



# 反跳電子計測のための フォトダイオードの性能評価

課題研究P6

宮本奨平

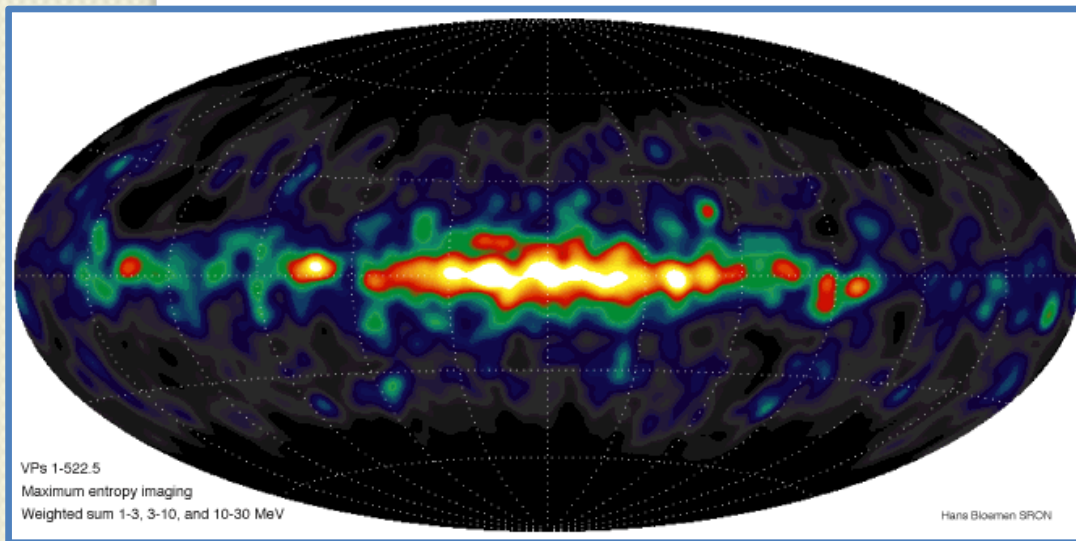
竹村泰斗

# 目次

1. 研究の目的
2. 検出器
3. 検出器の原理
4. セットアップ
5. 測定結果と解析結果
6. まとめ

# MeVガンマ線天文学

- MeVガンマ線で見えること

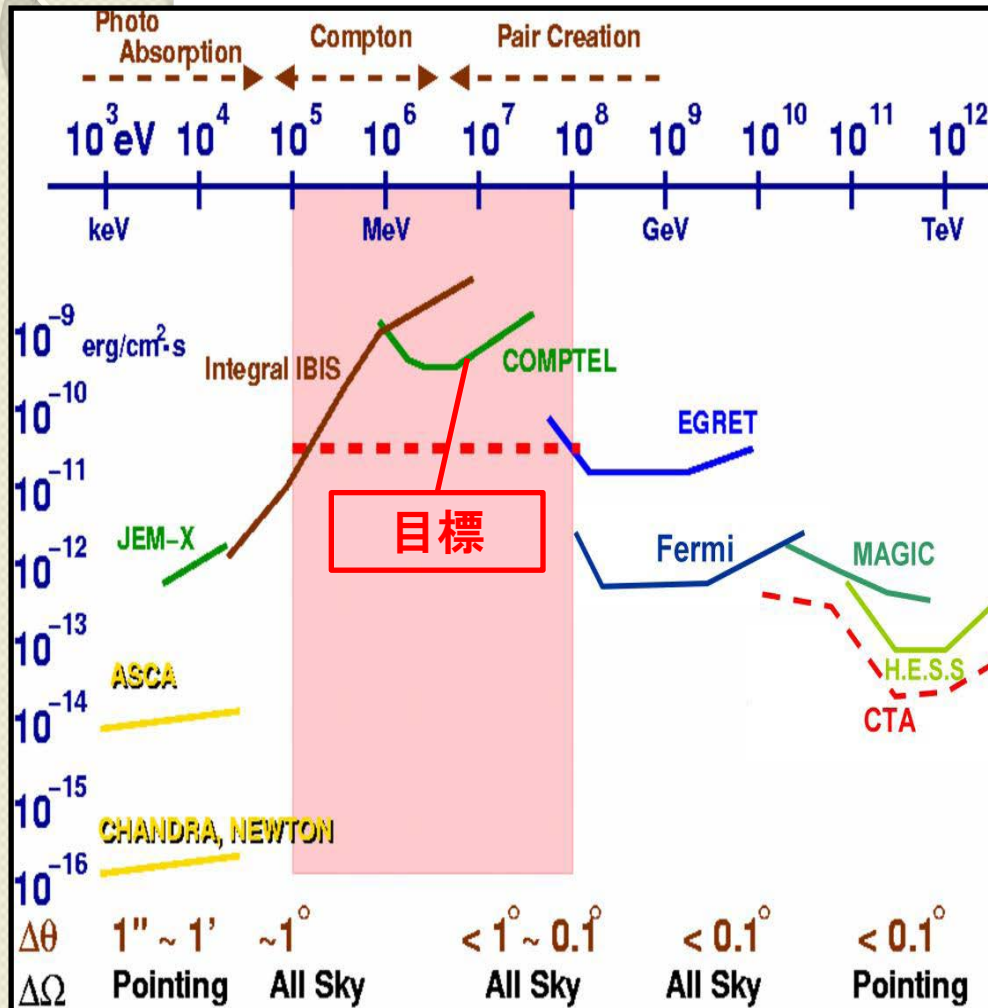


- ブラックホール
- ガンマ線バースト

## COMPTELによる全天観測

V. Schönfelder+ (A&AS, 2000)

# 課題は感度の低さ

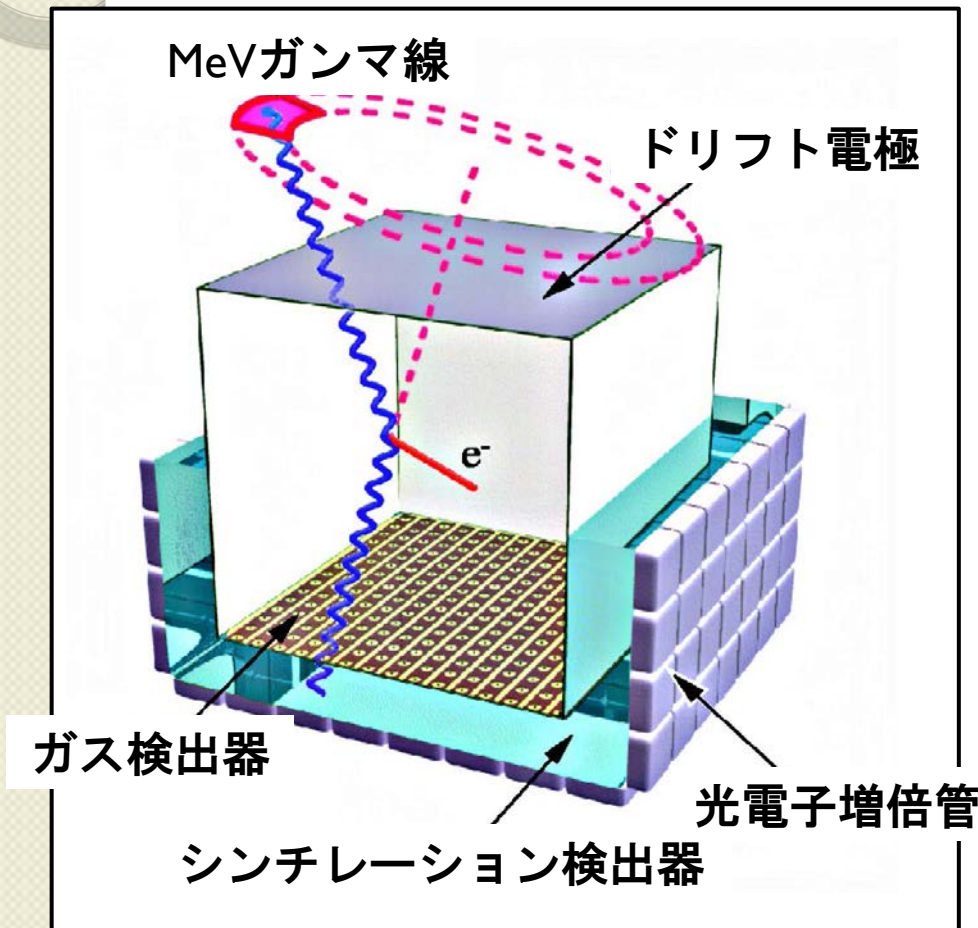


他のエネルギー領域に比べて感度が悪い

- コンプトン散乱が優位になる
- バックグラウンドが大きい
- フラックスが小さい

# 電子飛跡検出型コンプトンカメラETCC

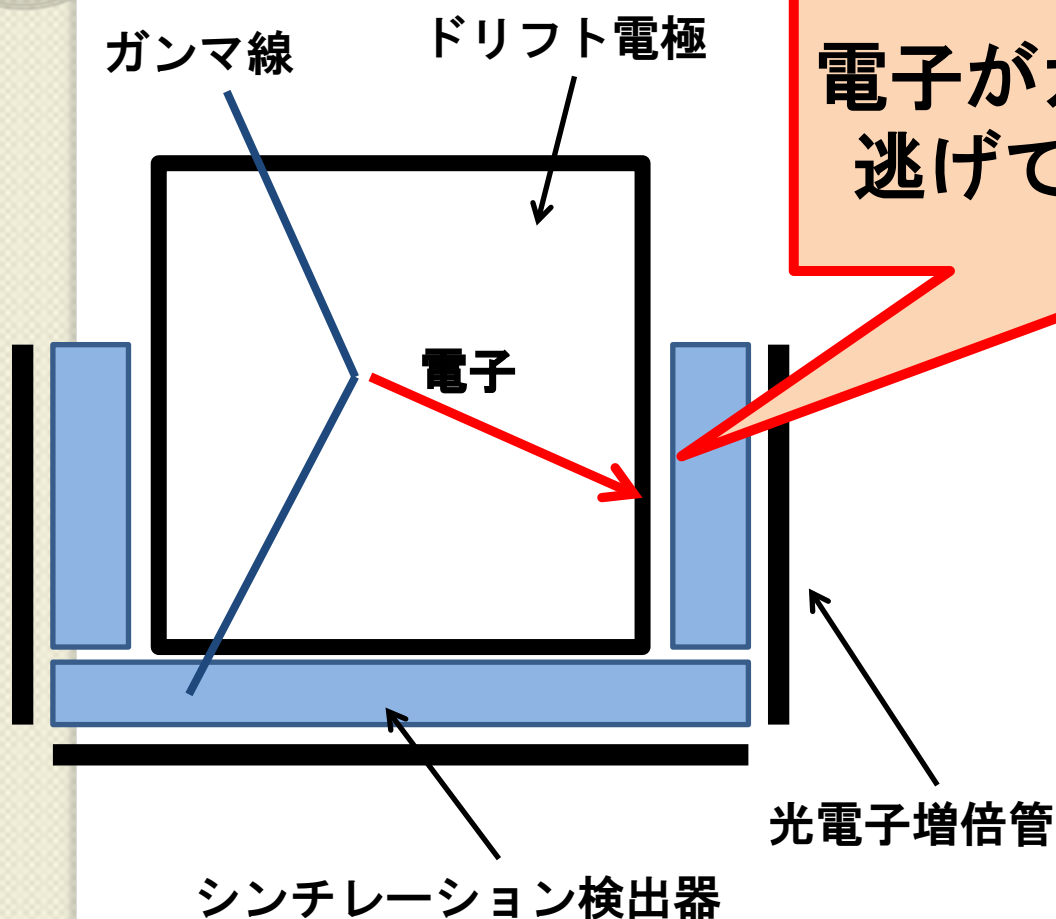
## コンプトン散乱を利用したガンマ線望遠鏡



散乱ガンマ線の  
エネルギーと吸収点  
+  
反跳電子の  
エネルギーと方向  
↓  
ガンマ線の  
入射方向とエネルギー

# 研究の目的①

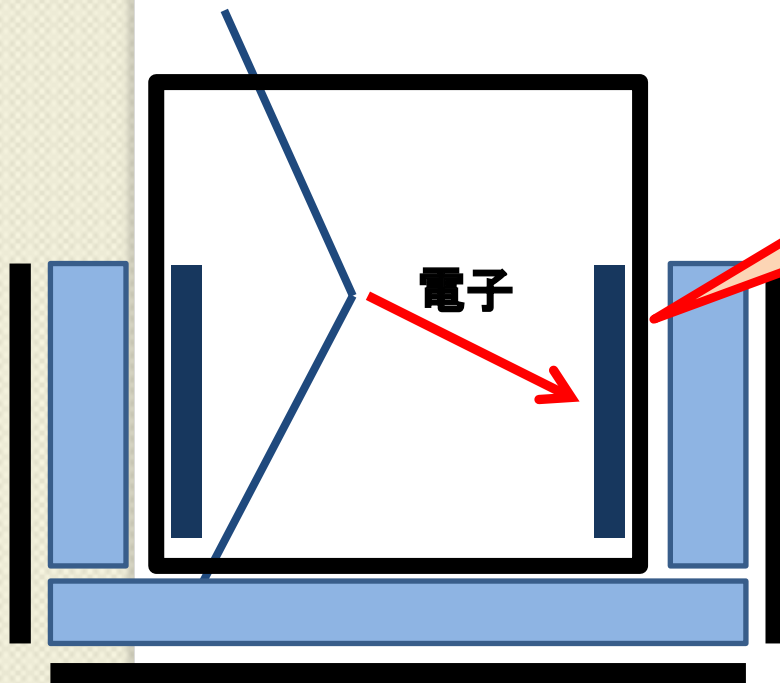
## ETCCの断面図



電子がガス検出器の外部に逃げてしまうことがある

# 研究の目的②

## ETCCの断面図




電子を受けとめる  
検出器が必要！

フォトダイオード

利点

安価  
薄い

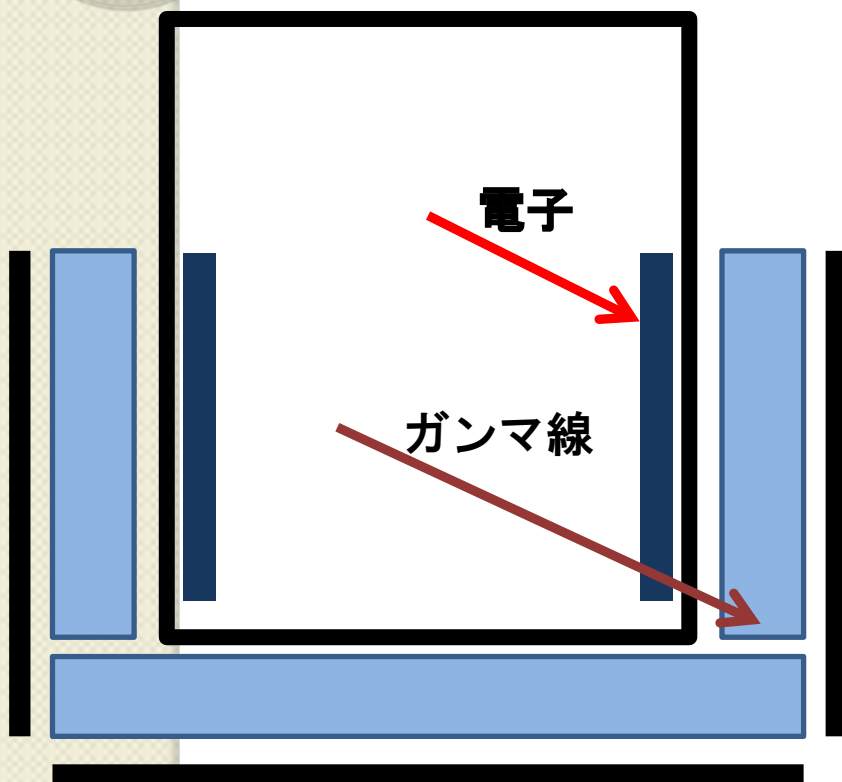
信号の取り出しが容易  
読み出し回路が単純

- 
1. 研究の目的
  - 2. 検出器**
  3. 検出器の原理
  4. セットアップ
  5. 測定結果と解析結果
  6. まとめ

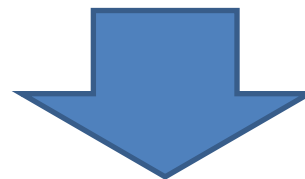


# 測定方法①

ETCC



電子は止めたいが  
ガンマ線は通したい

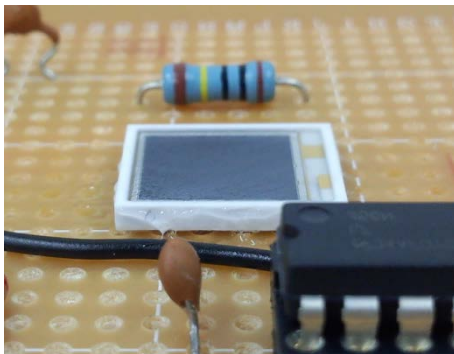


2種類の測定を行い  
結果を比較した

# 測定方法②

## PDのみで測定

- ベータ線を止める
- ガンマ線は透過する



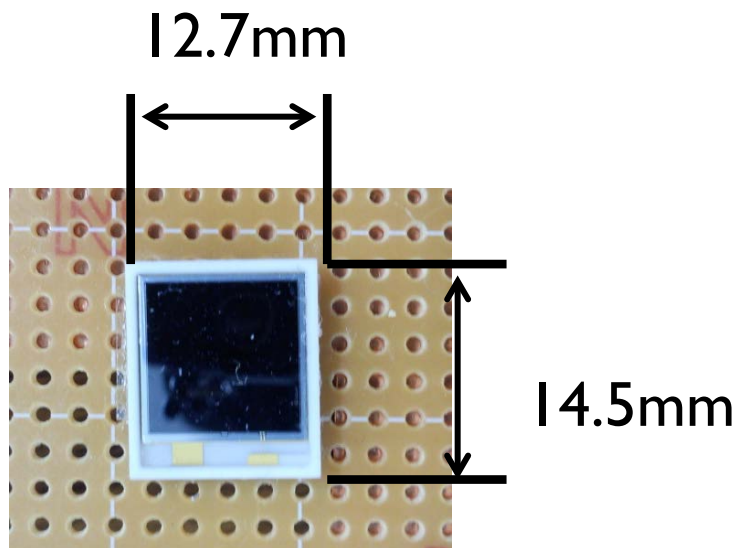
## PD+シンチで測定

- ベータ線も
- ガンマ線も止める

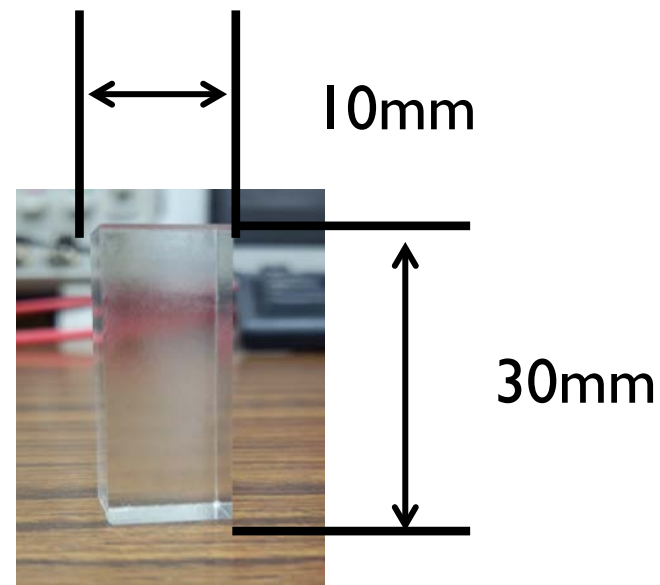


# 検出器

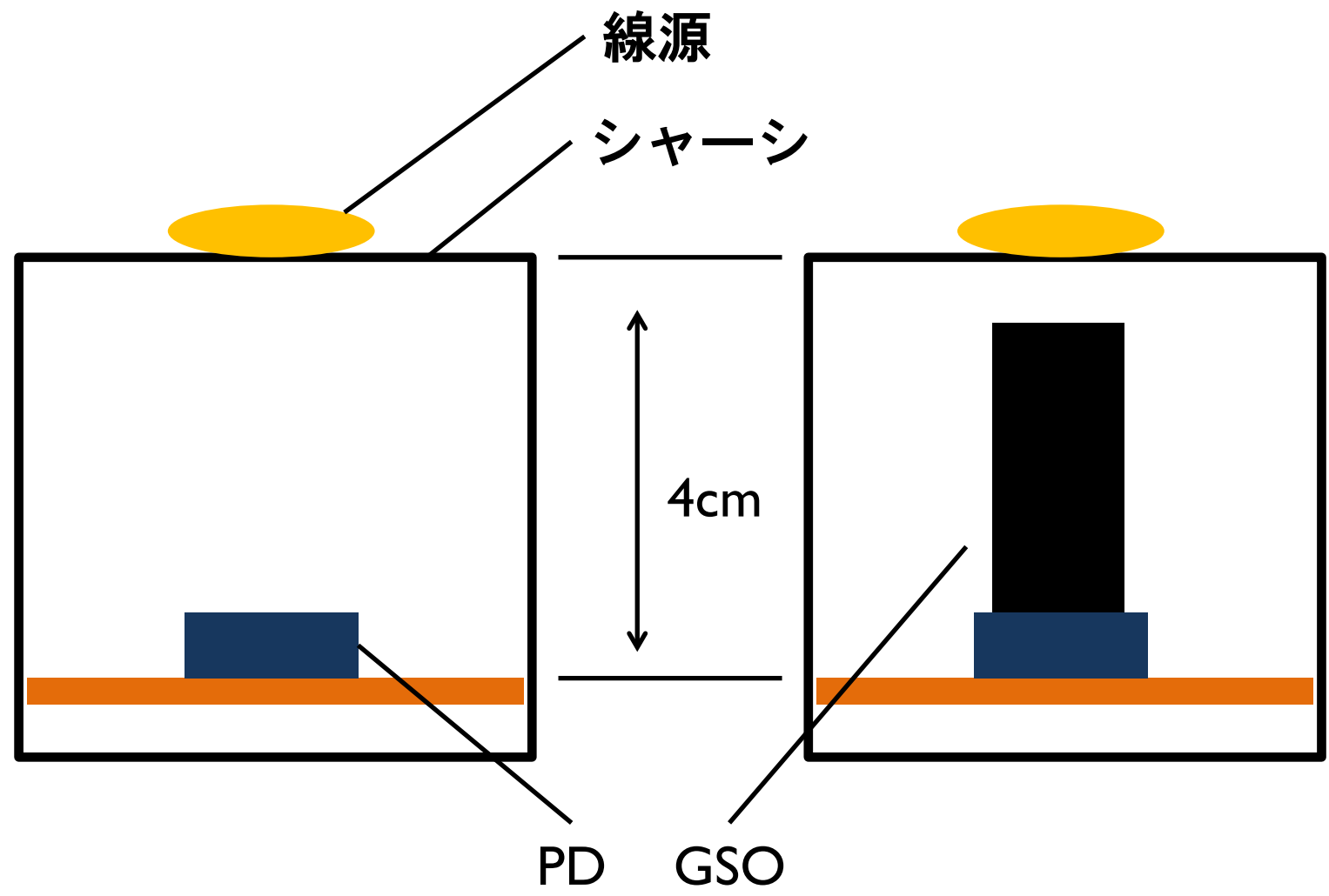
Si PIN photodiode  
S3590-01 (HAMAMATSU)




シンチレーター(GSO)



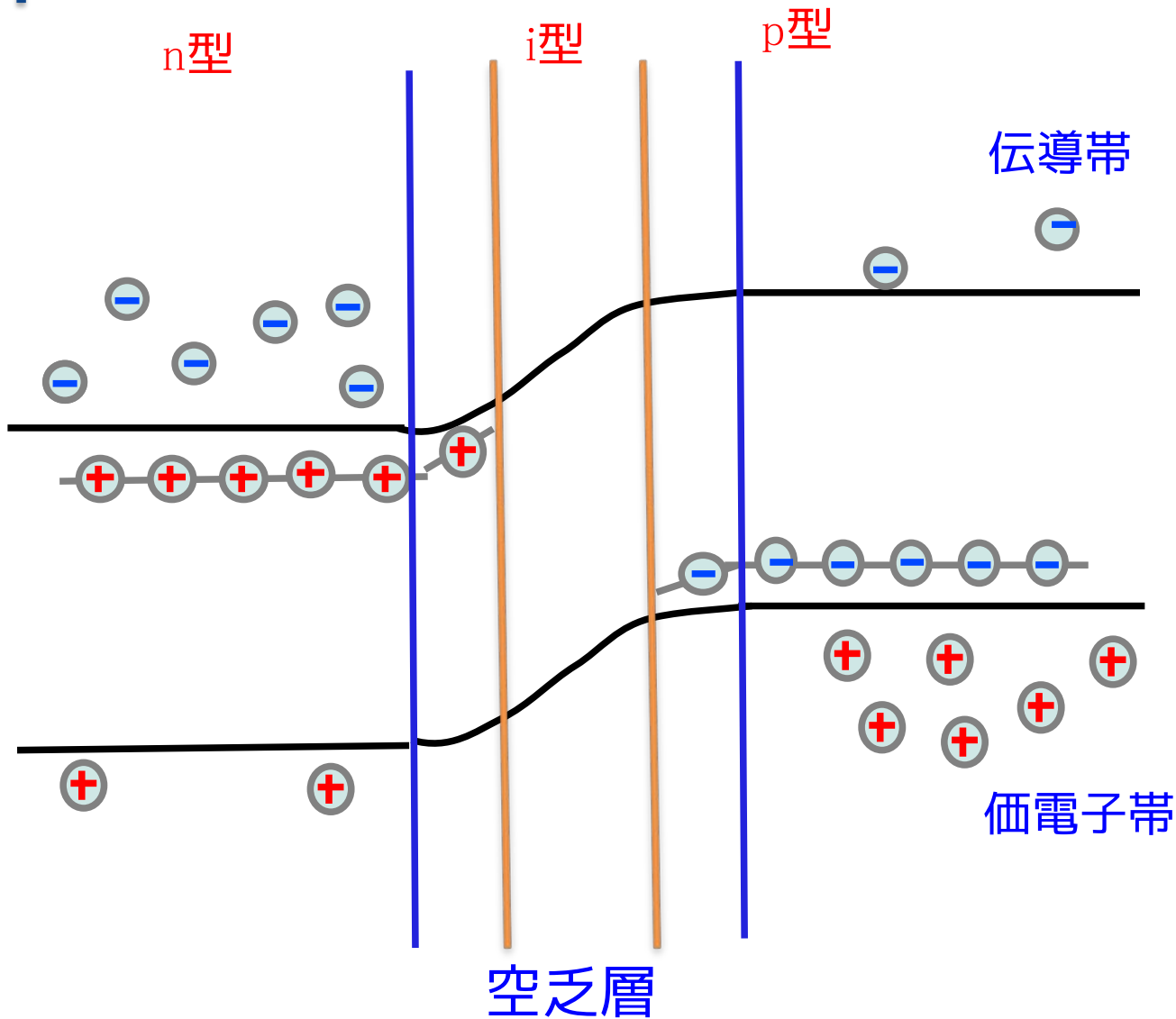
# 検出器と線源の配置



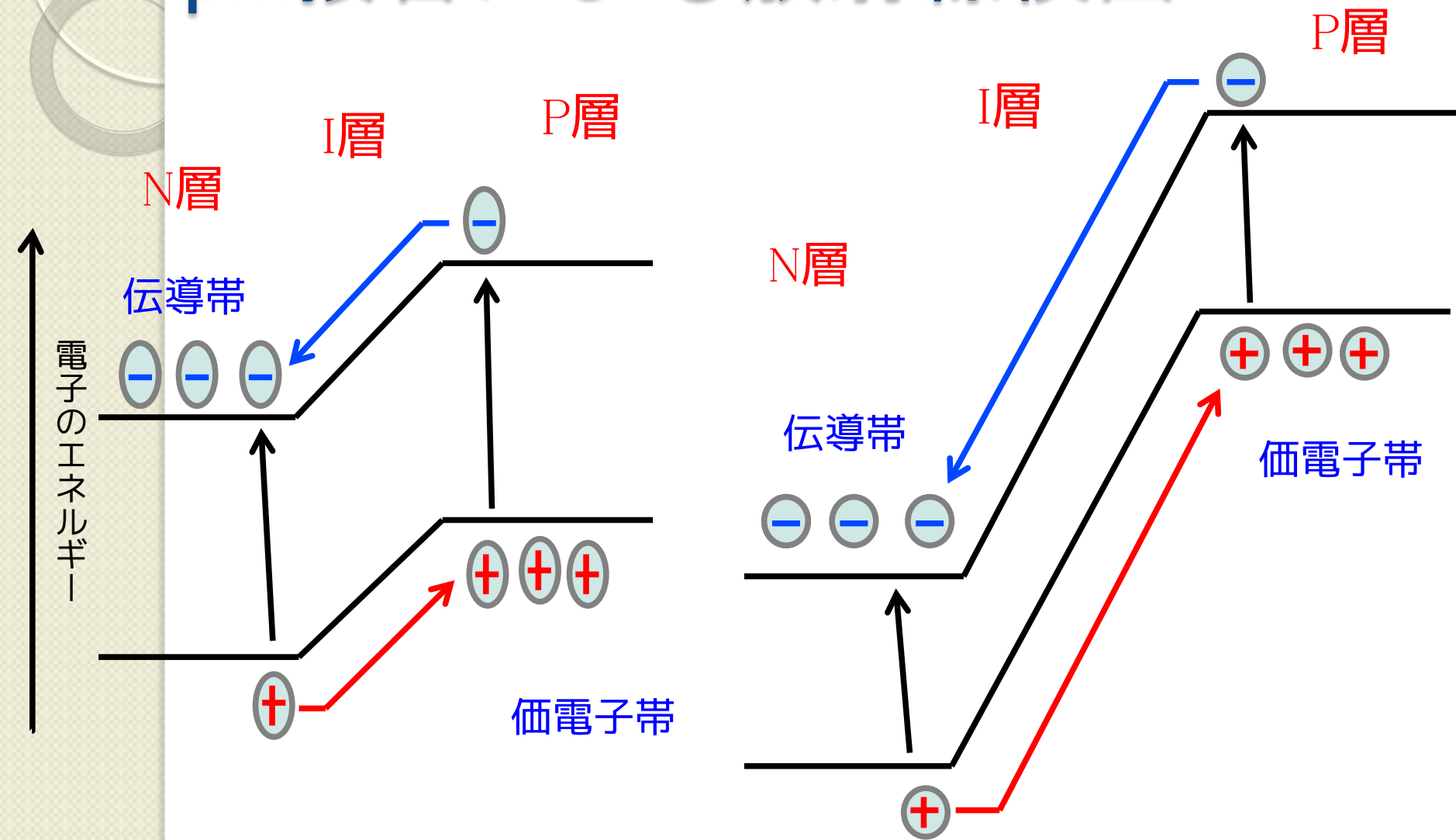
- 
1. 研究の目的
  2. 検出器
  - 3. 検出器の原理**
  4. セットアップ
  5. 測定結果と解析結果
  6. まとめ

# pin接合

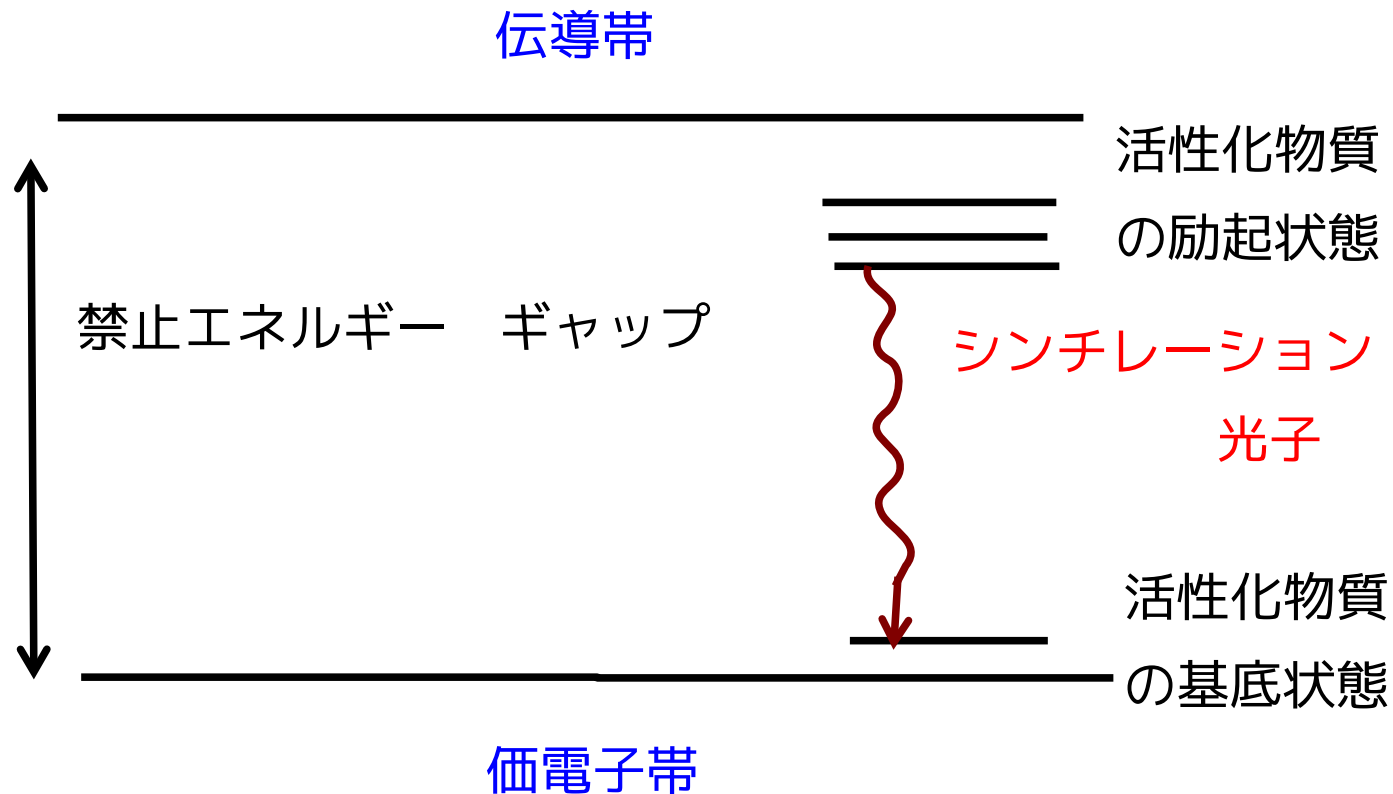
電子のエネルギー




# pin接合による放射線検出



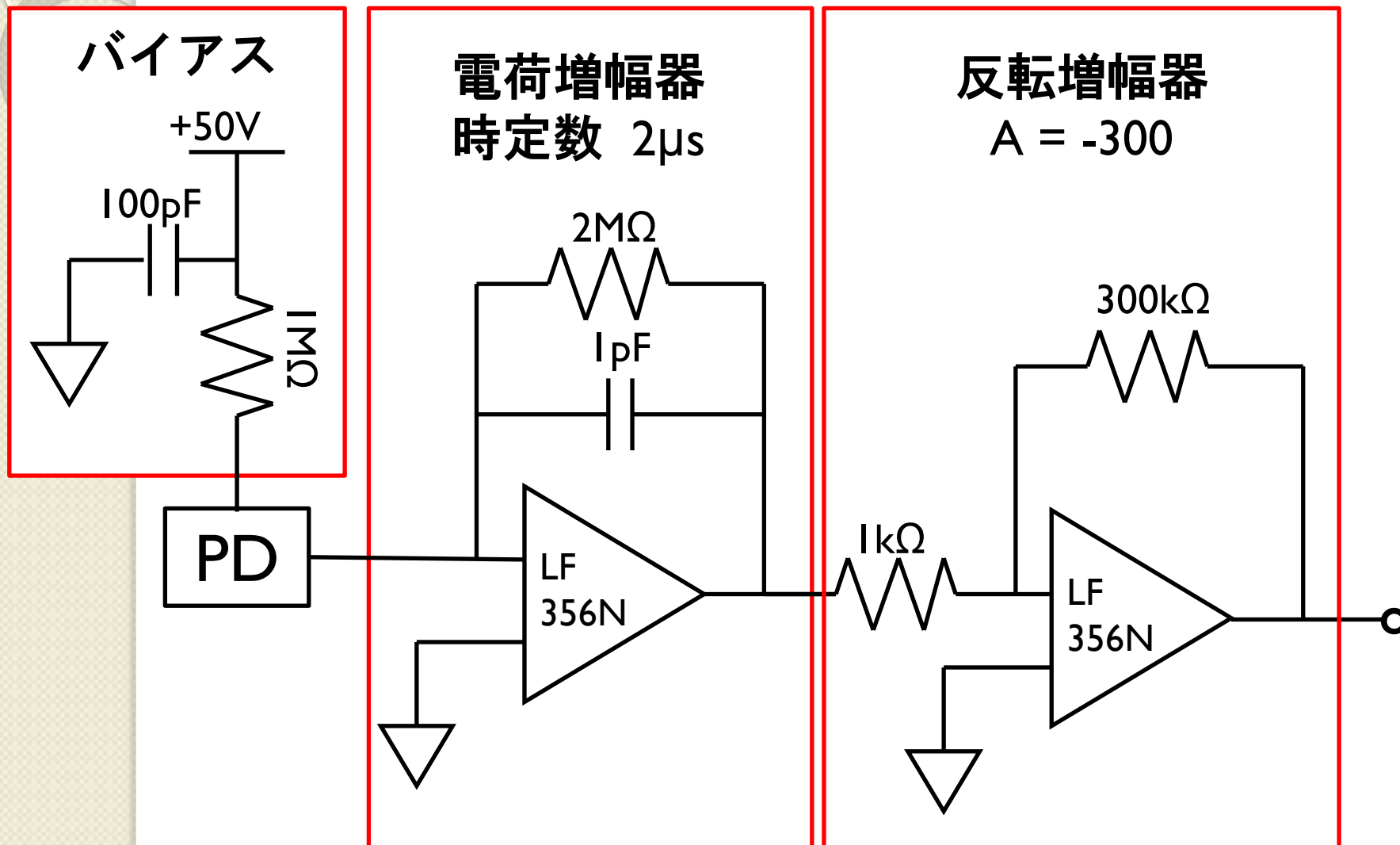
# 無機シンチレータ発光原理





- 
1. 研究の目的
  2. 検出器
  3. 検出器の原理
  - 4. セットアップ**
  5. 測定結果と解析結果
  6. まとめ

# 前置増幅器 (自作)

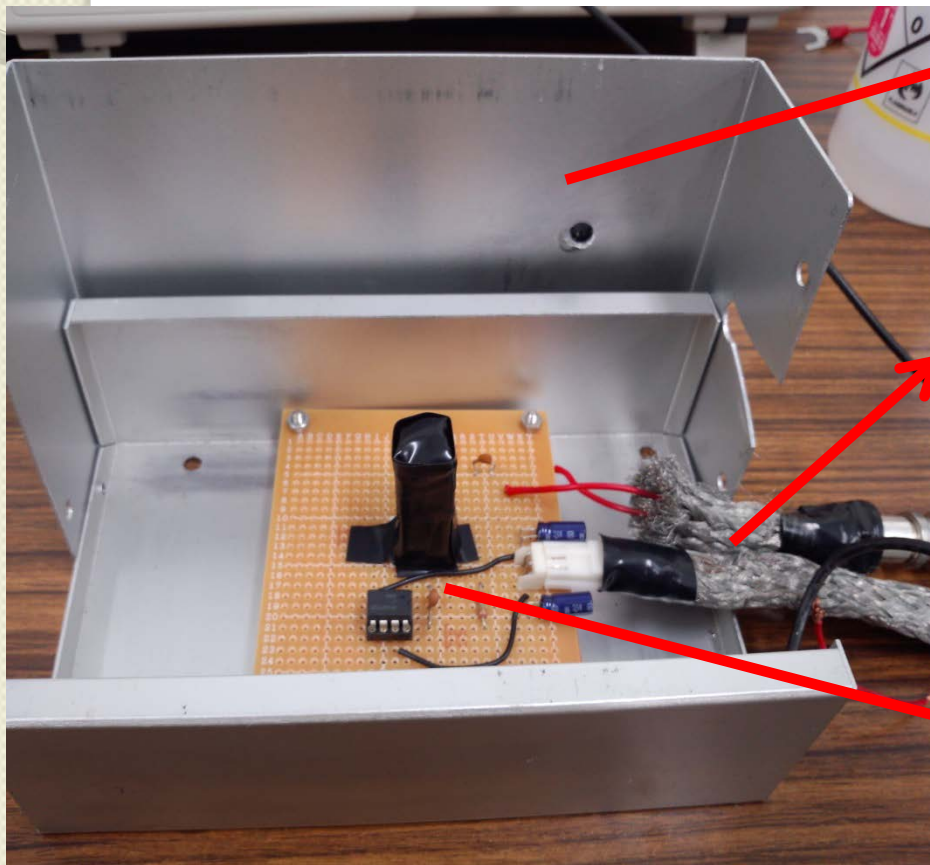


# ノイズ対策①

シャーシで覆う

金属網でケーブルをシールドする

PDとCSAの距離を短くする



# ノイズ対策②

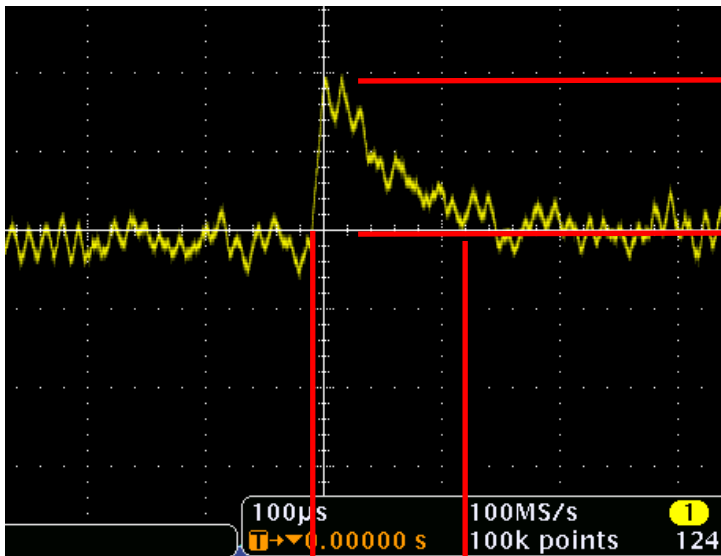


電源同士の  
GRDの強化

クランプフィルタ

# Sr90の $\beta$ 線(2MeV)

PD+シンチでの測定



~200mV

~100 $\mu$ s

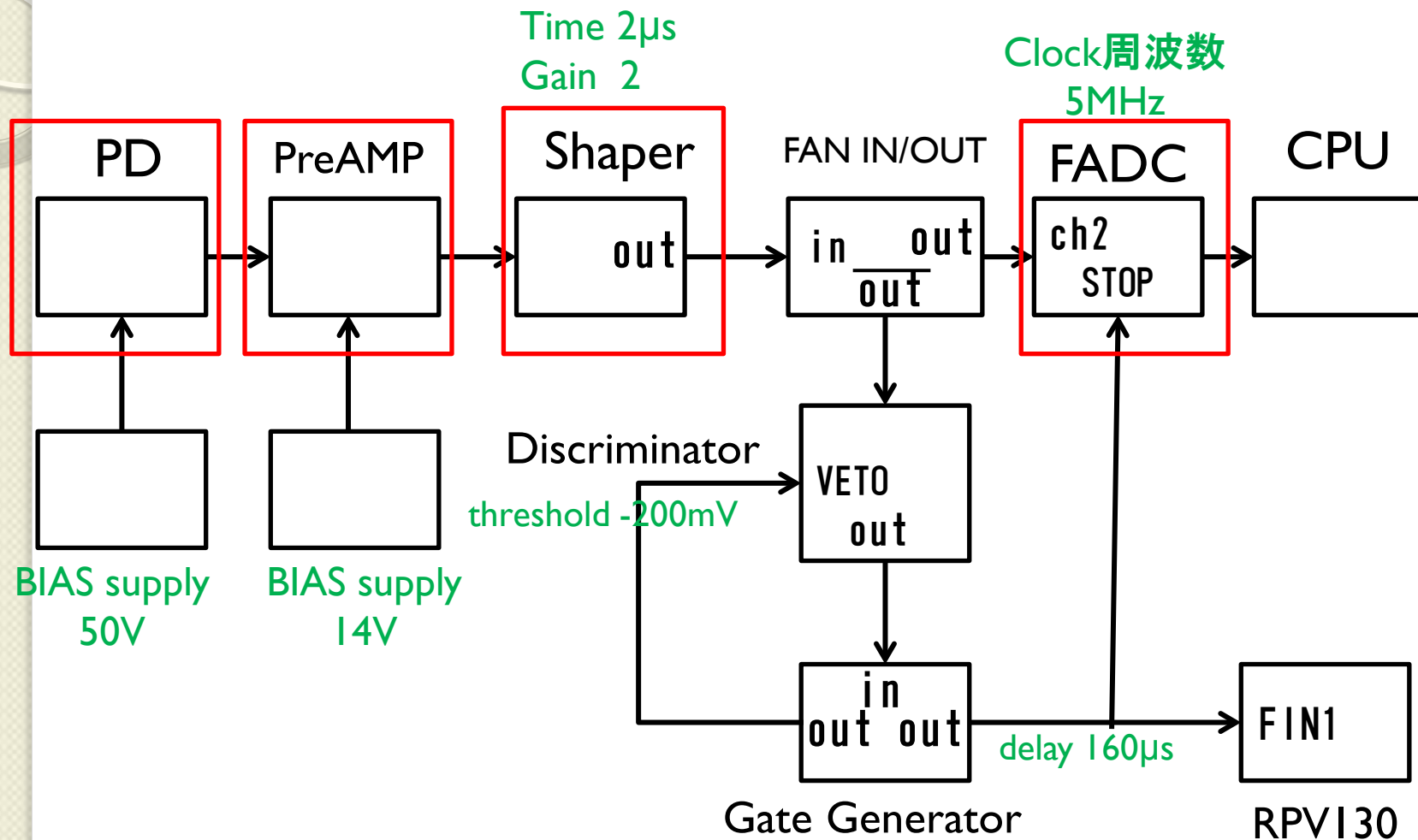
ノイズ

1V(p-p値)



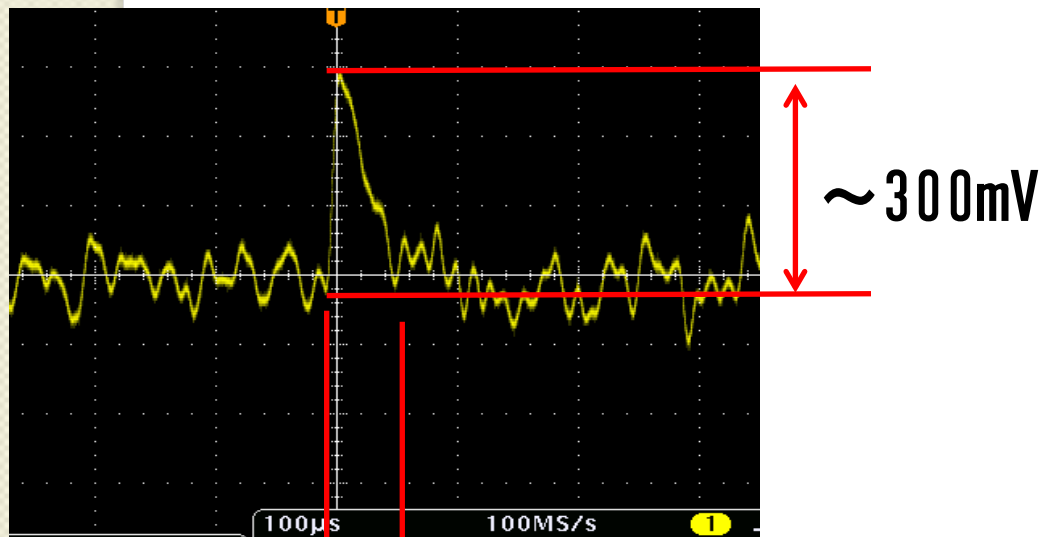
100mV(p-p値)に軽減

# 測定装置のセットアップ



# Shaperを通した波形

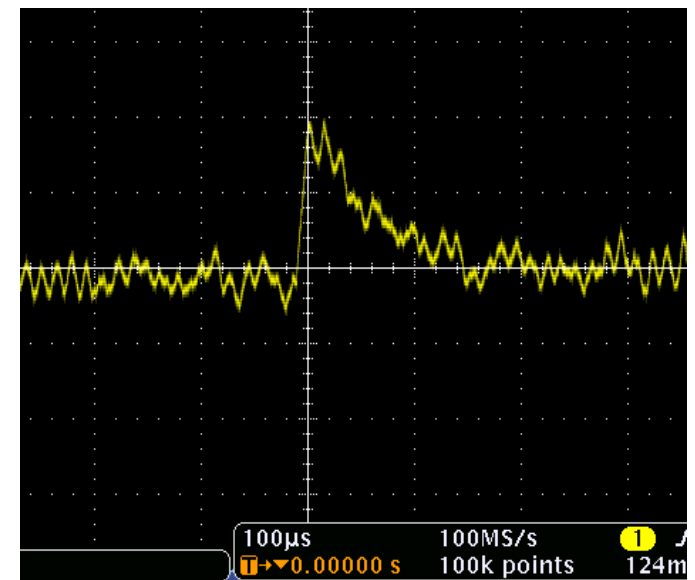
## Shaperを通した波形



PD+シンチでの測定

$\sim 50\mu\text{s}$

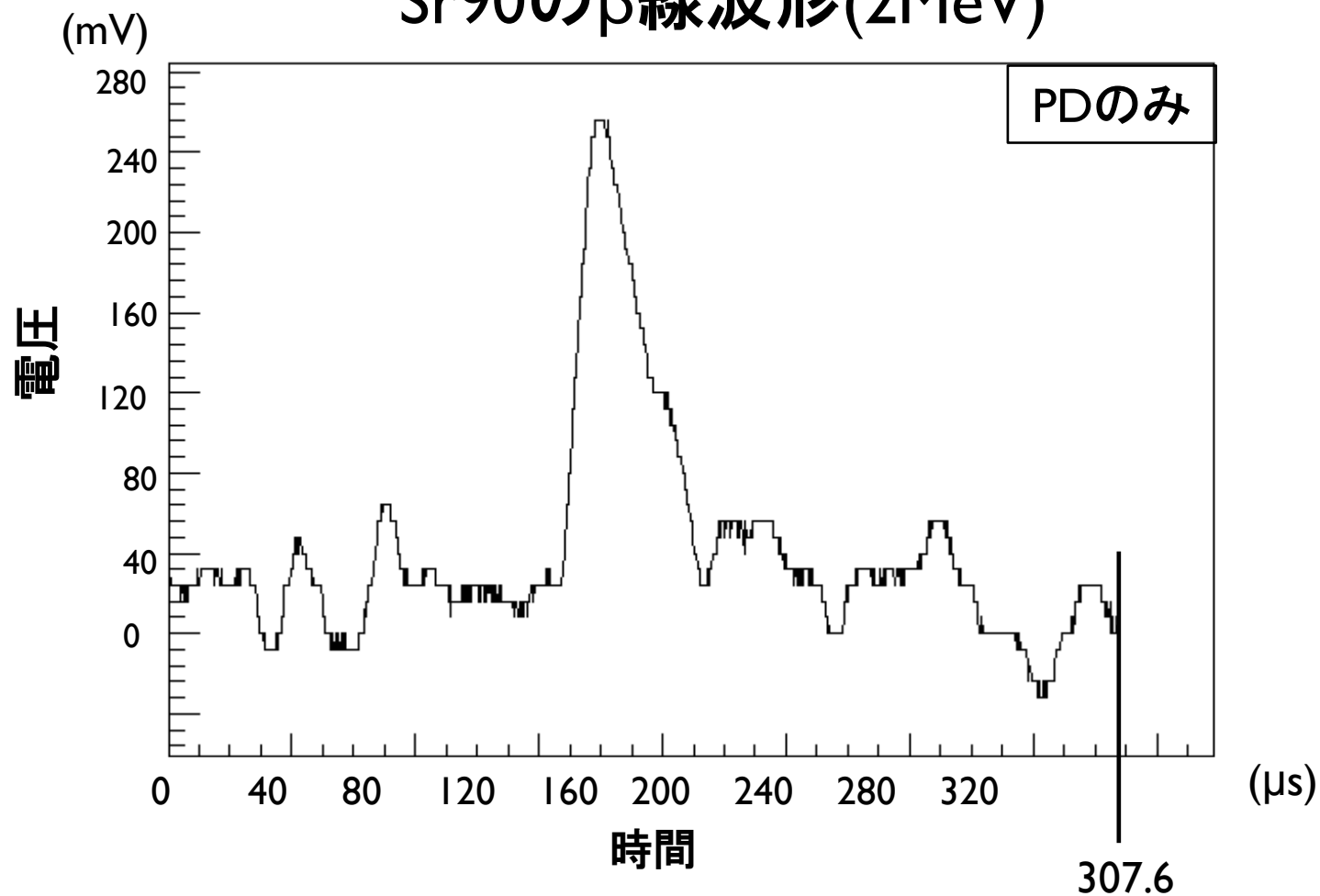
## shaperを通さない波形




PD+シンチでの測定

# FADCで見た波形

## Sr90の $\beta$ 線波形(2MeV)

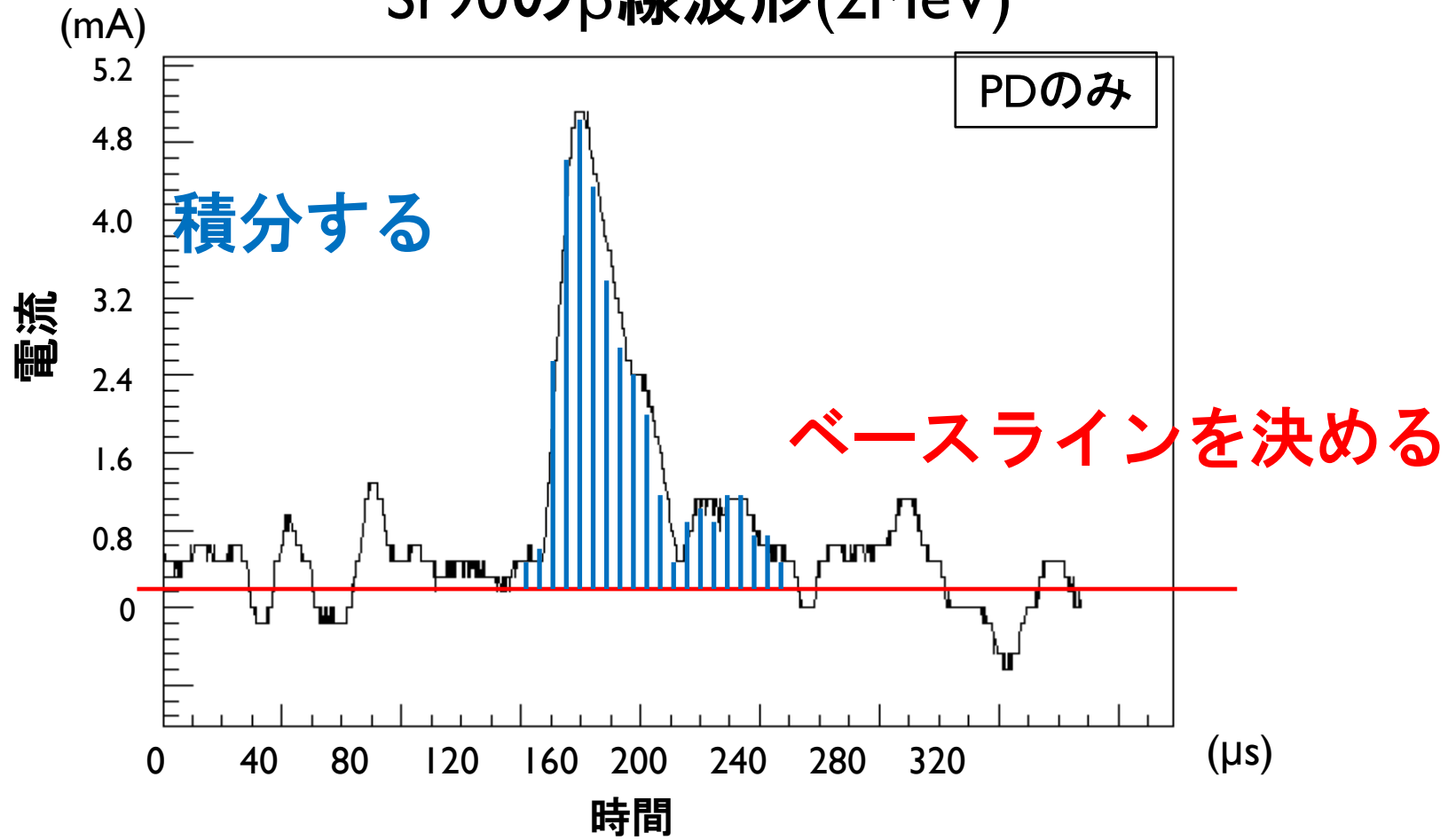




- 
1. 研究の目的
  2. 検出器
  3. 検出器の原理
  4. セットアップ
  - 5. 測定結果と解析結果**
  6. まとめ

# 解析方法

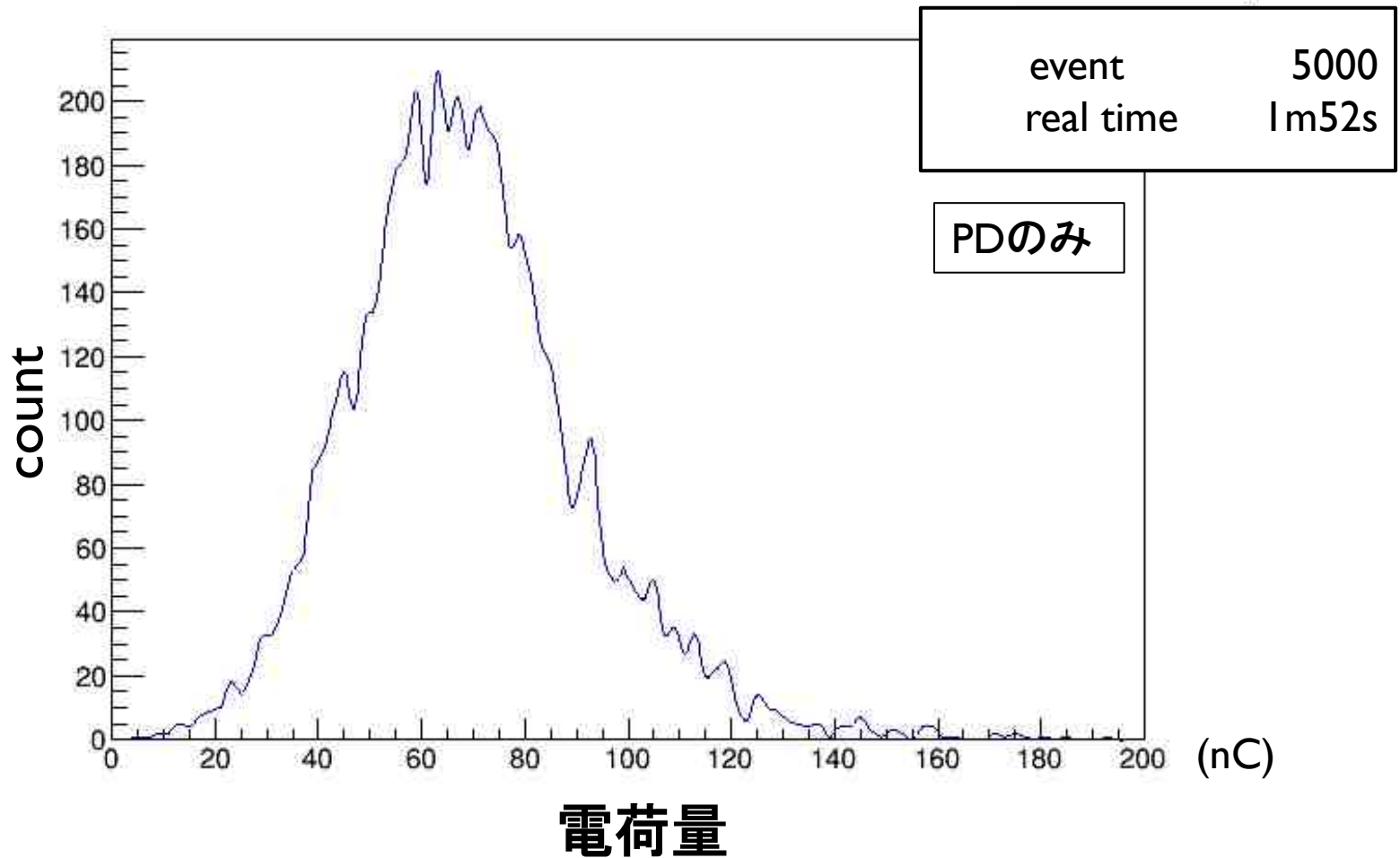
## Sr90の $\beta$ 線波形(2MeV)



電荷量が得られる。

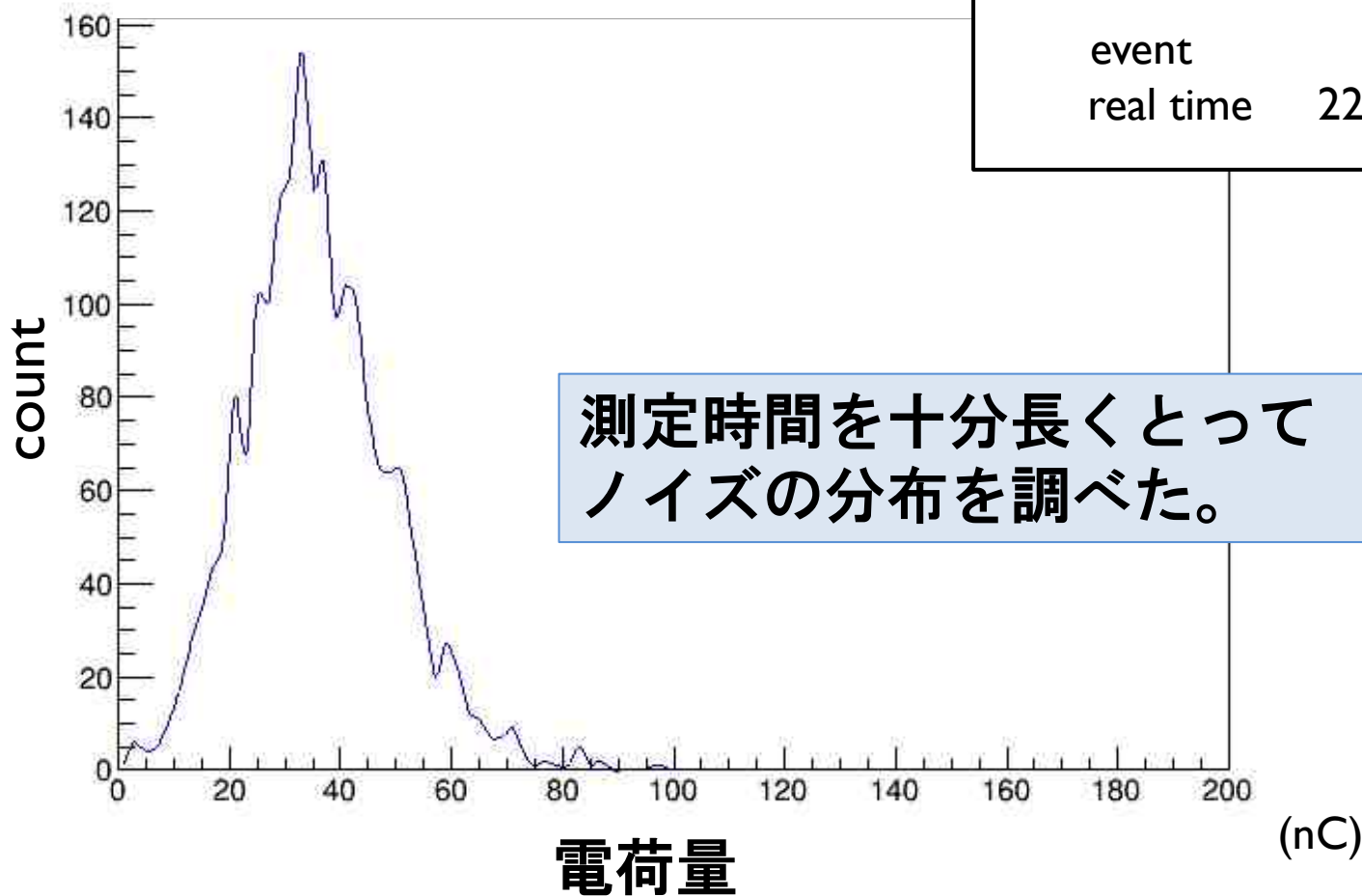
# 解析結果

## Sr90のβ線 積分結果



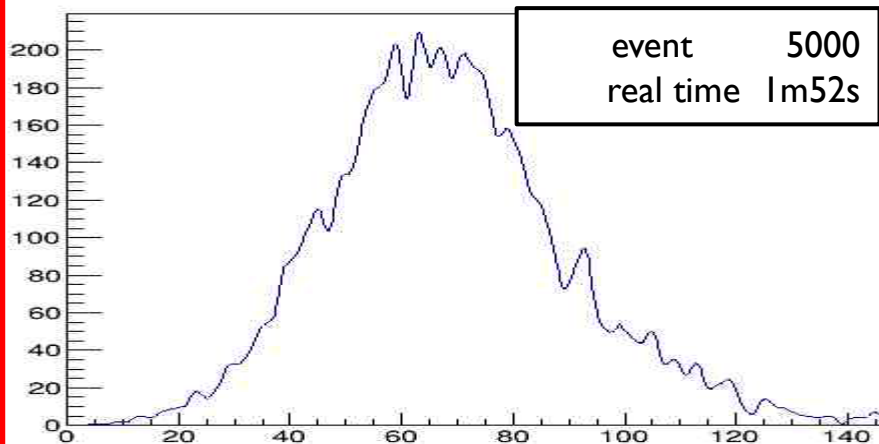
# 線源なしの場合

## ノイズのみの測定結果

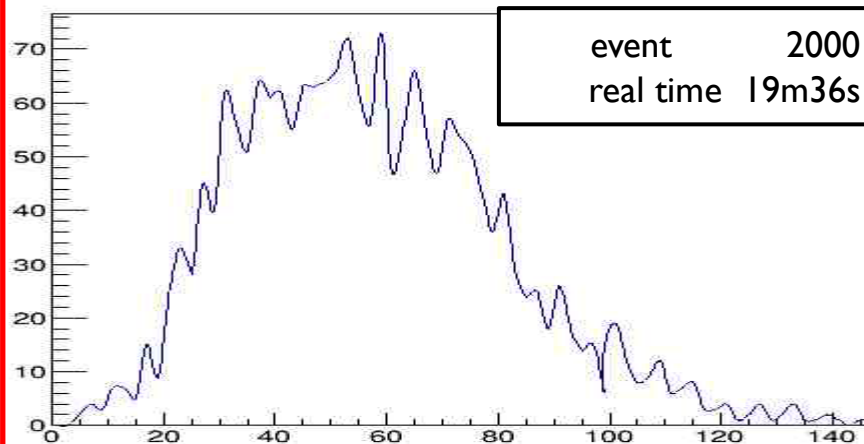


# ベータ線を検出できた

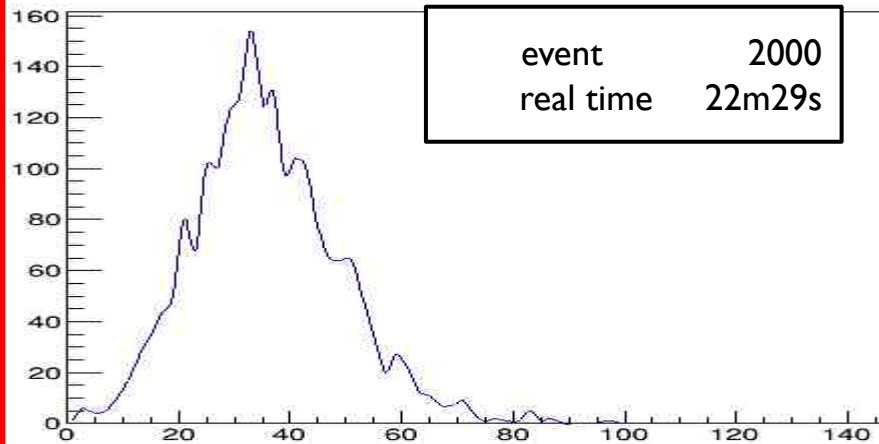
## Sr90の $\beta$ 線 (PDのみ)



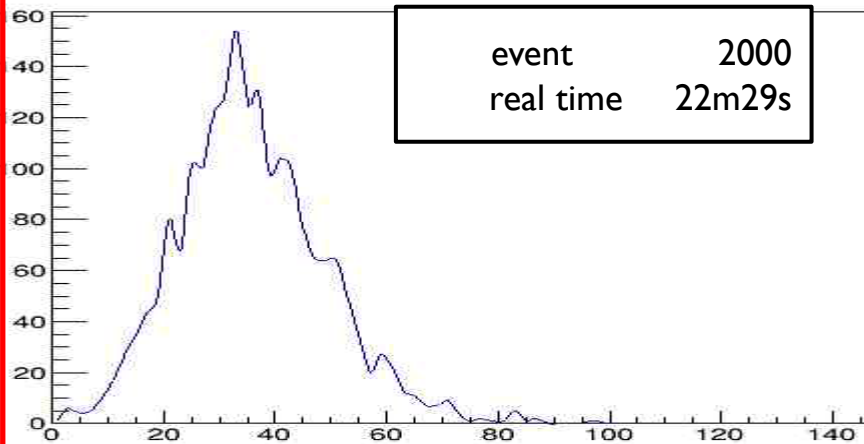
## Sr90の $\beta$ 線 (PD+シンチ)



## ノイズのみの測定結果



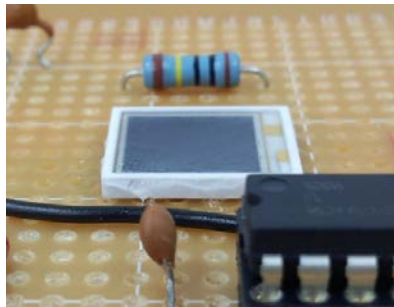
## ノイズのみの測定結果



# ガンマ線の透過率を比較

## 比較方法

- 1 .PDとPD+GSOのそれぞれで  
Sr90、Cs137、Mn54を測定
- 2 .単位時間当たりのカウント数を比較



PD



PD+GSO

# カウント数の比較


PD	イベント数	測定時間(s)	単位時間当たりのカウント(/s)
Sr90	5000	112	<b>44.6</b>
Cs137	5000	812	<b>6.16</b>
Mn54	5000	716	<b>6.98</b>

$$\text{Sr} : \text{Cs} : \text{Mn} = 1 : 0.138 : 0.157$$

PD+シンチ	イベント数	測定時間(s)	単位時間当たりのカウント(/s)
Sr90	2000	1176	<b>1.70</b>
Cs137	1000	272	<b>3.68</b>
Mn54	1000	548	<b>1.82</b>

$$\text{Sr} : \text{Cs} : \text{Mn} = 1 : 2.16 : 1.07$$

**ガンマ線が透過していると言える**

- 
1. 研究の目的
  2. 検出器
  3. 検出器の原理
  4. セットアップ
  5. 測定結果と解析結果
  - 6. まとめ**



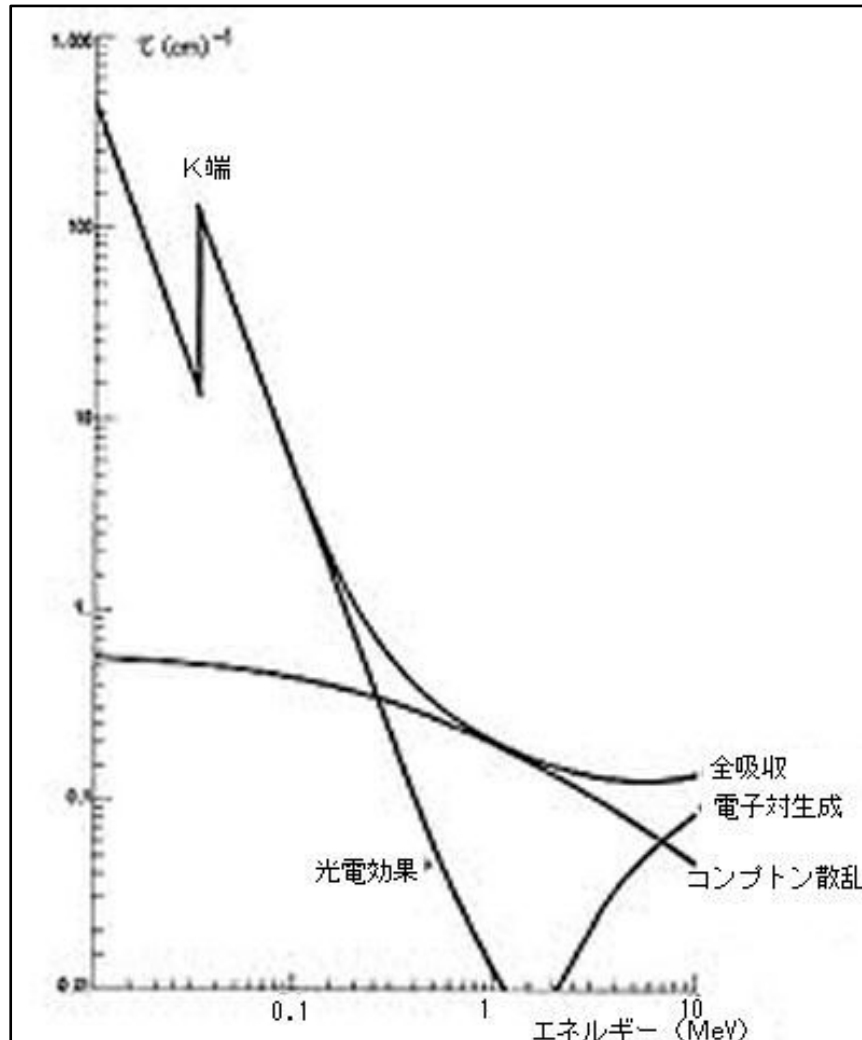
# まとめ

**目的** ETCCの測定エネルギーを高エネルギー側に伸ばすためのPDを用いた高エネルギーベータ線の測定実験。

- 結果**
1. PDでベータ線は止まり、ガンマ線は透過していることが分かった。
  2. しかし、信号が小さいので、ノイズの影響を大きく受けあまりきれいな波形は得られなかった。
  3. エネルギー較正は出来なかった。

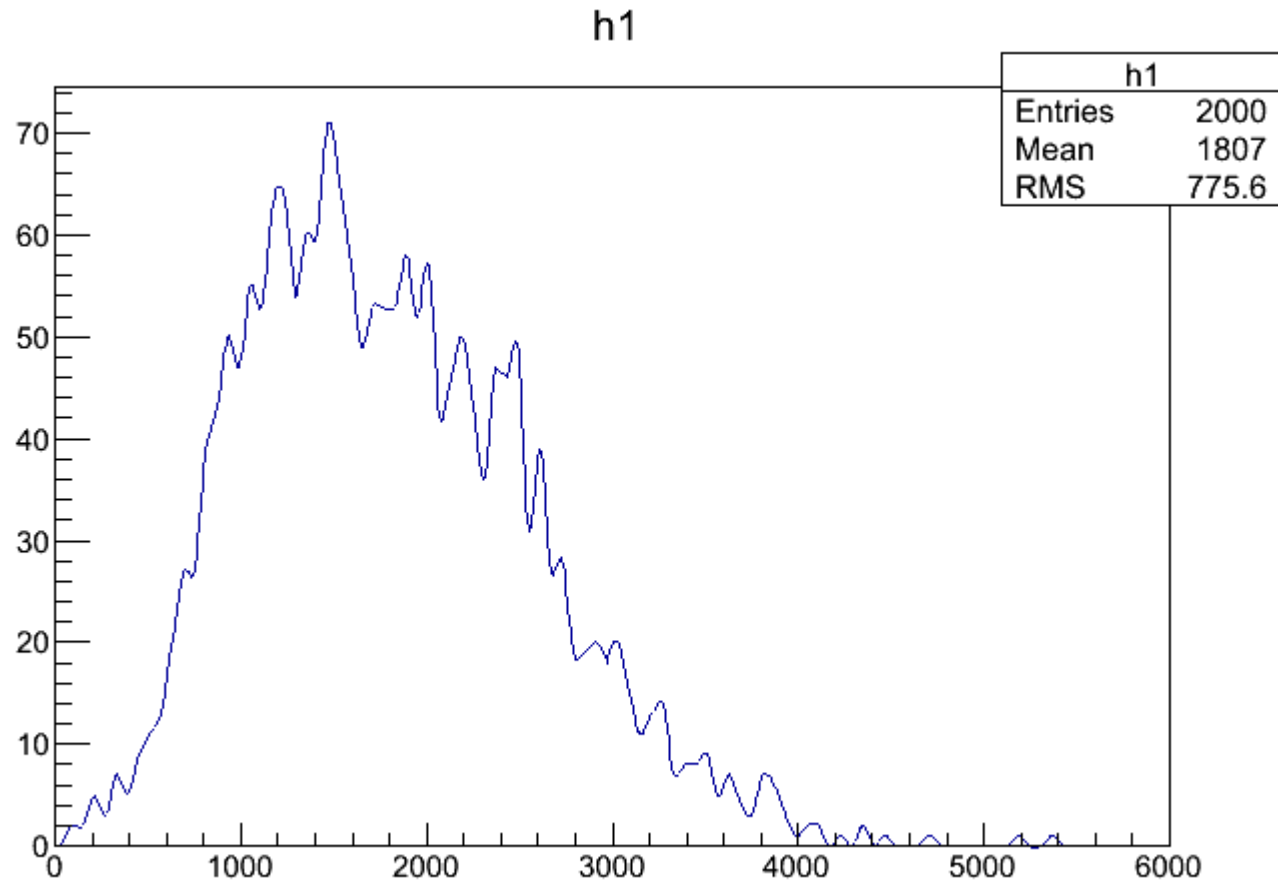
- 今後**
1. プリント基板を用いて回路を作成しなおしさらなるノイズの軽減を図る。
  2. ETCC内で使用する際は、単にベータ線が検出器外部に逃げてしまったという信号を送るために使用する。

# 付録：ガンマ線と物質の相互作用



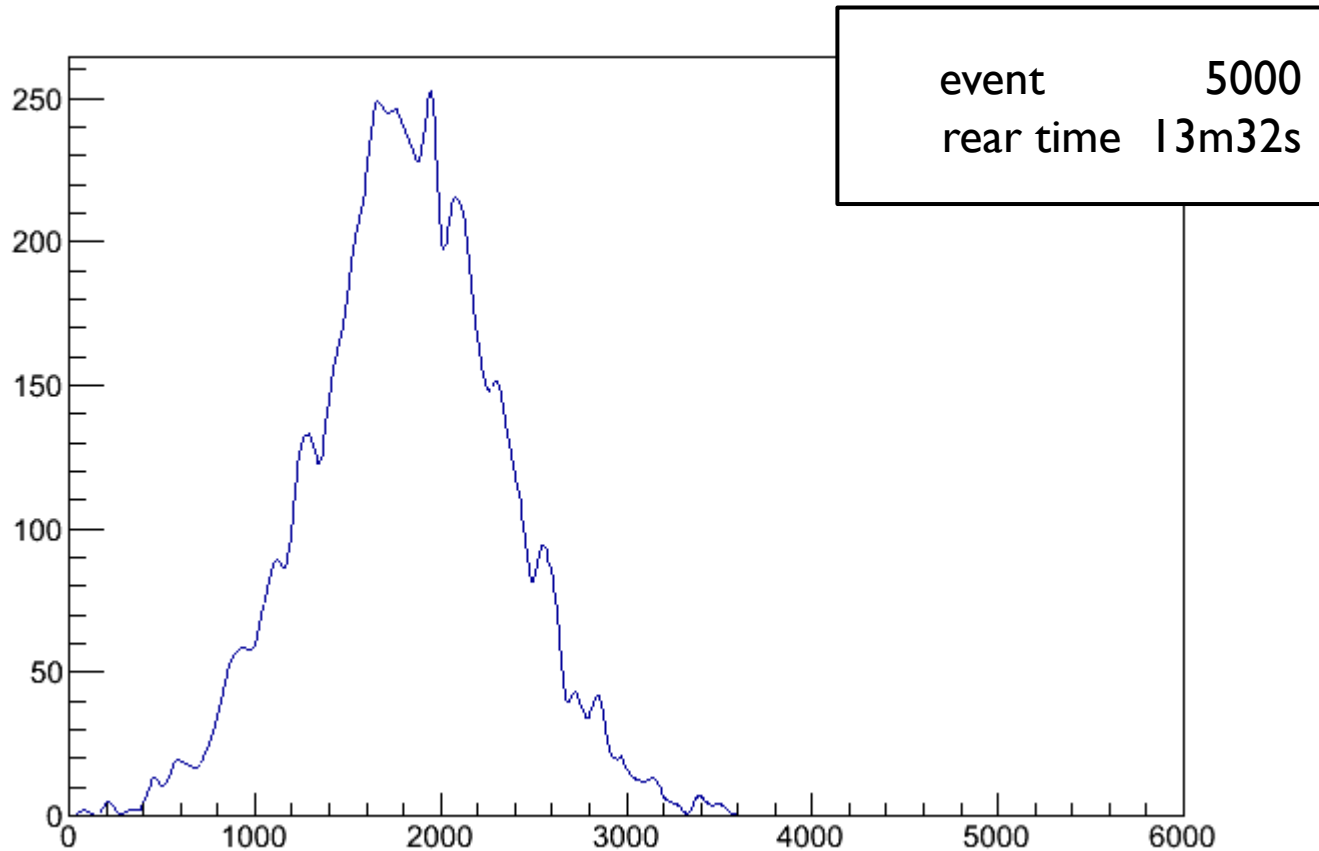
<http://blog.livedoor.jp/nijhousi/archives/52050993.html>

# 付録：Sr90のベータ線 (PD+GSO)



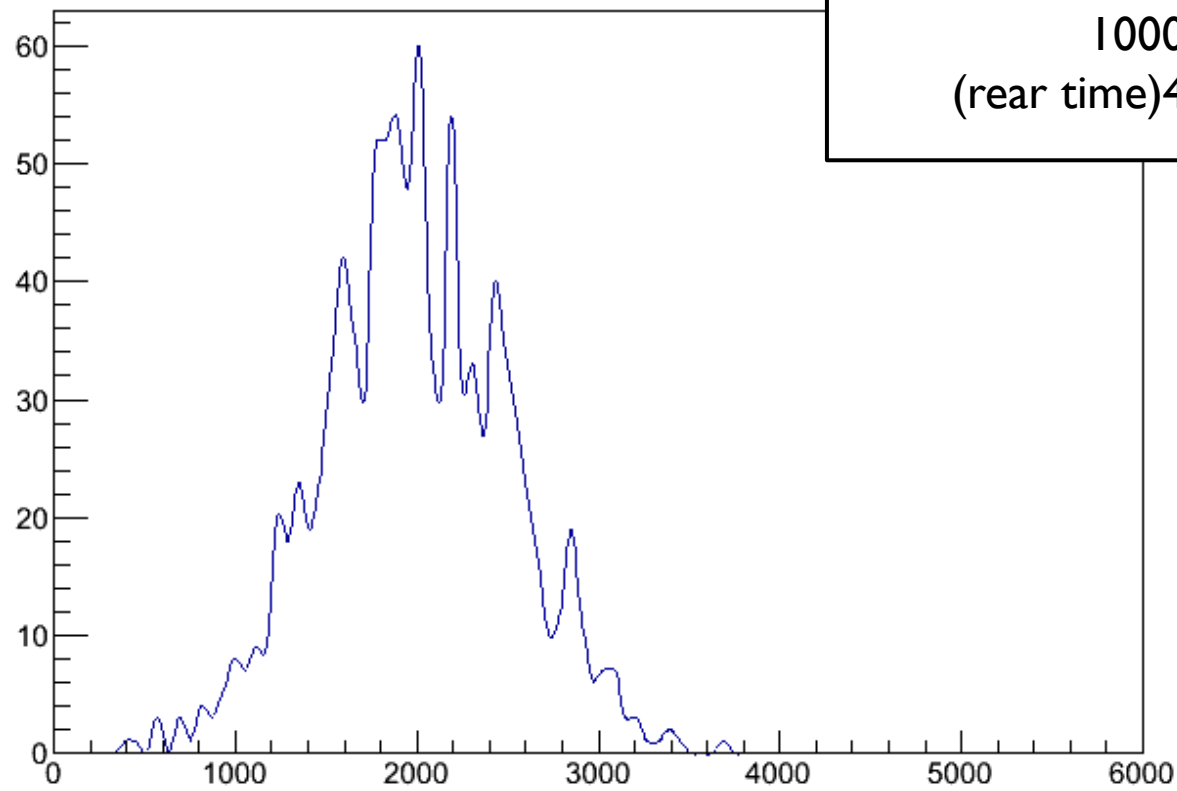
# 付録：Cs137のガンマ線 (PD)

## Cs137の662keV



# 付録：Cs137のガンマ線 (PD+GSO)

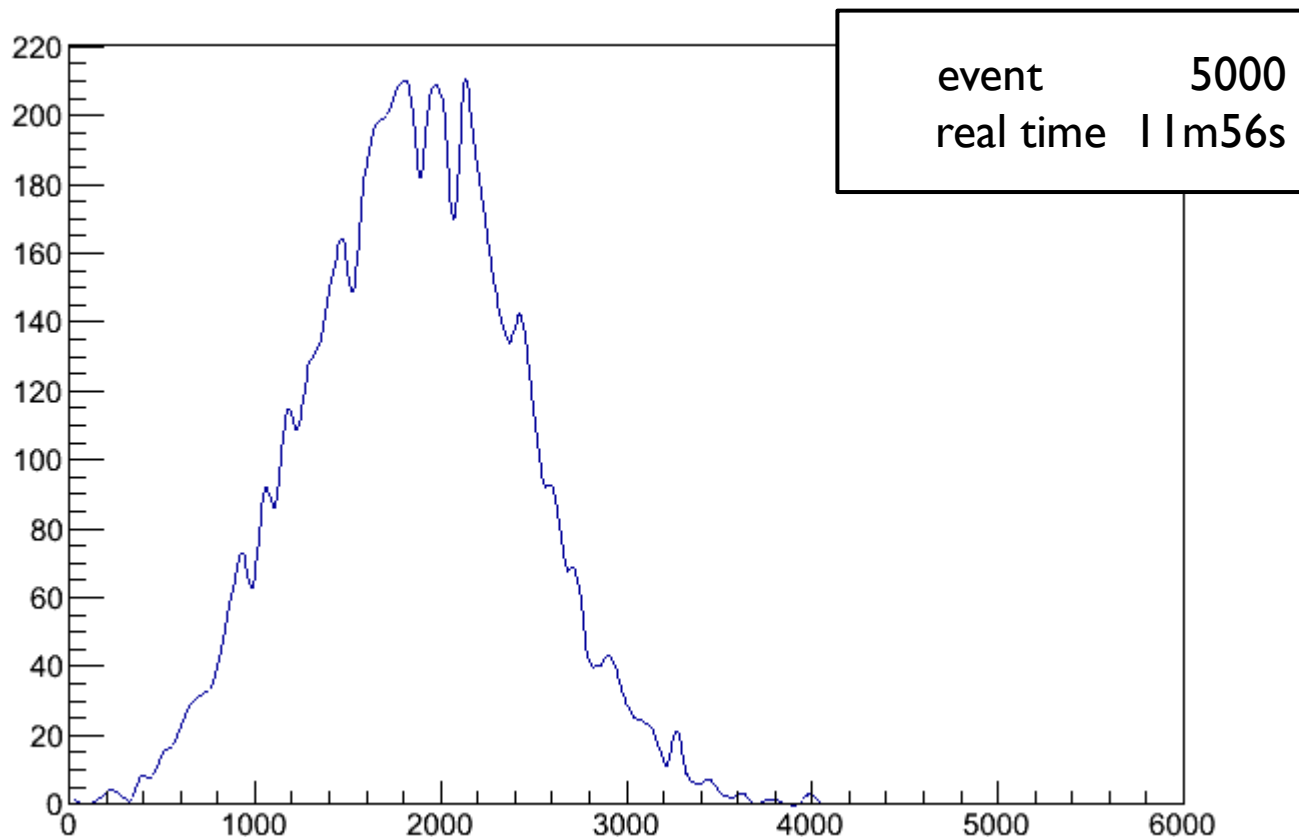
## Cs137の662keV



1000event  
(rear time)4m32s

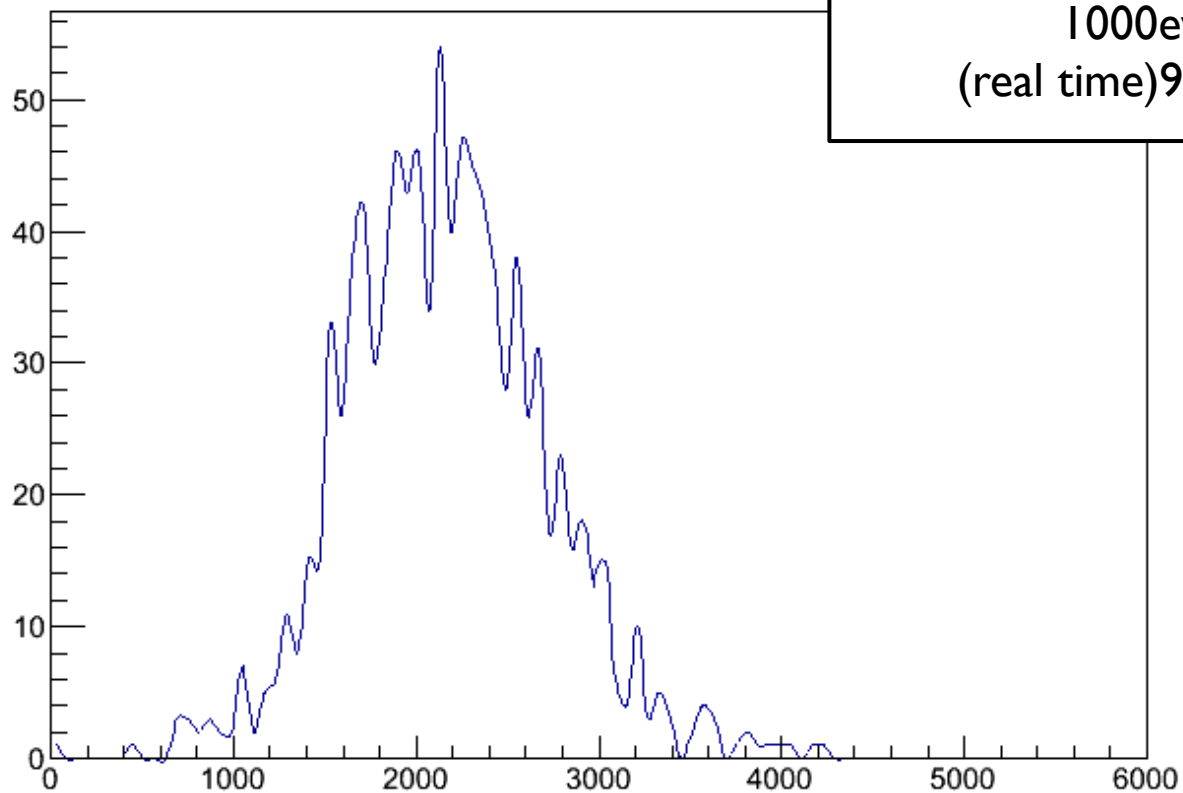
# 付録：Mn54のガンマ線 (PD)

## Mn54の835keV



# 付録：Mn54のガンマ線 (PD+GSO)

## Mn54の835keV



# 付録：発表内容の要約

- 現在のMeVガンマ線天文学の抱える問題は、他のエネルギー領域に比べて感度の良い観測器がないことである。そこで今回は、ETCC内のベータ線検出器に用いる前提でフォトダイオードの性能を調べた。結果は、ノイズが大きく、信号が弱いため、波形がノイズの影響を大きく受けたいびつな形になりベータ線検出器としては不向きであることが分かった。