

# 卒業研究 INTT用シリコンセン サーによる宇宙線測 定

Mika Shibata  
2020/01/31

# 目次

1. 目的
2. 宇宙線測定 of 進展
3. 宇宙線測定 of 解析
4. MCシミュレーションプログラムの改善
5. 宇宙線測定とMCシミュレーションプログラム結果の比較
6. geant4によるシミュレーション
7. まとめ
8. 卒業研究の今後



# 目的

## □シンチレーターに入射する $\mu$ 粒子のエネルギー損失

- 宇宙線測定で通過ストリップ数ごとのエネルギー損失の違いの原因を調べる。
- 通過ストリップ数ごとのシリコンセンサーのデータ取得能力を評価する。
- GUIディスプレイのゲイン値設定の影響について調べる。

### **シミュレーション：**

- シミュレーションプログラムの改善(実際のセットアップ環境に近づける。)

### **宇宙線測定：**

- 解析プログラムの改善
- データ量を増やし、ノイズとみられるデータの有無(本当にノイズなのか)や傾向を調べる。

### **宇宙線測定とシミュレーション結果の比較：**

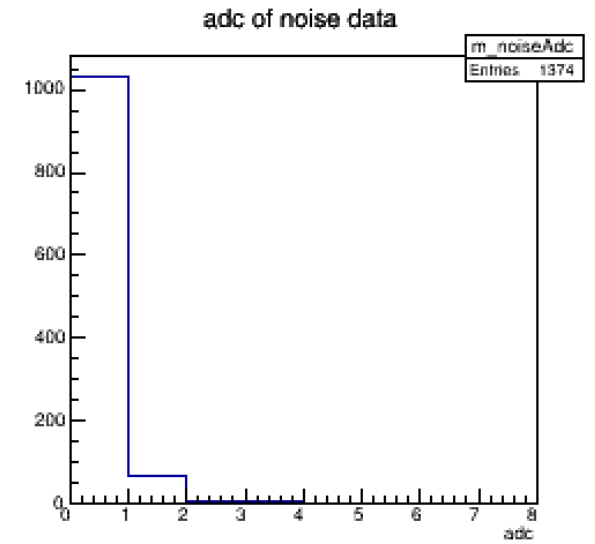
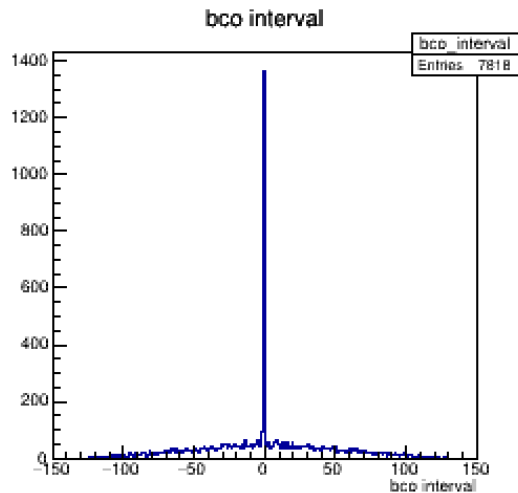
- 最も適切なゲイン値設定はなにか。

# 宇宙線解析プログラムの改善

- 同じBco, bco\_fullにおいて、同じchipのchannelに複数ヒットがあるデータは少なかった。(複数のrootファイルの足し合わせによるもの1, 2個)
  - 解析方法に誤りがあった。
- 隣り合うbco, bco\_fullで同じchipのchannelにヒットがある場合をカットした。
  - このイベントは多い
    - gain=60の時、約9.7%(260個/2700)がこのヒット
  - このヒットのエネルギー損失の大半はadc=0

bco=43568 chan=5 chip=22 adc=0  
bco=43569 chan=5 chip=22 adc=0

bco=4741 chan=102 chip=20 adc=2  
bco=4741 chan=103 chip=20 adc=0  
bco=4742 chan=103 chip=20 adc=0



# 宇宙線測定解析 データ選択後の結果

Distance : 72000 $\mu$ m

DAC threshold	Energy loss(mV)
15	270
23	302
60	450
98	602
135	750
173	902
210	1050
248	1202

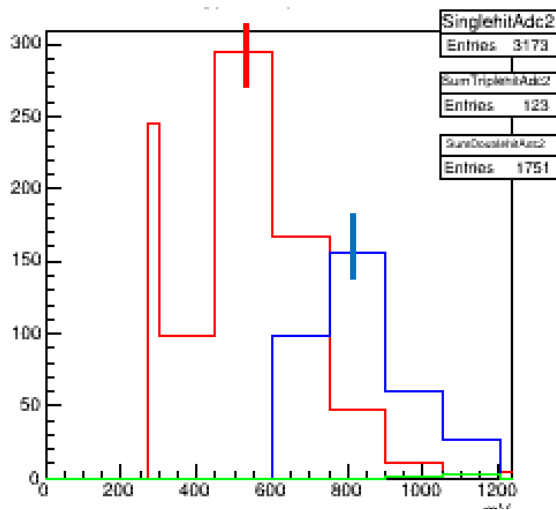
## イベントの選択

- 隣り合うbco, bco\_fullで同じchipのchannelにヒットがある場合をカット

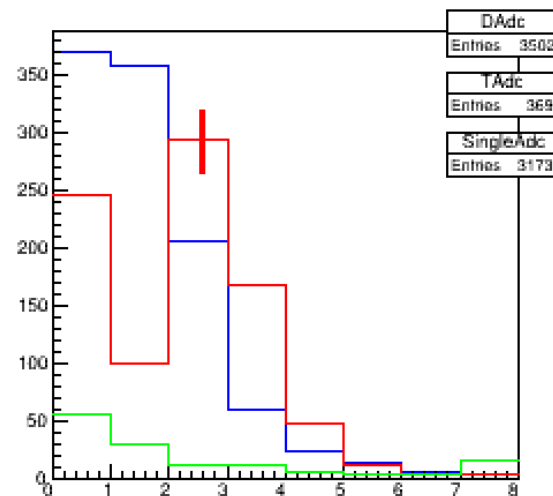
Single hit  
: 通過ストリップ数1のヒット

Double hits  
: 通過ストリップ数2のヒット

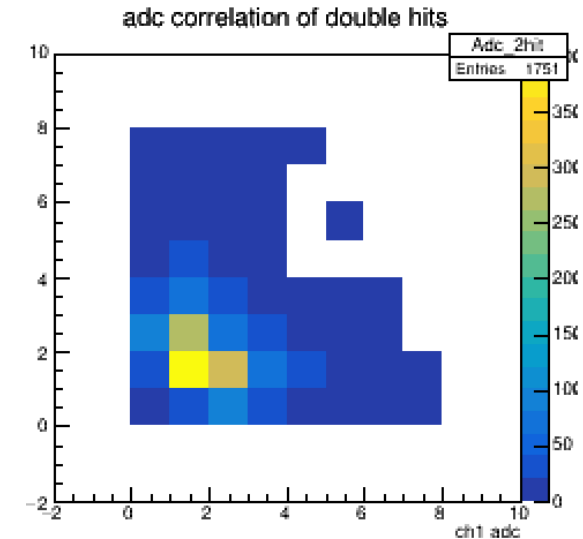
Energy loss per strip number  
after clustering



ADC per strip number  
before clustering



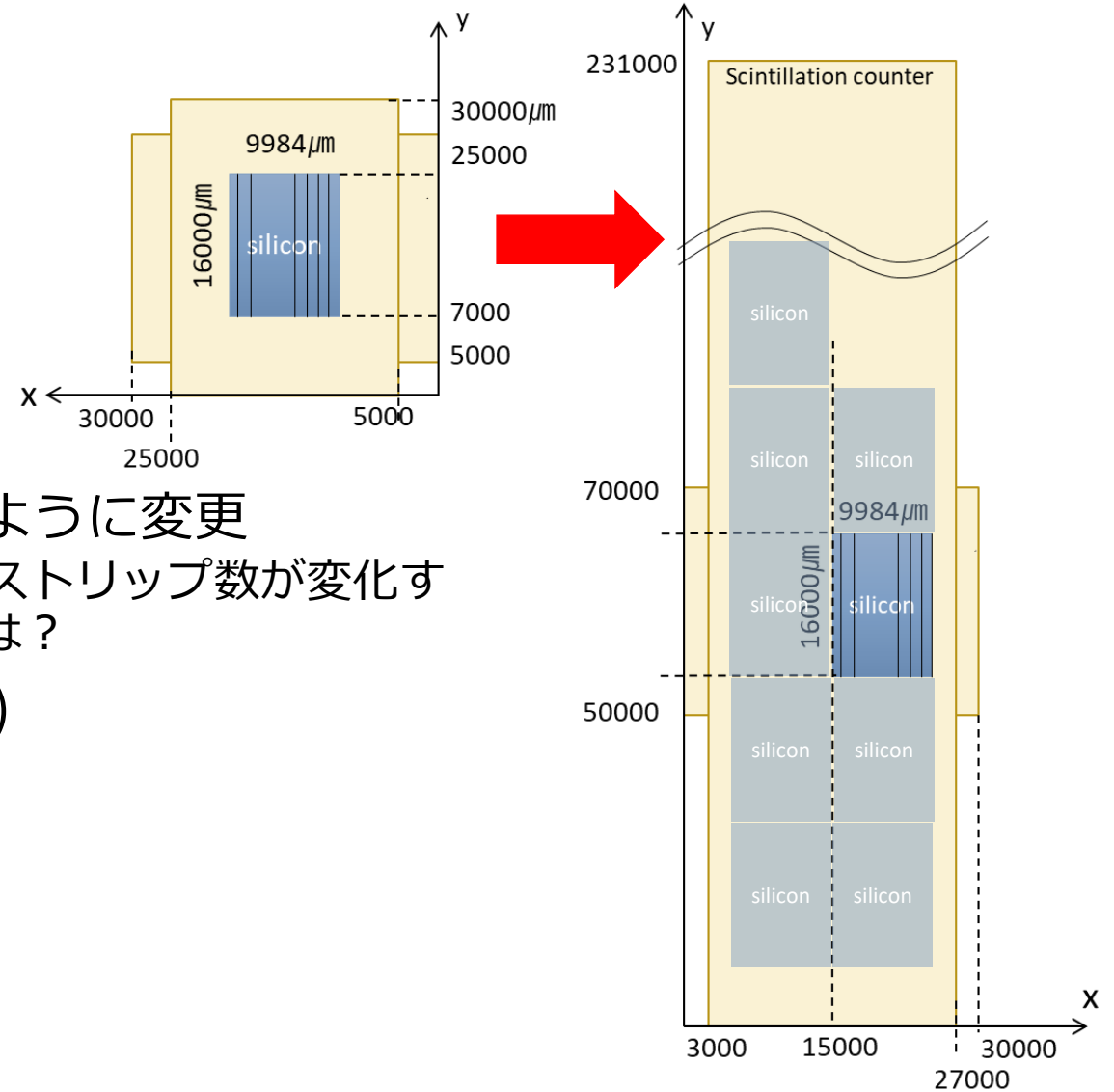
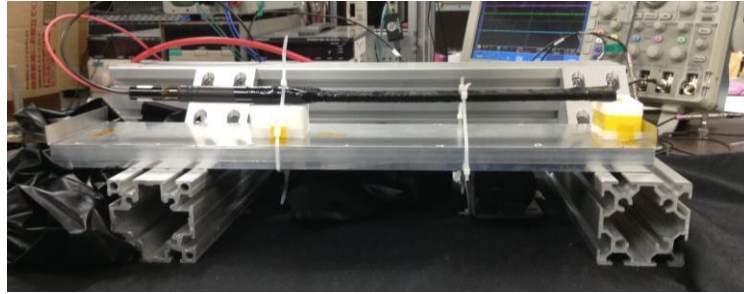
ADC correlation of double hits  
before clustering



- Single hitのエネルギー損失のピークは450~600mV、Double hitsのエネルギー損失のピークは750~900mV。
- 300~450mVと450~600mVの組み合わせのヒットが多い。(double hits)
- データの絞り込みを行ったが、ピークに変化は現れなかった。
- ランダウ分布

# シミュレーションプログラムの改善

## 1. シンチレーションカウンターのサイズ変更



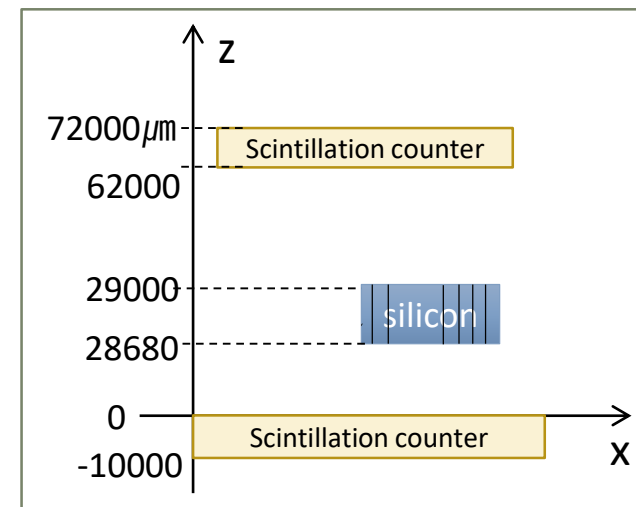
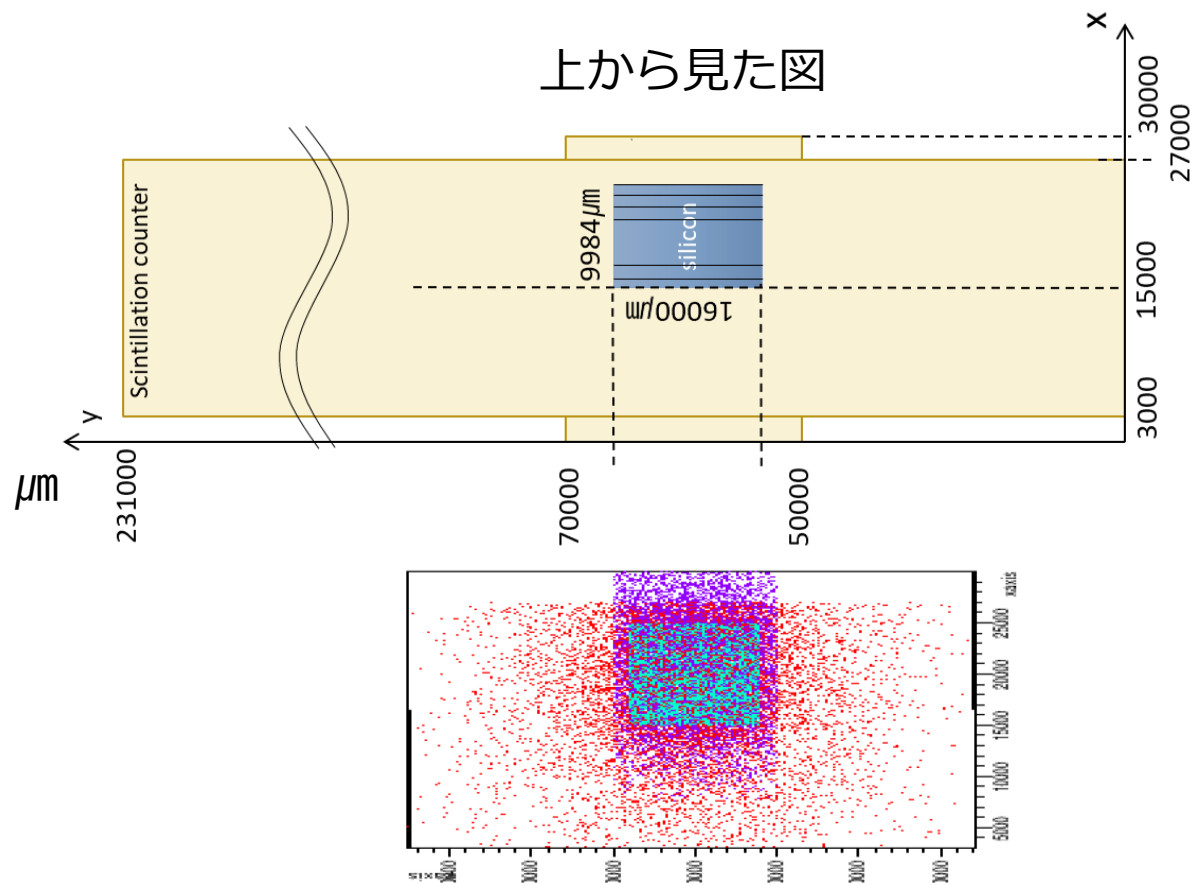
## 2. シリコンセンサーを傾かせることができるように変更

- センサーが傾いていると、粒子の通過距離と通過ストリップ数が変化する。→エネルギー損失のピークに変化があるのでは？

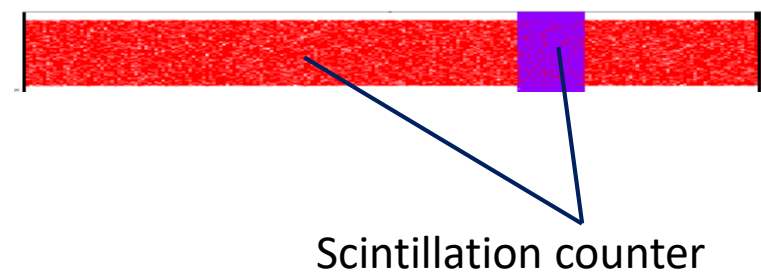
## 3. エネルギー損失計算式の変更(ゲイン値設定)

# シミュレーションプログラムの改善 シンチレーションカウンターのサイズ変更

- 上のシンチレーションカウンターの大きさを大きくする。



全体図(シンチレーションカウンター)  
上から見た図

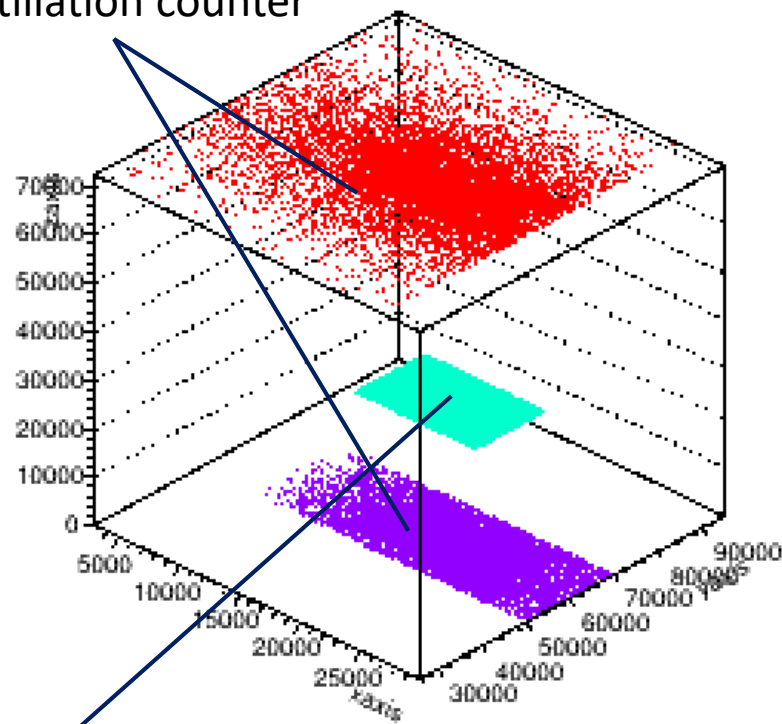




# シミュレーションプログラムの改善 シンチレーションカウンターのサイズ変更

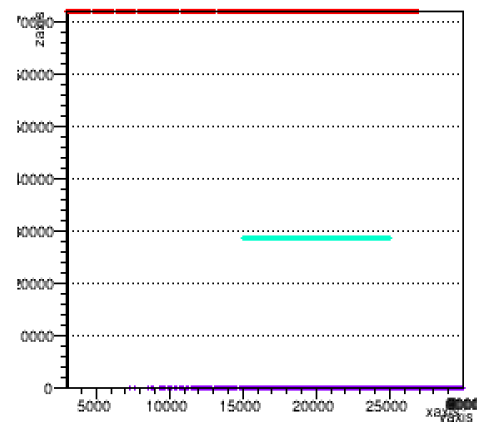
- シリコンセンサーを通過した宇宙線のシンチレーションカウンターとシリコンセンサーのヒット位置

Scintillation counter

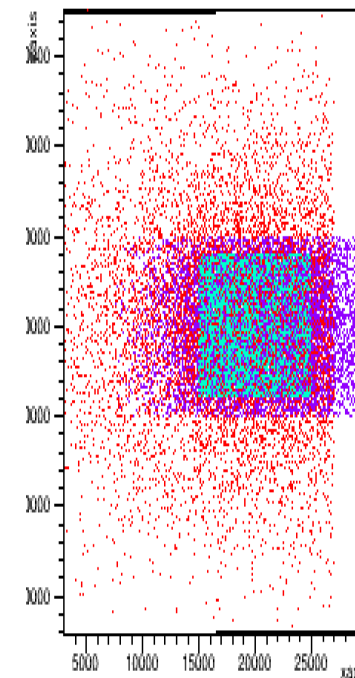


Silicon sensor

横からみた図



上から見た図

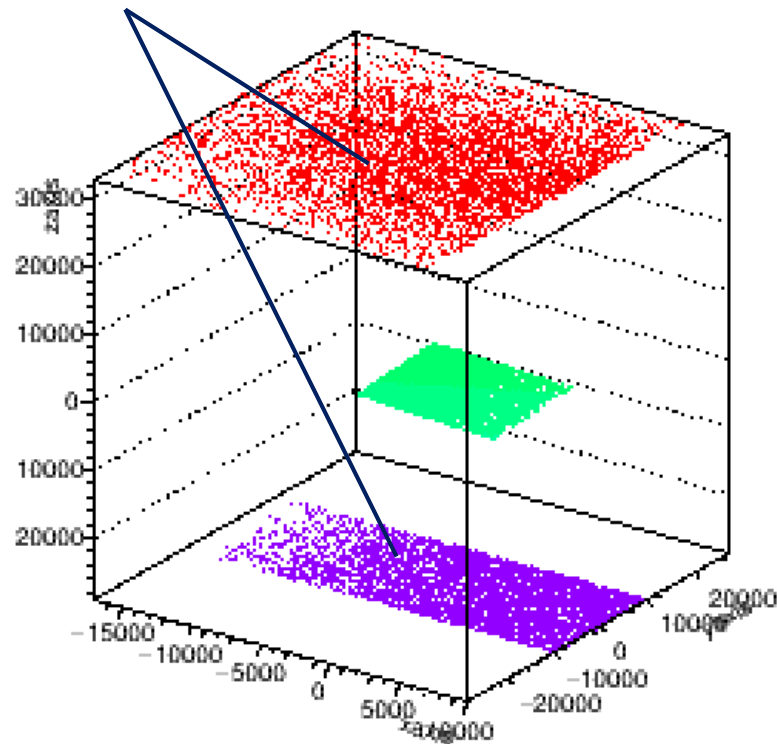




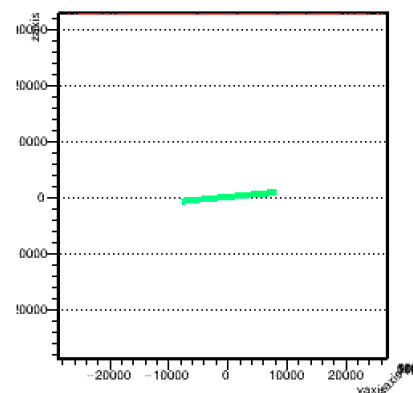
# シミュレーションプログラムの改善 シリコンセンサーを傾かせることができるように変更

- ・シリコンセンサーをx軸回りy軸回りに回転させたセットアップ

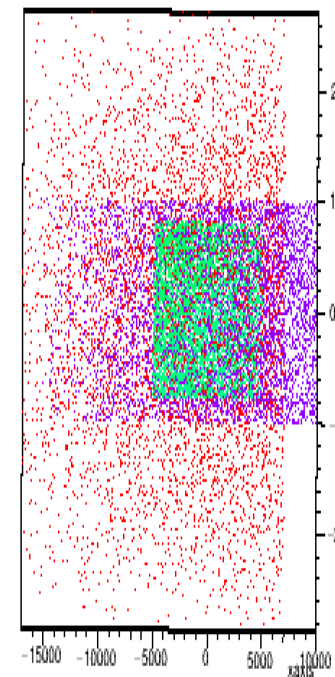
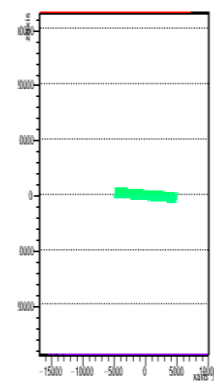
Scintillation counter



y-z平面からみた図



x-z平面からみた図



# シミュレーションプログラムの改善 エネルギー損失計算式の変更(ゲイン値設定)

- **GSel<2:0>**: determines integrator feedback capacitance  $C_{fb} = 25fF + [(8.6fF)(G_{Sel<0>}) + (25fF)(G_{Sel<1>}) + (50fF)(G_{Sel<2>})]$ . Default = 010. ←
- With a fixed shaper gain of about 5, the nominal system transfer gain can then be set to approximately 46, 50, 60, 67, 85, 100, 150, or 200 mV/fC. ←

- ゲイン値設定は、デフォルトの場合

$C_{fb} = 25fF + [(8.6fF)(G_{Sel < 0 >}) + (25fF)(G_{Sel < 1 >}) + (50fF)(G_{Sel < 2 >})]$ という、抵抗値で表されている。よって、補正項5を掛け合わせてあらわされるゲイン値は、約{46, 50, 60, 67, 85, 100, 150, 200} mV/fCとなる。

- シミュレーションと宇宙線測定の結果の比較より考えられる、GSelに入力する数とゲイン値の対応表

ゲイン値		46	50	60	67	85	100	150	200
入力値	改善前	0	1	2	3	4	5	6	7
	改善後	7	6	5	4	3	2	1	0

例) “GSel=2”の時、ゲイン値は100 mV/fC。(×5はしない。)

実際の解析に使うべきエネルギー損失の計算式は、

$$\frac{1.15MeV \cdot g^{-1} \cdot cm^2 \times 2.33g \cdot cm^{-3} \times 0.032cm \times 10^6}{3.67eV} \approx 23000electrons$$

Sum of electron which generated in silicon sensor

$$23000electrons \times 1.6 \times 10^{-19} \times 10^{15} \approx 3.7fC$$

$$3.7fC \times 60mV/fC \times 5 \approx 1100mV$$

$$100mV/fC \approx 370mV$$

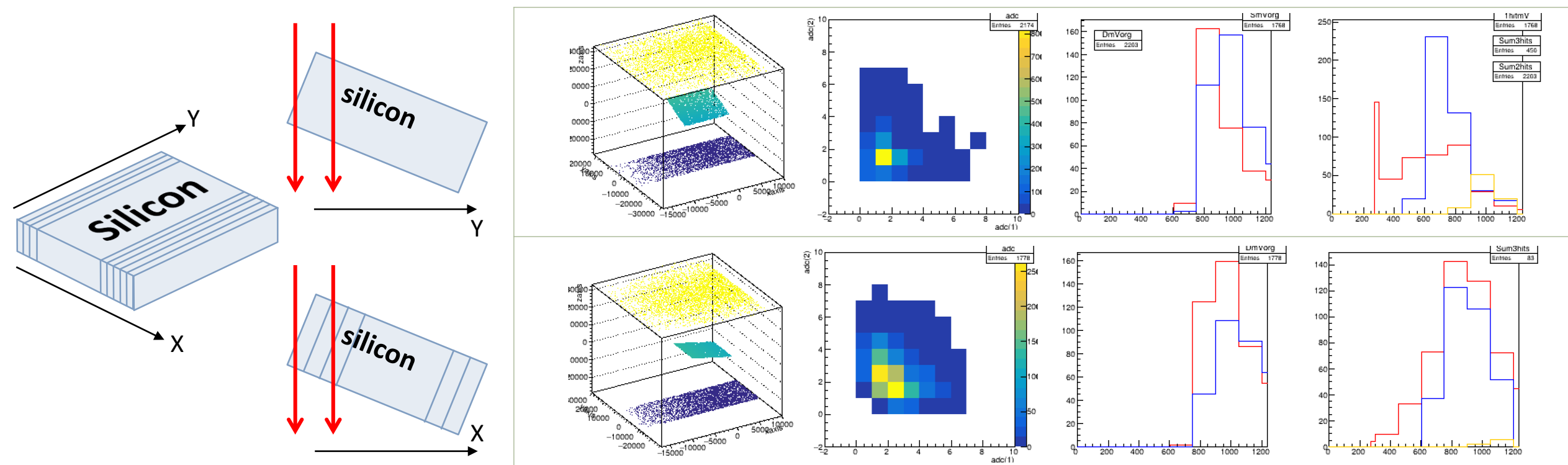
Amplification value which is used as energy loss

# シミュレーションプログラムの結果

1. シンチレーションカウンターのサイズ変更  
→エネルギー損失のピークに変化なし
2. シリコンセンサーの傾きの変更  
→エネルギー損失のピークに変化あり
3. エネルギー損失計算式の変更(ゲイン値設定)  
→エネルギー損失のピークに変化あり



# シミュレーションプログラムの結果 シリコンセンサーの傾きの変更



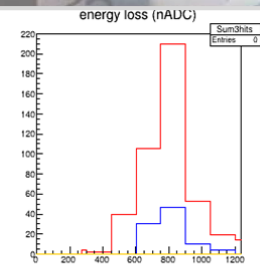
- シリコンセンサーのストリップ（Y軸に平行）に垂直に傾かせる（X軸まわり）
  - Single hitのADC0のデータが増え、宇宙線測定に似たエネルギー分布になる。
  - Double hitの割合が増える。
- シリコンセンサーのストリップに平行に傾かせる（Y軸回り）
  - Double hitの割合が増える。

# シミュレーションプログラムの結果 エネルギー損失計算式の変更(ゲイン値設定)

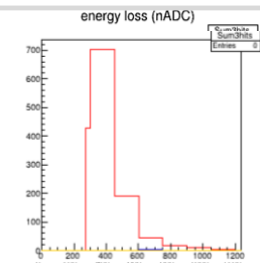
- ゲイン値を上げるほどエネルギー損失のピークが高いところに現れる。

→予想通り

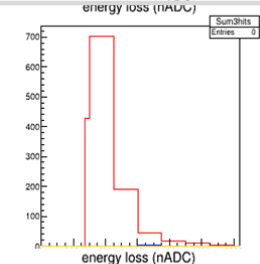
Gain=200



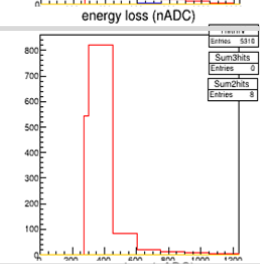
Gain=100



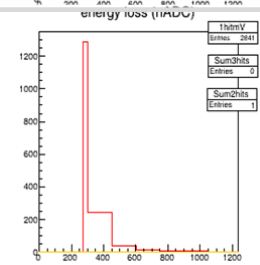
Gain=85



Gain=67



Gain=60



simulation

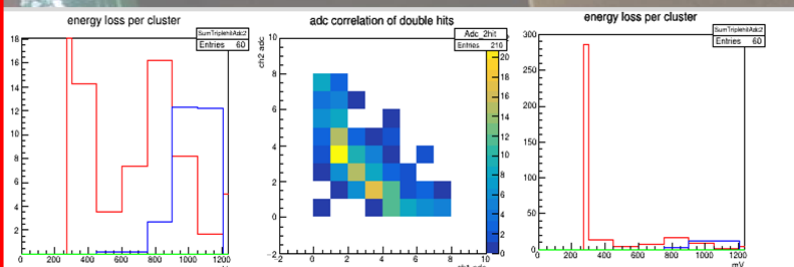
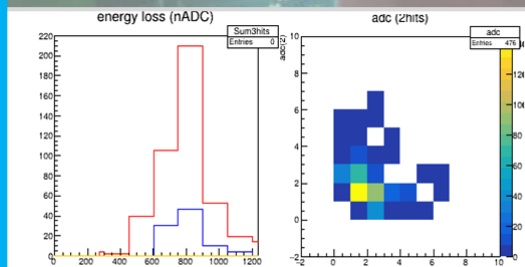
# シミュレーションと宇宙線測定と比較

## ゲイン値の変化

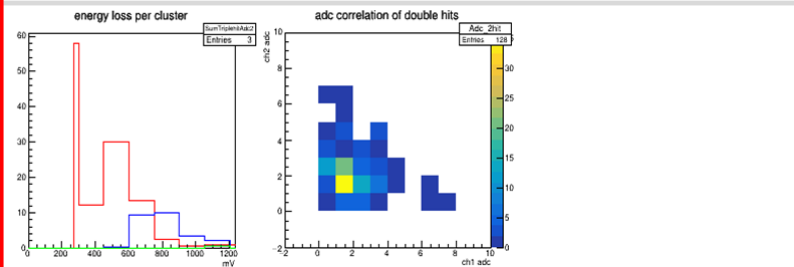
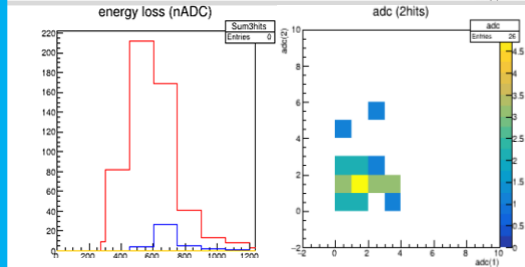
- どちらもゲイン値を上げるとエネルギー損失のピークが高いところにある。
- Single hitピークの位置は、おおよそ等しい。  
(ゲイン値は“おおよそ”と書かれていた。)

→ゲイン値計算の変更は妥当であった

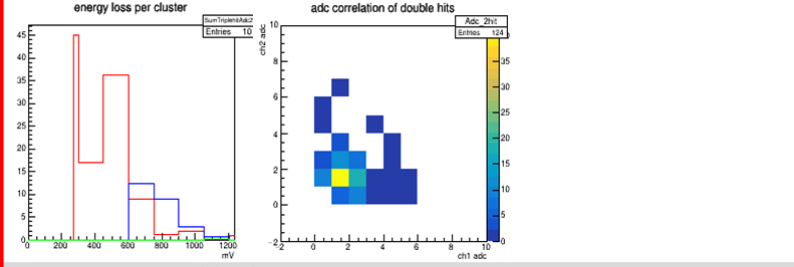
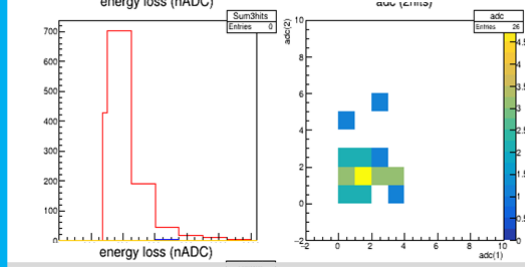
Gain=200



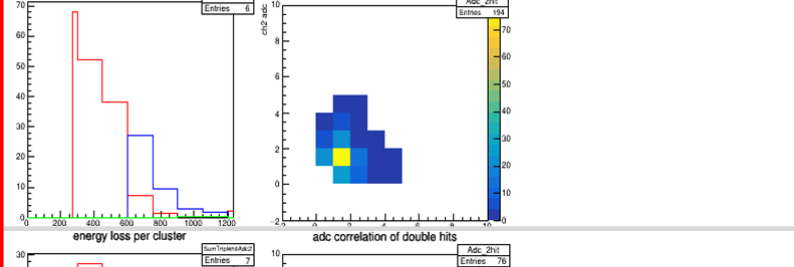
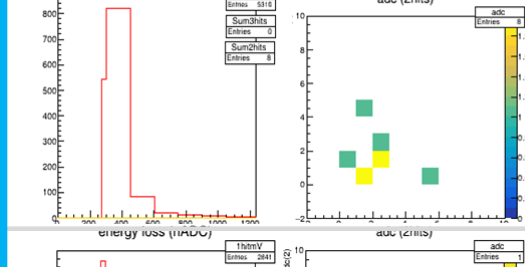
Gain=85



Gain=67



Gain=60



simulation

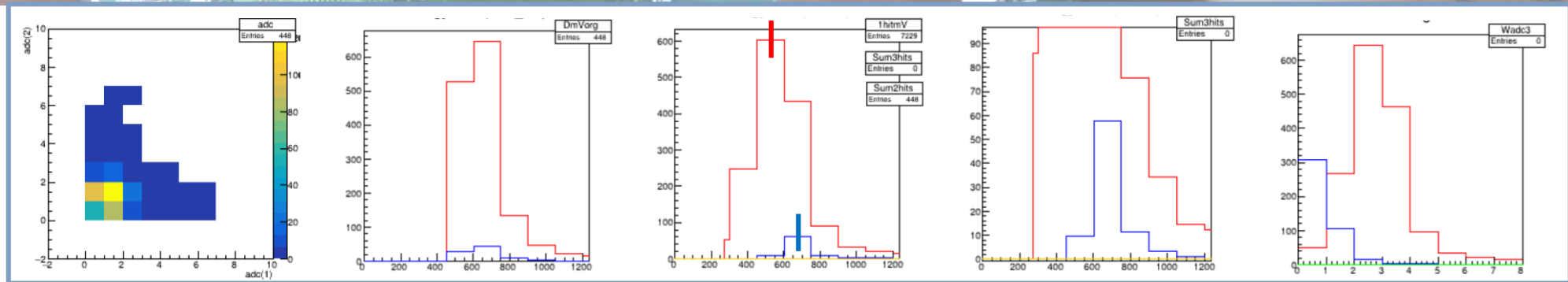
Cosmic ray



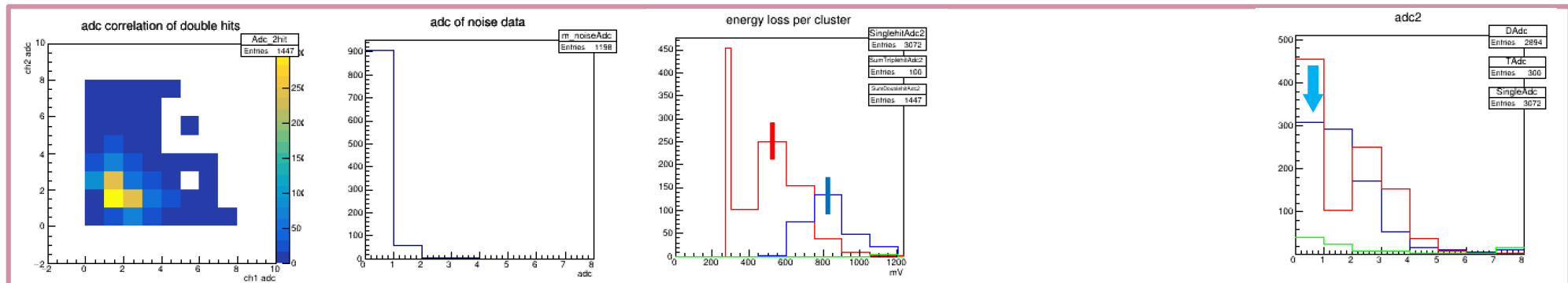
# シミュレーションと宇宙線測定と比較

## シリコンセンサーの傾き = 0

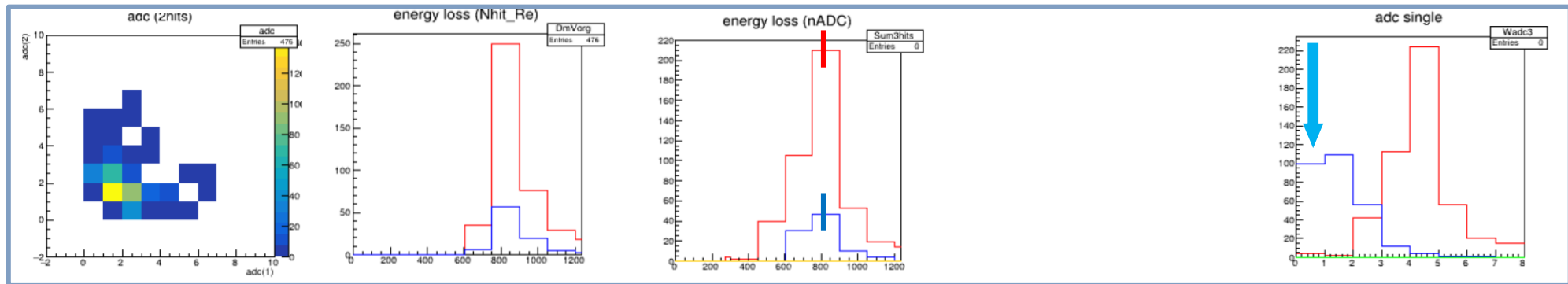
シミュレーション  
(gain=150)



宇宙線測定  
(gain=約100)  
(20200123-all2)



シミュレーション  
(gain=200)

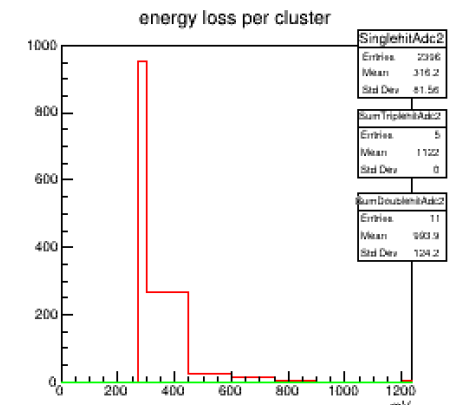


エネルギー損失のピーク変化の傾向は宇宙線とシミュレーションで等しいが、single hitとdouble hitのピークの位置関係が同じになるゲイン値は存在していない。→シリコンセンサーが傾いている。/宇宙線測定のノイズの影響/ Bco, bco\_fullによるイベント分別の不具合

# Geant4によるシミュレーション

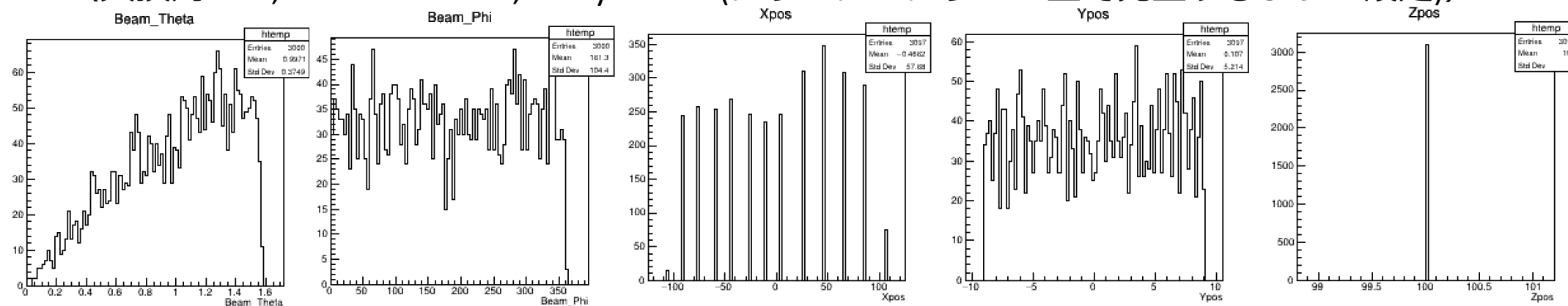
- Cheng weiに作ってもらった宇宙線測定ジオメトリを利用
  - 鈴木先輩にいただいたGeant4のrootファイルからchip, channel, ADCを計算するコードを利用
- ✓ Beam directionとbeam positionを乱数に変更  
(天頂角 $\cos\theta$ ,  $-100 < x < 100\text{mm}$ ,  $-10 < y < 10\text{mm}$ (シリコンセンサーの上で発生するように設定))
- ✓ クラスタcodeは、宇宙線測定に使っているコードをそのまま利用
- Gun:3000回
  - Gain:200
  - Offset:100mV

※Gain:100



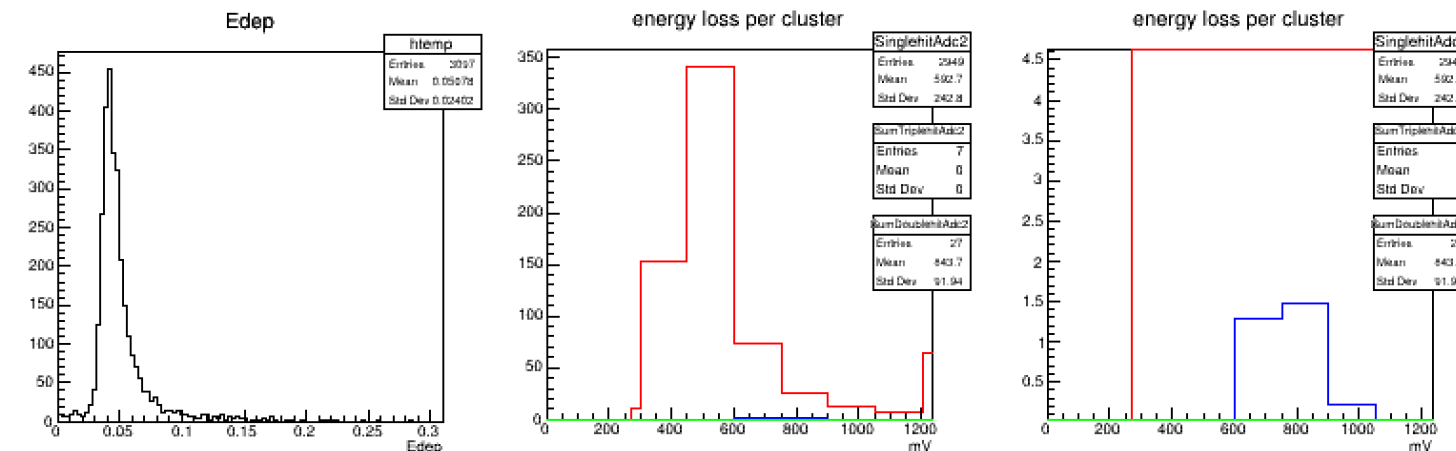
# Geant4によるシミュレーション

- Beam directionとbeam positionを乱数に変更  
(天頂角 $\cos\theta$ ,  $-100 < x < 100\text{mm}$ ,  $-10 < y < 10\text{mm}$ (シリコンセンサーの上で発生するように設定))



- クラスターcodeは、宇宙線測定に使っているコードをそのまま利用

DAC threshold	Energy loss(mV)
15	270
23	302
60	450
98	602
135	750
173	902
210	1050
248	1202





# まとめ

## 宇宙線測定の進展

→データがあつまってきた。

## 宇宙線測定の解析

→データ残りともみられるヒットをのぞいた。

## シミュレーションプログラムの改善

→実際の測定環境に近づいた。

## 宇宙線測定とシミュレーションプログラム結果の比較

→もっともらしいゲイン値の計算方法がわかった。

シリコンセンサーの傾きが関係しているかも？

# 卒業研究 題目と内容

## □題名

- ・ RHIC-sPHENIX実験における中間飛跡検出器INTT用シリコンセンサーの宇宙線測定

## □内容

### 1. 序論

- ・ RHIC-sPHENIX実験

### 2. 中間飛跡検出器INTT

### 3. 荷電粒子のエネルギー損失

- ・ エネルギー損失のランダウ分布
- ・ FPHXチップでの損失エネルギー増幅値の計算
- ・ **ゲイン値設定**

### 4. INTT用シリコンセンサーを用いたテストベンチの読み出し回路

- ・ 外部トリガー：シンチレーションカウンター（1個・2個）

### 5. 宇宙線測定

- ・ DAC設定値・シンチレーションカウンター間の距離・ゲイン値の宇宙線測定結果への影響
- ・ 宇宙線測定に含まれるノイズとその割合

### 6. 宇宙線測定のクラスター化解析 **(→クラスター化による宇宙線のエネルギー損失)**

- ・ クラスター化プログラム
- ・ 通過ストリップ数による損失エネルギー分布の違い

### 7. 宇宙線測定のシミュレーションプログラム **(→シミュレーションによる宇宙線測定)**

- ・ MCプログラムによるシミュレーション
- ・ Geant4によるシミュレーション
- ・ クラスター化プログラムによる出力損失エネルギー値の変化
- ・ 宇宙線測定とシミュレーションの比較（損失エネルギー分布のピークの違い）

### 8. 考察

- ・ シリコンセンサーが出力する宇宙線測定データの傾向（通過ストリップ数ごとの粒子損失エネルギー）

目的・動機・背景

項目名は目的に合う流れのものにする。

シミュレーションはエネルギー損失についての理解を深めるもの

# 卒業研究 シリコンセンサーの性能評価

## □性能評価に必要な記述

- ✓宇宙線測定でシリコンセンサーが読み出すデータの傾向(エネルギー損失分布、通過ストリップ数)
- ✓読み出すデータに含まれると思われるデルタレートや機械的なノイズの有無とその割合

## □性能評価に必要な解析

- Geant4での解析と自分で作ったプログラムの比較
  - シミュレーションで再現できていなかったデルタレートの有無を確認
- Geant4での解析と宇宙線測定結果の比較
  - Geantシミュレーションでも再現できない？ 機械的なノイズの有無やシリコンセンサーの性能を確認

# 卒業研究 課題

- ・性能評価のための機械的なノイズやデルタレート の理解と解析
- ・引き続きシミュレーションと宇宙線測定プログラムの改善
- ・ゲイン値と傾きをふまえ、宇宙線測定に対応する環境設定の理解

発表までに間に合えば。。。

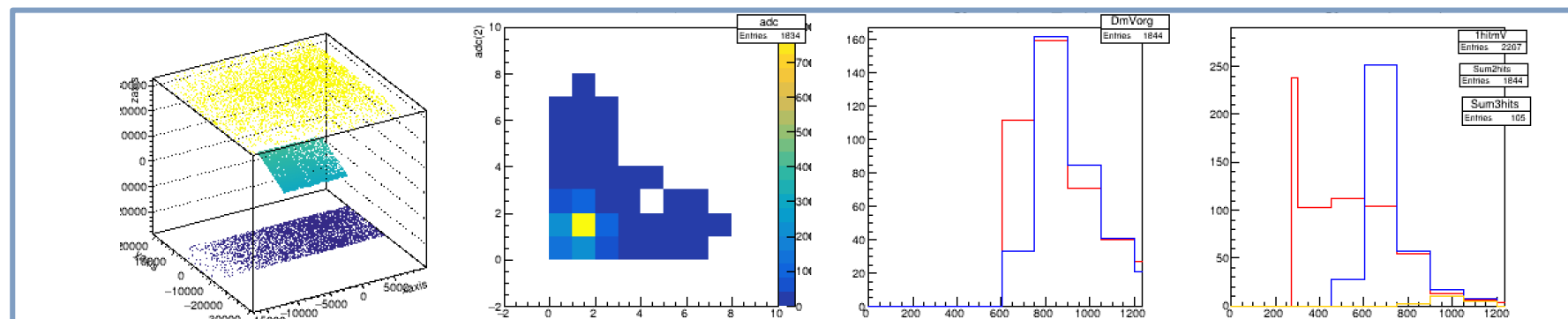
- ・シリコンセンサーの読み出しの際のデータ残りの有無と割合を調べる。  
→もう一つシリコンセンサーを使い、同時に測定をおこなう。
  - ・シリコンセンサーはおなじBco, bco\_fullで測定を行っているため、出力データを比較し一致しないイベントについて解析する。
- ✓コードや実験器具が必要→手に入れるまでに1週間以上はかかる。
- ✓1度に2つのシリコンセンサーを同時に読みこめるかは不明。
- ❖大きなシンチレーションカウンターをもう一つ使う。→より多くのデータが取れるので、発表までにはデータが集まるのでは？



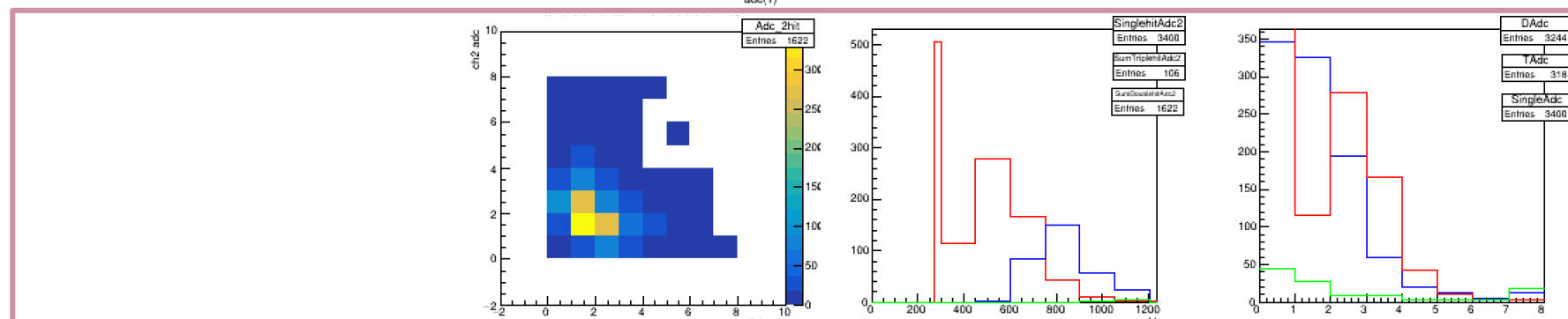
# シミュレーションと宇宙線測定と比較 ゲイン値とシリコンセンサーの傾き変更後

最も宇宙線測定に似ている設定

シミュレーション  
(gain=180,  
x軸回りに30度回  
転)



宇宙線測定  
(gain=約100)  
(20200128-all)



- まだ2つのピークはあっていない。
- 30度もシリコンセンサーが傾いていることは考えにくい。→その他の原因