

# デジタルシグナルプロセッサ

APV8016A  
(APV8008A)

## 取扱説明書

第2.1.2版 2024年3月

株式会社 テクノエーピー

〒312-0012 茨城県ひたちなか市馬渡 2976-15

TEL : 029-350-8011

FAX : 029-352-9013

URL : <http://www.techno-ap.com>

e-mail : [info@techno-ap.com](mailto:info@techno-ap.com)

## 安全上の注意・免責事項

このたびは株式会社テクノエーピー（以下、弊社）の製品（以下、本機器）をご購入いただき誠にありがとうございます。ご使用前に、この「安全上の注意・免責事項」をお読みの上、内容を必ずお守りいただき、正しくご使用ください。

弊社製品のご使用によって発生した事故であっても、装置・検出器・接続機器・アプリケーションの異常、故障に対する損害、その他二次的な損害を含む全ての損害について、弊社は一切責任を負いません。



### 禁止事項

- ・ 人命、事故に関わる特別な品質、信頼性が要求される用途にはご使用できません。
- ・ 高温、高湿度、振動の多い場所などでのご使用はご遠慮ください（対策品は除きます）。
- ・ 定格を超える電源を加えないでください。
- ・ 基板製品は、基板表面に他の金属が接触した状態で電源を入れないでください。



### 注意事項

- ・ 発煙や異常な発熱があった場合はすぐに電源を切ってください。
- ・ ノイズの多い環境では正しく動作しないことがあります。
- ・ 静電気にはご注意ください。
- ・ 製品の仕様や関連書類の内容は、予告無しに変更する場合があります。

## 保証条件

「当社製品」の保証条件は次のとおりです。

- ・ 保証期間      ご購入後一律 1 年間といたします。
- ・ 保証内容      保証期間内で使用中に故障した場合、修理または交換を行います。
- ・ 保証対象外    故障原因が次のいずれかに該当する場合は、保証いたしません。
  - （ア） 「当社製品」本来の使い方以外のご利用
  - （イ） 上記のほか「当社」または「当社製品」以外の原因（天災等の不可抗力を含む）
  - （ウ） 消耗品等

## 目次

1.	概要	6
1. 1.	概要	6
1. 2.	特徴	7
2.	仕様	8
3.	外観	10
3. 1.	基板上設定	12
4.	アプリケーションのインストールとネットワーク設定	14
4. 1.	アプリケーションのインストール	14
4. 2.	接続	14
4. 3.	ネットワークのセットアップ	15
5.	アプリケーション画面	16
5. 1.	起動画面	16
5. 2.	CH タブ	20
5. 3.	config タブ	33
5. 4.	status タブ	35
5. 5.	wave タブ	36
5. 6.	(オプション) option タブ	37
5. 6. 1.	(オプション) list-pileup-wave 部	37
5. 6. 2.	(オプション) list-wave 部	40
5. 7.	histogram タブ	43
6.	セットアップチュートリアル	45
6. 1.	プリアンプ出力信号の確認	45
6. 2.	電源と接続	45
6. 3.	設定実行	45
6. 4.	プリアンプ出力信号のアナログコースゲインとアナログポールゼロ調整	46
6. 4. 1.	抵抗フィードバック型プリアンプ出力信号の場合	46
6. 4. 2.	トランジスタリセット型プリアンプ出力信号の場合	48
6. 5.	FAST 系フィルタの設定	49
6. 6.	SLOW 系フィルタの設定	51
6. 7.	SLOW 系スレッシュホールドの設定	53
7.	計測	54
7. 1.	設定	54
7. 2.	計測開始	54
7. 3.	ヒストグラムモード	54
7. 4.	リストモード	55
7. 5.	(オプション) リスト波形モード	55
7. 6.	(オプション) リストパイルアップ波形モード	55

7. 7.	計測停止.....	55
8.	終了.....	55
9.	データファイルとフォーマット.....	56
9. 1.	ヒストグラムデータファイル.....	56
9. 2.	リストデータファイル.....	58
9. 3.	(オプション) リスト波形データファイル.....	59
9. 4.	(オプション) リストパイルアップ波形データファイル.....	61
10.	Tool 機能 gauss fit analysis.....	63
10. 1.	起動画面.....	64
10. 2.	オンラインの場合.....	66
10. 3.	オフラインの場合.....	67
10. 4.	注意事項.....	68
10. 5.	終了.....	68
11.	Tool 機能 peak search analysis.....	69
11. 1.	起動画面.....	70
11. 2.	オンラインの場合.....	72
11. 3.	オフラインの場合.....	73
11. 4.	注意事項.....	73
11. 5.	終了.....	73
12.	Tool 機能 auto pole zero.....	74
12. 1.	起動画面.....	75
12. 2.	実行.....	76
12. 3.	注意事項.....	77
12. 4.	終了.....	77
13.	Tool 機能 auto threshold.....	78
13. 1.	起動画面.....	78
13. 2.	実行.....	79
13. 3.	注意事項.....	80
13. 4.	終了.....	80
14.	Tool 機能 create energy calibration file.....	81
14. 1.	起動画面.....	81
14. 2.	実行.....	82
14. 3.	終了.....	82
15.	Tool 機能 create FWHM calibration file.....	83
15. 1.	起動画面.....	83
15. 2.	実行.....	84
15. 3.	終了.....	84
16.	トラブルシューティング.....	85
16. 1.	接続エラーが発生する。.....	85
16. 2.	コマンドエラーが発生する.....	85

16. 3.	ヒストグラムが表示されない.....	86
16. 4.	IP アドレスを変更したい.....	86
17.	APV8016A の性能グラフ.....	87
17. 1.	エネルギー分解能と計数率.....	87
17. 2.	入力計数率と出力計数率.....	87
17. 3.	直線性.....	88
18.	測定例.....	89
18. 1.	トランジスタリセット型 Ge 使用時のエネルギースペクトル.....	89
18. 2.	多素子の Ge 検出器計測例.....	89
18. 3.	SDD 検出器での計測例.....	90

# 1. 概要

## 1. 1. 概要

テクノエーピー社製DSP (Digital Signal Processor、デジタルシグナルプロセッサ) 製品は、リアルタイムデジタルシグナルプロセッシング機能を搭載したマルチチャンネルアナライザ (MCA) です。

これまでの放射線計測は、プリアンプからの信号をスペクトロスコープアンプに渡し、アナログ回路によって増幅と波形整形処理をして、MCA などの計測装置に合わせてスペクトル解析を行っていました。

DSP の場合、非常に高速な 100MHz・16Bit の A/D コンバータを利用して、プリアンプからの信号を直接デジタルに変換します。デジタルに変換されたデータは高集積 FPGA (Field Programmable Gate Array) に送られ、数値演算によって、スペクトル分析されます。プリアンプの信号は FPGA によるパイプラインアーキテクチャによってリアルタイムに台形フィルター (Trapezoidal Filter) 処理されます。

DSP の構成はスペクトロスコープアンプと MCA を一体化したもので、伝統的なアナログ方式に代わり最新のデジタル信号処理技術を用いたパルスシェイピングを実行します。

台形フィルターの他に、タイミングフィルタアンプ、CFD、波形デジタイザ等の機能を有しています。

非常に優れたエネルギー分解能と時間分解能を提供し、高い計数率時でも抜群の安定感を持ちます。またアナログ方式最高スループットを誇るゲートインテグレートアンプ以上のスループット (200kcps 以上) を提供します。

最大 16CH のマルチチャンネル DSP は、すべての ADC が同期して動作しており、またモジュール間も同期させることが可能です。多チャンネルのシステムや、コインシデンス、アンチコインシデンスシステム、エネルギーと時間の相関解析にも応用できます。

本書は、本機器について説明するものです。

- ※ 本機器の基板は改版され、基板上ジャンパの有無や GND 端子の有無など機能の追加変更がある場合があります。基板上のシルクに改版番号 (例: APV8016A5) が記載されることがあります。
- ※ 文章中、信号入力のチャンネルは“CH”、ピン数を表すチャンネルは“ch”と大文字小文字を区別してあります。また“リスト”と“イベント”は同意義です。
- ※ 型式の APV は VME 規格サイズの基板型を表しています。この基板型に電源を供給するためには VME 電源ラック (弊社製品 APV9007 等) が別途必要となります。また、この基板をユニット (筐体) に納め、AC 電源を直接使用できるタイプの型式には、APV の代わりに APU が付きます。例として、VME 型 APV8016A をユニットに納めた型式は APU8016A となります。本書では APU8016A の説明も含まれます。
- ※ 8CH 版は APV8008A となり、機能について CH 数以外は同様のものとして記載いたします。
- ※ 本機器にはオプションとして機能を追加することが可能です。本書ではその機能部分を (オプション) と明記します。

## 1. 2. 特徴

主な特徴は下記の通りです。

- ガンマ線/X線スペクトロスコープ用デジタルシグナルプロセッシング
- HPGe 半導体検出器、多素子半導体検出器、アンチコンプトンスペクトルメーター等の多チャンネル多機能システムに最適
- シンチレーション (NaI(Tl)、LaBr<sub>3</sub>(Ce)) 検出器のスペクトル解析
- 高集積FPGAによるデジタルパルスシェイピング (Digital Pulse Shaping)
- イーサネット (TCP/IP) によるデータ収録

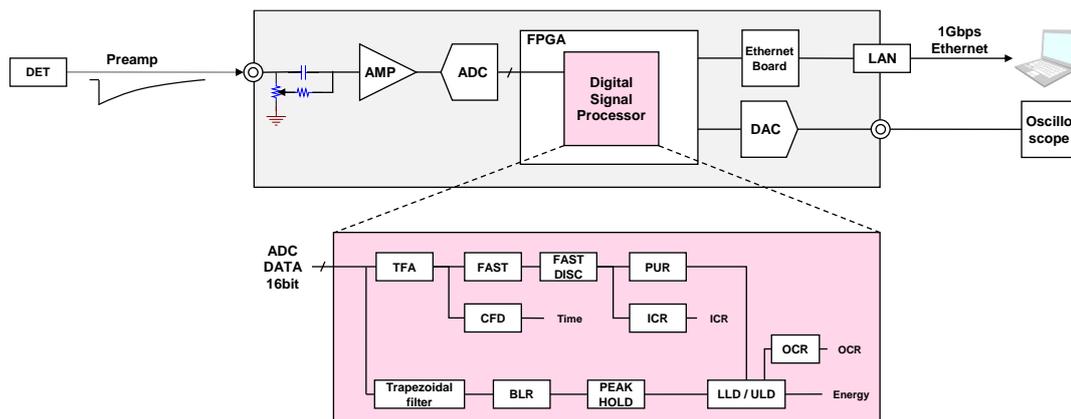


図 1 DSP 構成

検出器のプリアンプの出力信号を直接 DSP へ入力し、DSP 内の高速 ADC (100MSPS) でデジタル化します。デジタルパルスプロセッシングの心臓部である A/D コンバータは、最新の 100MHz・16Bit の高速、高分解能パイプライン型 ADC を採用し、プリアンプからの信号を直接デジタル化します。

FPGA にてハードウェア演算により台形波形成処理を行います。台形波形成に整形するために必要なシェイピングタイムは、PC からのパラメータにより設定します。FAST 系と SLOW 系とも、ピーキングタイム (Peakingtime = Rise time + Flat top time) によりピーク値をデジタル的に検出します。

FAST 系と SLOW 系の 2 種類のフィルタブロックで処理されます。

FAST 系でタイミングを取得とパイルアップリジェクト (Pile up Reject) を行います。

SLOW 系でポールゼロ キャンセル (Pole zero Cancel)、ベースライン レストアラ (Baseline Restorer) 処理後エネルギー解析を行います。

FPGA に取り込んだプリアンプ信号や台形波形成処理信号は DAC (Digital Analog Converter) で出力し、デジタルオシロスコープにて動作確認できます。

DSP への設定やデータの取得は、付属の DSP アプリケーション (以下本アプリ) で行います。本アプリは Windows 上で動作します。付属アプリ以外にも、コマンドマニュアルを元にプログラミングすることも可能です。DSP との通信は TCP/IP や UDP でのネットワーク通信のみため、特別なライブラリは使用せず、Windows 以外の環境でもご使用頂けます。

## 2. 仕様

### (1) アナログ入力

・チャンネル数	16CH
・入力レンジ	±2V ※±12V 入力保護回路有り
・入力インピーダンス	1kΩ
・コースゲイン	×1、×2、×5、×10
・周波数帯域	DC~25MHz
・初段微分回路	固定 6.8μs ※仕様により変更可能
・アッテネータ	無しまたは 1/10 ※基板上ジャンパ設定

### (2) ADC

・サンプリング周波数	100MHz
・分解能	16bit
・入力レンジ	±2V
・ベースラインノイズ	0.104mV (1.7 LSB Rms)
・分解能	1.70keV@1.33MeV (代表値)
・スペクトルブローデニング	12%以下 (1kcps~100kcps)
・スループット	200kcps 以上
・積分非直線性	±0.025% (typ)
・ピークシフト	THD
・ドリフト特性	THD
・パルスベア分解能	1.25× (Risetime + Flat top Time) ※目安

### (3) MCA

・ADC ゲイン	16384、8192、4096、2048、1024、512、256 チャンネル
・動作モード	ヒストグラムモード、リストモード、波形モード
・イベント転送レート	約 20MByte/秒。1 イベント 16Byte (128Bit) の場合

### (4) オプション

・list-pileup-wave	パイルアップ検知時パイルアップ波形データをリストデータに付加
・list-wave	リストデータに選択した CH の波形データを付加

## (5) デジタルパルスシェイピング

- FAST 系微分時定数 ext, 20, 50, 100, 200ns
- FAST 系積分時定数 ext, 20, 50, 100, 200ns
- SLOW 系 Rise time  $0.05\mu\text{s}\sim 8\mu\text{s}$
- SLOW 系 Flat top time  $0.01\mu\text{s}\sim 2\mu\text{s}$
- デジタル course gain  $\times 1, \times 2, \times 4, \times 8, \times 16, \times 32, \times 64, \times 128$
- デジタル Fine gain  $\times 0.333 \sim \times 1.0$
- トリガータイミング LET ( Leading Edge Timing ) 、 CFD ( Constant Fraction Discriminator Timing )
- デジタル CFD 39.0625ps 時間分解能
- デジタル Pole zero cancel、デジタル Baseline Restorer、デジタル Pile up Reject
- LLD ( Low Level Discriminator )
- ULD ( Upper Level Discriminator )

## (6) 通信インターフェース

- LAN TCP/IP Gigabit Ethernet 1000Base-T、データ転送用  
UDP コマンド送受信

## (7) 消費電流

※APV8016A の場合、他はこれ以下です。

- +5V 4.0A (最大)
- +12V 2.0A (最大)
- 12V 0.4A (最大)

## (8) 形状

- VME 型 (VME6U) APV8016A
- ユニット型 APU8016A

## (9) 外径寸法

- VME 型 (VME6U) 20 (W)  $\times$  262 (H)  $\times$  187 (D) mm
- ユニット型 300 (W)  $\times$  56 (H)  $\times$  335 (D) mm

## (10) 重量

- VME 型 (VME6U) 約 400g
- ユニット型 約 3100g

## (11) PC 環境

- OS Windows 7 以降、32bit 及び 64bit 以降
- ネットワークインターフェース
- 画面解像度 Full HD (1920 $\times$ 1080) 以上推奨

### 3. 外観

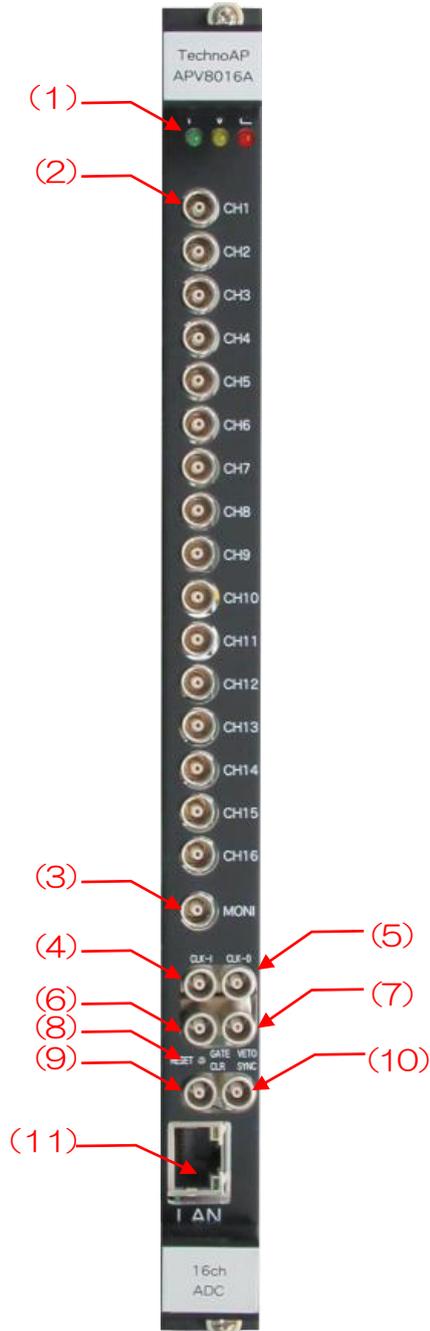


写真 1 APV8016A (基板 APV8016A4)

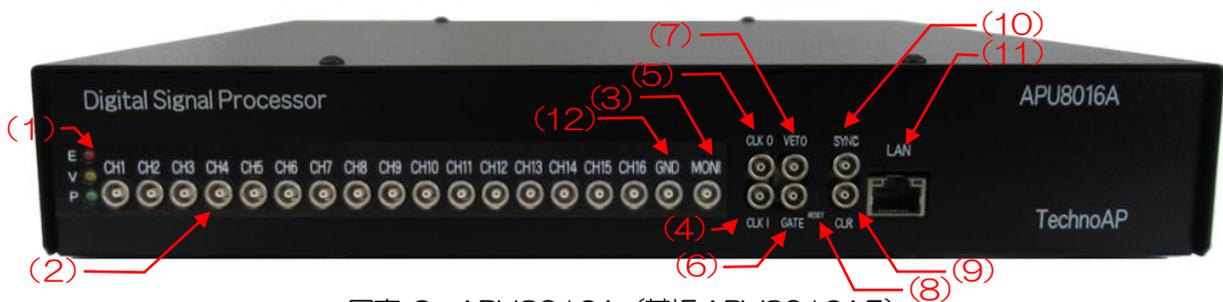


写真 2 APU8016A (基板 APV8016A5)

- |      |          |   |
|------|----------|---|
| (1)  | LED      | P (緑色) は電源 ON 時点灯、V (橙色) と E (赤色) は未使用。   |
| (2)  | CH1~CH16 | 信号入力用 LEMO 社製 00.250 互換コネクタ。入力レンジは±1V、コースゲインはアプリから×1、×4、×10、×20 を選択、入力インピーダンスは 1kΩ。   |
| (3)  | MONI     | モニター出力用 LEMO 社製 00.250 互換コネクタ。選択した 1CH の DSP 処理中の信号等を DAC 出力します。  |
| (4)  | CLK-I    | 外部クロック信号入力用 LEMO 社製 00.250 互換コネクタ。外部クロックを使用して外部機器と同期を取ることができます。使用時は 25MHz、Duty サイクル 50% の LVTTTL または TTL 信号を入力してから電源を投入します。 |
| (5)  | CLK-O    | 外部クロック信号出力用 LEMO 社製 00.250 互換コネクタ。外部機器と同期を取ることができます。25MHz、Duty サイクル 50% の LVTTTL 信号を出力します。                                  |
| (6)  | GATE     | 外部ゲート信号入力用 LEMO 社製 00.250 互換コネクタ。LVTTTL または TTL 信号を入力します。入力が High の間データの取得を有効にします。  |
| (7)  | VETO     | 外部 VETO (ベト) 信号入力用 LEMO 社製 00.250 互換コネクタ。LVTTTL または TTL 信号を入力します。High の間データの取得を無効にします。                                      |
| (8)  | RESET    | リセットボタン。3 秒以上長押しで本機器をリセットします。   |
| (9)  | CLR      | 外部クリア信号入力用 LEMO 社製 00.250 互換コネクタ。LVTTTL または TTL ロジック信号を入力します。High の立ち上がりエッジでイベント検知時の時間情報であるカウンタデータをクリアします。                  |
| (10) | SYNC     | 時間補正入力用 LEMO 社製 00.250 互換コネクタ。LVTTTL または TTL 信号を入力します。計測開始時に他ボードとの時間情報クリアに使用します。  |
| (11) | LAN      | イーサネットケーブル用 RJ45 コネクタ。1000Base-T。   |
| (12) | GND      | GND 用 LEMO 社製 00.250 互換コネクタ。  |

### 3. 1. 基板上設定

本機器基板上の下写真の各枠内シルクを参照の上、各CH入力に関する設定をします。

#### 3. 1. 1. 基板APV8016A5の場合

(1) 青枠 初段微分回路ジャンパ。

ジャンパ有りは有効 抵抗フィードバック型プリアンプ向け (デフォルト)。

ジャンパ無しは無効 トランジスタリセット型プリアンプ向け。

下写真、上段青枠のJP1 は片方のみ挿した状態なのでジャンパ無しになり、下段青枠のJP3 は両方挿してあるのでジャンパ有りになる。

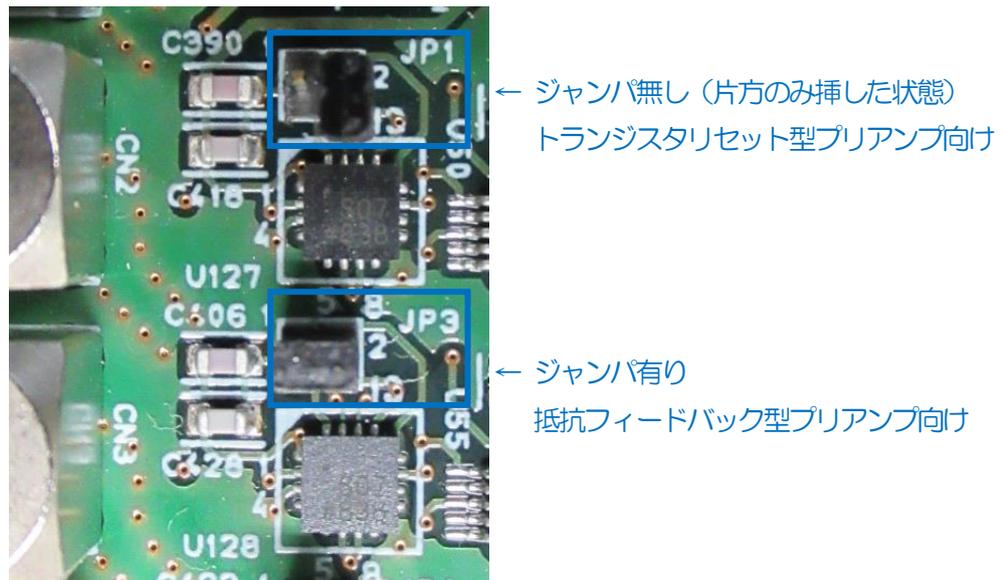
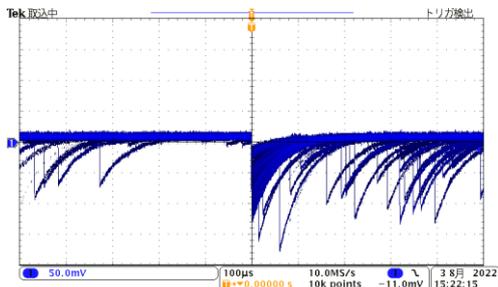
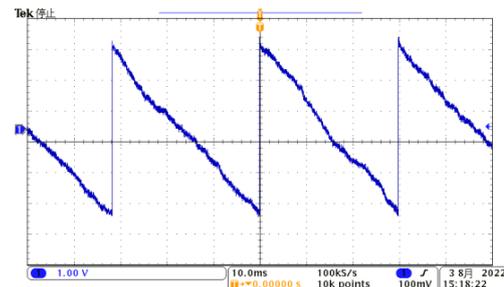


写真 3 APV8016A5 基板 CH1 及びCH2 入力部

抵抗フィードバック型プリアンプ出力例



トランジスタリセット型プリアンプ出力例



(2) 橙枠 クロック設定。

外部クロックを使用して動作させる場合は、下写真左側のようにジャンパ（2番と3番をジャンパ及び4番と5番をジャンパ）を設定し、25MHz、Duty50%のLVTTTLまたはTTLクロック信号を、フロントパネルCLK-Hのコネクタへ入力した状態で電源をONにします。

内部クロックで動作させる場合は、下写真右側のようにジャンパ（1番と2番をジャンパ及び5番と6番をジャンパ）を設定し、電源をONにします。

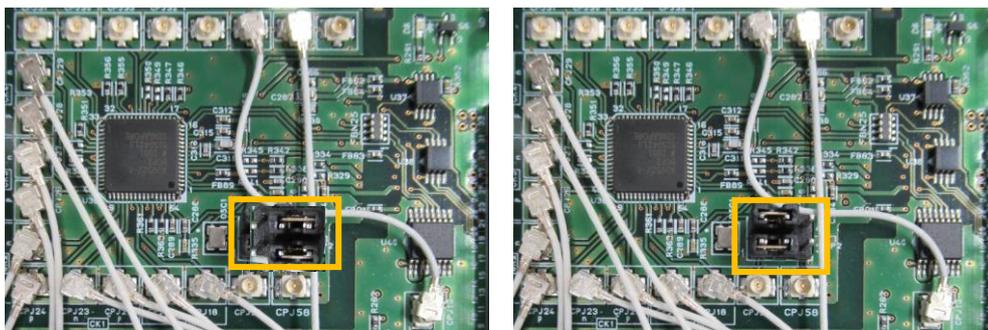


写真 4 クロック設定。左側：外部クロック、右側：内部クロック

## 4. アプリケーションのインストールとネットワーク設定

### 4. 1. アプリケーションのインストール

本アプリはWindows上で動作します。ご使用の際は、使用するPCに本アプリのEXE（実行形式）ファイルとNational Instruments社のLabVIEWランタイムエンジンをインストールする必要があります。本アプリのインストールは、付属CDに収録されているインストーラによって行います。インストーラには、EXE（実行形式）ファイルとLabVIEWのランタイムエンジンが含まれており、同時にインストールができます。インストール手順は以下の通りです。

- (1) 管理者権限でWindowsへログインします。
- (2) 付属CD-ROM内Installerフォルダ内のSetup.exeを実行します。対話形式でインストールを進めます。デフォルトのインストール先は“C:\TechnoAP”です。このフォルダに、本アプリの実行形式ファイルAPP8016A.exeと設定値が保存された構成ファイルconfig.iniがインストールされます。
- (3) スタートボタン - TechnoAP - APP8016A を実行します。

尚、アンインストールはプログラムの追加と削除からAPP8016Aを選択して削除します。

### 4. 2. 接続

本機器とPCをイーサネットケーブルで接続します。PCによってはクロスケーブルをご使用ください。ハブを使用する場合はスイッチングハブをご使用ください。

### 4. 3. ネットワークのセットアップ

本機器と本アプリの通信状態を下記の手順で確認します。

- (1) PC の電源を ON にし、PC のネットワーク情報を変更します。以下は変更例です。

IP アドレス                    192.168.10.2 ※本機器割り当て以外のアドレス  
 サブネットマスク            255.255.255.0  
 デフォルトゲートウェイ    192.168.10.1

- (2) VME ラックの電源を ON にします。電源投入後 10 秒程待ちます。

- (3) PC と本機器の通信状態を確認します。Windows のコマンドプロンプトにて ping コマンドを実行し、本機器と PC が接続できるかを確認します。本機器の IP アドレスは基板上またはユニットの背面にあります。工場出荷時の本機器のネットワーク情報は以下の通りです。

IP アドレス                    192.168.10.128  
 サブネットマスク            255.255.255.0  
 デフォルトゲートウェイ    192.168.10.1

> ping 192.168.10.128

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 10.0.19042.1083]
(c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Administrator>ping 192.168.10.128

192.168.10.128 に ping を送信しています 32 バイトのデータ:
192.168.10.128 からの応答: バイト数 =32 時間 <1ms TTL=32

192.168.10.128 の ping 統計:
    パケット数: 送信 = 4, 受信 = 4, 損失 = 0 (0% の損失)、
    ラウンドトリップの概算時間 (ミリ秒):
        最小 = 0ms、最大 = 0ms、平均 = 0ms

C:\Users\Administrator>
  
```

図 2 通信接続確認 ping コマンド実行

- (4) 本アプリを起動します。デスクトップ上のショートカットアイコン APP8016A または Windows ボタンから APP8016A を検索して起動します。

本アプリを起動した時に、本機器との接続に失敗した内容のエラーメッセージが表示される場合は、後述のトラブルシューティングを参照ください。

## 5. アプリケーション画面

### 5. 1. 起動画面

本アプリを実行すると、以下の起動画面が表示されます。

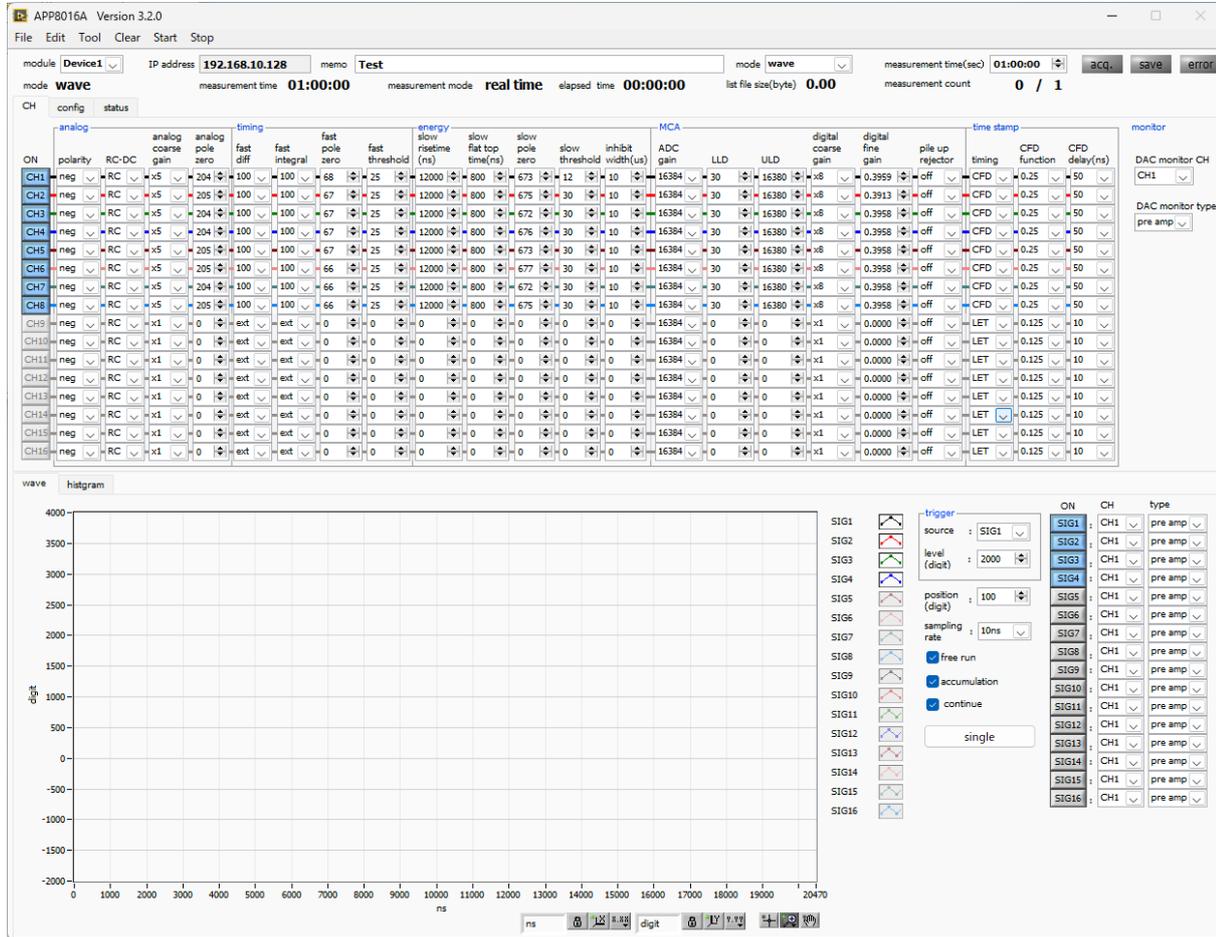


図 3 起動画面（オプション構成や更新により画像が異なる場合があります）

#### ・メニュー

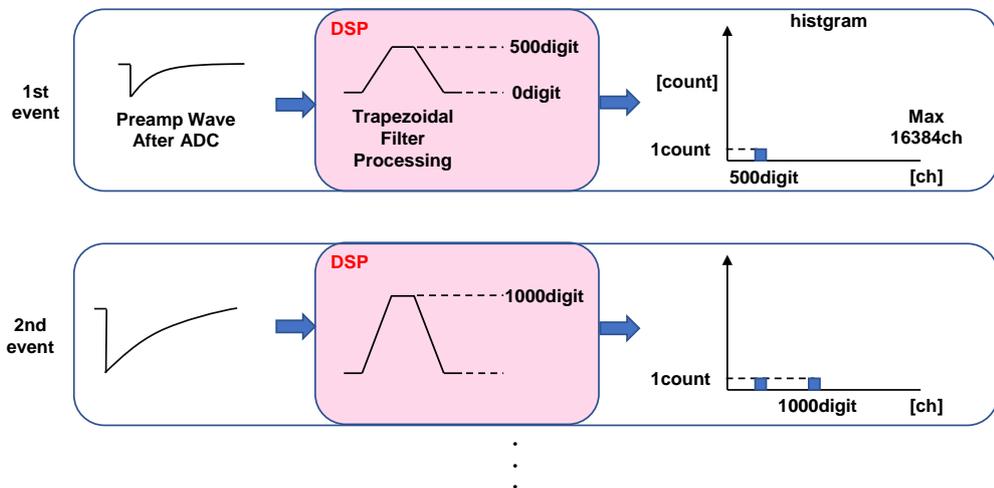
- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| File - open config                        | 設定ファイルの読み込み。                    |
| File - open histogram                     | ヒストグラムデータファイルの読み込み。             |
| File - save config                        | 現在の設定をファイルに保存。                  |
| File - save histogram                     | 現在のヒストグラムデータをファイルに保存。           |
| File - save image                         | 本アプリ画面をPNG形式画像で保存。              |
| File - reconnect                          | 再接続。                            |
| File - quit                               | 本アプリ終了。                         |
| Edit - copy setting of CH1                | CHタブ内のCH1の設定を他の全CHの設定に反映。       |
| Edit - copy setting of CH1 to all modules | CHタブ内のCH1の設定を他の全モジュール全CHの設定に反映。 |
| Edit - IP configuration                   | 本機器のIPアドレスを変更。                  |

- Tool - auto analog polezero 自動 analog polezero 画面表示。自動的に analog polezero の調整をします。
- Tool - gauss fit analysis ガウスフィット画面表示。指定ピークにガウスフィッティングを実行し、半値幅解析などを行います。
- Tool - peak search analysis ピークサーチ画面表示。ヒストグラムデータに対してピーク検出を実行し、半値幅解析などを行います。

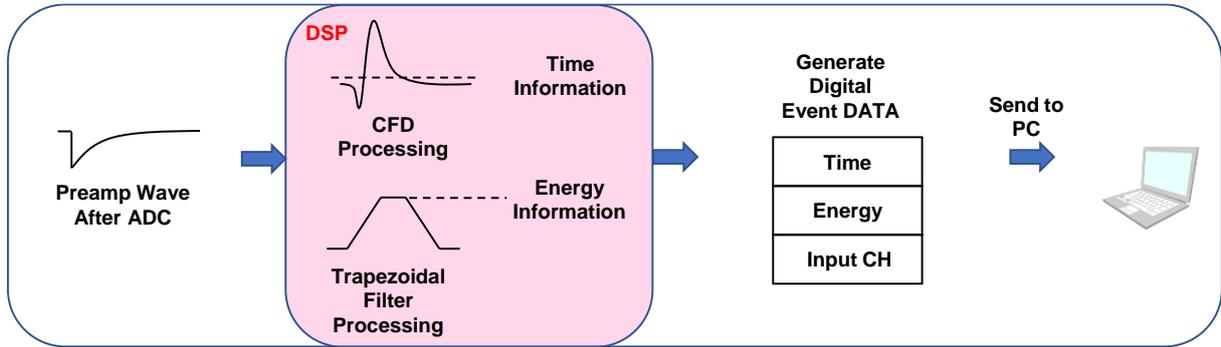
- Config 本機器へ全項目を設定。
- Clear 本機器内のヒストグラムデータを初期化。
- Start 本機器へ計測開始。
- Stop 本機器へ計測停止。

• タブ

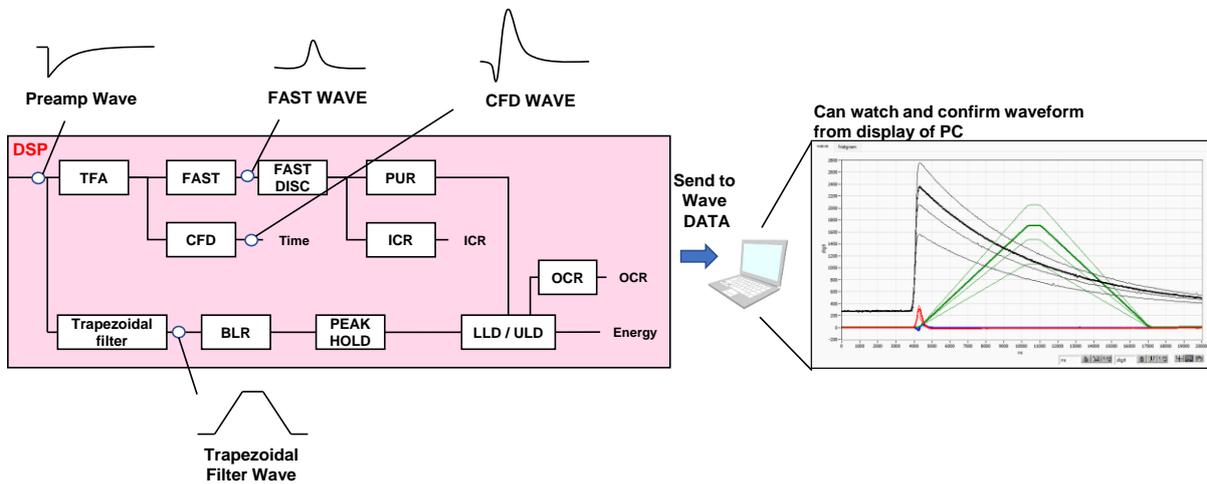
- CH 各入力 CH に関する設定。
  - config 入力 CH 以外の設定及び保存や計測に関する設定。
  - option (オプション) 追加オプション有りの場合に表示。
  - status 各 CH の計数率や各 ROI 間の計算結果を表示。
  - wave 波形データの表示。
  - histogram ヒストグラム表示、ROI (Region Of Interest) の設定。
- 
- module 計測対象とする機器を選択。
  - IP address IP アドレス。構成ファイルにて定義し、module で選択した DSP の IP アドレスを表示。
  - memo 任意テキストボックス。計測データ管理用にご使用ください。
  - mode 動作モードです。以下のモードから選択します。
    - histogram ヒストグラムモード。プリアンプ出力信号の波高値 (SLOW 系フィルタの波高値) を最大 16384 の ch に格納し、横軸エネルギー、縦軸カウン트의ヒストグラムを取得します。



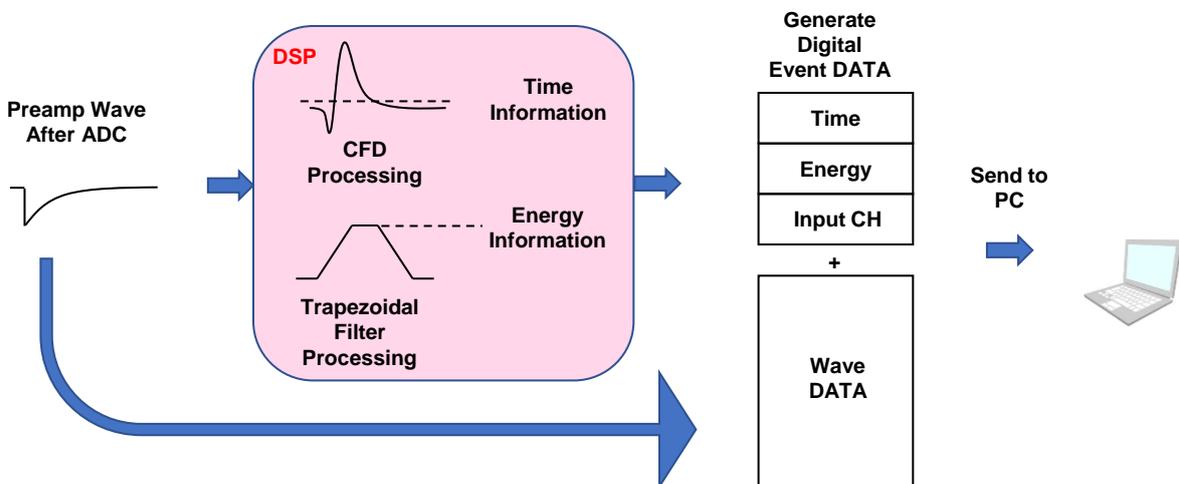
- list リストモード。プリアンプ出力信号のタイムスタンプと波高値と CH 番号を 1 つのイベントデータとして、連続的に PC ヘデータを転送します。



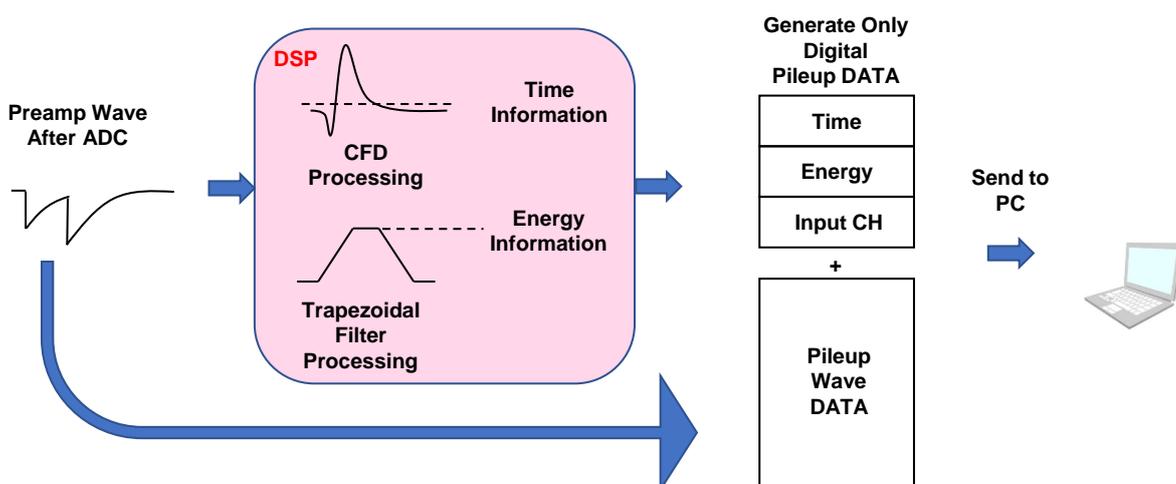
- wave オシロスコープのように信号処理中の波形データを確認できます。



- list-wave (オプション) リストデータ中に wave 波形データも取得できます。



- list-pup-wave (オプション) リストデータ中にパイルアップした波形データのみ取得できません。



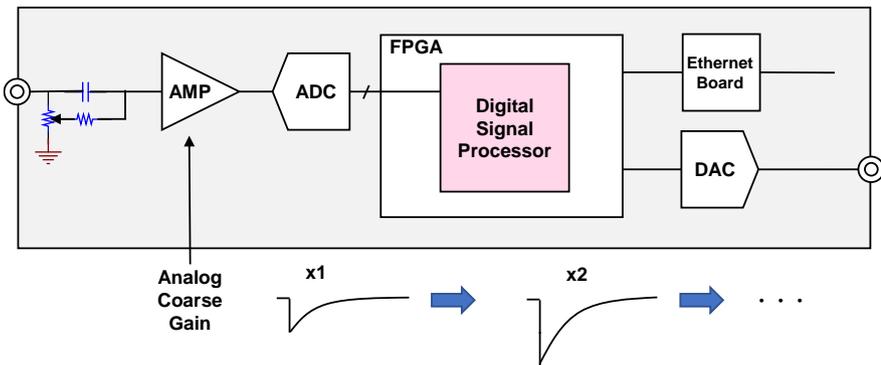
measurement time	計測時間。設定範囲は 00:00:00 から 781:00:00 です。
acq. LED	計測中に点滅。
save LED	データ保存中に点滅。
error LED	エラー発生時点灯。
mode	動作モード。設定中動作モード名称を表示。
measurement time	設定した計測時間。
measurement mode	計測モード。real time または live time を表示。
elapsed time	計測経過時間。
file size(byte)	イベントデータの保存中のファイルの容量 (Byte) を表示。
measurement count	現在の計測回数/総計測回数を表示。総計測回数は、後述の config タブ内、auto stop condition 部内で指定します。

## 5. 2. CHタブ

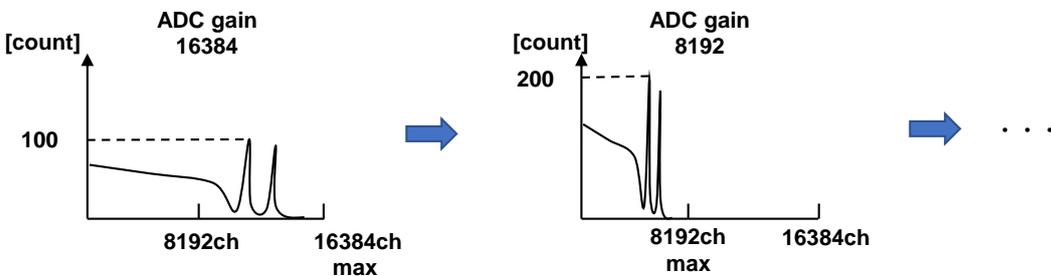
CH	config	status	analog										energy										MCA										time stamp			monitor
ON	polarity	RC-DC	analog coarse gain	analog pole zero	fast diff	fast integral	fast pole zero	fast threshold	slow risetime (ns)	slow flat top time(ns)	slow pole zero	slow threshold	inhibit width(μs)	ADC gain	LLD	ULD	digital coarse gain	digital fine gain	pile up rejector	timing	CFD function	CFD delay(ns)	DAC monitor CH													
CH1	neg	RC	x5	204	100	100	68	25	12000	800	673	12	10	16384	30	16380	x8	0.3959	off	CFD	0.25	50	CH1													
CH2	neg	RC	x5	205	100	100	67	25	12000	800	675	30	10	16384	30	16380	x8	0.3913	off	CFD	0.25	50														
CH3	neg	RC	x5	204	100	100	67	25	12000	800	672	30	10	16384	30	16380	x8	0.3958	off	CFD	0.25	50														
CH4	neg	RC	x5	204	100	100	67	25	12000	800	676	30	10	16384	30	16380	x8	0.3958	off	CFD	0.25	50														
CH5	neg	RC	x5	205	100	100	67	25	12000	800	673	30	10	16384	30	16380	x8	0.3958	off	CFD	0.25	50														
CH6	neg	RC	x5	205	100	100	66	25	12000	800	677	30	10	16384	30	16380	x8	0.3958	off	CFD	0.25	50														
CH7	neg	RC	x5	204	100	100	66	25	12000	800	672	30	10	16384	30	16380	x8	0.3958	off	CFD	0.25	50														
CH8	neg	RC	x5	205	100	100	66	25	12000	800	675	30	10	16384	30	16380	x8	0.3958	off	CFD	0.25	50														
CH9	neg	RC	x1	0	ext	ext	0	0	0	0	0	0	0	16384	0	0	x1	0.0000	off	LET	0.125	10														
CH10	neg	RC	x1	0	ext	ext	0	0	0	0	0	0	0	16384	0	0	x1	0.0000	off	LET	0.125	10														
CH11	neg	RC	x1	0	ext	ext	0	0	0	0	0	0	0	16384	0	0	x1	0.0000	off	LET	0.125	10														
CH12	neg	RC	x1	0	ext	ext	0	0	0	0	0	0	0	16384	0	0	x1	0.0000	off	LET	0.125	10														
CH13	neg	RC	x1	0	ext	ext	0	0	0	0	0	0	0	16384	0	0	x1	0.0000	off	LET	0.125	10														
CH14	neg	RC	x1	0	ext	ext	0	0	0	0	0	0	0	16384	0	0	x1	0.0000	off	LET	0.125	10														
CH15	neg	RC	x1	0	ext	ext	0	0	0	0	0	0	0	16384	0	0	x1	0.0000	off	LET	0.125	10														
CH16	neg	RC	x1	0	ext	ext	0	0	0	0	0	0	0	16384	0	0	x1	0.0000	off	LET	0.125	10														

図 4 CHタブ

ON CH 使用可否。  
 analog coarse gain アナログ粗ゲイン。1 倍、2 倍、5 倍、10 倍から選択します。取り込んだプリ  
 アンプ出力信号を回路部で増幅します。

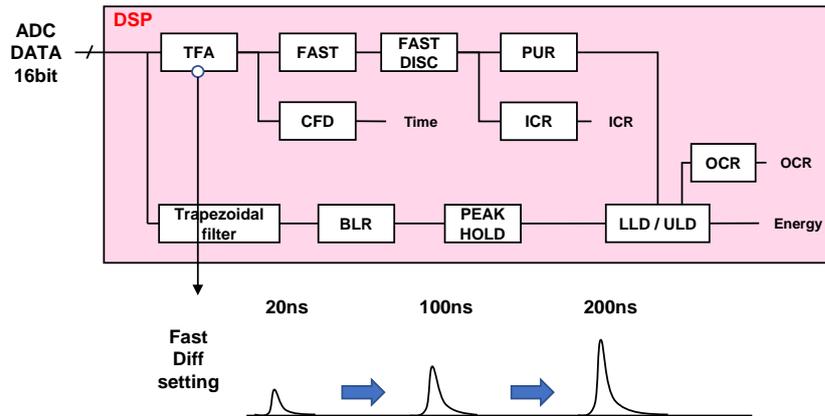


ADC gain ADC のゲイン (チャンネル)。16384、8192、4096、2048、1024、  
 512、256 チャンネル(ch)から選択します。histogram グラフの横軸の分割数  
 になります



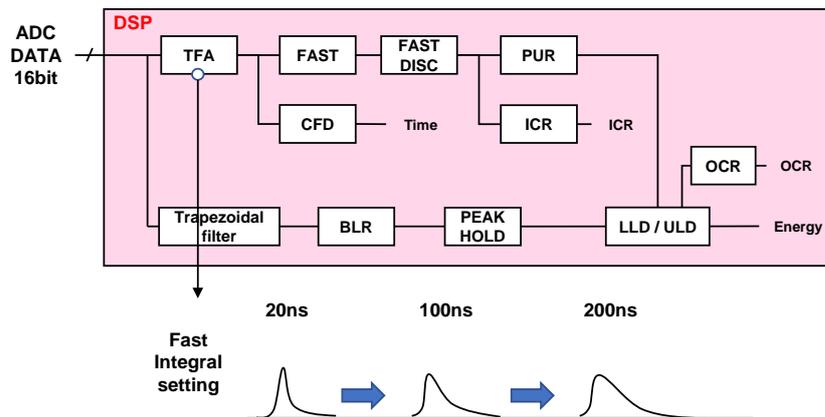
fast diff

FAST 系微分回路の定数。ext (除外、フィルタ不使用)、20、50、100、200 から選択します。立ち上がりが早い検出器の場合は、ext または 20 を選択します。Ge 半導体検出器などの場合は 100 または 200 を設定します。



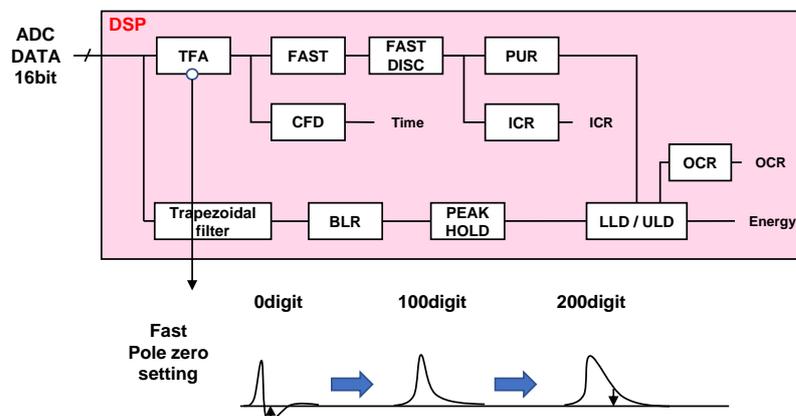
fast integral

FAST 系積分回路の定数。ext (除外、フィルタ不使用)、20、50、100、200 から選択します。立ち上がりが早い検出器の場合は、ext または 20 を選択します。Ge 半導体検出器などの場合は 100 または 200 を設定します。

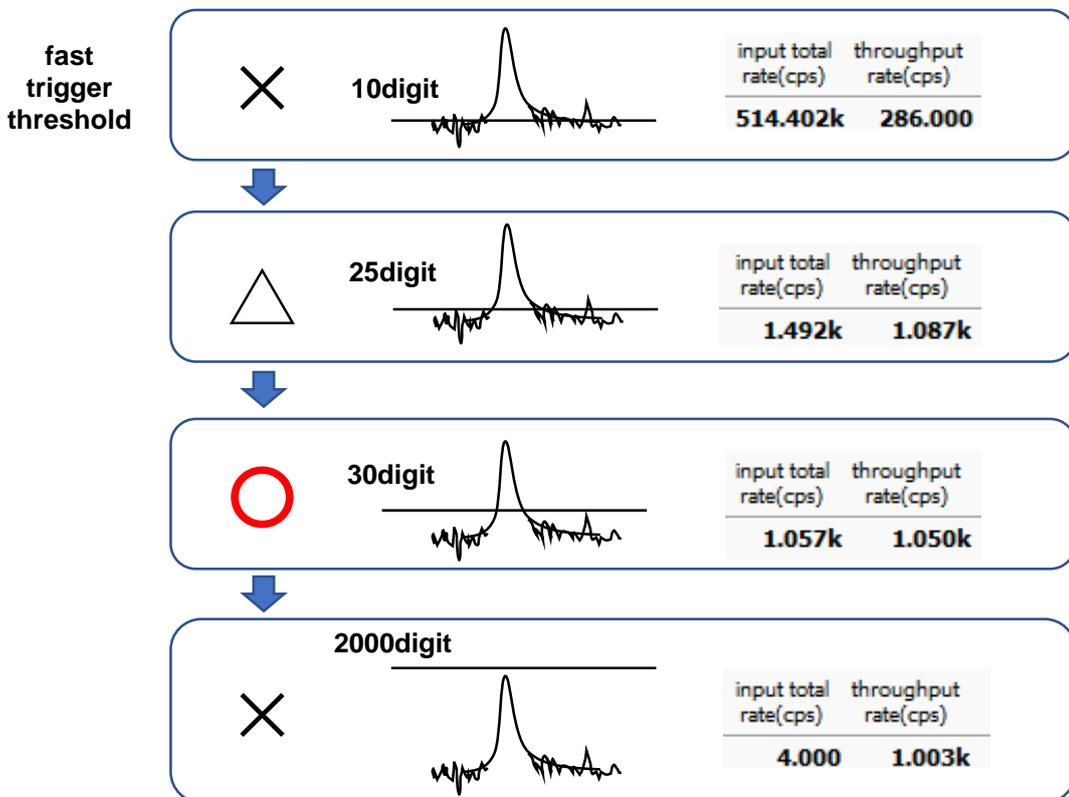
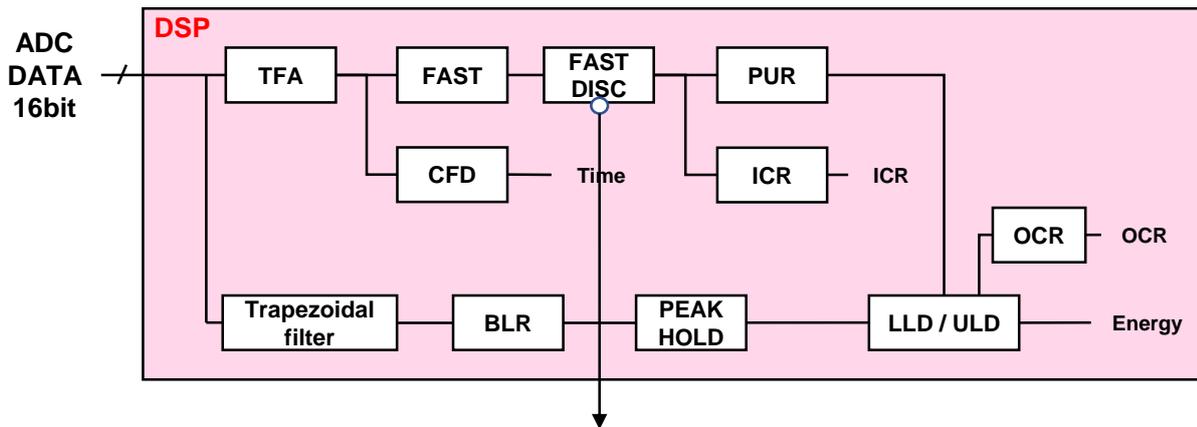


fast pole zero

FAST 系ポールゼロキャンセル設定。設定範囲は0から8192。

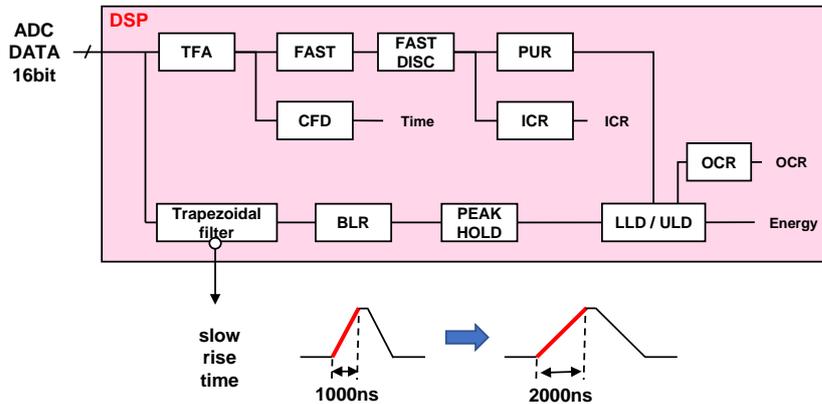


fast trigger threshold FAST 系フィルタを使用した波形取得開始のタイミングの閾値。単位は digit。設定範囲は0から1000です。デフォルト設定は50digitです。取り込んだプリアンプ出力信号を元に、タイミングフィルタアンプ回路の微分処理と積分処理をしたFAST 系フィルタ波形を生成します。その波形にて、この閾値以上になった場合に、その時点での時間情報取得タイミングやスペクトロスコピーアンプ回路での波形生成開始のタイミングを取得します。主に時間取得（タイムスタンプ）に関係します。この閾値が小さ過ぎるとノイズを検知し易くなり input total rate(cps)が増えることとなります。input total rate(cps)を見ながら、極端に数値が増えるノイズレベルの境目より数 digit 高めに設定します。



slow risetime(ns)

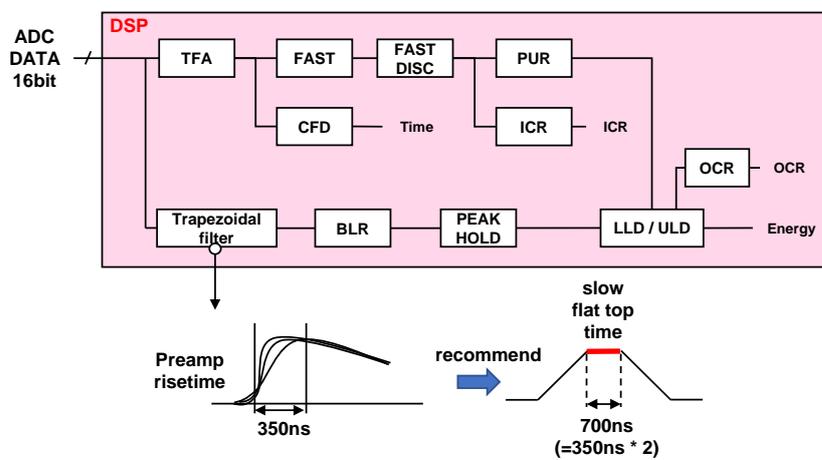
SLOW 系フィルタのライズタイム。下図の SLOW 系（台形）フィルタの上底に到達するまでの立ち上がり時間です。短い値だとエネルギー分解能は悪いがスループットは多くなり、長い値だとエネルギー分解能は良いがスループットが少なくなるという傾向があります。リニアアンプのピーキングタイムは 2.0 ~ 2.4 × 時定数になっていることが多いので、リニアアンプの時定数の 2 倍程度のライズタイムで同じような分解能を示します。デフォルト設定は 6000ns です。これはリニアアンプのシェイピングタイム 3 μs に相当します。



slow flat top time(ns)

SLOW 系フィルタのフラットトップタイム。下図の SLOW 系（台形）フィルタの上底部分の時間です。プリアンプ出力信号の立ち上がり（立ち下がり）のバラツキによる波高値の誤差を、台形の上底の長さで調整します。設定値はプリアンプ出力信号の立ち上がり（立ち下がり）時間の 0 から 100% で、最も遅い時間の 2 倍の時間を目安とします。デフォルト設定は 700ns です。この場合は立ち上がり（立ち下がり）の最も遅い時間を 350ns と想定しています。

※ DSP のスループットは以下の式ようになります。  
 ( slow rise time + slow flattoptime ) × 1.25



slow pole zero

SLOW 系ポールゼロキャンセル。SLOW 系フィルタの立ち下りアンダーシュートまたはオーバーシュートをこの値を適切に設定することで軽減することができます。デフォルト設定は680です。この値は検出器によって変わりますので、フロントパネル上 MONI 端子とオシロスコープを接続して、DAC モニタの種類で SLOW 系フィルタを選択して、SLOW 系フィルタの立ち下り部分が平坦になるように調整します。

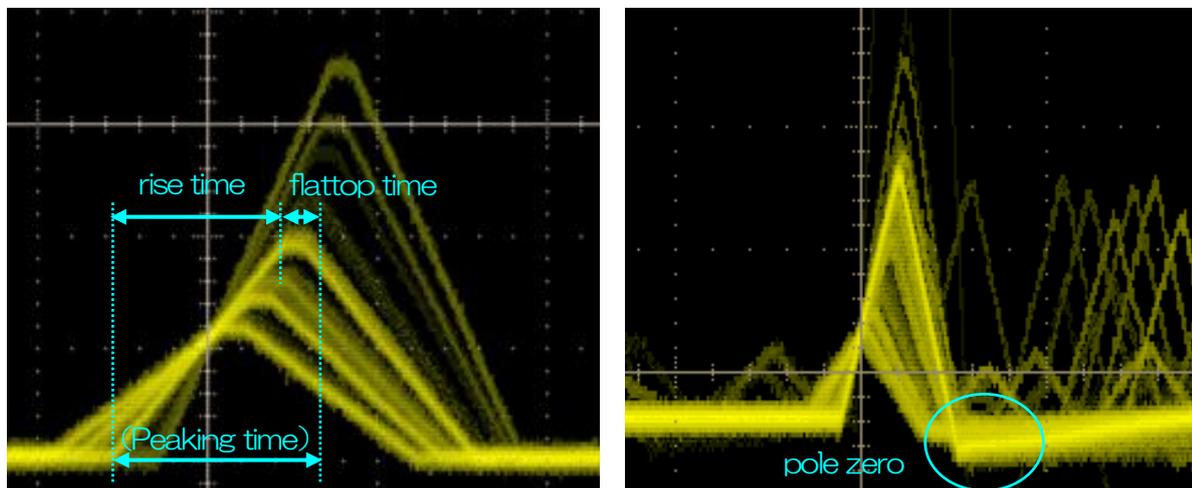
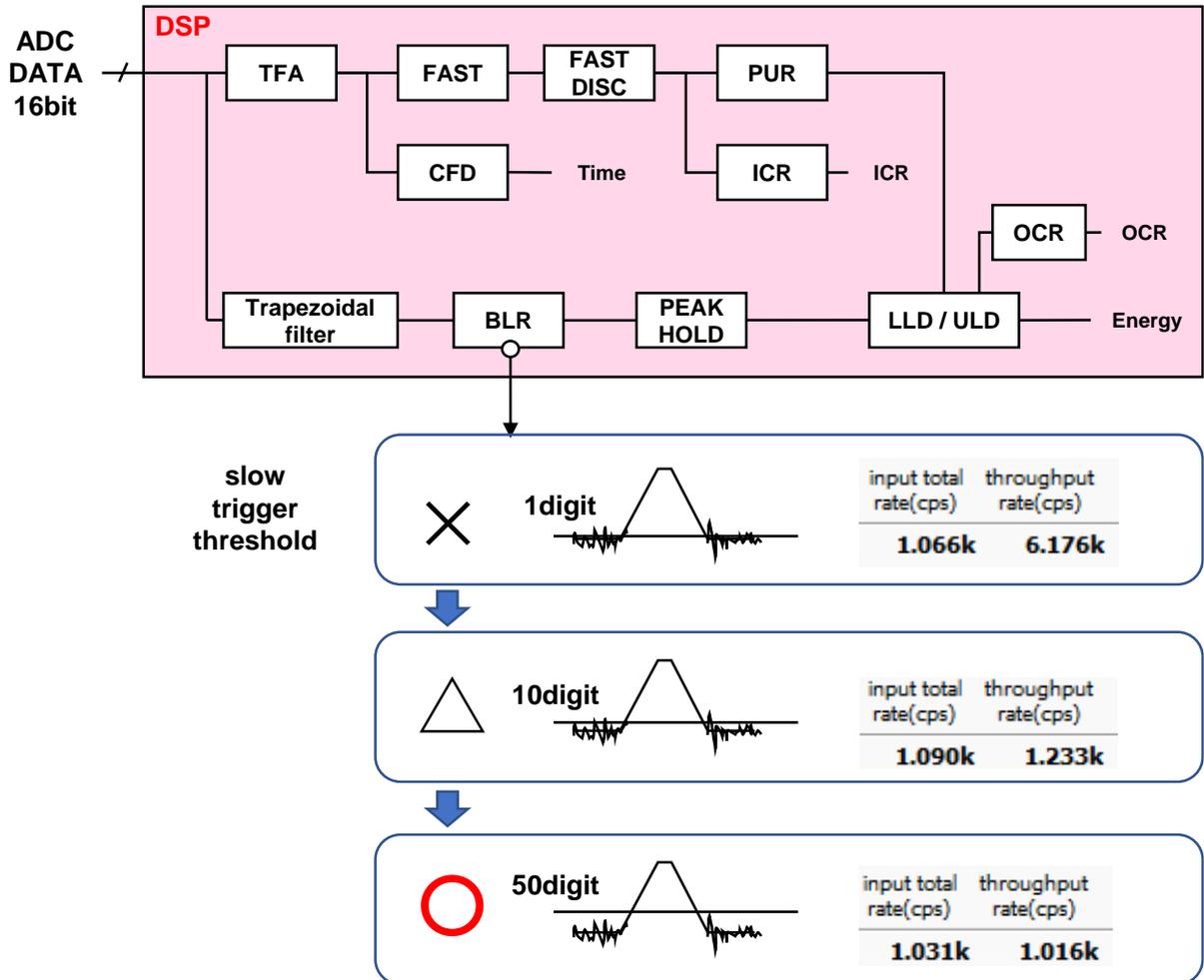


図 5 SLOW 系（台形）フィルタ

- ※ 右図はSLOW系フィルタにアンダーシュートがあり pole zero があっていない例です。この場合、slow pole zero の値を現在の設定より下げること、アンダーシュート部分が上側に持ち上がります。

slow trigger threshold Slow 系フィルタの波形取得開始のタイミングの閾値。単位は digit です。設定範囲は0から8191 です。デフォルト設定は50digit です。この値を上下させ throughput rate(cps)の増えるところであるノイズレベルより 10digit 程度以上に設定します。後述の LLD 以下に設定します。生成された SLOW 系フィルタの波形において、この閾値以上になった時に、予め設定した時間 (slow rise time + slow flattop time) における波高値を確保します。



- LLD エネルギーLLD (Lower Level Discriminator)。単位は ch です。この閾値より下の ch はカウントしません。show trigger threshold 以上かつ ULD より小さい値に設定します。
- ULD エネルギーULD (Upper Level Discriminator)。単位は ch です。この閾値より上の ch はカウントしません。LLD より大きく、ADC ゲインより小さい値に設定します。

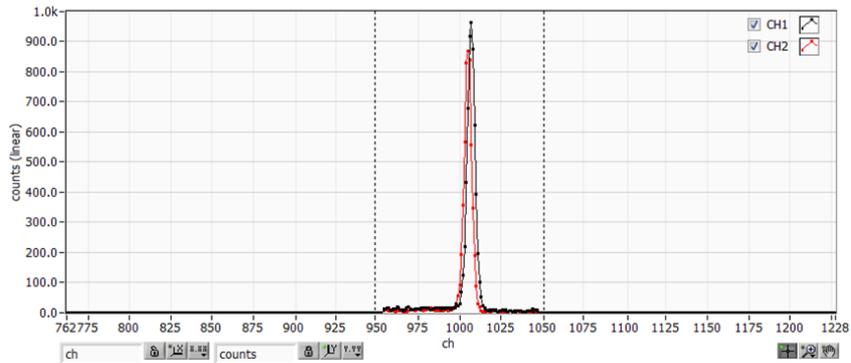


図 6 LLD と ULD の設定例

※ 上図は LLD を 955、ULD を 1045 に設定した例です。LLD より小さい部分と ULD より大きい部分が計測されないことが分かります。

pile up rejector パイルアップリジェクトの使用可否。ON の時有効。下図のように波形整形された信号の立ち上がり時間以下で生じた2つのパルスは、波形が重なり実際のピーク値とは異なる値になります。高計数下においては大きなバックグラウンドノイズになります。デジタル信号処理によりこのイベントを除外するパイルアップリジェクトを行います。対象となる時間は (risetime + flattoptime) × 1.25 でこの間に 2 つイベントがあった場合、リジェクトされます。パイルアップリジェクトの回数が多いほど、input count が複数あるのに対し、throughput count が 0 になるため、その差は大きくなります。

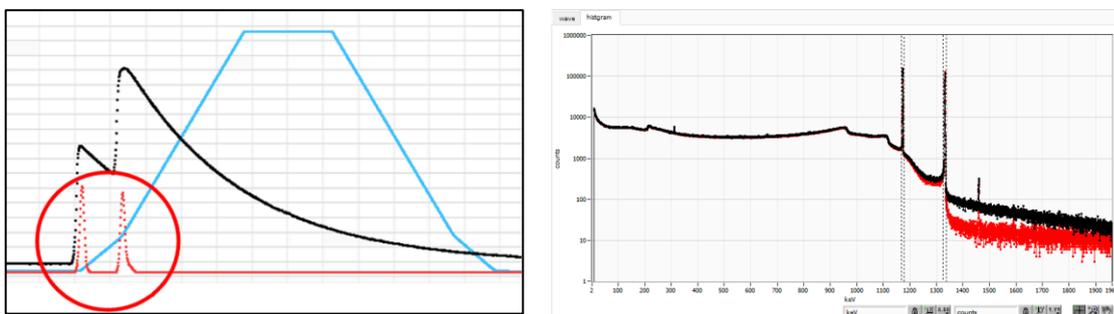
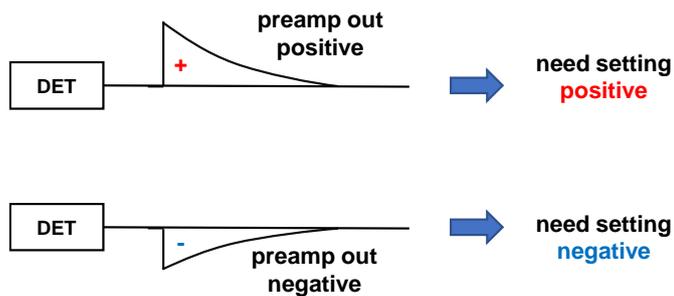


図 7 左側：パイルアップ事象、右側：黒色リジェクト無し、赤色リジェクト有り

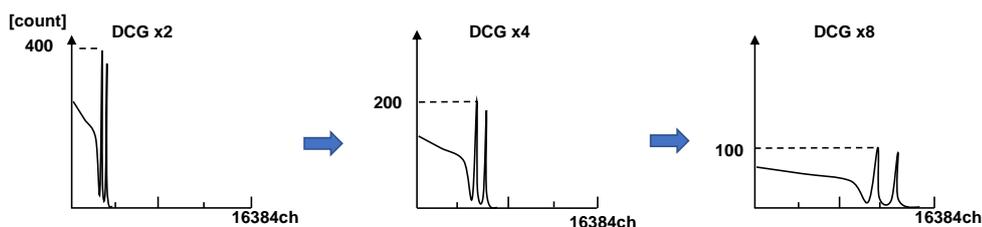
polarity

入力するプリアンプ出力信号の極性。 pos は正極性、 neg は負極性



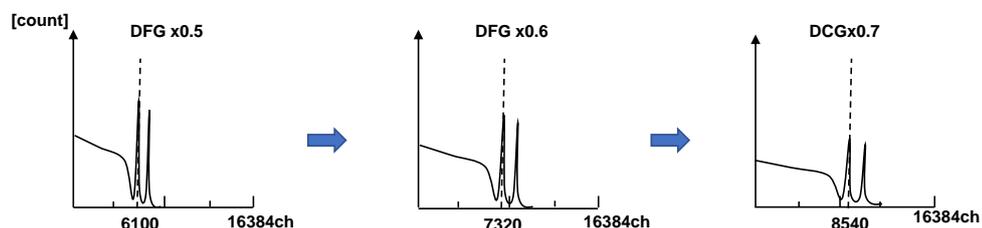
digital coarse gain

デジタル的にゲインを 1 倍、2 倍、4 倍、8 倍、16 倍、32 倍、64 倍、128 倍から選択します。台形フィルタの場合、積分回路は積和演算によって計算されます。slow rise time を大きく設定するほど積和演算の回数が増え数値が大きくなり、小さく設定するほど数値が小さくなります。この値がそのまま SLOW フィルタの値になるため補正をする必要があります。slow rise time の設定と合わせて使用します。



digital fine gain

デジタル的にファインゲインを設定します。設定範囲は 0.3333 倍から 1 倍です。digital coarse gain 同様に補正に使用します。digital coarse gain と digital fine gain の設定により SLOW 系フィルタの波高値が変わるので、結果 histogram のピーク位置調整に使用できます。



timing

イベントを検出した時間（タイムスタンプ）を決定するためのタイミング取得方法を LET（Leading Edge Timing）または CFD（Constant Fraction Discriminator Timing）から選択します。

LET：リーディングエッジタイミング（Leading Edge Timing）

あるトリガーレベル $t$ に到達したタイミングです。トリガー取得タイミングは $a'$ と $b'$ のように立ち上がりの傾きが変われば時間も異なります。

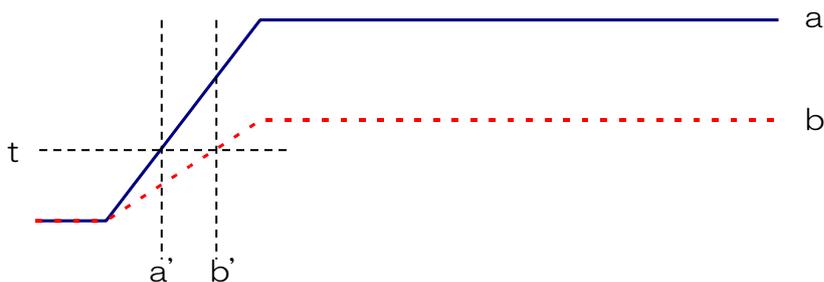


図 8 リーディングエッジ（Leading Edge Timing）の考え方

CFD：コンスタントフラクションタイミング (Constant Fraction Discriminator Timing)

下図の異なる preamp 波形 a と b に対し、以下の波形 c, d と e, f と g, h のような波形を生成します。

波形 c, d： 波形 a と b を CFD function 倍し、反転した波形

波形 e, f： 波形 a と b を CFD delay 分遅延した波形

波形 g, h： 波形 c と e を加えた波形と d と f を加えた波形

波形 g と h のゼロクロスタイミングである CFD は、波形の立ち上がり開始時間が同じであれば、波高が変化しても一定である、という特徴があります。

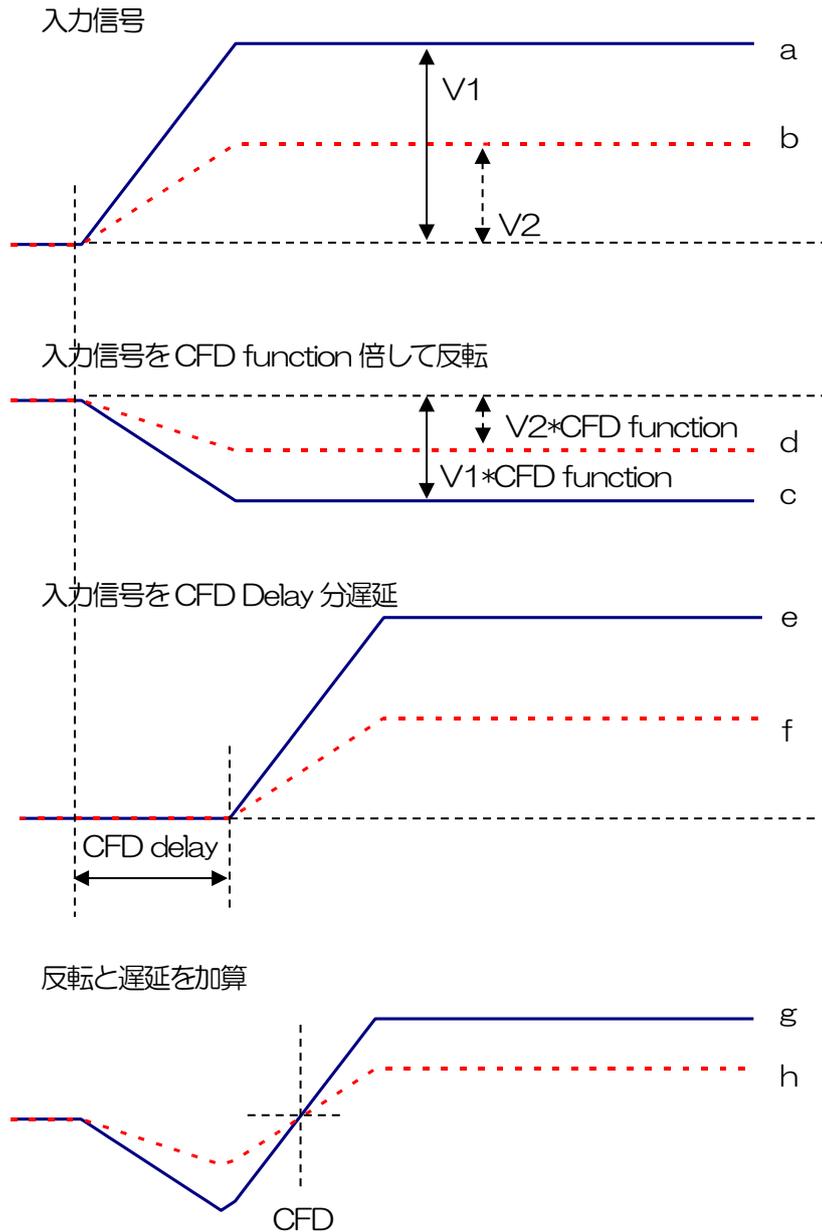
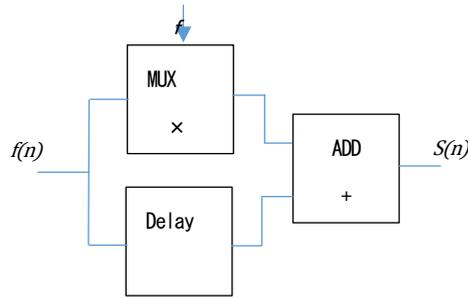


図 9 コンスタントフラクションタイミング (Constant Fraction Discriminator Timing) の考え方

コンスタントフラクシオンタイミングはFPGAによるデジタル信号処理にて実現しております。



$$s(n) = fv(n) - v(n - delay)$$

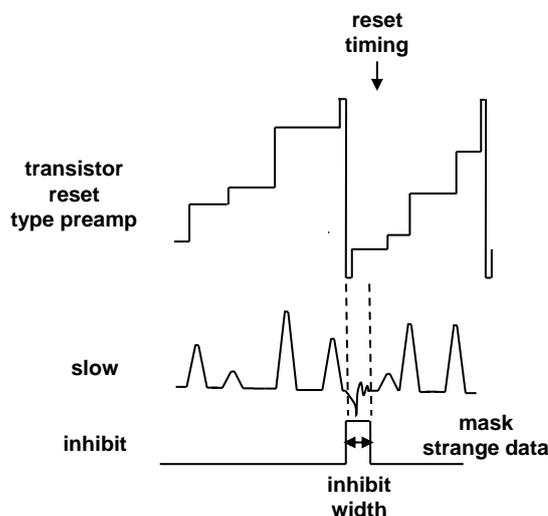
当社で開発したデジタル信号処理による時間ピックオフのアルゴリズムは、サンプリングした波形データから最小二乗法による多項式近似を用います。

$$L(a, b, c) = \sum_{i=1}^N \{y_i - (ax_i^2 + bx_i + C)\}^2$$

を最小となる a,b,c のパラメータを探してCFDであればゼロクロス点、リーディングエッジであればスレッシュホールド点の内挿を得ることで、より精密な時間情報を計算しています。

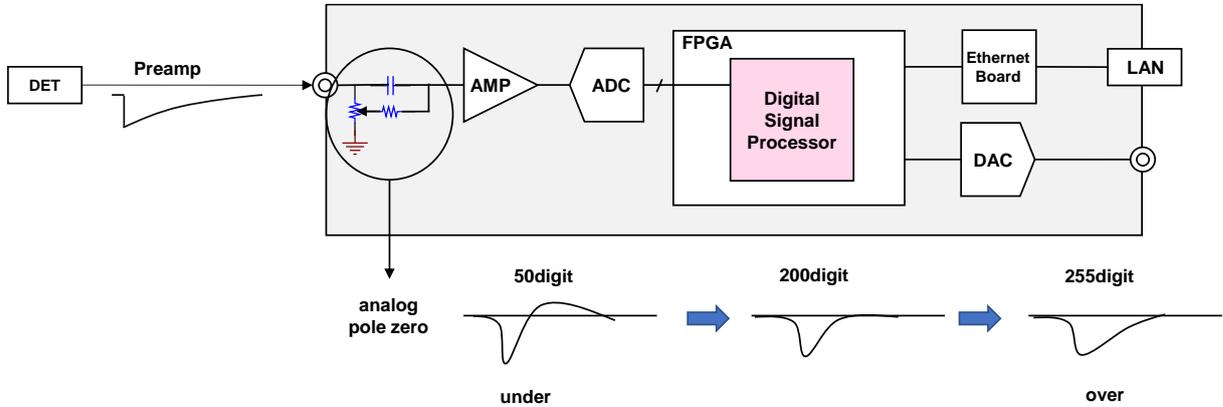
なおFPGAによりパイプライン形式で計算をすることで、一連の演算時間は約100ns以下と非常に高速に計算されるため、デッドタイムが小さく高スループットを可能としております。

- CFD function            CFD 算出用に元波形を縮小するための倍率。0.125、0.25、0.375、0.625、0.75、0.875から選択します。デフォルトは0.25から0.625倍です。
- CFD delay             CFD 算出用に元波形を遅延する時間を10、20、30、40、50、60、70、80nsから選択します。デフォルトは50から80nsです。
- inhibit width(μs)    トランジスタリセット型プリアンプ用のリセット検出時からの不感時間幅。検出器からのinhibit信号を入力せずに内部で処理し、この間の計数を行いません。



analog pole zero

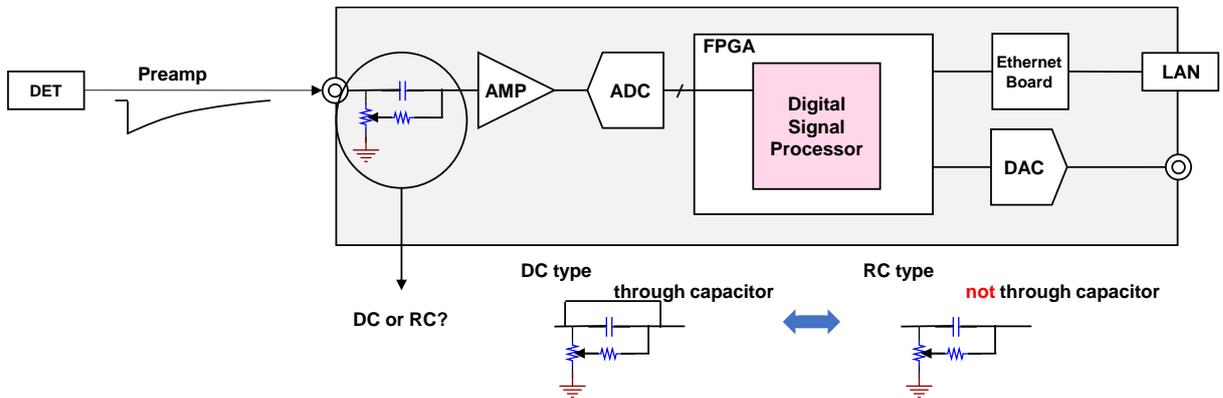
アナログポールゼロ。入力されたプリアンプ出力信号を内部で微分し、その信号の立ち下がり部分のオーバーシュートやアンダーシュートを修正する設定をします。設定範囲は0から255です。



RC-DC

初段微分回路の使用可否設定。

- RC 初段微分回路使用。通常  $6.8\mu\text{sec}$ 。検出器からの信号のディケイが目安で  $50\mu\text{sec}$  より長い場合に設定します（デフォルト）。
- DC 初段微分回路不使用。検出器からの信号のディケイが目安で  $50\mu\text{sec}$  より短い場合に設定します。



- DAC monitor CH DAC 出力を行う CH 番号選択します。選択した CH の DAC monitor type で選択した波形が MONI 端子から出力されます。
- DAC monitor type DAC 出力の波形選択。DSP 内部で処理された波形のうち、選択した種類の波形信号を MONI 端子から出力します。この信号をオシロスコープで見ることにより、DSP 内部での処理状態を確認できます。
- pre amp プリアンプ信号を微分した信号。内部に取り込んだ時点で、計測対象エネルギーレンジが 2V 以内におさまっているかの確認、アナログポールゼロ調整に使用します。
- fast FAST 系フィルタ信号
- slow SLOW 系フィルタ信号。波形整形処理後のポールゼロ調整に使用します。
- CFD CFD の信号。CFD タイミングを使用時に CFD delay や CFD function の設定状態を確認できます

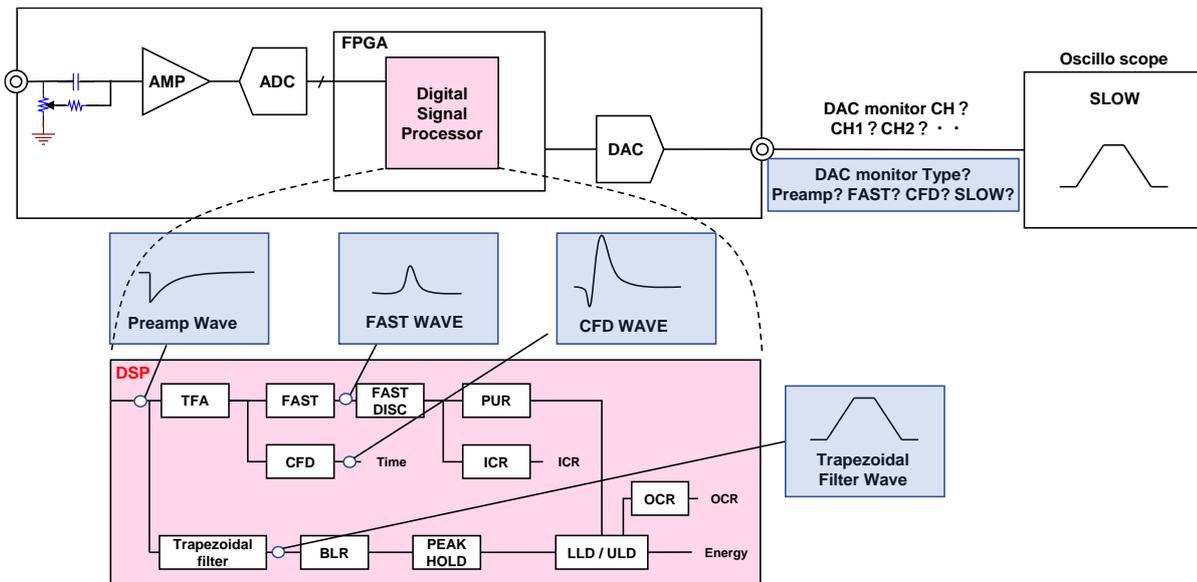


図 10 DACmonitor 簡易図

## 5. 3. config タブ

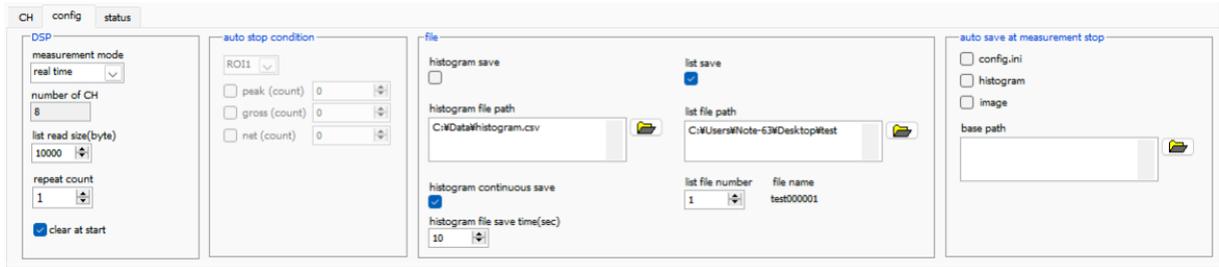


図 11 config タブ

### • DSP 部

- measurement mode real time または live time を選択します。  
 real time 予め設定した時間データを計測します。  
 live time 有効計測時間（リアルタイムとデッドタイムの差）が予め設定した時間になるまで計測します。
- number of CH 本機器の CH 数です。本機器にあった CH 数を表示します。
- clear at start 計測開始時にヒストグラムデータの初期化を実行するか否かを設定します。
- repeat count 繰り返しの計測回数を指定します。
- list read size(byte) リストモード時の最小読み込みデータ長。単位は Byte。通常は 10000 に設定します。高カウントレート時は 20000Byte として PC 側で多くのイベントを受信できるようにします。低カウントレート時に設定を下げて少ない数でイベントを受信できるようにします。

### • file 部

- histogram save 計測終了時に histogram タブに表示されているヒストグラムデータをファイルに保存します。ファイルの保存先は後述のフォーマットになります。histogram モード時のみ有効です。
- histogram file path ヒストグラムデータファイルの絶対パスを設定。拡張子無しも可能です。  
 ※注意※このファイル名で保存されるのではなく、このファイル名をもとにして以下のフォーマットになります。  
 例：histogram file path に C : ¥Data¥histogram.csv と設定し、日時が 2010/09/01 12 : 00 : 00 の場合は、  
 C : ¥Data¥histogram\_20100901\_120000.csv というファイル名でデータ保存を開始します。
- histogram continuous save ヒストグラムデータを設定時間間隔で保存するか否かを設定します。  
 ※注意※  
 処理状態により、下記で指定した間隔と実際の保存間隔にずれが生じる場合があります。簡易バックアップ用としてご使用ください。
- histo file save time (sec) ヒストグラムデータの連続保存の時間間隔を設定します。単位は秒です。設定範囲は 5 秒から 3600 秒です。
- list save リストデータをファイルに保存するか否かを設定します。リストモード選択時

のみ有効です。

list file path	リストデータファイルの絶対パスを設定。拡張子無しも可能です。 ※注意※このファイル名で保存されるのではなく、このファイル名をもとにして以下のフォーマットになります。 例：list file path に C : ¥Data¥list_bin と設定し、後述の list file number が 0 の場合は、C : ¥Data¥list_000000.bin というファイル名でデータ保存を開始します。
list file number	リストデータファイルに付加される番号の開始番号を設定します。0 から 999999 まで。999999 を超えた場合 0 にリセットされます。
file name	list file path と list file number を元に実際に保存される時にファイル名を表示します。

• auto stop condition 部

一回の計測の停止条件を指定します。以下でチェックを入れた条件の中から、いずれか一つでも停止条件が成り立つか、あるいは、計測時間に到達すると、計測が停止します。

ROI 選択	以下の各種カウントの対象となる ROI を一つ選択します。
peak(count)	上記で選択した ROI の peak(count) が、ここで指定した値以上になると、停止条件が成立します。
gross(count)	上記で選択した ROI の gross(count) が、ここで指定した値以上になると、停止条件が成立します。
net(count)	上記で選択した ROI の net(count) が、ここで指定した値以上になると、停止条件が成立します。

• auto save at measurement stop 部

計測停止毎に自動保存する対象を選択・指定します。

config.ini	チェックを入れると、構成ファイルを保存します。ファイル名の拡張子は ini と なります。
histogram data	チェックを入れると、計測停止時のヒストグラムデータをファイルに保存しま す。ファイル名の拡張子は csv と なります。
image	チェックを入れると、計測停止時に表示されていた画面全体をファイルに保存 します。ファイル名の拡張子は png と なります。 ※注意※ 上半分(CH, config, status タブ)、下半分(wave, histogram タブ)いずれも計 測停止時に選択表示されていた状態で保存されます。全てのタブの内容が保存 されるわけではないので、注意して下さい。
folder	保存先のフォルダおよびベースファイル名を指定します。ここで指定した名称 の直後に、計測停止時の日時(年月日時分秒)を示す“_YYYYMMDD_hhmmss” 形式文字列が付加され、最後にファイル種別毎の拡張子が付加されます。

## 5. 4. status タブ

CH							ROI											
CH No.	input total count	throughput count	input total rate(cps)	throughput rate(cps)	pileup rate(cps)	dead time ratio(%)	ROI No.	peak (ch)	centroid (ch)	peak (count)	gross (count)	gross (cps)	net (count)	net (cps)	FWHM (ch)	FWHM (%)	FWHM	FWTM
CH1 :	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	ROI1 :	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
CH2 :	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	ROI12 :	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
CH3 :	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	ROI13 :	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
CH4 :	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	ROI14 :	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
CH5 :	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	ROI15 :	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
CH6 :	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	ROI16 :	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
CH7 :	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	ROI17 :	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
CH8 :	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	ROI18 :	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
CH9 :	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	ROI19 :	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
CH10 :	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	ROI10 :	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
CH11 :	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	ROI11 :	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
CH12 :	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	ROI12 :	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
CH13 :	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	ROI13 :	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
CH14 :	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	ROI14 :	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
CH15 :	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	ROI15 :	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000
CH16 :	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	ROI16 :	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000

図 12 status タブ

### • CH 部

CH 毎の状況を表示します。

input total count	入力のあったイベント数。
throughput count	入力に対し処理した数。
input total rate(cps)	1 秒間の入力のあったイベント数。
throughput rate(cps)	1 秒間の入力に対し処理した数。
pileup rate(cps)	1 秒間のパイルアップカウント数。
dead time ratio(%)	デッドタイムの割合。取り込み毎の瞬時値。

### • ROI 部

ROI 間の算出結果を表示します。

peak(ch)	最大カウントの ch。
centroid(ch)	全カウントの総和から算出される中心値(ch)。
peak(count)	最大カウント。
gross(count)	ROI 間のカウントの総和。
gross(cps)	gross(count) ÷ 計測経過時間。
net(count)	ROI 間のバックグラウンドを差し引いたカウントの総和。
net(cps)	net(count) ÷ 計測経過時間。
FWHM(ch)	半値幅(ch)。
FWHM(%)	半値幅(%)。半値幅 ÷ ROI 定義エネルギー × 100。
FWHM	半値幅。
FWTM	1/10 幅。

## 5. 5. waveタブ

本機器内部での信号処理の状態を本アプリにて波形データとして取得することが可能です。計測前の信号処理調整の際、MONI 端子からの preamp や slow 信号をオシロスコープで確認しますが、本機能でも同様のことが可能です。

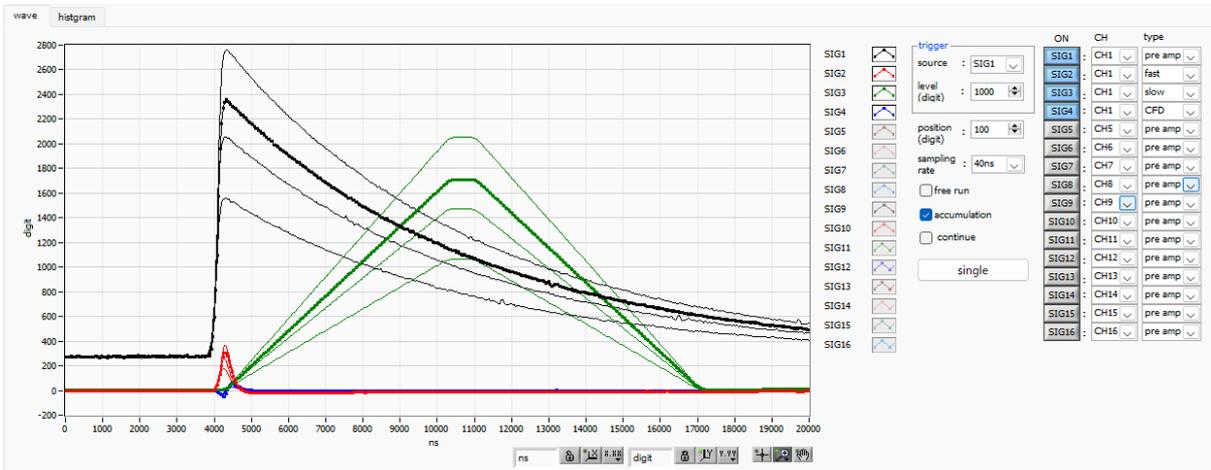


図 13 waveタブ

**グラフ** 波形グラフ。config タブ内 mode にて wave を選択した場合、計測中に波形データを表示します。

• trigger 部

- source トリガースource。トリガをかける波形番号を選択します。
- level(digit) トリガーレベルを設定します。オシロスコープの立ち上りエッジトリガーと同じようなイメージです。この閾値を超えたところでトリガーがかり、波形データが取得されます。
- position(ns) トリガーポジションを設定します。トリガーがかかる以前の波形データが必要な場合などに設定します。
- sampling rate サンプリング周波数を設定します。サンプリング間隔時間を 10ns、20ns、40ns、80ns、160ns、320ns、640ns、1280ns、2560ns、5120ns から選択します。
- free run トリガーレベルとは関係無く波形を取得します。
- accumulation 数回分の波形データの重ね合わせの有効・無効を選択します。
- continue 連続波形取り込みを選択します。
- single シングルトリガー取り込みを実行します。
- ON 波形の表示可否を設定します。
- type CH 及び波形の種類を選択します。
  - preamp プリアンプ信号。
  - fast FAST 系フィルタ信号。
  - slow SLOW 系フィルタ信号。
  - CFD CFD の信号。

## 5. 6. (オプション) option タブ

下記オプション機能を追加することが可能です。

### 5. 6. 1. (オプション) list-pileup-wave 部

list-pup-wave モード中にパイルアップを検知した場合、list データの中にパイルアップ有無の情報を含め、list データの後にパイルアップしている波形データを付加します。

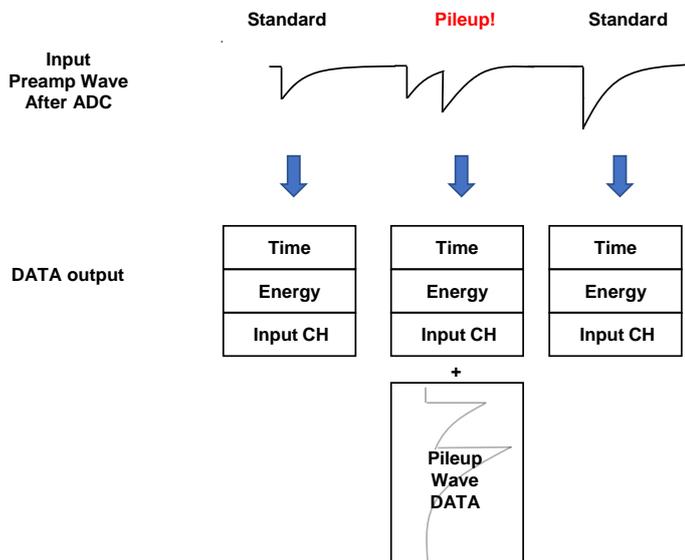


図 14 データ取得簡易図

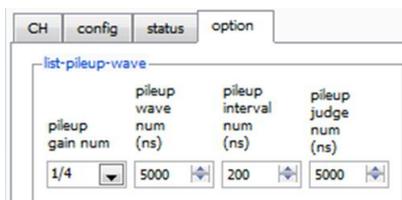
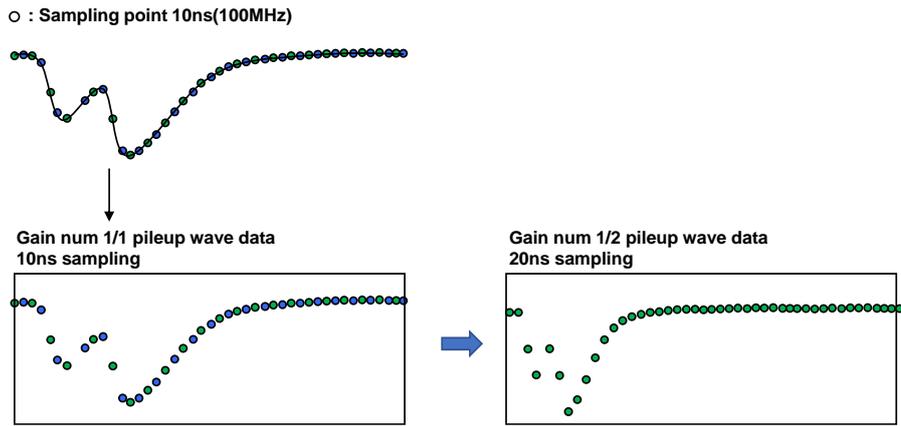
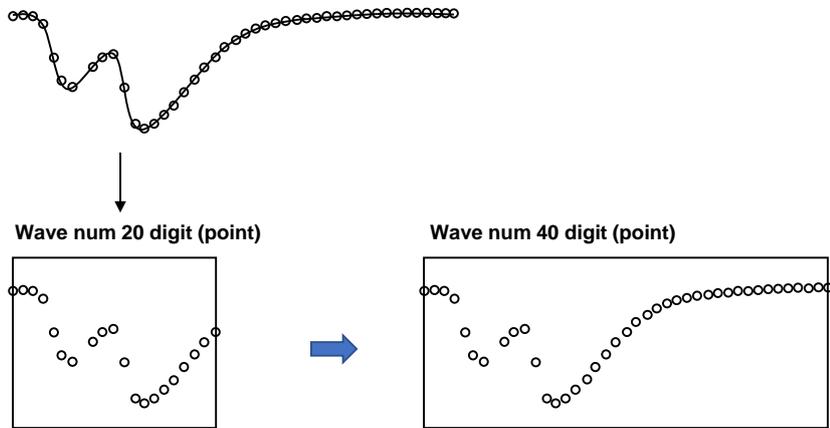


図 15 option タブ (list-pileup-wave)

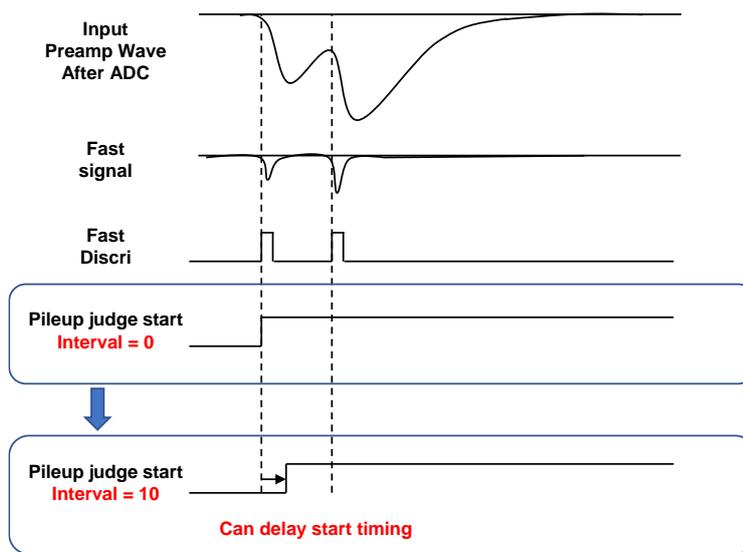
pileup gain num      パイルアップ波形のサンプリング周波数を設定できます。1/4 と設定した場合は、実際にサンプリングしたデータから4点置ききのデータで出力します。



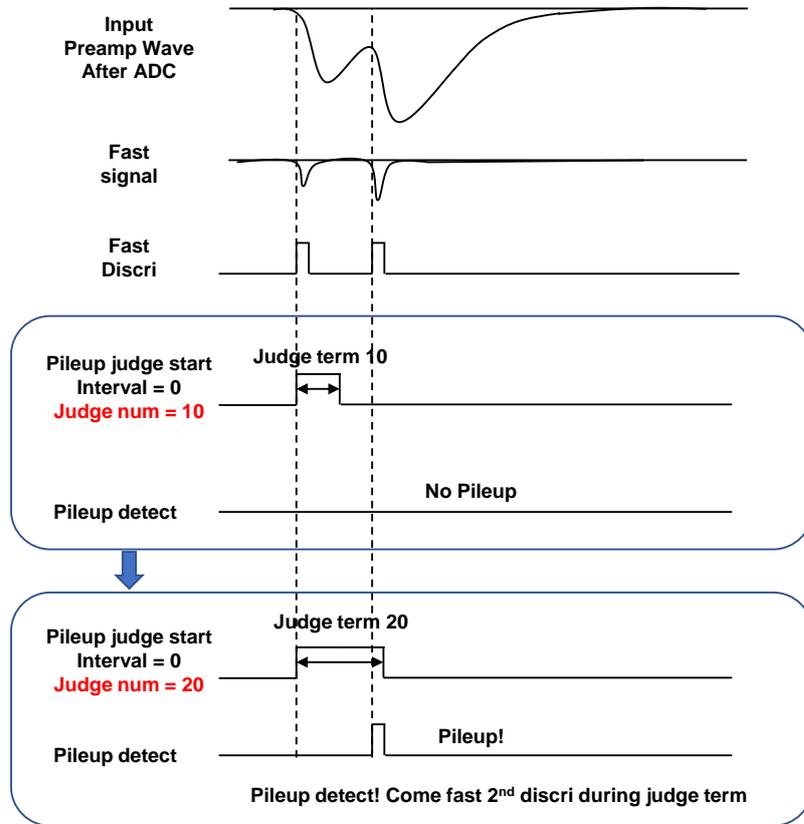
pileup wave num      パイルアップ波形の取得する波形点数を設定します。



pileup interval num      パイルアップ判定の開始時間を設定します。



pileup judge num      パイルアップ判定の終了時間を設定します。



### 5. 6. 2. (オプション) list-wave 部

list モード中に CH 毎に波形データを付加するか否かを設定できます。

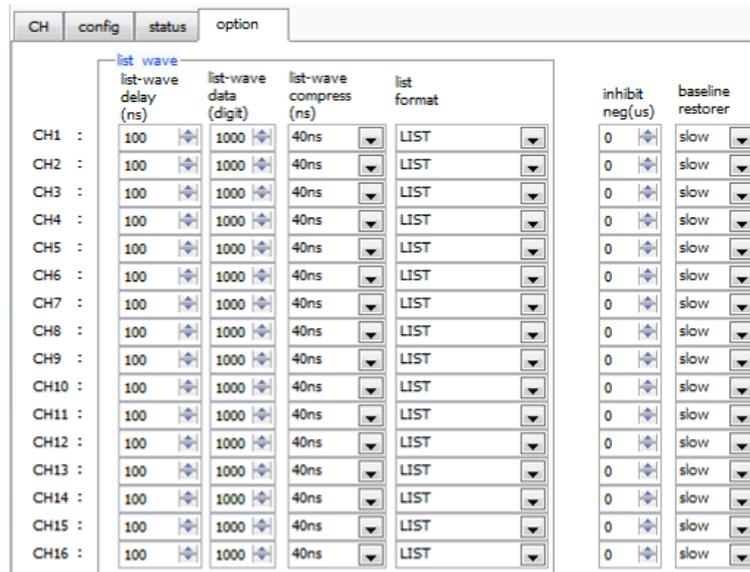
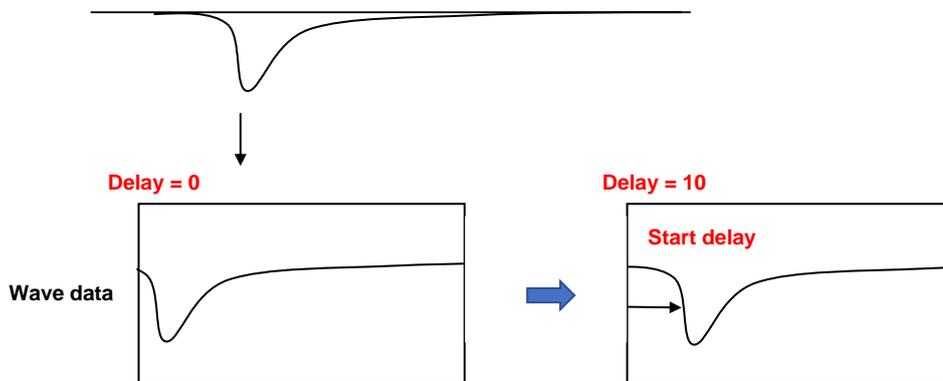
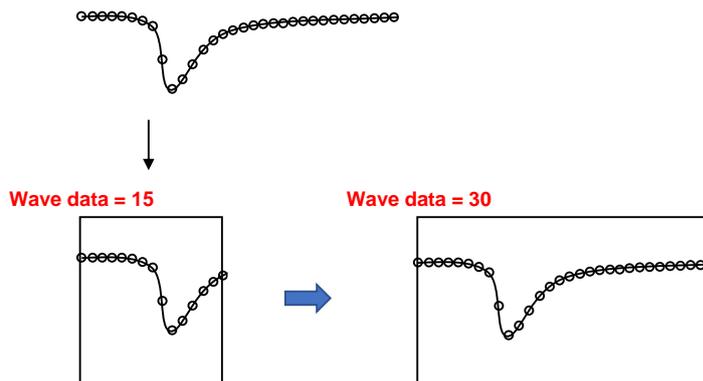


図 16 option タブ (list-wave)

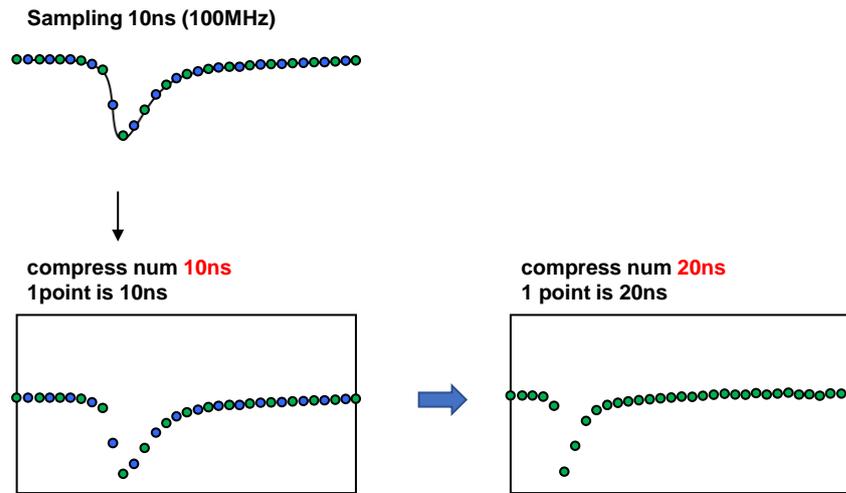
list-wave delay      波形データ取得時の遅延時間（波形位置）を設定します。単位は ns。



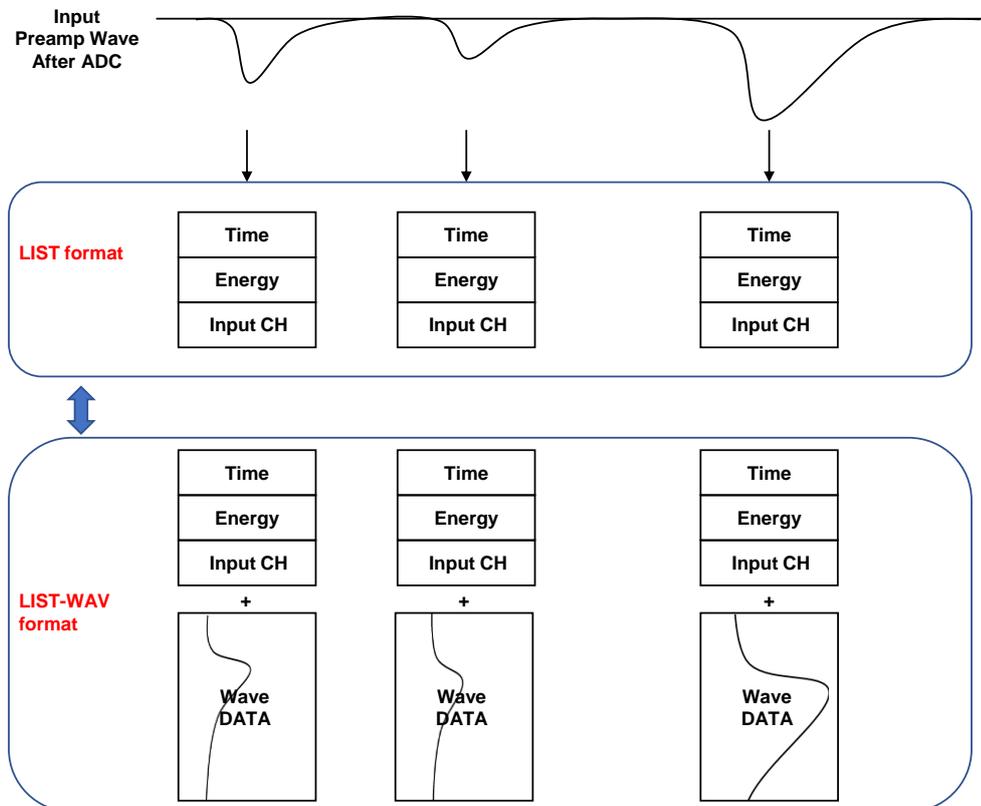
list-wave data      波形データ取得時の波形データ数を設定します。最大 1000 点。



list-wave compress 波形データ取得時の 1 点あたりの時間精度を設定します。10ns から 1280ns まで設定できます。

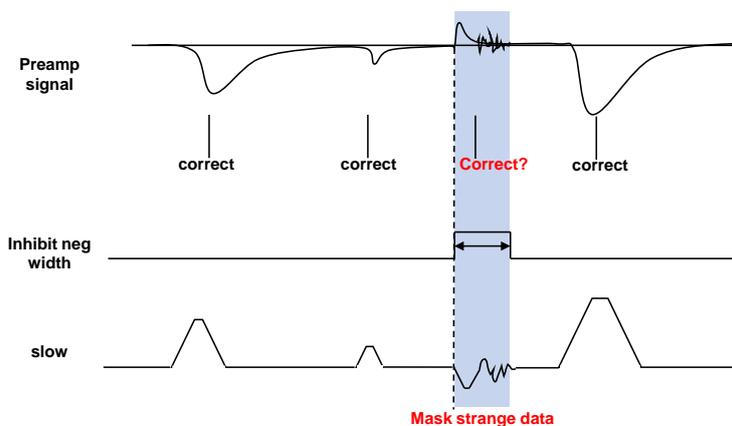


list format list データのフォーマットを設定します。  
 LIST 1 イベント 80byte のデータです。  
 LIST-WAV LIST データと波形データの混合のデータです。



inhibit neg

設定の極性とは逆の信号が入った場合、不感時間を設定することができます。最大 163  $\mu$ s。



baseline restorer

- normal 通常設定
- slow 通常設定より、より遅く baseline restorer を設定します。数 cps などの低計数時やより分解能を求めたい時にご使用いただけます。

## 5. 7. histogram タブ

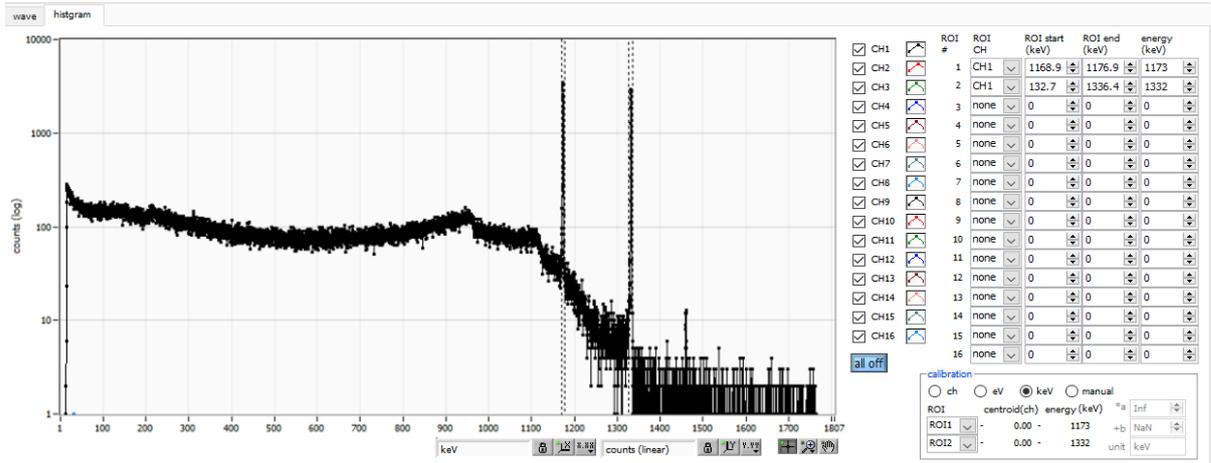


図 17 histogram タブ

- グラフ                      ヒストグラムグラフ。config タブ内 mode にて histogram を選択した場合、計測中にエネルギーヒストグラムを表示します。
- 凡例チェックボックス      グラフに CH 毎のヒストグラムを表示するか否かの選択。
- ROI CH                      ROI (Region Of Interest) を適用する CH 番号を選択します。1 つのヒストグラムに対し最大 16 の ROI を設定可能です。
- ROI start                      ROI の開始位置。単位は後述 calibration で選択した単位です。
- ROI end                      ROI の終了位置。単位は後述 calibration で選択した単位です。
- energy                      ピーク位置(ch)のエネルギー値の定義。<sup>60</sup>Co の場合、1173 や 1332(keV) と設定。後述の calibration にて ch を選択した場合、ROI 間のピークを検出しそのピーク位置(ch)と設定したエネルギー値から keV/ch を算出し、半値幅の算出結果に適用します。
- calibration                      X 軸の単位。設定に伴い X 軸のラベルも変更されます
- ch                      ch (チャンネル) 単位表示。ROI の FWTM の FWHM などの単位は任意になります。
- eV                      eV 単位表示。1 つのヒストグラムにおける 2 種類のピーク (中心値) とエネルギー値の 2 点校正により、ch が eV になるように 1 次関数  $y=ax+b$  の傾き a と切片 b を算出し X 軸に設定します。ROI の FWTM の FWHM などの単位は eV になります。
- keV                      keV 単位表示。1 つのヒストグラムにおける 2 種類のピーク (中心値) とエネルギー値の 2 点校正により、ch が keV になるように 1 次関数  $y=ax+b$  の傾き a と切片 b を算出し X 軸に設定します。ROI の FWTM の FWHM などの単位は keV になります。  
例: 5717.9ch に <sup>60</sup>Co の 1173.24keV、6498.7ch に <sup>60</sup>Co の 1332.5keV がある場合、2 点校正より a を 0.20397、b を 6.958297 と自動算出します。
- manual                      1 次関数  $y=ax+b$  の傾き a と切片 b と単位ラベルを任意に設定し X 軸に設定します。単位は任意に設定します。

Y mapping	グラフのY軸のマッピングを選択します。設定に伴いY軸のラベルも変更されます。 linear 直線 log 対数
smoothing	統計が少ない場合に半値幅を計算するためのスムージング機能です。
X axis calibration	X軸の単位を選択します。
Y axis calibration	Y軸の単位を選択します。
X軸範囲	X軸上で右クリックして自動スケールをチェックすると自動スケールになります。チェックを外すと自動スケールでなくなり、X軸の最小値と最大値が固定になります。最小値または最大値を変更する場合は、マウスのポインタを変更する数値の上に置き、クリックまたはダブルクリックすることで変更できます
Y軸範囲	Y軸上で右クリックして自動スケールをチェックすると自動スケールになります。チェックを外すと自動スケールでなくなり、Y軸の最小値と最大値が固定になります。最小値または最大値を変更する場合は、マウスのポインタを変更する数値の上に置き、クリックまたはダブルクリックすることで変更できます。
	カーソル移動ツールです。ROI設定の際、グラフ上のカーソルをマウスでドラッグして移動できます。
	ズーム。クリックすると以下の6種類のズームイン及びズームアウトを選択し実行できます。

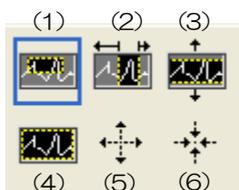


図 18 グラフ ズームイン及びズームアウトツール

- |                    |  |
|--------------------|--|
| (1) 四角形            | ズームこのオプションを使用して、ズーム領域のコーナーとするディスプレイ上の点をクリックし、四角形がズーム領域を占めるまでツールをドラッグします。 |
| (2) X-ズーム          | X軸に沿ってグラフの領域にズームイン   |
| (3) Y-ズーム          | Y軸に沿ってグラフの領域にズームイン   |
| (4) フィットズーム        | 全てのX及びYスケールをグラフ上で自動スケール  |
| (5) ポイントを中心にズームアウト | ズームアウトする中心点をクリックします。   |
| (6) ポイントを中心にズームイン  | ズームインする中心点をクリックします。  |



パンツール。プロットをつかんでグラフ上を移動可能です。

## 6. セットアップチュートリアル

### 6. 1. プリアンプ出力信号の確認

- (1) プリアンプ出力信号をオシロスコープと接続し、波高値 (mV) と極性を確認します。トランジスタリセット型プリアンプの場合、右上がりであれば正極性、右下がりであれば負極性です。

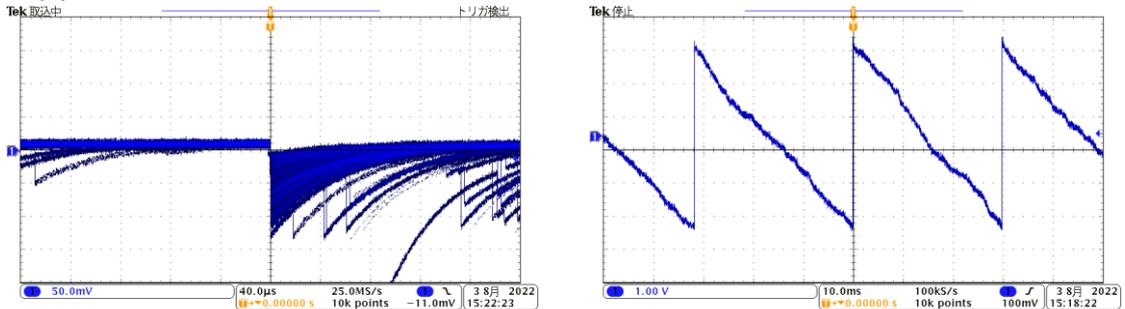


図 19 左側：抵抗フィードバック型 負極性の場合、右側：トランジスタリセット型 負極性の場合

### 6. 2. 電源と接続

- (1) 全ての機器の電源をOFFにします。
- (2) フロントパネル上LANコネクタとPCをLANケーブルで接続します。
- (3) スwitchングハブを使用の場合はONにします。
- (4) 本機器の電源をONにします。
- (5) PCの電源をONにします。
- (6) フロントパネル上のCH1端子とプリアンプ出力信号を接続します。
- (7) フロントパネル上のMONI端子とオシロスコープを接続します。

### 6. 3. 設定実行

- (1) 本アプリを起動します。
- (2) CHタブ、configタブ、オプションがあればoptionタブ等の設定をします。まずは、入力されたプリアンプ出力信号を内部で適切に処理できるように、前述で確認した極性を下図赤枠のpolarityに正しく設定します。

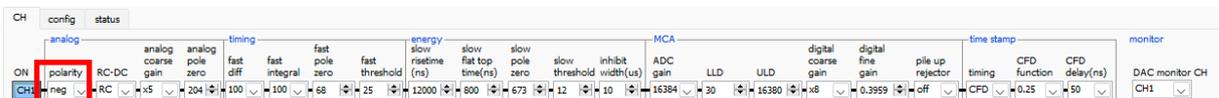


図 20 CHタブ内polarity設定例

- (3) メニュー Config をクリックし、全設定を行います。

## 6. 4. プリアンプ出力信号のアナログコースゲインとアナログポールゼロ調整

超低雑音高速プログラマブルゲインアンプにより、立ち上がりが速く低雑音が要求されるプリアンプからの信号を高精度に増幅することができます。アナログコースゲインの設定は、CH タブ内 analog course gain にて倍率を選択し設定できます。

※ 本機器は analog fine gain の設定はありません。

アンチエイリアシングローパスフィルタが ADC の前段に配置され、S/N の向上と折り返し雑音の除去をすることができます。カットオフ周波数は 16MHz に設定されています。

本機器に入力される検出器のプリアンプの出力信号が抵抗フィードバック型かリセット型かによって設定方法は異なります。

### 6. 4. 1. 抵抗フィードバック型プリアンプ出力信号の場合

プリアンプ出力信号は通常  $50\mu\text{s} \sim 100\mu\text{s}$  程度のディケイ（減衰）を持つ信号です。本機器で処理するにはディケイが長すぎるため高計数に対応できません。その為、内部で処理しやすい時定数に微分します。その際に生じるアンダーシュートは以下の式になり、従来のアナログ方式同様に本機器でも過負荷特性が悪くなります。

$$\text{Undershoot (\%)} = \text{different amplitude} / \text{preamp decay time}$$

- (1) フロントパネル上の MONI 端子からのプリアンプ出力信号を微分した preamp 信号をオシロスコープで確認します。
- (2) analog course gain を切り替えながら、preamp 信号の計測対象のエネルギー要素を含む波高が、1V 以内におさまるように調整します。  
例えば、エネルギー 2000keV までの計測をする場合、 $^{60}\text{Co}$  のチェックソースがあれば、 $1332\text{keV}@^{60}\text{Co}$  の重なりが濃い部分を、 $0.666\text{V}$  ( $1\text{V} \div 2000\text{keV} \times 1332\text{keV}$ ) 以下のところに合わせます。

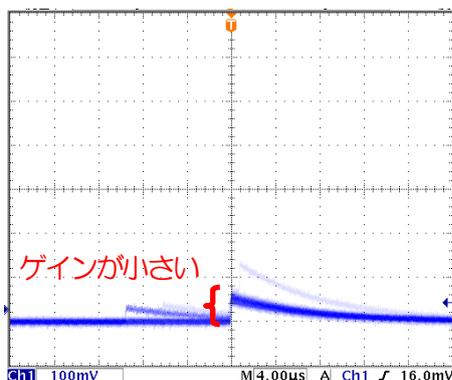


図 21 調整前

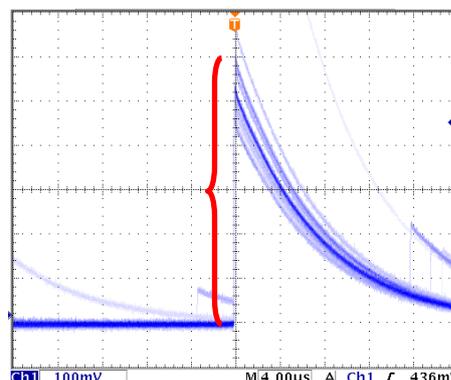


図 22 調整後

(3) analog pole zero の設定を変更し、オシロスコープの縦横のレンジを切り替えながら、立ち下がり部分が平坦になるようにポールゼロを調整します。

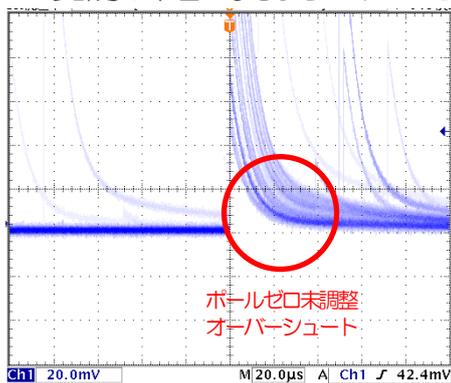


図 23 調整前 (オーバーシュートの場合)

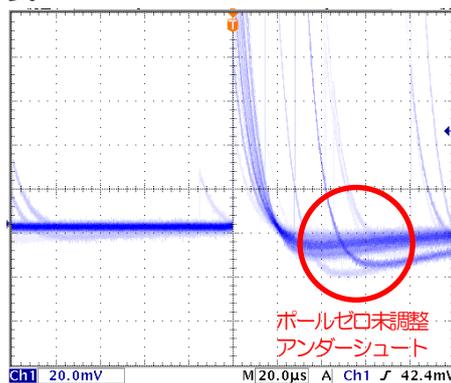


図 24 調整前 (アンダーシュートの場合)

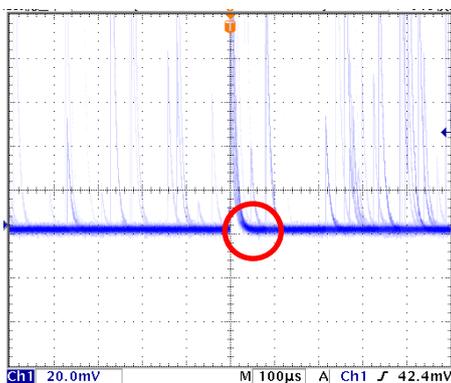


図 25 調整後

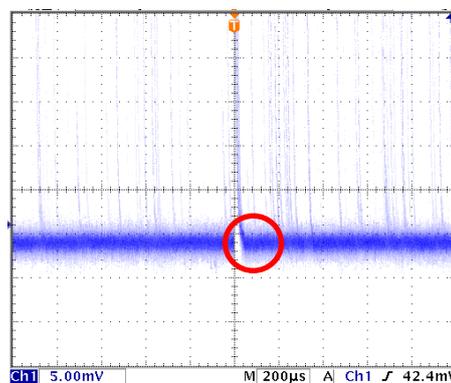
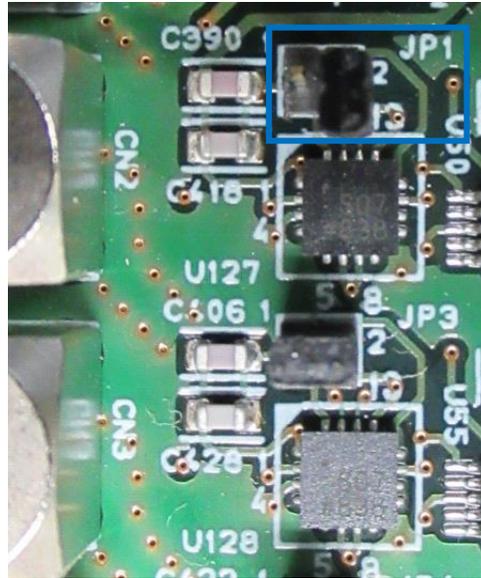


図 26 調整後 (横軸を広げた場合)

#### 6. 4. 2. トランジスタリセット型プリアンプ出力信号の場合

- (1) 電源をOFFにできない場合は、analog pole zeroの設定を0とします。
- (2) 電源をOFFにできる場合は、全ての電源をOFFして電源ラックから本機器を抜き出します。ユニット型の場合は蓋のネジを外し、蓋に付いているケーブルに気を付けながらゆっくり開きます。基板上シルクで改版を確認し、以下写真の枠内のジャンパを設定します。



← ジャンパ無し（片方のみ挿した状態）  
トランジスタリセット型プリアンプ向け

写真 5 APV8016A5基板 CH1 入力部  
トランジスタリセット型プリアンプ出力信号を入力する場合  
(アッテネータ無し、初段微分回路有効、アナログポールゼロ回路無効の場合)

- (3) フロントパネル上のMONI端子からのプリアンプ出力信号を微分した preamp 信号をオシロスコープで確認します。
- (4) analog course gain を切り替えながら、前述の抵抗フィードバック型と同様に preamp 信号のエネルギー要素を含む波高が、1V 以内におさまるように調整します。

## 6. 5. FAST 系フィルタの設定

本機器には、放射線検知時の時間情報を得るためのFAST 系フィルタと、エネルギー（波高）を取得するためのSLOW 系のフィルタがあります。まずFAST 系のフィルタ関連の設定をします。設定は、一般的なタイミングフィルタアンプと同じような特性があります。

下図の水色の波形は、FAST 系微分 fast diff を 200ns、FAST 系積分 fast integral を 200ns に設定した場合の波形です。

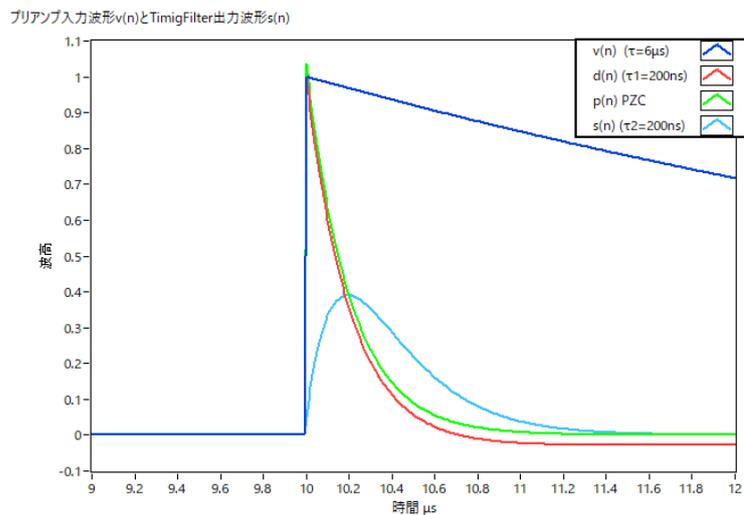
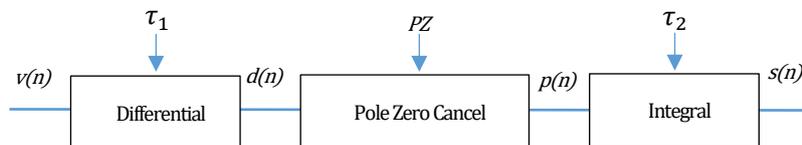


図 27 FAST 系フィルタ（水色）



$$d(n) = v(n) - v(n - 1) + \tau_1 * d(n - 1) ,$$

$$p(n) = v(n) * PZ + d(n) ,$$

$$s(n) = (1 - \tau_2) * p(n) + \tau_2 * s(n - 1) ,$$

Where:

$\tau_1$  : differential time ,

$\tau_2$  : integral time

PZ : polezero

図 28 FAST 系フィルタブロック図及び数式

FAST 系フィルタの設定を記載します。

- (1) MONI 端子をオシロスコープに接続し、DAC monitor CH を該当 CH に選択し、DAC monitor type を fast と設定します。オシロスコープにてこの信号が見えるよう準備します。
- (2) fast diff にてFAST 系微分回路の定数を設定します。ext (除外、フィルタ不使用) ・20 ・50 ・100 ・200 から選択します。
- (3) fast integral にてFAST 系積分回路の定数を設定します。ext (除外、フィルタ不使用) ・20 ・50 ・100 ・200 から選択します。
- (4) fast pole zero にてポールゼロ調整をします。デフォルト設定は0 (自動設定) です。オシロスコープにて下図のようになるよう設定します。fast diff または fast integral を変更する毎に調整が必要となりますが、後述のSLOW 系ポールゼロほど厳密な設定は不要です。

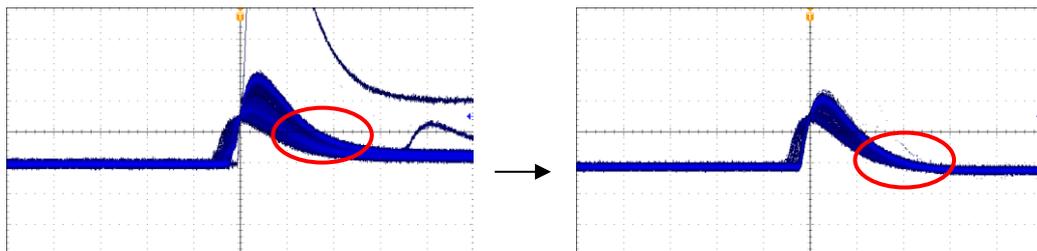


図 29 fast pole zero (左側：調整前 (オーバーシュート有り)、右側：調整後)

fast diff と fast integral は検出器や信号の状態によって異なります。以下に設定例を記載します。

表 1 fast diff と fast integral 設定例

検出器	特徴	fast diff	fast integral
LaBr <sub>3</sub> (Ce) シンチレータ	立ち上がりが高速	20	ext または 20
Ge 半導体検出器	高エネルギー分解能	100	100

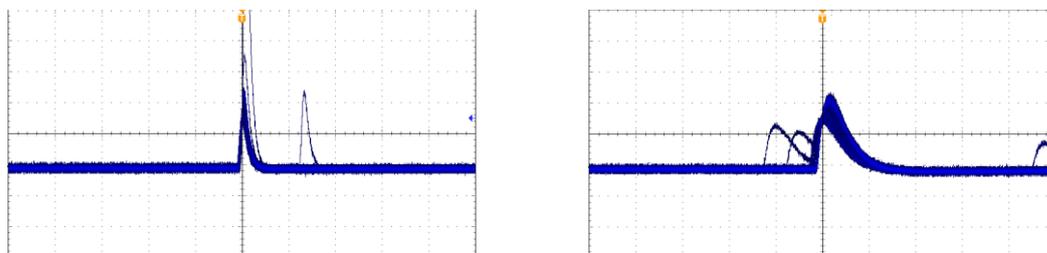


図 30 fast diff 及び fast integral 設定比較 (左側：20 ・20、右側：100 ・100)

- (5) fast trigger threshold にてFAST 系フィルタの信号検知の閾値を設定します。この閾値を超えたタイミングでリーディングエッジタイミング (LET) のタイムスタンプをします。また、baseline restorer (ベースラインレストアラ) やpileup rejector (パイルアップリジェクタ) の閾値としても使用します。この値は検出器と接続した場合でノイズと弁別可能なできるだけ低い値に設定します。

まずある程度大きい値 (100 程度) を入力して input total rate(cps) を観測します。fast trigger threshold を徐々に小さくし input total rate(cps) が大きくなる値を見つけます。その値が信号とノイズの境界なので、その値より+3~+10 程度に設定します。

## 6. 6. SLOW系フィルタの設定

プリアンプ出力信号に対しSLOW系の台形整形を行ないます。台形フィルタ (Trapezoidal Filter) のアルゴリズムとして、パイプラインアーキテクチャで構成されたフィルタブロックは、台形フィルタに必要な遅延・加減算・積分といった値を、ADCの100MHzのクロックに同期して演算します。

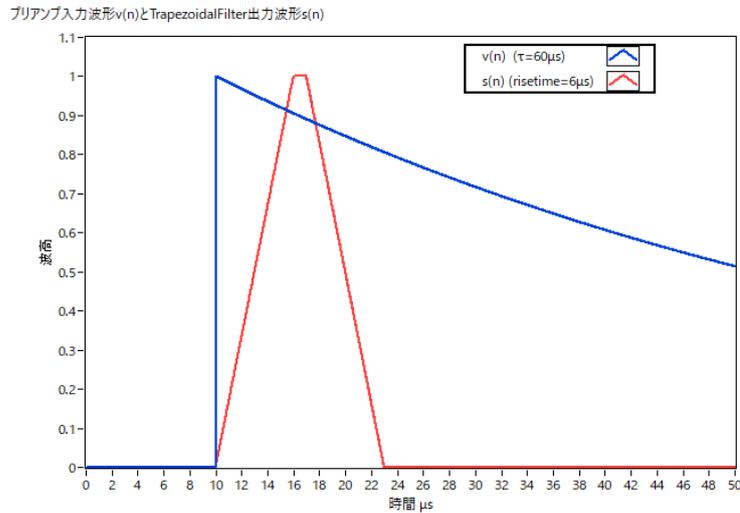
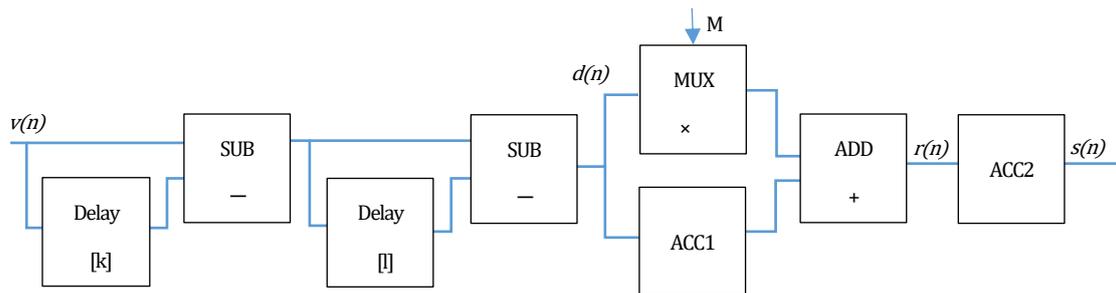


図 31 SLOW系フィルタ (赤色)



$$d(n) = v(n) - v(n - k) - v(n - l) + v(n - k - l),$$

$$p(n) = p(n - 1) + d(n),$$

$$r(n) = p(n) - M * d(n), \quad n \geq 0,$$

$$s(n) = s(n - 1) + r(n), \quad n \geq 0,$$

Where:

$k$  : risetime ,

$l$  : risetime + flottoptime ,

$M$  : pole zero

References:

[1] V.T. Jordanov and G.F. Knoll, Nucl Instr. and Meth.A353(1994)261-264

図 32 SLOW系フィルタ (Trapezoidal Filter) ブロック図及び数式

下図に従来からあるアナログ Semi Gauss Filter のパルス応答の違いを示します。Semi Gauss Filter に比べ、DSP はピークまでの時間が約 1/2、パルス幅が約 1/3 と短いことがわかります。

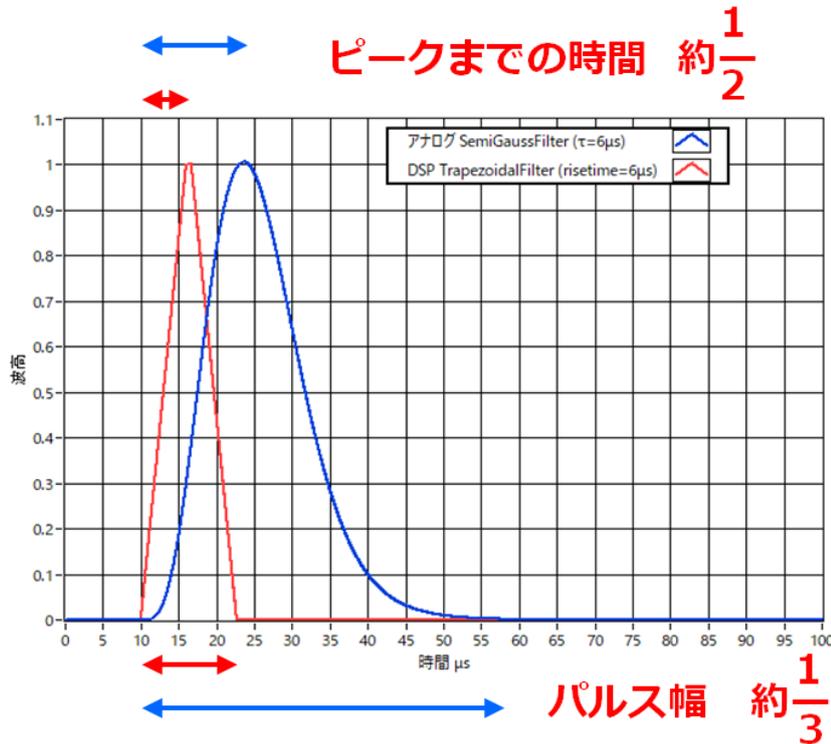


図 33 Trapezoidal Filter と Semi Gauss Filter の応答の違い

DSP の方はパルス応答が速いにも関わらず、Ge 半導体検出器を使用したエネルギー分解能を比較すると、下図のように Input Rate での低レートでは同様の高分解能を得られ、さらに高レートでは Semi Gauss Filter よりもより分解能を維持したままデータが得られることがわかります。

デジタル Trapezoidal Filter 処理を行うことで高計数目つ豊富なデータが得られる為、Semi Gauss Filter に比べ様々な解析をすることが可能となります。

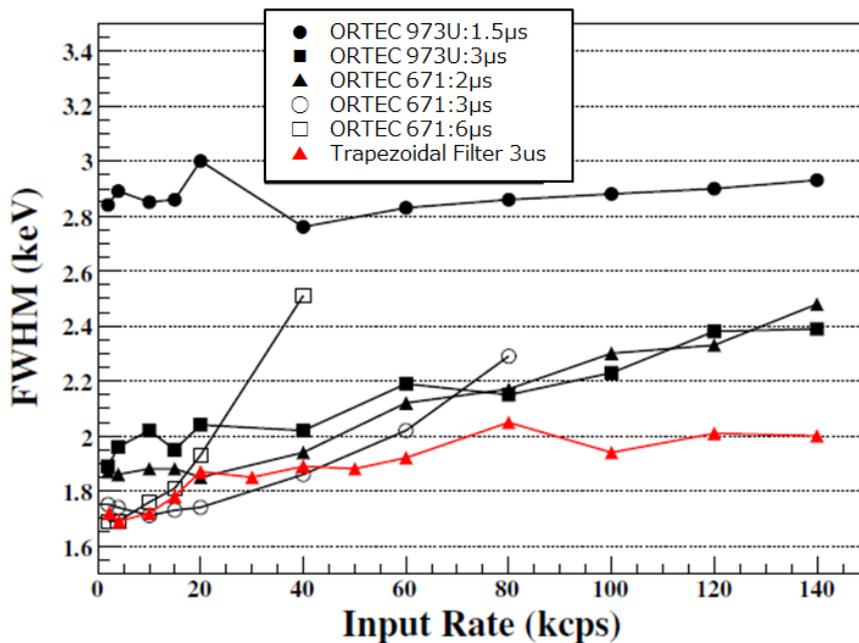


図 34 Trapezoidal Filter と Semi Gauss Filter の計数率とエネルギー分解能の違い

SLOW 系フィルタの設定を記載します。

- (1) MONI 端子をオシロスコープに接続し、DAC monitor CH を該当 CH に設定し、DAC monitor type を slow と設定します。オシロスコープにてその信号が見えるよう準備します。
- (2) リニアアンプのシェイピングタイムを  $3\mu\text{s}$  とした場合と同じ条件にするには、slow rise time を  $6000\text{ns}$  と設定します。この値はエネルギー分解能に影響します。短く設定するとより高計数計測が可能となりますが、エネルギー分解能が落ちます。逆に設定が長過ぎると計数がかげないことがあります。デフォルト設定は  $6000\text{ns}$  です。
- (3) slow flattop time を設定します。抵抗フィードバック型プリアンプ出力信号の場合、立ち上がり時間の 0 から 100% で、最も遅い立ち上がりの 2 倍の値を設定します。推奨値は  $700\text{ns}$  です。トランジスタリセット型の場合は  $700\text{ns}$  から  $\pm 100\text{ns}$  刻みでエネルギー分解能（半値幅）を確認しながら調整します。
- (4) slow pole zero を設定します。この設定にて SLOW 系フィルタの立ち下がり部分のオーバーシュートやアンダーシュートを軽減することが可能です。デフォルト設定は 680 です。検出器によって異なりますのでオシロスコープにて最適な値に設定します。

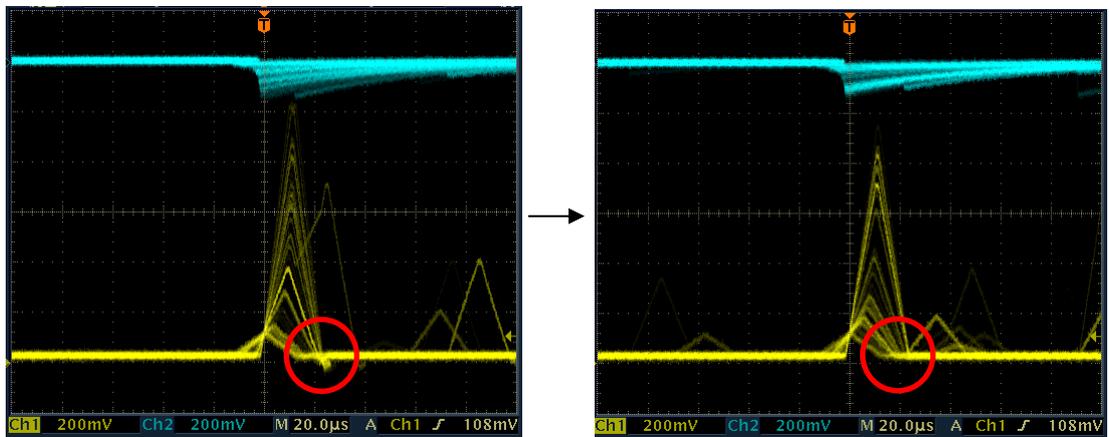


図 35 slow pole zero (左側：調整前 (アンダーシュート有り)、右側：調整後)

## 6. 7. SLOW 系スレッシュホールドの設定

まずある程度大きい値 (100 程度) を入力して throughput rate(cps) を観測します。slow trigger threshold を徐々に小さくし throughput rate(cps) が大きくなる値を見つけます。その値が信号とノイズの境界なので、その値より +3~+10 程度に設定します。デフォルト設定は 30 です。

## 7. 計測

### 7. 1. 設定

- (1) メニュー Config をクリックして全設定を本機器へ送信します。実行後、DSP 内ヒストグラムデータが初期化されます。
- (2) 前回の計測したヒストグラムや計測結果を初期化する場合にメニュー Clear をクリックします。初期化せずにヒストグラムデータを継続する場合は、メニュー Clear をクリックせずに次の計測を開始します。

### 7. 2. 計測開始

メニュー Start をクリックします。計測が開始され、下記が実行されます。

- CH 部に CH 毎の計測状況が表示されます。
- acc LED が点滅します。
- measurement time に計測設定時間が表示されます。
- real time に本機器から取得した経過時間が表示されます。
- live time に本機器から取得したライブタイムが表示されます。
- dead time に本機器から取得したデッドタイムが表示されます。
- dead time ratio に dead time / real time の割合(%)が表示されます。

### 7. 3. ヒストグラムモード

config タブ内 mode で histogram を選択して計測を開始した場合、下記が実行されます。

- mode に histogram と表示されます。
- ROI 部に ROI 毎の計算結果が表示されます。
- histogram タブにヒストグラムが表示されます。

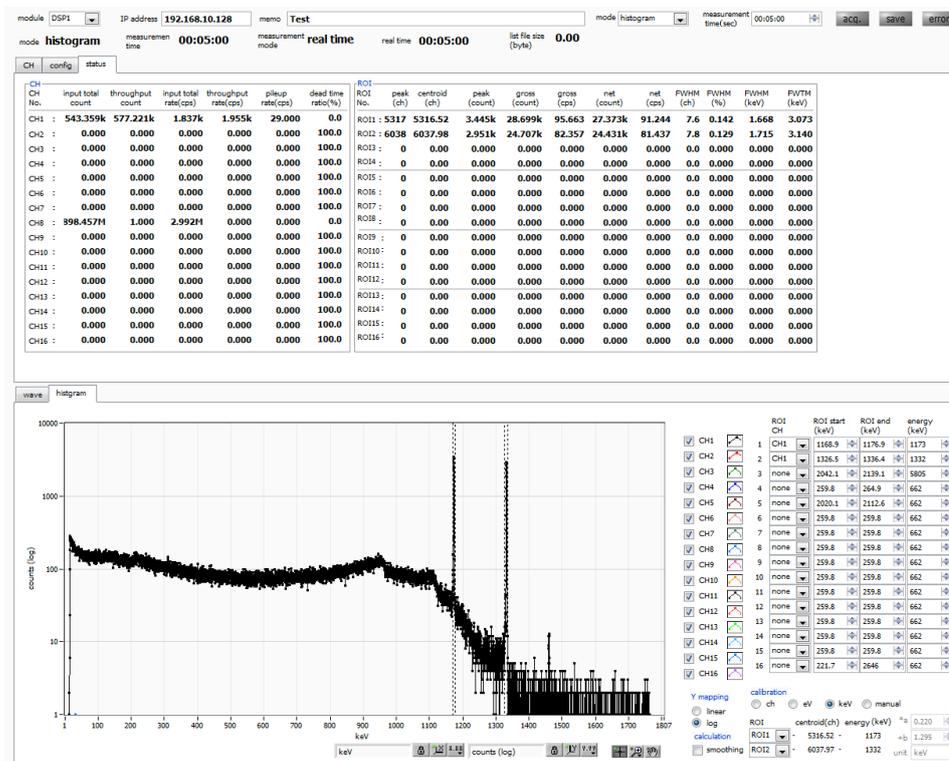


図 36 histogram モード計測

## 7. 4. リストモード

config タブ内 mode で list を選択して計測を開始した場合、下記が実行されます。

- mode に list と表示されます。
- save LED が点滅し、list file size(byte) に現在保存中のファイルサイズが表示されます。

## 7. 5. (オプション) リスト波形モード

config タブ内 mode で list-wave を選択して計測を開始した場合、下記が実行されます。

- mode に list-wave と表示されます。
- save LED が点滅し、list file size(byte) に現在保存中のファイルサイズが表示されます。

## 7. 6. (オプション) リストパイルアップ波形モード

config タブ内 mode で list-pup-wave を選択して計測を開始した場合、下記が実行されます。

- mode に list と表示されます。
- save LED が点滅し、list file size(byte) に現在保存中のファイルサイズが表示されます。

## 7. 7. 計測停止

- measurement mode が real time の場合、real time が measurement time に到達すると計測は終了します。
- measurement mode が live time の場合、live time が measurement time に到達すると計測は終了します。
- 計測中に停止する場合は、メニュー Stop をクリックします。実行後計測を停止します。
- save LED が消灯します。
- real time の更新が停止します。
- live time の更新が停止します。
- deadl time の更新が停止します。
- list file size(byte) の更新が停止します。
- dead time ratio の更新が停止します。

## 8. 終了

メニュー File - quit をクリックします。確認ダイアログが表示された後、quit ボタンをクリックすると本アプリは終了し、画面が消えます。次回起動時は、終了時の設定が反映されます。

## 9. データファイルとフォーマット

### 9. 1. ヒストグラムデータファイル

- (1) ファイル形式  
カンマ区切りのCSV テキスト形式
- (2) ファイル名  
任意
- (3) 構成  
Header 部と Calculation 部と Status 部と Data 部からなります
- [Header]
- |                  |                               |
|------------------|-------------------------------|
| Memo             | メモ                            |
| Measurement mode | 計測モード。Real Time または Live Time |
| Measurement time | 計測時間。単位は秒                     |
| Real time        | リアルタイム                        |
| Live time        | ライブタイム                        |
| Dead time        | デッドタイム                        |
| Start Time       | 計測開始時刻                        |
| End Time         | 計測終了時刻                        |
- ※以下CH 毎に保存
- |         |                  |
|---------|------------------|
| ACG     | コースゲイン           |
| ADG     | ADC ゲイン          |
| FFR     | FAST 系ライズタイム     |
| FFP     | FAST 系フラットトップタイム |
| SFR(ns) | SLOW 系ライズタイム     |
| SFP(ns) | SLOW 系フラットトップタイム |
| FPZ     | FAST 系ポールゼロキャンセル |
| SPZ     | SLOW 系ポールゼロキャンセル |
| FTH     | FAST 系スレッシュホールド  |
| LLD     | エネルギーLLD         |
| ULD     | エネルギーULD         |
| STH     | SLOW 系スレッシュホールド  |
| PUR     | パイルアップリジェクト      |
| POL     | 極性               |
| DCG     | デジタルコースゲイン       |
| TMS     | タイミング選択          |
| CFF     | CFD ファンクション      |
| CFD     | CFD ディレイ         |
| IHW     | インヒビット幅          |
| PZD     | アナログポールゼロ        |
| FGD     | ベースラインカウントマニュアル  |

DIF	(未使用)
BRS	ベースラインレストアラ選択
BTS	(未使用)
IHT	(未使用)
※CH 毎はここまで	
MOD	動作モード
MMD	計測モード
MTM	計測時間
CLS	クロック選択
SCS	WAVE サンプリング選択
[Calculation]	
※以下 ROI 毎に保存	
ROI_CH	ROI の対象となった入力チャンネル番号
ROI_start	ROI 開始位置(ch)
ROI_end	ROI 終了位置(ch)
Energy	ROI 間のピークのエネルギー値
peak(ch)	ROI 間のピーク位置(ch)
centroid(ch)	ROI 間の中心位置(ch)
peak(count)	ROI 間のピークカウント値
gross(count)	ROI 間のカウント数の総和
gross(cps)	$\text{gross(count)} \div \text{計測経過時間}$
net(count)	ROI 間のバックグラウンドを差し引いたカウント数の総和
net(cps)	$\text{net(count)} \div \text{計測経過時間}$
FWHM(ch)	ROI 間の半値幅(ch)
FWHM(%)	ROI 間の半値幅
FWHM	ROI 間の半値幅
FWTM	ROI 間の 1/10 幅
[Status]	
※以下 CH 毎に保存	
input total count	トータルカウント
throughput count	スループットカウント
input total rate	トータルカウントレート
throughput rate	スループットカウントレート
pileup rate	パイルアップレート
dead time ratio	デッドタイム割合
[Data]	
各チャンネルのヒストグラムデータ。最大 16384 点。	

## 9. 2. リストデータファイル

(1) ファイル形式

バイナリ、ネットワークバイトオーダー（ビッグエンディアン、MSB First）形式

(2) ファイル名

config タブ内 list file path に設定したファイルパスに、file number を0 詰め6 桁付加したのになります。例えば、list file path に D:\data\123456.bin、file number に 1 と設定した場合、D:\data\123456\_000001.bin です。

list file size に到達すると、保存中のファイルを閉じます。その後、list file number を自動で1 つ繰り上げ新しいファイルを開き、データのファイル保存を続けます。

(3) 構成

1 イベントあたり 80bit (10Byte, 5WORD)

Bit79						64	
		real time[47..32]					
63						48	
		real time[31..16]					
47						32	
		real time[15..0]					
31		24	23	22	20	19	16
		real time 固定小数[7..0]		空き	unit[2..0]	CH[3..0]	
15	14	13					0
WAV	PFG	PHA[13..0]					

図 37 list データフォーマット

- Bit79 から Bit32 real time。48Bit。1Bit あたり 10ns。最大計測時間は約 32 日 (32 日  $\approx 2^{48} * 10ns$ )。
- Bit31 から Bit24 real time 固定小数。8Bit。1Bit あたり 39.0625ps。
- Bit23 空き。
- Bit22 から Bit20 unit。ユニット番号。3Bit。ユニット 1 は 0、ユニット 8 は 7。
- Bit19 から Bit16 CH。チャンネル番号。4Bit。CH1 は 0、CH16 は 15。
- Bit15 WAV。波形データフラグ。1Bit。波形有り時 1。
- Bit14 PFG。パイルアップフラグ。1Bit。パイルアップ判定時 1。
- Bit13 から Bit0 PHA (波高値)。ADC gain が最大 16384 の場合は 14Bit。

### 9. 3. (オプション) リスト波形データファイル

(1) ファイル形式

バイナリ、ネットワークバイトオーダー（ビッグエンディアン、MSB First）形式

(2) ファイル名

config タブ内 list file path に設定したファイルパスに、file number を0 詰め6 桁付加したのになります。例えば、list file path に D:\data\123456.bin、file number に 1 と設定した場合、D:\data\123456\_000001.bin です。

list file size に到達すると、保存中のファイルを閉じます。その後、list file number を自動で1 つ繰り上げ新しいファイルを開き、データのファイル保存を続けます。

(3) 構成

1 イベントあたり 80bit (10Byte、5WORD) + 波形データ

Bit79					64								
real time[47..32]													
63					48								
real time[31..16]													
47					32								
real time[15..0]													
31			24		23	22		20		19		16	
real time 固定小数[7..0]					空き	unit[2..0]				CH[3..0]			
15		14	13									0	
WAV		PFG			PHA[13..0]								
wave number[15..0]													
header[31..16]													
header[15..0]													
wave data[15..0] × wave number 分													

図 38 list-wave データフォーマット

- Bit79 から Bit32 real time。48Bit。1Bit あたり 10ns。最大計測時間は約 32 日 (32 日 $\div 2^{48} * 10ns$ )。
- Bit31 から Bit24 real time 固定小数。8Bit。1Bit あたり 39.0625ps。
- Bit23 空き。
- Bit22 から Bit20 unit。ユニット番号。3Bit。ユニット 1 は 0、ユニット 8 は 7。
- Bit19 から Bit16 CH。チャンネル番号。4Bit。CH1 は 0、CH16 は 15。
- Bit15 WAV。波形データフラグ。1Bit。LIST-WAV 設定時 1。1 の場合、後述の波形データが付加されます。
- Bit14 PFG。パイルアップフラグ。1Bit。パイルアップ判定時 1。
- Bit13 から Bit0 PHA (波高値)。ADC gain が最大 16384 の場合は 14Bit。
- 波形データ wave number。16Bit。波形点数。

- 波形データ header。32Bit。ヘッダーとして下記のCH情報が付加されます。  
CH1 ヘッダー 0x57415630 (=WAV0)  
CH2 ヘッダー 0x57415631 (=WAV1)  
CH3 ヘッダー 0x57415632 (=WAV2)  
CH4 ヘッダー 0x57415633 (=WAV3)  
CH5 ヘッダー 0x57415634 (=WAV4)  
CH6 ヘッダー 0x57415635 (=WAV5)  
CH7 ヘッダー 0x57415636 (=WAV6)  
CH8 ヘッダー 0x57415637 (=WAV7)  
CH9 ヘッダー 0x57415638 (=WAV8)  
CH10 ヘッダー 0x57415639 (=WAV9)  
CH11 ヘッダー 0x57415641 (=WAVA)  
CH12 ヘッダー 0x57415642 (=WAVB)  
CH13 ヘッダー 0x57415643 (=WAVC)  
CH14 ヘッダー 0x57415644 (=WAVD)  
CH15 ヘッダー 0x57415645 (=WAVE)  
CH16 ヘッダー 0x57415646 (=WAVF)
- 波形データ wave data。波形 1 点当たり 16bit。32767 のオフセットがあり、0 から 32767 の範囲が負数となり、32768 から 65535 までが正数となります。wave number 分の波形情報が付加されます。

## 9. 4. (オプション) リストパイルアップ波形データファイル

(4) ファイル形式

バイナリ、ネットワークバイトオーダー（ビッグエンディアン、MSB First）形式

(5) ファイル名

config タブ内 list file path に設定したファイルパスに、file number を0 詰め6 桁付加したのになります。例えば、list file path に D:\data\123456.bin、file number に 1 と設定した場合、D:\data\123456\_000001.bin です。

list file size に到達すると、保存中のファイルを閉じます。その後、list file number を自動で1 つ繰り上げ新しいファイルを開き、データのファイル保存を続けます。

(6) 構成

1 イベントあたり 80bit (10Byte、5WORD) +パイルアップデータ

Bit79					64								
real time[47..32]													
63					48								
real time[31..16]													
47					32								
real time[15..0]													
31			24		23	22		20		19		16	
real time 固定小数[7..0]				空き		unit[2..0]			CH[3..0]				
15		14	13		0								
WAV		PFG	PHA[13..0]										
wave number[15..0]													
header[31..16]													
header[15..0]													
wave data[15..0] × wave number 分													

図 39 list-pileup-wave データフォーマット

- Bit79 から Bit32 real time。48Bit。1Bit あたり 10ns。最大計測時間は約 32 日 (32 日  $\div 2^{48} * 10ns$ )。
- Bit31 から Bit24 real time 固定小数。8Bit。1Bit あたり 39.0625ps。
- Bit23 空き。
- Bit22 から Bit20 unit。ユニット番号。3Bit。ユニット 1 は 0、ユニット 8 は 7。
- Bit19 から Bit16 CH。チャンネル番号。4Bit。CH1 は 0、CH16 は 15。
- Bit15 WAV。波形データフラグ。1Bit。LIST-WAV 設定時 1。
- Bit14 PFG。パイルアップフラグ。1Bit。パイルアップ判定時 1。1 の場合、後述のパイルアップデータが付加されます。
- Bit13 から Bit0 PHA (波高値)。ADC gain が最大 16384 の場合は 14Bit。
- パイルアップデータ wave number。16Bit。波形点数。

- パイルアップデータ header。32Bit。ヘッダーとして下記のCH情報が付加されます。

CH1 ヘッダー	0x57415630 (=WAV0)
CH2 ヘッダー	0x57415631 (=WAV1)
CH3 ヘッダー	0x57415632 (=WAV2)
CH4 ヘッダー	0x57415633 (=WAV3)
CH5 ヘッダー	0x57415634 (=WAV4)
CH6 ヘッダー	0x57415635 (=WAV5)
CH7 ヘッダー	0x57415636 (=WAV6)
CH8 ヘッダー	0x57415637 (=WAV7)
CH9 ヘッダー	0x57415638 (=WAV8)
CH10 ヘッダー	0x57415639 (=WAV9)
CH11 ヘッダー	0x57415641 (=WAVA)
CH12 ヘッダー	0x57415642 (=WAVB)
CH13 ヘッダー	0x57415643 (=WAVC)
CH14 ヘッダー	0x57415644 (=WAVD)
CH15 ヘッダー	0x57415645 (=WAVE)
CH16 ヘッダー	0x57415646 (=WAVF)
  
- パイルアップデータ wave data。波形 1 点あたり 16bit。32767 のオフセットがあり、0 から 32767 の範囲が負数となり、32768 から 65535 までが正数となります。wave number 分の波形情報が付加されます。

## 10. Tool 機能 gauss fit analysis

本アプリには、ガウスフィッティングによるピーク解析機能があります。

専用画面を開き、計測中またはデータファイルのヒストグラムデータを対象に、カウント数の少ないピークや重なり合うピークを分けて、半値幅やカウント数などを算出することができます。

ガウスフィッティングは、バックグラウンドを考慮したガウス関数+1次式をモデル関数として使用します。

パラメータの初期値は、ROI で設定した範囲から自動的に算出します。ガウスフィッティングのアルゴリズムは、最急降下法と Gauss-Newton 法のよいところを組み合わせることで、収束性が向上している Levenberg-Marquardt 法を採用しております。

$$f(x; A, \mu, \sigma, a, b) = A \exp \left\{ -\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2} \right\} + (ax + b)$$

Where:

*A*: amplitude, *μ*: center, *σ*: standard deviation

*a*: slope, *b*: intercept

数式 1 ガウス関数+1次式

## 10. 1. 起動画面

メニュー Tool - gauss fit analysis を実行します。実行後、下図の起動画面が表示されます。



図 40 ガウスフィット起動画面

### •メニュー部

File - open gauss fit file	ガウスフィットファイル読み込み (後述の offline 時のみ有効)
File - open histogram file	ヒストグラムデータファイルの読み込み (後述の offline 時のみ有効)
File - save gauss fit file	ガウスフィットデータをファイルに保存
File - save image	画面を png 形式で保存
File - close	画面の終了
Information	情報画面を表示。ダイアログ画面で本画面を使用する際の注意事項などを表示

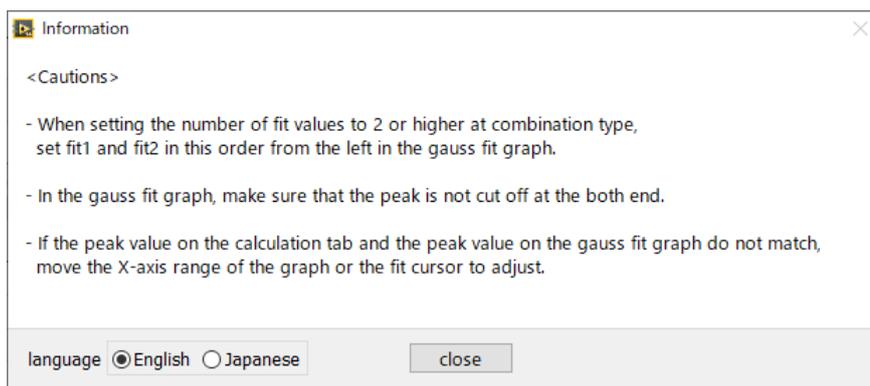


図 41 information 画面

• setting 部	
data source	解析対象データを選択します。
online	メイン画面で計測中のデータを対象とします。
offline	予め読み込んだヒストグラムデータファイルまたはガウスフィットデータファイル内のデータを対象とします。
target CH	解析対象 CH の選択 ※本機器では CH1 固定となります
display error	calculation 部の各種算出値について、誤差表示の OFF、sigma、2 sigma、3 sigma を切り替えます。
ROI(ch)	gauss fit グラフ内で表示する解析対象のデータ点数です。256 または 512 チャンネルから選択します。
type of fit	フィッティングの種類を single, combination から選択します。 通常は single を推奨しますが、ピークが近接しておりフィッティングし難い場合は、combination を選択します。
number of fit	ガウスフィット数の設定。一つのヒストグラムに対し、最大3つのピークに対してガウスフィット解析を実行することが出来ます。
• calculation 部	
peak(count)	最大カウント
centroid(ch)	全カウントの総和から算出される中心値 (ch)
sigma(FWHM/2.35)	分散値
gross(count)	カウントの総和
net(count)	バックグラウンドを差し引いたカウントの総和
FWHM	半値幅 ※単位はメイン画面でのエネルギー校正状況に従います
FWTM	ピークの 1/10 幅 ※単位はメイン画面でのエネルギー校正状況に従います
background	バックグラウンド値
calibration *a	メイン画面でのエネルギー校正係数*a が表示されます。
calibration +b	メイン画面でのエネルギー校正係数+b が表示されます。
calibration $x^2*b$	メイン画面でのエネルギー校正係数 $x^2*b$ が表示されます。
calibration unit	メイン画面での unit が表示されます。
histogram グラフ	histogram グラフ内 histogram プロットは、ガウスフィット対象のヒストグラムデータをグラフ表示します。ROI プロットは gauss fit グラフで表示している部分であり、赤色で表示されます。図赤枠のボタンが押された状態で、ROI プロット中央の垂直青カーソルをドラッグすることで、ROI プロット位置を変更できます。 また、自動スケールが OFF の場合にグラフ左下の横スライドバーを左右に動かすと、表示点数は一定のまま表示位置を変えることができます。 各チェックボックスのチェック有りはプロット表示、チェック無しはプロット非表示です。
gauss fit グラフ	histogram グラフに表示されたヒストグラムデータから、gauss fit グラフの X 軸の開始位置から ROI(ch) で設定したチャンネル分を抽出して表示します。fit1 から fit3 プロットは、各カーソルで設定したピークを対象にガウスフィットしたデータ

です。 histogram プロットはガウスフィットした結果を連結したデータです。 グラフ右下の (表示のパン) ボタンを選択後、 グラフ上をクリックしたままドラッグすると、 表示点数は一定のまま表示位置を変えることができます。 また、 グラフ右下のカーソルの X は、 ガウスフィット対象ピークに合わせるカーソルの位置であり、 X を直接入力することでカーソルを移動させることもできます。 各チェックボックスのチェック有りはプロット表示、 チェック無しはプロット非表示です。

## 10. 2. オンラインの場合

計測中に取得したヒストグラムを対象に、 下記の手順で指定ピークに対してガウスフィット解析を行います。

- (1) data source で online を選択します。
- (2) ヒストグラムモードで計測を開始します。 計測中のヒストグラムが histogram グラフに表示されます。
- (3) gauss fit グラフでは、 histogram グラフ内の着目部分のヒストグラムを表示します。 このグラフの横軸範囲の設定は、 まず横軸オートスケールを解除し、 gauss fit グラフ横軸の最小値を直接入力するか、 グラフの X-ズーム機能を使用します。 設定後、 histogram グラフには gauss fit グラフで選択した範囲が赤色になります。
- (4) 解析対象のおおよそのピーク部分に、 最大 3 本の垂直カーソルを設定します。 カーソルの設定は 下図赤枠のボタンが押された状態で、 赤色と青色と桃色の垂直カーソル線をそれぞれドラッグし、 ピーク部分にドロップします。 または、 画面右下のカーソルの X 値に数値を入力することでカーソルを移動し設定することもできます。
- (5) calculation 部には、 各ガウスフィットデータを元にした半値幅等の演算結果が表示されます。

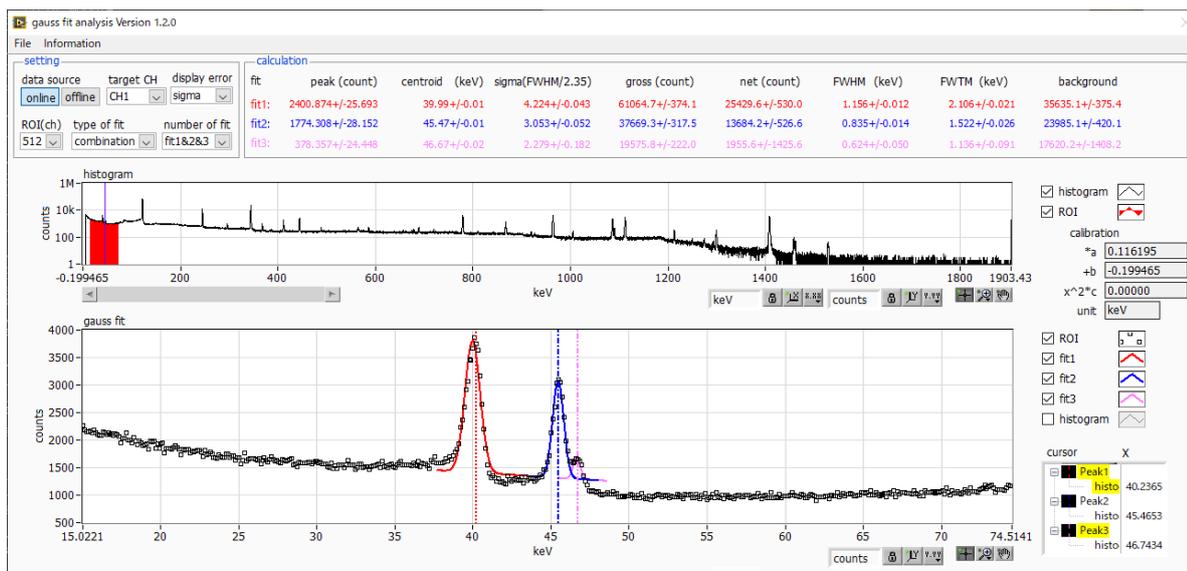


図 40 ガウスフィット画面 (online 時)



### 10.3. オフラインの場合

ヒストグラムデータファイルまたはガウスフィットデータファイルを読み込むことで、取得したヒストグラムを対象に、下記の手順で指定ピークに対してガウスフィット解析を行います。

- (1) data source で offline を選択します。
- (2) メニュー file - open gauss fit file または file - open histogram file をクリックします。ファイル選択ダイアログが表示されるので、読み込み対象のデータファイルを選択して開きます。データファイル内のヒストグラムが histogram グラフに表示されます。

以降の手順は、オンラインの場合と同様です。

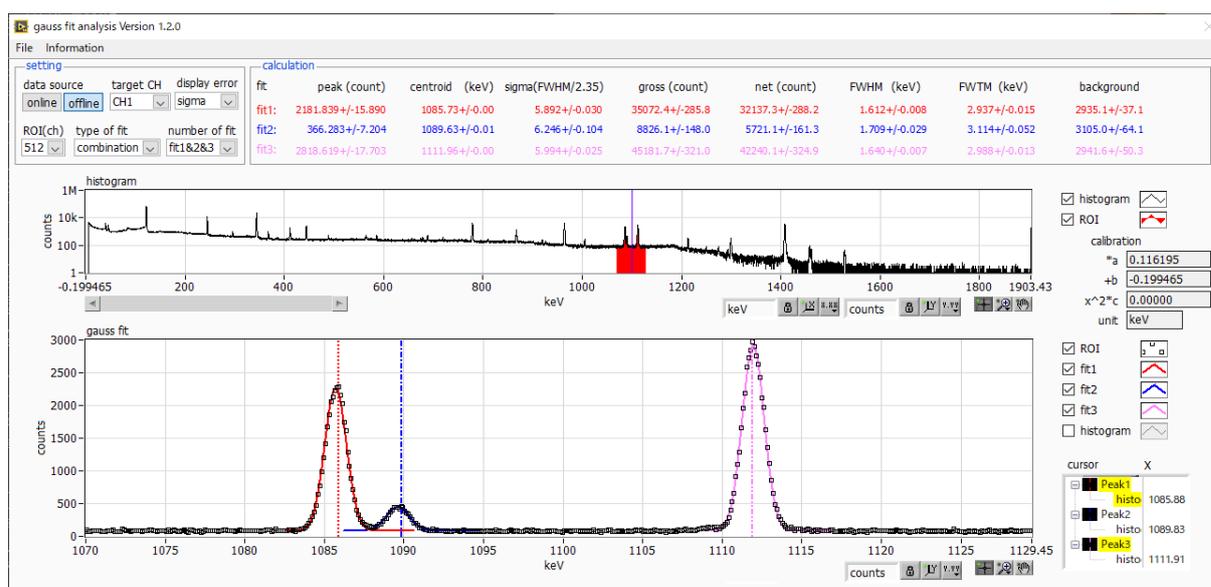


図 41 ガウスフィット画面 (offline 時)

## 10. 4. 注意事項

ガウスフィット画面において正常に動作させるために、下記の点にご注意ください。

- type of fit で combination を選択し、number of fit を 2 以上に設定する場合は、gauss fit グラフでは左から fit1、fit2 の順で設定します。fit1 が正常に動作していない場合、続く fit2 と fit3 も非表示になります。
- fit 対象のピークは gauss fit グラフの両端で切れることなく、ピーク全体を表示するようにします。
- calculation タブの peak 値と gauss fit グラフのピーク値が一致しない場合は、グラフの横軸範囲や fit のカーソルを動かしてください。

## 10. 5. 終了

本画面を閉じる場合は、File - close をクリックします。

## 1 1. Tool機能 peak search analysis

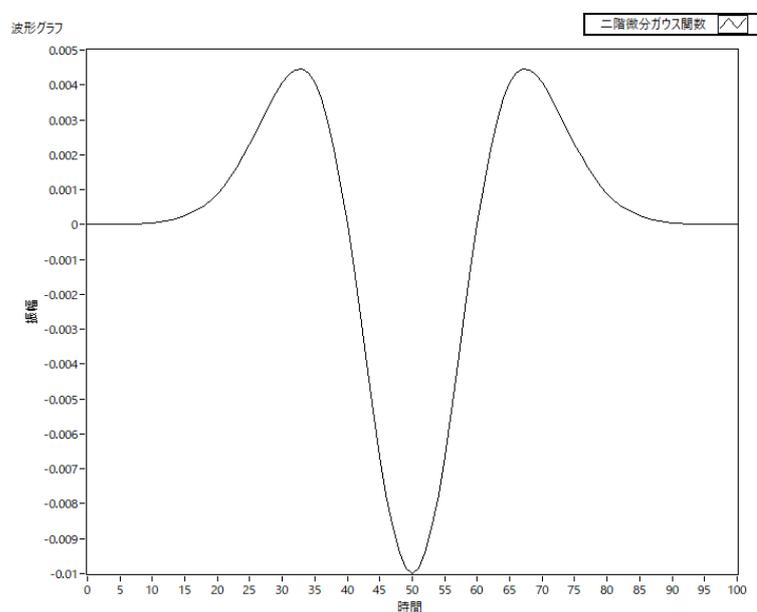
本アプリにはピークを自動で検知するピークサーチ機能があります。専用画面を開き、計測中またはデータファイルのヒストグラムデータを対象に、自動でピークを検出して半値幅やカウント数などを算出することができます。

ピークサーチは、ガウス型平滑化二次微分フィルタを作成し、得られたスペクトルに対して平滑化二次微分を実施し、その計数誤差と比較してピークサーチを行います。フィルタのパラメータはすべて自動計算されます。

$$f(x; a, \mu, \sigma) = \frac{a(x - \mu)^2 e^{-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sigma^4} - \frac{ae^{-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sigma^2}$$

where :

$a$  : amplitude,  $\mu$  : center,  $\sigma$  : standard deviation



数式 2 2階微分ガウス関数

## 11. 1. 起動画面

メニュー Tool - peak search analysis を実行します。実行後、下図の起動画面が表示されます。

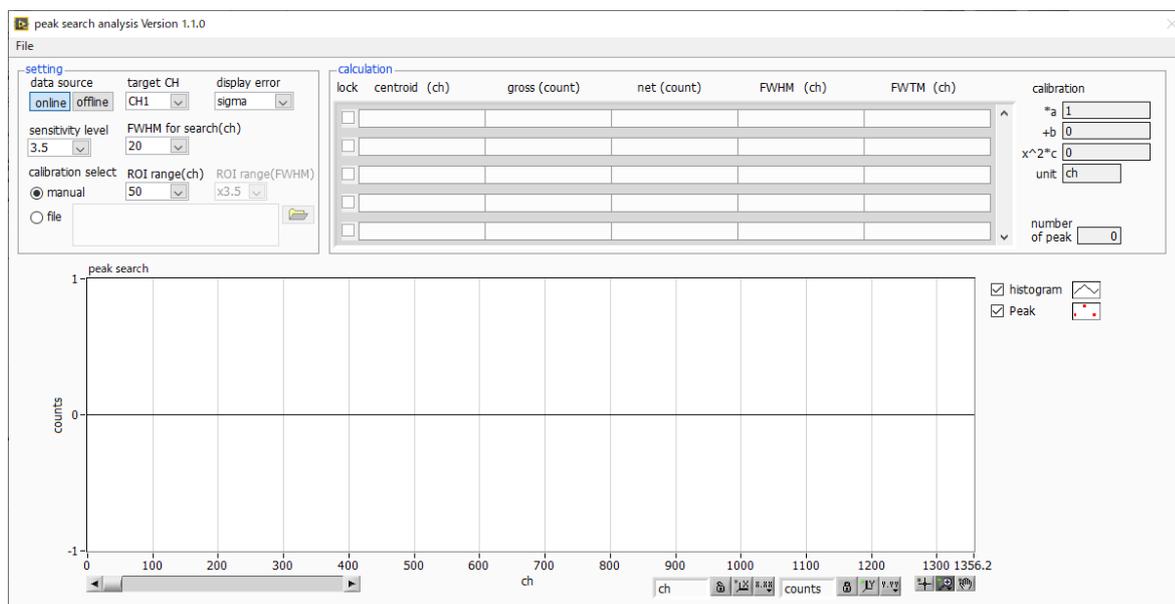


図 42 ピークサーチ起動画面

### •メニュー部

File - open peak search file  
 File - open histogram file  
 File - save peak search file  
 File - save image  
 File - close

ピークサーチファイル読み込み (後述の offline 時のみ有効)  
 ヒストグラムデータの読み込み (後述の offline 時のみ有効)  
 ピークサーチデータの書き込み  
 画面を png 形式で保存  
 画面の終了

### • setting 部

data source  
     online  
     offline

解析対象データを選択します。

メイン画面で計測中のデータを対象とします。

予め読み込んだヒストグラムデータファイルまたはガウスフィットデータファイル内のデータを対象とします。

target CH

解析対象 CH の設定。

display error

calculation 部の各種算出値について、誤差表示の OFF、sigma、2 sigma、

3 sigma を切り替えます。

sensitivity level

ピーク検知の閾値の選択。値が小さいとわずかなピークでも検知し  
 ます。

FWHM for search(ch)

ピークサーチに必要な目安半値幅。単位はチャンネル。実際のピークか  
 らおおよその半値幅をチャンネル (点数) で設定します。

calibration select

各ピークに対する ROI 幅の指定方法を選択します。

    manual

エネルギーの大小に関わらず、全区間に渡って、ROI range(ch)で指

	定した幅を適用します
file	FWHM 校正ファイルの値に基づき、エネルギーの大きさに応じた値を算出し、それに ROI range(FWHM)で指定した倍数を適用します。FWHM 校正ファイルの拡張子は“.fc”固定になります。FWHM 校正ファイルについての詳細は、後述の15. Tool 機能 create FWHM calibration file を参照ください。
ROI range(ch)	ピークに対する ROI のプロット (CH) 数の設定です。calibration select が manual の場合に指定します。
ROI range(FWHM)	ピークに対する ROI のプロット (FWHM の倍数) 数の設定です。calibration select が file の場合に指定します。
• calculation 部	
lock	リストの上部に表示したい場合チェックを ON にします。OFF の場合、ピーク検知する毎に表示位置が上下する場合があります。
centroid	全カウントの総和から算出される中心値
gross(count)	カウントの総和
net(count)	バックグラウンドを差し引いたカウントの総和
FWHM	半値幅
FWTM	ピークの 1/10 幅
	※ centroid, FWHM, FWTM の単位は、メイン画面でのエネルギー校正状態になります
calibration *a	メイン画面でのエネルギー校正係数*a が表示されます。
calibration +b	メイン画面でのエネルギー校正係数+b が表示されます。
calibration x <sup>2</sup> *c	メイン画面でのエネルギー校正係数x <sup>2</sup> *c が表示されます。
calibration unit	メイン画面での unit が表示されます。
number of peak	検出されたピーク数が表示されます。
peak search グラフ	peak search グラフ内 histogram プロットには、ピークサーチ対象のヒストグラムデータをグラフ表示します。Peak プロットはピークを検知した部分であり、ガウスフィットして赤色で表示されます。グラフ左下の横スライドバーを左右に動かすと表示点数は一定のまま表示位置を変えることができます。各チェックボックスのチェック有りはプロット表示、チェック無しはプロット非表示です。

## 11. 2. オンラインの場合

計測中に取得したヒストグラムを対象に、下記の手順でピークサーチ解析を行います。

- (1) data source を online に選択します。
- (2) ヒストグラムモードで計測を開始します。計測中のヒストグラムが peak search グラフに表示されます。
- (3) peak search グラフでは、ピーク検知したピーク部分をガウスフィットして赤色のヒストグラムを表示します。

calculation 部にはピーク検知したピーク毎に半値幅等の演算結果が表示されます。ピークを検知がなかったりかからなかったりする場合、演算結果の表示が上下に移動して見え難い場合があります。この場合は lock チェックを ON にすると常に上部に表示されるようになります。

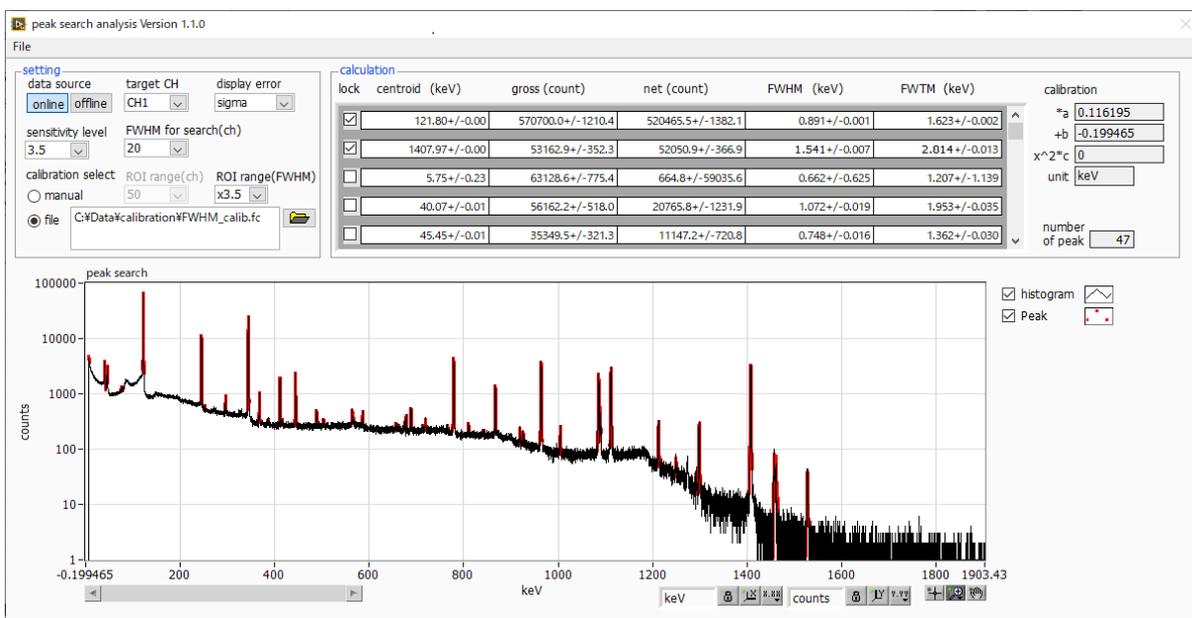


図 43 ピークサーチ画面 (online 時)

### 11.3. オフラインの場合

ヒストグラムデータファイルまたはピークサーチデータファイルを読み込むことで、取得したヒストグラムを対象に、下記の手順でピークサーチ解析を行います。

- (1) data source を offline に選択します。
- (2) メニュー file - open peak search file または file - open histogram file をクリックします。ファイル選択ダイアログが表示されます。読み込み対象のデータファイルを選択して開きます。データファイル内のヒストグラムが peak search グラフに表示されます。
- (3) peak search グラフでは、ピーク検知したピーク部分をガウスフィットして赤色のヒストグラムを表示します。

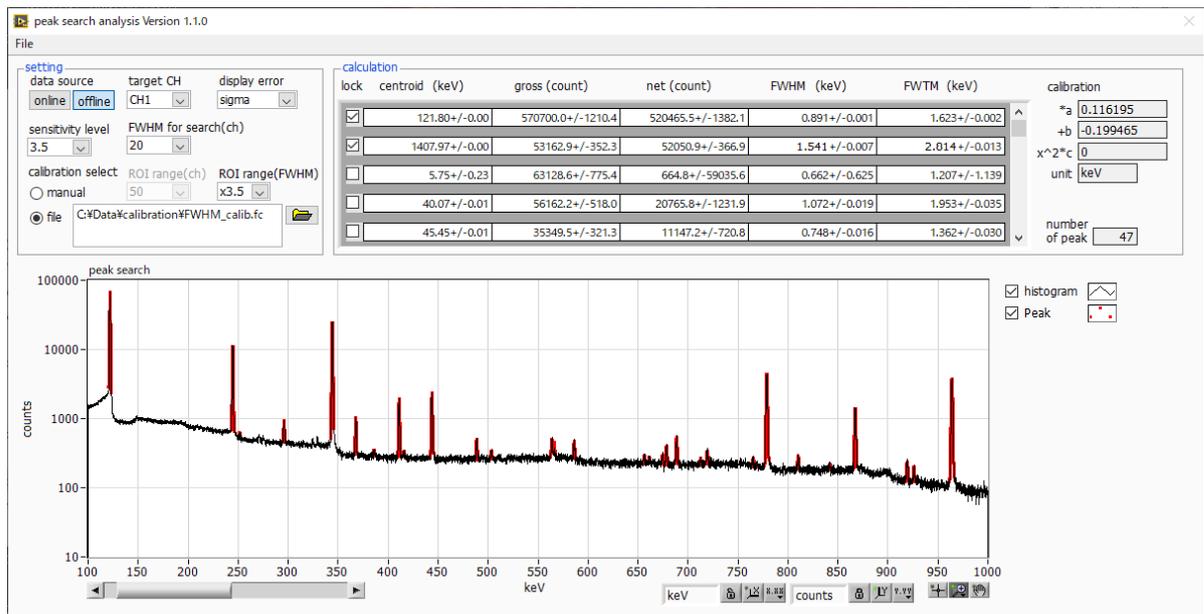


図 44 ピークサーチ画面 (offline 時)

### 11.4. 注意事項

ピークサーチ処理を正常に動作させるために、下記の点にご注意ください。

- ・ ピークサーチのかかり具合は、sensitivity level と FWHM for search(ch)、および ROI range(ch) または ROI range(FWHM) の調整によって変化します。赤色のピーク検知部分の形状を見ながら各設定を最適になるよう調整します。

### 11.5. 終了

本画面を閉じる場合は、File - close をクリックします。

## 12. Tool機能 auto pole zero

※機器構成の都合上、非実装場合があります。

本アプリには、ポールゼロ値を自動で調整する機能があります。計測前に専用画面を開き、自動でアナログポールゼロやスローポールゼロを調整することができます。

オートポールゼロは、プリアンプの Decay time を計測することで設定値を算出します。Decay time の計測にはプリアンプ波形関数をフィッティングさせて最適値を算出します。

プリアンプ波形関数は、特に HPGe などの半導体検出器のプリアンプ波形によくあてはまる exponentially modified Gaussian distribution をモデル関数として採用しております。計測を数回繰り返すことによって誤差を減らしております。

尚、計数率が高い場合や、プリアンプ波形がモデル関数と似つかわない、波形がオーバーレンジしているなどの場合、算出できないことがあります。

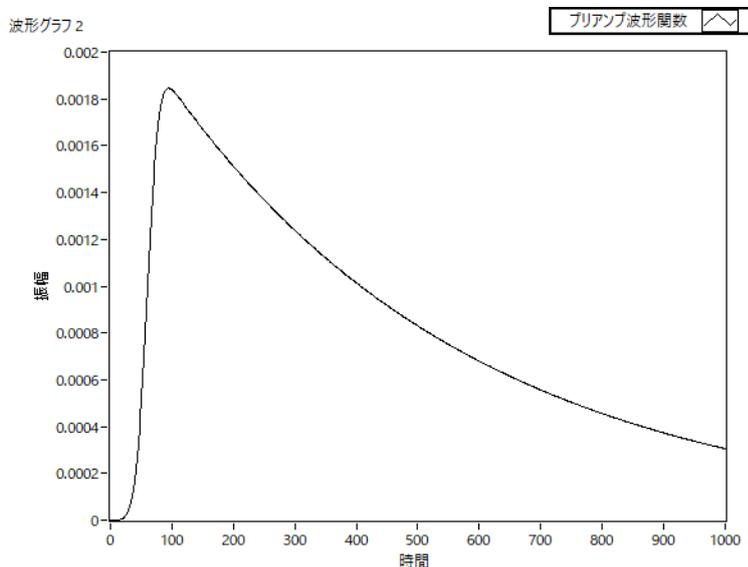
$$f(x; \mu, \sigma, \lambda) = \frac{\lambda}{2} e^{(2\mu + \lambda\sigma^2 - 2x)} \operatorname{erfc}\left(\frac{\mu + \lambda\sigma^2 - x}{\sqrt{2}\sigma}\right)$$

where,

$$\operatorname{erfc}(x) = 1 - \operatorname{erf}(x)$$

$$= \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} e^{-t^2} dt$$

$\lambda$ : decay,  $\mu$ : center,  $\sigma$ : standard deviation



数式 3 exponentially modified Gaussian distribution

## 12. 1. 起動画面

メニュー Tool - auto pole zero を実行します。実行後、下図の起動画面が表示されます。

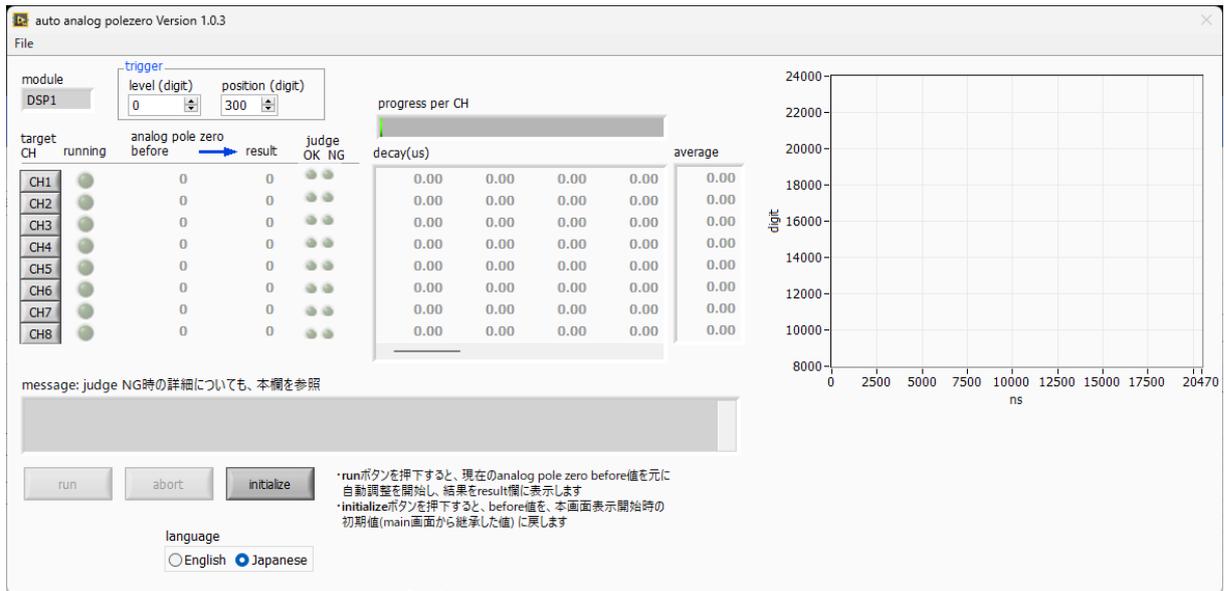


図 45 オートポールゼロ起動画面

### ・メニュー部

File - close 画面の終了

### ・画面内

module 対象機器の表示

level (digit) トリガーレベルの設定。初期値はメイン画面の wave タブで設定した値。

position (digit) トリガーした地点からのオフセット点数設定。初期値は 300。

target CH 対象 CH の表示。本機種では CH1 のみ。

coupling メイン画面の CH タブで設定した値を表示。

running オートポールゼロ実行中 CH の LED が点灯

analog pole zero before オートポールゼロ実行前の analog pole zero 設定値

analog pole zero result オートポールゼロ実行後の analog pole zero 設定値

※ analog pole zero については coupling が 6.8u の場合に限り、自動調整されます。

6.8u 以外の場合は、実行前の値がそのまま実行後の値となります。

slow pole zero before オートポールゼロ実行前の slow pole zero 設定値

slow pole zero result オートポールゼロ実行後の slow pole zero 設定値

judge OK NG 実行後、結果に応じて OK (緑) または NG (赤) が点灯。

NG 時の詳細は message 欄を参照。

decay (μs) オートポールゼロ実行中に取得される波形のディケイ (減衰部分の) 時間の履歴。一定回数計測します。

average ディケイの平均値を表示

progress per CH	CH 毎の進捗率を表示
message	実行結果表示
run	オートポールゼロ実行開始
abort	オートポールゼロ実行中断
initialize	実行前の pole zero 設定値を、本ツール起動時にメイン画面から引き継いだ値に戻します。
language	画面に表示されている説明文の言語（日英）切替え

## 12.2. 実行

オートポールゼロを実行します。

- (1) 本画面を開く前に、本機器に入力されている信号が正極性（positive）か負極性（negative）を確認し、予めメイン画面の polarity に設定しておきます。
- (2) run ボタンをクリックします。直ちにオートポールゼロが開始されます。処理中のCHにて running LED が点灯し、取得された波形のディケイ時間が decay 欄に一定回数分表示されます。指定CHについて一定回数取得完了後、算出された値が analog pole zero result や slow pole zero result に、実行結果のコメントが message 欄に、それぞれ表示されます。

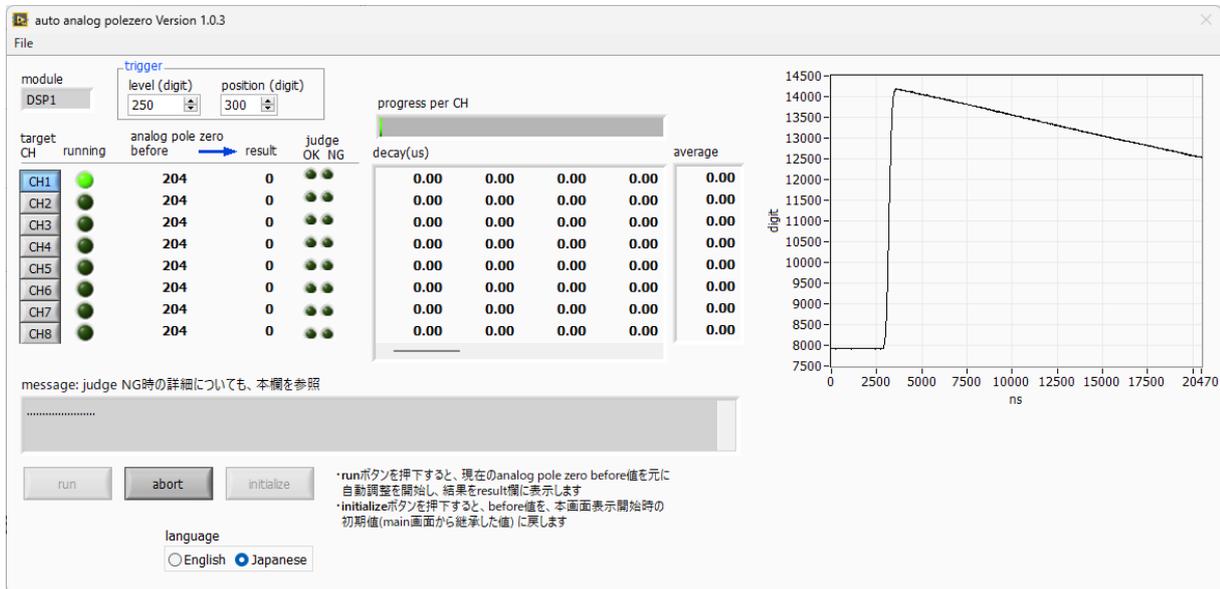


図 46 オートポールゼロ実行中画面

実行中に中断する場合は abort をクリックします。クリック後、中断されます。

終了後、result 欄の結果を、次回の実行向けやメイン側への反映用として、before 欄に反映するか否かを確認する画面が表示されます。

反映する場合は Yes を、反映したくない場合は No をクリックしてください。

### 12. 3. 注意事項

オートポールゼロ処理を正常に動作させるために、下記の点にご注意ください。

- メイン画面の polarity に、入力している信号の極性を正しく設定しておく。
- メイン画面の wave モードにて、level (トリガー波形取得用閾値) を調整して、安定してトリガーのかかる値にしておく。
- 計数が少ない場合はチェックソースなどを使用する。

### 12. 4. 終了

本画面を閉じる場合は、File - close をクリックします。

result 値をメイン画面側に反映するか否かを確認する画面が表示されます。

反映する場合は Yes を、反映したくない場合は No をクリックしてください。

## 13. Tool機能 auto threshold

※機器構成の都合上、非実装の場合があります。

本アプリには、FAST 系フィルタ及び SLOW 系フィルタについて、波形取得開始タイミングの閾値を自動で調整する機能があります。計測前に専用画面を開き、自動で閾値を調整することができます。

尚、計数率が高い場合や、波形がオーバーレンジしているなどの場合、正しく調整できないことがあります。

### 13. 1. 起動画面

メニュー Tool - auto threshold を実行します。実行後、下図の起動画面が表示されます。

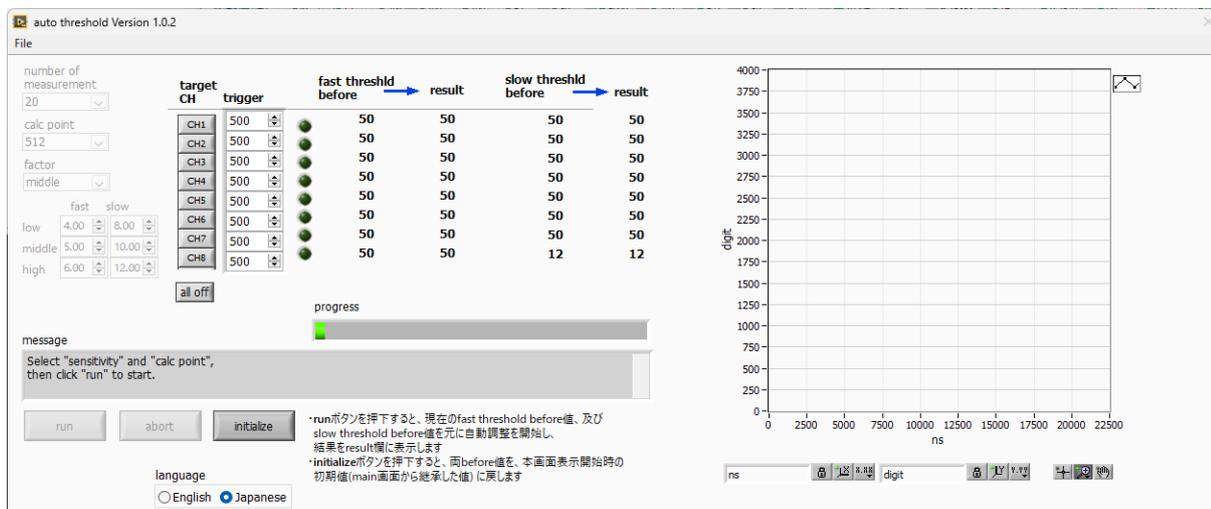


図 47 オートスレッシュリョルド起動画面

・メニュー部

File - close 画面の終了

・画面内

number of measurement fast, slow 各々の波形の取得回数

factor 波形解析時の重みの設定 (low, middle, high から選択)

calc point 波形解析開始点の設定 (256, 512 から選択)

trigger 調整開始時のトリガーレベルの指定。初期値はメイン画面の wave モードにて設定した値

target CH オートスレッシュリョルド対象 CH の選択

fast threshold before 自動調整前の FAST スレッシュリョルド値

result 自動調整後の FAST スレッシュリョルド値

slow threshold before 自動調整前の SLOW スレッシュリョルド値

result 自動調整後の SLOW スレッシュリョルド値

グラフ	調整中に取り込んだ波形を随時表示
message	実行前ガイド文や実行結果の表示
progress	CH 毎の進捗率
run	オートスレッシュホールド実行開始
abort	オートスレッシュホールド実行中断
initialize	スレッシュホールド値を本ツール開始時の値（メイン画面で設定していた値）に戻します
language	画面に表示されている説明文の言語（日英）切替え

### 13. 2. 実行

オートスレッシュホールド処理を実行します。

- (1) 本画面を開く前に、本機器に入力されている信号が正極性（positive）か負極性（negative）を確認し、予めメイン画面の polarity に設定しておきます。  
また、wave モードにて、level 値を調整し、安定してトリガのかかる閾値を確認しておきます。
- (2) run ボタンをクリックします。直ちにオートスレッシュホールド処理が開始されます。  
処理中の CH について、取得された波形がグラフに随時表示されます。  
指定 CH について一定回数取得完了後、算出された値が result に表示され、message 欄に実行結果のコメントが表示されます。

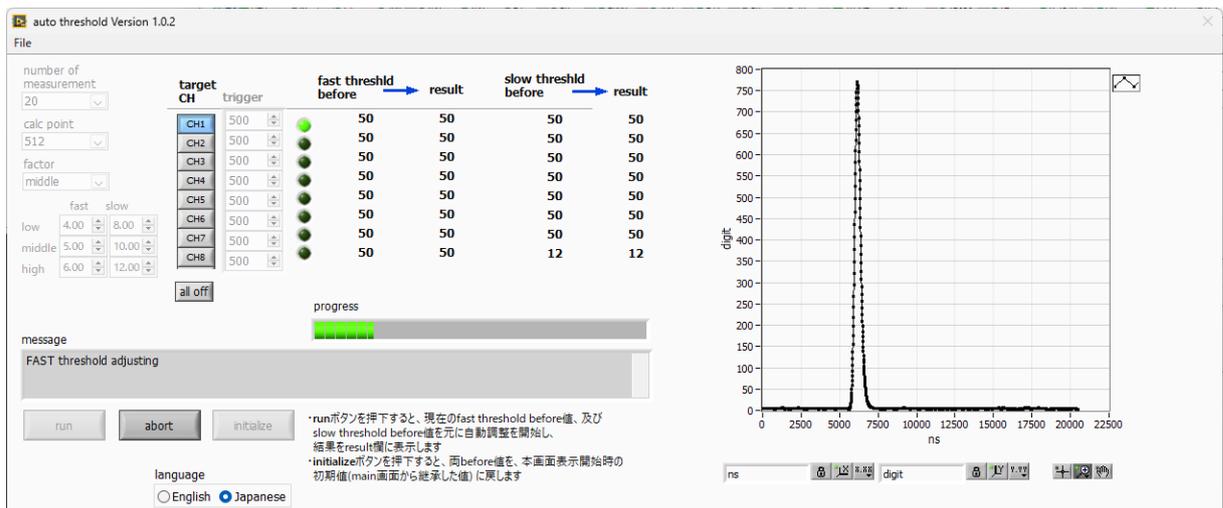


図 48 オートスレッシュホールド実行中画面

実行終了毎に、結果値を採用するか確認する画面が表示されます。Yes を選択すると、before 欄の値が result 欄の値で更新されます。

実行中に中断する場合は abort をクリックします。クリック後、直ちに中断されます。

### 13. 3. 注意事項

オートスレッシュホールド処理を正常に動作させるために、下記の点にご注意ください。

- メイン画面の polarity に、入力している信号の極性を正しく設定しておく。
- メイン画面の wave モードにて、トリガーのかかる閾値を確認しておく。
- 計数が少ない場合はチェックソースなどを使用する。

### 13. 4. 終了

本画面を閉じる場合は、File - close をクリックします。

result 欄に表示されていた値が、メイン画面の fast trigger threshold, slow trigger threshold に自動的に反映されます。slow threshold の値は、LLD にも反映されます。

従って、表示されている result 欄の値が好ましくない場合は、終了前に initialize ボタンをクリックしてください。

## 14. Tool機能 create energy calibration file

※機器構成の都合上、非実装の場合があります。

本アプリには、計測中またはデータファイルのヒストグラムデータを対象に、エネルギー校正ファイルを作成する機能があります。ヒストグラム計測時に、本ファイルを参照した半値幅などの計算が可能となります。

### 14.1. 起動画面

メニュー Tool - create energy calibration file を実行します。実行後、下図のような起動画面が表示されます。

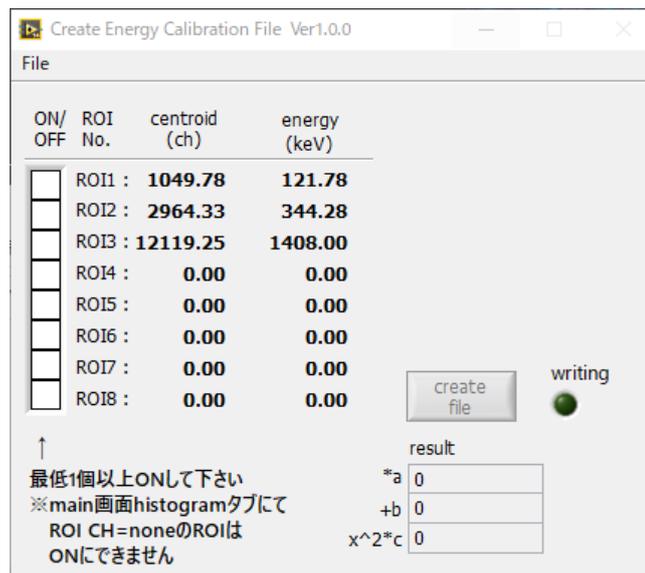


図 49 create energy calibration file 起動画面

- メニュー部

File - close                      画面の終了
  
- 画面内

ON/OFF                              計算に使用するROIの選択/解除  
 (ROI CHと範囲については、メイン画面のhistogramタブにて設定)

centroid(ch)                      ROIの中心値。単位はch固定。

energy(ch)                         ROI設定エネルギー。単位はch固定。

create file                         計算に使用するROIを最低1個以上選択すると、押下可能になります。  
 本ボタン押下により、エネルギー校正ファイルに必要な値を算出し、指定されたファイルに書き出します。

writing                              ファイル作成中に点灯

result                                計算結果を表示

## 14. 2. 実行

ON/OFF 列にて、計算に使用するROIを1つ以上選択後、create file ボタンを押下します。ファイル名の入力を促す画面が表示されますので、入力確定後、下図のように画面が更新されます。

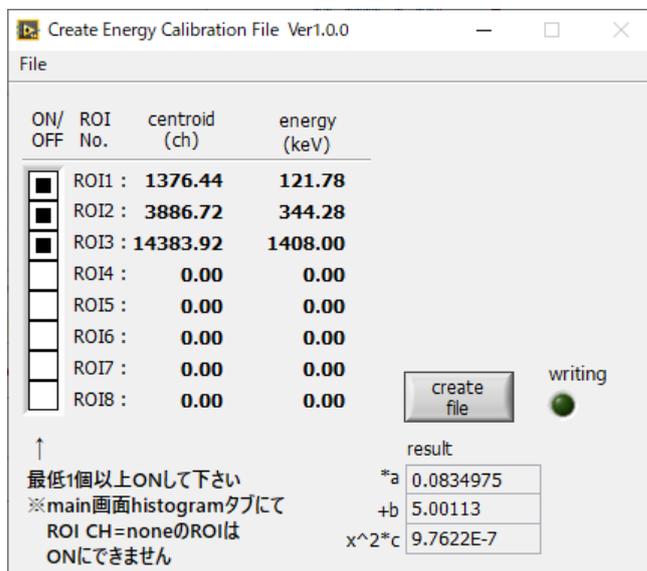


図 50 create energy calibration file 実行後画面

## 14. 3. 終了

本画面を閉じる場合は、File - close をクリックします。

## 15. Tool 機能 create FWHM calibration file

※機器構成の都合上、非実装の場合があります。

本アプリには、計測中またはデータファイルのヒストグラムデータを対象に、FWHM 校正ファイルを作成する機能があります。11. Tool 機能 peak search analysis 実行時に、本ファイルを参照することで、エネルギーの大きさに応じた ROI 幅の指定が可能となります。

### 15. 1. 起動画面

メニュー Tool - create FWHM calibration file を実行します。実行後、下図のような起動画面が表示されます。

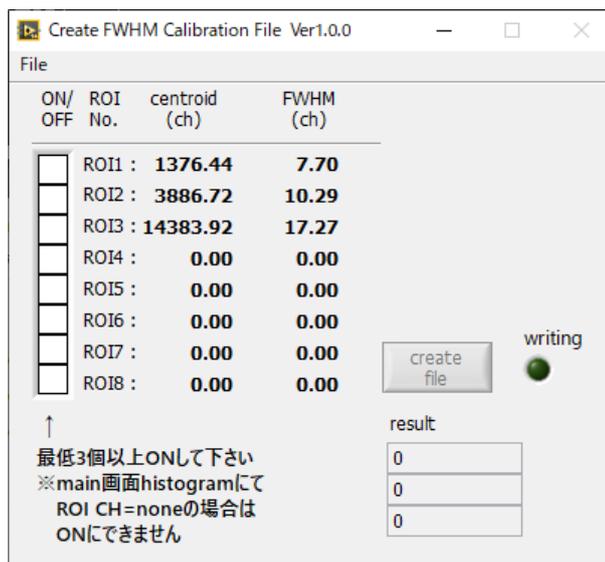


図 51 create FWHM calibration file 起動画面

• 画面内

ON/OFF

計算に使用する ROI の選択/解除

(ROI CH と範囲については、メイン画面の histogram タブにて設定)

centroid(ch)

ROI の中心値。単位は ch 固定。

FWHM(ch)

ROI の半値幅。単位は ch 固定。

create file

計算に使用する ROI を最低 3 個以上選択すると、押下可能になります。

本ボタン押下により、FWHM 校正ファイルに必要な値を算出し、指定されたファイルに書き出します。

writing

ファイル作成中に点灯

result

計算結果を表示

## 15. 2. 実行

ON/OFF 列にて、計算に使用する ROI を3つ以上選択後、create file ボタンを押下します。ファイル名の入力を促す画面が表示されますので、入力確定後、下図のように画面が更新されます。

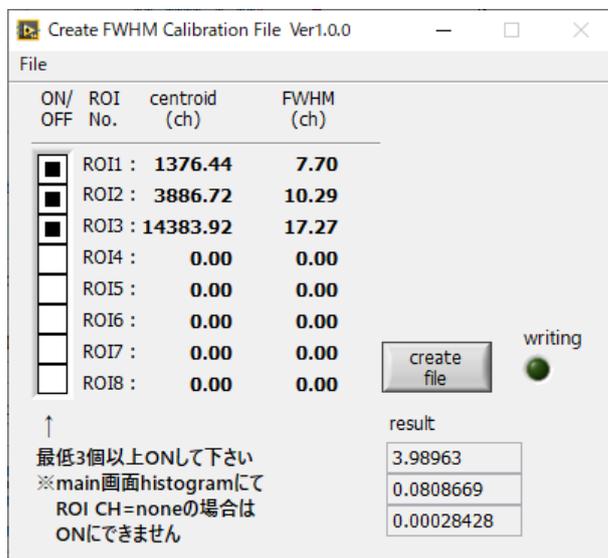


図 524 create FWHM calibration file 実行後画面

## 15. 3. 終了

本画面を閉じる場合は、File - close をクリックします。

## 16. トラブルシューティング

### 16. 1. 接続エラーが発生する。

起動時またはメニュー config にて connection error エラーがする場合、ネットワークが正しく接続されていない可能性があります。この場合、以下を確認します。

- (1) 起動前の構成ファイル config.ini 内 IP が 192.168.10.128 と設定され、[System]セクションの各ポート番号が下記のとおり定義されており、本アプリを起動して IP Address の表示が同じあることを確認します。

[System]

PCConfigPort = 55000

PCStatusPort = 55001

PCDataPort = 55002

DevConfigPort =4660

DevStatusPort = 5001

DevDataPort = 24

SubnetMask = "255.255.255.0"

Gateway = "192.168.10.1"

- (2) PC のネットワーク情報が本機器と接続できる設定かどうかを確認します。本機器のデフォルト設定は以下の通りです。

IP アドレス                    192.168.10.128

サブネットマスク            255.255.255.0

デフォルトゲートウェイ    192.168.10.1

- (3) UDP 接続用の PC 側の任意ポート番号が競合している。この場合は起動前の構成ファイル config.ini 内 Port に別の番号を定義します。
- (4) イーサネットケーブルが接続されている状態で電源を ON にします。
- (5) コマンドプロンプトにて ping コマンドを実行し本機器と PC が通信できるかを確認します。
- (6) 本機器の電源を入れ直し、再度 ping コマンドを実行します。
- (7) ウィルス検出ソフトやファイヤーウォールソフトを OFF にします。
- (8) PC のスリープなどの省電力機能を常に ON にします。
- (9) ノート PC などの場合、無線 LAN 機能を無効にします。

### 16. 2. コマンドエラーが発生する

オプションの有無などによる、本機器のファームウェアとアプリケーションの組み合わせがない場合があります。弊社までお問い合わせください。

### 16. 3. ヒストグラムが表示されない

メニュー Start を実行しても histogram タブのグラフに何も表示されない場合、以下の点を確認します。

- (1) histogram タブ内 plot ON にて CH1 を ON に設定します。
- (2) input total rate(cps)と throughput rate(cps)がカウントしているか確認します。
- (3) DAC monitor CH を CH1 に、DAC monitor type を pre amp にして、preamp の波高が小さすぎたり大きすぎたりせず、1V 以内位出ているかを確認します。
- (4) DAC monitor type を fast にして FAST 系フィルタの信号が出力されているかを確認します。
- (5) DAC monitor type を slow にして SLOW 系フィルタの信号が出力されているかを確認します。
- (6) fast trigger threshold や slow trigger threshold の値が小さすぎたり大きすぎたりせず、input total rate(cps)と throughput rate(cps)のカウントを見ながら、100 から 30 くらいまで設定を下げながら変更していき、2 つの rate が近いカウントになるように調整します。
- (7) グラフの X 軸と Y 軸を右クリックしてオートスケールにします。

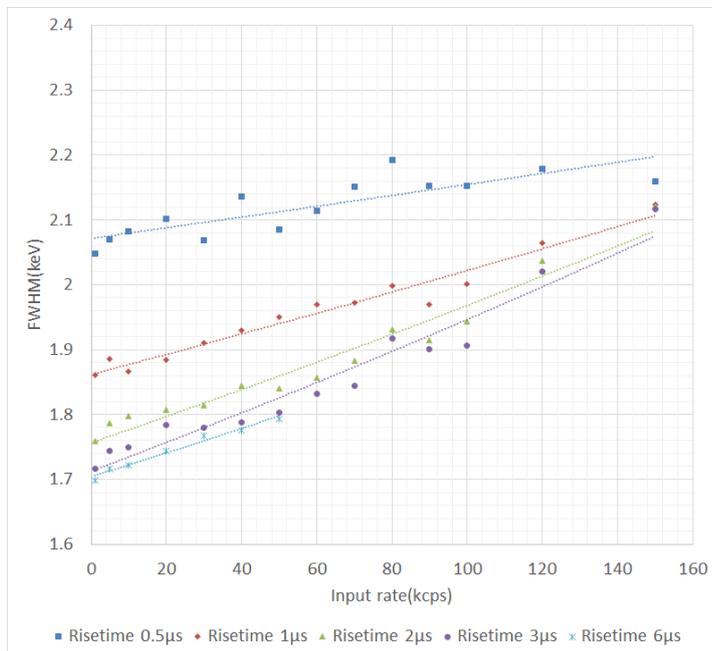
### 16. 4. IP アドレスを変更したい

別添の「取扱説明書 APG5107 搭載製品 IP アドレス変更方法」を参照してください。添付無き場合は弊社までお問い合わせください。

## 17. APV8016A の性能グラフ

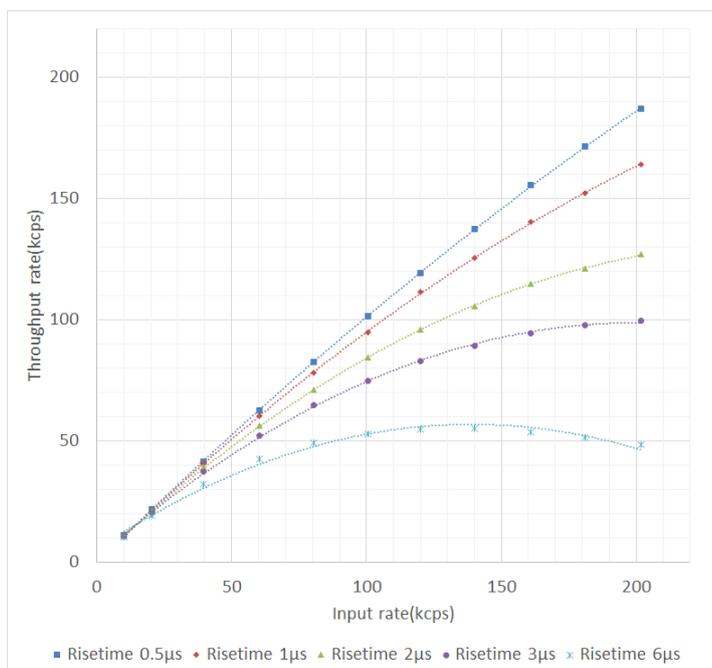
### 17. 1. エネルギー分解能と計数率

最新のデジタル信号処理により高分解能、高計数率のスペクトロスコープが可能です。



### 17. 2. 入力計数率と出力計数率

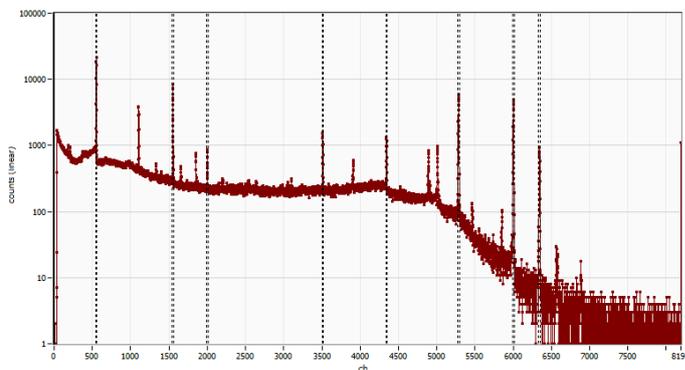
FPGA によるデジタル信号処理の採用により、従来の MCA における変換時間、リセット時間のデッドタイムがありません。本装置のスループットはまひモデルである  $m = ne^{(-n\tau)}$  の曲線にうまく整合します。ここで  $\tau = \text{risetime} + \text{flattoptime}$  です。ただし検出器の応答速度もあるため、立ち上がりが遅い検出器や高計数になるほど差異が生じます。



※弊社所有の PGT 社製 IGC10200 HPGe 検出器による

### 17. 3. 直線性

APV8016Aは直線性が非常に優れています。Eu152とCo60線源を使用しGe半導体検出器でエネルギースペクトルを計測した時、理論値と実計測のchを比較しました。スペクトルのchとエネルギーの校正には121keVと1332keVを使用し、全エネルギー帯において、理論値とのずれは1chより小さく、直線性が良いことが確認されています。

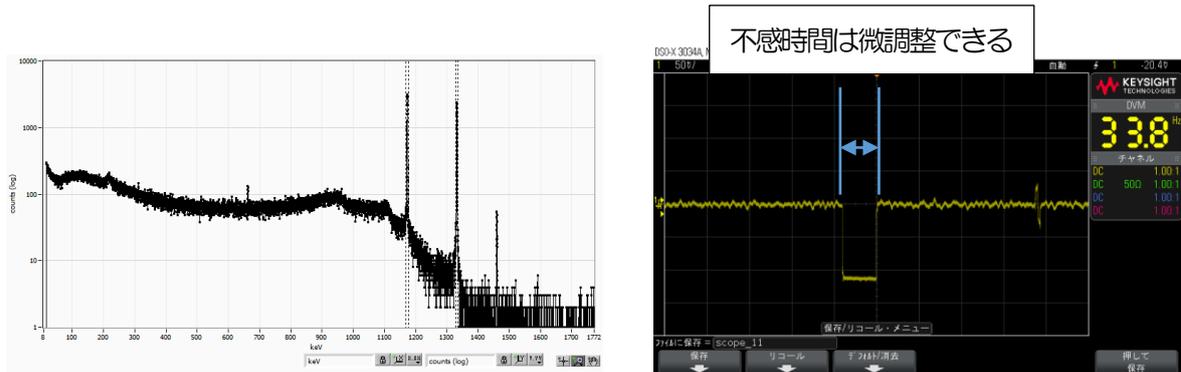


Eu-152とCo-60 エネルギー(keV)	理論値(ch)	計測値(ch)	差(ch)
121.7817	5500400	55004	0.0000
344.2785	15520371	155203	0.0071
443.9650	20009675	200046	0.5075
778.9045	35093416	350986	-0.5184
964.0720	43432291	434308	0.1491
1173.2280	52851469	528523	-0.0831
1332.4920	60023800	600238	0.0000
1408.0130	63424830	634241	0.0730

## 18. 測定例

### 18. 1. トランジスタリセット型 Ge 使用時のエネルギースペクトル

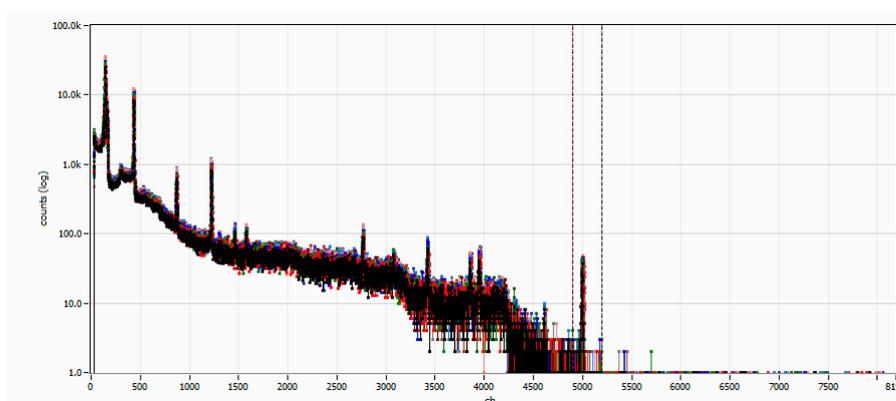
APV8016A は入力に CR 回路を備えることで、高計数且つ様々な入力にも対応できるようにできています。その一つにトランジスタリセット型の入力があります。CR回路においてリセット時の大きな電圧振れ幅は大きな過渡応答の状態でデジタイズされますが、DSPはこの過渡応答にも対応できるように設計されています。リセットを即座に感知し、不感時間を設け最速で次の信号を処理するようにできています。



※弊社所有のCANBERA 社製リセット型 Ge 検出器による計測と slow 波形のリセット時の処理

### 18. 2. 多素子の Ge 検出器計測例

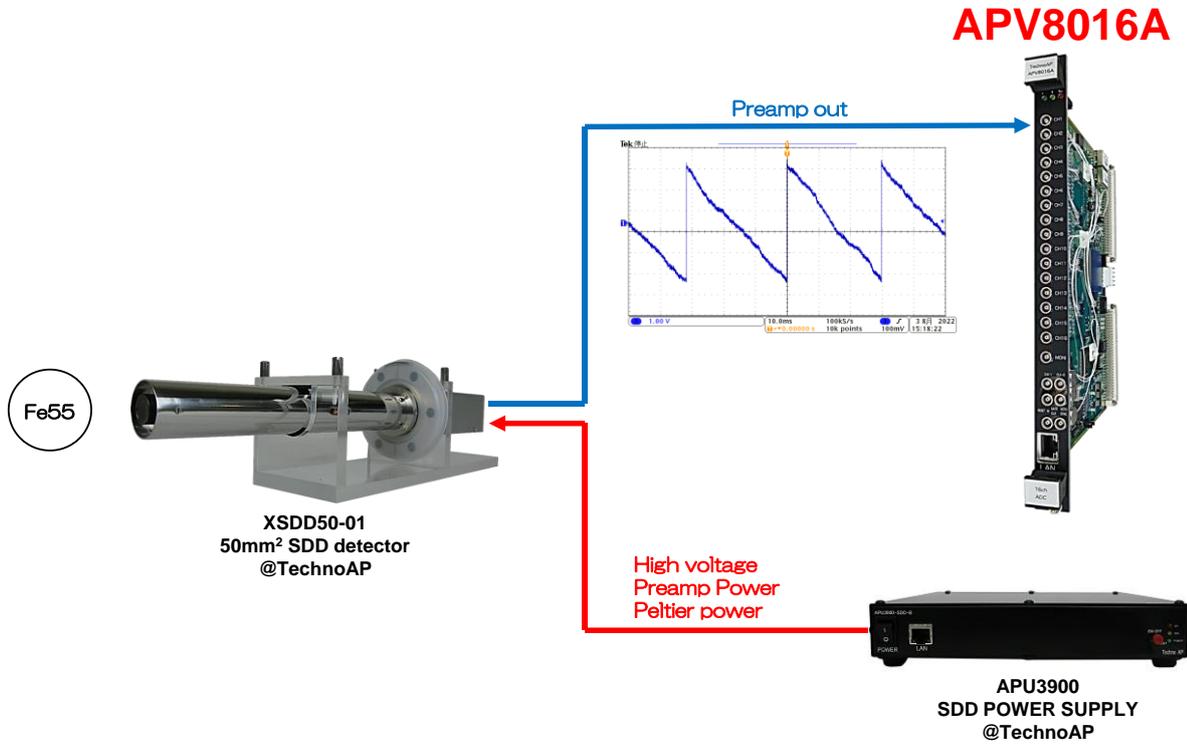
多素子の Ge 半導体検出器を使用時の例を紹介します。入力の信号レベルは検出器ごとに異なりますが、Gain や Trapezoidal Filter のセッティングなどを非常に細かく設定できるので、多素子多 CH でもぴったりとピーク位置の合ったエネルギースペクトルを取得することができます。また、エネルギーが合うことでリストデータの解析がより安易に解析することができます。



※ピクセル/ストリップ Ge を使用した例

### 18. 3. SDD 検出器での計測例

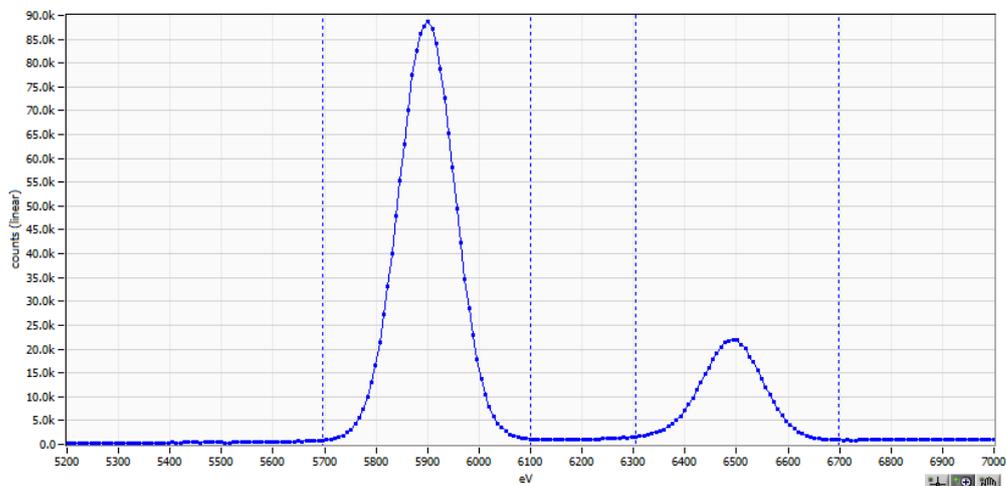
X線のエネルギーを高分解し高計数計測可能な検出器に SDD 検出器があります。APV8016A は SDD 検出器からの信号を入力、計測することができます。リセット信号からの復帰処理を最適にし、高計数、高分解能を実現しています。Cube 型 SDD 検出器を使用した時のエネルギー分解能は 126eV@5.9keV を達成しています。



ROI No.	peak (ch)	centroid (ch)	peak (count)	gross (count)	gross (cps)	net (count)	net (cps)	FWHM (ch)	FWHM (%)	FWHM (eV)	FWTM (eV)
ROI1 :	750	749.65	88.846k	1.550M	5.168k	1.498M	4.993k	16.0	2.142	126.364	231.663
ROI2 :	825	824.53	21.818k	440.341k	1.468k	375.308k	1.251k	17.2	2.091	135.676	249.977

ROI1: 5.9keV@Fe55K $\alpha$

ROI2: 6.4keV@Fe55K $\beta$



**株式会社テクノエーピー**

住所：〒312-0012 茨城県ひたちなか市馬渡 2976-15

TEL：029-350-8011 FAX：029-352-9013

URL：<http://www.techno-ap.com> e-mail：[info@techno-ap.com](mailto:info@techno-ap.com)