

PRISM-FFAGのための α 線位置検出器の開発(2)

久野研究室 廣田航介 (B4)

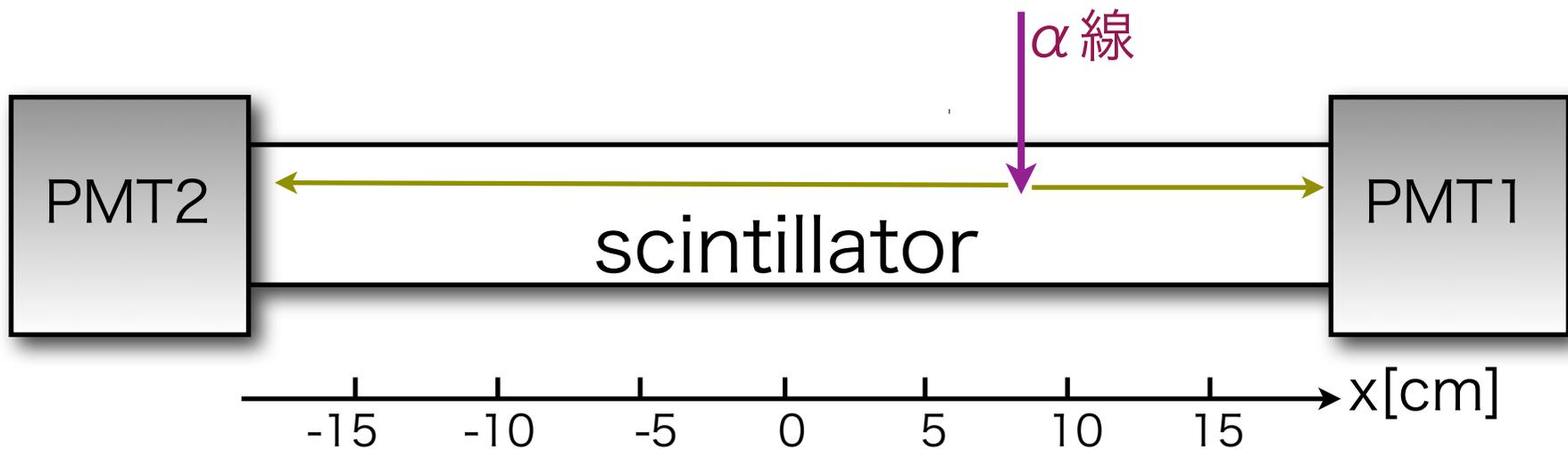
内容

- スペック
- 測定原理
- 測定方法
 - backgroundの識別法
 - logic
- 測定結果・解析
 - ADC
 - TDC
- まとめと今後

スペック

- 要求性能
 - α 線の位置検出器を開発し、位置分解能 $< 2\text{cm}$ を実現する。
 - 今後バックグラウンドが多い環境で測定を行うので、 α 線とはっきり識別できる検出器である必要がある。
- 用いた検出器、線源
 - plastic scintillator : BC408同等品
 - PMT : H1949
 - α 線源 : ^{241}Am (3Mbbq)をコリメートし、およそ60Hzとしたもの。
- バックグラウンド (およそ50Hz)
 - 装置などからの β 、 γ 線
 - 宇宙線 : $\sim 4\text{Hz}$
 - PMTの電気ノイズ

測定原理



- 検出光量の比による測定 → ADC

$$I = I_0 e^{-\frac{d}{\lambda}} \quad (d: \text{距離}) \text{ より}$$
$$\ln \frac{I_1}{I_2} = \frac{2}{\lambda} x + \ln \frac{I_{01}}{I_{02}}$$

I_1, I_2 : PMT1、2での検出光量
 λ : 減衰長

- 検出時間の差による測定 → TDC

$$t = \frac{n}{c} d \quad \text{より}$$
$$t_2 - t_1 = \frac{2n}{c} x$$

t_1, t_2 : PMT1、2での検出時間
 n : plasticの屈折率
 c : 光速

x = -15からx = 15を5 cm間隔で計7箇所測定した。

測定方法

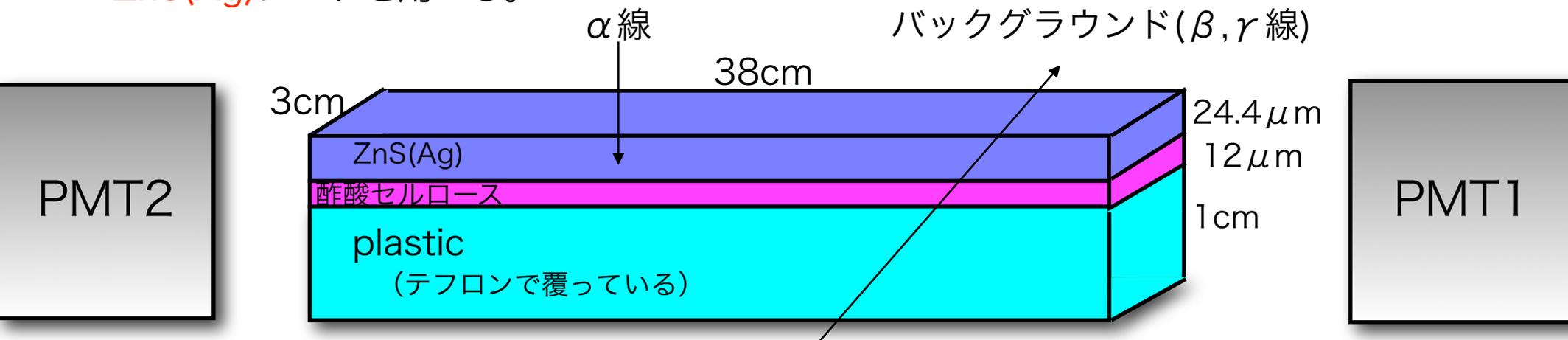
backgroundの識別法～phoswich型検出器～

- 2種類の異なるシンチレータを結合して1本のPMTと組み合わせたもの。
- 減衰時間の違いにより出力パルスの波形が異なるため、片方のシンチレータのみで起こった事象と、両方のシンチレータで起こった事象とを区別することができる。
- 本実験では、 α 線とバックグラウンドとを区別するために、プラスチックシンチレータとZnS(Ag)シートを用いる。

plasticとZnS(Ag)の特性

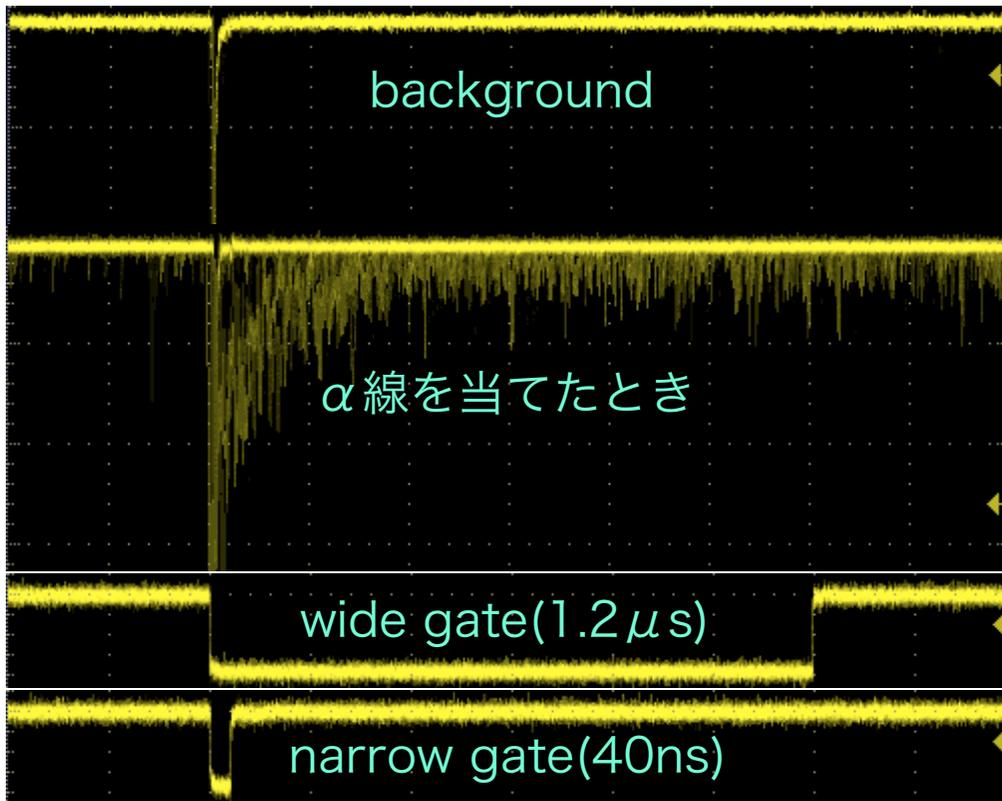
	plastic	ZnS(Ag)
光量 (NaI(Tl)に対する比) [%]	~27.8	~113
decay const. τ [ns]	2.1	200
屈折率 n	1.58	2.36
密度[g/cm ³]	1.032	4.09

(文献値)

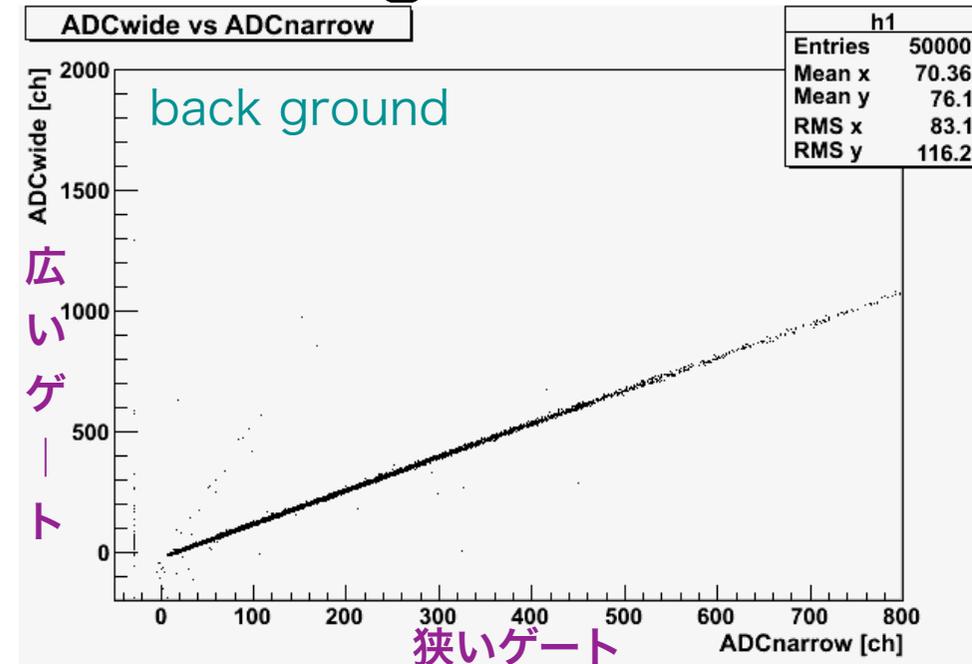


backgroundの識別法～two gates～

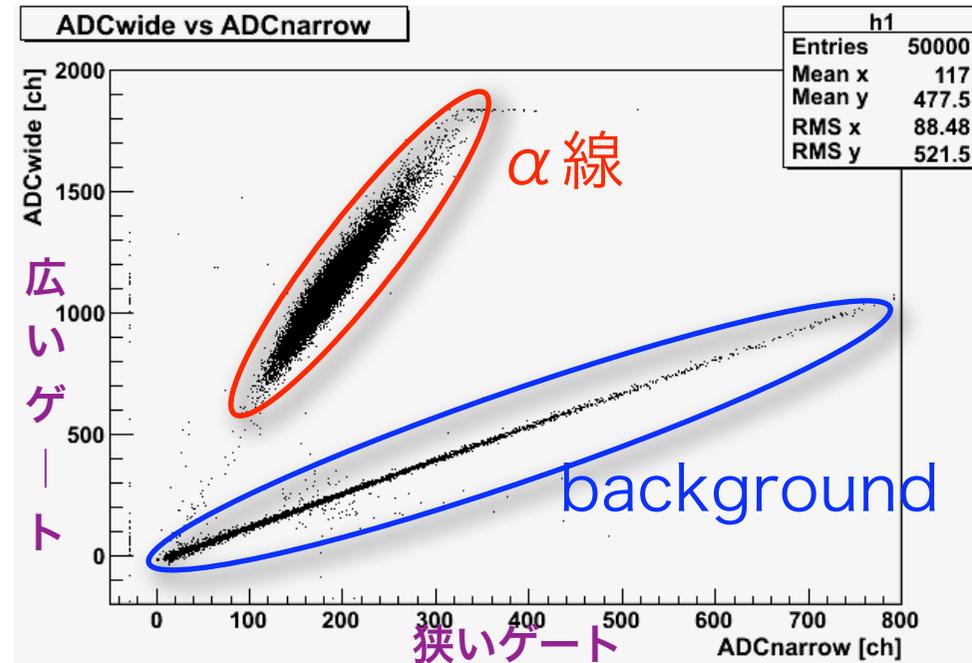
- 異なるゲート幅を持つADCで同時に測定し、その相関を見ることで、減衰時間の異なる粒子を区別できる！！



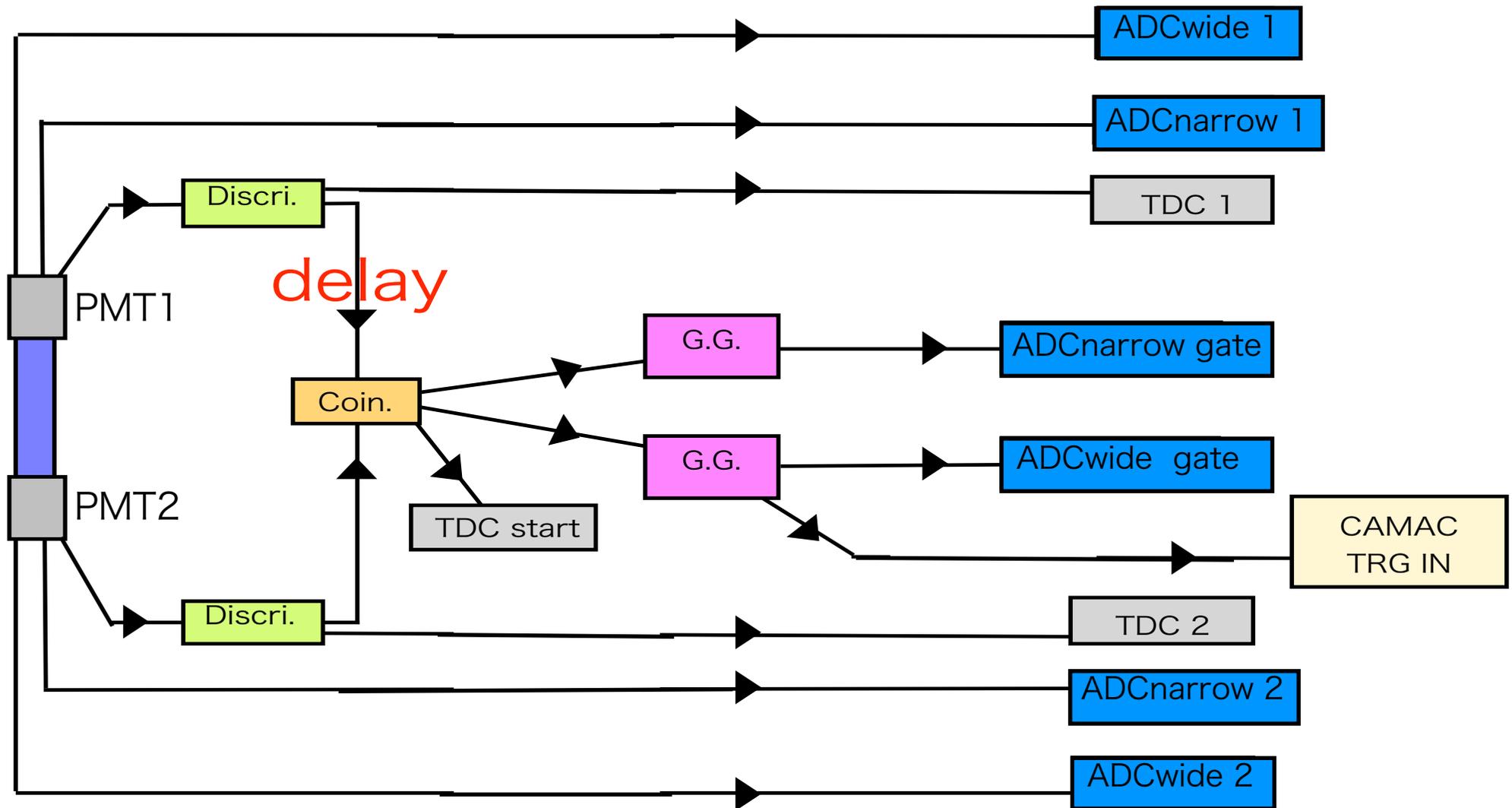
ZnS(Ag)のdecay const.



x=15にα線源を置くと…



logic

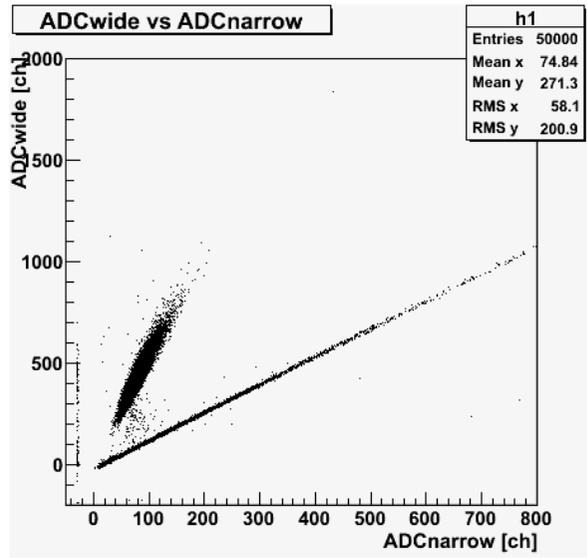


- ADCに二つのgateを使用。
- delay : TDC start のタイミングを必ずPMT1からのシグナルにする。

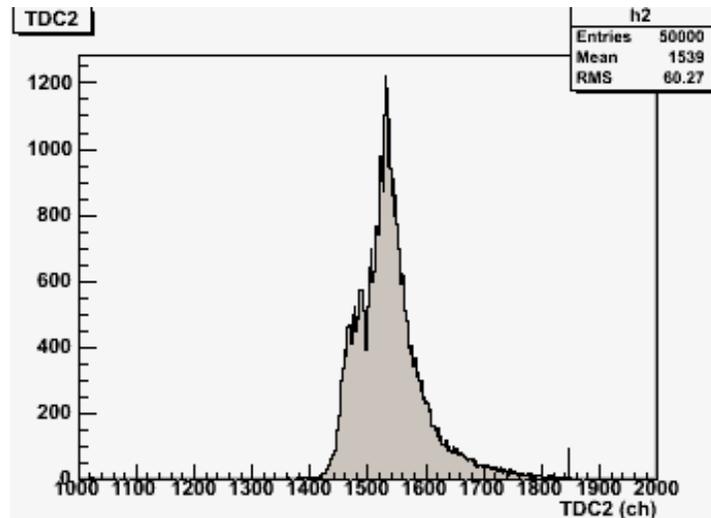
測定結果・解析

background cut 前後 (x=10の場合)

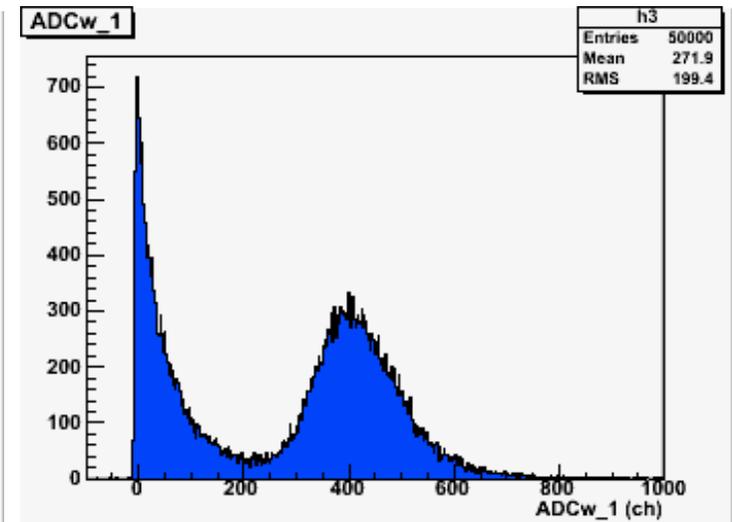
ADCnarrow1
vs ADCwide1



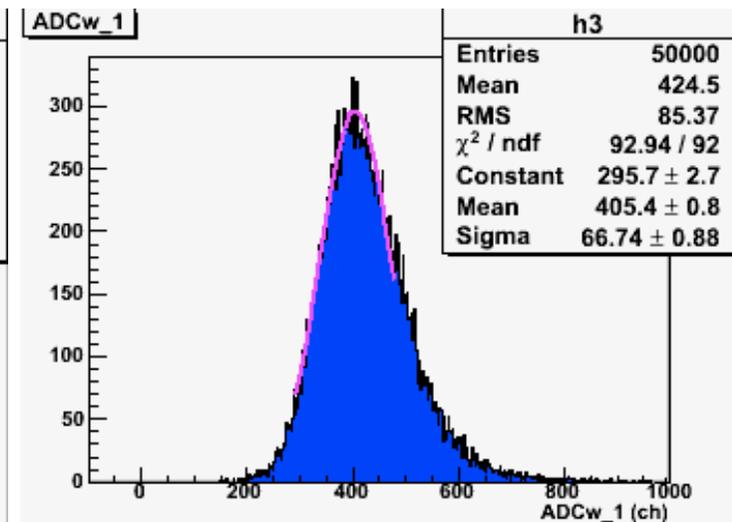
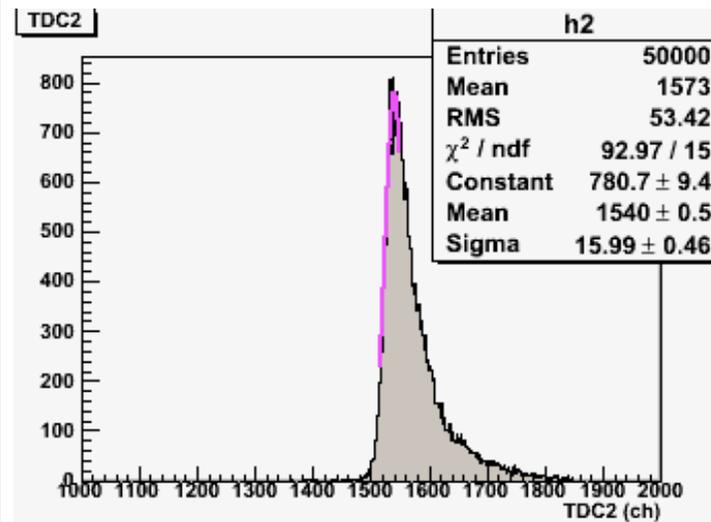
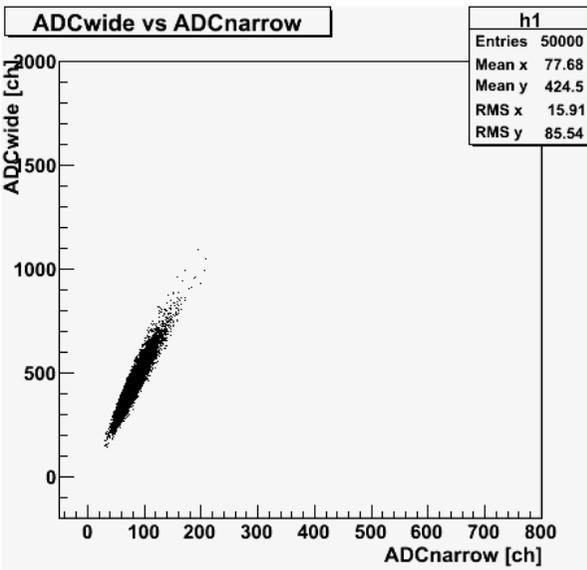
TDC2



ADCwide1

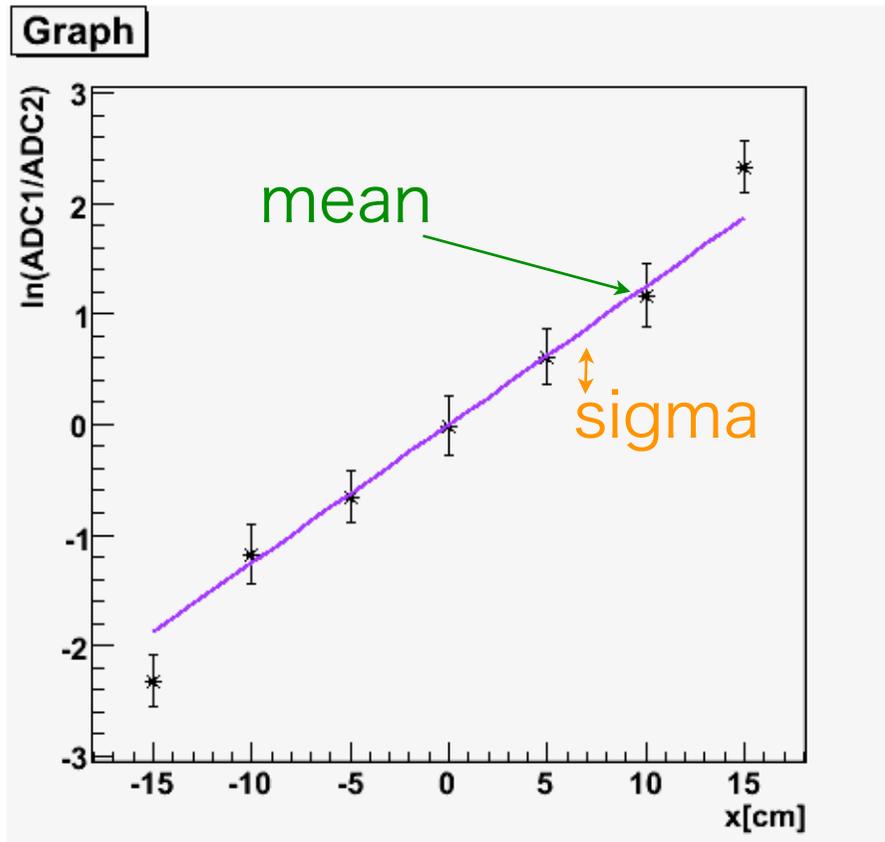


↓ cut & Gauss fit



ADCwide vs x

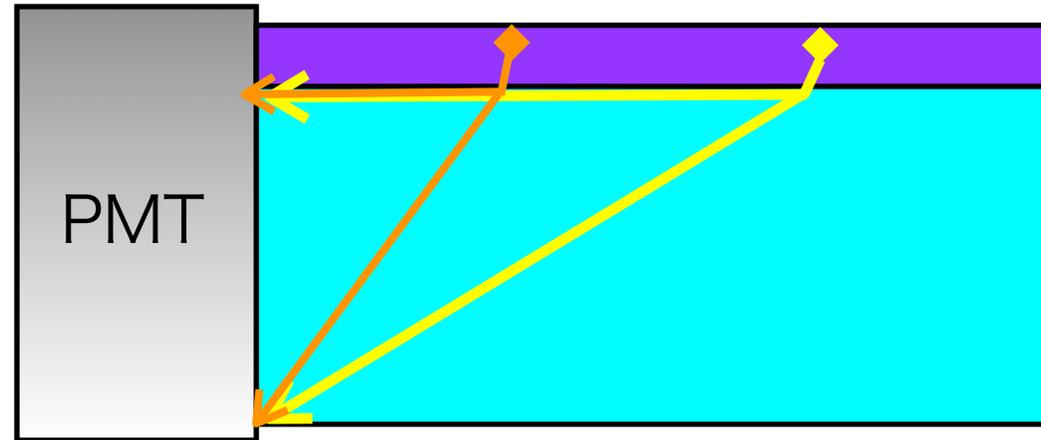
Gauss fit をし、meanとsigmaより
入射位置との相関をプロットすると…



$$\ln \frac{I_1}{I_2} = \frac{2}{\lambda} x + \ln \frac{I_{01}}{I_{02}}$$

結果、直線にはならなかった。

⇒ 立体角を考慮しなければならない。



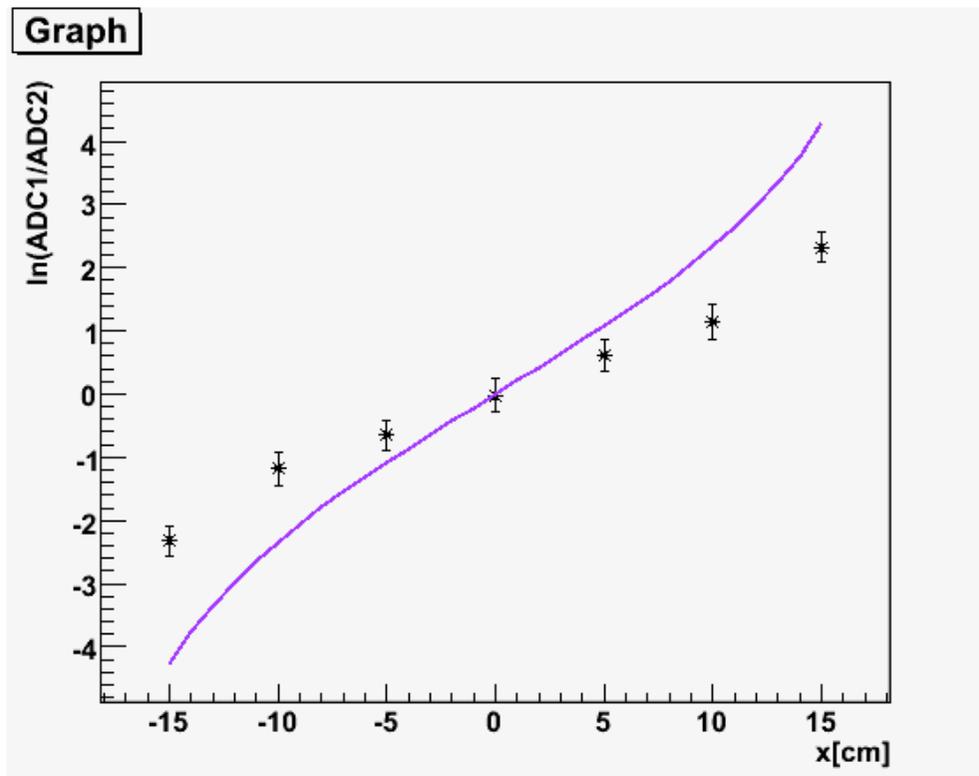
$$I = I_0 e^{-\frac{d}{\lambda}} \times d^{-2}$$

$$\ln \frac{I_1}{I_2} = \frac{2}{\lambda} x + \ln \frac{I_{01}}{I_{02}} - 2 \ln \frac{19-x}{19+x}$$

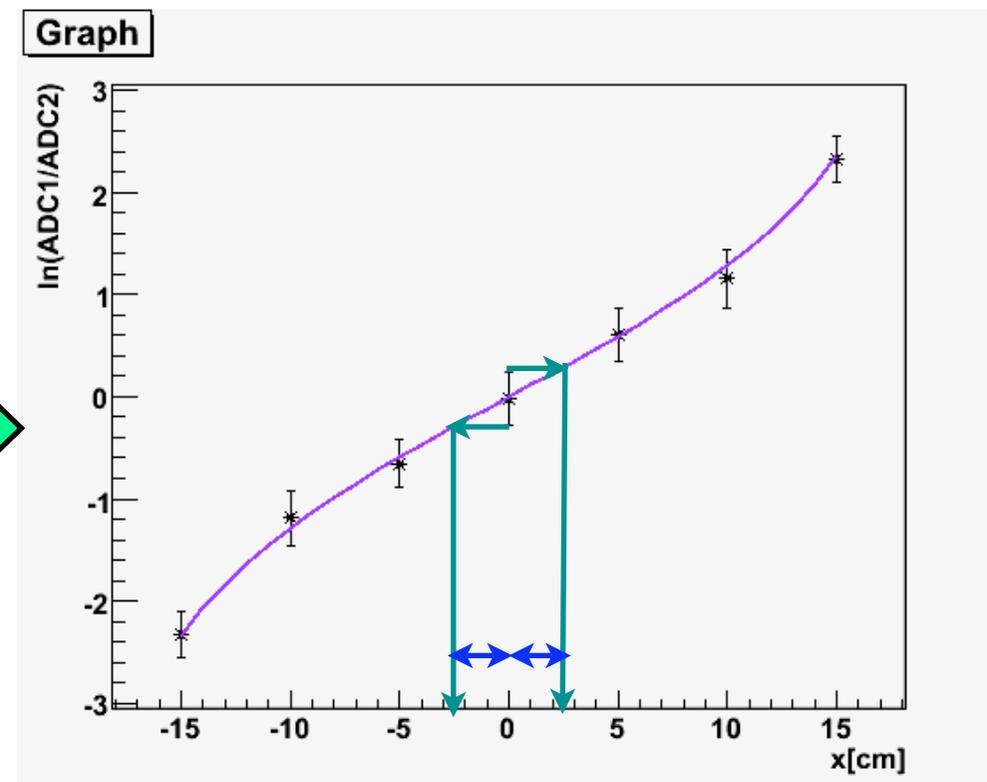
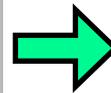
ADCwide vs x (立体角を考慮)

$$\ln \frac{I_1}{I_2} = \frac{2}{\lambda} x + \ln \frac{I_{01}}{I_{02}} - 2 \ln \frac{19-x}{19+x}$$

$$\ln \frac{I_1}{I_2} = \frac{2}{\lambda} x + \ln \frac{I_{01}}{I_{02}} - 1.1 \ln \frac{19-x}{19+x}$$



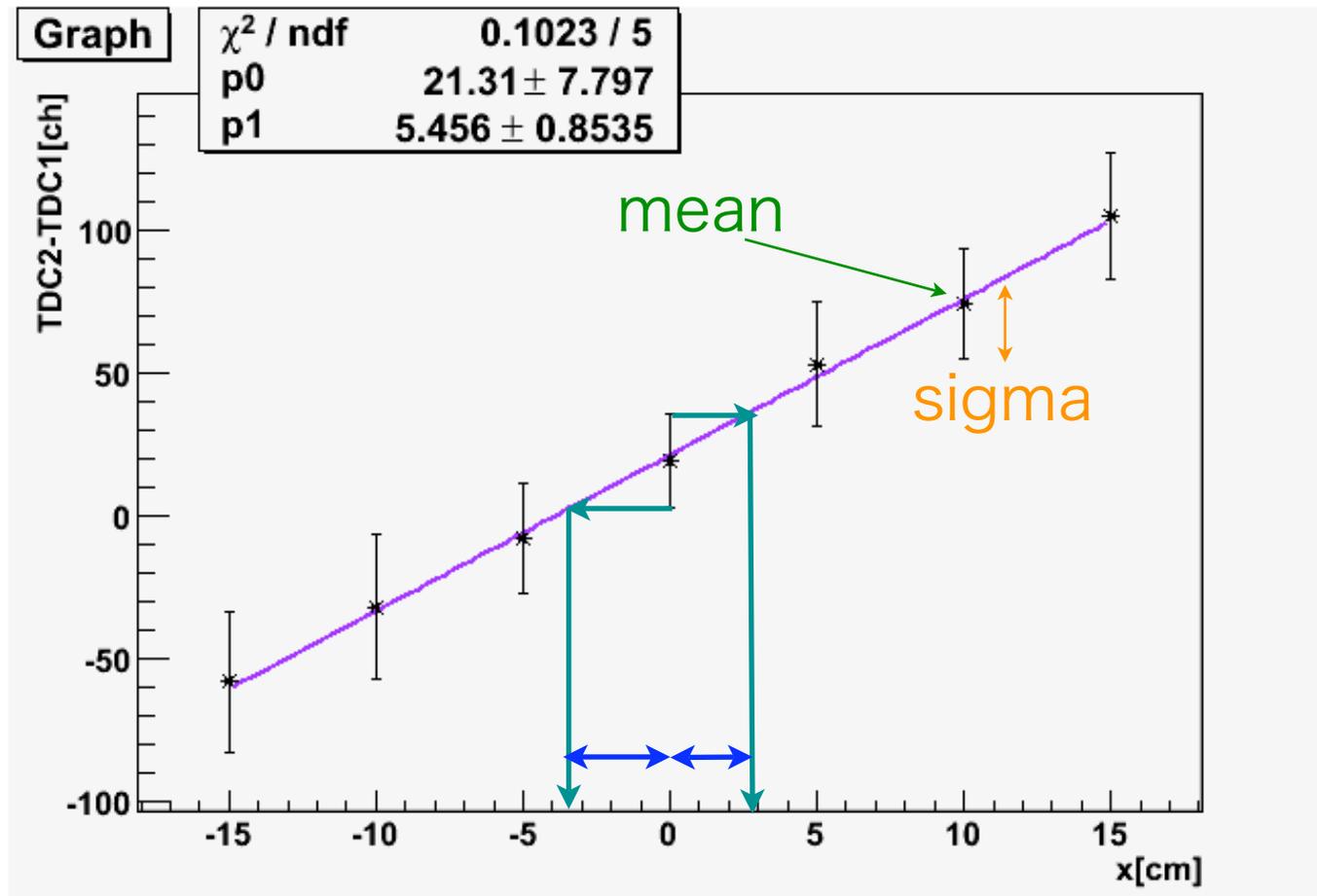
グラフの形状は一致したが
スケールが合わない。



上式のようにするとうまく fit できた。これは
実際には、反射により立体角の影響が小さく
なっているためと考えられる。
位置分解能 (1sigma) は1~2.5cmとなった。

TDC VS X

同様にTDCについて、入射位置との相関をプロットすると…



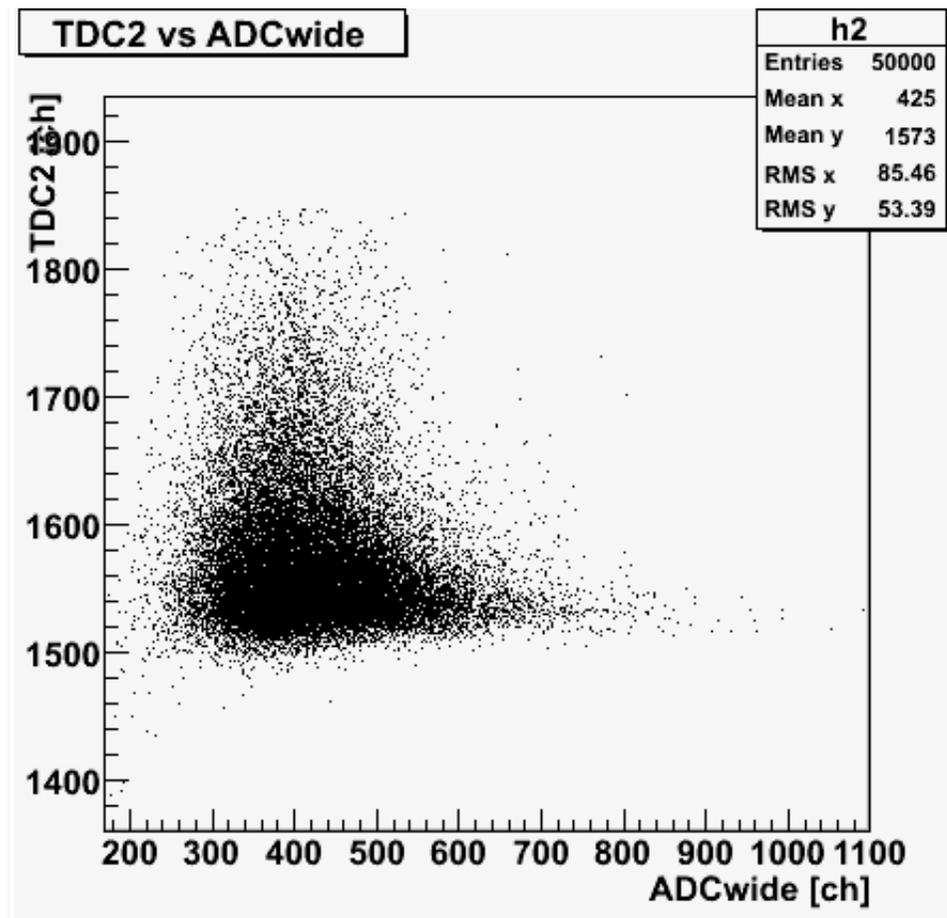
$$t_2 - t_1 = \frac{2n}{c} x$$

直線でfitすることができ、位置分解能（1sigma）は2.6~4.9cmとなった。

まとめと今後

- α 線の位置測定のための検出器を製作し、測定を行った。
- ADCで位置分解能 (1 sigma) <2.5cmが得られた。
- TDCで位置分解能 (1 sigma) <4.9cmが得られた。
- 以上より要求される分解能 (2cm) には達成していないが、ADCにおいて近いものが得られた。今後改善できないか検討する。
- 同時にテフロンの有無の比較、 β 線や γ 線での計測を行い、反射の影響などを調べる。

(予備) time walk補正について

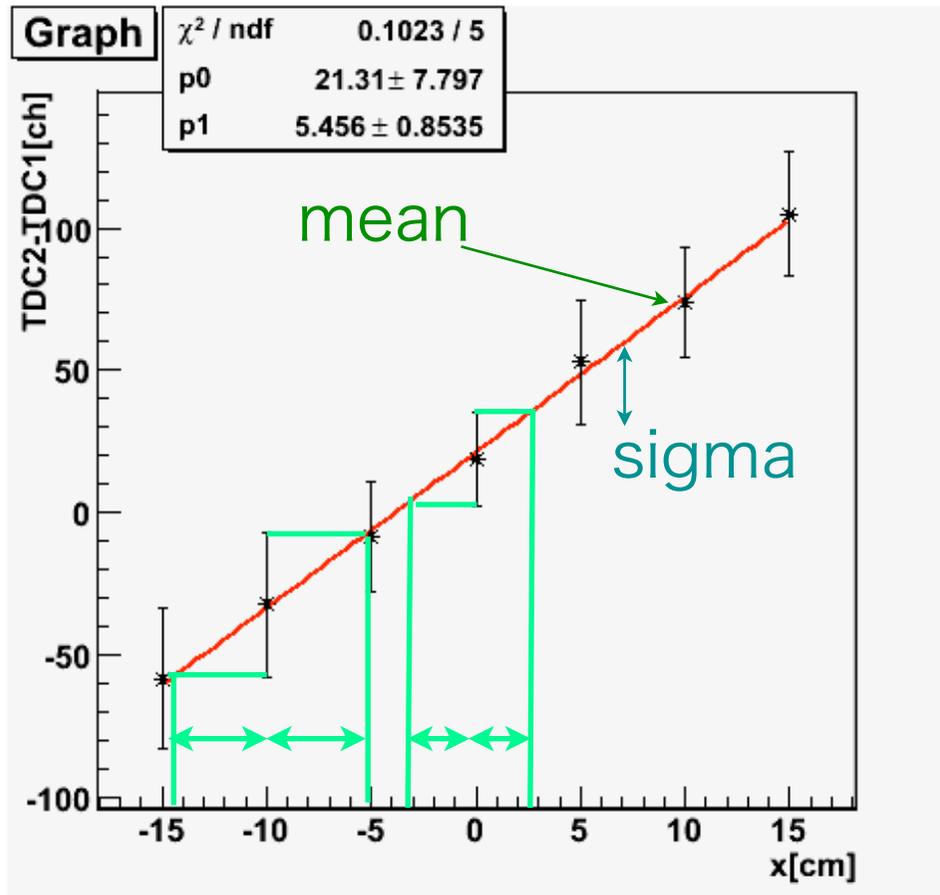


thresholdを下げきっているため、TDCとADCの相関がほとんど見られない。

よってtime walk補正は行わなかった。

TDC vs X

同様にTDCと入射位置との
相関をプロットすると…



$$t_2 - t_1 = 2nx/c$$

直線でfitすることができ、
位置分解能は2.6~4.9cmとなった。

しかしグラフの傾きから得られる
plastic scintillator中の光速が、理論値
から大きくずれた。

グラフより

$$2n/c = 5.456 [\text{ch/cm}]$$

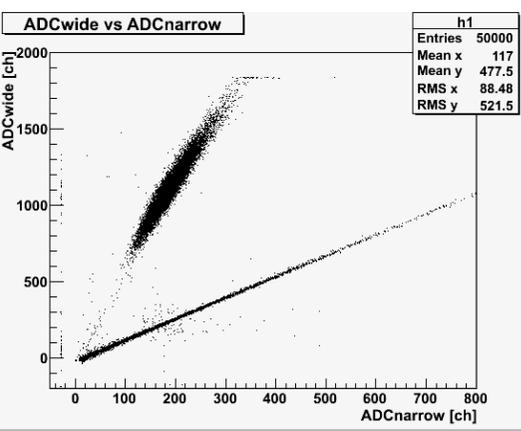
$$= 5.456 \times 10^{-10} [\text{sec./cm}]$$

$$\text{よって } c/n = 0.37 \times 10^8 [\text{m/s}]$$

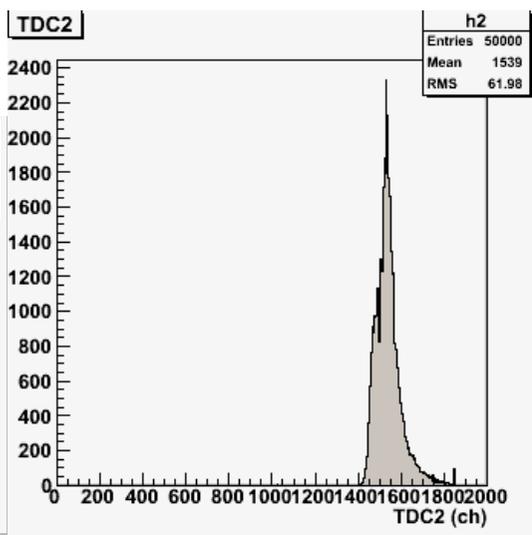
$$\text{理論値 : } c/n = 1.9 \times 10^8 [\text{m/s}]$$

background cut 前後 (x=10の場合)

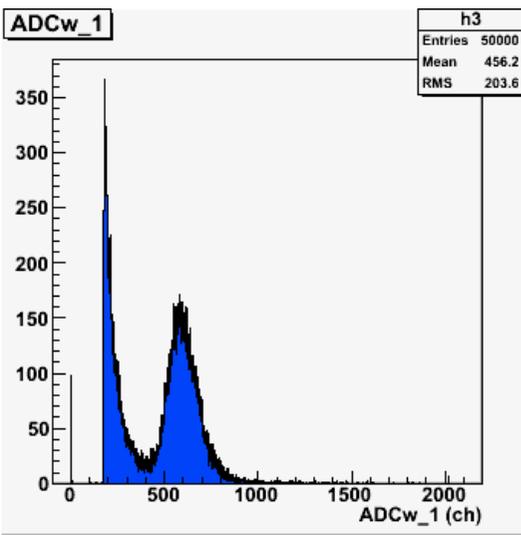
ADCnarrow1
vs ADCwide1



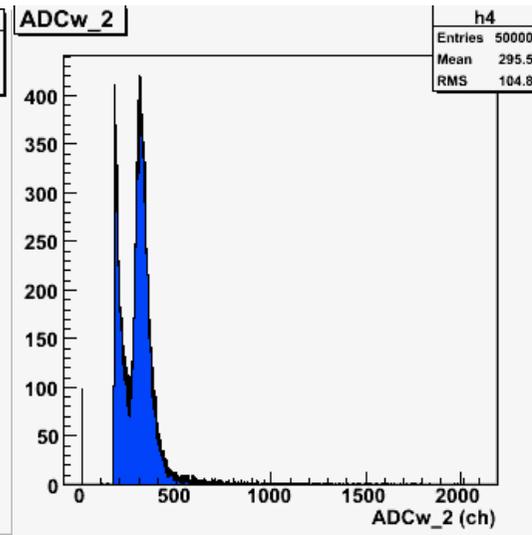
TDC2



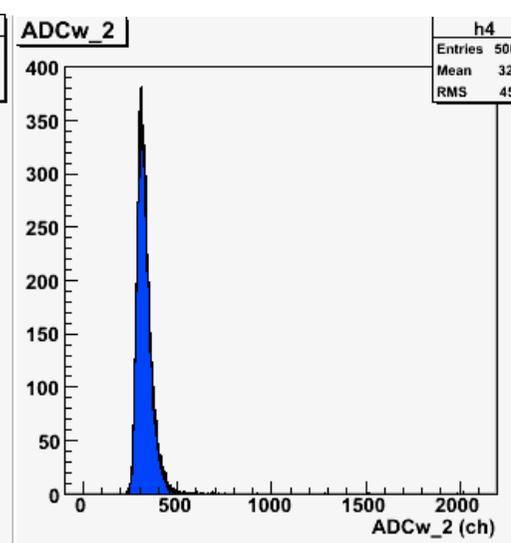
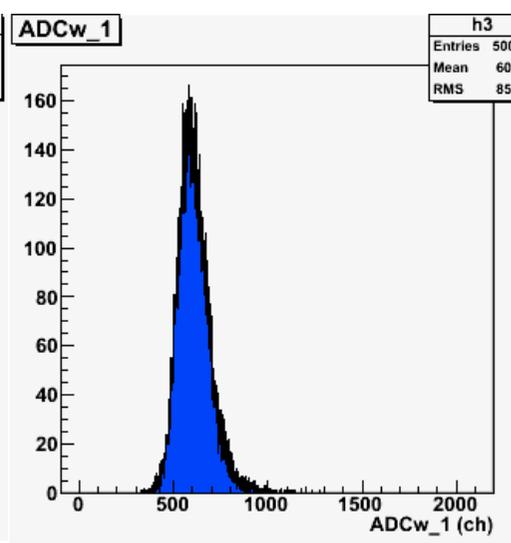
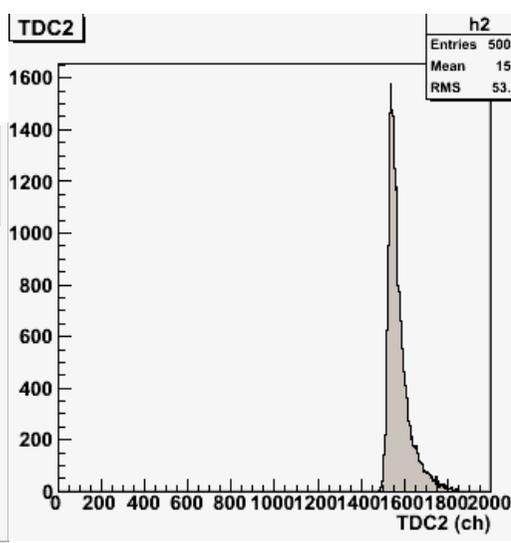
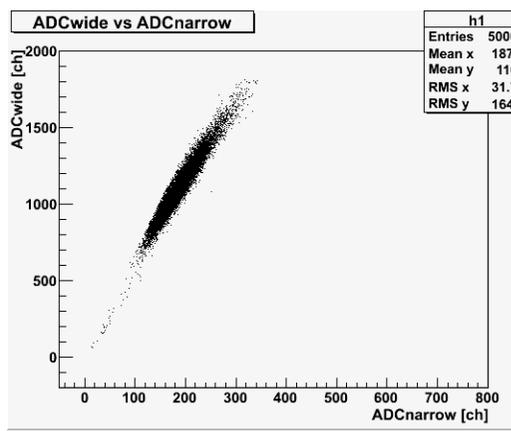
ADCwide1



ADCwide2

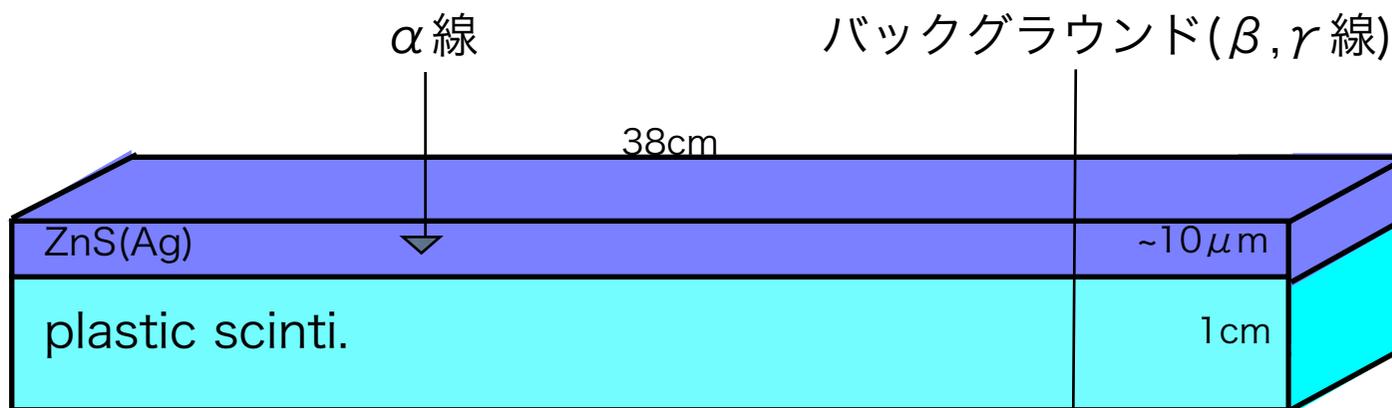


cut



gaus fit

PMT2



PMT1

目的

- PRISMでは、FFAG ringによるミューオンの位相空間回転を行う。
- ミューオンの回転軌道を測定する検出器の開発するために、まず α 線を用いてテストをする必要がある。
- 分解能 $< 3\text{cm}$ の位置検出器を開発する。

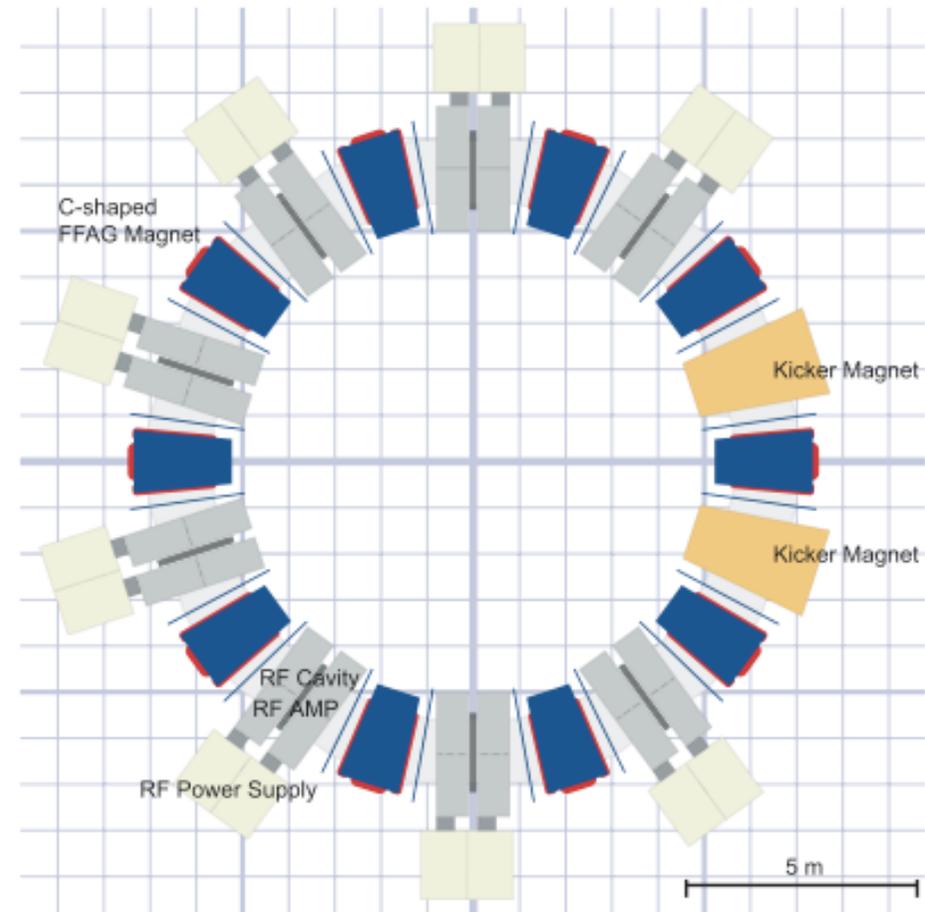
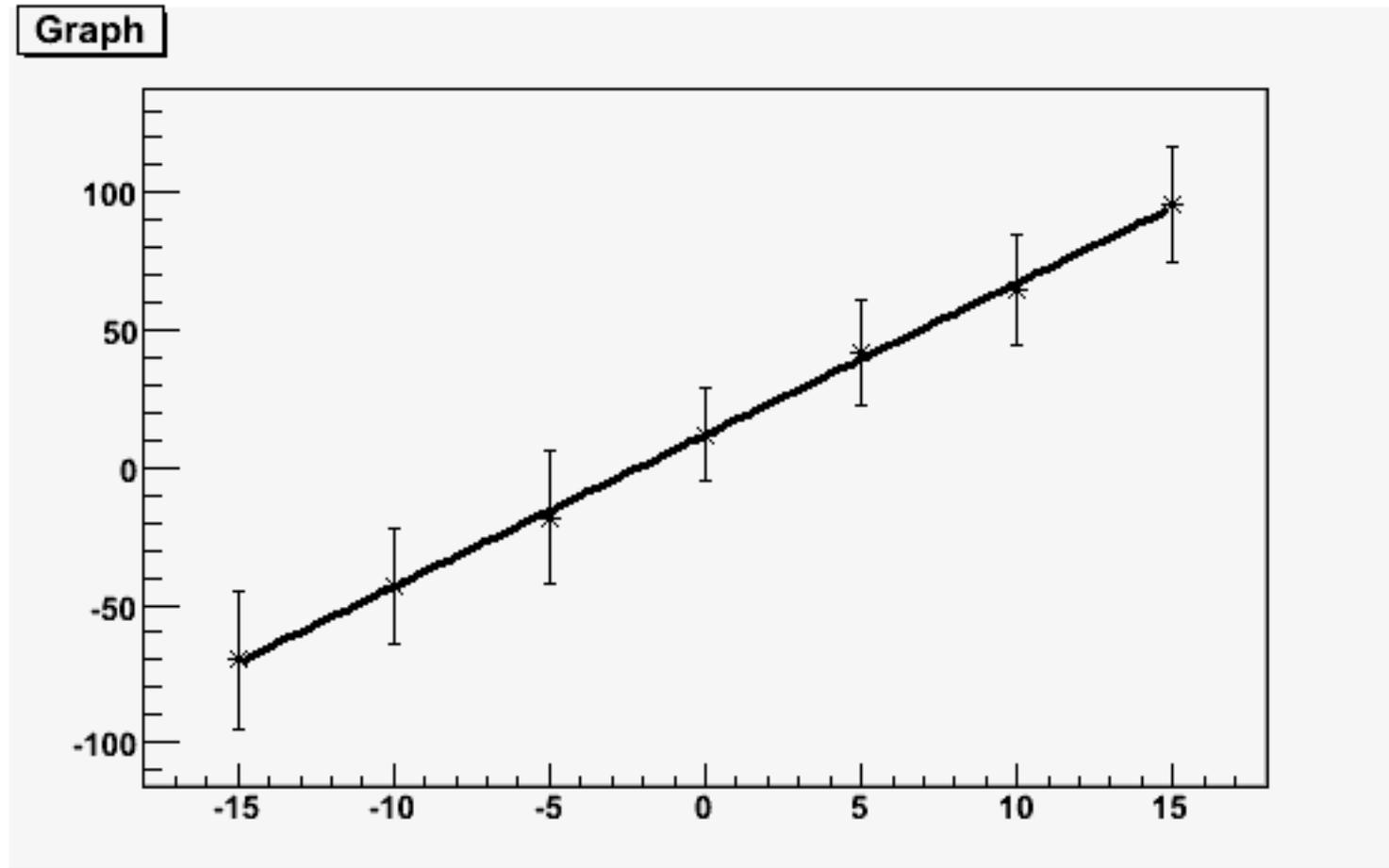


図 8: PRISM-FFAG リング

TDC vs x



位置分解能：3～4 cm

グラフの傾きよりシンチレータ中の光速を計算すると、
~ 3.6×10^7 [m/s]

これは理論値： $c/n = 1.9 \times 10^8$ [m/s] と全く合わない。

