

宇宙線中の陽子探索

山中研 4 年

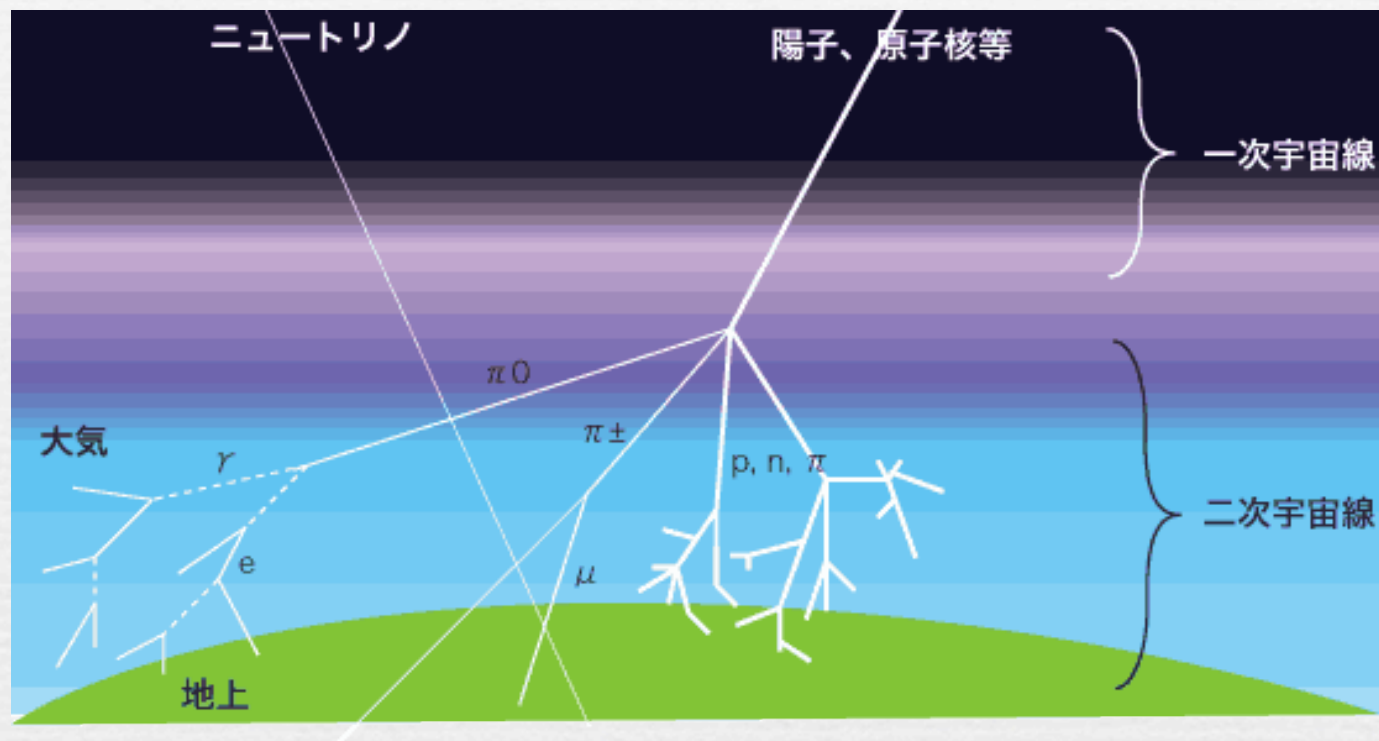
木佐森慶一 藤川真里

2009/12/21 年末発表会

Contents

- ❧ Motivation
- ❧ Experimental plan
- ❧ Progress
- ❧ Summary

Motivation

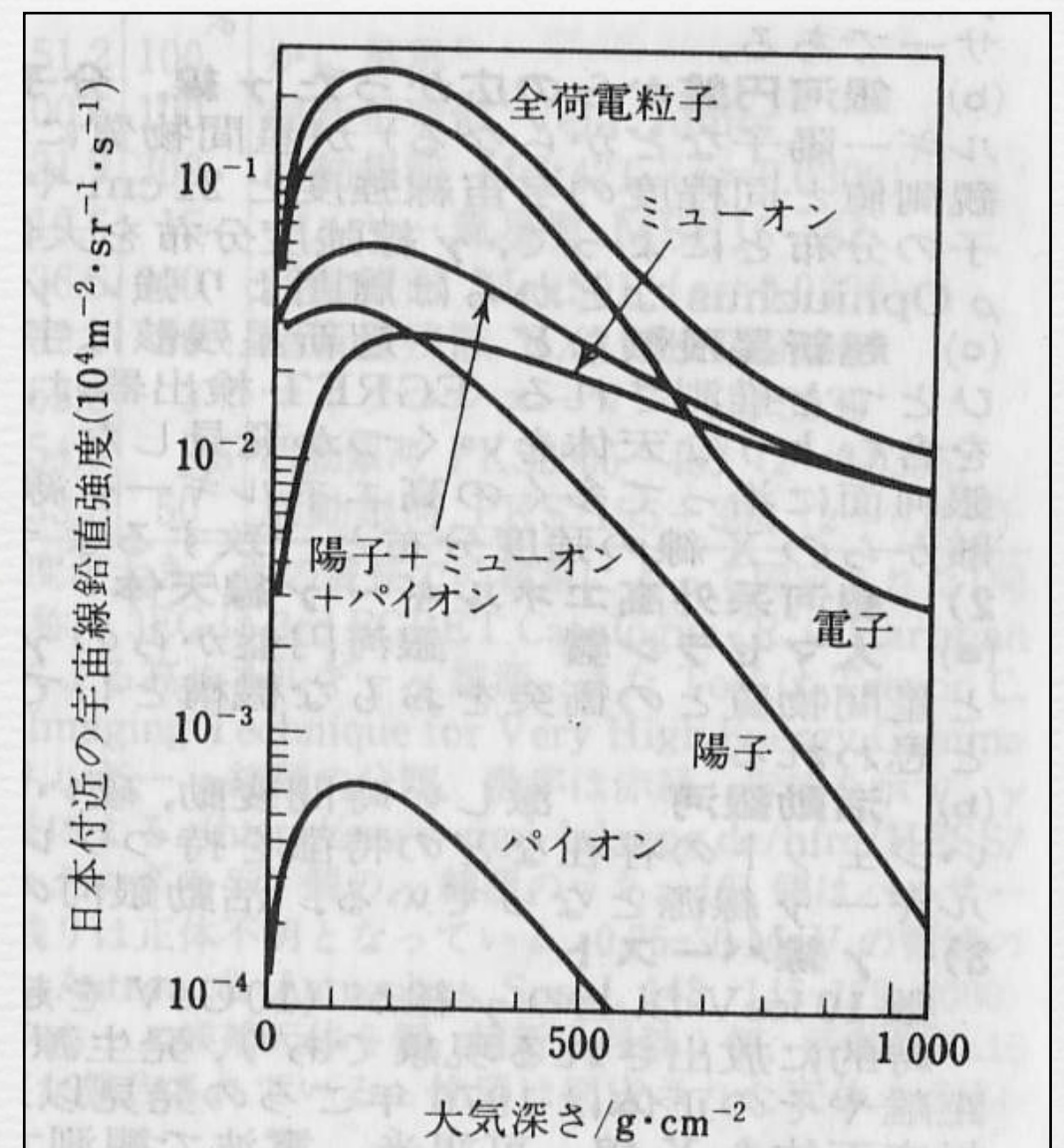


宇宙線中のprotonを検出する

地表付近での宇宙線強度

$$\mu : 100 \text{ (m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ s}^{-1}\text{)}$$

$$\underline{\underline{p : 2 \text{ (m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ s}^{-1}\text{)}}}$$



理科年表 国立天文台編

Experiment Plan

• TOF と Energy deposit を用いて mass を組み、宇宙線中の proton を探索する。

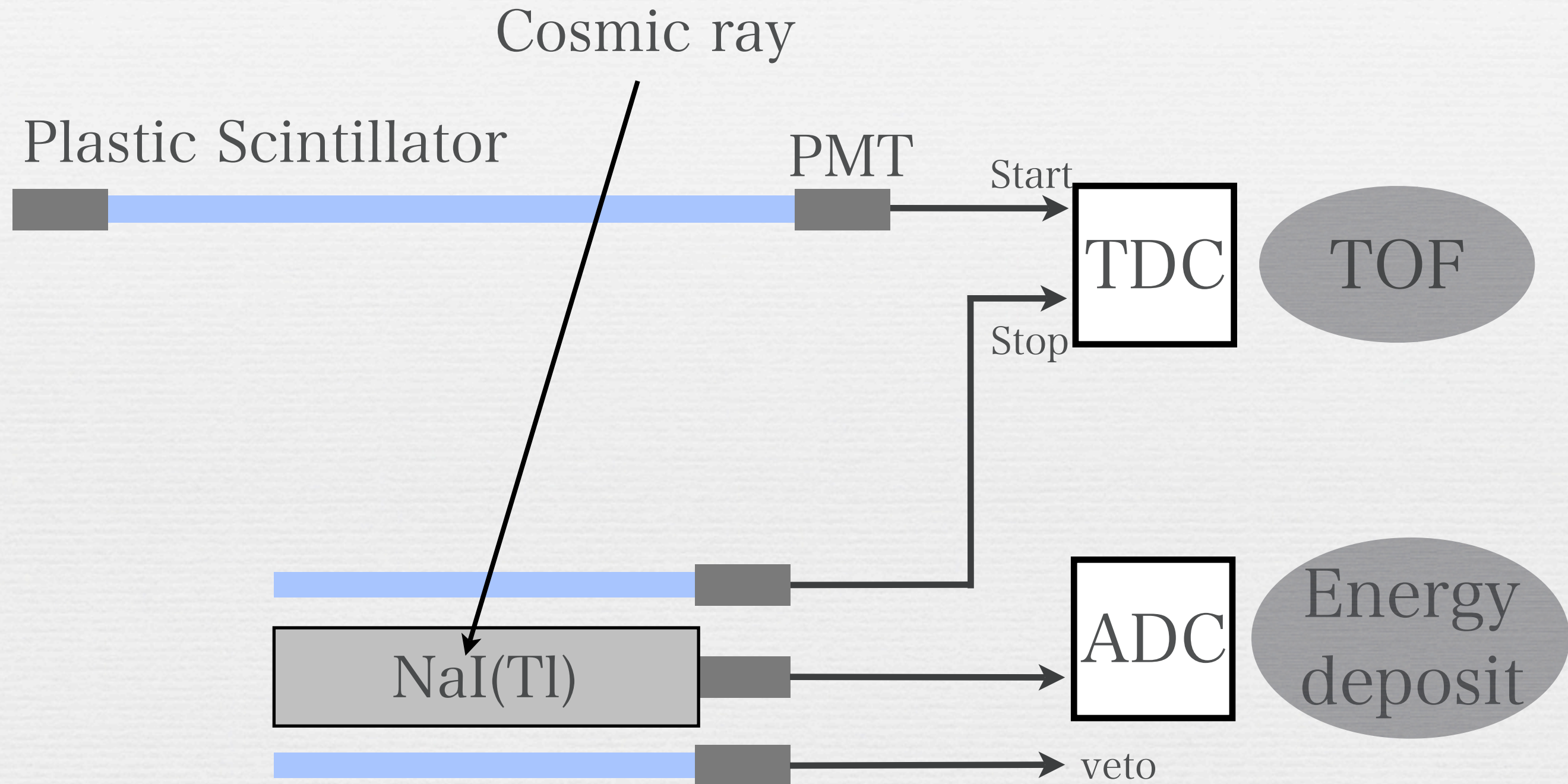
* Time of Flight $\rightarrow \beta$ (速度)

* Energy deposit $\rightarrow T$ (運動エネルギー)

$$\begin{aligned} m^2 &= E^2 - \mathbf{p}^2 \\ &= E^2(1 - \beta^2) \\ &= (T + m)^2(1 - \beta^2) \end{aligned}$$

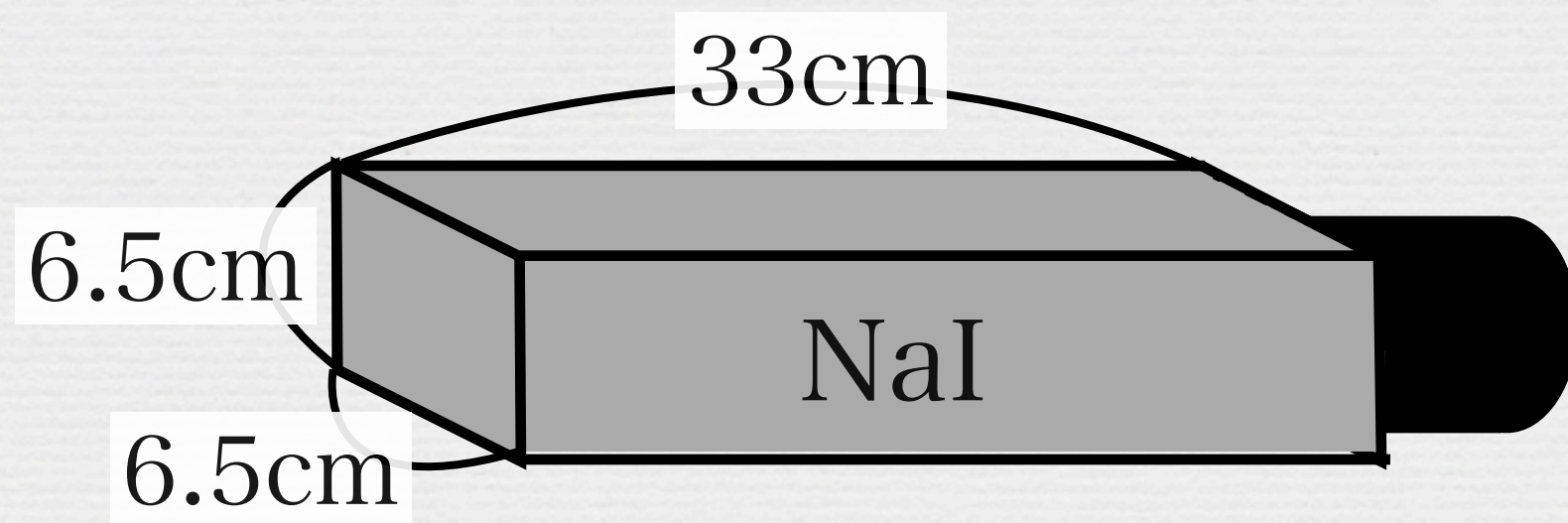
$$m = \frac{T}{(1/\sqrt{1 - \beta^2}) - 1}$$

Experimental Setup



Energy depositの測定

- ❧ NaI(Tl)を使用する(6本)。
- ❧ NaI(Tl)中に止まる粒子の運動エネルギー T を測定する。
- ❧ Plastic Scintillatorより荷電粒子がScintillator中で止まりやすい。
- ❧ 光量が多い。

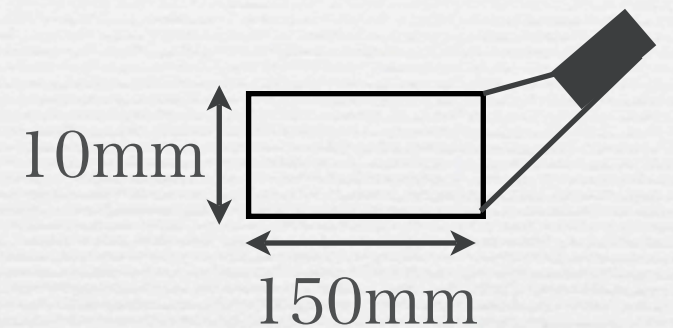
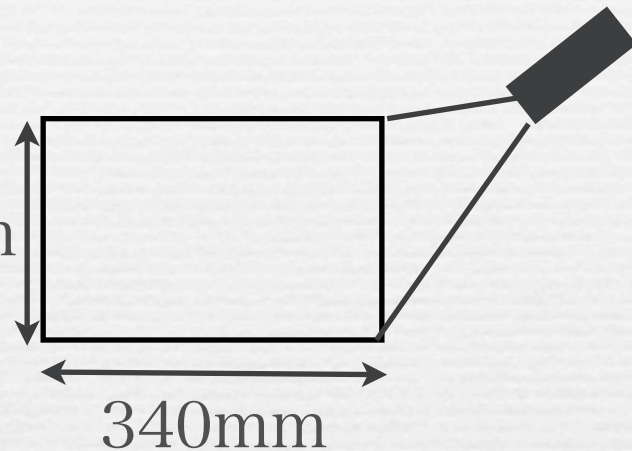
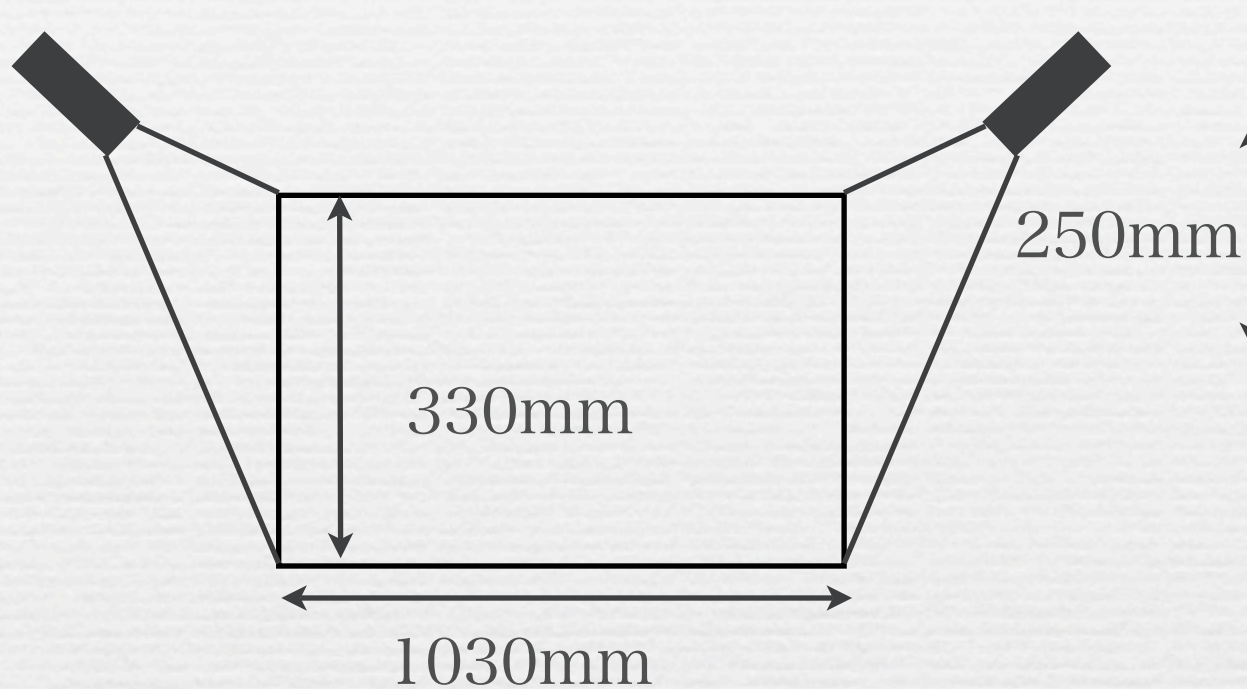


Time of flightの測定

- ❧ 3種類のPlastic Scintillatorを使用する。
- ❧ Timing resolutionについて。
- ❧ Slewing補正を行う。

Plastic Scintillator

大Scintillator(両読み) 中Scintillator 小Scintillator



PMT HV

scintillator	HV(V)
大scin. 1	2000
大scin. 2	1950
中scin. 1	1500
中scin. 2	1600
中scin. 3	1400
中scin. 4	1400
小scin.	2000

Timing Resolutionについて

• NaI(厚さ6.5cm)で止まる粒子のEnergyは、

muon: 0.16GeV

proton: 1.22GeV

• その β は、

muon: 0.79

proton: 0.57

• 2mの間を飛ぶ時間は

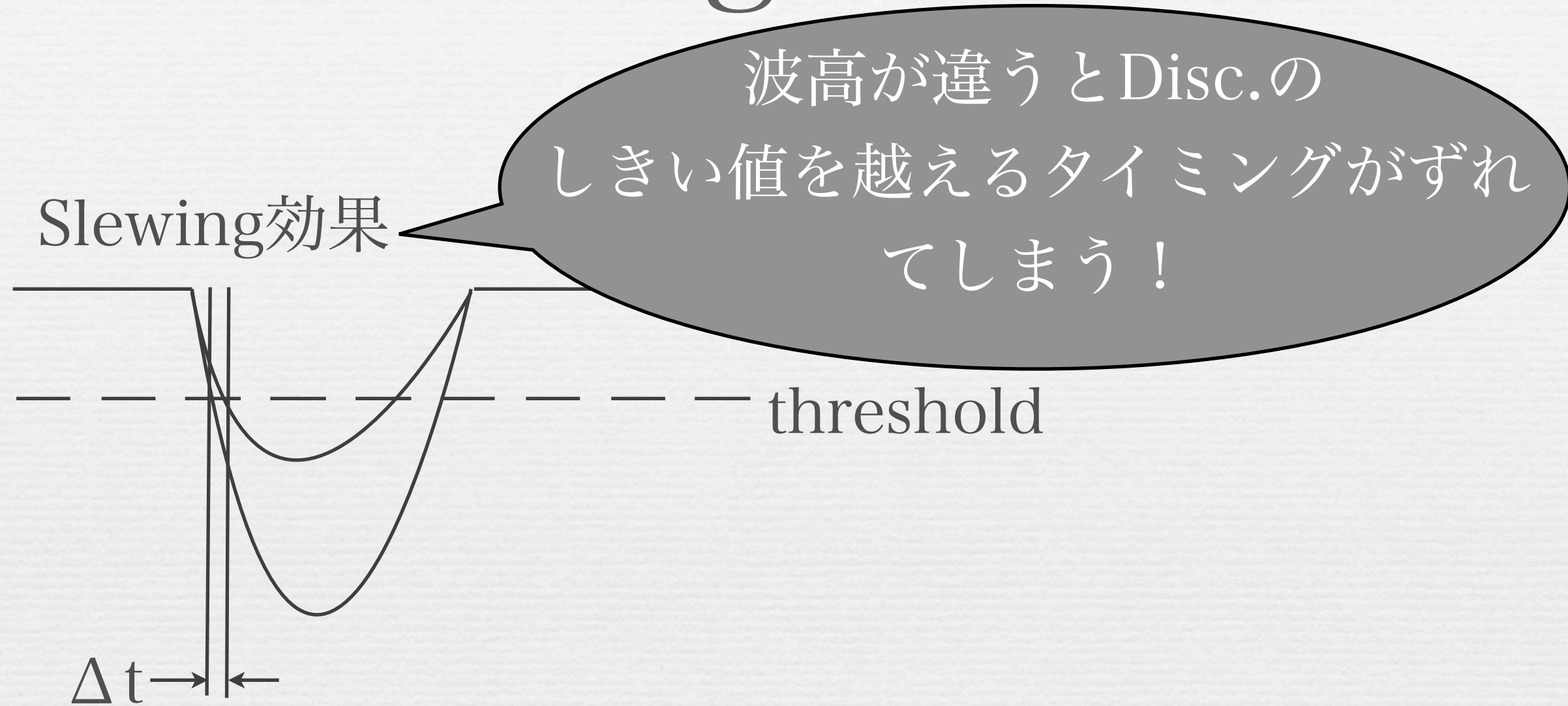
muon: 8.4ns

proton: 11.7ns

~2nsのtiming resolution

が必要

Slewing補正

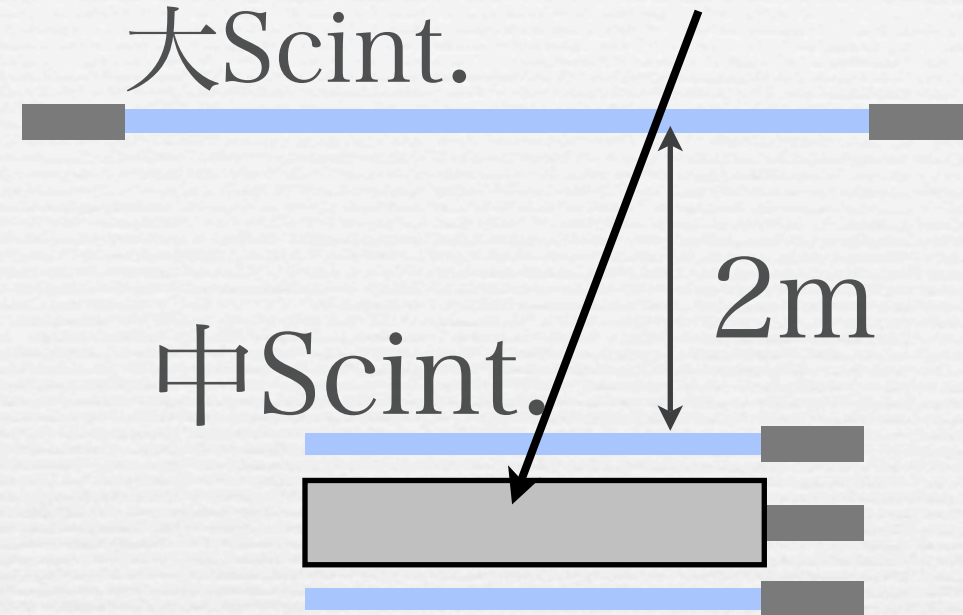


過去の卒論ではslewing補正をおこなう事により
TOFの $\sigma = 1.869\text{ns}$ から 0.938ns となっている。

期待される統計量

μ muonは以下のScint.のセットで

- ・ 上：大Scint.×1枚
- ・ 下：中Scint.×1枚
- ・ 距離：2m



$$100\text{m}^{-2}\text{sr}^{-1}\text{s}^{-1} \times (0.25 \times 0.33)\text{m}^2 \times \frac{1 \times 0.33}{2 \times 2}\text{sr} \\ \simeq 0.7\text{Hz}$$

μ protonはmuonの2桁落ち

μ 運動量が大きい宇宙線はNaIでは止まらないので

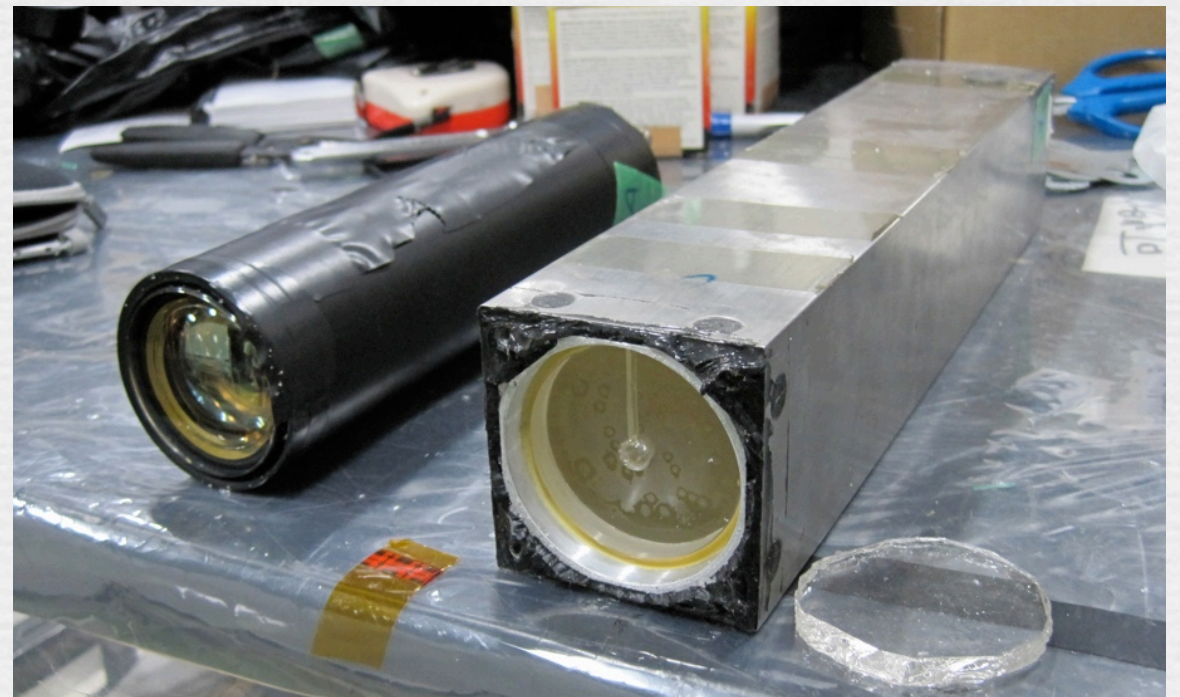
protonは $7.0 \times 10^{-3}\text{Hz}$ 以下

Progress

- ❧ NaIの光量を測定
- ❧ TDCのCalibration
- ❧ Pla.Scint.の評価
- ❧ 統計量の評価

1 photoelectron測定によるNaIの光量測定

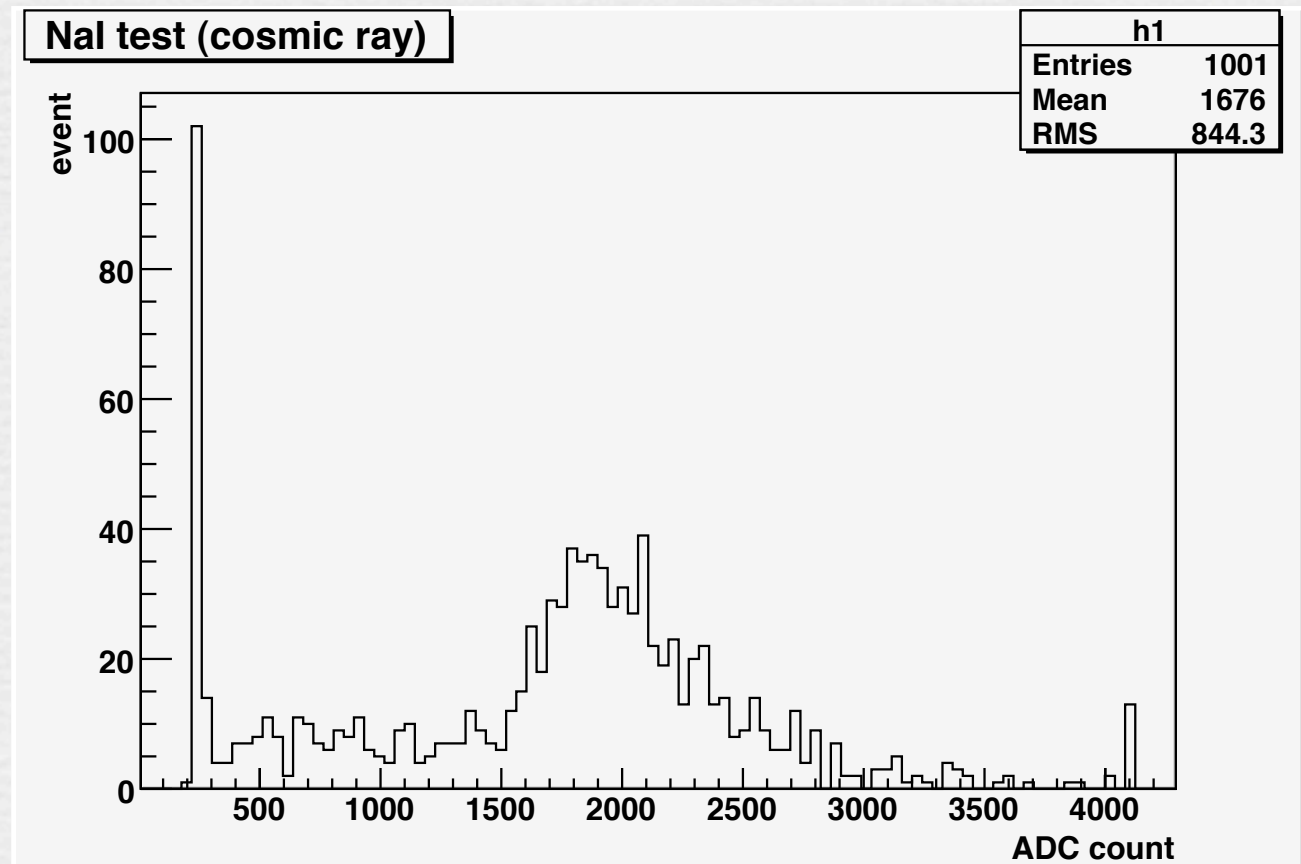
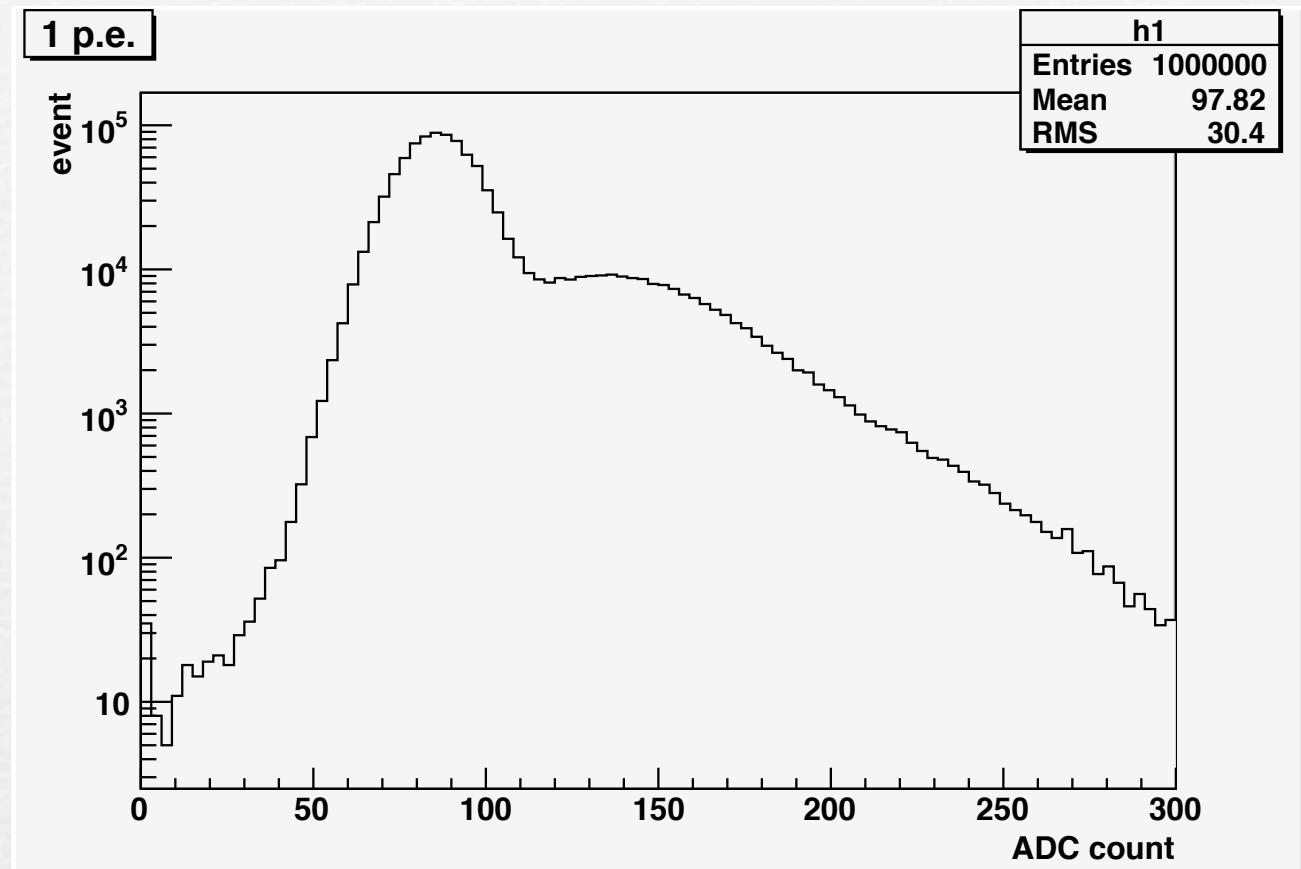
- ①LEDとPMTを用いて、1 photoelectronがPMTの光電面から放出したときのエネルギーピークを観測し、1 photoelectronが何ADCカウントに相当するか確かめる。
- ②NaIをPMTに接着し、宇宙線のエネルギーピークを観測する。
- ③MIPでの dE/dx を計算する事により、光量(p.e./MeV)を測定する。



NaIの光量測定結果

- 10倍Ampを入れた
1 p.e.のplot
- 1/10倍の
attenuatorを入れた
宇宙線のplot

4.16 ADC count/1p.e
151.78 p.e./MeV

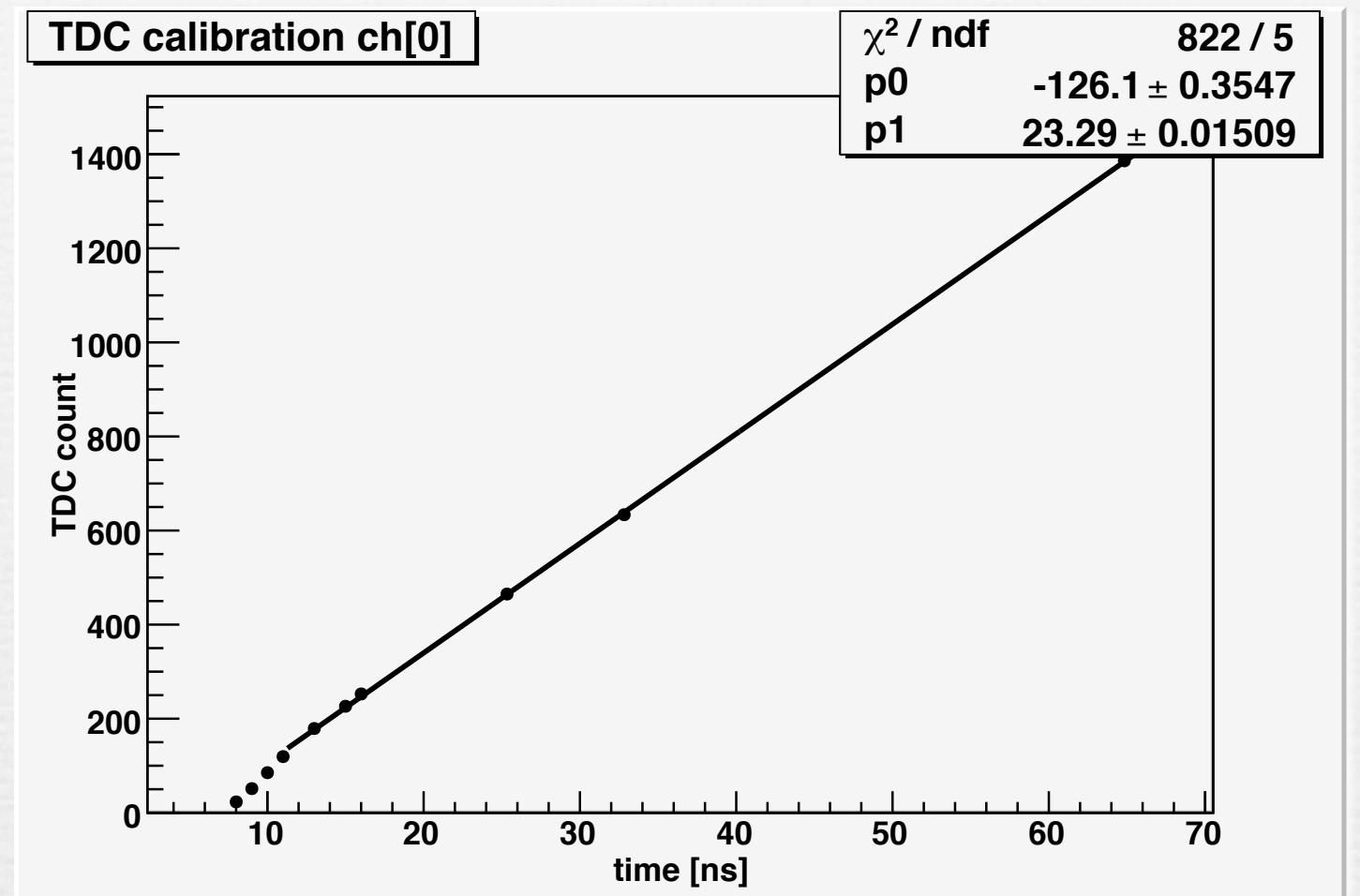


TDC Calibration

♪ clock gen.のpulseを
delayさせて測定

直線でfitting

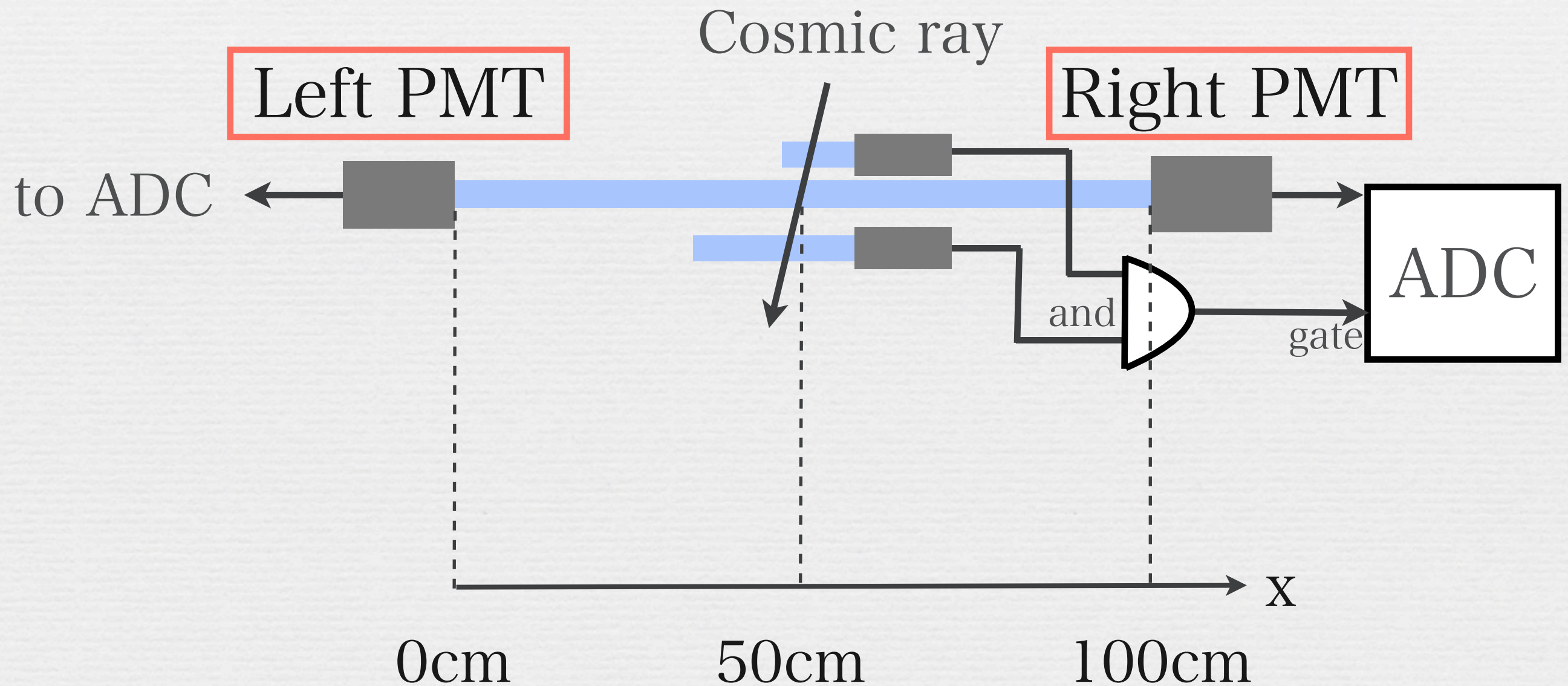
$$\text{TDCcount} \\ = p_0 + p_1 \times \text{time}[\text{ns}]$$



	χ^2 / ndf	p_0	p_1
ch0	822/5	-126.1 $\pm$ 0.4	23.29 $\pm$ 0.02
ch1	776.7/5	-122.5 $\pm$ 0.3	23.30 $\pm$ 0.01
ch2	814.3/5	-125.0 $\pm$ 0.4	23.29 $\pm$ 0.01
ch3	877.6/5	-125.9 $\pm$ 0.4	23.36 $\pm$ 0.02
ch4	162.8/4	-142.7 $\pm$ 0.4	23.48 $\pm$ 0.02
ch5	149.2/4	-135.4 $\pm$ 0.4	23.45 $\pm$ 0.02
ch6	199.5/5	-144.2 $\pm$ 0.4	23.44 $\pm$ 0.02

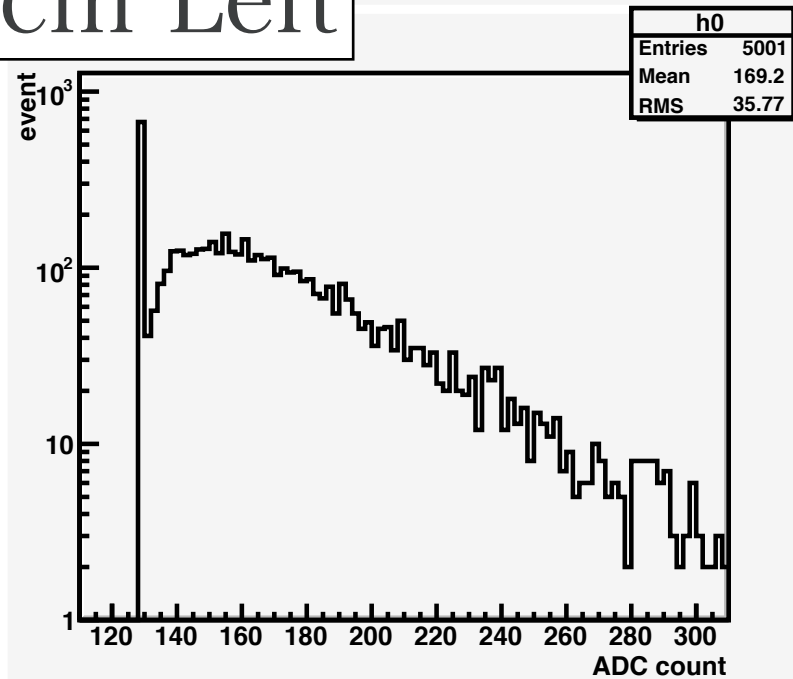
両読みPla.Scint.の光量測定

* 大Scint.の光量の減衰を測定する。

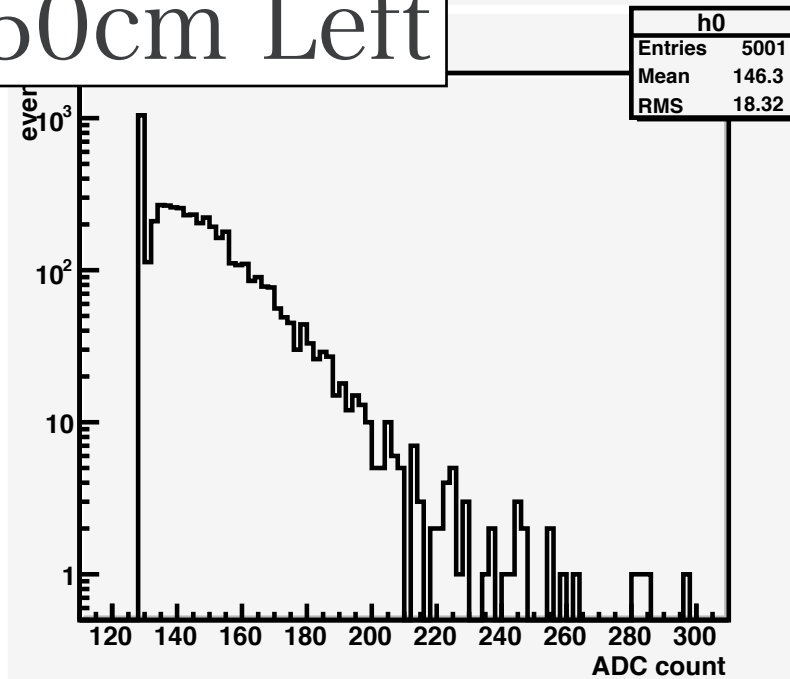


大Scint.の光量測定結果

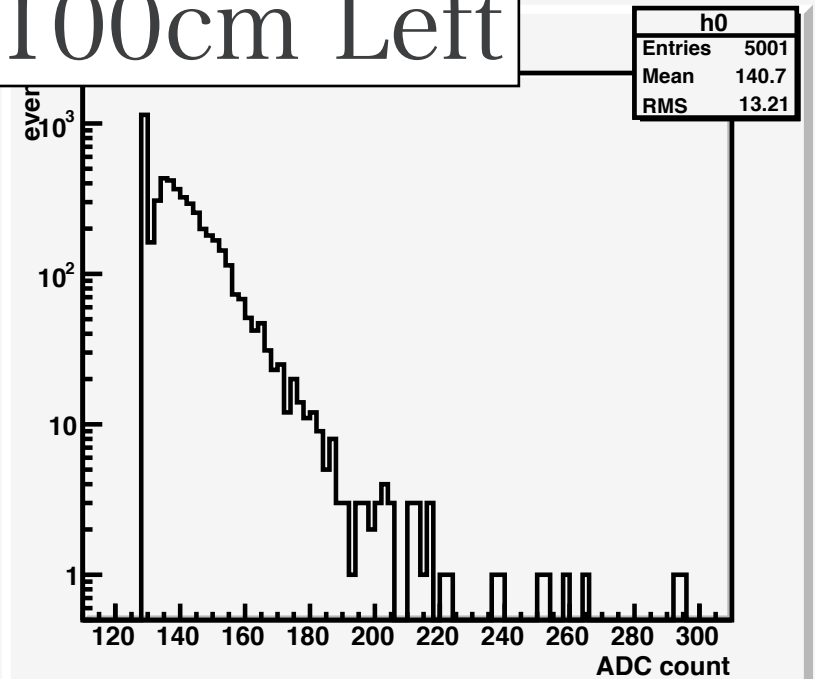
0cm Left



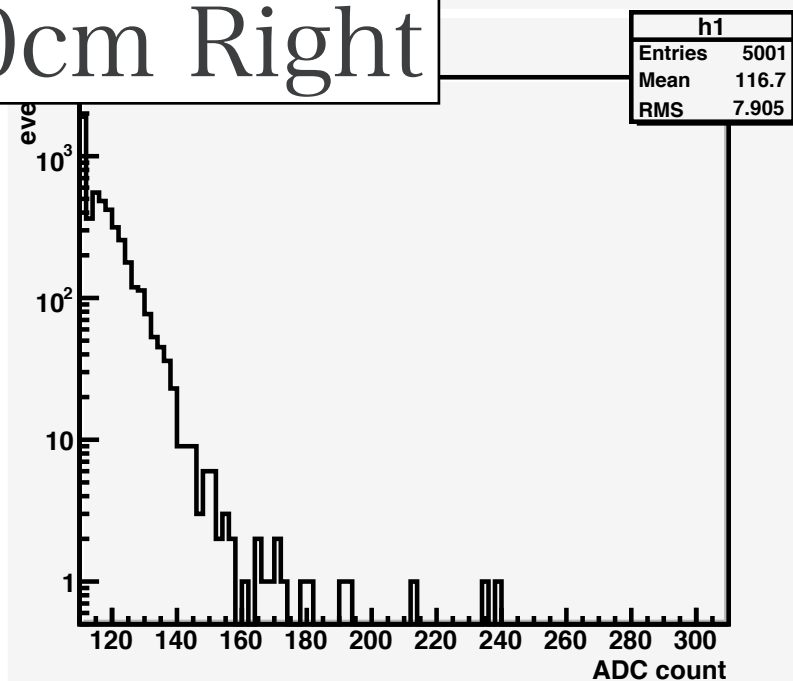
50cm Left



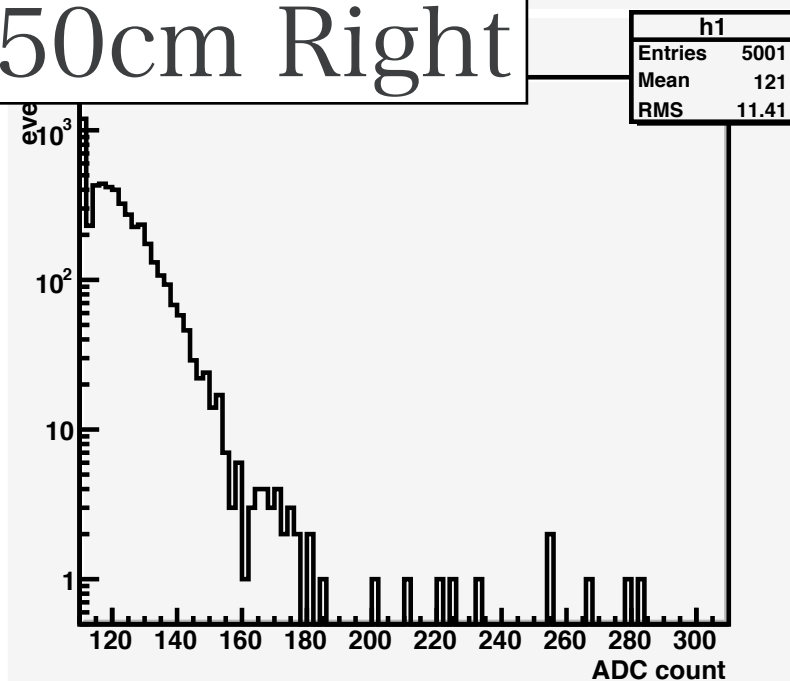
100cm Left



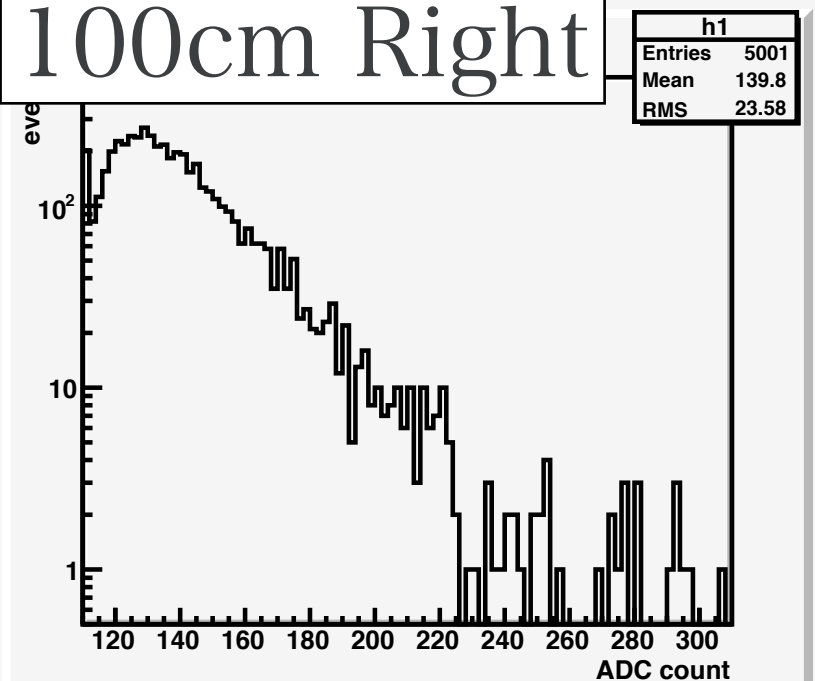
0cm Right



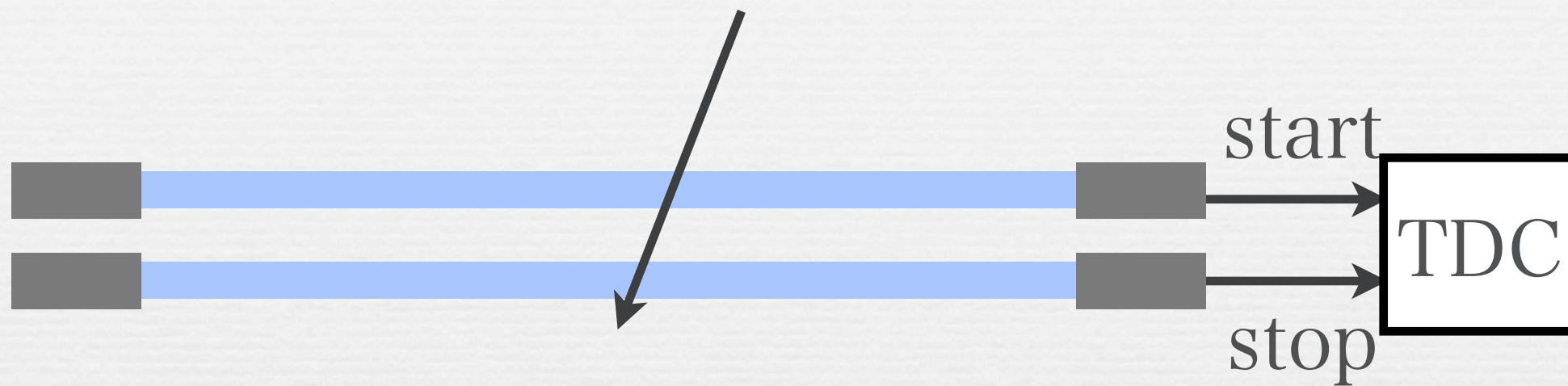
50cm Right



100cm Right



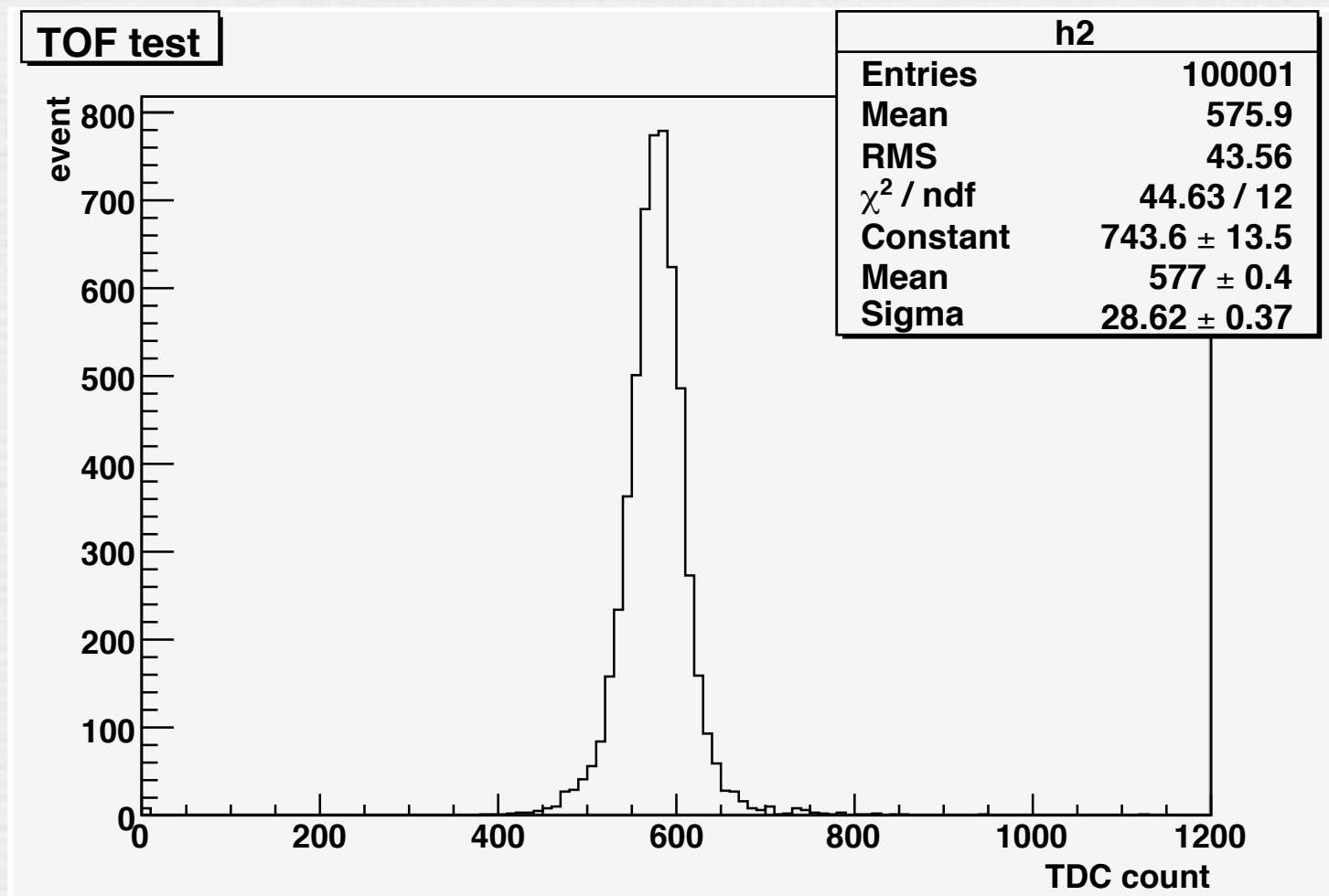
大Scint.のtiming resolution



* 大Scint.を2枚重ねた

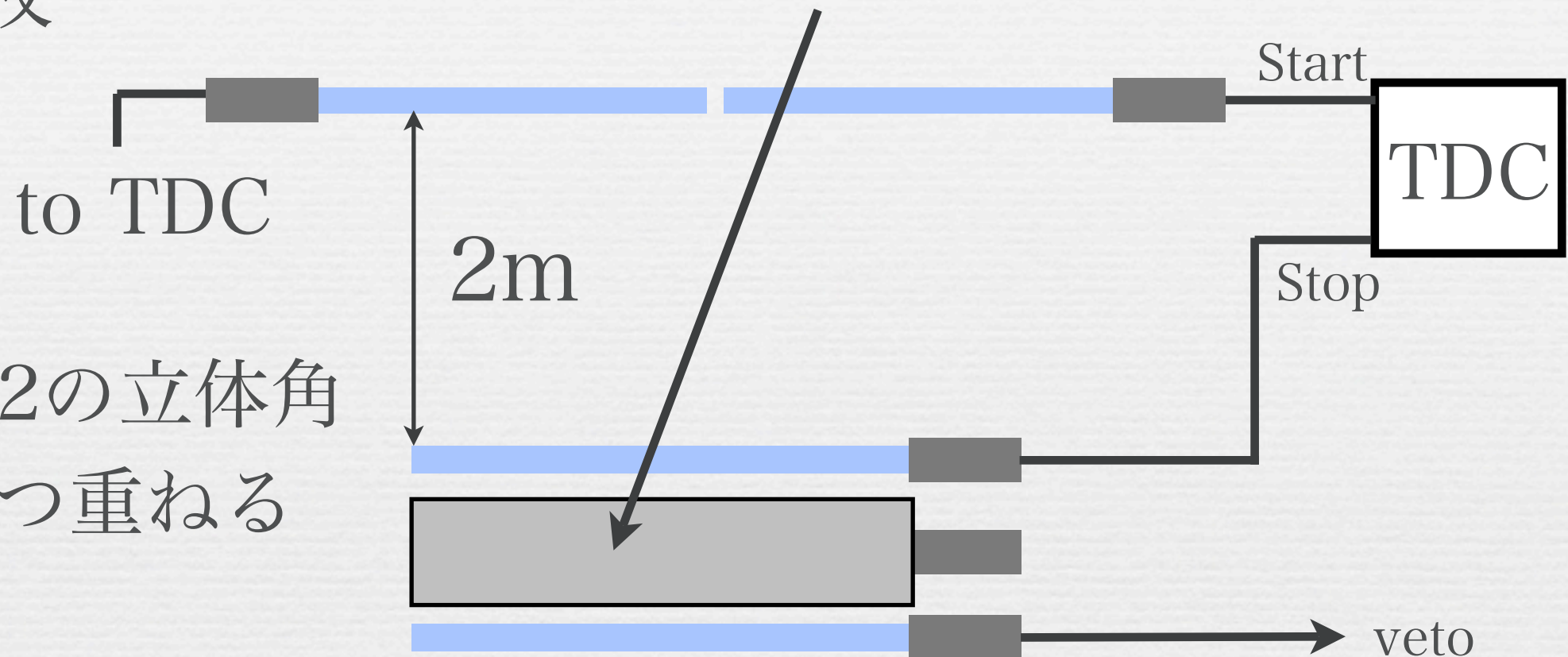
* 片方から読み出した

$$\sigma = 1.14\text{ns}$$



統計量の評価

* 中Scint. × 2枚



* 大Scintの1/2の立体角

* NaIを縦に2つ重ねる

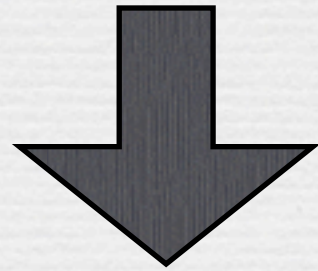
計数率は

stopped muon : 約 1.0×10^{-2} Hz

protonの計数率は
約 1.0×10^{-4} Hzと考えられる

これまでの結果と今後の進展

- ♪ 大Scint.のTiming resolutionは $< 2\text{ns}$
- ♪ NaIの光量 $\rightarrow 150\text{p.e./MeV}$
- ♪ 計数率は $\rightarrow$ 大Scint.を使いたい。



* 大Scint.について

* 統計量について

さらに検証する必要がある。

Summary

- ❧ muonの2桁落ちで宇宙線中に含まる、protonを検出する事が目的。
- ❧ TOFとEnergy depositからmassを組んで粒子識別する。
- ❧ 実験準備中
- ❧ 統計量、大Scint.が使えるかが課題

ご清聴

ありがとうございました。

Back Up and Editing