

デジタルスペクトロメーター APU101

取扱説明書

第5版 2014年09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 : order@techno-ap.com

目 次

1.	安全上の注意・免責事項.....	3
2.	概要.....	4
3.	外観.....	5
4.	セットアップ.....	7
4. 1.	アプリケーションのインストール.....	7
4. 2.	高圧電源極性の確認と変更方法.....	7
4. 3.	ケーブル接続.....	8
4. 4.	ネットワーク接続.....	8
5.	アプリケーション.....	9
5. 1.	起動画面.....	9
5. 2.	CH タブ.....	12
5. 3.	config タブ.....	14
5. 4.	histogram タブ.....	17
5. 5.	wave タブ.....	19
5. 6.	HV タブ.....	20
6.	準備及び調整方法.....	23
6. 1.	計測の流れ.....	23
6. 2.	デジタルパラメータの調整.....	33
6. 3.	外部入力端子による信号処理.....	41
6. 4.	TTL 端子の機能説明.....	42
6. 5.	半値幅 FWHM (Full Width at Half Maximum) の計算方法.....	43
7.	計測.....	44
7. 1.	初期化設定.....	44
7. 2.	計測開始.....	44
7. 3.	計測停止.....	44
8.	ファイル.....	45
8. 1.	ヒストグラムデータファイル.....	45
8. 2.	リストデータファイル.....	47
9.	その他.....	48
9. 1.	ネットワーク情報の変更.....	48
9. 2.	初期設定に失敗した場合.....	50
10.	仕様.....	51
11.	保証規定.....	52

1. 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」）のデジタルスペクトロメーターAPU101（以下本装置）をご購入いただき誠にありがとうございます。本装置をご使用前に、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。

本装置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できません。
- 強い衝撃や振動を与えないでください。
- 分解、改造はしないでください。
- 水や結露などで濡らさないでください。濡れた手でのご操作もおやめください。
- 発熱、変形、変色、異臭などがあつた場合には直ちにご使用を止めて弊社までご連絡ください。



注意事項

- 本装置の使用温度範囲は室温とし、結露無いようにご使用ください。
- 発煙や異常な発熱があつた場合はすぐに電源を切ってください。
- 本装置は高精度な精密電子機器です。静電気にはご注意ください。
- 本装置は、ほこりの多い場所や高温・多湿の場所には保管しないでください。
- 携帯電話やトランシーバー等、強い電波を出す機器を近づけないでください。
- 電氣的ノイズの多い環境では誤作動のおそれがあります。
- 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。

2. 概要

デジタルスペクトロメーターAPU101 は、高圧電源・プリアンプ電源・MCA(マルチチャンネルアナライザ)を1つにまとめたデジタルスペクトロメーターです。リアルタイムデジタルシグナルプロセッシング機能(DSP)を搭載したマルチチャンネルアナライザ(MCA)のため、アナログ回路による波形整形処理が不要になり、非常に高速な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(Trapezoidal Filter)処理されます。これにより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(100kcps以上)でも抜群の安定感を持ちます。

本装置はパソコン(以下PC)とLANケーブルにより接続し、付属のアプリケーション「DSP MCA」(以下本アプリ)を使用することでパラメータの設定やデータの読み出し、計測したデータの解析及び取込み等ができます。

本書は、本装置と本アプリの取り扱いについて記載したものです。

※本書の記載内容は予告なく変更することがあります。

改定履歴

2013年02月	第1版	初版
2014年03月	第2版	APU101向け
2014年06月	第3版	USBからイーサネットへのインターフェイス変更
2014年07月	第4版	全般的に説明の追加及び修正
2014年09月	第5版	全般的に説明の追加及び修正、画面画像更新

3. 外観

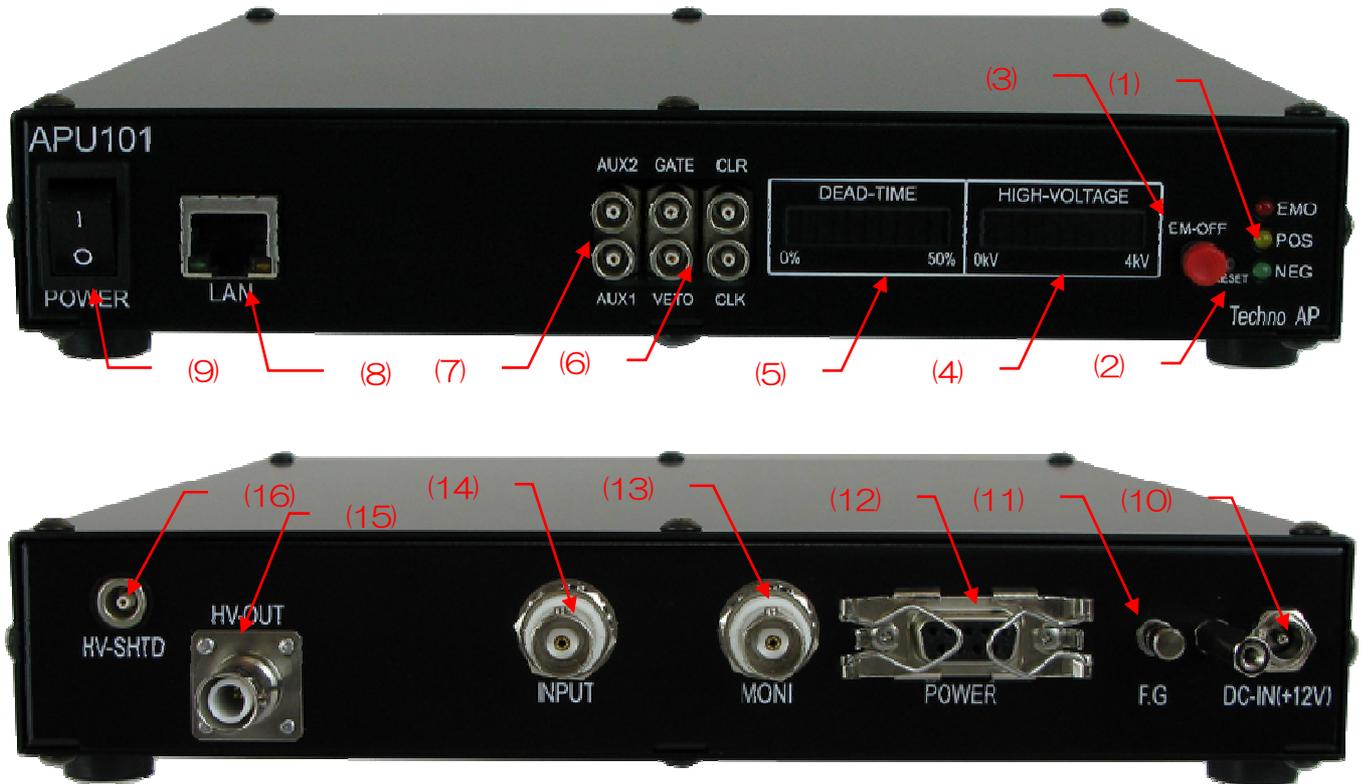


図 1 APU101(上：フロントパネル、下：リアパネル)

- | | |
|--------------------------|--|
| (1) LED | EMO(赤) エマージェンシー時に点灯。POS(橙) HV 正極性時に点灯。NEG(緑)HV 負極性時に点灯。POS, NEG が共に消灯している場合は” high-Z” 状態です。昇圧時には長く点滅、降圧時には短く点滅し、設定電圧に到達した場合は点灯に切り替わります。 |
| (2) RESET | 何らかのトラブル等で通信ができなくなった場合のイーサネット接続復旧ボタンです。ハードウェア的にイーサネットの再接続(リンクアップ処理)が必要な場合に使用します。 |
| (3) EMERGENCY | 緊急用 HV 停止ボタンです。PC の何らかのトラブル等で通信ができなくなった場合などを想定して緊急用に設けております。緊急時に高電圧を OFF にしたい場合に3秒以上長押ししてください。sweep voltage のレート(V/min)に従い、降圧していきます。HV LED が全消灯すれば高電圧が 400V 以下になったことを確認できます。(エマージェンシー状態を解除したい場合には高電圧が十分に下がっている状態でアプリ終了→本体電源 OFF→1 分以上待つ→電源 ON→アプリ起動でのみ解除になります) |
| (4) HIGH-VOLTAGE | 高電圧用モニタ。極性は無視し 400V/LED。各 LED は+400V ごとに点灯します。 |
| (5) DEAD-TIME | デッドタイム用モニタ。5%/LED。 |
| (6) CLR, CLK, GATE, VETO | 外部信号(TTL 信号)入力用 LEMO コネクタ。通常は未接続で可。(5.5 項にて詳細説明有り) |
| (7) AUX1, AUX2 | 拡張用外部信号(TTL 信号)入出力用 LEMO コネクタ。(未使用) |
| (8) LAN | イーサネットケーブルを接続します。 |

(9) POWER 装置の主電源スイッチです。『O』側がOFF、『I』側がONとなります。**高電圧電源出力中に切り替えないでください。本装置および接続機器の故障の原因となります。**

(10) DC-IN 電源入力プラグです。付属のACアダプタを接続します。下図のように、付属のACアダプタ抜け落ち防止器具を取り付けます。



図 2 ACアダプタ抜け落ち防止器具

(11) F.G アース付の壁コンセントが使えない場合やアースが弱い場合などはこの端子にアース線を接続します。

(12) POWER プリアンプ電源供給用 Dsub コネクタ。NIM 規格準拠のピン割り付けにて±12V, ±24V を供給します。

(13) MONI DSP 処理波形出力用 BNC コネクタ。出力可能な電圧範囲は±1V(1MΩ終端時)。

(14) INPUT プリアンプ信号入力用 BNC コネクタ。入力可能な電圧範囲は±1V(Z_N : 約 1kΩ)。

(15) HV-OUT 高電圧出力用 SHV コネクタ。 Z_{out} : 約 200kΩ)。**高電圧出力中や電源 ON の状態でのケーブル抜き差しは、装置本体だけでなく検出器側も破損する恐れがありますので絶対にやめてください。**

(16) HV-SHTD 検出器バイアスシャットダウン信号入力用 LEMO コネクタ。±24V までの入力が可能。 Z_N : 約 13kΩ

※変換アダプタのご紹介

本製品の入出力コネクタに、LEMO 社製 EPL00.250.NTN 及び同等形状のものを使用しております。BNC コネクタケーブルをご使用の場合、以下のような変換アダプタをご使用頂くことで、本製品と接続することが可能となります。尚、この変換アダプタは本製品に含まれておりません。ご必要なお問合せください。

メーカー Huber & Suhner 社
メーカー型式 33_QLA-BNC-01-1/1--_NE
内容 QLA-01 to BNC



また、前述の(6)や(7)のような密集した位置に BNC ケーブルで接続したい場合は、BNC 側に以下の変換アダプタを取り付けて頂き、両端 LEMO コネクタの同軸ケーブルで中継頂くことも可能です。

メーカー Huber & Suhner 社
メーカー型式 33_BNC-QLA-01-1/1--_NE
内容 BNC to QLA-01



4. セットアップ

4. 1. アプリケーションのインストール

本装置による計測を行うためには、本装置以外に本アプリがインストール済みの PC が必要になります。本アプリのインストール手順を記載します。

- (1) 動作環境を確認します。推奨環境は以下のとおりです。
Microsoft 社製 Windows 7 32Bit、画面解像度 XGA(1024×768)以上。
- (2) 管理者権限を持つアカウントでログインします。
- (3) 付属 CD 「Installer」フォルダ内の「setup.exe」を実行します。対話形式で進めていき、インストール終了後に OS を再起動します。
- (4) 本アプリを起動します。「スタート」-「すべてのプログラム」-「TechnoAP」-「DSP-MCA」をクリックします。実行後本アプリが起動します。

なお、アンインストールは「コントロールパネル」の、「プログラムのアンインストールまたは変更」から「DSP-MCA」を削除します。

4. 2. 高圧電源極性の確認と変更方法

ご使用になる前に、対象の検出器に必要な高圧電源の極性と、本装置の高圧電源の出力極性を確認します。

※注意※

検出器の仕様と異なる極性で、決して高圧電源を印加しないでください。検出器及び本装置の故障の原因となります。

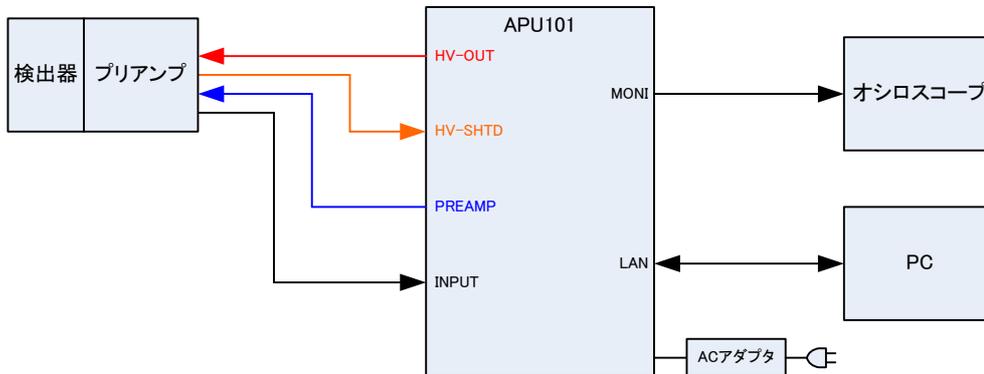
- (1) 検出器に供給する高圧電源の極性が、+ (プラス) であるか- (マイナス) であるかを確認します。
- (2) 本装置の現在の高圧電源の極性を確認します。まず、電源が OFF になっている状態で、**AC アダプタのケーブル以外の全てのケーブルを外します。**
- (3) 本装置の電源を ON にします。前面パネルの「POS」または「NEG」LED が点灯していることを確認します。「POS」の場合は正極性、「NEG」の場合は負極性の出力状態であることを表示しています。
- (4) もし、検出器と本装置の高圧電源の極性が異なる場合は、検出器に仕様にあわせ本アプリから次の手順で極性を変更します。詳細は後述の「5. 6. HV タブ」を参照ください。

「HV」タブの「HV polarity」部で、検出器と同じ極性をプルダウンメニュー「HV output polarity」から選択し、「set polarity paramter」ボタンを押す→設定確認のダイアログが表示されます→本アプリの終了→本装置の電源 OFF → 1 分以上待ってから本装置の電源を ON→本アプリの起動→再度本アプリ画面左上の「High Voltage」ステータスにて現在の出力極性を確認します。

4. 3. ケーブル接続

本装置による計測を行うために必要な、基本的なケーブル接続図を以下に記載します。

全ての電源が OFF の状態で、接続図と以下の手順に従い接続を行ってください。



- (1) 本装置の電源が OFF になっていることを確認します。
- (2) 前章での説明のとおり、予め本装置と検出器の高圧電源の極性が一致していることを確認した後、背面パネルの「HV-OUT」出力端子と検出器側の高圧電源用 SHV コネクタを高圧電源用ケーブルにて接続。
- (3) 背面パネルの「POWER」出力端子と検出器側のプリアンプ用電源コネクタをケーブルにて接続。
- (4) 背面パネルの「INPUT」入力端子と検出器側のプリアンプ出力信号をケーブルにて接続。
- (5) 前面パネルの「LAN」コネクタと PC 側の LAN コネクタを LAN ケーブルにて接続。
- (6) 付属の AC アダプタの先端の丸いコネクタと「DC-IN」端子を接続。

以下は必要に応じて行って下さい。

- (1) 背面パネルの「MONI」出力端子とオシロスコープをケーブルにて接続。
※オシロスコープは毎回計測に必須ではありませんが、調整作業(本装置及び対象検出器の性能を十分に発揮するために必要)の際があると便利です。
- (2) 「HV-SHTD」入力端子と検出器のバイアスシャットダウン用コネクタをケーブルにて接続。バイアスシャットダウンの設定方法につきましては、後述の「5. 6. HV タブ」を参照ください。

4. 4. ネットワーク接続

本装置による計測を行うためには、本装置と PC とのネットワーク接続が必要になります。ここではネットワークの設定と接続の確認方法を記載します。

- (1) 初期 IP アドレスでの通信の確認
- (2) 本装置の初期 IP アドレスは『192.168.10.128』です。本装置の IP の変更が必要な場合でも、まず初期 IP にて PC と接続する必要があります。
- (3) PC の IP アドレスを『192.168.10.X』(X:128 以外の任意の数)に固定してください。
- (4) PC の IP アドレスの固定と本装置のケーブル接続を完了したら、「POWER」スイッチを「|」側にして本装置の主電源を入れてください。
- (5) Windows のコマンドプロンプトより ping コマンドを『192.168.10.128』へ送信し、接続を確認してください。

5. アプリケーション

本アプリの画面とタブ構成毎に、設定及び表示項目等の説明を記載します。

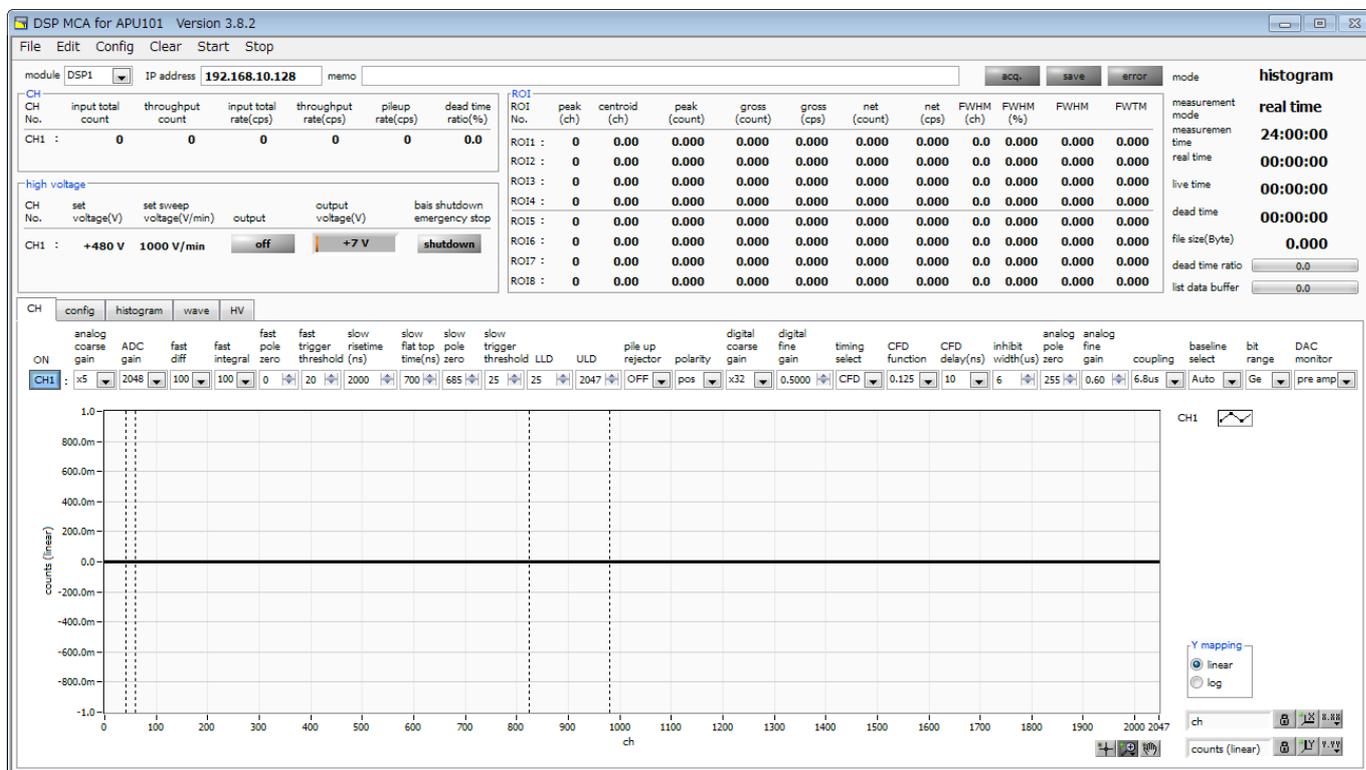


図 3 起動画面

5. 1. 起動画面

・メニュー

- 「File」、「Edit」、「Config」、「Clear」、「Start」、「Stop」から構成される。
- 「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CSV形式ファイルに保存
- 「File」 - 「save wave」 : 現在の波形データをCSV形式ファイルに保存
- 「File」 - 「save image」 : 画面のキャプチャー画像をファイルに保存(PNG形式)
- 「File」 - 「reconnect」 : 本装置と再接続
- 「File」 - 「quit」 : 本アプリ終了
- 「Edit」 - 「IP configuration」 : 本装置のネットワーク設定を変更
- 「Edit」 - 「copy setting of CH1 to all CH」 : CH1 の設定を CH2 以降の設定にコピー
- 「Config」 : 本装置へ全設定(HV, pulser の設定値は除く)を送信
- 「Clear」 : 本装置のヒストグラムデータを初期化
- 「Start」 : 本装置へ計測開始を送信
- 「Stop」 : 本装置へ計測停止を送信

• タブ

「CH」、「config」、「histogram」、「wave」、「HV」から構成される。

「CH」	: 本装置のDSPに関する設定
「config」	: 本装置の計測動作や計測時間等に関する設定
「histogram」	: ROI (Region Of Interest) 及びエネルギー校正に関する設定
「wave」	: wave モード時の波形表示、表示に関する設定
「HV」	: 本装置の高電圧に関する設定

• タブ以外

システムのステータス情報を表示する。

「module」	: 本装置を複数台使用する場合に、制御対象装置の選択に使用
「IP address」	: 本装置のIP アドレス
「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
「acq.」 LED	: 計測中に点滅
「save」 LED	: データ保存時に点灯
「error」 LED	: エラー発生時点灯
「mode」	: モード。「histogram」「list」「wave」などの設定状態を表示
「measurement mode」	: 計測モード。「real time」もしくは「live time」を表示
「measurement time」	: 設定した計測時間
「real time」	: リアルタイム (実計測時間)
「live time」	: ライブタイム (有効計測時間)
「dead time」	: デッドタイム (無効計測時間)
「dead time ratio」	: 先頭有効CHのデッドタイムの割合(%)。dead time / real time * 100
「list data buffer」	: リストデータ用バッファ状態 (%)。100%はオーバーフロー。

• CH 部

計測中の計数率等を表示する。

「input total count」	: トータルカウント。入力のあったイベント数
「throughput count」	: スループットカウント。入力に対し処理された数
「input count rate(cps)」	: カウントレート。1 秒間の入力のあったイベント数
「throughput count(cps)」	: スループットカウントレート。1 秒間の入力に対し処理された数
「pileup rate(cps)」	: パイルアップカウントレート。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 (%)

• high voltage 部

高電圧のステータス情報を表示する。

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 「set voltage(V)」 | : 本装置に設定されている出力電圧 (V) |
| 「set sweep voltage(V/min)」 | : 本装置に設定されている 1 分間の出力掃引電圧 (V/min) |
| 「output」LED | : 出力電圧が 30V 以上の時に「on」表示になり点灯。掃引時は「sweep」表示になり点滅。出力停止中は「off」表示で消灯 |
| 「output voltage(V)」 | : 極性と出力中の電圧モニタ値を表示(モニタ電圧は±約 1%の誤差があります)
※出力電圧には負荷依存性があるため、設定電圧とモニタ電圧が一致しない場合があります。 |
| 「bias shutdown emergency stop」LED | : バイアスシャットダウン状態、緊急停止ボタンが押された場合等、HV に関する異常があった時に点灯 |

• ROI 部

ROI 間の計算結果を表示する。

- | | |
|----------------|---|
| 「peak(ch)」 | : 最大カウントの ch |
| 「centroid(ch)」 | : 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)」 | : 1 秒間の ROI 間のカウントの総和 |
| 「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)」 | : 1 秒間の ROI 間のバックグラウンドを差し引いたカウントの総和 |
| 「FWHM(ch)」 | : 半値幅 (ch) |
| 「FWHM(%)」 | : 半値幅÷ROI 設定エネルギー×100(%) |
| 「FWHM(任意単位)」 | : 半値幅。後述の「6. 5. 半値幅 FWHM (Full Width at Half Maximum) の計算方法を参照」。単位はエネルギー校正の状態による。 |
| 「FWTM(任意単位)」 | : 1/10 幅。半値幅がピークの半分の位置であるのに対し、ピークから 1/10 (ピークの裾野) の幅。単位はエネルギー校正の状態による。 |

5. 2. CHタブ

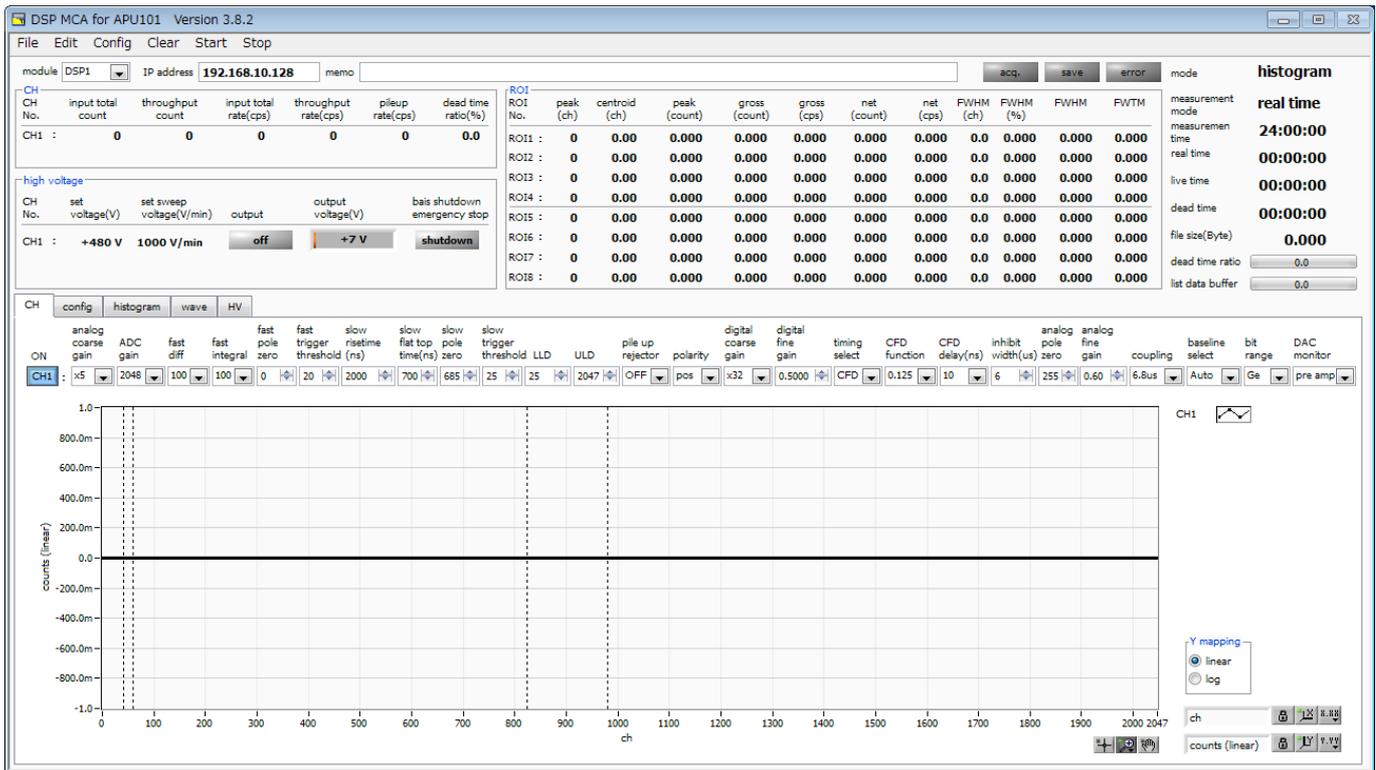


図 4 CHタブ

- ON : CH使用可否。使用する場合はON。不使用の場合はOFF
- analog coarse gain : 本装置アナログ回路のコースゲイン。x1, x2, x5, x10 から選択
- ADC gain : ADC のゲイン。8192, 4096, 2048, 1024, 512 チャンネル(ch)から選択
- fast diff : FAST 系微分回路の定数。設定は ext (除外), 20, 50, 100, 200
- fast integral : FAST 系積分回路の定数。設定は ext (除外), 20, 50, 100, 200
- fast pole zero : FAST 系ポールゼロキャンセルを設定します。デフォルト設定は 0
- fast trigger threshold : FAST 系フィルタを使用した時間情報取得タイミングの閾値を設定します。単位は digit。設定範囲は 0 から 8191 です。「input total rate(cps)」レートを見ながら、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。デフォルト設定は 30digit
- slow rise time(ns) : SLOW 系フィルタのライズタイムの設定。デフォルト設定は 6000ns
- slow flat top time(ns) : SLOW 系フィルタのフラットトップタイムの設定。デフォルト設定は 700ns。
- slow pole zero : SLOW 系ポールゼロキャンセルを設定します。デフォルト設定は 690ns。
- slow threshold : SLOW 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を設定。単位は digit。設定範囲は 0 から 8191。LLD 以下の値に設定します。「ithroughput 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。デフォルト設定は 30digit。
- LLD : エネルギーLLD (Lower Level Discriminator) を設定します。単位は ch。この閾値より下の ch はカウントしません。show 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) を設定します。単位は ch。 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。
pileup rejector	: パイルアップリジェクタの使用可否を設定します。
polarity	: プリアンプ信号の極性を選択します。「pos」は正極性、「neg」は負極性です。
digital coarse gain	: デジタルのコースゲイン。x1, x2, x4, x8, x16, x32, x64, x128 から選択。
digital fine gain	: デジタルのファインゲイン。設定範囲は x0.3333 ~ x1 です
timing select	: タイムスタンプを決定するタイミングを選択します 「LET」 : リーディングエッジ (Leading Edge Timing) 「CFD」 : コンスタントフラクションタイミング (Constant Fraction Discriminator Timing)
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, 0.5, 0.625, 0.75, 0.875 から選択します
CFD delay	: CFD 遅延時間を 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80ns から選択。
inhibit width(μ s)	: トランジスタリセット型プリアンプ用インヒビット信号の時間幅を内部にて設定。 設定範囲は 0 ~ 163 μ s。
analog pole zero	: アナログのポールゼロ調整。デジット制御が可能で設定範囲は 0 ~ 255 です
analog fine gain	: アナログのファインゲイン調整。設定範囲は x0.10 ~ x1.50 です
coupling	: シェイピングタイプ。6.8 μ s, 2.2 μ s, DC, 6.8 μ s(ex RC) , 2.2 μ s(ex RC) から選択。 「6.8 μ s」 : 抵抗フィードバック型プリアンプ用スタンダード 「2.2 μ s」 : 抵抗フィードバック型プリアンプ用高計数向け 「DC」 : カップリングなし 「6.8 μ s(ex RC)」 : トランジスタリセット型プリアンプ用スタンダード 「2.2 μ s(ex RC)」 : トランジスタリセット型プリアンプ用高計数向け
baseline select	: ベースライン処理設定。 「Auto」 : 自動 (デフォルト) 「High」 : 高計数時ベースライン安定化用自動設定
bit range	: SLOW 系フィルタの演算ビット処理に関する設定。 「Ge」 : Ge 半導体検出器などの場合(主に抵抗フィードバック型プリアンプ用) 「SDD」 : Si Drift Detector などの場合(主にトランジスタリセット型プリアンプ用)
DAC monitor	: DAC monitor 出力の波形選択。DAC 出力信号をオシロスコープで見ることにより、DSP 内部の処理状態をアナログ波形にて確認できます。(極性との組合せにてフルスケール \pm 1V @1M Ω 負荷) 「pre amp」 : 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. 3. config タブ

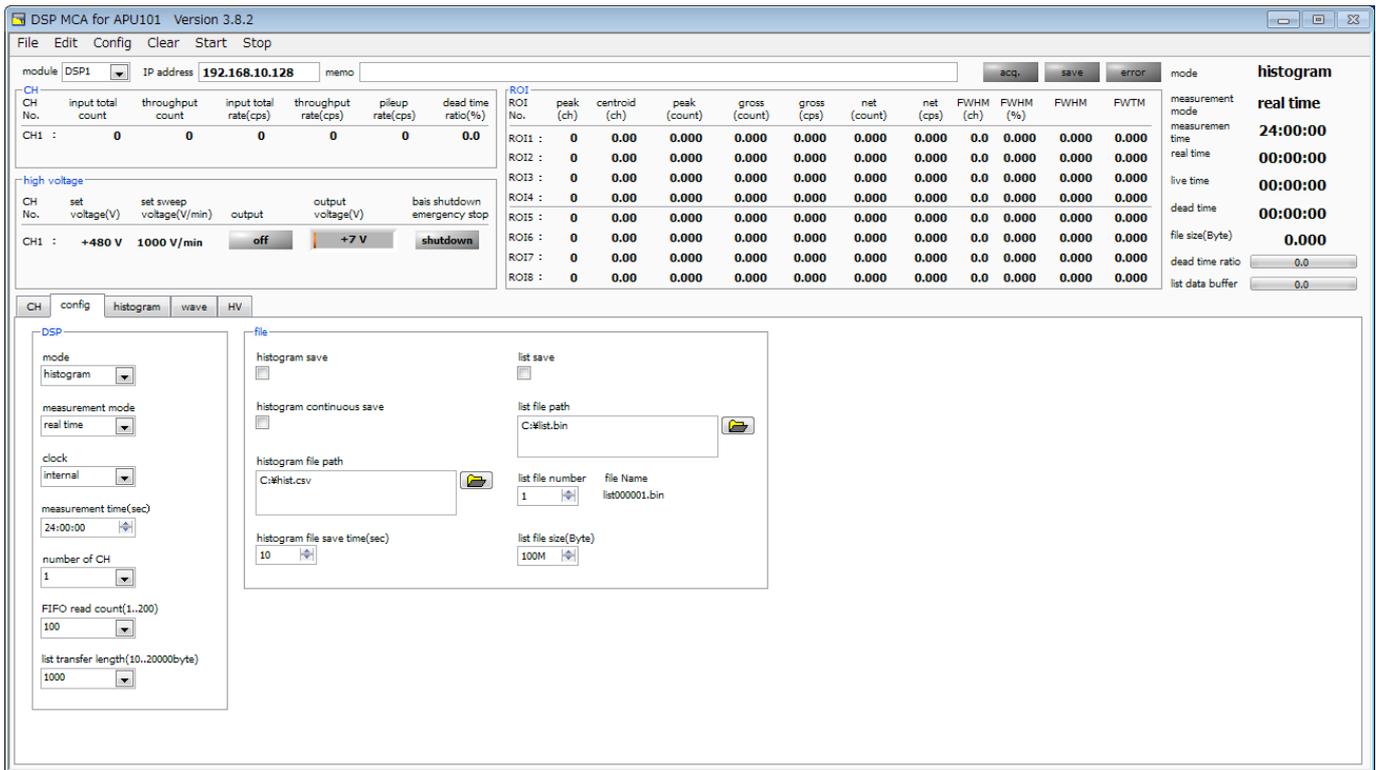


図 5 config タブ

• DSP 部

「mode」

: データ処理の選択。

「histogram」 : プリアンプ信号の波高値を最大 8192ch に格納し、ヒストグラムを作成します。

「list」 : プリアンプ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、連続的に PC へデータを転送するモードです。

「wave」 : プリアンプ出力信号を元に内部処理した preamp、fast、slow、CFD の波形を表示します。

「measurement mode」

: 計測モードを選択。

「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。

「clock」

: クロックソースを選択。

「internal」 : 内部クロックを使用。

「external」 : 外部クロックを使用。複数台で同期を取る場合に使用。

※注意※

「external」を使用する場合、予め「CLK」LEMO コネクタに TTL レベル 25MHz の安定したクロック信号を供給しておく必要があります。

外部クロック使用時に約 0.5sec 以上クロック供給が不安定になる

とエマージェンシーと判断し、内部クロックに自動的に切り替わると共にシステム保護のため、HV 供給を sweep voltage のレート (V/min) に従い、降圧します。(この状態は電源再投入でのみ解除になります)

- 「measurement time」 : 計測時間設定。設定範囲は 00:00:00 から 24:00:00 です。
- 「number of CH」 : DSP の有効 CH 数です。本装置に実装されている CH 数を設定します。
- 「FIFO read count」 : FIFO 読み出しカウント。内部 FIFO メモリから読み出す可能となるデータ数。
1、2、5、10、20、50、100、200 から選択。デフォルトは 200。高カウントレート時は最大の 200 としてまとめて読み込む方が効率的です。低カウントレート時に設定を下げて少ない数で読み込めるようにします。
- 「list transfer length」 : リストモード時の転送データ長。単位は Byte。10、20、50、100、200、500、1000、2000、10000、20000Byte から選択。DSP 側に設定データ長分イベントデータが蓄積されると、PC 側で読み込み可能となります。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 : 計測終了時にヒストグラムデータをファイルに保存します。
- histogram continuous save : ヒストグラムデータを設定時間間隔で連続してファイルに保存するか否かを設定します。DSP 部「mode」にて「histogram」を選択時のみ有効です。
- histogram file path : ヒストグラムデータファイルの絶対パスを設定します。拡張子無しも可です。
※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」、
「histogram file save time(sec)」に「10」と設定し、日時が 2014/09/01 12:00:00 の場合は、「C:¥Data¥histogram_20140901_120000.csv」というファイル名でデータ保存を開始します。
10 秒後に「C:¥Data¥histogram_20140901_120010.csv」というファイルで保存します。
※上記「120010」が「120009」または「120011」になる場合もあります。
- histogram 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。DSP 部「mode」にて「list」を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します。拡張子無しも可です。
※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に説明する「file number」からはじまる番号が、ファイル名と拡張子の間に 0 詰め 6 桁で付加されます。
例：「list file path」に「C:¥Data¥list.bin」、
「list file number」に「0」と設定した場合は、「C:¥Data¥list000000.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。設定範囲は 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 : 現在の設定で保存されるファイル名が表示されます。
- list file size(Byte) : リストデータファイルの最大ファイルサイズを設定します。リストデータ保存中にこのサイズを超えるとファイルを閉じ、「list file number」を 1 つ繰り上げた新しいファイル名でデータの保存を続けます。本アプリ画面右側に位置する「file size(Byte)」には現在保存中のファイルのサイズが表示されます。

5. 4. histogram タブ

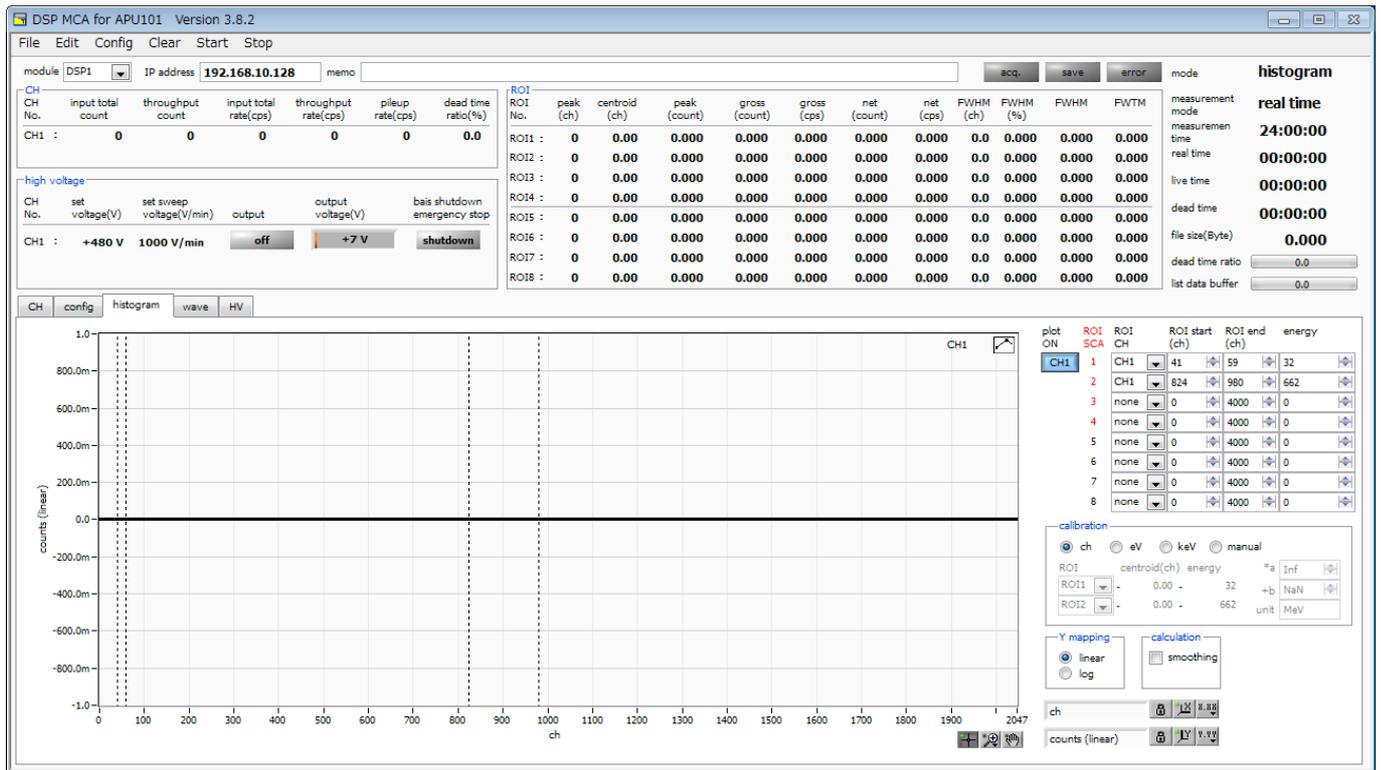


図 6 histogram タブ

- 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、計測中にヒストグラムを表示します。
- plot ON : グラフに CH 毎のヒストグラムを表示するか否かの設定をします。
- ROI CH : ROI (Region Of Interest) を対応させる CH 番号を選択します。1 つの CH 信号に対し、最大 8 つの ROI を設定可です。また、ROI-SCA 機能における ROI と CH の対応と設定を共有しています。
- ROI start (ch) : ROI の開始位置を設定します。単位は ch です。また、ROI-SCA 測定における ROI の開始位置と設定を共有しています。
- ROI end (ch) : ROI の終了位置を設定します。単位は ch です。また、ROI-SCA 測定における ROI の終了位置と設定を共有しています。
- energy : ピーク位置 (ch) のエネルギー値を定義します。⁶⁰Co の場合、1173 や 1333(keV)と設定。次の「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摘要します。
- calibration : X 軸の単位を選択します。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。
 - 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

一定の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 ^{60}Co の1173.24keV、6498.7chに ^{60}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設定の際カーソルをグラフ上で移動可能です。

：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。

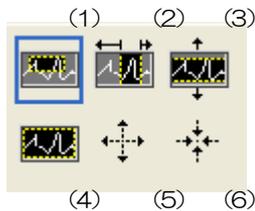


図 7 グラフ ズームイン及びズームアウトツール

(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します。

(3)Y-ズーム：Y軸に沿ってグラフの領域にズームインします。

(4)フィットズーム：全てのXおよびYスケールをグラフ上で自動スケールします。

(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。

5. 5. waveタブ

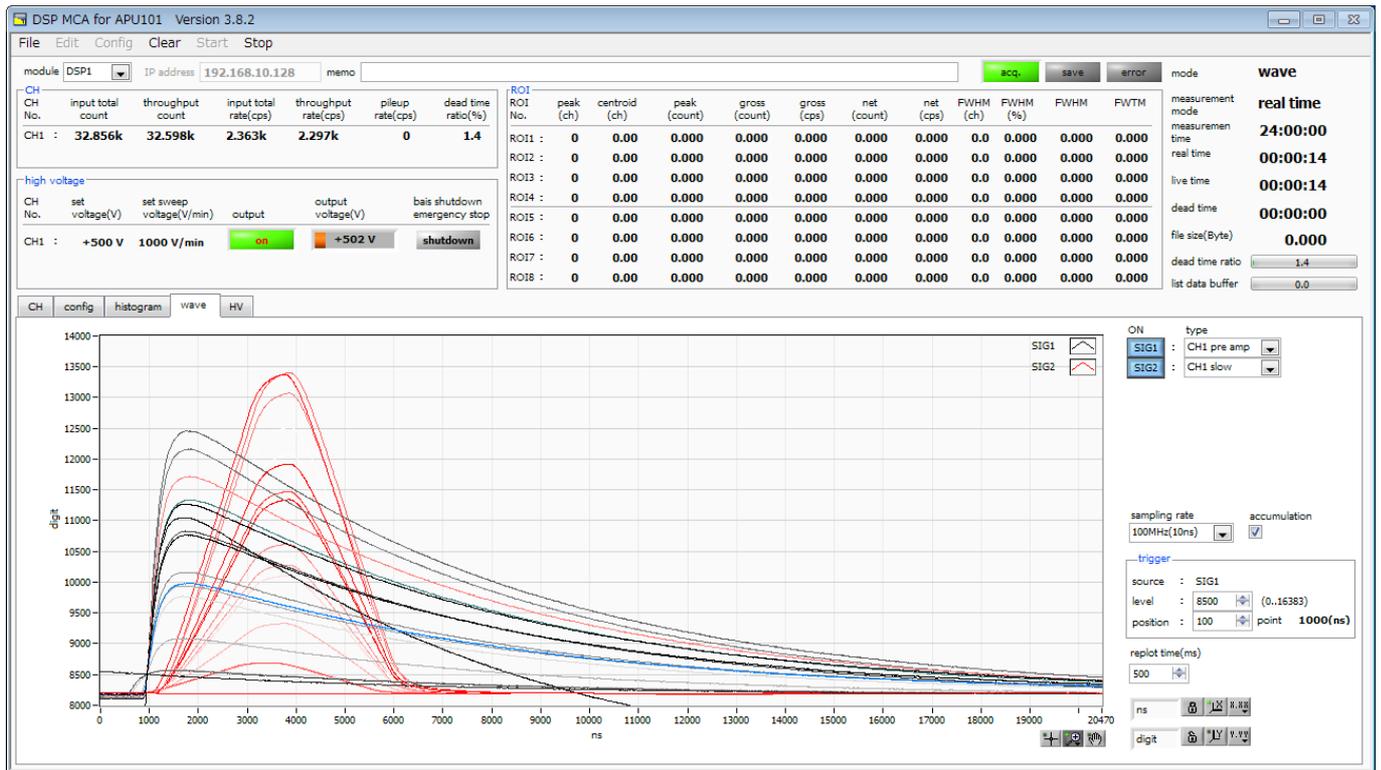


図 8 waveタブ

- グラフ : 波形グラフ。「config」タブ内「mode」にて「wave」を選択した場合、計測中に波形を表示。
- ON : 波形の表示可否を設定します。
※注意※
「SIG1」に選択した波形がトリガーソースになります
- type : CH 毎に表示する波形の種類を選択します。
 「pre amp」 : 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
- sampling rate : wave モード使用時のサンプリングレート。100M, 50M, 25M, 12.5M Hz から選択。
- trigger level : トリガ波形取得用閾値。(オシロスコープの立上りエッジトリガーと同じようなイメージ)この閾値を超えたところでトリガがかかり、波形データが取得(表示)されます。0 を設定すると閾値設定の目安を決めるときなどに有用なフリーラン動作(閾値に関係なく約 1 秒周期で強制的にデータ取得)を行います。
- trigger position : トリガした地点へのオフセット点数設定。トリガ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。右脇に「sampling rate」と連動したオフセット時間を表示します。
- accumulation : 過去の 16 波形データの重ね合わせ処理を有効にします。単一波形では解析しづらい場合などは ON にすることで波形が見易くなります。

5. 6. HVタブ

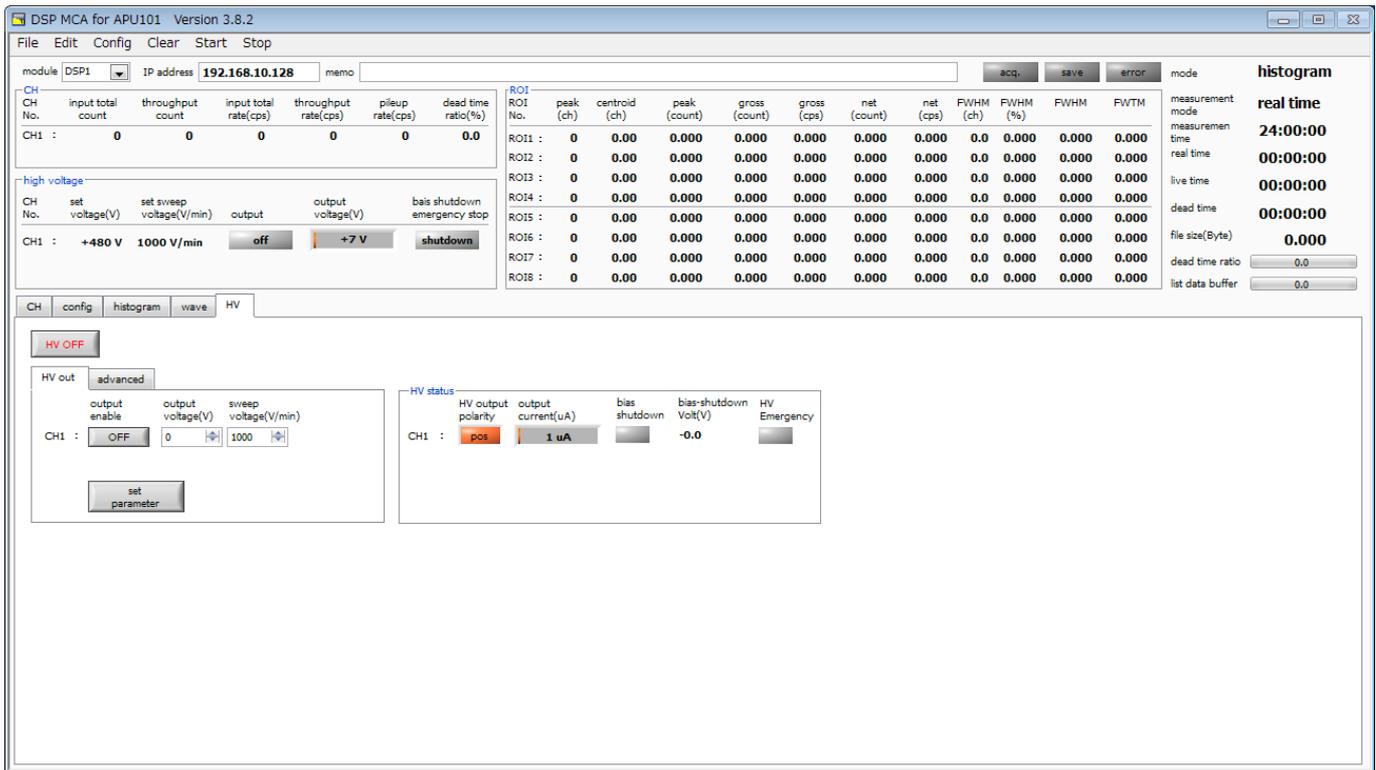


図 9 HV タブ (内HV out タブ)

• HV out タブ部

「output enable」 : 高圧出力 ON/OFF。

「output volgate (V)」 : 高圧出力値の設定。極性に関係なく絶対値にて入力(0 ~ 4000)。

「sweep voltage(V/min)」 : 高圧出力の昇圧/降圧のレート(V/min)の設定(1 ~ 4000)。

※急激な昇圧/降圧は、検出器の故障の原因になる場合があります。検出器に最適な値で設定してください。

「set parameter」 : 本装置へ上記 high voltage 関連の設定値を送信。

• HV status 部

「HV output polarity」 : 高圧出力の極性。「pos」は正極性、「neg」は負極性

「current」 : 出力電流値 (uA) (モニタ電流は±約5%の誤差があります)

※負荷依存性があるため、負荷が軽い場合(数十 uA 以下相当)には予想される電流値とモニタ値が大きく異なる場合があります。

「bias shutdown」 LED : 検出器がバイアスシャットダウン状態になった時に点灯。点灯時直ちに降圧のレートで高圧出力を OFF にします

「bias shutdown volt(V)」 : HV-STHD 端子に入力されている信号のモニタ電圧。

「HV emergency」 LED : HV に関する異常があった時や緊急停止ボタンが押された時に点灯。点灯時直ちに降圧のレートで高圧出力を OFF にします

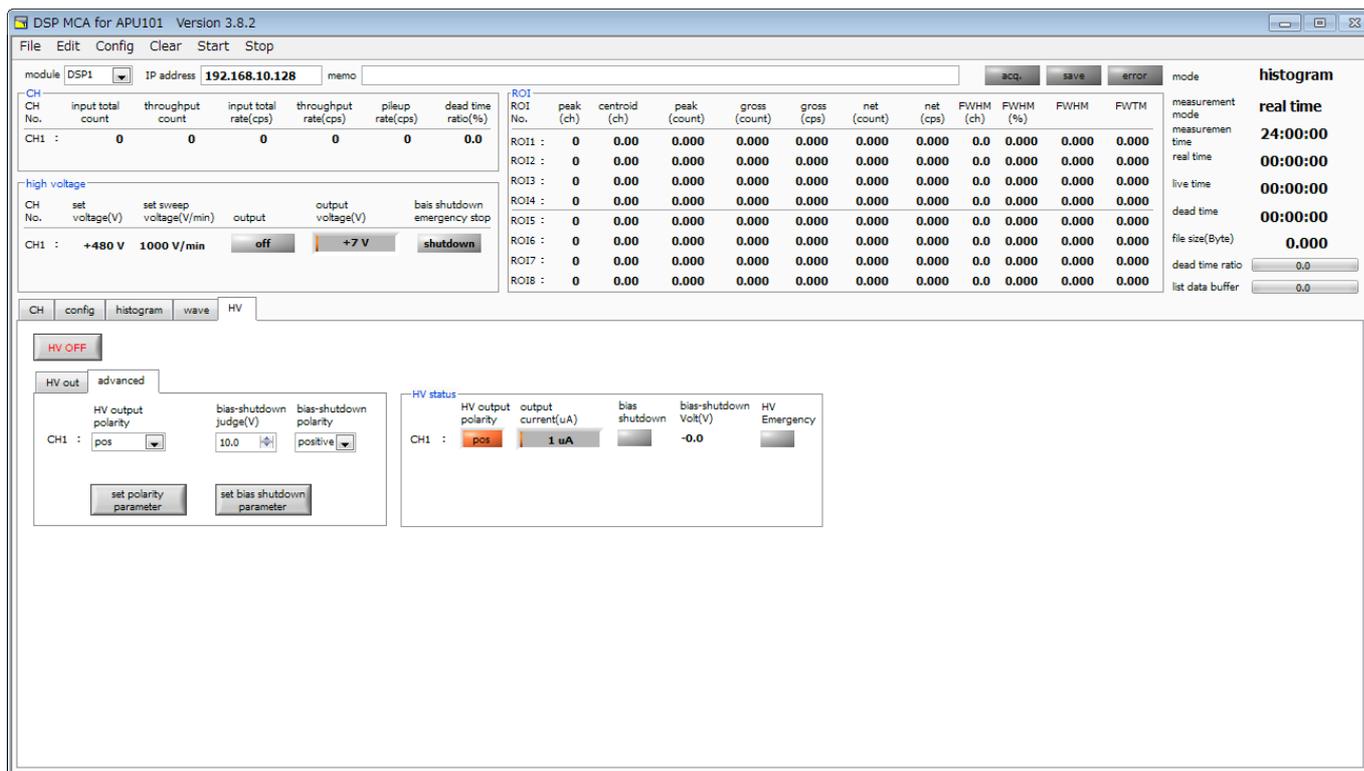


図 10 HV タブ (内 advanced タブ)

• advanced タブ部

「HV output polarity」 : 「positive」、「negative」、「high-Z」から選択。

「set polarity paramter」 : 本装置へ上記「HV output polarity」の設定値を送信。検出器のHVの極性を十分確認した後、以下の手順を実行します。

- (1) 切り換えを行う場合は、出力している高電圧をOFFにします。
- (2) 出力電圧が数 V 程度になるまで待った後、「set polarity parameter」ボタンにて「HV output polarity」データを送信後、本アプリを終了。
- (3) 本装置の電源をOFFにします。
- (4) 1分以上待ってから本装置の電源を再投入(ON)すると数秒後に極性が切替ります。

「bias shutdown judge(V)」 : バイアスシャットダウンとする閾値電圧(V)。

「bias shutdown polarity」 : バイアスシャットダウンと判定する極性。

「set bias shutdown polarity parameter」 : 本装置へ上記 bias shutdown polarity の設定値を送信。検出器からの正常時のバイアスシャットダウン信号の状態を十分確認した後、以下の手順を実行します。

- (1) 切り換えを行う場合は、出力している高電圧をOFFにします。
- (2) 出力電圧が数 V 程度になるまで待った後、「set bias shutdown polarity parameter」ボタンにてデータを送信します。

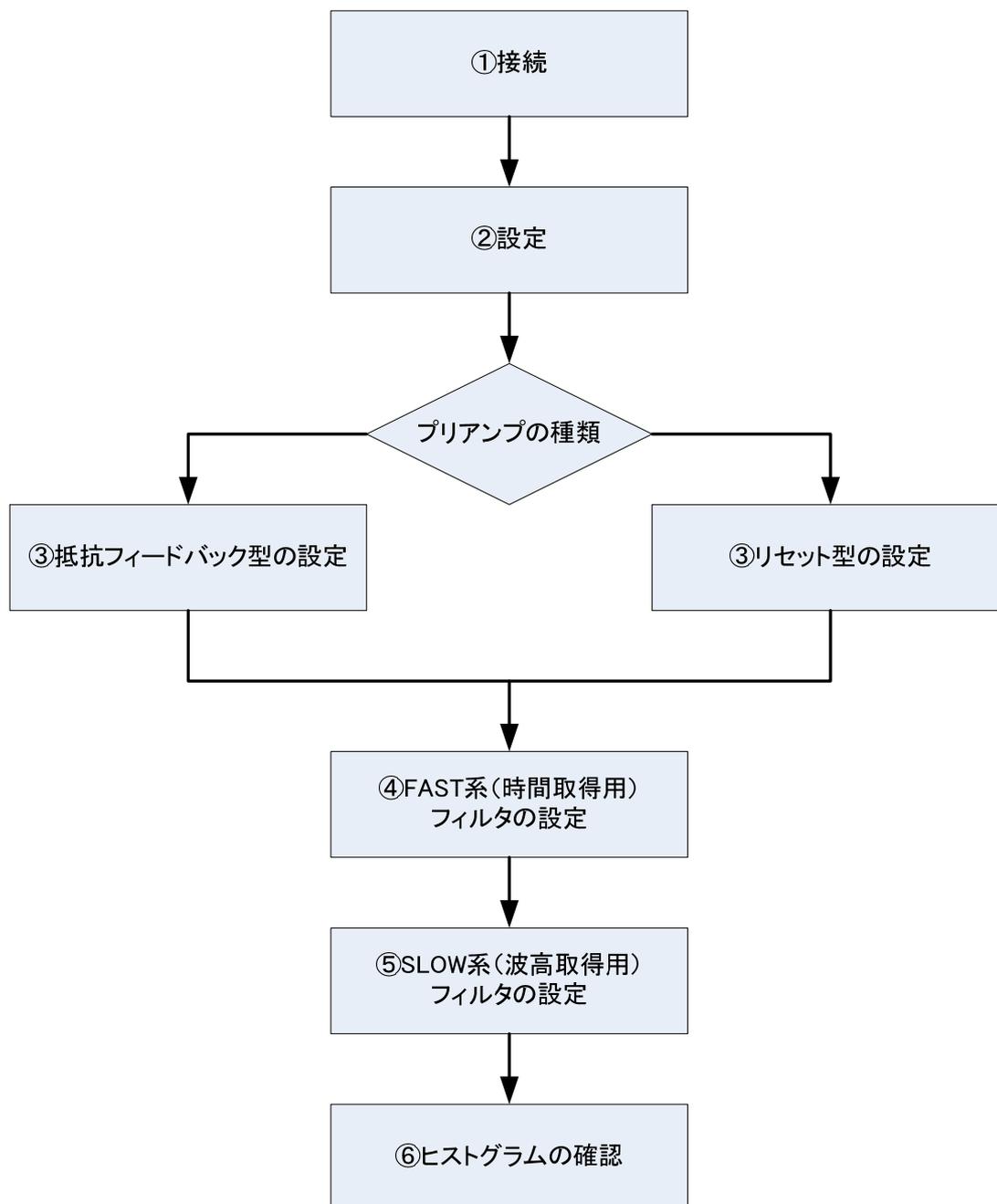
例： バイアスシャットダウン信号が正常時：-12V、シャットダウン時：+5V の場合
 この場合、閾値は -12V ~ +5V の範囲に設定する必要があります。通常は正常時近辺かつある程度のマージンを持たせた閾値(例えば-11.0V 程度)を設定します。閾値以

下が正常時で、閾値以上がバイアスシャットダウン時に設定したいため、positive に設定します。この例であれば「bias shutdown judge(V)」は「-11.0」、「set bias shutdown polarity parameter」は「positive」と設定します。

6. 準備及び調整方法

6. 1. 計測の流れ

計測を行うまでの流れは以下の通りです。



① 接続

- (1) 本装置の電源がOFFになっていることを確認してから下記の手順で接続作業を行います。
※オシロスコープは計測に必須ではありませんが、調整作業(本装置及び対象検出器の性能を十分に発揮するために必要)の際にあると便利です。

1. POWER 出力端子と検出器側のプリアンプ用電源コネクタをケーブルにて接続
2. INPUT 入力端子と検出器側のプリアンプ信号をケーブルにて接続
3. LAN コネクタとPC 側のLAN コネクタをケーブルにて接続

必要に応じて手順4 を行って下さい。

4. MONI 出力端子とオシロスコープをケーブルにて接続

※ 本装置の現在の高電圧出力極性の確認を行いますので、背面パネルのHV-OUT 出力端子と検出器側の高電圧印加用コネクタは未接続のまま手順を進めます。

- (2) PC の電源をON にします。(OS が立ち上がったから次の手順に移ってください)
- (3) 本装置(及びオシロスコープの電源) をON にします。
- (4) 30 秒以上待ってからPC と本装置が接続できていることを次のように確認します。
本装置の出荷時 IP アドレスは 192.168.10.128 です。PC 側の IP アドレスをプライベートアドレスで 128 番以外の値で設定し、「コマンドプロンプト」にて「> ping 192.168.10.128」が正常に実行できることを確認します。
- (5) 付属アプリ「DSP MCA」を起動します。
- (6) 通信が正常に行われ数秒経つと画面のステータスが正常に更新されます。画面左の High Voltage ステータスにて現在の出力極性を確認します。極性に問題がない場合は(7)から作業を行ってください。
- (7) 検出器の仕様と極性が一致していない場合は、「HV」タブ内「advanced」タブ内の「HV output polarity」で所望の極性をプルダウンメニューで選択し、「set polarity parameter」ボタンを押してください。メッセージダイアログが出力されますので手順に従い下記の作業を行います。
HV が数 V 程度まで下がっていることを確認 → 本アプリの終了 → 本装置の電源 OFF → 1 分以上待ってから本装置の電源をON → 本アプリの起動
再度本アプリ画面左の「High Voltage」ステータスにて現在の出力極性を確認します。
- (8) 適切な高圧電源の極性が確認された後、次の手順にて高圧印加用ケーブルを接続します。HV が数 V 程度まで下がっていることを確認 → 本アプリの終了 → 本装置の電源 OFF → 1 分上待ってから背面パネルのHV-OUT 出力端子と検出器側の高電圧印加用コネクタをケーブルにて接続 → 本装置の電源をON → 本アプリの起動

以上で本装置と検出器の接続及び確認作業が終了になります。引き続き②設定を行っていきます。

② 設定

本装置のDSPによるパルス整形 (pulse shaper) は台形フィルタを利用します。プリアンプの信号を2種類のファスト (Fast) 系とスロー (Slow) 系の波形整形を行ないます。下図の黒色の波形はプリアンプの信号、赤色の波形はファスト系、青色の波形はスロー系です。

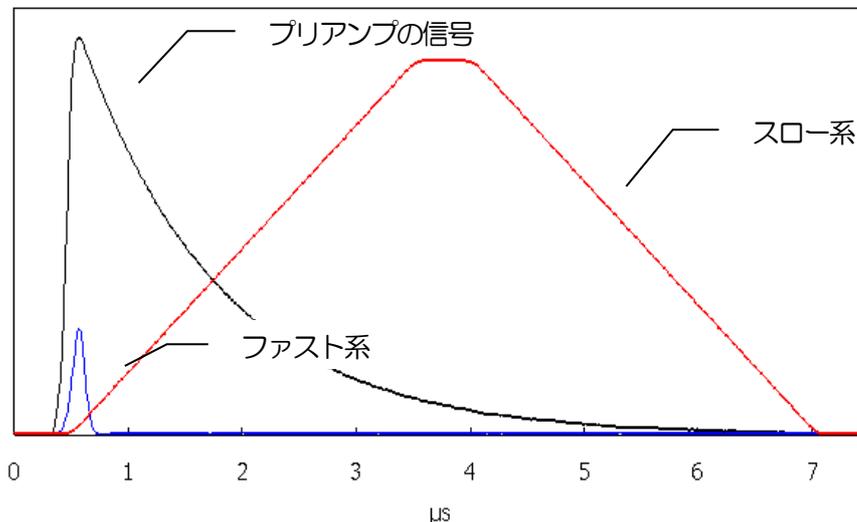


図 11 プリアンプの信号を元に生成したFast系とSlow系の信号

Fast系では検出の時間タイミングを、Slow系ではエネルギーに該当する波高値を取得できます。検出された波高値をカウントしていくことでヒストグラムを作成できます。後述では、これらの波形整形に必要な各パラメータの設定について記載します。まず、「CH」タブ、「config」タブ、「HV」タブにおいて下記の通りに設定します。

※注意※

以下の設定は、弊社所有のNaI(Tl)検出器のプリアンプと線源Cs-137を用い、計測対象を662keVピークとした場合のもので、ご使用になる検出器、プリアンプ、計測対象によって設定は大きく異なります。

「CH」タブ

analog coarse gain	: x5	ULD	: 2047
ADC gain	: 2048	pile up rejector	: OFF
fast diff	: 100	polarity	: pos
fast integral	: 100	digital coarse gain	: x32
fast polezero	: 0	digital fine gain	: 任意(0.5~1.0 近辺)
fast threshold	: 20	timing select	: CFD
slow risetime(ns)	: 3000	CFT function	: 0.125
slow flatoptime(ns)	: 700	CFT delay(ns)	: 10
slow polezero	: 685 近辺	inhibit width(us)	: 6
slow trigger threshold	: 25	analog polezero	: 250 近辺
LLD	: 25	analog fine gain	: 任意(0.8~1.5 近辺)

coupling : 6.8us
 baseline select : Auto
 bit range : Ge
 DAC monitor : preamp

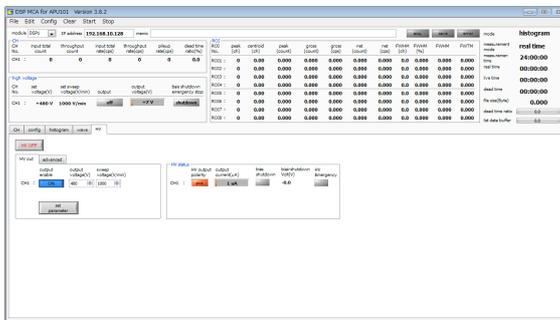
「config」タブ

mode : histogram
 measurement mode : real time
 measurement time : 24:00:00 (24 時間)

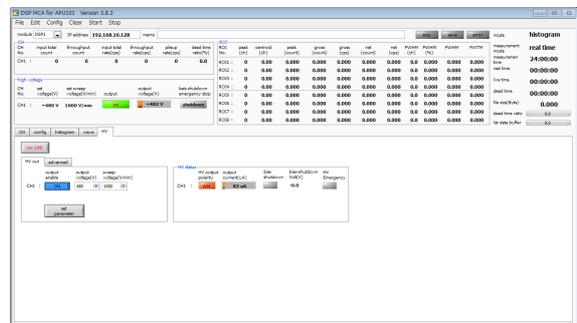
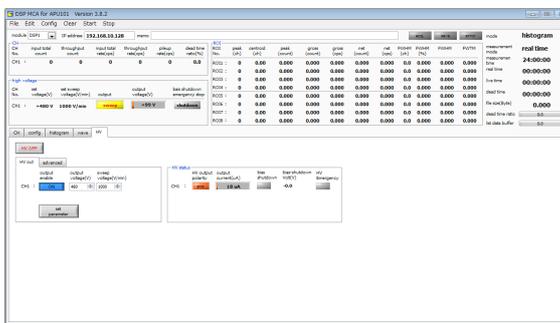
「HV」タブ

output voltage(V) : 480
 sweep voltage(V/min) : 1000
 ※High voltage ステータス : positive

- (1) 「HV」タブの HV 部にて「output enable」を ON に切替え、「set parameter」ボタンを実行します。



- (2) 確認のメッセージダイアログが出力されますので再度高電圧のパラメータを確認し、問題がない場合は OK をクリックします。
- (3) 「sweep voltage(V/min)」の昇圧レートにて、「output」LED の表示が「sweep」となって点滅しながら HV が印加されていきます。「output」LED が消灯し、規定の電圧になり表示が「ON」になるまで待ちます。



以上で検出器(プリアンプ部)から放射性核種に応じた信号が出力される状態になります。次ページより調整作業を行います。

③ プリアンプの種類

本装置に入力されるプリアンプ信号を確認します。プリアンプが「抵抗フィードバック型」か「リセット型」かの種類によって設定方法は異なります。

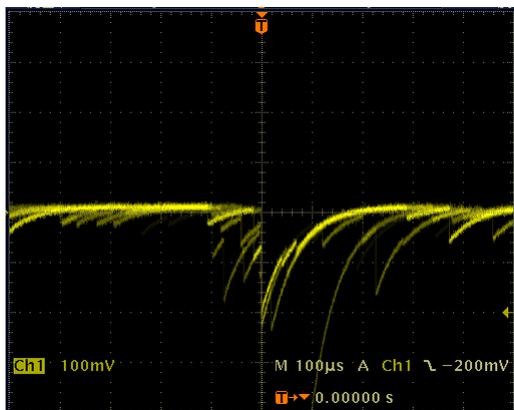


図 12 抵抗フィードバック型

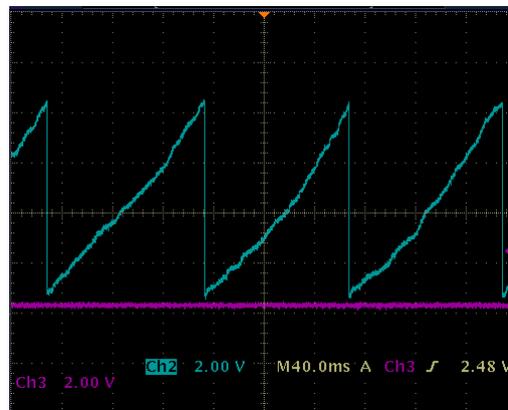
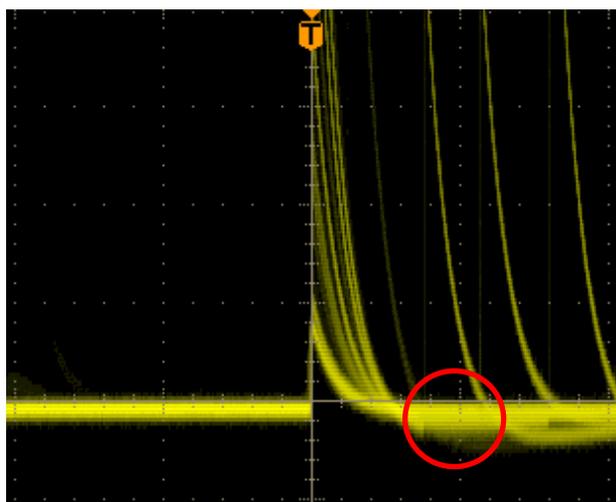


図 13 リセット型

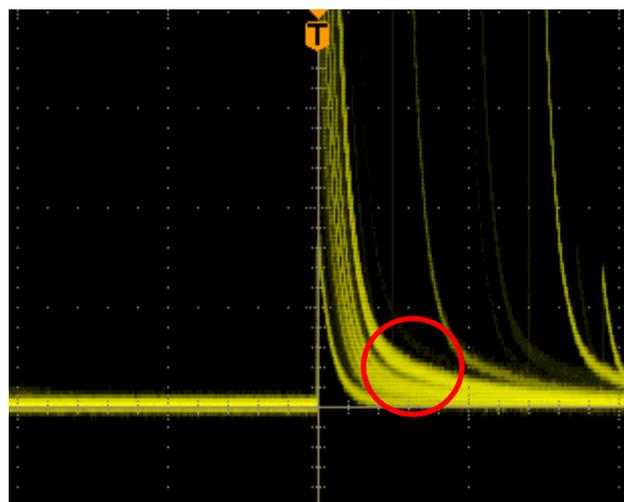
本装置のアナログフロントエンドはプリアンプの信号をデジタル信号処理に最適な環境にするため、ポールゼロキャンセル微分回路、ゲイン調整の増幅段及びアンチエイリアシングローパスフィルタで構成されています。

(1) ポールゼロ

プリアンプの信号は通常 $50\mu\text{s} \sim 100\mu\text{s}$ 程度のディケイ（減衰）を持つ信号です。DSP で処理するにはディケイが長すぎるため高スループットに対応できません。その為、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、アナログシステム同様に DSP でも過負荷特性が悪くなります。



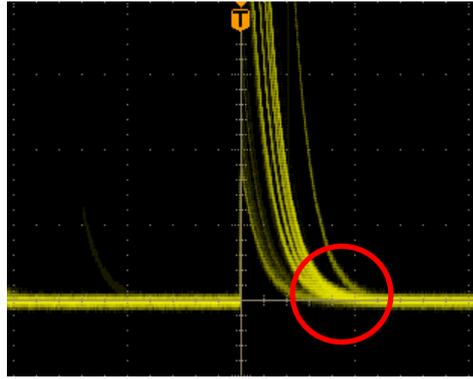
例 1 アンダーシュート



例 2 オーバーシュート

ポールゼロキャンセル回路を調整することにより、より良い分解能を提供することができます。プリアンプとのマッチングは、ソフトウェアの analog polezero にて行います。このセッティングは、プリアンプを変えない限り一度調整を行えば再調整の必要はありません。デジタルポールゼロキャンセル調整は

DSP の台形フィルタ (Trapezoidal Filter) に対するアンダーシュート補正になります。



例 3 調整後

本装置はディケイタイム $40\mu\text{s}$ 以上から対応しております。入力インピーダンスは約 $1\text{k}\Omega$ です。

本装置の対応するプリアンプは、抵抗フィードバック方式です。ご要望に応じてトランジスタリセット方式のプリアンプにも対応できます。それぞれの方式での調整につきましては、後述の設定をご参照ください。

(2) ゲイン調整

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。コースゲイン (Coarse Gain) の設定は、1倍、2倍、5倍、10倍から選択可能で PC から設定できます。また、ソフトウェアの analog fine gain にてファインゲインの調整ができます。

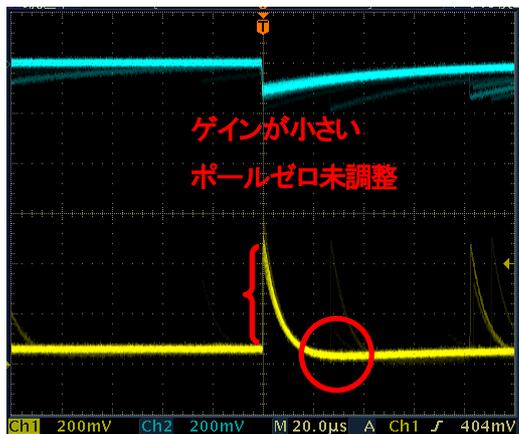
デジタイズデータに対してデジタル的なゲイン調整もできますが、上記はプリアンプ信号そのものをゲイン調整するため、信号対雑音比 (S/N) が改善されることがあります。

(3) アンチエイリアシングローパスフィルタ

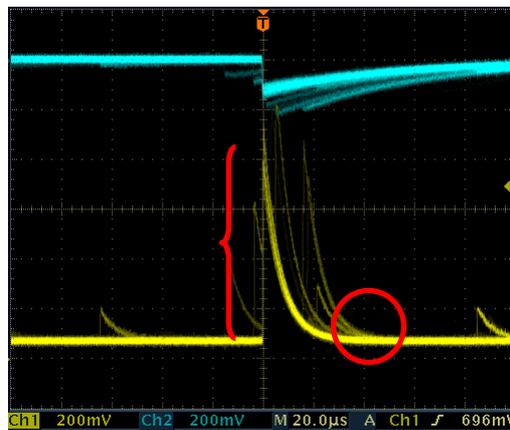
アンチエイリアシングローパスフィルタ (Anti Aliasing Low Pass Filter) は ADC の前段に配置され、S/N の向上と折り返し雑音の除去することができます。カットオフ周波数は約 16MHz に設定されています。

抵抗フィードバック型の設定

- (1) 本装置前面パネルのMONITOR 出力端子からのプリアンプ出力信号をオシロスコープで確認
- (2) ソフトウェアの analog polezero を設定・調整し、ポールゼロを調整
- (3) ソフトウェアの analog fine gain にてファインゲインを設定・調整する。プリアンプ信号の波高がフルスケール2~3MeV 程度にする場合は800mV から900mV の範囲になるように調整
(1M Ω 負荷時)



調整前



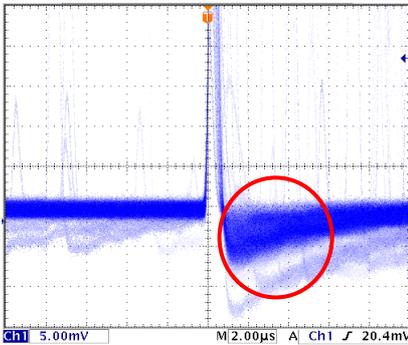
調整後

リセット型の設定

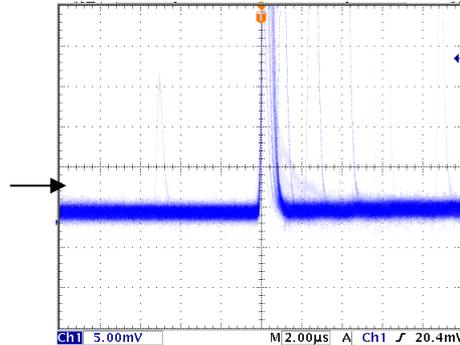
- (1) 本装置前面パネルのMONITOR 出力端子からのプリアンプ出力信号をオシロスコープで確認
- (2) ソフトウェアの analog polezero を0に設定する。
- (3) ソフトウェアの analog fine gain にてファインゲインを設定・調整する。プリアンプ信号の波高がフルスケール2~3MeV 程度にする場合は800mV から900mV の範囲になるように調整
(1M Ω 負荷時)

④ FAST 系（時間取得用）フィルタの設定

- (1) 「CH」タブの「DAC monitor」を「fast」に設定
- (2) 「fast diff」と「fast integral」の設定を、両方とも「100」を選択。本装置背面パネルの MONITOR 出力端子からの FAST 系シェイピング信号をオシロスコープで確認。「fast polezero」は「0」と設定しますが必要であれば調整します。



「fast polezero」調整前



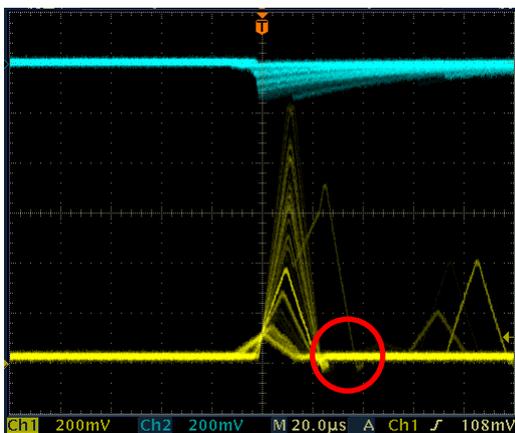
「fast polezero」調整前

- (3) 参考設定
 「fast diff」と「fast integral」の設定は検出器や信号の状態によって異なります。
 以下におおよその参考例を記載します。

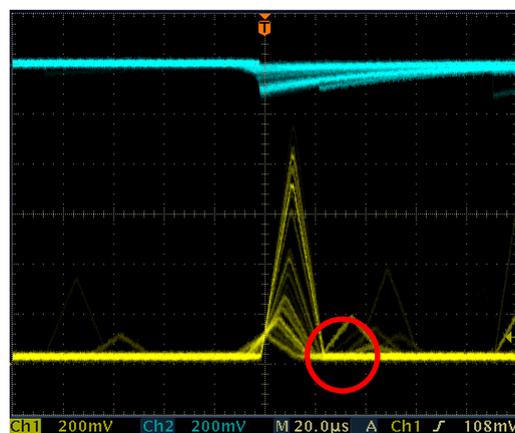
検出器	特徴	fast diff	fast integral
シンチレータ(LaBr3 等)	立ち上がりが高速	20	Ext または 20
Ge 半導体検出器等	高分解能	100	100

⑤ SLOW 系フィルタの設定

- (1) 「CH」タブの「DAC monitor」を「slow」に設定
- (2) 本装置背面パネルの MONITOR 出力端子からの SLOW 系シェイピング信号をオシロスコープで確認
- (3) 「CH」タブの「slow pole zero」にてポールゼロを調整
 ※設定の詳細につきましては、後述の「6. 2. デジタルパラメータの調整」を参照ください。



調整前



調整後

⑥ ヒストグラムの確認

- (1) メニュー「Config」を実行。本装置に全設定を送信します。
- (2) メニュー「Clear」を実行。ヒストグラムデータをクリアします。
- (3) メニュー「Start」を実行。計測を開始します。
- (4) 本アプリ画面の下側にヒストグラムが表示され、時間と共に更新されることを確認。
(ROIの操作は histogram タブにて行えます)

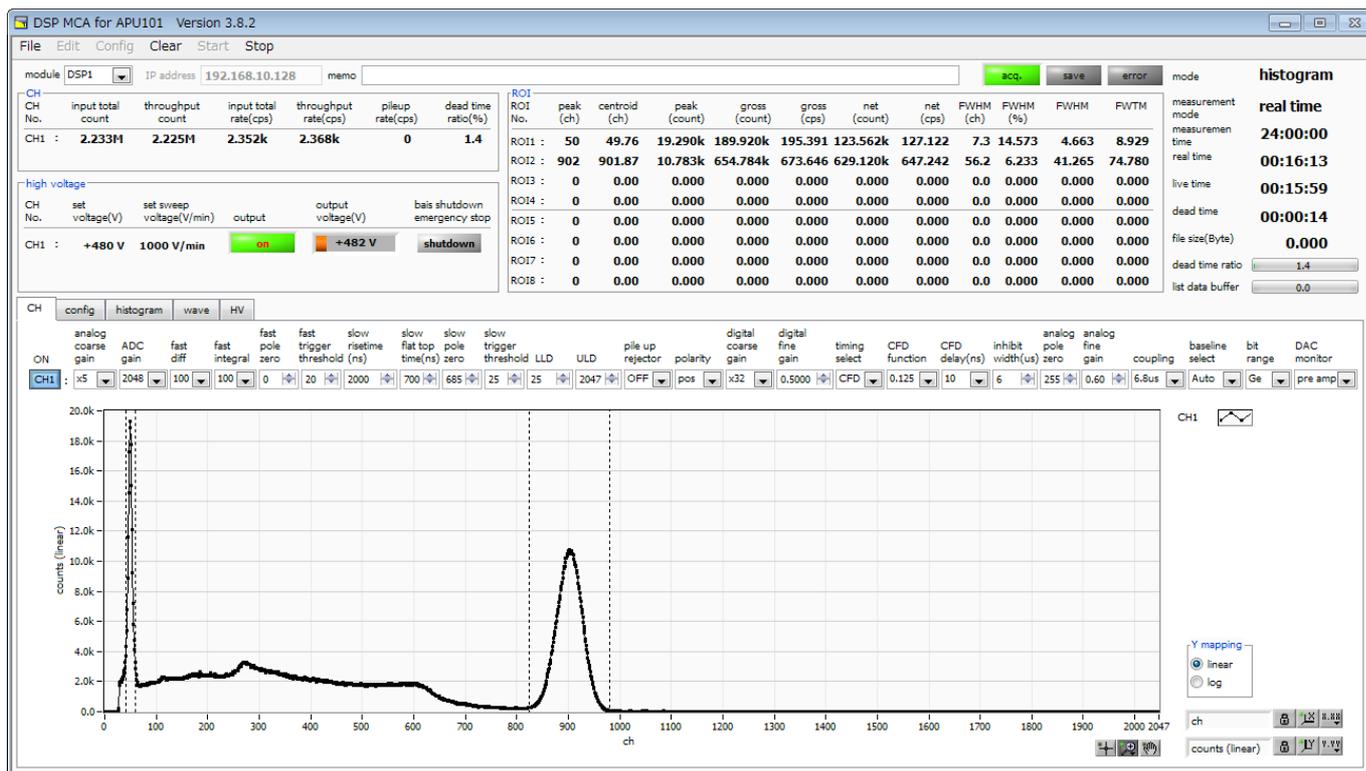


図 14 ヒストグラム計測例

- 計測中「meas.」LEDが点滅して、「real time」と「live time」が更新されます。
- 「real time」モード時は、「real time」が「measurement time」に到達すると計測を終了します。
「live time」モード時は、「live time」が「measurement time」に到達すると計測を終了します。
- 「ROI」部には、予め「calibration」タブ内の「ROI start」と「ROI end」に設定した範囲におけるスペクトルを対象に、以下の項目について逐次算出し結果を表示します。

- 「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
- 「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
- 「FWHM(ch)」 : 半値幅 (ch)
- 「FWHM)」 : 半値幅
- 「FWTM)」 : 1/10幅

- (5) 手動で計測を終了する場合メニュー「Stop」を実行。計測を停止します。
- (6) 再測定や条件を変更して計測を継続する場合は、(1)の手順から行います。
- (7) アプリケーションを終了する場合は終了前にHVを降圧します。
- (8) 「HV」タブのHV out 部にて「output enable」をOFFに切替え、「Set」を実行します。
- (9) 確認のメッセージダイアログが出力されますので問題がない場合はOKをクリックします。
- (10) sweep voltage のレートにて sweep LED が点滅しながらHVが降圧していきます。
- (11) sweep LED が消灯し、output LED が消えるまで待ちます。

※ 負荷によってはまだ出力電圧が高い状態のままになっている場合があります。これはHV電源の保護回路及びリップル抑制のためのコンデンサ部からチャージ電圧が抜けるまである程度時間がかかるためです。この状態で本装置の電源をOFFにしたり、HVケーブル等を脱着することは大変危険です。電圧は徐々に下がっていきますので、output LED が消えるまでそのままお待ち下さい。

- (12) 更に1分以上待った後、メニュー「File」から「quit」を選択するとアプリケーションが終了します。
- (13) PCの電源をOFFに終了します。
- (14) 本装置（及びオシロスコープ）の電源をOFFにします。
- (15) 数分経ってから①接続にて行った配線をすべてはずします。

6. 2. デジタルパラメータの調整

(1) FPGA

本装置のDSPはFPGA(Field Programmable Gate Array)に組み込まれています。FPGAはプログラミング可能なハードウェア論理演算LSIです。DSPに必要なアルゴリズムをプログラミングすることによって非常に大規模な回路をチップ1枚に収めており、大幅なスペース削減が可能となります。ソフトウェアによってシケンシャルに処理するマイクロプロセッシングやDSP(IC)と違い、特別なパイプラインアーキテクチャを組んだハードウェアの論理回路は、リアルタイムで処理されていますので、DSPの演算やADCの変換によるデッドタイムは生じません。

(2) 台形フィルタ (Trapezoidal Filter)

本装置のDSPによるパルス整形 (pulse shaper) は台形フィルタを利用します。プリアンプの信号を2種類のファスト (Fast) 系とスロー (Slow) 系の台形整形 (Trapezoidal shaping) を行ないます。下図の黒色の波形はプリアンプの信号、赤色の波形はファスト系、青色の波形はスロー系です。

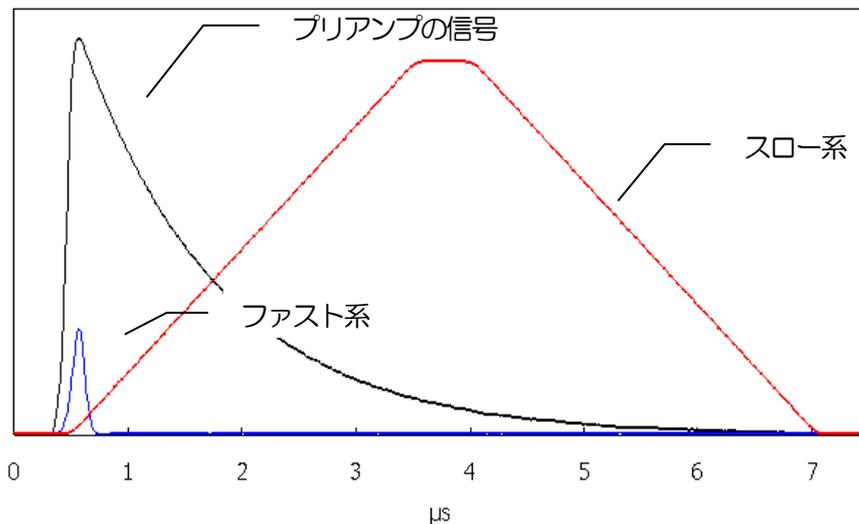


図 15 プリアンプの信号の台形フィルタ (ファストとスロー) 処理した2種類の信号

ファスト系はタイミングを取得するためのフィルタで、プリアンプの立ち上がり部分を取り出すために、通常 $0.1 \mu\text{s} \sim 0.5 \mu\text{s}$ のライズタイム (rise time) に設定し、できる限り速くベースライン復帰して次のパルスに備えます。ファスト整形 (Fast Shaper) が設定された閾値を超えると、パルスの検出、パイルアップリジクタの実行、ベースライン検出を行います。

スロー系はエネルギー (波高) を計測するためのフィルタで、 $0.5 \mu\text{s} \sim 16 \mu\text{s}$ のライズタイムを設定できます。高分解能が必要とされる計測では、ライズタイムとフラットトップタイムとポールゼロ等の設定が非常に重要になります。

(3) 台形フィルタ (Trapezoidal Filter) のアルゴリズム

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。

$$FIL(n) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^l DIFF^{r,w}(j) + DIFF^{r,w}(i)P$$

$$DIFF^{r,w} = v(j) - v(j-r) - v\{j-(r+f)\} - v\{j-(2r+f)\}$$

$$P = (\exp(CLK / \tau) - 1)^{-1}$$

$$r = \text{risetime}$$

$$f = \text{flattoptime}$$

$$w = 2r + f = \text{pulsewidth}$$

(4) 台形フィルタ (Trapezoidal Filter) の設定値

台形フィルタのパラメータの調整は、背面パネル上 MONITOR 端子からの DAC monitor 出力をオシロスコープに接続し、アナログモジュールと同じ感覚で設定することができます。

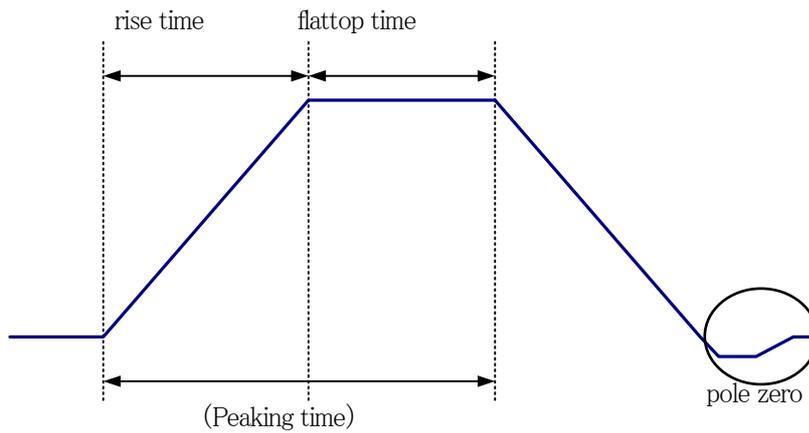


図 16 ライズタイム (rise time) とフラットトップタイム (flattop time) とポールゼロ (pole zero) の関係

下図のような、プリアンプ信号（黒色）とファスト系信号（赤色）とスロー系信号（青色）を参考にして、ファスト系とスロー系の台形フィルタ処理を実現するための設定のポイントを記載します。

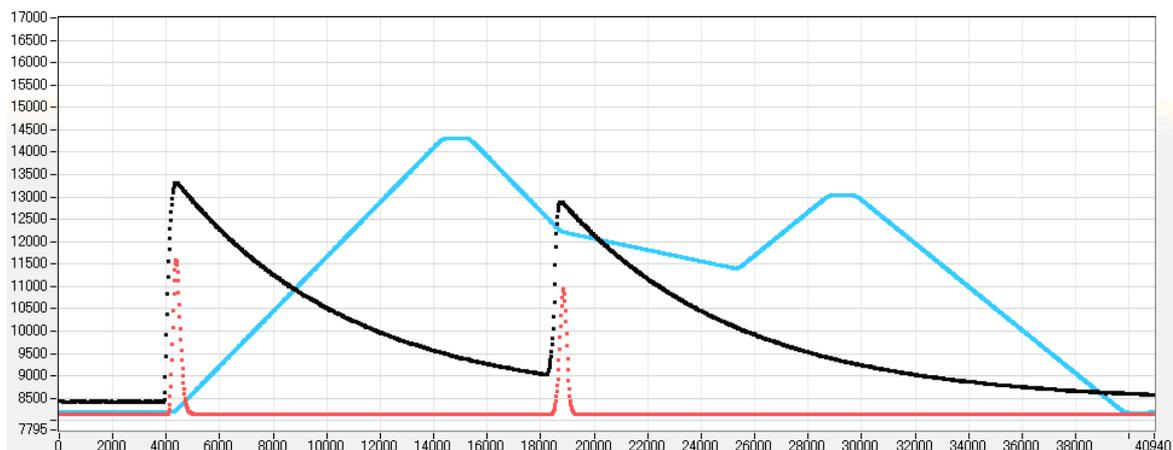


図 17 各信号の波形例

スロー系（青色）の設定のポイント

slow rise time : 台形の上底に達するまでの立ち上がり時間です。この値はエネルギー分解能に大きく影響します。リニアアンプ同様に、「短い値だと分解能は悪いがスループットは高くなり」、「長い値だと分解能は良いがスループットが落ちる」、といった傾向があります。設定の目安としては、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のが一般的ですので、リニアアンプの時定数の 2 倍程度のライズタイム値が同じような分解能を示します。スループットは、リニアアンプと比較するとデッドタイムが 6.0~6.5×時定数に対して、DSP は以下の式のようになります。

$$(\text{rise time} + \text{flatoptime}) \times 1.25$$

分解能特性に関わる設定として、リニアアンプの時定数を $6\mu\text{s}$ とした場合と同じ条件に設定するには、DSP のライズタイムを $12\mu\text{s}$ 、フラットトップタイムを $1\mu\text{s}$ とします。ライズタイムの設定は 2 倍になりますが、デッドタイムはリニアアンプが $36\mu\text{s}$ であるのに対して DSP が $16.25\mu\text{s}$ と半分程度となりますので、長い時定数であっても高いスループットが得られることとなります。

slow flattoptime : 台形の上底の時間幅です。プリアンプの立ち上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を設定することで調整します。設定値はプリアンプの立ち上がり時間の 0 から 100%でもっとも遅い rise time の2倍の値を設定します。通常は $0.8\mu\text{s}\sim 1.2\mu\text{s}$ 程度になります。大型のゲルマニウム検出器で立ち上がり時間のばらつきが多いものについては $1.2\mu\text{s}\sim 2\mu\text{s}$ 程度に設定する場合があります。デフォルト値は 1000ns です。

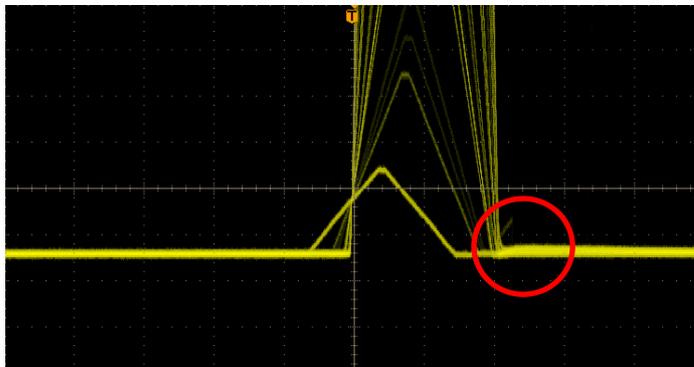
slow pole zero : スロー系フィルタの立ち下りアンダーシュート及びオーバーシュートをこの値を適切に設定することで軽減することができます。デフォルト値は 750 です。検出器によって変わりますので、MONITOR 端子 (DAC monitor 出力) から出力されるフィルタ処理された信号をオシロスコープに接続して、調整しながら最適な値に設定します。



例 4 アンダーシュート



例 5 オーバーシュート



例 6 調整後

(5) フィルタ以外の設定値

fast trigger threshold : この設定値は、以下の3つに影響します。

- ①ファスト系フィルタの閾値です。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) としてタイムスタンプします。
- ②ゲーテッドベースラインレストアラ (BLR) の閾値として使用します。
- ③パイルアップリジェクタの閾値として使用します。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。

設定方法としては、ある程度大きい値 (100 程度) を入力して Input Rate を観測します。閾値を徐々に小さくし Input Rate 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。

LLD : エネルギーLLD (Lower Level Discriminator) を設定します。この閾値より下の ch はカウントしません。

ULD : エネルギーULD (Upper Level Discriminator) を設定します。この閾値より上の ch はカウントしません。

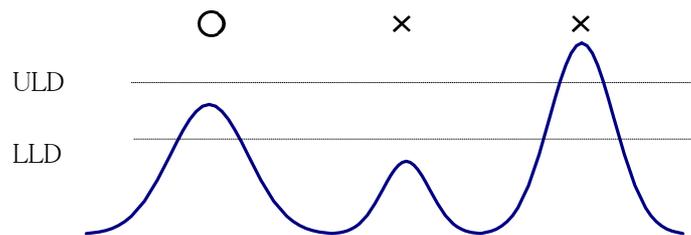


図 18 LLDとULD

pile up rejector : パイルアップリジェクトの使用可否を設定します

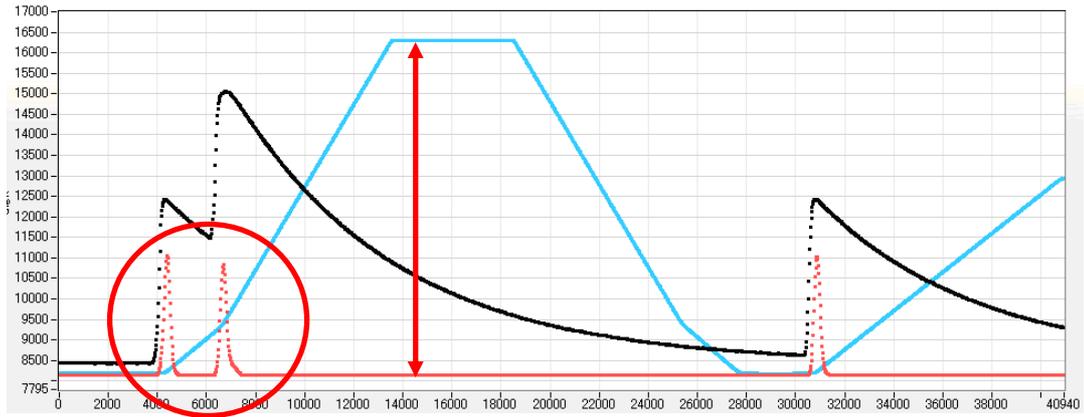


図 19 パイルアップリジェクト

上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。高計数率化においては、大きなバックグラウンドノイズになります。このイベントをリジェクトするために、デジタル信号処理により、パイルアップリジェクトをおこないます。

対象となる時間は $(\text{risetime} + \text{flatoptime}) \times 1.25$ 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。

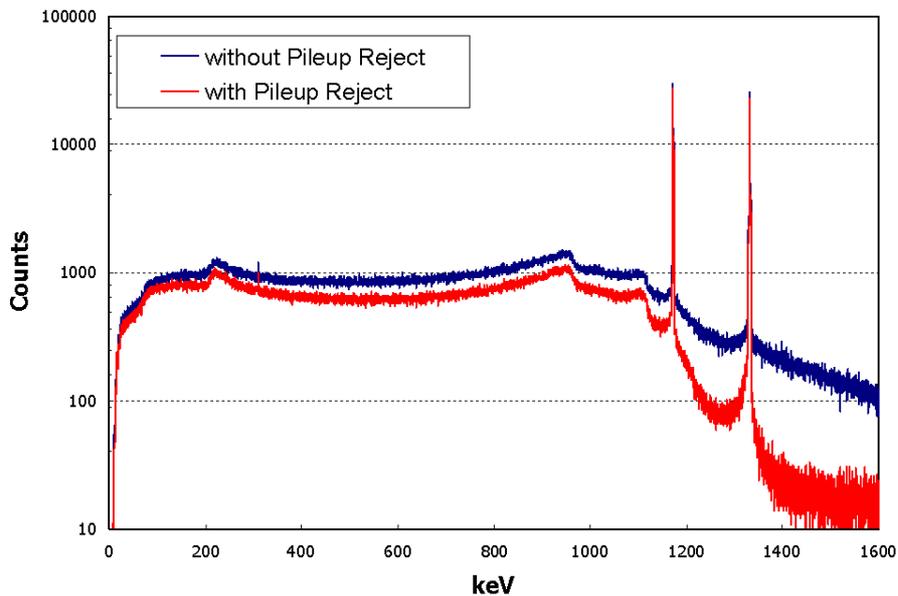


図 20 パイルアップリジェクト有無

polarity : プリアンプ信号の極性を選択します。「positive」は正極性、「negative」は負極性です

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。ライズタイムを大きく取るほど積和演算の回数が増え数値が大きくなり、ライズタイムを小さく取るほど数値が小さくなります。この値がそのままフィルタの出力になるため、補正をする必要があります。ライズタイムの設定値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から1です

timing select : タイムスタンプを決定するタイミングを「LET」または「CFD」から選択します。

「LET」：リーディングエッジ (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' のように波高が変われば時間も異なります。

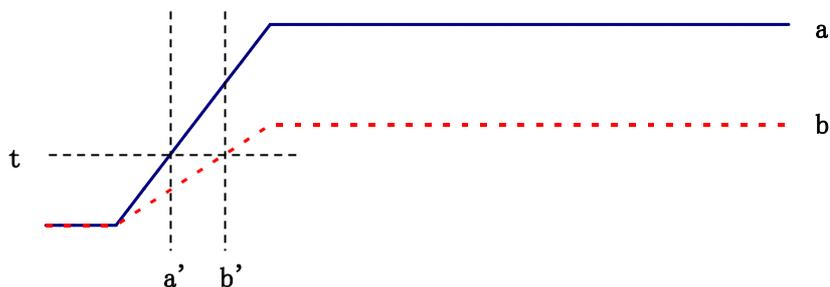


図 21 リーディングエッジ (Leading Edge Timing) の考え方

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

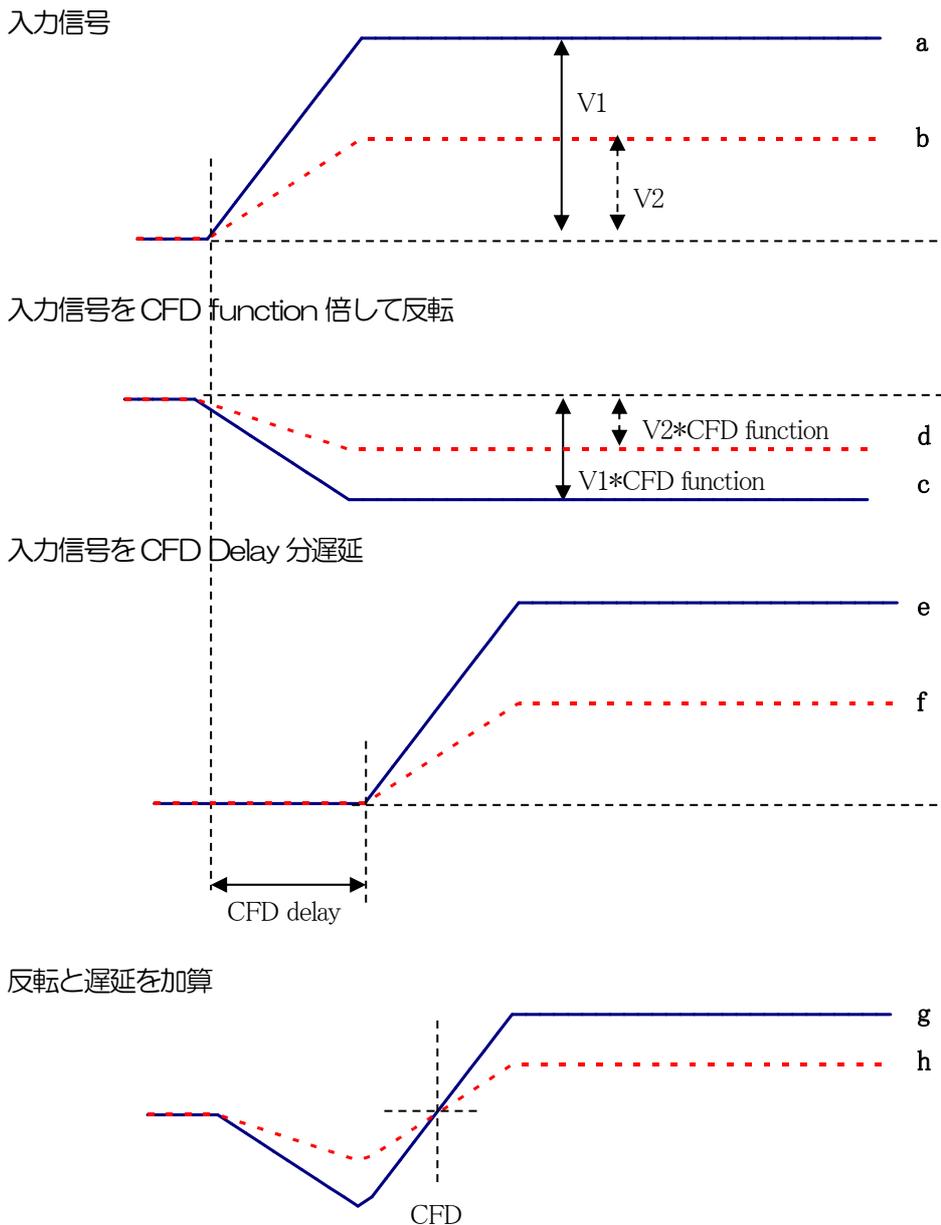


図 22 コンスタントフラクションタイミング (Constant Fraction Discriminator Timing) の考え方

上図の異なる波形 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 を加えた波形と波形 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。

- CFD function : CFD 算出用に元波形を縮小するための倍率を設定します。0.125、0.25、0.375、0.4、0.5、0.625、0.75、0.875 から選択します
- CFD delay : CFD 遅延時間を 10、20、30、40、50、60、70、80ns から選択します

6. 3. 外部入力端子による信号処理

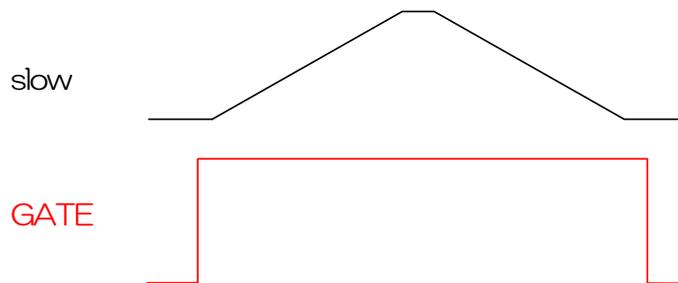
フロントパネルの LEMO コネクタ「GATE」「VETO」「CLR」「CLK」を使用することで下記のような信号処理が可能です。使用する場合には TTL レベルの信号が必要となります。許容できる High の信号レベルは 2~5V ですが、3.3V 信号にて最適化しているため、3.3V 以下での使用を推奨致します。(必要な信号振幅(パルス幅)は使用する信号処理で異なります)

(1) GATE 信号によるイベントデータ取得

ある事象発生時にその時のイベントデータを取得したい場合は、フロントパネルの LEMO コネクタ「GATE」を使用します。

High の時は計測し、Low の時は計測しません。設定手順は以下の通りです。

- ① DAC モニタ出力の SLOW 系フィルタの「slow」をオシロスコープで見ます。
- ② SLOW 系フィルタが確定する範囲の GATE 信号(目安として slow 信号の立上りから立下りまでをカバーするパルス幅)を作り、入力します。



(2) VETO 信号によるイベントデータ取得

ある事象発生時にその時のイベントデータを破棄したい場合は、フロントパネルの LEMO コネクタ「VETO」を使用します。Low の時は計測をし、High の時は計測しません。必要なパルス幅は GATE 処理時と同様です。

(3) 外部クロックの使用

フロントパネルの LEMO コネクタ「CLK」に外部クロックを供給することで同期をとることが可能です。設定手順は以下の通りです。

- ① 「CLK」に外部から TTL レベルの 25MHz の矩形信号(Duty 比 50%)を入力します。
- ② DSP MCA の「config」タブ内「clock」を「external」に変更します。設定前に必ず上記①を行ってからにしてください。

(4) 外部 CLR の使用

外部信号で測定時間及びリストデータ用タイムスタンプの時間情報をゼロクリアしたい場合は、フロントパネルの LEMO コネクタ「CLR」を使用します。High の時にクリアを行います。システムがクリア入力を十分に判別可能なパルス幅(High レベルを 50ns 以上)の信号を入力してください。

6. 4. TTL 端子の機能説明

フロントパネルの TTL1、TTL2、TTL3、TTL4 端子があるモデルは ROI-SCA 機能(オプション)を有しております。

(1) ROI-SCA 機能

測定中に histogram タブで設定した ROI 範囲内のエネルギー情報を持つイベントを検出すると、SLOW 系フィルタに対するピーキング処理を終えた直後にパルス幅 50ns の 3.3V LV-TTL 信号が AUX 端子より出力されます。ROI-SCA 機能を持つ ROI は ROI1、ROI2、ROI3、ROI4 のみです。ROI-SCA 信号はそれぞれの ROI と同じ番号の TTL 端子より出力されます。

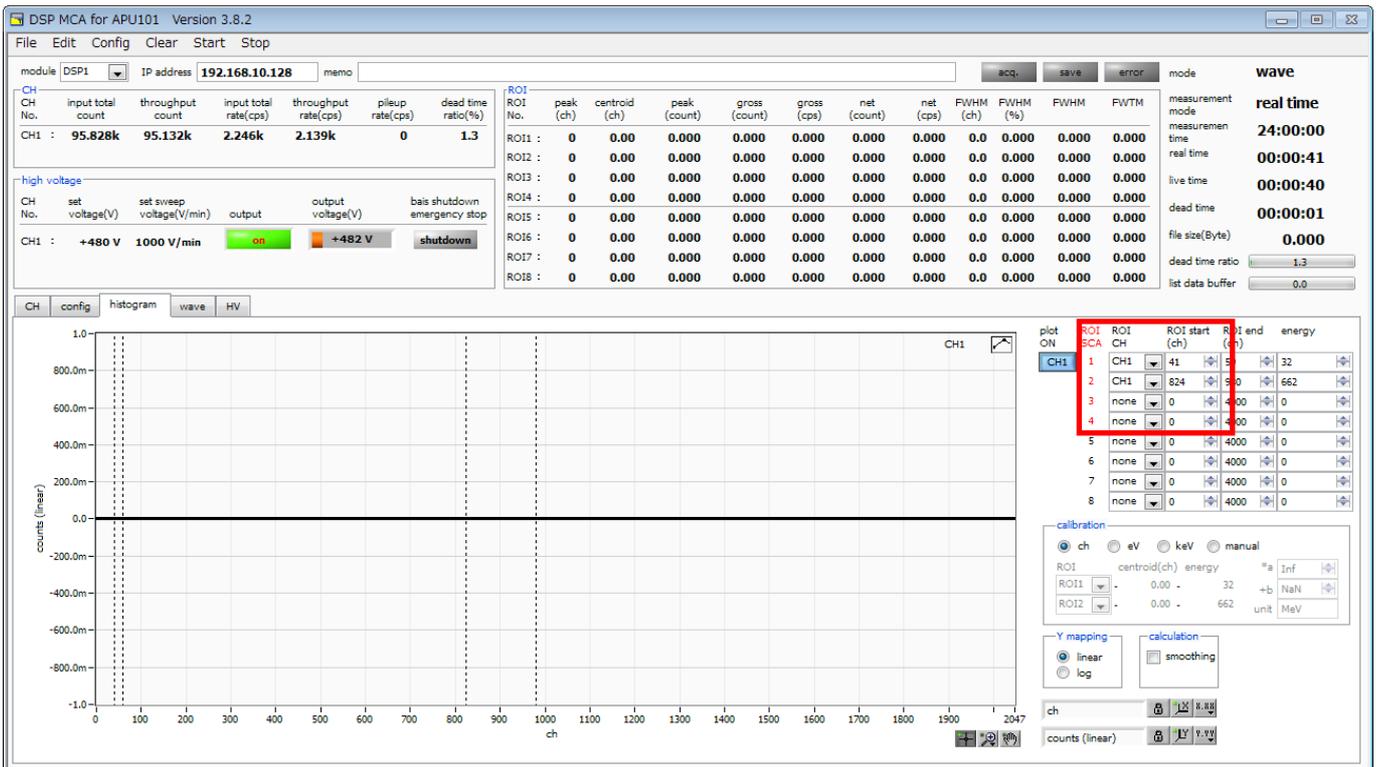


図 23 ROI-SCA の ROI 設定

出力ロジック信号列は以下の通りです。

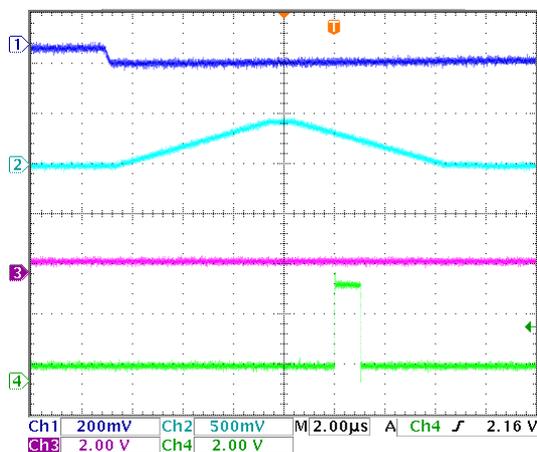


図 24 ROI-SCA の出力例

(オシロ CH1 : プリアンプ入力、CH2 : Slow モニタ、CH3 : (SCA)ROI 範囲外、CH4 : (SCA)ROI 範囲内)

6. 5. 半値幅FWHM (Full Width at Half Maximum) の計算方法

「ROI」部にあるFWHM (Full Width at Half Maximum) は、以下の通りに算出されています。

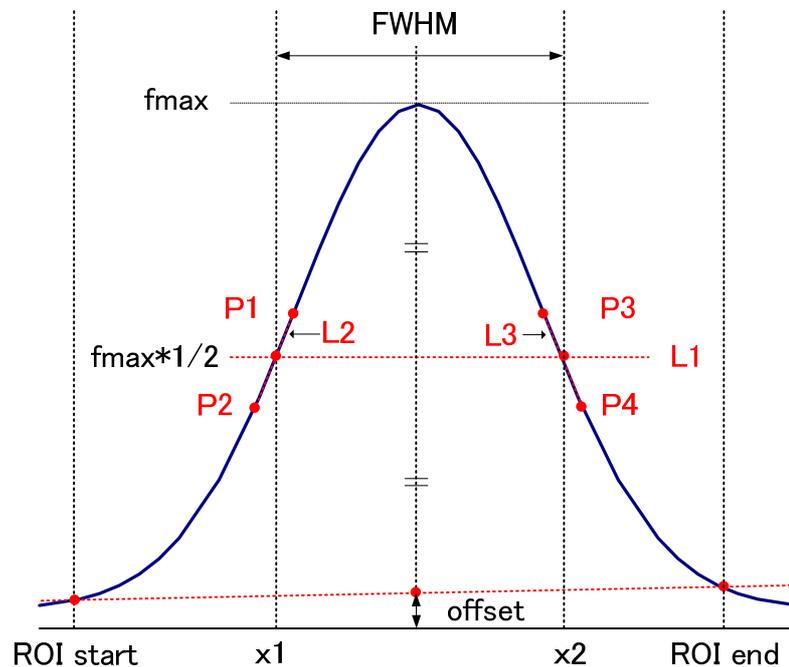


図 25 FWHM 算出

- (1) ヒストグラムにおける ROI Start と ROI end 間の最大値 f_{max} を検出します。
- (2) ヒストグラムと ROI start の交点と、ヒストグラムと ROI end の交点を直線で結びます。その直線とピーク値 f_{max} から x 軸へ垂直におろした線との交点を求めバックグラウンドオフセット (offset) を算出します。
- (3) f_{max} から offset を差し引いた部分の $1/2$ を算出し、 X 軸と平行した直線 $L1$ を引きます。
- (4) ヒストグラムと $L1$ が交差する 2 点を求めるため、交差する前後点 $P1$ と $P2$ 、及び $P3$ と $P4$ を検出します。
- (5) $P1$ と $P2$ を結ぶ直線 $L2$ と、同じく $P3$ と $P4$ を結ぶ直線 $L3$ を引きます。
- (6) $L1$ と $L2$ の交点の X 座標 $x1$ と、同じく $L1$ と $L3$ の交点の X 座標 $x2$ を求めます。
- (7) $x2$ と $x1$ の差を FWHM とします。

7. 計測

(注意) 本章は計測部についての説明のため、すでに電源や高電圧等が検出器やプリアンプに印加されており、プリアンプからの信号がINPUT 端子に入力されている状態を想定した手順になります。

7. 1. 初期化設定

- (1) メニュー「Config」をクリックします。実行後、DSP 内全設定がDSP に送信されます。
- (2) メニュー「Clear」をクリックします。実行後、DSP 内ヒストグラムデータが初期化されます。
前回の計測したヒストグラムや計測結果を継続する場合は、「Clear」をクリックせずに次の計測を開始。

7. 2. 計測開始

- メニュー「Start」をクリックすると、計測を開始します。
- 「CH」部に各CHの計測状況が表示されます。
- 「acq」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DSPから取得したリアルタイムが表示されます。
- 「live time」にDSPから取得したライブタイムが表示されます。
- 「dead time」にDSP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。

【ヒストグラムモードの場合】

- 「mode」に「histogram」と表示されます。
- 「ROI」部に各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。

【リストモードの場合】

- 「mode」に「list」と表示されます。
- リストモード時ファイルの保存をしている場合は「save」LEDが点滅し、「config」タブ内「file size(Byte)」右側に現在保存中のファイルサイズが表示されます。
- 「list data buffer」にDSPのリストデータ送信バッファの状態が表示されます。100%に到達した場合オーバーフローとなり、データを取りこぼすこととなります。全CHの「throughput rate(cps)」の和が160kcpsを超えないようにご使用ください。

【ウェーブモードの場合】

- 「mode」に「wave」と表示されます。
- waveタブに波形情報が表示されます。

7. 3. 計測停止

- 「measurement mode」：「real time」⇒「real time」が「measurement time」に到達すると計測は終了。
- 「measurement mode」：「live time」⇒「live time」が「measurement time」に到達すると計測は終了。
- 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。

8. ファイル

8. 1. ヒストグラムデータファイル

(1) ファイル形式

カンマ区切りのテキスト形式

(2) ファイル名

任意

(3) 構成

「Header」部と「Status」部と「Calculation」部と「Data」部からなります

• Header (ヘッダー) 部

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	:	SLOW系ライズタイム
SFP	:	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
THR	:	FAST系スレッシュヨルド
LLD	:	エネルギーLLD
ULD	:	エネルギーULD
OFF	:	オフセット
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

※CH 毎はここまで

MOD	: モード
MMD	: 計測モード
MTM	: 計測時間
CLS	: クロック選択
SCK	: WAVE サンプリングクロック

• Calculation (計算) 部

※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)
peak(ch)	: ROI 間のピーク位置 (ch)
centroid(ch)	: ROI 間の中心位置 (ch)
gross(count)	: ROI 間のカウント数の総和
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
FWHM(ch)	: ROI 間の半値幅 (ch)
FWHM(keV)	: ROI 間の半値幅 (keV)
Energy(keV)	: ROI 間のピークのエネルギー値 (keV)

• Status (ステータス) 部

※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
pileup count	: パイルアップカウント
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	: パイルアップカウントレート

• Data (データ) 部

各チャンネル毎のヒストグラムデータ。最大 8192 点。

8. 2. リストデータファイル

(1) ファイル形式

バイナリ、ビッグエンディアン形式

(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 1 : 「list file path」に “D:\data\123456.bin”、「number」に “1” と設定した場合、
“D:\data\123456_000001.bin”。

例 2 : 「list file path」に “D:\data\123456”、「number」に “100” と設定した場合、
“D:\data\123456_000100”。

「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継続します。

(3) 構成

1 イベントあたり 80bit (10Byte、5WORD)

79		ABS[43..28]				64	
63		ABS[27..12]				48	
47		36		35	32		
		ABS[11..0]		空き[3..0]			
31	29	28	PHA[12..0]				16
空き[2..0]							
15		6		5	2	1 0	
		空き[7..0]		UNIT[3..0]	CH[1..0]		

図 26 リストデータ (80 bit) 構成

- Bit79 から Bit36 ABS(アブソリュート)カウント。44Bit
1Bit あたり 10ns。
最大計測時間は約 24 時間 (24 時間 $\approx 2^{43} * 10ns$)。
- Bit35 から Bit29 空き。7Bit。
- Bit28 から Bit16 PHA(波高値)。ADC gain が最大 8192 の場合は 13Bit、0 から 8191。
- Bit15 から Bit6 空き。10Bit。
- Bit5 から Bit2 ユニット番号。4Bit。
※複数台使用時向け：ユニット 1 は 0、ユニット 16 は 15。
- Bit1 から Bit0 CH 番号。2Bit。

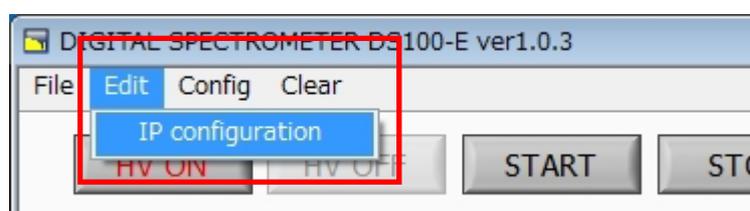
9. その他

9. 1. ネットワーク情報の変更

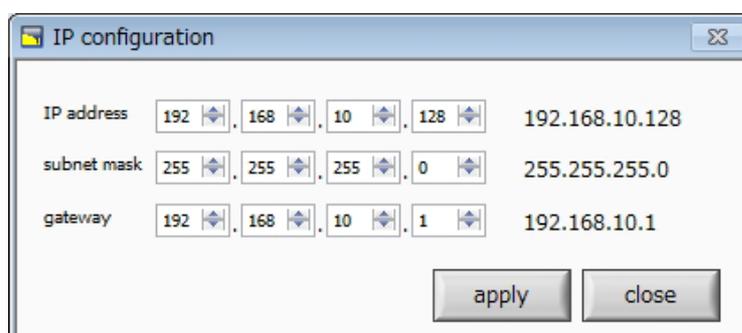
本装置が持つ、IP アドレスとサブネットマスクとデフォルトゲートウェイといったネットワーク設定を、アプリケーションから変更可能です。変更が必要な場合のみ下記手順にて、本装置の IP アドレスを変更してください。

※この操作はアプリケーションのネットワーク通信機能を使用しますので、PC と本装置の通信を確立している必要があります。

- (1) 本装置の主電源を入れたのち、アプリケーションを起動します。メニュー「Edit」 - 「IP configuration」をクリックします。



実行後、設定画面「IP configuration」が表示されます。



- (2) 画面「IP configuration」にて、本装置に設定する値を入力します。画面右側には変更前の値が表示されます。下記の例では「IP address」のみ「192.168.10.130」と変更しています。

- (3) 変更後、「OK」ボタンをクリックします。

実行後以下の確認ダイアログが表示されます。

設定を変更する場合は「OK」ボタンをクリックします。キャンセルする場合は「cancel」をクリックします。

「OK」ボタンをクリックして正常に変更された場合、以下のダイアログが表示されます。

このダイアログが表示されましたら、「OK」ボタンをクリックします。その後、HV が数 V 程度まで下がっていることを確認 → 本アプリの終了 → 本装置の電源 OFF → 1 分上待ってから本装置の電源を ON → 本アプリの起動の手順で装置の再起動を行います。

- (4) メイン画面「IP address」が更新されていることを確認します。

コマンドプロンプトにてPING コマンドが正常に実行できることを確認します。

9. 2. 初期設定に失敗した場合

本アプリを起動した時に、装置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があります。主な原因は以下の通りです。

※この現象解決の為に、いきなり本装置の電源を OFF にしないでください。

- ・ PC 側の LAN ケーブルの差し込みが不足している。
- ・ 本装置側の LAN ケーブルの差し込みが不足している。
- ・ 本装置の電源が OFF のまま、もしくは、LAN ケーブルの断線。
- ・ PC 側のネットワーク設定が DHCP になっていたり、プライベートアドレス（192.168.128 を除く 192.168.10.2 から 255）で設定されていない。

この場合は、ケーブルの接続などの確認後、本アプリの再起動をお願いします。

10. 仕様

表 1 APU101 仕様

項目	仕様
型式	APU101
アナログ入力	1CH $\pm 1V$ レンジ、入力インピーダンス：約 1k Ω
アナログゲイン	Coarse Gain x1, x2, x5, x10、Fine Gain(ソフトウェアにて調整可)
サンプリング	100MSPS、分解能 14Bit[フルスケール($\pm 1V$ にて)]
ADC Gain	8192、4096、2048、1024、512、256ch
デジタル処理	Trapezoidal Filter : 0.1 ~ 16 μ s Fine Gain : x0.333 ~ x1.0 Baseline Restorer, Pileup Rejecter 等
ユニットパネル スイッチ ボタン コネクタ	【前面】 HV ステータス LED 緊急停止(EMERGENCY)ボタン 高圧モニタ LED デッドタイムモニタ LED 外部 TTL 入力コネクタ LAN コネクタ POWER スイッチ 【背面】 DC 入力コネクタ F.G 端子 プリアンプ電源出力用 D-sub9 ピンコネクタ MONITOR 出力コネクタ プリアンプ信号入力コネクタ バイアスシャットダウン入力コネクタ
高圧電源	出力電圧：正極、負極、High-Z 切替可[0V ~ 4000V $\pm 5\%$ (1G Ω 負荷時)] 出カインピーダンス：約 200k Ω 出力電流：最大 1mA リップル：20mV _{pp} (typ) バイアスシャットダウン信号検出による自動降圧対応
プリアンプ電源	$\pm 12V$, $\pm 24V$ (NIM 規格準拠)
通信	イーサネット TCP/IP
寸法	210(W) x 45(H) x 275(D) (コネクタ除く)
重量	約 1800g
消費電力	+12V(0.8A 程度) + プリアンプ用電源($\pm 12V$, $\pm 24V$) (接続するプリアンプに依存)
アプリケーション 動作環境	Microsoft 社製 Windows 7 以降 32Bit 推奨、 画面解像度 XGA (1024 \times 768) 以上
付属品	本体、アプリケーション、取扱説明書

11. 保証規定

「弊社製品」の保証条件は次のとおりです。

- 保証期間 ご購入1年間といたします。
- 保証内容 保証期間内で本取扱説明書にしたがって正しい使用をしていたにもかかわらず、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。
 - (1) 使用上の誤り、又は不当な修理や改造、分解による故障・損傷。
 - (2) 落下等による故障・損傷。
 - (3) 過酷な環境（高温・多湿又は零下・結露など）での故障・損傷。
 - (4) 上記のほか「弊社製品」以外の原因。
 - (5) 消耗品。
 - (6) 火災・地震・水害・落雷などの天災地変、盗難による故障。
 - (7) 水濡れと判断された場合。

弊社製品をご使用の際は上記の全項目について同意されたものとします。

【お問い合わせ先】

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 : order@techno-ap.com
お問い合わせ受付時間 : 電話：平日9：30～17：00

【代理店】

保証書

この製品保証書は、保証期間内に保証条件の範囲内で
製品の無償保証を行うことをお約束するものです。

品名 : デジタルスペクトロメーター

型式 : APU101

S/N :

保証期間 : ご購入日より1年間

ご購入日 :

販売店 :

お客様お名前 :

お客様ご住所 :

お客様電話番号 :

- ※ 製品保証書とともに購入日が証明できるものを保管してください。保証や修理の際に必要となります。
- ※ この製品保証書は再発行いたしません、大切に保管してください。
- ※ 保証期間中でも、有料になることがあります。「安全上の注意・免責事項」をよくお読みの上、内容を必ずお守りください。

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

電話：029-350-8011