

# MEG実験用液体 Xe scintillation detectorの 40MeV 線を用いた性能評価

早稲田大学 吉村剛史

早大理工総研，東大素セ<sup>B</sup>，阪大理<sup>C</sup>，高工研<sup>D</sup>，BINP-Novosibirsk<sup>E</sup>，INFN-Pisa<sup>F</sup>，PSI<sup>G</sup>

岩本敏幸<sup>B</sup>，大谷航<sup>B</sup>，小曾根健嗣<sup>B</sup>，菊池順，久野良孝<sup>C</sup>，澤田龍<sup>B</sup>，鈴木聡，寺沢和洋，  
道家忠義，西口創<sup>B</sup>，服部紘二，春山富義<sup>D</sup>，久松康子<sup>B</sup>，真木晶弘<sup>D</sup>，真下哲郎<sup>B</sup>，三原智<sup>B</sup>，  
森俊則<sup>B</sup>，八島純<sup>D</sup>，山口敦史，山下了<sup>B</sup>，山下雅樹，山田秀衛<sup>B</sup>，吉村浩司<sup>D</sup>，  
A.A.Grebenuk<sup>E</sup>，D.Grigoriev<sup>E</sup>，I.loudine<sup>E</sup>，D.Nicolo<sup>F</sup>，S.Ritt<sup>G</sup>，G.Signorelli<sup>F</sup>  
Thanks for beam test to 豊川弘之，大垣英明(AIST)

2003年9月12日 日本物理学会秋季大会  
宮崎ワールドコンベンションセンター・サミット

# 講演内容

MEG実験について

液体キセノン 線検出器について

線に対するエネルギー分解能・位置分解能

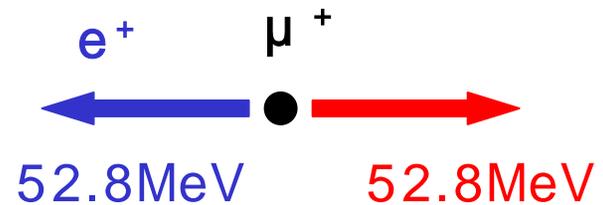
(2003年4月に産総研で行なわれたビームテストの結果)

# MEG実験

<  $\mu^+ \rightarrow e^+ + \dots$  崩壊の探索 >

標準理論では禁止されているが、SUSY-GUTなどで  
観測可能な分岐比( $10^{-14} \sim 10^{-12}$ )が予想されている。

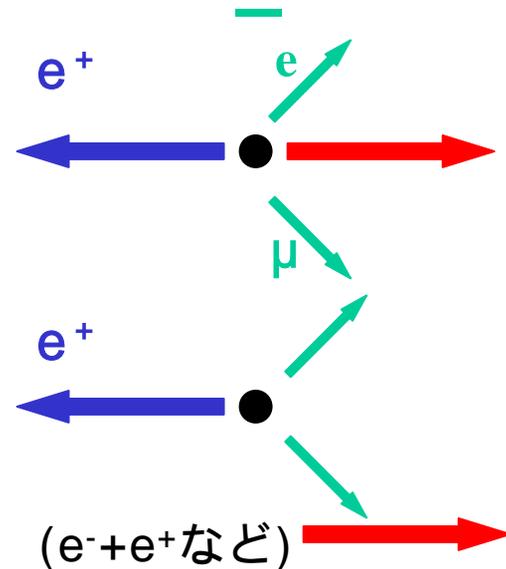
$\mu^+ \rightarrow e^+ + \dots$  decay



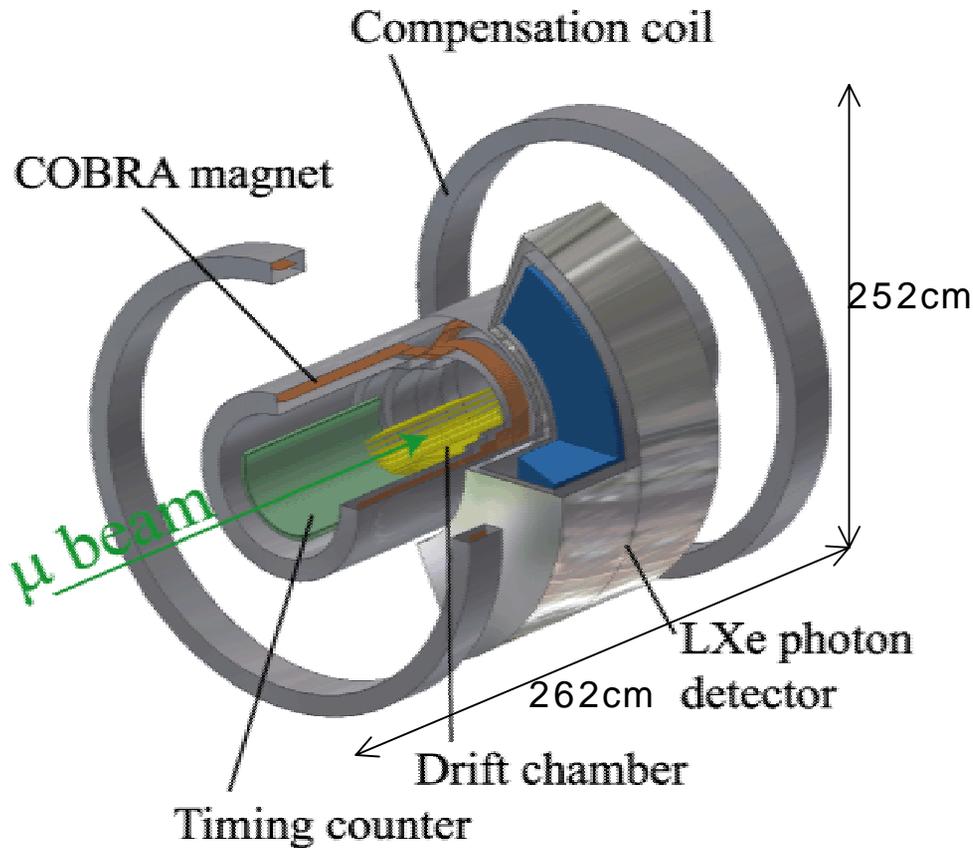
background

Radiative  $\mu^+$  decay  
reduce down to  $3.7 \times 10^{-15}$

Accidental overlap  
reduce down to  
 $(2.2 \sim 3.5) \times 10^{-14}$



# $\mu^+$ $e^+$ + 崩壊探索用検出器



Positron

超伝導電磁石  
タイミングカウンター  
ドリフトチャンバー

gamma

液体キセノン 線検出器  
( LXe800liter, PMT 1000本 )

Energy: 4.0 ~ 4.5% (FWHM)

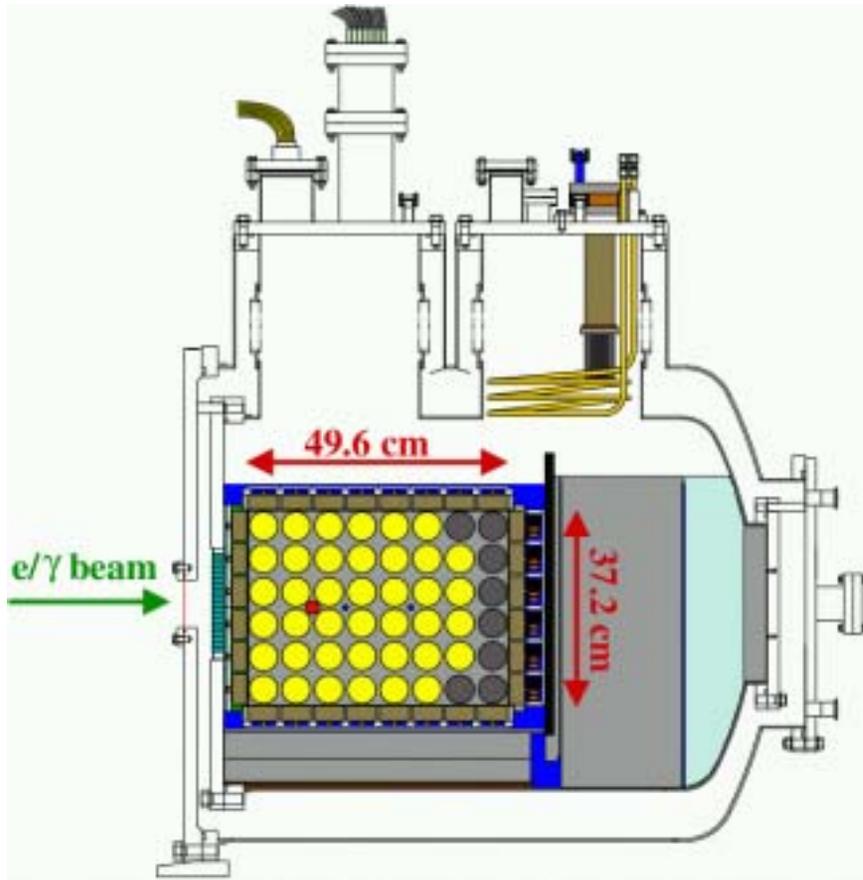
Time: 100psec (FWHM)

Position: 9.0 ~ 10.5mm in x,y (FWHM)

16 ~ 18mm in z (FWHM)



# 液体キセノン 線検出器のプロトタイプ

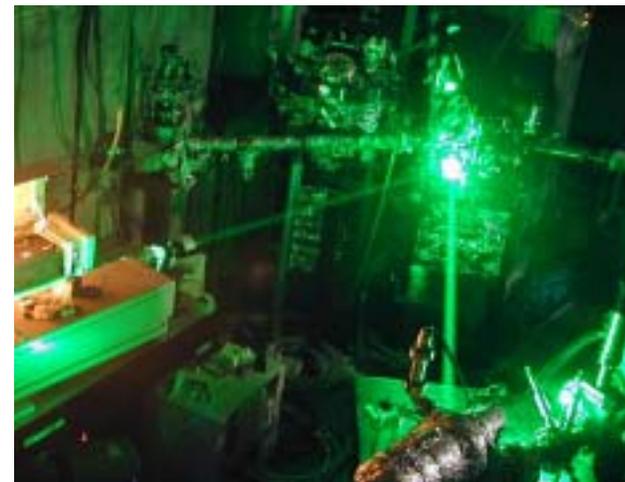
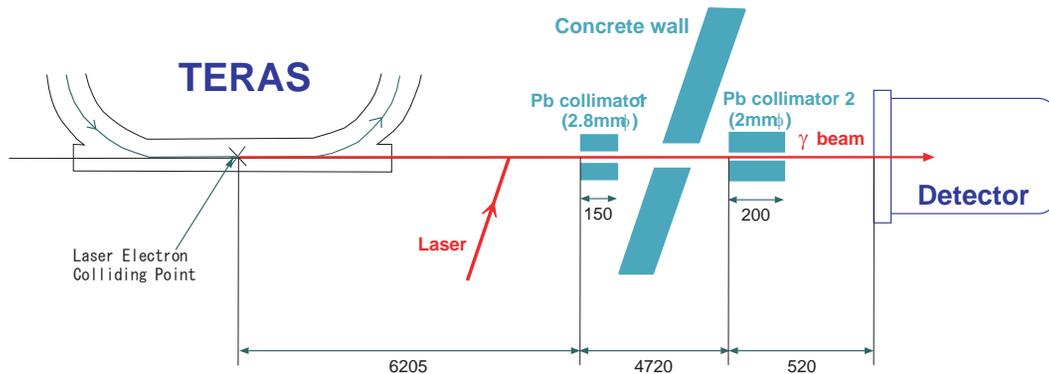


LXe active volume 68.6liter  
PMT(2inch) 228本

- 検出器の長期安定性 O.K.
- 冷凍機やLN2冷却システムのテスト O.K.
- シンチレーション光の減衰長の測定 O.K.
- PMTの較正法の確立 O.K.

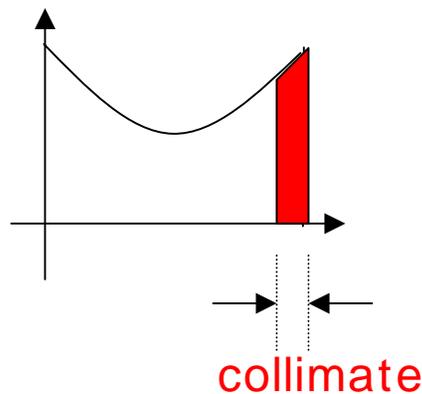
52.8MeV付近の線に対する検出器の性能評価

# TERASでの ビームテスト



## Compton Spectrum

$$g(E_\gamma) = \left(E_\gamma - \frac{E_c}{2}\right)^2 + \frac{E_c^2}{4}$$



### •Electron beam

- Energy: 764MeV
- Energy spread: 0.48%(sigma)
- Divergence: <0.1 mrad(sigma)
- Beam size: 1.5 ~ 2mm(sigma)

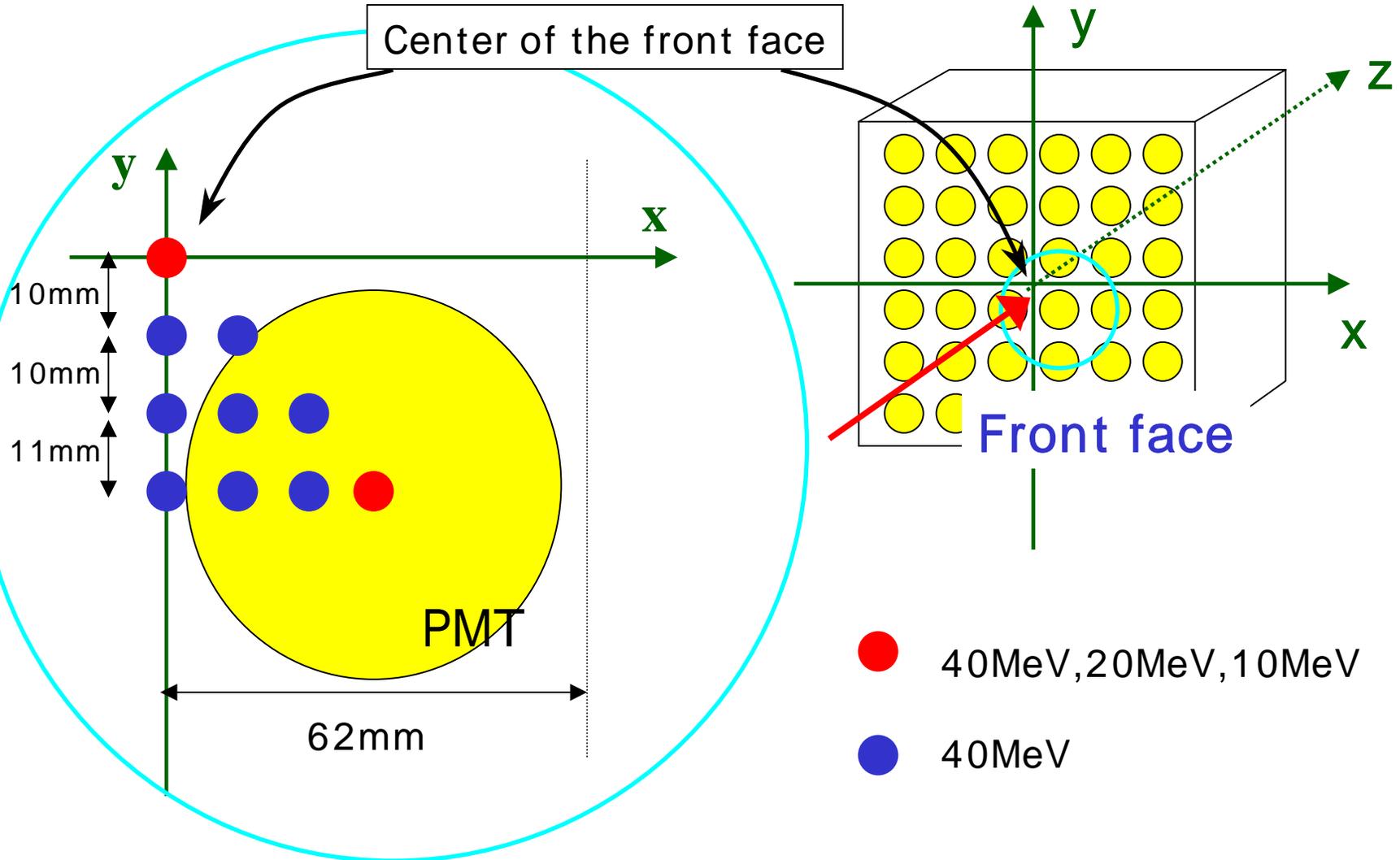
### •Laser photon

- Energy:  $1.17 \times 10^{-6} \times 4$  eV (for 40MeV)
- Energy spread:  $2 \times 10^{-5}$  (FWHM)

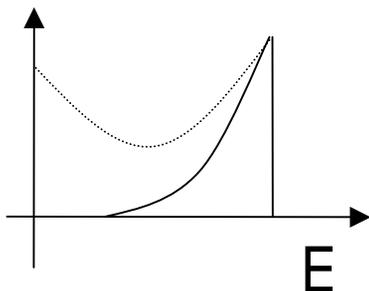
# TERASでの ビームテスト

線の入射位置

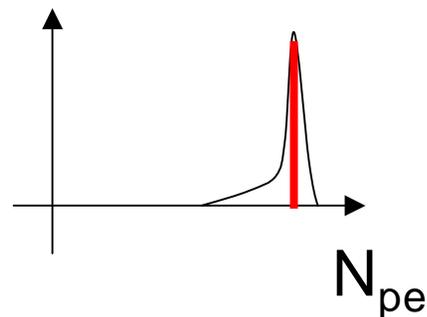
Center of the front face



# エネルギー分解能の解析法



Compton Spectrum



Detector Response Function

( Gaussian with Exponential tail )

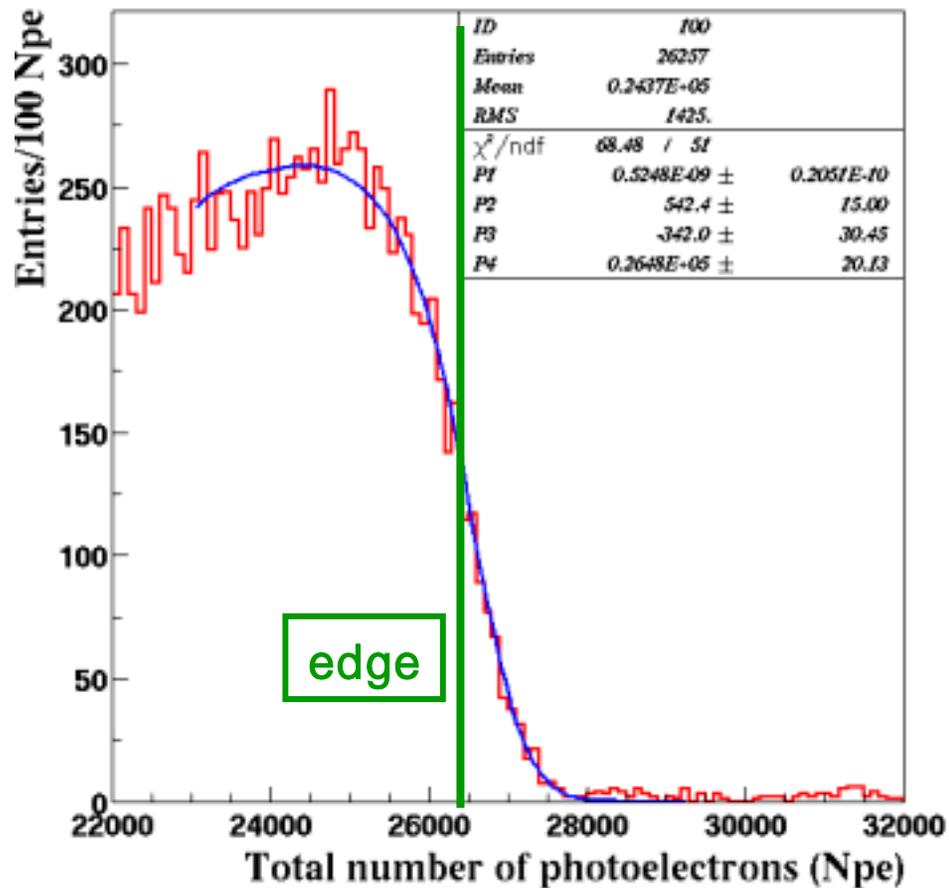
$$g(E_\gamma) = \left(E_\gamma - \frac{E_c}{2}\right)^2 + \frac{E_c^2}{4} \quad h(E) = \begin{cases} \exp\left(\frac{t}{\sigma^2} \left\{\frac{t}{2} - (E - \mu)\right\}\right), & E \leq \mu + t, \\ \exp\left\{\frac{(E - \mu)^2}{-2\sigma^2}\right\}, & E > \mu + t \end{cases}$$

Compton spectrum

Detector response function

2つの関数のconvolutionでfitする。

# エネルギー分解能の解析法



Convolution of  
Compton Spectrum  
response function

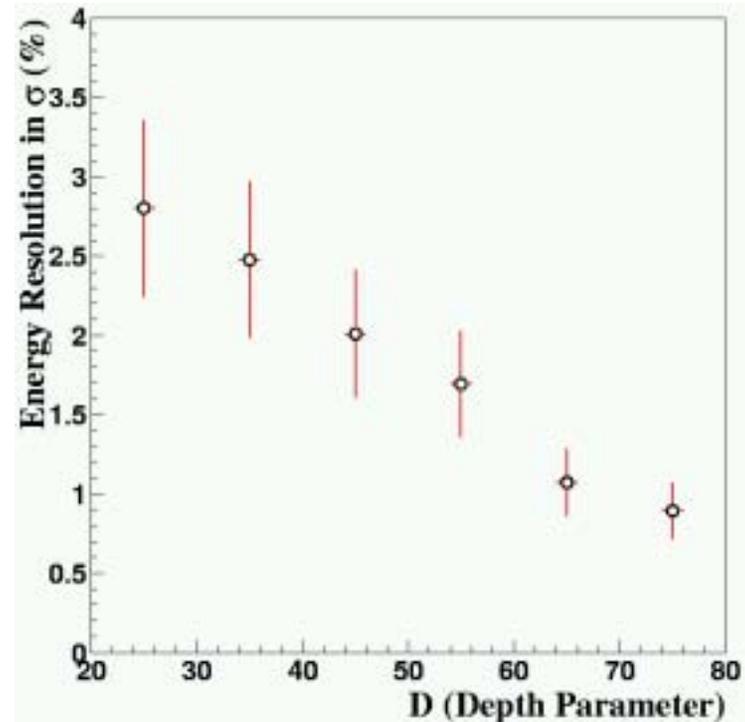
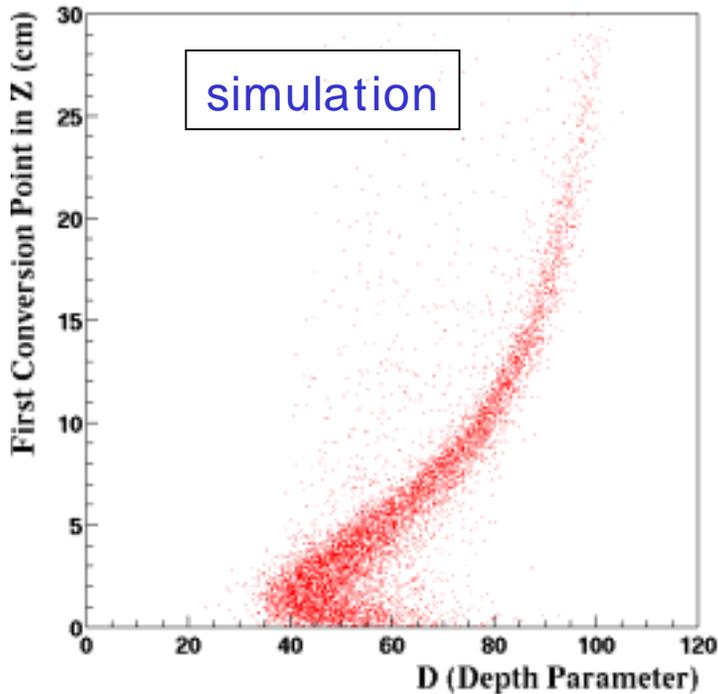
$$f(E_\gamma) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t) h(E_\gamma - t) dt$$

イベント選別

D(depth parameter) > 45

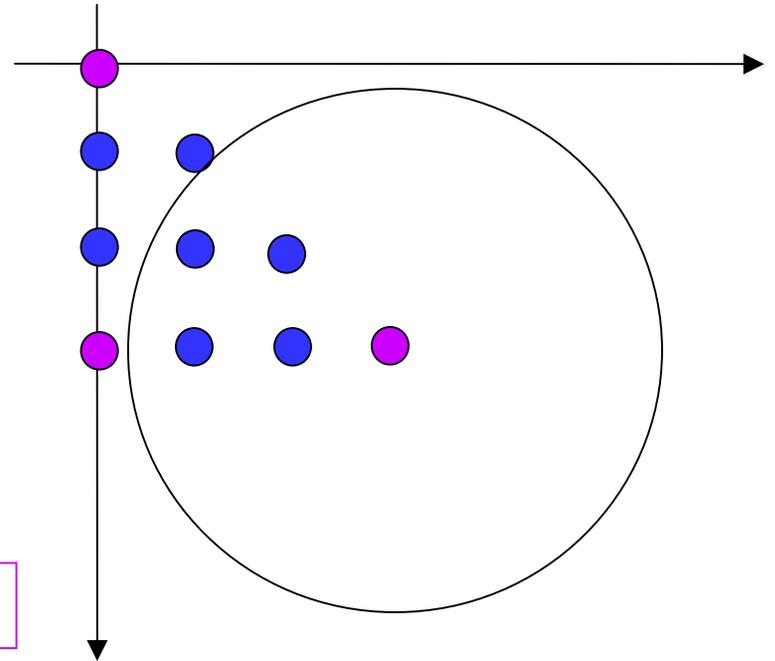
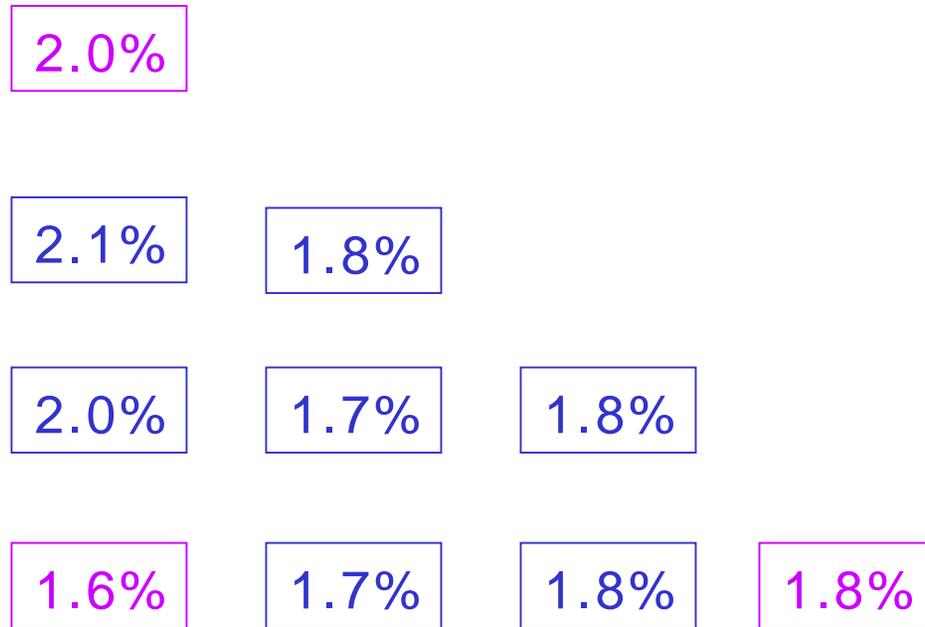
# エネルギー分解能のD依存性

$$D(\text{Depth parameter}) = (\langle x_i^2 \rangle - \langle x_i \rangle^2) + (\langle y_i^2 \rangle - \langle y_i \rangle^2) \quad , \quad \langle x_i \rangle \equiv \frac{\sum n_{pe}(i)x(i)}{\sum n_{pe}(i)}$$



Energy resolution for  
D > 25, 35, 45, 55, . . . , 75

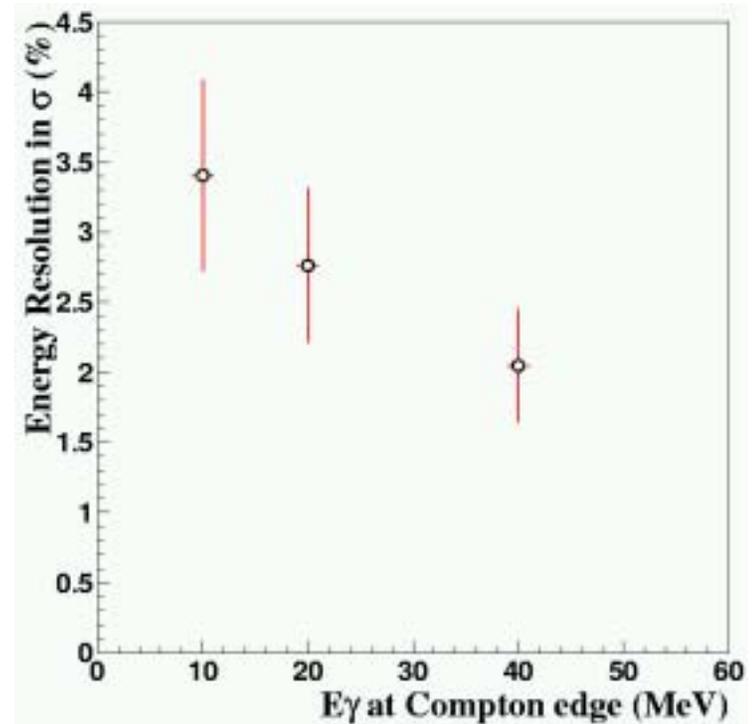
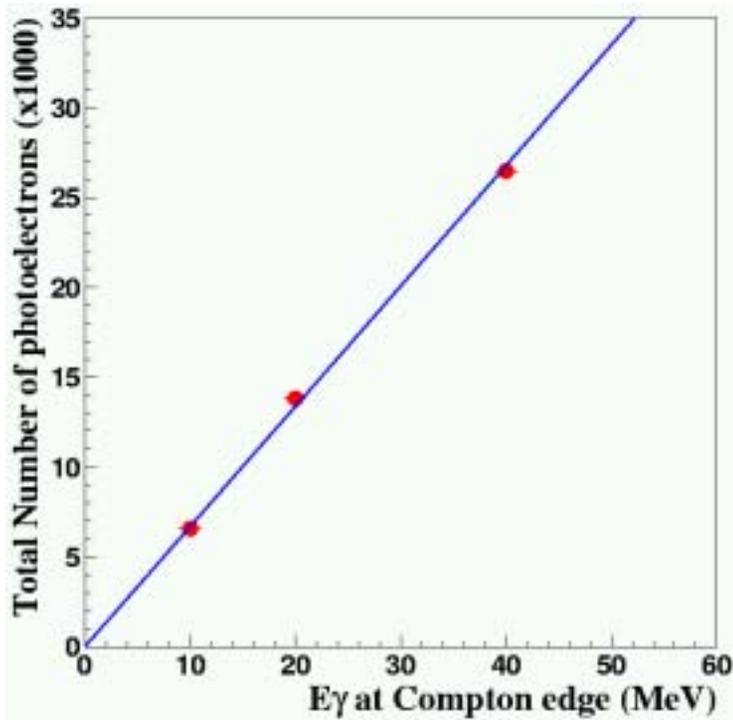
# エネルギー分解能の入射位置依存性



(in )

Ave ~ 1.8%(in )

# エネルギー分解能のE 依存性

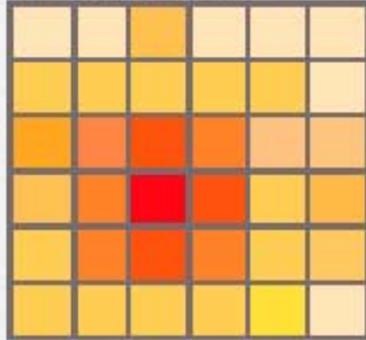


10,20,40MeVのtypicalなdataをconvolution functionでfitして得られた分解能  
Fittingに依る誤差はおよそ20%

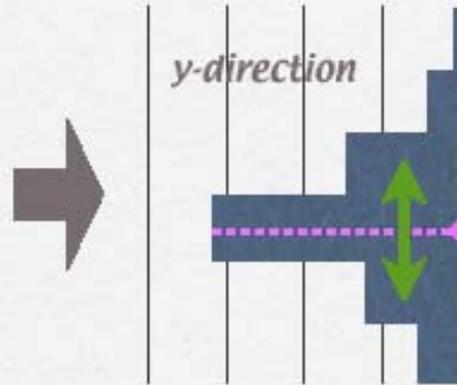
52.8MeVでは、2.0%(in sigma)よりもよい分解能が予想される。

# 位置分解能の解析法

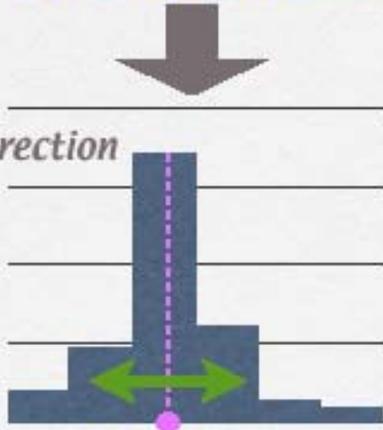
PMT output map  
on front face



Event by event

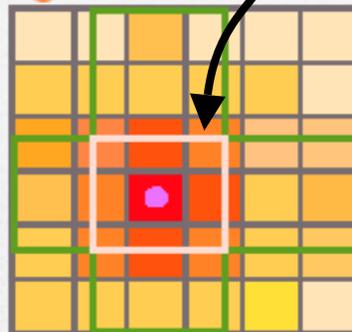


x-direction



Peak point  
Distribution spread

set up  
the region



Front faceのPMTを解析に  
使用する

イベント選別：

$$D > 30$$

$$15000 < N_{pe} < 30000$$

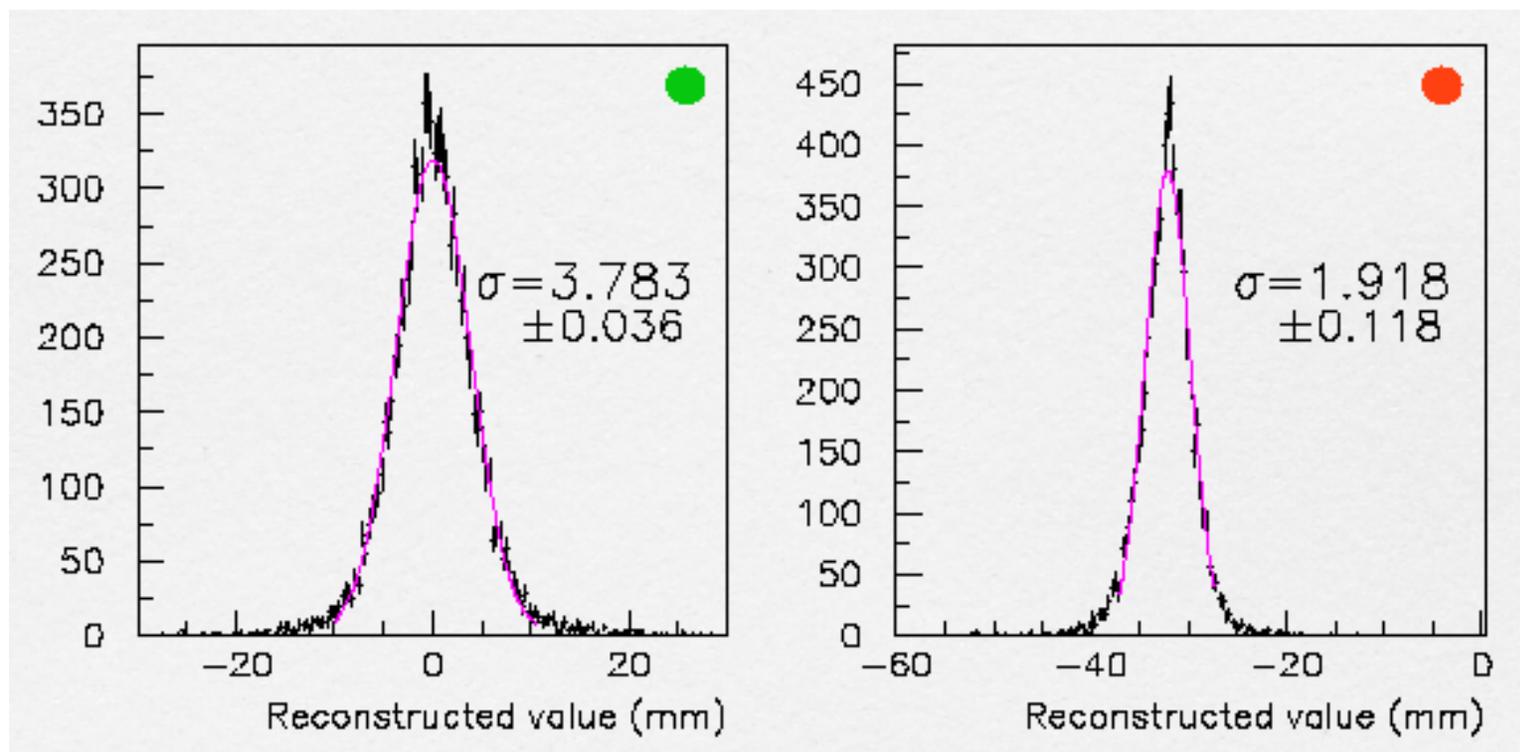
$$X_{reconst.} = \frac{\sum_i w_i Q_i x_i}{\sum_i w_i Q_i}$$

$w_i$  : regional weight factor

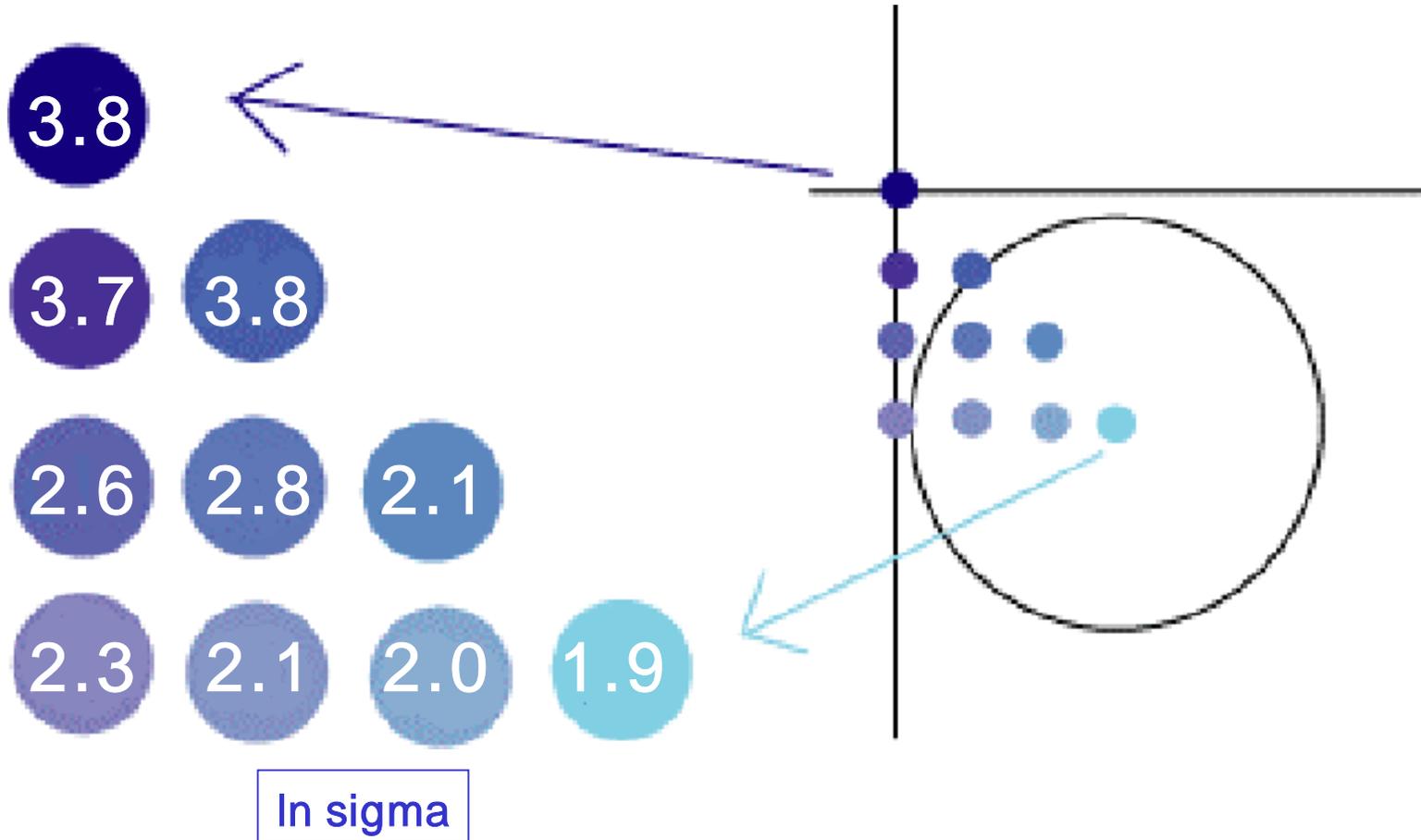
この範囲内で同様のことを行い、  
これを繰り返して分解能を得る。

# 位置分解能の解析結果

- 40MeV ,
- 1mm collimator



# 位置分解能の入射位置依存性

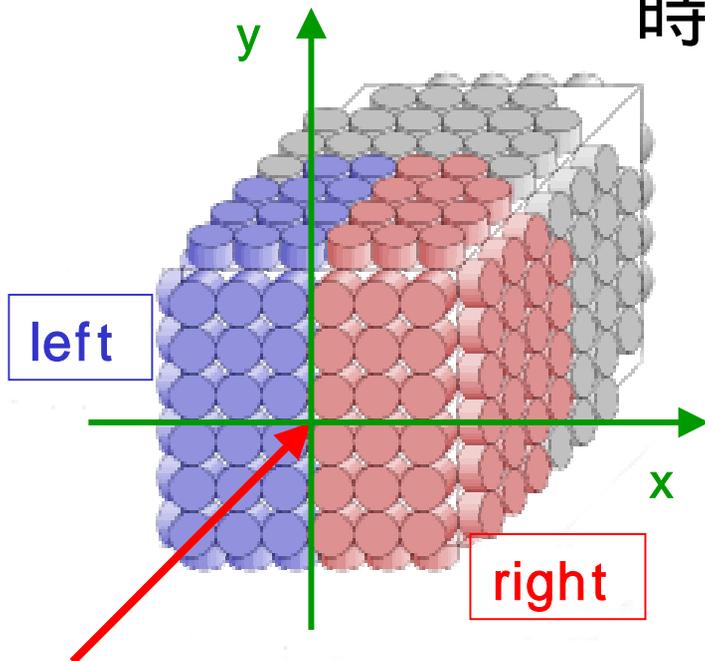


異なる入射位置で 3.8mm以下 (average ~ 2.7mm)

# まとめ

- 2003年4月に産業技術総合研究所の電子蓄積リング (TERAS) を利用して液体キセノン 線検出器のビームテストを行なった。
- 結果、compton edge(40MeV)の 線に対して  
エネルギー分解能が約1.8%(in sigma)、  
位置分解能は平均で約2.7mm(in sigma)となった。  
これらは必要とされる条件を満たしている。
- 2003年10月にスイスのPSIにてプロトタイプを使った ビームテストを行なう。  
(  $\bar{p}$   $^0n$   $^0$ (28MeV/c)  
54.9MeV のmonochromaticな 線を入射)  
詳細は次の登壇者12aSJ-2 久松 (東大)

# 時間分解能



40MeV , incident position(x,y)=(0,0)

- 解析法 :
- PMT128本を使用
  - time walk correction
  - 左右2つにグループ分けする

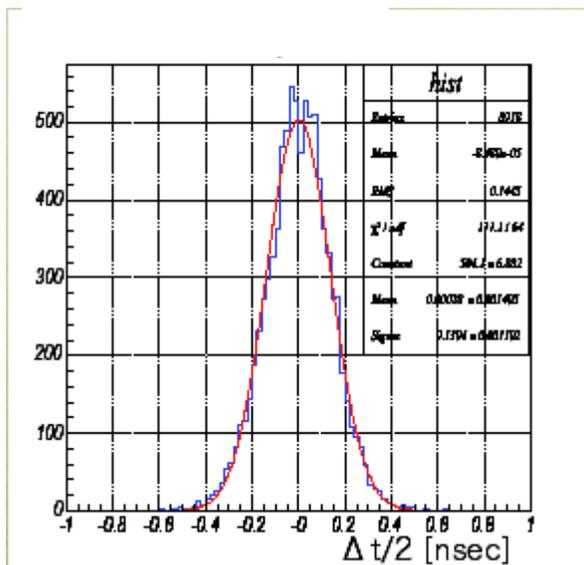
$$t = t_L - t_R$$

$$\left( t = \frac{\sum w_i \cdot (TDC)_i}{\sum w_i}, w_i = \frac{1}{\sqrt{N_{pe,i}}} \right)$$

PMT選別 : N<sub>pe</sub>>100のPMTを使用

時間分解能 : 139psec (in )

- back scatterのelectronをきちんと測定できなかった。



次回PSIでのビームテストでは、  
もう一つの を基準にして評価することができる。