



卒論
INTT用シリコンセン
サーの宇宙線測定に
よる性能評価

Mika Shibata
2020/01/17

目次

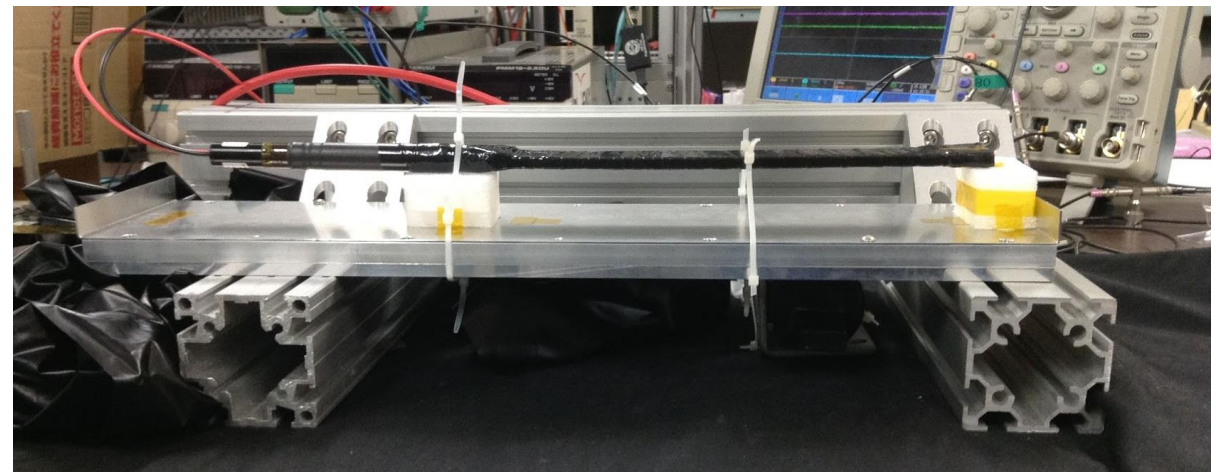
1. 目的
2. 宇宙線測定 of 進展
3. 宇宙線測定 of 解析
4. シミュレーションプログラムの改善
5. 宇宙線測定とシミュレーションプログラム結果の比較
6. 宇宙線測定
GUI上のゲイン値を変えて測定と結果の比較
7. まとめ
8. 課題

目的

- シンチレーターに対し垂直に入射する μ 粒子のエネルギー損失を考える。
 - 1粒子が通過するシリコンセンサーのストリップ数が1つまたは2つのデータのエネルギー損失に着目。
- 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。
 - 宇宙線解析プログラムとシミュレーションプログラムの改善
 - ノイズが少ない閾値設定で宇宙線を測定し、シミュレーション結果と比較。
DAC0を15に設定し、ノイズを減らす。
- 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。

宇宙線測定の実験

- シンチレーションカウンターのセットアップ位置の変更(4cm→6cm)
 - シンチレーションカウンター2個の距離を離し、垂直に入射する宇宙線を増やした。
- PMTとシンチレーターの接着
 - 壊れていた長いシンチレーションカウンターを作り直した。
- より多くのデータの取得 (シリコンセンサー1 とシリコンセンサー2)
 - 結果が変わらなかった。
- ゲイン値をGUI上で変えて測定

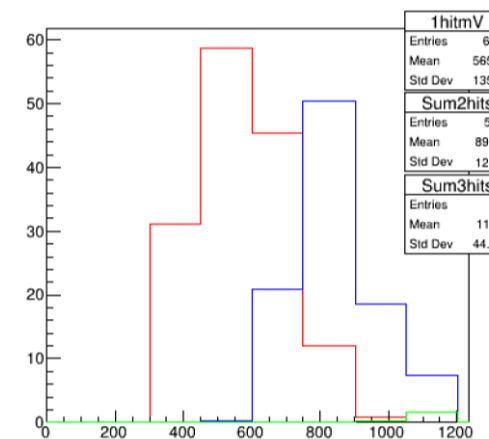
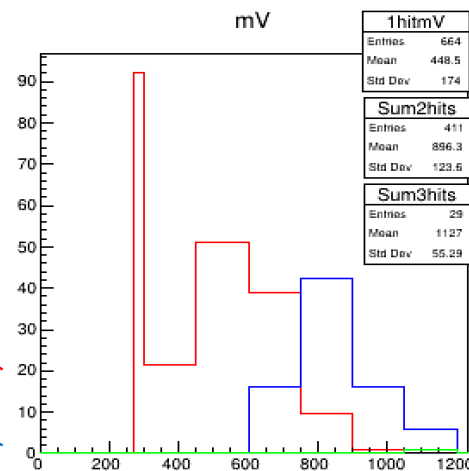


宇宙線測定解析 データの絞り込み

- 通過ストリップ数 = 1 でADC=0のデータはエネルギー損失が明らかに小さいので宇宙線ではないと判断しカットする。

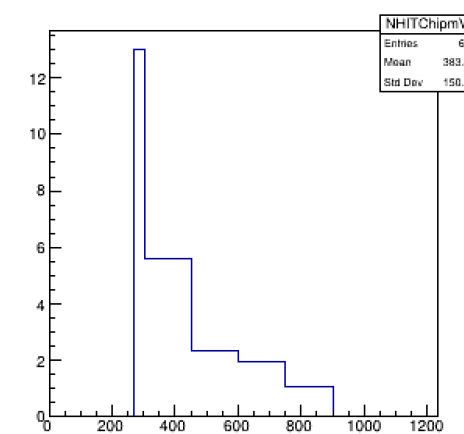
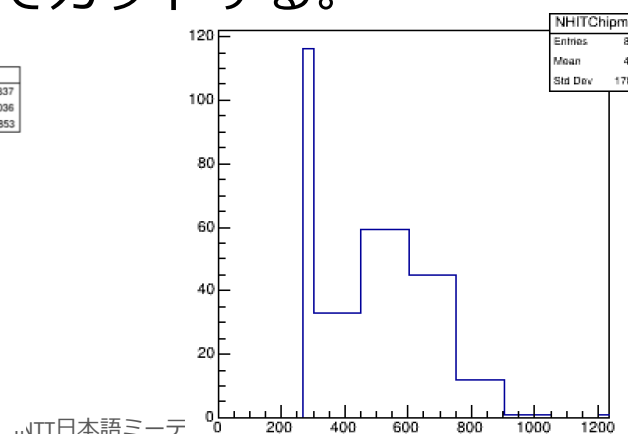
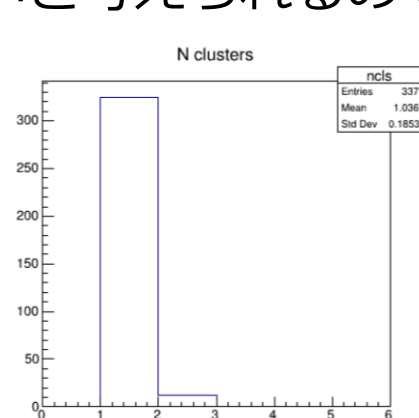
clk:79 62159 adc0 chip=21chan=115
 clk:79 62159 adc0 chip=21chan=115
 clk:35 31267 adc0 chip=11chan=36
 clk:35 31267 adc0 chip=11chan=36
 clk:29 58781 adc0 chip=23chan=102
 clk:29 58781 adc0 chip=23chan=102
 clk:29 58781 adc0 chip=23chan=102
 clk:29 58781 adc0 chip=23chan=102
 clk:29 58781 adc0 chip=23chan=102
 clk:29 58781 adc0 chip=23chan=102

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



- 1イベントあたり2クラスター以上存在している場合、single hitのエネルギー損失にピークはなく宇宙線ではないと考えられるのでカットする。

adc0 chip=11 chan=61
 adc2 chip=11 chan=63
 adc1 chip=11 chan=65
 adc3 chip=8 chan=69
 adc0 chip=8 chan=75



宇宙線測定の実験結果の解析 データの絞り込み後の結果 (シリコンセンサー 1)

Time :53 hours 30 min
With weight
Distance : 72000 μ m

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

イベントの絞り込み

- 1 イベントあたり1クラスターのみ
- 1 ストリップ通過でADC=1以上

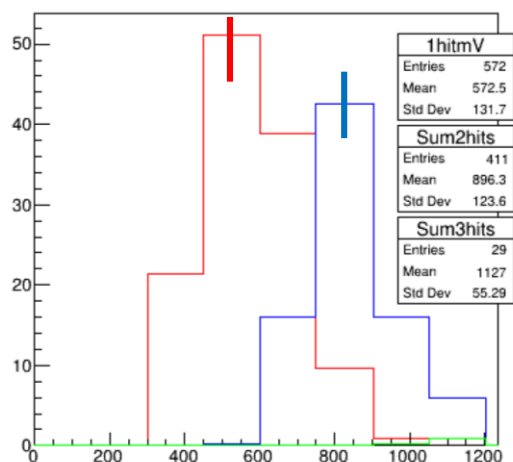
Single hit

: 通過ストリップ数 1 のヒット

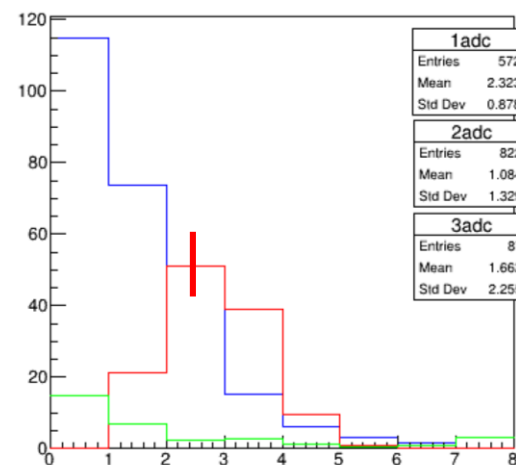
Double hits

: 通過ストリップ数 2 のヒット

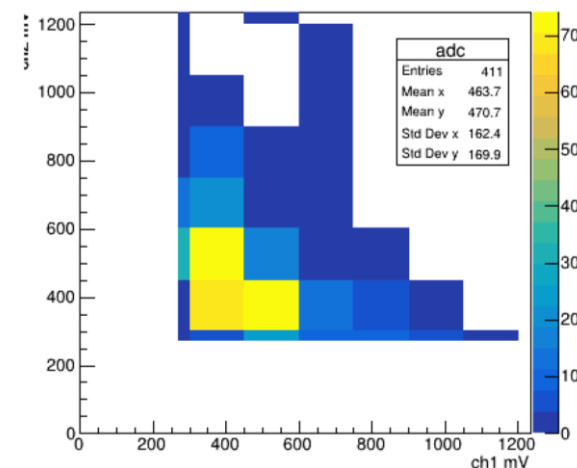
Energy loss per strip number after clustering



ADC per strip number before clustering

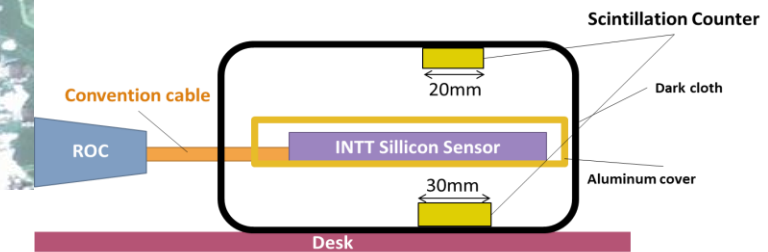


Energy loss correlation of double hits before clustering



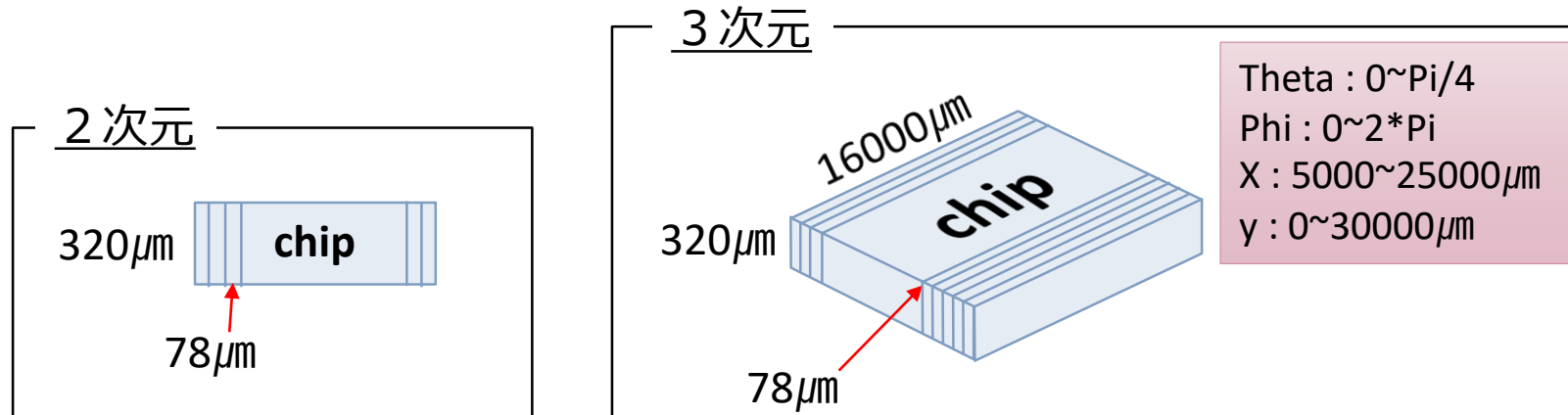
- Single hitのエネルギー損失のピークは450~600mV、Double hitsのエネルギー損失のピークは750~900mV。
- 300~450mVと450~600mVの組み合わせのヒットが多い。(double hits)
- データの絞り込みを行ったが、ピークに変化は現れなかった。
- ランダウ分布

シミュレーションプログラムの改善



1. MCで発生させる乱数の変更

- 2次元(x, y, theta) → 3次元(x, y, z, theta, phi)

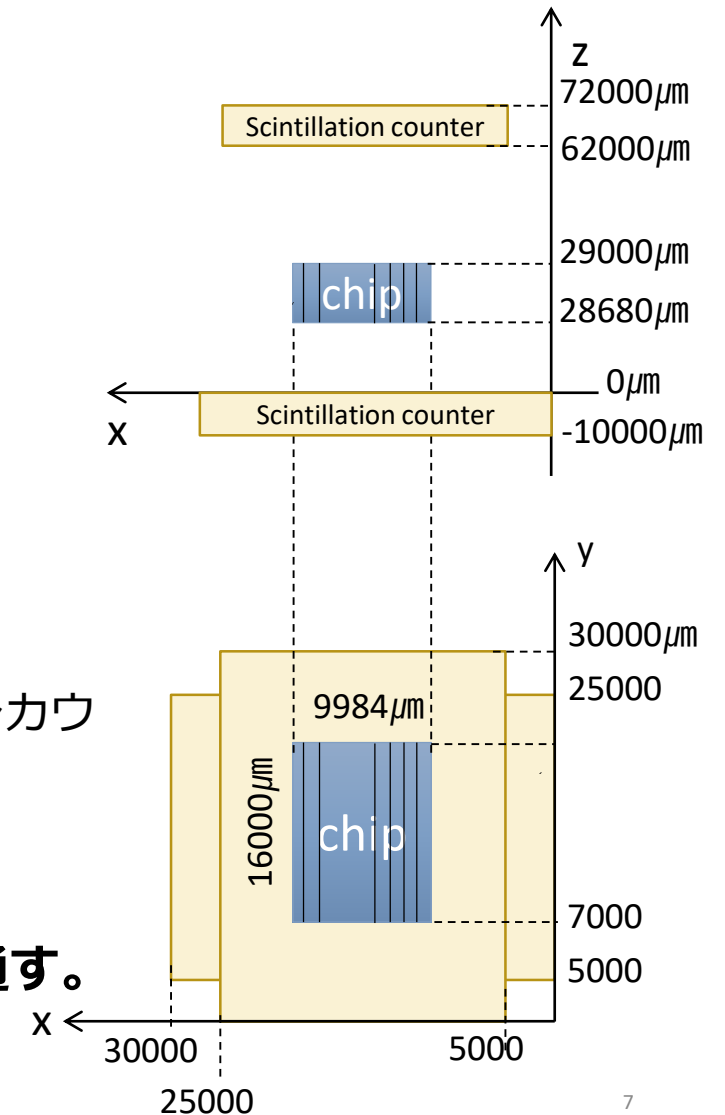


- μ粒子の入射点：シリコンセンサー → 上のシンチレーションカウンター
- 解析粒子：シリコンセンサーに入射したμ粒子 → 上下のシンチレーションカウンターとシリコンセンサーの3つ全てを通過

2. MCの損失エネルギーのランダウ分布

3. 宇宙線測定のカスタマイズプログラムにMCのエネルギー損失を通す。

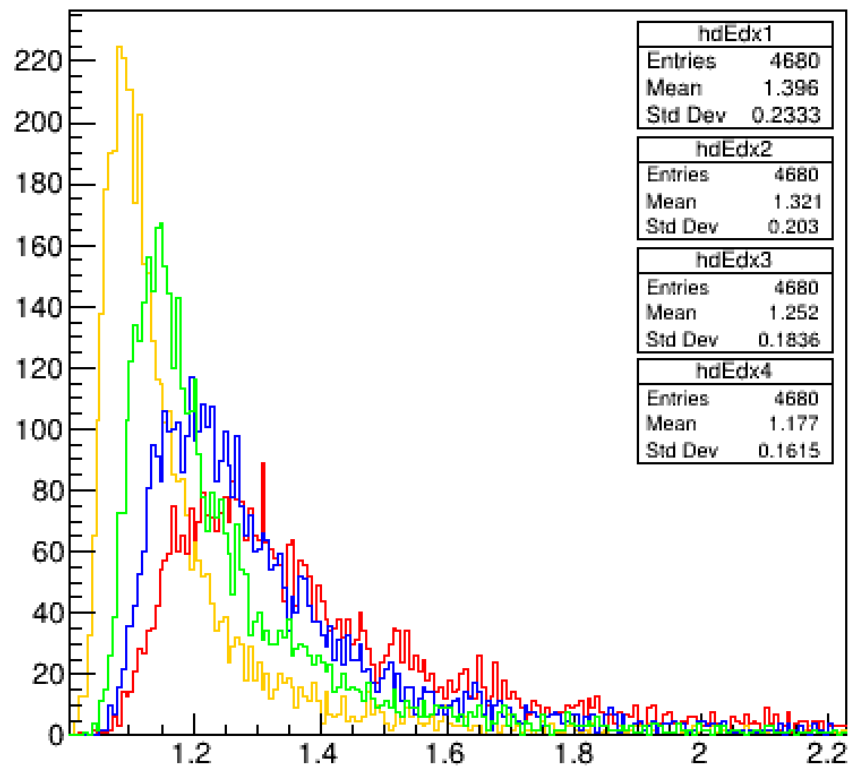
4. ゲイン値



シミュレーションプログラムの改善

2. MCの損失エネルギーのランダウ分布

Energy loss in silicon (dE/dx)



640 micrometer

MPV 1.24908e+00
Sigma 6.94348e-02

320 micrometer

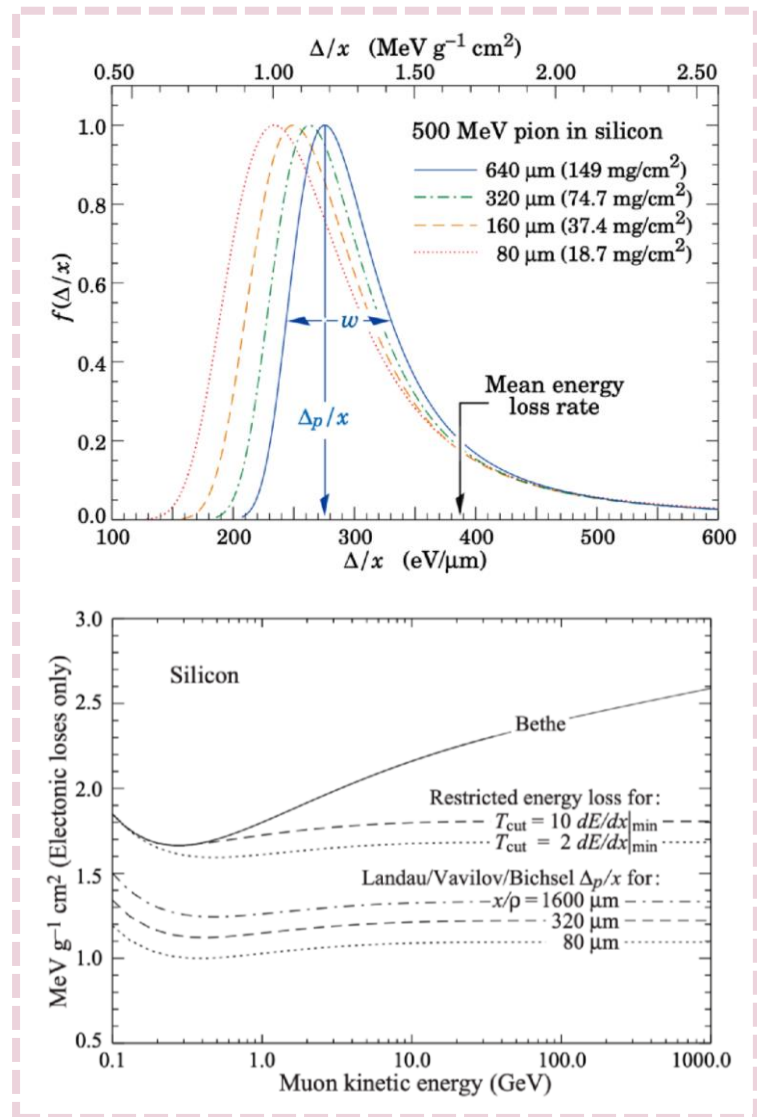
MPV 1.19624e+00
Sigma 5.01220e-02

160 micrometer

MPV 1.14599e+00
Sigma 3.59100e-02

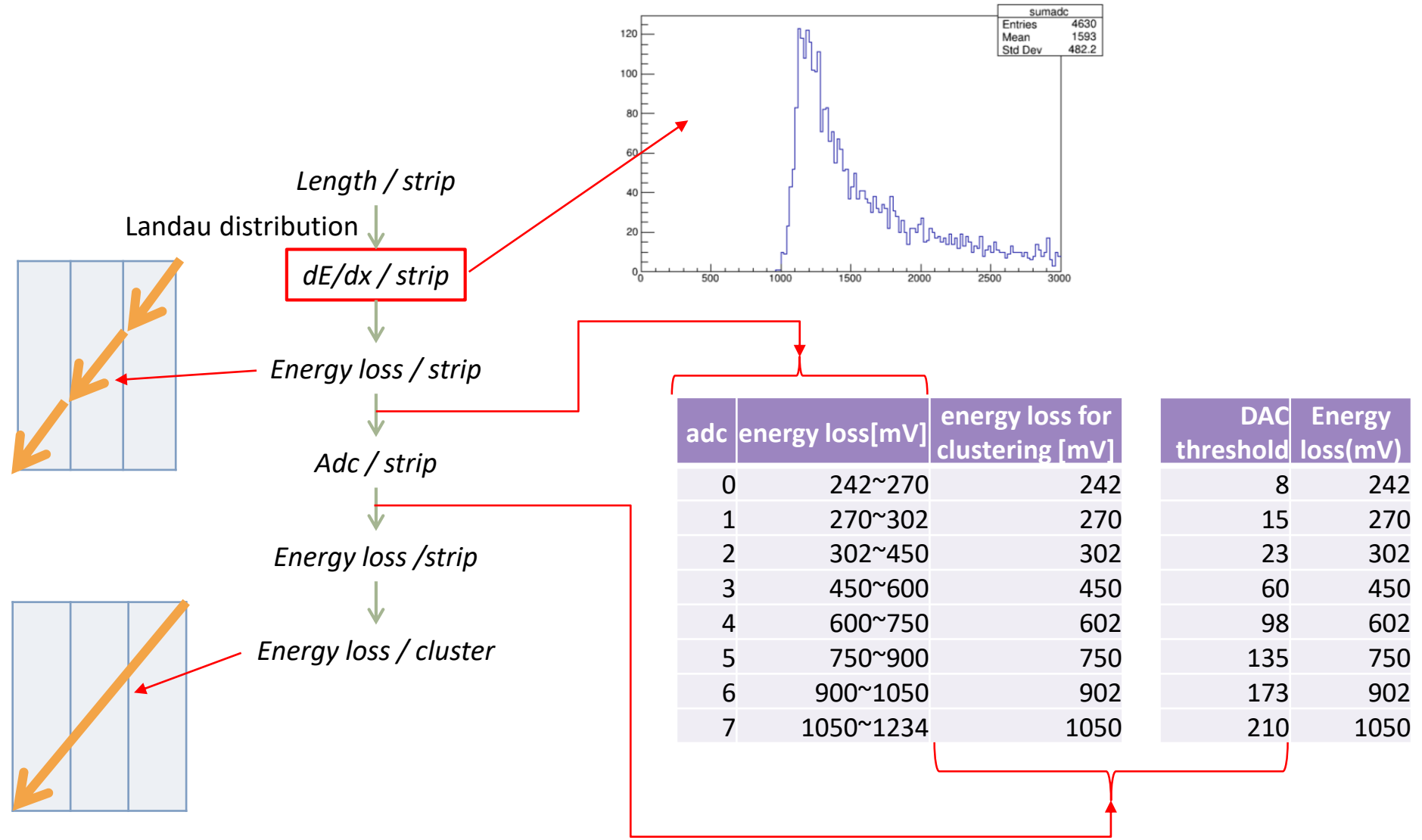
80 micrometer

MPV 1.09179e+00
Sigma 2.55534e-02



シミュレーションプログラムの進展

1.宇宙線測定のカラスタ化プログラムにMCのエネルギー損失を通す。



シミュレーションプログラムの改善

3. ゲイン値

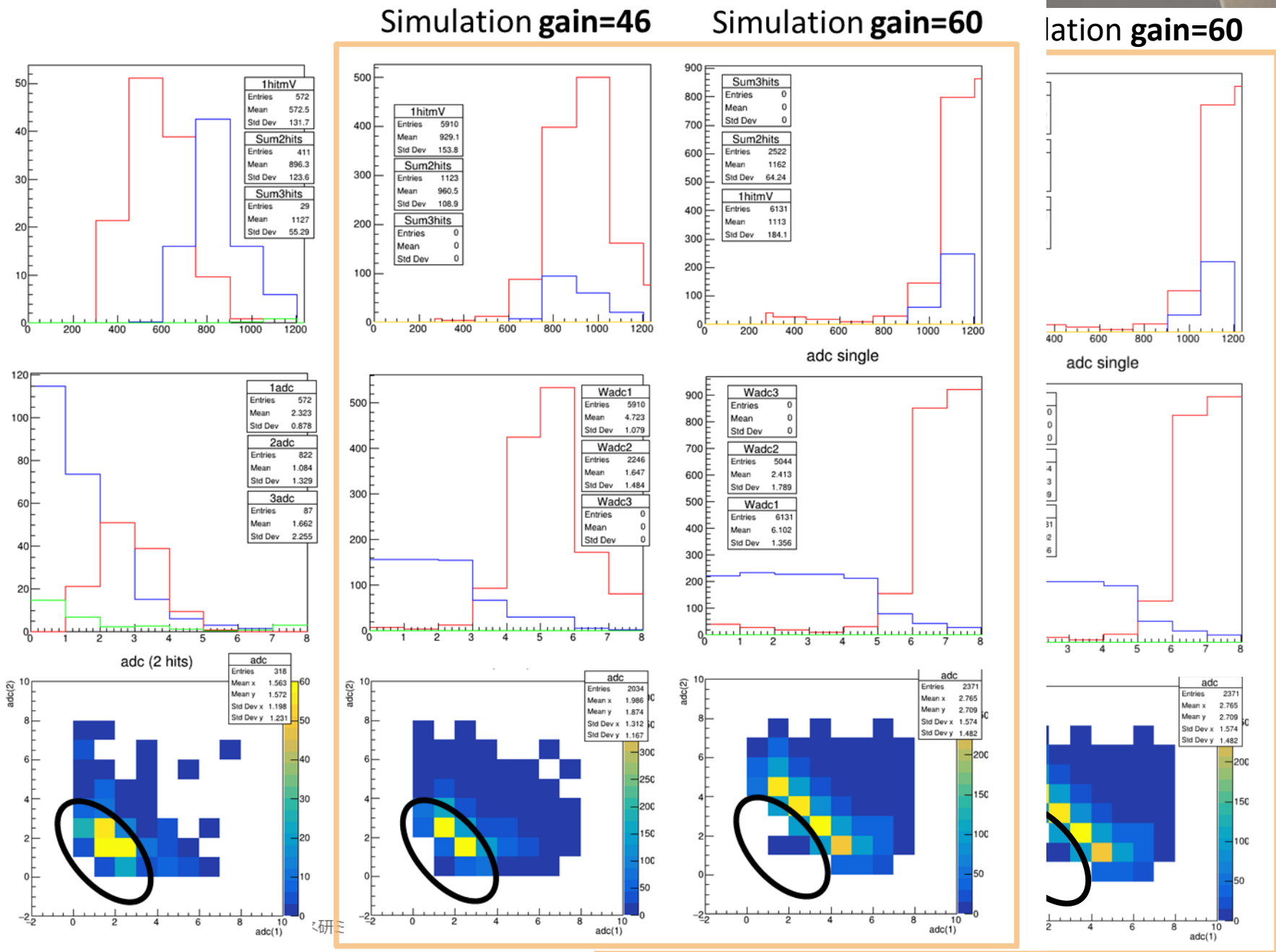
- シミュレーションで失計算のゲイン値を利用した。
 - 奈良女のGUIの設定は実際は46になっている。
- ゲイン値についてはドで詳しく述べる。

Single hit
: 通過ストリップ数1のヒツ

Double hits
: 通過ストリップ数2のヒツ

Loss per strip number
clustering

ADC corr
before cl



シミュレーションプログラムの改善

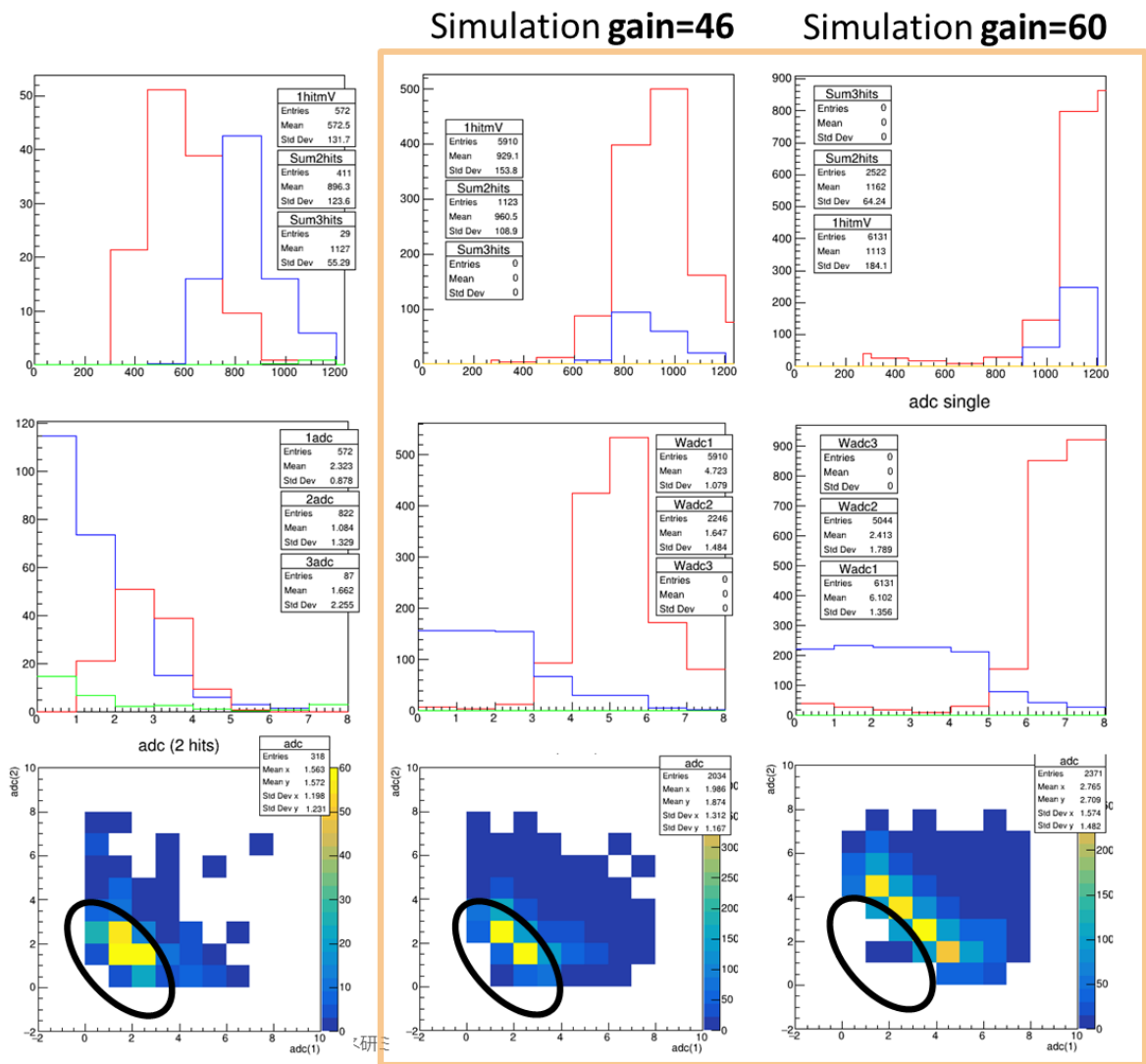
3. ゲイン値

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

- シミュレーションではエネルギー損失計算のゲイン値を60ではなく、46を利用した。
 - 奈良女のGUIの設定はgain=60だが、実際は46になっているのではないか？
- ゲイン値については、あとのスライドで詳しく述べる。

Energy loss per strip number after clustering



ADC per strip number before clustering

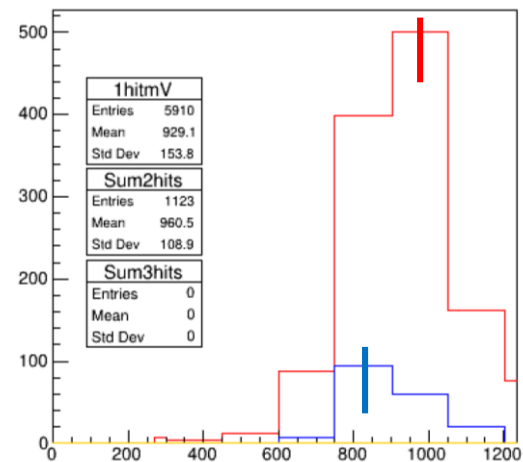
ADC correlation of double hits before clustering

シミュレーションプログラムの結果 エネルギー損失の分布

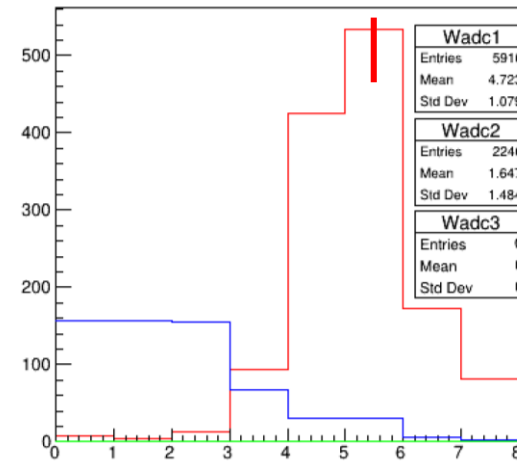
DAC threshold	Energy loss(mV)
15	270
23	302
60	450
98	602
135	750
173	902
210	1050
248	1202

- 複数ストリップを通過したイベント情報のクラスター化

*Energy loss per strip number
after clustering*



*ADC per strip number
before clustering*

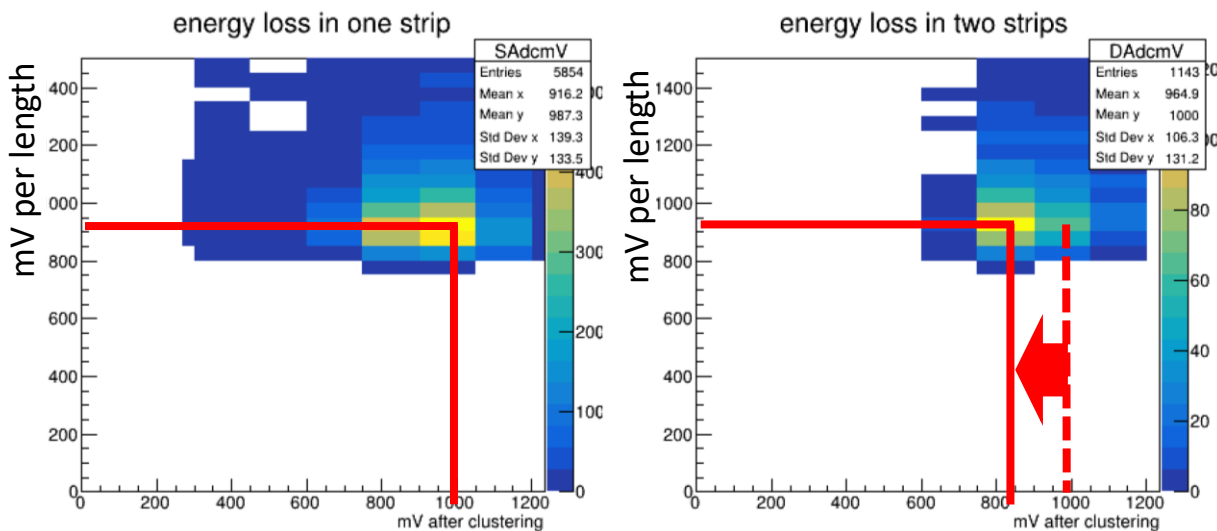


□シミュレーションの結果から分かったこと。

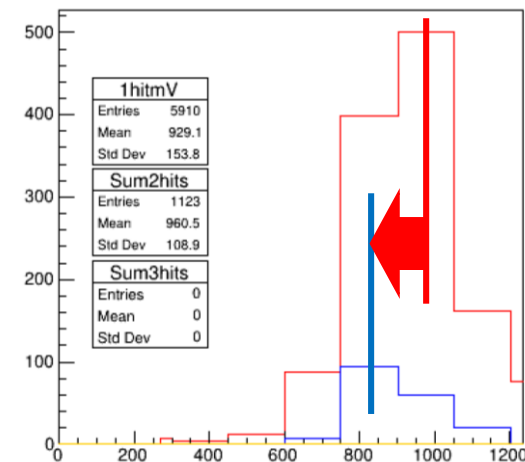
1. ストリップの通過数が1か2でエネルギー損失のピークが異なる。
 - ストリップ通過数1のエネルギー損失のピークは900~1050mV、通過数2のエネルギー損失のピークは750~900mV。
 - 2ストリップを通過した足し合わせエネルギーの方が1ストリップを通過したものよりピークが小さいところにある。
2. 奈良女で使っているプログラムのgain値が正しくきいていないのでは？

シミュレーションプログラムの結果 クラスター化前後のエネルギー損失の違い

1. 2ストリップを通過した足し合わせエネルギーの方が1ストリップを通過したものよりピークが小さいところにある。



*Energy loss per strip number
after clustering*

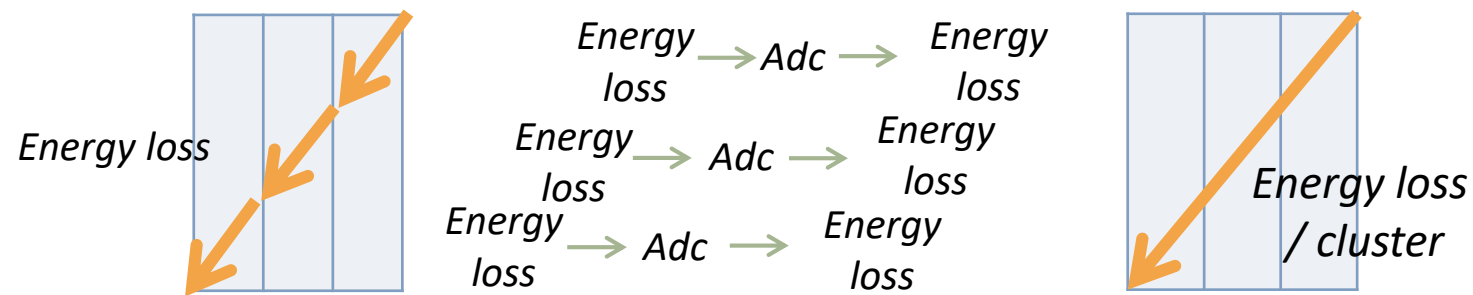
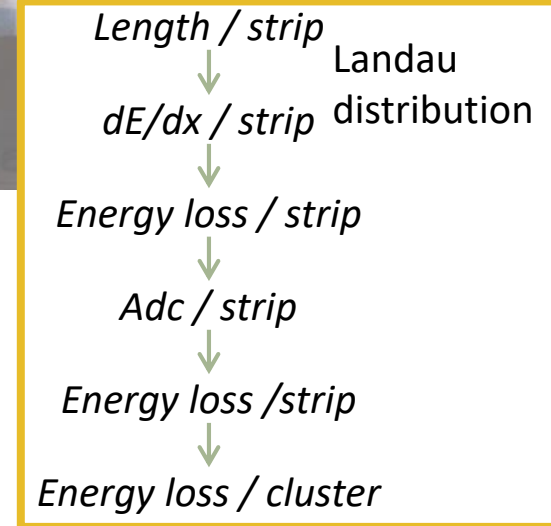


→DACの閾値とクラスター化により、損失エネルギーの分布が異なる。

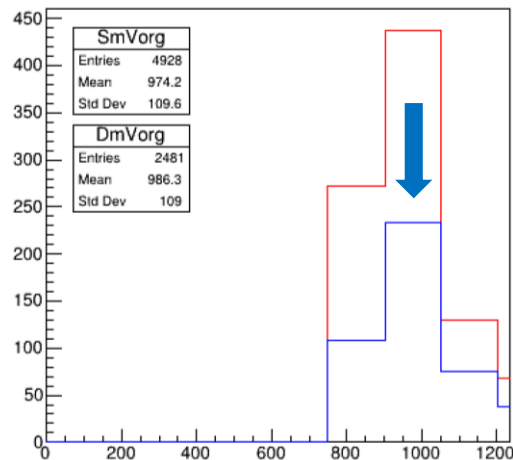
→次ページ

シミュレーションプログラムの結果 複数ストリップを通過したイベント情報のクラスター化

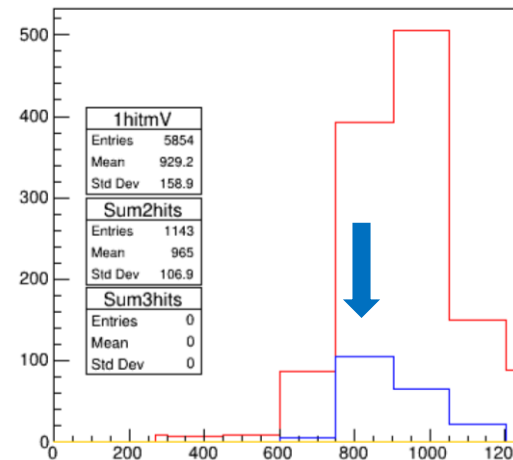
□クラスター化による、損失エネルギー分布の違いについて。



Energy loss per length before clustering

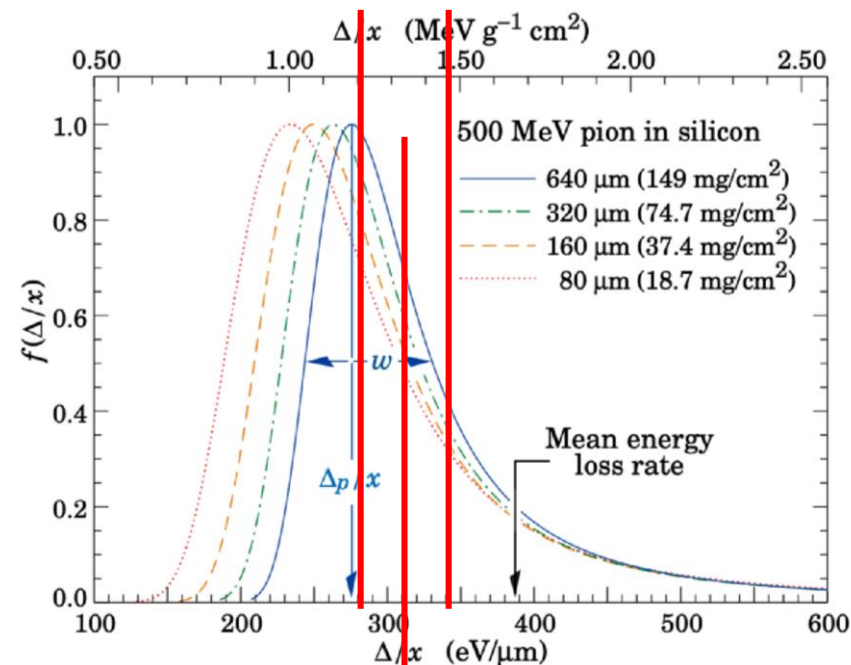
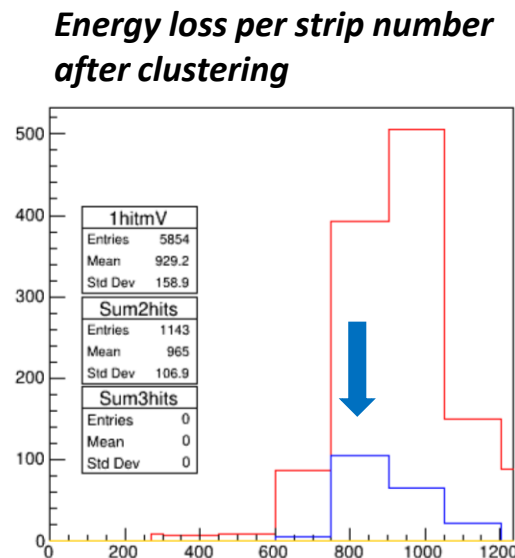
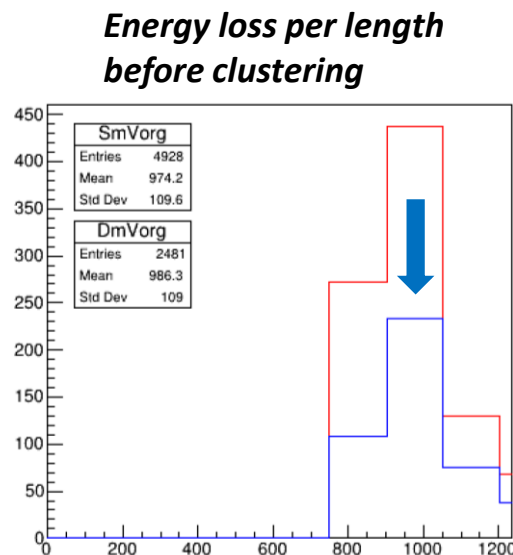


Energy loss per strip number after clustering



シミュレーションプログラムの結果 複数ストリップを通過したイベント情報のクラスター化

- DACの閾値とクラスター化により、損失エネルギーの分布が異なる。
 - 2つのストリップを通過したイベントうち、DAC閾値以下のエネルギー損失はクラスター化されないため、single hitとして扱われる。この時の損失エネルギーはクラスター化されなかったエネルギーの分だけ小さくなるのでピークが下がる。これにより、1つのストリップを通過したイベントのエネルギー分布において、小さいエネルギーにエントリーが増える。この時、通過ストリップ数が1のイベント数のほうがストリップ数が2のイベントよりも多いので、損失エネルギーのピークに影響は出ていない。
 - ランダウ分布の中央値はビン幅の中央値ではないのでエネルギーが下がる。



宇宙線測定とシミュレーションの比較

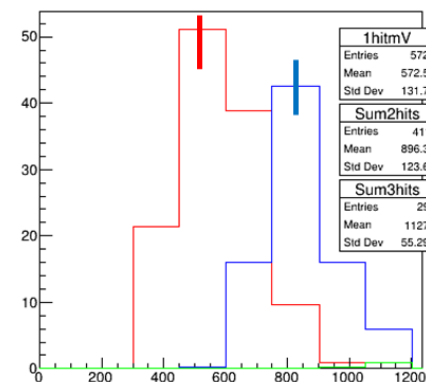
シリコンセンサー-1

Time :53 hours 30 min
 With weight
 Distance : 72000 μ m
 20200110-all2

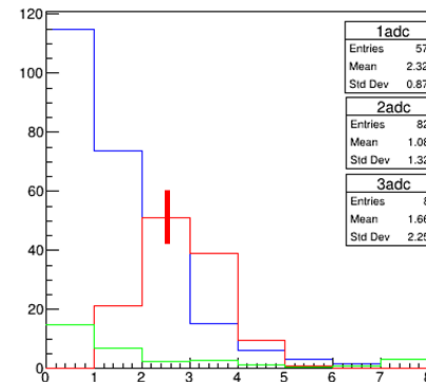
イベントの絞り込み

- 1 イベントあたり1クラスターのみ
- 1 ストリップ通過でADC=1以上

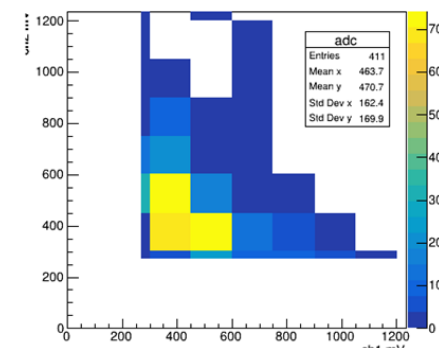
Energy loss per strip number
after clustering



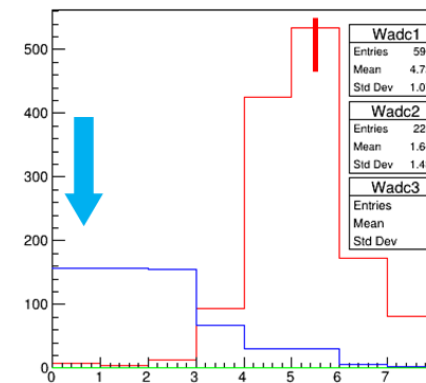
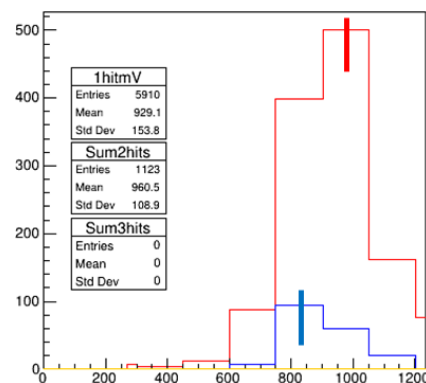
ADC per strip number
before clustering



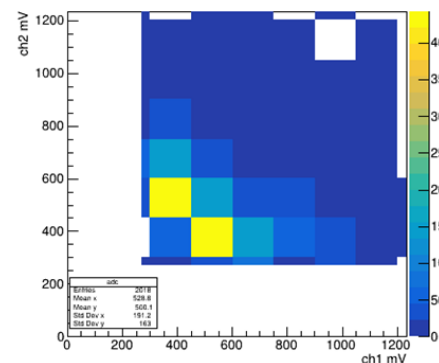
energy loss correlation (2 hits)



simulation



energy loss correlation (2hits)



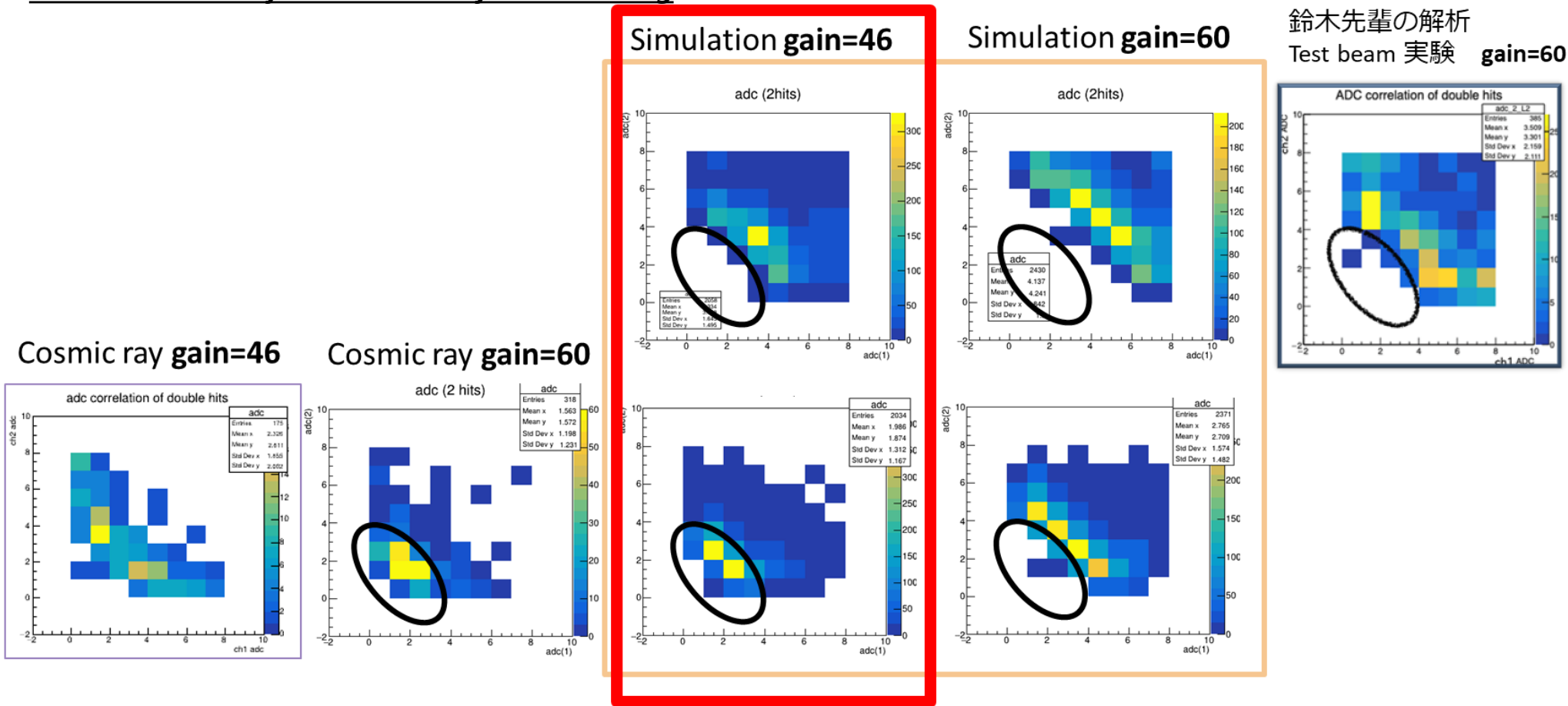
宇宙線測定の結果との違い

- ノイズの有無
- Single hitのエネルギー損失のピークが異なる。(ADC=2と5)
- シミュレーションのようにランダム分布していない (シミュレーションではdouble hitsのエネルギー損失のピークより小さいエネルギー損失のエントリーが少ないが、宇宙線では多い。
 →ノイズのせいで、double hitsのエネルギー損失の小さいエントリーが増えているのではないか。

宇宙線測定とシミュレーションの比較

double hitsとなる2つのヒットのエネルギー損失の相関関係とゲイン値

ADC correlation of double hits before clustering



Test beam DAC threshold	Energy loss(mV)
14	266
16	274
32	338
48	402
80	530
112	658
144	786
176	914

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

- Test beam実験と奈良女の宇宙線測定のエネギー損失ADCの相関図(test beam：鈴木先輩の解析)は、どちらもゲイン値が46のシミュレーション相関図に似ている→GUIの設定はgain=60だが、実際は46になっているのではないか？
 - GUIの画面でゲイン値を変えて宇宙線測定を行い、どのように変化するか調べる。
- ゲイン値がきちんと効いていればエネギー損失は下がるため、DAC閾値にエネギーの大きさが達しなくなりイベントのヒット数が減る。

宇宙線測定 GUI上のゲイン値を変えて測定

- GUIのゲイン値設定が効いているか調べるため。

- ゲイン設定

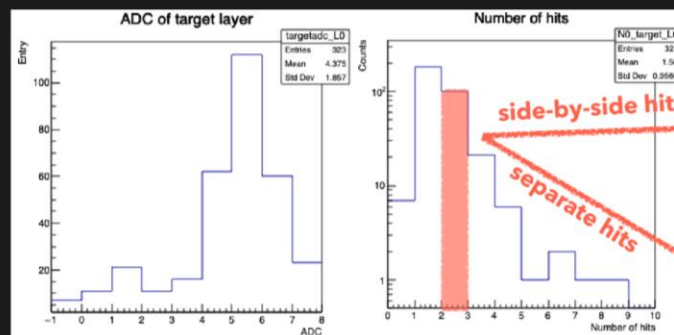
- **GSel<2:0>**: determines integrator feedback capacitance $C_{fb} = 25\text{fF} + [(8.6\text{fF})(\text{GSel}<0>) + (25\text{fF})(\text{GSel}<1>) + (50\text{fF})(\text{GSel}<2>)]$. Default = 010. ↴
- With a fixed shaper gain of about 5, the nominal system transfer gain can then be set to approximately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

- Gain= 46, 60, 67, 85で測定

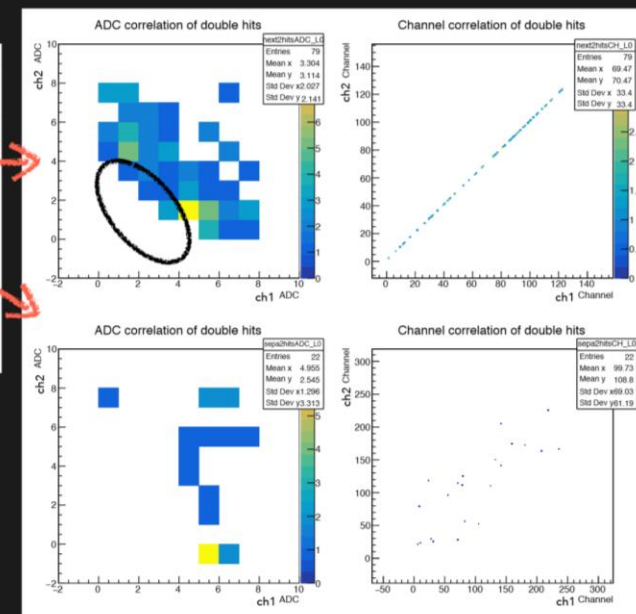
鈴木先輩のライド

BEHAVIOR OF TARGET LAYER

Select double hits of L0



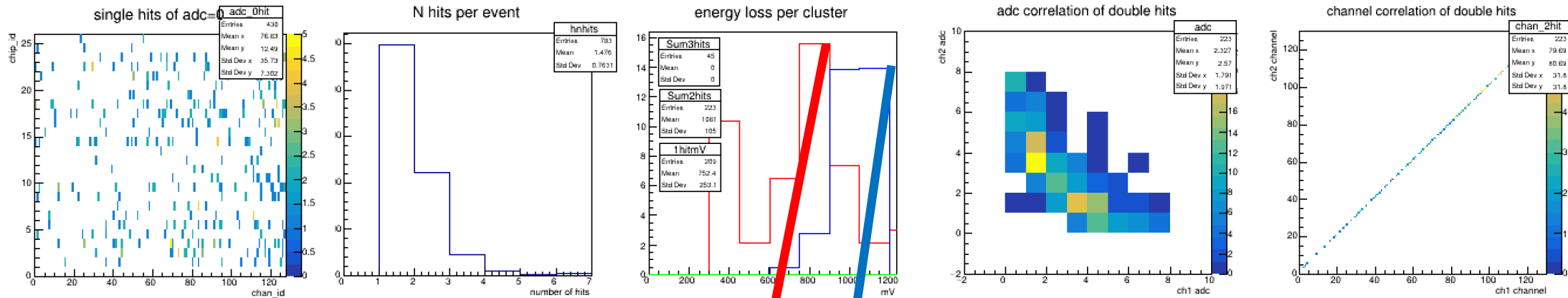
side-by-side hits
separate hits



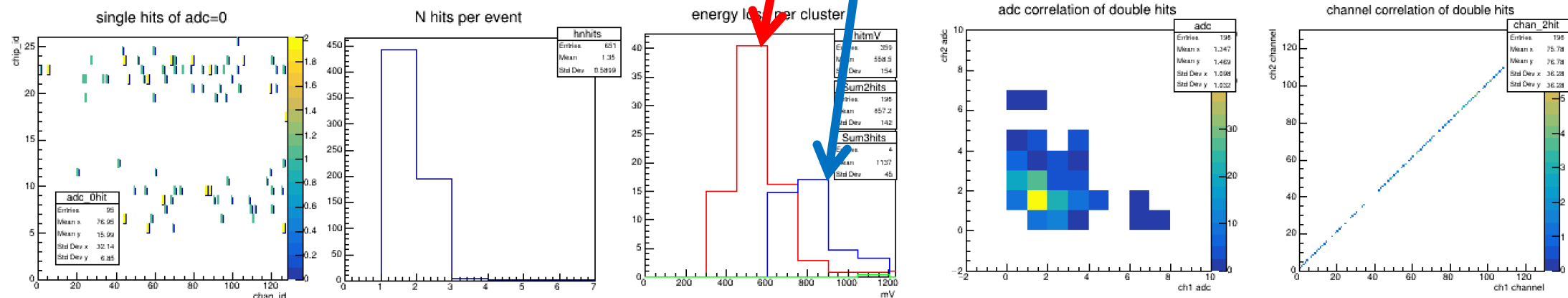
Either one of side-by-side hits is $\text{ADC} \geq 2$
 -> Strip with larger ADC is regarded as hit event certainly
 Separate hits seem not noise because of correlation between ch1 and ch2
 -> Other particle?

Gain値46と60の宇宙線測定結果の違い

Gain=46
18hours
30minutes
(測定回数2回)
Entry:
91 hits/hours



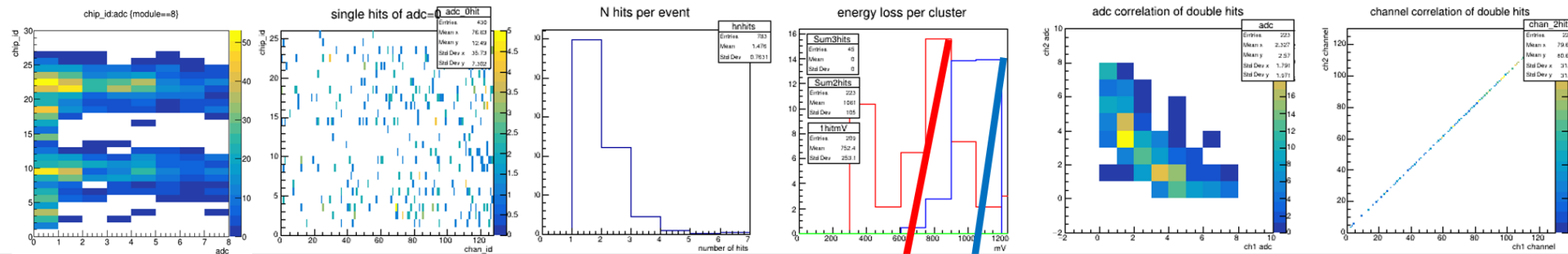
Gain=60
53 hours
(測定回数4回)
Entry:
21 hits/hours



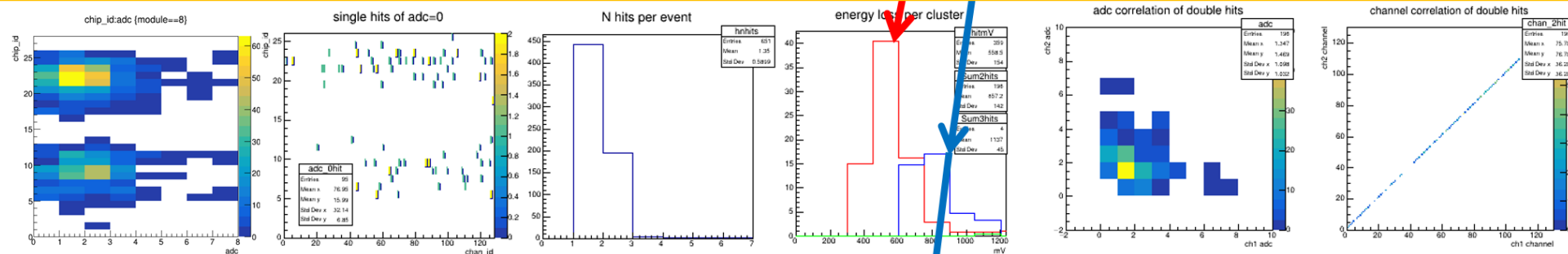
- ゲイン値が高いほうが宇宙線のエネルギー損失ピークが小さい。
- 通過ストリップ数が少ない。
- エントリー数が少ない。(ADC=0,1のヒットが減少)
- ADC=0のsingle hitが減り、シンチレーションカウンター上のチップのみにヒットがある。
→ふつうはゲイン値を上げるとエネルギー損失が大きく計算される。ゲイン値の設定が逆??

4つのゲイン値の測定結果比較

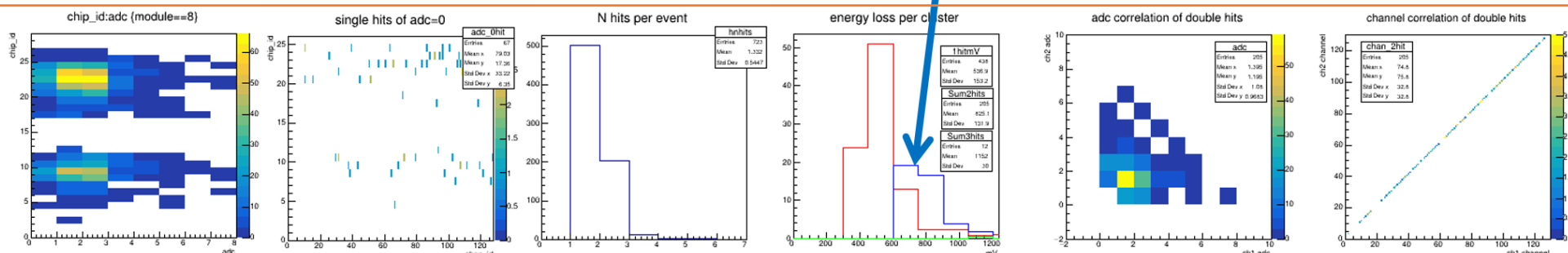
Gain=46
18hours
30minutes
(測定回数2回)
Entry:
91 hits/hours



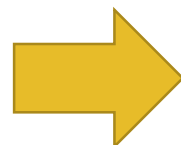
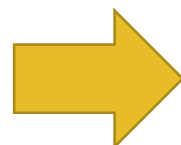
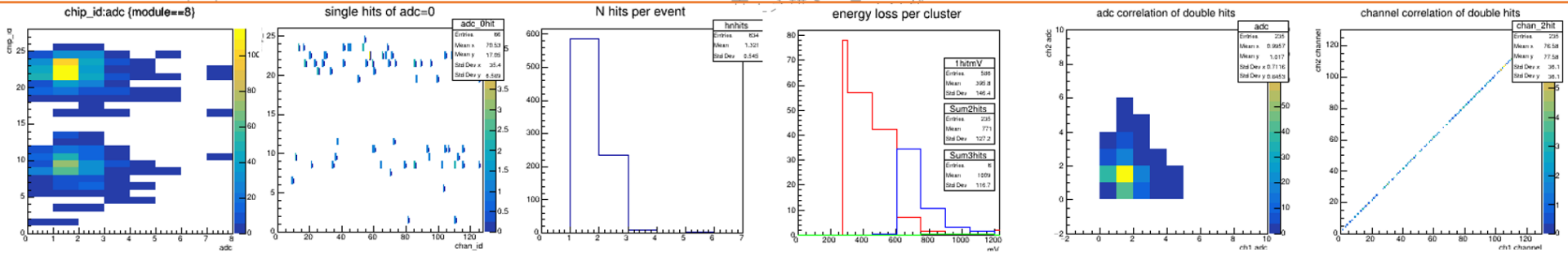
Gain=60
53 hours
(測定回数4回)
Entry:
21 hits/hours



Gain=67
19 hours
(測定回数2回)
Entry:
57 hits/hours



Gain=85
22hours
30minutes
(測定回数2回)
Entry:
57 hits/hours

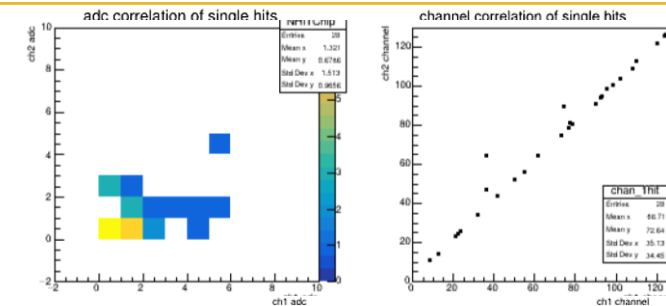


4つのゲイン値の測定結果比較

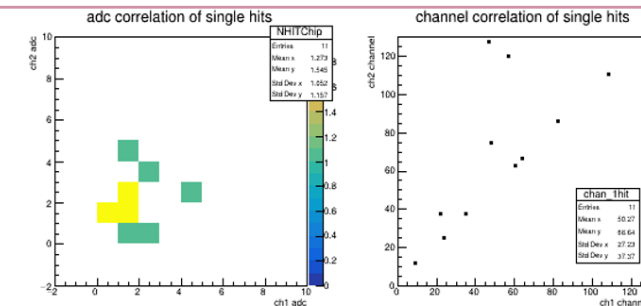
- 1chip内にsingleヒットのクラスターが2つある場合のADC相関関係とchannelとchipの相関関係

- ゲイン46、60、67に相関関係が見られる。
→相関関係の有無は鈴木先輩の解析に同じ。

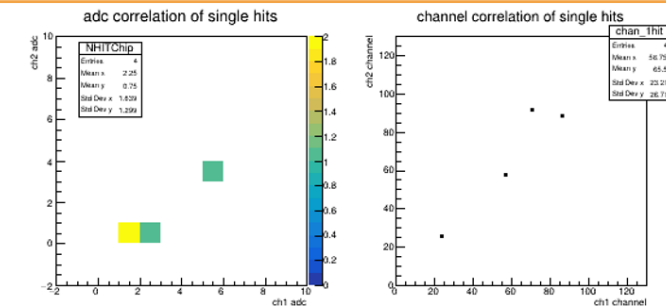
Gain=46
18hours
30minutes
(測定回数2回)
Entry:
91 hits/hours



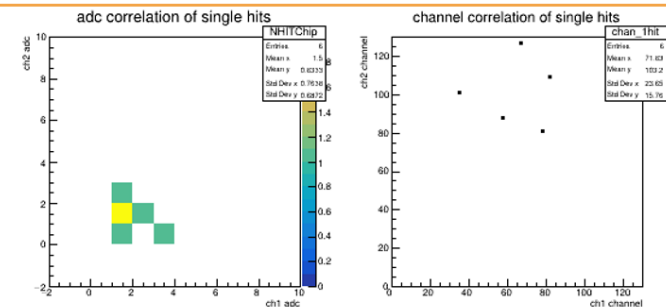
Gain=60
53 hours
(測定回数4回)
Entry:
21 hits/hours



Gain=67
19 hours
(測定回数2回)
Entry:
57 hits/hours



Gain=85
22hours
30minutes
(測定回数2回)
Entry:
57 hits/hours



Gain値による宇宙線測定結果の違い

- 全て2回ずつ測り、測定結果に違いがなかったので測定結果として正しいと思われる。

□比較結果より

- 46と60では違いが大きく出た。
- 60と67のゲイン値では、結果に違いが出なかった。
- 85ではsingleヒットにピークが現れなかった。

→GUIのゲイン値の設定を詳しく調べなければ、宇宙線測定の結果の判断が難しい。

まとめ

- シンチレーションカウンターの距離を離れたことで、シンチレーションカウンターに対し垂直に入射する μ 粒子の割合を増やし、このエネルギー損失の分布を見ることができた。
- 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た。
 - ✓DACの閾値とクラスター化により、損失エネルギーが小さく計算されることがわかった。
- ノイズが少ない閾値設定で宇宙線を測定し、シミュレーション結果と比較した。
 - ✓宇宙線測定とシミュレーションのプログラムを改善し、データを絞り込むことができた。
 - ✓DAC0を15に設定したが、ノイズはなくならなかった。
- 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調べた。
 - ✓Single hitのエネルギー損失→正しく測定されていない。
 - ✓Double hitsのエネルギー損失→正しく測定されている。
- ゲイン値による測定結果の違いを調べた。

課題

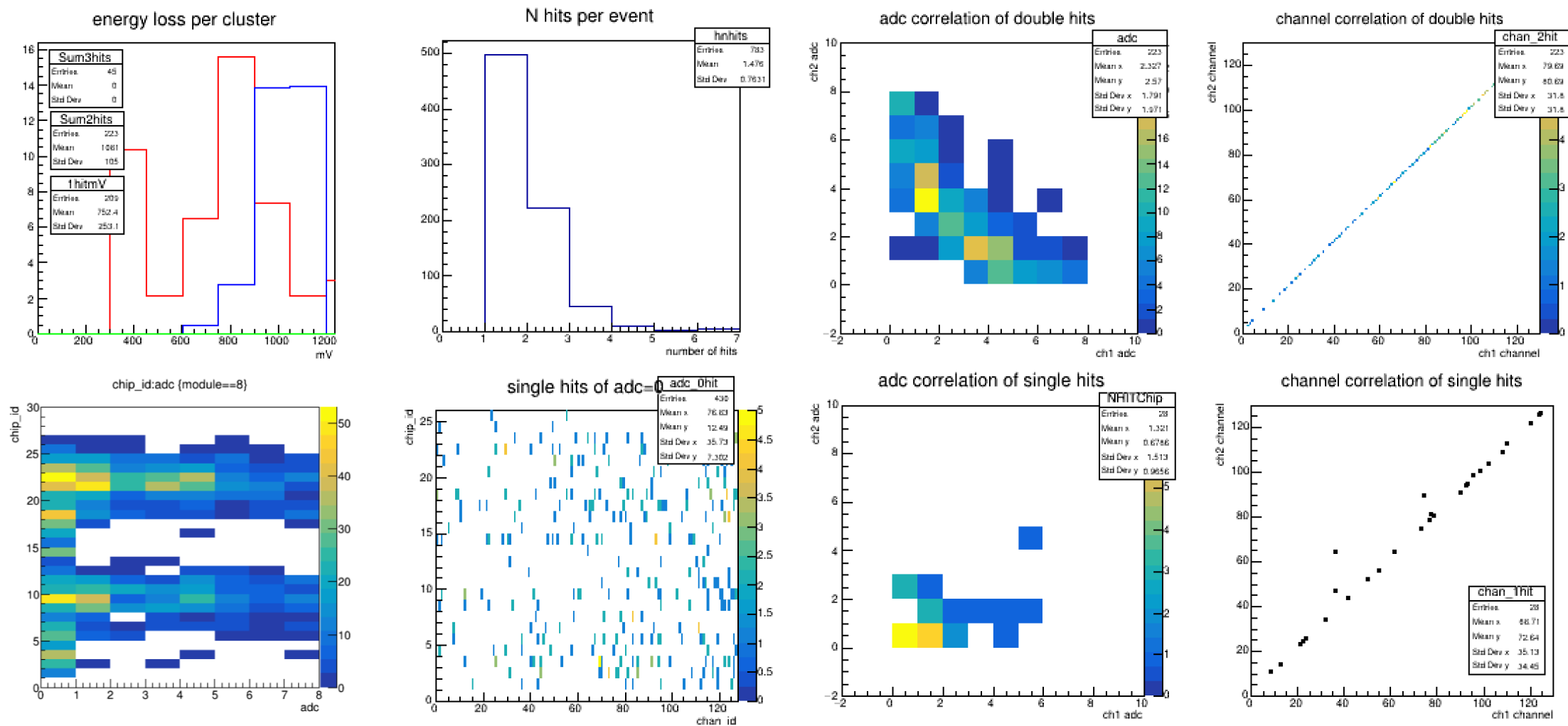
- 宇宙線測定のためのデータを集める。
- 宇宙線測定でのsingleヒットとdoubleヒットのピークの違いを調べる。
- ゲイン値による測定結果の違いをさらに調べる。



Back up

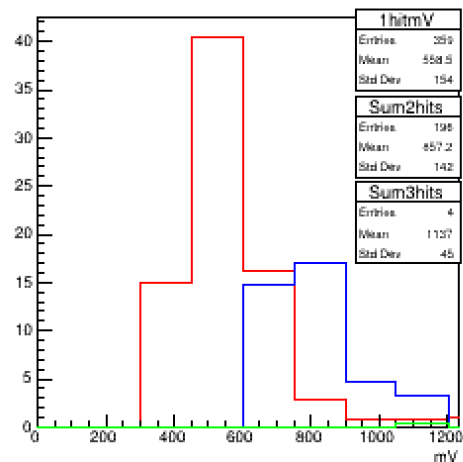
Gain 46で測定

20200114-1953 18hours



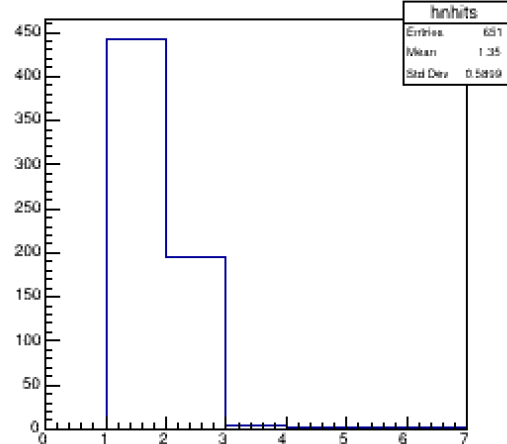
Gain=60で測定

energy loss per cluster

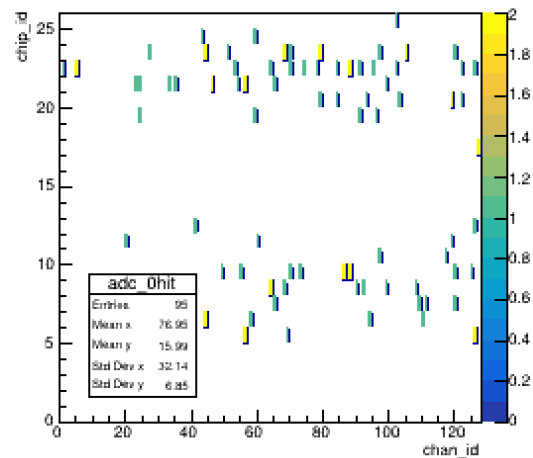


chip_id:adc (module==8)

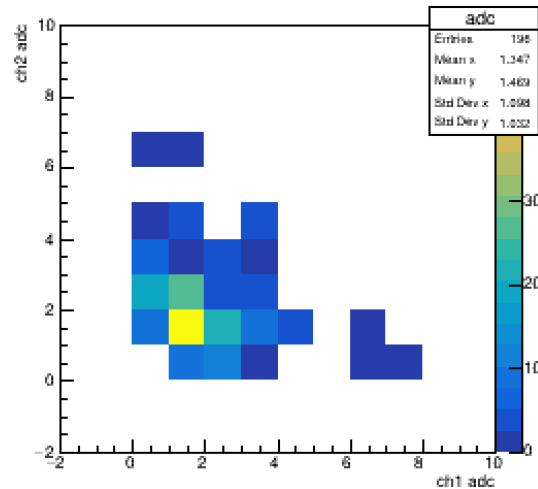
N hits per event



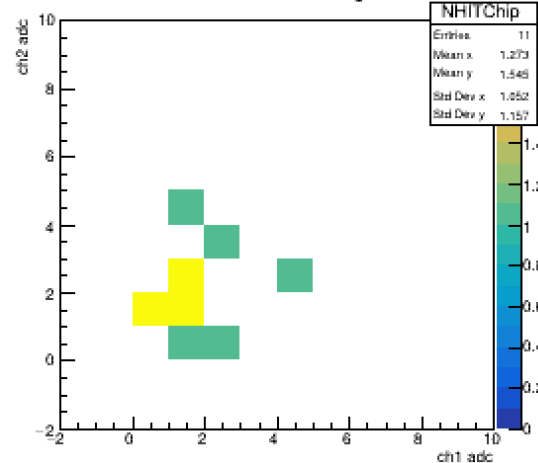
single nits or adc=0



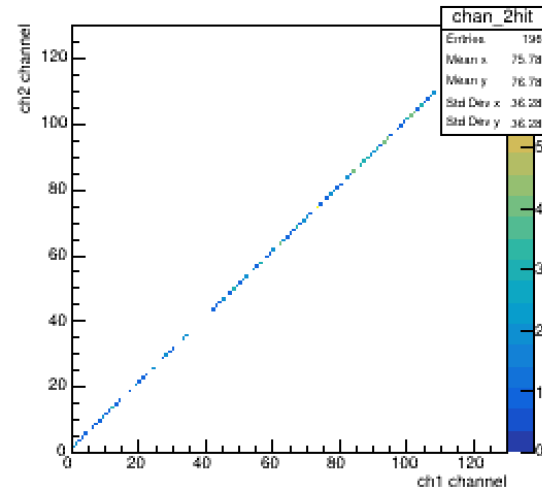
adc correlation of double hits



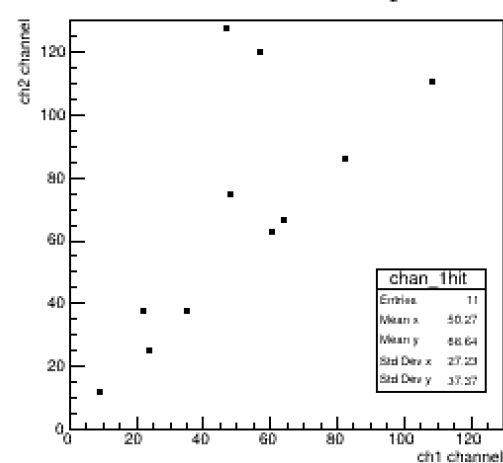
adc correlation of single hits



channel correlation of double hits

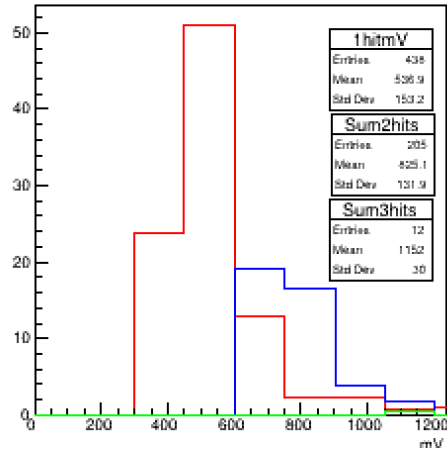


channel correlation of single hits

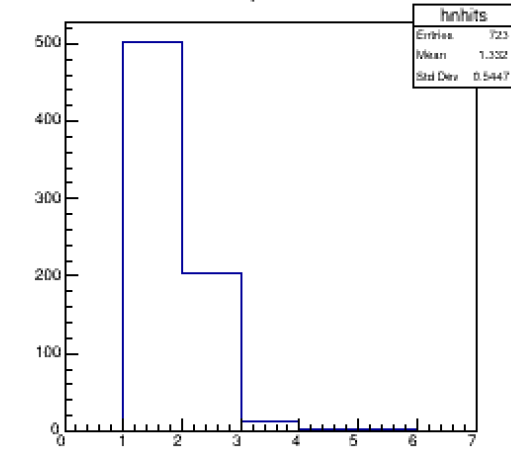


Gain67で測定

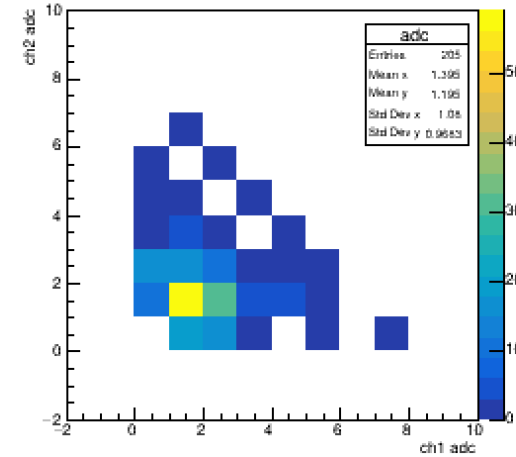
energy loss per cluster



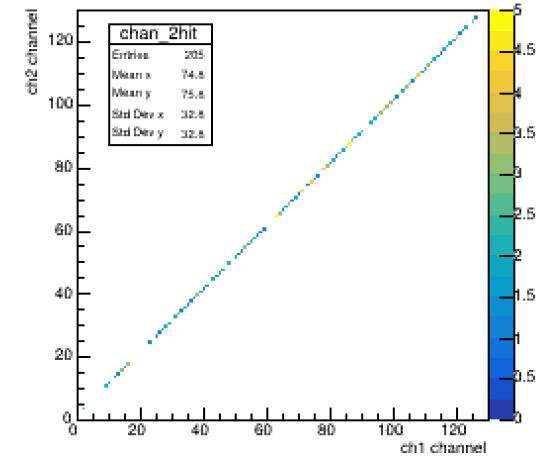
N hits per event



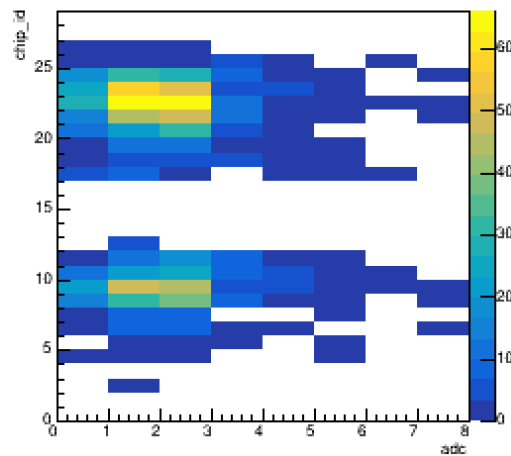
adc correlation of double hits



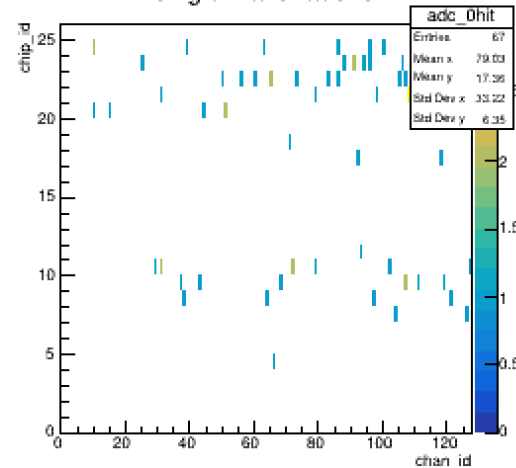
channel correlation of double hits



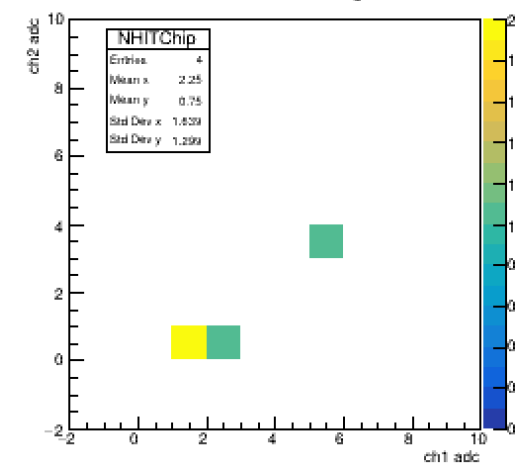
chip_id:adc (module==8)



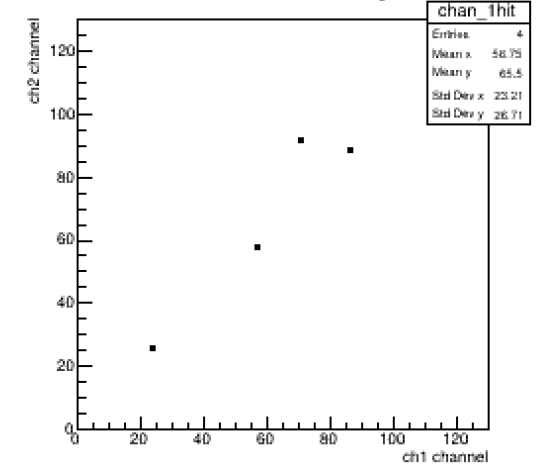
single hits of adc=0



adc correlation of single hits

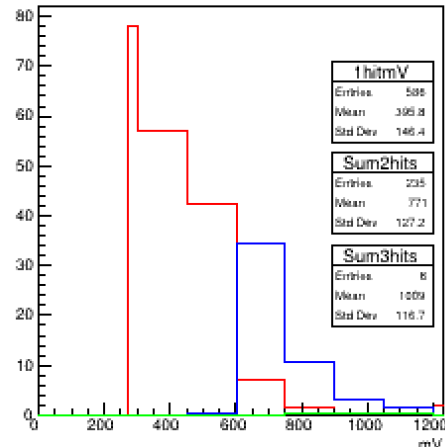


channel correlation of single hits

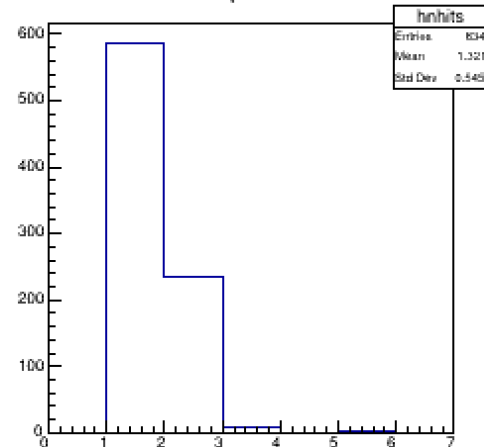


Gain=85で測定

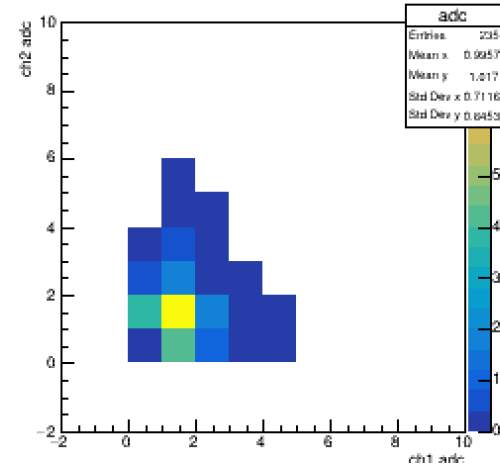
energy loss per cluster



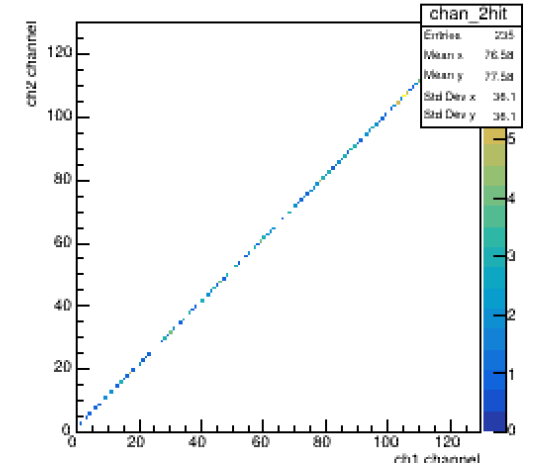
N hits per event



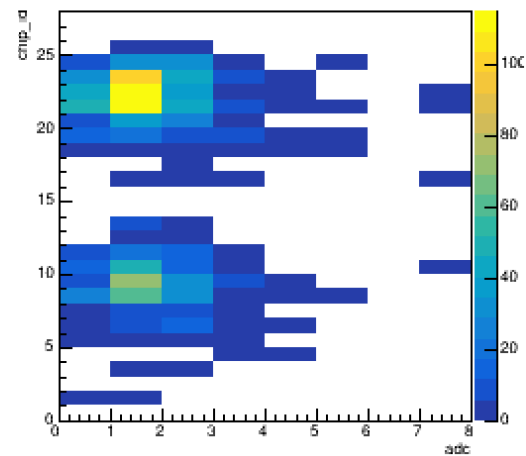
adc correlation of double hits



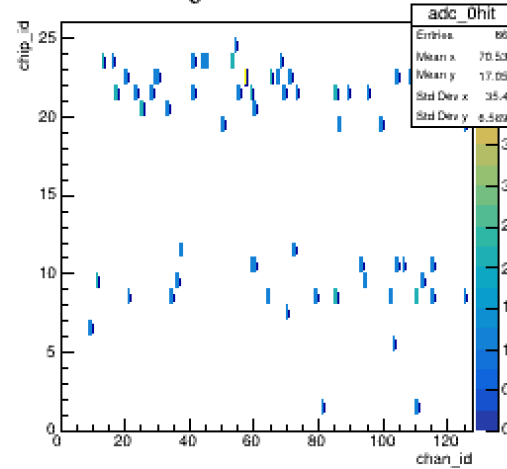
channel correlation of double hits



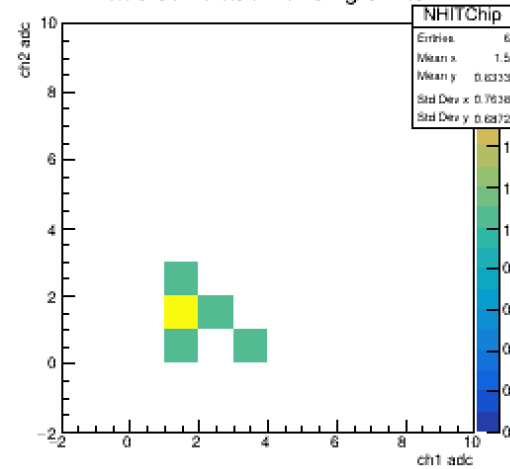
chip_id:adc (module==8)



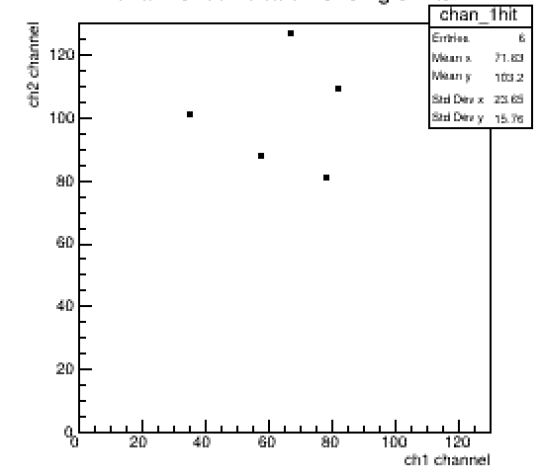
single hits of adc=0



adc correlation of single hits



channel correlation of single hits



宇宙線測定の実験結果の解析 データの絞り込み後の結果(シリコンセンサー2)

Time : 8 hours
With weight
Distance : 72000 μ m

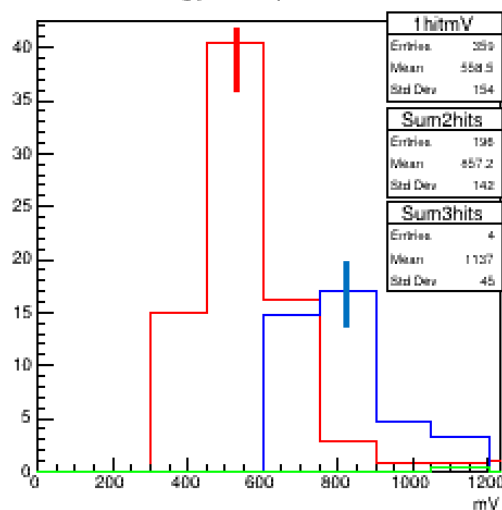
DAC threshold	Energy loss(mV)
15	270
23	302
60	450
98	602
135	750
173	902
210	1050
248	1202

イベントの絞り込み

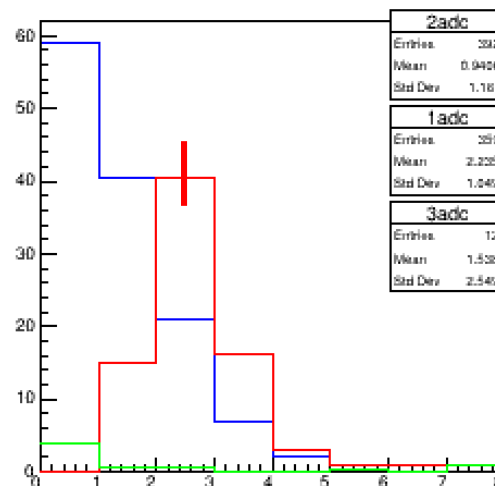
- 1 イベントあたり1クラスターのみ
- 1 ストリップ通過でADC=1以上

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

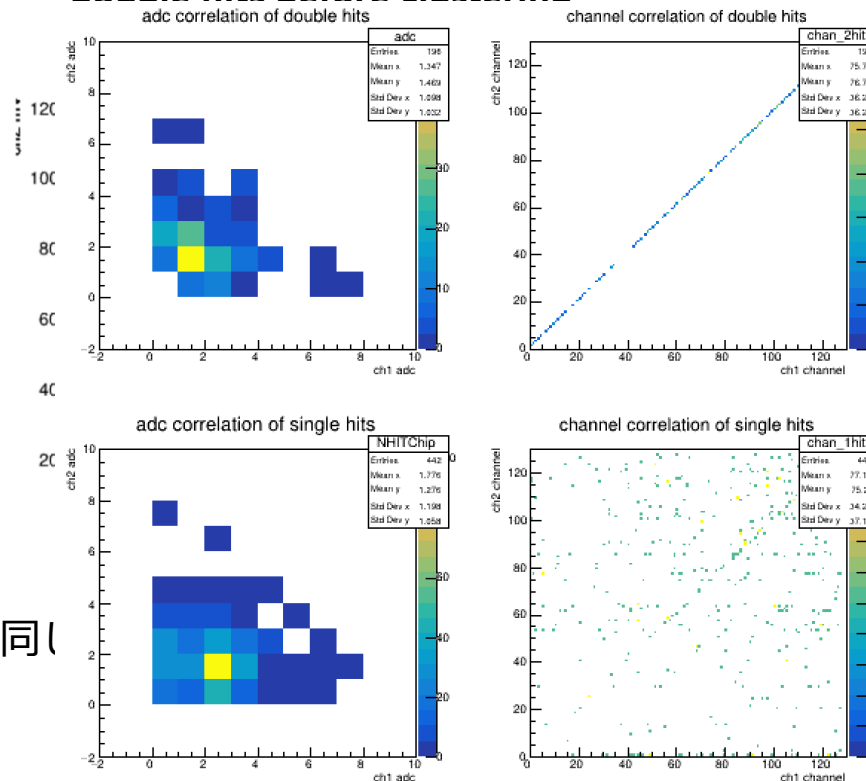
Energy loss per strip number
after clustering
energy loss per cluster



ADC per strip number
before clustering
adc2



Energy loss correlation of
double hits before clustering



- Single hitとDouble hitsのエネルギー損失のピークはシリコンセンサー1と同じ
- 300~450mVと350~450mVの組み合わせのヒットが多い。(double hits)
- シリコンセンサー1よりもランダウ分布に近い。

→より時間をためて、このランダウ分布に変化が出るか調べる。

→形に変化がなければシリコンセンサー2の方が損失エネルギー判別能力が高い可能性

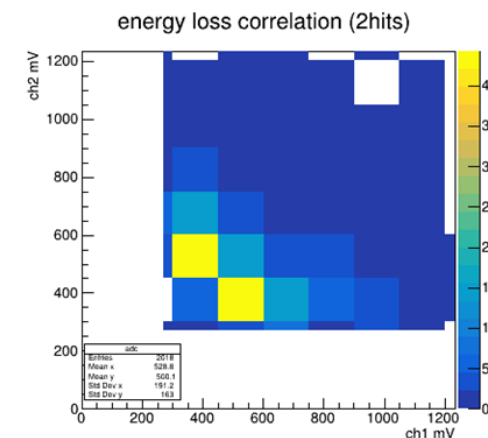
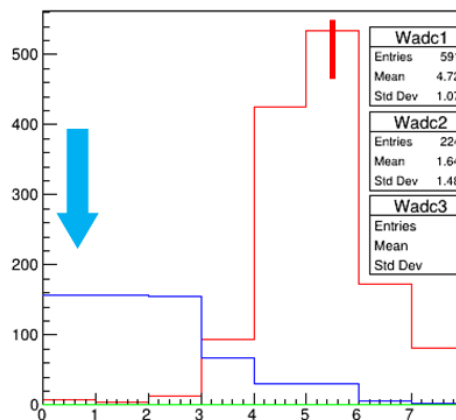
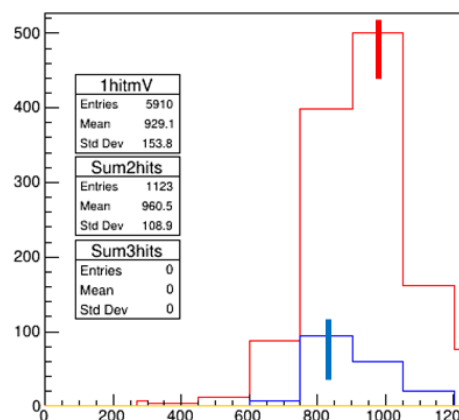
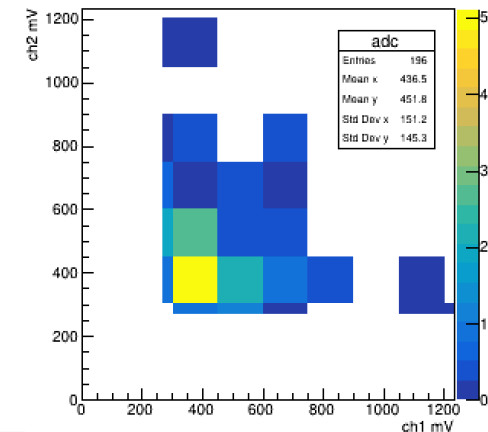
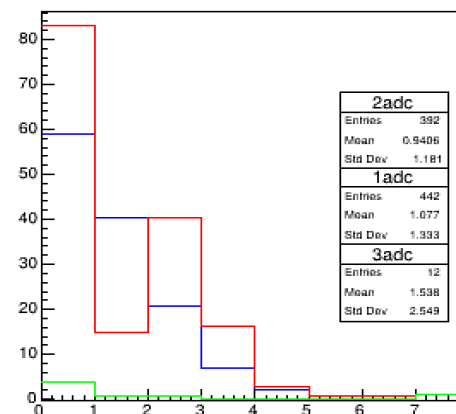
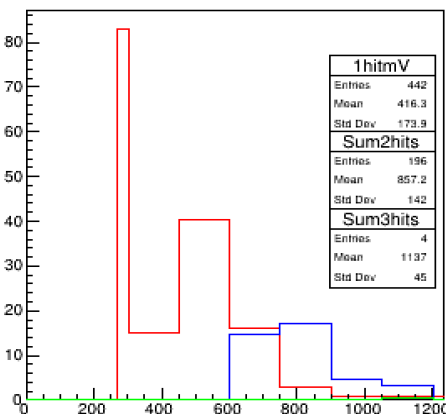
宇宙線測定とシミュレーションの比較

シリコンセンサー2

Time : 8 hours
 With weight
 Distance : 72000 μ m
 20200110-all2

イベントの絞り込み

- 1 イベントあたり1クラスターのみ
- 1 ストリップ通過でADC=1以上



宇宙線測定の結果との違い

- ノイズの有無
- ストリップ通過数 1 のエネルギー損失のピークが異なる。(ADC=2と5)
- シミュレーションに近いランダウ分布をしている。
- double hitsを構成する2 ヒットそれぞれのエネルギー損失の組み合わせが、シミュレーションと異なる。

→より時間をためて、このランダウ分布に変化が出るか調べる。

→形に変化がなければシリコンセンサー2の方が損失エネルギー判別能力が高い可能性

simulation

