

# 進捗報告

2015.09.07 - 09.11

## タスク

1. 近況
2. 第1実験場 … PET/WLSF
3. E36 CsI waveform fitting

## 進捗:勉強

いま、読んでいる論文

P. Moskal et al. / Nucl. Instr. and Meth. A 775 (2015) 54 - 62, "A novel method for the line-of-response and time-of-flight reconstruction in TOF-PET detectors based on a library of synchronized model signals "

5章まで読んだ

日本医学物理学会ポスター作成

- 80%完成
- 位置分解能測定の結果が途中経過段階
- 今後の展望がとりあえず書いた程度のクオリティ

# 第1実験場

目的: PET/WLSF

スケジュール:

9月 … 実証実験その2:MPPC50コによる高位置分解能測定

目標: 9月医学物理学会発表

10月… 実証実験その2:MPPCでエネルギー測定、20個でちゃんと位置分解能測定



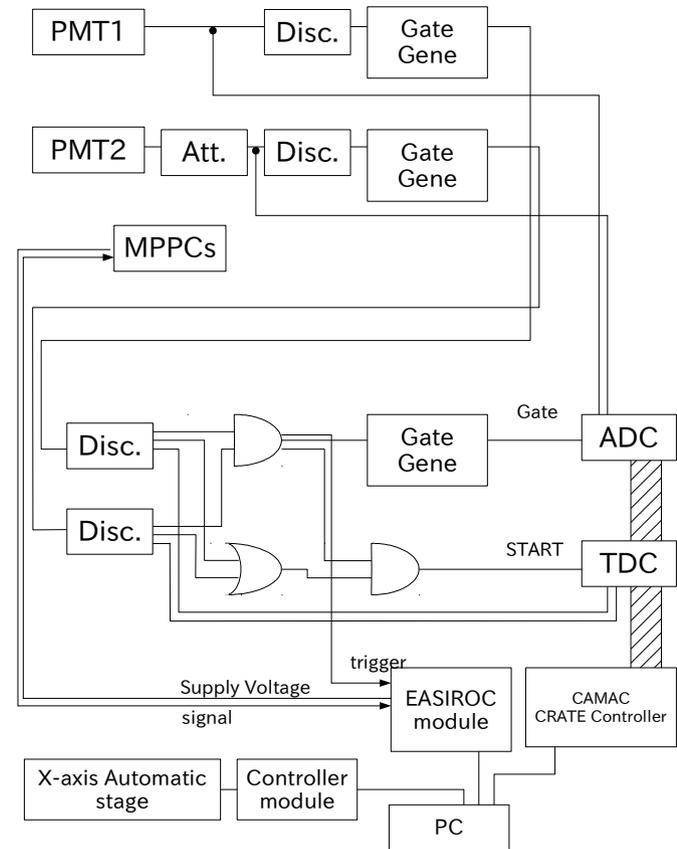
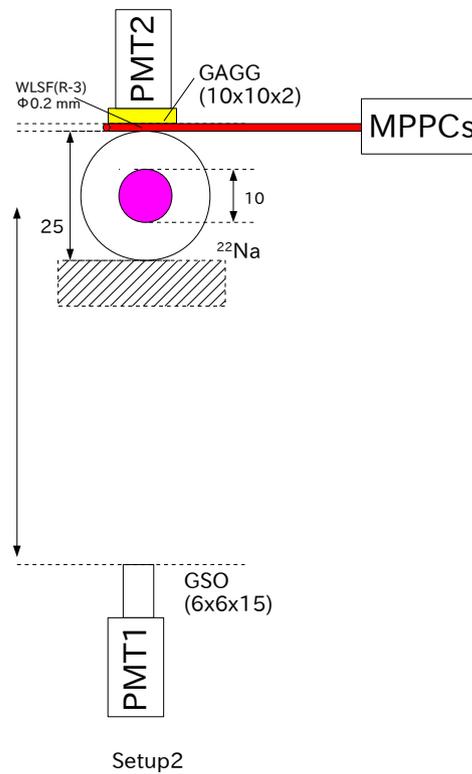
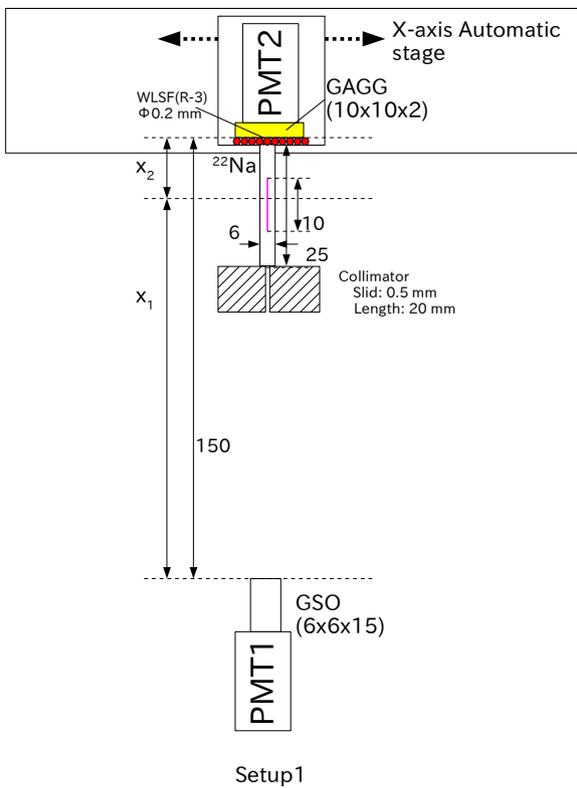
2015.08.28: WLSF1本による、位置依存性測定:結晶厚さ  
依存測定(2.0, 0.5, 1.0 mm完了)  
2015.08.29: MPPC+WLSFコネクタが不十分>>再度作成  
2015.09.01: コネクタ設計  
2015.09.04: コネクタ完成>>setup->LED test DAQ start  
2015.09.07: LED test 解析完了  
2015.09.08: 位置分解能測定  
データ取得と解析を同時並行  
2015.09.11: オープンフォーラム出展用データ(to 河合)  
途中経過報告 resolution FWHM 0.2 mm

次回  
MPPCによる位置分解能測定  
9/15までに結果をだすこと

# 第1実験場

## MPPC+WLSFによる位置依存性測定

setup



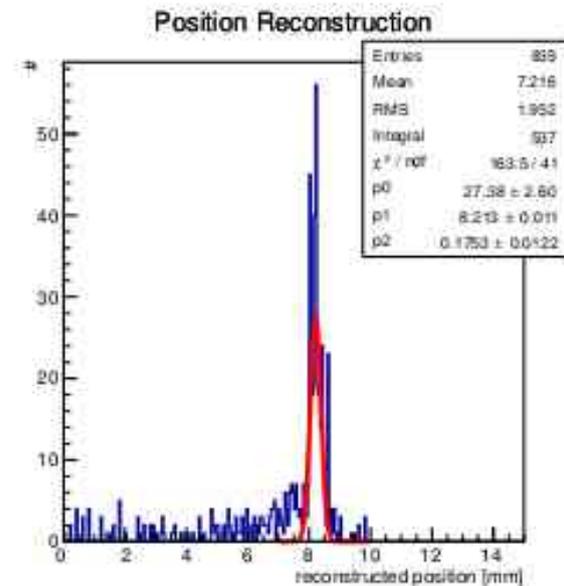
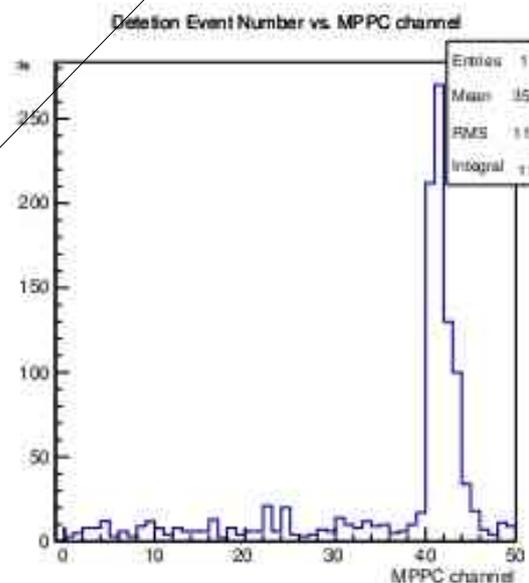
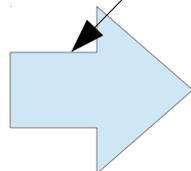
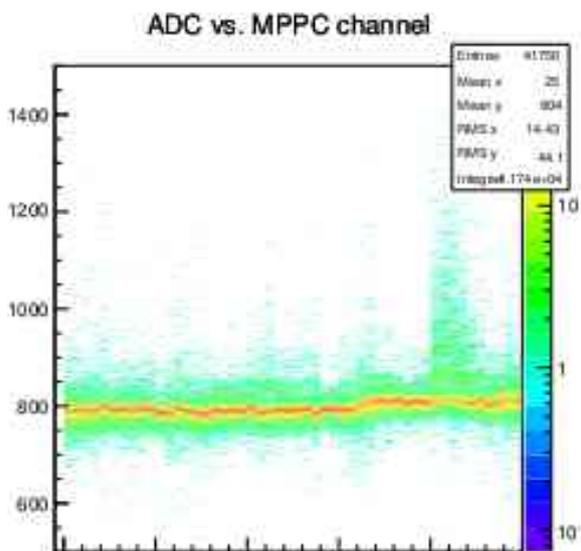
# LEDテスト

## 第1実験場

(1) MPPCチャンネルごとのしきい値を設定し、LEDにおける分布のデグラデーションを抑える。

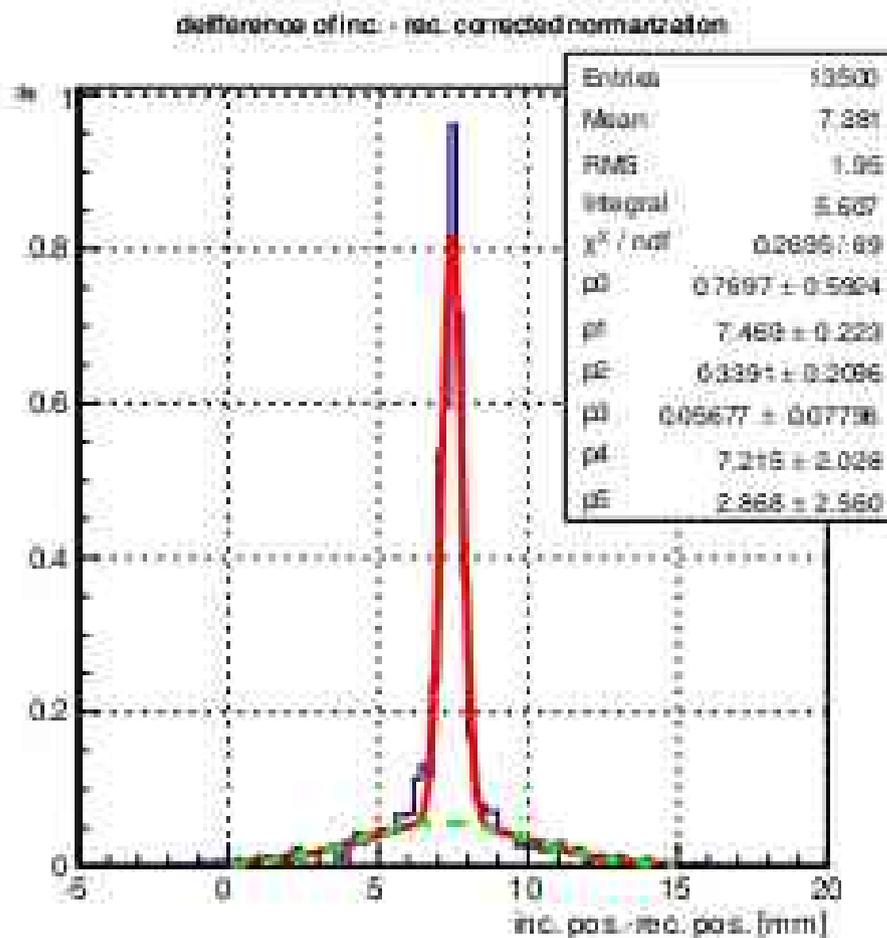
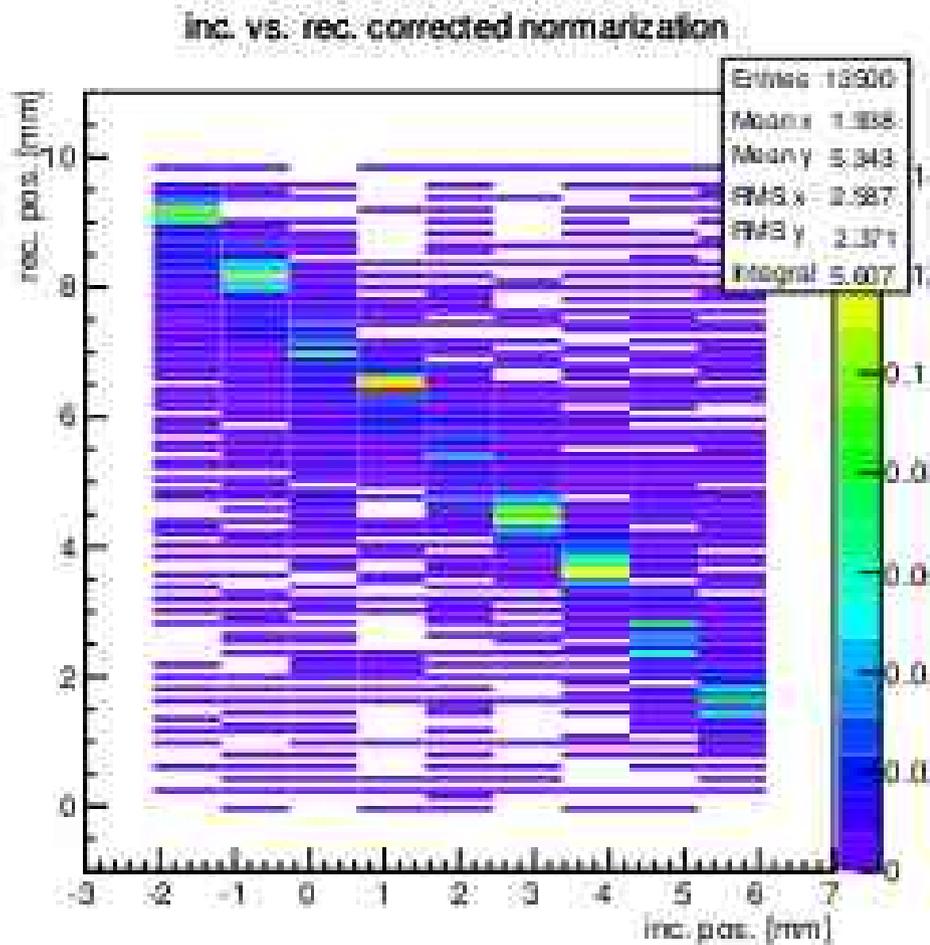
ch: threshold

00ch: 2.5 <sup>th</sup>	15ch: 2.5 <sup>th</sup>	30ch: 1.5 <sup>th</sup>	45ch: 2.5 <sup>th</sup>
01ch: 2.5 <sup>th</sup>	16ch: 1.5 <sup>th</sup>	31ch: 1.5 <sup>th</sup>	46ch: 2.5 <sup>th</sup>
02ch: 2.5 <sup>th</sup>	17ch: 2.5 <sup>th</sup>	32ch: 2.5 <sup>th</sup>	47ch: 2.5 <sup>th</sup>
03ch: 2.5 <sup>th</sup>	18ch: 2.5 <sup>th</sup>	33ch: 2.5 <sup>th</sup>	48ch: 2.5 <sup>th</sup>
04ch: 2.5 <sup>th</sup>	19ch: 2.5 <sup>th</sup>	34ch: 1.5 <sup>th</sup>	49ch: 2.5 <sup>th</sup>
05ch: 2.5 <sup>th</sup>	20ch: 2.5 <sup>th</sup>	35ch: 1.5 <sup>th</sup>	
06ch: 2.5 <sup>th</sup>	21ch: 3.5 <sup>th</sup>	36ch: 1.5 <sup>th</sup>	
07ch: 2.5 <sup>th</sup>	22ch: 2.5 <sup>th</sup>	37ch: 1.5 <sup>th</sup>	
08ch: 1.5 <sup>th</sup>	23ch: 2.5 <sup>th</sup>	38ch: 1.5 <sup>th</sup>	
09ch: 1.5 <sup>th</sup>	24ch: 1.5 <sup>th</sup>	39ch: 1.5 <sup>th</sup>	
10ch: 1.5 <sup>th</sup>	25ch: 2.5 <sup>th</sup>	40ch: 1.5 <sup>th</sup>	
11ch: 2.5 <sup>th</sup>	26ch: 2.5 <sup>th</sup>	41ch: 1.5 <sup>th</sup>	
12ch: 2.5 <sup>th</sup>	27ch: 2.5 <sup>th</sup>	42ch: 2.5 <sup>th</sup>	
13ch: 2.5 <sup>th</sup>	28ch: 1.5 <sup>th</sup>	43ch: 2.5 <sup>th</sup>	
14ch: 2.5 <sup>th</sup>	29ch: 1.5 <sup>th</sup>	44ch: 2.5 <sup>th</sup>	



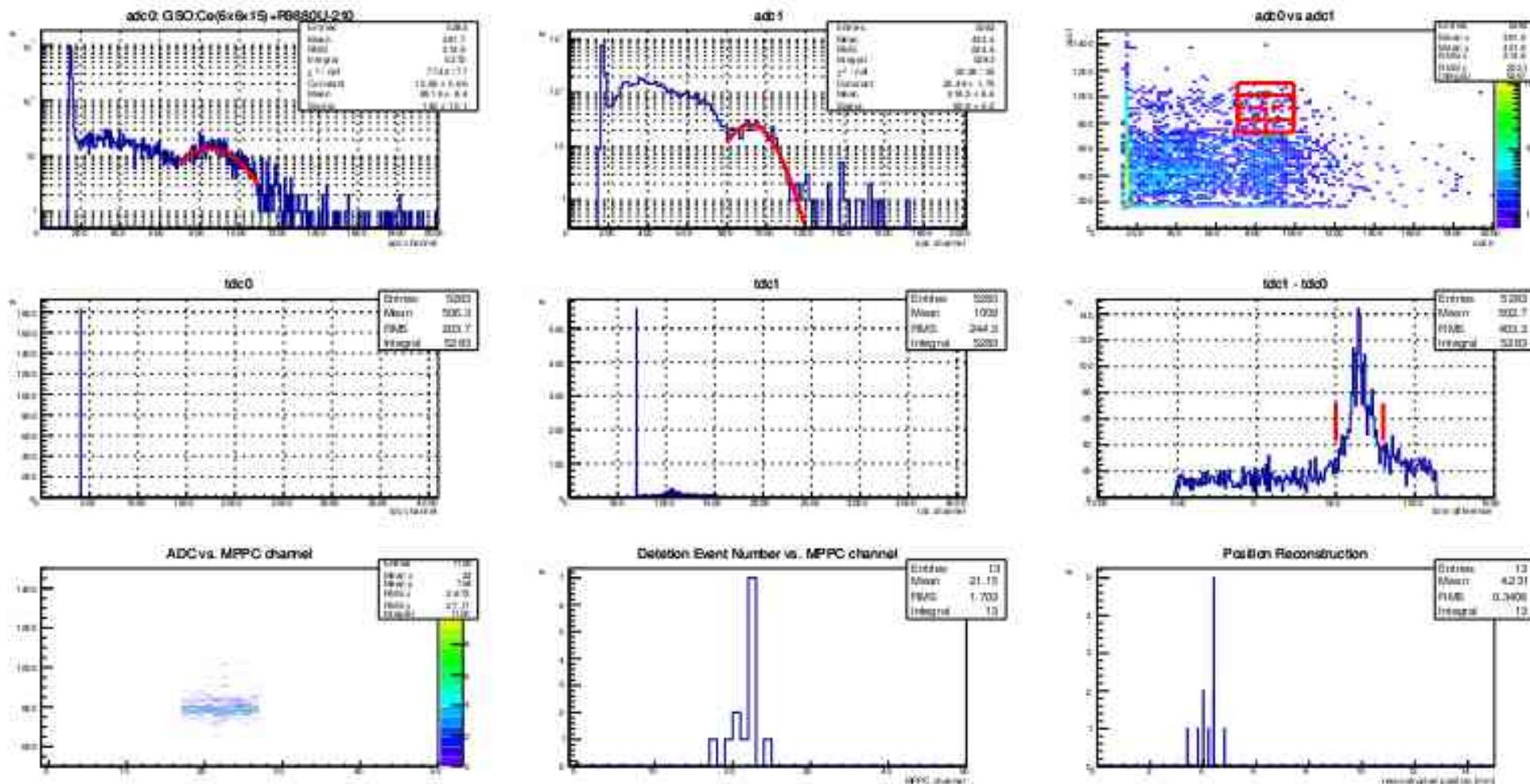
## 第1実験場

(1) MPPCチャンネルごとのしきい値を設定し、LEDにおける分布のデグラデーションを抑える。



GOOD →  $^{22}\text{Na}$  test start

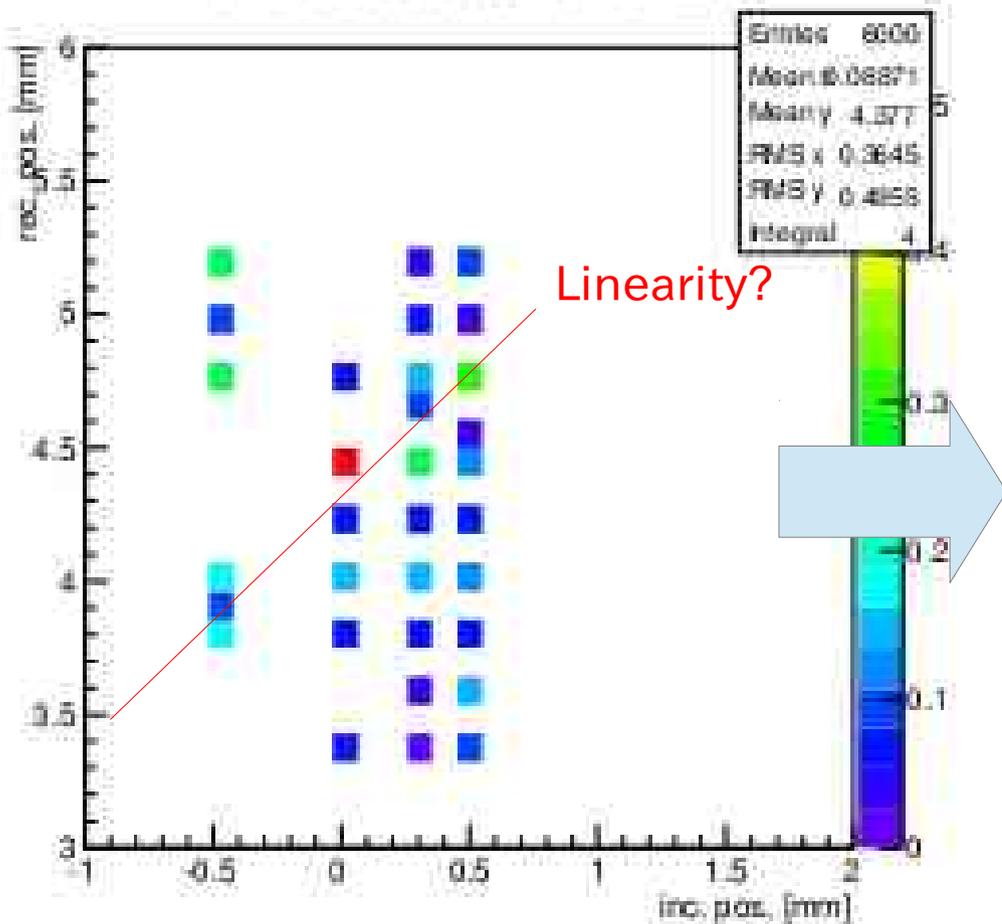
# 第1実験場



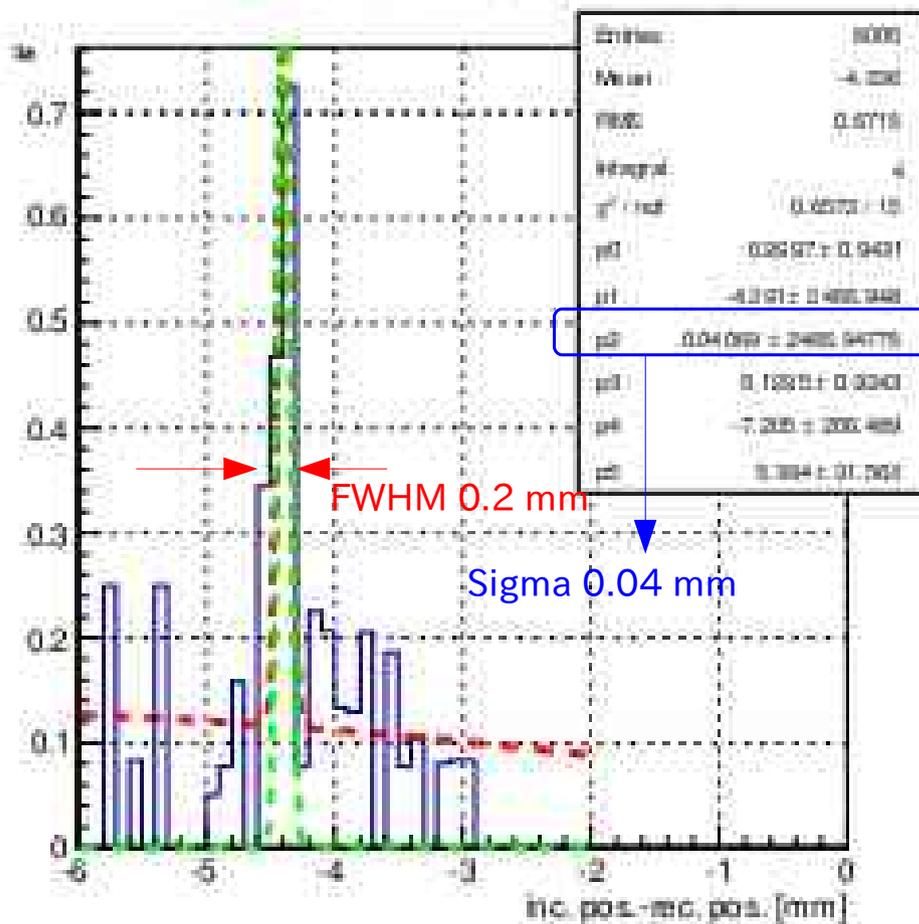
Run Num: 193  
 Total Event: 5283  
 Enable Event: 51  
 Efficiency: 0.97%  
 incident position: 0.0 mm

# 第1実験場

inc. vs. rec. corrected normalization



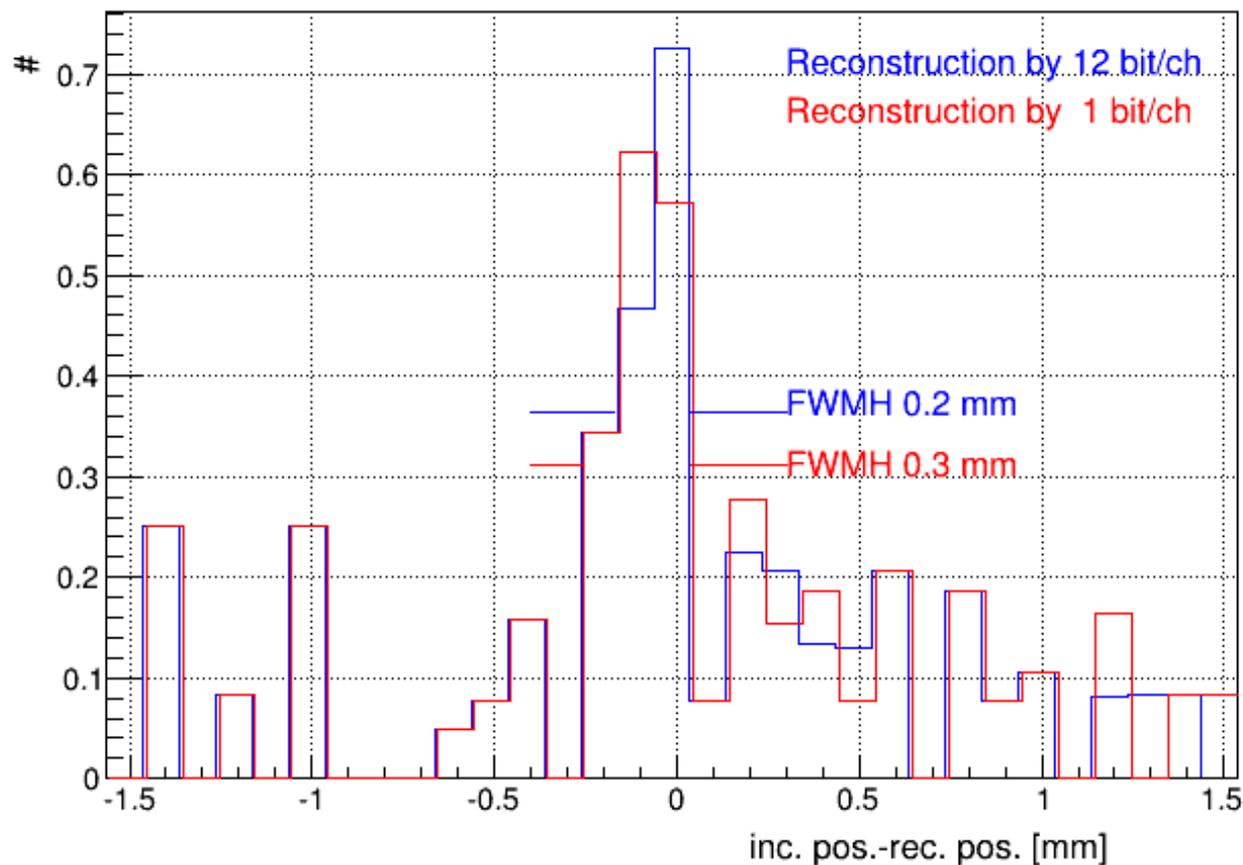
difference of inc. - rec. corrected normalization



# 第1実験場

Incident Position (-0.5, ±0.0, +0.3, +0.5) mm

Diff. of inc. pos. - rec. pos.



Reconstruction by 12 bit/ch

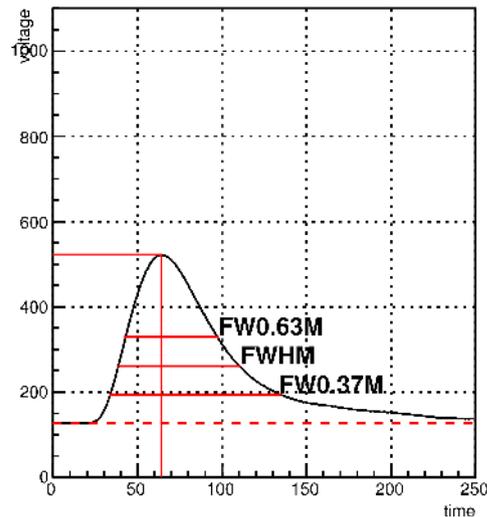
$$X = \frac{1}{Q} \sum_i x_i N_i \quad Q = \sum_i N_i$$
$$N_i = 0, 1, \dots, 2^{12}$$

Reconstruction by 1 bit/ch

$$X = \frac{1}{D} \sum_i x_i n_i \quad D = \sum_i n_i$$
$$n_i = 0, 1$$

途中経過報告>>位置分解能  
FWHM 0.2 mm in x-axis

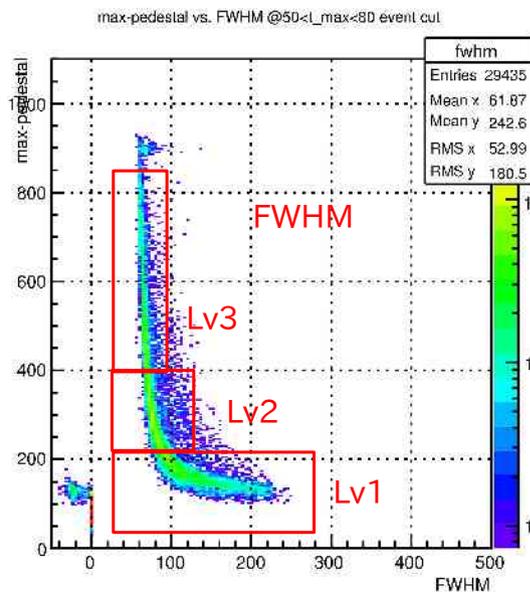
# E36 CsI waveform fitting



2015.07.21: レポート「フィッティング解析3」  
2015.07.31: 解析方針の決定  
2015.08.03: 堀江さんにメール->イベント番号Get  
2015.08.17: E36 Jap Meeting  
2015.08.26: Level1 代表的な模型関数の定義  
2015.09.01: E36 Meeting @chiba  
2015.09.08: 代表波形のFix

## 目標

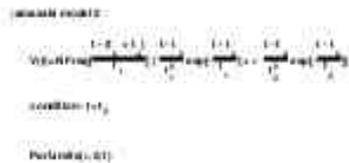
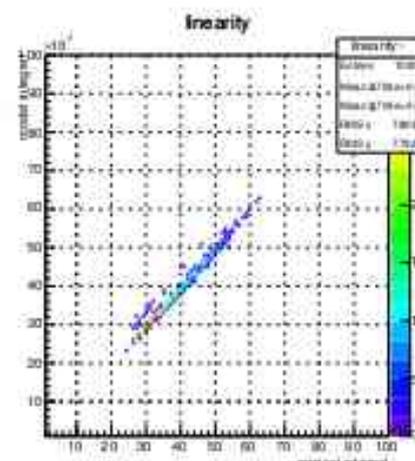
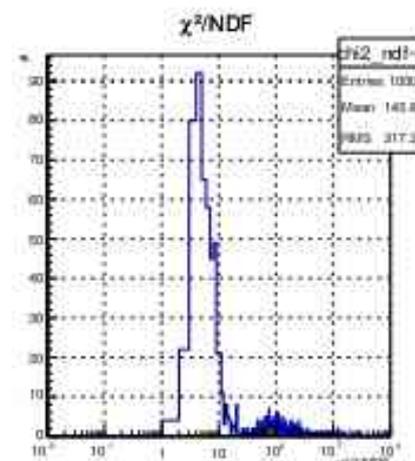
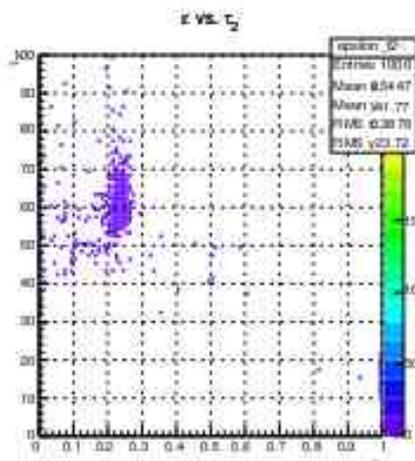
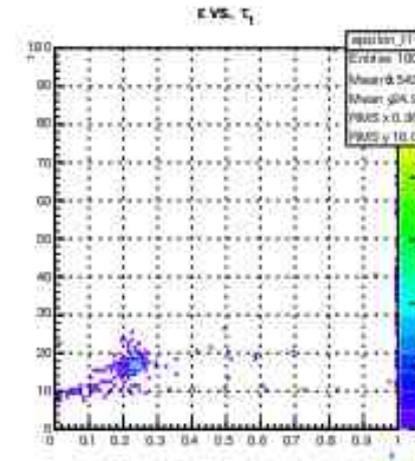
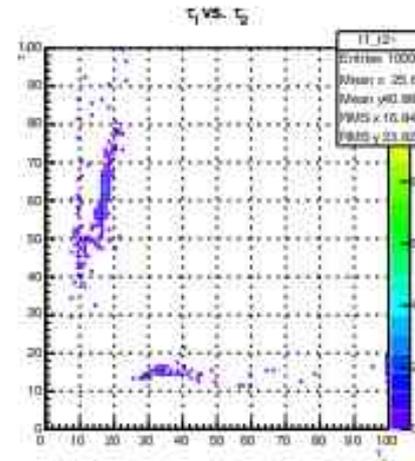
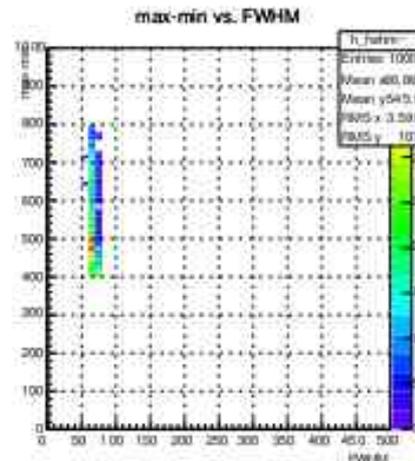
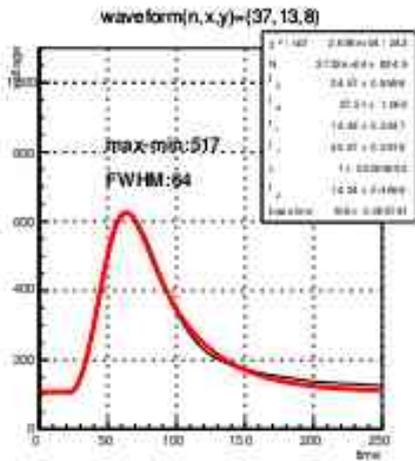
代表的な波形の模型関数の決定  
多重波形によるダブルパルスの補正  
エネルギー校正



## Lv3 waveform

Model: ito

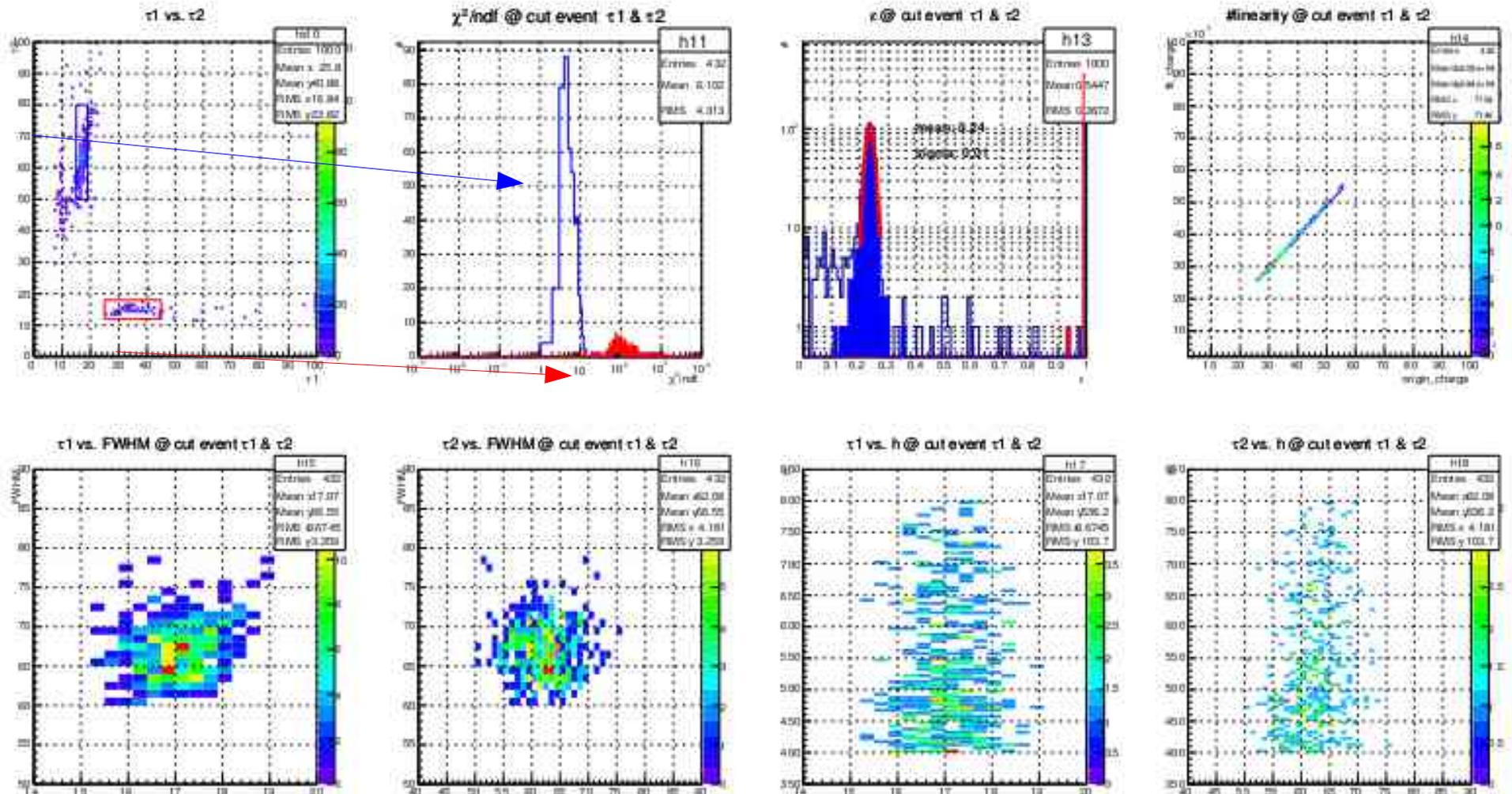
$$V(t) = N \text{ Freq} \left[ \frac{t - (t_0 + t_d)}{\tau_r} \right] \left\{ \frac{t - t_0}{\tau_1^2} \exp \left[ \frac{-(t - t_0)}{\tau_1} \right] + \varepsilon \frac{t - t_0}{\tau_2^2} \exp \left[ \frac{-(t - t_0)}{\tau_2} \right] \right\} \quad (t > t_0)$$



## Lv3 waveform

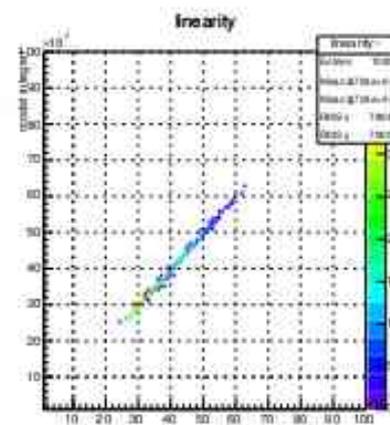
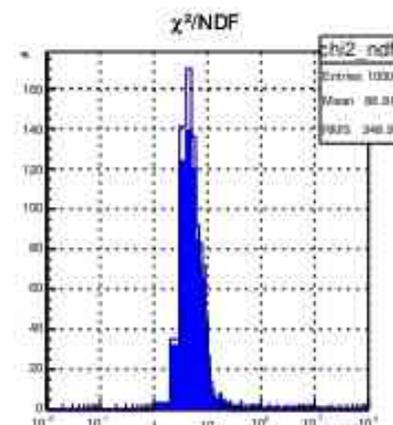
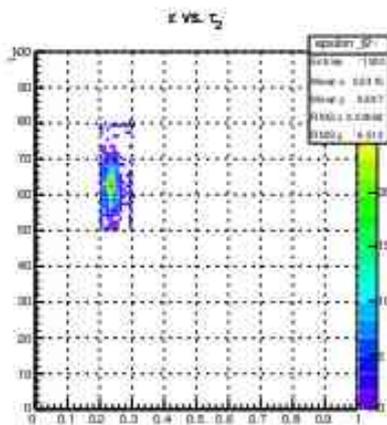
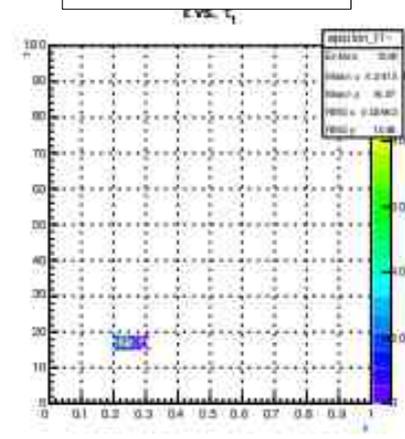
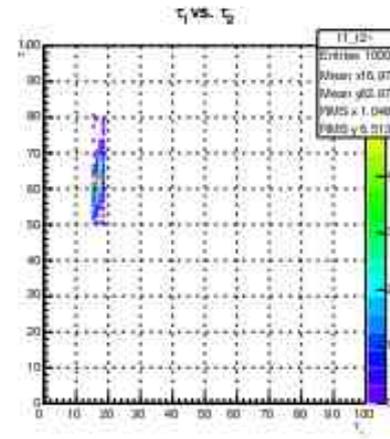
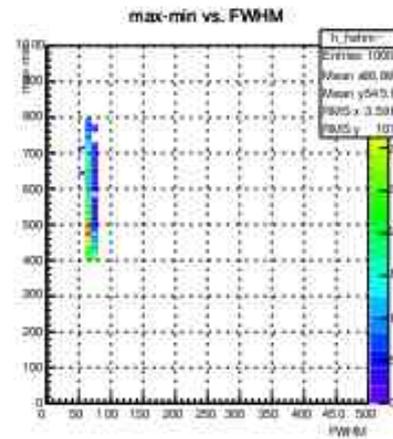
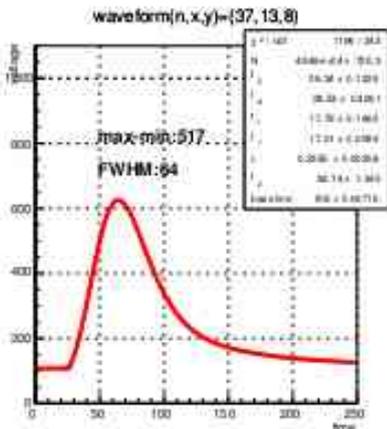
Model: ito

$$V(t) = N \text{ Freq} \left[ \frac{t - (t_0 + t_d)}{\tau_r} \right] \left\{ \frac{t - t_0}{\tau_1^2} \exp \left[ \frac{-(t - t_0)}{\tau_1} \right] + \varepsilon \frac{t - t_0}{\tau_2^2} \exp \left[ \frac{-(t - t_0)}{\tau_2} \right] \right\} \quad (t > t_0)$$



$$V(t) = N \text{ Freq} \left[ \frac{t - (t_0 + t_d)}{\tau_r} \right] \left\{ \frac{t - t_0}{\tau_1^2} \exp \left[ \frac{-(t - t_0)}{\tau_1} \right] + \varepsilon \frac{t - t_0}{\tau_2^2} \exp \left[ \frac{-(t - t_0)}{\tau_2} \right] \right\}$$

$$\begin{aligned} 14 < \tau_1 < 19 \\ 50 < \tau_2 < 80 \\ 0.2 < \varepsilon < 0.3 \end{aligned} \quad (t > t_0)$$



Result

$$\begin{aligned} \tau_1 &= 17.07 \\ \tau_2 &= 62.08 \\ \varepsilon &= 0.24 \end{aligned}$$

$\chi^2/\text{ndf} = 6.1$  @ good model

# Conclusion

Pulse height vs. FWHM  
 $h \propto 1/\text{FWHM}$ ?

Level 3 waveform analysis

Yamazaki model  $\rightarrow$  Ito Model

$$\tau_1 = 17.07 \pm 0.67$$

$$\tau_2 = 62.08 \pm 4.18$$

$$\varepsilon = 0.24 \pm 0.01$$

$$\chi^2/\text{NDF} = 6.1 \text{ @good event}$$

Linearity: good

} Fixed parameter for the model

## Next work

1. How much is the linearity concretely?
2. Decision of main waveform function model
3. Level 1 and 2 waveform analysis
  - Ito Model Fitting  $\leftarrow$  multi-pulse fitting
4. Applying Multi pulse event

## E36 Csl waveform fitting

 $\chi^2$ 検定法

例

	A	B	C	D	total
exp.	23	14	35	28	100
theo.	20	15	40	25	100

$$\chi^2 = \sum_x \frac{(f(x) - y(x))^2}{f(x)}$$

$$= (23-20)^2/20 + (14-15)^2/15 + (35-40)^2/40 + (28-25)^2/25 \\ \sim 1.501$$

自由度は3,  
有意差5%未満の理想的な  $\chi^2$  は7.815  
 $\rightarrow \chi_{\text{exp}}^2 < 7.815$  より  
 「水準5%未満で有意差はない」といえる

 $\chi^2$ 分布

自由度 \ p	0.995	0.975	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.000	0.001	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.010	0.051	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.072	0.216	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.484	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.831	11.070	12.832	15.086	16.750
...	...	...	...	...	...	...

## E36 CsI waveform fitting

Graph

ROOTさんの  $\chi^2$ 検定法について

例

x	0	1	2	3	4	5
y	2	8	17	21	23	31

$$\chi^2 = \sum_x \frac{(f(x) - y(x))^2}{f(x)}$$

$$= \sum_i \frac{(y(x_i; a_1, a_2, \dots) - y(x_i))^2}{\sigma_i^2}$$

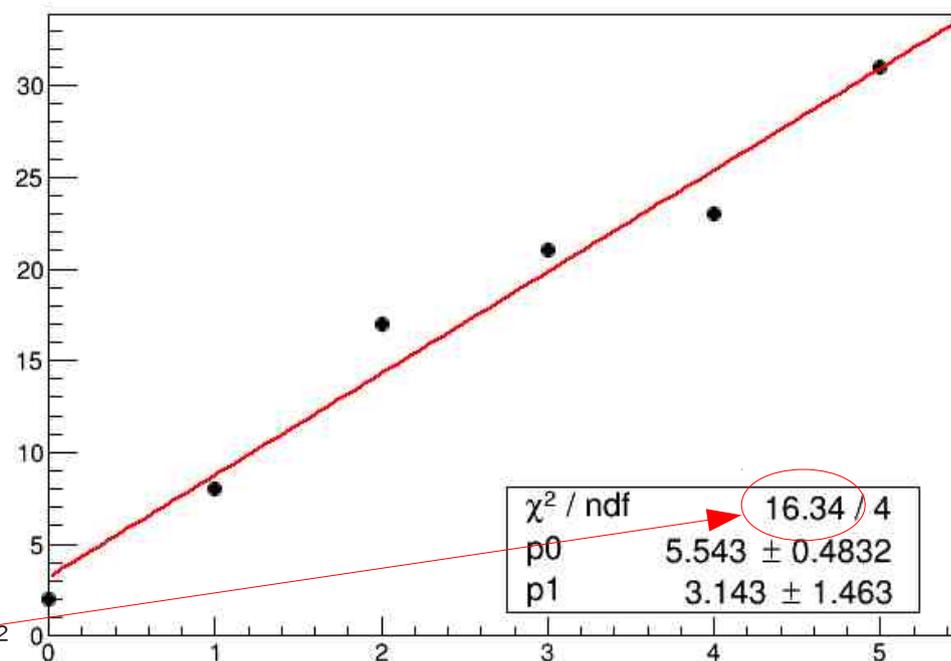
$$= (3.143 - 2)^2 + (5.543 + 3.143 - 8)^2$$

$$+ (5.543 \times 2 + 3.143 - 17)^2 + (5.543 \times 3 + 3.143 - 21)^2$$

$$+ (5.543 \times 4 + 3.143 - 23)^2 + (5.543 \times 5 + 3.143 - 31)^2$$

~ 16.34

誤差なしグラフについて、 $\sigma$ は  
 $\chi^2$ の計算に入れない  
 -> というよりも、 $\sigma=1$ ですべて  
 計算している。



## E36 Csl waveform fitting

ROOTさんの  $\chi^2$ 検定法について

例

x	0	1	2	3	4	5
y	2	8	17	21	23	31
dy	1	2	2	1	3	2

$$\chi^2 = \sum_x \frac{(f(x) - y(x))^2}{f(x)}$$

$$= \sum_i \frac{(y(x_i; a_1, a_2, \dots) - y(x_i))^2}{\sigma_i^2}$$

誤差ありのグラフでは  
 $\sigma$ を用いる

$$= (2.481 - 2)^2/1^2$$

$$+ (5.962+2.481 - 8)^2/2^2$$

$$+ (5.962 \times 2 + 2.481 - 17)^2/2^2$$

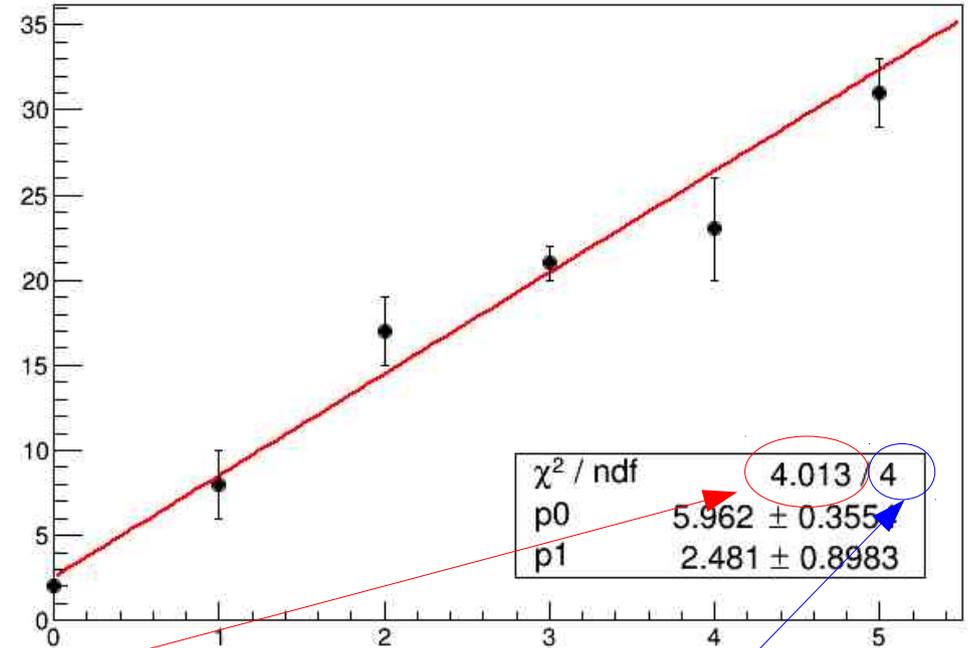
$$+ (5.962 \times 3 + 2.481 - 21)^2/1^2$$

$$+ (5.962 \times 4 + 2.481 - 23)^2/3^2$$

$$+ (5.962 \times 5 + 2.481 - 31)^2/2^2$$

~ 4.012

Graph



自由度 = グラフの点数 - 関数のパラメータ数