

# 外部トリガーモードを用いた 宇宙線測定の設定アップ

INTT 日本ミーティング 2019/09/13

Ayaka Suzuki

Mika Shibata

Miu Morita

Nara Women's University

# 宇宙線測定のための目的

- シリコンセンサーからの信号の読み出しテストによる性能評価を確認するため。
  - キャリブレーションテストにより、FPHXチップからデータを読み出す回路の性能評価を行うことができるが、シリコンセンサーからの信号の読み出しを確認することはできない。
- 実際のsPHENIX実験における、衝突時の重心系エネルギーと放出される崩壊粒子が持つ運動エネルギーの条件に近づけるため。
  - 測定する荷電粒子は光速に近い速度をもつため、大きな運動量を持つMIP(電離損失が最小となるエネルギーを持つ粒子)である。衝突時の重心系エネルギーは200GeV以上であり、崩壊粒子の運動エネルギーも膨大。
  - 宇宙線は、地上付近で再現できる最大のエネルギー(0.4eV)を持つ粒子(MIP)である。

# 今回の実験の目標

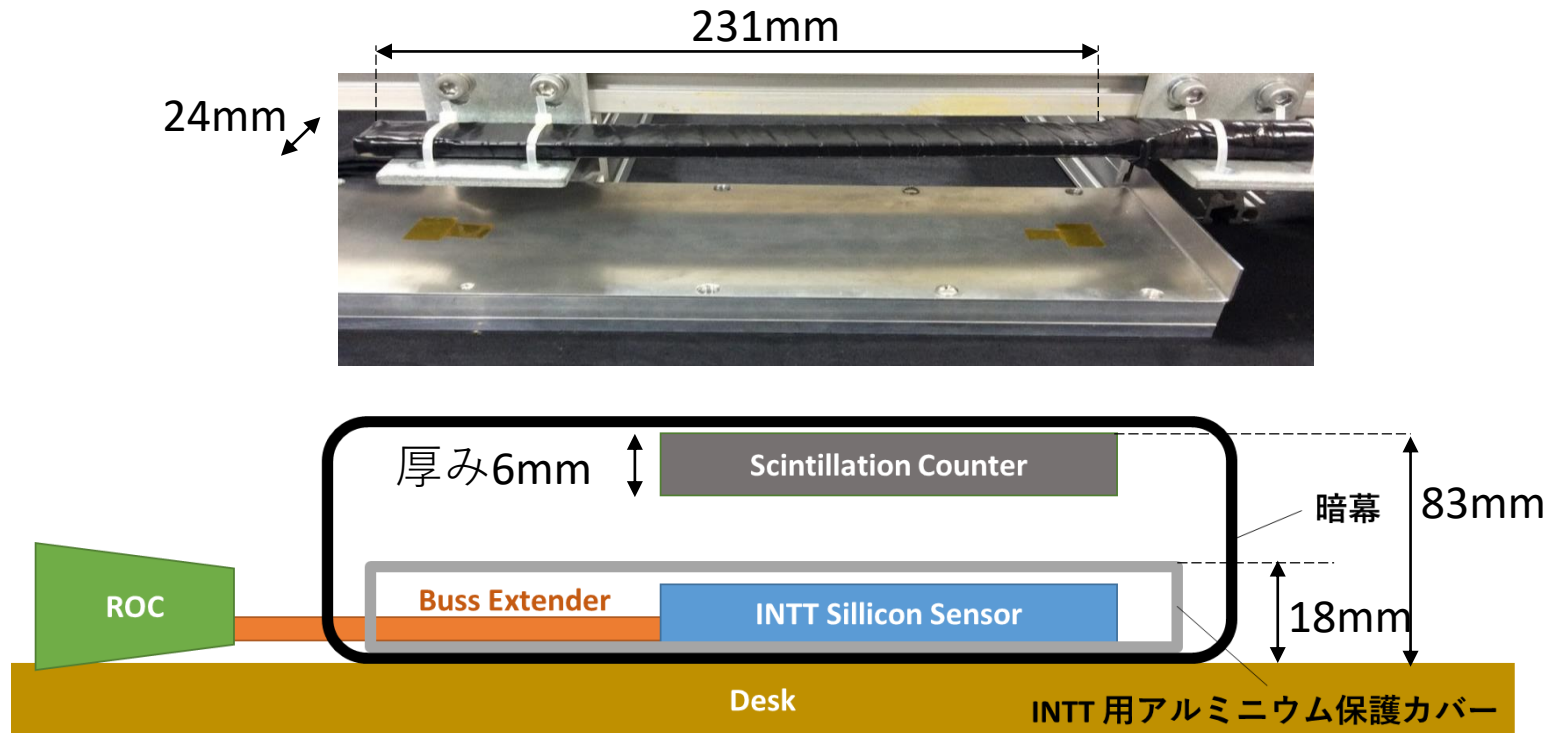
- 宇宙線測定の設定アップを行う。
- 宇宙線を測定する。
- オシロスコープで、シンチレーターからのアナログ信号とそれをTTL規格に直したデジタル信号、シリコンからの宇宙線トリガー信号、これら2つの子因子デンスを取ったトリガー信号を見ることができるか確認する。
- ROOTを用いて、イベントのADC分布やチャンネルごとのイベント数のヒストグラムを確認する。

# 行ったこと

- 宇宙線測定の設定アップ
- 宇宙線の測定(10分ごと)

# 宇宙線測定条件

- 地上で観測される $\mu$ 粒子のエネルギーは十分に大きいため、荷電粒子の空気中とシリコンセンサーでのエネルギー損失は考えない。
- シリコンセンサーの破損を避けるために、シリコンセンサー本体をアルミニウム製の保護カバーで覆った状態で測定。
- 保護カバーは、室内灯や太陽光からの光子を遮断するには不十分なため、シンチレーションカウンターの上から暗幕で厚く覆い測定を行った。シリコンセンサーに対し冷却は行っていない。



# 外部トリガー宇宙線測定時のセットアップ図

- シンチレーションカウンターの大きさは、INTTシリコンセンサーよりも横縦それぞれ5mm程長い。



INTT Silicon Sensor

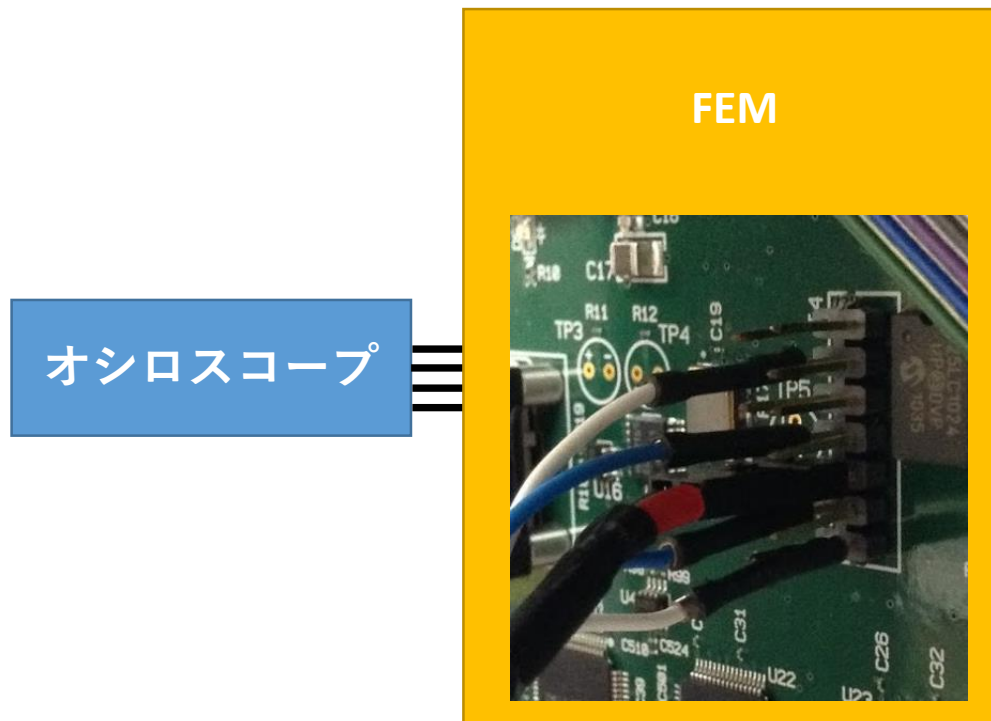


シンチレーションカウンター

# FEMテストピン

- FEMテストピンの接続
- 1本はGND、  
もう一本は番号の位置にさす。

<シリコンセンサーとシンチレーターのコインシデンス>

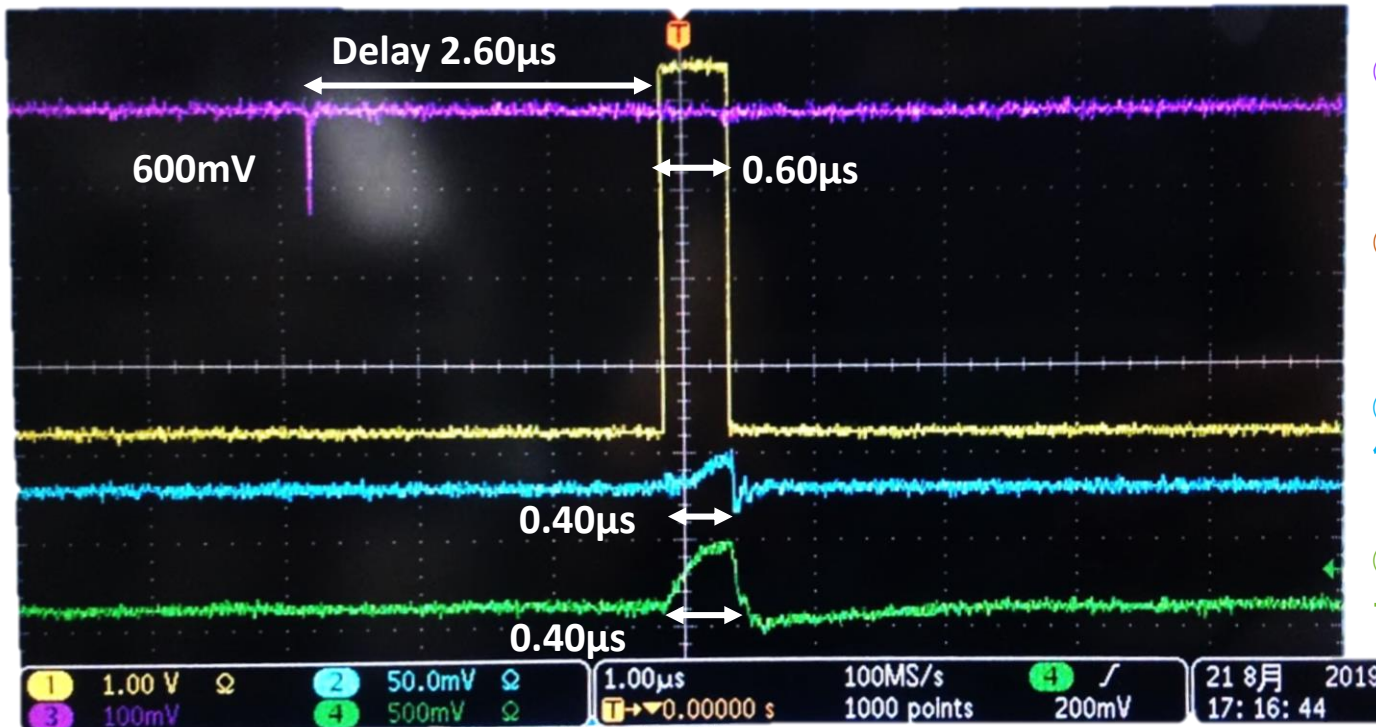


GND	GND
GND	GND
3	7
2	6
GND	5
1	4
0	GND

# トリガーの設定

- FEMへの入力信号TRIG\_INが宇宙線トリガーとAND処理後のトリガーの波形の幅よりも大きくなるように設定する。
- 2回目にオシロスコープの電源を入れた時、FEMの電源を入れていなかったが、すでに4つの信号が見えていた。なぜ？

## <シリコンセンサーとシンチレーターのコインシデンス>



- ① シンチレーションカウンタからの宇宙線アナログ信号 (USE\_COSMIC\_TRIGGER)
- ② 宇宙線アナログ信号が NIM 規格を通過後TTL 信号に変換された出力(FEMへの入力信号TRIG\_IN)
- ③ FEMテストピンから出力したシリコンの宇宙線トリガー信号(LVL1\_ACCEPT\_SELF\_TRIG)
- ④ 信号②と信号③のコインシデンスをとったトリガー信号(FEM\_TRIGGER)

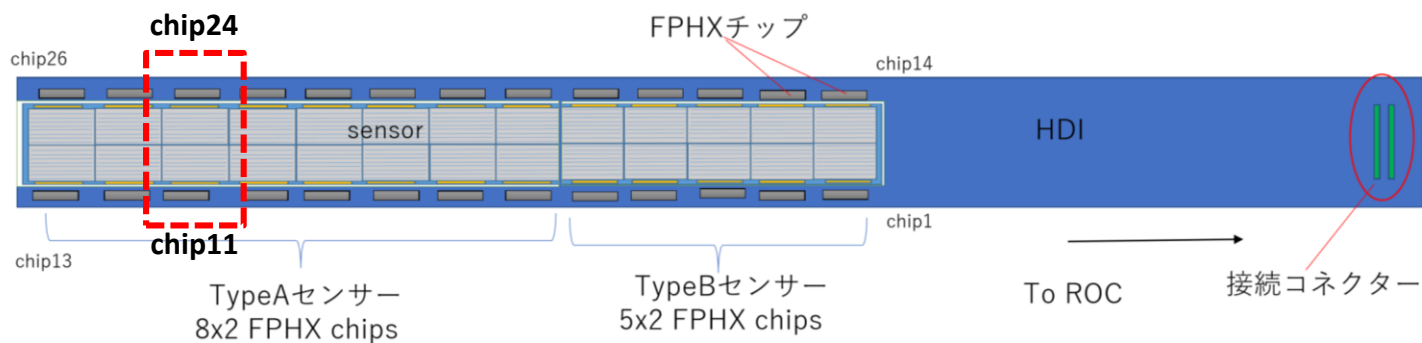
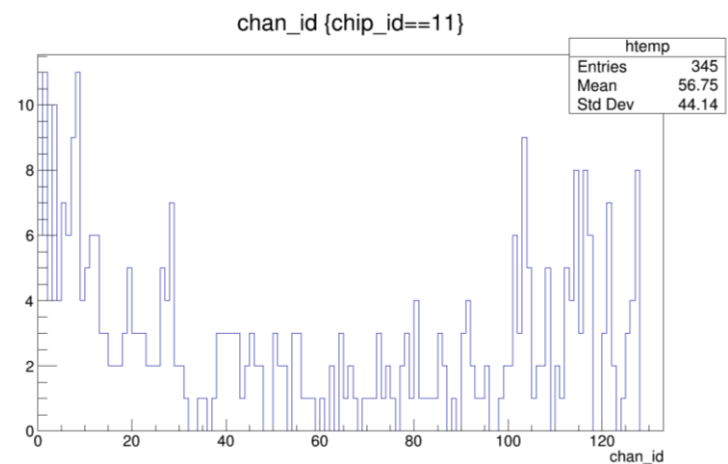
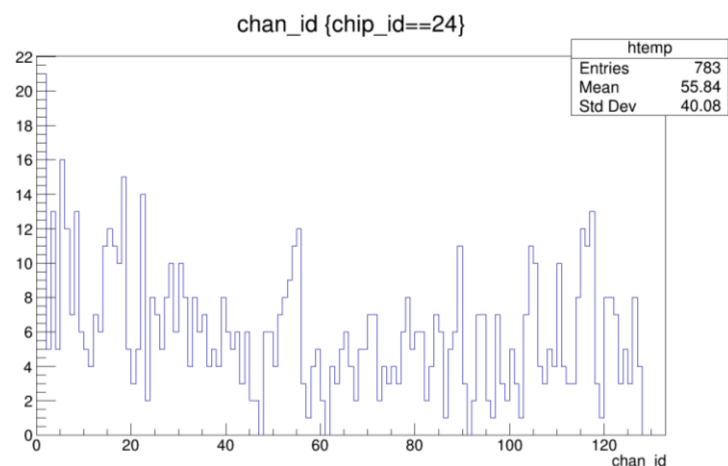


# 宇宙線の測定

- 1回の測定は**10**分間。
- データが多いので、まずは**chip11,24**のみを見る。
- $\mu$ 粒子は**1**平方センチメートルあたり毎分**1**個やってくるので、**chip11,24**の**2**つ分のセンサーで**10**分間に約**30**個観測できるはず。

# Scintillation counterの位置確認

- chip1-13と14-26では、14-26側のchipへのエントリー数が多い。  
→ Scintillation counterがchip14-26側にずれて設置されている。



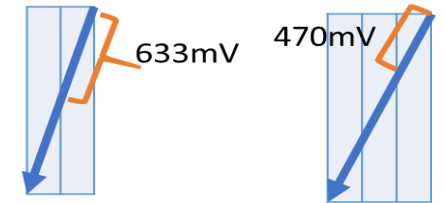
# DAC値の設定

- 本来、同時に同じイベントにおいて隣り合ったストリップにヒットがあった際、クラスターとして扱うが、今回はこのクラスター化は行っていない。

$$N_e = 1.15 \text{MeV} \cdot g^{-1} \cdot \text{cm}^2 \times 2.33 \text{gcm}^3 \times \frac{0.032 \text{cm}}{3.62 \text{eV}} \approx 23700 \text{electrons}$$

よって電荷は3.79fC

FPHXのゲイン値は69mV/fC×5より、宇宙線1イベントあたりのエネルギー損失は1140mV



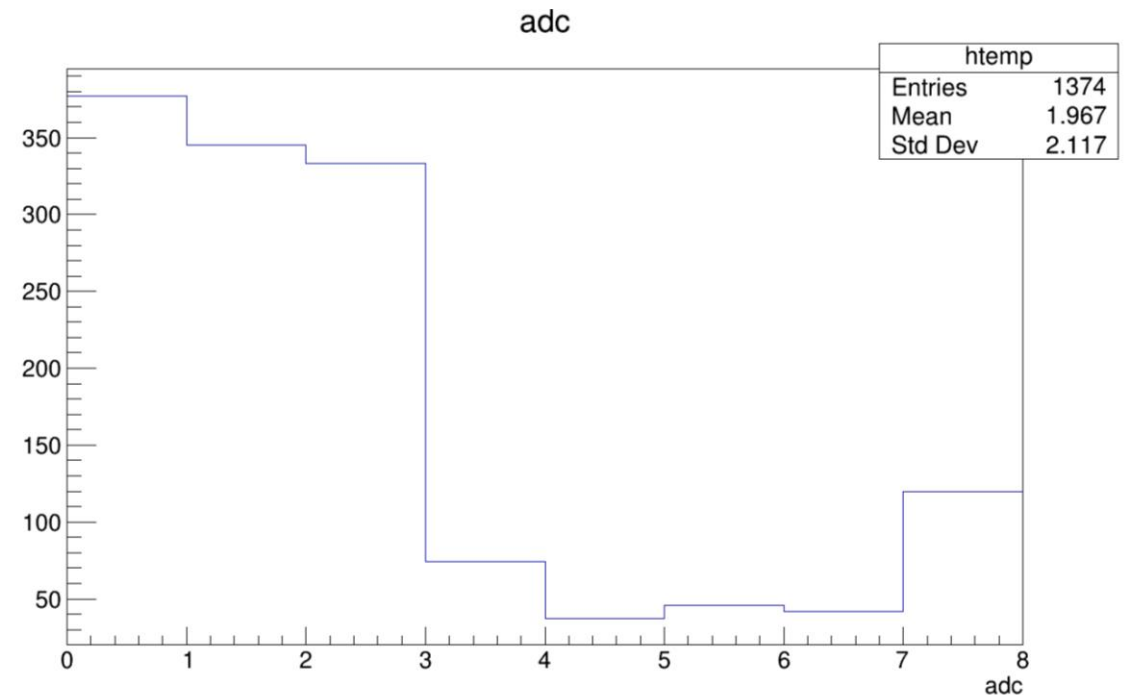
DAC番号	GUI設定値	FPHX チップ増幅値 (mV)	備考
DAC0	20	290	
DAC1	25	310	
DAC2	48	402	3hits
DAC3	98	602	2hits
DAC4	148	802	
DAC5	172	898	
DAC6	223	1102	1hit
DAC7	248	1202	

1eventあたり のhit数	[mV]	
	最低エネルギー損失	最大エネルギー損失
1hit	1140	1170
200ts	1170	1270
3hits	1270	1410

1event, 1スリットあたり のエネルギー損失	範囲mV	目安mV
1hit	1140-1170	1160
2hits	0-1170	633
3hits	0-633	470

# 宇宙線の測定

- Chip11,24にヒットしたイベントのADC分布
- 本来、同時に同じイベントにおいて隣り合ったストリップにヒットがあった際、クラスターとして扱うが、今回はこのクラスター化は行っていない。
- DAC0-1の波高差は20mVと他のDAC幅よりも狭いが多数のエントリー数があることから、宇宙線でないものとSingleスリットでない複数のスリットでエネルギーを落とした信号のエントリーであることがわかる。



# Chip11,24に入ってくるエントリー

- 今回は複数スリットを通過した信号のエネルギー損失は違う信号として数えているので(クラスター化していない。)、Singleスリットだけを見て宇宙線がセンサーにヒットしていることを測定しようとした。
- DAC0の値を上げて1eventあたりのhit数を下げて測定してみる。

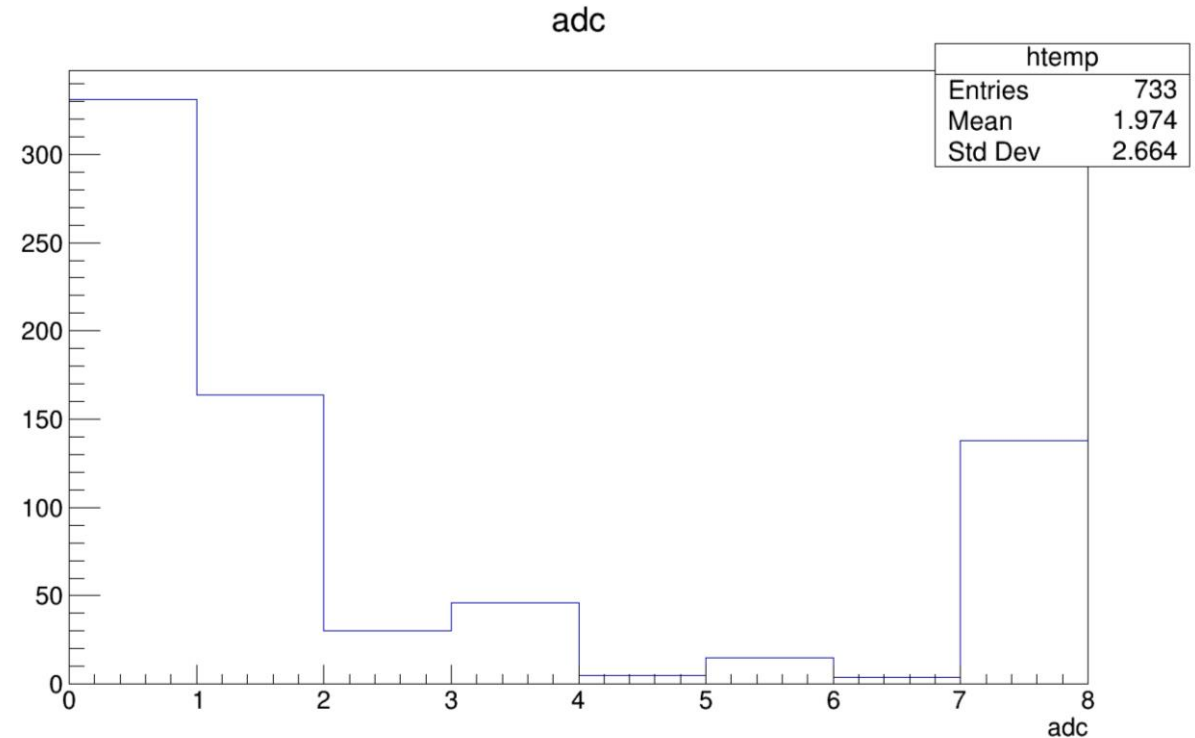
DAC番号	GUI設定値	FPHXチップ増幅値(mV)	備考
DAC0	20	290	
DAC1	25	310	
DAC2	48	402	3hits
DAC3	98	602	2hits
DAC4	148	802	
DAC5	172	898	
DAC6	223	1102	1hit
DAC7	248	1202	

測定対象  
の電位

# Chip11,24に入ってくるエントリー

- DAC0をあげて、1eventあたりのhit数を下げる。

DAC番号	GUI設定値	FPHX チップ増幅値 (mV)	
DAC0	60	450	3hits
DAC1	70	490	
DAC2	84	546	
DAC3	100	610	2hits
DAC4	148	802	
DAC5	172	898	
DAC6	223	1102	1hit
DAC7	248	1202	



- DAC0-2あたりのevent数と全エントリー数が600個ほど減ったので、DAC値設定がきちんとできていることがわかる。
- また、複数スリットにヒットしているイベントが測定されなくなっていることがわかる。
- DAC0, 3, 6のところにエントリー数のピークを見たかったが、DACの幅をバラバラにしてしまったのでDAC値ごとのエントリー数の違いを比較することはできなかった。

# 課題

- DAC値の設定
- Singleスリットの宇宙線の確認
- 複数スリットの宇宙線の確認
  - イベントのクラスター化を行い、複数スリットを通過したイベントにおいても、宇宙線のエネルギー損失を確認できるか。
- 宇宙線の測定時間を増やし、宇宙線の $\mu$ 粒子の測定を増やしevent数にピークができるか確認する。



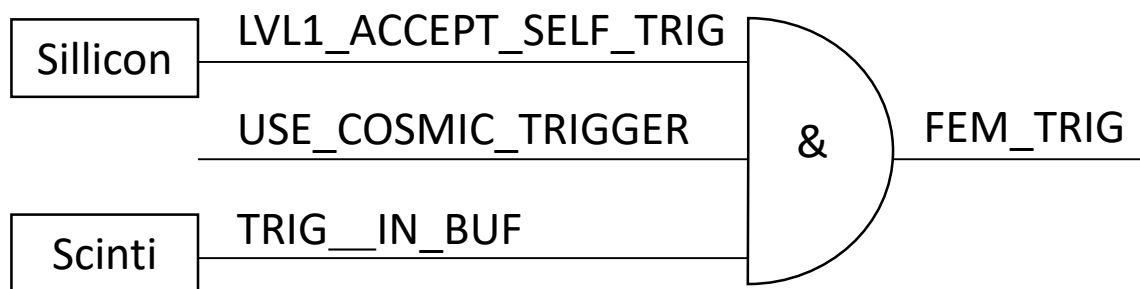


# 外部トリガーモード回路

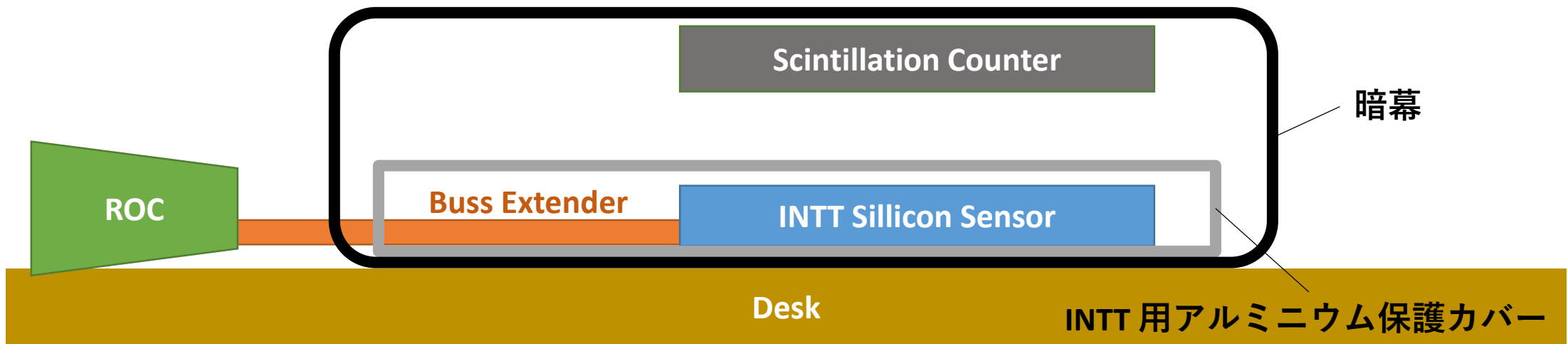
- 外部トリガーモード
  - 宇宙線をトリガーし、シリコンセンサーからのトリガーと、宇宙線からのトリガーのコインシデンス信号を採用するモード。
- ノイズの削減に適している。
  - 宇宙線測定は宇宙線のレートが非常に低いため、長時間測定しなければならない。そのため、宇宙線由来でないノイズを拾う確率が大きくなる。
  - AND 処理で2つの信号が同時になった時のみ採用するため。
- シンチレータ一通過後もエネルギーを有することができるほど、エネルギーの大きな測定対象に適している。
  - 宇宙線は大きなエネルギーを持っている。

# AND処理

- FEMの基盤上に乗った FPGAで行われている。
- 実験時にFPGAのコードを必要に応じて外部トリガー用のコードにコンパイルし直す必要があったが、現在はセルフトリガー用のコードのまま外部トリガーの測定が行えるようにコードを書き換えているため、同じコードのまま測定する。？



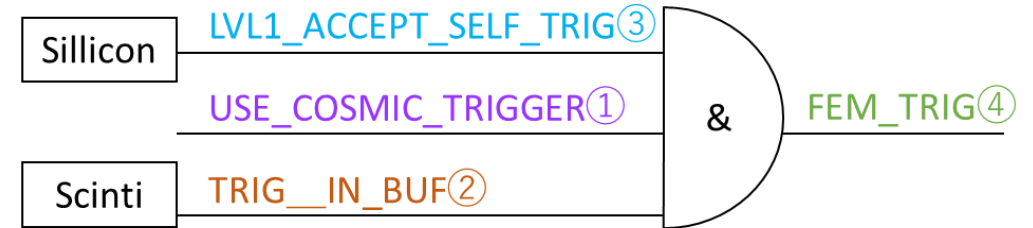
- シリコンセンサーとシンチレーターのコインシデンス



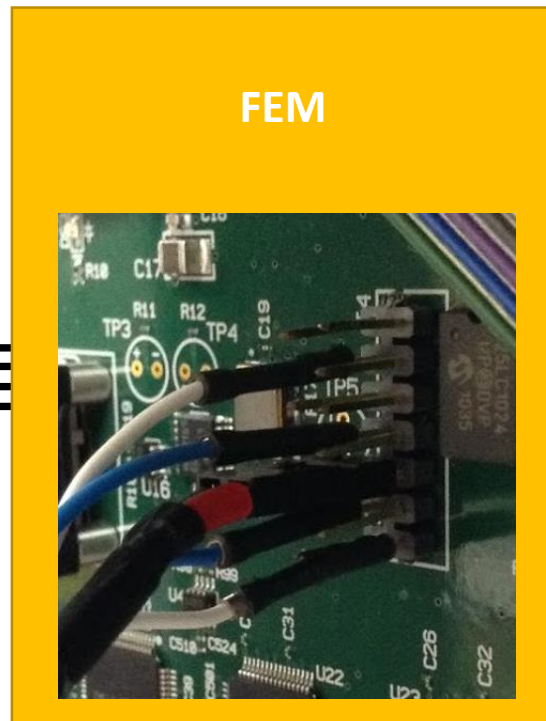
# FEMテストピン

- FEMテストピンの接続
- 1本はGND、  
もう一本は番号の位置にさす。

<シリコンセンサーとシンチレーターのコインシデンス>



オシロスコープ



GND	GND
GND	GND
3	7
2	6
GND	5
1	4
0	GND

FEMテストピン対応表

1	LVL1_ACCEPT_SELF_TRIG
2	FEM_TRIG
3	
4	
5	DATA_IN_3_1_BUF
6	
7	

# Chip11,24のUnmask

- 全てのマスクを外してしまうと、宇宙線でない信号も大量に測定してしまうため、今回はデータを減らすためchip11, 24のマスクのみ外して宇宙線の測定を行った。