アプリケーションノート 105c　MP150＆AcqKnowledge4.1 以上での ABR キャリブレーションと検査

このアプリケーションノートでは、MP150 データ取得システムと AcqKnowledge4.1 以上のソウトウェアを使用して、聴性脳幹反応（ABR）測定における S/N 比と信号の時間遅延を正確にするために必要な精密検査機器のキャリブレーションの概要を説明します。

概要

キャリブレーション手順は 3 つのステップで生じます：

a. **ベースラインノイズ測定：**ERS100C アンプ接地への入力端子を使用して、取得した入力ノイズの電圧信号振幅は、信号パスの平均値を 2000 と仮定して 150nV p-p もしくはそれ以下の振幅レンジで平らなベースラインがトレースされなければなりません。GND への Vin＋と Vin−両方を短絡するために、JUMP100C ケーブル 2 本を使用してください。図 1 は ABR 検査前のノイズ測定の概略図を示しています。

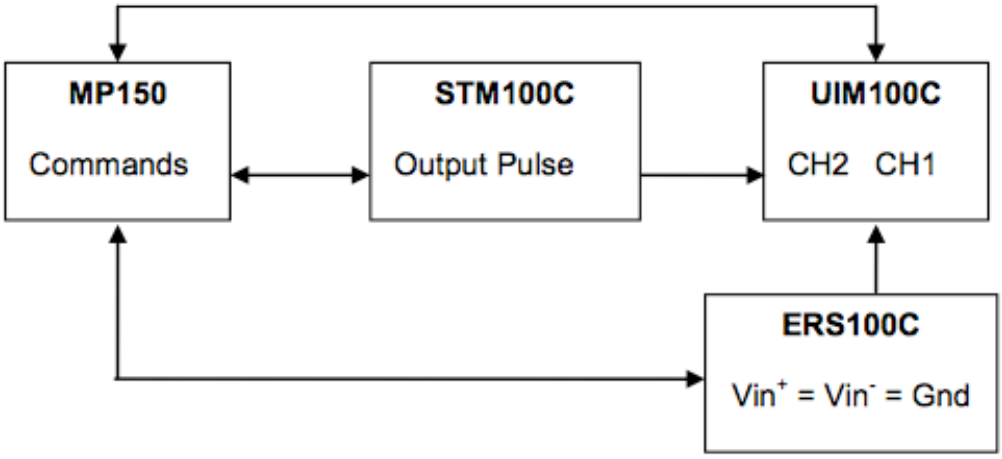

図 1：ノイズ測定の概略図

b. **時間遅延測定：**聴覚と ABR 信号のトリガー間での正確な時間遅延のキャリブレーションは、聴性脳幹反応における有効な測定値を定めることが必要となります。この反応は、聴覚刺激後（クリック音またはピップ音）10 ミリ秒以内に生じます。

b. **アーチファクト除去：**主に瞬間アーチファクトからのスプリアス信号は、ABR 測定中にフィルタリングされなければなりません。

機器

BIOPAC の型番#	機能/目的
MP150	ハードウェアに基づき信号の平均化を行うデータ取得システム。
UIM100C	MP150 への信号インターフェースモジュール。
STM100C	刺激信号増幅のための刺激モジュール。
ERS100C	誘発反応アンプモジュール。このモジュールは、表面に配置された電極から供給される生理学的信号を増幅します。
OUT101	電気的に発生させた音の伝達ユニット（チューブホン）は、正確な電圧レベルを伝達するように較正されています。ウレタンで包まれたチューブは、適切な信号伝達のために外耳道内に配置されます。
オプション マイクの キャリブレーション	OUT101 チューブホンを較正するには、Etymotic ER-7C プローブ型マイクを使用します。 このマイクは、音圧レベル（SPL）に適合した機能の較正出力電圧を備えています。 感度は 50mV/パスカル（-46dB re：1V/uBar）：0dB SPL＝0dBuV となります。 OUT101 ウレタンチップの挿入前に、プローブ型マイクの挿入チューブを耳道に配置します。OUT101 チューブホンの音伝達チューブと、プローブ型マイクの音声入力チューブは、同じ聴覚チャンバに接触します。OUT101 チューブホンからの応用聴覚刺激と同時にプローブ型マイクを介して SPL は記録されます。
TSD108	生理音マイクは、さまざまな音響信号を記録することが可能です。
EL503×3	直径 1cm の接触域がある、直径 3.5cm の粘着性電極。
LEAD110	接地頭皮電極と ERS100C モジュールの GND 間に接続される非シールド信号リード線。
LEAD110S×2	頭皮電極と ERS100C モジュール（Vin＋、Vin-入力）間に接続されるシールド付信号リード線。
CBL100	STM100C の出力（50Ω）と UIM100C の CH2 間の接続に使用されるケーブル。

設定

ハードウェア設定

図 2 は、ABR を実行する前のシステム動作検証のための、ノイズ測定における信号取得モジュールのハードウェアの接続を示しています。

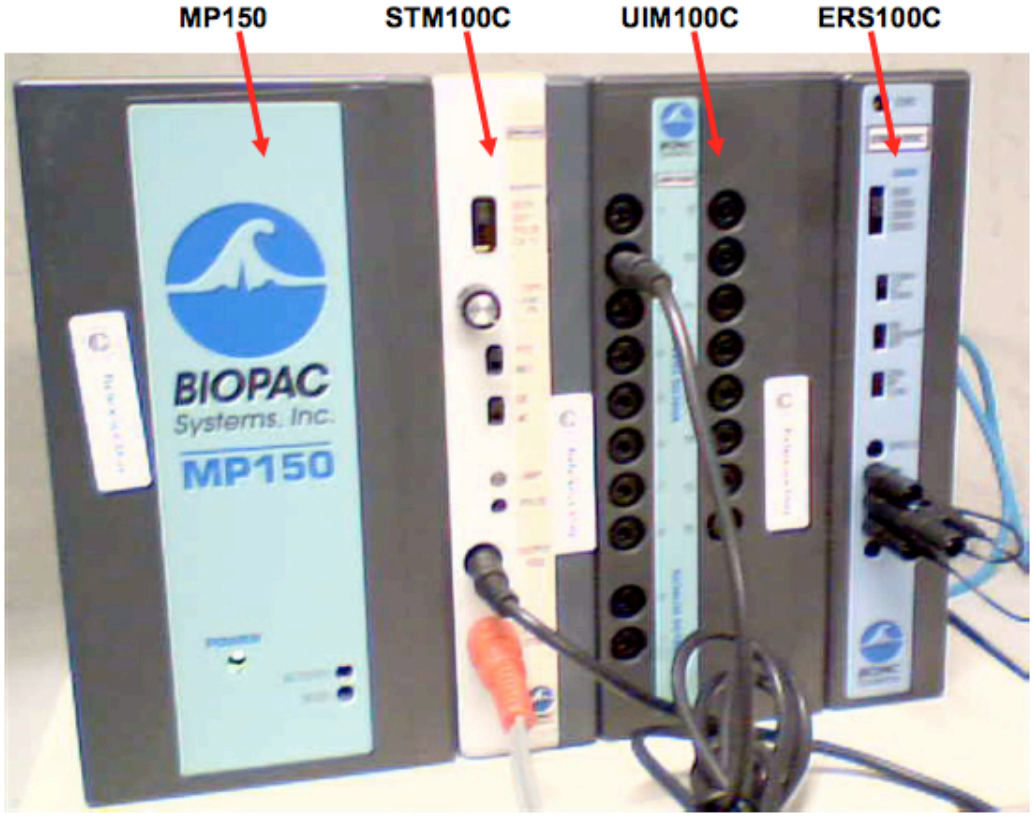

図 2：ノイズ測定のための検査設定

MP150 ⇔ STM100C ⇔ UIM100C ⇔ ERS100C

モジュールの配置は赤の矢印で写真に示されています。

モジュールのスイッチ/ダイヤル設定および接続は表 1 に記載されています。

モジュール	スイッチ/ダイヤル	値/設定
MP150	無し	無し
STM100C	ソース	OUT0 – MP150 刺激ウィンドウからコマンドを受信
	レベル	検査の必要条件に応じる変数
	Pos/Neg	Pos
	DC/AC	DC
	出力（50Ω）	ケーブル（刺激参照）を使用して UIM100C モジュールの CH2 へ接続
	Ext STIM	OUT101 に内蔵されているコネクタを使用して OUT101 チューブホンに Ext STIM 出力を接続（ノイズ測定では必要ありません） • オプションのキャリブレーションマイクを使用する場合：OUT101 ウレタンチップの挿入前に、Etymotic ER-7C プローブ型マイクの挿入チューブを耳道に配置します。

UIM100C	アナログ CH2	STM100C 出力（50Ω）から信号を受信（刺激参照）
ERS100C	利得	10000
	LP	3 kHz
	100Hz HP	オン
	HP	20 Hz（しかし 100 Hz HP が優性です）
	Vin＋、Vin−、GND	JUMP100C コネクタ 2 本を使用して全て接続
	チャンネル設定	（モジュール頂部のスライドスイッチ）UIM100C に対して CH 1

表 1：モジュール設定

ソフトウェア設定

AcqKnowledge でのソフトウェア設定は新しいグラフファイルから開始し、図 3 で示されるようにチャンネル活性化のために“チャンネルごとに表示”ウィンドウを呼び出します。([MP150]＞[データ取得設定]＞[チャンネル]）チャンネル A1 は、ERS100C モジュールからの信号に対応します。チャンネル A2 は STM100C モジュールからの信号に対応します。

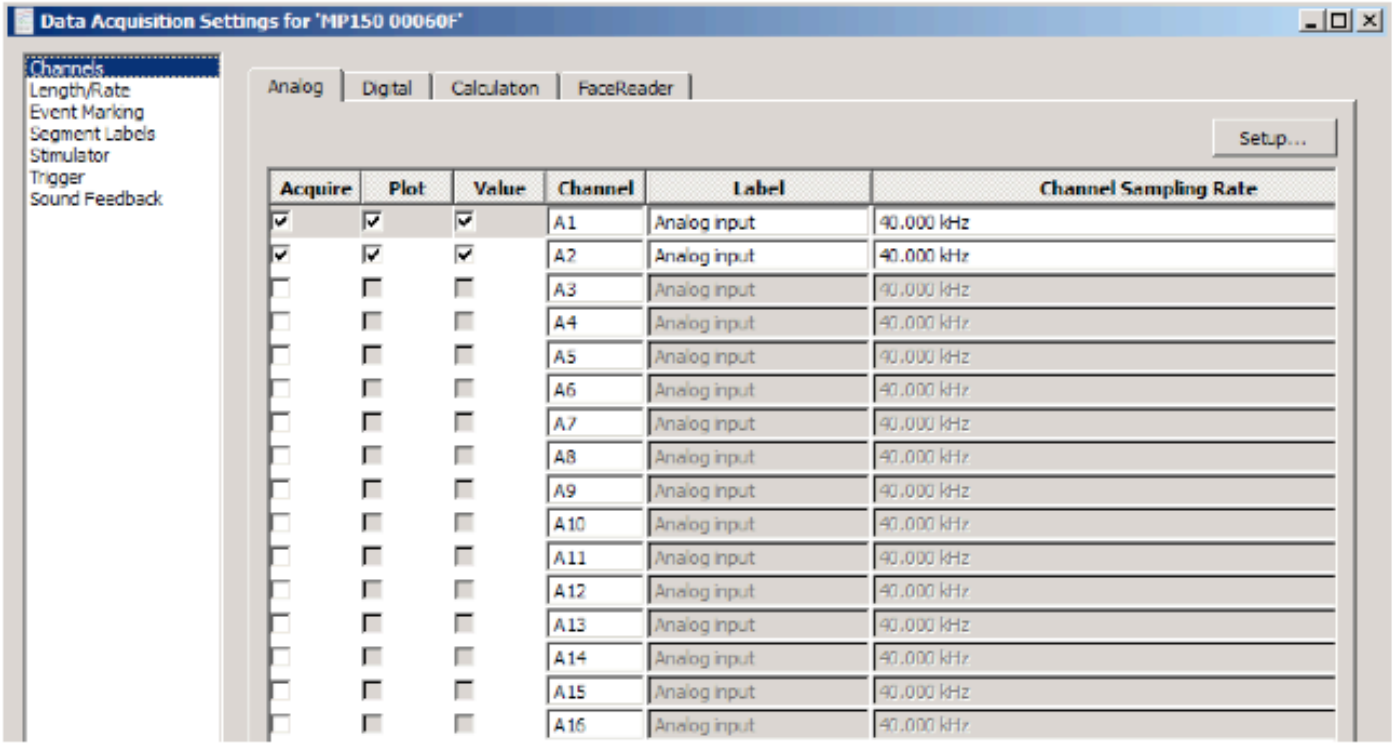

図 3：[MP150]＞[データ取得設定]＞[チャンネル]を介して呼び出されたチャンネル設定ウィンドウ

次のステップは、取得パラメーターを設定します。（図 4）平均化オプションを作成するために“長さ/レート”ウィンドウ内で“設定”をクリックします（次ページの図 5 参照）

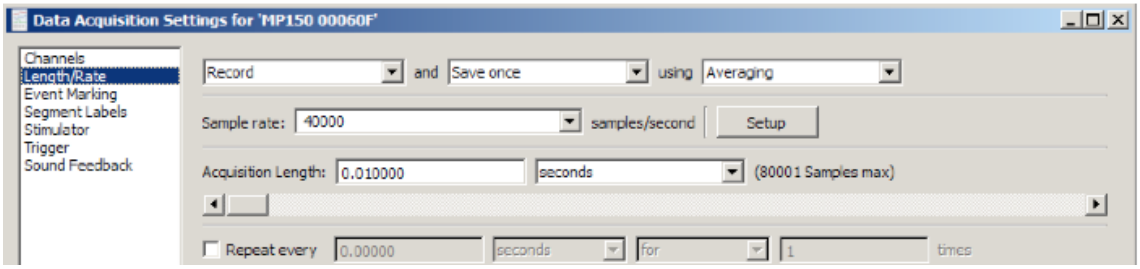

図 4：取得パラメーター

“有効”の欄で平均化パスが適用されるチャンネルを選択してください。

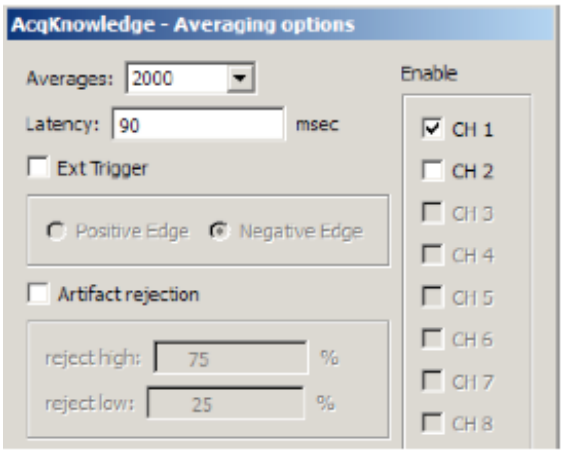

図 5：信号平均化のパラメーター設定

MP150 刺激装置は STIM100C に出力信号を提供するように設定されています。図 6 は、OUT101 チューブホンに送られる刺激パルスを生じさせるために使用される刺激装置設定ウィンドウを示しています。図 7 は、STM100C での手動減衰制御ウィンドウを示しています。ここで、STM100C 上での手動減衰（バイアル回転つまみ）設定とは関係なく、適切なレベルへの出力信号の減衰をユーザーは設定することができます。

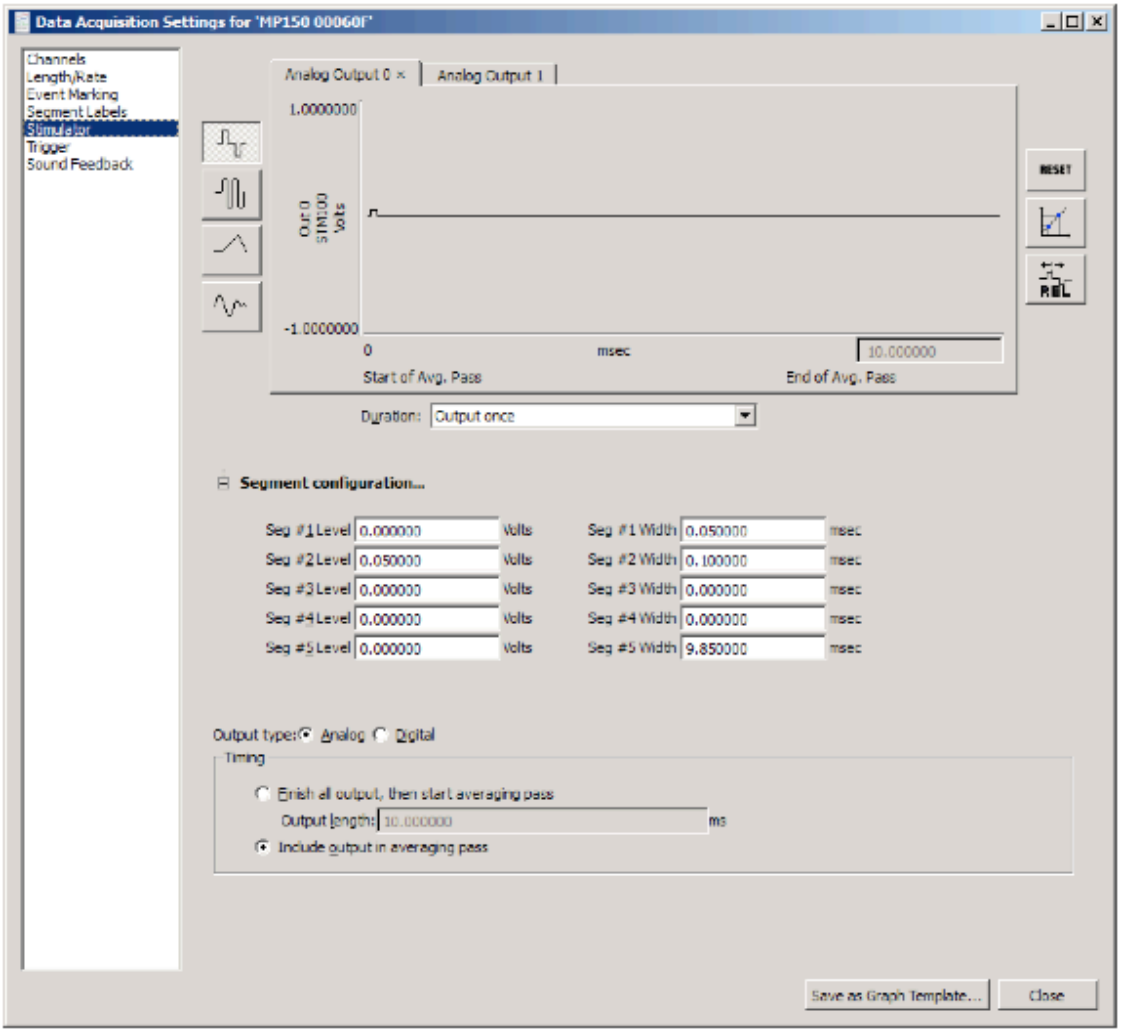

図 6：刺激設定ウィンドウ

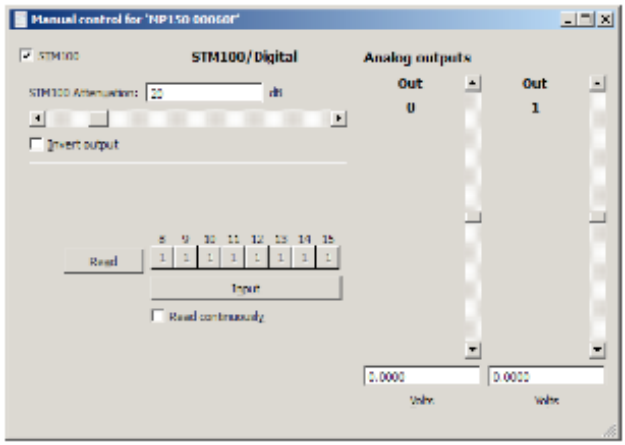

*図 7：*STM100C モジュールでの手動減衰制御、
示されている dB 値は最大 SPL（0dB）からの音響レベルの減少

ハードウェアとソフトウェアの設定が完了した後、グラフのチャンネル A1（ERS100C）に対応する信号平均を観測するには“開始”ボタンをクリックします。チャンネル A2 の出力は、この特定の検査の要因ではなく、後の検査のための刺激信号（STM100C）です。図 8 は、ノイズ平均化の実行の終了を示しています。

- 電圧振幅の測定でノイズがおおよそ 92nV p-p を示していることに注意してください。この値は、最大許容範囲の 150nV p-p 以下となります。

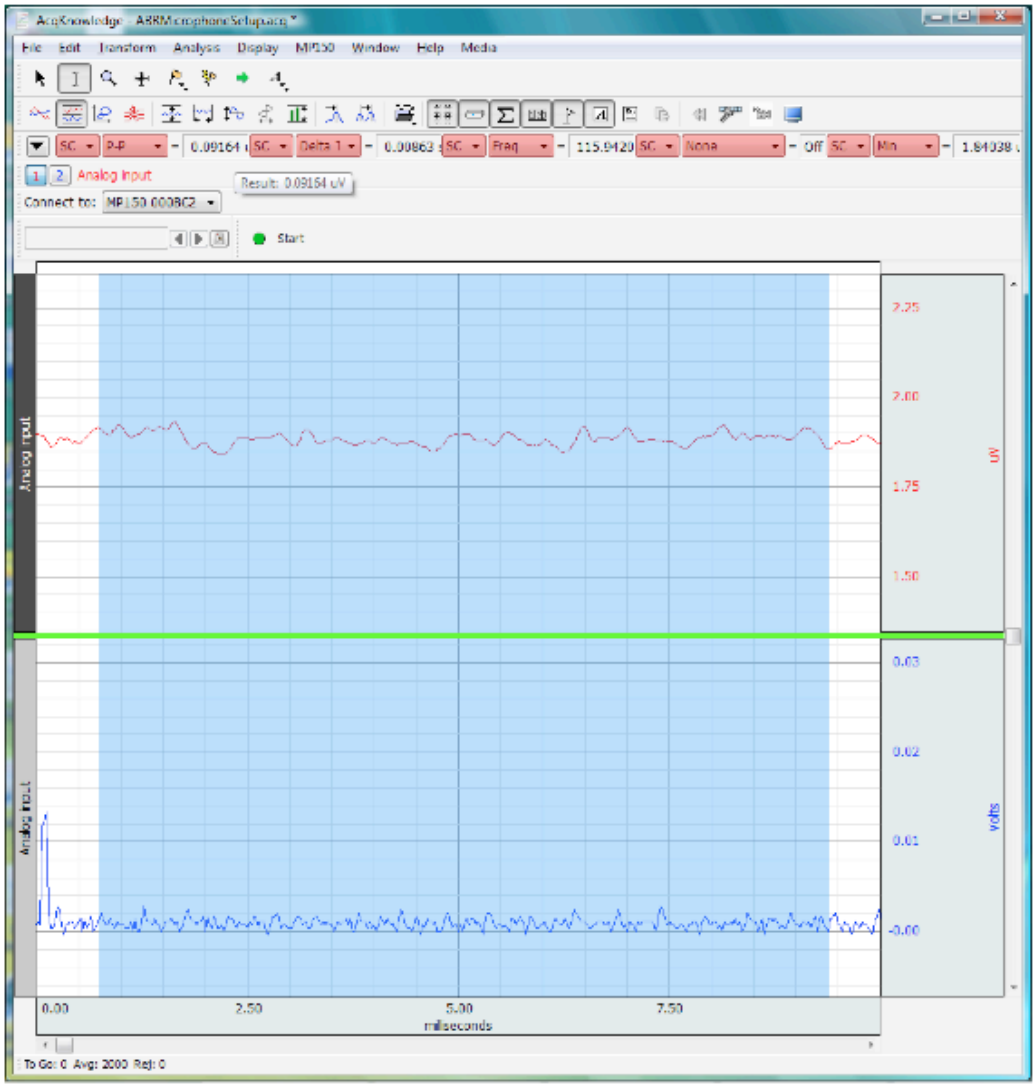

*図 8：*平均化後の波形出力。
CH1 は、ERS100C モジュールの Vin+、Vin-入力が接地された際のノイズ信号です。
CH2 は、刺激信号です。

タイミング測定

音刺激を引き起こすための OUT101 の使用は、STM100C からの電気刺激の発生から音響反応の発生の間に遅延のキャリブレーションが必要となります。(TSD108 トランスデューサによってクリック音響を生成し、クリック音を受信します) これで、遅延が原因の無視されるべき被験者からの取得データ量を決定します。図 9 は、測定のための機器構成を示しています。

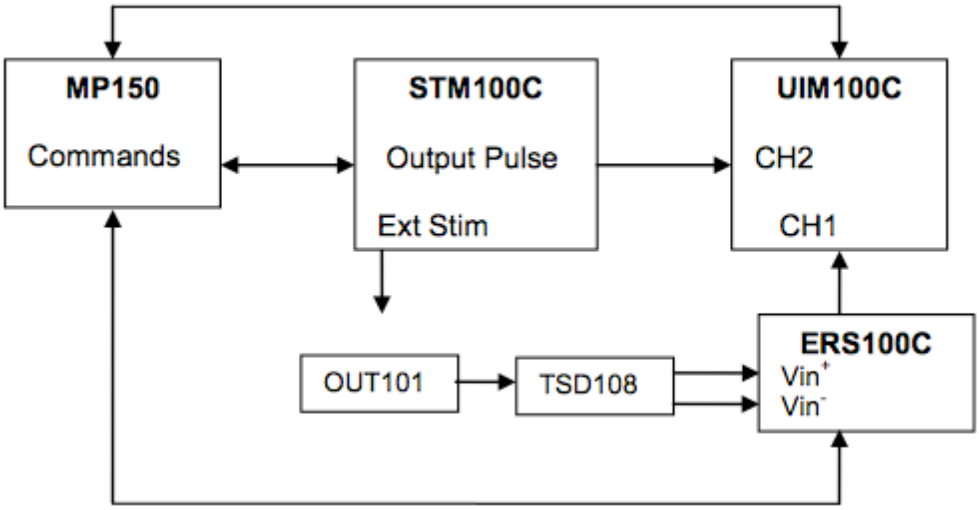

図 9 : タイミング測定のための設定

図 10 は、実際の時間遅延測定の配置の写真を示しています。OUT101 チューブホンは、音響エネルギーの伝達を有効にするために生理音マイクの表面に垂直にテープで留められていることに注意してください。

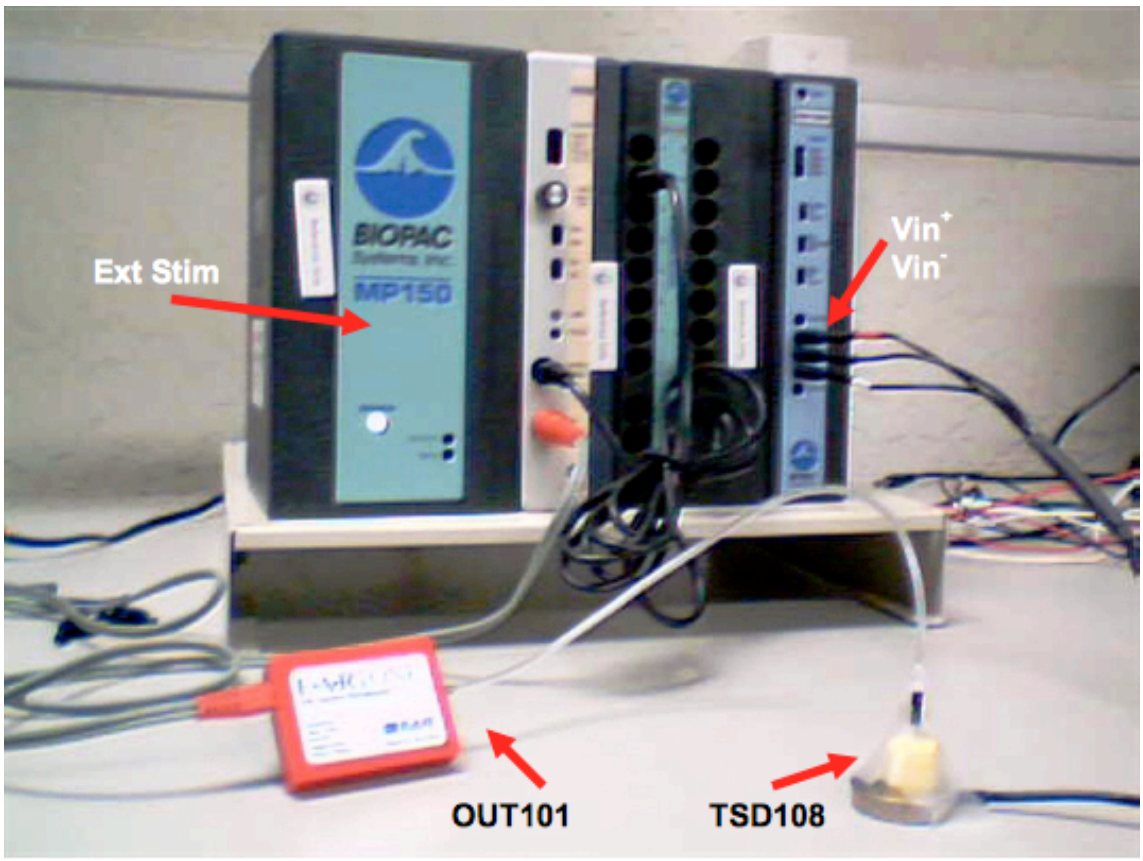

図 10 : OUT101（音響刺激）と TSD108（音響受信機）間の配置写真

セクション 3.0 と同じソフトウェア構成を維持するには、次の波形トレースが平均化パスの間に見られなければなりません。CH1 でのトレースの“リンギング”サインは、音響インパルスを受信した上でのマイク反応であることに注意してください。CH2 での電気刺激の発生から音響インパルス反応の開始まで測定を行い、1 ミリ秒のオーダーの遅延を見つける必要があります。この 1 ミリ秒の遅延は、OUT101 チューブホンに関連するチューブの長さに起因して生じます。この遅延は、音響エネルギーから配信されるチューブホンの電気活性インパルスエネルギーを分離する時間を測定するための設計によるものです。従って、(1 ミリ秒) のポイント前にチューブホンの電気活性信号は発生し、平均化処理の間に ABR 測定を歪めることはありません。以下の図 11 は、グラフの出力を示しています。

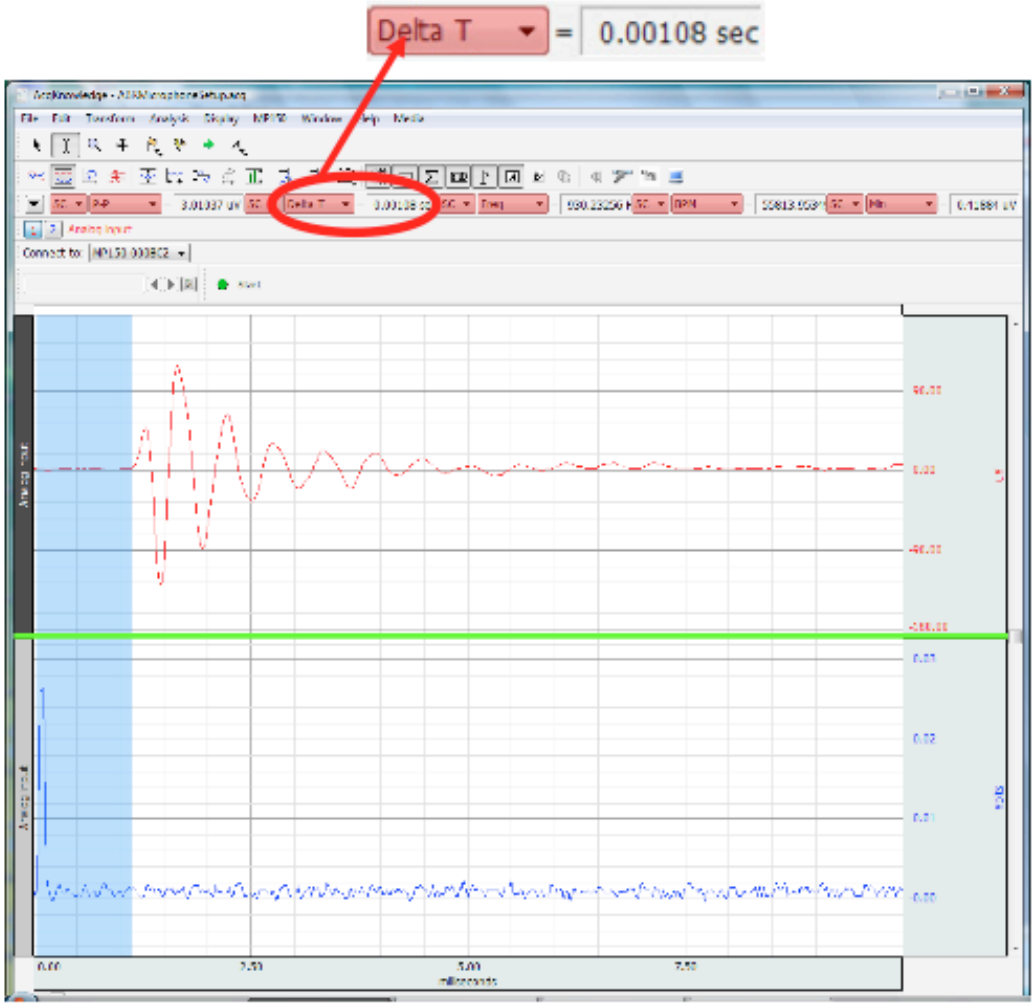

図 11：電気刺激の発生から音響反応の発生の間の時間遅延。
この測定は電気刺激から配信音響の“クリック音”への遅延が約 1 ミリ秒であることを確かめます。

アーチファクト除去

取得中に、アーチファクトの極端なレベルが 1 つの理由もしくは別の理由で存在する可能性があります。どの信号レベルがアーチファクトを引き起こしているのか確定するために平均化設定ウィンドウで“アーチファクト除去”をチェックして下さい。これにより、MP150 システムがこれらの検査を拒否することが有効になります。

アーチファクト除去が有効になった場合、MP150 システムは（1）アーチファクト除去の閾値を越える信号を含む検査を無視し、(2) いくつの検査が拒否されたのかの記録をつけます。そして、(3) 取得された検査の合計数にその検査数を追加します。アーチファクトの存在が原因で拒否された検査は、その後“再検査”が可能です。これらのパラメーターを設定するには、高閾値と低閾値を定めてください：両方の閾値はスケール上限を参照してください（通常±10V)。

高および低アーチファクト除去の閾値が 80%と 30%に（それぞれ）設定された場合、MP システムは信号が +8V または-3V を越える検査を拒否します。±10V 以外の何かにマップ（スケール）値の範囲を変更するためにチャンネルスケーリング機能を使用した場合、対称境界におけるアーチファクト除去の式は：

y＝（(2・PV）/100)・x-PV　　ここで、y＝電圧閾値

ここでは：PV＝ピーク値

x＝パーセント閾値（全体の数）

非対称境界が使用された場合、次の方程式が用いられます：

y＝（(V1-V2）/100)・x＋V2

ここでは：y＝電圧閾値

V1＝高ピーク値

V2＝低ピーク値

x＝パーセント閾値（全体の数）

TSD108 反応曲線および可聴レベル

OUT101 チューブホンは、様々な出力エネルギーレベルのオプションで被験者に音響刺激を与えます。図 12 は、OUT101 における電気的トリガーレベル対、音の振幅出力のおおよその分析結果を示しています。STM100C は、EXT Stim 出力ジャックを通して OUT101 デバイスに電気的トリガーを与えます。時間測定タスク（4.0 秒）で使用するマイクは、この分析結果を作成するのにも使用されます。STM100C 上の出力レベルダイヤルは、ダイヤルマーカーが下方向（南）を指し示すように設定されています。OUT101 音響源への電気信号は、40dB の開始値で dB 減衰スライダーを使用して手動制御ウィンドウで調整されます。

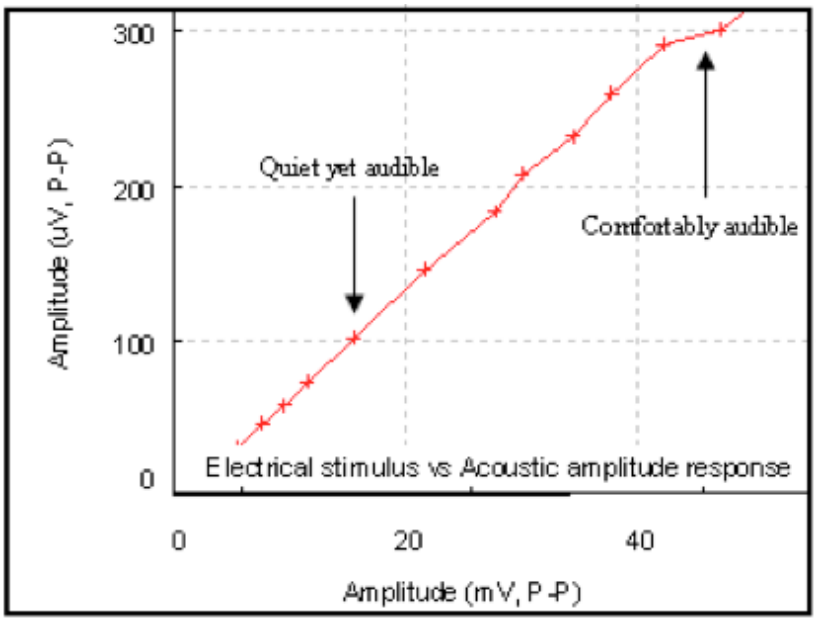

図 12：TSD108 のトランスデューサ分析結果。STM100C 上のダイヤルはマーカーが下方向（南）を指し示すように設定。

図 12 は、OUT101 チューブホンへの電気刺激レベルの入力対、TSD108 が記録した信号レベルの反応も示しています。

チャンネル A2 は入力電気刺激を示しており、チャンネル A1 は音響反応を示しています。P-P 測定はデータポイントの取得に使用されます。グラフ上の注釈は、人々の“音の大きさ”の名目認識と音響信号の快適度です。

手動制御減衰スライダー上のゼロ dB 減衰や、STM100C レベルダイヤルで設定することで、マーカーは“西”（50%の振幅）を指し示し、認識音の強度は耐えられる程度の大きさとなります。STM100C ダイヤルマーカーが“北”（75%の振幅）を指し示している場合、認識音は数分後に不快なものになります。

ABR 検査

ノイズと時間遅延のキャリブレーション後、ユーザーは ABR 検査の段階に進むことができます。

身体用電極（EL503、LEAD110、LEAD110S）の代替の生理音マイク（TSD108）でも、検査結果は 4.0 秒と同じようになります。OUT101 音響源は被験者の右耳に沿って配置し、STM100C モジュール上の Ext Stim に接続します。接地電極（LEAD110）は額に配置し、ERS100C モジュールの GND に接続します。同側耳たぶ電極（LEAD110S-W）は右の耳たぶに配置し、ERS100C モジュールの Vin-に接続します。対側耳たぶ電極頭頂部に配置し、伸縮性の包帯で留めます。そして ERS100C モジュールの Vin＋に接続します。図 13 は、ABR 測定における被験者への電極の配置を示しています。

図 13：ABR 測定における被験者へのセンサ配置図

平均化設定で“アーチファクト除去”のチェックボックスを有効にし、値を 60%に設定、そしてフィルタ異常値を 40%に設定します。（例として図 5 参照）

ERS100C モジュールに身体用電極を差し込む前に、皮膚電極インピーダンスの検査を行う必要があります。電極用ゲルと伸縮性の包帯を用いる接触準備は、5kΩ以下の値に皮膚電極インピーダンスレベルを減らすのに役立ちますが、5～10kΩは許容範囲です。図 14 は、皮膚電極インピーダンス値の測定に使用できる BIOPAC 社製の EL チェックメーターです。

EL チェックメーターを使用するには、レセプタクルの上部に接続された身体用電極リード線を差し込み、表示されたインピーダンス値を読み取ります。高いインピーダンス値（10kΩ以上）を読み取った場合、5～10kΩ以下の読み取り値に接触を改善するために、身体のその部分に電極を付け直します。

記録中に身体用電極によって生成された波形は、平均化が進むにつれて変化します。終了近くになると、波形が安定します。図 15 は、ある検査の結果を示しています。

図 14：電極メーター

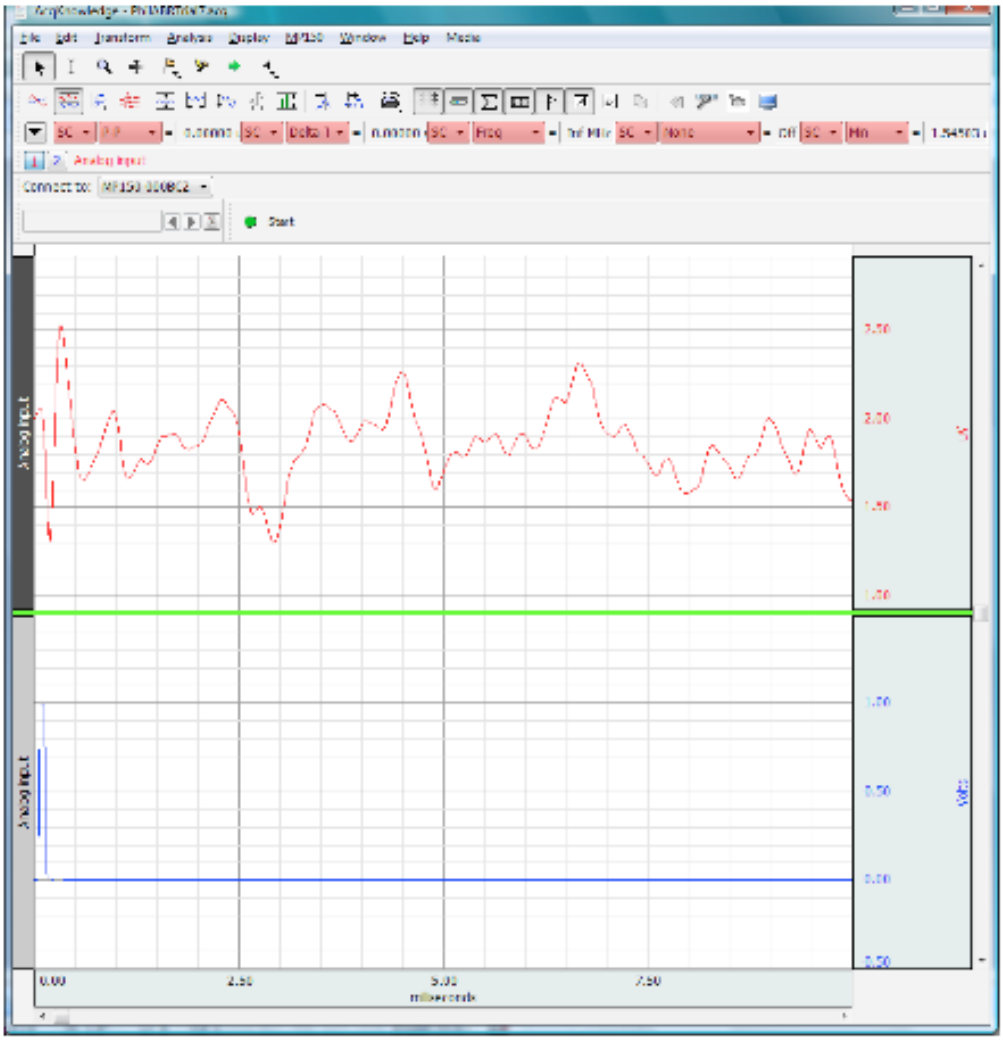

図 15：40,000 サンプル/秒の取得レート、
2000 平均化パス、及び 10 ミリ秒の取得時間での ABR 検査測定

平滑化変換は、高周波成分をさらに低下させるために ABR 信号に適用することが可能です。ジューエット波Ⅲ、Ⅳ、Ⅴは、2 つの連続した ABR 平均化検査が重なって表示されている図 17 で容易に見られます。

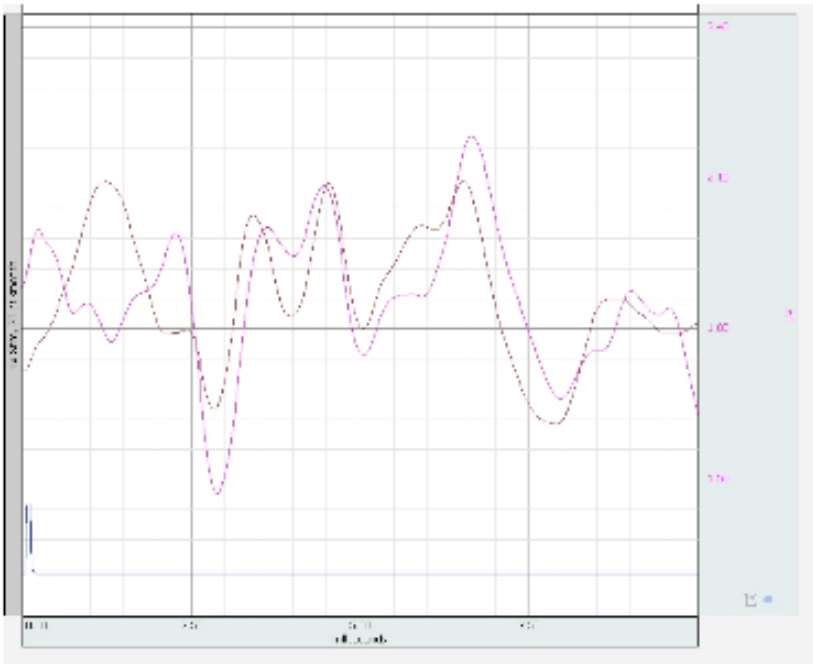

図 17：ABR 検査の組み合わせ

1V の刺激で、20pt の平滑化（重複モード）

よくあるご質問

どうやってディスプレーで波形を重複させますか？

AcqKnowledge ソフトウェアで重複機能を使用します。これはソフトウェアウィンドウ内のツールバーボタンとなります。詳細はヘルプメニューでソフトウェアのマニュアルをご参照ください。

検査前、各被験者にベースラインノイズ測定を何か行う必要がありますか？

設定を確認するために、一連の検査前にこの検査を行うことを推奨します。これは入力チャンネルの確認検査です。この検査を行う際に記録されたノイズが特定量を下回る場合、使用する機器に与えられる測定結果の正当性に対する信頼を仮定することができます。この検査では、アンプの性能とデータ取得システムの性能を検証します。

各 MP システムでタイミング測定を行う必要はありますか？もし必要な場合、TSD108 も必要となりますか？

タイミング測定は、単に不具合が生じづらいという理由で、ベースラインノイズの事前検査よりは重要ではありません。しかし、タイミングの検証は、正確な ABR を行うためには最も重要となります。この検査は、刺激提示、刺激アンプ（STM100C）の音響遅延、刺激トランスデューサ（OUT101）の性能に関する明確な結果を提供するという意味では優れています。ベースラインノイズ検査は入力チャンネルの性能を検証し、タイミング検査は出力チャンネルの性能を検証します。理想的には、TSD108 から離れて、一定で既知の距離を出力する OUT101 チューブホンに位置する単純な機械的ジグが開発されることです。ベンチマーク反応検査が行われた後、システムが一定の期間にわたって使用されるように、変更（もしあれば）を探すために保存されます。

アーチファクト除去において、マニュアルでは、“MP150 システムはアーチファクト除去の閾値を越える信号を含む検査を無視し、いくつの検査が拒否されたのか記録をつけ、取得された検査の合計数にその検査数を追加します。”となっています。アーチファクト除去に関して、検査完了後、失った検査を補うために再度戻って数分行う必要がありますか？それともシステムが自動的に行いますか？後者の場合、どのように機能しますか？

アーチファクト除去とは電源を入れた際、単に一定の閾値を越えたデータの通過を拒否することです。検査中に被験者が移動した場合、閾値を越えて拒否された波は一般的なものです。電極インピーダンスが十分に低くない、もしくは電極が皮膚表面にしっかり付いていない場合は特に、被験者の動きでほぼ常にアーチファクトが生じます。拒否された検査の数が検査総数の 10%を越える場合、全記録を繰り返すことが恐らく最善です。適切なアーチファクト除去設定を取得するには、1 つの平均値を用いて平均化検査を実行し、この検査を約 10 回行います。各トレースを見て、最高値と最低値を調べます。拒否する閾値が（単一の平均化パス検査で）10 回以上記録された最高値と最低値の約 25%以上および以下に設定されている場合、それはおおよそ正しいはずです。ABR 測定の特定のクラスにおいてアーチファクト除去が一度設定されると、アンプ利得、アンプフィルタ設定、被験者のタイプ、電極の取り付ける点、電極リード線の種類、使用するゲル、および局所環境に関しては、構成後ソフトウェアの拒否閾値が変更する可能性は少ないです。