# KOTO PMTの性能測定

山中研 DC1



# KOTO(E14)実験



# CsIカロリメータ



# PMTの特性と性能要請

#### PMTの特性

- 1. Q.E.
- 2. Gain
- 3. Linearity
- 4. Transit Time
- 5. ...

PMTの性能要請

- 1. gain>8000
- 2. Linearity<5%@~1GeV
- 3. Transit Time<数ns

4. ...





- 1. 光量調節可能(NDフィルタ)
- 光量モニター装置(PIN diode)による光量
  の校正(精度:0.3%程度)
- 3. 光ファイバーを用いた光の分配(多くのス ロットに光量分散可能)
- 4. CsIのシンチレーション光に近い波長の光







10



### PMTの一定光量に対する出力

- PMT性能測定システムを用いて300個のPMTについて一定光量に対する出力の分布を測定した。
- 測定結果: PMTの出力が
  PMTことに~6倍も異なる。
- 3. 問題点:
  - PMTの性能が要求値を満 たしているか?
  - 出力の分布に何が寄与しているのか?(Q.E. | gain)

#### KOTO PMTの一定光量に対する出力の分布 with KTeV Base



## PMTのQ.E.&C.E.測定

- 1. Q.E.(Quantum Efficiency)
  - 1. 光電面に入射した光子に対し

ての光電子の発生確率。

- PMTの窓材や光電面の材料、
  入射光の波長などの影響を受ける。
- C.E.(Collection Efficiency) 入射光子の数:N
  1. 光電面からの光電子が電場で
  収束され、ダイノードに入射さ

窓材(透過率:η)

PMT

光電面(返還率:ζ)

ダイノード入射光電子

=N\* $\eta$ \* $\zeta$ \*C.E.

れる率

2. PMTの形状や印加電圧の影響



# Q.E.\*C.E(相対値)の測定

- 1. PMTの測定システムを用い る。(光量のリファレンス)
- 2. PMTの1段目のダイノードか らの信号の大きさを測定。
- PMT1段目のダイノード信号
  =光量\*Q.E.\*C.E
- 4. 測定結果
  - 1. PMTのQ.E.\*C.E値のPMTご とによる差は10%以内
  - PMTの出力のQ.E\*C.Eへの 寄与は無い。
- 5. PMT出力分布はgainの影響



### PMT Gainの間接測定

KOTO-PMTはgainが小さく(~5000)、そ の値を直接測定するのは無 理。→Reference PMTを用いたgainの測 定。

- Gainが高いPMT(R580, gain=4.56E6) とKOTO PMTにそれぞれ適正強度の 光量を入射させ、その出力と光度の 比でgainを計算する。
- 2. 光源:PMT測定システムの光 (360~400nm)
- 光電面の面積が異なる。⇒シリコン クッキと黒い紙を用いて受光面の面 積を調節。



#### <u>Gain(кото)~4111</u>

PMTのgainの分布



gain測定に使ったPMTの出力(gain=4111)

- 1. gainが8000以上のPMTの個数 2. 解決策
  - 1. 140/293(22.1%)@1500V
  - 2. 238/293(74.7%)@1800V

- 1. 結晶とのカップリング
- 2. プリアンプによる調整。

### PMTの線形性とその測定

- 1. 入力光の大きさとPMTの出力の 間の線形性。一般的に強い光量 でPMTの下段での遮蔽効果など によりPMTの出力が下がる。
- PMT性能測定装置のNDフィル タを調整し光量を調節(~100倍)
- 測定結果:100個のPMTの測定 結果においてPMTの非線形性は 2%\*未満であった。(線形性は OK)

\*Nonlinearity = 
$$\left[1 - \frac{OUTPUT(light)}{4 \times OUTPUT(light/4)}\right]$$



### PMTのTransit Timeの分布の測定

PMT trnasit time:PMTのカソードからの光電 子がシグナルとして出てくるまでかかる時間 PMTのTransit Timeの分布の測定の動機

- CsIカロリメータのEt Trigger(deposit energyが2MeV以上)
- シグナルイベントのバックスプラッシュー現象とbackground との区別
- 3. 誰も測ってない。。。





# Transit Time 測定



PMTの波形をgaussianと仮定した ときのTDCとADCの相関を求め フィット。

$$x_{TDCout} = -const \times \sqrt{\log \frac{C}{a_{ADCout}}} + TransitTimeDifference$$



# PMT transit time測定結果



7つのPMTを持って測定。 PMTによって異なるが1400V→1800V で300~400ps早くなる。 Black solid line:チャンネル校正前 Red dashed line: チャンネル校正後 Transit timeは~重心値から0.2ns以内 に分布している。

#### まとめ

- 1. PMTの出力は~6倍程度で変化していて、その原因はPMTの贈倍率 (gain)のバラツキからのものである。
- KOTO実験で使われるPMTの多く(75%)は性能要求を満たすことができる。満たさないものに対しては結晶とのカップリングなどで解決する。
- 3. PMTの線形性は2%以下で、ほとんどPMT(49個のsample)が要求を 満たす。
- PMT内での信号のtransit timeは中心値に対して0.2ns以下の分布が 確認され、印加電圧による効果も0.3ns程度なので、Back splash 現 象によってMain BarrelでVetoされるイベントに対する区別の可能性 が確認された。

っていうことでsampling 測定ではだいたい要求を満た していることが分かった。後は2500本?を測るのみ…



# PMTの特性



KOTO PMT Q.E.: KOTO PMT Cathode Radiant Sensitivity:

E391a PMT Q.E.: E391a PMT Cathode Radiant Sensitivity:

PMT	<b>R</b> 5364	R580		
λmax	650	650		
λmin	185	300		
λpeak	420	R580 650 300 420 Boroscilicate Bialkali \$		
窓材	UV glass	Boroscilicate		
光電面	Bialkali	Bialkali		
受光面	¢15mm	ф34mm		

CsIカロリメータのキャリブレーション

CsI Calorimeterの性能測定を間違った場合

→ CsI Calorimeterで測定されたγのエネルギーが変化する。



CsI Calorimeterの性能測定を間違った場合、他のの検出 器で中性子などの衝突により発生したPiOからのγがしみ 出し、シグナルのバックグラウンドとなる。

# 2009年度製作品(1)

#### 1. CAMAC 制御のステッピングモータを用いた線源移動システム。





#### 2009年度制作品(2) 144chテスト用のキャリブレーションシステム(製作中)



# GUI for DAQ(製作中)

00	00							t	k		
File	Name	Forma	at:	lin_	%d_%d	l.dat				PMT#0	
Folder Name Form: Please_Enter_Foldername							PMT#1				
Lase	r Cont	rol:	) (	DFF	$\bigcirc$	ON	0	EN	ЛТ	PMT#2	
	<b>C</b> 1 <b>·</b>				_	Cat				PMT#3	
Lase	r Shot	: N:				Get				PMT#4	
		_		F	FW1	_		_		PMT#5	
0	1	$\odot$	0	$\bigcirc$	1	$\bigcirc$	3	$\odot$	10	PMT#6	
$\odot$	30	$\odot$	100	$\bigcirc$	300	$\bigcirc$	1000	۲	3000	PMT#7	
	FFW2								PMT#8		
$\odot$	0	$\bigcirc$	1	$\bigcirc$	2	$\bigcirc$	3	۲	4	PMT#9	
0	5	$\bigcirc$	6	$\bigcirc$	7	$\bigcirc$	8	$\bigcirc$	9	PMT#10	
										PMT#11	
										PMT#12	
										PMT#13	
										Make List!! Clear List!!	//.

python Tk基盤

compileされた命令語をpythonで組み込んだ簡単なGUI 解析プログラムがまだ組み込まれていない。

python Tkはほぼ1日程度で基本は習得できる簡単な言語。