

# ロジックシンセサイザーを活用した トリガーによる宇宙線測定

奈良女子大学

B4

津嶋桃子

# 目次

- 研究背景と目的
- 宇宙線とは
- 使用した装置について
- 実験とその結果
- まとめ

# 研究背景と目的



今まではNIMモジュールを使ってロジックを作っていたが、これを使用すると左の写真のように複雑になってしまう。

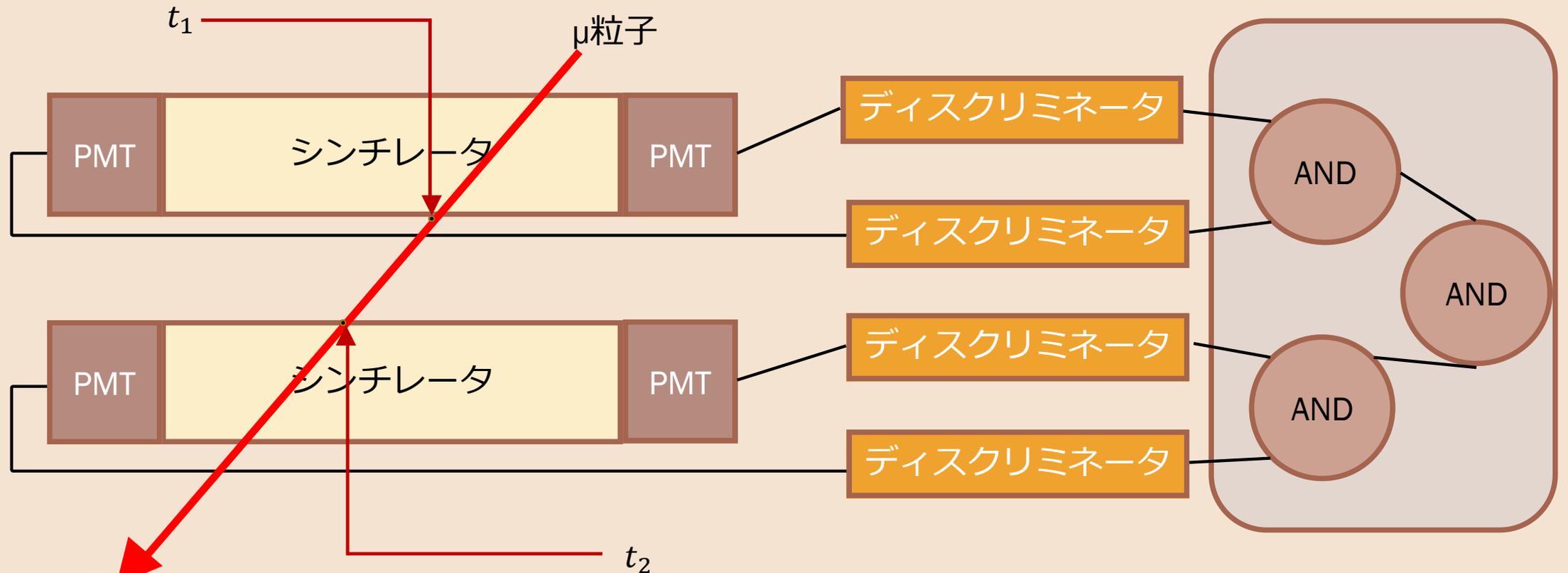
BRoaDモジュールを使用すると、パソコンの中でロジックが組めるのですっきりする。



→BRoaDモジュールを使いこなして、宇宙線を観測したい。

# 研究背景と目的

- 最終的には、以下のようなセットアップで宇宙線 $\mu$ 粒子の速度を測定したい。

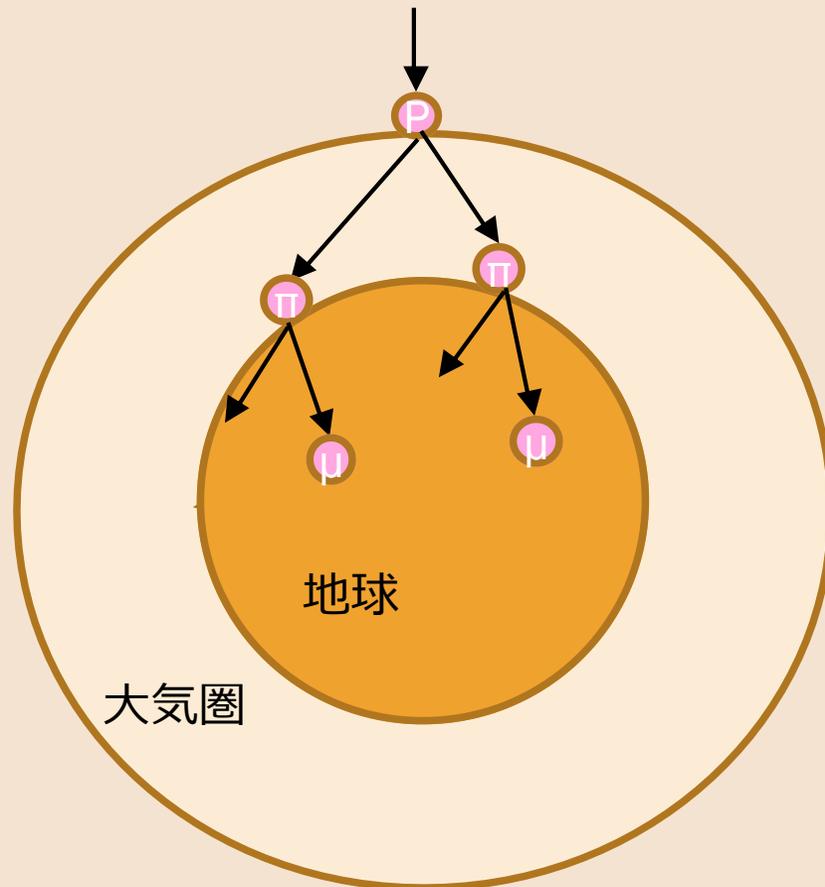


# 目次

- 研究背景と目的
- 宇宙線とは
- 使用した装置について
- 実験とその結果
- まとめ

# 宇宙線とは

宇宙から地球に絶えず降り注ぐ高エネルギーの放射線のこと



地球に降り注ぐときは、ほとんどが $\mu$ 粒子になっている。  
→だから、一番観測しやすい $\mu$ 粒子を測定する。

# 目次

- 研究背景と目的
- 宇宙線とは
- 使用した装置について
- 実験とその結果
- まとめ

- 
- ・ BRoaDモジュールとは
  - ・ NIMモジュールとは

# BRoaDモジュールとは



## できること

- ・ 入力信号を“Delay”、“Counter”、“Measure”などの機能や、“and”、“or”、“not”などの論理演算子を自由に組み合わせて適用できる。
- ・ 内部で任意の信号を生成してパルスジェネレータとして使用できる。
- ・ ソフトウェアを使用してロジックを自由に構成できる。
- ・ 構成したロジックはPC内に保存できる。

# BRoaDモジュールとは

## 実際の操作画面

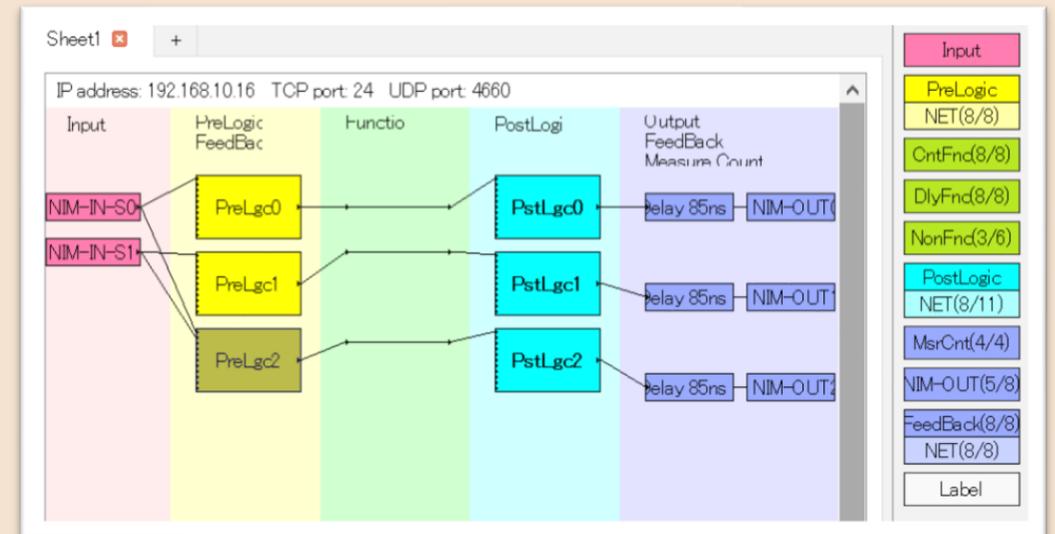
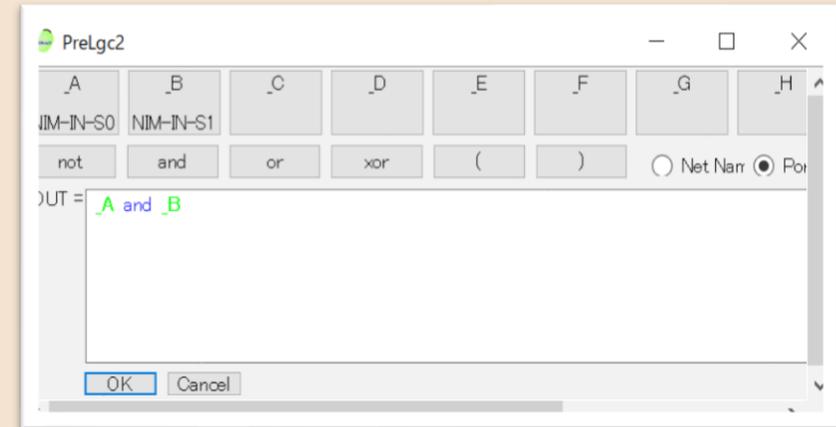
ピンク ...入力 (input)

黄色、青...ロジック(PreLogic/PostLogic)  
ロジックパーツを配置できる

黄緑 ...Function(CntFnc/DlyFnc/NonFnc) 入力波形を調整する

濃い青 ...OutPut(NIM-OUT)  
出力ポートの設定、計測結果の保存ができる  
※計測できる内容

- GATEの時間
- 入力信号が 1 の時間
- 入力信号の 0 から 1 への遷移の回数
- 入力信号の遷移の回数



# NIMモジュールとは

従来使用していたモジュール



赤：High Voltage 高電圧を印加する電源モジュール

緑：Discriminator ある一定の電圧を越えるアナログ信号が入力されたとき、その電圧を越えた時刻を起点としてデジタルのロジック信号を出力するモジュール

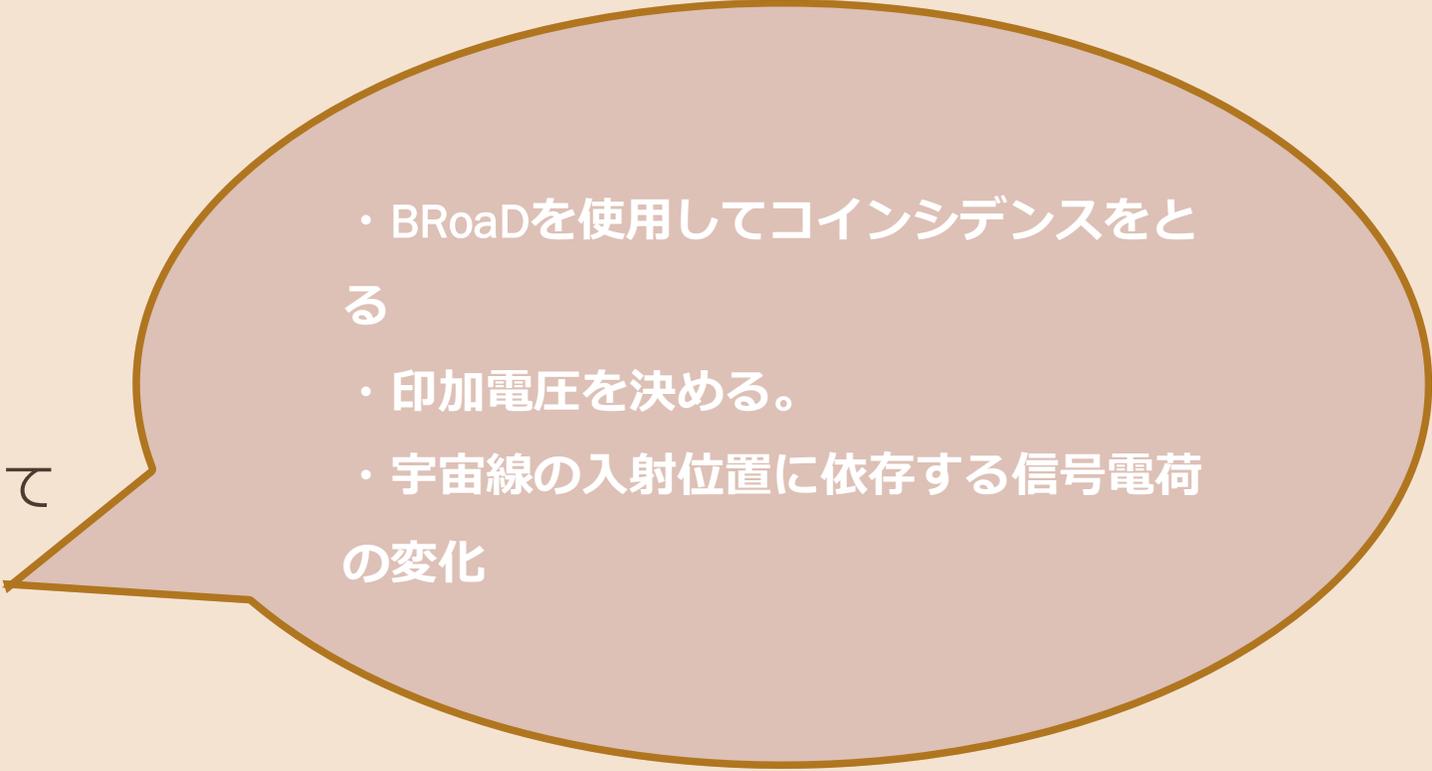
紫：Clock generator 任意の width と周波数の Fast NIM 信号または TTL 信号を出力するモジュール（今回の実験では使用していない）

青：Coincidence 複数のデジタル信号入力が同時に ON となったときのみ信号を出力する。

→BRoaDモジュールは、青の部分の役割を担うことができる。

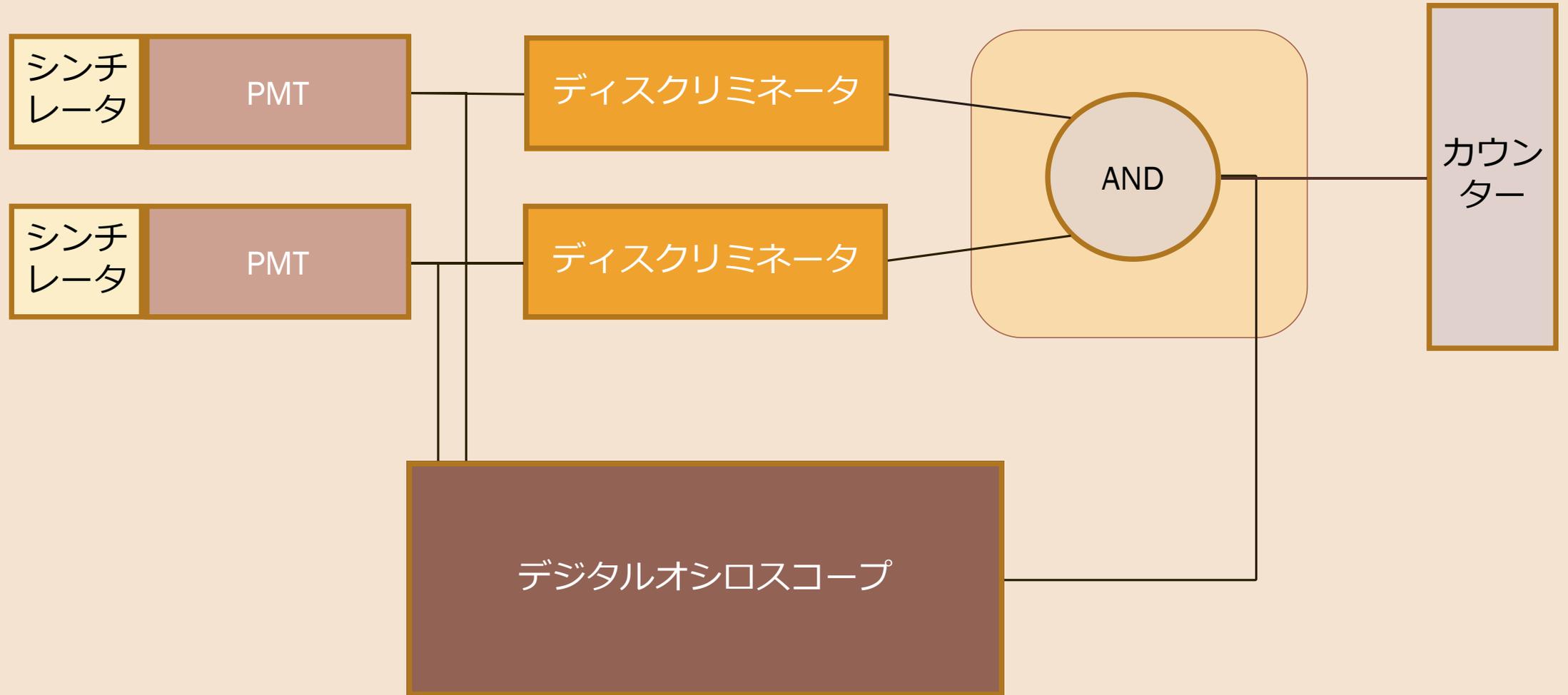
# 目次

- 研究背景と目的
- 宇宙線とは
- 使用した装置について
- **実験とその結果**
- まとめ



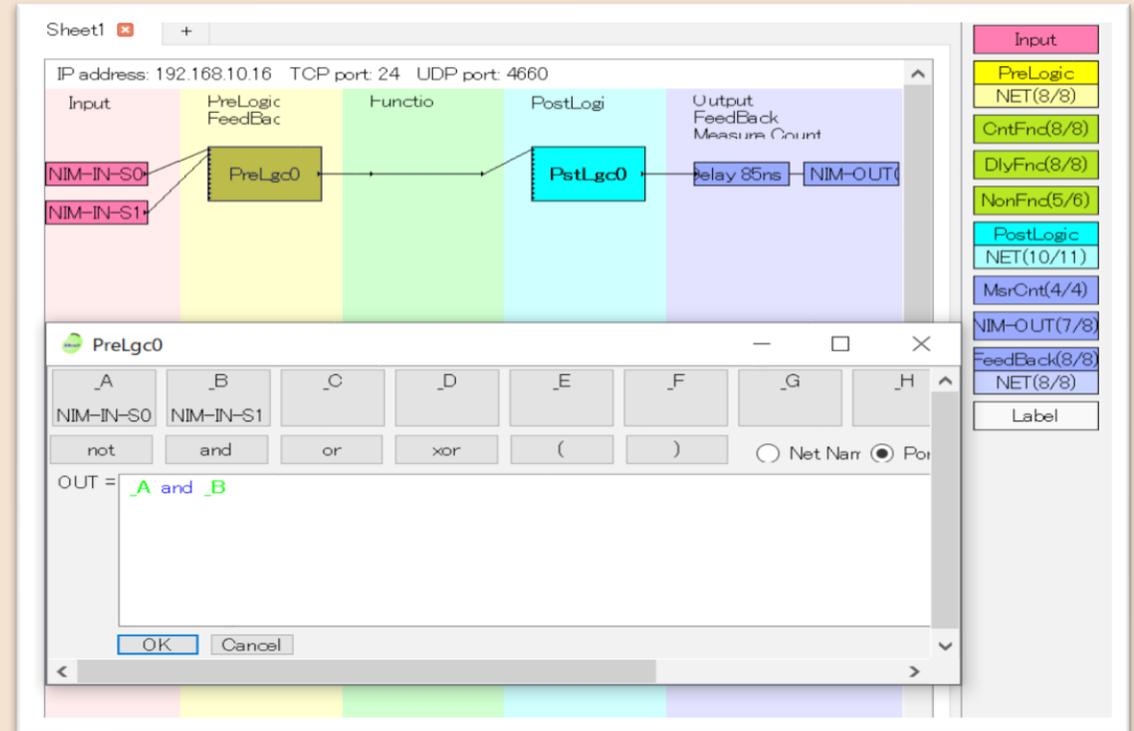
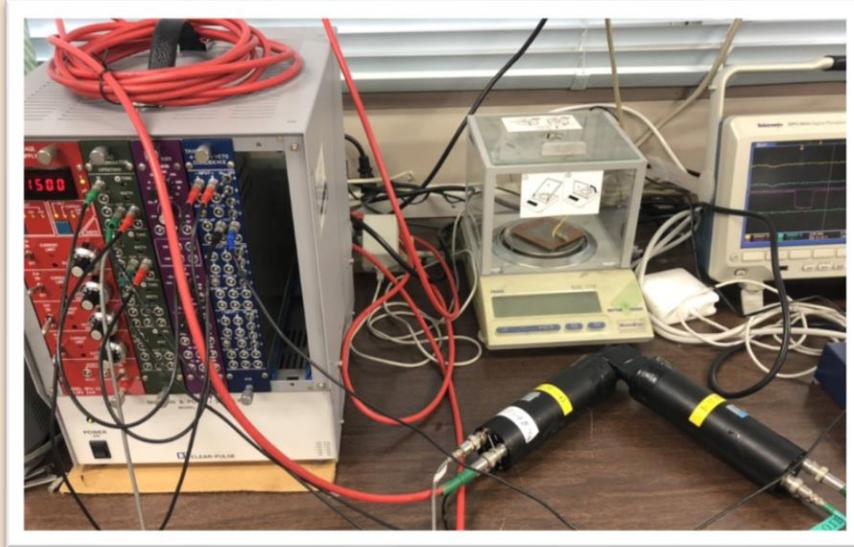
- ・ BRoaDを使用してコインシデンスをとる
- ・ 印加電圧を決める。
- ・ 宇宙線の入射位置に依存する信号電荷の変化

# BRoaDを使用してコインシデンスをとる



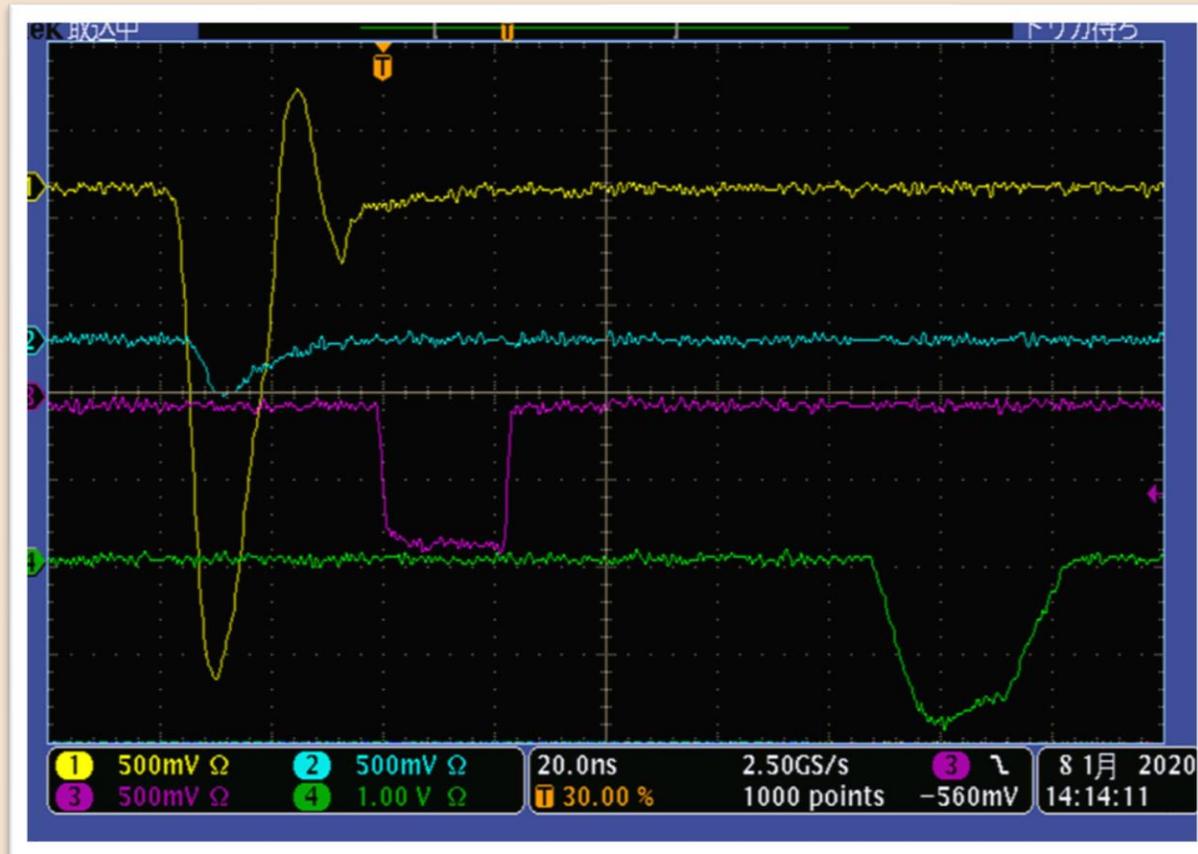
# BRoaDを使用してコインシデンスを取る

## 実際のBRoaDの画面と接続



# BRoaDを使用してコインシデンスをとる

オシロスコープの画面



黄色：1個目のシンチレーションカウンターからの出力信号

青色：2個目のシンチレーションカウンターからの出力信号

ピンク：NIMモジュールによる出力信号

緑：BRoaDによる出力信号

→NIMモジュールと同じくらいのタイミングでBRoaDも信号を出している

# BRoaDを使用してコインシデンスを取る

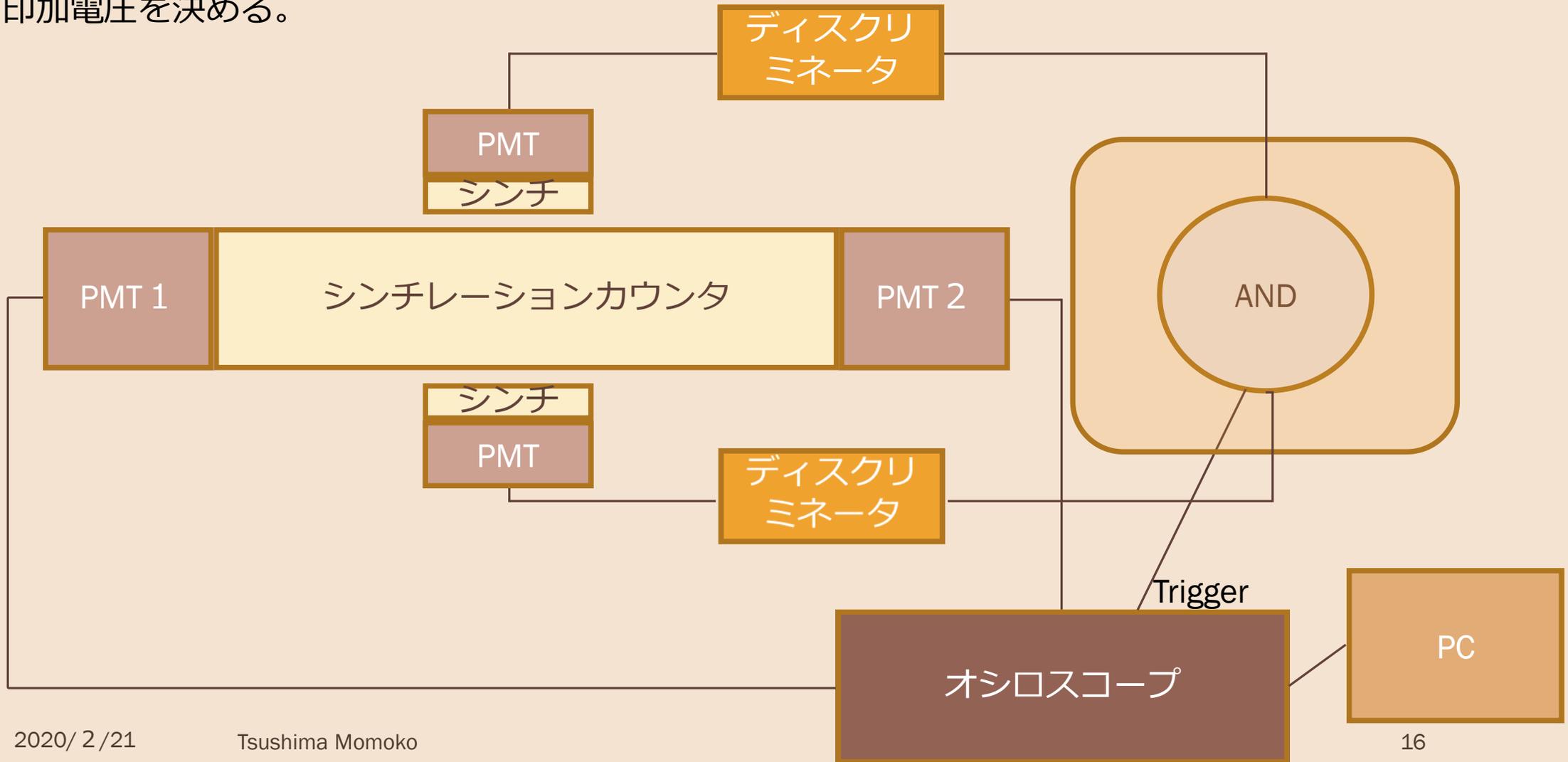
カウンターを使って、正しくコインシデンスをとれているかどうか確認した。



→信号を出力するタイミングがNIMモジュールと同じなので、コインシデンスが取れていることがわかった。

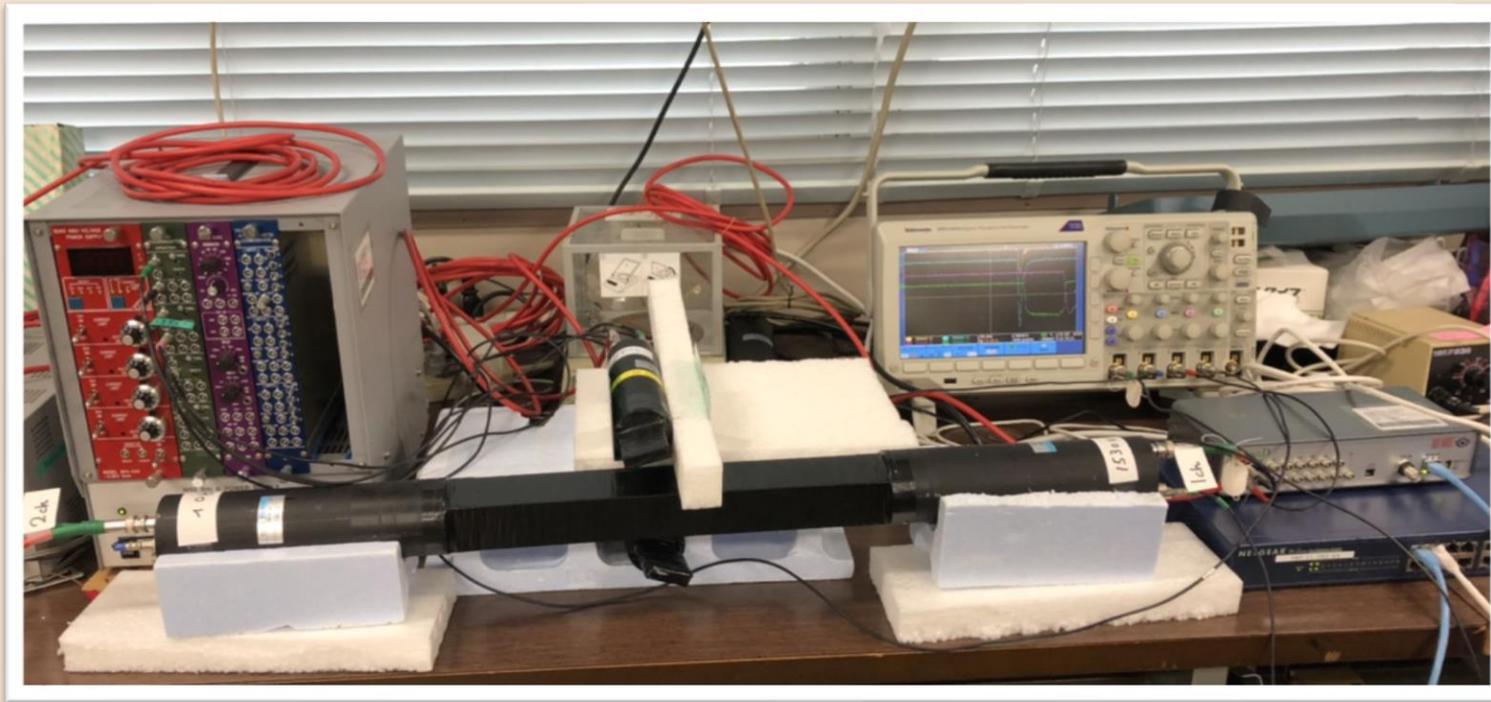
# 印加電圧を決める。

長いシンチレーションカウンタの両端につけているPMTから出力される信号電荷が同じくらいになるように印加電圧を決める。



# 印加電圧を決める。

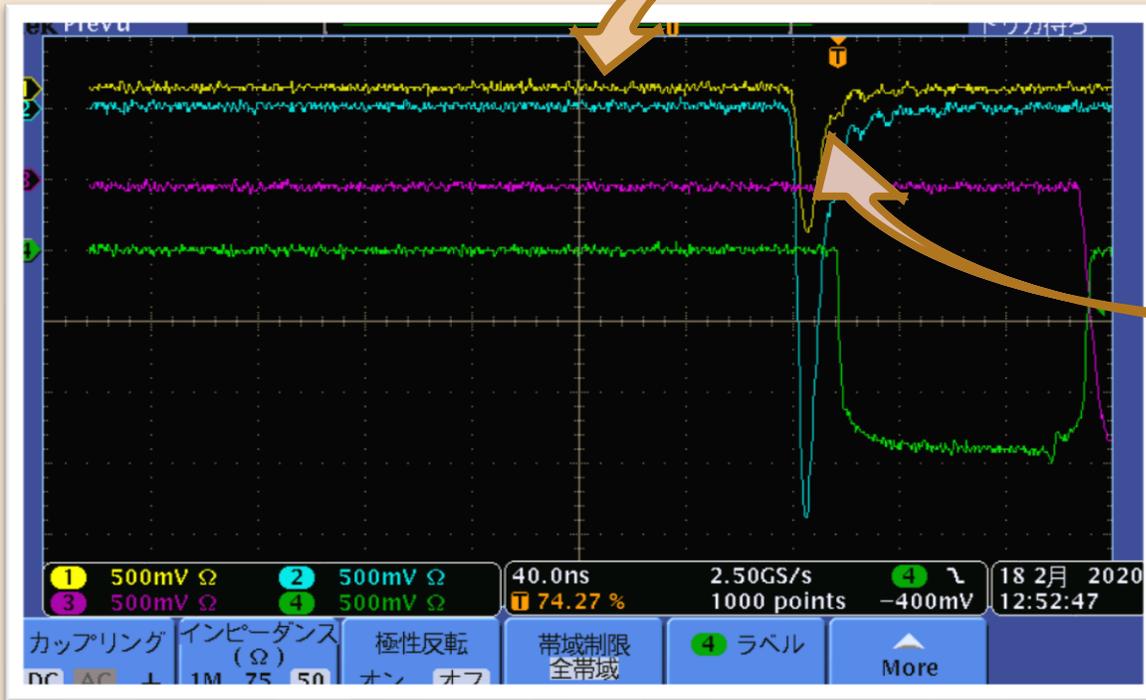
実際のセットアップ



発泡スチロールで囲みこんで、長いシンチレーションカウンタの真ん中に短いシンチレーションカウンタを固定して測定した。

# 印加電圧を決める。

実際のオシロスコープの画面



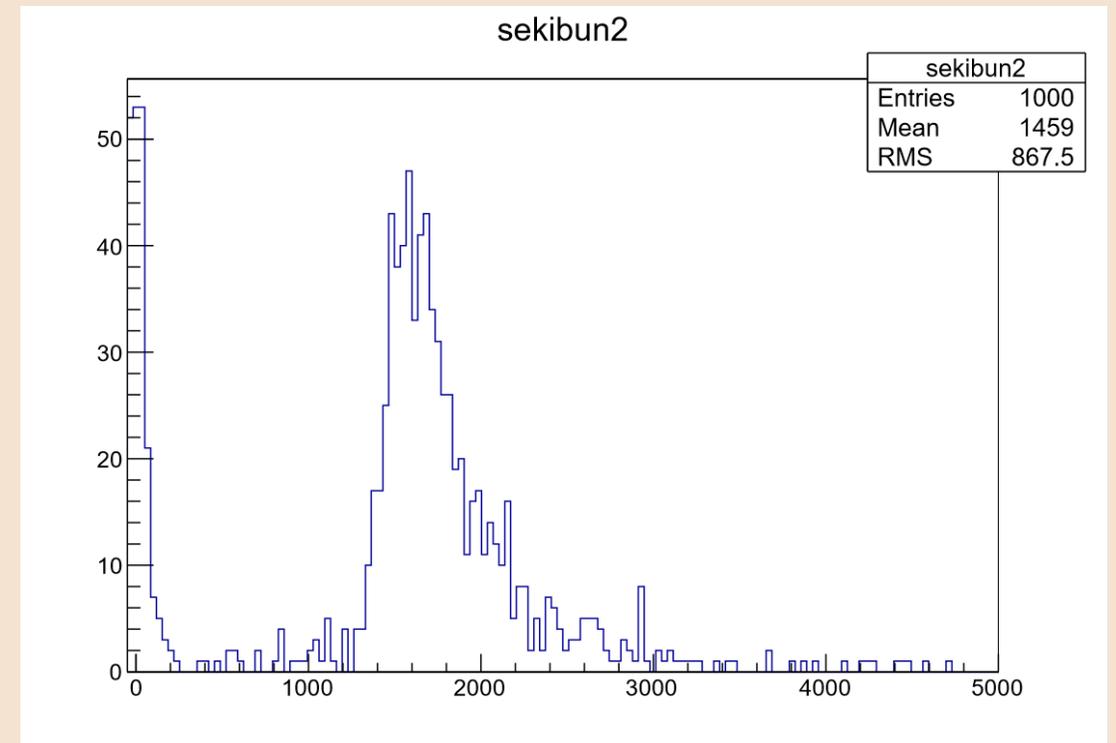
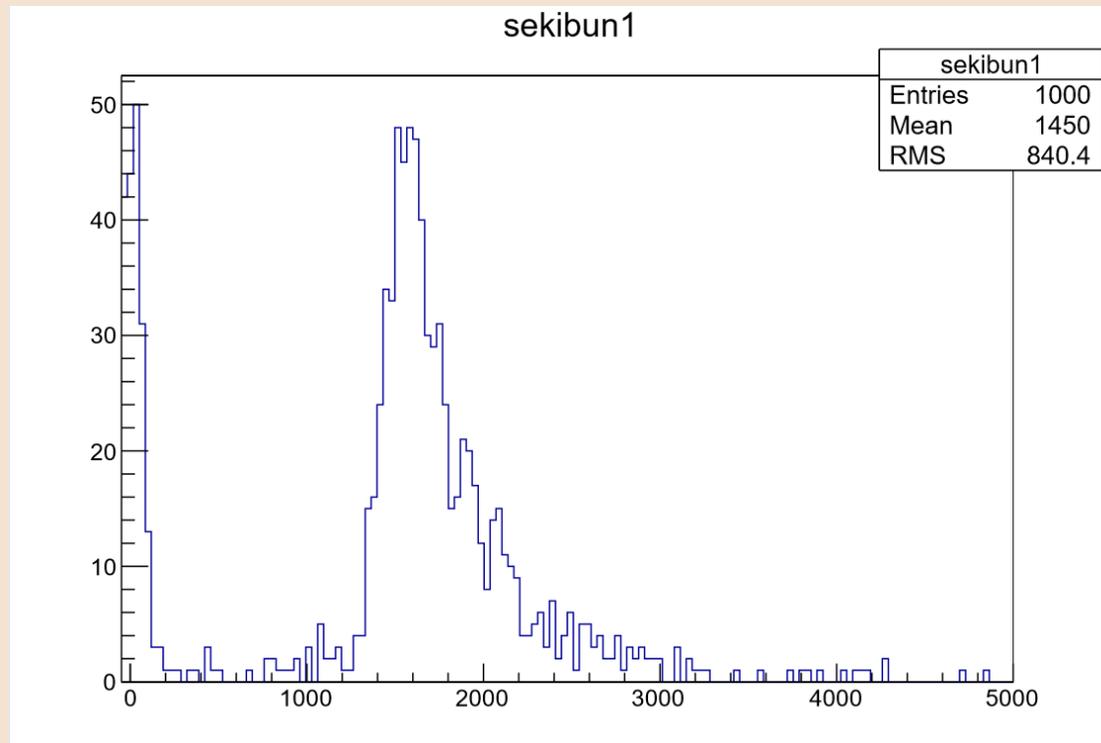
(平らなところの平均 - 下がっているところ) を足し合わせていって、信号パルスの面積を計算して信号電荷を求めた。

信号電荷を同じくらいにするためには...  
→黄色と青のパルスの大きさが同じになるように調整していく。

# 印加電圧を決める。



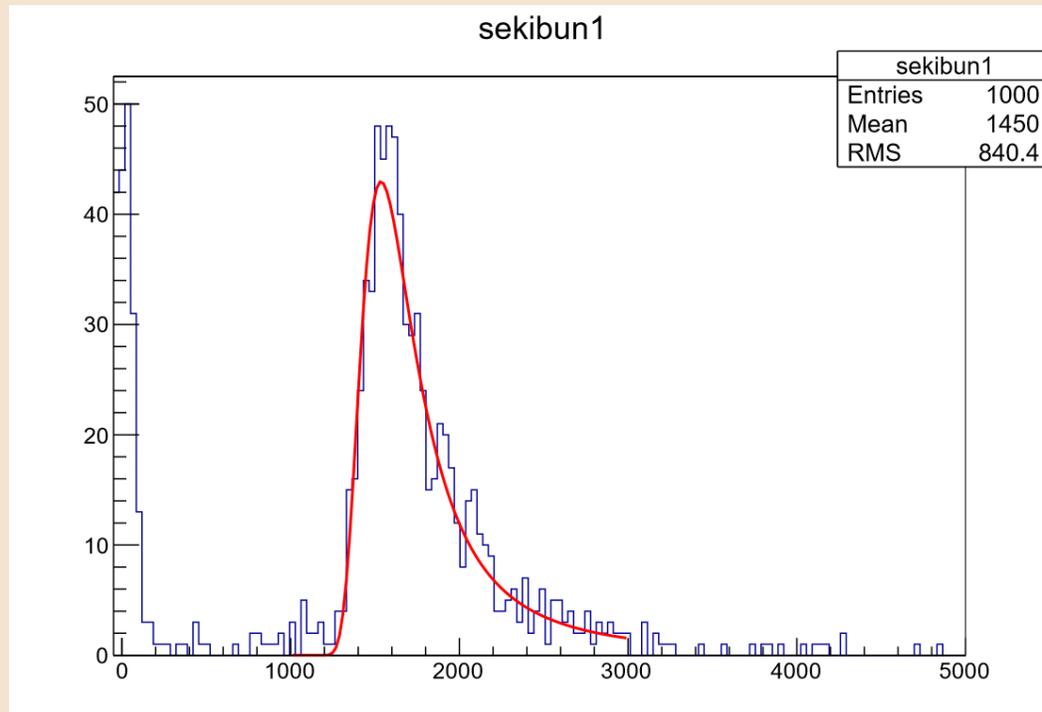
測定結果 (PMT1 : 1530v PMT2 : 1490v)



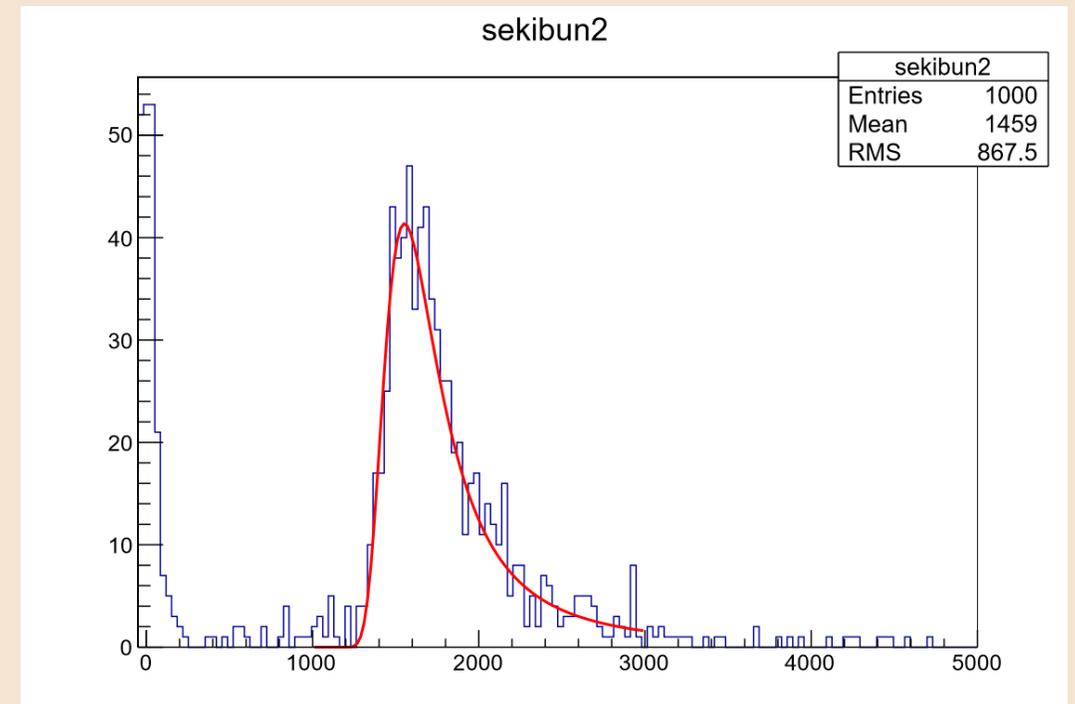
→目視でもわかるくらい、ピーク的位置が同じくらいになったので、landauでFitして、定量的にピーク位置がわかるようにした。

# 印加電圧を決める。

測定結果 (PMT1 : 1530v PMT2 : 1490v)



PMT1  
ピーク位置 :  $1559 \pm 8$

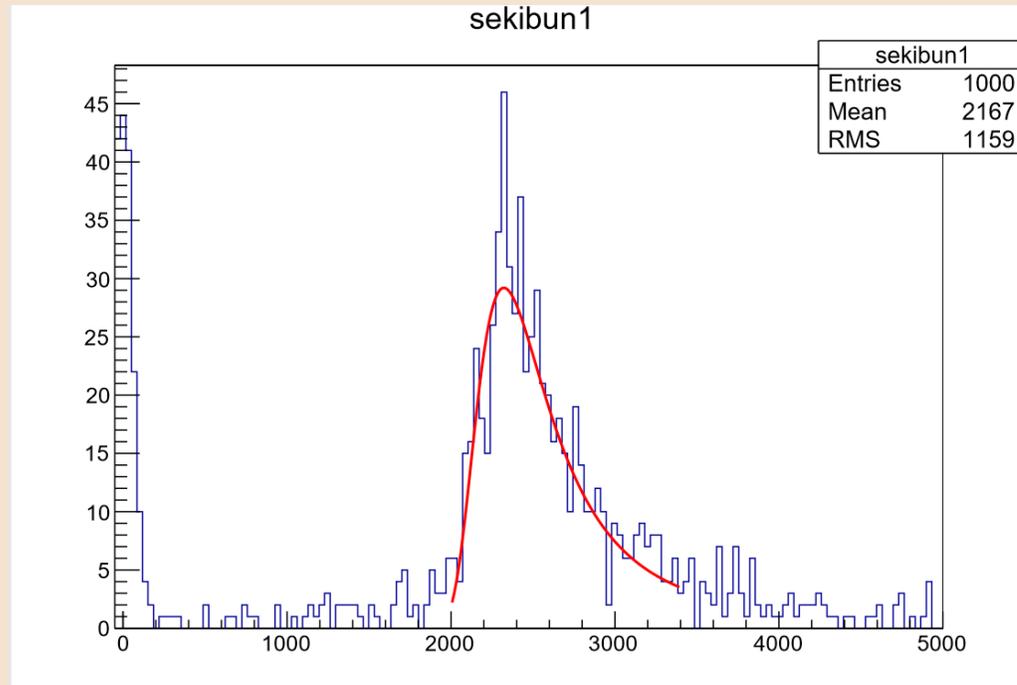


PMT2  
ピーク位置 :  $1576 \pm 9$

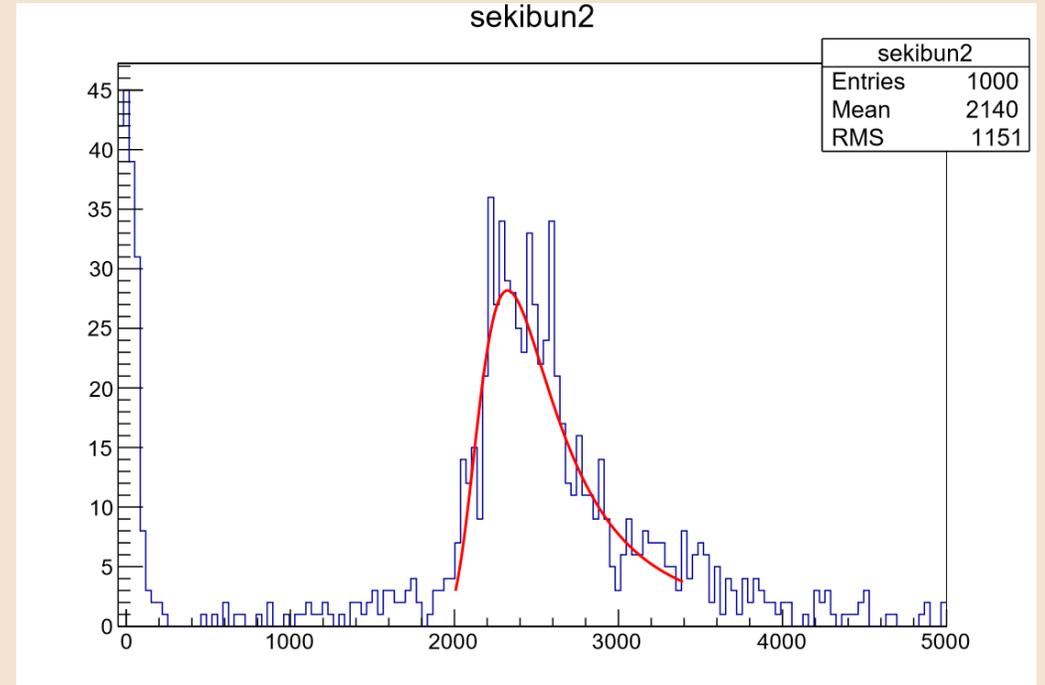
→ピーク位置が一致した。

# 印加電圧を決める。

測定結果 (PMT1 : 1500v PMT2 : 1535v)



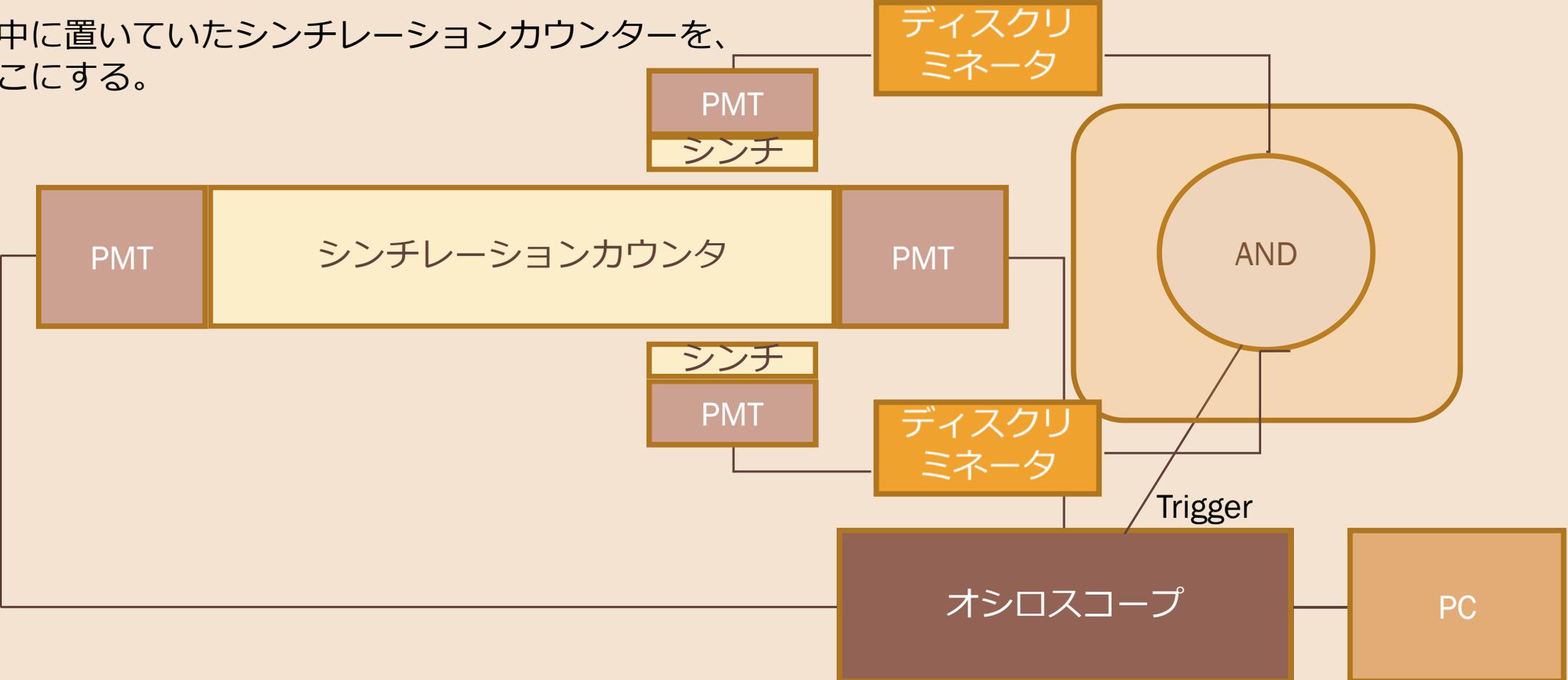
PMT1  
ピーク位置 :  $2354 \pm 13$



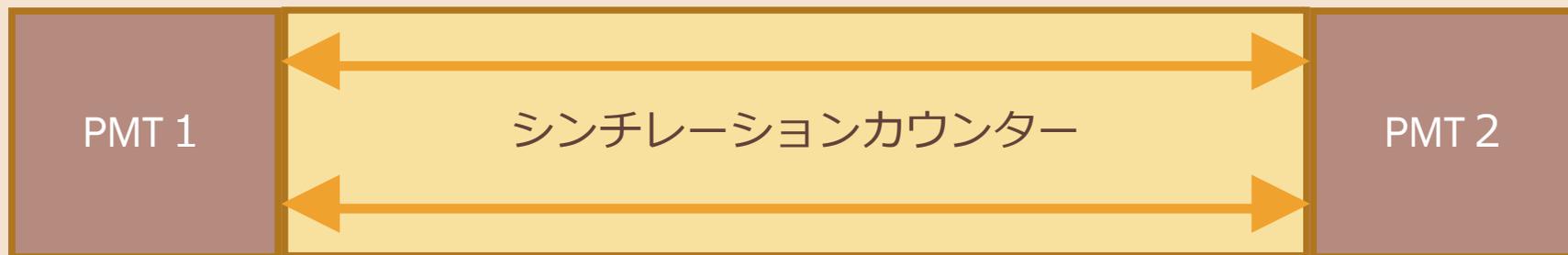
PMT2  
ピーク位置 :  $2357 \pm 10$

# 宇宙線の入射位置に依存する信号電荷の変化

真ん中に置いていたシンチレーションカウンターを、端っこにする。



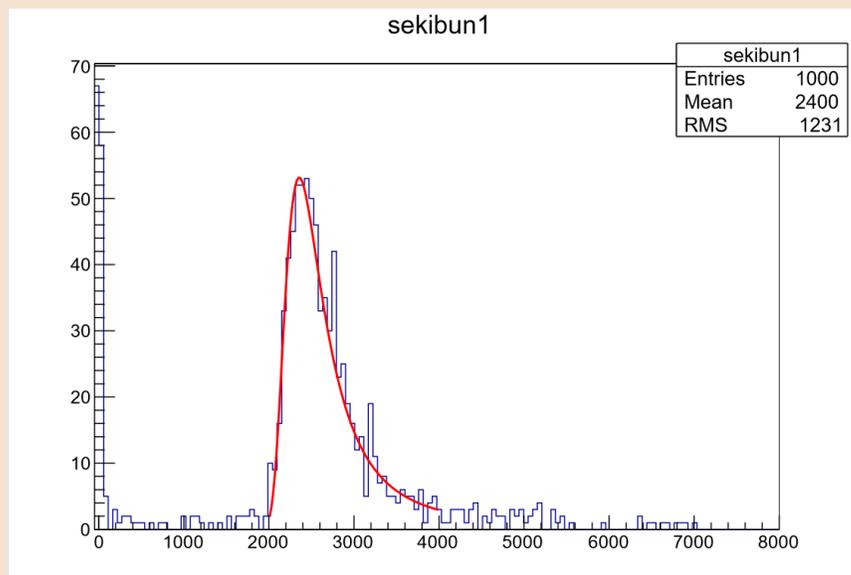
# 宇宙線の入射位置に依存する信号電荷の変化



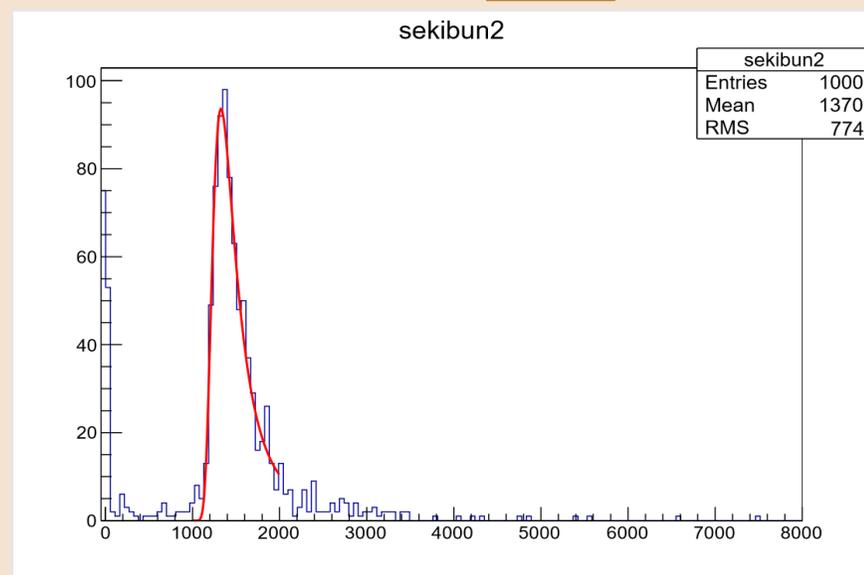
- ・ 上図のように均一に信号を取っていると考えているので、長いシンチレーションカウンターのどこで信号電荷をとっても同じ大きさになると考えられる。
- ・ 先ほどの実験で決めた印加電圧をかけた。

# 宇宙線の入射位置に依存する信号電荷の変化

PMT1側によせてとったときのFitのヒストグラム  
(PMT 1 : 1530V PMT2 : 1490V)



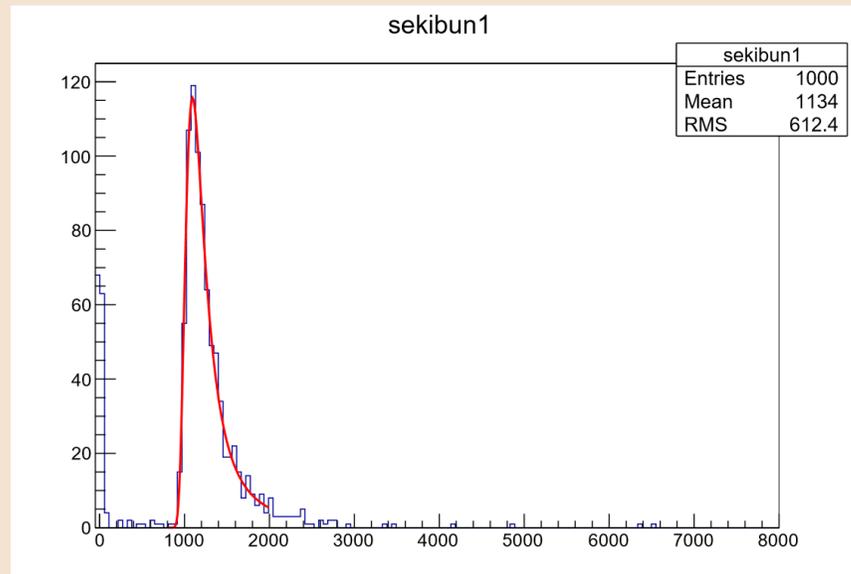
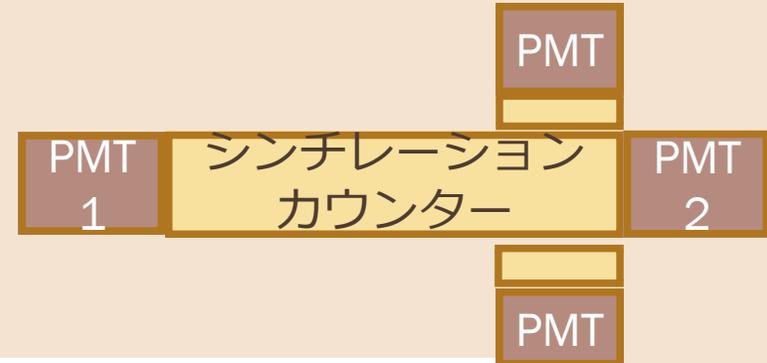
PMT1  
ピーク位置 :  $2389 \pm 12$



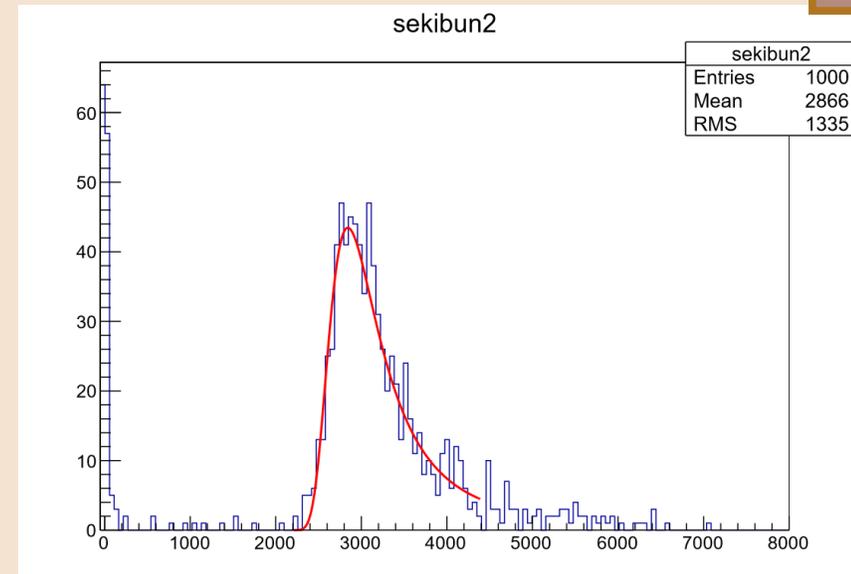
PMT2  
ピーク位置 :  $1346 \pm 7$

# 宇宙線の入射位置に依存する信号電荷の変化

PMT2側によせてとったときのFitのヒストグラム  
(PMT 1 : 1530V PMT2 : 1490V)



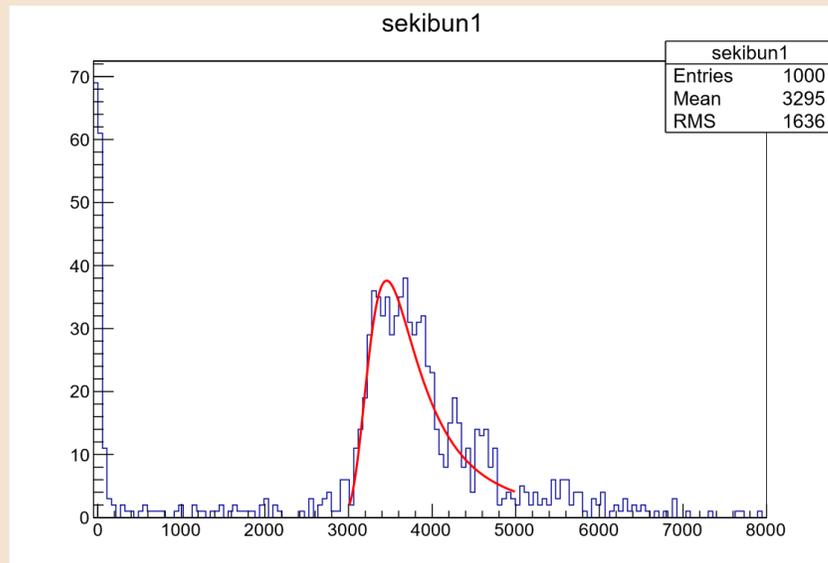
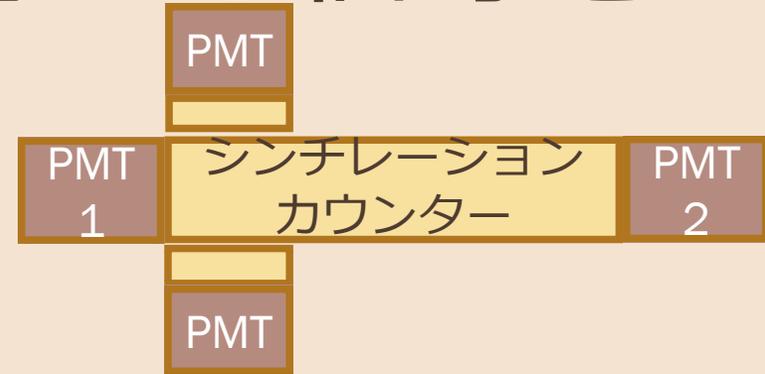
PMT1  
ピーク位置 :  $1110 \pm 6$



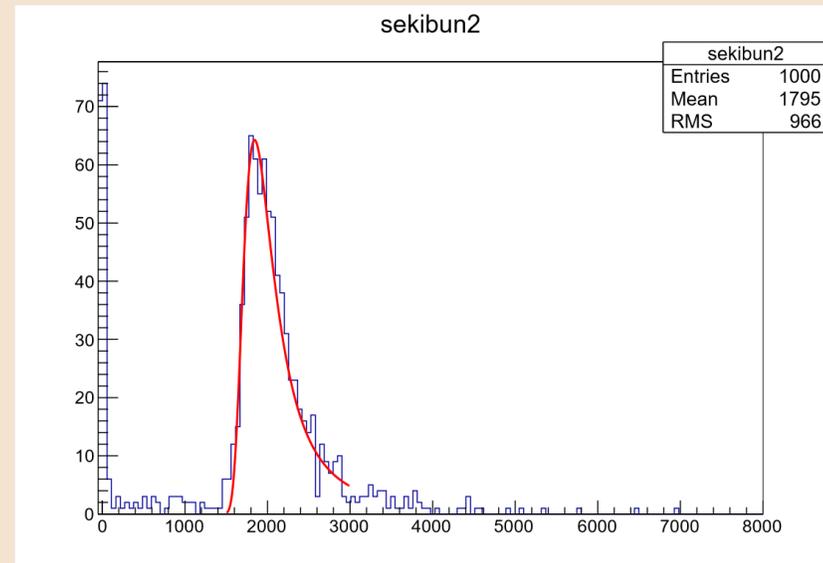
PMT2  
ピーク位置 :  $2884 \pm 14$

# 宇宙線の入射位置に依存する信号電荷の変化

PMT1側によせてとったときのFitのヒストグラム  
(PMT 1 : 1500V PMT2 : 1535V)



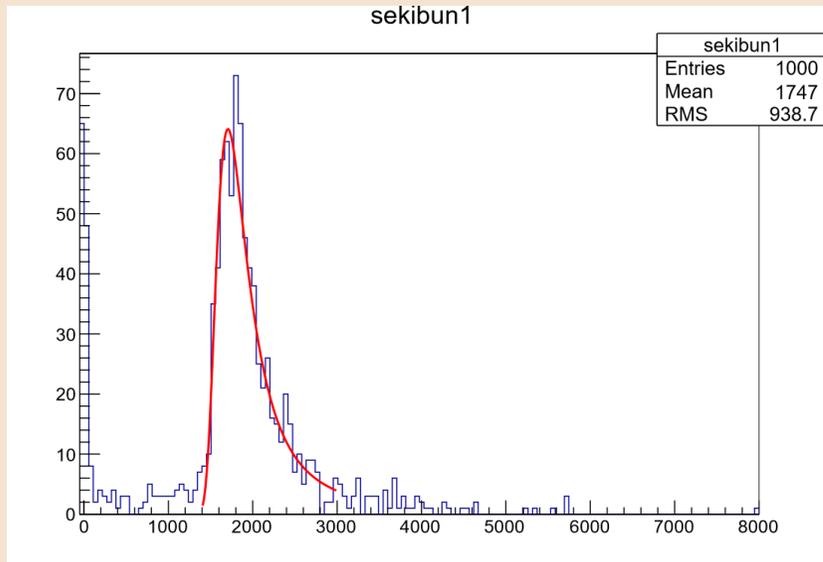
PMT1  
ピーク位置 :  $3499 \pm 17$



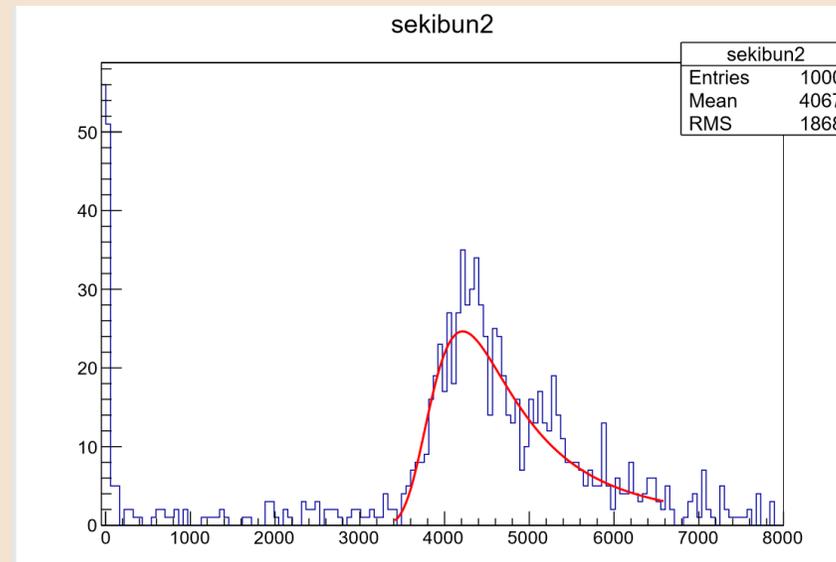
PMT2  
ピーク位置 :  $1871 \pm 9$

# 宇宙線の入射位置に依存する信号電荷の変化

PMT2側によせてとったときのFitのヒストグラム  
(PMT 1 : 1500V PMT2 : 1535V)



PMT1  
ピーク位置 :  $1734 \pm 9$



PMT2  
ピーク位置 :  $4286 \pm 26$

# 宇宙線の入射位置に依存する信号電荷の変化

## 予想と異なった理由

- ・ 接着が均一にできていなかった。
- ・ このシンチレーションカウンターの性格
- ・ 位置による温度による違い

等が考えられる。

# 目次

- 研究背景と目的
- 宇宙線とは
- 使用した装置について
- 実験とその結果
- **まとめ**

# まとめ

- BRoaDモジュールのセットアップ及び、BRoaDモジュールを使用してデータをとることに成功した。
- 作成した2つの長いシンチレーションカウンターの特性を知ることができた。
- 作成した2つの長いシンチレーションカウンターの印加電圧を決定することができた。
- $\mu$ 粒子の速度測定へ一歩近づいた。

# Backup

# シンチレータの長さについて

1. 通過位置の違いで2つのPMTから出てくるパルスのタイミングの違いが見れるかどうか。
2. Time of Flightを測れるかどうか。

以上の2点に注意して、35cmに切ることを仮定して考える。

# 1.通過位置の違いで2つのPMTから出てくるパルスのタイミングの違い

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$n = 1.5$$

$$\frac{c}{n} = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$0.35 \div \frac{c}{n} \cong 1.7 \text{ ns}$$

光電子増倍管（R329）のTransit Time Spreadがだいたい1nsなので、100photon得ると仮定すると

$$\frac{1}{\sqrt{100}} = 0.1 \text{ ns}$$

の時間分解が可能

→1.7nsも**可能**

## 2. Time of Frightを測れるか。

シンチレータの上の部分の面積は

$$S = 5 \times 35 = 175 \text{cm}^2$$

宇宙線は  $1 \text{cm}^2$ あたり、1分に1個飛んでくるので

$$\frac{s \times s}{d^2} \times \frac{1}{60} \cong 0.3 \text{Hz}$$

より、1秒間で0.3個の宇宙線がシンチレータに飛んでくる。

よって、一時間で

$$0.3 \times 60 \times 60 = 1080 \text{ev}$$

一晩で10000evを得られる。

→十分な長さである