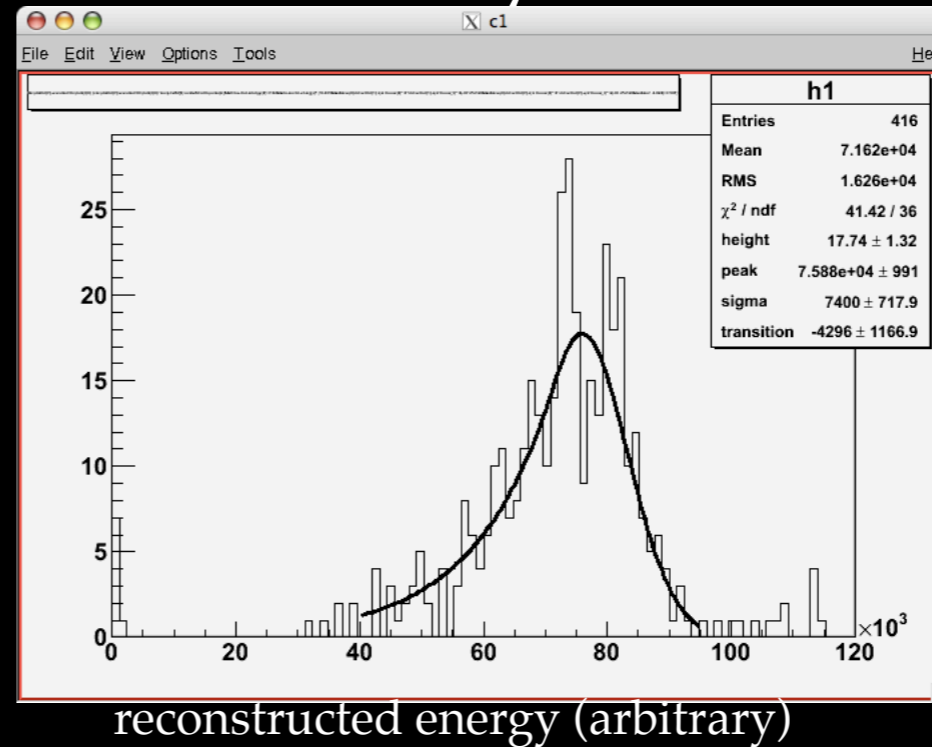
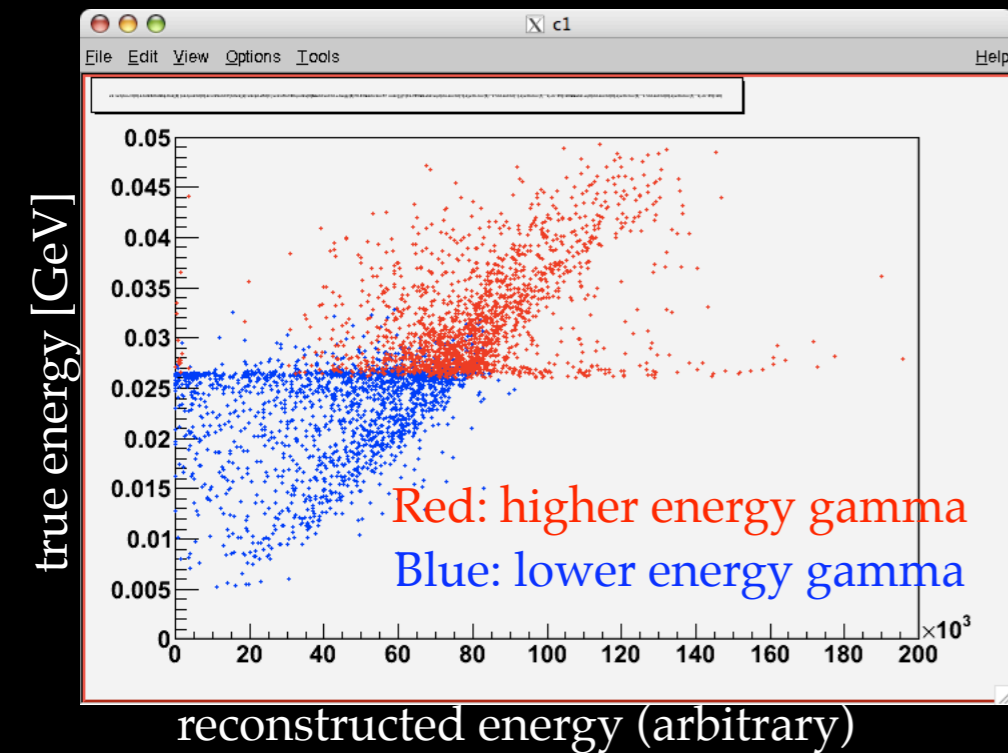


v, $\sigma = 6.0$ mm

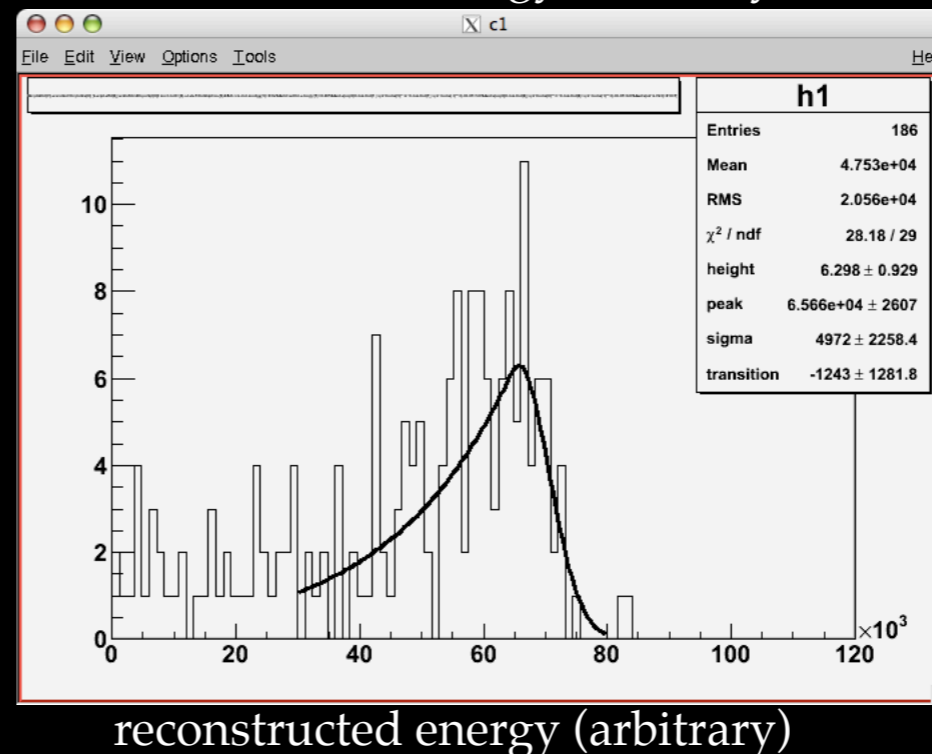


w, $\sigma = 9.6$ mm, shift 4.8 mm

Energy reconstruction Preliminary



28 \pm 1 MeV gamma
resolution: \sim 10% (upper)
 \sim 20% (lower)



23 \pm 1 MeV gamma
resolution: \sim 10% (upper)
 \sim 30% (lower)

Summary

- 2009データを使った $\mu \rightarrow e\gamma\gamma$ 探索可能か調べ始めた
- 2γ の為の解析ツール準備中
- S.E.S., BG の見積もりは conservative であり、また2010からもさらにデータを取っていくので、解析の精度次第で Crystal box よりよい精度の測定が可能となる可能性がある。