

オルソポジトロニウムの 寿命測定によるQEDの実験的検証

課題演習A2 2016年後期

大田力也 鯉渕駿 龍澤誠之
羽田野真友喜 松尾一輝 三野裕哉

目次

1. イントロダクション

2. 実験原理

3. データ取得

4. データ解析

5. 結果、考察、まとめ

第1章 イントロダクション

- ・ポジトロニウム(後述)の崩壊を観測
→オルソポジトロニウム(スピン1状態)の寿命を測定
- ・量子電磁気学(QED)による理論値との比較検証

- ・電子と陽電子の電氣的な束縛状態。
→2つのスピン状態をとることができる。

パラポジトロニウム ($s=0$)

$$1/\sqrt{2} (\uparrow\downarrow - \downarrow\uparrow)$$

→2個の光子に崩壊
511keVずつのガンマ線を放出

オルソポジトロニウム ($s=1$)

$$\{ \blacksquare \quad \uparrow\uparrow \}$$

$$1/\sqrt{2} (\uparrow\downarrow + \downarrow\uparrow)$$

$$\downarrow\downarrow$$

→3個の光子に崩壊
連続スペクトル

ポジトロニウムの寿命

6

寿命を計算

→ファインマンダイアグラムから遷移確率への寄与を計算すればよい

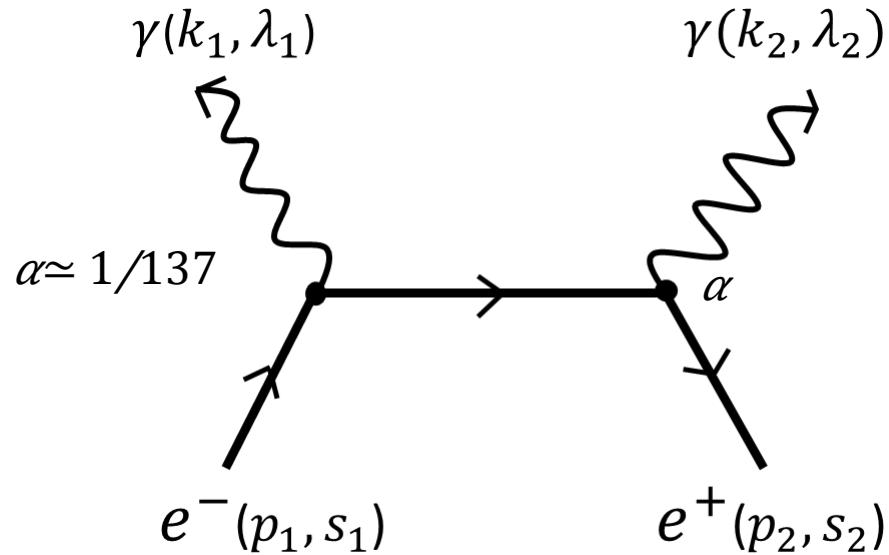


図1.1 パラポジトロニウムの2光子崩壊

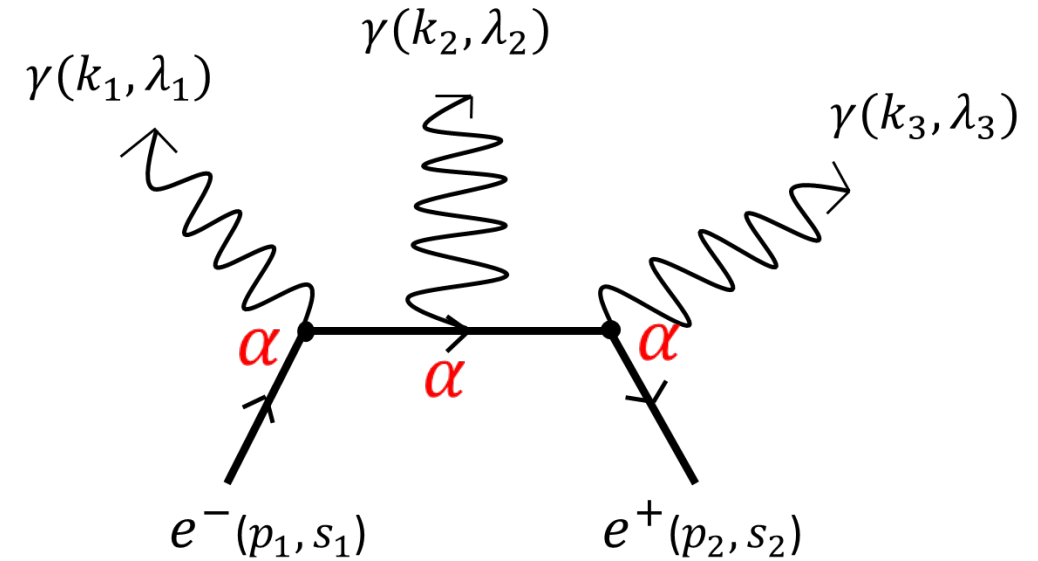


図1.2 オルソポジトロニウムの3光子崩壊

オルソポジトロニウムの方が寿命が長い

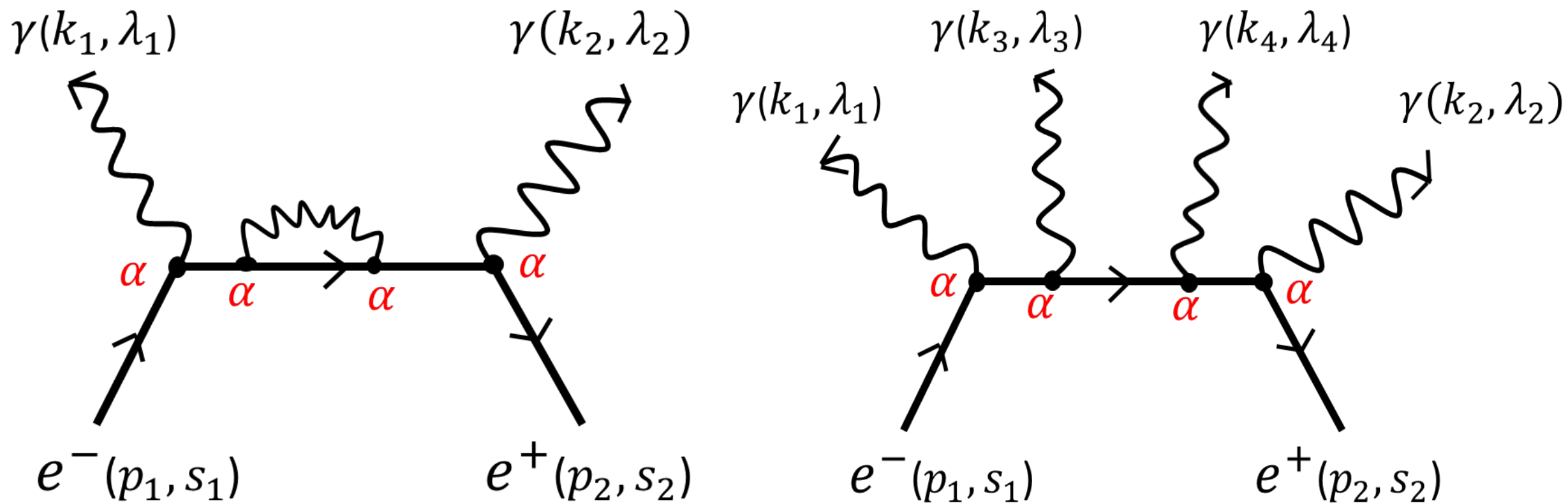


図1.3 もう1つ高次のファインマンダイアグラム(パラポジトロニウムの場合)

最低次より α^2 だけ遷移確率が小さい

より高次の項も含めた詳細な計算によると、

パラポジトロニウム : 0.123 nsec

オルソポジトロニウム : 142 nsec

第2章 実験原理

線源 ^{22}Na の β^+ 崩壊による e^+
シリカパウダー SiO_2 中の e^-
→o-Psとp-Ps
→対消滅による γ 線

PS(プラスチックシンチレータ)で e^+ を検出する。
Psが放出する γ 線をNaIで検出する。
これらに現れる検出時間の差をPsの寿命とする。

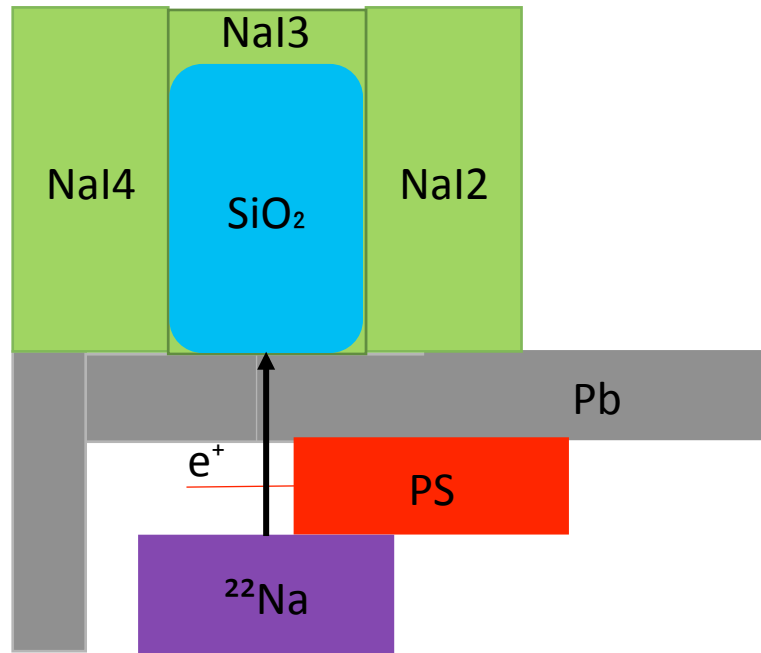


図2.1: セットアップの模式図

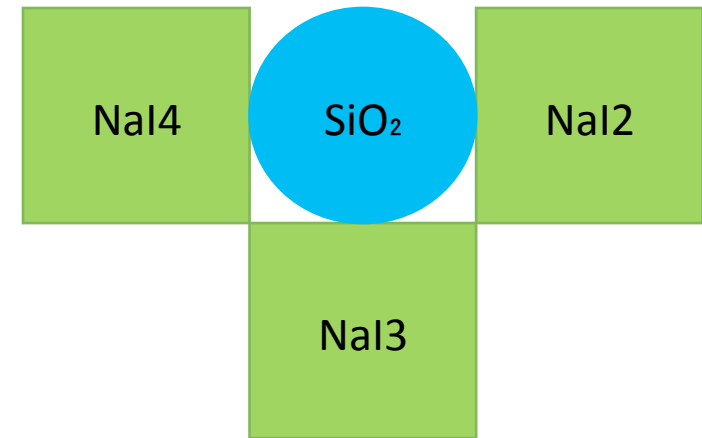


図2.2: 線源側から見たNaIの配置

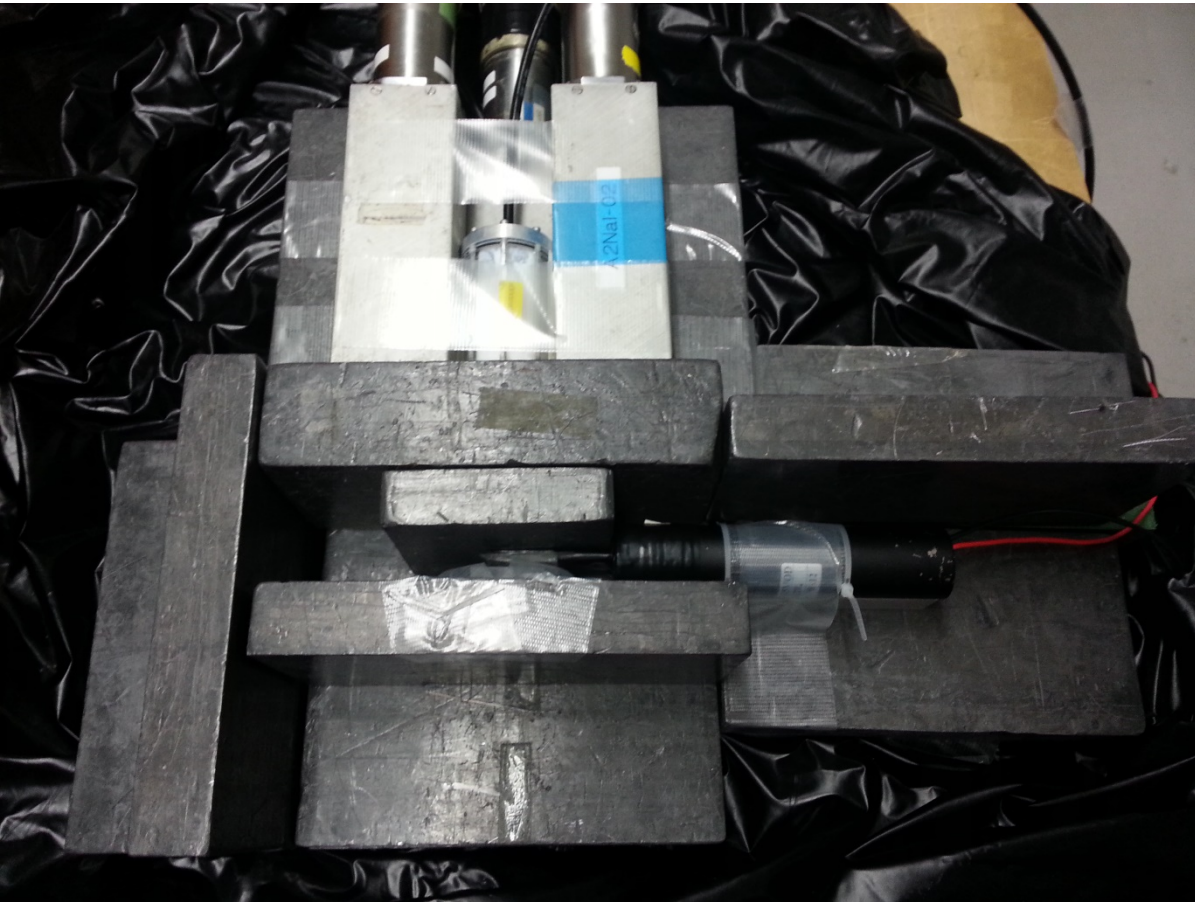


図2.3: セットアップ(真上から見た)



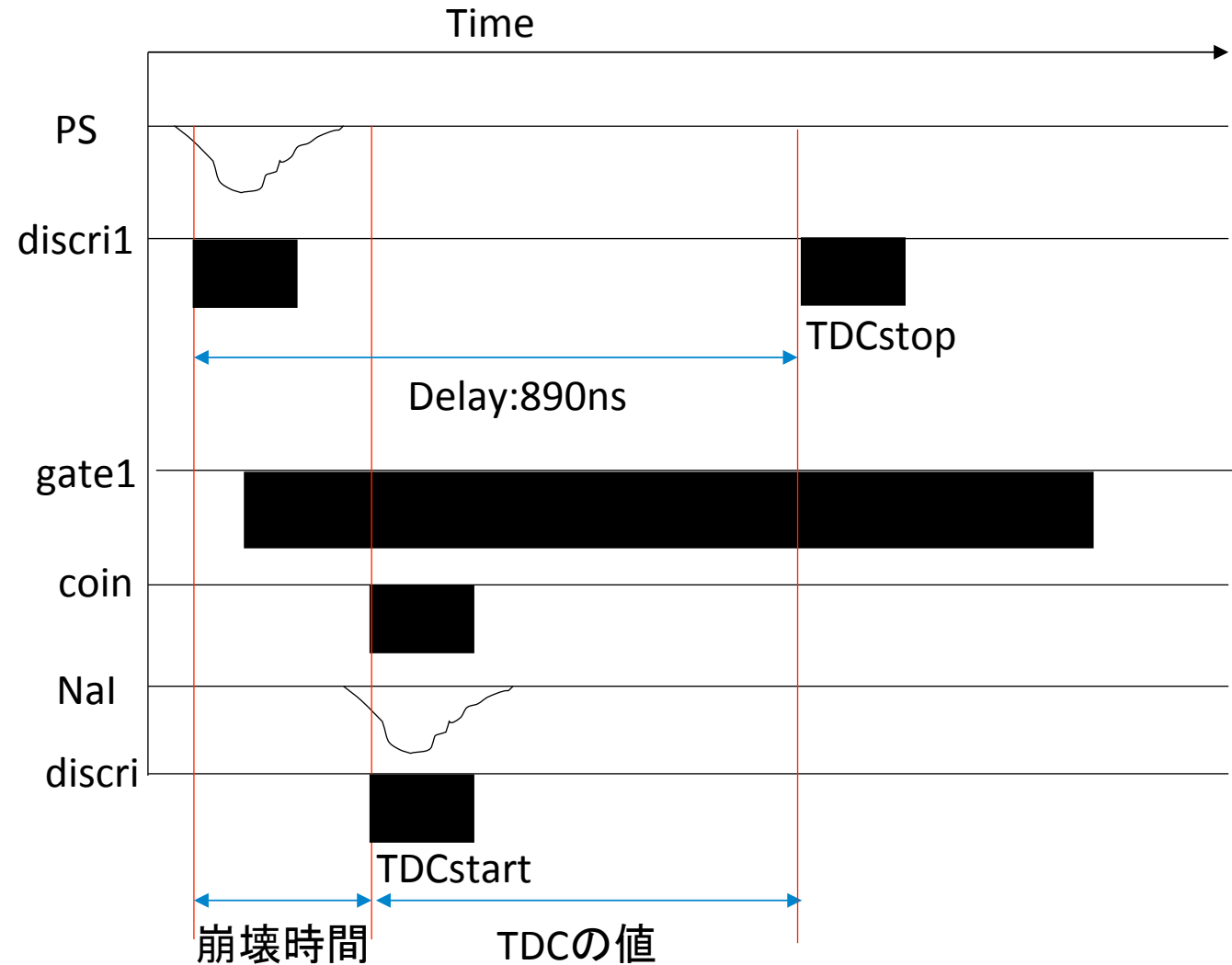
図2.4: セットアップ(斜めから見た)

- ・ ^{22}Na : β^+ 崩壊によって e^+ を放出する線源。
- ・シリカパウダー : e^- を多く有し、 e^+ を受けてPsを形成する。
- ・PS : e^+ を検出する。減衰時間が短く高速時間測定用として用いられる。
- ・NaI : γ 線を検出する。発光量が多い。
- ・PMT(光電子増倍管) : 光子を受け、電子増倍器で増幅した電子パルスを出す。NaIと組み合わせて用いた。
- ・鉛ブロック : 外部からの放射線を遮断する。
- ・遮光ビニール : PSに光が入るのを防ぐため、全体を覆う。

- discriminator : 入力された信号がthresholdを超えた時NIM信号を出力する。
- coincidence : すべての入力端子に同時に信号が来た場合のみNIM信号を出力する。
- FAN : いずれかの入力端子に信号が来た場合にNIM信号を出力する。
- gate generator : 信号が入力されたとき一定の時間幅のNIM信号を出力する。
- veto : gateの信号が来ている間は、次の信号が入力されないようにする。
- TDC : startに信号が入ってからstopに信号が入るまでの時間に比例した値を出力する。
- ADC : gateが開いている間に来た信号の時間積分である電荷に比例した値を出力する。

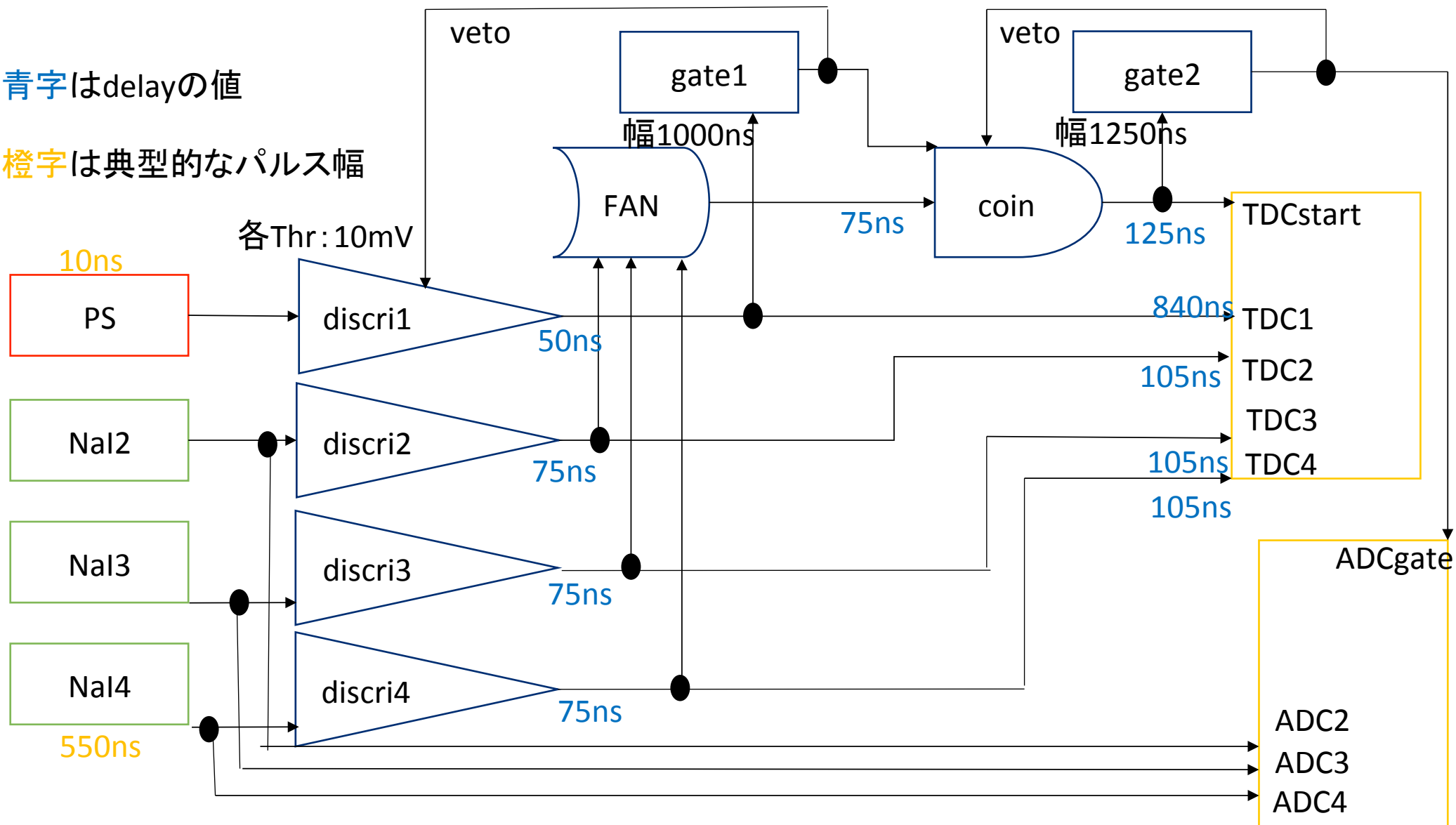
測定の際にはPSを通過した e^+ が必ずPsを形成するとは限らないので、PSのgateとNaIのcoincidenceをとり、それをTDCのstartとする。

この時求める崩壊時間は、
(崩壊時間) = (Delay) - (TDCの値)
となる。



※青字はdelayの値

※橙字は典型的なパルス幅



第3章 データ取得

表3.1: 本実験の取得データ概要

開始日時	終了日時	取得時間	イベント数	平均レート
02月23日16時	02月27日16時	95.3時間	1000万	29.15Hz

ADCの時間変化は無視できるオーダー

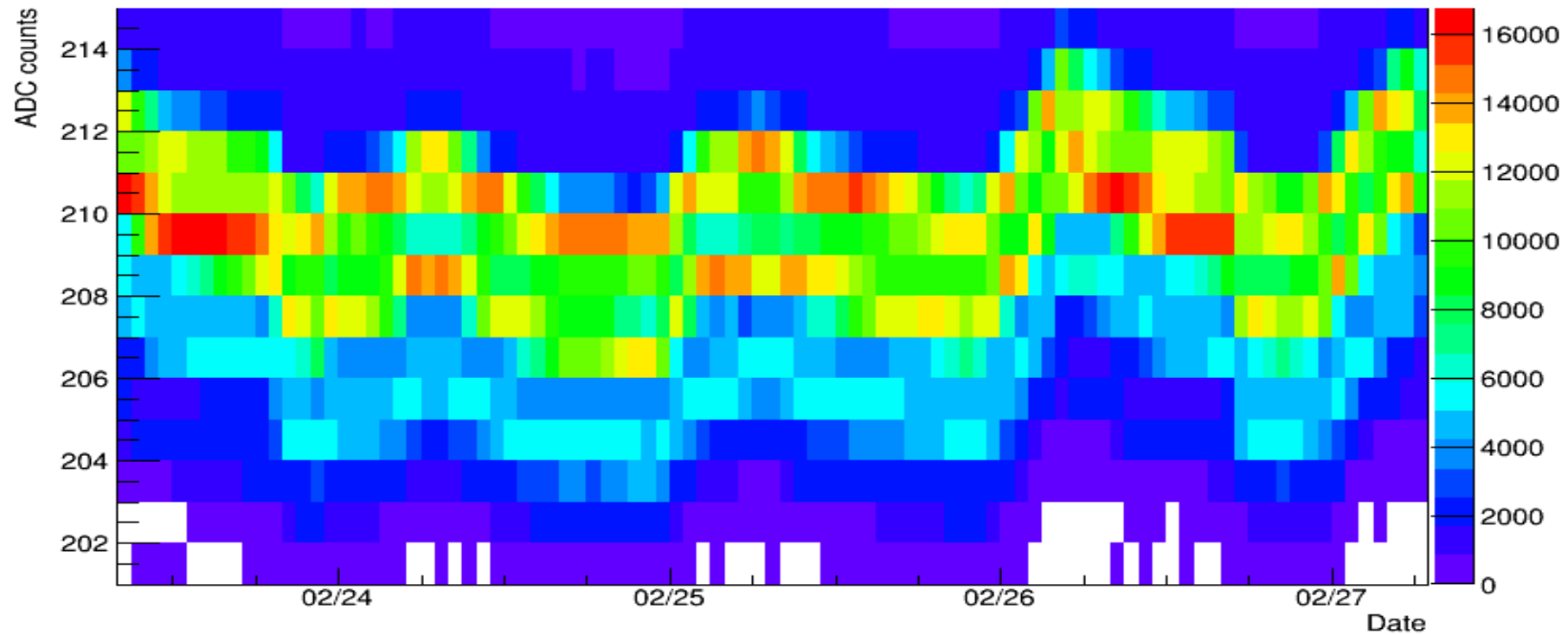


図3.1: ADC2のペDESTアルの時間変化

TDCの時間変動は無い

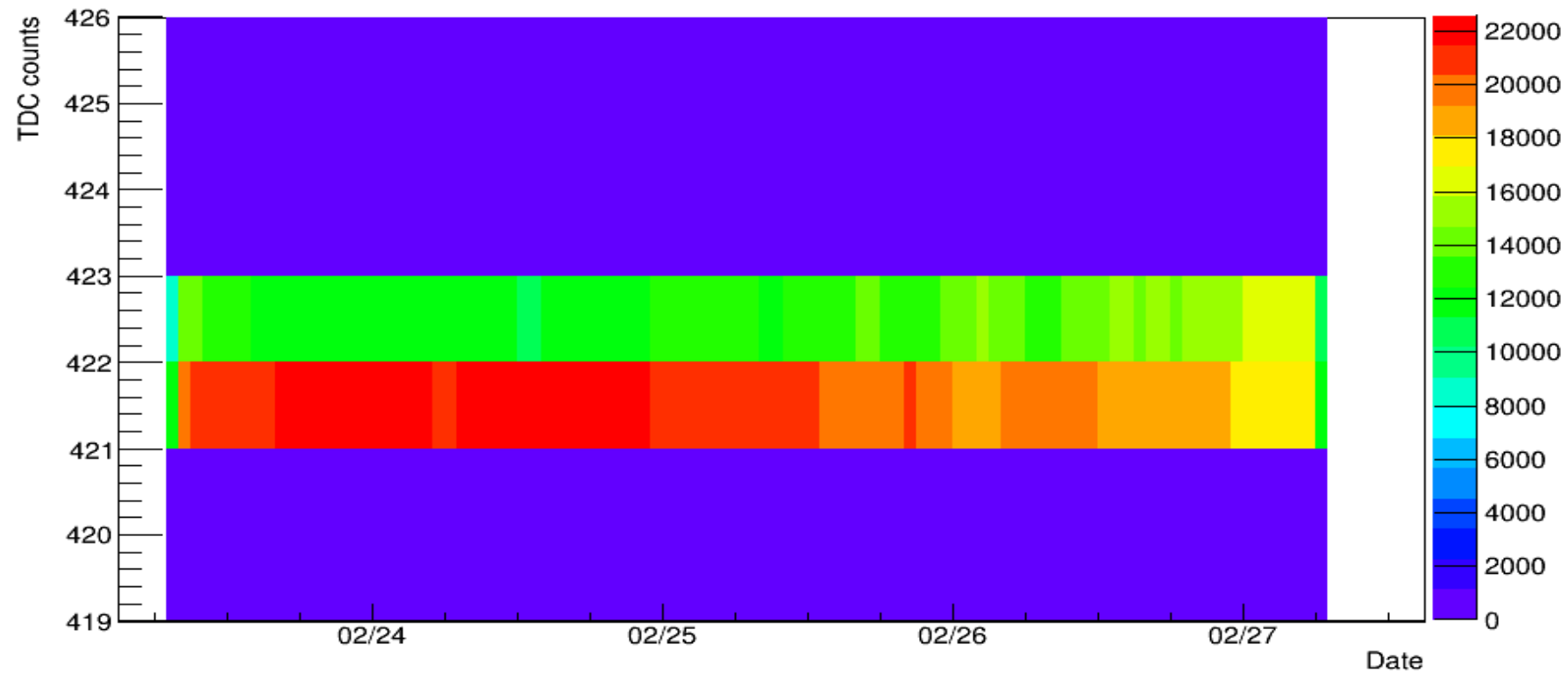


図3.2: TDC2のトリガーイベントの時間変化

TDCのチャンネルの一部が故障していた

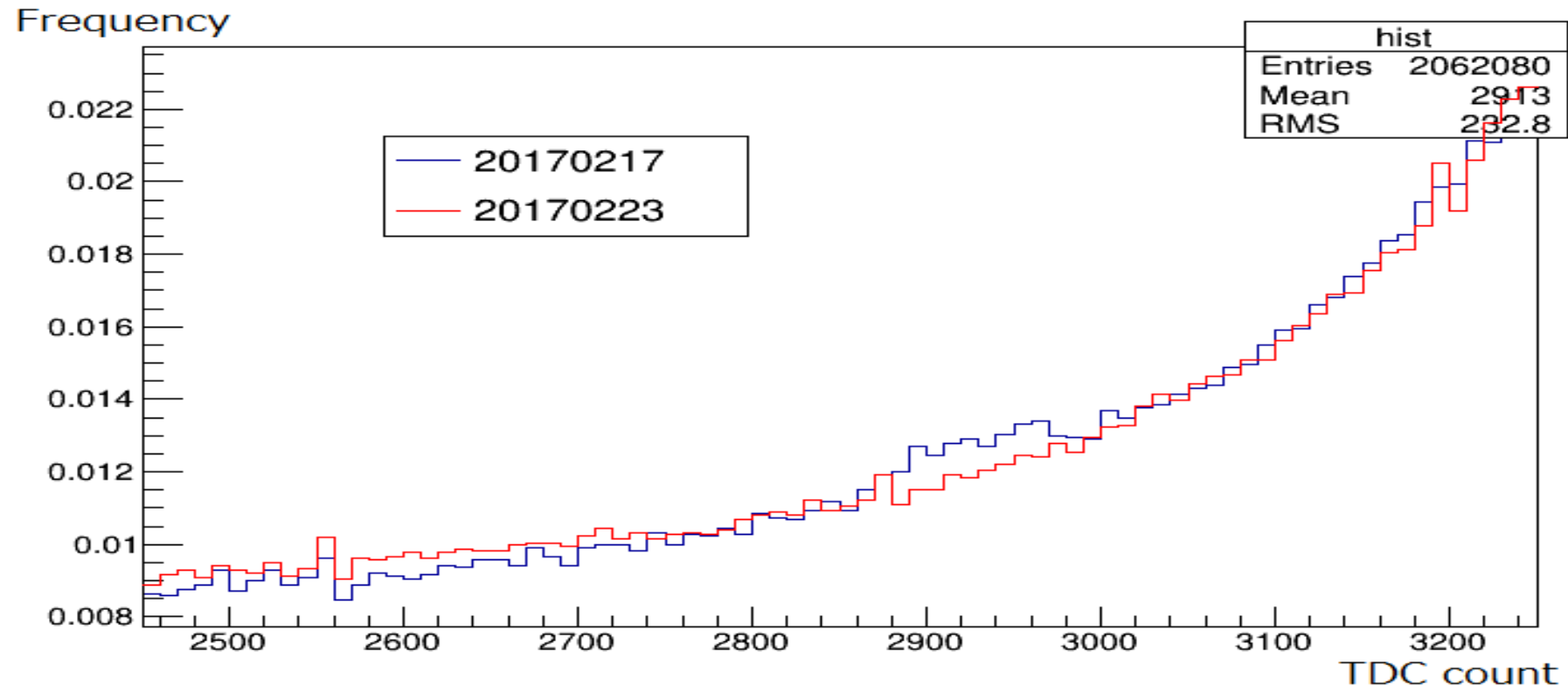


図3.3: 2月17日,2月23日 PSの時間分布

第4章 データ解析

下にADCの生データを記載する。511keVと1275keVのピーク及びそれらのコンプトン散乱が確認できる。

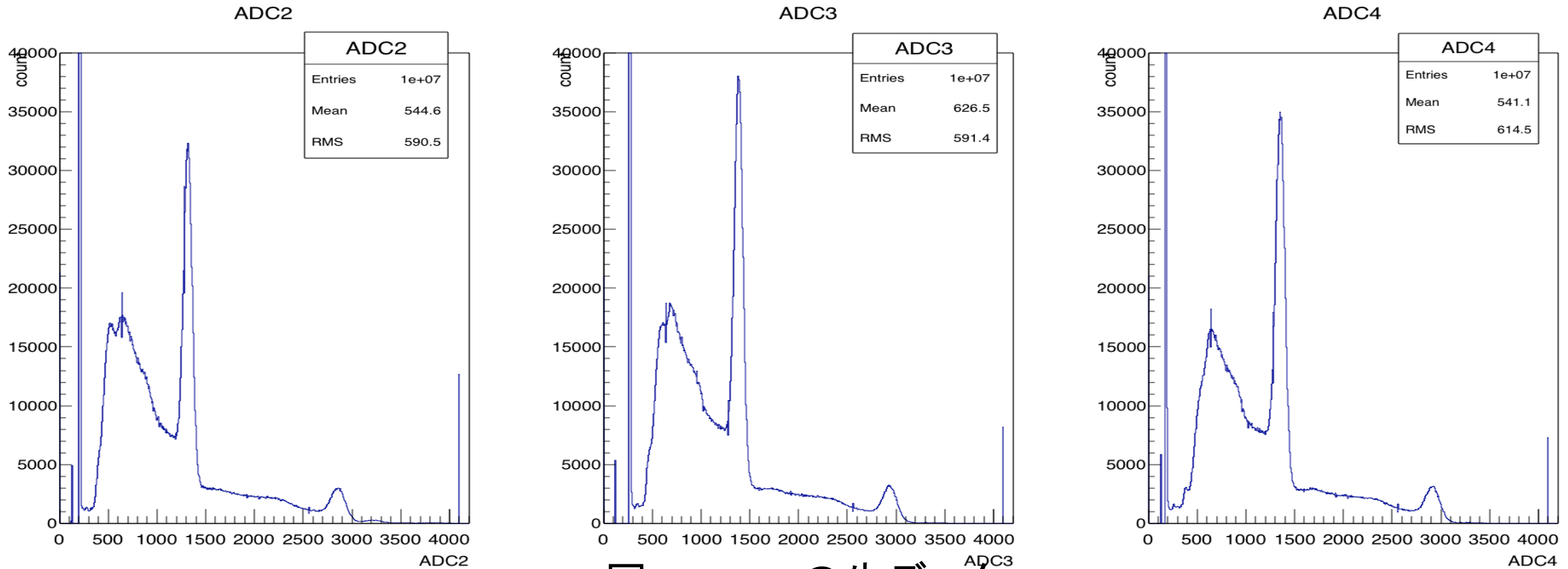


図4.1: ADCの生データ

このデータを用いて、ペDESTAL(0keV)と511keV, 1275keVの3点で calibrationを行った。その様子が次の図である。

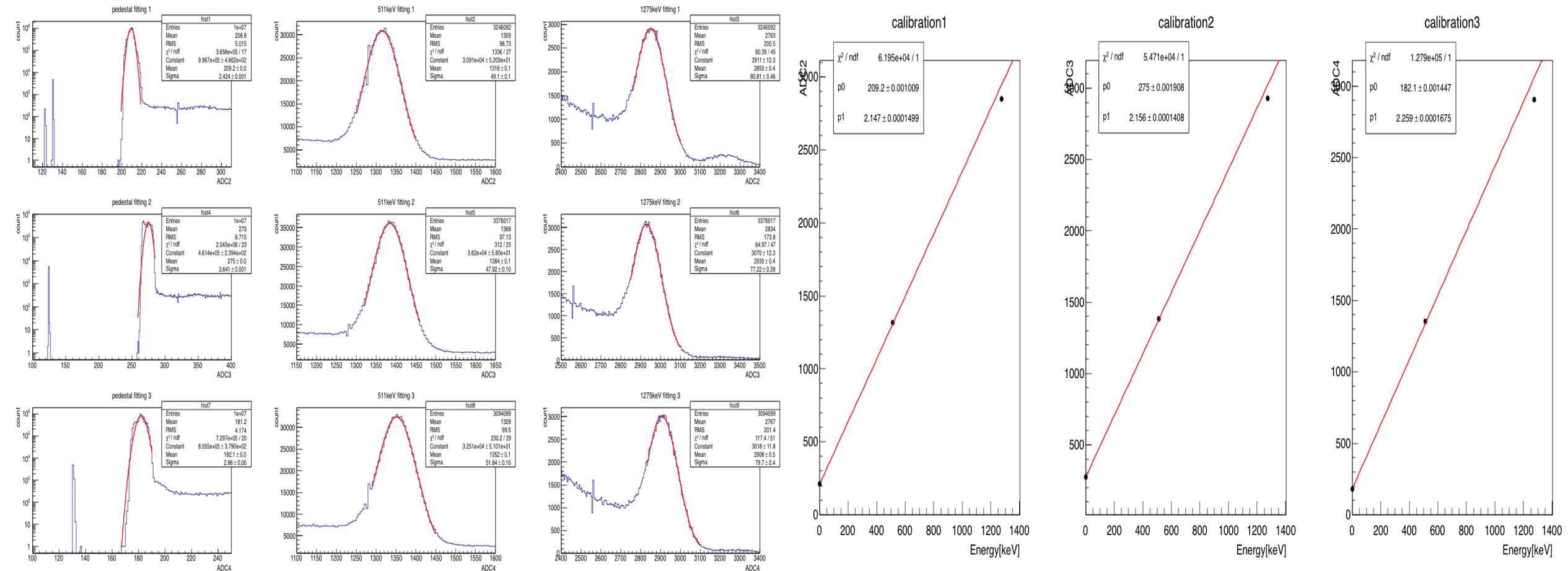


図4.2: ADC calibration

calibrationの結果、次の式が得られた。

$$\text{Energy[keV]} = (\text{ADC2} - 209.2)/2.1467$$

$$\text{Energy[keV]} = (\text{ADC3} - 275.0)/2.1565$$

$$\text{Energy[keV]} = (\text{ADC4} - 182.1)/2.2595$$

下にTDC2-4の生データを記載する。これらはすべて400あたりにピークがあり、これは各NaIがPs崩壊によって発生した γ 線を検出したことを意味する。

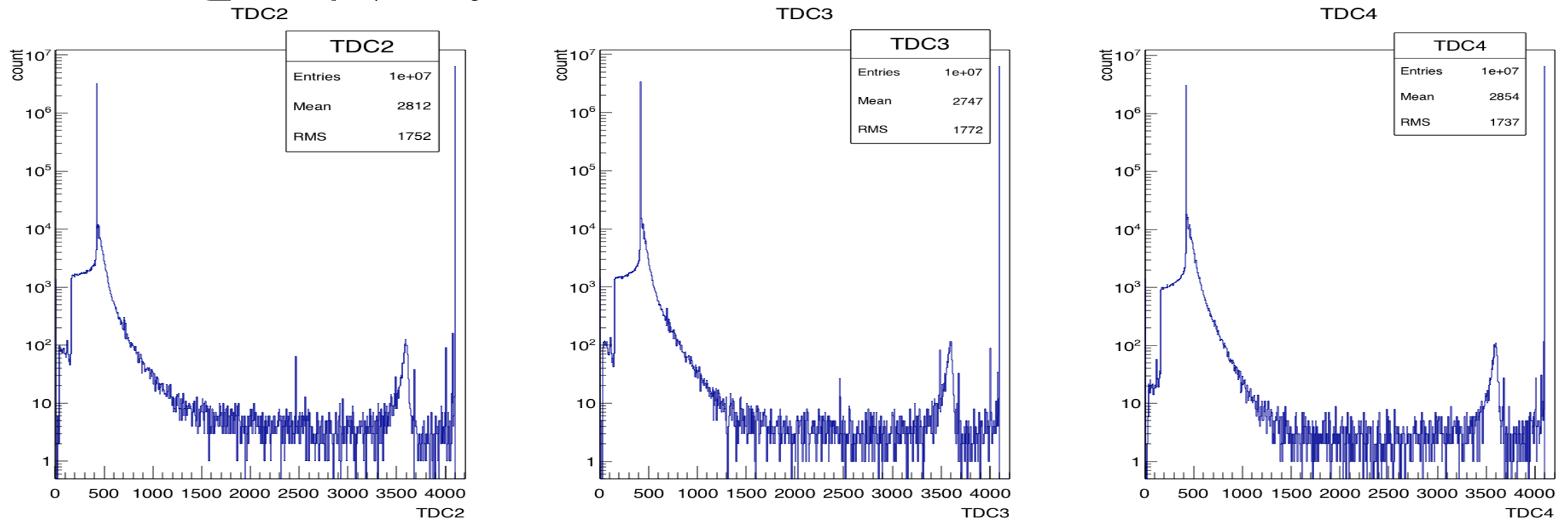


図4.3: TDC2-4の生データ

そこで、これらを“各NaIが鳴った条件”として採用した。具体的には、以下の条件を用いた。

NaI2: $419 < \text{TDC2} < 424$

NaI3: $414 < \text{TDC3} < 418$

NaI4: $419 < \text{TDC4} < 424$

次にTDC1の生データを記載する。このデータはPsの寿命測定に直接必要であるので、calibrationを行う必要がある。

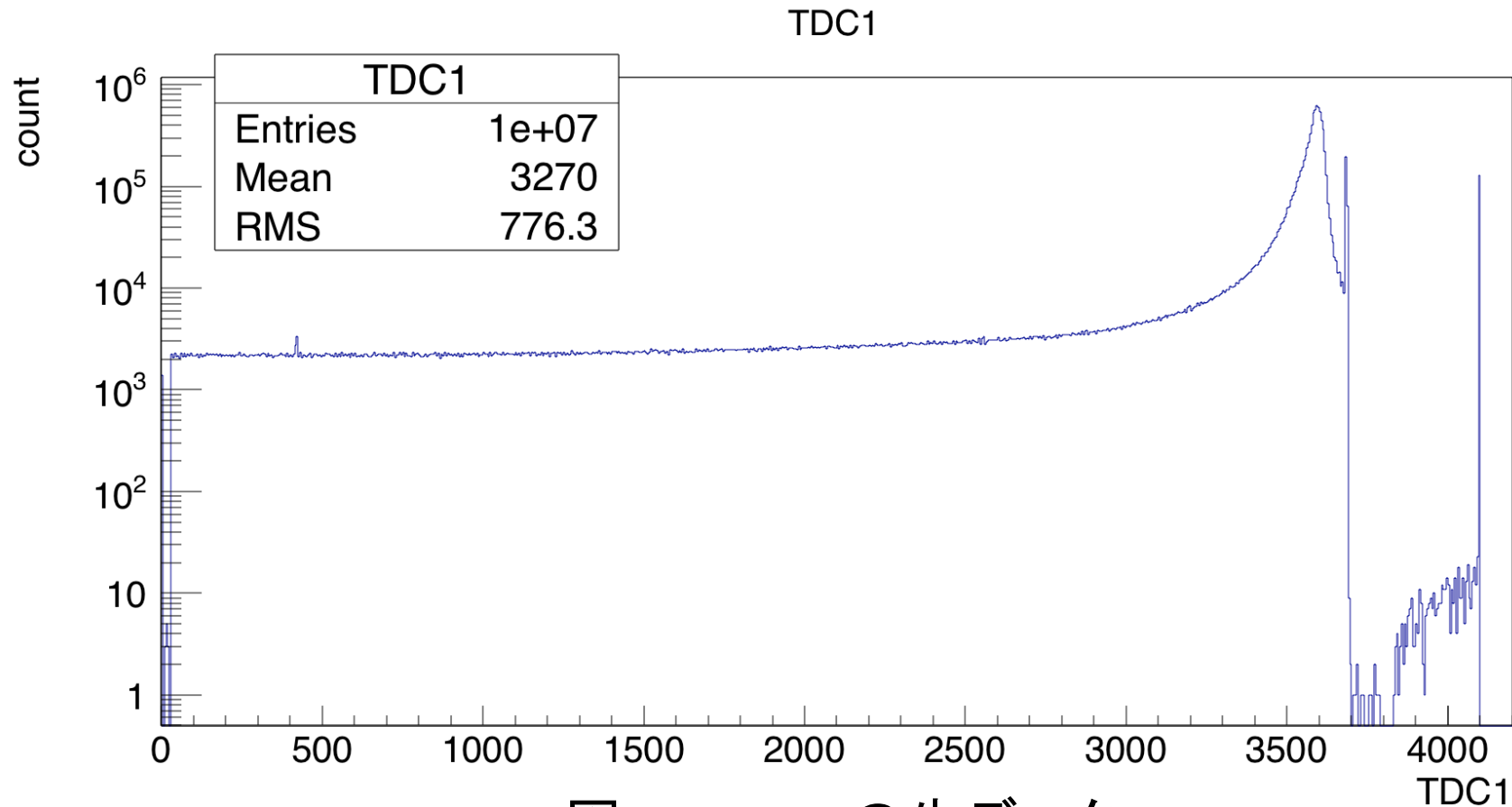


図4.4: TDC1の生データ

このcalibrationに関しては、本実験とは別に100ns,200ns,400ns,800nsのdelayをかけた信号を測定することで行った。そのデータが次である。

表4.1: TDC calibration

Time[ns]	100	200	400	800
TDC1	463.1	860.7	1666	3218

この結果から次の式が得られた。

$$\text{Time[ns]} = 0.2541 \times \text{TDC1}$$

ここで、定数項は回路依存であり、また寿命測定には関係ないため無視した。

下にNaI2における時間とエネルギーの相関図を記載する。これを参照すると、本来同時刻に来ているpara-Ps崩壊の信号がエネルギーによってずれてきてしまっていることが分かる。その原因は次によるものである。

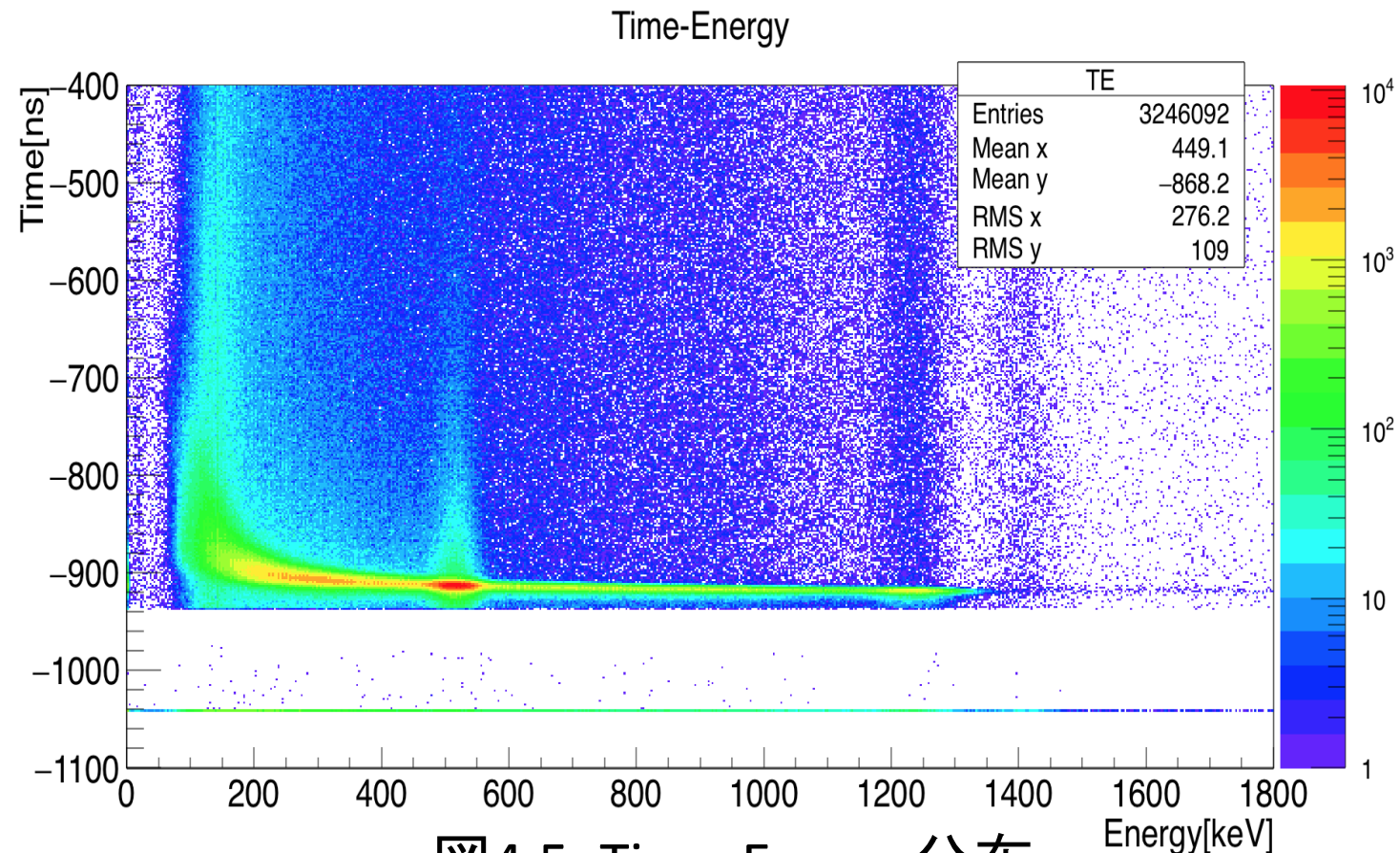


図4.5: Time-Energy分布

discriminatorはthresholdを超えたアナログ信号をデジタル信号に変換するものであるが、アナログ信号によってthresholdを超えるまでの遅延時間が異なる。このために、先で述べた時間とエネルギーの相関のずれが生じるのである。

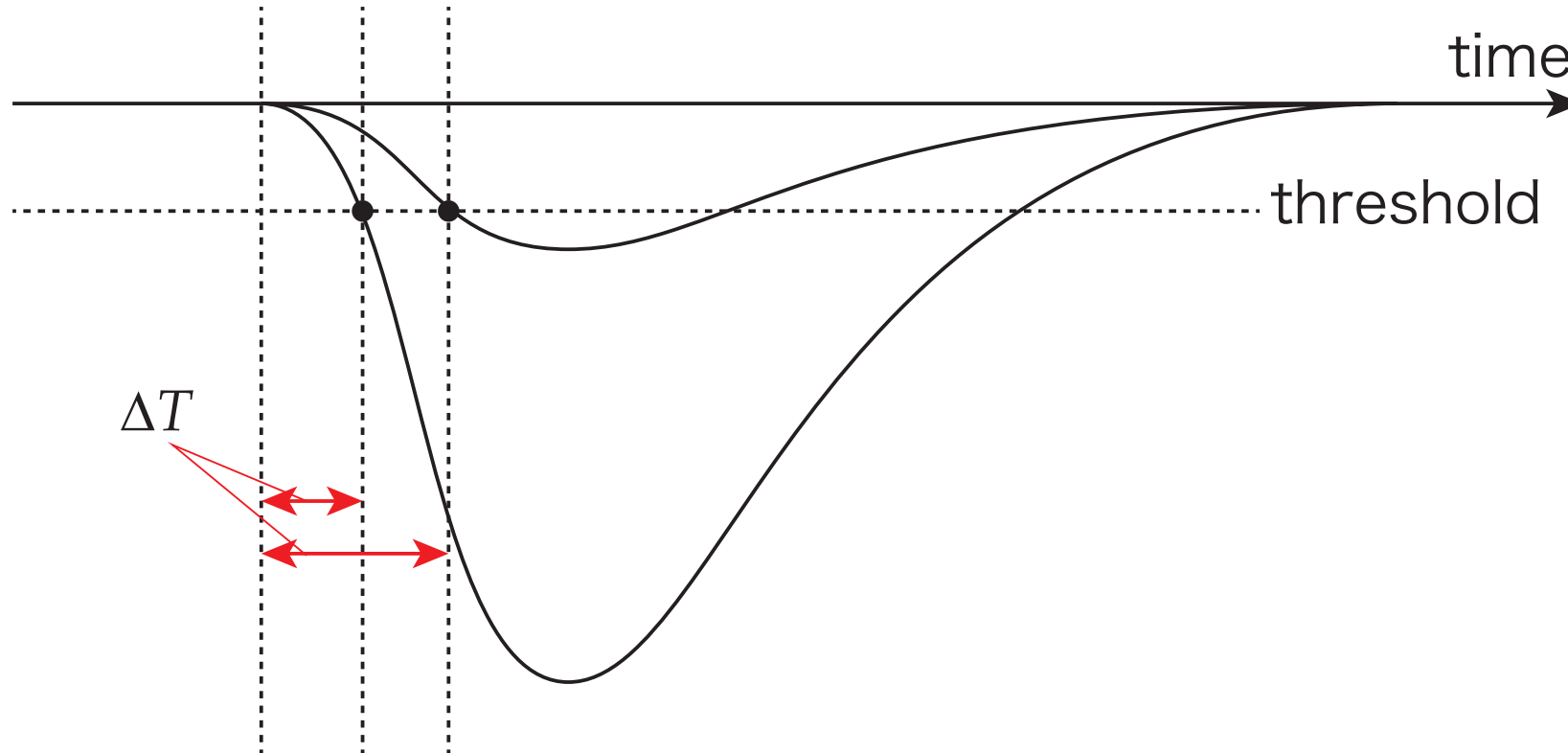


図4.6: TQ補正の概念図

ここで、アナログ信号の波形を三角形に近似することにより、遅延時間 ΔT はエネルギー E に反比例する形になる。しかし実際には三角形とは異なることなどを考慮して、次のTQ補正関数を用いる。

$$\Delta T(E) = p_{\downarrow 0} / (E - p_{\downarrow 1})^{\uparrow p_{\downarrow 2} + p_{\downarrow 3}} \quad (4.1)$$

ここで、上で述べた理由から $p_{\downarrow 2}$ の値は1に近いことが期待される。

このTQ補正関数を用いてfittingした様子(NaI2におけるもの)が下図である。

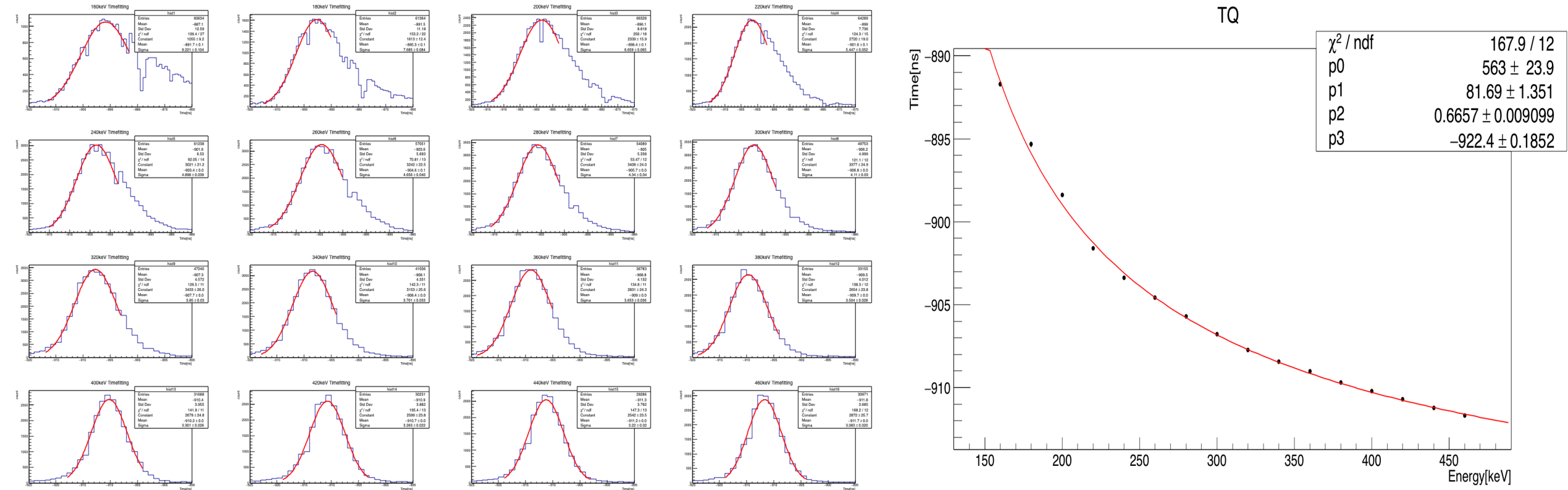


図4.7: TQ補正

fittingの結果、TQ補正関数

$$\Delta T(E) = p_0 / (E - p_1)^{p_2} + p_3$$

のパラメータは以下のようになった。

表4.2: TQ補正関数のパラメータ

	p_0	p_1	p_2	p_3
NaI2	538.2	85.49	0.6614	-922.3
NaI3	590.5	75.25	0.6710	-923.1
NaI4	843.1	89.22	0.7334	-921.4

TQ補正を行った後のTime-Energy分布は以下のものである。これを見ると、時間のずれがなくなっていることが分かる。

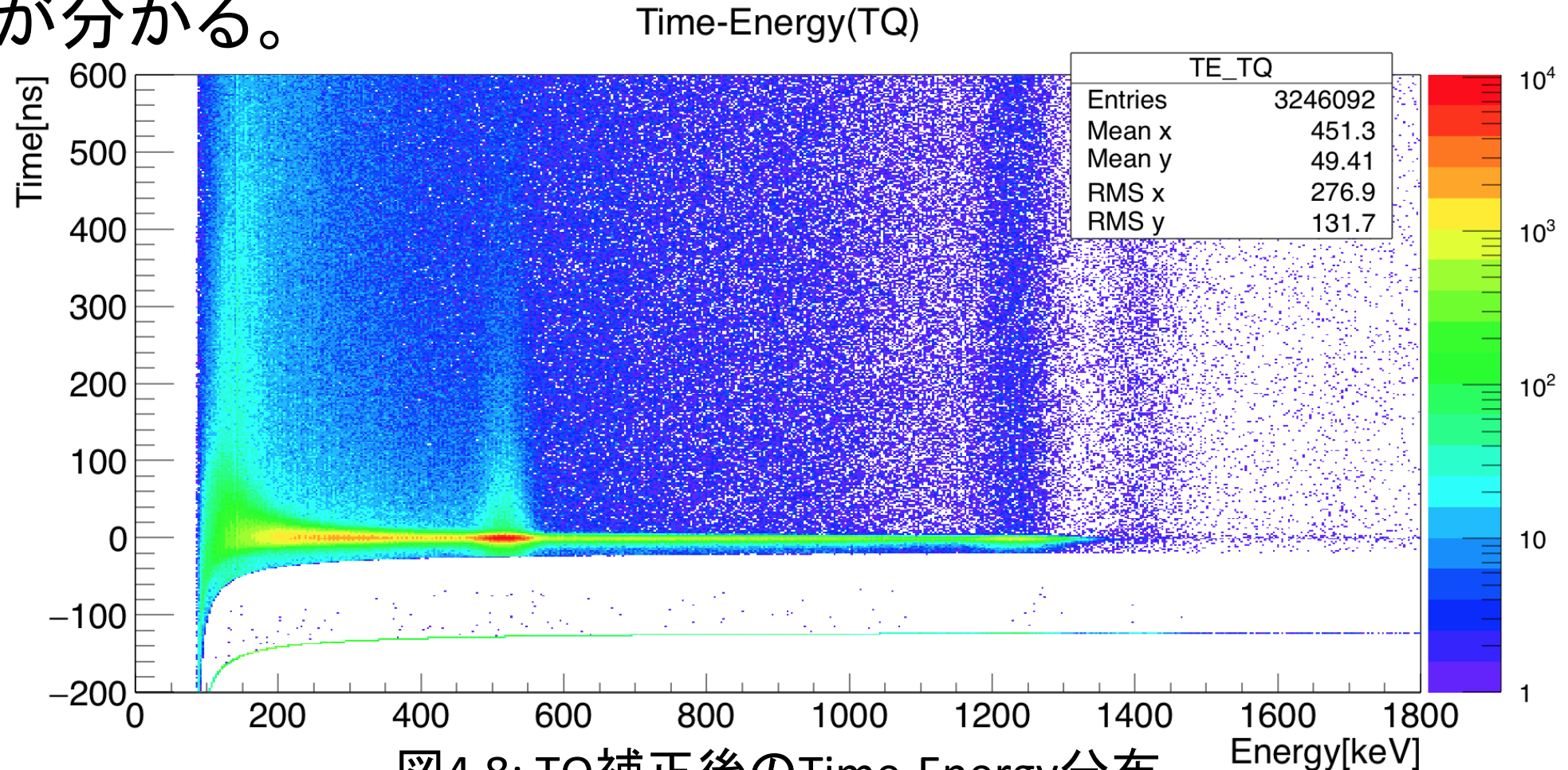


図4.8: TQ補正後のTime-Energy分布

TQ補正後のオルソポジトロニウムの寿命を、関数

$$p \downarrow 0 \ e \uparrow - \text{Time}[\text{ns}] / p \downarrow 1 \ + p \downarrow 2$$

を用いて次の図のようにfittingした。

(4.2)

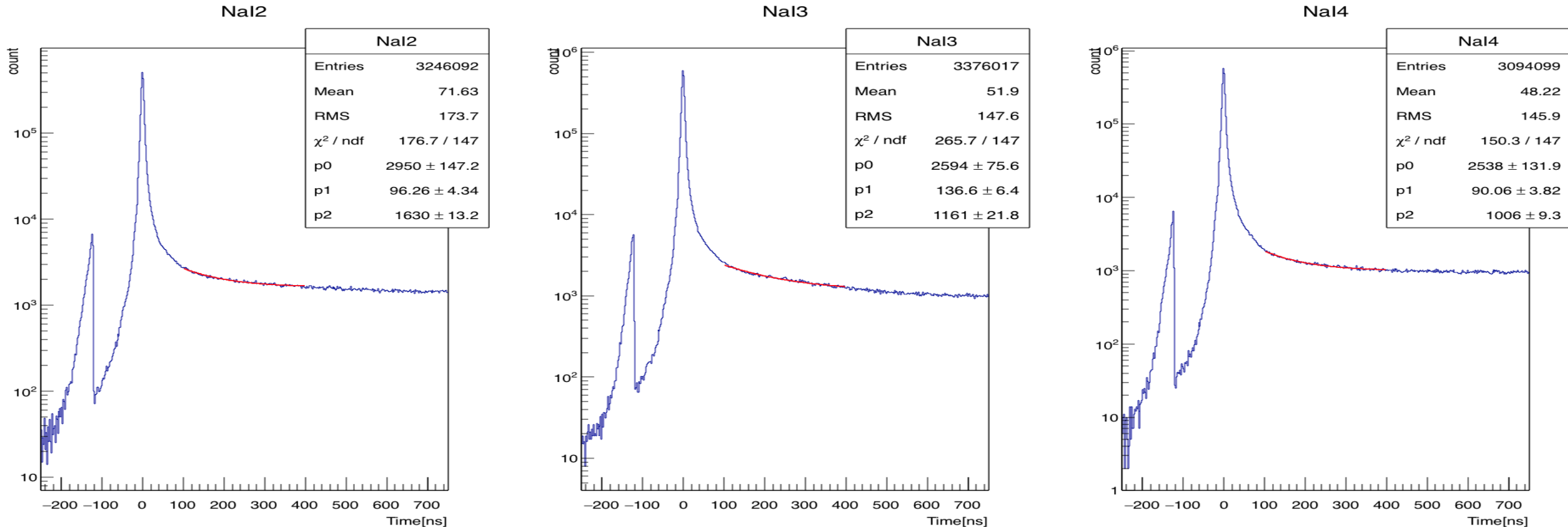


図4.9: TQ補正後のオルソポジトロニウムの寿命fitting

この結果をまとめたのが次の表である。

表4.3: TQ補正後のオルソポジトロニウムの寿命

	寿命[ns]
NaI2	96.3
NaI3	136.6
NaI4	90.1

- pick-off反応とは・・・

P_s の中の $e\uparrow+$ が周囲の物質の $e\uparrow-$ と衝突し、対消滅すること。

この反応があると、その時点でo- P_s であっても 2γ に崩壊してしまうことが起こる。

よってこの崩壊幅 $\Gamma_{\downarrow pick-off}$ を考慮に入れる必要があり、その補正を行う。

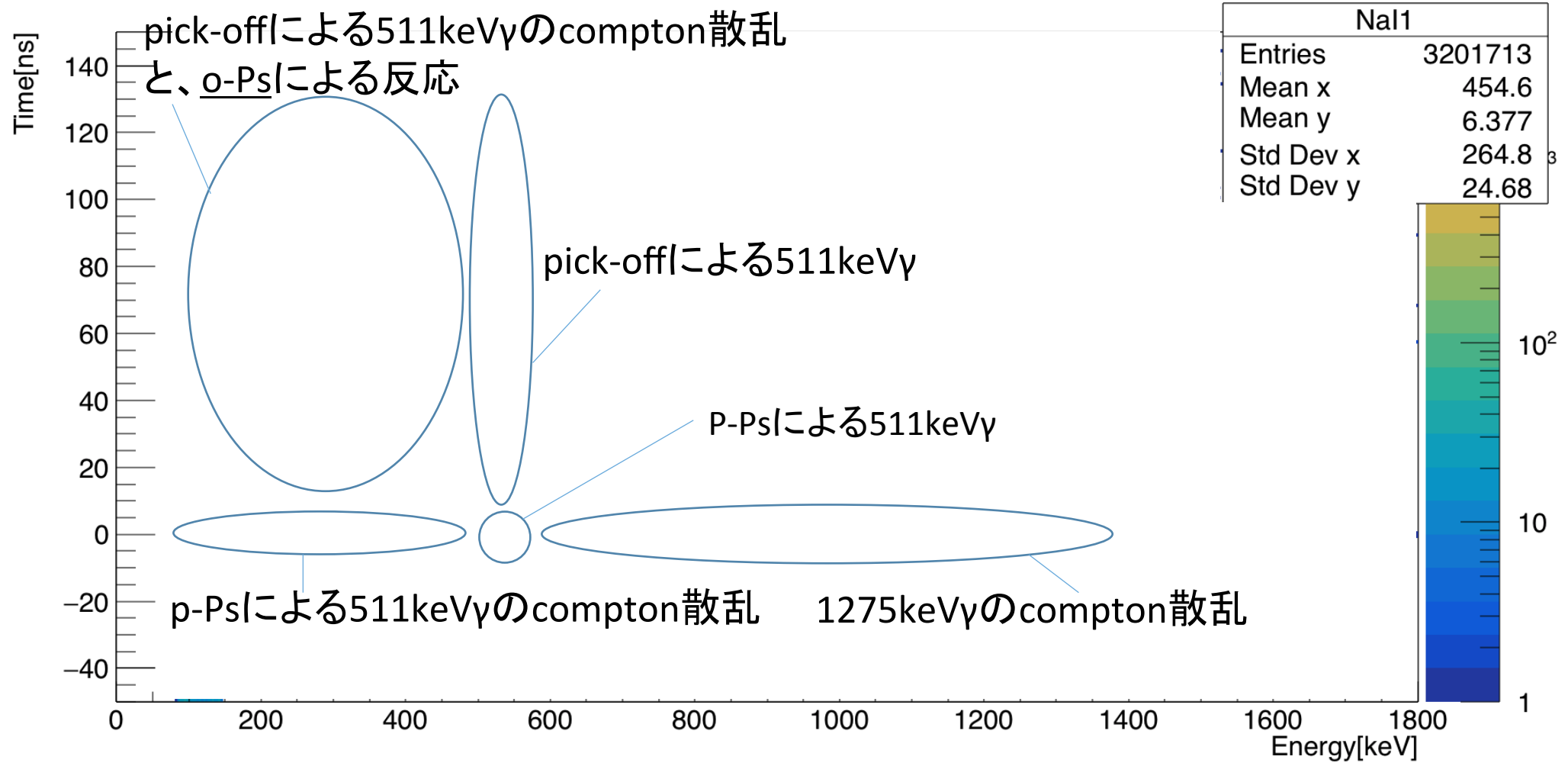


図4.10: 各反応のおおまかな分類

Pick-off反応による寿命の変化（崩壊幅の増加）を補正するために、以下のような関数を用いた。

$$f(t) = \Gamma_{\downarrow pick-off} / \Gamma_{\downarrow ortho} = \Delta N_{\downarrow pick-off}(t) / \Delta N_{\downarrow ortho}(t)$$

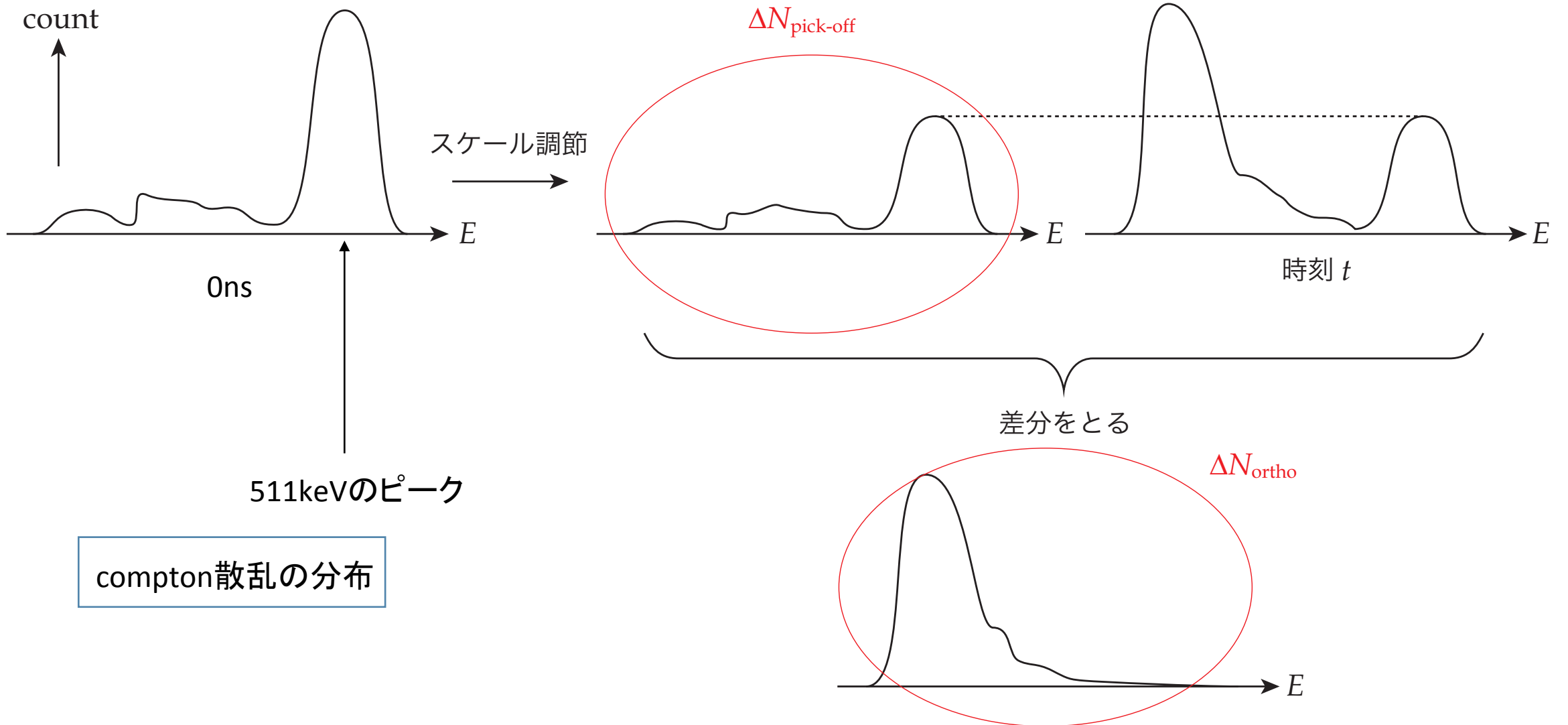


(4.3)

（ $\Gamma_{\downarrow obs} = \Gamma_{\downarrow ortho} + \Gamma_{\downarrow pick-off}$ であり、 $\Gamma_{\downarrow ortho}$ が求めたいもの）

この値を計算するため、511keVのピークのイベントを用いて規格化を行った。

その様子を次のスライドに示す。



このように規格化を行うことで、時刻 t での511KeVのピークのイベント数を $y_{\downarrow peak}(t)$, イベント総数を $S(t)$ として

$$\Delta N_{\downarrow pick-off}(t) = y_{\downarrow peak}(t)S(0)/y_{\downarrow peak}(0)$$

(4.4)

と求められる。以上より

$$f(t) = y(t)S(0)/y(0)S(t) - y(t)S(0)$$

(4.5) となる。

- これを計算し、グラフにプロットすると、
pickoff function(NaI2)

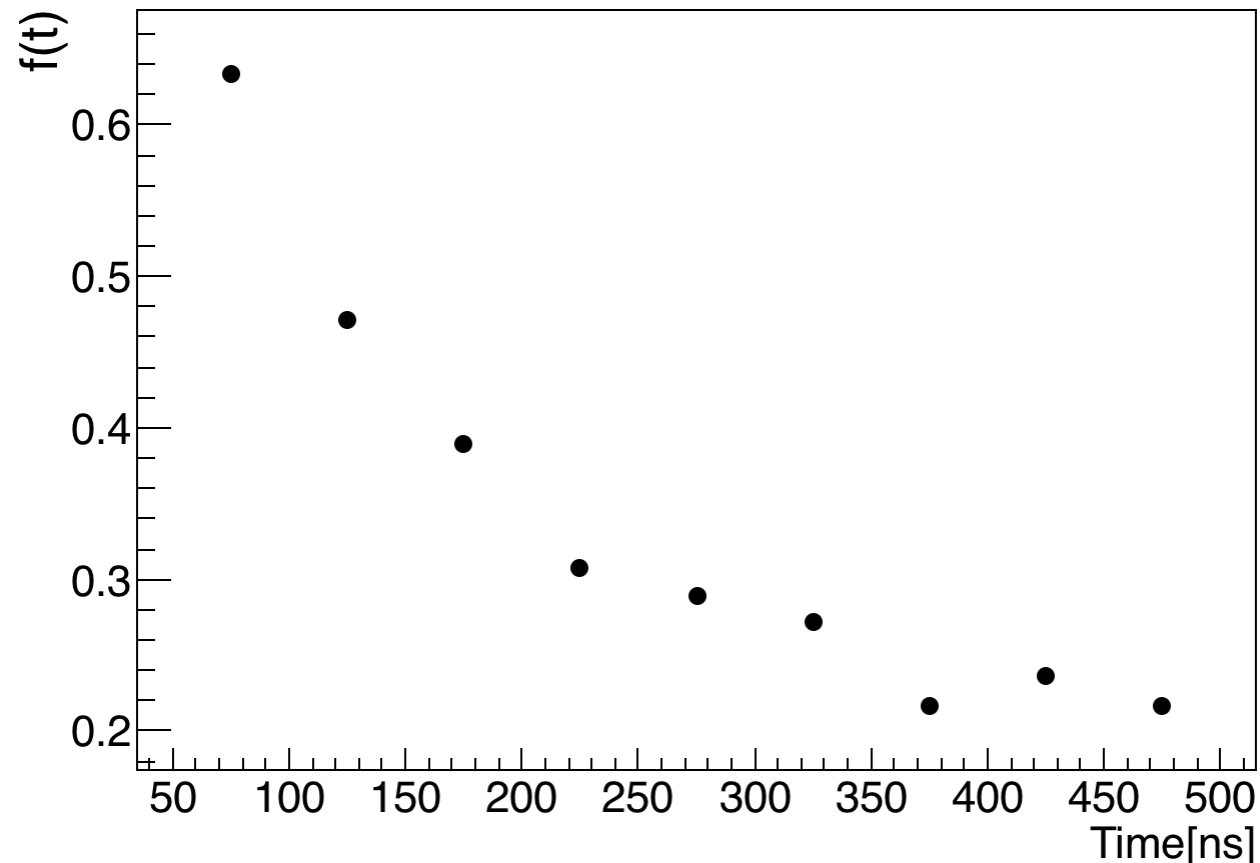


図4.11: $f(t)$ のグラフへのプロット

- このプロットから $f(t)$ の形を見積もる。

時間が経つにつれ減少していて、徐々に一定値に近づいているように見えることから、

$$f(t) = p_1 \exp(-t/p_2) + p_3$$

(4.6)

の形が予想される。

この式4.6を用いて、図4.10のグラフをフィッティングすると次のようになる。

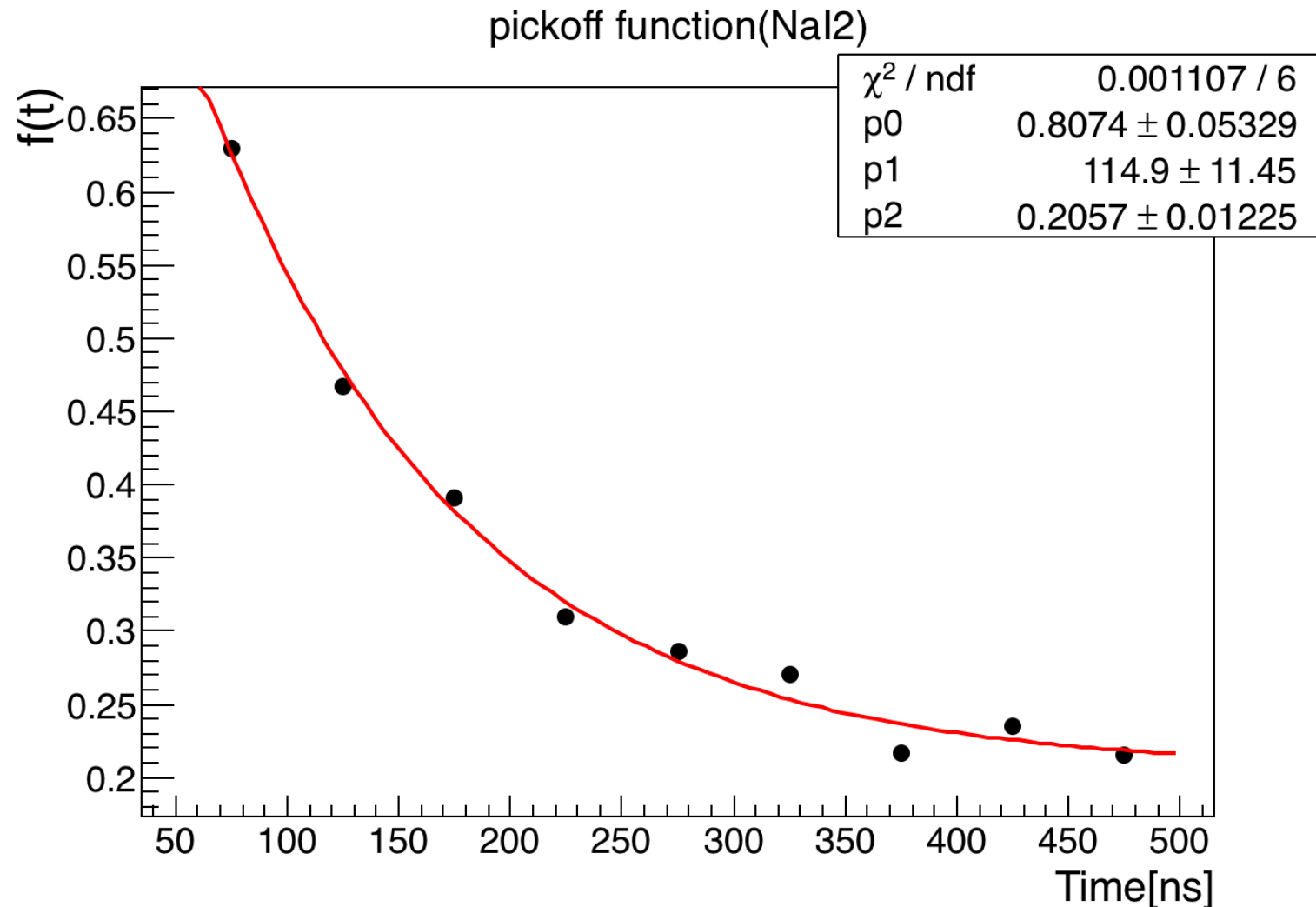


図4.12: pick-off補正関数のフィッティング

表4.4: pick-off補正関数のfitting結果

	p_0	p_1	p_2
NaI2	0.807	114.9	0.206
NaI3	0.981	112.9	0.250
NaI4	0.704	231.0	0.240

まず「寿命のfitting関数」定義する。次の2式

$$\left\{ \begin{array}{l} dN/dt = (\Gamma_{\downarrow ortho} + \Gamma_{\downarrow pick-off})N \\ \Gamma_{\downarrow ortho} + \Gamma_{\downarrow pick-off} = \Gamma_{\downarrow ortho} (1 + f(t)) = 1 + f(t) / \tau_{\downarrow ortho} \end{array} \right. \quad (4.7)$$

より計算することでfitting関数は、

$$q_{\downarrow 0} \{ p_{\downarrow 0} \exp(-t/p_{\downarrow 1}) + p_{\downarrow 2} + 1 \} \exp[-1/q_{\downarrow 1} \{ -p_{\downarrow 0} p_{\downarrow 1} \exp(-t/p_{\downarrow 1}) + (p_{\downarrow 2} + 1)t \}] + q_{\downarrow 2}$$

と求めることができる ($q_{\downarrow 1}$ が寿命を表す)。

(4.8)

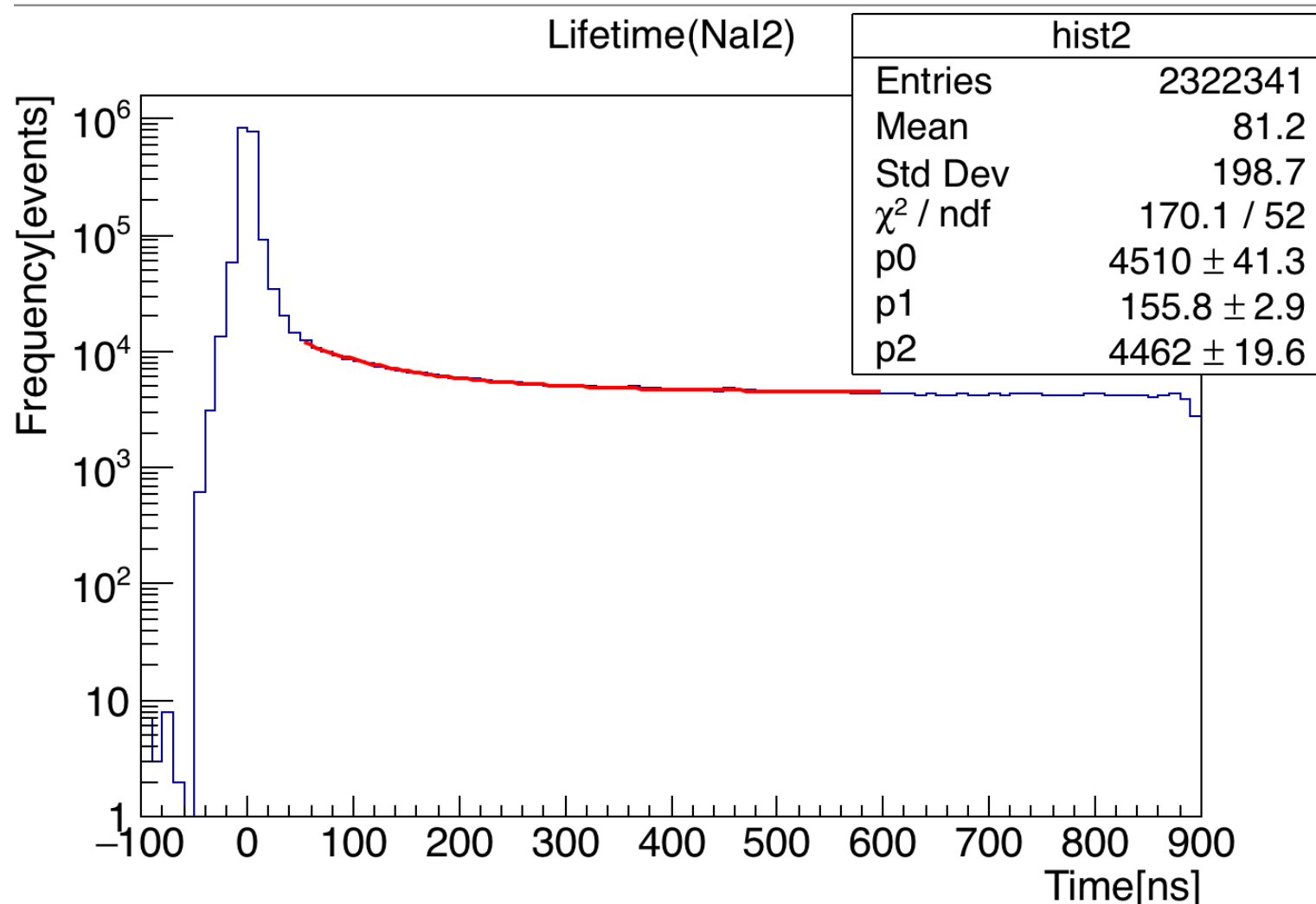


図4.13: pick-off補正後の寿命フィッティング

表4.5: pick-off補正後の寿命

	寿命[ns]
NaI2	155.8 ± 2.9
NaI3	253.7 ± 5.1
NaI4	124.6 ± 1.7

第5章 結果・考察・まとめ

解析の結果o-Psの寿命は誤差を含めて以下の表のようになった。

表5.1 解析の結果得た寿命とその誤差

	寿命[ns]
NaI2	155.8±2.9
NaI3	253.7±5.1
NaI4	124.6±1.7

しかし、ここで求めた結果は最後の寿命 fitting の際の誤差のみを考慮している。



TQ 補正関数、pick-off 補正関数の誤差も考慮して o-Ps の寿命の誤差を評価する。

TDC0のcalibration関数の傾きの誤差は寿命に直接影響

$$Time[ns] = (0.2541 \pm 0.001565) \times TDC0 + (-19.36 \pm 2.937) \quad (5.1)$$

傾きの誤差

誤差が+0.001565、-0.001565の時のo-Posの寿命をそれぞれ τ_+ 、 τ_- とおくと、fittingによって求められた値は以下の表のようになる。

表5.2 TDC0のcalibration関数の誤差を考慮した時のo-Posの寿命

	τ_+ [ns]	τ [ns]	τ_- [ns]
NaI2	155.5±2.9	155.8±2.9	156.4±2.9
NaI3	257.2±5.3	253.7±5.1	256.0±5.2
NaI4	122.9±1.6	124.6±1.7	123.5±1.7

したがってTDC0のcalibration関数の傾きの誤差により数%の誤差が発生することが分かる。

TQ補正関数
$$\Delta T(E) = \frac{p_0}{(E - p_1)^{p_2}} + p_3 \quad (5.2)$$

TQ補正関数のパラメータ p_0 、 p_1 、 p_2 、 p_3 はfittingによって得られるので誤差 δp_0 、 δp_1 、 δp_2 、 δp_3 が生じる。この誤差はo- P_s の寿命に直接影響を与える。

表5.3 fittingによって求めたTQ補正関数のパラメータおよびその誤差

	p_0	δp_0	p_1	δp_1	p_2	δp_2	p_3	δp_3
NaI2	468.0	20.08	88.42	1.244	0.631	0.010	-922.8	0.230
NaI3	590.5	18.25	75.25	1.292	0.671	0.007	-923.1	0.183
NaI4	837.5	36.50	89.33	1.233	0.732	0.009	-921.4	0.180

計測値を x_i 、計測値を用いた計算結果を y とすると

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (5.3)$$

そして y の誤差 δy は、 x_i の測定誤差 δx_i を用いて誤差伝搬の法則より次の式で計算できる。

$$\delta y = \sqrt{\left(\frac{\partial y}{\partial x_1} \delta x_1\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial x_2} \delta x_2\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial y}{\partial x_n} \delta x_n\right)^2} \quad (5.4)$$

$$\frac{\partial \Delta T}{\partial p_0} = \frac{1}{(E - p_1)^{p_2}} \quad \frac{\partial \Delta T}{\partial p_2} = \frac{-p_0 \ln(E - p_1)}{(E - p_1)^{p_2}} \quad 55$$

$$\frac{\partial \Delta T}{\partial p_1} = \frac{p_0 p_2}{(E - p_1)^{p_2 + 1}} \quad \frac{\partial \Delta T}{\partial p_3} = 1$$

以上の式を用いると、TQ補正関数の誤差 $\delta\Delta T(E)$ は以下のように求めることができる。

$$\begin{aligned} \delta\Delta T(E) &= \sqrt{\sum_{i=0}^3 \left(\frac{\partial \Delta T}{\partial p_i} \delta p_i \right)^2} \\ &= \sqrt{\left\{ \frac{1}{(E - p_1)^{p_2}} \delta p_0 \right\}^2 + \left\{ \frac{p_0 p_2}{(E - p_1)^{p_2 + 1}} \delta p_1 \right\}^2 + \left\{ \frac{-p_0 \ln(E - p_1)}{(E - p_1)^{p_2}} \delta p_2 \right\}^2 + (\delta p_3)^2} \\ &= \frac{1}{(E - p_1)^{p_2}} \sqrt{(\delta p_0)^2 + \left(\frac{p_0 p_2}{E - p_1} \delta p_1 \right)^2 + (p_0 \ln(E - p_1) \delta p_2)^2 + \{(E - p_1)^{p_2} \delta p_3\}^2} \quad (5.5) \end{aligned}$$

TQ補正関数 $\Delta T(E)$ は求めた誤差 $\delta\Delta T(E)$ を含めると $\Delta T(E) \pm \delta\Delta T(E)$ で与えられると考えることができる。

TQ補正関数の誤差 $\delta\Delta T(E)$ を考慮した場合のo- P_s の寿命は以下の表のようになる。

表5.4 TQ補正関数の誤差を考慮した時のo- P_s の寿命

	$\tau_{\Delta T + \delta\Delta T}$ [ns]	$\tau_{\Delta T}$ [ns]	$\tau_{\Delta T - \delta\Delta T}$ [ns]
NaI2	161.3 \pm 3.1	155.8 \pm 2.9	151.0 \pm 2.7
NaI3	262.2 \pm 5.5	253.7 \pm 5.1	237.2 \pm 4.6
NaI4	130.6 \pm 1.8	124.6 \pm 1.7	120.3 \pm 1.6

pick-off補正関数 $f(t)$ と寿命fittingの式 $g(t)$ を以下に示す。

$$f(t) = p_0 \exp\left(-\frac{t}{p_1}\right) + p_2 \quad (5.6)$$

$$\begin{aligned} g(t) &= q_0(1 + f(t)) \exp\left(-\frac{1}{q_1} \int^t (1 + f(t')) dt'\right) + q_2 \\ &= q_0 \left\{ p_0 \exp\left(-\frac{t}{p_1}\right) + p_2 + 1 \right\} \times \exp\left[-\frac{1}{q_1} \left\{ -p_0 p_1 \exp\left(-\frac{t}{p_1}\right) + (p_2 + 1)t \right\}\right] + q_2 \quad (5.7) \end{aligned}$$

$f(t)$ のパラメータ p_0 、 p_1 、 p_2 にも誤差 δp_0 、 δp_1 、 δp_2 が生じるので TQ補正関数の時と同様にこの誤差はo- P_s の寿命に直接影響を与える。

表5.5 fittingによって求めたpick-off補正関数のパラメータおよびその誤差

	p_0	δp_0	p_1	δp_1	p_2	δp_2
NaI2	0.807	0.053	114.9	11.45	0.206	0.012
NaI3	0.981	0.112	112.9	18.28	0.250	0.025
NaI4	0.704	0.042	231.0	55.15	0.240	0.058

また誤差伝搬の法則を用いて寿命fittingの式の誤差 $\delta g(t)$ を求めるために $g(t)$ の各パラメータに対する偏微分を以下に示しておく。

$$\frac{\partial g}{\partial p_0} = q_0 \left[1 + \frac{p_1}{q_1} \left\{ p_0 \exp\left(-\frac{t}{p_1}\right) + p_2 + 1 \right\} \right] \times \exp \left[-\frac{1}{q_1} \left\{ -p_0 p_1 \exp\left(-\frac{t}{p_1}\right) + (p_2 + 1)t \right\} - \frac{t}{p_1} \right]$$

$$\frac{\partial g}{\partial p_1} = \frac{q_0 p_0}{p_1} \left[\frac{t}{p_1} + \frac{p_1 + 1}{q_1} \left\{ p_0 \exp\left(-\frac{t}{p_1}\right) + p_2 + 1 \right\} \right] \times \exp \left[-\frac{1}{q_1} \left\{ -p_0 p_1 \exp\left(-\frac{t}{p_1}\right) + (p_2 + 1)t \right\} - \frac{t}{p_1} \right]$$

$$\frac{\partial g}{\partial p_2} = q_0 \left(1 - \frac{t}{q_1} \right) \times \exp \left[-\frac{1}{q_1} \left\{ -p_0 p_1 \exp\left(-\frac{t}{p_1}\right) + (p_2 + 1)t \right\} \right]$$

誤差伝搬の法則を用いると寿命fittingの式の誤差 $\delta g(t)$ は以下のよう
に求めることができる。

$$\begin{aligned}
 \delta g(t) &= \sqrt{\sum_{i=0}^2 \left(\frac{\partial g}{\partial p_i} \delta p_i \right)^2} \\
 &= q_0 \exp \left[-\frac{1}{q_1} \left\{ -p_0 p_1 \exp \left(-\frac{t}{p_1} \right) + (p_2 + 1)t \right\} \right] \\
 &\quad \sqrt{\left[1 + \frac{p_1}{q_1} \left\{ p_0 \exp \left(-\frac{t}{p_1} \right) + p_2 + 1 \right\} \right]^2 \exp \left(-\frac{2t}{p_1} \right) (\delta p_0)^2} \\
 &\quad + \frac{p_0^2}{p_1^2} \left[\frac{t}{p_1} + \frac{p_1 + 1}{q_1} \left\{ p_0 \exp \left(-\frac{t}{p_1} \right) + p_2 + 1 \right\} \right]^2 \exp \left(-\frac{2t}{p_1} \right) (\delta p_1)^2 + \left(1 - \frac{t}{q_1} \right)^2 (\delta p_2)^2
 \end{aligned}$$

(5.8)

寿命fittingの式 $g(t)$ は求めた誤差 $\delta g(t)$ を含めると $g(t) \pm \delta g(t)$ で与えられると考えることができる。

寿命fittingの式の誤差 $\delta g(t)$ を考慮した場合のo- P_s の寿命は以下の表のようになる。

表5.6 pick-off補正関数の誤差を考慮した時のo- P_s の寿命

	$\tau_{g+\delta g}$ [ns]	τ_g [ns]	$\tau_{g-\delta g}$ [ns]
NaI2	160.0 \pm 3.0	155.8 \pm 2.9	151.3 \pm 2.8
NaI3	270.2 \pm 5.7	253.7 \pm 5.1	238.8 \pm 4.7
NaI4	131.4 \pm 1.8	124.6 \pm 1.7	114.6 \pm 1.6

TQ補正、pick-off補正以外にも寿命fittingする際にも誤差が生じる。この誤差を σ_{fitting} とおくと、以下の表のようになる。

表5.7 寿命fittingの際に生じる誤差

	σ_{fitting} [ns]
NaI2	2.9
NaI3	5.1
NaI4	1.7

TQ補正、pick-off補正、寿命fittingの誤差のまとめ

TQ補正の誤差のみを考慮した場合の寿命の誤差を σ_{TQ} 、
 pick-off補正の誤差のみを考慮した場合の寿命の誤差を $\sigma_{pick-off}$ 、
 寿命 fitting の誤差のみを考慮した場合の寿命の誤差を $\sigma_{fitting}$
 とおくと、全ての誤差を考慮した場合の誤差 σ は以下の式より求められる。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_{TQ})^2 + (\sigma_{pick-off})^2 + (\sigma_{fitting})^2} \quad (5.9)$$

それぞれの誤差をまとめると以下の表のようになる。

表5.8 各 NaI に対する σ_{TQ} 、 $\sigma_{pick-off}$ 、 $\sigma_{fitting}$ 、 σ の値

	σ_{TQ} [ns]	$\sigma_{pick-off}$ [ns]	$\sigma_{fitting}$ [ns]	σ [ns]
NaI2	5.5	4.5	2.9	7.7
NaI3	16.5	16.5	5.1	23.9
NaI4	6.0	10.0	1.7	11.8

寿命fittingの式 $g(t)$ をfittingして寿命を求める際にfittingの範囲を変えると以下の表のように寿命の値は変化する。

表5.9 fittingの範囲を変更した時の寿命の値

	50～600[ns]	75～600[ns]	100～600[ns]	125～600[ns]
NaI2	155.8±2.9	177.7±4.6	189.4±7.1	208.6±11.6
NaI3	253.7±5.1	309.7±9.3	378.5±18.9	436.7±31.4
NaI4	124.6±1.7	157.8±3.0	186.2±5.4	193.8±7.2

Fittingの範囲の開始時刻を早くすればするほどo- P_s の寿命が短くなるのはpick-off補正により取り除けなかったp- P_s の影響が残っているためだと考えられる。

全ての誤差を考慮した結果、o- P_s の寿命は以下の表のようになった。

表5.10 最終的な寿命とその誤差

	寿命[ns]
NaI2	155.8±7.7
NaI3	253.7±23.9
NaI4	124.6±11.8

o- P_s の寿命の理論値

142[ns]

NaI2、NaI4はo-Psの寿命の理論値142[ns]に対して誤差を含めると肯定的な結果が得られたが、NaI3については理論値よりかなり大きくなってしまった。その原因として考えられるのは以下の2点である。

- ・立体配置の違い
- ・ADC3(NaI3)のpedestalが分裂していてADCcalibrationが上手くいっていない

NaI同士を入れ替えて同じ測定を行うことで以上の2点を検証すべきだったが、解析の問題点を明らかにするのに時間がかかってしまい今回は出来なかった。

ご清聴ありがとうございました