

# 進捗報告

## 2014/08/25-29

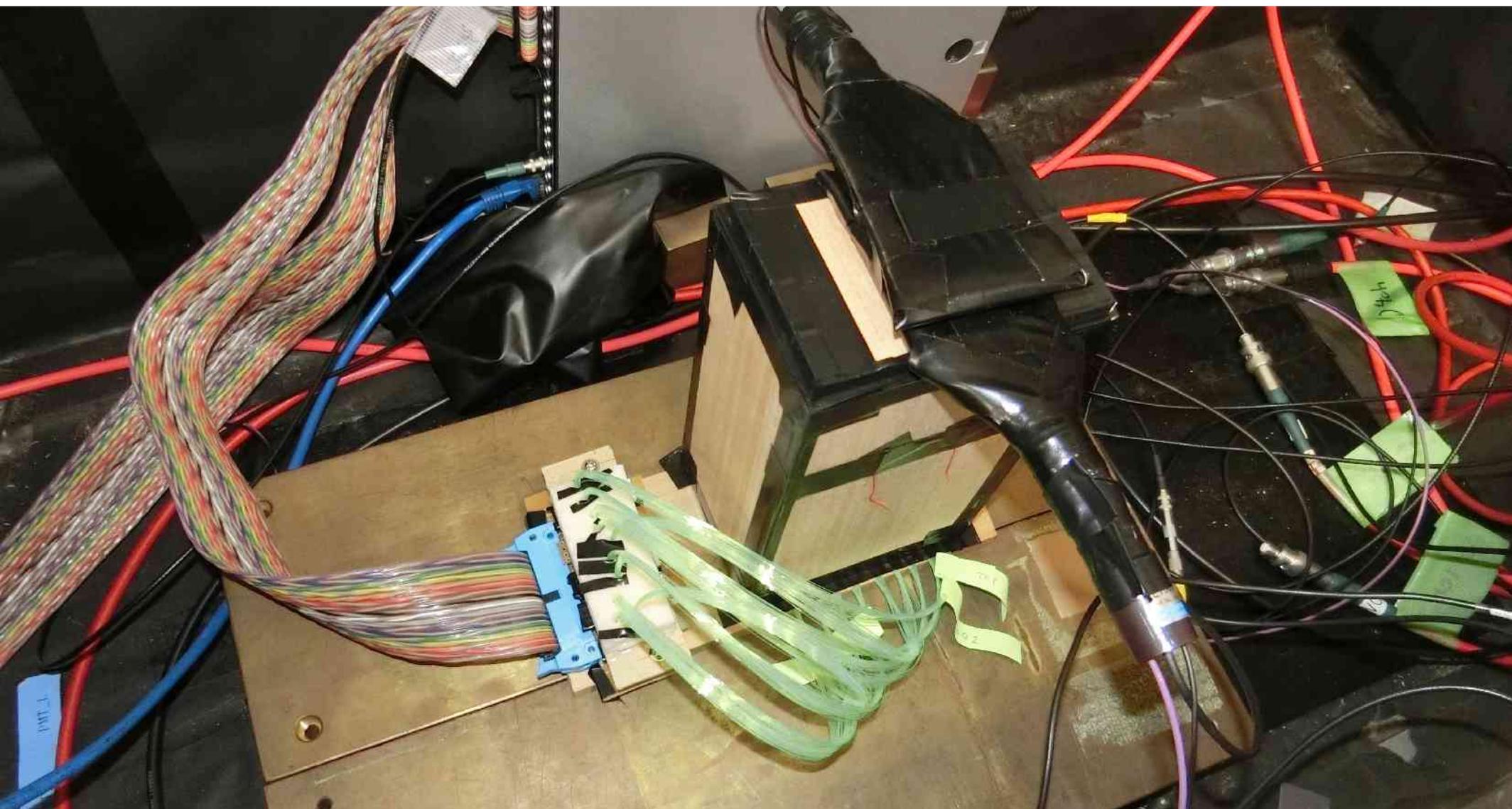
### 新着情報

- 千葉大大学院博士後期課程入試試験本番 (8/26)
- NIRS見学(8/27)
- 駿河精機:X軸自動ステージ見積願メール(8/29)
- Discriminator見積りREPIC → 河合さんと打ち合わせ、テクノラ  
ンドDisc.に決定。(8/29)
- MPPC 3x3 mm<sup>2</sup> 入荷(8/29)

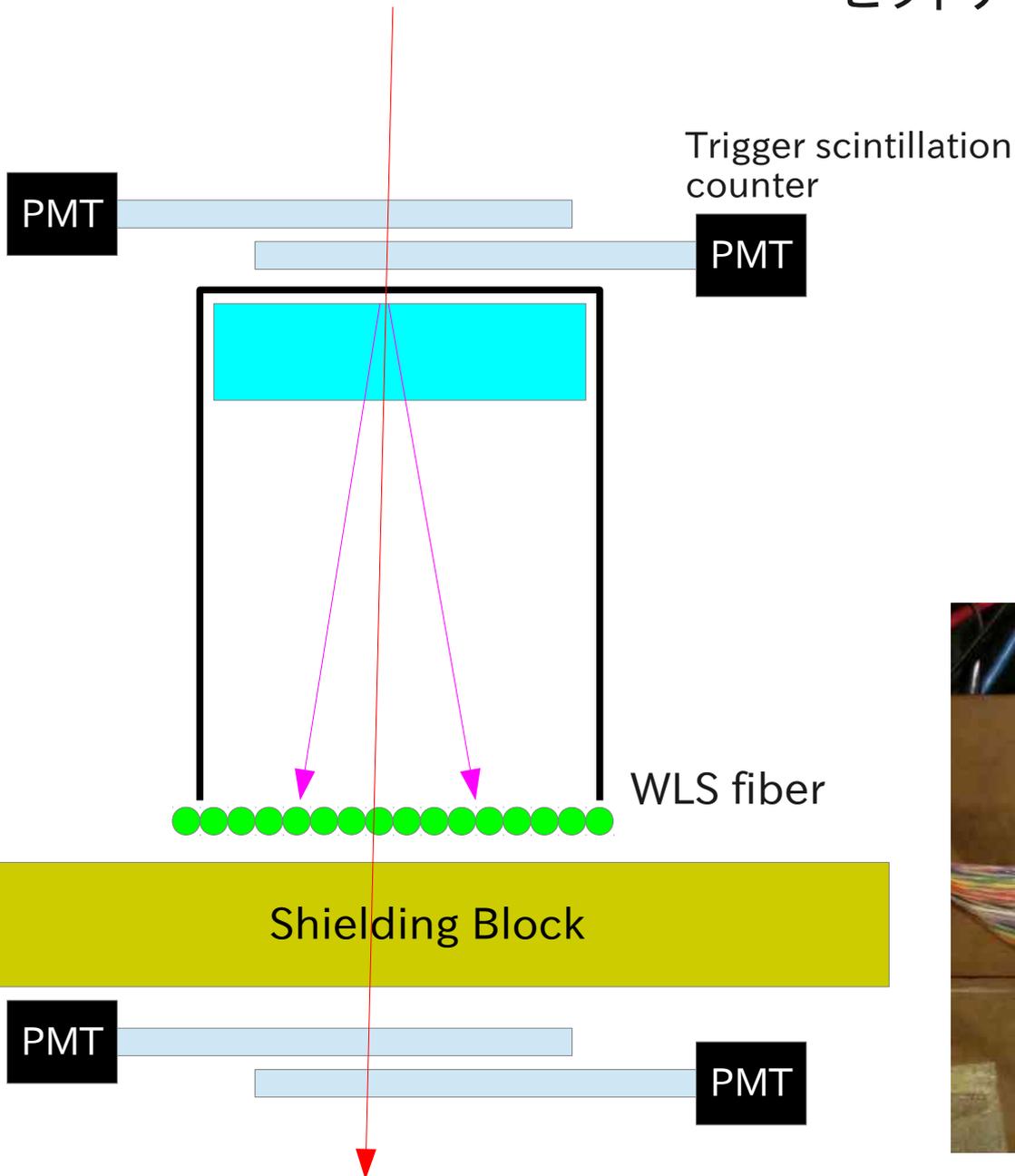
### 今週の仕事

- 宇宙線を用いたWLSF+MPPC読出型ACの性能評価測定
  - 解析結果その1

# 宇宙線を用いたWLSF+MPPC読出型ACの性能評価測定 セットアップ



# 宇宙線を用いたWLSF+MPPC読出型ACの性能評価測定 セットアップ

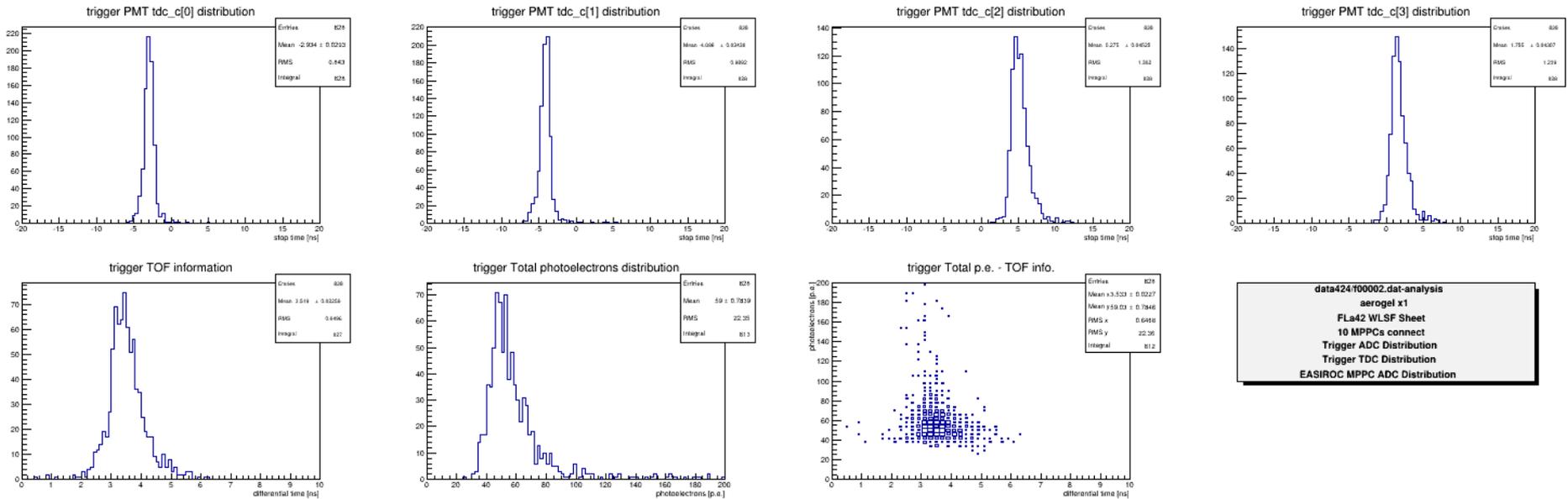


- トリガー立体角:  $(5 \times 5) \times 30 \text{ cm}^3$   
→  $5^2 / (4\pi * 15^2) = 8.84 \times 10^{-3}$
- MPPC x10 @  $65.44 \pm 0.01 \text{ V}$
- PMT x4 @  $1200 \pm 1 \text{ V}$
  
- Aerogel x1:  $n=1.045$ ,  $TL = 38.0 \text{ mm}$
- WLS fiber: FLa42
- Y-11, a layer, 1cm pitch linear sheet,  $6 \times 10 \text{ cm}^2$ , 10 connections



# 宇宙線を用いたWLSF+MPPC読出型ACの性能評価測定 解析経過

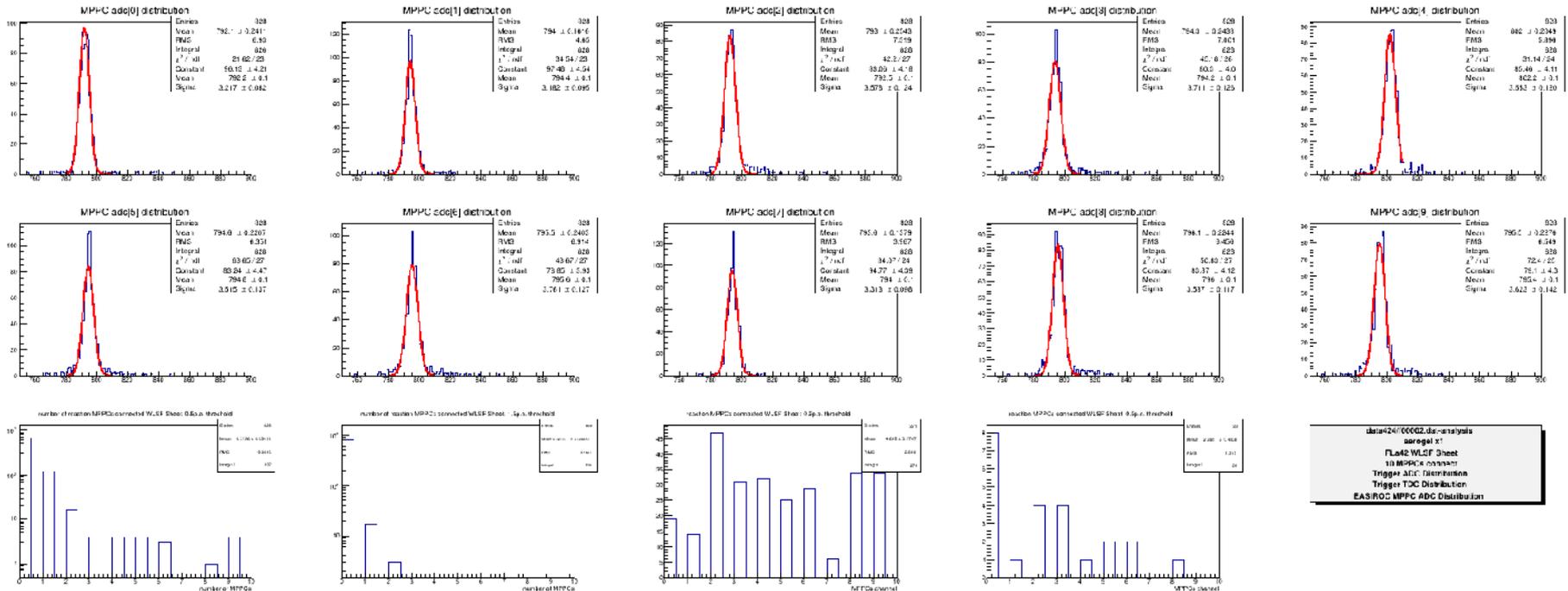
## トリガーPMT タイミング確認



- 各TDC情報 ...  $t_i - (\sum t_i) / n, @ n=4, i=0,1,2,3$
- TOF ...  $\Delta t = ((t_3 + t_2) - (t_0 + t_1)) / 4$
- ADC → p.e. :  $p.e. = \sum p.e._i$
- p.e. vs TOF 2次元plot

# 宇宙線を用いたWLSF+MPPC読出型ACの性能評価測定 解析経過

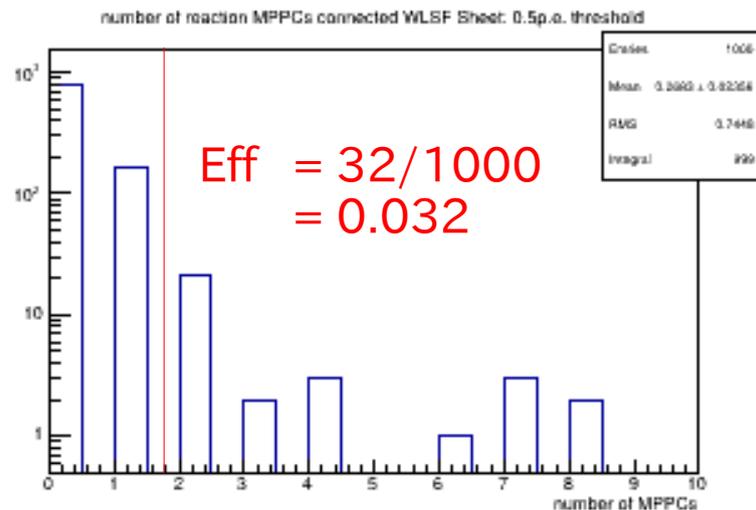
## 10 MPPCs ADC distribution & detection number with 0.5 p.e. and 1.5 p.e. threshold



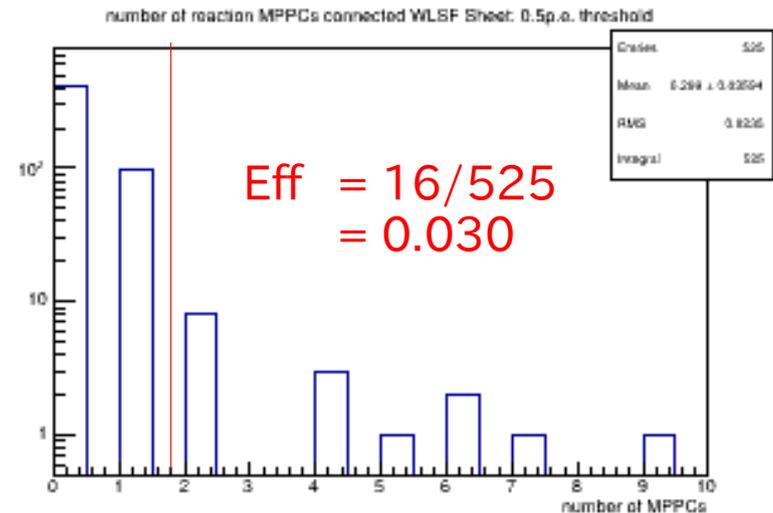
- Aerogel(n=1.05,TL=38mm) ∙ 1cm
- WLSF: Y-11, a layer, 1cm pitch width 10cm linear sheet, 10x6cm<sup>2</sup>
- MPPCs: Gain  $\sim 4 \times 10^7$  @  $65.35 \pm 0.01$ v

# 宇宙線を用いたWLSF+MPPC読出型ACの性能評価測定 測定結果1

## Aerogel x0



## Aerogel x4



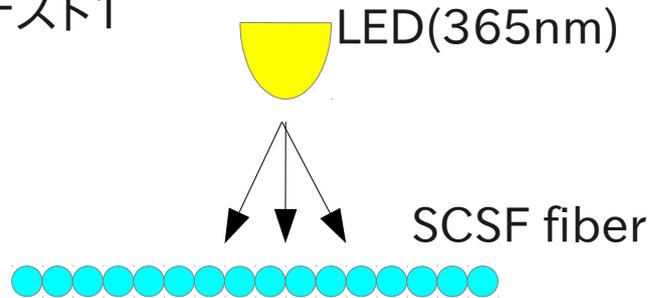
- FLA42: Y-11 sheet 1 layer, 10 connection
- Aerogel(n=1.05) 0 or 4 cm
- MPPC 0.5 p.e. threshold
- MPPC number 2 threshold

## まとめ1

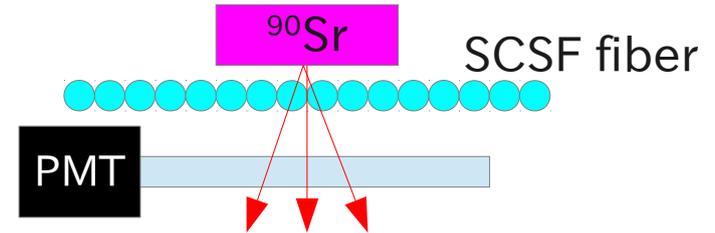
- 収集光量がない? → Y-11が1層片読みだから?
- タイミングがあっていないのでは?
- シンチファイバーで試みるべき?
- LEDで確認?シンチ光で確認?

# WLSF+MPPC読出型ACの性能評価のための LEDテスト& $\beta$ 線源テスト: タイミング調節

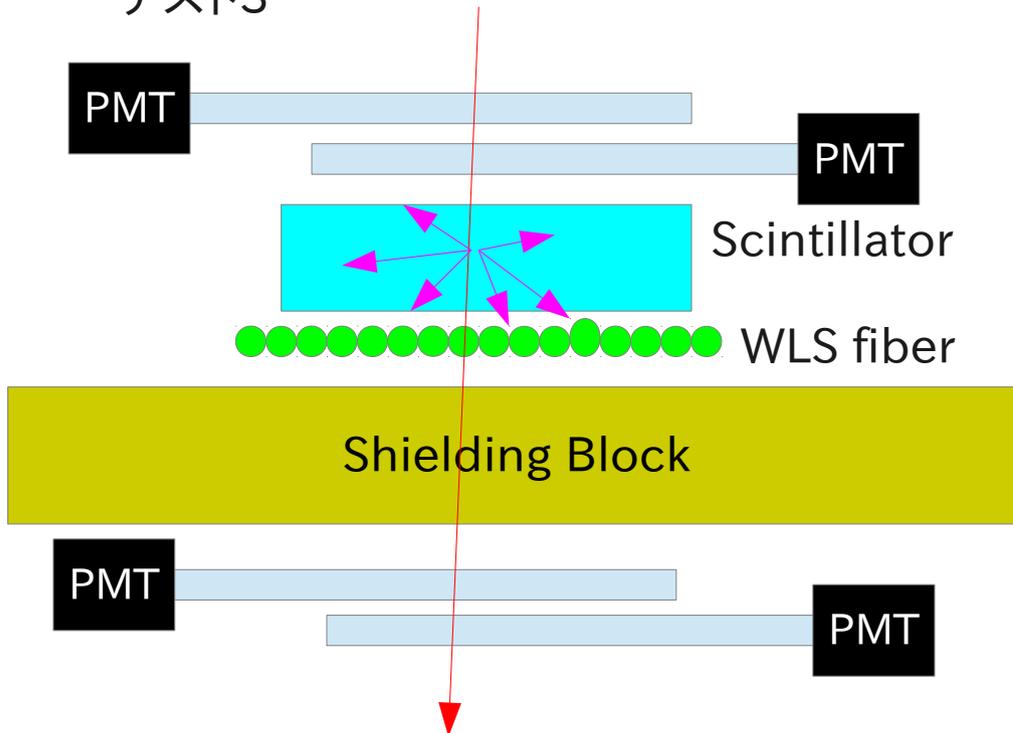
テスト1



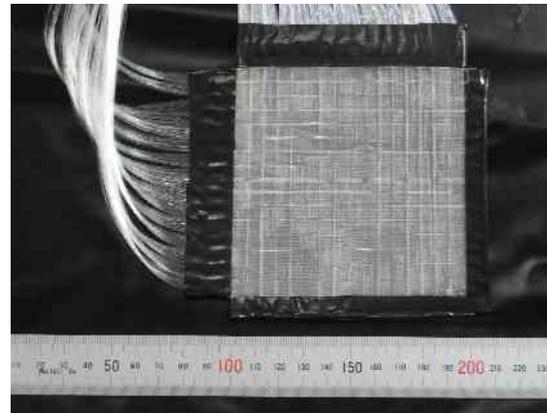
テスト2



テスト3



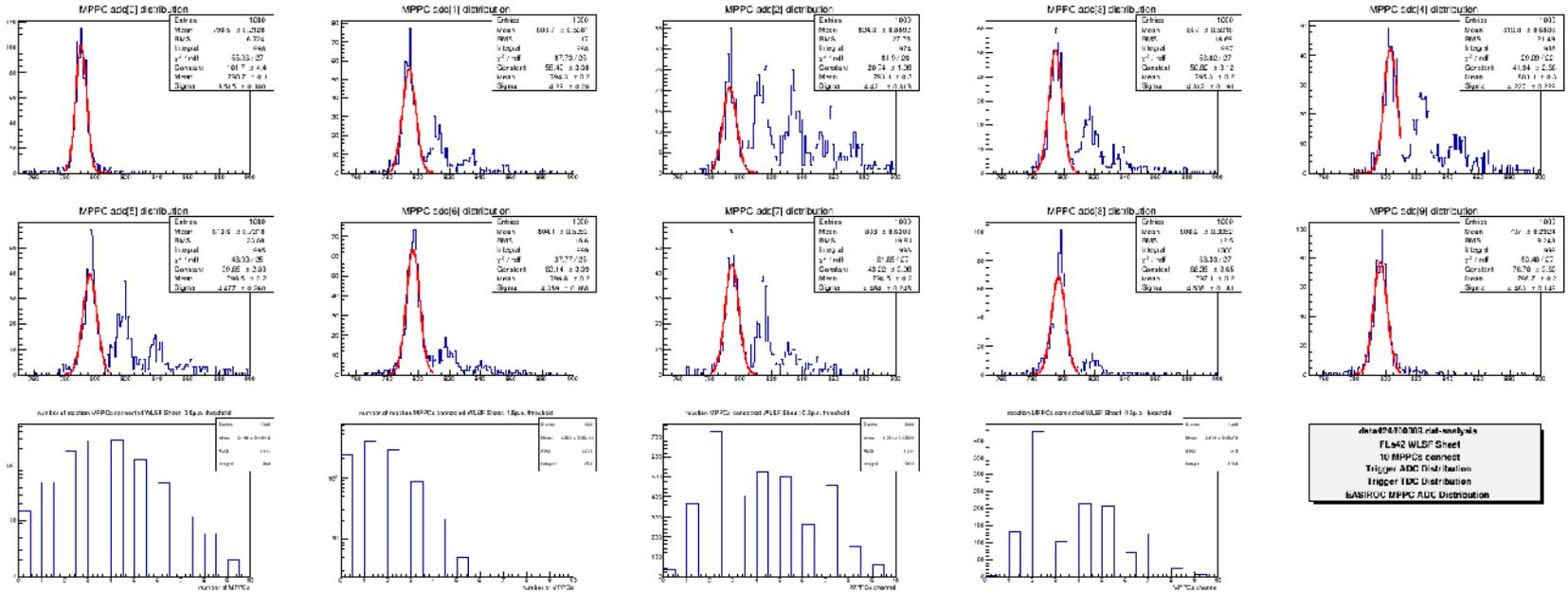
SCSF fiber Sheet; FLA43



- SCSF 2 layers with mesh
- 6.4mm pitch 16 x16 mesh, 10x10 cm<sup>2</sup>
- max 32 ch connection

# WLSF+MPPC読出型ACの性能評価のための LEDテスト& $\beta$ 線源テスト: タイミング調節 解析経過

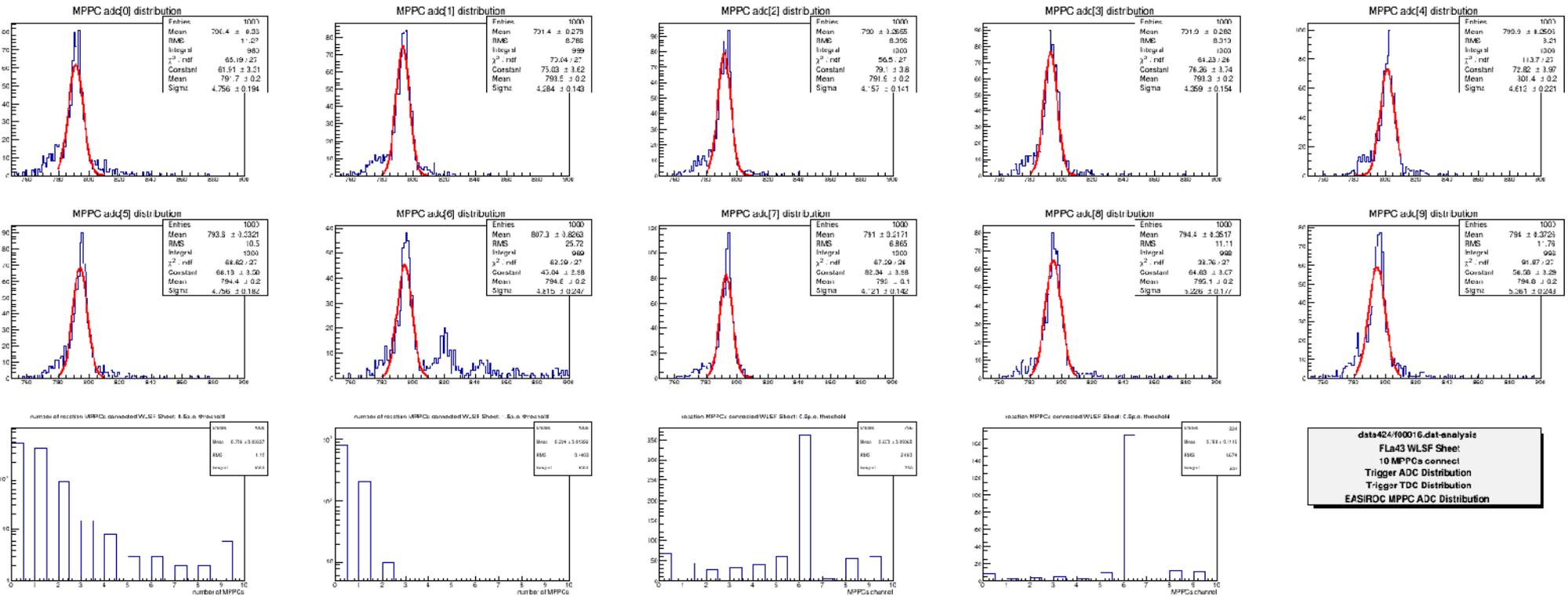
## テスト1: LED(365nm), 10 MPPCs ADC Distribution



- LEDに関しては、当たり前だけど、ファイバーでの読みだしを確認した。
- ペDESTALのノイズ染み出しは5-6%だった。

# WLSF+MPPC読出型ACの性能評価のための LEDテスト& $\beta$ 線源テスト: タイミング調節 解析経過

## テスト2: $^{90}\text{Sr}$ beta-ray test

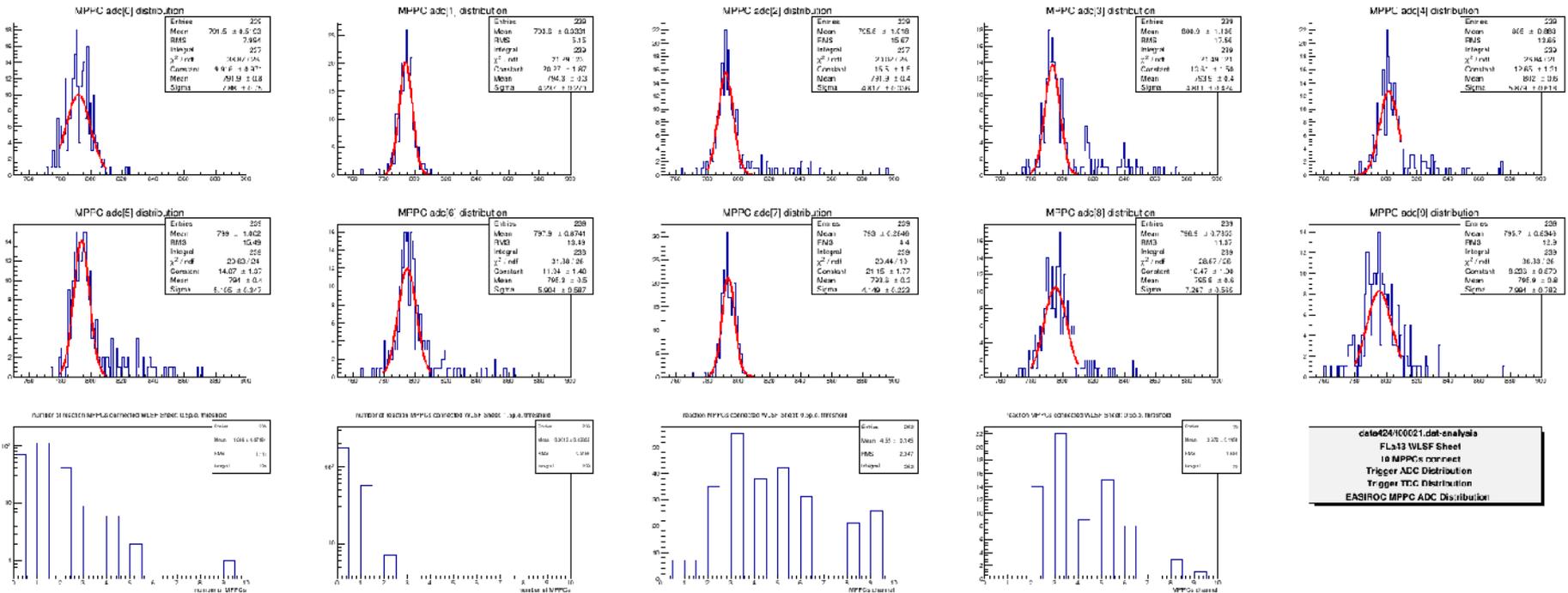


dsts424/100016.dat-analysis  
FL43 WLSF Sheet  
10 MPPCs connect  
Trigger ADC Distribution  
Trigger TDC Distribution  
EASIROC MPPC ADC Distribution

- 0.5 p.e. & a MPPC threshold ... 514/1000, eff.= 51.4%
- シンチファイバー1層の効率: コア/クラッド=0.88, 0.2mm  $\phi$  ファイバー
-

# WLSF+MPPC読出型ACの性能評価のための LEDテスト& $\beta$ 線源テスト: タイミング調節 解析経過

## テスト3: WLSF + Scintillator, cosmic ray test



- 0.5 p.e. & a MPPC threshold ... 169/1000, eff.= 16.9%
- 全然光っていない

# WLSF+MPPC読出型ACの性能評価のための LEDテスト& $\beta$ 線源テスト:タイミング調節 測定結果2

- LEDテストではタイミングは合っていた。
- 線源テスト、WLSF+Scintillator宇宙線テストそれぞれ光量が少ない。

原因は何？

- シンチであんまし光っていないのだから、当然チェレンコフも光らない。
- なぜ、光らない？ → タイミングは良さそう
- MPPCとfiberの接続が弱いのでは？
- Y-11, a layer sheet → BBYY 4layers sheet?

打開策

- MPPC → PMTでホントに光量が来ているか、まず確認すべき。

来週のスケジュール  
2014.8/30 - 9/5

- TIPP '14 Proceeding の直し提出(~9/9)
- 第2実験場の整備:研究室の片付け(9/1)
- WLSF Sheet製作
  - FLa44: BBYY, 6.4 mm pitch 10 linear, 64x100mm<sup>2</sup>
- MPPC 読出回路+ファイバー接続器の製作
- Exp36: cosmic ray test;
  - PMTでまず確認 → 解析
  - MPPC + Fiber Connect を強化
  - MPPC PDEの評価測定@PMT相対比
- 日本物理学会スライド作成
- E36実験AC2開発のためのスライド作成

Backup

# MPPC (multi-pixel photon counter)

S12572-025, -050, -100C/P

## Structure

Parameter	Symbol	S12572						Unit
		-025C	-050C	-100C	-025P	-050P	-100P	
Effective photosensitive area	-	3 × 3			3 × 3			mm
Pixel pitch	-	25	50	100	25	50	100	μm
Number of pixels	-	14400	3600	900	14400	3600	900	-
Geometrical fill factor	-	65	62	78	65	62	78	%
Package	-	Ceramic			Surface mount type			-
Window	-	Epoxy resin			Epoxy resin			-
Window refractive index	-	1.59			1.55			-

## Absolute maximum ratings

Parameter	Symbol	S12572						Unit
		-025C	-050C	-100C	-025P	-050P	-100P	
Operating temperature <sup>*1</sup>	Topr	-20 to +40			0 to +40			°C
Storage temperature <sup>*2</sup>	Tstg	-20 to +60			-20 to +60			°C
Reflow soldering conditions <sup>*2</sup>	Tsol	-			Peak temperature: 240 °C, twice (see P.6)			-
Soldering conditions	-	350 °C max., once, 3 s max. <sup>*3</sup>						-

\*1: No condensation

\*2: JEDEC level 5a

\*3: At least 1 mm away from lead root

Note: Exceeding the absolute maximum ratings even momentarily may cause a drop in product quality. Always be sure to use the product within the absolute maximum ratings.

## Electrical and optical characteristics (Typ. Ta=25 °C, unless otherwise noted)

Parameter	Symbol	S12572						Unit
		-025C	-050C	-100C	-025P	-050P	-100P	
Spectral response range	λ	320 to 900			320 to 900			nm
Peak sensitivity wavelength	λp	450			450			nm
Photon detection efficiency (λ=λp) <sup>*4</sup>	PDE	35			35			%
Dark count <sup>*5</sup>	Typ.	1000			1000			kcps
	Max.	2000			2000			
Time resolution (FWHM) <sup>*6</sup>	-	250	250	300	250	250	300	ps
Terminal capacitance	Ct	320						pF
Gain	M	5.15 × 10 <sup>5</sup>	1.25 × 10 <sup>6</sup>	2.8 × 10 <sup>6</sup>	5.15 × 10 <sup>5</sup>	1.25 × 10 <sup>6</sup>	2.8 × 10 <sup>6</sup>	-
Gain temperature coefficient	ΔTM	8.2 × 10 <sup>3</sup>	2.7 × 10 <sup>4</sup>	1.2 × 10 <sup>5</sup>	8.2 × 10 <sup>3</sup>	2.7 × 10 <sup>4</sup>	1.2 × 10 <sup>5</sup>	/°C
Breakdown voltage	VBR	65 ± 10			65 ± 10			V
Recommended operating voltage	Vop	VBR + 3.5	VBR + 2.6	VBR + 1.4	VBR + 3.5	VBR + 2.6	VBR + 1.4	V
Temperature coefficient of recommended operating voltage	ΔTVop	60			60			mV/°C

\*4: Photon detection efficiency does not include crosstalk or afterpulses.

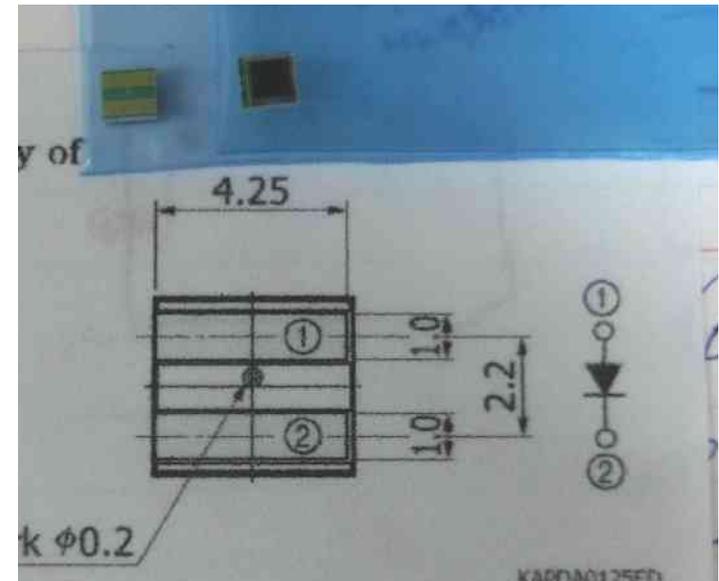
\*5: Threshold=0.5 p.e.

\*6: Single photon level

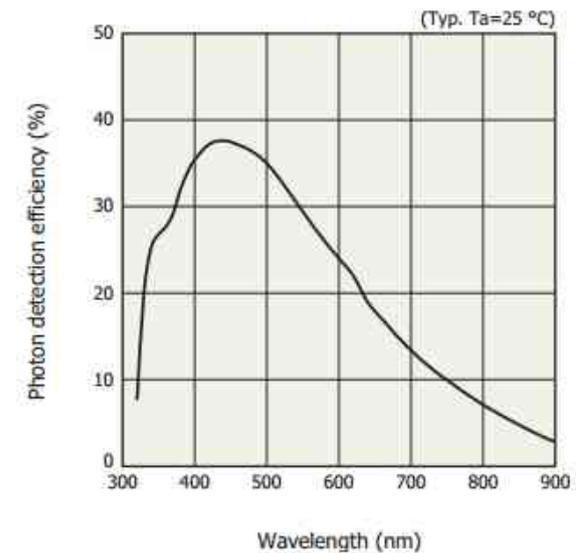
Note: The above characteristics were measured at the operating voltage that yields the gain listed in this catalog.

(Refer to the data attached to each product.)

The last letter of each type number indicates the package type (C: ceramic, P: surface mount type).



S12572-100C/P (Vop=VBR + 1.4 V)

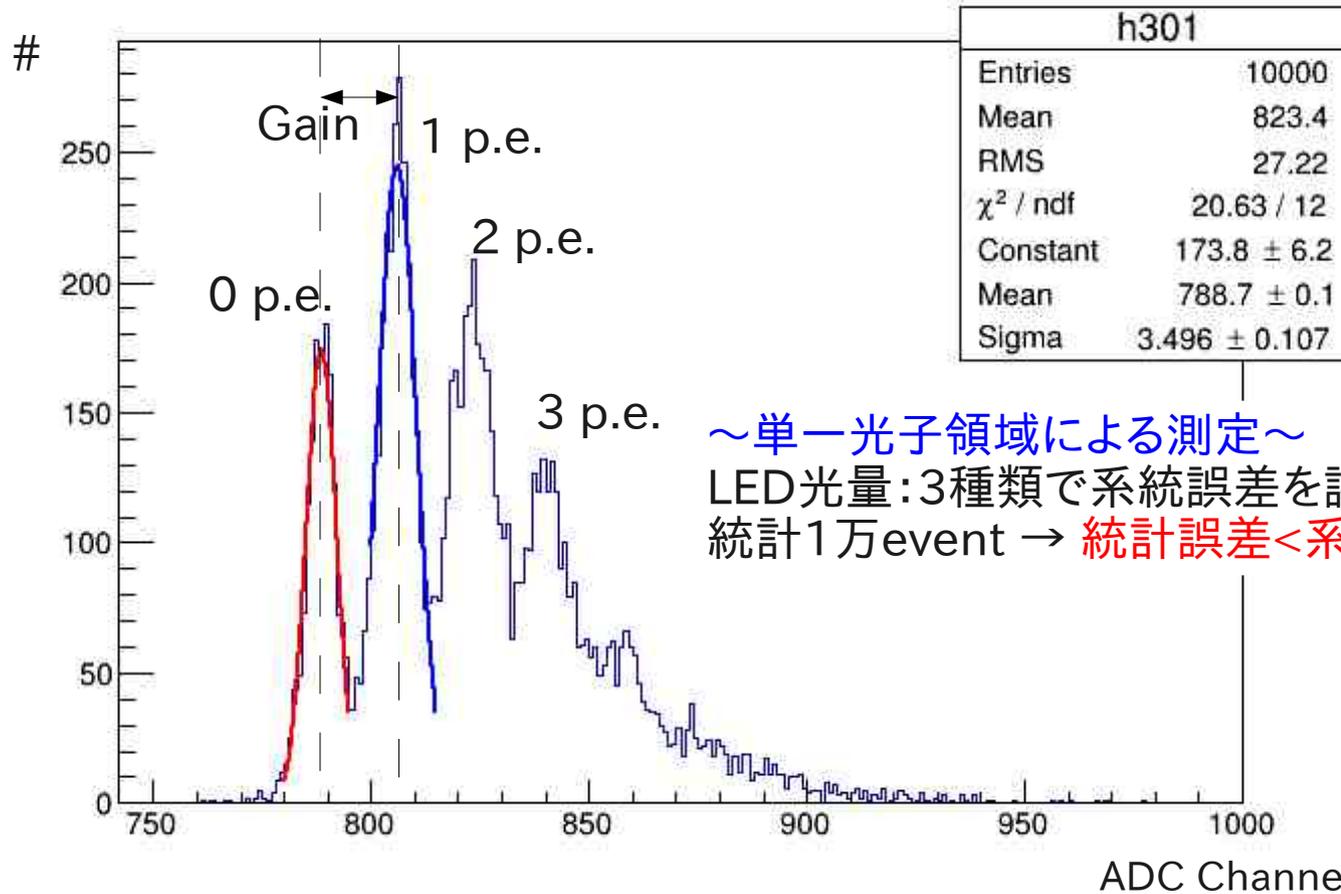


Photon detection efficiency does not include crosstalk or afterpulses.

# MPPC ADC Distribution

LED光量 1.88 p.e.相当  
MPPC印加電圧65.32V

h301



～単一光子領域による測定～  
LED光量:3種類で系統誤差を評価  
統計1万event → 統計誤差<系統誤差

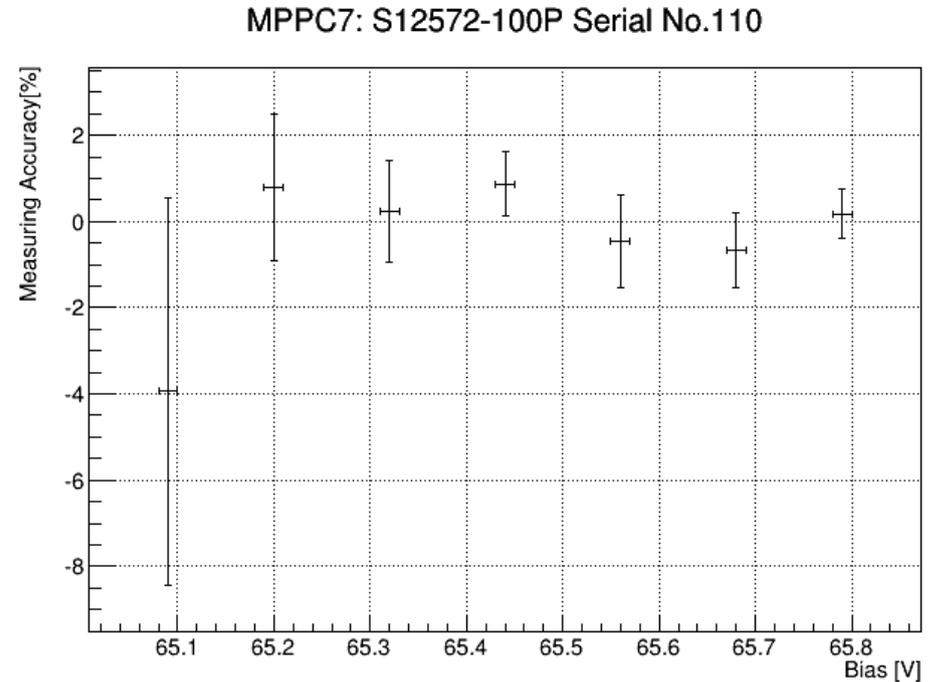
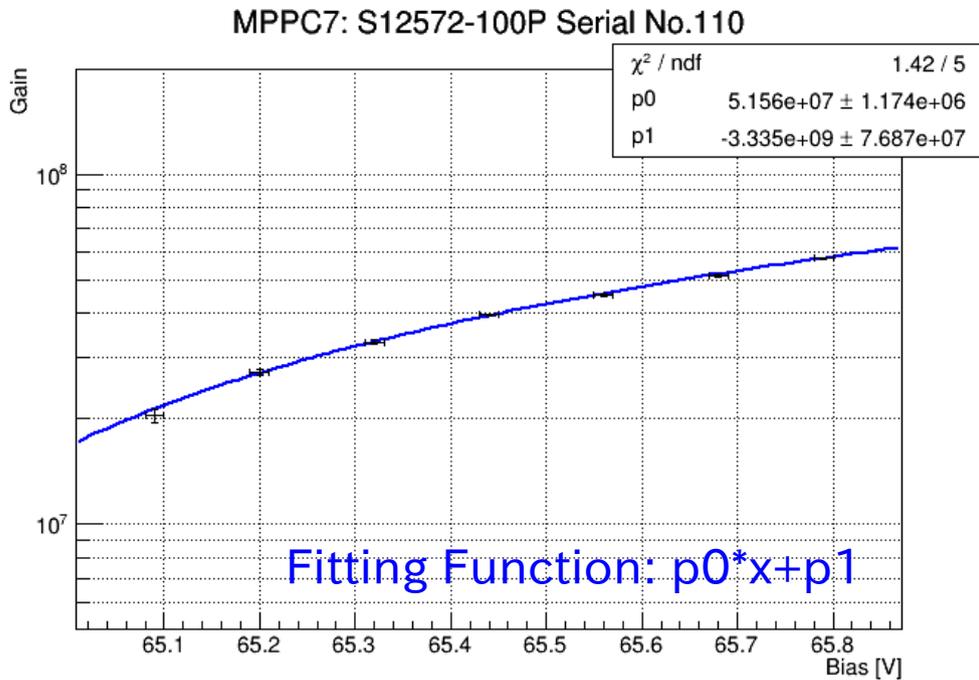
～増幅率(gain):  $\mu$  (V)の求め方～

$$\mu \text{ (V)} = \frac{(M - M_p) \times 0.25 \text{ [pC]}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ [C]}}$$

M: Mean of 1 p.e. peak  
 $M_p$ : Mean of 0 p.e. peak

注意:これはCAMAC ADCにおける増幅率計算方法で、EASIROCの場合ではただの無次元量ではない。

# HV-Gain曲線



HV	Gain	error_stat	error_sys
65.09	2.04E+07	1.31E+05	9.54E+05
65.20	2.71E+07	1.28E+05	4.58E+05
65.32	3.32E+07	1.21E+05	3.87E+05
65.44	3.96E+07	1.27E+05	2.92E+05
65.56	4.53E+07	1.37E+05	4.90E+05
65.68	5.13E+07	1.48E+05	4.46E+05
65.79	5.74E+07	1.69E+05	3.24E+05

測定精度: 10%未満

誤差は3回の系統誤差が支配的  
 系統誤差0 p.e. と1 p.e. の揺らぎ和

$$\text{error\_sys} = \sigma_{0\text{p.e.}} + \sigma_{1\text{p.e.}}$$

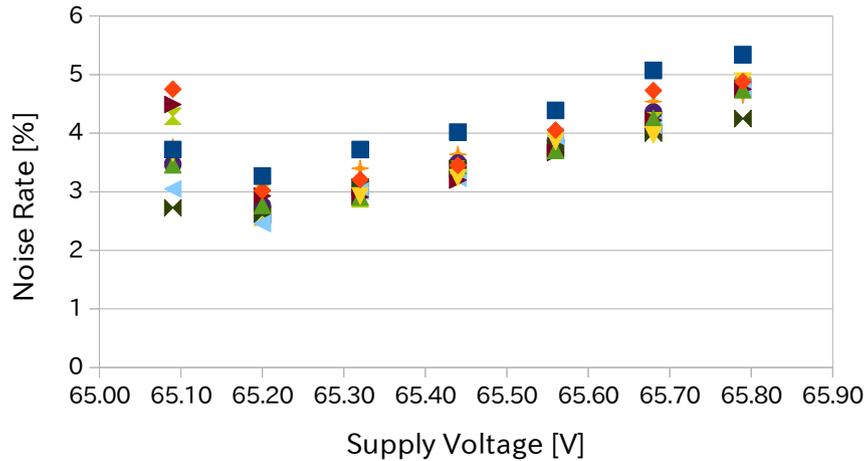
統計誤差:

$$\text{error\_stat} = \sigma / \sqrt{\text{sart}(\text{event})}$$

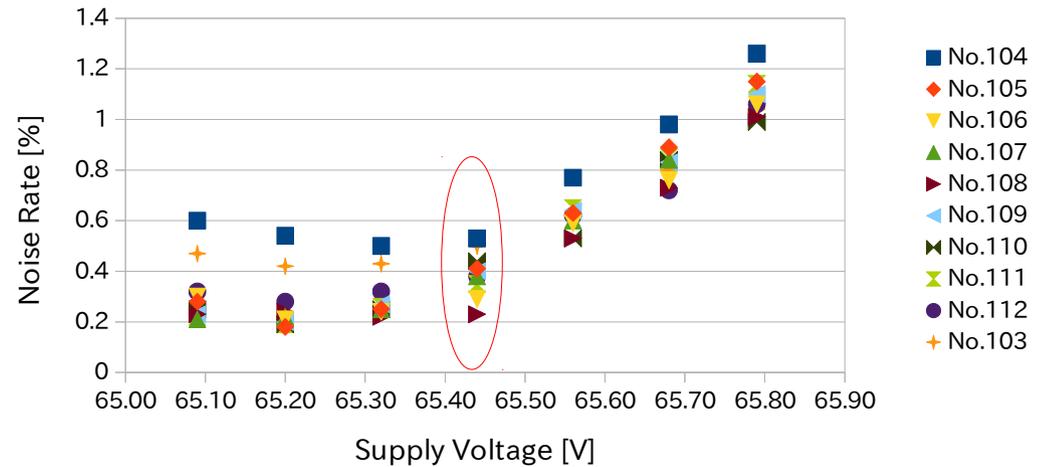
EASIROCモジュール内のamprifierを考慮するとカタログデータと矛盾しない。

# Noise Ratio

MPPC Noise Rate 0.5 p.e threshold



MPPC Noise Rate 1.5 p.e. threshold



- 1 kHz パルスによるトリガーとのアクシデンタルコインシデンスでNoise Ratioを評価。
- 低電圧では0 p.e.の染み出しが効いてくる。
- 高電圧では印加電圧とノイズが直線性
- 1.5 p.e.でみて65.44Vの時が適正と判断



ピークホールド型ADCはトリガーのwidthに依存しない。

# まとめ

## MPPCx10 Calibration

- HV-Gain曲線、Noise Ratioを評価
- Noise Rate 0.6%未満のためには印加電圧65.44V、1.5 p.e. thresholdが適正
- その時の増幅率： $\sim 4 \times 10^7$  (\*)
- HV-Gain曲線測定精度：10-20%，高Gain時10%未満
- Gain評価の計算方法の改善

### (\*) コメント

EASIROCにアンプが入っているから、測定値がカタログと比べて1桁高いのが説明できる。

Noise Rate[Hz]とNoise Ratio [%]の違い。ADCの型の違い。ピークホールド型、積分型

### ～MPPCの他のパラメータ測定について～

- PDEのHV依存 … 量子効率の測定が波長依存で困難
- 時間分解能 … EASIROCモジュールのTDCが確立していない
- GainとNoiseの温度依存性 … 温度制御計が研究室にない

## MPPC HV-Gain曲線とNoise Ratioのリスト

## HV-Gain曲線

Gain(x10<sup>7</sup>)

HV(V)	No.104	No.105	No.106	No.107	No.108	No.109	No.110	No.111	No.112	No.103
65.09	2.23±0.02	1.77±0.04	1.85±0.04	2.15±0.04	1.79±0.01	2.06±0.07	2.04±0.10	2.04±0.02	1.91±0.04	2.17±0.01
65.20	2.85±0.03	2.53±0.01	2.57±0.04	2.79±0.03	2.40±0.01	2.70±0.03	2.71±0.05	2.75±0.12	2.68±0.07	2.88±0.08
65.32	3.51±0.01	3.18±0.05	3.22±0.03	3.35±0.05	3.05±0.01	3.29±0.02	3.32±0.04	3.41±0.15	3.27±0.02	3.48±0.02
65.44	4.15±0.17	3.83±0.13	3.85±0.01	3.94±0.03	3.69±0.04	3.94±0.03	3.96±0.03	3.94±0.15	3.92±0.05	4.19±0.17
65.56	4.60±0.09	4.33±0.08	4.45±0.12	4.56±0.02	4.28±0.07	4.51±0.13	4.53±0.05	4.56±0.03	4.45±0.07	4.77±0.07
65.68	5.06±0.11	5.06±0.18	5.02±0.08	5.14±0.08	4.99±0.08	5.12±0.04	5.13±0.04	5.18±0.09	5.10±0.04	5.21±0.12
65.79	5.77±0.19	5.50±0.10	5.56±0.07	5.72±0.15	5.45±0.06	5.76±0.08	5.74±0.03	5.84±0.37	5.66±0.03	5.85±0.13

## Noise Ratio

Noise Rate(%)

HV(V)	No.104		No.105		No.106		No.107		No.108	
	0.5 p.e. th.	1.5 p.e. th.								
65.09	3.72±0.05	0.60±0.04	4.75±0.18	0.28±0.06	3.66±0.16	0.30±0.03	3.46±0.06	0.21±0.07	4.49±0.20	0.23±0.03
65.20	3.27±0.37	0.54±0.13	3.02±0.03	0.18±0.02	3.05±0.19	0.21±0.03	2.77±0.11	0.22±0.03	2.93±0.10	0.24±0.07
65.32	3.72±0.20	0.50±0.04	3.21±0.15	0.25±0.07	2.93±0.13	0.24±0.05	2.91±0.27	0.25±0.03	2.91±0.12	0.22±0.02
65.44	4.02±0.41	0.53±0.05	3.45±0.12	0.41±0.04	3.24±0.20	0.29±0.02	3.45±0.22	0.38±0.03	3.20±0.20	0.23±0.06
65.56	4.39±0.20	0.77±0.02	4.05±0.33	0.63±0.12	3.86±0.19	0.59±0.03	3.71±0.08	0.60±0.04	3.67±0.21	0.53±0.10
65.68	5.07±0.15	0.98±0.11	4.73±0.16	0.89±0.09	3.97±0.25	0.76±0.10	4.25±0.06	0.84±0.11	4.22±0.24	0.73±0.05
65.79	5.34±0.04	1.26±0.09	4.88±0.19	1.15±0.15	4.89±0.14	1.06±0.01	4.74±0.06	1.26±0.04	4.75±0.33	1.01±0.18

HV(V)	No.109		No.110		No.111		No.112		No.103	
	0.5 p.e. th.	1.5 p.e. th.								
65.09	3.05±0.43	0.23±0.07	2.73±0.14	0.25±0.02	4.29±0.40	0.22±0.04	3.47±0.20	0.32±0.04	3.77±0.09	0.47±0.03
65.20	2.46±0.13	0.20±0.07	2.61±0.11	0.19±0.03	2.57±0.24	0.19±0.02	2.76±0.20	0.28±0.01	3.16±0.18	0.42±0.14
65.32	3.01±0.15	0.27±0.10	3.08±0.15	0.25±0.06	2.88±0.29	0.26±0.10	2.98±0.09	0.32±0.03	3.40±0.07	0.43±0.06
65.44	3.23±0.14	0.40±0.04	3.40±0.25	0.44±0.05	3.38±0.17	0.35±0.05	3.49±0.02	0.38±0.08	3.64±0.12	0.50±0.05
65.56	3.95±0.16	0.64±0.08	3.74±0.08	0.53±0.06	3.85±0.15	0.65±0.09	3.88±0.17	0.62±0.11	4.05±0.20	0.63±0.09
65.68	4.14±0.11	0.83±0.09	4.00±0.19	0.84±0.10	4.21±0.16	0.85±0.03	4.36±0.17	0.72±0.18	4.54±0.29	0.80±0.13
65.79	4.77±0.32	1.10±0.09	4.25±0.26	0.99±0.15	4.80±0.43	1.14±0.06	4.88±0.18	1.06±0.07	4.65±0.30	1.04±0.12

## GSOシンチレータ



## 特徴

GSO: Ce-doped  $Gd_2SiO_5$ 

早い減衰時間

高密度

TOF-PETに応用

GSO Scintillator  
@Hitachi Chemical Co. Ltd.

Crystal Scintillators	GSO	BGO	LSO	YSO	YAP	CWO	NaI(Tl)
Density (g/cm <sup>3</sup> )	6.71	7.13	7.4	4.45	5.55	7.9	3.67
Radiation length (cm)	1.38	1.11	1.14	2.75	2.67	1.06	2.6
Decay constant (ns)	30 - 60	300	40	280	28	5000	230
Light yield (relative)	20	7 - 12	40 - 75	30 - 45	40	30 - 40	100
Peak emission $\lambda_{em}$ (nm)	430	480	420	347	347	480	415
Index of refraction (at)	1.85	2.15	1.82	1.94	1.94	2.25	1.85
Radiation hardness (gray)	106	102-3	105	104	104	103	10
Hygroscopicity	no	no	no	no	no	no	Strong
Melting point (°C)	1950	1050	2050	1980	1850	1300	651