

FADCを用いた 宇宙線中の π^+ 中間子の検出

山中卓研 2008年度 B4

安達 裕之 内田 潤 杉山 泰之

目次

- Introduction
- 実験装置
- 予備実験
- 解析
- Conclusion

Introduction

動機

前期にPlastic Scintillatorを使ってmuonの寿命を測定した。

同様の原理で別の粒子を検出できないか？

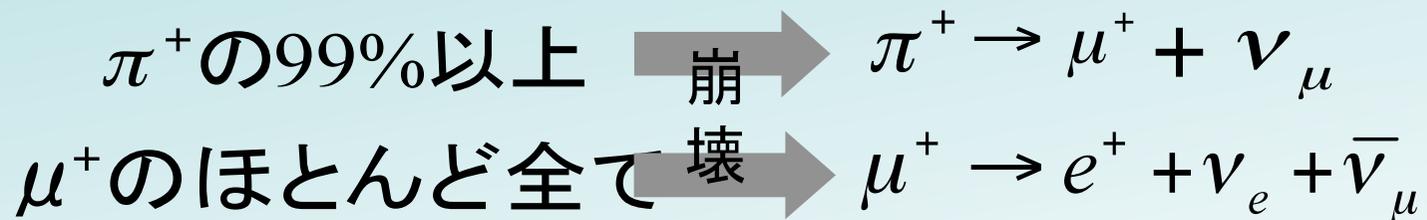
できれば検出が難しい粒子を

特定してみたい！： K 、 π

π^+ 中間子を検出してみる？

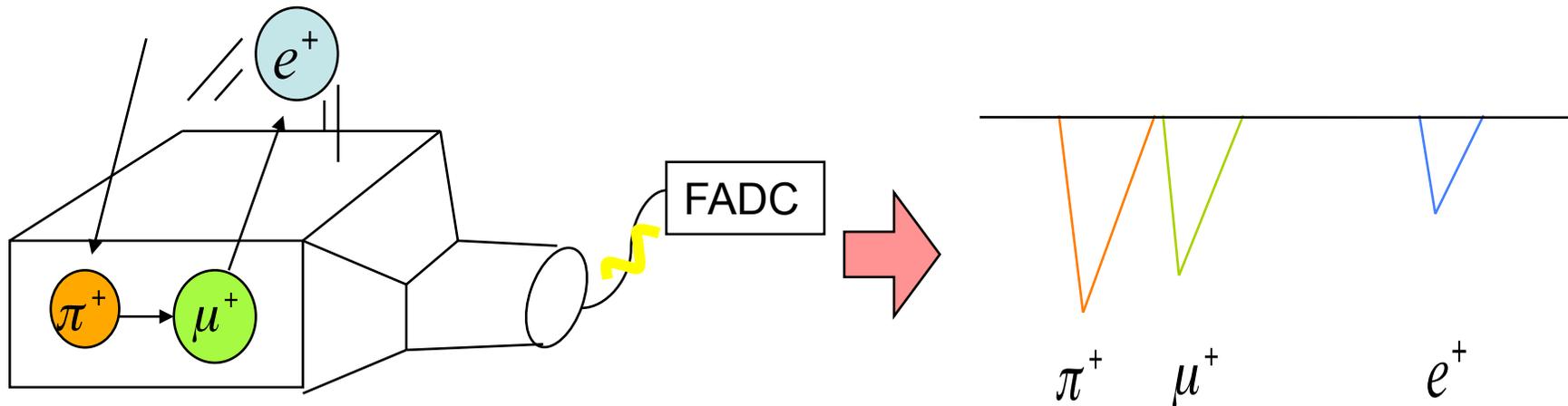
概要

- Plastic Scintillatorを用いて
宇宙線中の π^+ 中間子を検出する。
- $\pi^+ \rightarrow \mu^+ \rightarrow e^+$ のdecay chainを
FADCで捕らえることで π^+ を検出する。



測定原理

- Scintillator内で止まる π^+ のみをターゲットとする。
- 同じScinti内で、 $\pi^+ \rightarrow \mu^+ \rightarrow e^+$ と崩壊が起きた時、FADCでパルスを記録する。



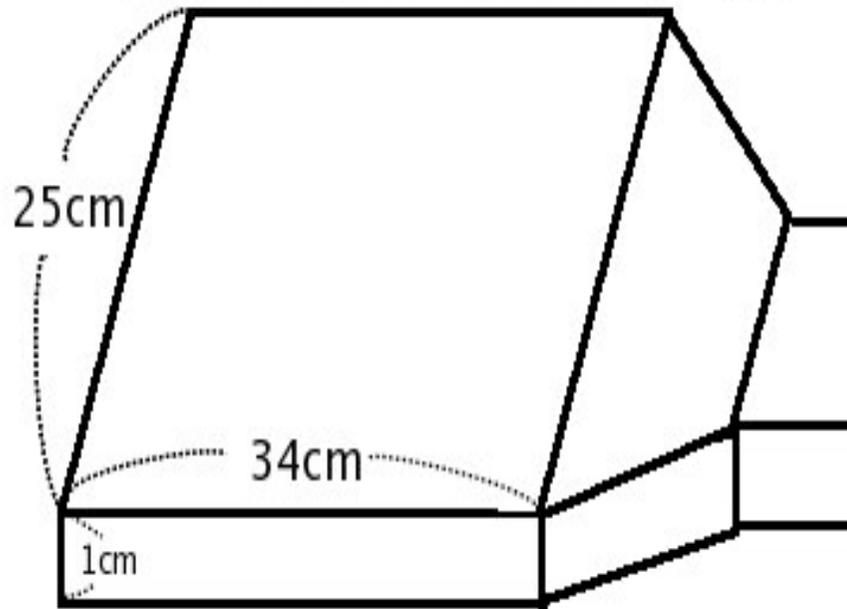
Triple pulseが得られた \Rightarrow π^+ を検出？

実験装置

実験装置

実験には5枚のPlastic ScintillatorとPMTを使用。
Plastic Scintillatorは5枚とも寸法は同じものを使用した。

使用したplastic Scintillatorの寸法



25cm×34cm×1cm

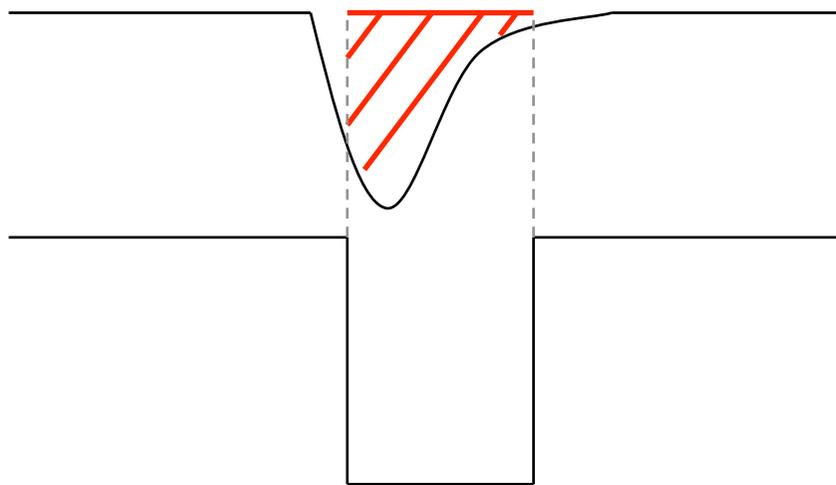


実験装置

ADCとFADCについて

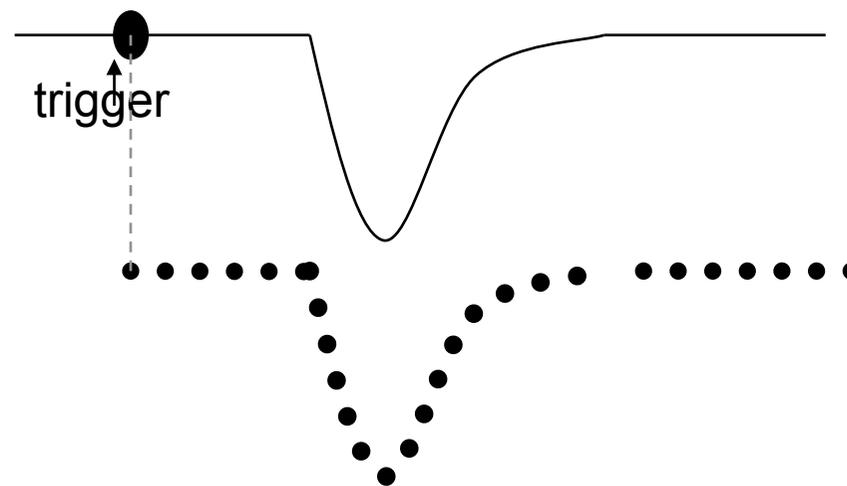
ADC

- 指定した時間(ゲート幅)に蓄えられた電荷量を返す
- データの取得は指定した時間のみ行われる



FADC

- 一定時間(固定値)ごとに蓄えられた電荷量を返す
- データの取得はtrigger信号の入力により行う



DAQシステム

- 以下の4事象を同じシステムで取れるようにした

Stop event

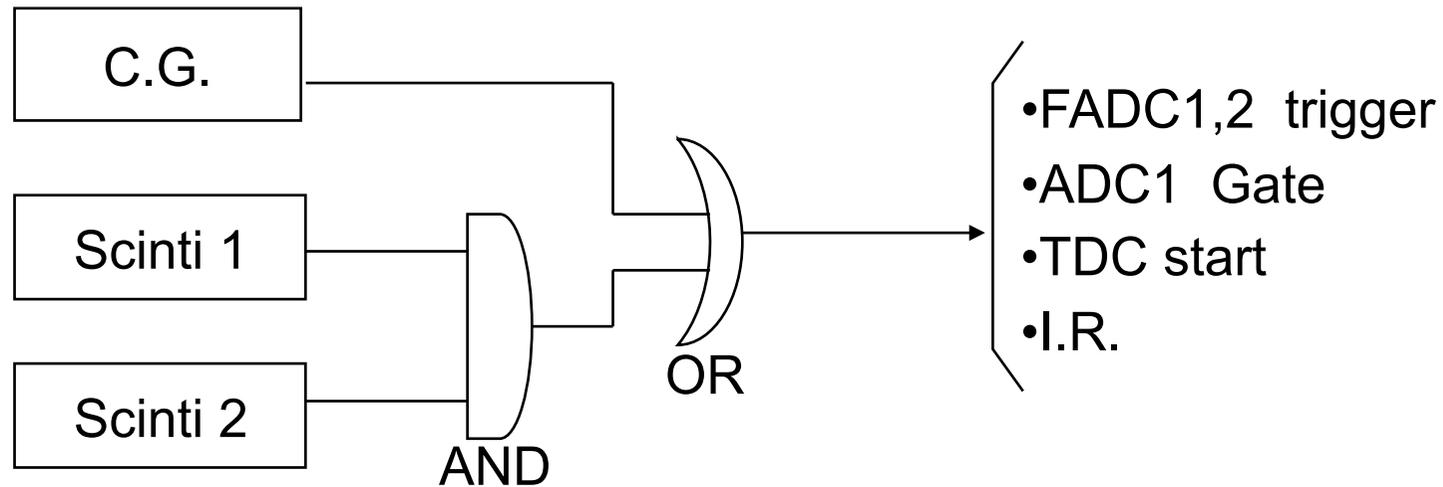
- Stop $\mu \rightarrow e$ (全体の0.166%)
- Stop $\pi \rightarrow \mu \rightarrow e$ (全体の 3.00×10^{-5} %)

解析のために

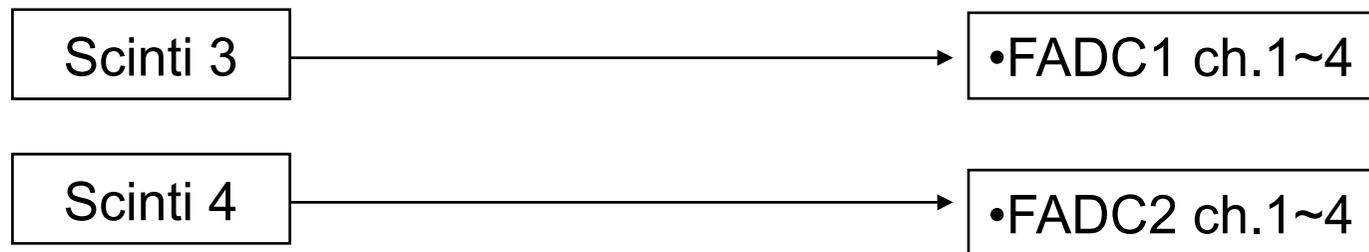
- 5層のScintillatorを突き抜けた μ (全体の68.6%)
 - Pedestal (全体の15.2%)
- ADC, TDC, FADCのデータを用いてイベントを分類する。

DAQシステム ロジック回路

~ Trigger 系 ~



~ FADC ~



C.G.はClock Generator
I.R.はInterrupt Register

予備実験

PMT

PMTの型番:H7195

PMTにかけるHV、及びDiscriminatorの閾値を決定した。

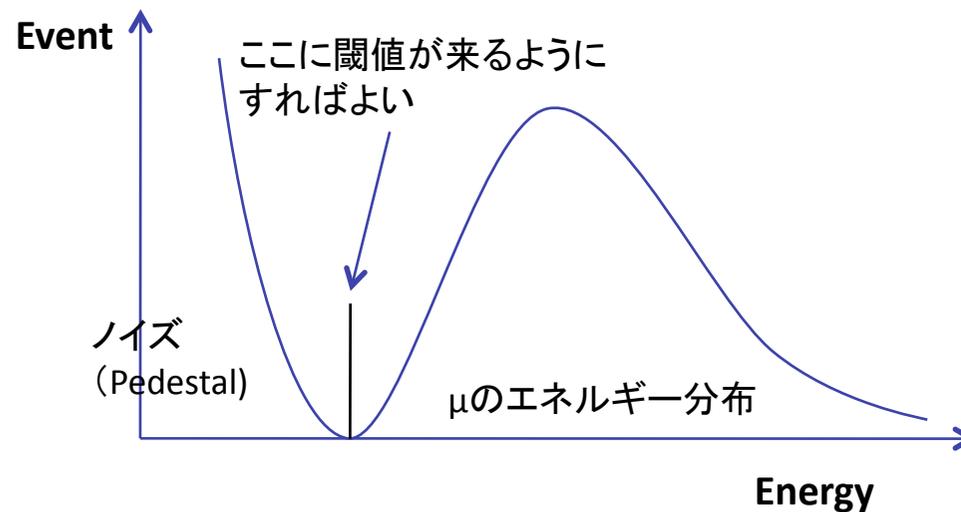
PMT	HV(V)	閾値(mV)
1	-1600	-11.8
2	-1700	-20.0
3	-1600	-30.1
4	-1600	-29.9
5	-1700	-20.1

決定方法

ADCを用いて宇宙線のエネルギー分布を測定



ノイズと信号を分離できるHVと閾値を見つける。



ADC

型番:RPC 022, 分解能:11bit

- エネルギー較正

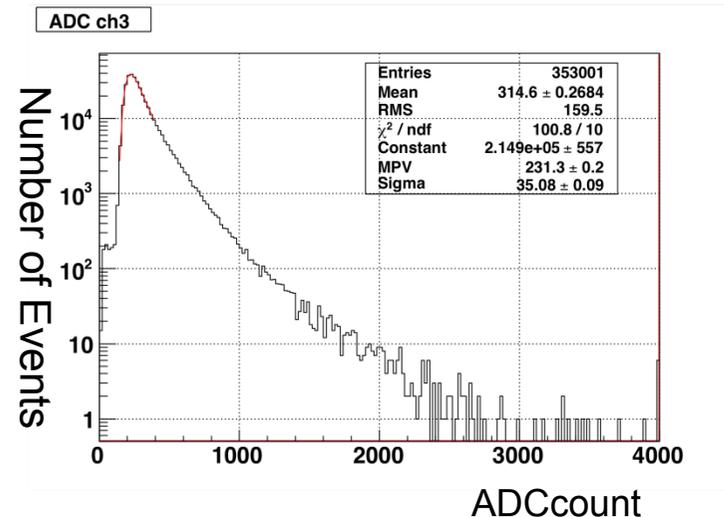
突き抜けていく宇宙線 μ のエネルギー分布を測定
最小電離(MIP)energyをピークとするLandau分布に従う

ピークのADC Count = MIP Energy [MeV]

μ のMIP Energy = 1.83MeV
(Scintillator中: 97年度卒業論文より)

データよりPeak: 231.3ADCcounts

$\Rightarrow 7.91 \times 10^{-3} \text{ MeV/count}$



FADC

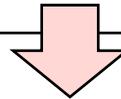
型番:8704-001, 100MHz×4ch, 分解能:6bit

高精度化して使用

理由

π^+ の寿命 → 26nsec

Scintiの信号のピーク幅 → 10~20nsec

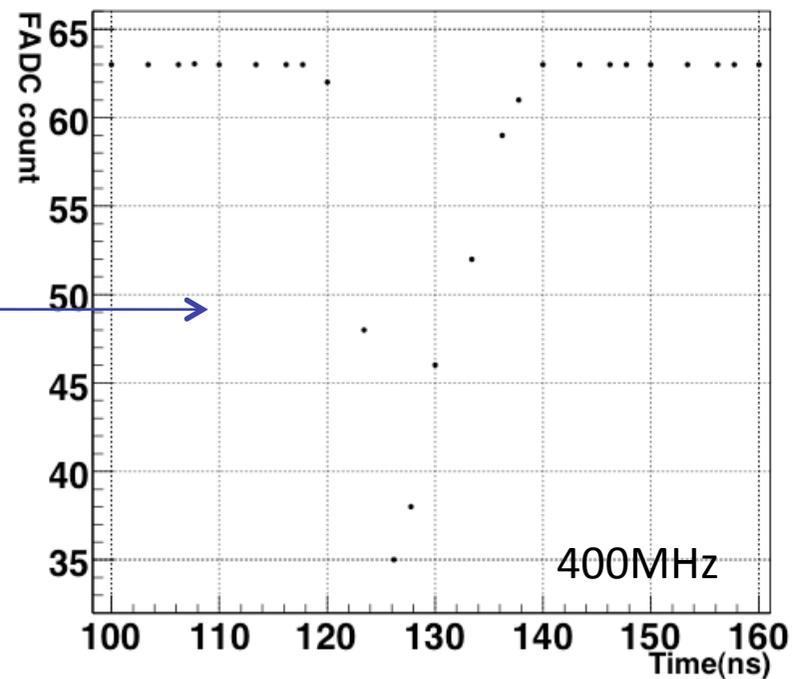
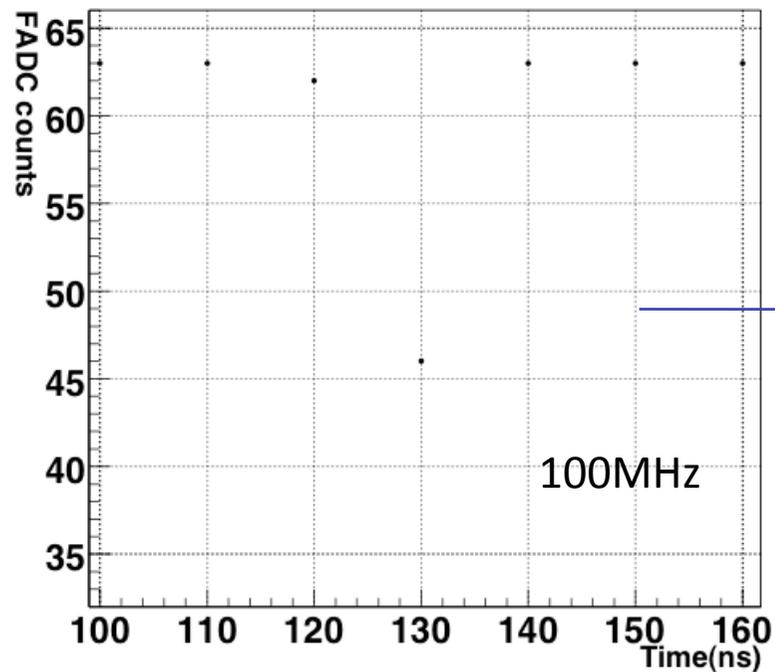


100MHz(10nsec間隔)では、**triple pulseは見えない**

方法

- ・channel毎にケーブルの長さを変え、異なる時間情報を得る。
(FADCのTriggerは全channel共通)
- ・今回は2.5nsecずつずらし、**400MHz化**

400MHz化の結果



- Pulseの形が100MHzではほとんどわからなかったが400MHzにすることで立ち上がりやTailがよく見えている。

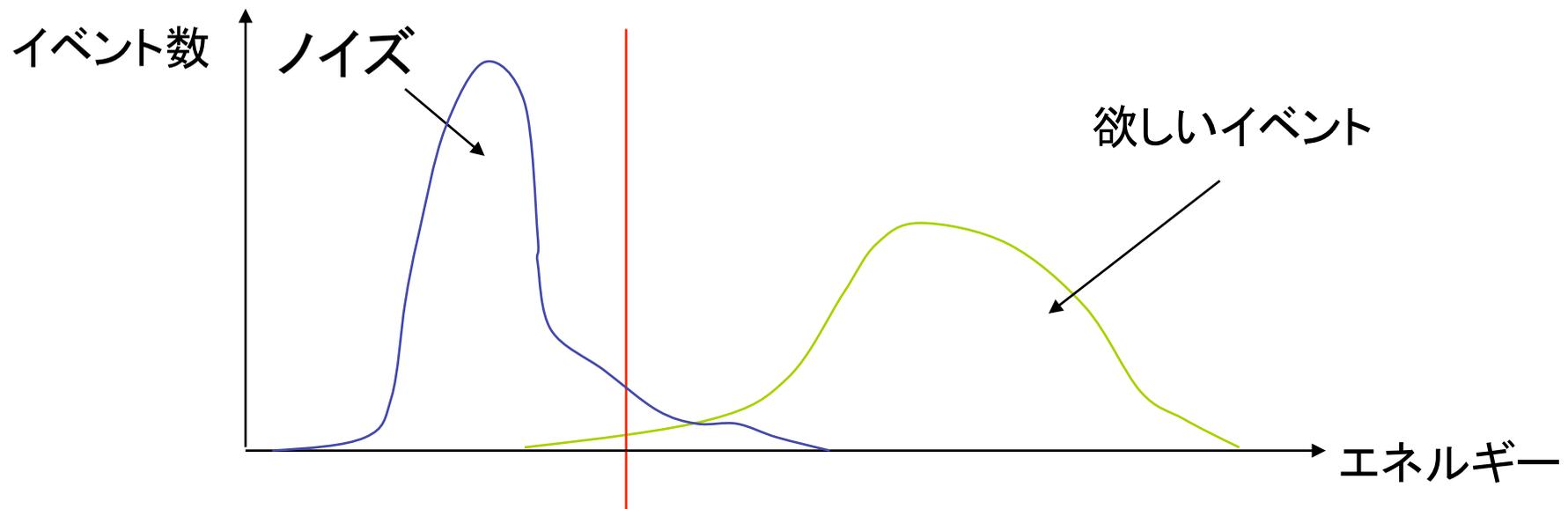
得られたデータ

- Data taking
12days22hour4min.=1116240sec
- Trigger event
6677400event
- Trigger rate
5.97Hz

解析

データの解析

- 目的
候補となるイベントが、 π のdecayによるものかどうかを判断するためのデータを集める。
- 欲しいデータ
欲しいイベントとノイズを区別するエネルギー基準



解析対象の分類

- pedestal
- 突き抜けmuon
- muonの崩壊event
- ノイズ
- pionの崩壊event

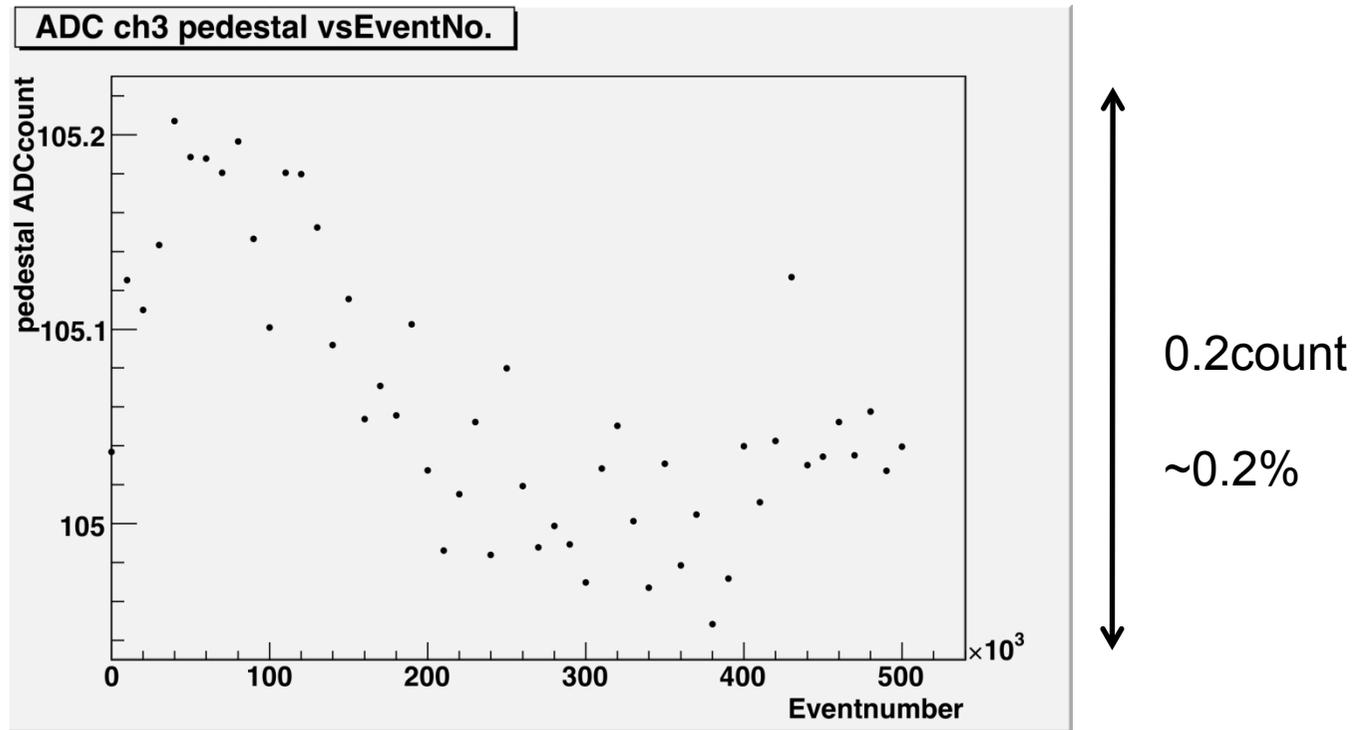
ADCのpedestal

- pedestalの取得
 - 他のデータと同時に取得: ADCの値で識別
- 目的
 - 後の解析での使用
- 欲しいデータ
 - 各時刻でのpedestalの値

時間変化が小さければ、全てのpedestalの
平均値を各時刻のpedestalの値に採用

pedestalの時間変化

- 1万イベントごとにpedestalの平均をとった。 1万イベント～30分



Pedestalの変化は幅が0.2%程度であり、わずかだと判断。
→全Pedestalの平均をPedestalとする。

解析対象の分類

- pedestal
- 突き抜けmuon
- muonの崩壊event
- ノイズ
- pionの崩壊event

突き抜け μ に対する解析

- 5枚のScintillatorを通過したイベント(突き抜け μ)に対する解析。
 - 欲しい情報・・・波形情報
 - $\pi \rightarrow \mu$ 崩壊のlifetimeは26ns程度なので π のpeakと μ のpeakが重なる可能性がある。
 - ADCgate(100ns)内に2peakある場合、ADCからはそれぞれのpeakのエネルギーの和しか得られない。
- Peakを関数でFitして分離し、それぞれのPeakのPulseHeightからそれぞれのPeakのエネルギーを得る。
- 重なったPeakをFitして分離するには、波形をFitする関数のパラメータの決定が必要。

Fit関数

- Fitには非対称Gaussianを使用

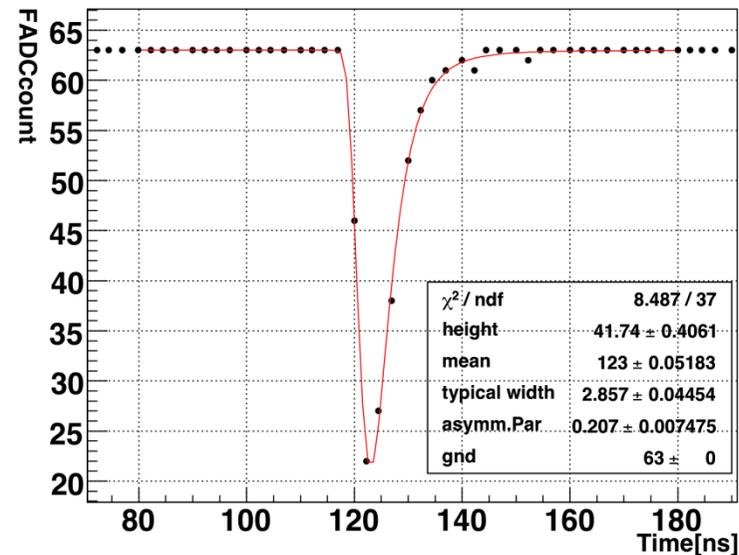
関数式 $F(x, \text{mean}, \text{height}, a, w) = \text{height} \times \text{Gaussian}(\text{mean}, \text{sigma})$

$\text{sigma} = a(x - \text{mean}) + w$

a : asymmetric parameter

w : typical width

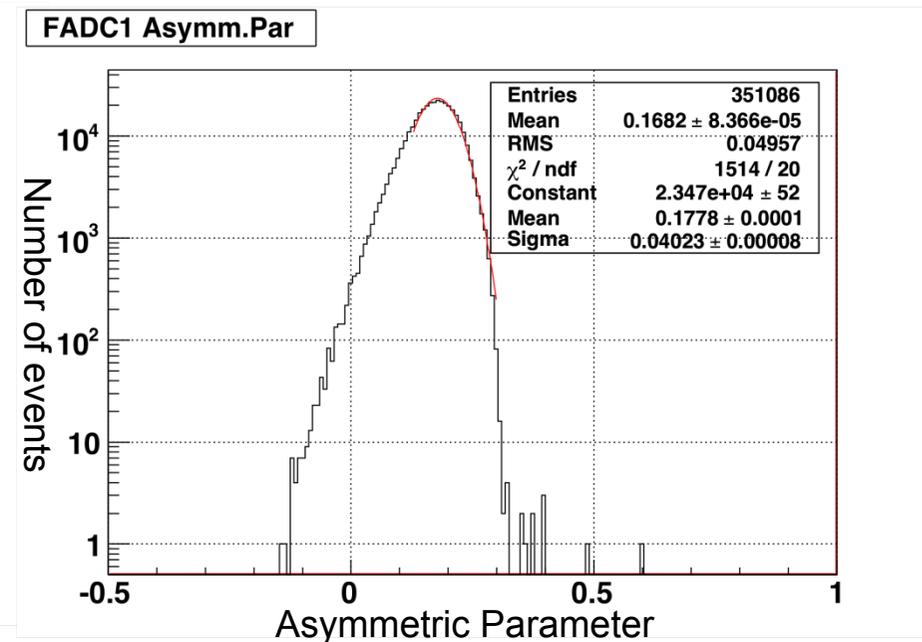
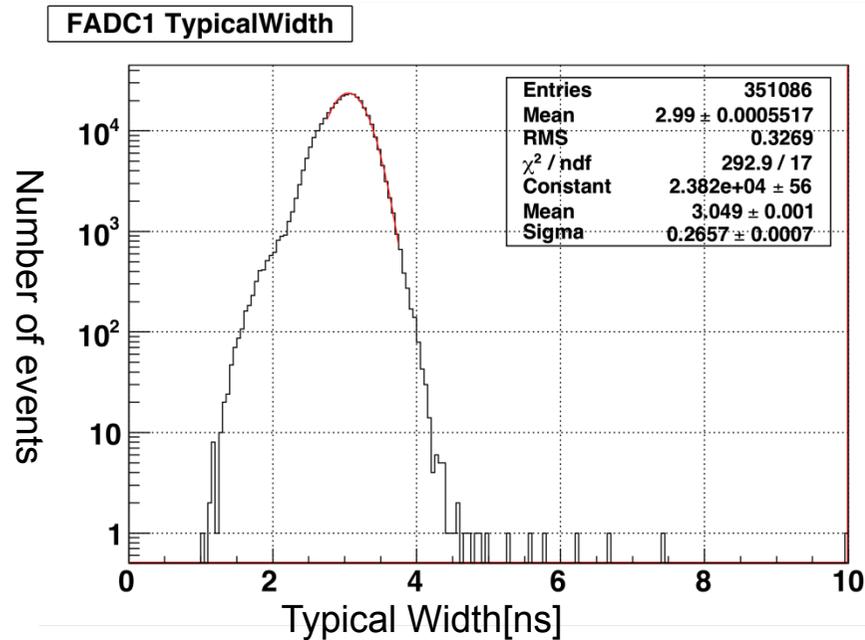
FADC1 fit by Asymmetric Gaussian



- Fit パラメーターの分布と、PulseHeightのエネルギー依存性を調べた。

Fit関数のパラメータ決定

- 1日分のデータを用いて突き抜け μ の波形をFitした。

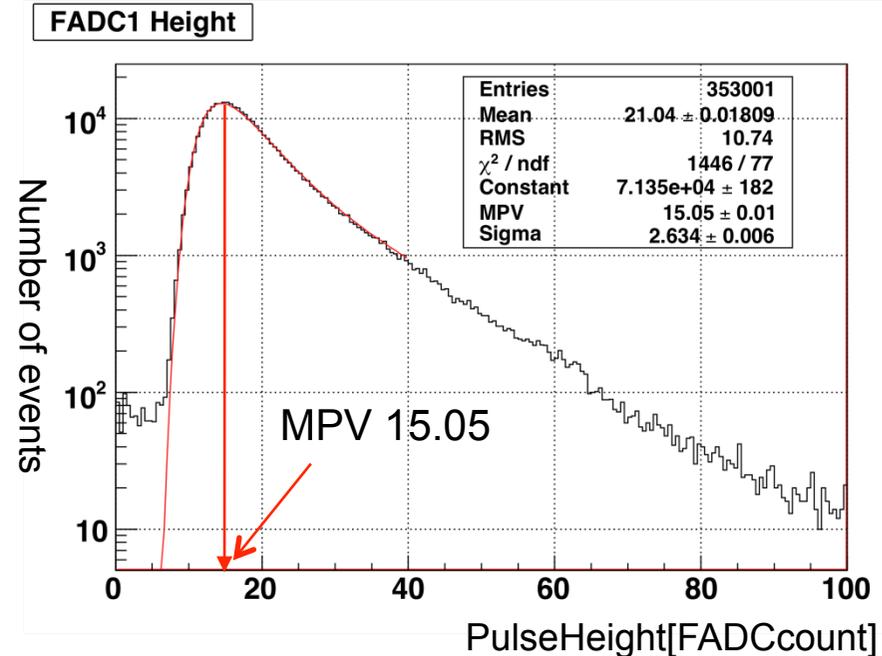
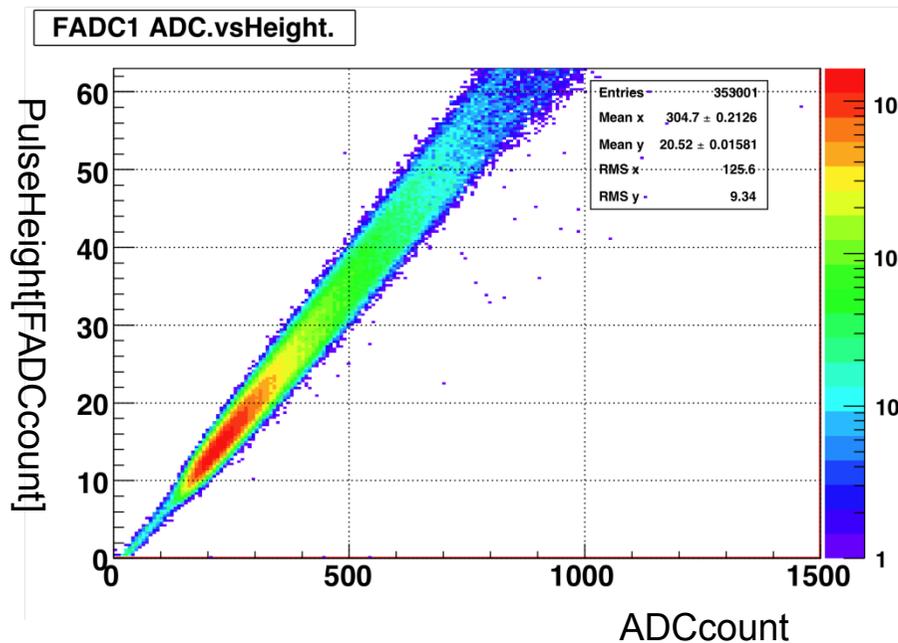


- Typical width=3.05[ns],

Asymmetric par.=0.178

Heightのエネルギー較正

- Fitパラメータを固定して、PulseHeightとエネルギーの関係を調べた。
→Pulse Heightはエネルギーに比例している。
- ADCと同様にLandau分布でFitし、エネルギー較正を行った。



- 分布のpeak 15.05FADCcount =1.83MeV(MIP energy)
⇒0.12MeV/FADCcount

解析対象の分類

- pedestal
- 突き抜けmuon
- muonの崩壊event
- ノイズ
- pionの崩壊event

stop muonの解析

Cutのかけ方を変えて、今度はstop muonによるeventについて解析を行った

- 目的

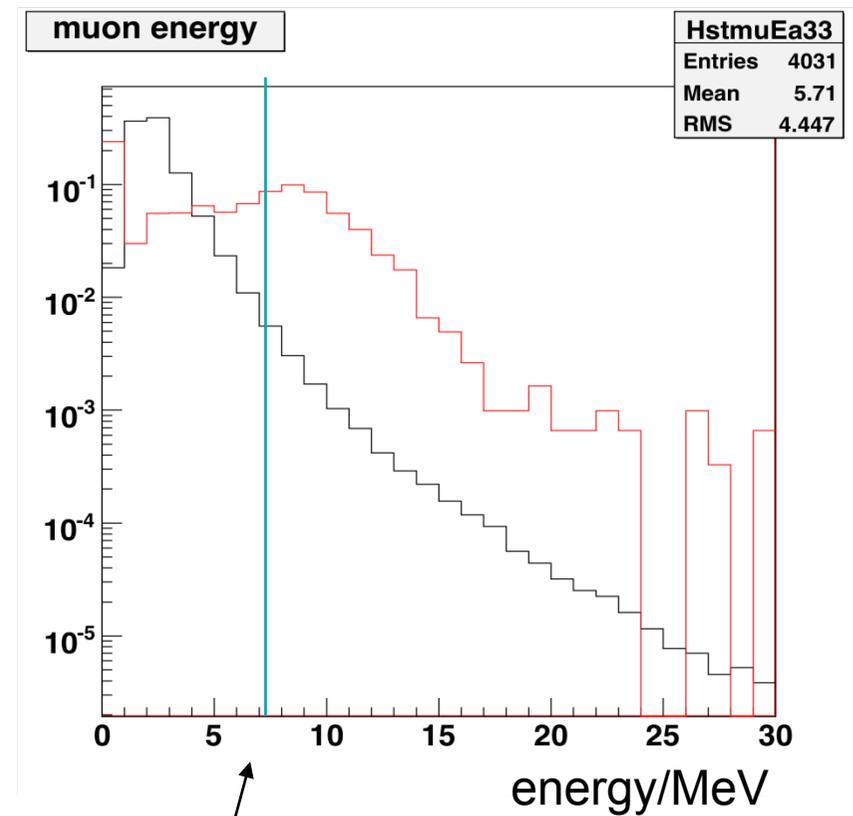
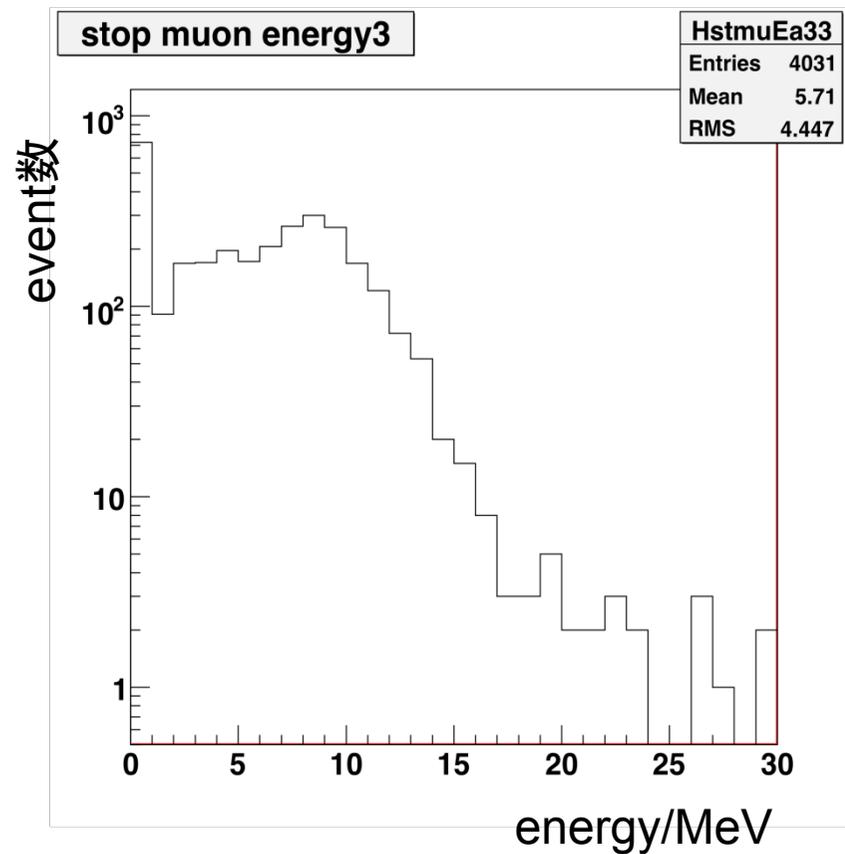
- muonの崩壊によるeventの特徴を調べる
 - 突き抜けmuonやノイズとの比較

- 欲しいデータ

- stop muonと、このmuonの崩壊によって放出されるelectronのエネルギー

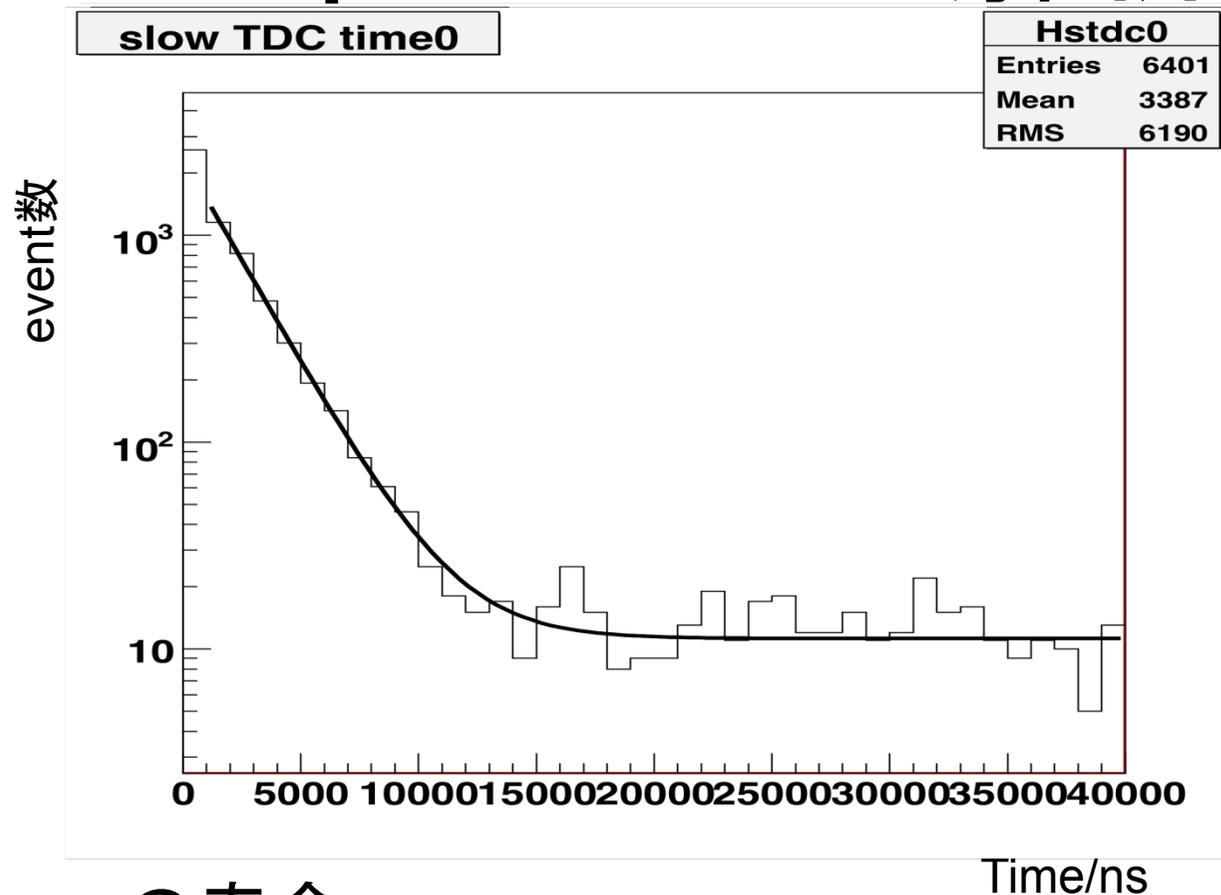
- muonの寿命

stop muonの解析



突き抜けmuonとstop muonの境目を8MeVに設定

stop muonの解析



muonの寿命

(実験値): $2.17 \pm 0.04 \mu\text{s}$

(文献値): $2.197 \mu\text{s}$

⇒ 文献値を再現!

解析対象の分類

- pedestal
- 突き抜けmuon
- muonの崩壊event
- ノイズ
- pionの崩壊event

ノイズの解析

- 目的

muonの崩壊eventと比較することで、muonの崩壊eventとそうでないeventの特徴をつかむ。特にノイズとelectronのエネルギーを比較したい。

- 欲しいデータ

ノイズのエネルギーの分布

ノイズの解析

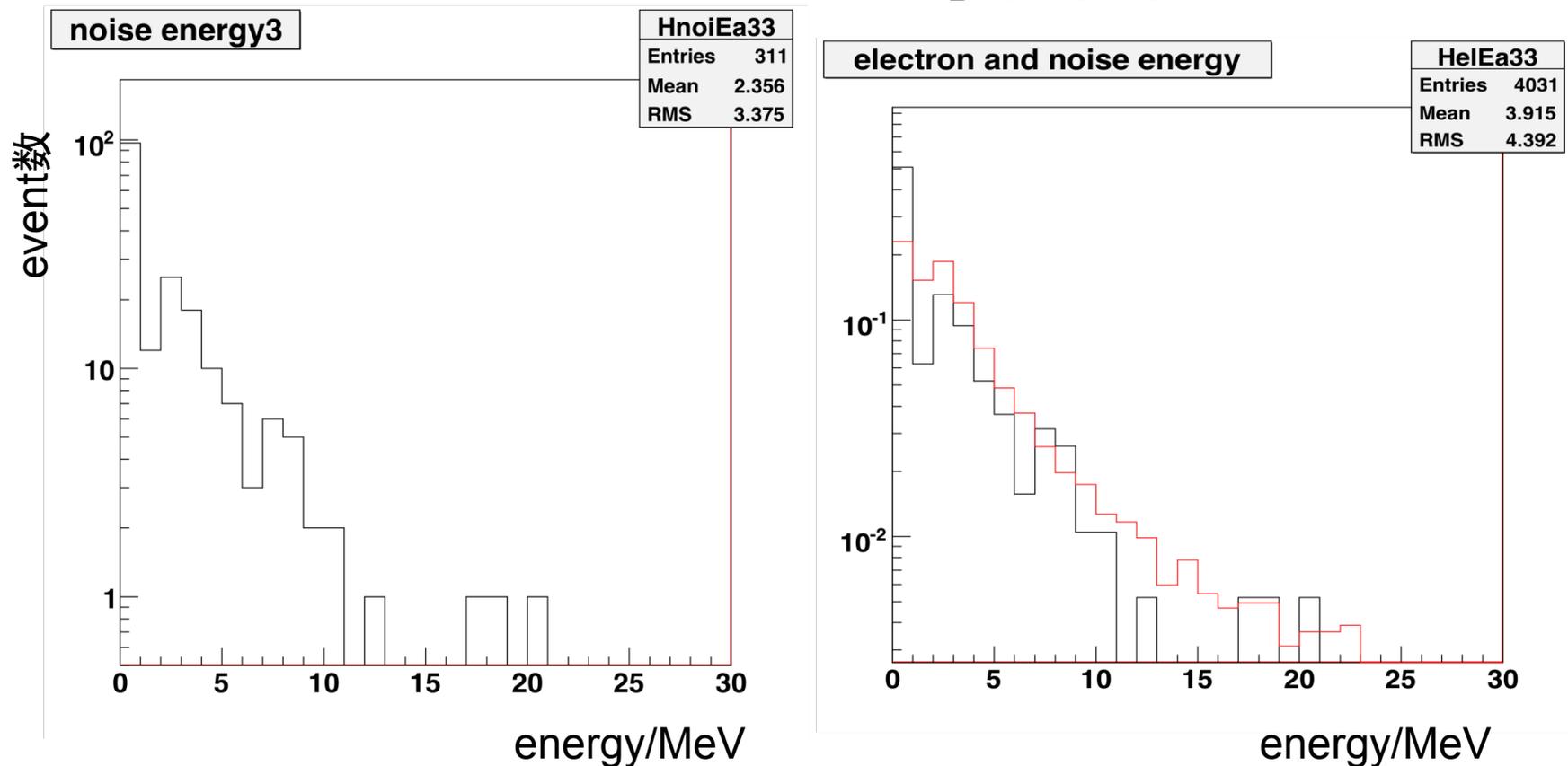
muonの約99%は $10\mu\text{s}$ 以内に崩壊する



崩壊曲線において $10\mu\text{s}$ 以降はほぼノイズ

ノイズのエネルギー分布が知りたければ
この領域について解析するのが簡単

ノイズの解析



残念ながら、electronとノイズのエネルギーの境界は、はっきりせず

解析対象の分類

- pedestal
- 突き抜けmuon
- muonの崩壊event
- ノイズ
- pionの崩壊event

pion decayの観測

- 候補の選別

Cutの対象	残るevent数
無し	6677400
突き抜けevent	3777956
pedestal	2761708
(下参照)	273
目で確認	2

(下参照): どのpeakの高さも一定以上

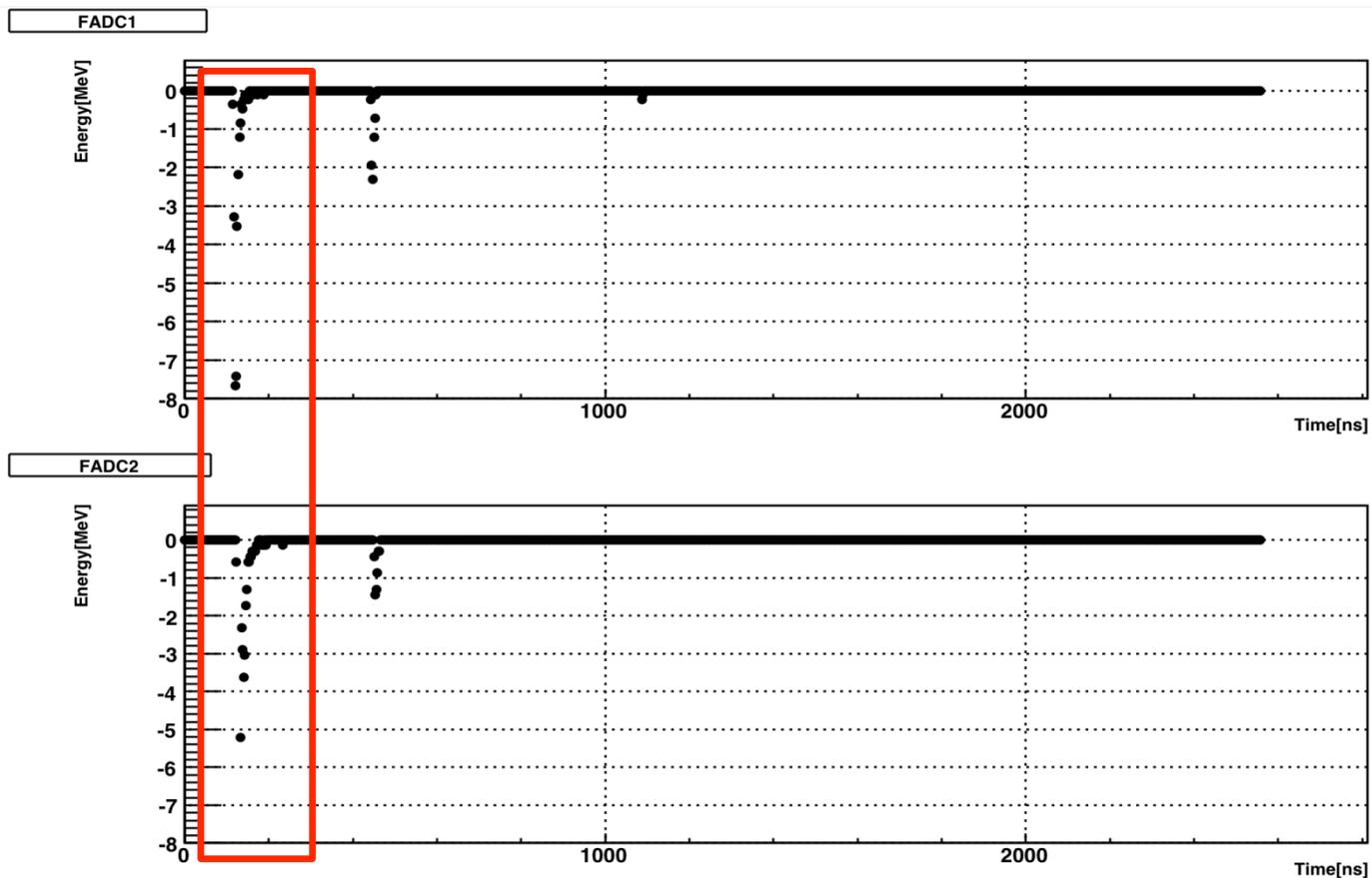
少なくとも一方のScintillatorでpeakが3つ以上

目で確認: 1つ目と2つ目のpeakの間隔が150ns以内

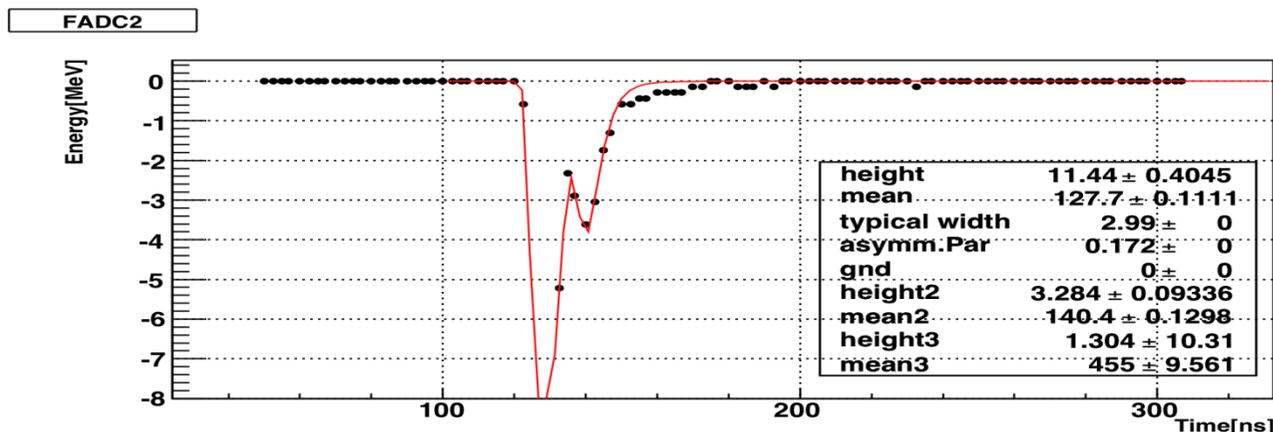
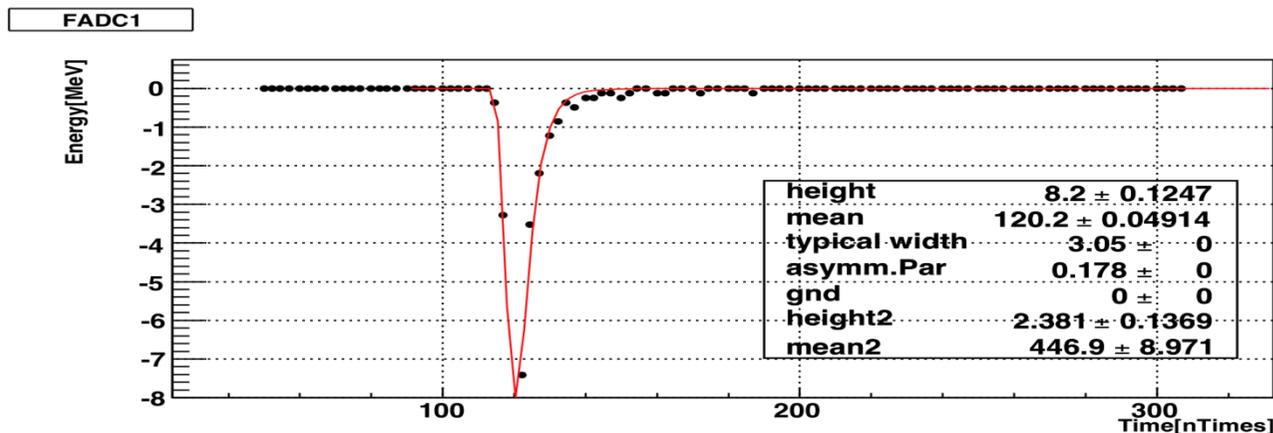
1つ目のpeakのエネルギーが8MeV以上

FADCとADC, TDCの情報に矛盾がない

pion decayの候補



pion decayの候補



1つ目と2つ目のpeakの間隔: 13ns

2つ目と3つ目のpeakの間隔: 315ns

ADC, TDCのデータとも矛盾無し

問題点と改善策

- pionのレートが低い
より多くのlayer、あるいはより検出面の大きなScintillatorを使うなどして、
検出効率を上げる

Conclusion

- 目標はpion由来のdecay chainの観測
- 13日間のdata takingの結果、候補は2event
- この量では寿命の計算が難しいためはっきりしたことは言えないが、少なくともこれらをpionの崩壊によるものと見なしても矛盾はない

以上です