

$\mu \rightarrow e \gamma$ 探索実験用液体 Xe カロリメータの γ ビームテストによる性能評価

小曾根 健嗣

(東京大学 素粒子物理国際研究センター)

- 内容**
- PMTの較正
 - エネルギー分解能評価
 - まとめ

Collaboration

● 東大素粒子物理国際研究センター

小曾根健嗣, 石田卓也, 大谷航, 西口創, 真下哲郎, 三橋利也, 三原智, 森俊則

● 東大理学部

折戸周治

● 早大理工総研

菊池順, 澤田龍, 鈴木聡, 寺沢和洋, 道家忠義, 山下雅樹, 吉村剛史

● KEK 素核研

春山富義, 真木晶弘, 八島純, 吉村浩司

● 阪大理学部

久野良孝

● 産業技術総合研究所

豊川弘之, 大垣英明

● PSI (Swiss)

S.Ritt 他

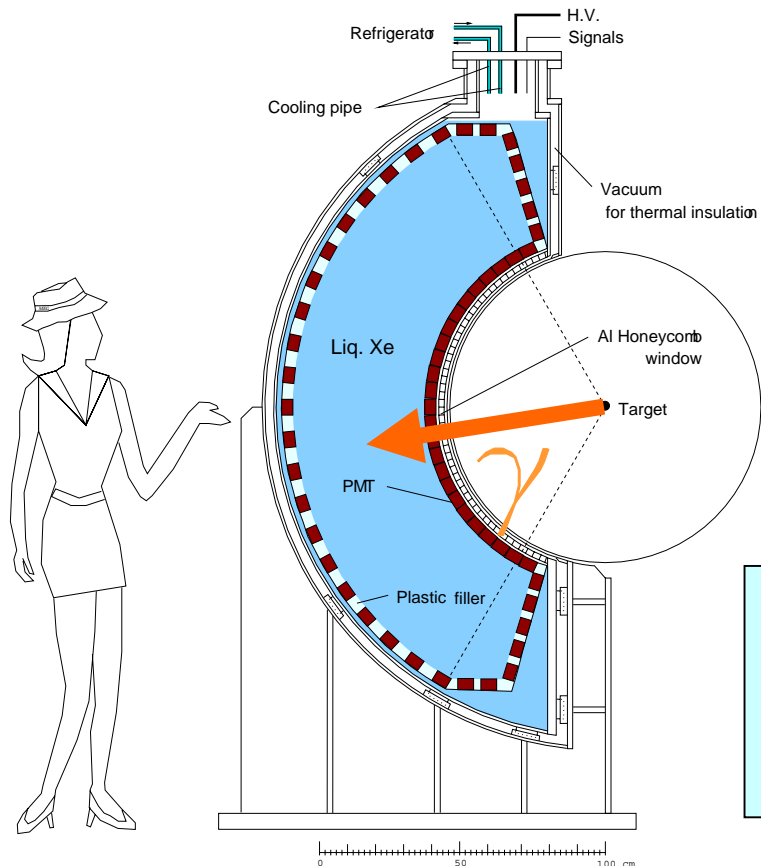
● INFN-Pisa (Italy)

D. Nicolo', G.Signorelli 他

● BINP-Novosibirsk (Russia)

A.A.Grebenuk, D.Grigoriev, I.Ioudine 他

$\mu \rightarrow e \gamma$ 実験における液体Xeカロリメータの分解能

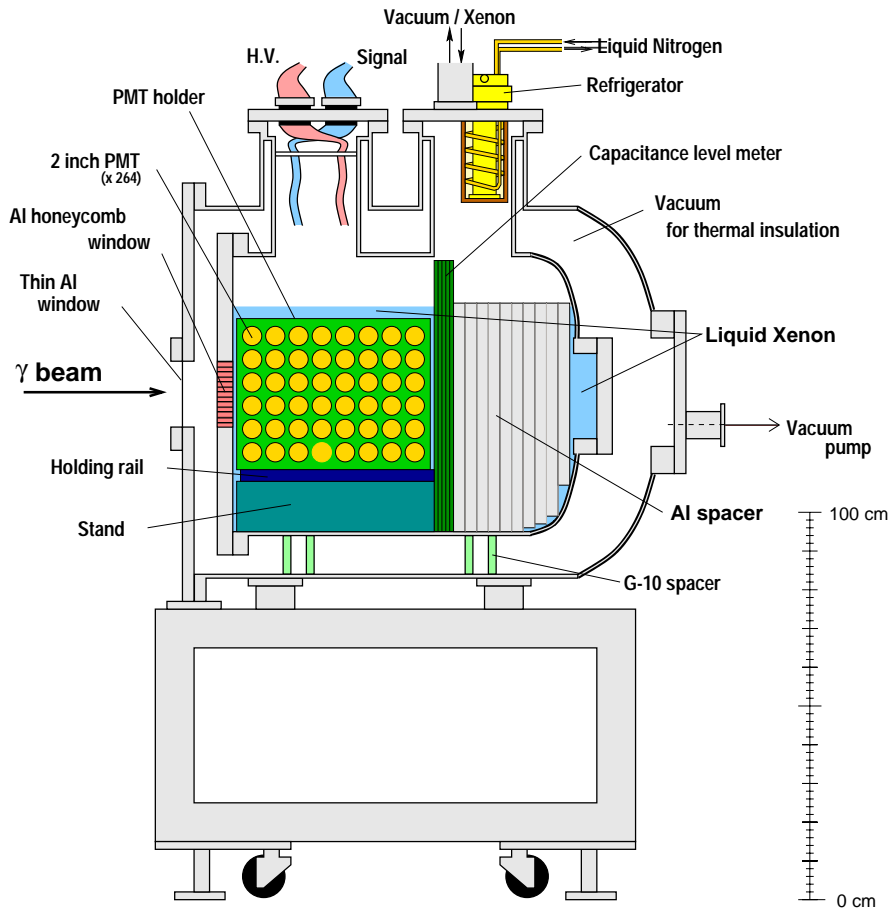


➤ 800 literのXe

➤ 800 個の PMT

● 検出器に要求される分解能(σ)
 $E_e: 0.3\%$, $E_\gamma: 0.6\%$,
 $\theta_{e\gamma}: 5.1\text{mrad}$, $t_{e\gamma}: 64\text{psec}$

大型プロトタイプによるビームテスト

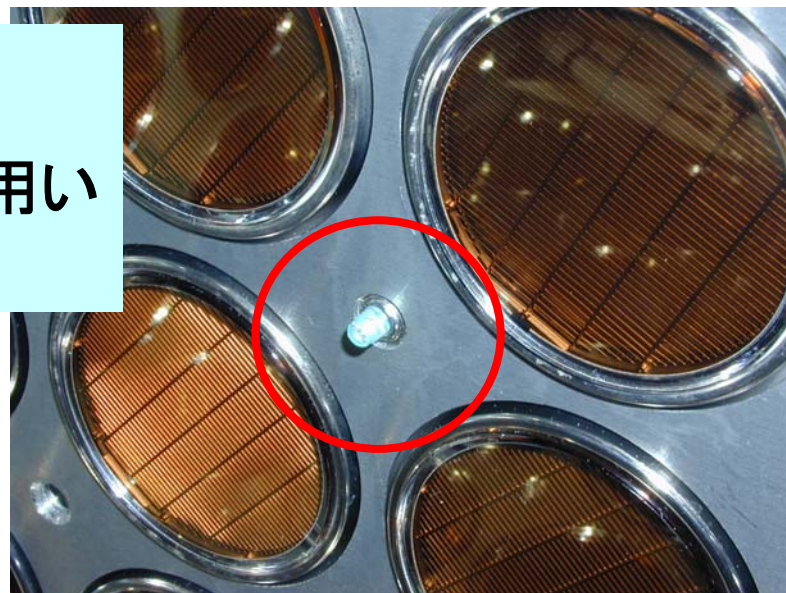
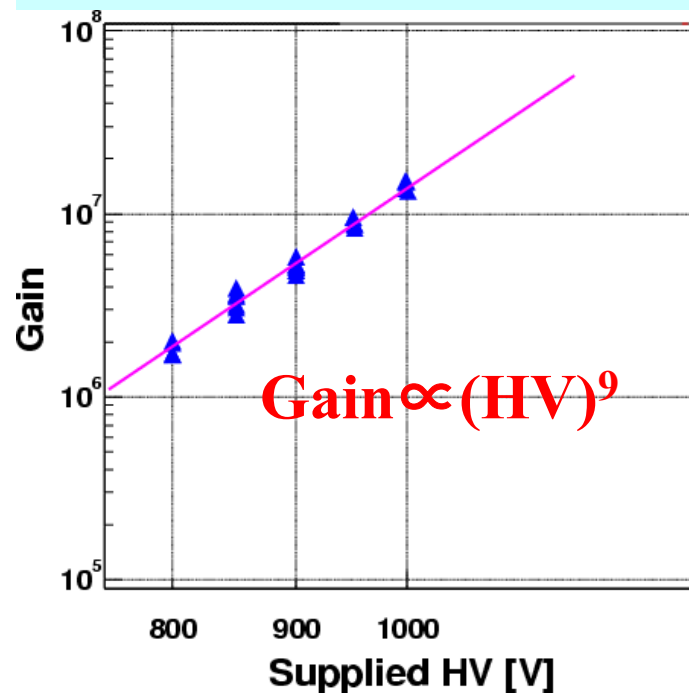


- 最大40MeVの逆コンプトン γ
- 小型プロトタイプから大型へ
 - ◇ 228本のPMT
 - ◇ 68.6 literの有効領域
- システムの安定動作検証
DAQ, PMT, 冷凍機,
Xe純化装置

PMT Gain Calibration

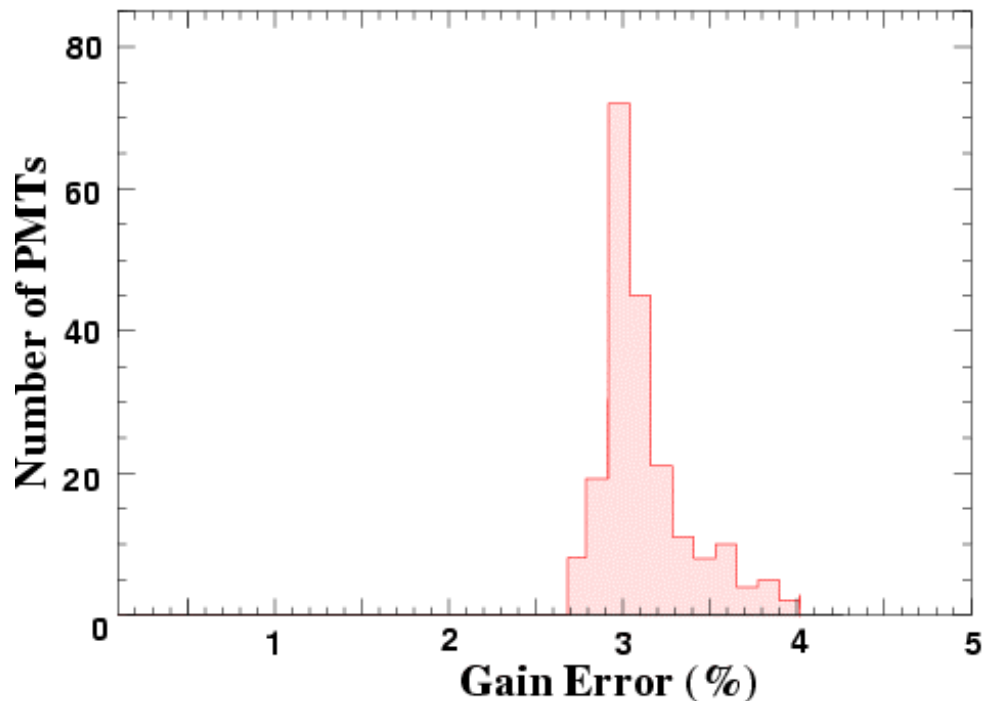
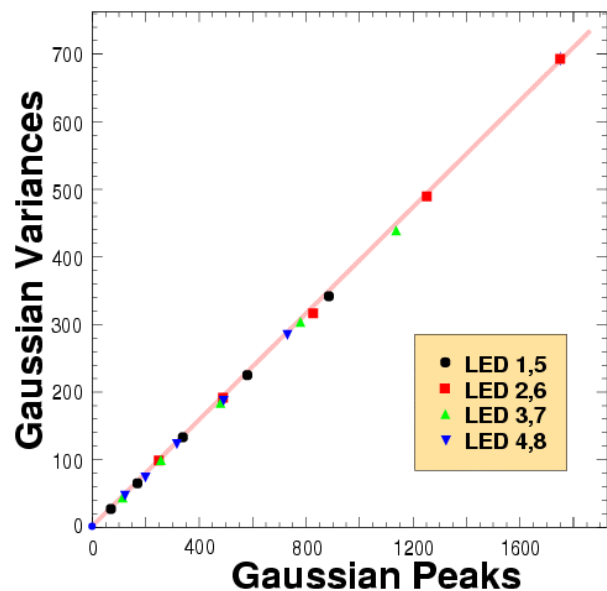
Gain Adjustment

検出器内側面の8個のLEDを用いて個々のPMTのgainを算出



Gain = 1 × 10⁶ に揃える

PMT Gain Calibration



$$\sigma^2 = gq + \sigma_0^2$$

σ^2 ; PMT 出力の分散

σ_0^2 ; pedestal の分散

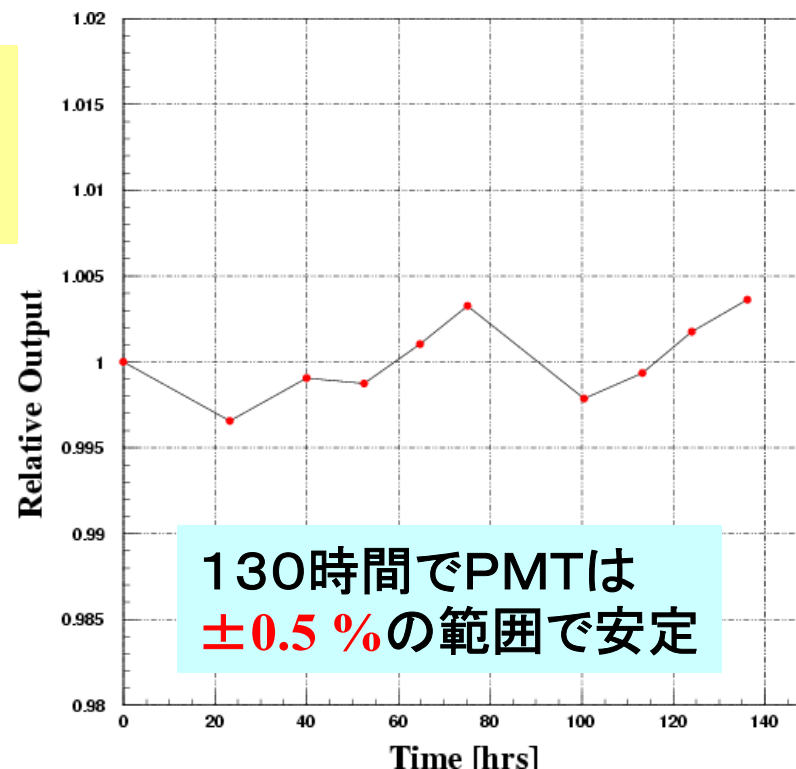
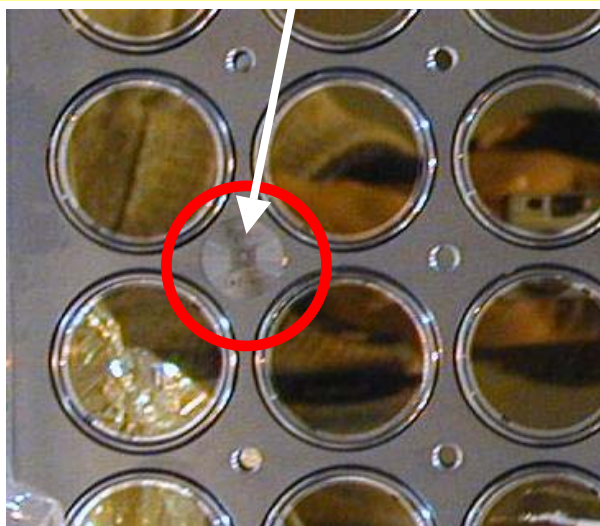
g ; gain

q ; pedestal を引いた PMT 出力の平均値

Gain は3%の精度で算出。

α 線源によるPMT出力モニター

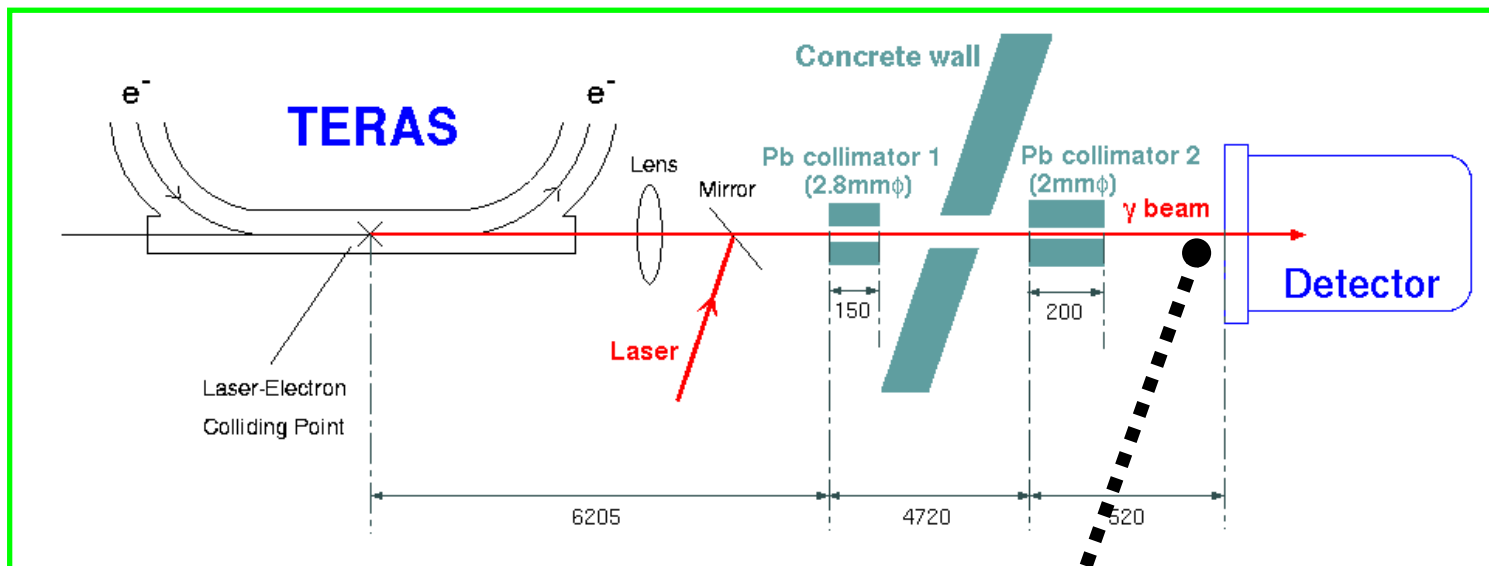
検出器内側面に取り付けた
 α 線源 (^{241}Am)



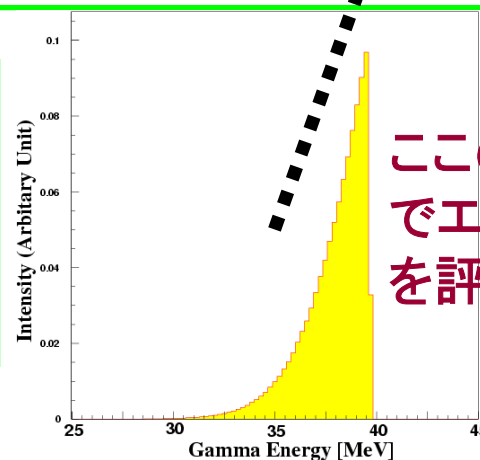
小まとめ

Gain 較正は3%の精度で行え、PMT 自身は0.5%の範囲で安定

産総研TERAS



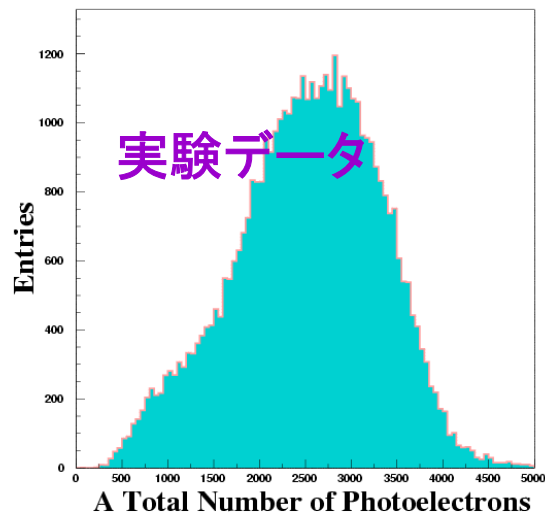
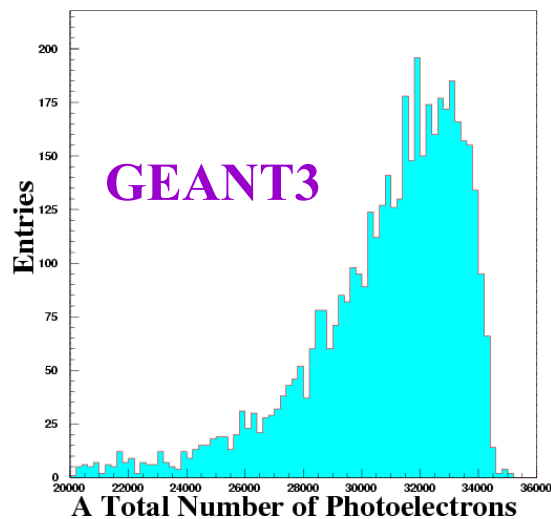
- 後方にコンプトン散乱したガンマ線を使用
- 2mm ϕ のコリメータ
- 約40 MeV のコンプトンエッジ



このエッジの広がり
でエネルギー分解能
を評価

40 MeV γ 線イベント

PMTで観測した光電子数の和をしてみる



- シミュレーションに比べ全光量が $1/9$
- FWHM でも6倍良くない

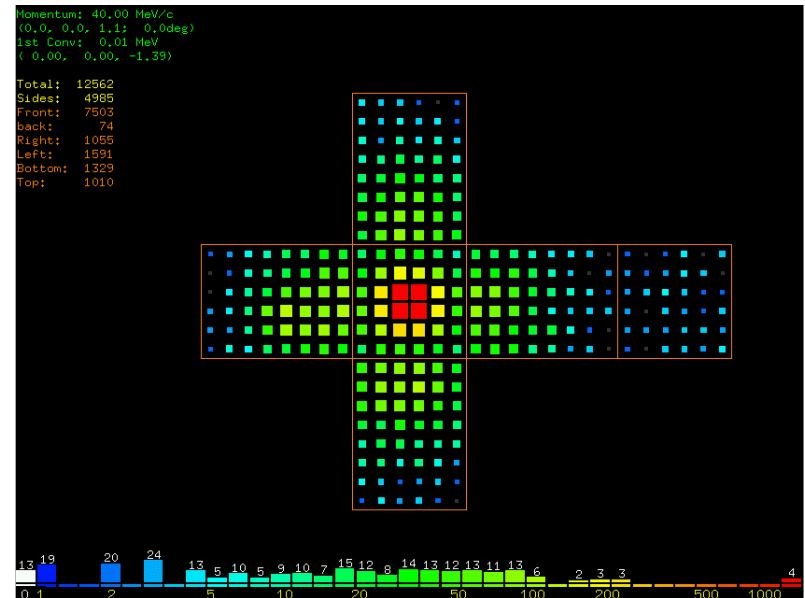
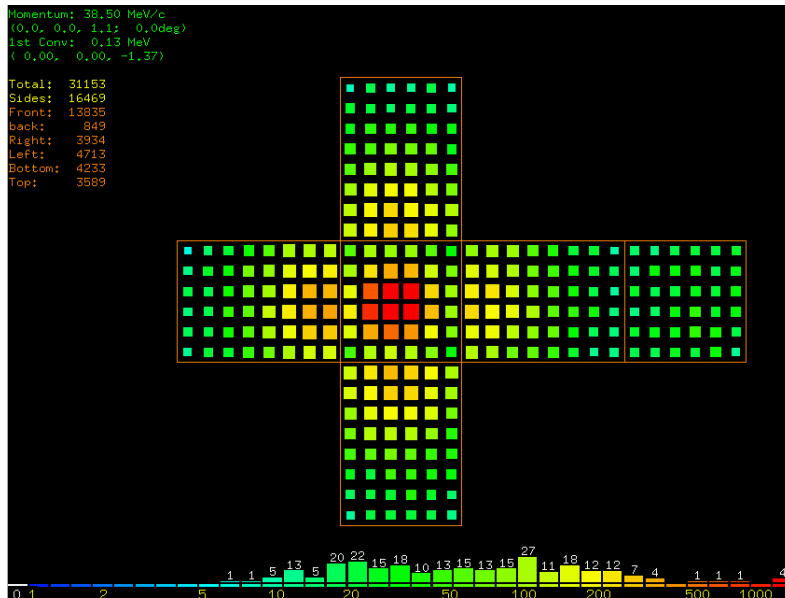
考えられる主要原因

- 検出器内部における不純物によるシンチレーション光の吸収
(吸収長の測定→次の talk : 澤田)

吸収長による違い

吸収長が ∞

吸収長が20cm



今回のテストは**吸収による影響が大きい**と考えられるが、この状況でのエネルギー分解能を評価してみる

分解能評価

吸収の影響が大きいとエネルギー分解能は最初に conversion が起きる位置に強く依存するためその位置を見積もる。

- 光量重心 (光電子数で重みをつけた位置平均)

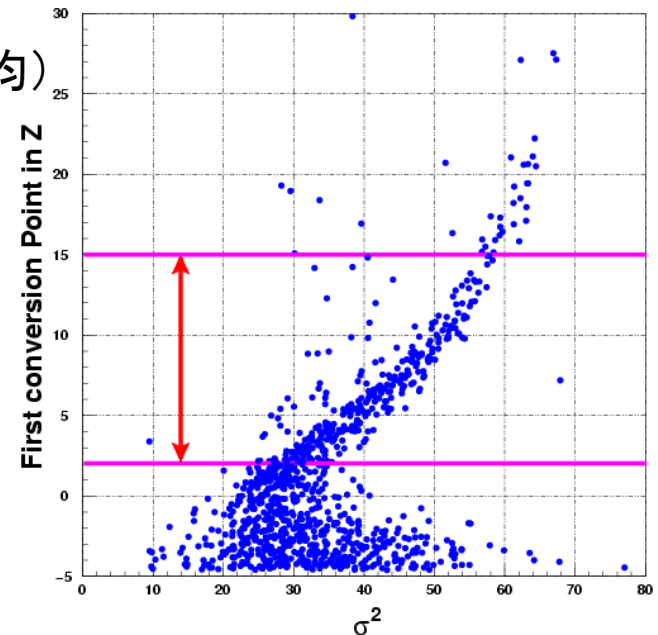
$$X = \frac{\sum n_i x_i}{\sum n_i},$$
$$Y = \frac{\sum n_i y_i}{\sum n_i}$$

n_i ; 前面 i 番目の PMT に入った光電子数
 x_i ; 前面 i 番目の PMT の位置 x
 y_i ; 前面 i 番目の PMT の位置 y

➡ First conversion Point (X, Y)

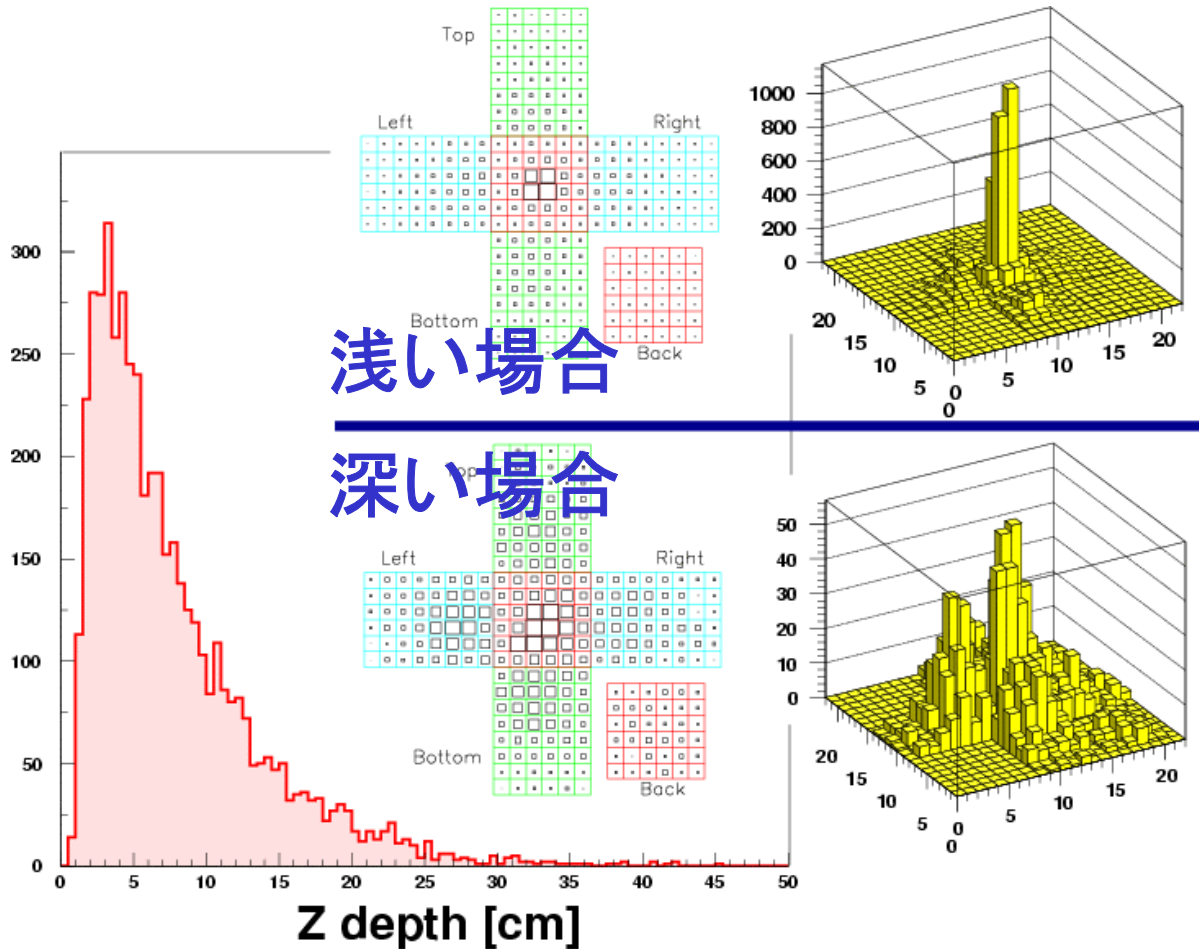
- σ^2 (光量重心の分散)

➡ First conversion Point (Z)



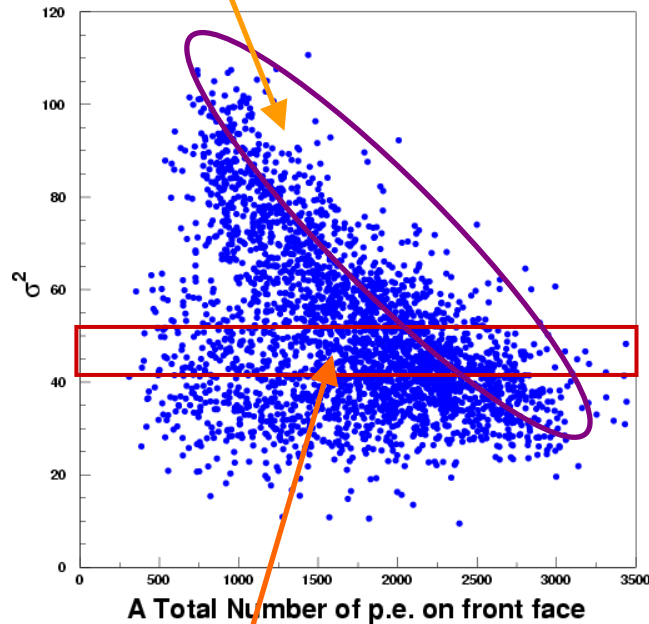
Simulation によると σ^2 が深さを見積もる良いパラメータとなる。

深度による分布の広がりの違い

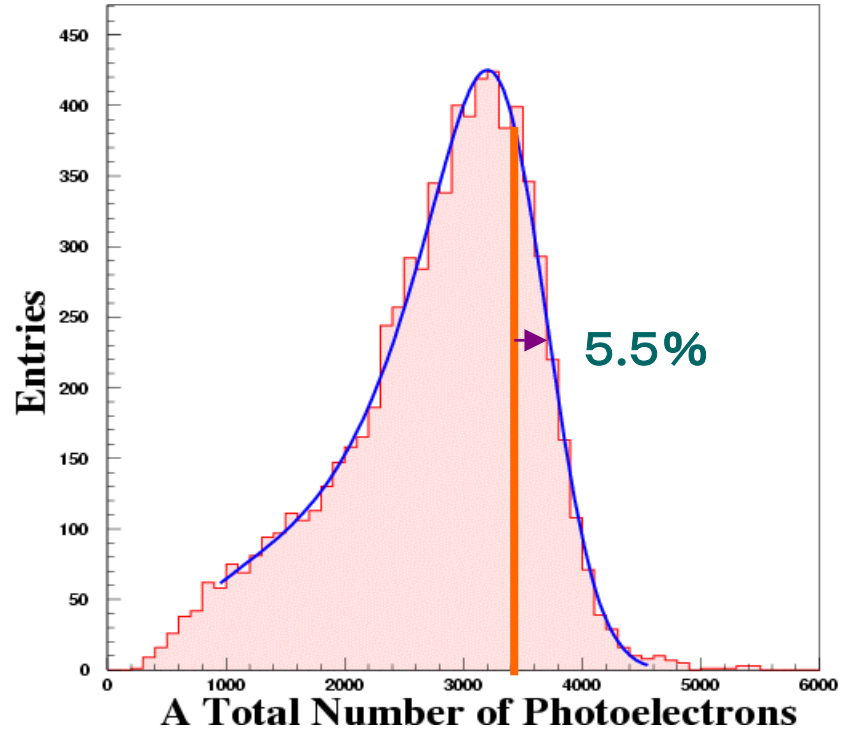


分解能評価

この部分は鋭いエッジのはず。
ここでの分解能を評価する



この範囲でエネルギー
分解能を求める



3次関数とGaussianでのfit

エネルギー分解能評価

ビームテストの結果と同じことをシミュレーション上で行いエネルギー分解能に対する寄与を見積もる。

40MeV 単色ガンマ線 0.6%

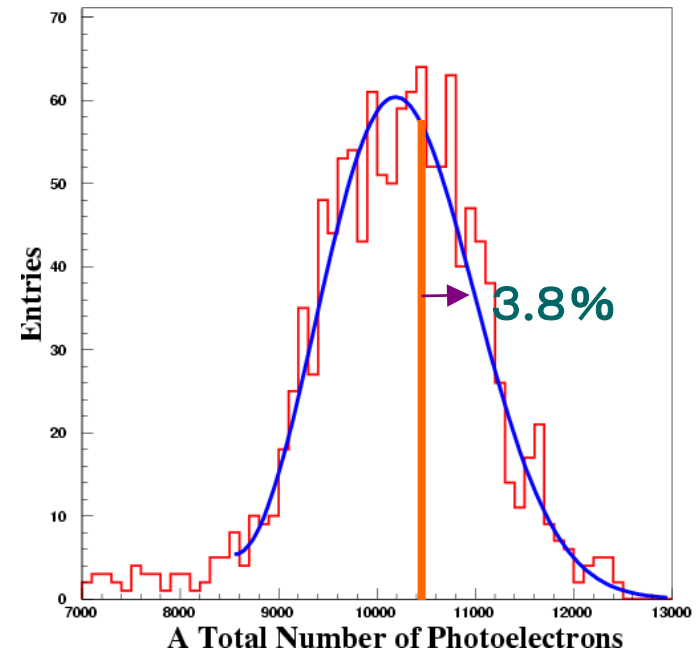
吸収長がある場合 ($\lambda_{\text{abs}} = 20\text{cm}$) 3.8%

入射コンプトン γ のスペクトル 2.1%

Q.E. に2倍の開きがある場合 1.8%

Gain の3%のふらつき 1.0%

これらを全て考慮すると
4.7%にのぼる



今回のエネルギー分解能を最も悪くしているのは吸収である。

まとめ

- PMTの出力は140時間で $\pm 0.5\%$ の範囲に収まっている。
- PMTのgain補正は $\pm 3\%$ の精度で可能。
- エネルギー分解能は吸収を抑えれば改善が大いに期待される。

課題と対策

◆吸収の抑制

不純物質の特定と検出器内の吸着物質の除去

◆Q.E.の測定

α 線源の数を増やし全てのPMTについて相対的なQ.E.の測定

◆PMTのgain補正の精度向上

較正に用いるLEDの個性を見極める。もしくは...

End of Transparency

倉庫

