

# 進捗報告

2015.07.18 - 07.24

## タスク

1. 論文よみ
2. 第1実験場 … PET/WLSF
3. 第2実験場整備 … cosmic ray
4. 第3実験場整備 … Sr-90 Counter Assembly
5. E36 CsI waveform fitting
6. 来週のタスク

## 進捗:勉強

### 勉強:PET/WLS

いま、読んでいる論文

William W. Moses, Nucl. Instr. and Meth. A 471 (2001) 209 - 214, "Trends in PET imaging"

- 読み終わった

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"

### 勉強中

第1種放射線取扱主任者試験 徹底研究(改訂2版)

平井 昭司 (著), 佐藤 宏 (著), 上島 久正 (著), 鈴木 章悟 (著), 松本 哲男 (著)

- 5章 管理

- H26 管理

# 第1実験場

目的: PET/WLSF

スケジュール:

- 5月 … オシロスコープ波形解析入門
- 6月 … MPPC calib.、ライトガイド発注、MPPC発注
- 7月 … GAGG発光特性、実証実験開始@PMT、GAGG結晶発注
- 8月 … 実証実験その2:MPPC50コによる高位置分解能測定

目標: 9月医学物理学学会発表



- 2015.07.08: MPPC calibration (x4)データ取得
- 2015.07.09: MPPC calibration (x4)データ取得
- 2015.07.09: MPPC calibration (x2)データ解析
- 2015.07.10 - 16: MPPC calibe データ取得

HVを詳細にとる

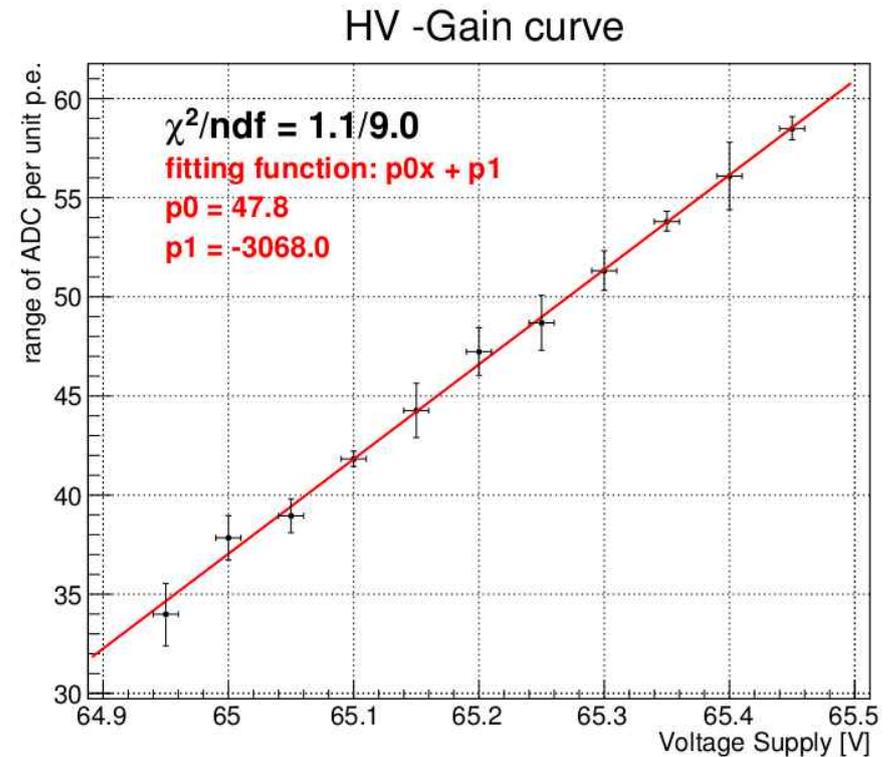
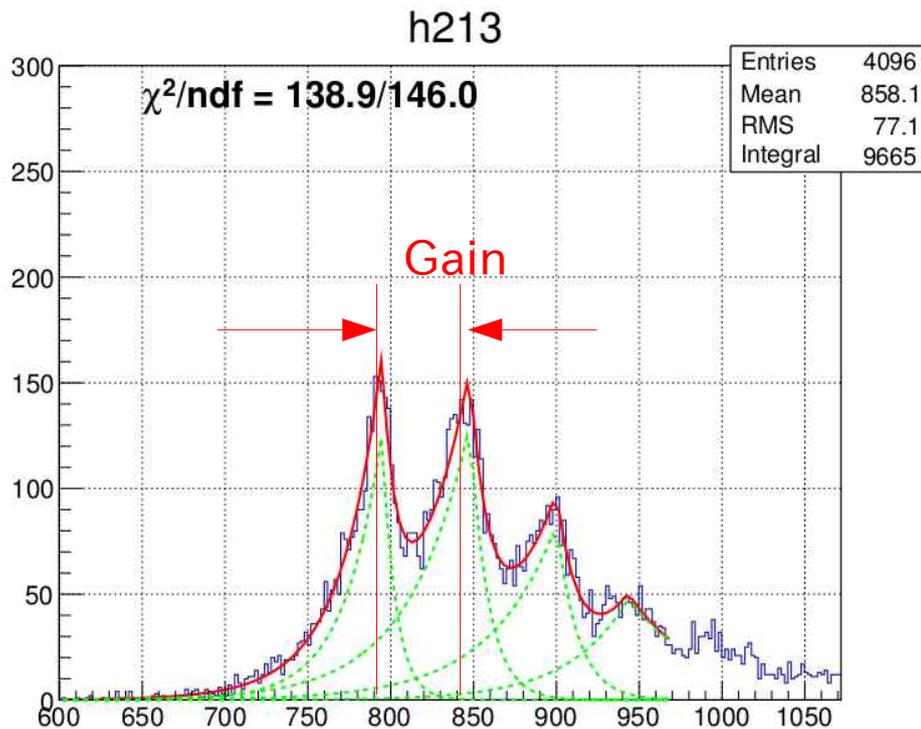
- 2015.07.15: 鉛コリメータスリッドの確認
- 2015.07.16: MPPC waveform analysis
- 2015.07.17: MPPC calib HV-gain解析
- 2015.07.24: MPPC 24個 データ収集完了 残40個
- 2015.07.24: MPPC 12個 解析完了

次回

1. MPPC calibration 解析+データ取得HV6点  
HV-Gain curve
2. 残りMPPC計32個Calibration
3. EASIROC module Calib.
4. CAMAC ADCで直接MPPCの信号読出し

# 第1実験場

## MPPC Calibration



MPPC : S12572 -100P No.875  
@ 65.30 V

EASIROC PreAmp gain=150, Ssh-time 50 ns  
LED(470 nm) 1 kHz, 10,000 ev

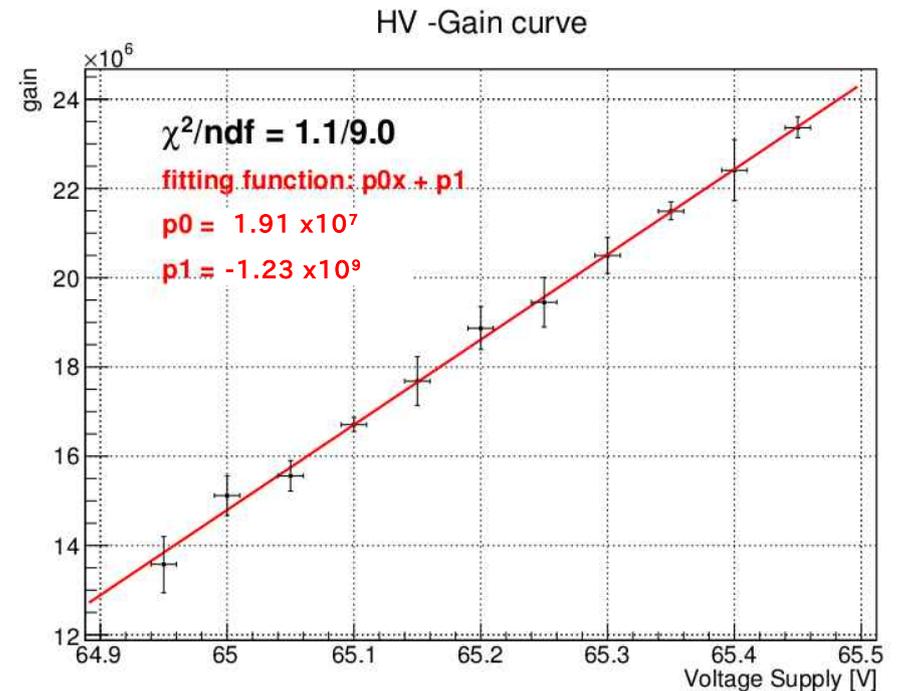
# 第1実験場

## MPPC Calibration

Gain related with voltage

$$\mu(V) = \frac{(M_1 - M_0) C_{\text{ADC}} C_F}{e}$$

- $C_{\text{ADC}}$  : A/D convert coefficient at EASIROC  
~ 0.2 mV/ADC
- $C_F$  : MPPC capacity ~ 320 pF
- $e$  : elementary charge ~  $1.6 \times 10^{-19}$  C



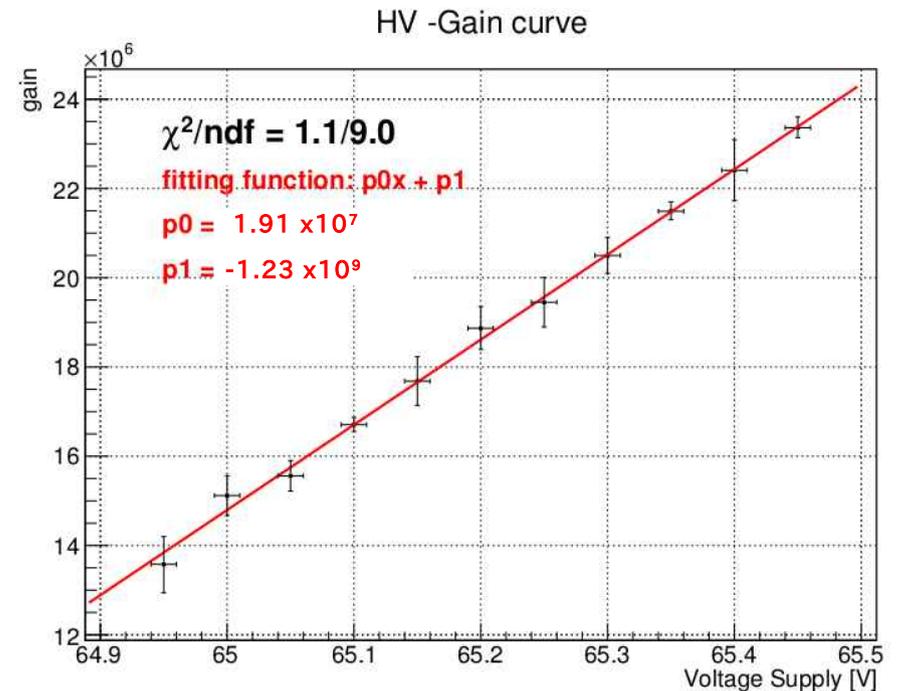
# 第1実験場

## MPPC Calibration

### Result

MPPC : S12572 -100P No.875  
@PreAmp150, SSh50ns

HV	Gain
64.95	( 1.36 ±0.06 )x10 <sup>7</sup>
65.00	( 1.51 ±0.04 )x10 <sup>7</sup>
65.05	( 1.56 ±0.03 )x10 <sup>7</sup>
65.10	( 1.67 ±0.02 )x10 <sup>7</sup>
65.15	( 1.77 ±0.05 )x10 <sup>7</sup>
65.20	( 1.89 ±0.05 )x10 <sup>7</sup>
65.25	( 1.95 ±0.06 )x10 <sup>7</sup>
65.30	( 2.05 ±0.04 )x10 <sup>7</sup>
65.35	( 2.15 ±0.02 )x10 <sup>7</sup>
65.40	( 2.24 ±0.07 )x10 <sup>7</sup>
65.45	( 2.34 ±0.02 )x10 <sup>7</sup>



Fitting function

$$\mu(V) = (1.91 \pm 0.08) \times 10^7 V - (1.23 \pm 0.05) \times 10^9$$

## 第2実験場

目的： 宇宙線測定

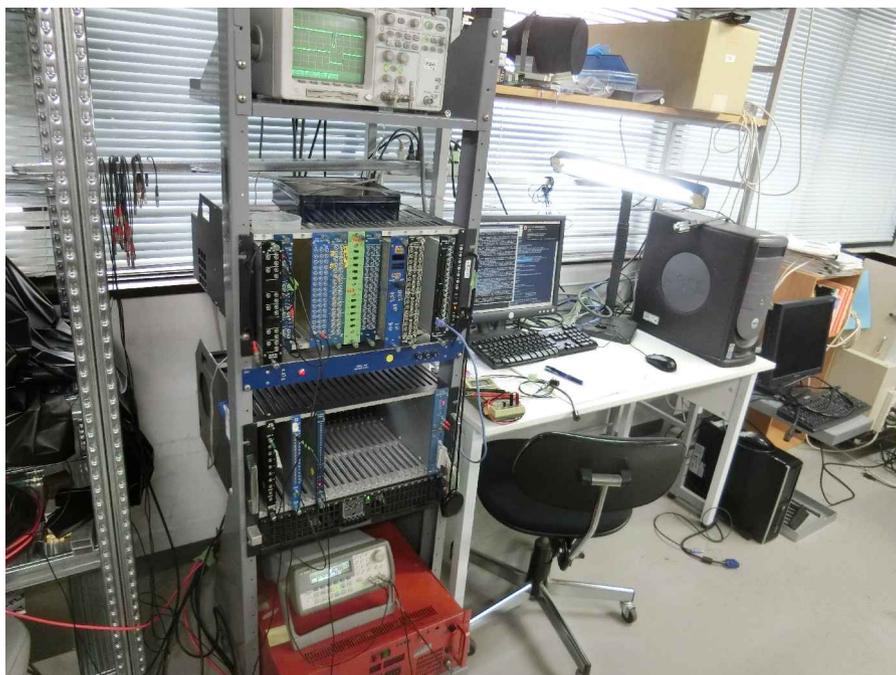
スケジュール： 4,5月 … PC, 棚の発注

6月 … CAMAC、EASIROC、NIMのPC制御環境の構築  
PMT+シンチレータ、DAQ構築

7月 … 宇宙線測定開始、測定器の校正と精度評価

8月 … 宇宙線測定開始、測定器の校正と精度評価(その2)

目標: 10月のビームテスト前実験



2015.07.01: 古PC set, DAQ作成

2015.07.02: CAMAC test clear

2015.07.03: camac daq gui [OK], Run Number実装、  
コメントの実装

2015.07.06: core i7 PC setup

2015.07.07: DAQ Histogram monitor 作成

2015.07.14: LVDS用コネクタ入荷

2015.07.15: DAQ MPPC ADC 64ch software実装

2015.07.22: daq 1.0.0 package

次回

1. 7月末?ライトガイド納入予定  
スズノ技研に納期確認

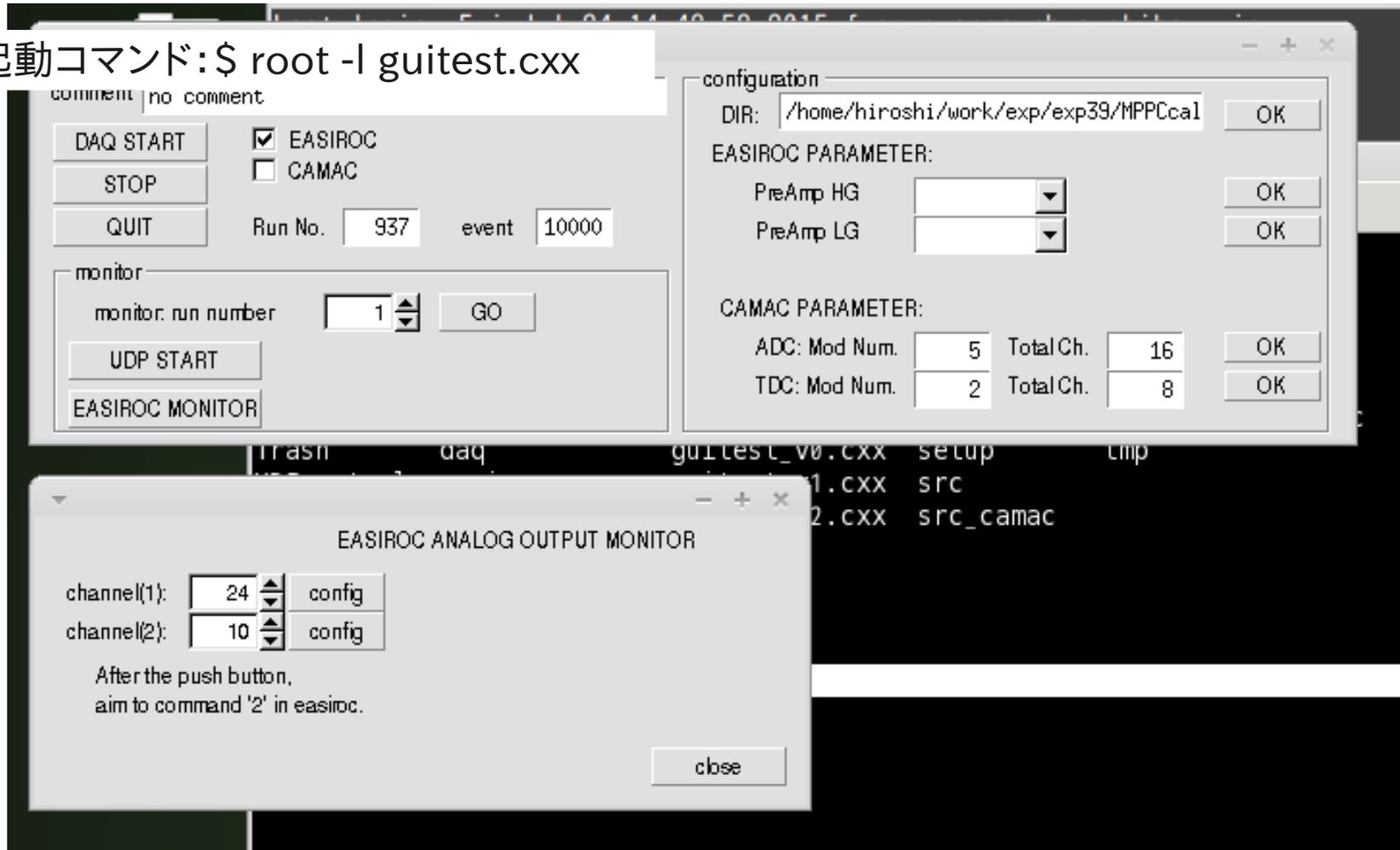
3. PcのSSH設定する

4. 今度LVDS to NIMモジュールのテスト@KEK

## 第2実験場

GUI system based on ROOT

起動コマンド: `$ root -l guitest.cxx`



# 第2実験場

コメント欄

コントローラ

波形モニタ

EASIROC アナログ出力 信号切替

CAMAC/EASIROC切替

work DIR

CAMACアドレス

Run No. 937

Event No. 10000

未実装

Run No. Event No.

channel(1): 24 config

channel(2): 10 config

After the push button,  
aim to command '2' in easiroc.

close

## 第2実験場

### コンセプト

1. EASIROC モジュール + CAMACの同時データ収集
2. 簡単なスクリプト設計  
ROOTだと継承が楽
3. モニタはオフライン形式 <<のちのちオンラインモニタ
4. DAQシステムは1箇所ではwork DIRを変更してデータを格納する。  
同時にログとして、日付、Run No., コメントを残す。

## 第3実験場整備

目的: ???

6月機材の入荷

7月初号機組立作業

8月PC/DAQ等?



- 2015.06.12: ストロンチウム90カウンター箱納入
- 2015.06.17: 1 m四方の暗箱入荷
- 2015.06.29: 故障しているNIMビンを掘り出す
- 2015.07.01 - 03:  $^{90}\text{Sr}$  Counter初号機の組立
- 2015.07.03: 性能評価: Sr/Cs = 225; 不満
- 2015.07.06: 性能評価: Sr感度  $2.6 \times 10^{-3}$  Hz/Bq  
Sr/Cs: 560倍
- 2015.07.07: Srカウンタお披露目
- 2015.07.07: 初号機性能評価レポート
- 2015.07.14: ヤマトヤKCIの注文確定
- 2015.07.16: パンフレットの作成

次回

1. 二号機製作計画を立てる
2. K-40による初号機性能評価
3. パンフレット、取扱説明書の作成

# 第3実験場整備

## リアルタイムストロンチウム90 カウンター パンフレット作成

### リアルタイムストロンチウム90 カウンター

福島原発事故から4年経った現在(2015年)、原発中心地の廃炉作業と漁業について復興は十分に行えていない。福島県沖の漁業が未だ再開されない主な原因は放射性ストロンチウムの存在である。このストロンチウム90は体内に入ると骨に蓄積されるので、放射性セシウムなどと比較されているが、ストロンチウム90は別に基準を設けるべきである。しかし自然放射能などのバックグラウンドによって、ストロンチウム90の放射能を即時測定することは困難なのだ。

JIS規格のストロンチウム90の放射能測定は数Bq/kgの精度で検査することが出来るが、結果がでるまでに約数週間から1ヶ月の時間を要し、さらに1検体あたりの費用がかかる。さらにこの作業は特別の業者に検査依頼する必要があることが漁業再開が困難な要因でもある。特別な資格を持たない人でも検査が容易で、ストロンチウム90の放射能を即時検査できるようにすれば漁業復興も早まるだろう。



千葉大学理学研究科  
河合秀幸 准教授  
研究テーマ：素粒子・原子核実験、  
環境放射線測定、医療用放射線測定器開発



図1. リアルタイムストロンチウム90カウンター初号機

#### リアルタイムストロンチウム90カウンター

千葉大は試料内のストロンチウム90の放射能を即時に測定する装置を開発した。従来のエネルギー測定ではなく、チェレンコフ光検出によって、高エネルギーのベータ線のみをカウントする。ストロンチウム90の娘核のイットリウム90の放射能を測定することで、間接的にストロンチウム90の放射能を測定する。取扱は単純で、装置下部の引き出しに試料を入れ、スタートとストップボタンを押し、ベータ線測定する。試料は表面汚染検査のため薄く伸ばす必要がある。1時間の測定で1Bq/kg程度の精度で測定可能。

#### 測定方法

1. 試料を薄く伸ばし水分を飛ばす。
2. 事前にバックグラウンドを計測する。
3. 試料を装置に入れ、1時間程度計測する。
4. 装置感度から逆算して試料内のストロンチウム90放射能を見積る。

#### 何が出来るの？

- ・ 食品に含まれているストロンチウム90の放射能を管理区域外で検査可能。
- ・ 水道水のストロンチウム90濃度検査。
- ・ セシウム134、137やカリウム40などの試料内のバックグラウンドには不感である。

#### 従来の放射線測定との違いは？

- ・ チェレンコフ放射を応用した装置は低エネルギーベータ線及び、ガンマ線からの影響が少ない。
- ・ チェレンコフ放射したかどうかで計測するので、エネルギーの合算は影響されない。
- ・ 汚染検査面積の拡張性あり。
- ・ 低価格。

うらに詳細

#### 測定原理

ストロンチウム90(<sup>90</sup>Sr)は試料内で娘核のイットリウム90(<sup>90</sup>Y)と放射平衡状態にある。<sup>90</sup>Yからの最大運動エネルギー2.28 MeVのβ線はシンチレーションファイバシートを光らせ、その後シリカエアゲル内でチェレンコフ放射する。

他の放射線源は<sup>137</sup>Cs、<sup>134</sup>Cs、<sup>40</sup>K、宇宙線ミュオンが代表的である。これらはシンチレーションファイバーは光らせるがチェレンコフ放射させない、もしくは最上部のシンチレータを光らせることで計測を拒否する。

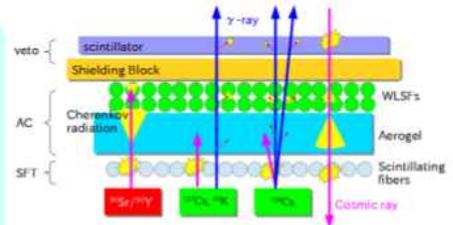


図2. リアルタイムストロンチウム90カウンターの原理

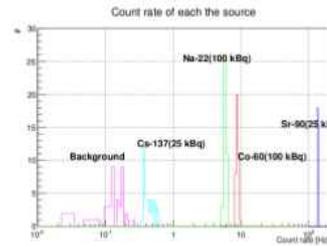


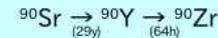
図3. 放射性核種のカウント頻度

performance	parameter
$\eta$ (Sr-90/Y-90)	$(549 \pm 0.06) \times 10^{-3}$ Hz/Bq
$\eta$ (Cs-137)	$(1.12 \pm 0.66) \times 10^{-5}$ Hz/Bq
$\eta$ (Co-60)	$(8.77 \pm 0.39) \times 10^{-5}$ Hz/Bq
$\eta$ (Na-22)	$(5.65 \pm 0.33) \times 10^{-5}$ Hz/Bq
Background	$(1.48 \pm 0.46) \times 10^{-1}$ Hz
$\Gamma$ (Cs/Sr)	$(2.0 \pm 1.2) \times 10^{-3}$

表1. 装置の性能評価結果

#### ストロンチウム90とは...

ストロンチウム90とはストロンチウムの放射性同位体の一つで原子炉の核燃料から主に生成される物質である。これはアルカリ土類金属で体内に吸収されると骨に蓄積される。ストロンチウム90の半減期は約29年なので、4年経った今でも海水に漏れた放射性ストロンチウムは食物連鎖で魚介類の骨に蓄積している可能性がある。



#### 放射平衡

親核のストロンチウム90の半減期よりも娘核のイットリウム90の半減期が十分短い時、次第に親核と娘核の放射能が等しくなる現象を放射平衡とよぶ。

#### ストロンチウム90は測定が困難？

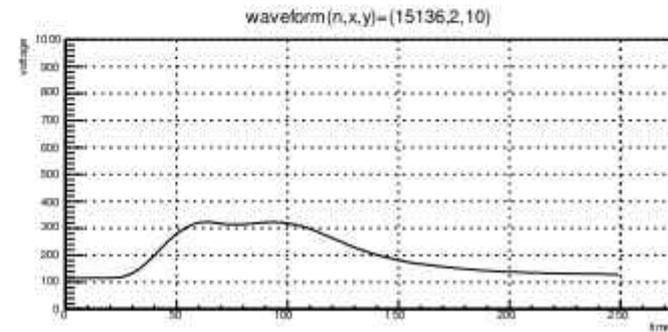
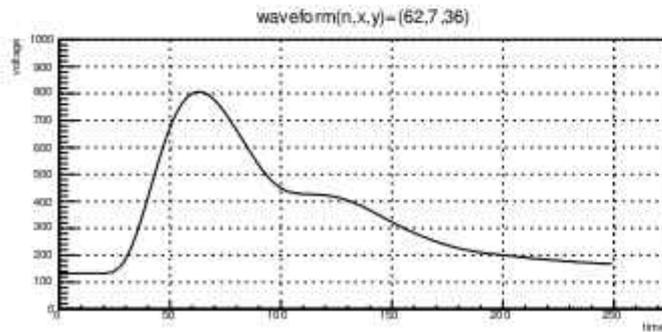
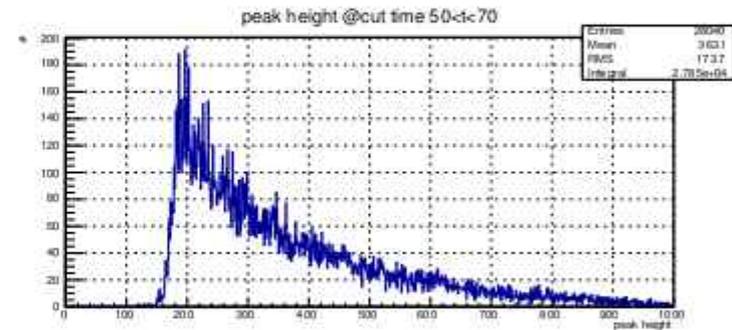
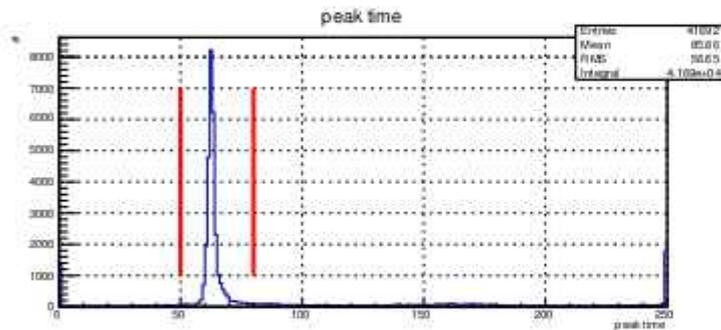
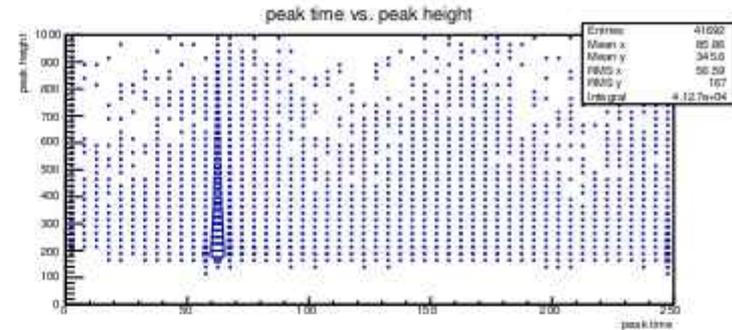
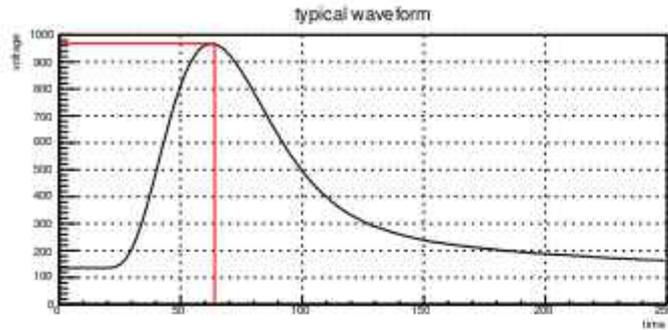
ストロンチウム90はベータ線しか放出しないので自然放射能や、放射性セシウムなどに埋もれて測定が難しい。例えば、自然界には海水1L当たり約12Bqの放射性カリウムが存在すると言われていた。

またベータ線はガンマ線より透過力が弱く、水1cmで遮蔽されるので(エネルギーに依る)、表面汚染検査でしか放射能測定が出来ず、質量当たりの放射能を評価するためには大面積の有感領域をもつ装置が必要である。

全ベータ線測定で評価した放射能は放射性セシウムやカリウムと一緒にして測定しているため、ガンマ線測定と全ベータ測定だけでは放射性ストロンチウムの存在を否定できず、放射性ストロンチウムの放射能も評価できない。

千葉大学理学研究科 基礎物理学専攻  
物理学コース 博士後期課程  
伊藤博士  
E-mail: hiroshi@hepburn.s.chiba-u.ac.jp

# E36 CsI waveform fitting

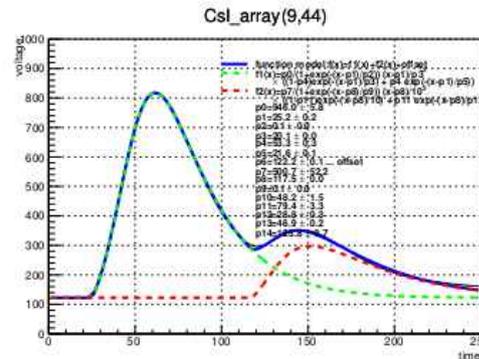
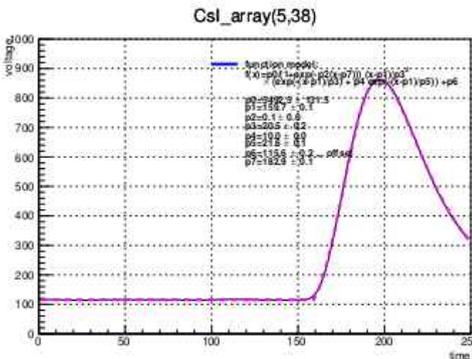
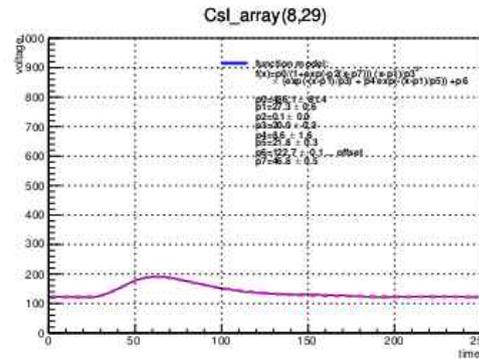
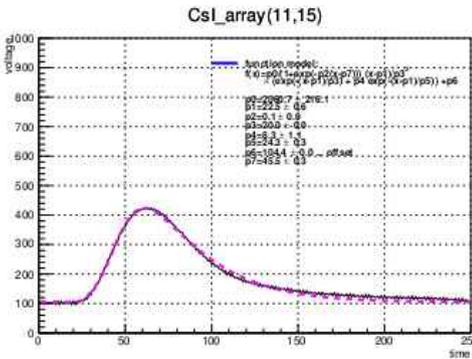


# E36 CsI waveform fitting

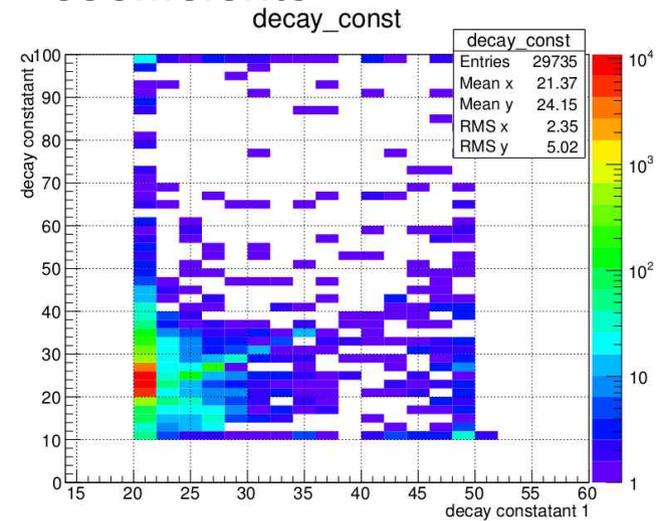
## Fitting Algorithm

### ① Fitting Function Model

$$f(t) = \frac{N}{1 + \exp(-a(t - t_r))} \frac{t - t_0}{\tau_1^2} \left( \exp\left[-\frac{t - t_0}{\tau_1}\right] + \varepsilon \exp\left[-\frac{t - t_0}{\tau_2}\right] \right) \quad (t > t_0)$$



## Relation of both decay time coefficients



>> Focusing parameters is 20 and 25.

# E36 CsI waveform fitting

## Fitting Algorithm

### ② Multi wave fitting

1. Fixed decay time:  $t_1 = 20$ ,  $t_2 = 29$



2. Fit with single waveform



3. Calculation difference of raw data and fitted function



4. In the case of the difference  $> 3\%$ , fit with double waveforms.

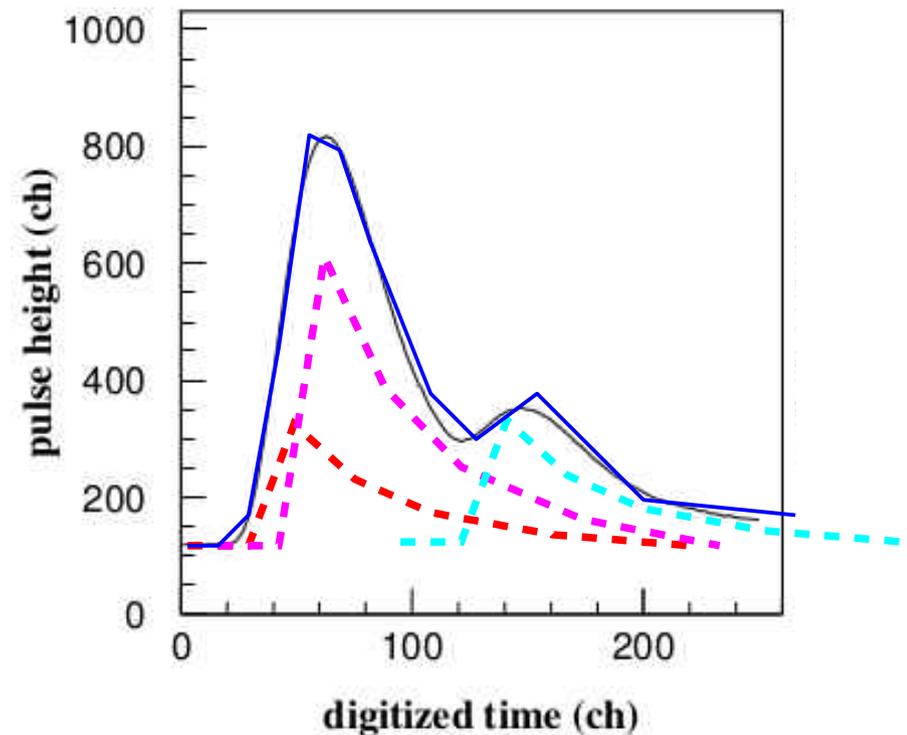


5. Calculation difference of raw data and fitted function



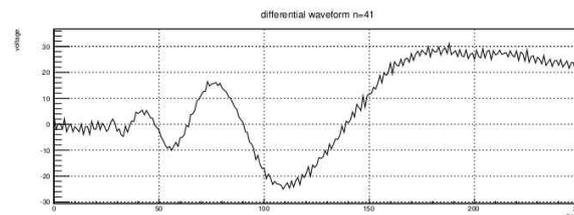
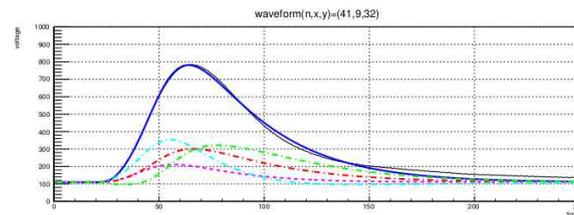
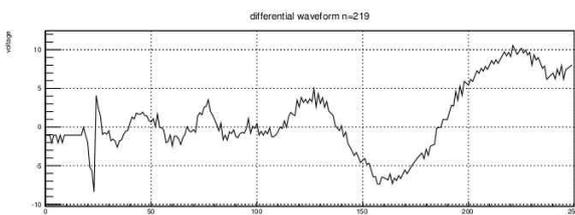
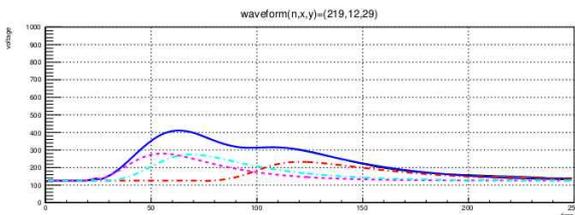
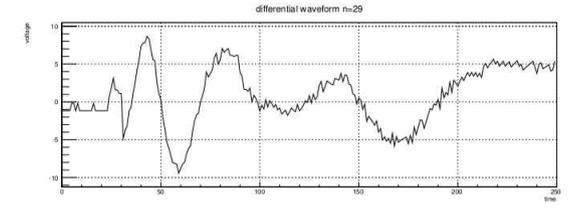
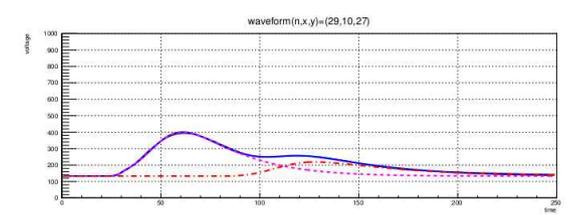
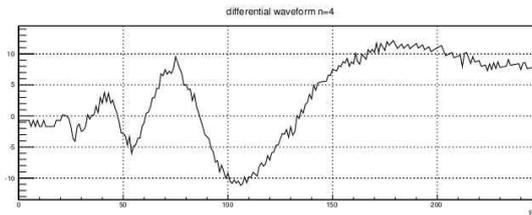
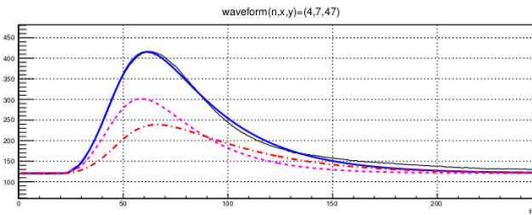
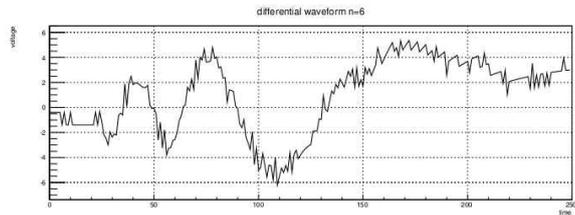
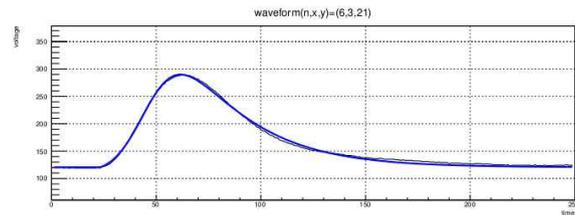
6. In the case of the difference  $> 3\%$ , fit with triple waveforms.

⋮



# E36 CsI waveform fitting

## Result of Fitting

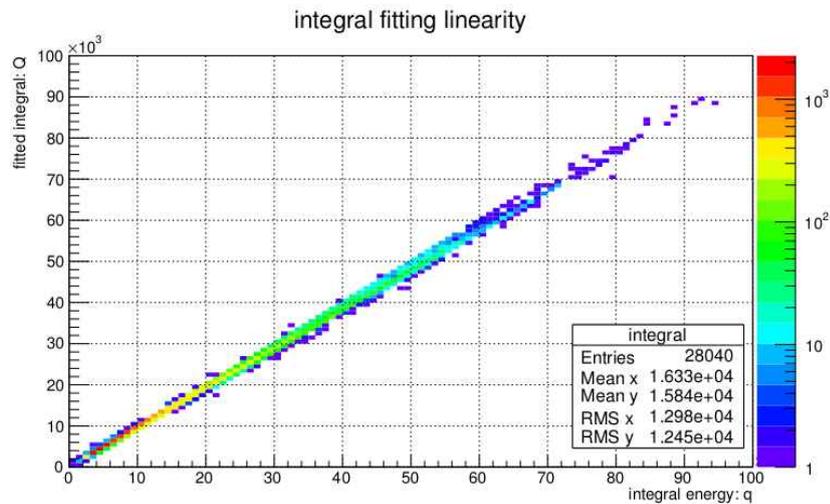


Raw data —————  
 Fitting function —————  
 First waveform - - - - -  
 Second waveform . . . . .  
 Third waveform - - - - -  
 Fourth waveform - - - - -

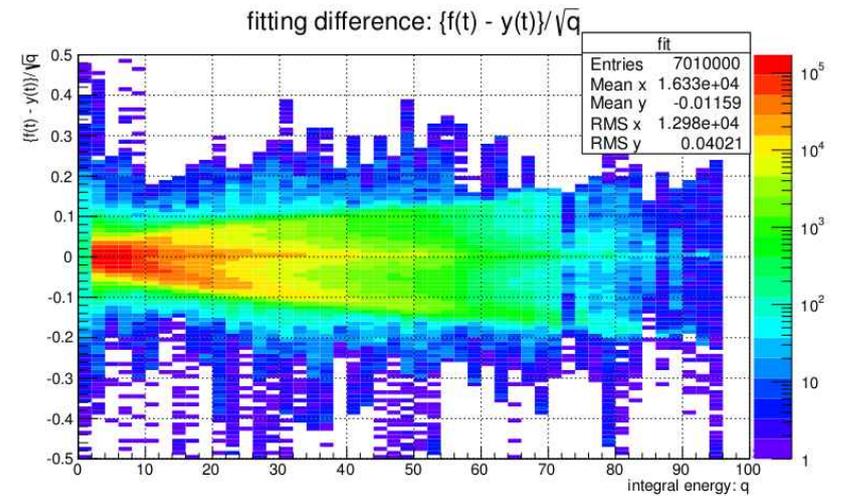
← Fitting function - Raw data

# E36 CsI waveform fitting

## Result of Fitting



Relation of linearity with raw data integration v.s. Fitted function integration

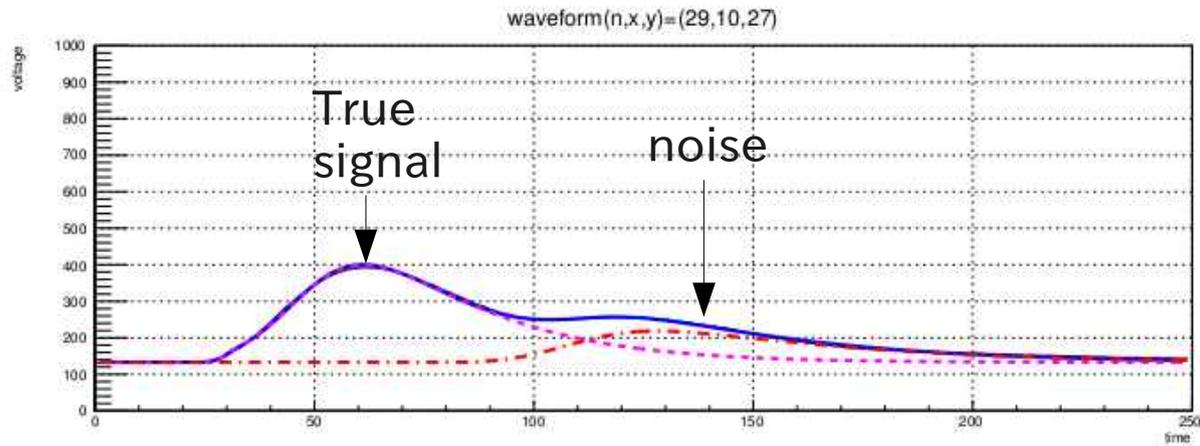


Relation of linearity on raw data integration

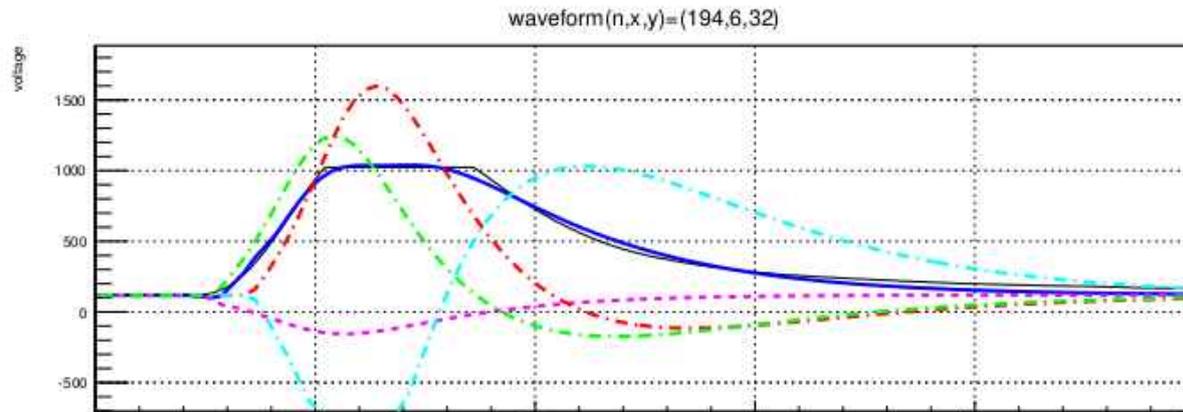
# E36 CsI waveform fitting

## Future Work

### 1. Energy correct



### 2. optimization for over range wave



# Next Week Schedule

2015.07.13 - 07.17

論文読み: Trends in PET  
 Exp. area 1: MPPC calib.  
     C&A サンプル提供  
 Exp. area 2: make DAQ at ROOT  
     スズノ技研納期確認  
 Exp. Area 3: 初号機組立&性能評価  
     HV supply Calib.  
     KCIの購入と性能評価  
 E36: Waveform Fitting

目標

- MPPC calib 64個の完了  
    データ収集40分/個 = 4h/6個
- DAQ 作成  
    実験場1にVer 1.0を導入する
- E36 waveform fitting  
    アルゴリズムの作り直し
- Srカウンタ: パンプ作り

2015年 7月

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
<b>19</b>	<b>20</b> 海の日	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>
<b>26</b>	<b>27</b> 児玉修論発表	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	

授業料免除申請〆切

2015年 8月

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
						<b>1</b>
<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>
<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>
<b>30</b>	<b>31</b>					