
アナライザシステムユーザガイド

伝達関数

Klippel 社

目次

目次.....	2
TRF チュートリアル.....	4
概要.....	4
このチュートリアルの目的.....	4
TRF 測定結果の参照 (パート 1).....	5
入力信号 (タイムドメイン).....	5
第 1 チャンネル:	5
音圧レスポンス.....	5
インパルスレスポンス	6
ウィンドウ.....	7
基本波 + 高調波	7
H(f) Magnitude	8
第 2 チャンネル:	8
変位.....	8
新規の TRF を実行する(パート 2).....	10
SPL 測定.....	10
ハードウェア設定	10
operation の作成.....	10
測定の設定.....	10
測定の開始.....	12
結果の参照.....	12
テンプレートを使用する	13
インピーダンス測定.....	13
ハードウェア設定	13
operation の作成.....	14
測定の設定.....	14
結果ウィンドウ.....	14
Property の Display ページ	14
TRF のカスタマイズ(パート 3)	15
SPL の校正	15
ピストンフォンの使用	15
マイクロフォン感度の規定を行うには	16
マイクロフォン補正カーブを適用するには	16
ドライバ感度の測定.....	17
伝達関数データのエクスポート.....	19
結果を重ね書きする	19
動作モード.....	21
結果の比較と参照	21
高次の高調波を参照するには.....	22
マーカ位置を素早く設定するには.....	22
瞬時歪みを測定するには.....	22

TRF チュートリアル

概要

TRF モジュールは最大で 2 つの信号を同時に(48kHz まで)測定することが可能で、ログスイープによって励起されたシステムの伝達関数と高調波の計算を行えるようになっています。励起信号の帯域、振幅、および周波数シェープは、周期レスポンスのアベレージングと同様にユーザが変更可能です。

ノンリニア成分から、リニアインパルスレスポンスを純粹に取り出すために、ウィンドウ化や累計スペクトラム減衰やソノグラフのような他の後処理が行われます。

この測定方法は、一般的な音響測定やインピーダンス測定だけでなく、コーン変位の周波数レスポンスや感度の測定を行う際にも使用されます。

このチュートリアルの目的

このチュートリアルを読むことにより、TRF モジュールに精通することができます。本チュートリアルは 3 つのパートに分かれています。

1. 初めパートである『TRF 測定結果の参照』では、測定例として既にストアされている TRF の測定結果をどのように参照するかを説明しています。
2. 次のパートである『新しい TRF 測定を実行する』では、スピーカの音圧レスポンスと電気的なインピーダンスの測定方法について説明しています。
3. 最後の章である『TRF 測定のカスタマイズ』では、測定のパフォーマンスの向上を図るためのパラメータ設定の変更方法と、より先進的な機能の使用方法について説明しています。

TRF リファレンスの章では、使用されている信号処理、結果ウィンドウの詳細説明およびプロパティページの設定方法について説明してあります。

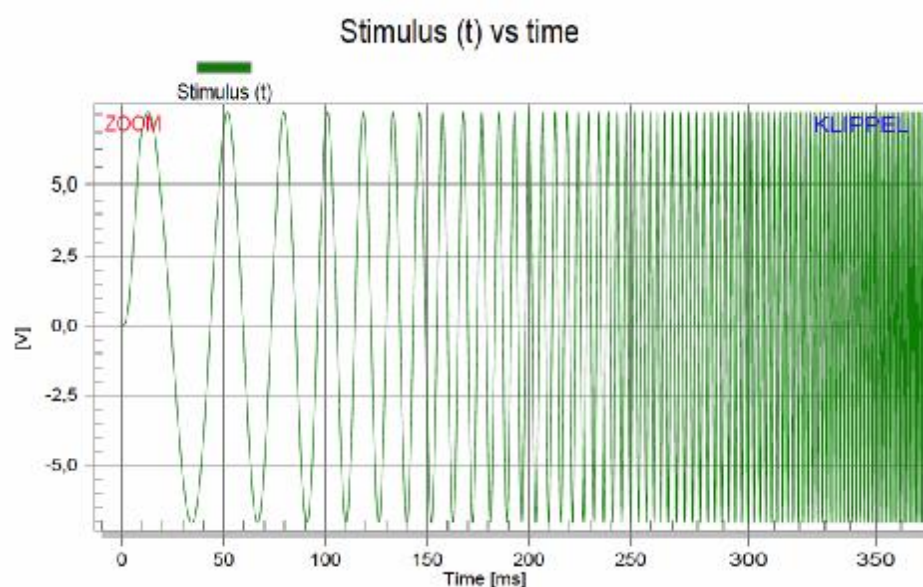
TRF 測定結果の参照 (パート 1)

TRF 伝達関数のオペレーションをクリックすると、TRF で既に取得された測定データが結果ウィンドウに表示されるはずですが、ダブルクリックすると、デフォルトのウィンドウ分割方式で結果が表示されます(ウィンドウリスト内にチェックが入ります)。dB-Lab の詳細な使用方法についてはマニュアルの dB-Lab の章を参照してください。

入力信号 (タイムドメイン)

システムへの入力信号として使用される励起信号の時間特性を参照することにより、伝達関数測定的基本的な性質が明らかになります。この励起信号は、最低周波数 F_{min} から最大周波数 F_{max} まで連続的に変化するサイン波です。

個々の時間ステップは、周波数ごとに唯一の値をもつようになっています。周波数は時間と共に指数間隔で増加(ログサイン波スイープ)し、それぞれの単一周波数には、唯一の時間ステップがマッピングされます。したがって、下図の時間軸ラインはスイープ中の瞬間的な周波数を示すログ周波数軸に見立てることが可能であるということです。

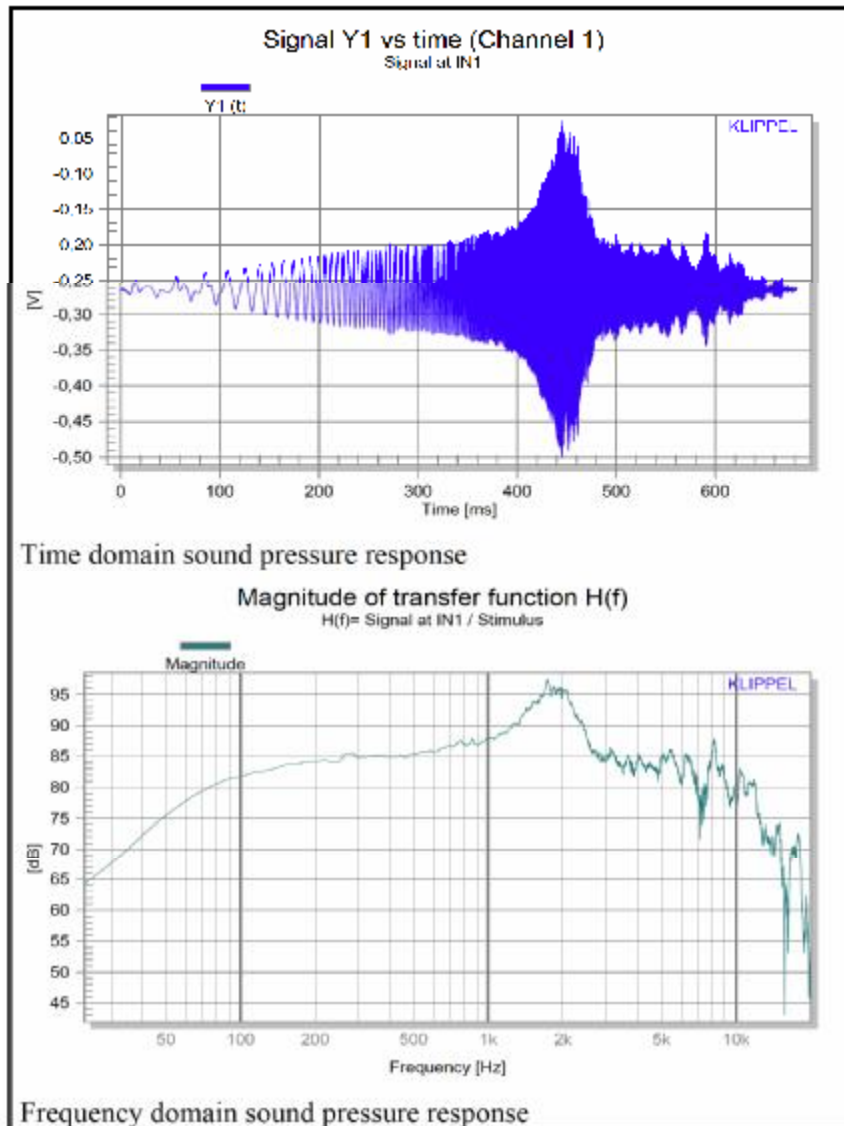


より分解能を高めて上図を参照するには、ズームを行います。ズームを行うには、興味のある部分の周りをウィンドウで囲むだけです。この操作の詳細については、マニュアルの dB-Lab の章を参照してください。

ログスイープを使用することの最大の利点はノンリニア(高調波を含む)レスポンスからシステムのリニアレスポンスを分離できることです文献: S.Mueller:…を参照。入力信号には特定の時間ステップで一つの周波数成分しか含まれないので、相互変調歪みは生じません。

第 1 チャンネル： 音圧レスポンス

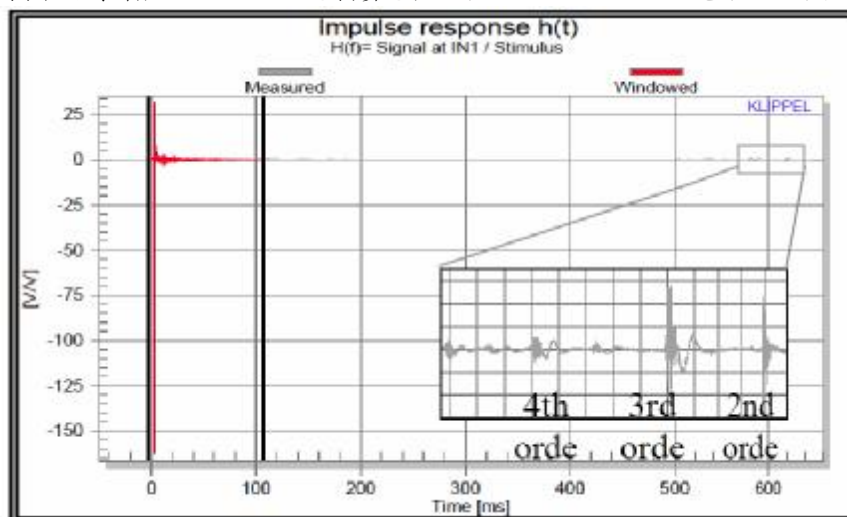
TRF モジュールは真の 2 チャンネルデータ収集システムです。伝達関数を測定する際には、様々な入力信号を使用することが可能で、例えば励起信号と外部信号の関係だけでなく、外部信号と他の外部信号の関係も測定することができます。この例では、2 つの外部信号が記録されています。マイクロフォンで測定された音圧レベルは入力チャンネル Y1 で収集され、ボイスコイルの変位信号(レーザにより測定)は入力チャンネル Y2 で収集されています。特有の入力信号を用いているため、伝達レスポンスのタイムドメインのエンベロープは周波数レスポンスと等価になります。



y 軸のスケールが異なることに注意してください。(上のグラフではリニアである一方、下のグラフではログスケールになっています)

インパルスレスポンス

下図には、音圧レスポンスから計算されたインパルスレスポンスを示してあります。

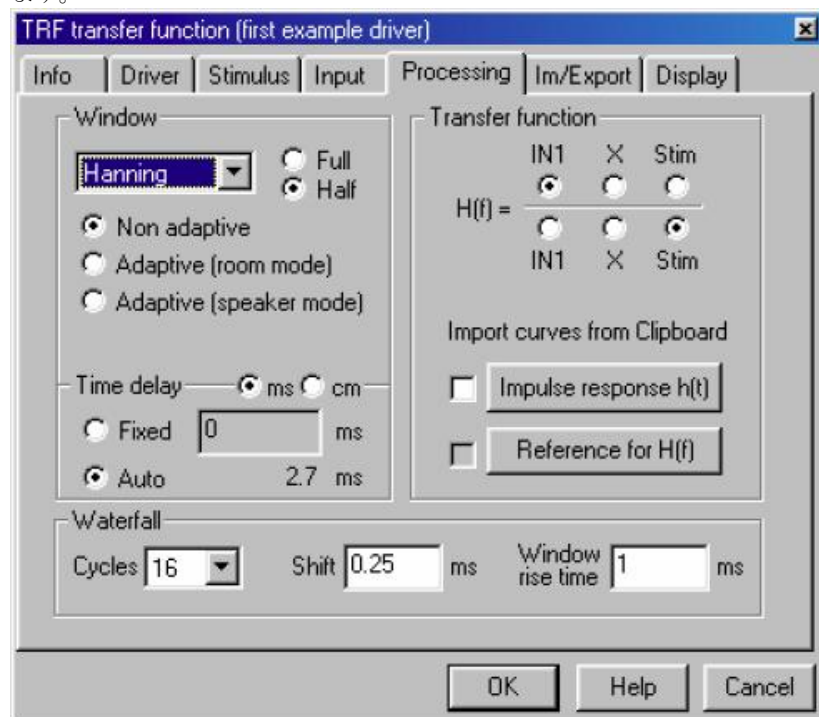


時間軸上の端の部分に、いくつかの小さな成分が見受けられます。これらの小さなピークには、高調波歪みに関する情報が含まれています。非常に特別な励起信号を使用しているため、各高調波歪み成分は時間軸上の狭い領域にマッピングされます。この影響により、上記のプロットにあるような小さな成分が現れます。その結果、詳細な分析に必要な高調波歪みの抽出ばかりか、リニアとノンリニアレスポンスの正確な分離が行えるようになり、ステップ状のサイン波を入力信号として使用したときよりも早く測定が行えます。

ウィンドウ

詳細な分析を行うために必要なインパルスレスポンスを含む領域は2つのマーカ(例えば、初期の部屋の反射、乱反射したフィールドレスポンスおよびノンリニア成分などから直接波を取り出せます)を使用して選択(ウィンドウをかける)することができます。このような方法で準無響測定が行えます。分析すべきインパルスレスポンス領域は赤色でマークされています。一番簡単な方法は、マウスをドラックしてマーカ位置をシフトさせます。もう一つの方法は、シフトキーを押した後、マウスカーソルを左側のマーカの移動先まで移動し、マウスの左ボタンを押します。シフトの代わりに **CTRL** を押すことにより、右側のマーカが移動します。

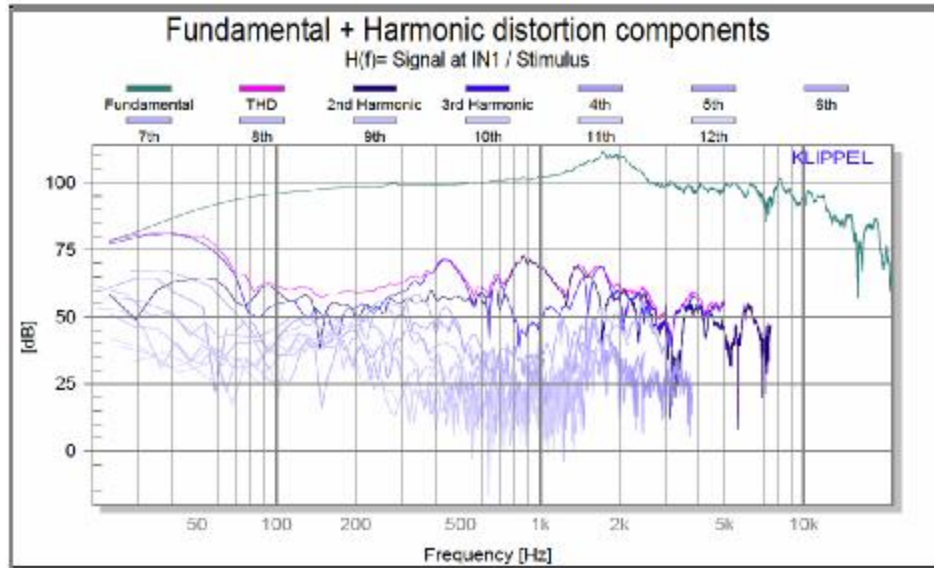
ウィンドウの位置が変更されたら、新しい測定が行われることなく結果が自動的に再計算されます。



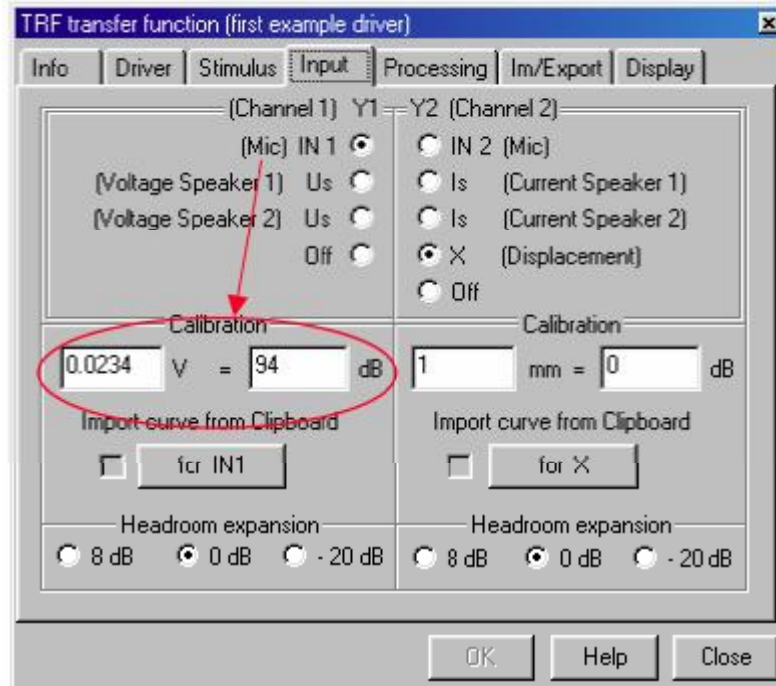
適用できるウィンドウには様々な種類があります。プロパティの **Processing** ページを開き、ウィンドウ設定を見てみます。**Half**(ドライバ測定に一般的に使用)や、**Full**(歪みや部屋のモードを分離する際に使用)形状が、様々なシェープ形状と同様に供給されます。より詳細な情報についてはリファレンスの章を参照してください。

基本波 + 高調波

この結果ウィンドウには、絶対値 **SPL** での音圧信号の基本波と高調波歪み成分が表示されています。この結果は現在のウィンドウ設定(インパルスレスポンス内の選択された部分とシェープ)から計算されたものです。



しかしながら、基本波は絶対 SPL で校正された入力信号で割り算されていません。正確な SPL レベルは、プロパティの **Input** ページでマイクロフォンの感度が規定されているときのみ計算されます。(チュートリアル of 校正の章の、第 3 パートを参照してください)



H(f) Magnitude

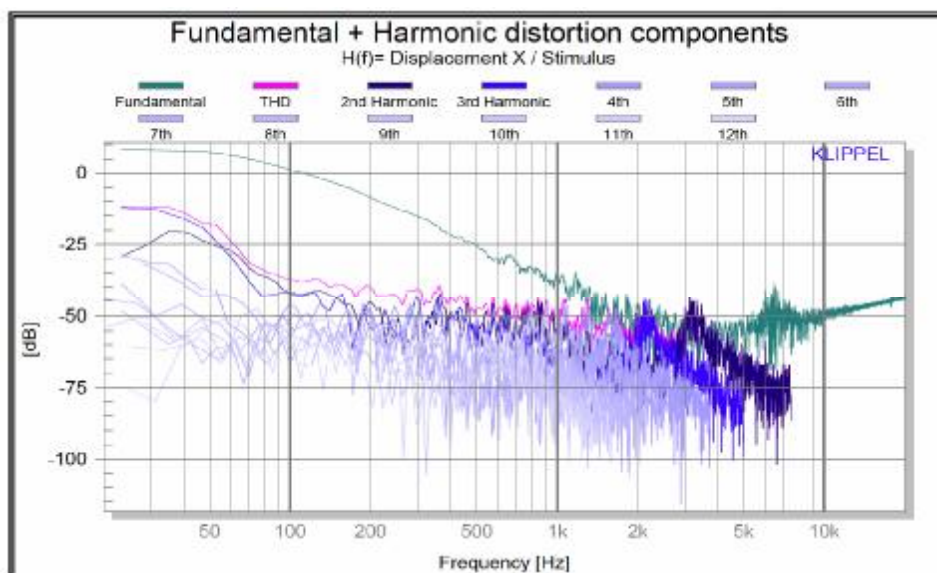
結果ウィンドウ **H(f) Magnitude** に表示されているのが真の伝達関数で、音圧信号が入力信号によって割り算されたもの(周波数ドメインにて)です。この結果は励起振幅の大きさに依存しない(リニアなシステム状態が保持されている限り)dB で示された相対カーブです。このグラフは既に上記に含まれています。

第 2 チャンネル：変位

これまでの説明では、全てマイクロフォン入力から得られた結果(プロパティの **Input** ページの左側の **Y1** を使用した結果)について述べてきました。**TRF** は 2 チャンネルシステムであり、2 番目の入力信号 **Y2** も同時に記録されるので、併せて調査できます。この例ではレーザの変位センサがチャンネル 2 入力として選択されています。現在の入力設定を確認するには、プロパティの **Input** ページを参照します。

結果ウィンドウが煩雑に表示されるのを防ぐために、チャンネル **1** かチャンネル **2** のどちらかの結果のみ表示されます。第 **2** チャンネルの結果を参照するには、**Property** の **Processing** ページにある **H(f)=X/Stim** を選択します。**OK** を押し結果ウィンドウをアップデートします。**H(f) Magnitude** ウィンドウを参照してください。このスピーカは、明らかに共振周波数 **fs** 以下で一定の変位をもち、**fs** 以上では **12dB** のロールオフがあります。

さらに **Fundamental + Harmonic** ウィンドウを開いてください。高調波歪み成分がプロットされています。ドライバが大きな変位をもつ低い周波数では、**100Hz** 以上の周波数に比べ高調波歪みがかなり大きくなっています。ログサイン波スイープを励起信号として使用しているため、この非線形特性が非常に高速に測定できます。



測定に使用したレーザのカットオフ周波数が **1kHz** であるため、**500Hz** 以上ではレーザの分解能が次第に悪くなります。

新規の TRF を実行する(パート 2)

このパートでは、基本的な 2 つの測定を実行するための手順を示しています。典型的な例を使用することで、SPL と電気的インピーダンスを測定できます。以下のステップを注意深く従い、その後自由に設定を変更してみてください。

SPL 測定

下記の機器が必要となります：

- ┆ ディストーションアナライザ 1 (パワーモニタ 8 は TRF 測定をサポートしていません)
- ┆ ハードウェアの IN1 入力に接続するマイクロフォン
- ┆ レーザスタンドにマウントするドライバ(スピーカ)
- ┆ パワーアンプ

ハードウェア設定

1. ディストーションアナライザ 1(DA-1)をアンプに接続してください(アンプ用ケーブルを使用し、DA1 の OUT1 出力とアンプ入力、アンプ出力と DA1 の Amplifier 入力をそれぞれ接続します)。詳細な接続方法については、本マニュアルのハードウェアの章に記載してあります。なお、アンプの入力コネクタは標準化されたものがないので、Klippel 社からこれらのケーブルは供給していません。
2. DA1 とドライバを接続してください。(スピーカケーブルを使用し、Speaker 1 出力とドライバの端子部分を接続してください)
3. マイクロフォンからの出力信号を IN1 に接続してください。

注意: ディストーションアナライザ 1 のハードウェアは、ICP またはファントム電源マイクロフォンをサポートしていません。このようなマイクロフォンを使用する場合は、外付けの電源を別途用意して下さい(Klippel 社でも用意しています)。入力レベルは、±10V ピークまでです。

4. USB ケーブルを使用して DA1 と PC を接続してください。
5. DA1 に電源を接続してください。
6. ハードウェアのスイッチを ON にする。

operation の作成

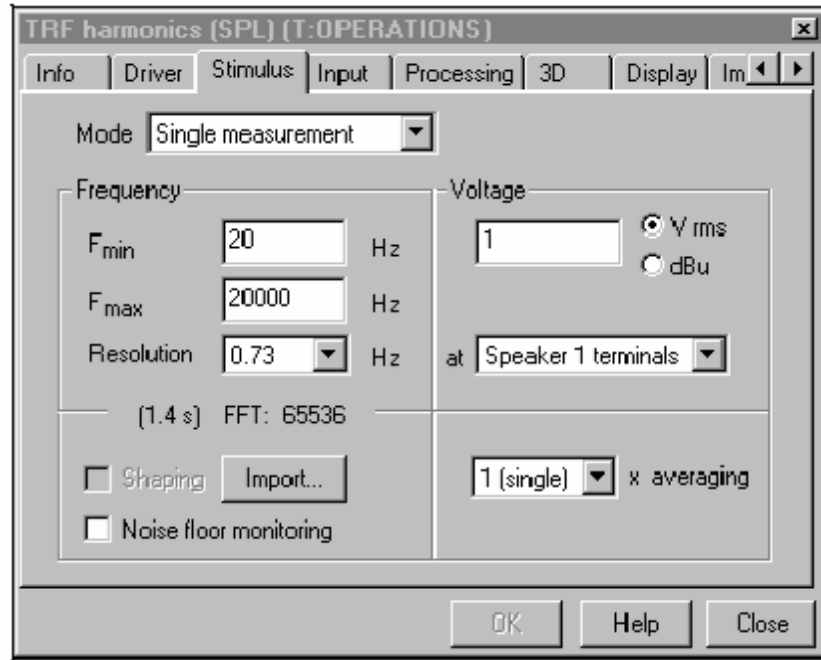
新しいデータベースを使用することをお勧めします。サンプル測定例が格納されている example database は変更しないでください。新しいデータベースを作成します。

新しい Object を挿入し、新規の TRF operation(Template では Default を選択して)を作成してください。詳細に関しては dB-Lab マニュアルの章に記載されています。

ここまでの操作により、第 1 の TRF 測定の設定がカスタマイズされました。Property の Info および Driver ページを開き、ドライバの幾何学パラメータ、公称パラメータ、および補足情報を入力します。これらの 2 ページは同一 object 内のすべての operation に共通に使用されます。

測定の設定

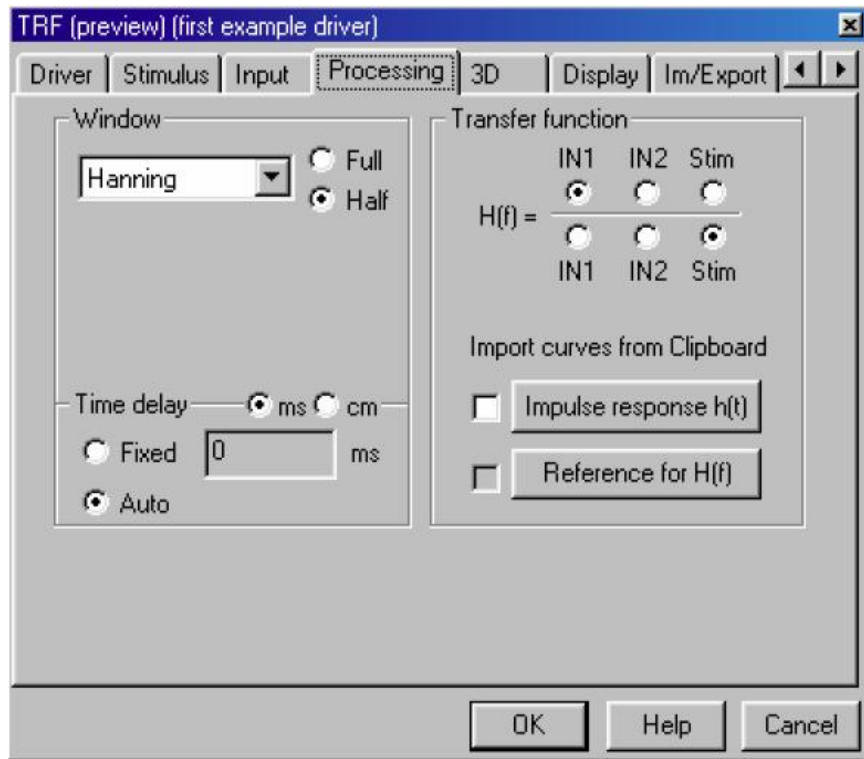
Property の Stimulus ページを開き、周波数範囲、分解能、励起レベル、アベレーシング回数、および測定モードを規定します。



入力パスは **Input** ページで設定します。チャンネル **Y1** に **(Mic) IN1** を設定してください。 **Y2** は **off** に設定します。マイクロフォンの感度が既知であれば、入力することが可能です。マイクロフォン感度の設定方法はこのチュートリアル の **パート 3** を参照してください。ただし、この第一の測定では正確な感度は必要ではありません。デフォルトの設定のまま測定を行うことができます(この場合、正確でない **SPL** 値が得られますが、操作方法の習得には問題にはなりません)。


注意: Property の Stimulus および Input ページは、測定の設定用ページです。すなわち、設定パラメータの変更を行うと、データが失われます。設定と結果データの矛盾が生じないようにこのような設計がされています。Processing、3D、Display および I-Dist ページには、後処理の設定パラメータが含まれています。これらの値を変更しても、データは失われません。新しい設定が行われ、OK を押すと測定結果が再計算されます。

Processing ページではデータの後処理の方法を決定します。データウィンドウ、伝達関数の分子と分母をここで規定します。デフォルトの設定をまず使用して下さい。詳細に関しては、このチュートリアル の **パート 3** にある結果の参照/比較を参照してください。




このパートでは **Property** の **3D** ページは使用しません。

測定の開始

Property の **Stimulus** ページで設定により、測定するドライバを破壊することがないように確認してください。全ての接続が確実に行われていることを確認し、スタートボタン  を押してください。

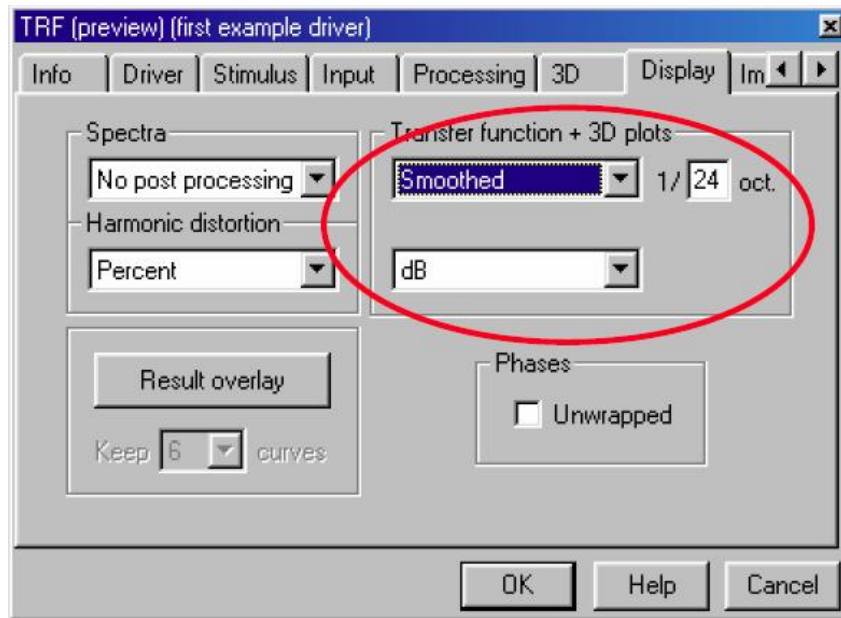
結果の参照

現在選択されている **TRF** の **operation** をダブルクリックし、デフォルトの結果ウィンドウを開いてください。結果ウィンドウの配置を変更(水平に並べる)するには、メニューから **Window** | **Horizontal Tile** の順に選択するか、結果ウィンドウリストの上にあるアイコン  をクリックしてください。

インパルスレスポンスウィンドウを選択した後、**2**つのマーカを使って直接波のみを選択します(マーカ位置の変更方法についてはこのチュートリアルパート **1** に記載してあります)。ウィンドウ内にメインインパルスがあることと、メインインパルスが極端に減衰していないことを確認します。

注意：通常、**2**つのマーカ位置はインパルスレスポンスの非常に狭い領域を囲むように設定します。このマーカによる選択範囲は、測定するラボのジオメトリやマイクロフォンとスピーカ間の距離に依存します。まず最初に、測定したいインパルスレスポンスの周りを大まかに選択します。**F9** キーを押すことでマーカ間が拡大されるので、詳細な位置を決定します。

Fundamental + Harmonics の結果ウィンドウを開きます。測定結果は **Property** の **Display** ページの設定によって大幅に変わります。下記のような値を設定してください。



ただし、様々なオプションを利用することができます。設定を変更することにより結果がどのように変化するかを試してみてください。その際、上記の円内の設定において、最低でも下記のオプションを試してみてください。

1 No post processing(後処理なし) / Averaged (1/3 oct)(アベレージ) / Smoothed(スムージング、バンド幅を様々に変更してみる)

1 dB / dB (level meter)

問題が発生した場合には、TRF リファレンスに詳細が記載されているので参照してください。

テンプレートを使用する

この測定は非常に一般的であるため、操作テンプレートを使用する代わりに全ての設定を手動で行います。新しい **TRF operation** を作成すると、所定の設定が既に行われるようになっていきます。これまでに説明した設定をロードしたい場合は、**TRF SPL + harmonics** の **operation** テンプレートを選択してください。マニュアルの **dB-Lab** の章では、考え方や **operation** テンプレートの使用方法について詳細に説明してあります。

インピーダンス測定

2 番目の例では、ドライバの電気的な入力インピーダンスの測定を行います。ここでは、設定を行う際に既に用意してあるテンプレートを使用します。

下記の機器が必要となります：

- 1 ディストーションアナライザ 1 (パワーモニタ 8 は TRF 測定をサポートしていません)
- 1 レーザスタンドにマウントしたドライバ
- 1 パワーアンプ

ハードウェア設定

マイクロフォンを除き、**SPL** 設定と同一のハードウェア設定を使用することが可能です。**DA1** にはインピーダンスを測定するための電流/電圧センサが備わっているので、外部センサを用意する必要はありません。

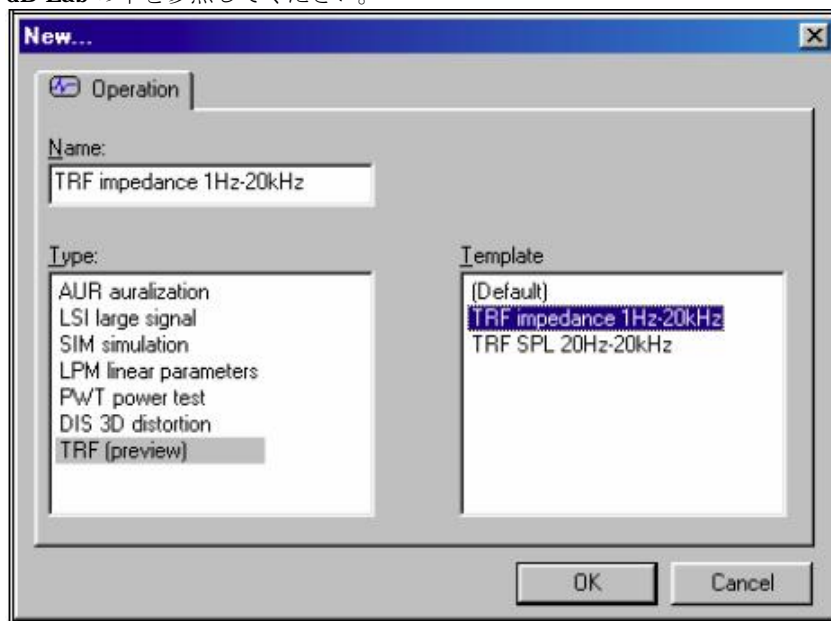
現在使用しているディストーションアナライザのバージョンが **1.2** 以降(本体背面に記載)であれば、感度が異なる **2** つのスピーカチャンネルが装備されています。歪み測定と同様に大信号の測定では、高電圧/大電流を測定する能力が必要となります。逆に、今回のようなリニア(小信号)測定では、十分な **S/N** 比を確保するためにさらに感度が良いセンサが必要となります。

そのために、DA1 バージョン 1.2 ではハイパワー、低感度のセンサがチャンネル 1 に、ローパワー、高感度のセンサがスピーカチャンネル 2 に装備されています。

注意：リニア測定(LPM や TRF)を行う際には、スピーカチャンネル 2 を使用してください。

operation の作成

これまでの手順で作成したデータベースを使用し、そこに新規の **TRF operation** を挿入します。挿入する際には、**Operation** テンプレート内の **TRF impedance** を使用します。挿入した新規の **operation** に新しい名前をつけてください。テンプレートの使用方法については、マニュアルの **dB-Lab** の章を参照してください。



operation テンプレートについてのコメントが **Property** の **Info** ページの **Comment** フィールドに記載されています。このコメントは **operation** を挿入した後に読むことができます。テンプレート名から詳細がわからない場合は、このフィールドを参照してください。

測定の設定

テンプレート内にある設定状態を確認してください。インピーダンスは、スピーカチャンネル 2 を使用して **1Hz~20kHz** まで測定されます。電気的な測定は、ウィンドウをかけることにより誤ったものになる可能性があります。したがって、ウィンドウ形状は **Rectangular** に設定し、分析の際にはインパルスレスポンス全体が選択されるようにします。(Impulse Response の結果ウィンドウにてマーカ位置を確認します。マーカはインパルスレスポンスと一緒に表示されています。)

結果ウィンドウ

結果ウィンドウ **H(f) Magnitude** を開いてください。このウィンドウでは Ω 単位でのインピーダンス量が表示されています。結果ウィンドウ **H(f) Phase** には位相レスポンスが表示されます。**TRF** ソフトウェアでは小信号(リニア)パラメータを表示しないことに注意してください。**Thiele-Small** パラメータを測定するには、**LPM** ソフトウェアを使用してください。

Property の Display ページ

インピーダンスの大きさはリニアスケールで表されるため、**Transfer function** グループフィールドでは **Absolute**(絶対値)が選択されています。インピーダンス測定ではスムージングを適用することをお勧めします。(例えば、**1/24** オクターブのバンド幅など)高い周波数になるとスペクトラムのライン密度が非常に高くなる(スペクトラムの幅は一定の間隔で並んでいるため、相対的なバンド幅あたりのライン数が増加するため、表示分解能も高くなり過ぎます。ただし、隣り合うスペクトラムラインをアベレージングし、高周波数でのノイズを減衰させることで、この特性を利用することができます。

TRF のカスタマイズ(パート 3)

本チュートリアルはこのパートでは、TRF 測定のより強力な機能を使用したり、測定パフォーマンスを改善するための様々な先進的な側面について記載してあります。dB-Lab の基本機能や TRF の操作に習熟した方が対象となっています。

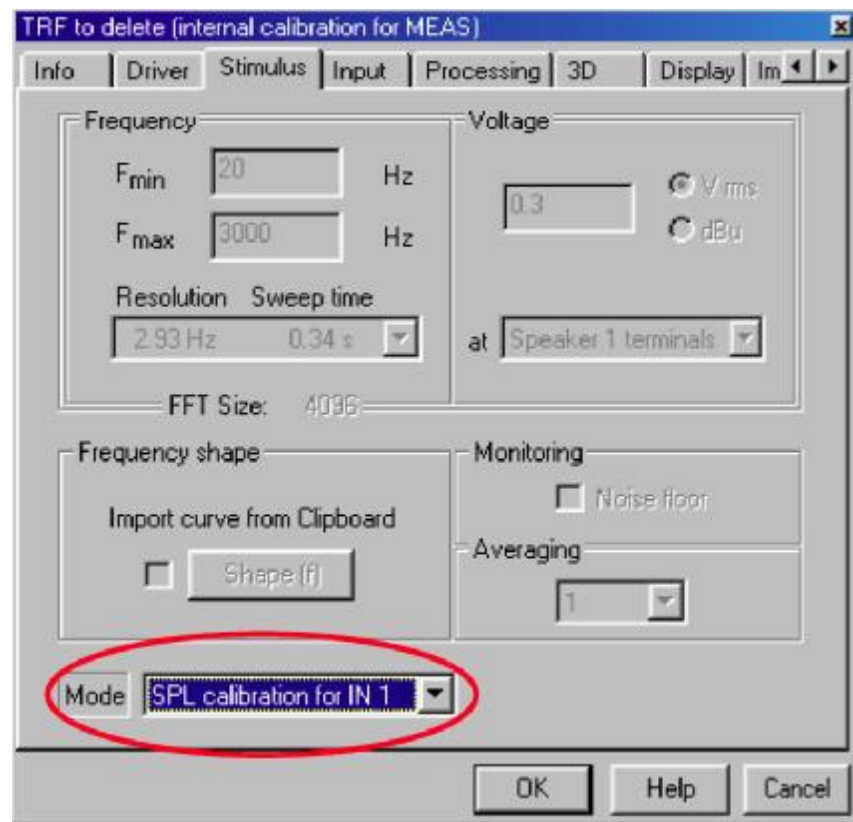
SPL の校正

このセクションでは、音響測定用に TRF をどのように校正すればよいかを示してあります。SPL 測定用にシステムを校正する方法は 2 つあります。

注意：SPL 校正はハードウェアの入出力チャンネルを校正するものではありません。ここで説明する校正とは、正確な SPL 値を表示させる(また、測定したスペクトラムを後処理で dB へ変換する)ためのソフトウェア設定を指します。


ピストンフォンの使用

ピストンフォン(キャリブレータ)が利用可能であれば、マイクロフォン感度を自動的な手順で決定することが可能です。この手順を実行するには、Property の Stimulus ページを開き、IN1 モードで SPL calibration を選択します。また、入力チャンネル 2 の校正を行うためのオプションも用意されています。




下記のステップを行ってください：

1. マイクロフォンのプリアンプ出力のコネクタを IN 1 に接続してください。
2. マイクロフォンにピストンフォンを接続してください。

3.  をクリックして **SPL** 校正を開始します。
4. ピストンフォンで発生している **SPL** 値を入力してください。
5. 測定感度を設定するために **Calibrate** を選択してください。**Validate current calibration**(現在の校正値の確認)を選択することで、現在の設定を確認することができます。
6. ピストンフォンを動作状態にして **OK** を押します。
7. **SPL** 校正が正常に完了すると、メッセージが表示されます。この校正ルーチンによって、**property** の **Input** ページの **IN 1** 用の校正パラメータを設定されます。

SPL 校正が失敗した場合には、**Y1(t)** および **Y1 (f) Spectrum** を確認し、ハードウェアの接続が正常であることをチェックした後、ステップ **3** に戻ってください。

8. 測定を始める前にこの校正手順を練習することをお勧めします。それには、 をクリックし **SPL** 校正を再度行ってください。**Validating current calibration** を選択します。ピストンフォンがまだ動作していることを確認し、**OK** をクリックします。

SPL が **IN 1** にて測定されたことを示すメッセージボックスが表示されるはずですが、ここで、ピストンフォンが発生している **SPL** 値が表示されているかを確認してください。もし異なる値であれば、**Y1(t)** and **Y1 (f) Spectrum** を確認し、ハードウェアの接続が正常であることをチェックした後、ステップ **3** に戻ってください。

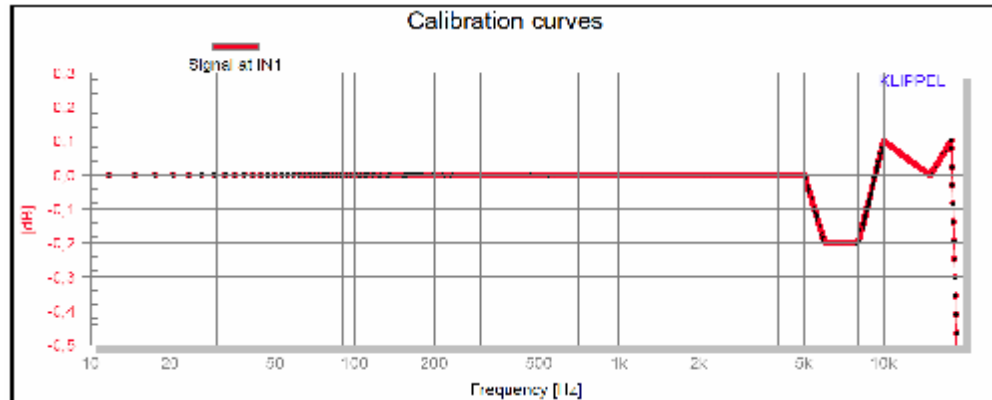
マイクロフォン感度の規定を行うには

ピストンフォンまたはキャリブレータがない場合は、製造メーカーが公表しているマイクロフォン感度を入力するだけです。**Property** の **Input** ページを開き、**Calibration** グループのフィールドで **(Mic) IN 1** あるいは **IN 2(Mic)** を選び、感度を入力します(例えば、**13.4mV/Pa** の感度では、**0.0134 V = 94 dB** のようになります)。1 P は **94dB** となることに注意してください。

マイクロフォン補正カーブを適用するには

マイクロフォンの補正カーブをロードするには以下のステップを行ってください：

1. **property** の **Input** ページを開いてください。マイクロフォンを **IN 1** 入力に接続している場合には、**(Mic) IN1** を選択します。(また、マイクロフォンを **IN 2** 入力に接続している場合には、**(Mic) IN2** を選択します。)
2. 対応する **Calibration** グループフィールド内の **Import...** ボタンをクリックしてください。これにより、マイクロフォンの補正カーブを入力するためのダイアログが表示されます。**Load...** をクリックし、補正カーブデータを含んだファイルをロードします。(入力の際に必要なとされるフォーマットの詳細については、**TRF** リファレンスのカーブのインポートとエクスポートの章を参照してください)
3. **Calibration Curves** 結果ウィンドウを参照して、補正カーブの入力が正常に行われたことを確認してください。このウィンドウでは、測定の際に実際に使用される補正カーブが表示されています。



注意: 校正カーブが表示されるのは、Property の Stimulus ページで規定された周波数範囲のみです。測定された各スペクトラムライン用の補正值は、直線補間で計算されます。Calibration Curves 結果ウィンドウの背景メニューにある Mark Data Points を選択すると、各データポイントを参照できます。

ドライバ感度の測定

この章では、dB SPL / 1 W / 1 m における感度を測定する方法について記載してあります。この感度は、(軸上の)1m 距離で測定した SPL 値と公称入力パワーの比で定義されています。このアナライザは真の 2 チャンネルシステムであるため、スピーカ端子での電圧と 1m 距離における SPL 値を同時に測定することが可能です。

マイクロフォンを IN 2 入力に接続してください。SPL の校正の章に記載されている内容にしたがってマイクロフォンを校正してください。

Property の Input ページを開いてください。現在使用しているスピーカ出力に応じて、IN 2 (Mic)か、Us (Voltage Speaker 1)、あるいは Us(Voltage Speaker 2)を選択してください。

注意: デイストーションアナライザバージョン 1.2 以降(本体背面のラベル参照)では、Speaker Channel 2 のセンサ感度が上がっており(LPM および TRF のようなリニア測定に有効)、一方で Speaker Channel 1 はハイパワーの信号を処理できる(LSI、PWT はたは DIS 用)になっています。

入力パワーPは、電圧Uと公称インピーダンスZ_nによって表されます。

$$P = U^2 / Z_n$$

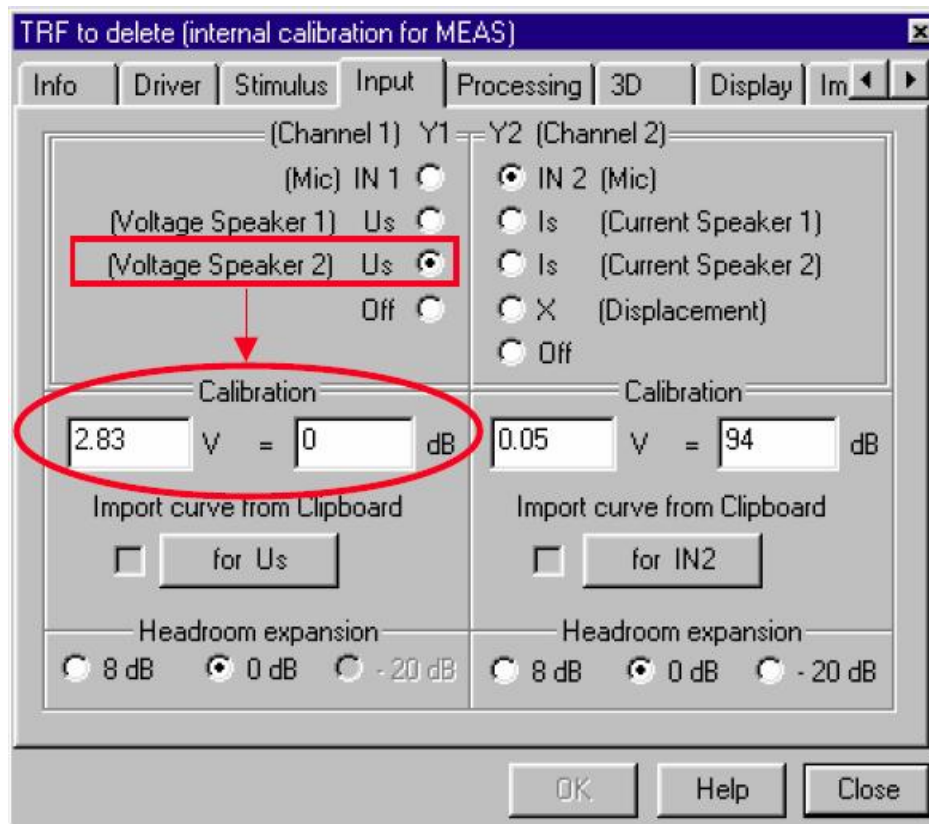
したがって、公称インピーダンスでの 1W 発生時に得られる入力電圧Uは以下のように表されます:

$$U = \text{Sqrt}(Z_n) / 1W$$

下記の表には T 一般的な公称インピーダンスで必要とされる電圧値を示してあります。

公称インピーダンス Z _n (Ω)	入力電圧
8	2.83
6	2.45
4	2
2	1.41
1	1

測定するドライバの公称インピーダンスに対応した入力電圧を、チャンネル **1** の校正ファクタとして使用してください。例えば **8Ω** ドライバの場合は **2.83 V = 0 dB** と入力します(下図参照)。



マイクロフォンを軸上の **1m** 距離に設置してください。周りの壁、天井および床からの反射の可能性に注意してください。

Property の **Processing** ページを開き、**Transfer function** グループフィールドから **H(f) = IN2 / Us** を選択します。

Property の **Display** ページを開き、**Transfer function** グループフィールド内の **dB** または **dB (level meter)** を選択します。これで、**H(f) Magnitude** 結果ウィンドウには、**dB SPL / 1W / 1m** での感度が示されます。高周波数でのノイズを減衰させるためにスムージングを使用することをお勧めします。スムージングの設定には、**1/24 octave** の相対バンド幅を選択します。

後に結果を補正するのであれば、任意の距離にマイクロフォンを設置することが可能です。**d m** のマイクロフォン距離の場合は、伝達関数の大きさを **20 · log10(d)** dB 減らす必要があります。下記の表には一般的なマイクロフォン距離での補正ファクタが示してあります。

マイクロフォンから スピーカまでの距離 d(m)	補正ファクタ dB
0.2	14
0.5	6
2	-6
3	-9.5
5	-14

補正ファクタは **Property** ページの **Processing** ページで直接設定することができます。実行するには、**Processing** ページを開き、**Reference** グループ内の **Level** フィールドに、隣のチェックボックスをチェックしてから補正值を入力してください。(例えば、マイクロフォン距離が **2m** の場合は、**-6 dB** を入力します)

伝達関数データのエクスポート

伝達関数のデータデータを、シミュレーションソフトウェアのような後処理ツールにエクスポートすることは、継ぎ目のない設計サイクルには不可欠なものです。

伝達関数データは **3** 列のフォーマットでエクスポートされます(リファレンス内のカーブのインポート/エクスポートの章を参照してください) 最初の列には **Hz** 単位の周波数が記載されています。2 番目と 3 番目の列には、振幅(**dB** または絶対値)および度単位での位相が記載されています。

注意：振幅の列の単位は、**Property** の **Display** ページ内の **Transfer function** グループフィールドの設定により変更されます。**Absolute** が選択されていれば、振幅は絶対値でエクスポートされます。**dB** および **dB (level meter)** を選べば、振幅は **dB** でエクスポートされます。位相の列に関しては、常に度単位です。

伝達関数のエクスポートについては様々なオプションがあります。以下のようなエクスポート方法があります。


- l 実際の伝達関数 **H(f)** の大きさ(**H(f) Magnitude** 結果ウィンドウ) または、
- l 分子にあたる信号の基本波の大きさ(**Fundamental + Harmonics** 結果ウィンドウ)

振幅は以下のものと組み合わせることが可能です。

- l 全位相(**H(f) Phase** 結果ウィンドウ)
- l 最小位相(**H(f) Minimal Phase** 結果ウィンドウ)
- l 過渡位相(**H(f) Excess Phase** 結果ウィンドウ)

伝達関数における周波数ポイント数に関しては、ログ単位で減衰させることができます。シミュレーションソフトウェアの中には、数 **100** ポイント程度のポイント数しか必要としないものもあります。ユーザは所望のオクターブ当りの周波数ポイントを規定することが可能です。**Log-reduce** チェックボックスをチェックすると、規定したポイント数(対数でピックアップ)がエクスポートされます。

伝達関数データをクリップボードにエクスポートするには、**Property** の **Im/Export** ページを開き、**Export to Clipboard** ボタンを一回クリックします。伝達関数のデータが利用可能になっていなければ、このボタンは使用不能になります。伝達関数が計算されるとすぐにこのボタンは利用可能になります。

クリップボードエディタを開いてください(ステータスバーの右側にある  アイコンをダブルクリックします)。**Save...** をクリックして、プレーンテキストファイルに保存します。小数点は、**Matlab** 互換データ用に **."**(ポイント)を使用しています。詳細に関しては、**Technical Note 002** クリップボードデータフォーマットを参照してください(**Web** サイトより入手可能です)。

結果を重ね書きする

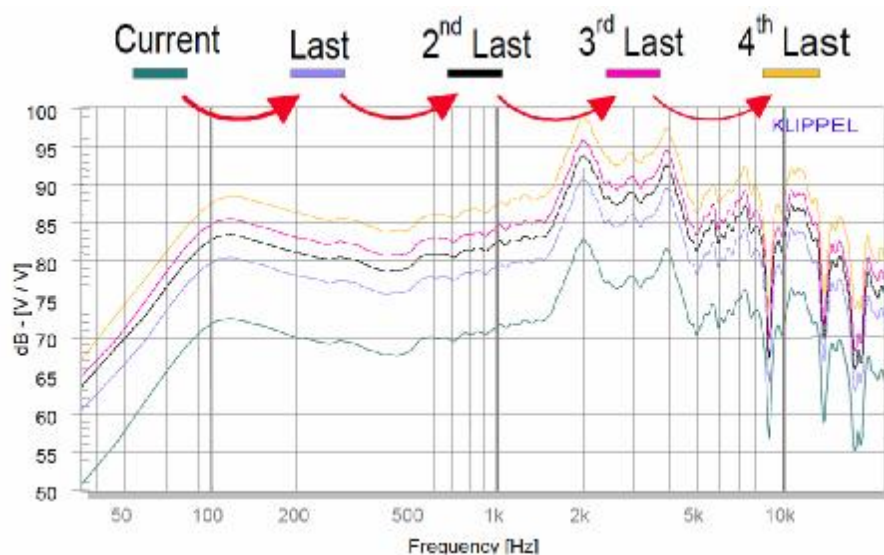
結果表示において、以下のウィンドウで重ね書きができるようになっています。

この機能を使用すると、新規の測定を行っても以前の測定結果が保持されます。現在の結果と以前の結果を比較する際に有効です。

- l Step Response (ステップレスポンス)
- l H(f) Magnitude (振幅)
- l Fundamental + Harmonics (基本波+高調波)
- l H(f) Phase (位相)
- l H(f) Nyquist (ナイキスト)
- l H(f) Minimal Phase (最小位相)
- l H(f) Excess Phase (過渡位相)
- l H(f) Excess Delay (過渡遅延)
- l H(f) Total Delay (全遅延)

結果の重ね書きを有効にするには、**Display** ページを開き、**Result Overlay** をチェックします。選択された **1~20** の値で測定カーブが保持されます。

注意：重ね書き機能は、開かれている結果ウィンドウのみにしか適用されません。カーブを表示するには、連続測定のために十分な計算時間が必要になります。**TRF** を連続ループモードで使用する際には、測定と測定のために十分な時間間隔を設定してください(動作モードを参照)。







カーブの重ね書きは下記の順序で表示されます：

- l 右上のカーブは常に現在の結果になります。
- l 重ね書きされたカーブは時間順にソートされ、左上から右下へ並べられます。
- l 重ね書きされたカーブの色のラベルは維持されます。位置のみが変更されます。
- l **Paste** コマンドを使用することにより、手動で挿入されたカーブは常に上記の順序でソートされます。

動作モード

4つの異なるモードが **Input** ページで選択することが可能です：

単一測定	デフォルト設定。単一の測定が行われ、結果がデータベースにストアされます。
連続ループ	この設定を用いると、個々の測定を開始させなくても連続して測定を行います。測定ループは  アイコンをクリックすることにより開始します。また、  をクリックすることにより終了します。この操作を行うことにより、測定終了後ループは一時停止します。  アイコンをクリックすると、最後の測定結果をデータベース内に結果をストアします。測定中に  アイコンをクリックすると、測定データは破棄されます。 オプション： Time between measurements パラメータは個々の測定間の時間を規定します。開かれている結果ウィンドウの計算とアップデートを行うのに十分な時間を設定してください。そうしないと、空白の結果ウィンドウが表示されてしまいます。
IN1 の SPL 校正	音響測定用に第 1 の入力チャンネルを校正するためのモード。 SPL の校正 ピストンフォンの使用を参照してください。
IN2 の SPL 校正	音響測定用に第 2 の入力チャンネルを校正するためのモード。 SPL の校正 ピストンフォンの使用を参照してください。

結果の比較と参照

TRF モジュールでリファレンスカーブを使用することは非常に簡単です。例えば、結果を比較したり測定結果間の偏差を参照したりするような場合です。

30 度軸外のレスポンスと軸上のレスポンスの偏差を求めたい場合は、以下のような操作を行います。

- 測定内容に応じて新規の **TRF** オペレーションを作成してください。テンプレートを使用することで、設定に要する時間は大幅に短くなります。
- 軸上のレスポンスを測定します。
- 同じ設定の **TRF** オペレーションを作成してください。テンプレートを使用するか、クリップボードを介して設定のエクスポートとインポートを使用してください。(**Property** の **Im/Export** ページ)
- 最初に測定した **TRF** の伝達関数をクリップボードにエクスポートしてください。**Im/Export** ページの **Export to clipboard** ボタンを押してください。その代わりに、**H(f) Magnitude** 結果ウィンドウから振幅カーブをクリップボードにコピーすることもできます(カーブラベル上をクリックすることで印をつけ、グラフの背景メニューで **Copy Curve** を選択します)。この操作を行った場合は、位相情報はエクスポートされないことに注意してください。
- 2 番目に測定した **TRF** の **Property** の **Processing** を開き、**Reference** グループフィールド内の **Import** をクリックしてください。
(ア) この操作により、リファレンスカーブのインポートを行うためのダイアログが表示されます。チェックボックスがチェックされていない限り、このリファレンスカーブを使用することはできません。
- Reference for H(f)** 結果ウィンドウを開き、正確なリファレンスカーブがインポートされていることを確認してください。
- マイクロフォンを 30 度位置に移動してください。軸外のレスポンスを測定します。
- Property** の **Display** ページを開き、**dB** または **dB (level meter)** を選択します。**H(f) Magnitude** 結果ウィンドウには軸上のレスポンスと 30 度軸外に置いた場合のレスポンスの偏差を **dB** 単位で表されています。

高次の高調波を参照するには

TRF モジュールでは、高調波歪み成分を最大 24 次まで測定することができます。明かな理由により、2 次と 3 次高調波がデフォルトで表示されるようになっています。

さらに高次の高調波を観測したい場合には、右クリックを行い、ポップアップメニューから **Customization Dialog**… | **Subsets** の順に選択します。グラフ上に表示したい高調波を選択し、**OK** をクリックします。

マーカ位置を素早く設定するには

通常、マーカはインパルスレスポンスの非常に狭い範囲を選択するように設置します。この範囲は、測定室のジオメトリとマイクロフォンとスピーカ間の距離に依存します。まず最初に、目的のインパルスレスポンスの周囲に大まかにマーカを設置します。そして、**F9** キーを押してマーカ間を拡大し、その後マーカを細かく設定します。

瞬時歪みを測定するには

瞬時歪みは **TRF Pro** モジュールで測定することが可能です。測定手順に関する詳細については、アプリケーションノート **AN22** -ゴールデンユニット以外の **Rub & Buzz** 検出-と、**AN23** -ゴールデンユニットの **Rub & Buzz** 検出-を参照してください。