

概要

ここでは CAMAC ADC と TDC の変換係数の校正測定を主に説明する。共通の測定方法は Function Generator からの信号をオシロスコープで波形解析し、その信号における ADC および TDC のデジタル値の関係性を調べる。セットアップを図 1 に示す。

(1) ADC 変換係数の校正測定は Function Generator で整形したパルス波計をオシロスコープで解析し ADC Gate の時間で積分して電荷を計算する。sync から出力される TTL 信号を TTL-NIM で変換後 Gate Delay Generator で ADC Gate を波形整形する(緑線)。面倒くさいが、全 16ch それぞれの ADC 校正測定を実施する。

(2) TDC 校正測定はアナログ信号は用いないので、sync から出てくる TTL 信号を TTL-NIM に変換後 Discriminator に通し、スタート信号にする。Discriminator から枝分かれした信号は少し遅延されるため Gate Delay Generator に繋がれ、そして Fan in/Fan out へ接続される。これは論理 OR 回路なので、16 個の同じタイミング信号を出力することが出来る。つまり、16ch の TDC 校正測定を一度に実行できる。

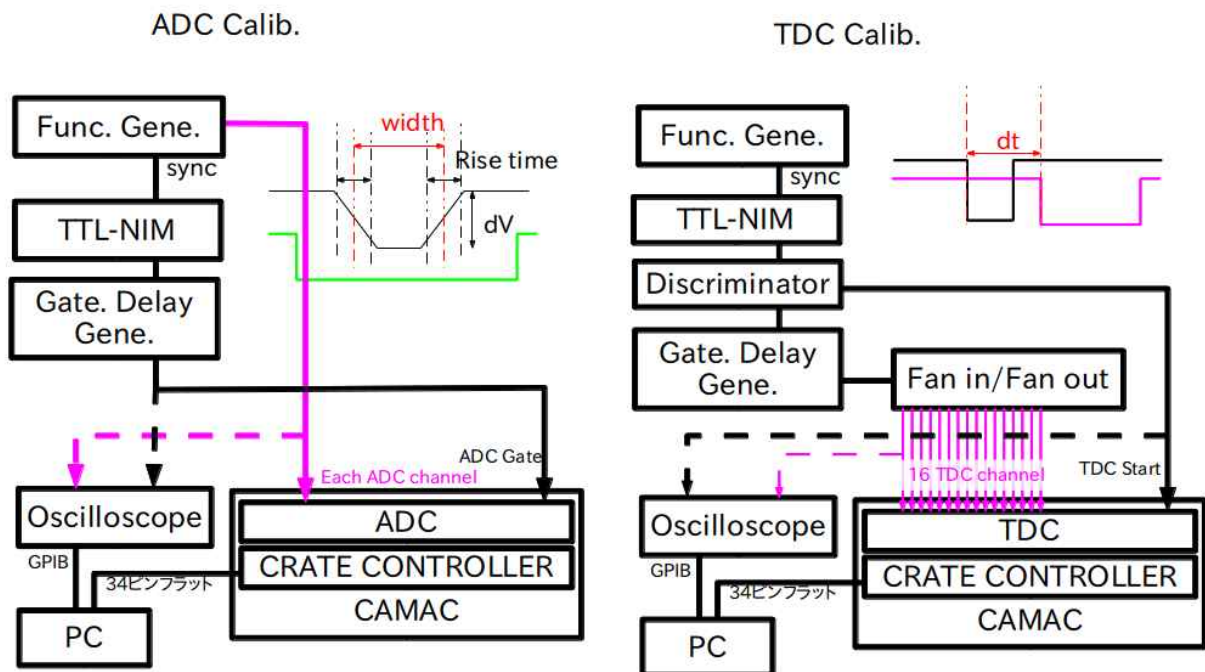


図1. CAMAC Calibration test setup: ADC calib.(left) and TDC calib.(right)

1. ADC Calibration

校正測定する ADC は豊伸電子 16CH ADC C009 で、使用したオシロスコープは Tektronix TDS2012 100MHz 1GS/s で最小サンプル時間 1 ns の性能を持つ(図 2(左))。この校正測定では十分な精度である。このオシロスコープは GP-IB で PC から制御されデータ収集される。得られた波形を解析する上で、まずオフセットラインの決定、ゼロ点の揺らぎ、積分領域の決定、計算の丸め誤差、統計誤差について考慮する必要がある。

オシロスコープで観測した電圧の時間分布波形を積分して電荷を以下の式で計算した。

$$Q = \sum_{t=0}^{100} \frac{1}{2R} \{V(t) + V(t+1)\} dt$$

ここで、 t はオシロスコープの最小サンプル時間 1 ns で、 R はオシロスコープの内部抵抗 50 Ω 、データポイントを結んだ台形として波形の面積を計算した。

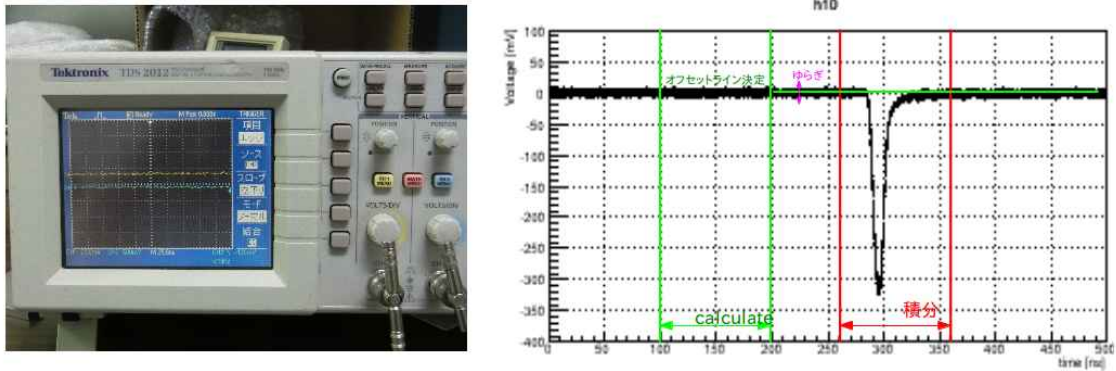


図2. 使用したオシロスコープ(左)と Function Generator からの信号(右)

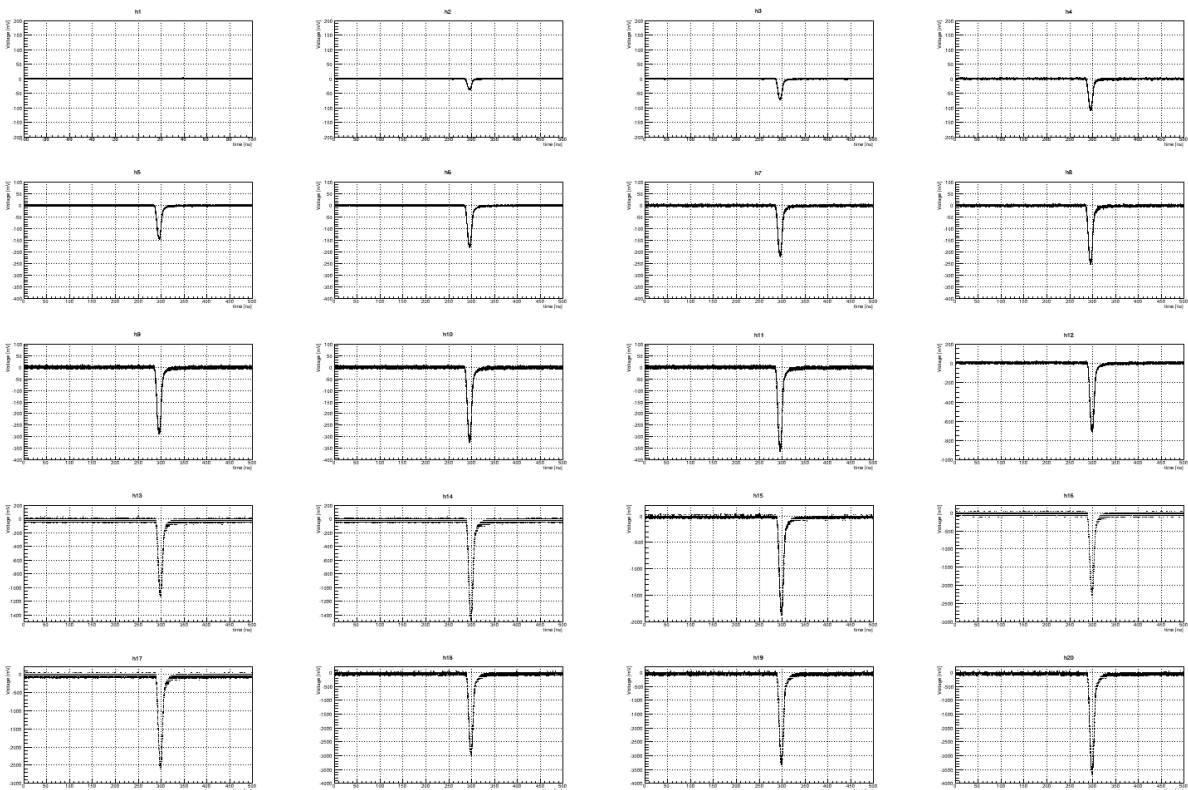


図3. Function Generator からの入力電荷波形

入力電荷と ADC の関係を図 4 に示す。この関係性は良い線形性が確認でき、1 次関数でフィッティングできる。CAMAC ADC の変換係数は 0ch においてはフィッティング関数の傾きから 0.2625 ± 0.0026 pC/ADC と計算できる。0 - 15ch の平均値は 0.257 ± 0.05 pC/ADC と評価できる。

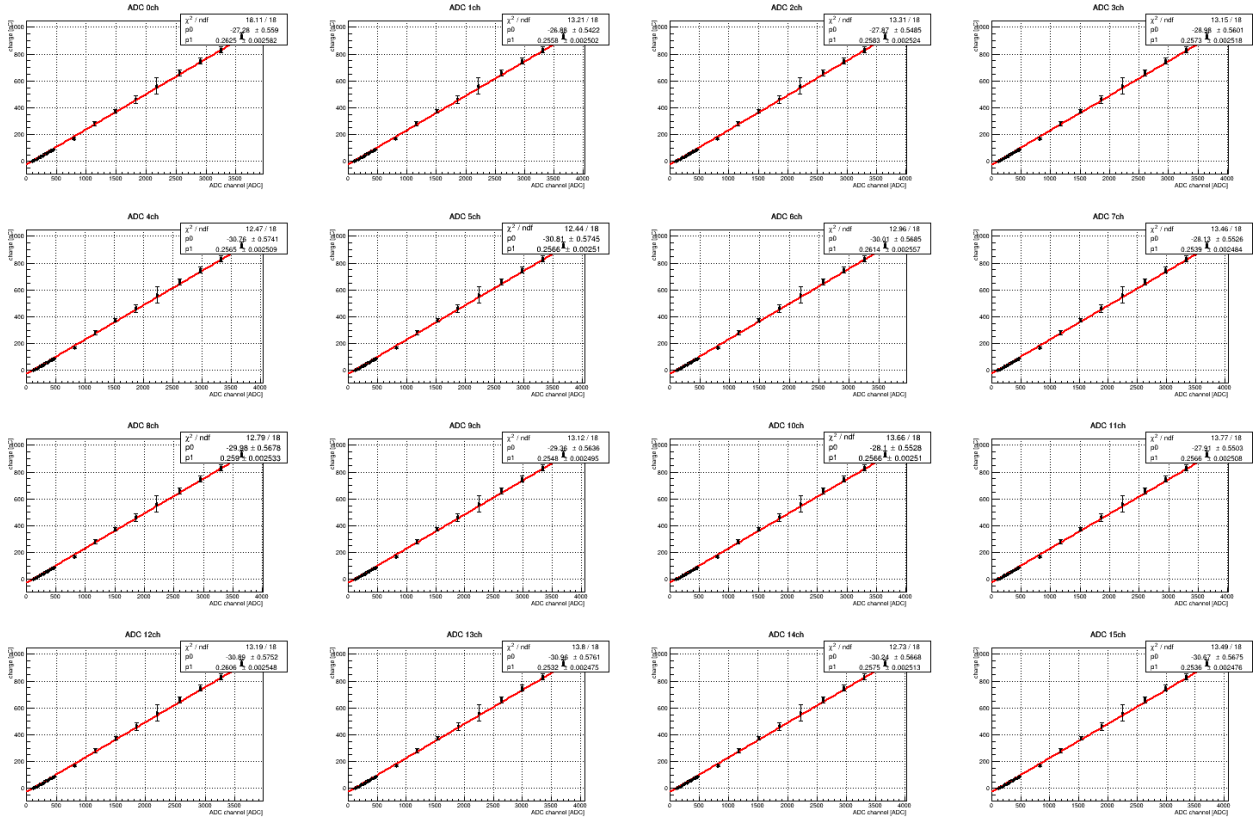


図4. CAMAC ADC 0 - 15ch における ADC channel と入力電荷の関係

2. TDC calibration

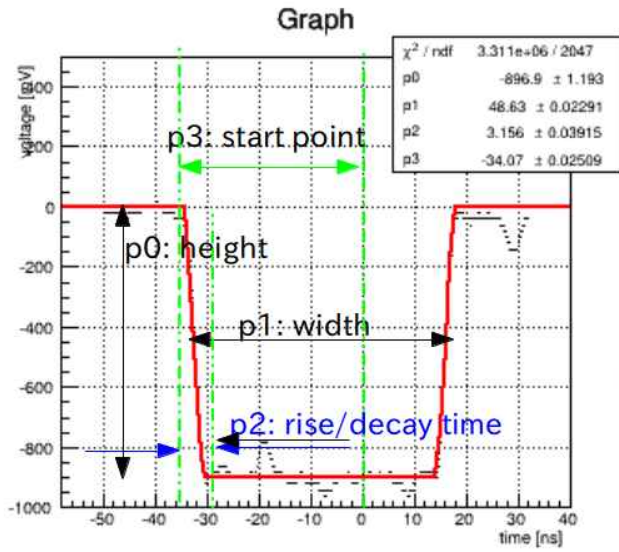
校正する TDC は林栄精器 REPIC RPC-180 16CH TDC である。sync からの TTL 信号を TTL-NIM に変換後、Discriminator を通してスタート信号にした。一方を Gate Generator に繋がれ遅延して Fan in/Fan out を通して 16 分割してストップ信号とした。Discriminator からの NIM 信号は幅 50ns に設定して、まずオシロスコープで波形解析した。30, 60, 100, 150, 160, 200 ns と遅延したときの TDC channel を測定して変換係数を求める。

オシロスコープの波形解析の様子を図 5 に示す。領域ごとに以下の式でフィッティングした。

$$y = \begin{cases} \frac{p0}{p2}(x - p3) & (p3 < x < p3 + p2) \\ p0 & (p3 + p2 < p3 + p1) \\ \frac{p0}{p2}(x - p1 - p3) & (p3 + p1 < x < p3 + p2 + p1) \end{cases}$$

ここで、p0 はパルスの高さ、p1 はパルス幅、p2 は立ち上がり時間、p3 は立ち上がり始めの時刻を意味する。ここで、スタート時間との時間差は $\Delta t = p3 + p2/2$ で評価する。時間差と TDC の関係を図 6 に示す。こ

の関係性は良い線形性が確認でき、1次関数でフィッティングできる。CAMAC TDCの変換係数は0chにおいてはフィッティング関数の傾きから 54.6 ± 0.05 ps/TDC と計算できる



Time differential $dt = p3 + p2/2$

時間分解能評価

- Rise time ~ 3 ns
- Oscilloscope sample time ~ 1 ns
- event number 10

$\sigma_{sys} \sim \sigma_{stat}$

Fitting Function

$$y = \begin{cases} -p0/p2 * (x - p3) & (p3 < x < p3 + p2) \\ -p0 & (p3 + p2 < x < p3 + p1) \\ p0/p2 * (x - p1 - p3) & (p3 + p2 < x < p3 + p2 + p1) \end{cases}$$

図5. NIM Discriminator 論理信号の波形

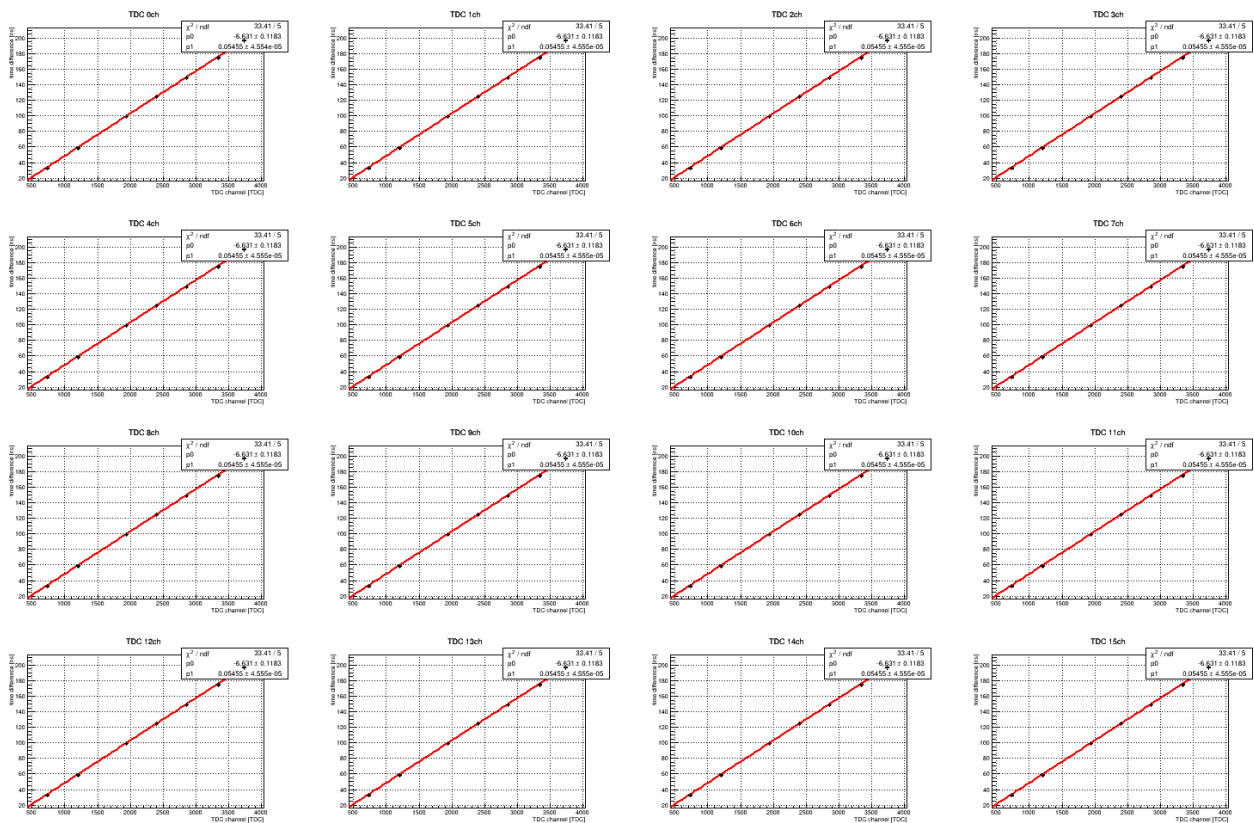


図6. CAMAC ADC 0 - 15ch における ADC channel と入力電荷の関係

付録： 各 ADC TDC の変換係数

ADC: 豊伸電子 16CH ADC 009

serial: S/N 4754

unit: [pC/ADC]

CH	Conv. Coeff.	CH	Conv. Coeff.
0	0.2625 ± 0.0026	8	0.2590 ± 0.0025
1	0.2558 ± 0.0025	9	0.2548 ± 0.0025
2	0.2583 ± 0.0025	10	0.2566 ± 0.0025
3	0.2573 ± 0.0025	11	0.2566 ± 0.0025
4	0.2565 ± 0.0025	12	0.2606 ± 0.0025
5	0.2566 ± 0.0025	13	0.2532 ± 0.0025
6	0.2614 ± 0.0026	14	0.2575 ± 0.0025
7	0.2539 ± 0.0025	15	0.2536 ± 0.0025
		平均	0.257 ± 0.005

TDC: 林栄精器 REPIC RPC-180 16CHTDC

serial: S/N 040

unit: [ps/TDC]

CH	Conv. Coeff.	CH	Conv. Coeff.
0	54.55 ± 0.046	8	54.55 ± 0.046
1	54.55 ± 0.046	9	54.55 ± 0.046
2	54.55 ± 0.046	10	54.55 ± 0.046
3	54.55 ± 0.046	11	54.55 ± 0.046
4	54.55 ± 0.046	12	54.55 ± 0.046
5	54.55 ± 0.046	13	54.55 ± 0.046
6	54.55 ± 0.046	14	54.55 ± 0.046
7	54.55 ± 0.046	15	54.55 ± 0.046
		平均	54.6 ± 0.05