

MEG実験用液体Xe scintillation detectorの レーザー逆コンプトンガンマ線を用いた性能評価

Kenji Ozone

(ICEPP, Univ. of Tokyo, Japan)

Outline

1. MEG experiment
2. 100-liter prototype
3. TERAS beam test
4. Summary

共同講演者

- ICEPP, Univ. of Tokyo

小曾根健嗣、岩本敏幸、大谷航、澤田龍、西口創、久松康子、真下哲郎、三橋利也、三原智、森俊則*、山下了、山田秀衛 * spokesperson

- RISE, Waseda Univ.

菊池順、鈴木聡、寺沢和洋、道家忠義、服部紘二、山口敦史、山下雅樹、吉村剛史

- IPNS-KEK

笠見勝祐、春山富義、真木晶弘

- AIST

豊川弘之、大垣英明

- PSI(Switzerland)

S.Ritt

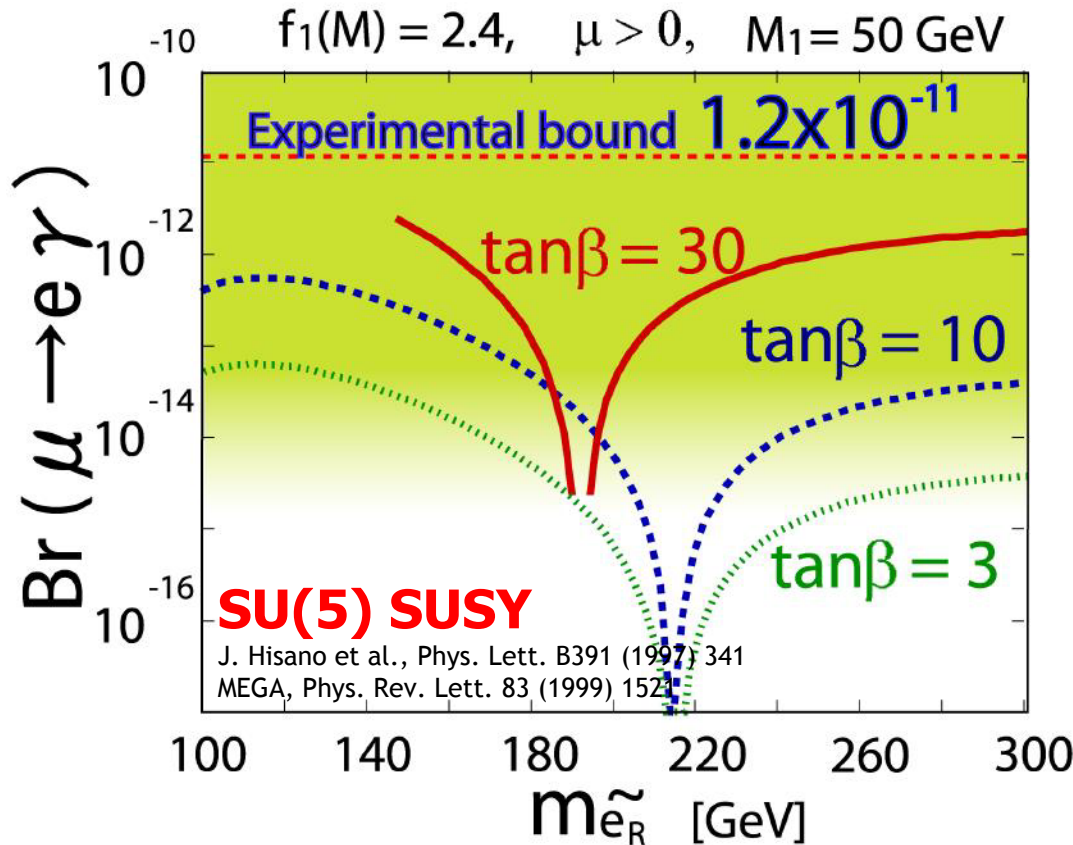
- INFN-Pisa (Italy)

D.Nicolo', G.Signorelli

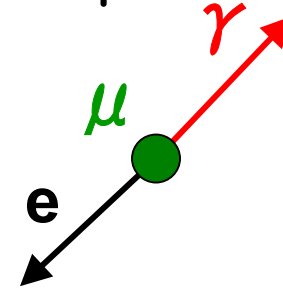
- BINP-Novosibirsk (Russia)

A.A.Grebenuk, D.Grigoriev, Yu.Yuri

Physics Motivation



LFV process

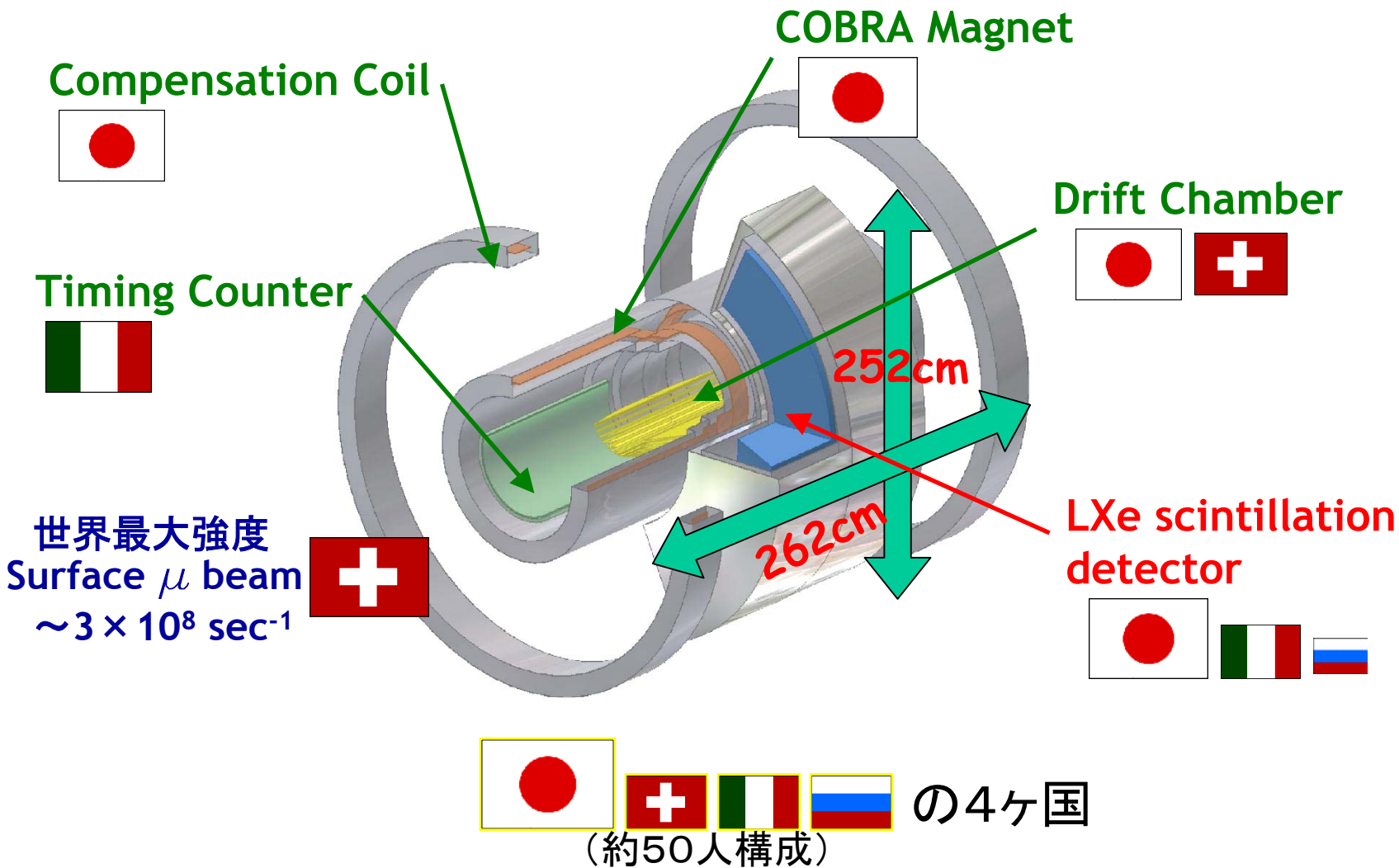


$E_e = E_\gamma = 52.8 \text{ MeV}$
Back to back

$\mu e \gamma$ 崩壊探索を通じ、LHCなどに先駆けSUSY-GUTを検証

2006年初頭  PSIにてengineering run 開始

MEG Detector



LXe scintillation detector for the MEG experiment

Liquid Xenon scintillator

- ◆ 2~10cmでconversion
- ◆ High light yield(75% of NaI)
- ◆ Fast decay(45nsec)

Kamiokande-like

- ◆ 液体中のPMTでシンチ光を直接観測
- ◆ PMT1000本、Xenon 800ℓ

低温

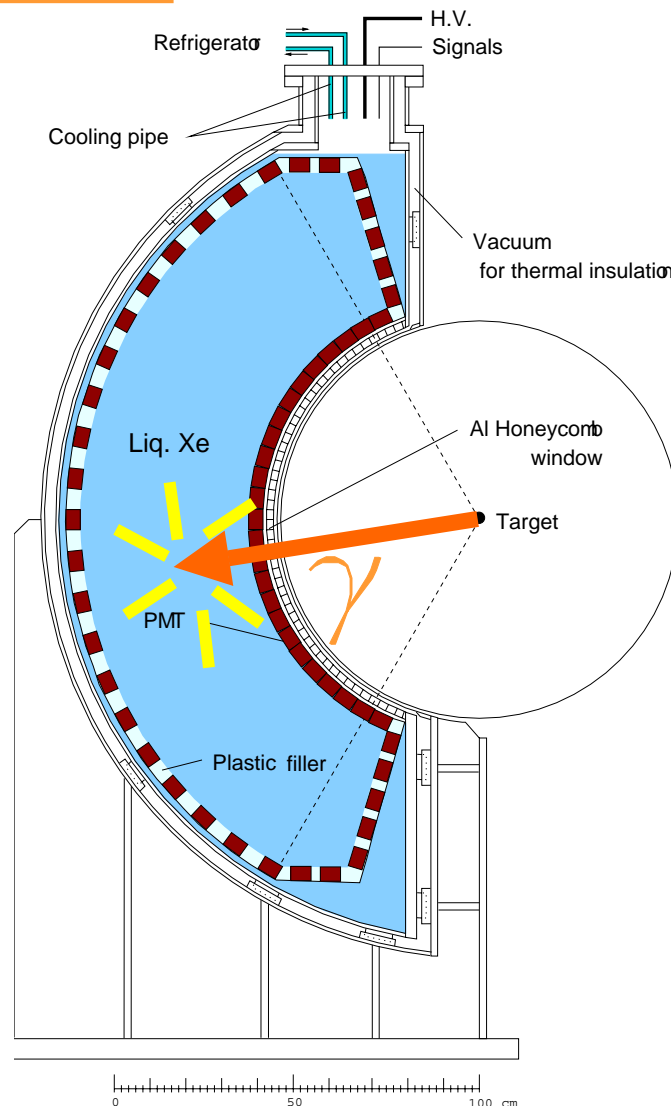
- ◆ 液体キセノン温度 = 165K
- ◆ 冷凍機、2層容器

PMT

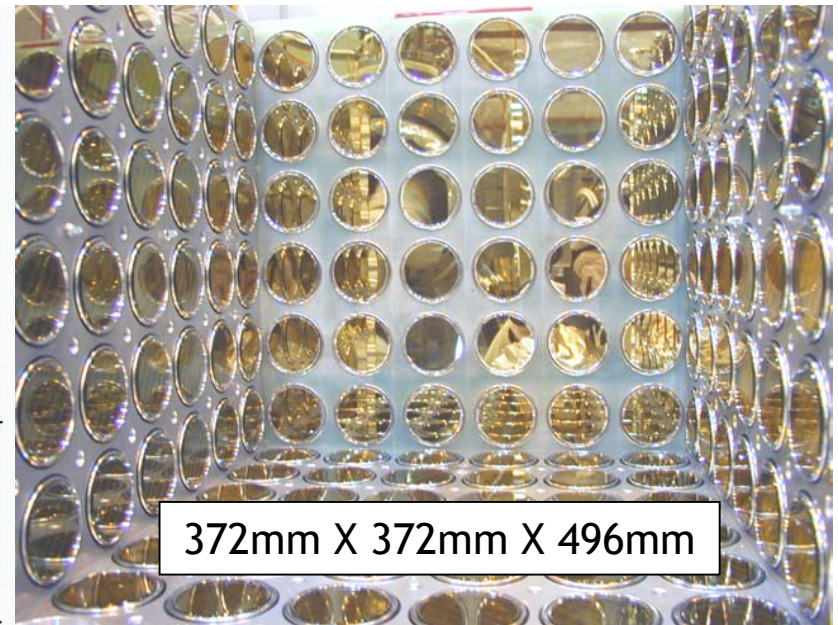
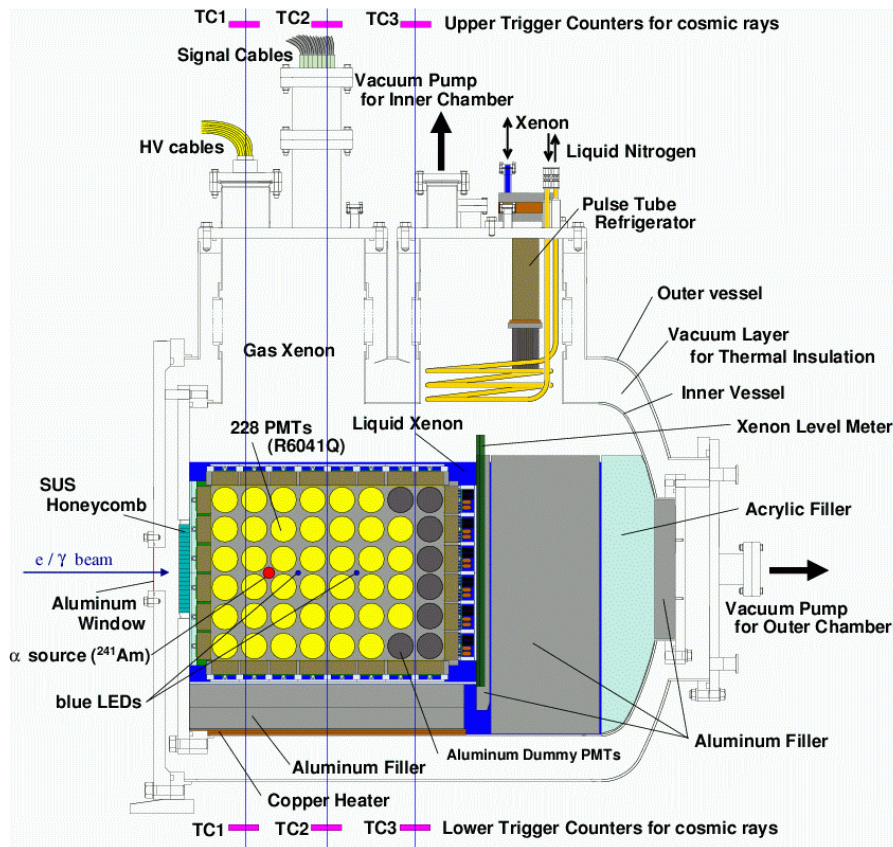
- ◆ 低温でも安定
- ◆ 物質量が少なくコンパクト

Detector requirement

- ◆ Energy: $\sim 2\%$ (σ)
- ◆ Time: ~ 70 psec (σ)
- ◆ Position: 1~2 mm on 入射面,
7 mm in r (σ)



100-liter prototype



- 68.6-liter active volume
- 228 PMTs

目的

実機と同等の検出器を製作し、MEG実験の高い要求に応えられるか検証する。

Prototype tests

- 長時間安定性 PMTは±0.5%で安定
3ヶ月間安定(冷凍機、エレキ、温度圧力モニター...)
- 高純度Xenon Gas Xenon循環式純化装置の導入
不純物(主に水)の除去 $\lambda_{\text{abs}}=10\text{cm}\rightarrow 1\text{m}$
- Compton γ 線に対する性能評価 (Preliminary)
Energy: 1.8%~2.0% (σ)
Position: 1.9mm ~ 3.8mm (σ)
Timing: 139 psec (σ)

今回の発表は

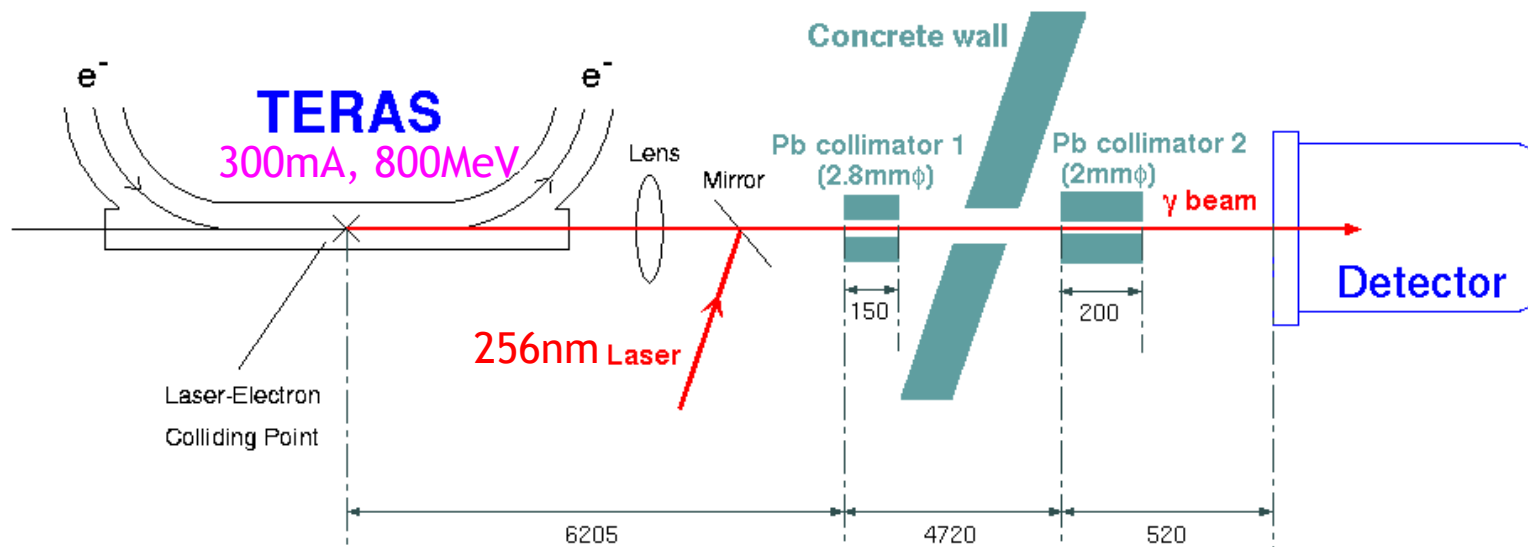
◆ Compton γ 線に対する性能評価

Energy resolution

- ✓ 入射位置依存性
- ✓ 深さ依存性
- ✓ 10, 20, 40 MeV

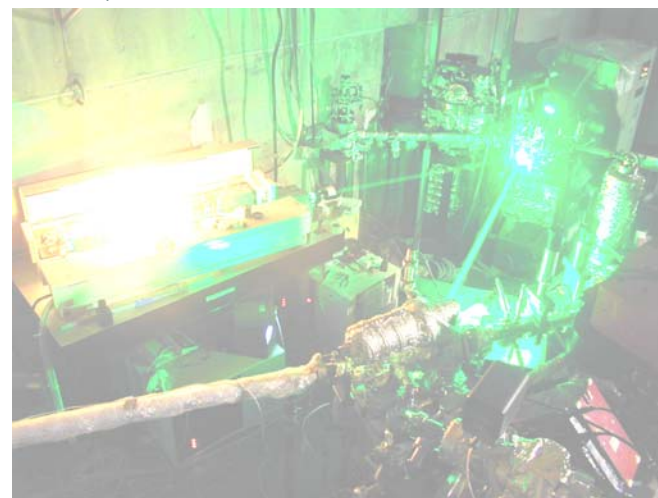
- ◆ $\pi^- p \rightarrow \pi^0 n$ (55, 83, 129 MeV) による性能評価
次の西口・澤田のtalkで ...

Beam Test @ 産総研



Incident γ -rays

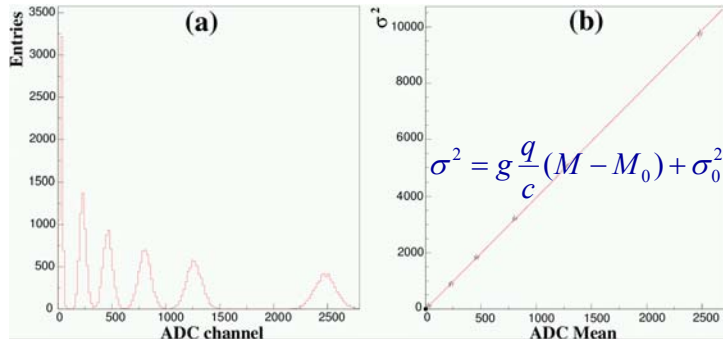
- ◆ 10,20,40-MeV Compton edge
- ◆ Focused by 2 mm ϕ collimator



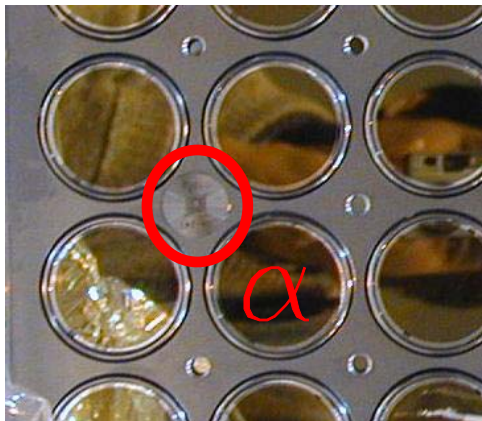
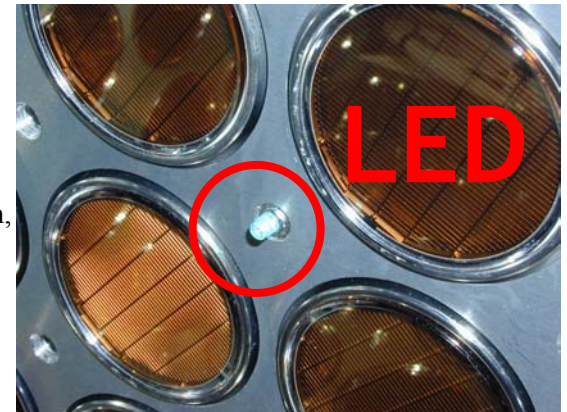
LEDs and alpha sources

◆ LED

gain($\sim 1 \times 10^6$)補正



σ : deviation of LED spectrum,
 σ_0 : deviation of pedestal spectrum,
 M : Mean of LED spectrum,
 M_0 : Mean of LED spectrum,
 g : gain,
 q : elementary electron charge,
 $c := 200\text{fC}/\text{ch}$

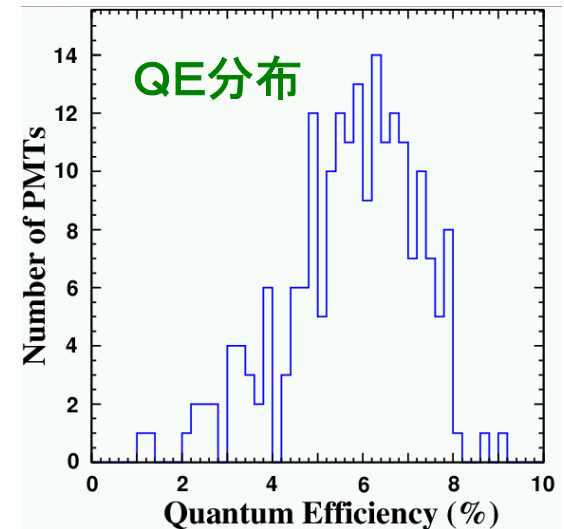


◆ α線源

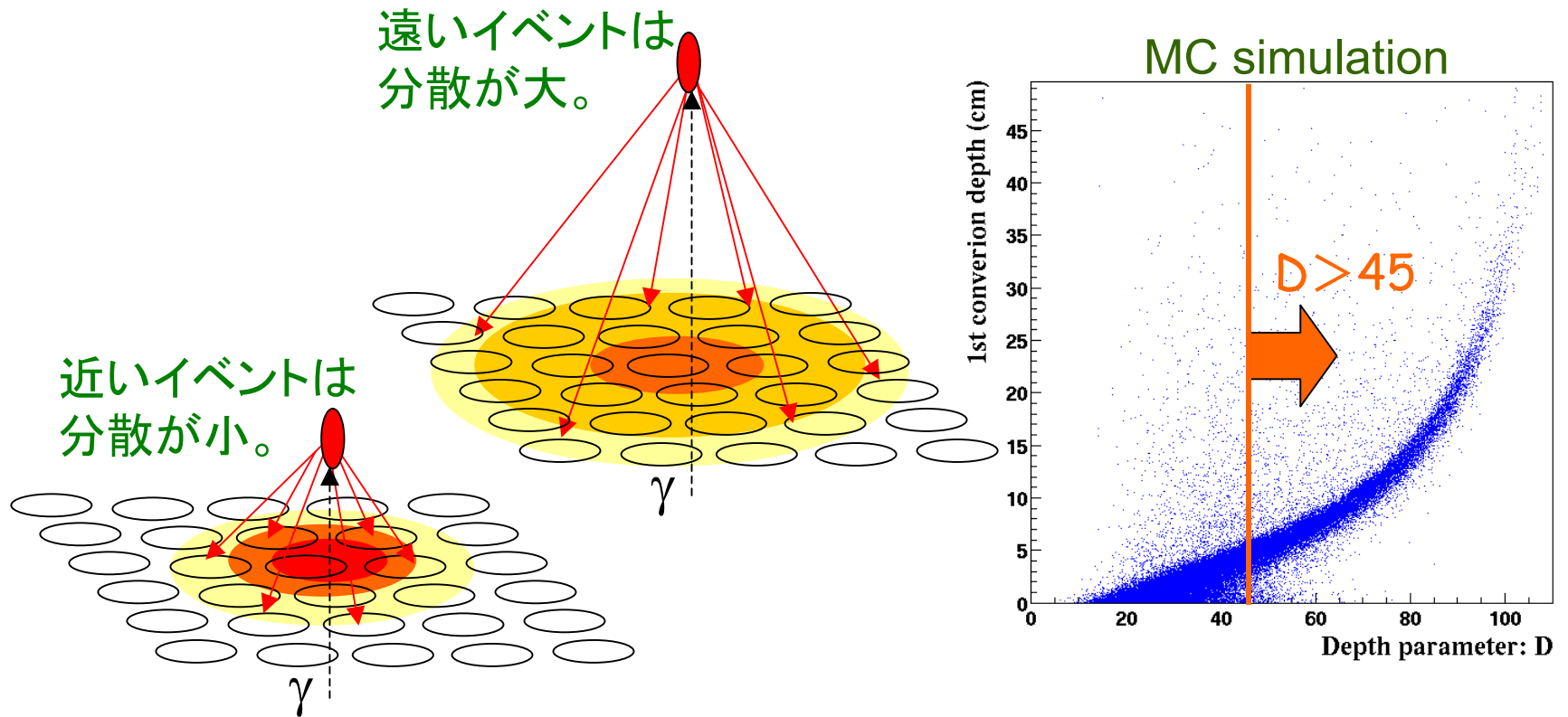
PMT出力モニター

Xenon純度モニター

QE測定



Depth parameter



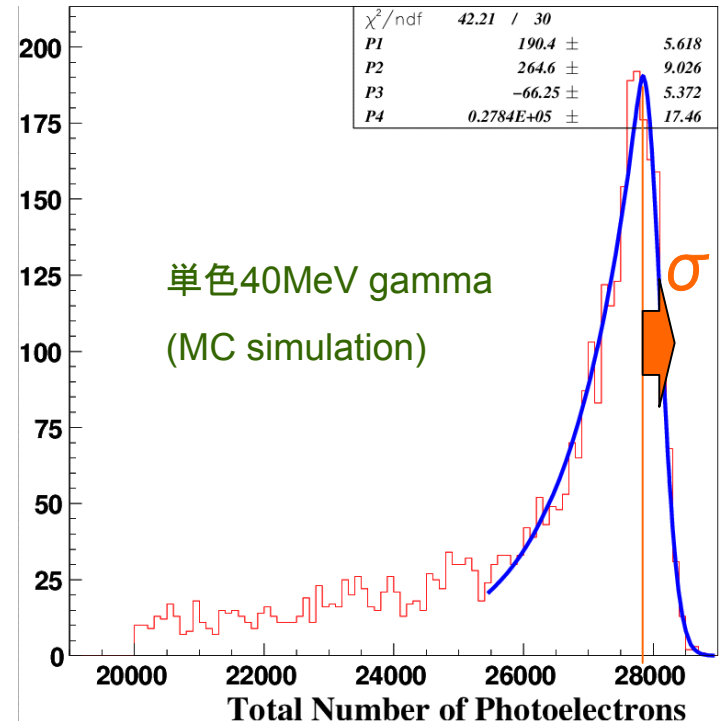
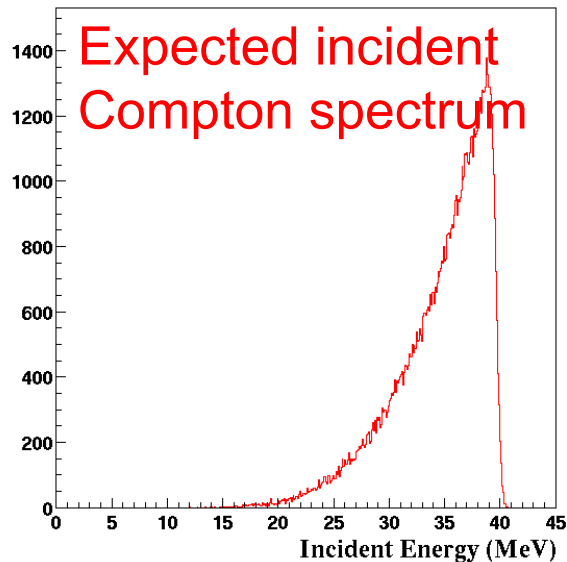
D : 入射面の光量分布における分散
イベントの深さと相関

Energy resolution

UPDATE: 入射 γ 線スペクトルをシミュレーションにより再現
 (今までは2次関数で近似)

Response function

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

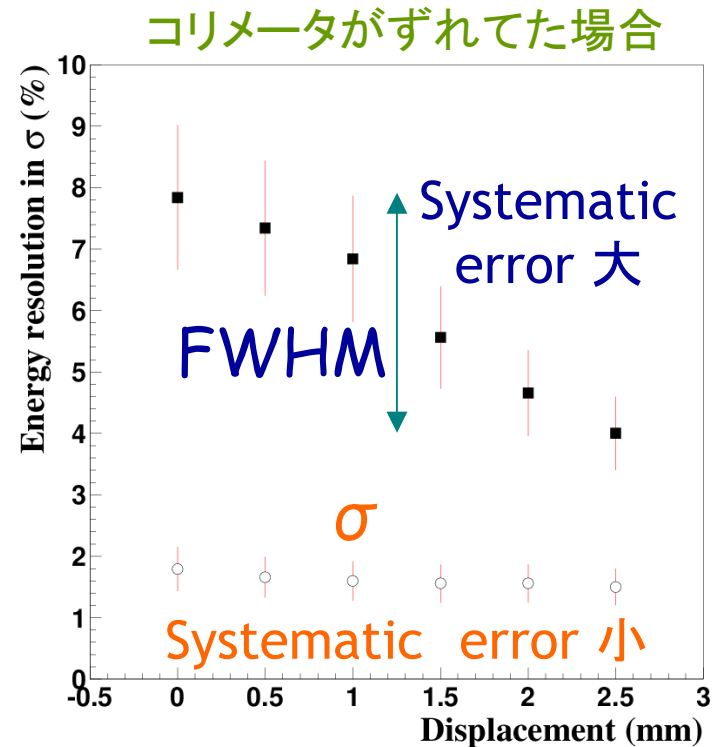


◆ Convolution でfit
 ◆ 分解能は σ で表される

Compton spectrum

入射スペクトルのシミュレート

Storage Ring	Energy	764 MeV
	Energy spread (σ)	0.48% (3.7 MeV)
	Angular divergence (σ)	0.115 mrad
	Horizontal bunch size (σ)	1.55 mm~2.2 mm
	Vertical bunch size (σ)	1.0 mm
Laser photon	Energy	1.17($\times 1, 2, 4$) eV
	Energy spread (FWHM)	0.002%
	Angular divergence (σ)	0.5 mmrad
	Beam size	unknown
collimator	radius	1 mm
	Horizontal displacement (σ)	? mm
	Vertical displacement (σ)	? mm



幾つかのパラメータは幅があるが、
分解能を σ で評価すればsystematicな誤差は減らせられる。

Energy resolution (入射位置)

1.7 %

1.7 %

1.7 %

1.7 %

1.6 %

1.7 %

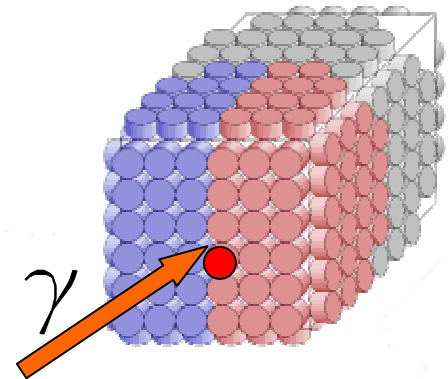
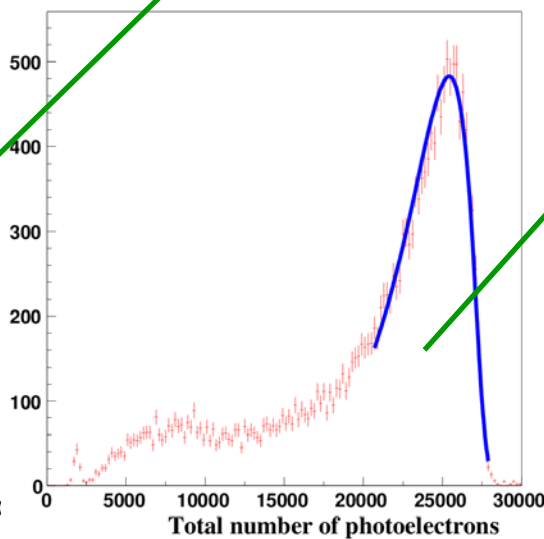
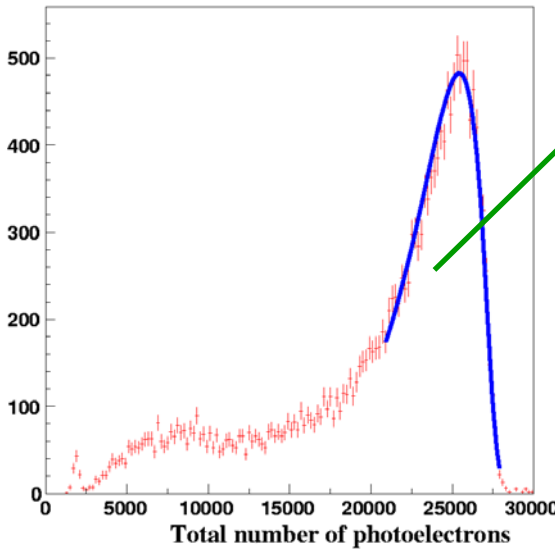
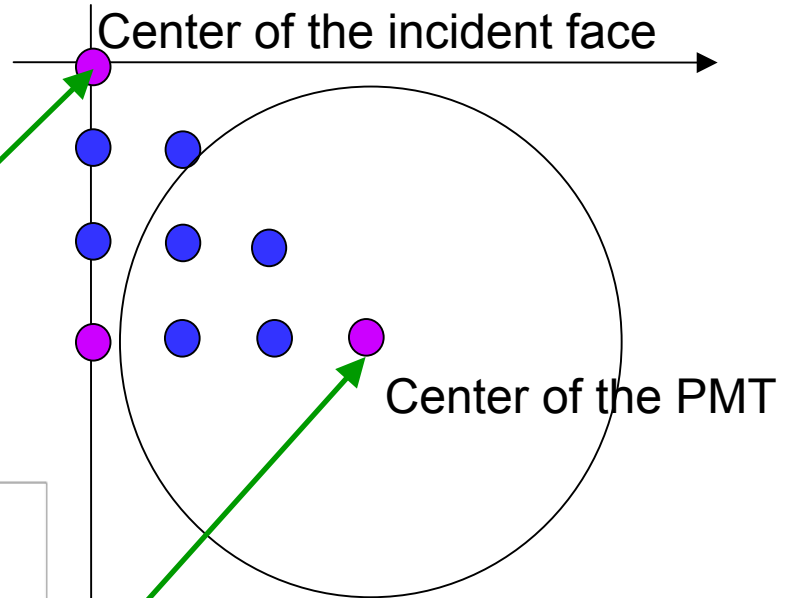
1.6 %

1.6 %

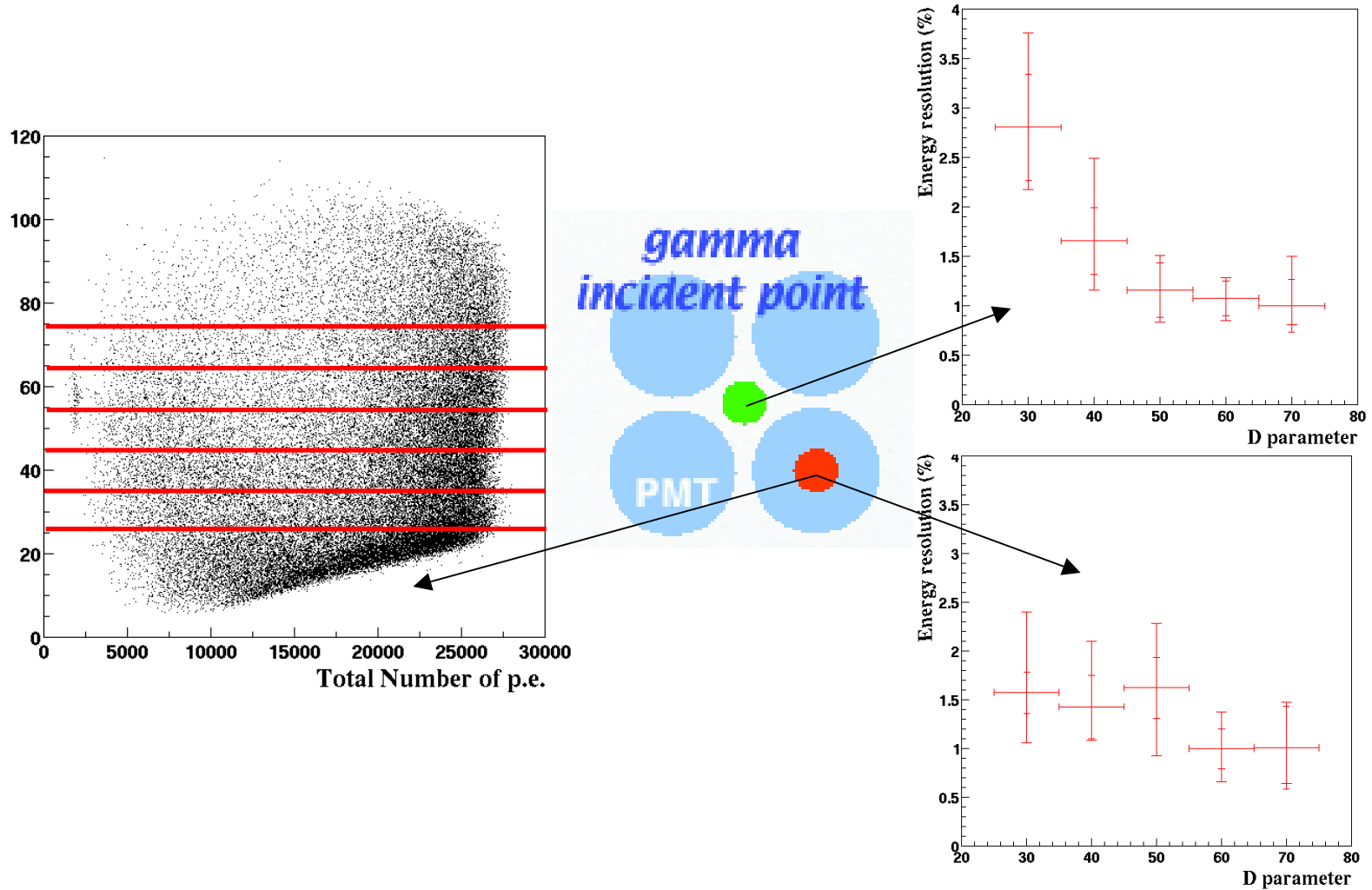
1.7 %

1.7 %

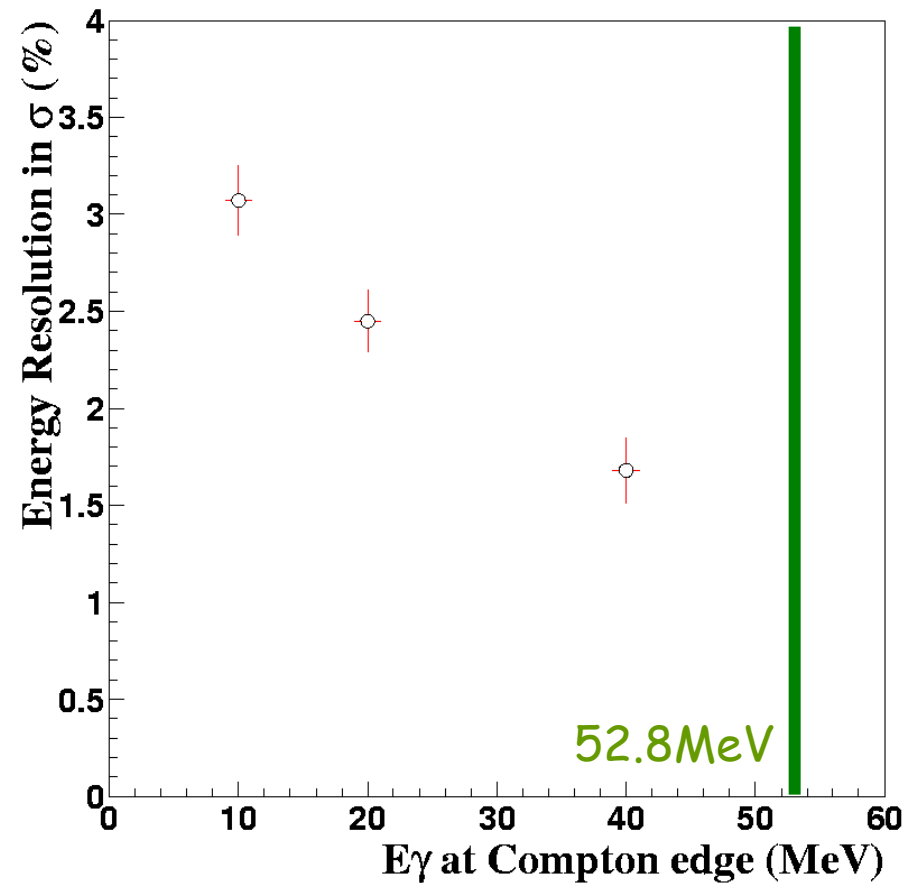
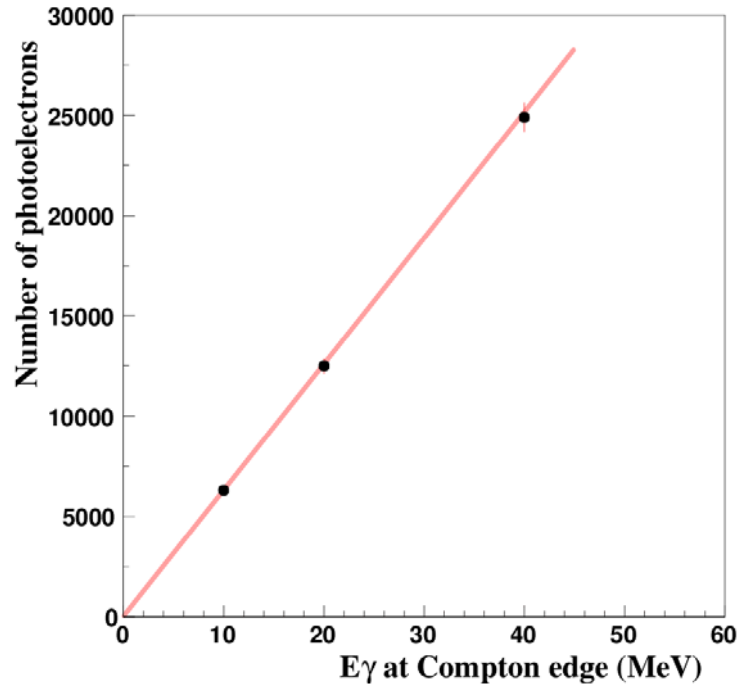
10 incident points



Energy resolution (深さ)



Energy resolution (入射エネルギー)



55,83,129 MeVについては次の次の澤田のtalkで。

Summary

産業技術総合研究所の電子蓄積リングTERASを用いたレーザー逆コンプトン実験により液体Xe scintillation detectorの性能評価を行った。

エネルギー分解能(σ)は

- 入射位置依存性: 1.7 %
- 深さ依存性: 1.7%→1.0% (5cm→15cm)
- エネルギー依存性: 3.1%→1.7% (10MeV→40MeV)

と評価できた。

これらの結果はMEG実験の要求を満たす。

単色 γ 線では? → 次の西口・澤田のtalk