

久野研／山中研 年末合同発表会

**ミュオン電子転換過程探索実験のための
カロリメータ開発(1)**

2007/12/25

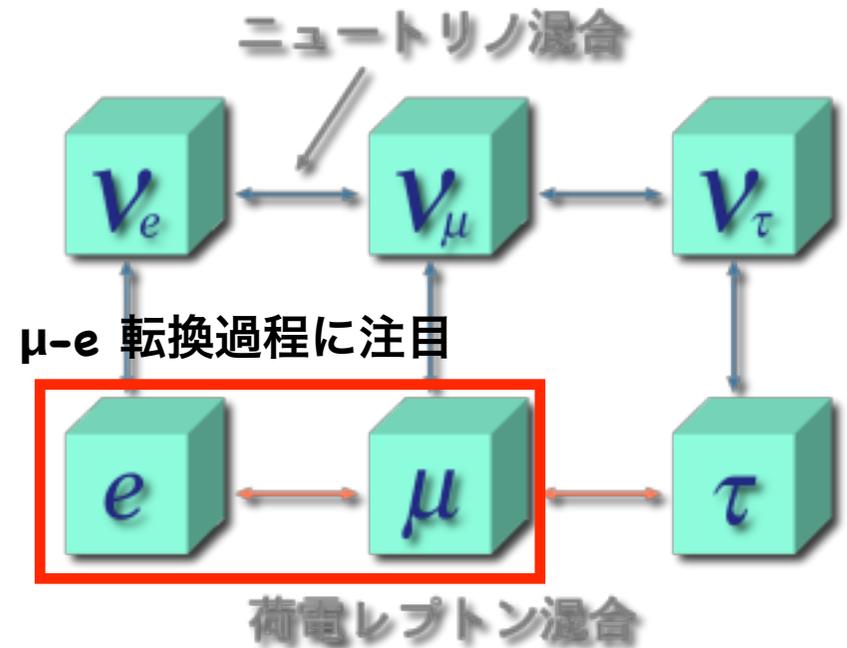
久野研 MI 江口 陽介

目次

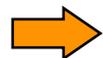
- 荷電レプトン混合現象について
- PRISM/COMET概要
- カロリメータ概要
- GSO結晶について
- 放射線耐性試験
- 以前までのカロリメータ実験
- ビームテスト(セットアップ)
- まとめ

荷電レプトン混合現象

- 世代間混合
 - クォーク
 - ・ 古くから観測されている
 - ・ 小林-益川行列
 - レプトン
 - 中性レプトン
 - ・ 近年になって発見
 - ・ スーパーカミオカンデ
 - 荷電レプトン
 - ・ 未発見



- 荷電レプトン混合現象の発見で何が分かるか？



・ 標準理論を越える物理の存在の証拠

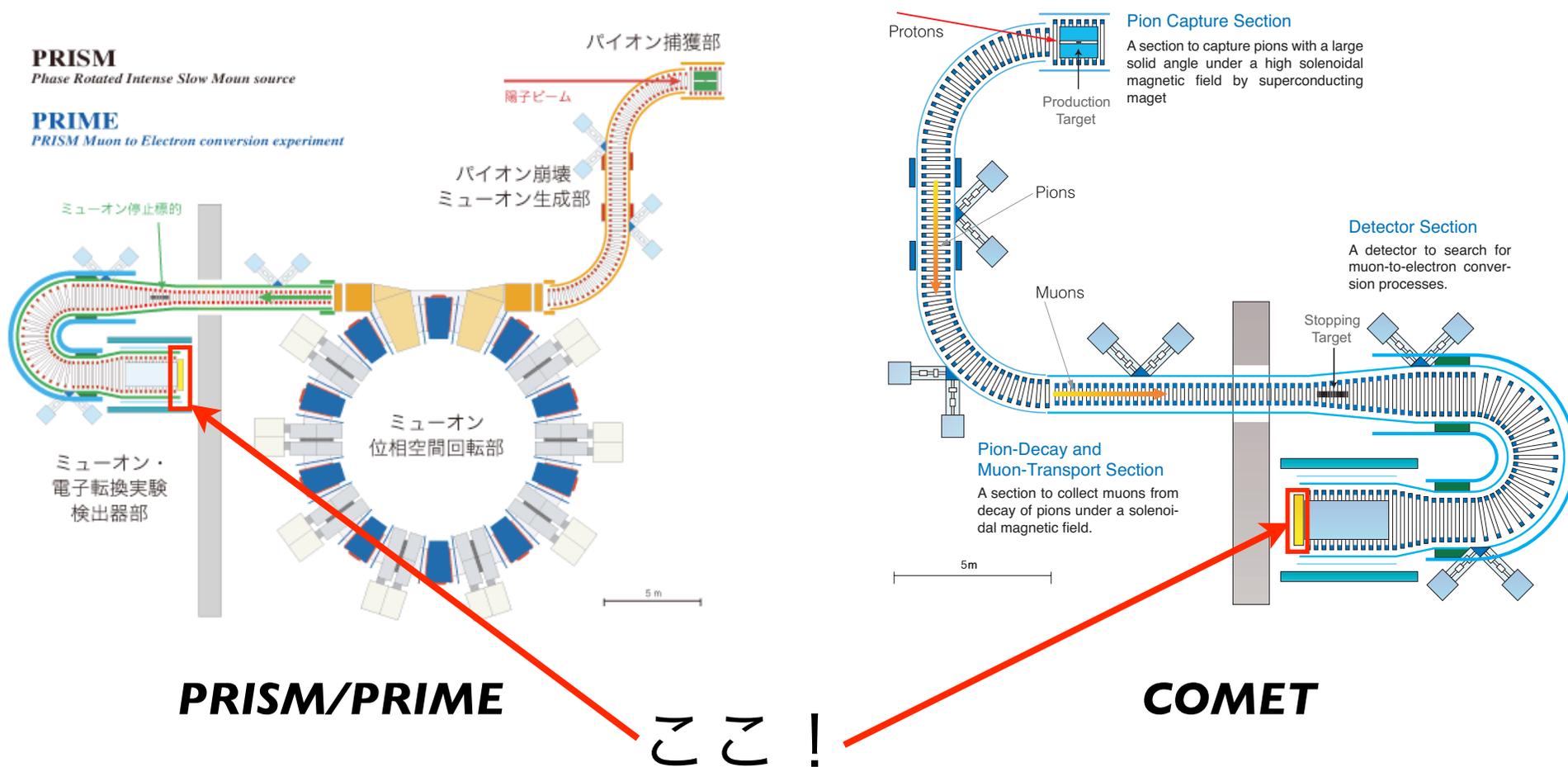
ex.) 超対称性大統一理論

PRISM/PRIME、COMET

電子ミュオン転換過程探索実験

PRISM/PRIME、COMET (COherent Muon Electron Transition)

その下流に設置する電磁カロリメータの開発を行っている。



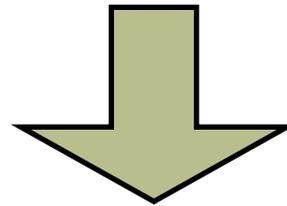
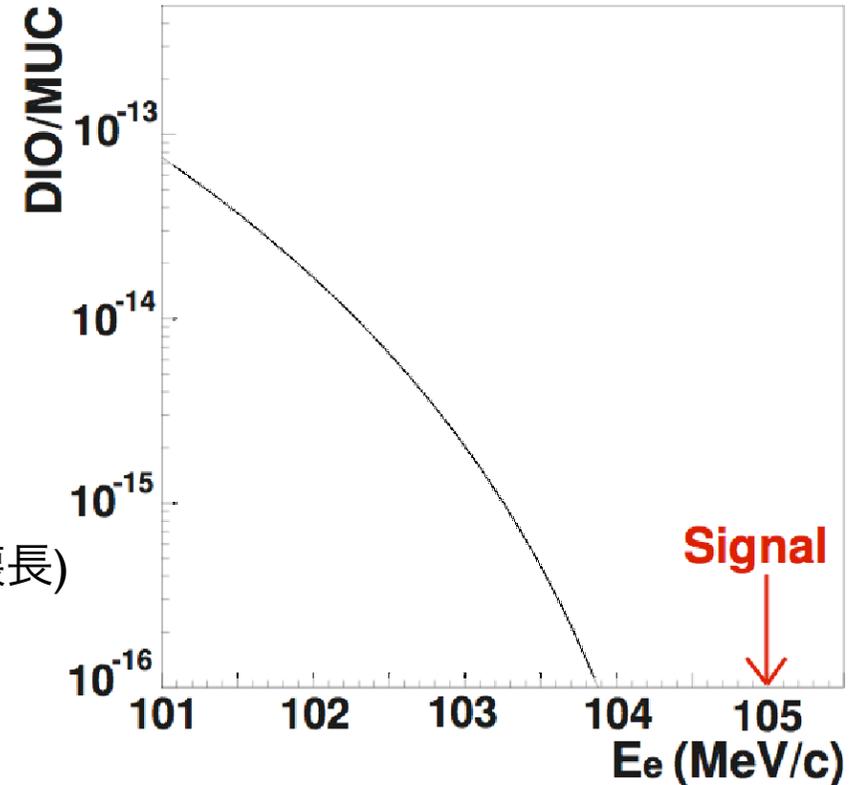
カロリメータの役割

- ・カロリメータの役割

- ・ 105MeVの電子と、DIOの電子の区別
- ・ 飛跡検出器の補助

- ・カロリメータへの要求

- ・ 低コスト
- ・ 大型、セグメント化：直径1 m、厚さ $11X_0$ (X_0 ：崩壊長)
- ・ 高い分解能： σ 数%程度
- ・ 速い応答時間：100ns以下
- ・ 真空磁場中に設置可能



要求を満たす材料を研究する！

医療装置PET用結晶

カロリメータの候補結晶

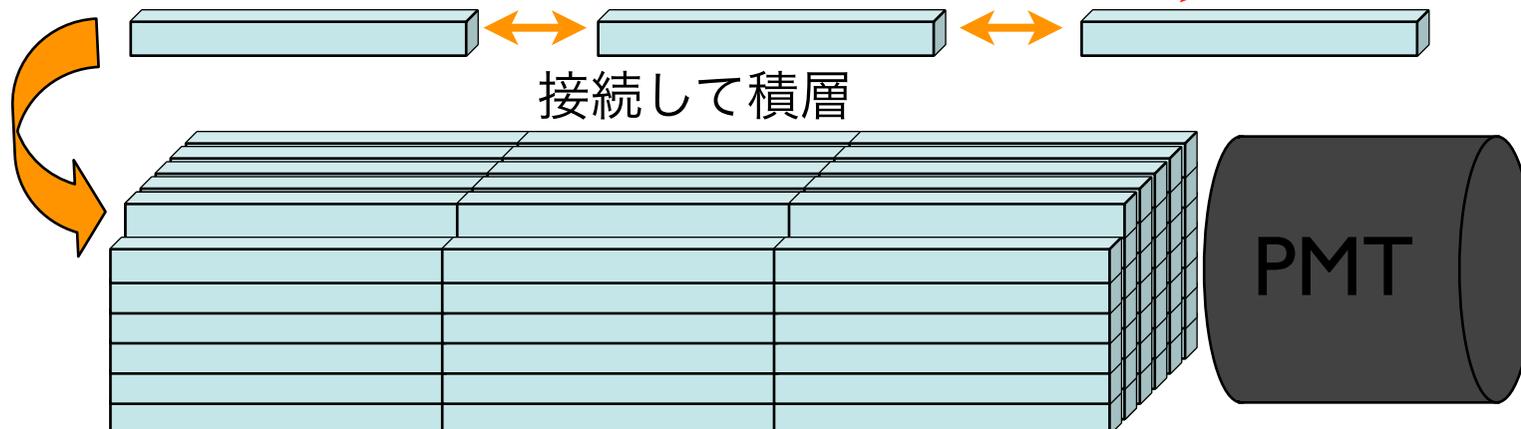
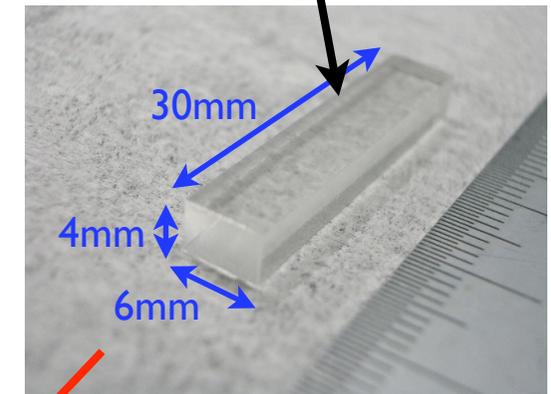
結晶	GSO(Ce)	BGO	BaF ₂	CeF ₃	LSO	PbWO ₄	NaI(Tl)
密度(g/cm ³)	6.71	7.13	4.89	6.16	7.40	8.28	3.67
崩壊長(cm)	1.38	1.11	2.06	1.68	1.14	0.89	2.6
減衰定数(ns)							
fast	30-60	300	0.6	8	12	15	230
slow	600		620	20	47	100	
光量							
fast	20	10	5	4	50-75	0.7	100
slow	2		16	4		0.007	
最大発光 波長(nm)	430 430	480	210 310	300 340	420 460	440	415
価格(千円/cc)	27	5.5	3.2	11	42	7.7	2.2

(@応用光研)

GSOは**高性能**だが**高価**。

→安価にできないか？

→**PET用GSO**に注目！



GSO結晶を用いる上で重要なこと

- ・ 耐久性

 - 放射線耐性試験

- ・ 分解能

 - 性能評価実験

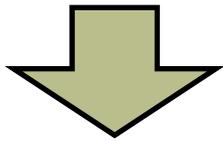
放射線耐性について

放射線耐性試験(12/26~)

◎**GSO**結晶をカロリメータとして用いる。

- ・減衰時間を下げるためにCeを、透過度を上げるためにZrを添加する。
- ・Ce添加：放射線耐性に対する資料あり。
- ・Ce&Zr添加：資料なし。

→**PRISM、COMET**実験のために、放射線耐性を調べる。



◎放射線耐性試験

- ・大阪大学産業科学研究所にて、**60Co**による γ 線(138TBq)を結晶に照射し、照射前後での性能の違いを評価する。

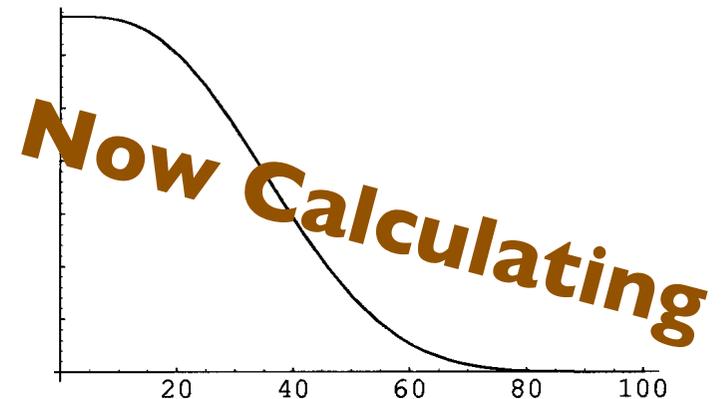
・性能評価の手段として

○**PMT**による光量測定

○透過率スペクトル

○蛍光スペクトル

を用いる。



横軸：ソレノイドによる

エネルギーカット [MeV]

縦軸：放射線量(個数依存) [Gy/(count)]

放射線耐性試験(評価方法)

◎産研にて ^{60}Co 由来の 10^4 、 10^5 、 10^6Gy の γ 線を照射し、結晶の性能を照射前後で評価する。

○透過率スペクトル@阪大産研

透過率の波長依存性を測定する。

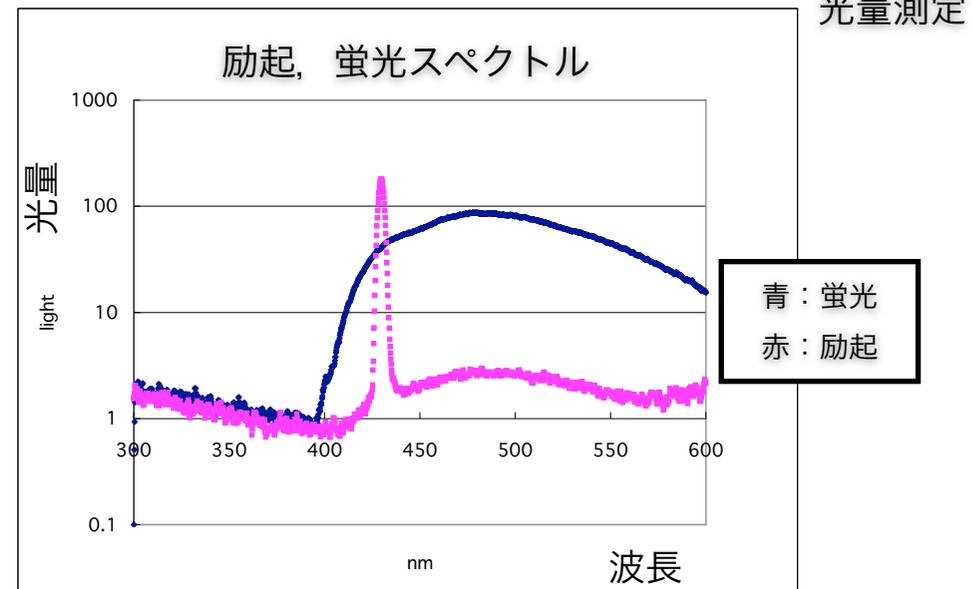
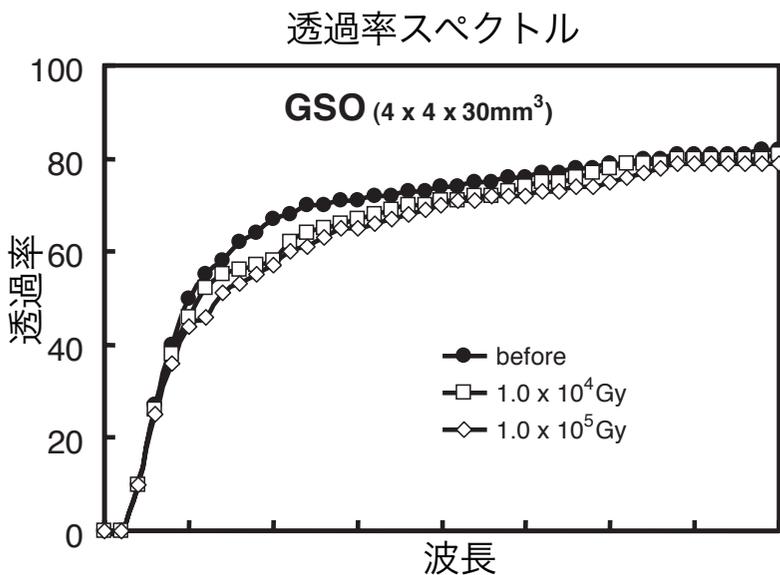
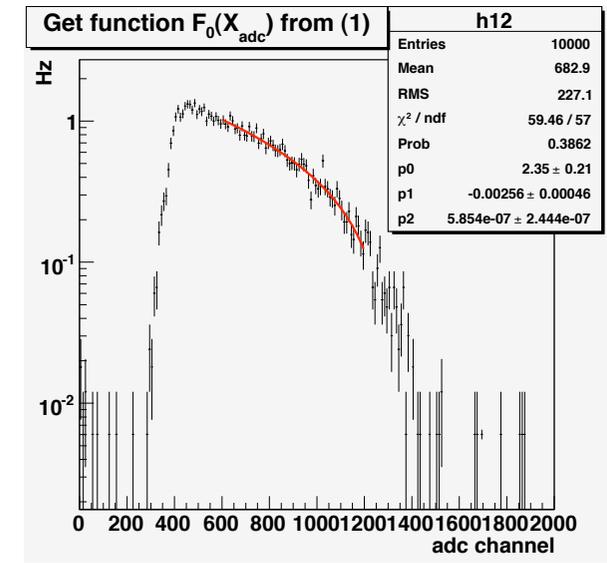
○蛍光スペクトル@阪大理学研究科高分子化学専攻

結晶の蛍光スペクトルを測定する。

○PMTによる光量測定@地下実験室

PMTと結晶をOptical greaseで接続し、 ^{90}Sr による β 線を照射。

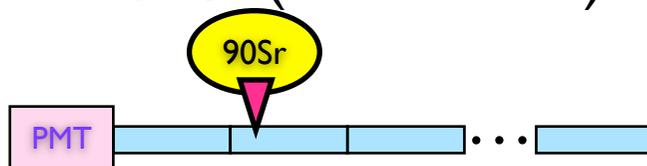
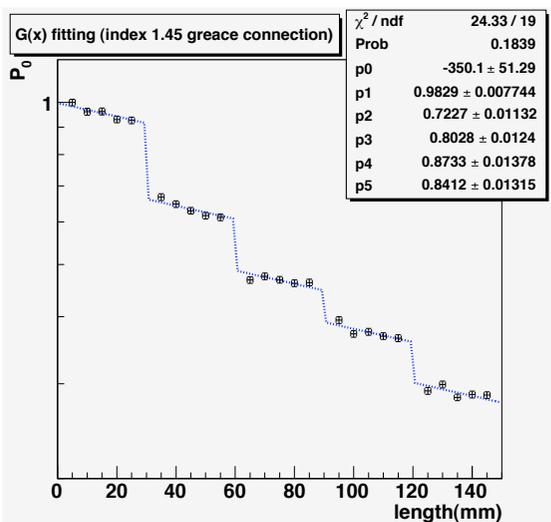
光量を測定する。



性能評価について

以前までのカロリメータ R&D まとめ

○接続面での光量減衰評価(実験、MC)

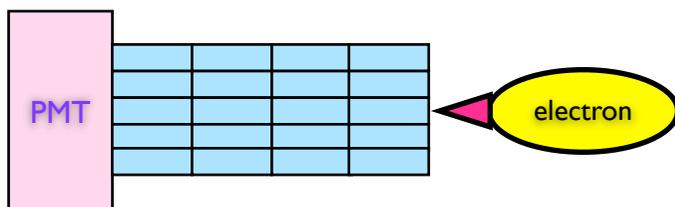
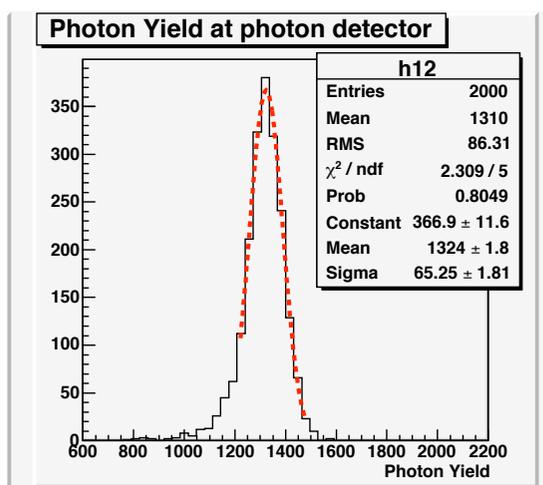


x : 検出器からの距離
y : 相対光量

接続面の屈折率	接続面の透過率
1.00	0.69 ± 0.04
1.45	0.81 ± 0.03
1.55	0.86 ± 0.04

* GSO結晶の屈折率は1.85

○実機での分解能評価(MC)



x : 光量
y : count

接着剤の屈折率	エネルギー分解能
1.55	6.1%
バルク型	4.2%

1.55で積層実験を行う!

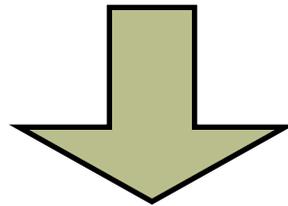
ビームテスト(12/10~21)

◎カロリメータとして積層GSO結晶を用いる。

→PRISM、COMETと同じくらいのエネルギーオーダー(100MeV程度)を持つ電子のビームで試験を行う必要がある。

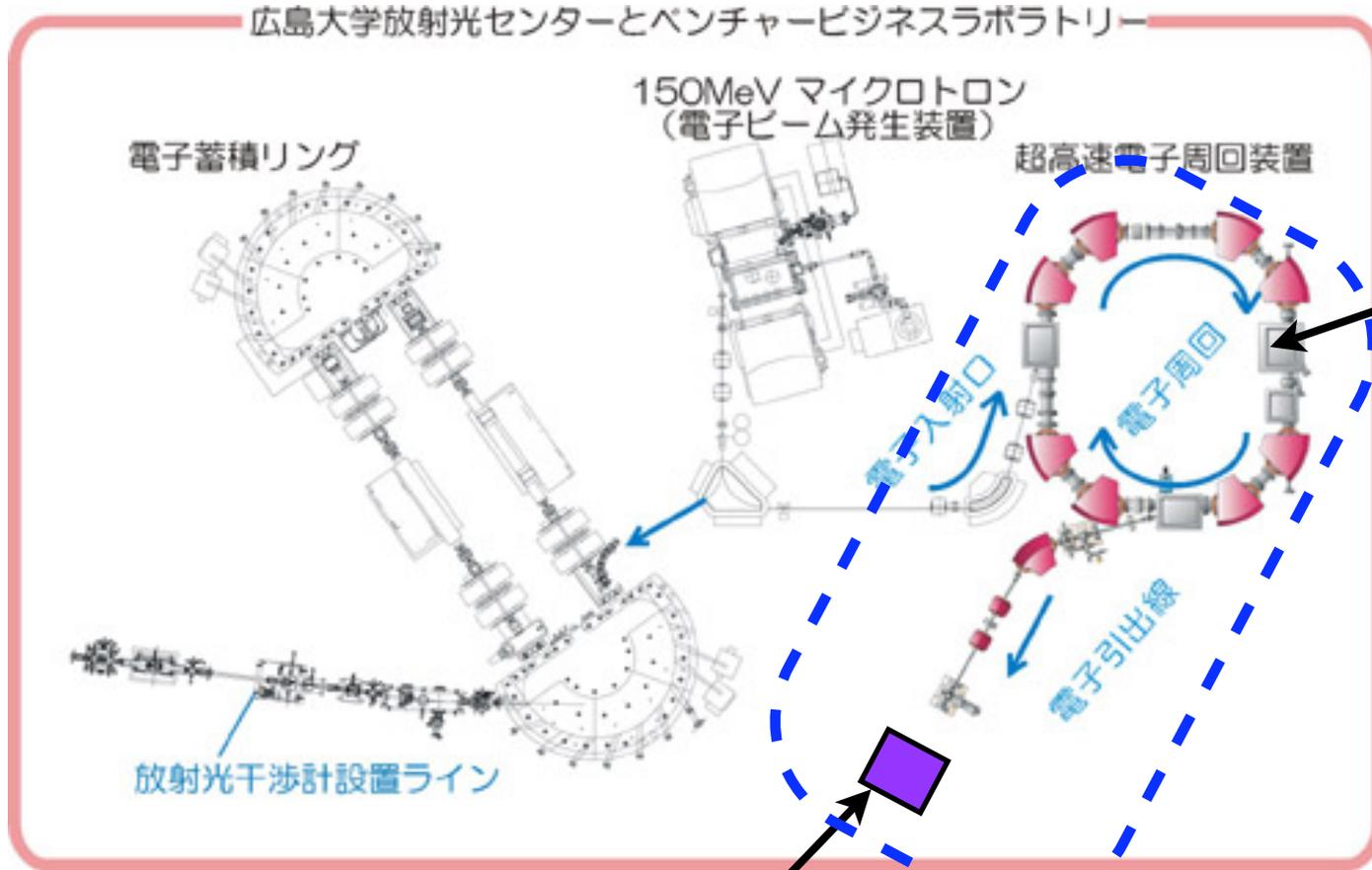
その実験での目的は、**カロリメータの性能を評価**すること。

- ・ 分解能評価
- ・ MCとの比較
- ・ ビームによる諸問題の調査(イベントレート等)



広島大学 超高速電子周回装置REFERにてビームテストを行う！

ビームライン



リング寸法

長さ(m)	12
幅(m)	3.1
高さ(m)	1.8

広島大学放射光科学研究センター：**HiSOR**

超高速電子周回装置：**REFER**

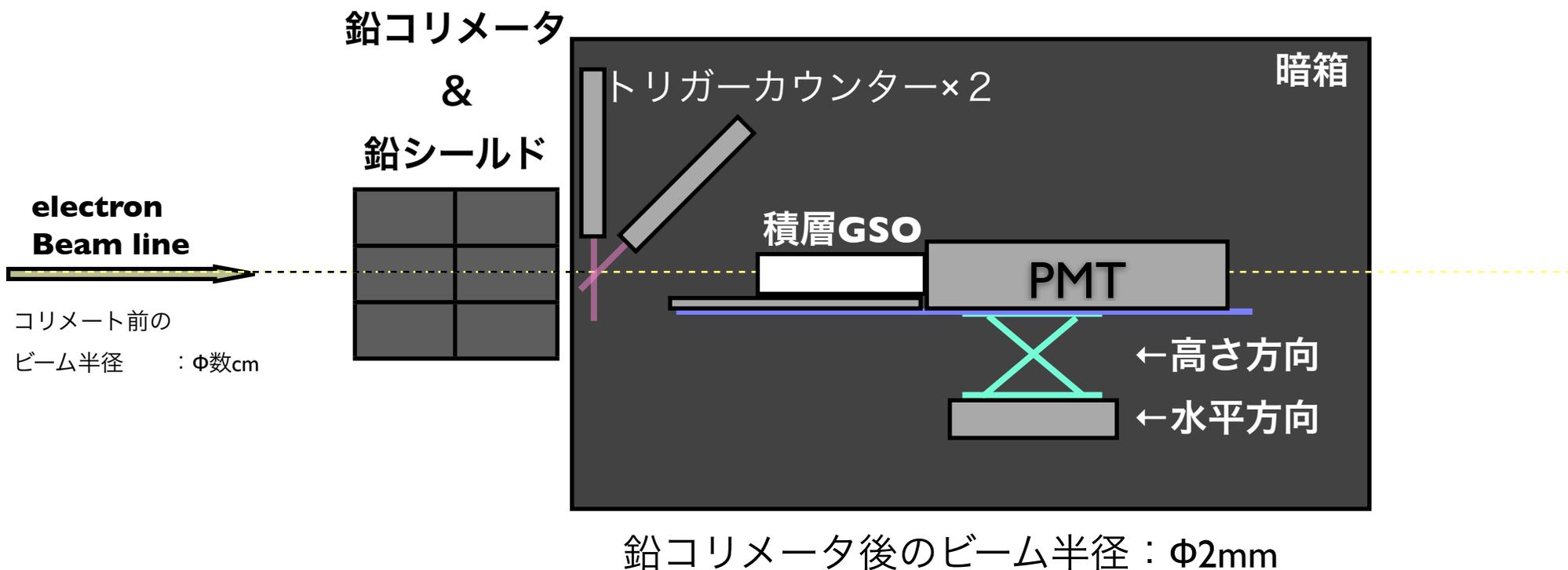
電子エネルギー：**150MeV±0.1%**

電子バンチ周波数：**10Hz**

バンチ幅：**1ms**

セットアップ

以下のセットアップで読み出し実験を行った。



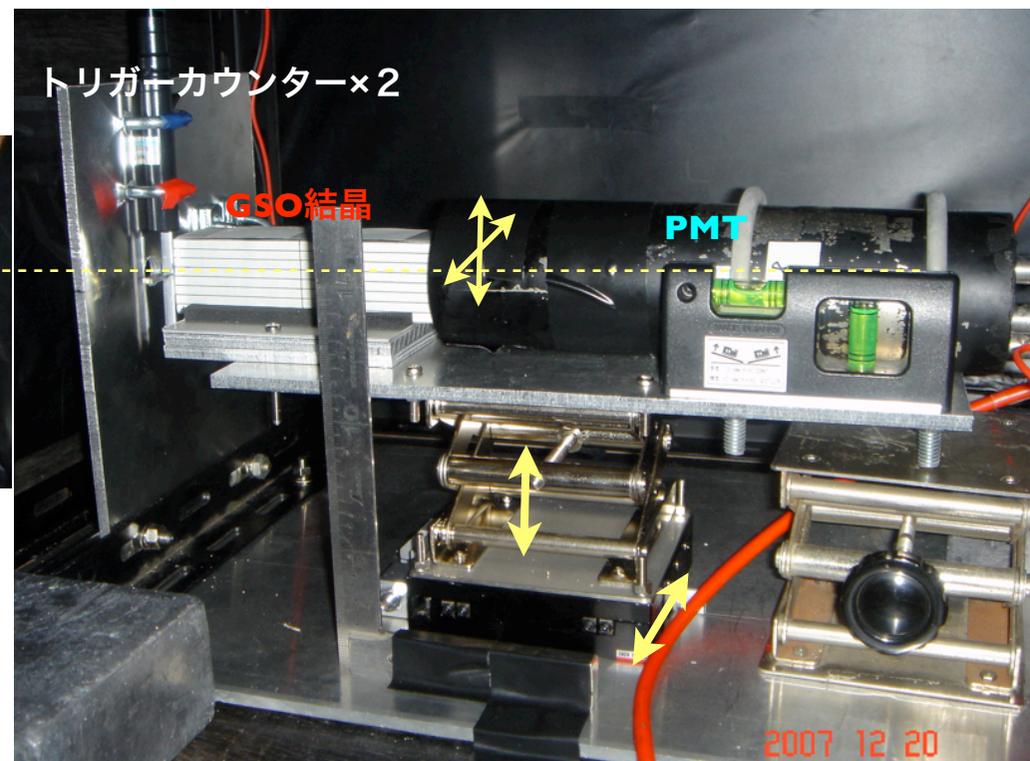
高さ方向、水平方向に移動させてGSO結晶のビーム位置を決定！

セットアップ(写真)

以下のセットアップで読み出し実験を行った。

鉛コリメータ
& 鉛シールド

electron
Beam line



実験内容については、次の宮本さんの発表で！

まとめ

- ・ PRISM/COMET実験ではエネルギー測定と位置確認に電磁カロリメータを用いる。
カロリメータに必要な**分解能は数%**、**減衰定数は100ns以下**。
- ・ カロリメータの材料として**GSO**を用いることが検討され、安価な**PET用GSO結晶**を用いたカロリメータの研究を進めている。
- ・ **GSOの放射線耐性**試験を年末年始にかけて行い、スペクトル等で変化を評価する。
- ・ 以前までで、**接続面による光量減衰**を実験で評価し、MCで再現した。
その上で**実機カロリメータのMC**を行った。
- ・ 広島大学**REFER**で**ビームテスト**を実施した。→後ほど