

進捗報告

2019/02/22 INTT meeting

奈良女子大学

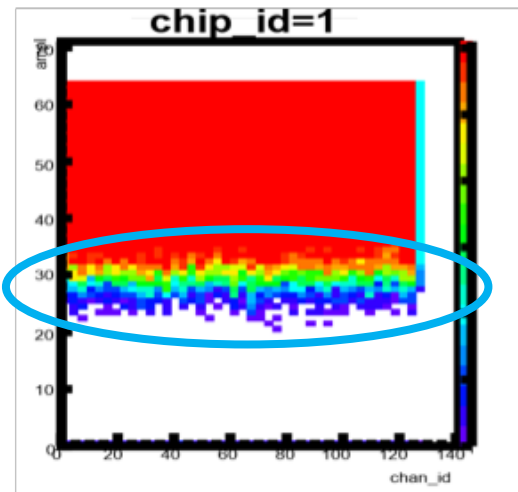
一色萌衣 吳羽広子 杉野和音

ノイズ評価

ノイズ評価概要

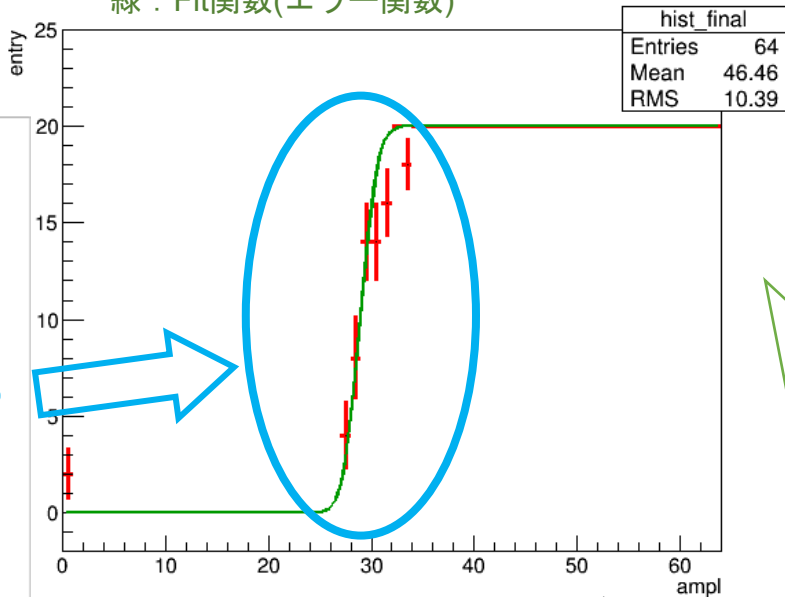
キャリブ結果

設定した最低閾値(DAC0)におけるentry数がノイズの影響により曖昧。



1channel当たりのパルス高毎のentry数

赤：二項分布エラー付きのデータプロット
緑：Fit関数(エラー関数)



本来、1番低い閾値においてentry数が0から20に鋭く立ち上がるはずだが、緩やかな立ち上がりとなっている。→ノイズの影響か

エラー関数によるFit

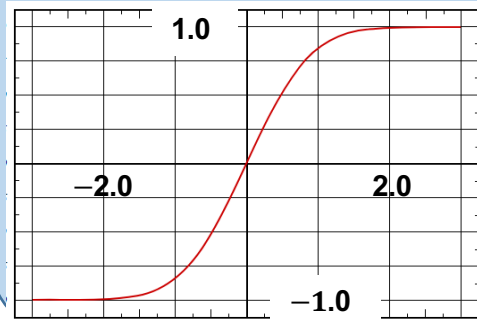
Fit関数：

$$f(x) = \text{erf}(b(x - a) + 1) \times 10$$

※a,bはパラメータ

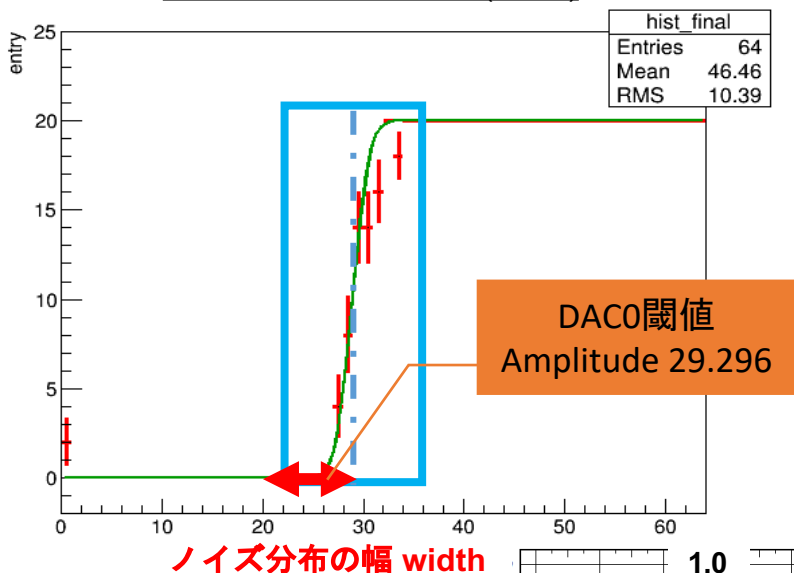
エラー関数：

$$\text{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$$



ノイズ評価 結果とまとめ

ノイズ分布の幅の設定(width)

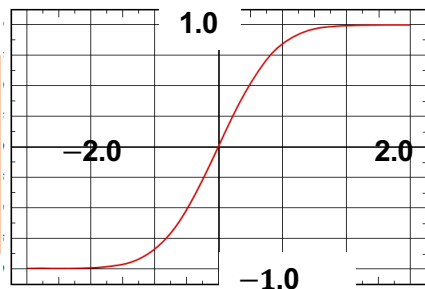


Widthの算出式

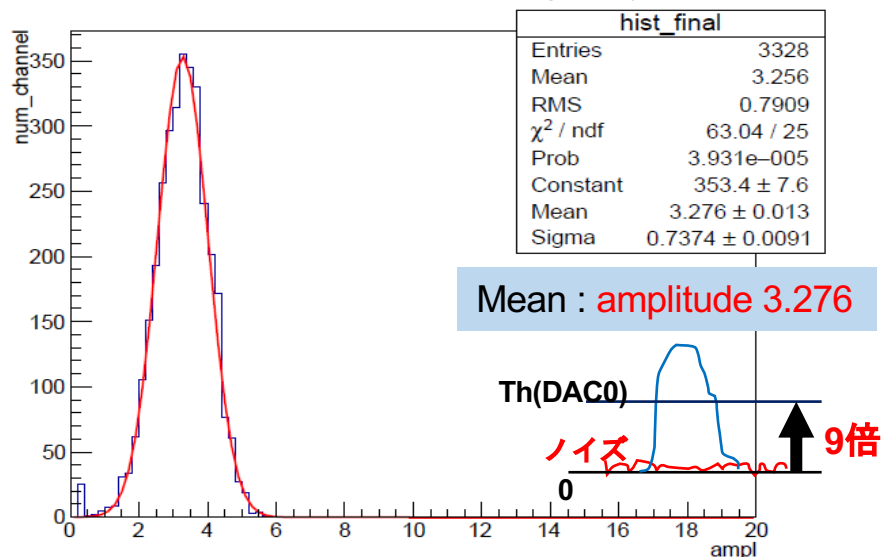
$$f(x) = \text{erf}(b(x - a) + 1) \times 10$$

$$\text{width} \times b = 1$$

$$\text{width} = 1/b$$



全channelのwidth分布をgaus fit



今回の測定において設定したDAC0閾値は290mVであり、Amplitude約29.296に相当する。

$\frac{29.296}{3.276} = 8.943$ より、DAC0閾値のパルス高さはノイズのパルス高さの約9倍であると分かる。
従って閾値からノイズの分布は十分離れており、ノイズの影響は無視できると考えた。

β 線源による性能評価

^{90}Sr β 線源の仕様

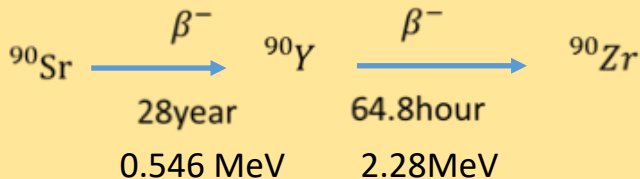
基本情報

^{90}Sr

・半減期 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$

27.7yr/64hour

・崩壊方式



(放出電子の持つエネルギー
最大値)

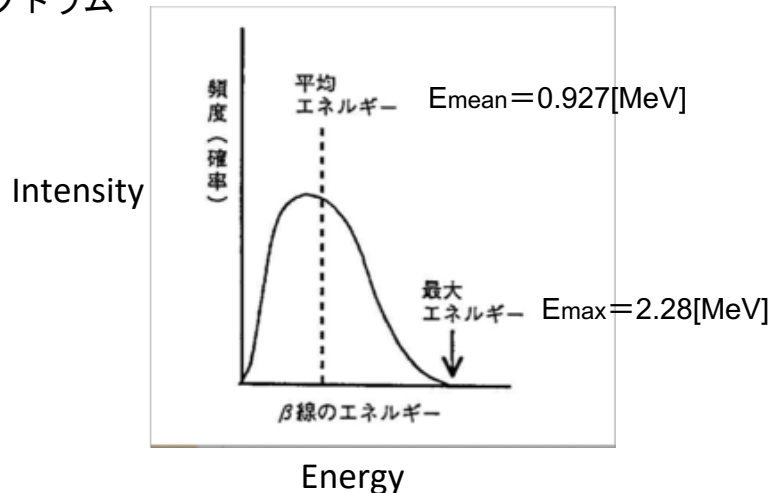
今回はもっとも保持され则认为られるYからZrへの崩壊での放出電子の持つエネルギー2.27MeVを採用

Table 1.3. List of pure β^- emitters

Source	Half-life	E_{max} [MeV]
^3H	12.26 yr	0.0186
^{14}C	5730 yr	0.156
^{32}P	14.28 d	1.710
^{33}P	24.4 d	0.248
^{35}S	87.9 d	0.167
^{36}Cl	3.08×10^5 yr	0.714
^{45}Ca	165 d	0.252
^{63}Ni	92 yr	0.067
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	27.7 yr/64 h	0.546/2.27
^{99}Tc	2.12×10^5 yr	0.292
^{147}Pm	2.62 yr	0.224
^{204}Tl	3.81 yr	0.766

β 線のエネルギーは同時に放出されるニュートリノとエネルギーを分け合うため連続スペクトルになる。

β 崩壊した時の放出される電子の連続エネルギースペクトラム



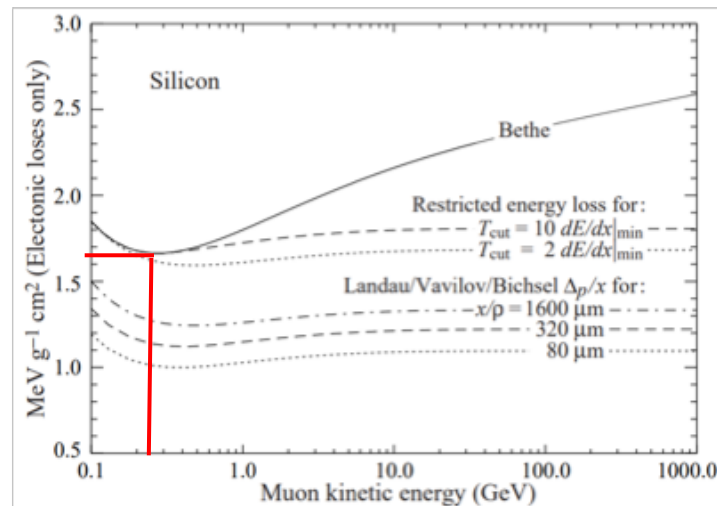
β線源のエネルギー損失

β線源 : ^{90}Sr 参考 : (<http://radphys4.c.u-tokyo.ac.jp/~torii/lecture/Torii-radiolect-dbs-No3.pdf>)

電子の最大エネルギー $E_{\text{max}} = 2.28 \text{ [MeV]}$
 $p = (E^2 - m^2)^{1/2} = (2.28^2 - 0.511^2)^{1/2} \approx 2.21$
 $\beta\gamma = p/m = 4.35$

電子の平均エネルギー $E_{\text{mean}} = 0.927 \text{ [MeV]}$
 $p = (E^2 - m^2)^{1/2} = (0.927^2 - 0.511^2)^{1/2} \approx 0.77$
 $\beta\gamma = p/m = 1.51$

右図よりBetheの式から求める電子のシリコン中のエネルギー損失(MIP)は**1.66 [MeV g⁻¹ cm²]**

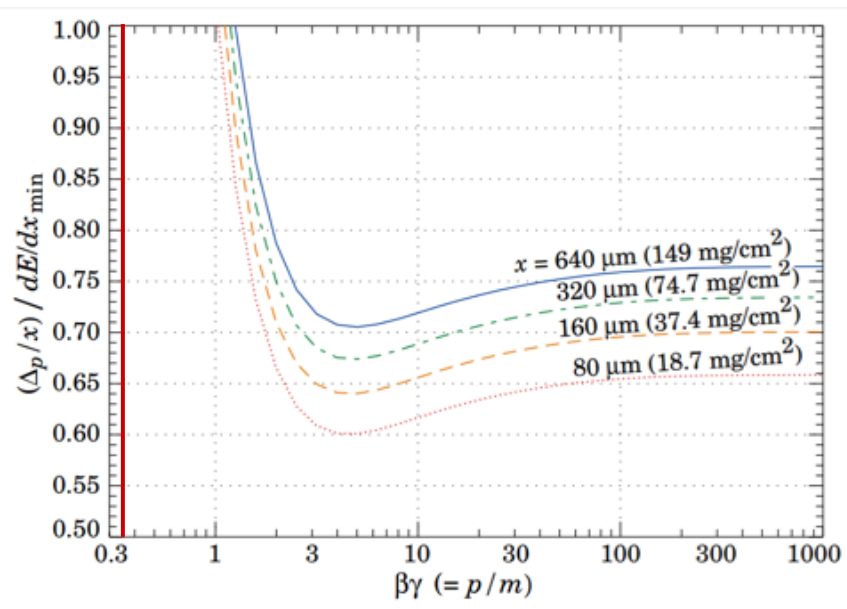


<http://pdg.lbl.gov/2016/reviews/rpp2016-rev-passage-particles-matter.pdf#search='particle+data+physics+Bethe'>

プラスチックカバーを考慮した場合のエネルギー損失

プラスチックの素材をC(炭素)として計算する。以下、使用しているプラスチックカバーの定量。

厚さ : $x = 0.1[\text{cm}]$, 密度 : $\rho = 2.21[\text{g}/\text{cm}^3]$, 反応断面積 : $dE/dx = 1.742[\text{MeV}/\text{g}/\text{cm}^2]$



この時プラスチックカバーを通過する際の、単位面積当たりのエネルギー損失は

$$dE = 1.742[\text{MeV}/\text{g}/\text{cm}^2] \cdot 2.21[\text{g}/\text{cm}^3] \cdot 0.1[\text{cm}] = 0.385[\text{MeV}]$$

よって、電子の平均エネルギーが $E_{\text{mean}} = 0.927[\text{MeV}]$ なのでシリコンを通過する際のエネルギーは

$$E = 0.927[\text{MeV}] - 0.385[\text{MeV}] = 0.542[\text{MeV}]$$

運動量は $p = (E^2 - m^2)^{1/2} = (0.542^2 - 0.511^2)^{1/2} \approx 0.18$ なので $\beta\gamma = p/m = 0.35$ と求められる。

これより左図から200 μm 厚のSiにおけるミュオンのエネルギー損失を求める。これはBetheでのミュオンのMIPの比である。

→ $\beta\gamma = 0.35$ の時、対応する値がなかった。電子はシリコンを通過せずに中で止まると考えられる。

β線源における電子の平均エネルギー損失

先程の結果より、平均エネルギーでは電子はシリコン中で止まると考えられる。このとき運動量は0になるが電子は消滅せずに中で留まる。つまり、 $p = (E^2 - m^2)^{1/2} = 0$ より電子の質量分のエネルギーを損失するがシリコン中にはエネルギーが残る。

したがって、シリコン中のエネルギー損失は $E = 0.542 \text{ [MeV]} - 0.511 \text{ [MeV]} = 0.031 \text{ [MeV]}$

Siの電子正孔対1個の生成に必要なエネルギーは3.6[eV]より、生成される電子正孔対の数は $0.031 \text{ [MeV]} \div 3.6 \text{ [eV]} = 8611 \text{ [個]}$

FPHXチップのプリアンプで増幅された分を計算すると、電子1個につき電荷が $1.6 \times 10^{-19} \text{ [C]}$ より、 $8611 \text{ [個]} \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ [C]} = 1.38 \text{ [fC]}$

電圧に変換すると、このチップのゲイン値は $60 \text{ [mV/fC]} \times 5$ と設定しているので $1.38 \text{ [fC]} \times 60 \text{ [mV/fC]} \times 5 = 680 \text{ [mV]}$ である。

β線源における電子の最大エネルギー損失

^{90}Sr の最大エネルギーは2.28MeVである。よって、プラスチックカバーを通過しシリコンで失う最大のエネルギーは、 $E_{\text{max}} = 2.282 - 0.385 = 1.897 \text{ MeV}$
運動量は $p = (E^2 - m^2)^{1/2} = (1.897^2 - 0.511^2)^{1/2} \approx 1.83$ なので $\beta\gamma = p/m = 3.57$ と求められる。

左図より、最大エネルギーで $\beta\gamma = 3.57$ の時、200 μm 厚のシリコンではBetheのミュオンのMIPとの比は0.66。
したがって、200 μm 厚のシリコンのMIPは

$$0.66 \cdot 1.66 [\text{MeV g}^{-1} \text{ cm}^2] = 1.10 [\text{MeV g}^{-1} \text{ cm}^2]$$

シリコンの密度2.33[g/cm³]より、単位面積当たりのエネルギー損失は

$$1.10 [\text{MeV g}^{-1} \text{ cm}^2] \cdot 200 [\mu\text{m}] \cdot 2.33 [\text{g/cm}^3] = 0.051 [\text{MeV}]$$

Siの電子正孔対1個の生成に必要なエネルギーは3.6[eV]より、生成される電子正孔対の数は

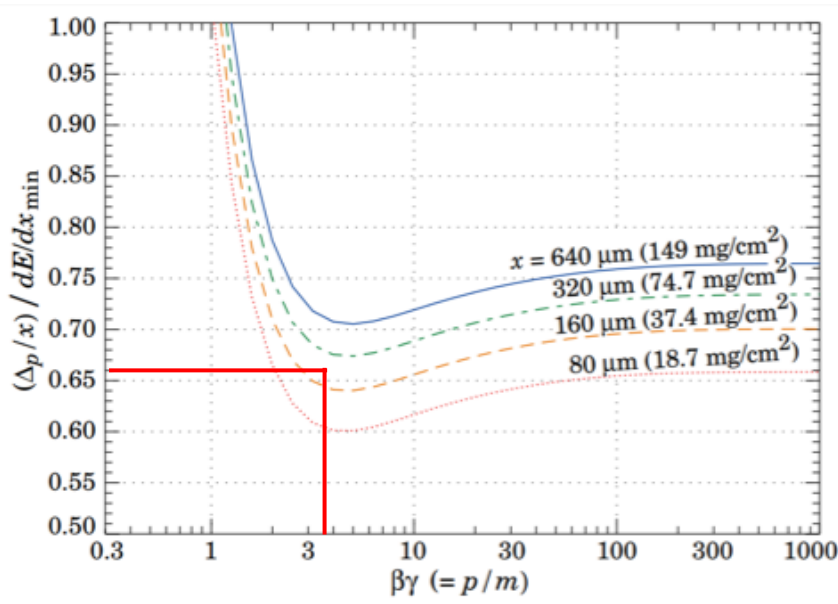
$$0.051 [\text{MeV}] \div 3.6 [\text{eV}] = 14182 [\text{個}]$$

FPHXチップのプリアンプで増幅された分を計算すると、電子1個につき電荷が $1.6 \times 10^{-19} [\text{C}]$ より、

$$14182 [\text{個}] \times 1.6 \times 10^{-19} [\text{C}] = 2.27 [\text{fC}]$$

電圧に変換すると、このチップのゲイン値は60[mV/fC] × 5と設定しているので

$$2.27 [\text{fC}] \times 60 [\text{mV/fC}] \times 5 = 680 [\text{mV}] \quad \text{である。}$$



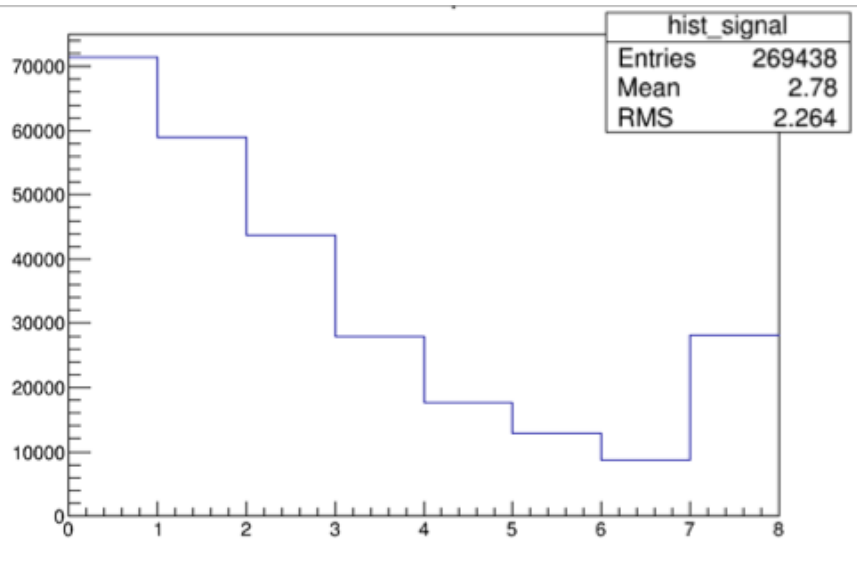
Self triggerによる β 線源測定 (2019/2/13)

16:00

	設定値	対応電圧(mV)
DAC 0	20	290 mV
DAC 1	35	350 mV
DAC 2	50	410 mV
DAC 3	65	470 mV
DAC 4	80	530 mV
DAC 5	95	590 mV
DAC 6	110	650 mV
DAC 7	125	710 mV

平均エネルギー

最大エネルギー



本来はDAC1にピークが見られるべきだがDAC0が一番多い結果となった。

→ β 線源とセンサーの間が空いているため空気中で損失した可能性が考えられる。

外部トリガーの測定結果と分析

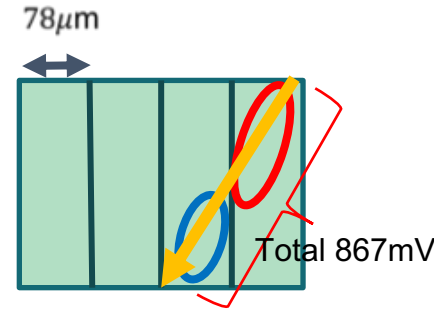
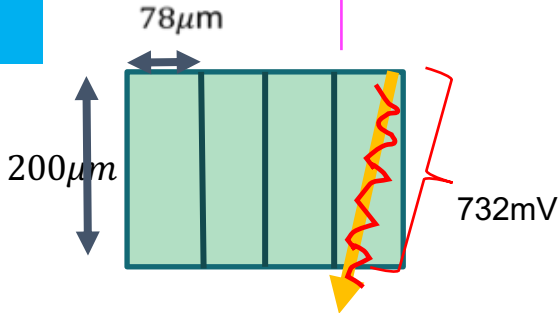
通過ストリップ数別波高分布

DAC	DAC値	電圧値 (mV)
DAC0	20	290mV
DAC1	25	310mV
DAC2	48	402mV
DAC3	98	602mV
DAC4	148	802mV
DAC5	172	898mV
DAC6	223	1102mV
DAC7	248	1202mV

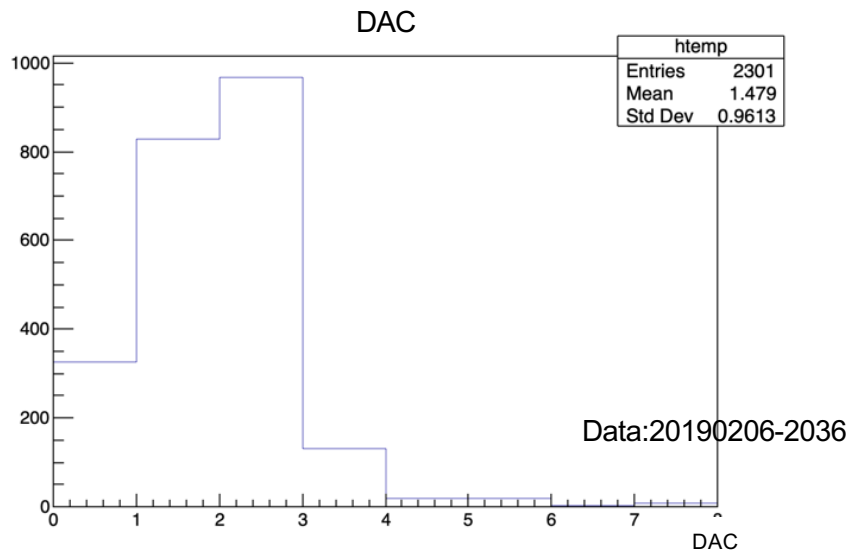
2ストリップ通過時にentryが期待される
DAC0~DAC4

1ストリップ通過時にentryが期待される
DAC3

ストリップ通過数	最低エネルギー損失 (mV)	最大エネルギー損失 (mV)
1strip	684mV	732mV
2strip	732mV	867mV



外部トリガー宇宙線測定



DAC	DAC値	電圧値 (mV)
DAC0	20	290mV
DAC1	25	310mV
DAC2	48	402mV
DAC3	98	602mV
DAC4	148	802mV
DAC5	172	898mV
DAC6	223	1102mV
DAC7	248	1202mV

2strip 分布範囲 (見積もり)

1strip 分布範囲 (見積もり)

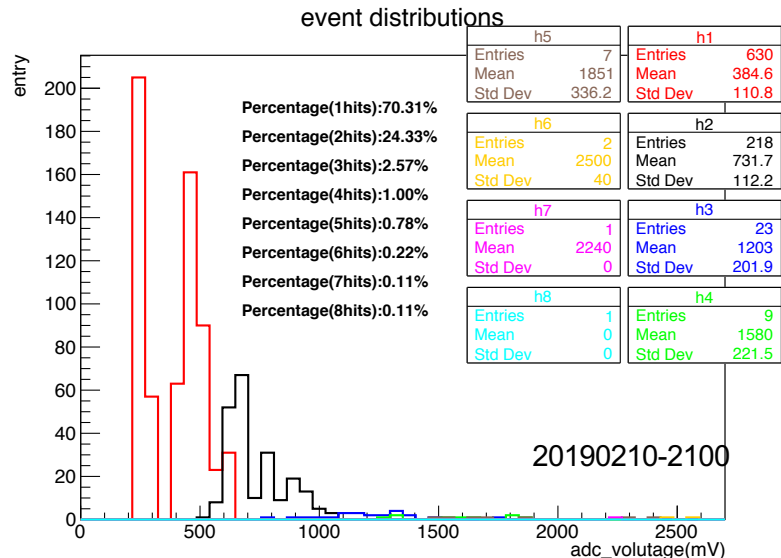
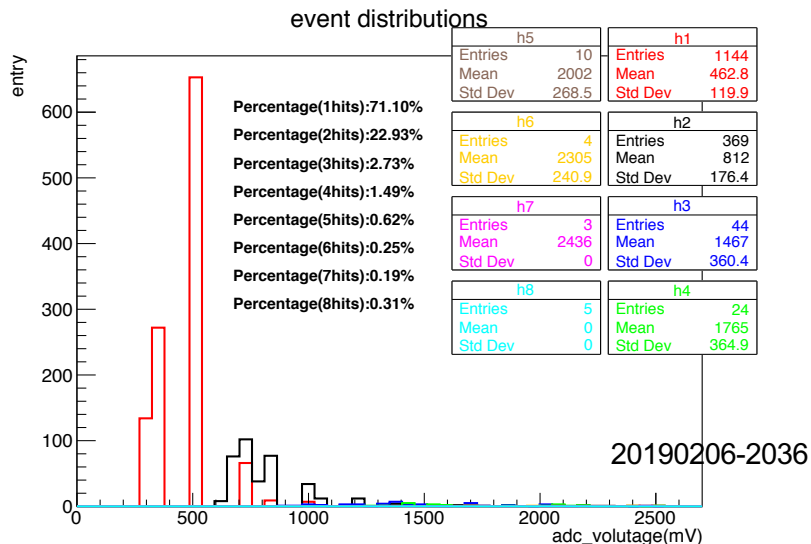
ただし通過ストリップの数と比較し、評価しなくてはならない。DAC7 248 1202mV
2ストリップ通過宇宙線の観測結果は見積もったADC分布的に一致する結果を得た。
通過ストリップ数別に評価していく必要がある。

シングルヒットイベントの分布探索

イベントごとの通過ストリップ数と、そのエネルギー損失値の比較

DAC 0=20 (対応電圧290mV) DAC=7=228 (対応電圧1202mV)

DAC 0=10 (対応電圧250mV) DAC=7=95(対応電圧590mV)



DAC 0の最低閾値を下げた場合、2stripの確率が上がり、取りこぼし量を少なくすることができた。