

CLIO

ELECTRICAL & ACOUSTICAL TESTS



日本語ユーザーズマニュアル
Ver6.25 PCI
日本語 Ver 1.02

目次

1 導入	- 6 -
1.1 このマニュアルについて.....	- 6 -
1.1.1 このマニュアルの範囲.....	- 6 -
1.2 保証、その他.....	- 6 -
2 CLIO システム	- 8 -
2.1 PB-4281PC ボードとSC-01 シグナルコンディショナー.....	- 8 -
2.1.1 ハード仕様.....	- 9 -
2.2 MIC マイク.....	- 10 -
2.2.1 MIC-02 マイク.....	- 10 -
2.2.2 規格.....	- 10 -
2.3 PRE-01 マイク・プリアンプ.....	- 11 -
2.3.1 規格.....	- 11 -
2.3.2 プリアンプの使い方.....	- 11 -
2.4 CLIOQC アンプとスイッチボックス.....	- 12 -
2.4.1 規格.....	- 12 -
3 CLIO のインストール	- 13 -
3.1 最小 PC の構成.....	- 13 -
3.2 ハードウェア インストール.....	- 13 -
3.2.1 PCI カードのインストール.....	- 13 -
3.2.2 SC-01 シグナルコンディショナーの接続.....	- 14 -
3.3 ハードウェア・レジストレーション.....	- 16 -
3.4 ソフトウェア インストール.....	- 18 -
3.5 CLIO ボックス.....	- 18 -
3.6 CLIOWIN の初めての操作.....	- 20 -
3.6.1 初期テスト.....	- 20 -
3.7 システム キャリブレーション(校正作業).....	- 21 -
3.7.1 校正の確認.....	- 22 -
3.8 CLIO シリアルナンバーとデモモード.....	- 23 -
4 インストール時のトラブルシューティング	- 23 -
5 CLIOWIN の基本	- 24 -
5.1 導入.....	- 24 -
5.2 ヘルプの呼び出し.....	- 24 -
5.3 CLIOWIN デスクトップ.....	- 25 -
5.4 メイン ツールバー.....	- 25 -
5.4.1 測定コントロール.....	- 25 -
5.4.2 入出力ループバック.....	- 26 -
5.4.3 発信器コントロール.....	- 26 -
5.4.4 入力コントロール.....	- 28 -
5.4.5 マイクコントロール.....	- 28 -
5.4.6 オートスケール.....	- 29 -
5.5 外部装置コントロール.....	- 30 -
5.5.1 CLIOQC アンプとスイッチボックスのコントロール.....	- 30 -
5.5.2 ターンテーブルのコントロール.....	- 31 -
5.6 メインメニューとショートカット.....	- 32 -
5.6.1 ファイル(File)メニュー.....	- 32 -
5.6.2 解析(Analysis)メニュー.....	- 33 -
5.6.3 コントロール(Controls)メニュー.....	- 36 -
5.6.4 ウィンドウ(Window)メニュー.....	- 37 -

5.6.5 ヘルプ(Help)メニュー.....	- 37 -
5.7 基本的な接続.....	- 37 -
5.7.1 CLIO ボックスの接続.....	- 38 -
5.7.2 マイクの接続.....	- 39 -
5.7.3 CLIOQC アンプとスイッチボックスの接続.....	- 40 -
6 ファイルメニュー.....	- 41 -
6.1 はじめに.....	- 41 -
6.2 ファイル拡張子の登録.....	- 41 -
6.3 ファイルメニューとツールバーボタン.....	- 42 -
6.3.1 ファイルの読み込みと保存.....	- 42 -
6.3.2 印刷.....	- 44 -
6.3.3 データの出力.....	- 44 -
6.3.4 グラフの出力.....	- 45 -
6.3.5 校正.....	- 46 -
6.3.6 セットアップ(SETUP).....	- 46 -
6.3.7 起動時のオプションとセットアップ.....	- 48 -
6.3.8 測定時設定の保存.....	- 48 -
7 測定の共通インターフェース.....	- 49 -
7.1 導入.....	- 49 -
7.2 画面の表示を理解する.....	- 49 -
7.3 ボタンとチェックボックス.....	- 50 -
7.4 ズームの方法.....	- 50 -
7.5 ショートカットとマウスの操作.....	- 50 -
7.6 MLS 時間領域表示.....	- 51 -
8 マルチメータ.....	- 52 -
8.1 導入.....	- 52 -
8.2 マルチメータコントロールパネル.....	- 52 -
8.2.1 ツールバーボタン.....	- 52 -
8.2.2 ツールバーのドロップダウンメニュー.....	- 53 -
8.3 マルチメータの使い方.....	- 53 -
8.3.1 発信器のコントロール.....	- 53 -
8.3.2 最小化表示.....	- 54 -
8.3.3 全体基準レベル(Global reference level)の取込み.....	- 54 -
8.4 サウンドレベルメーター.....	- 55 -
8.5 LCR メーター.....	- 57 -
8.5.1 コイルの測定.....	- 57 -
8.6 マルチメータとFFT の連携.....	- 58 -
9 FFT とリアルタイム・アナライザー.....	- 59 -
9.1 導入.....	- 59 -
9.2 FFT コントロールパネル.....	- 59 -
9.2.1 ツールバーのボタン.....	- 60 -
9.2.2 ツールバーのドロップダウンリストと表示.....	- 60 -
9.3 FFT 設定ダイアログ.....	- 61 -
9.4 FFT とリアルタイム・アナライザーの操作.....	- 61 -
9.5 平均化(AVERAGING).....	- 63 -
9.6 時間軸表示 (OSCILLOSCOPE).....	- 65 -
9.7 FFT とマルチメータ.....	- 66 -
10 MLS.....	- 67 -
10.1 導入.....	- 67 -

10.2	MLS コントロールパネル	- 67 -
10.2.2	ツールバードロップダウンメニュー	- 68 -
10.2.3	MLS 設定ダイアログ	- 68 -
10.2.4	MLS 後処理ツール	- 69 -
10.3	インパルス応答コントロールパネル	- 70 -
10.3.1	ツールバーボタン	- 70 -
10.4	周波数特性の測定	- 71 -
10.4.1	測定レベルについて	- 71 -
10.4.2	MLS サイズ	- 71 -
10.4.3	音響周波数特性	- 73 -
10.4.4	位相と群遅延	- 77 -
10.5	その他の時間領域インフォメーション	- 81 -
10.6	プロセスツール	- 83 -
11	正弦波測定	- 87 -
11.1	導入	- 87 -
11.2	正弦波測定コントロールパネル	- 87 -
11.2.1	ツールバーボタン	- 87 -
11.2.2	ツールバードロップダウン	- 88 -
11.2.3	正弦波測定設定ダイアログ	- 88 -
11.2.4	正弦波測定後処理ツール	- 89 -
11.3	設定の効果における簡単な解説	- 90 -
11.3.1	ステップとノット・ステップ	- 90 -
11.3.2	周波数解像度(Frequency Resolution)	- 92 -
11.3.3	ゲーティング(Gating)	- 92 -
11.4	歪とセッティング(DISTORTION AND SETTINGS)	- 95 -
12	ウォーターフォール (WATERFALL)	- 98 -
12.1	導入	- 98 -
12.2	ウォーターフォール設定パネル	- 98 -
12.2.1	ツールバーボタン	- 98 -
12.3	ウォーターフォールの基本	- 99 -
12.3.1	CSD とETF モードセッティングと操作	- 99 -
12.3.2	ファイル表示モードの設定と操作	- 100 -
12.4	CSD の操作	- 101 -
12.5	スピーカーの角度データの測定と表示	- 104 -
12.5.1	MLS コントロールパネルの準備	- 104 -
12.5.2	ターンテーブルの準備	- 105 -
12.5.3	測定	- 105 -
12.5.4	ウォーターフォールを使った角度データの表示	- 106 -
13	インピーダンスとTS パラメータの測定	- 109 -
13.1	導入	- 109 -
13.2	一般	- 109 -
13.3	内部モード (INTERNAL MODE)	- 109 -
13.3.1	インピーダンスの測定	- 110 -
13.3.2	正しいレベルの設定	- 111 -
13.3.3	環境ノイズの処理	- 112 -
13.3.4	振動への対処	- 113 -
13.4	電流検出 (I SENSE)	- 114 -
13.5	定電圧測定法と定電流法	- 115 -
13.5.1	定電圧測定法	- 115 -
13.5.2	定電流測定法	- 118 -
13.6	インピーダンス 正弦波か MLS か	- 120 -

13.7 ティール&スモールパラメータ.....	- 121 -
13.7.1 導入.....	- 121 -
13.7.2 T&S パラメータ コントロールパネル.....	- 121 -
13.7.3 (パラメータの)シンボル一覧.....	- 122 -
13.7.4 T&S 算出手順.....	- 122 -
13.7.5 MSE(Minimum Square Error)を使う.....	- 125 -

1 導入

1.1 このマニュアルについて

このマニュアルは CLIO システムのハードウェアおよびソフトウェアについて説明しています。全バージョンのソフトウェアに対応しています。CLIOwin ソフトウェアはハードウェアでプロテクトされています。適切なPC ボードがインストールされていなかったり見つからない場合はデモモードで動きます。デモモードでは、測定はできませんが測定したCLIO用データを読み込み、各種の表示をさせることができます。CLIOwin デモ版ソフトウェアだけをインストールし、購入前の使い勝手を試したり他の人が測定したデータを表示することができます。ダウンロードページはこちらです。
<http://www.cliowin.com/download.htm>

1.1.1 このマニュアルの範囲

CLIO システムは完全な音響解析装置です。CLIO が測定システムとして備えている一般的な測定項目はさまざまな本で取り上げられています。周波数応答の定義だけ見ても一冊の本になるでしょう。このユーザーズマニュアルは CLIO システム、インターフェース、ハードウェアの特徴と制約を知るのにすぐに役立つような案内書として作られています。すべての測定の項目は実例に基づいたもので、実際に試された測定例を数多く挙げています。基本的な利用方法についてはこのマニュアルが参考になりますが、疑問点について詳しいことは参考文献に委ねています。しかし、参考文献 [1] のジョゼフ・ドゥ・アポリによる「Testing Loudspeakers」の内容は、このマニュアルに完璧に網羅されています。疑問と解決方法が互いに密接に関連していると考える方にはぜひ、このマニュアルをお手元に置かれることをお勧めします。

1.2 保証、その他

謝辞

CLIO システムをお買い上げ頂き御礼申し上げます。お客様の CLIO が生産的でご満足の頂けるものであるようお願いいたします。

サポート

Audiomatica 社では CLIO システムをお使いいただいているお客様一人ひとりのサポートをさせていただきます。技術的な問題、バグに関すること、将来のソフトウェア開発についてのご提案など直接承っております。

オーディオマティカ オンライン

CLIO ならびにその他のオーディオマティカの製品に関するご質問やお問合せはインターネットで受け付けております。

オーディオマティカ ウェブサイト www.audiomatica.com

CLIOwin ウェブサイト www.cliowin.com

E メール info@audiomatica.com

オーディオマティカの保証

当社では CLIO システムの機能に欠陥が認められた場合、小売店での製品お買い上げ日から 1 年間に限り保証しています。欠陥が生じた場合、直ちにお近くの取扱店までご連絡の上、修理をご依頼ください。または当社宛まで直接ご連絡くださるか販売代理店までご連絡ください。

警告と保証範囲

オーディオマティカでは、使用中の誤用により生じた損傷に関しては一切の責任を負いません。オーディオマティカでは、誤用、あるいは破損により生じた損傷に対して保証するものではありません。また、失われたデータやプログラムの回復に関しても義務を負いません。当社製品を生産過程でお使いになる場合、その、品質の維持管理に関してはお客様の責任となります。

CLIOSYSTEM、CLIOwin、AUDIOMATICA は Audiomatica SRL の登録商標です。

2 CLIO システム

オプションにもよりますが、CLIO システムには以下の製品が含まれます。

PB-4281PC ボードとSC-01 シグナルコンディショナー
MIC-01 または MIC-02 *1 マイク(または、Lite マイク)
*2 PRE-01 マイク・プリアンプ
*2 ClioQC アンプとスイッチボックス

*1 日本では MIC-02 は取り扱っておりません。

*2 日本では PRE-01 と ClioQC はオプションです。

続いて、それぞれの部品の技術仕様について説明致します。

注 :オーディオマティカは通告なく、技術仕様の修正を行う権利を有します。

2.1 PB-4281PC ボード とSC-01 シグナルコンディショナー



PB-4281PC ボードとSC-01 シグナルコンディショナーは IBM-PC、または IBM 互換 PC に接続できる 2 チャンネル A/D、D/A オーディオフロントエンドです。PB-4281PC ボードはコンピュータの PCI スロットに挿して使用し、解析した信号を 18 ビット精度でデジタル処理します。

SC-01 シグナルコンディショナーは RS-232 シリアルリンクを経由して制御されます。アナログ回路は広い範囲の出力調整と入力ゲインを持ち、外部に対して簡単に使いやすくできています。内蔵の非常に安定な電圧基準を備えた出入ループバック機能のおかげで機器全体の簡単、かつ正確な校正が可能になっています。

2 つの入力チャンネルは別々に使うこともできますし、同時に使うこともできます。ファントム電源はスイッチ切り替え可能で、オーディオマティカ MIC-01(MIC-02)マイクを SC-01 入力のどちらにでも直接つないで使用できます。

2.1.1 ハード仕様

発信器

2チャンネル 18bit	型 D/A コンバーター
周波数帯域	1Hz-22KHz
周波数精度	>0.01%
周波数解像度	0.01Hz
出力インピーダンス	150Ω
最大出力レベル (正弦波):	12 dBu (3.1V RMS)
減衰	0.1 dB 単位で絞切り切るまで
雑音歪率(正弦波)	0.01%

アナライザー

2チャンネル 18bit	型 A/D コンバーター
入力範囲	+40 ~ -40dBV
最大許容入力	+40dBV (283Vpp)
入力インピーダンス	64KΩ (5.6KΩ :マイク)
ファントム電源	8.2V

必要な PC システム リソース

使用可能な IRQ が 1 つ
RS-232 ポートが 1 つ

その他

サンプリング周波数	48 KHz ~ 8KHz
カードタイプ	12cm PCI スロットカード
オーディオ接続	RCA プラグ 4 個

2.2 MIC マイク

MIC マイクはエレクトレット測定マイクで CLIO システムの部品としての接続に特に適しています。独自のスタンドアダプターと校正チャート(オプション)を備え、エレガントなケースに納められています。細長いので、測定の際のエコーを防ぐのには理想的な形状です。オーディオ帯域全体における周波数特性が大変フラットなのでプロの測定においても何ら修正を必要としません。

2.2.1 MIC-02 マイク

MIC-02 マイクは 01 とまったく同じ機能を備えています。唯一異なる点はその長さが 12cm という点です(MIC-01 は 25cm)。MIC-02 はより扱いやすく、反響しやすい環境における測定に適しています。

注:日本では MIC01 のみ取り扱っています。



2.2.2 規格

MIC-01

タイプ	コンデンサーエレクトレット
精度	20Hz ~ 10kHz で± 1dB 10kHz ~ 20kHz で± 2dB (ダイレクトフィルター)
最大レベル	130dB SPL
外形	直径 8mm、長さ 25cm
アクセサリ	木箱、2.7 メートルのケーブル、スタンドアダプター

MIC-02 および Lite

長さが 12cm であること以外は 01 と同じです。Lite バージョンにはアクセサリは付きません。

注:現在のところ日本では CLIO Lite はお取り扱いしておりません。

2.3 PRE-01 マイク・プリアンプ



マイク・プリアンプ PRE-01 は当社のマイク MIC-01、MIC-02 にあわせて設計されたものです。特に、マイクをアナライザーから離れたところで操作するときや、補正特性を必要とする測定の際に有効です。PRE-01 は 8.2 ボルトのファントム電源で入力に接続されているマイクを作動させ、(A か、B、C) といった補正フィルターを選択できる機能もあります。また 20dB の増幅機能もあります。2 個の標準 9V バッテリーか、外部からの DC パワー供給により作動します。01 は 3381/A プリアンプの代用にもなります。

2.3.1 規格

周波数特性	7Hz ~ 110kHz(-3dB)
補正フィルター	A、B、C、(IEC651-TYPE1)
ファントム電源	8.2V(56000)
ゲイン	0 または 20 dB (内部設定)
入力インピーダンス	56000
出力インピーダンス	1000
最大出力電圧 (@1kHz)	25Vpp
高調波歪(@1kHz)	0.01%
入力ノイズ(20dB ゲイン)	7 μ V(フラット)、5.3 μ V(A コーブ)
ドライブ機能	\pm 7mA
バッテリー持続時間	24 時間以上(アルカリ電池)
サイズ	12.5x19x5cm
重量	900g

2.3.2 プリアンプの使い方

MIC-01 または MIC-02 マイクケーブルをプリアンプの入力に接続し、プリアンプの出力はアナライザーの入力に接続します。ユニットは電源スイッチでオンになり、テストプッシュボタンはユニットの状態をテストします。ボタンを押したとき、赤いライトが点けばユニットは正常に作動していますが、そうでなければ正常に動いていません。バッテリーが落ちたか、外部からの電力供給がない場合です。ウェイトのかかったフィルタータイプを選択するときや、アンプのゲインを変更するときは後で書かれているように内部設定を変更してください。

注 :たとえば 20dB のゲインの基板が入っていると、全体のゲインはマイクとプリアンプをあわせて 10 倍になります。たとえば、マイクが 17.1mV/Pa の感度で 20dB のプリアンプを接続した場合 171mV/Pa の感度が得られます。

2.4 CLIOQC アンプとスイッチボックス



CLIOQC アンプとスイッチボックスは自動的に(または手動で)製品の品質管理をする場合や、日常の試験に役立ちます。大きな特長は、出力端子に接続したスピーカ-の配線を変えずに、その周波数特性とインピーダ-ンスを測定できる内部スイッチを備えていることです。また、特性を測定する際に複数の入力の中の一つを選ぶこともできます。2つのモデル(モデル2と3)は入力の数(2か、8)が異なったタイプです。

2.4.1 規格

入力数	2(Model2)または8(Model3)LINE/MIC 入力
機能	選択可能なファンム電源(8.2V) インピーダ-ンス測定用の TTL 制御の内部スイッチ
出力電力	10W(電流検出付き)
歪率(1kHz)	0.004%
サイズ	23x9x23
重量	2.7kg
AC 電源	110-120/220-240V

3 CLIO のインストール

3.1 最小 PC の構成

CLIO PB4281 PC ボード (SC-01 シグナルコンディショナー)は IBM パソコン、あるいは IBM-PC 互換機のどの製品にも使えますが、次のような条件が必要です。

- Intel Pentium プロセッサ (推奨最低クロック周波数 166MHz)
- 1 個以上の空き PCI スロット
- 1 個以上の空き RS-232 シリアルポート
- 32MB RAM
- 800x600 256 カラー ビデオアダプター
- Microsoft Windows 95、98、ME、2000、XP
- Microsoft Internet Explorer 4.01 以上
- Adobe Acrobat Reader 4 以上

3.2 ハードウェア インストール

3.2.1 PCI カードのインストール

CLIO PB4281 カードをコンピュータにインストールします。次の手順に従ってください。

- 1) 電源ケーブルをパソコンからはずします。
- 2) コンピュータの蓋を開きます。
- 3) マザーボードを見て、空 PCI スロットを確認します。
CLIO ボードはビデオアダプターからできるだけ離すようにしてください。
- 4) CLIO ボードをスロットの中に差し込み、しっかりとネジを締めます。
- 5) 蓋を閉じます。
- 6) メインケーブルをつなぎます。ただし、SC-01 シグナルコンディショナーを接続した後に PC の電源スイッチを入れてください。これについては次の 3.2.2 で説明します。

3.2.2 SC-01 シグナルコンディショナーの接続

SC-01 シグナルコンディショナーをパソコンに接続するには、以下ケーブルが必要です。

1) RS-232 9 ピン D サブオス - 9 ピンメスケーブル(RADIOSHACK CAT.#26-117)

図 3.1 RS-232 のコネクタが 25 ピン D サブの場合には、25 ピンから 9 ピンのシリアルアダプター (RADIOSHACK CAT.#950-0271)が必要です。シリアルマウスは使用できません(このケーブルは CLIO Lite には付属しません)。



図 3.1

2)ステレオミニジャック - ステレオ RCA プラグケーブル(赤、黒)(Radio Shack Cat. #42-2481)2 本
このケーブルは CLIO Lite には付属しません。もしこれらのケーブルを作られる場合には、ミニジャックの先端側(内側)を RCA の黒プラグに接続してください。



図 3.2

3) D サブ 15 ピン - DC プラグ (CLIO システムに必ず付属しています)



図 3.3

SC-01 シグナルコンディショナーを接続する方法は以下の通りです。

- 1)カードの「LINE OUT」にオーディオケーブルのジャックを挿し、反対側の RCA プラグを SC-01 の「FROM PC」と書かれた背面パネルのプラグに挿します。赤をチャンネル B、黒をチャンネル A に挿しこんでください。
- 2)カードの「LINE IN」にオーディオケーブルのジャックを挿し、反対側の RCA プラグを SC-01 の「TO PC」と書かれた背面パネルに挿します。赤をチャンネル B、黒をチャンネル A に挿してください。
- 3)D サブ 15 ピンの DC 給電ケーブルをカードのコネクタに挿し、DC プラグを SC-01 の背面コネクタに挿し込みます。
- 4)SC-01 から RS232C ケーブルをお使いのコンピュータの空き RS232C ポートに接続します。

図 3.4 はオーディオカードと DC 電源を接続したところを示しています。

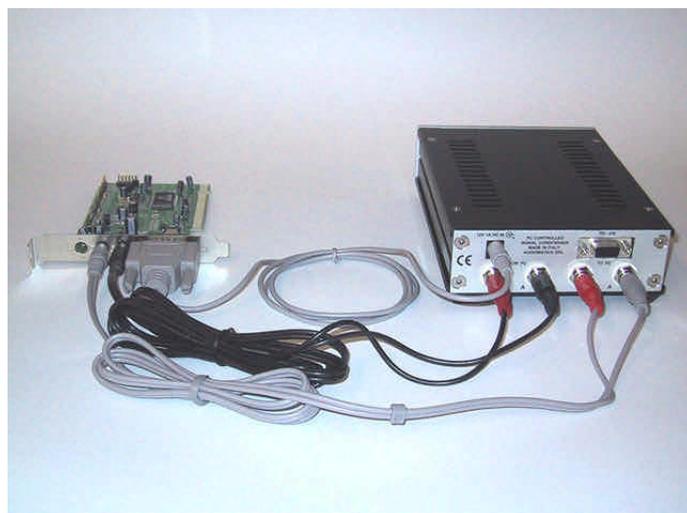


図 3.4

これで CLIO システムのハードウェア設置と接続が完了しました。

PB4281、SC-01 とあなたのパソコンは、常時この状態でお使いください。SC-01 フロントパネルコネクタを図 3.5 に示します。

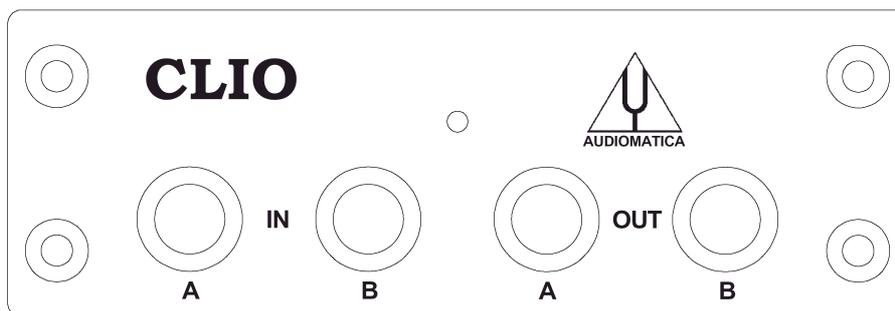


図 3.5

3.3 ハードウェア・レジストレーション

CLIO PCI カードをインストールした後、コンピュータのスイッチを入れると、自動的にレジストレーションが始まります。

以下の例は Windows98 SE の英語バージョンを使って実例や数字を挙げながら説明されています。他の OS や言語でもわずかな変更で適用できるでしょう

パソコンのスイッチを入れます。

Windows が始動するとすぐに、'Add New Hardware Wizard'が自動的に CLIO カードを見つけます。

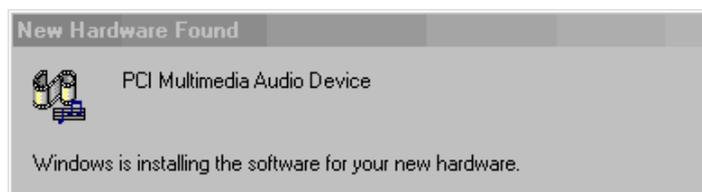


図 3.6

図 3.7 に示すようにダイアログボックスが表示されたら、NEXT ボタンをクリックし、「デバイスにもっとも適したドライバーを選んでください」のボタンをクリックします。

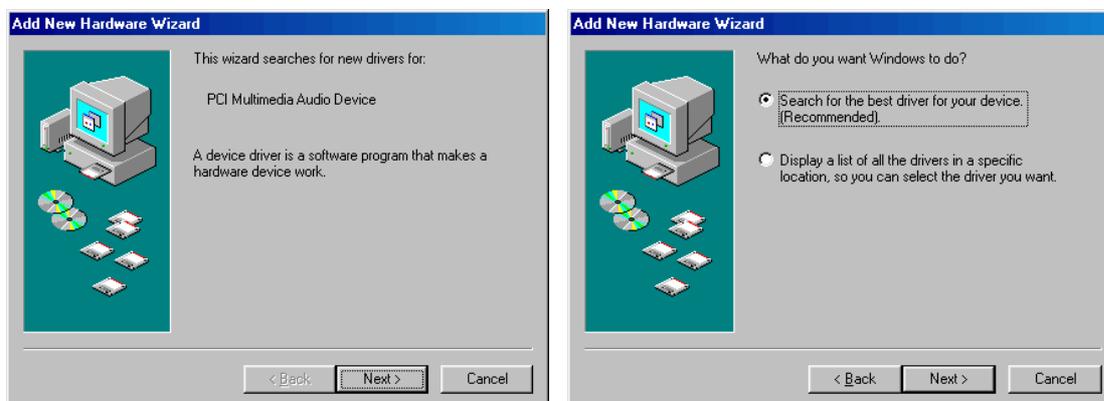


図 3.7

次の画面で'Specify a location'を選択したら、CLIOwin の CD-ROM を CD-ROM ドライブにいれ、'Browse...' ボタンをクリックしてください。CD-ROM のなかの INF ディレクトリにある CLIOPCI.INF

ファイルを選択してください。(図 3.8 参照)

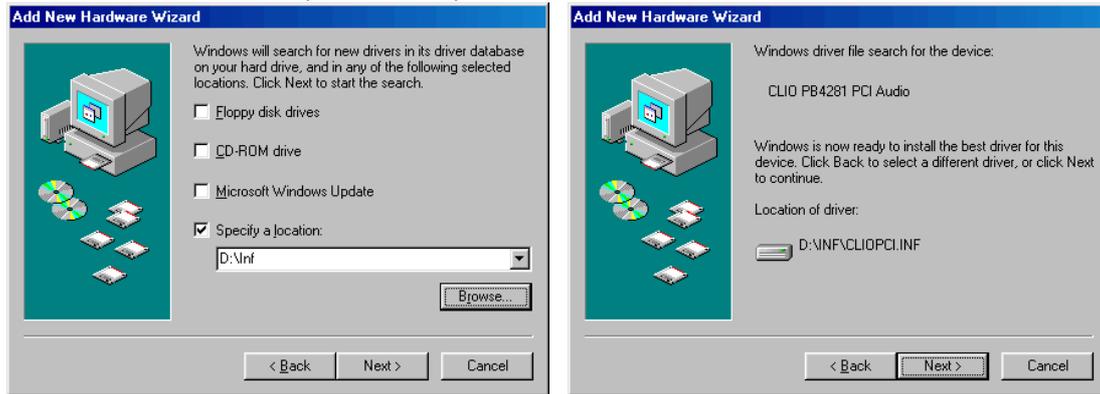


図 3.8

次のメッセージが表示されます(図 3.9)。



図 3.9

ハードウェアのインストールが完全に行われたかチェックしてみましょう。デスクトップの‘My Computer’ アイコンの右のマウスボタンをクリックしてください。それから、プロパティをクリックして、図 3.10 のデバイス・マネージャーを選択してください。

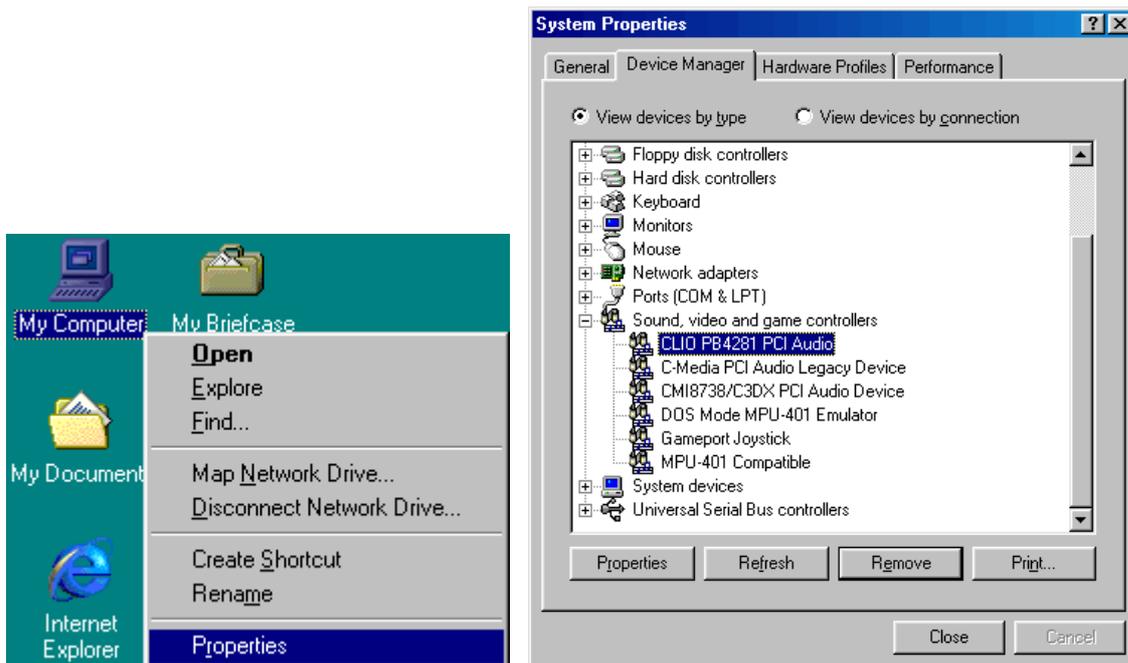


図 3.10

‘Sound、 video and game controllers’の中に‘CLIO PB4281 PCI Audio’があれば、操作が正しく行われたことになります。

Windows XP の場合、Windows のプラグアンドプレイ機能により下記のようなドライバーが自動的に組み込まれてしまうことがあります。Windows XP によって自動的に組み込まれたこのドライバーはバージョンが古く、CLIO では正常に動作しません。

”Crystal SoundFusion(tm) CS4281 WDM Audio”

スタート 設定 コントロールパネル システム ハードウェア デバイスマネージャの画面にある[サウンド、ビデオおよびゲームコントロール]の中を見て、このドライバーが組み込まれていた場合、このドライバーをマウスで右クリックし[ドライバーの更新]を実行して下さい。更新するファイルとして CLIOwin CD-ROM の inf2k ディレクトリにある CLIO2K.INF を指定して下さい。更新が正常に行われたら Windows XP を再起動して下さい。

3.4 ソフトウェアインストール

PB-4281 用のデバイスドライバーが正常に組み込まれたことを確認したら、次に CLIOwin ソフトウェアをインストールします。添付の CLIOwin CD-ROM に入っている SETUP.EXE を実行すると CLIOwin がインストールされます。

3.5 CLIO ボックス

SC-01 シグナルコンディショナーについて簡単に説明します。



図 3.26

このユニットは PB-4281 カードを通してアナログ信号を変換させるのに使用します。また、システムの校正に使用する内部基準を備えています。内部の EEPROM に CLIO システムのシリアルナンバーを記憶しているという点も重要です。図 3.27 に、上部のカバーを開けた状態の CLIO システムのシリアルナンバーと SC-01 ファームウェア番号の位置を示しています。

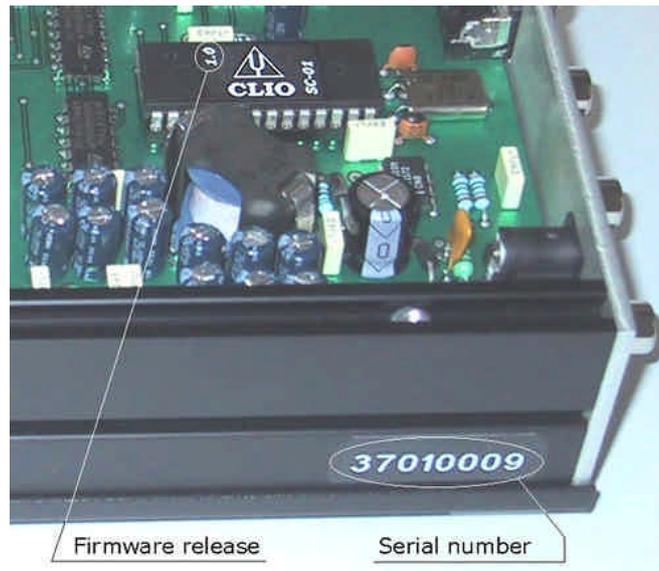


図 3.27

このシリアルナンバーは、システムの技術サポートやソフトウェアのアップグレードに関して当社にご連絡をいただく際に必要となるもので、大変重要です。お問い合わせの都度この番号をお知らせ下さい。

CLIO システムを使用する際には、通常 SC-01 の前面コネクタを使い、SC-01 とPB-4281 カードの接続は変更しません。この装置をクリオボックス(CLIO Box)と呼ぶことにします。ソフトウェアにおいてもハードはこの名前呼びます。

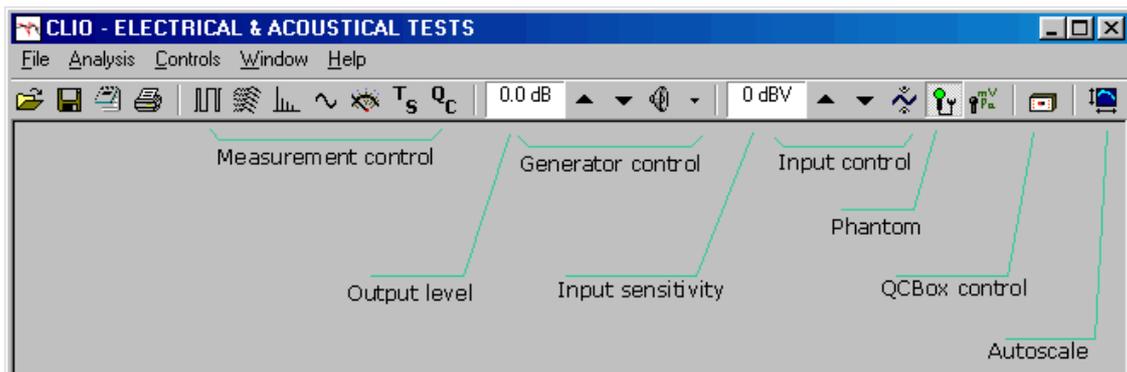
3.6 CLIOwin の初めての操作

ここまででインストールが完了し、CLIOwin の操作ができる状態になりました。この後説明するステップを経ると、完全なシステムの能力と操作の検証することができます。

Windows の画面で、Start Menu の中の Program、次に Cliowinpci を選び、CLIOwin アイコンをクリックしてください。



プログラムが始まり、デスクトップが表示されます。



CLIO デスクトップ画面

適切なシリアルポートを選択していなかった場合、またはシリアルケーブルが接続されていないと次のようなメッセージが表示されます。



正しいシリアルポートを選択するためには File>Setup>Hardware を見てください(6.3.6 参照)。表示にエラーと表示されたときには第 4 章のインストール時のトラブルシューティングを参照してください。

3.6.1 初期テスト

最初の試験測定をしてみましょう。1kHz の Sinusoid(正弦波)の再生と取り込みをしてみます。

まず、チャンネル A の入出力ループボタン(In-Out Loop  ボタン)をクリックします。こうすると CLIO Box は出力 A と入力 A を内部リレーでつなぎます。この接続は大変重要です。外部からの接続ケーブルがなくても CLIO が出した信号を取り込んで解析できるからです。

それからジェネレーターアイコン  をクリックし、1kHz の正弦波(正確には 1031.25Hz ですが、詳細は後で説明します。標準の信号です)を再生してください。それから F4 をクリックして、図 3.10 に示したマルチメータを出してください。

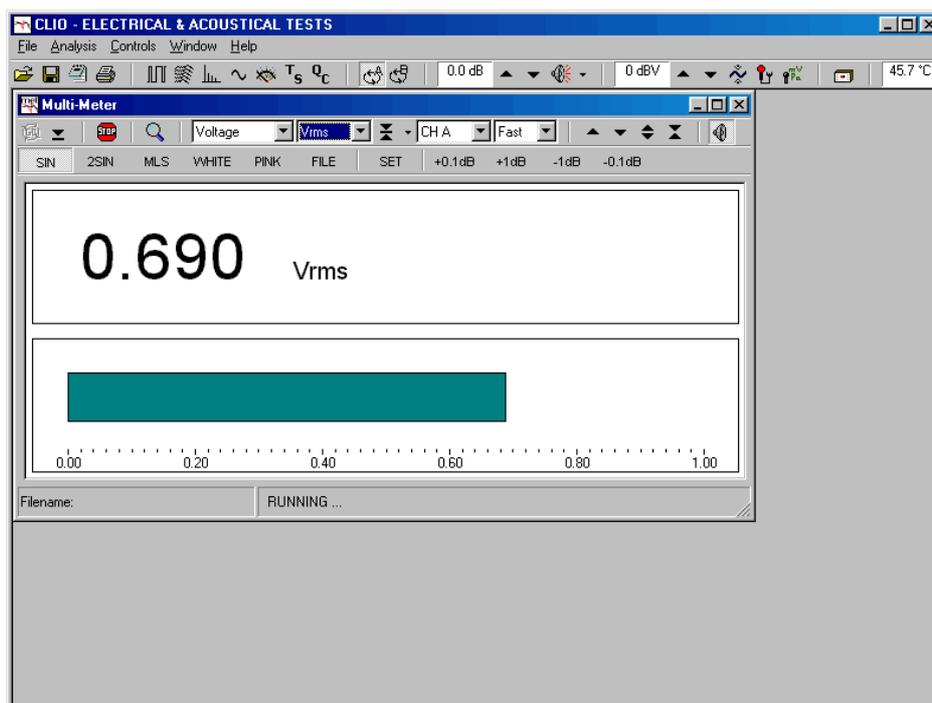


図 3.10

すべて順調なら、最小で0.6、最大で0.9V およそ0.7V の値が得られるでしょう。この値はシステムが校正されていない場合の正弦波信号の平均出力レベルです。

最初の試験を終了するにあたって、次の項で説明する校正作業を行ってください。

システムの校正を行った後、再度試験をしてください。0.77V(-2.2dBV)の値が得られます。これは校正後の正弦波測定信号の出力レベルです。

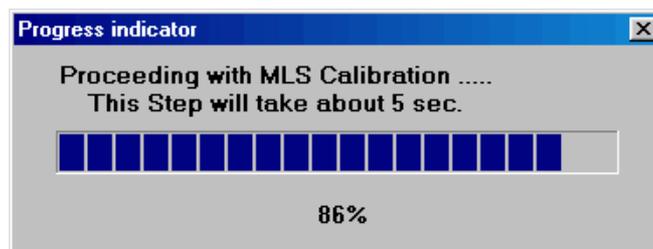
3.7 システム キャリブレーション(校正作業)

この項目ではどのようにシステムの校正が行われるかを解説します。

校正を行うときは必ずシステムを稼動してから15分～20分経過した後にしてください。

CLIOBox の外部と接続している入出力プラグははずしておいてください。

File メニュー(6.3.5)からCalibration を選択したら、最初に Yes と答えてください。自動的に処理が始まり数分間続きます。校正の過程は自動的に進み、複数の経過表示インジケータが測定状況を示します。最後に CLIO システムが校正され、測定できる状態になります。



校正のプロセスの最後に校正そのものの検証をすることが必要となります。次の項目で取り上げるように2つの簡単な測定で検証できます。

3.7.1 校正の確認

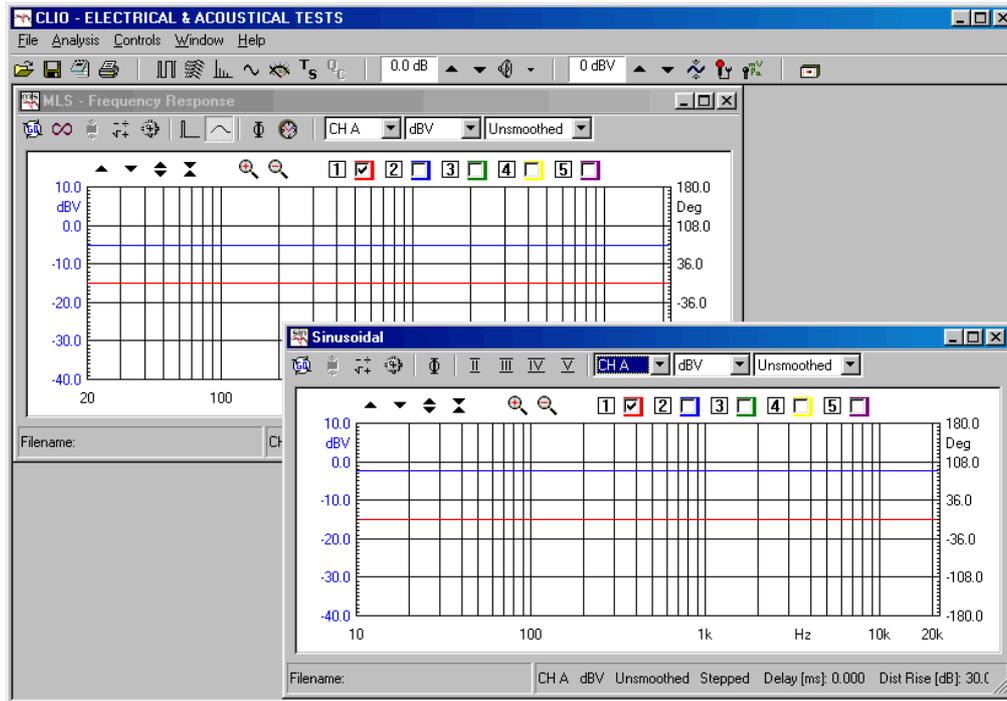


図 3.11

校正の検証をするために、まず発信器出力レベルが 0dBu になっていることを確認してください。(詳細は 5.4.3 参照)

チャンネル A の入出力ループボタンを押してください。

それから MLS ボタンをクリックして MLS コントロールパネルを起動してください。GO ボタンを押して、MLS 周波数応答を測定します。約 1 秒後に期待どおり 図 3.11 に示されるような青い直線が 1 本表示されます。グラフ上でクリックし、測定された信号の振幅をチェックします。-5.2dBV 前後の値が検出されるはずで、これは発信器出力が 0dBu にセットされているときの MLS 信号の正しい出力レベルです。

次に、正弦波測定ボタンをクリックして正弦波測定コントロールパネルを呼び出してください。GO ボタンを押して、正弦波での周波数特性の測定をします。約 25 秒後には期待した数値が得られ、図 3.11 のような青い直線が表れます。グラフ上でクリックし、測定された信号の振幅をチェックします。-2.2dBV 前後の値が出ます。これは発信器出力を 0dBu にセットしているときの正弦波信号の正しい出力レベルです。

完璧な校正を実行するためには、2 つの測定の位相応答をチェックする必要があります。位相ボタンを押して、位相応答をあらわす赤い直線が表れたか、確認してください(図 3.11)。この時の値はどちらも 0 です。最後に 3.5.1 で説明した 1kHz の信号テストをやってみましょう。図 3.12 のような結果が出るはずで、

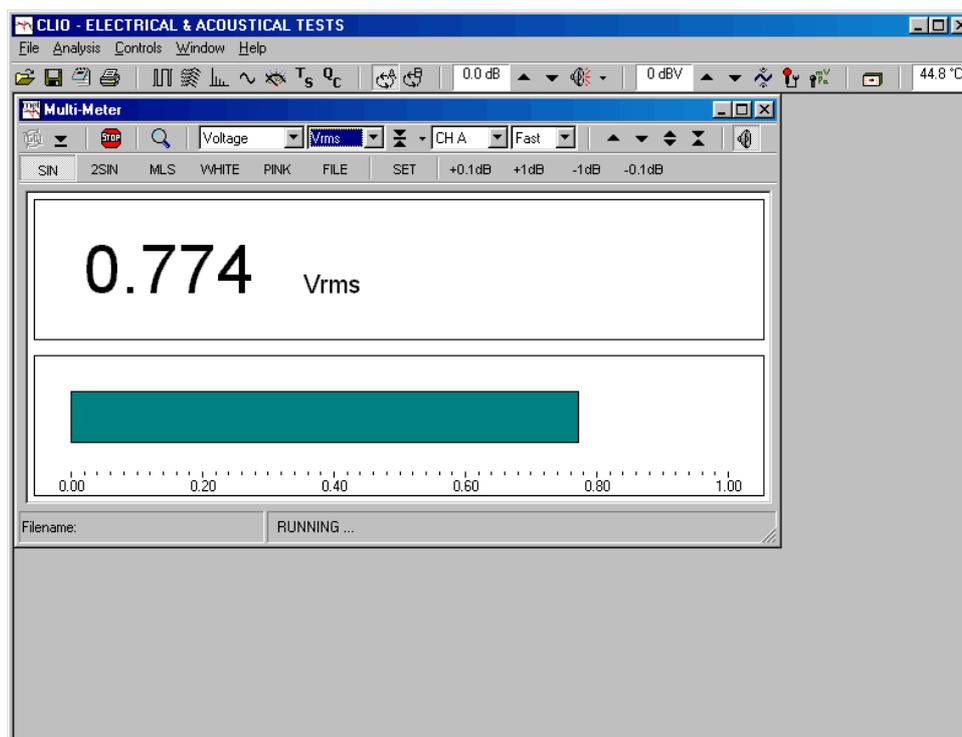


図 3.12

3.8 CLIO シリアルナンバーとデモモード

CLIO システムは 1 台ごとにシリアルナンバーが付けられています。これは大変重要です。なぜなら CLIOwin ソフトウェアはハードウェアプロテクトされているので、正しいシリアルナンバーをみて動作するからです。お客様の CLIO システムのシリアルナンバーは 3.4 を参照して確認してください。

シリアルナンバーが正しいのに、CLIOwin が CLIO ボックスを見つけられない場合、警告メッセージが表示され、デモモードに切り替わります。この状態では、CLIO ハードウェアがインストールされていないパソコンでも CLIOwin を操作して、後処理やその他のオフライン処理をこなすことができます。

4 インストール時のトラブルシューティング

インストール時に問題が発生して自力で解決できないときは当社のメールアドレス info@audiomatica.com か、ウェブサイトの www.audiomatica.com までご連絡ください(英語)。

CLIO 製品自体の故障と思われる場合は下記までお問い合わせ下さい。ハードウェア故障の場合、交換・修理などのサポートをさせていただきます。

有限会社タキオン

〒101-0021 東京都千代田区外神田 4-13-7 アツマビル 2F

TEL 03-5296-9265 FAX 03-5296-9266

電子メール : jack@mtc.biglobe.ne.jp

有限会社タキオンでは、CLIO 製品のハードウェア・サポートは行いますが、ソフトウェアのインストールおよび使い方などソフトウェア使用上のサポートは行っておりません。CLIO 製品のご使用にあたりましては、基本的なパソコンの使用経験および音響測定上の基本知識が必要です。ご不明な点がございましたら、できるだけご購入の前にお問い合わせ下さい。

5 CLIOWIN の基本

5.1 導入

この項目では CLIOwin に関する基本的な情報と 関連するハードウェア、それらの接続と操作方法について説明します。その上で、それぞれの測定の詳細については各章を参照してください。第 6 章ではその他一般の機能について説明しています。

この項目では以下の内容を説明します。

- ヘルプ
- メイン デスクトップ、ツールバー、メニュー
- ショートカット
- 発信器、入力&出力、マイク
- アンプ&スイッチボックス、ターンテーブル
- 接続

5.2 ヘルプの呼び出し

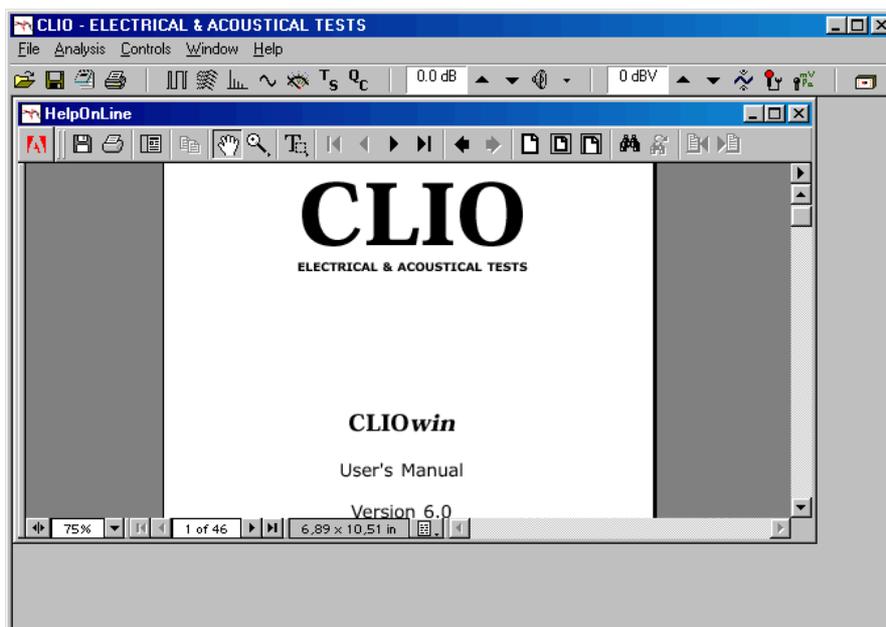


図 5.1 CLIOwin ヘルプ・オンライン

CLIOwin ヘルプ・オンラインを読むには F1 をクリックしてください。オンラインヘルプ画面が表示され、内容を検索して、メニュー、ダイアログ、コントロールについてのページを見つけて下さい。

注 :CLIOwin ヘルプを読むには Adobe Acrobat Reader(バージョン 4 以上)をインストールする必要があります。Acrobat Reader は CLIOwin CD-ROM にも入っています。さらに詳しい情報に関しては Adobe(www.adobe.com)までお尋ねください。

CLIOwin を起動していなくても CLIOwin ヘルプを読むことができます。スタートメニューを開き、Program>CLIOwin に進み、CLIOwin help をクリックします。同じ方法でユーザーズマニュアルを読むことも、印刷することもできます(これらは全て英語のヘルプです)。Acrobat を使い慣れていない方は、その機能、コントロール、ナビゲーションシステムについて少し使ってみてください。

Help Menu(5.6.5 参照) を通じてアクセスする方法もあります。この場合、Audiomatica のオンライン情報が、CLIOwin ウェブサイトでの照会も可能です。

5.3 CLIOwin デスクトップ

図 5.2 に示されているのが CLIOwin のデスクトップです。ここではメインメニューとメインツールバーが使用できます。

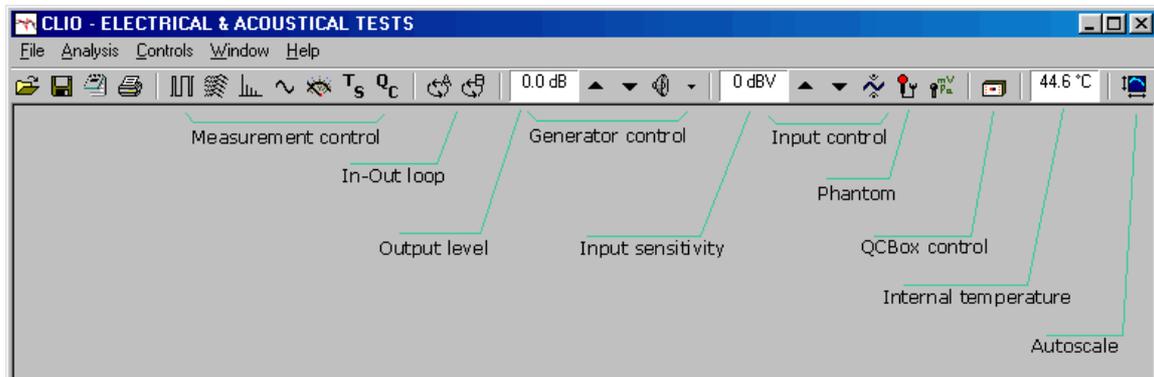


図 5.2 CLIOwin デスクトップ

メインツールバーには複数の機能があります。左から右にファイル、印刷機能、測定コントロール、発信器コントロール、出力レベルと入力レベルの表示、入力コントロールと入力感度の表示、外部ハードウェア(CLIOQC アンプとスイッチボックスなど)のコントロールといった機能です。次に、それぞれのコントロール機能の解説をします。

5.4 メインツールバー

ファイルと印刷機能については第 6 章を参照してください。

5.4.1 測定コントロール

以下のツールバーボタンを押すと各コントロールパネルが起動します。コントロールパネルを閉じると画面は初期化され、また個々のコントロールパネルが起動されるとそれ以前に選択されていたコントロールパネルは休止状態になります。

解析メニュー(図 5.6.2)のショートカット(短縮キーを使った起動方法)や解析メニューの選択にも同じ機能があります。3 番目の方法として、ウィンドウズメニュー(5.6.4 参照)を通じて起動する方法もあります。

-  MLS 解析コントロールパネルに入る
-  ウォーターフォール・コントロールパネルに入る
-  FFT 解析コントロールパネルに入る
-  正弦波 (Sinusoidal) 解析コントロールパネルに入る
-  マルチメータコントロールパネルに入る
-  Ts Thiele&Small Parameters コントロールパネルに入る
-  Qc Quality control processor に入る

5.4.2 入出力ループバック

CLIO Box にはセルフテストを行うのに便利な内部ループバック機能が搭載されています。

- 🔊 チャンネル A の出力をチャンネル A の入力に内部リレーで接続
- 🔊 チャンネル B の出力をチャンネル B の入力に内部リレーで接続

5.4.3 発信器コントロール

CLIO の発信器はツールバーボタンとダイアログから制御できますが、マルチメータコントロールパネルの中から操作することもできます。マルチメータコントロールパネルは F4 ショートカットを通じて起動できます。詳しくは 8.3.1. を参照してください。

出力レベル表示とコントロールボタン

内部発振器の実際の出力レベル(dBu)を表示します。このレベルは両方の出力チャンネルに有効です。? (または F7)か、? (または F8)のボタンを押すごとに 1dB ずつ変更できます。シフトキーを押しながら F7 または F8 を押すと 0.1dB ずつ変更できます。

🔊 発信器のオン/オフを切り替える

即座に発振器を止めるには ESC キーを使うことができます。動作する前に図 5.3 のような表示を出したいときは、発信器ドロップダウンメニュー(Generator drop down menu)(図 5.4)の中の PromptOnPlay をマウスでクリックしてください。発信器ドロップダウンボタンの横の小さな矢印をクリックすると発信器ドロップダウンメニューが出てきます。そのメニューから出力信号を選べます。起動時のデフォルト信号は 1kHz 正弦波です。



図 5.3

発信器ドロップダウンメニュー

注 :このメニューはマルチメータコントロールパネルの SET ボタンをクリックしても表示されます(8.3.1 参照)

ここで、3 種類の信号のどれかを選択して決めておくこともできますし、信号ファイルリストの中から選ぶこともできます。ここで使用する信号を決めたら、後はツールバーボタン🔊を押すだけで使えます。改めて別の信号を設定するまではこの信号が使われます。デフォルト信号は 1kHz の連続した正弦波です。発信器が作動する前に確認したいときには、PromptOnPlay をチェックしてください(図 5.3)。



図 5.4 発振器ドロップダウンメニュー

以下の信号を出力することができます。

(Bursted) sinusoid: (バースト)正弦波を出力できます。Time On とTime Off の値を0 にしておけば信号は連続します。

The dialog box is titled "Generator Input Form" and contains three input fields: "Frequency [Hz]" with the value "1000.00", "Time On [ms]" with the value "0.00", and "Time Off [ms]" with the value "0.00". At the bottom, there are "OK" and "Cancel" buttons.

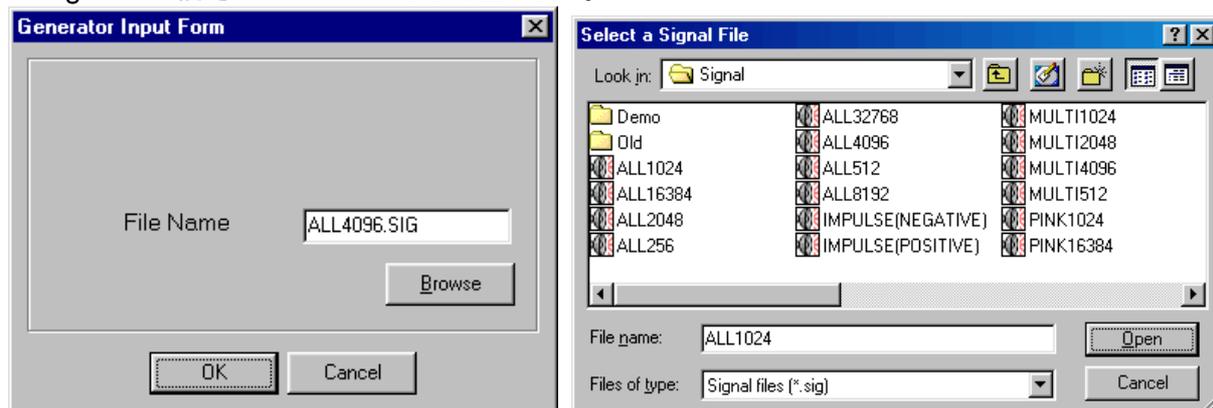
Two tones signal:2 つの信号周波数と相対レベルを入力できます。

The dialog box is titled "Generator Input Form" and contains four input fields: "Freq 1 [Hz]" with the value "1000.00", "Freq 2 [Hz]" with the value "2000.00", "Level 1 [%]" with the value "50.00", and "Level 2 [%]" with the value "50.00". At the bottom, there are "OK" and "Cancel" buttons.

MLS sequence:異なるシーケンス長から選択できます。

The dialog box is titled "Generator Input Form" and contains one dropdown menu labeled "MLS Size" with the value "32k" selected. At the bottom, there are "OK" and "Cancel" buttons.

Signal file:信号ファイルのリストから選べます。



5.4.4 入力コントロール

入力感度表示とコントロールボタン

機器本体のカードの入力限界を超えていないか監視するために、実際の入力感度(dBu)を表示しています。? (あるいはF9)と? (あるいはF10)ボタンで10dB ほどの修正が可能です。

🔊 オートレンジモードに切り替わります。このモードのときには最適な S/N 比になるように入力感度が自動的に調整されます。

5.4.5 マイクコントロール

🔊 これはマイクが正常に動作するのに必要な電圧を供給するファンム電源のスイッチです。MIC-01 とMIC-02 を操作するにはこのファンム電源の8.2V が必要です。このボタンを押すと電源が供給されます。

🔊 マイク感度ダイアログボックスに入るボタンです。

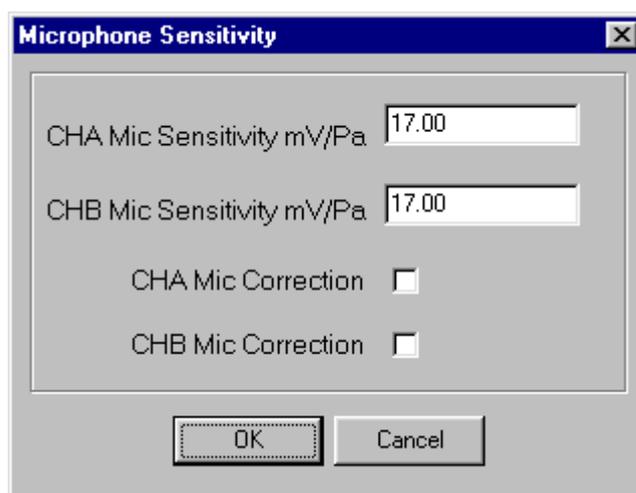


図 5.5 マイク感度設定ダイアログボックス

音響測定を行う際には、読み取り単位はパスカル(Pa あるいは dB SPL)で表わされます。この場合、音圧の測定であるソフトが仮定していますので、音圧を測定したときにマイクの出力電圧を定義する変換係数を知る必要があります。この変換係数は通常、マイクの校正チャートに記載されているマイク感度、あるいはマイクとプリアンプを組み合わせたときの感度を指します。CLIO システムでは

次の2つの場合が考えられます。

- a) MIC-01 または MIC-02 を使用する場合は、マイクの感度(mV/Pa)値を入力します。
- b) PRE-01 プリアンプを使用する場合、内部ゲインを知る必要があります。それが 0dB ならマイク感度値を、20dB ならマイク感度に 10 を掛けた値を入力します。

注 :チャンネルA とチャンネルB には、それぞれ別々に感度を設定する必要があります。A、B チャンネルを使ったバランス入力を用いた場合(参照 5.7.1)ソフトウェアは A チャンネルの感度を使用します。

8.4.1 も参照してください。ここでは 94dB SPL の出力を備えた音響校正器を使って、マイク系の感度を測定する場合のプロセスを解説しています。

また、マイク校正チェックボックスを起動させることもできます。起動させると、ソフトウェアがそれぞれの入力チャンネルに対応する「MICA.CAL」と「MICB.CAL」ファイルのデータを基に測定された値を直していきます。

マイク周波数特性を記録するために作られたサンプルテキストファイルを以下に示します。

Freq	dB	Phase
1000	0	0
4000	0.25	0
8000	0.33	0
10000	0.5	0
15000	1.75	0
20000	2.5	0

注 1 :この修正方法は MLS と正弦波測定の場合にのみ有効です。

注 2 :MIC-01 用の校正データは標準では付属しません。ご注文時に校正データ付き MIC-01 とご指定下さい。校正データ付き MIC-01 は別途費用がかかります。

5.4.6 オートスケール

 オートスケールを動作させます。オートスケールは、測定結果が画面に入り切らないとき、画面に表示できるように自動的に調整して表示する機能です。オートスケールが動いているときは、測定中 Y 軸は最適な状態に自動的に変更されます。

5.5 外部装置コントロール

- 外部装置コントロールダイアログボックス (External Hardware Controls dialog box) に入ります。このダイアログボックスはパラレルポートに繋がれた外部装置を制御します。使用するパラレルポートを選択して、コントロールパネルに入ります。次の図はパラレルポートのビットの図です。CLIO が各ピンの信号をどのように使っているかを示しています。

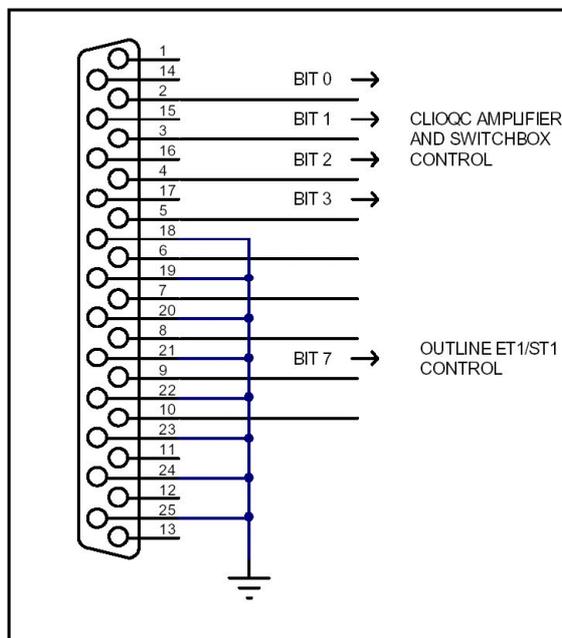


図 5.6 パラレルポート制御信号

5.5.1 CLIOQC アンプとスイッチボックスのコントロール

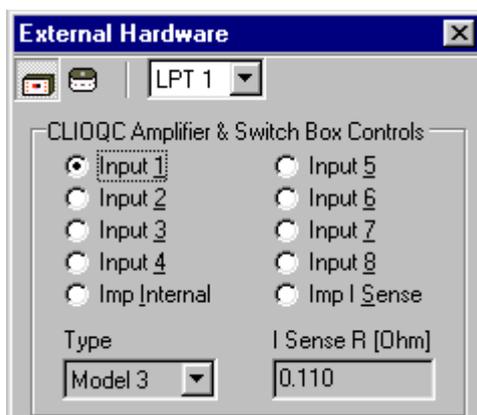


図 5.7 CLIOQC アンプとスイッチボックス用コントロールパネル

このコントロールパネルは CLIOQC アンプとスイッチボックスを操作するときに役立ちます。

インピーダンス測定の間、最大限の精度を得られるように Amplifier&Switchbox の Model タイプを選び、内部検出抵抗値の値をセットします(第 13 章を参照してください)。

これらの各コントロール機能は説明のコメントが出るようになっています。この使い方はそのユニットのユーザーズマニュアルにも取り上げられていますし、このマニュアルでも Amplifier&Switchbox が使われているところに使用方法が説明されています。

5.5.2 ターンテーブルのコントロール

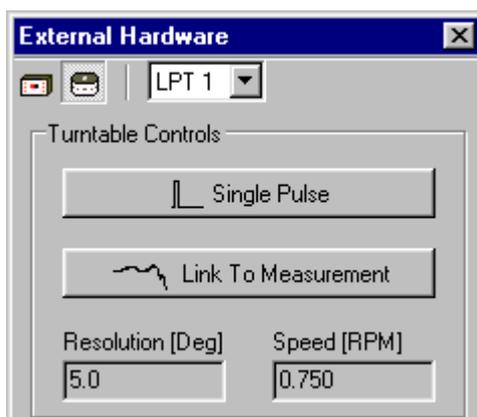


図 5.8 ターンテーブルコントロールパネル

このコントロールパネルはターンテーブルを操作するときに使います。ここで得られる情報は Outline ET/ST Turntable の制御に使われるほか、ほかのデバイスにも適用できます。ターンテーブルはパラレルポート出力ビットBit7 経由で制御されます。ターンテーブルは次の規格のケーブルでコンピュータのパラレルポートと接続してください。

PC 側 DB25 オスコネクタ ET/ST 側 DB9 オスコネクタ
Pin9 < - - - - - > pin2
Pin22 < - - - - - > pin4

それ以外のピンは接続しません。ケーブルは下図のようにつないでください。

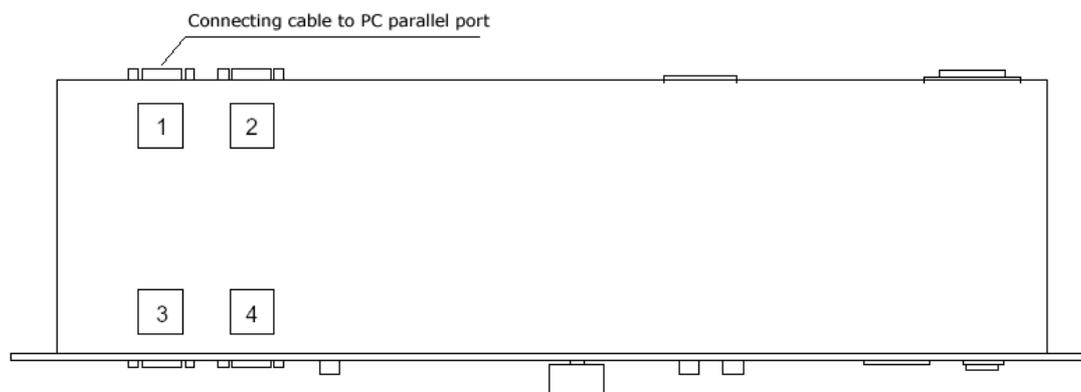


図 5.9 Outline ET/ST ターンテーブル接続

ターンテーブル制御パネルでターンテーブルの分解能(角度)と回転速度(1 分間の回転数)を設定できます。これらの設定をするとソフトウェアはコントロールパルスが出力された後の待ち時間を判断できます。以下の 2 つのコントロールボタンがあります。

Single pulse

ターンテーブルを次の位置に動かすため 1 ステップ手動パルスを出すのに使われます。

Link To Measurement

このボタンを押すと 1 つ測定した後にターンテーブルが回ります。MLS と正弦波制御パネルでのみ機能します。第 12 章に極測定の際の利用例を挙げています。

注意: ターンテーブルユニットは CLIOwin 標準セットには含まれません。必要な場合は代理店にお問い合わせ下さい。

5.6 メインメニューとショートカット

この項目は注意してお読みください。CLIOwin の全部のメニューとショートカットについてわかります。ショートカットとは、キーを1回押せばすぐに作業に入れる方法です。時間を省き、効率が上がります。

測定インターフェースと関連するショートカットについては第7章も参照してください。特別メニューのMLSサブメニューとFFTサブメニューは測定コントロールパネルが開いているときにだけ機能します。

5.6.1 ファイル(File)メニュー

ファイルメニューの詳細い説明に関しては第6章を参照してください。

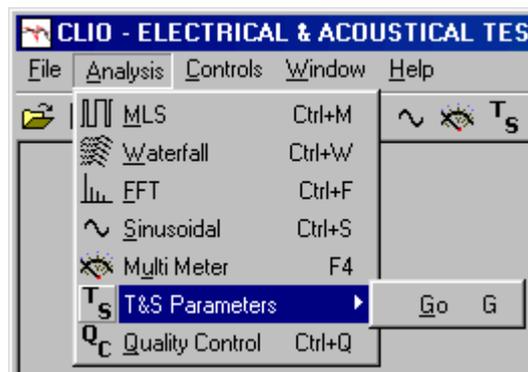


図 5.10 ファイルメニュー

F3	現在動作しているコントロールパネル用の測定ファイルを保存します。
F2	現在動作しているコントロールパネル用の測定ファイルを読み出します。
ALT+F2	オートセーブダイアログに入ります。(6.3.1 参照)
SHIFT+F2	現在の測定結果をASCIIファイルとして出力します。
CTRL+F2	現在の測定結果をウィンドウ拡張メタファイル(.wmf)として出力します。
ALT+P	現在の測定結果を印刷します。
F6	オートスケール機能をON/OFFします(5.4.6章参照)

5.6.2 解析(Analysis)メニュー

解析用測定画面メニューは、以下のショートカットキーを使い測定メニューが開けます。ここに全部のメニューとショートカットを掲載しました。測定機能の詳細については各章をご覧ください。

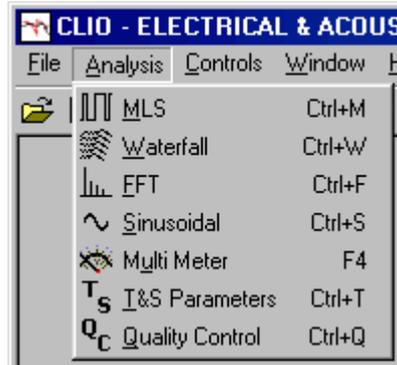


図 5.11 測定画面選択メニュー

CTRL+M	MLS 解析コントロールパネルに入ります。
CTRL+W	ウォーターフォール・コントロールパネルに入ります。
CTRL+F	FFT 解析コントロールパネルに入ります。
CTRL+S	正弦波解析コントロールパネルに入ります。
F4	マルチメータコントロールパネルに入ります。
CTRL+T	ティール&スモール(Thiele&Small)パラメータコントロールパネルに入ります。
CTRL+Q	Quality Control プロセッサに入ります。

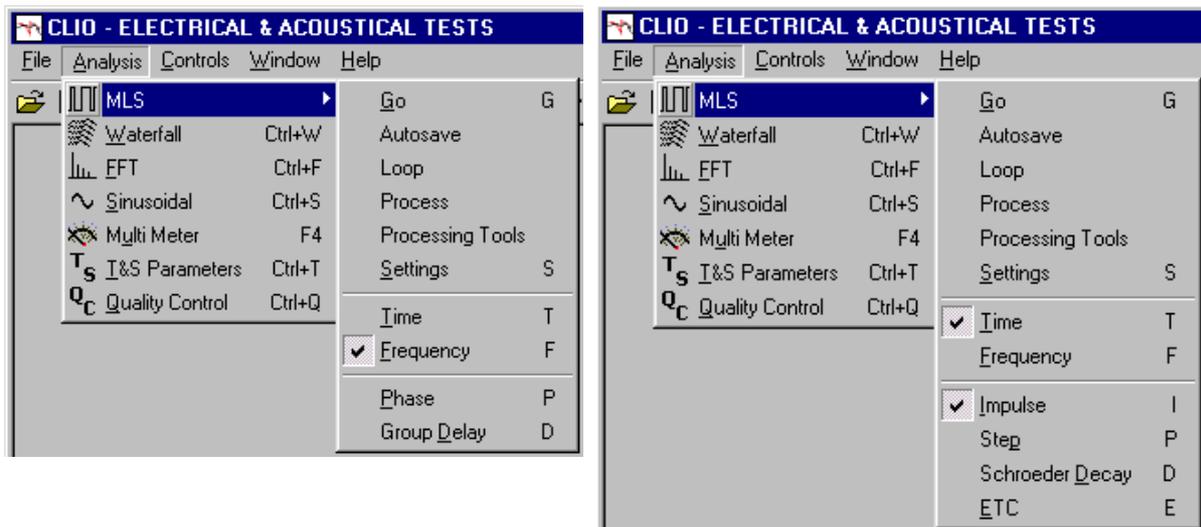


図 5.12 MLS サブメニュー

- G MLS 測定を始めます。Gと同じです。
- S セッティングダイアログに入ります。Sと同じです。
- T MLS 時間領域測定に入ります。Tと同じです。
- F MLS 周波数領域測定に入ります。Fと同じです。

周波数領域(Frequency domain)測定においては以下のショートカットが使えます。

- P 位相を表示します。⊕ と同じ機能です。
- D 群遅延を表示します。⊖ と同じ機能です。

時間領域(Time domain)測定においては以下のショートカットが使えます。

- I インパルス応答を表示します。✦ と同じ機能です。
- P ステップ応答を表示します。┌ と同じ機能です。
- D シュローダー減衰(Schroeder Decay)を表示します。↘ と同じ機能です。
- E エナジータイムカーブを表示します。⏏ と同じ機能です。

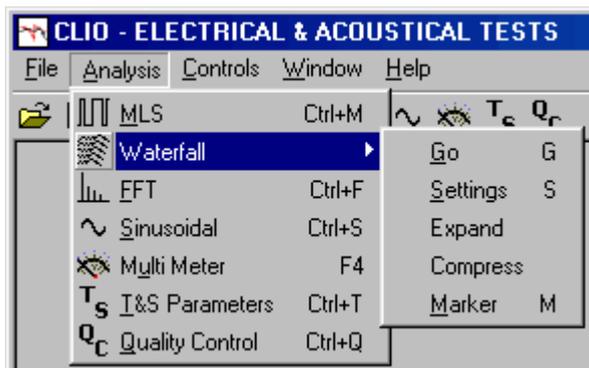


図 5.13 ウォーターフォール サブメニュー

- G ウォーターフォール処理を開始します。▶ と同じ機能です。
- S セッティングダイアログに入ります。⚙ と同じ機能です。
- M マーカーを表示します。📍 と同じ機能です。

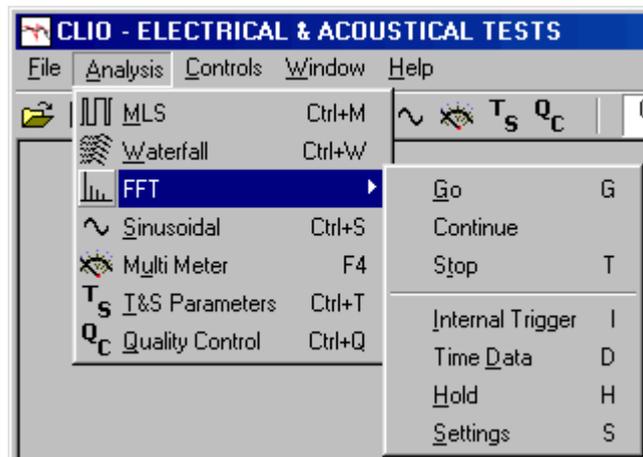


図 5.14 FFT サブメニュー

- G FFT 測定を始めます。▶ と同じ機能です。
- T FFT 測定を停止します。⏹ と同じ機能です。
- I 内部トリガーモードをセットします。⏏ と同じ機能です。
- D タイムデータ表示をします。✦ と同じ機能です。
- H 表示をホールドします。⏏ と同じ機能です。
- S セッティングダイアログに入ります。⚙ と同じ機能です。

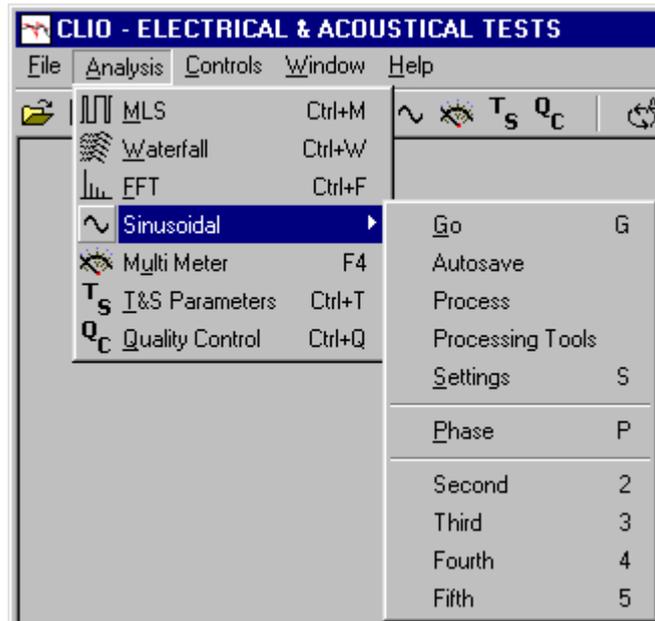


図 5.15 正弦波サブメニュー

- G 正弦波測定を始めます。☞と同じです。
- ESC 即座に正弦波測定を停止します。
- S セッティングダイアログに入ります。⚙️と同じです。
- P 位相を表示します。∠と同じです。

- 2 2次高調波を表示します。Ⅱと同じです。
- 3 3次高調波を表示します。Ⅲと同じです。
- 4 4次高調波を表示します。Ⅳと同じです。
- 5 5次高調波を表示します。Ⅴと同じです。

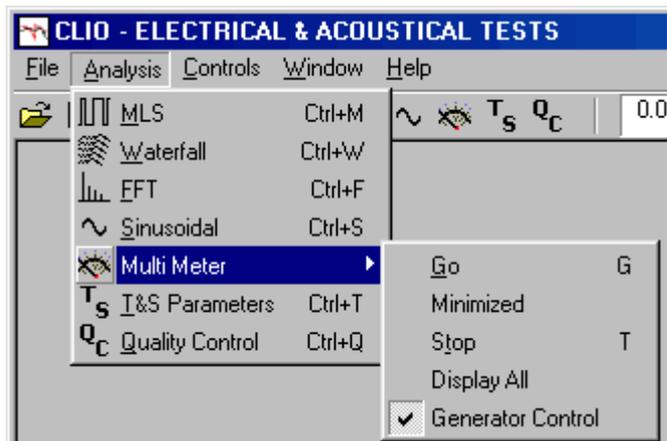


図 5.16 マルチメータサブメニュー

- G マルチメータ測定を始めます。☞と同じです。
- T マルチメータ測定を停止します。🛑と同じ機能です。

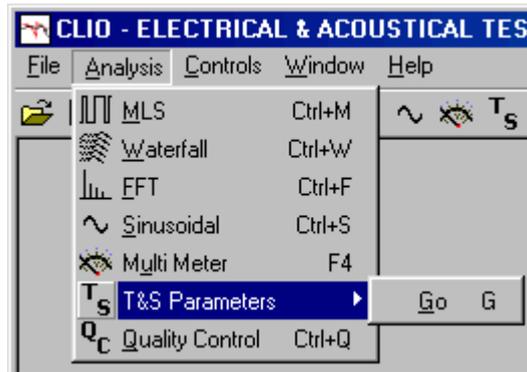


図 5.17 T&S パラメータサブメニュー

G TS パラメータの計算を始めます。Go と同じ機能です。

5.6.3 コントロール(Controls)メニュー

コントロールメニューは CLIO ハードウェアの中心となる部分です。キーボードを通してハードウェアコントロールにどのようにアクセスするか、詳しく見ていきましょう 5.4.2、5.4.3、5.4.4、5.5 も参照してください。

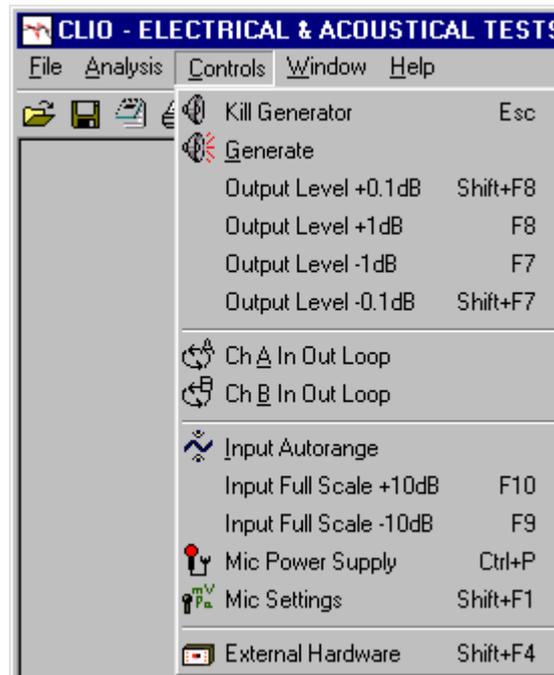


図 5.18 コントロールメニュー

ESC	ジェネレーターを即時停止します。🔴をオフにするのと同じです。
SHIFT+F8	0.1dB の出力レベルをあげます。SHIFT + ? と同じです。
F8	1dB 出力レベルをあげます。? と同じです。
F7	1dB 出力レベルを下げます。? と同じです。
SHIFT+F7	0.1dB の出力レベルを下げます。SHIFT + ? と同じです。
F10	10dB 許容入力を増加します。? と同じです。
F9	10dB 許容入力を減少させます。? と同じです。
CTRL+P	マイク電源のスイッチオン/オフです。🔴と同じです
SHIFT+F1	マイクセッティングダイアログに入ります。🔊と同じです。
SHIFT+F4	外部機器コントロールパネルに入ります。🇯🇵と同じです。

5.6.4 ウインドウ(Window)メニュー

Window の中のメニューはすべての開かれたウインドウ(測定コントロールパネル)の操作を行います。オープンウインドウをタイル表示あるいはカスケード表示にしたり、それぞれ直接アクセスすることもできます。



図 5.19 Window メニュー

5.6.5 ヘルプ(Help)メニュー

ヘルプメニューを通してコンピュータにインストールされたすべてのヘルプにアクセスできます。あるいはインターネットを通じて、当社 Audiomatica に直接、お問い合わせいただくこともできます。注: 技術的内容をイタリア Audiomatica 社に直接問い合わせる際は、電子メールまたはFAXを使用し、英語でお問い合わせ下さい。

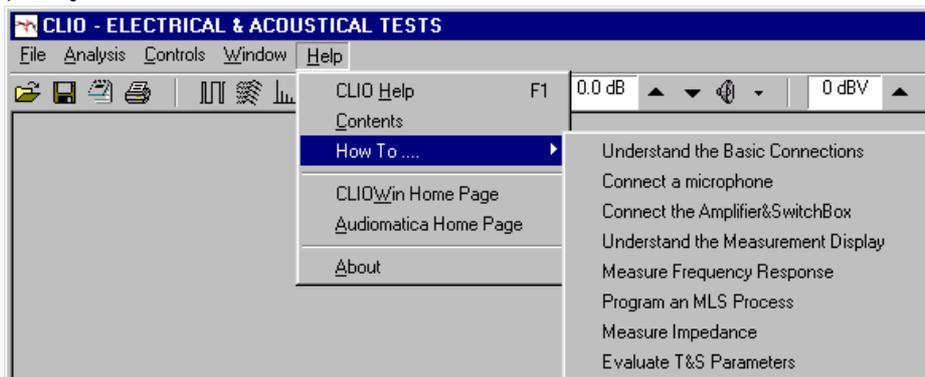


図 5.20 ヘルプ・メニュー

F1 オンラインヘルプにアクセスできます。

5.7 基本的な接続

CLIO と外部とのインターフェースを正確に行うには、いつも次の規格を考慮する必要があります。

最大入力電圧: +40dBV (283V peak-to peak)

最大出力電圧: +12dBu (3.1Vrms) (正弦波)

入力インピーダンス: 64kΩ

出力インピーダンス: 150Ω

5.7.1 CLIO ボックスの接続

CLIO ボックスは外部との接続に使用する4つのRCAプラグがあります(図 5.21)。左の2つが入力用、右の2つが出力用です。2つのI/Oチャンネルは同時に動作します。それぞれチャンネルA、チャンネルBと呼ばれています。出力チャンネルBは出力チャンネルAと並行して動作します。

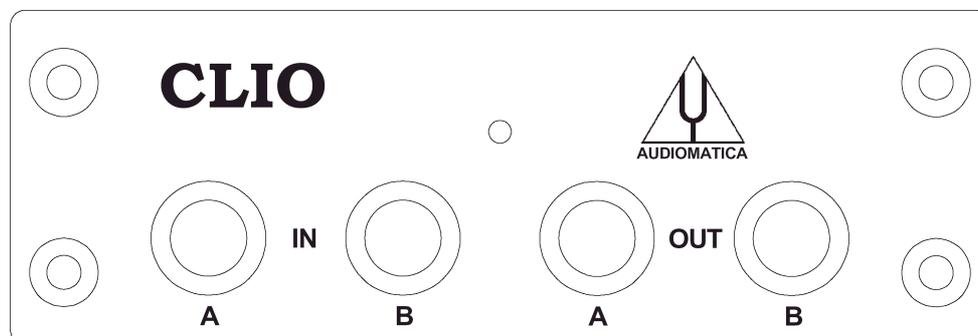


図 5.21

ソフトウェアはチャンネル A、あるいはチャンネル B 入力の個々のアンバランス接続や、A-B 組合せによるバランス入力の場合どちらの方法でも分析できます(図 5.18)。アンバランス接続の場合には、入力コネクションは1本のケーブルを接続すればよく、A-B 組合せによるバランス入力の場合にはチャンネル A 入力(ポジティブ、あるいはホット)を1番目の測定ポイントにつなぎ、チャンネル B 入力(ネガティブ、あるいはコールド)を2番目の測定ポイントとグラウンドに接続して、バランス接続にしなければいけません。

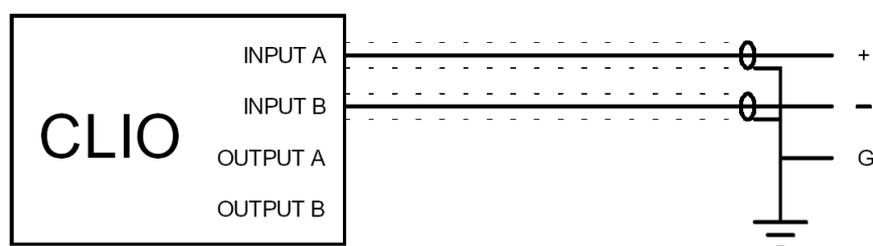


図 5.22

警告:CLIO 入力と出力はどちらも共通の測定グラウンドにつながっています。通常設定(チャンネルA、Bともアンバランス)で測定を行う場合、2つの測定ポイントのうち、一つのグラウンドは接続されていないはいけません。出力をフローティングにしてアンプを使おうとすると、トラブルが発生するでしょう。CLIO との接続がアンプにダメージを与えるかもしれません。その場合、チャンネル A-B バランス接続を使ってください。

インターナルモードでインピーダンス測定を実行している場合を除き、CLIO 出力の1つは通常、外部パワーアンプに接続され試験中のスピーカー、電子機器、その他のシステムを動かします。試験中のシステムの出力はCLIO 入力の1つに接続されます。

5.7.2 マイクの接続

音響測定を行うときは、マイク(プリアンプやパワーサプライを併用する場合があります)を CLIO の入力チャンネルに接続します。

MIC-01(またはMIC-02)マイクを使用するときはCLIO ボックスの入力に直接つなぐことができます。この場合、ファントム電源をオンにするには、phantom button アイコンを押してください。そして、マイクの出力が安定するまで数秒間お待ちください。

測定位置がパソコンから離れていて届かない場合は、アンプとCLIO の接続ケーブルを延長するようにして、添付のマイクケーブルより長いものは決して使わないでください。正しい測定値が得られなくなります。

図 5.23 はスピーカーの音響測定を行う時の典型的なテスト環境を示した図です。この図はMIC-01(またはMIC-02)を直接CLIO 入力に接続することを想定しています。パワーアンプの出力でケーブルの極性を反転させて接続しています。これはMIC-01 の出力が、市販の測定用マイクと同じように位相反転しているのを補正しています。極性測定を行うときには、CLIO のハードウェアでは位相反転できないので、すべての校正はその仮定のうえで行なわれることを考慮してマイク測定系をいつも補正してください。マイク、アンプ、アクセラメーター、プリアンプなどの外部のデバイスは慎重にチェックしてください。

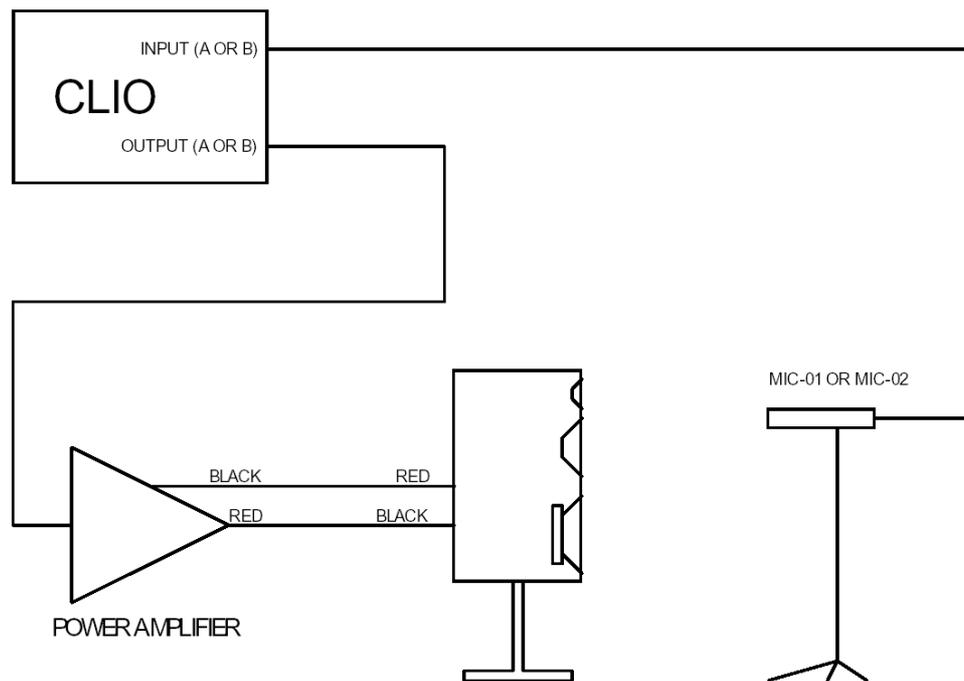


図 5.23

5.7.3 CLIOQC アンプとスイッチボックスの接続

図 5.24 と 5.25 は CLIOQC アンプとスイッチボックスを CLIO に接続した図です。
 図 5.24 ではユニットは応答測定に用いられる内部スイッチを備えています。

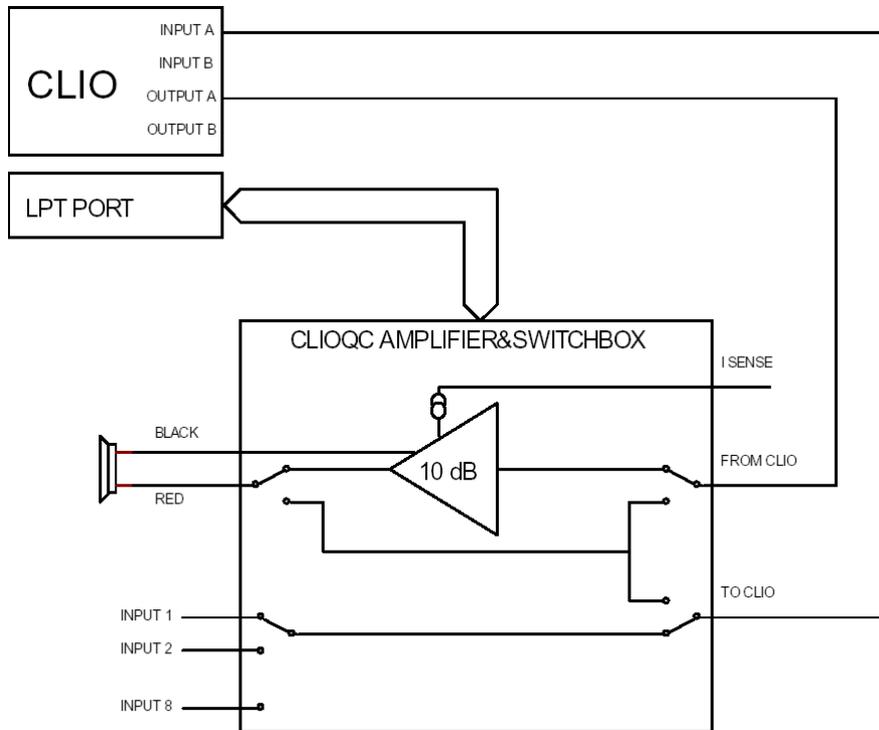


図 5.24

図 5.25 のユニットはインピーダンス測定に用いられる内部スイッチを備えています(内部モード使用についての詳細は第 13 章を参照)。

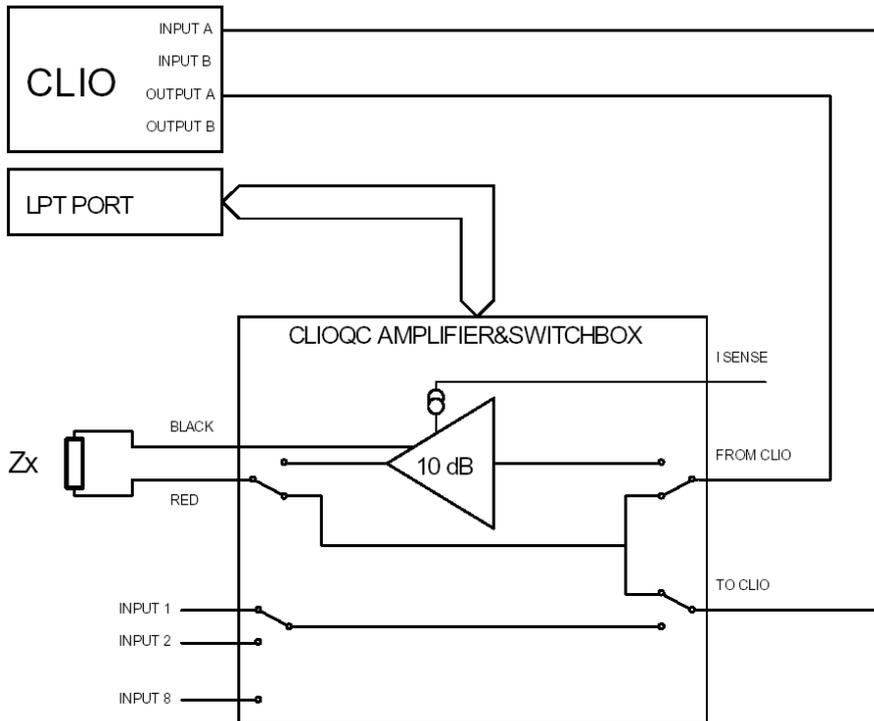


図 5.25

6 ファイルメニュー

6.1 はじめに

この章で第 5 章から始まった CLIOwin の導入部は終了します。
この章では次の内容について記載しています。

- ファイル拡張子
- ファイル操作
- 印刷
- ファイル出力
- CLIO の校正
- ソフトウェア・セットアップ
- スタートオプション

6.2 ファイル拡張子の登録

CLIOwin はインストールの最中に、業務中に作成したファイルを簡単に見つけられるように、ファイル拡張子を登録しています。ハードディスクを見てみると、これから説明するようなアイコンが出てきます。



MLS 周波数特性データファイル



MLS インピーダンスデータファイル



MLS プロセスファイル



ウォーターフォールデータファイル



FFT&RTA データファイル



正弦波周波数特性データファイル



正弦波インピーダンスデータファイル



正弦波プロセスファイル



マルチメータデータファイル



T&S パラメータデータファイル



信号ファイル

CLIOwin データファイルを見つけたら、ファイルの上でクリックするだけでプログラムを起動できます。CLIOwin が起動していればそのファイルを読み込み、閉じていれば自動的に起動します。CLIOwin 単独で起動することもできます。

6.3 ファイルメニューとツールバーボタン

図 6.1 は File メニュー と Export サブメニューの図です。5.5.1 を参照してください。



図 6.1

6.3.1 ファイルの読み込みと保存

- 作動中のコントロールパネルに、CLIO で使用できる測定ファイルをロードします。次のメニューから1 つ以上のタイプのデータファイルを選ぶことができます。
 - MLS は周波数特性のファイル(*.mls)とインピーダンス特性ファイル(*.mlsi)をロードします。
 - FFT は FFT ファイル(*.fft)とCLIO4 RTA ファイル(*.rta)をロードします。
 - 正弦波測定(Sinusoidal)は周波数特性ファイル(*.sin)、インピーダンス特性ファイル(*.sini)、CLIO4 正弦波周波数特性ファイル(*.frs)とCLIO4 インピーダンス特性ファイル(*.imp).をロードします。下のオープンダイアログボックスの中から希望するファイルのタイプを選べます。

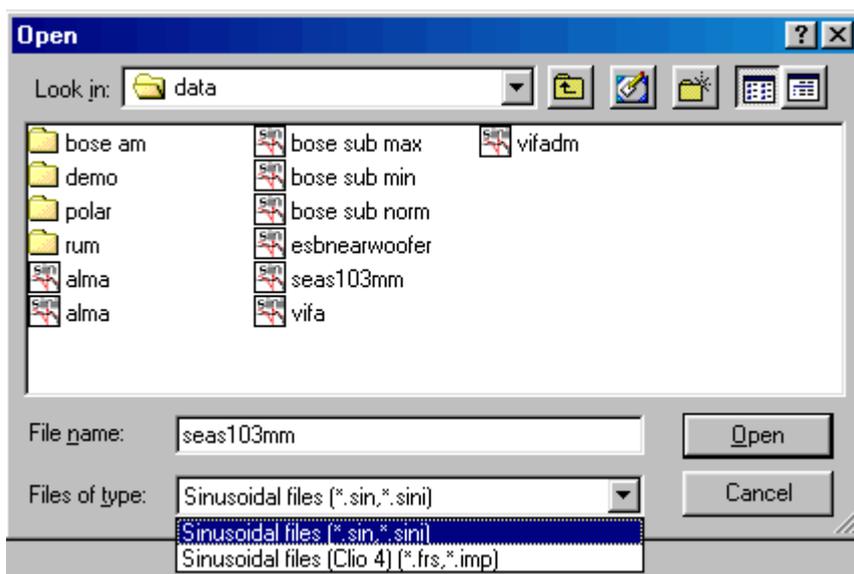


図 6.2 オープンダイアログボックスの図

- 操作中のコントロールパネルに関連した測定ファイルを保存します。次のメニューは 1 つ以上のデータファイルをセーブするので注意して下さい。
 - MLS は周波数特性のファイル(*.mls)とインピーダンス特性ファイル(*.mlsi)を保存します。
 - 正弦波測定(Sinusoidal)は周波数特性ファイル(*.sin)、インピーダンス特性ファイル(*.sini)を保存します。拡張子は CLIOwin が自動的に設定します。
- オートセーブ設定ダイアログを起動させます。MLS と正弦波の2つの測定について、測定データを自動保存できるように設定します。

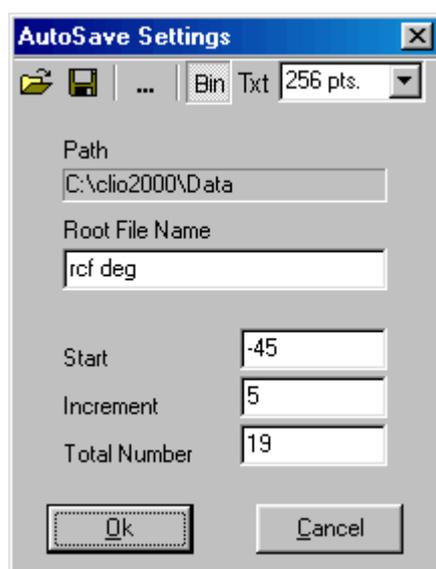


図 6.3 Autosave settings

オートセーブファイルの名前を指定するには4つの項目を設定する必要があります。Path(パス)は、ファイルを保存するホルダーを設定します。ファイルの一覧を見て、ホルダーをクリックしてください。例として、図 6.3 ではパスを C:\CLIO2000\data に設定しています。Root File Name 欄には、ファイル名のうち変更しない部分の名前を設定します。図 6.3 では 'rcf deg' と設定しています。

Start(開始)欄は、Root File Name 欄で指定した名前の後に付ける数字の初期値を設定します。この数字は、ここで設定した2つの10進数の後に増分用の初期値"00"が追加されて保存されることとなります。図 6.3 では初期値が-45 なので、最初の自動保存ファイル名は c:\clio2000\data\rcf deg-4500 という名前で保存されます。

Increment(増分)では、自動保存ファイル名の数字部分の増分を決めます。図 6.3 では2番目の自動保存ファイル名は、(Increment が 50 なので) c:\clio2000\data\rcf deg-4000 となります。

Total Number(総数)は、計測が自動的に終了した後、自動保存するファイルの総数を設定します。

これらの定義を自動保存定義ファイル(.asd)に保存することもできます(呼び出しも可能です)。

実行中の測定と一しょに保存するコメントを入れたり、他の測定の情報を検索したりできるノートダイアログに入るボタンです。

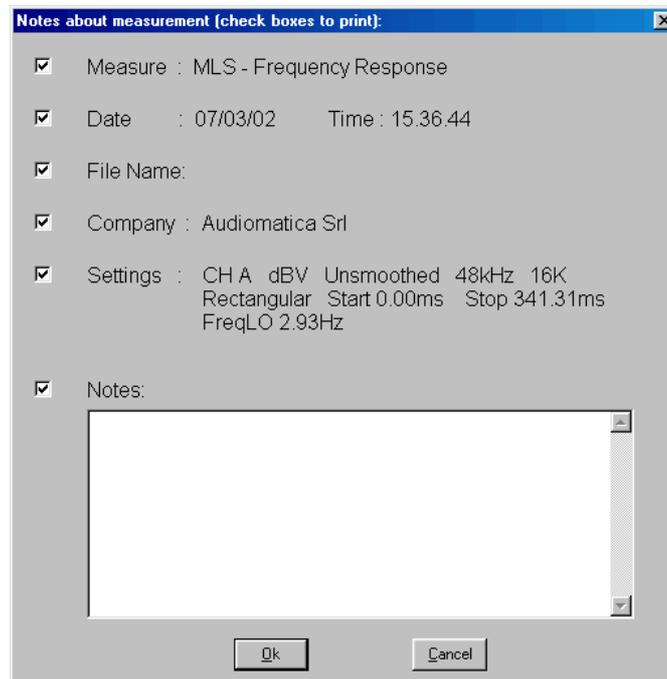


図 6.4 Notes dialog

6.3.2 印刷

起動中の測定を印刷します。色彩はセットアップダイアログで選択できます。6.3.5 参照。

6.3.3 データの出力

File> Export> Data

CLIOwin は測定したデータを ASCII ファイル(*.txt)に出力できます。

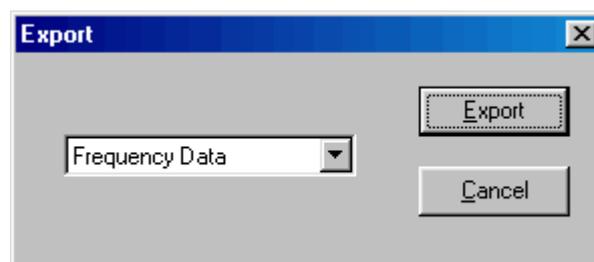


図 6.5 出力ダイアログ

出力ダイアログから出力内容を選択できます。測定メニューの内容によって違う種類のデータを出力することもできます。以下の種類のデータが出力できます。

MLS> Display Frequency Data

周波数データが画面に表示されているとき、そのデータを出力できます。現在の MLS のサイズに関係なく、画面解像度 256 ~ 2048 ドットまでの解像度で出力できます。

MLS> FFT Frequency Data

使用中の MLS のサイズで周波数データを出力します。

MLS> Time Data

測定したインパルス応答か、実行したポストプロセスの結果を出力します。

FFT> Display Frequency Data

画面に表示されている周波数データを出力します。そのときのFFTサイズと関係なく、内部解像度2048ドットで出力されます。

FFT> FFT Frequency Data

現在のFFTサイズの解像度で、処理後の周波数データを出力します。

FFT> Last FFT Data

現在のFFTサイズの解像度で、計算した最新のFFT周波数データを出力します。

FFT> Last Time Data

現在のFFTサイズの解像度で、取り込んだ最新の時間データを出力します。

Sinusoidal> Frequency> Data

取り込んだ周波数データをオクターブバンドの分解能で出力します。

Sinusoidal> Frequency Data + Harmonics

上記に加え高調波データの両方を出力します。

T&S> T&S Parameters

ティール&スモールパラメータを出力します。

6.3.4 グラフの出力

File> Export> Graphics

ClioWin は測定した結果を拡張メタファイル(*.emf)、またはビットマップファイル(.bmp)にすることができます。グラフはセットアップダイアログ(6.6 参照)で定義した色を使ってグラフを描画します。

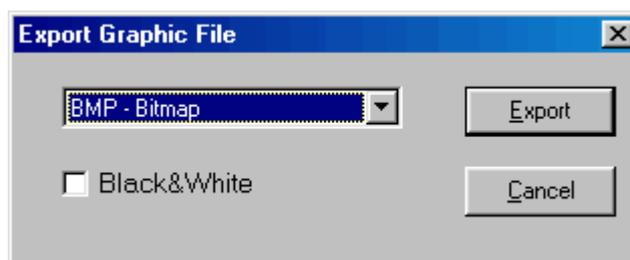


図 6.6

出力時に、Black&White チェックボックスをチェックしておくと、カラー情報がなくなるため、出力したファイルのサイズをかなり小さくすることができます。

6.3.5 校正

File> Calibration

この機能は、CLIO ハードウェアの校正を行います。3.5 章を参照してその手順に従ってください。校正が必要かを決めるにあたって次の手順に従ってください。

- システムをウォームアップする。
- 3.5.1 に解説した検証をする。
- その結果で校正するかどうか、決定する。

測定の結果は当社の行った結果と、若干異なるかもしれません。それはシステムの環境や、季節、電源電圧における違いといった測定状態の違いによるものです。

注 :CLIO ハードウェアは非常に正確で安定しているので、通常の使用状況においては、頻繁に校正する必要はありません。

ただし、次の場合には必ず校正してください。

- CLIO を異なったコンピュータにインストールした場合
- ソフトウェアをアップグレードした場合

6.3.6 セットアップ(SETUP)

File> Setup

セットアップ ダイアログが開きます(図.6.3)。このダイアログでは以下の設定ができます。

- 画面の色
- 印刷やグラフファイル出力時の色
- 画面表示時の線の太さ
- 印刷やグラフファイル出力線の太さ
- 印刷時に印字される会社名

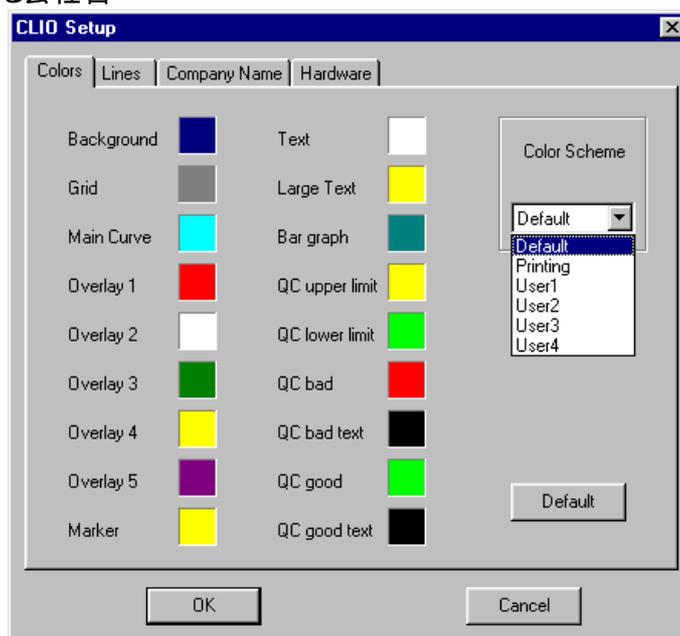


図 6.5 セットアップ ダイアログ

変更できないデフォルトの色とは別に5つの色を定義できます。ユーザー1、2、3、4と印刷です。

Printing colorschemeは、文字どおり印刷されたもの(と出力されたメタファイル)の色を決定します。色が選択されると印刷の前にどのようにみえるか、画面に映し出してくれます。"Default"ボタンを押すと標準の色設定になります。

File> Setup> Hardware

図 6.8 に示すように、Hardware タブで CLIO ボックスを制御するシリアルポートを選択できます。例ではシリアルポートCOM1 を選択しています。

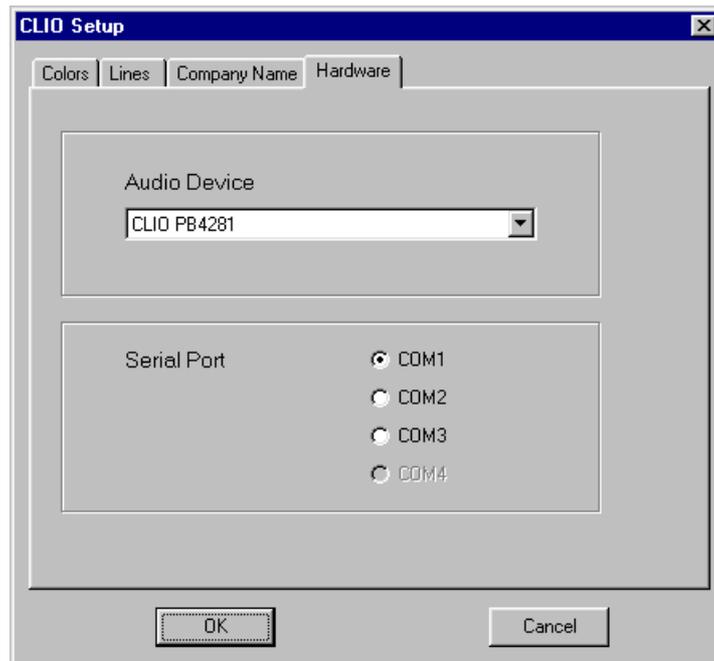


図 6.8

6.3.7 起動時のオプションとセットアップ

CLIOwin はインストールディレクトリの中の cliowin.exe を直接クリックすれば起動できます。通常は、c:\Program Files\Audiomatica\cliowinpci の中にあります。または Start Menu> Programs> Cliowinpci から CLIOwin にアクセスするか、デスクトップに cliowin.exe のアイコンを置いてクリックしても起動できます。別の方法としては、登録された拡張子を備えたファイルの上をクリックしても起動できます。この方法だとプログラムを起動させた後、ファイルを適切な測定メニューの中に読み込んでくれます。

CLIOwin は起動中、cliopci.stp と呼ばれるインストールディレクトリの中の configuration file から条件設定しています。このファイルはプログラムの終了時や設定が再度行われた時、システムの再構成が行われたときに書き直されます。ファイルの項目は以下の様なものです。

- 発振器出力レベル(5.4.2 参照)
- 入力感度 (5.4.3 参照)
- ファントム電源の状態 (5.4.3 参照)
- 自動レンジの設定状態 (5.4.3 参照)
- マイク設定 (5.4.4 と7.4.1 参照)
- CLIOQC アンプとスイッチボックスの設定(5.4.5 参照)
- 色のスキームとその他の設定状態(6.3.6 参照)
- メインウィンドウの状態
- マルチメータの発振器制御状態(7.2.1 参照)
- 全体の標準レベル(7.3.3 参照)

注:cliopci.stp ファイルを消去するとインストール直後の初期状態にシステムを戻すことができます。

6.3.8 測定時設定の保存

測定時の設定は保存できます。それぞれ MLS、FFT、Sinusoidal、ウォーターフォールメニューの中にある Save Settings のチェックボックスをマウスでクリックするだけです(図 6.9)。詳細は9、10、11、12 章を参照して下さい。



図 6.9 Save Settings チェックボックス

7 測定の共通インターフェース

7.1 導入

この章では CLIOwin 測定メニューで描かれるデータ曲線を表示し、管理する画像ユーザーインターフェースについて説明します。特に、この共通測定インターフェース(CMI)は FFT、MLS、そして正弦波測定メニューで使われています。CMI の動作と機能が理解できると CLIOwin を効果的に活用できます。

7.2 画面の表示を理解する

図 7.1 は周波数特性の測定データがどのように表示されるかを示しています。

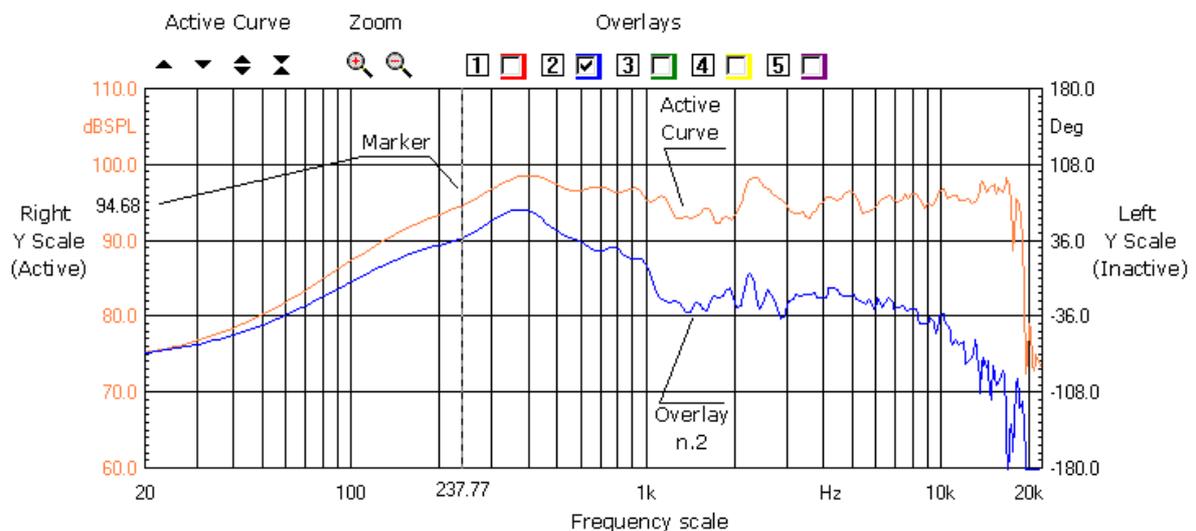


図 7.1

グラフに Active Curve と表示されている線は測定したデータです。ディスクから読み出したデータでも同様に表示できます。ユーザーが保存した、Overlay(重ね書き)と表示されている線は、同じ画面内に同時に他の測定データも表示できることを示しています。同時に表示できるデータは最大 5 本までで、Active Curve を入れて計 6 本表示できます。重ね書きするデータは画面上の 1~5 の数字をクリックするとその番号に記憶され、線の色がその番号の色に変わります。チェックボックスをクリックすることによって表示されたり表示が消えたりします。

Marker という縦線がありますが、これはマウスをクリックした位置に表示され、線の下に正確な周波数が表示されます。マーカー線はマウスのボタンを離すと消えます。

グラフの上部には複数のボタンとチェックボックスが並んでおり、Active Curve(アクティブな線)、Zoom(拡大/縮小)、Overlay(重ね書き線用ボタン)の 3 つの部分に分かれています。

グラフには、縦軸(Y 軸)、横軸、周波数(または時間軸)とマーカーが示されています。左右の Y 軸のうち 1 つは Active Curve(アクティブカーブ)と同じ色で目盛が表示されます。マーカー表示機能を使ってアクティブカーブの任意の位置の数値(縦軸、横軸両方)が読み取れます。場合によってはデータ曲線が一度に全部表れないこともあります。FFT メニューの時間データの表示の場合がそうです。周波数軸(または時間軸)は、対数か直線で表示されます。この後の 7.5 で説明する MLS 時間領域表示のグラフがそうです。

同じコントロールパネルで2つのグラフを表示できます(FFT 参照)。そのうちの1つのグラフ上でクリックするとそれをアクティブとして呼び出せます。

画面とアクティブカーブ、オーバーレイの色を変更するには6.3.6を参照してください。

7.3 ボタンとチェックボックス

- ▲ アクティブカーブを上向きに移動します。
- ▼ アクティブカーブを下向きに移動します。
- ◆ アクティブカーブを縦に拡張して表示します。Y軸を適宜変更することもできます。
- ⌵ アクティブカーブを縦に縮小して表示します。Y軸を適宜変更することもできます。
- 🔍+ アクティブカーブをズームアップします。ズームを複数倍にすることができます。
- 🔍- アクティブカーブのズームを完全に止め、元のズームの状態に戻します。
- ① アクティブカーブをオーバーレイ1に記録し、それを表示します。
- ② アクティブカーブをオーバーレイ2に記録し、それを表示します。
- ③ アクティブカーブをオーバーレイ3に記録し、それを表示します。
- ④ アクティブカーブをオーバーレイ4に記録し、それを表示します。
- ⑤ アクティブカーブをオーバーレイ5に記録し、それを表示します。
- 各オーバーレイカーブの表示する・しないを決めます。各オーバーレイの色も表示します。

7.4 ズームの方法

表示されているデータの範囲を拡大して見たいときに使います。

- 1) Zoom + ボタン🔍+をクリックしてください。
 - 2) 最初の選択ポイントで押してからずっとマウスの左ボタンを押し続けてください。
ただクリックするだけだと警告メッセージが出ます。
 - 3) マウスボタンを押したまま、ズーム範囲の終了位置までマウスを移動させてください。
 - 4) そこでマウスボタンから手を離します。
- 注:ポイント2 から4 まではボタンをずっと押し続けてください(ドラッグする)。

7.5 ショートカットとマウスの操作

次に示すキーを押したときや、マウスで選択した時の機能です。

[]キー
操作中のグラフの上で、▲と同じです。

[Shift]+[]キー
操作中のグラフの上で、◆と同じです。

[]キー
操作中のグラフの上で、▼と同じです。

[Shift]+[]キー
操作中のグラフの上で、⌵と同じです。

マウスクリック

グラフをアクティブにします。1つ以上のグラフが写っているときに便利です(FFT 参照)。

マウスの左ボタンを押す

マーカーをアクティブにします。

マウスの左ボタンを押してドラッグする
マーカーを動かします。
マウスホイールを上にかす
上向き矢印の▲と同じです。
マウスホイールを下にかす
下向き矢印▼と同じです。

7.6 MLS 時間領域表示

MLS 時間領域(Time Domain)画面に入ると以下のように表示が変わります(図 7.2)。

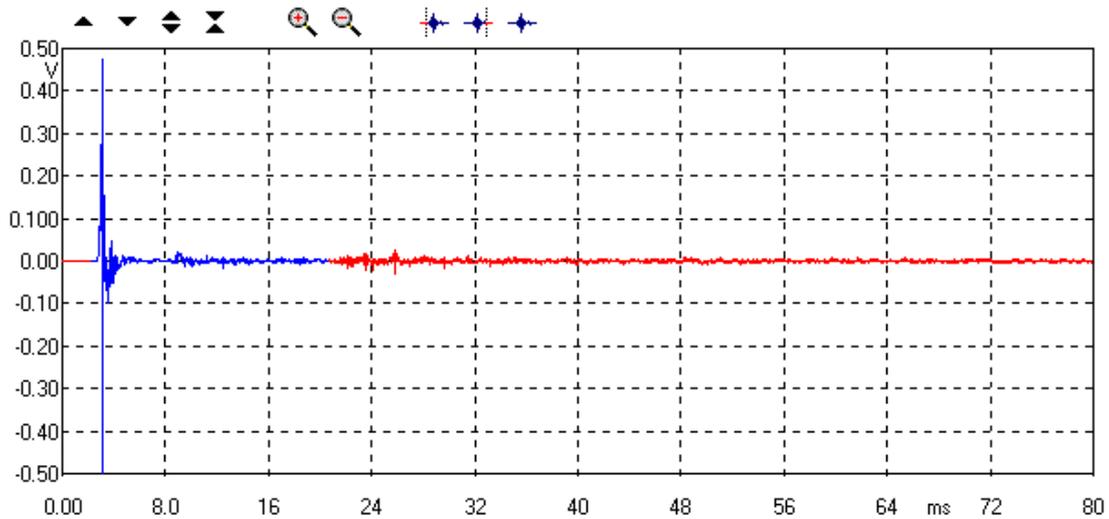


図 7.2

この画面ではオーバーレイ表示はできません。また、以下の 3 つのボタン操作でアクティブカーブの一部を選択することができます。アクティブカーブの一部を選んで始点と終点を決めると、その他の部分と違う色で表示されます。

- ◆ 選択したい位置の始点を設定します。
- ◆ 選択したい位置の終点を設定します。
- ◆ 上記 2 つのボタンの設定を破棄して初期状態に戻します。

8 マルチメータ

8.1 導入

マルチメータは、いろいろ操作しながらすぐに部品を測定できる装置です。CLIOwin に以下の機能が加わります。

- 音圧計(dBSPL、dBA、dBC)
- ミボルトメータ (V、dBV、dBu、dBr)
- 周波数カウンター (Hz)
- 歪率計(%、dB)
- L-C-Rブリッジ (H、uF、O)

マルチメータは F4 ボタンを押すと表示されます。マルチメータは各種信号の発信機能を持っていて、CLIO 全てで使用する基準レベルを測定することもできます。そういうわけで、マルチメータは CLIO の心臓部であり 中枢機能であるといえるでしょう。CLIOwin を起動したらマルチメータは必ずといっていいほど使います。マルチメータに表示される情報と制御機能は、他の機能で通常測定したのでは得られないことがわかるという意味で重要です。

8.2 マルチメータコントロールパネル

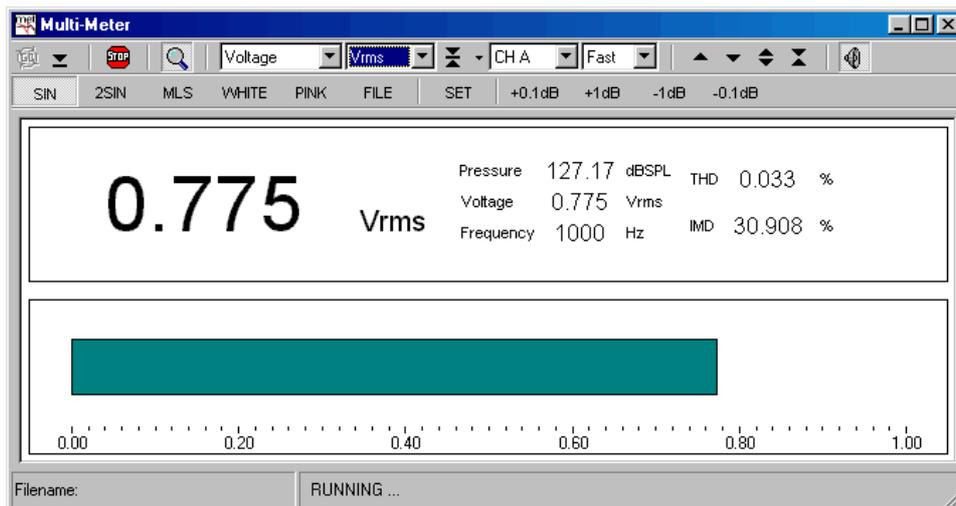


図 8.1

8.2.1 ツールバーボタン

- 🔍 測定を開始します。
- 📏 縮小した状態で測定します。値だけが表示される小さな画面になります(8.3.2 参照)。
- 🛑 測定を停止します。
- 🔍 測定されたパラメータを表示します。
- 🔊 全体基準レベル(またはマイク感度)として実際に読んだ値を取り込みます。8.3.3 と8.5.1 参照。
- 📏 横棒表示の大きさを変更するのに使います。
- 🔊 発信器コントロールツールバーを起動/停止させます(8.3.1 参照)。この設定は、CLIOwin の global settings の中に保存されます。

8.2.2 ツールバーのドロップダウンメニュー

parameter	測定するパラメータを選択します。
Unit	測定単位を選択します。
Channel	入力チャンネルを選択します。
Integration	表示スピードの速い(125ms)、遅い(1s)を選択します。LCR メーターには使用できません。単純な表示速度を変えるのではなく、設定された毎秒の測定回数の平均を取って表示します。

8.3 マルチメータの使い方

CLIOwin を初めて起動するときのマルチメータの使い方については3.4.1 で解説しました。1kHz の正弦波(0dBu 出力レベル)の発信器をマルチメータを使って測定しました。CLIOwin に慣れるためにも、本書で解説する測定をしてみてください。Magnifier ボタンを押すと、マルチメータが測定するときのすべてのパラメータを見ることができます(図 8.1)。見たいパラメータを選択すると、前面に表示できます。どのパラメータも違う単位で表わせます。例えば、高調波歪は%、あるいは dB で表わせ、入力チャンネルとインテグレーションの選択ができます。この最後のパラメータ(インテグレーション)は測定スピードに影響します。速いインテグレーションは累進的な平均回数で 125m 秒毎に測定し、遅い方は 1 秒毎に行います。プログラムはコンピュータのスピードを測定し、その平均回数を変えながらこれらの平均値を算出しています。

8.3.1 発信器のコントロール

メインツールバー上にある発信器ボタンを使って発信器のコントロールができます。スイッチオン・オフの機能については 5.4.3 を参照してください。このボタンでは単信号の発信器コントロールができ、またすばやく別の信号に変えられます。発信器コントロールツールバー(Generator control toolbar) が起動しているときには以下のボタンが使えます。

SIN	現在、設定されている正弦波を出します。デフォルト正弦波は 1031.25Hz の連続波です。
2SIN	現在設定されている2 周波数の信号を送ります。デフォルトは 1031.25Hz+2062.5Hz で、それぞれ 50%の比率です。
MLS	現在設定されているMLS 信号を出力します。デフォルトは 16383MLS シーケンスです。
WHITE	ホワイトノイズ信号を送ります。White.sig というファイルのデータを出力します。
PINK	ピンクノイズ信号を発生させます。pink13.sig というファイルのデータを出力します。
FILE	その場で選択したファイルの信号を出力します。デフォルトは all4096.sig です。
SET	発信器ドロップダウンメニューに入り、色々のボタンが出した信号を設定できます。詳しくは 5.4.3 を参照。
+0.1dB	出力レベルを 0.1dB ごとに増やします。SHIFT+F8 またはメインツールバーの SHIFT+? と同じです。
+1dB	出力レベルを 1dB ごとに増やします。F8 またはメインツールバーの? と同じです。
-1dB	出力レベルを 1dB ごとに減らします。F8 またはメインツールバーの? と同じです。
-0.1dB	出力レベルを 0.1dB ごとに減らします。SHIFT+F8 またはメインツールバーの SHIFT+? と同じです。

8.3.2 最小化表示

最小化表示ボタンを押すとマルチメータを縮小画面で実行できます。相対ボタン(Relative Button)を押すと、コントロールパネルが消え、画面手前に図 8.2 のように表示されたままになります。



図 8.2

この操作方法は大変役に立ちます。例として、正弦波信号の周波数値を表示したまま、高調波歪率を測定する場合を考えましょう。まず、FFT とマルチメータコントロールパネルをいっしょにたちあげます。そして FFT ウィンドウの中の Go ボタンを押すと2つの測定が始まります(詳細は 8.6 参照)。マルチメータの THD パラメータを選び、最小化ボタンを押します。図 8.3 のような測定状況が表示されるはずです。ここでは、0dBu で 1kHz の正弦波を発生させながら CLIO の出力レベルを直接、読み取ることができます。

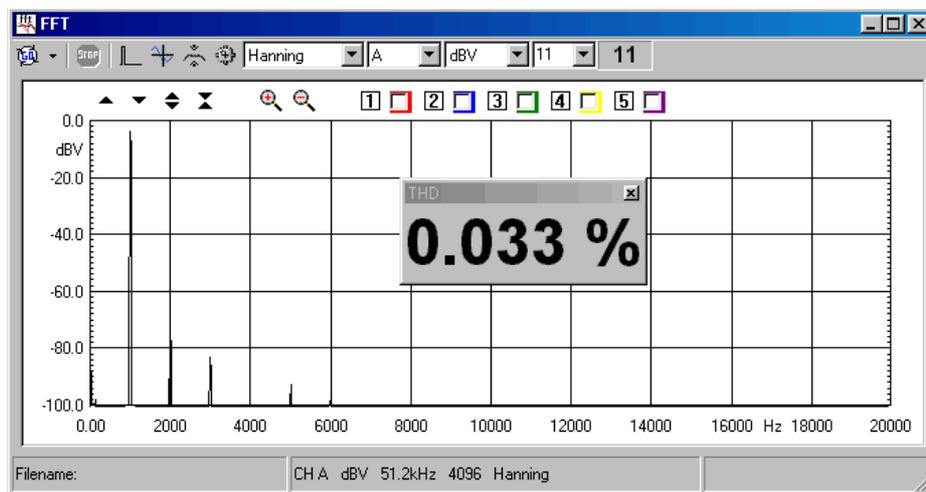


図 8.3

8.3.3 全体基準レベル(Global reference level)の取込み

他の測定値を基準レベルとして、値をどのように取り込むかを見ていきましょう。一度取り込みが行われると、同じ装置で行われる測定は dBRel を選択すれば何時もその値を参照します。例を挙げるために 3.5.1 で説明した校正を有効にする操作の解説に戻しましょう。

これは実質的に CLIO ボードの周波数特性の測定と同じです。値が校正されると直線が表示され、この測定から検出されたレベルは -5.2dBV です。後でこの測定結果を参照する時のために、このレベルを取込む方法を見て行きましょう。図 3.30 に示されているように、ボタンを押して CLIO ボックスの入出力をショー状態(入力 A と出力 A)に接続しておきます。MLS ボタンを押し MLS 信号(操作中に MLS が使うのと同じ信号)を出します。Go ボタンを押しこの信号の検出をすると、およそ 0.54V の値が読み取れます。MLS 信号は広帯域のノイズなので、Slow integration も選択してください。測定中に ボタンを押し、「標準レベルを変更しても良いか」という警告メッセージに Yes と答えたら、全体標準レベル(Global Reference Level)をセットします。最後に、ドロップダウンメニューを押して、読み取った値の確認をします。図 8.4 を見てください。Reference Level(標準レベル)が 0.545V にセットされているのが確認できます。

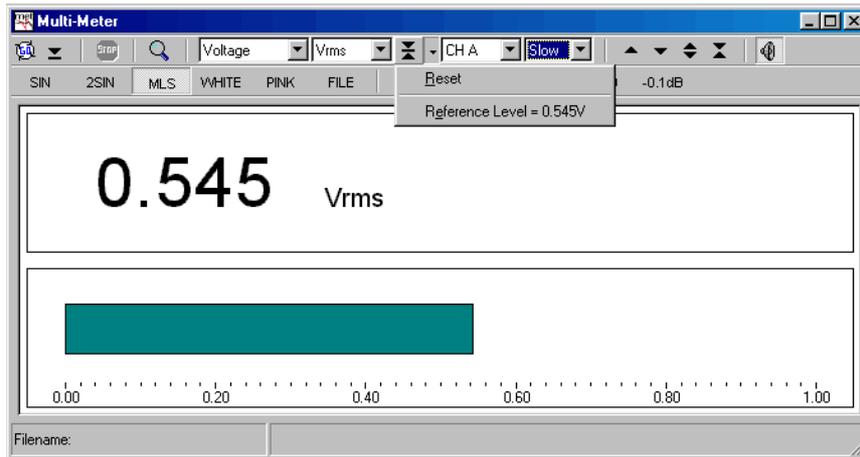


図 8.4

デフォルト状態(1V です)に戻りたいときはドロップダウンメニューの Reset を選んでください。単位として dBRel を選ぶと 0dBRel となるはずですが。

ここで MLS コントロールパネルに行き、周波数特性の測定でどのように基準値を参照できるか見てみます。MLS コントロールパネルを開き、dBRel を単位として選びます。そして測定に入ります。図 8.5 に示した状態になります。グラフは相変わらず直線ですが読み取った値は 0dBRel になっています。

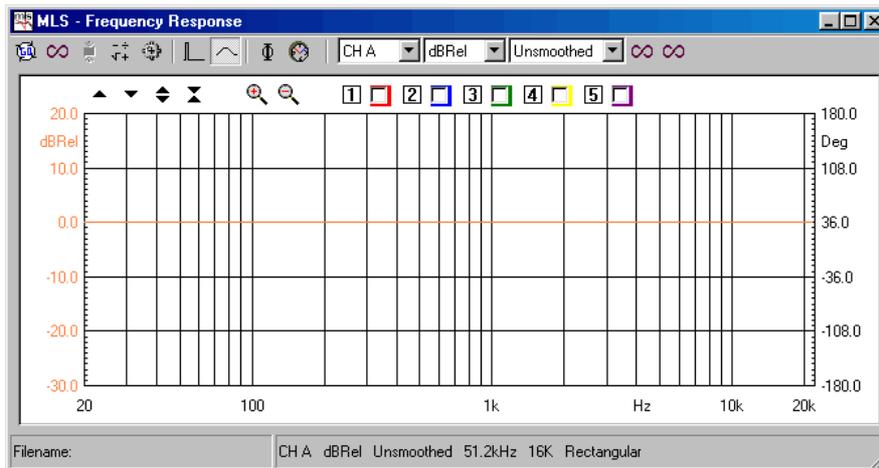


図 8.5

8.4 サウンドレベルメーター

パラメータの Pressure を選択するとマルチメータは音圧計として機能します。3 つの単位 dB SPL、dBA、dBC が使えます。dB SPL はサウンドレベルを直接読みとった数値の単位で、 $20 \mu\text{Pa}$ の音圧を基準にして直接読み取ることが出来ます。CLIOwin がこの測定を正確に実行するには、測定に使用するマイク感度を知る必要があります(5.4.4 参照)。dBA と dBC は周波数の重み付けをした測定値の単位で、環境ノイズや騒音による聴感上の迷惑度を評価するときに使われます。この 2 つの場合は測定の後処理で IEC-651 に規定された周波数フィルターを適用します。

8.4.1 マイク感度の取込み

音圧を測定する際、音響校正器のような基準音圧源があれば、測定系の校正ができます。両方のチャンネルの校正が可能です。

この場合、を押すと機器が音圧の値を読み取り、それを読み取りチャンネル基準として使います。多くの音響校正器と同じように、基準音圧の入力レベルは94dBです。このようにしてマイクフロントエントの感度(mV/Pa)が計算され、CLIOwin セットアップに記録されます。

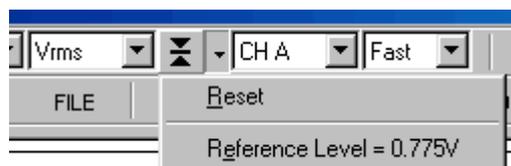


図 8.6

ドロップダウンを押すとマイク感度の読み取られた値が見られます。このとき、電圧測定の場合と違い、デフォルト値は18mV/Paです。これは Audiomatica の MIC-01(または MIC-02)マイクの感度のおおよその平均値です。チャンネル A の感度をどのように検出するか見てみましょう。

図 8.7 は Bruel&Kjaer 4231 音響校正器を MIC-02 のマイクにつないだ図です。



図 8.7

マルチメータが作動している状態で校正器をつなぎ、スイッチを入れます。状態が安定するまでちょっと待ってからを押します。図 8.8 のようなプロンプトが出ます。

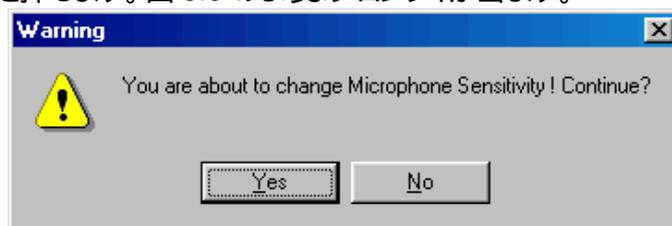


図 8.8

Yes と答えたら、入力チャンネル A ですべての音圧測定が始まります。新しい感度の値はマイク感度ダイアログで確認できます(5.4.4 参照)。

8.5 LCR メーター

これはマルチメータの付加機能でコイル、コンデンサ、抵抗の測定が可能です。この測定の基本はインピーダンスの測定で、内部モード(Internal Mode)で実行されます。インピーダンスに何がかかっているか、関連する接続やオペレーションについては第 13 章を参照してください。

このモードではマルチメータは発信器をコントロールして、測定がスタートしたら、さまざまな周波数の正弦波を出力します。測定に最良の周波数を見つけるためです。Magnifier ボタンを押すと、出力周波数が測定されたパラメータ数値と一しょに表示されます。

8.5.1 コイルの測定

この測定は簡単です。図 8.9 のように接続し、 で入出力ループを選択して、Go を押せば出来ます。テストに影響する最も重要な点は接続方法です。すべてのインピーダンス測定に言えることですが、ワニ口ケーブルを使用している場合は、金属部が酸化したり、バネが弱くなったりして接触不良が起きないように十分な注意を払ってください。



図 8.9

数秒後に数値が安定し、図 8.10 に示すような測定結果が出てきます。この例は 4.8H のコイルです。パネルにはテスト周波数も表示されます。この場合、2510Hz です。抵抗とコンデンサの測定も同じプロセスで行われます。

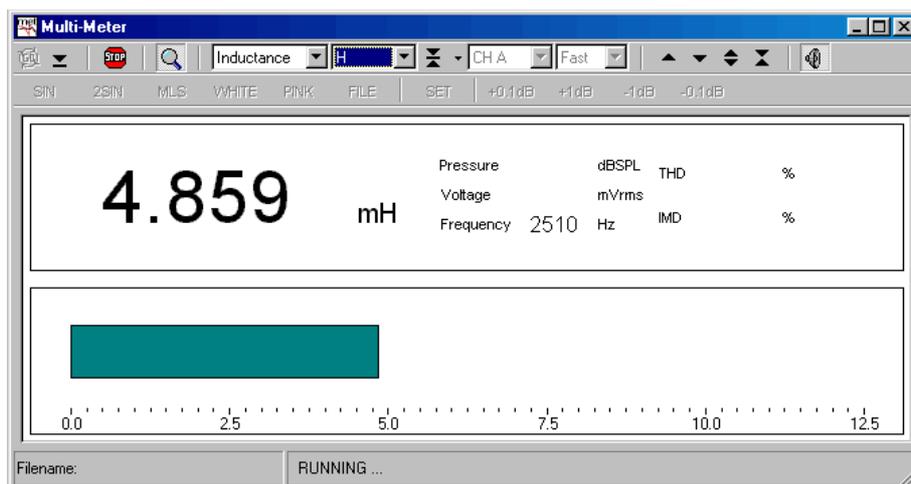


図 8.10

8.6 マルチメータとFFT の連携

マルチメータは、FFT コントロールパネルにあるものと同じデータ取込、処理ユニットを使います。測定を実行する際、FFT ルーチンをプログラムします(FFT の設定は必要に応じて変更します)。その後、バックグラウンドで FFT 測定を開始します。

2 つのパネルは同時に開き、起動することができますが、いつも FFT が主(マスター)で動き、マルチメータが従(スレーブ)で動きます。この状態のとき、マルチメータのウィンドウのタイトルは 'Multi-Meter (FFT slave)' と表示されます。FFT 実行中はスレーブ状態のパネルを操作することになるので、マルチメータウィンドウの Go&Stop ボタンは機能しなくなります。ですから FFT の Go&Stop ボタンを使って値の読み取りのスタート、停止をさせます。マルチメータの Integration Setting が無効な間、入力チャネルは FFT のチャネルの Integration Setting に従います。その理由は、この場合、測定時の Integration を決めている FFT average をユーザーが制御しているからです。それでも、スレーブ状態の操作の間でなければ、表示されたパラメータとその単位を選択できません。この時 LCR メータは、別の測定機能として使われているので LCR 測定の選択はできません。

FFT コントロールパネルを閉じると、マルチメータはすぐにスレーブ状態から解放されて個別測定の状態に戻り、単独で全ての機能が使えるようになります。

9 FFT とリアルタイム・アナライザー

9.1 導入

メインメニューバーからFFT機能を選択すると、高速フーリエ変換(FFT)を使い、入力信号をフーリエ解析して周波数特性を出します。測定したデータはナローバンド(narrowbands)、あるいは 1/3 または 1/6oct で表示されます。これはいわゆるリアルタイム・アナライザー(RTA)として使えます。

2つのチャンネルの同時測定や、コントロールパネルを操作してサンプリング周波数を選択し、発生した信号に対応するトガーをかけることが可能です。結果的に、時間領域と周波数領域の間で簡単に切替ができ、とても役に立ちます。

9.2 FFT コントロールパネル

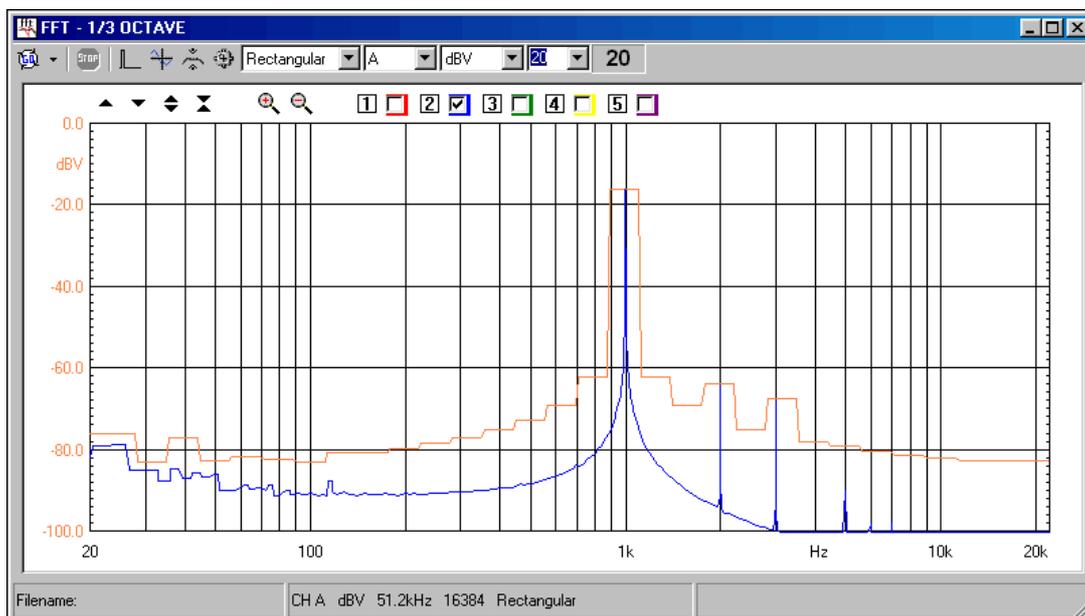


図 9.1 FFT コントロールパネル

図 9.1 は FFT と RTA のコントロールパネルです。FFT コントロールパネル・ツールバーとセッティングを示しています。

リアルタイム・アナライザーの操作は、単に FFT セッティングダイアログ(9.3 参照)内の周波数軸(1/3oct または 1/6oct のどちらでも可)の機能を適宜選択すれば実行できます。リアルタイム・アナライザーの操作を行っているとき、FFT のウィンドウのタイトルは“FFT 1/3 OCTAVE”または“FFT 1/6 OCTAVE”に自動的に変更されます(図 9.1 参照)。

グラフィック表示の詳細な説明(他の測定コントロールパネルと共通です)とその機能説明については第 7 章を参照してください。ショートカットについては 5.5.2 を参照してください。

9.2.1 ツールバーのボタン

-  FFT、あるいはリアルタイム・アナライザー(RTA)測定を開始します。ドロップダウンメニューを押して Continue スイッチを選べます。このモードでは測定は初期状態から始まるのではなく、前回止まったところから始まります。詳細は 9.6 平均化を参照してください。
-  実行中の測定を停止します。
-  内部トリガー操作を選択します。このボタンを押すと、発生した信号によってトリガーがかけられます。
-  時間軸表示になります。
-  ホールド機能が作動します。FFT 設定ダイアログに入力された状態に応じて、周波数ポイントごとに最小値か、最大値かのどちらかでホールドできます。
-  FFT 設定ダイアログに入ります。

9.2.2 ツールバーのドロップダウンリストと表示

画面上部のツールバーには、左から以下のようなドロップダウンリストがあります。

data window

次の中からデータの窓関数を選択します。

- レクタングラー (Rectangular (窓なし))
- ハニング窓(Hanning)
- ハミング窓(Hamming)
- ブラックマン窓(Blackman)
- バートレット窓(Bartlett(三角窓))
- フラットトップ窓(FlatTop)

Channel display

入力チャンネル、あるいは表示機能を選びます。

Y scale units

測定単位を選びます。

Target averages

測定するときの平均回数を入力します。平均化は FFT 設定ダイアログの内容でコントロールされています。詳細は 9.5 の平均化を参照してください。

Number of averages display

実際の平均値を表示します。回数が指数的に変化する平均計算なので、設定した回数に達するまで測定の間、数値が増加します。詳細は 9.5 の平均化を参照してください。

9.3 FFT 設定ダイアログ

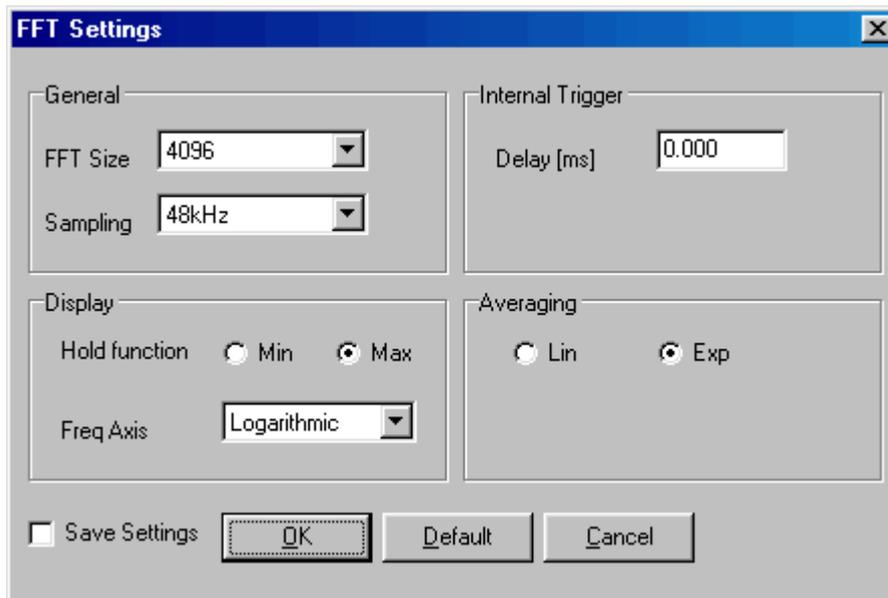


図 9.2 FFT 設定ダイアログボックス

FFT size	それぞれの FFT で検出され、処理されるサンプルの数を選択します。256 から 65536 ポイントから選べます。
Sampling	サンプリング周波数を選択します。サンプリング周波数は 51200, 25600, 12800, 6400Hz が選べます。
Hold Function	最小、あるいは最大値保持機能どちらかの機能を選べます。関連するツールバーボタンで選択します。
Freq Axis	4 つの FFT あるいは RTA のオペレーションモードが選択できます。 <ul style="list-style-type: none">- リニア周波数軸 (ナローバンド)- 対数周波数軸 (ナローバンド)- 1/3 オクターブフィルター (RTA)- 1/6 オクターブフィルター (RTA)
Delay	内部トリガーモードの時、処理遅延時間(ms)の入力を受け付けます(9.7 参照)。
Averaging	平均回数を直線的に増やすか指数的に増やすかを選択します。平均化(9.5)を参照してください。

9.4 FFT とリアルタイム・アナライザーの操作

FFT とリアルタイム・アナライザー(RTA)測定(マルチメータ測定も同じ、第 8 章参照)は、MLS や正弦波測定とは次の点で違います。相互にやり取りをすることと、ユーザーが測定時間と信号をコントロールするという点です。発生した信号にあまり注意を払わずとも、それから測定の結果を導き出すことができるでしょう。つまり CD-ROM に入っているテスト信号を使って、オーディオ装置を測定するときのように、このような仕事は外部に任せられるかもしれません。その場合、厳密に言うと FFT 測定は他の測定方法と比較してやや精度が落ちるかもしれません。前述したように、同期した MLS 測定を同じオーディオ装置検査の最初に導入する方が(多くの場合、実行不可能だとしても)確実に良い方法です。

FFT とリアルタイム・アナライザー(RTA)の性能は、測定の設定だけでなく、使われる信号によっても変わります。

CLIOwin には内部トガー(そして相対ディレイ)としての機能(すなわち発生した信号に同期したデータの取り込みのこともあります。11.4 で取り上げられている測定がどのように行われたか見ていきましょう 11.9、11.10、11.11 を参照してください。2kHz 10ms トーンバースト信号を使い、ツイータを動作させながら、音響測定をしてみました(バースト正弦波の設定に関しては 5.4.3 参照)。FFT 測定は内部トガで行いました。図 11.9 は測定の分析を示したもので、検出されたデータがツイータからマイクまでの伝播時間をはっきりと示しています。図 11.9 では分析が目的というわけではありませんが、同期取込の効果が出ています。音がマイクに届くときの遅れが表示されています。11.4 で説明しているように、望ましい結果を得るには伝播時間+デバイスが動き始めるまでの時間を引く必要があります。FFT 設定の内部トガーディレイを 1.5ms にして測ってみると 11.11 のようになり、装置の高調波歪が確認できます。信号レベルを変化させ、異なる振幅でツイータの歪みをテストすると更に色々なことがわかります。バースト信号を使うとバースト信号のデューティ比によって低い周波数が加わり、大電力が流れたときのユニットの損傷を防ぎます。

他に有効な信号として各種ノイズとマルチトーン信号があります。あらかじめ設定されている信号ファイルは all4096.sig というファイルです。マルチメータパネルの FILE ボタンを押すか、信号ファイルのリストから選んで発生させられます。名前からわかるように、マルチトーン信号は同じ振幅の 4096 波の正弦波を加えたもので、これは厳密に 1 回の FFT 処理の周波数範囲に入る信号からなっています。51200Hz のサンプリング周波数では 4096 点の解析周波数は 12.5Hz の整数倍になります。FFT サイズを変える場合は信号も変更すべきです。この信号を使えば単一の FFT における周波数特性を、平均化する必要なく評価できます。リアルタイム・アナライザ(RTA)測定の際にはノイズの中でもピンクノイズが必要とされます。CLIOwin には pink16384.sig のようないくつかの疑似ピンクノイズが用意されています。これは MLS 測定用にフィルターが掛けられたものです。リアルタイム・アナライザ(RTA)測定の際にこの信号を使えば疑似乱数の性質により、真のピンクノイズで解析するより数分の 1 の測定時間で安定します。使用する FFT 測定に合うファイル名を選んで使用して下さい。例えば、16k のリアルタイム測定では pink16384.sig 信号ファイルを使います。

注: コンピュータにおいて、1k は 1000 ではなく 1024 を意味します。16384 は 1024 x 16000 なので、16k は 16384 のことです。

RTA 解析の主な応用はオーディオセッティングの内容(リスニングルームのスピーカーの位置やカーオーディオの音質など)を評価することです。このような場合、ピンクノイズが信号として使われることが多いのです。そのような信号を使う目的で CLIO を使っていないのであれば、是非使ってみてください。この機能を持ったオーディオ用発信器はいくつかありますが、大変高価です。他の方法としては、テスト CD を使うことです。この場合には図 9.3 のグラフのような十分良い結果をすべての CD-ROM プレーヤーが出せるとは限りません。

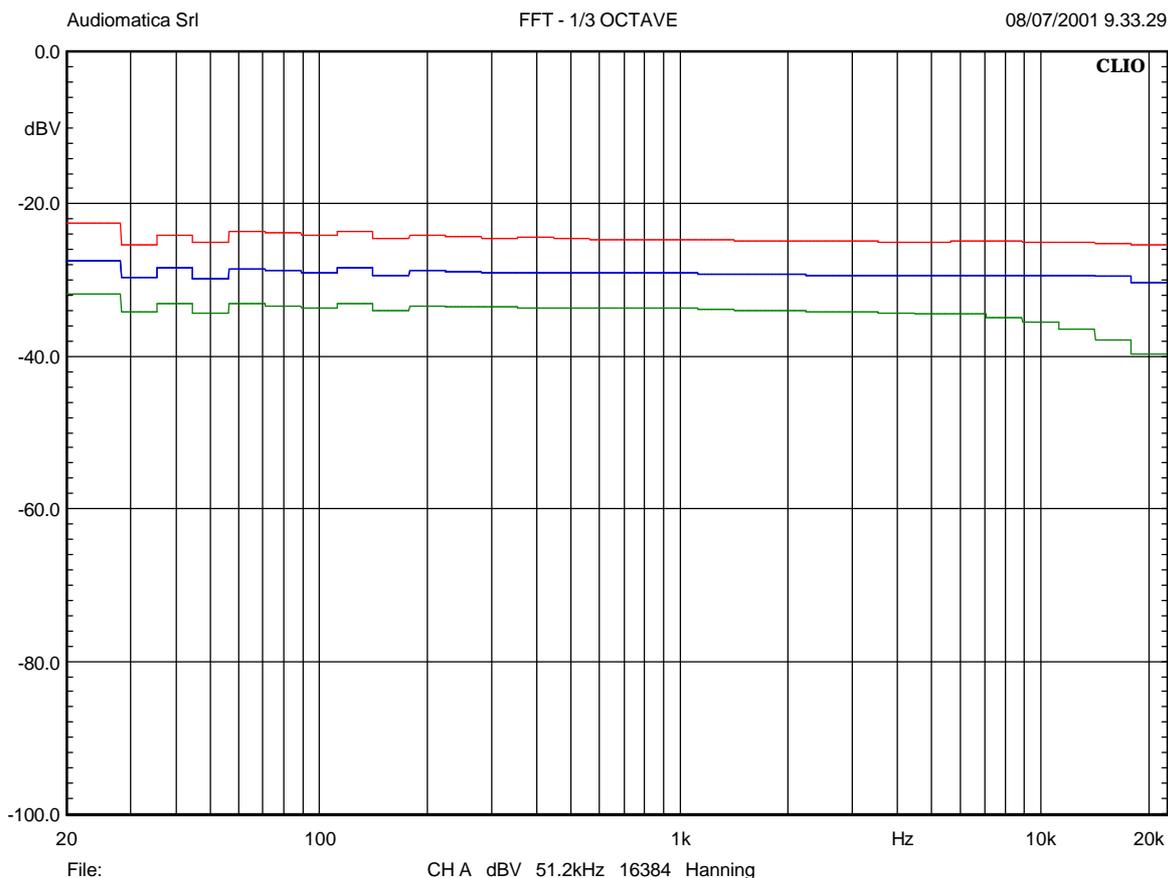


図 9.3

3つのグラフはすべて、真のピンクノイズを表わしています。解り易くするために、5dB ずつ、異なるレベルで出しています。一番上の赤い線は Audio Precision System 発信器の出力です。2番目のブルーはステレオフィールのテストCD をフィリップス CD692 CD プレーヤーにかけ、トラック4 を再生した結果です。3番目は、同じCD の同じトラックを、今この文章を書いているコンピュータ(Pioneer DVD Player plus Crystal Sound Fusion PCI Audio)を使って再生したノイズです。

リアルタイム・アナライザー(RTA)測定の際、20-20kHz の全オーディオ帯域をカバーしたければ、少なくとも16K の FFT サイズを使用してください。小さいサイズを使用するとFFT で全てのオクターブバンドの値が出ないため、レベルが出ない帯域が発生します。

9.5 平均化(Averaging)

平均化は FFT、RTA の解析で大変重要な役割を果たします。特に、ノイズに埋もれた信号を解析するときには必要不可欠です。空間測定の平均化の時にも重要です。CLIOwin は柔軟な平均化能力を備えています。平均を取るといことは値を合計しその数で割ることを意味します。平均化 FFT 測定を開始するときは、Target Average に設定した値より先大きな値を設定する必要があります。そうでないと ストップボタンを押すまでずっと繰り返される単一測定を毎回しなければならないこととなります。平均化の回数を直線平均(Linear averaging)か指数平均(Exponential averaging)にするかを選択することができます。それぞれの平均化モードで装置は違う動きをします。直線平均では、設定したターゲット値に到達するまで測定が進行された後、自動的に止まります。本書で説明したとおりの結果を得るでしょう。指数平均では、測定は勝手に停止しません。ターゲット値になっても1 番古い数値を捨て、より新しい方を重要とみなす数式に従って平均化を続けます。デフォルトは指数平均になっています。

例として図 9.4 に 1kHz 正弦波 FFT と100 回の平均化したものとを比較しています。

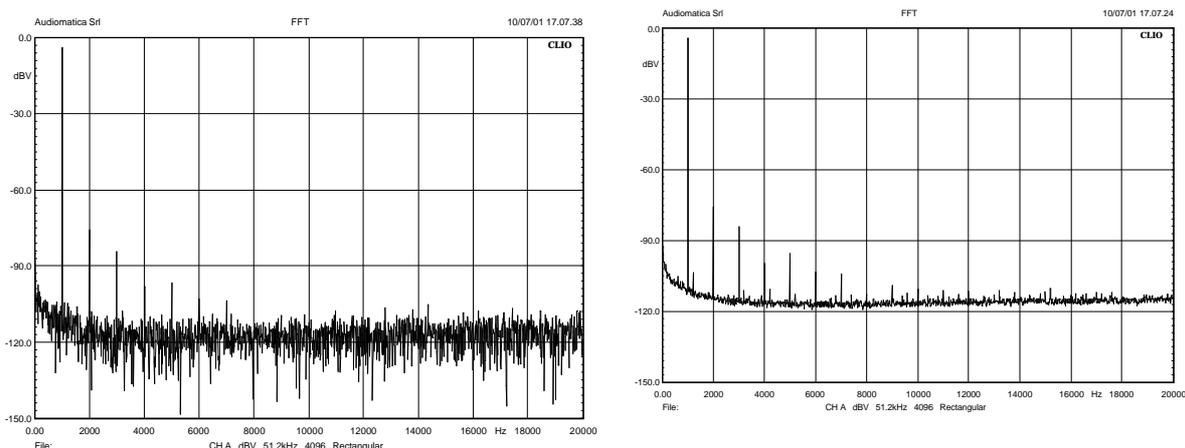


図 9.4

これはノイズに埋もれた信号の典型的な例です。正弦波の第 9 次高調波が 100 回の平均化でははっきりと見えますが、一回の測定では見えません。

平均化のもう一つ大事な機能は目標に達して測定が止まった時や、前の測定がディスクからロードされたときも平均化を続行できるということです。Go ボタンの横のドロップダウンメニューの continue を選ぶと機能します。



図 9.5

例を挙げると continue オプションを選択して空間測定の平均化ができます。図 9.6 はリスニングポジションにある測定器でリアルタイム・アナライザ(RTA)測定を行った数値(1/3oct)が 2 つ表わされています。黒い方は軸上で測定された結果の 10 回の平均です。赤い方は continue オプションを使い、これにさらにスピーカーを左-25 度、右+25 度に動かして測定した 11 種類の 10 回平均の結果を追加して出した値です。

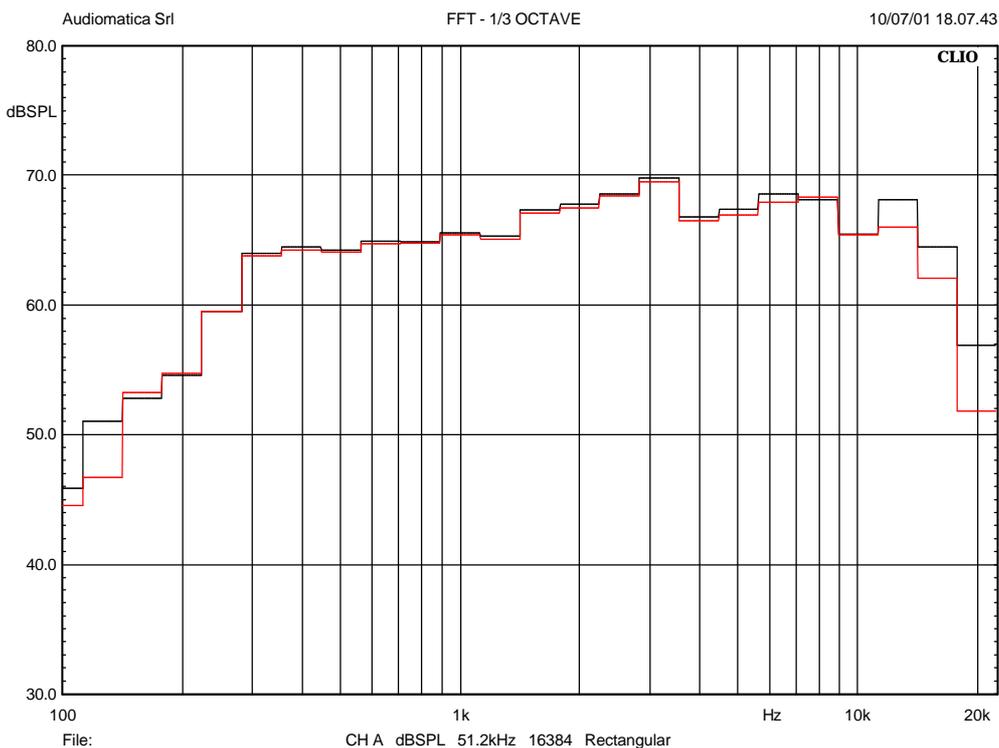


図 9.6

9.6 時間軸表示 (OSCILLOSCOPE)

時間軸表示は FFT、リアルタイム・アナライザー (RTA) 測定の補助的な表示です。図 9.7 には 16K FFT で検出され、解析された 100Hz の正弦波のデータが示されています。

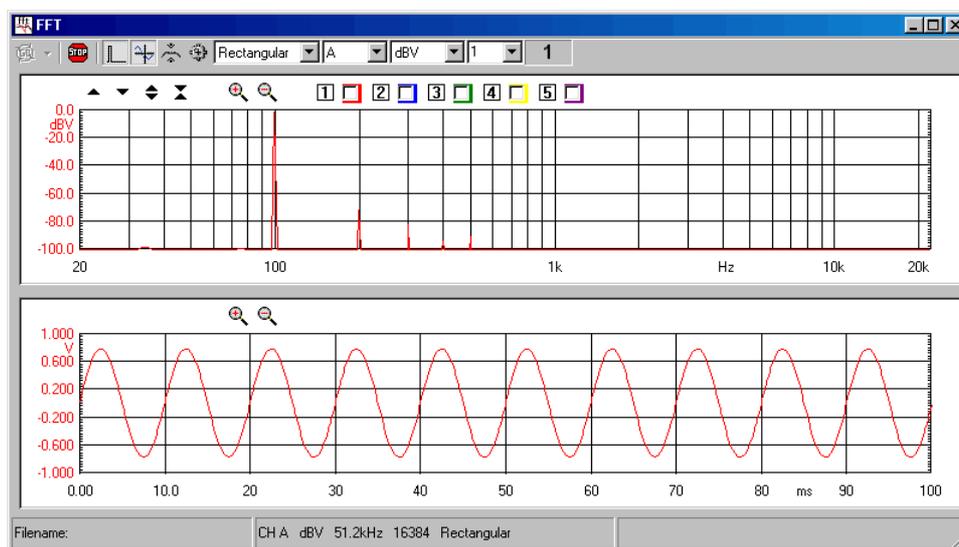


図 9.7

時間軸表示には自動スケール補正や表示された信号のトガーといったユーザーが制御できない機能があります。

表示される情報は CLIO で処理されたデータだけです。ユーザーはこれらのデータを拡大縮小することはできますが、1 回取り込んだデータだけが表示できます。図 9.8 にその影響を示しています。同じ 100Hz の正弦波が先端を切りつめたように見えます。これは最大表示限界に達したことを示し

ています。その値は 16K FFT 51200Hzのサンプリングの場合でちょうど 320ms になります。

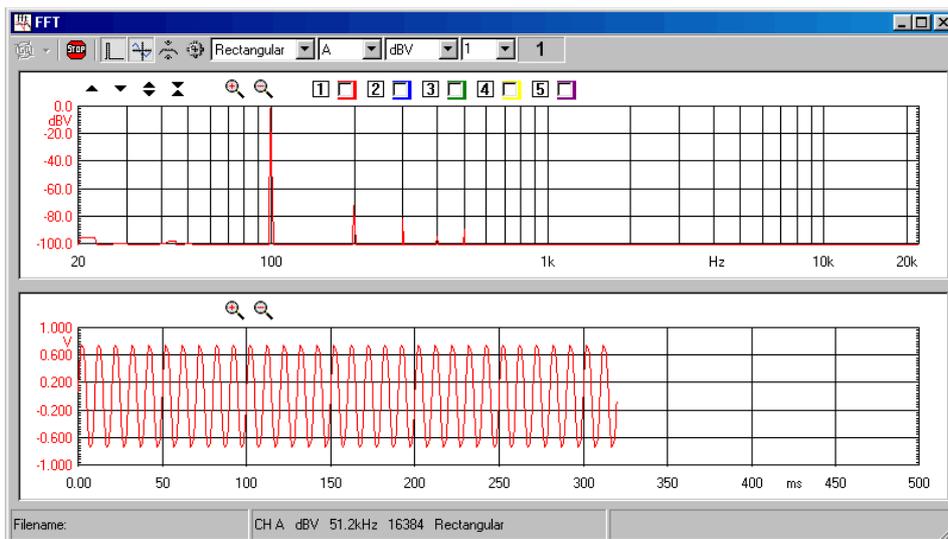


図 9.8

9.7 FFT とマルチメータ

FFT とマルチメータは相互に緊密に関係し合っています。2 つの測定は同じデータ取り込みと処理能力を共有しています。FFT コントロールパネルとマルチメータは主と従の関係でいっしょに動作します。さまざまな特徴がある中で、このような場合にマルチメータの Go&Stop ボタンは機能しなくなります。FFT 取り込みが開始した時や、マルチメータも作動している時に、測定を停止しようとした場合も同じです。詳細は 8.6 参照。

10 MLS

10.1 導入

MLS 解析(Maximum Length Sequences)は、強力で確立した技術を使い、インパルス応答を再生する装置の解析ができます。ですから MLS は時間基準の解析と言えます。インパルス応答の高速フーリエ変換(以後 FFT と略します)を計算して周波数領域の情報が得られます。重要な情報は時間領域の中にあるので、MLS はスピーカーの無響室での音圧特性の再現に特に適しています。言い換えると、普通の部屋で測定を実行しながら、無響室で測定したかのようなスピーカーの周波数特性が得られるということです。室内音響パラメータの完全な評価ができることも同じように重要です。このメニューでは CLIO に搭載された強力な後処理ツールを使って、ユーザーは時間領域から周波数領域に戻すこともできます。この機能により、どのような電氣的音響装置に関しても精密で完全な情報を得ることができます。この機能の理論と測定結果に影響する多くのパラメータがあるため、メニューは少し複雑になっています。MLS 理論の説明は省き、ユーザーインターフェースの簡潔な説明の後、実際の応用を取り上げることになります。

10.2 MLS コントロールパネル

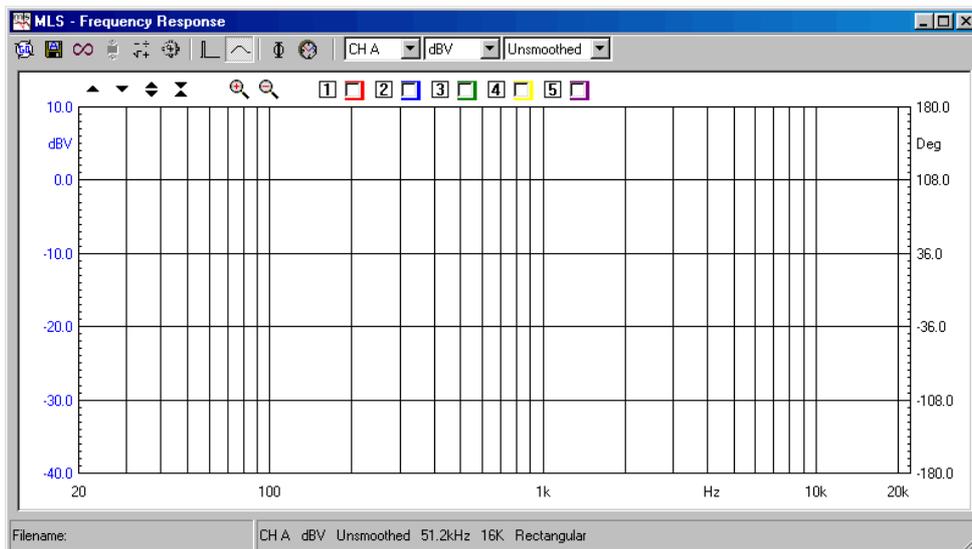


図 10.1

10.2.1 ツールバーボタン

 MLS 測定を開始します。

 このボタンを押すと測定が自動保存されます。現在の自動保存設定が適用されます。詳しくは 6.3.1 を参照してください。

 ループモードを選択します。ループモードのときには、キーを押すかこのボタンを OFF にするまで MLS 測定が自動的に繰り返されます。自動保存機能が動いているときは、すべてのファイルの自動保存が終わるとループモードも終わります。

 MLS 測定が終了すると、自動的に後処理が始まります。

 MLS 処理ダイアログに入ります。

 MLS 設定ダイアログに入ります。

 時間領域に変わります。

 周波数領域に変わります。

 位相を表示します。

 群遅延を表示します。

10.2.2 ツールバードロップダウンメニュー

Input channel

使用する入力チャンネルを選択します。

Y scale unit

縦軸の測定単位を選択します。電圧(dBV、dBu、dBRel)、音圧(dBSPL)、インピーダンス(O)が選べます。

Smoothing

起動中のグラフの周波数特性を平滑化させます。この平滑化で応答カーブの一般的特徴の見栄えがよくなります。ここで使われている平滑化とはそれぞれの解析周波数を中心としたバンド幅の中のすべての値を平均化しているものです。

10.2.3 MLS 設定ダイアログ

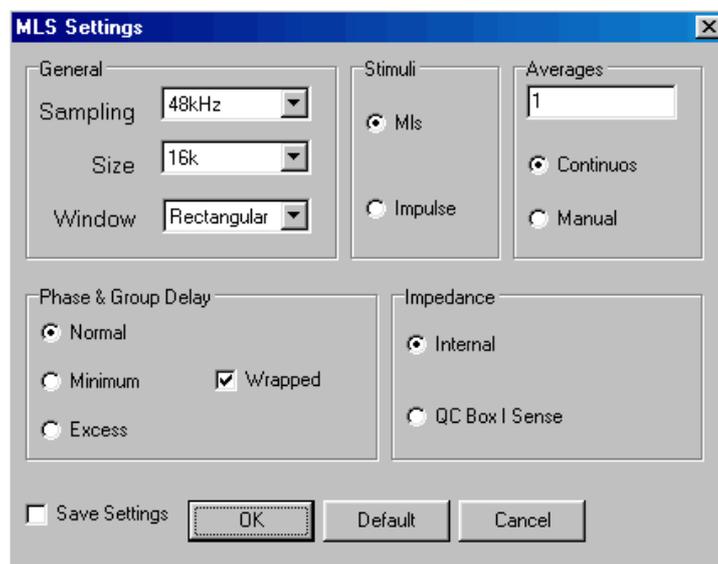


図 10.2

sampling

測定サンプリング周波数を選びます。

size

MLS シーケンスのサイズを選択します。

window

時間データ解析に適した窓関数を選びます。rectangular、Hanning、Blackman が選べます。Hanning とBlackman は全幅と半幅(1/2)が選べます。

注 :これらの窓関数はFFTで変換される時間区分に適用されます。開始位置がインパルスに近いと全幅では、立ち上がり時間のために時間応答の最も重要な部分が無効になってしまいます。窓関数の効果を評価するには第9章、またはFFT測定の記事を参照してください。

Stimuli

インパルス応答の測定に使われる信号の種類を選びます。

Averages

操作時の平均化モードを制御します。測定は、設定した回数だけ繰り返され平均化されます。測定速度は犠牲になりますが、S/N の良い値が得られます。Continuous は平均の値を最短の時間で検出します。Manual では、測定中にキーが押されるのを待ちます。例えば、異なるマイク位置での測定値を平均化するのに役立ちます。

Phase & group delay

位相(群遅延)応答を検出する方法を選びます。

Normal は時間領域データを照会し、位相(群遅延)カーブを表示します。

Minimum は最小化位相(minimum phase behaviour(例.対数強度ヒレベルト変換))を仮定して、現在のカーブと関連する位相(群遅延)カーブを計算し、表示します。

Excess は Normal と Minimum の差としての位相(群遅延)カーブを計算し、表示します。

位相表示は±180 度で折り返すかそのまま折り返さずに表示することも出来ます。

Impedance

インピーダンス測定を実行するときには、内部インピーダンスモードを参照するか、CLIOQC Amplifier&Switchox Model 2 and 3 の電流検出(I sense) 機能を使います。

10.2.4 MLS 後処理ツール

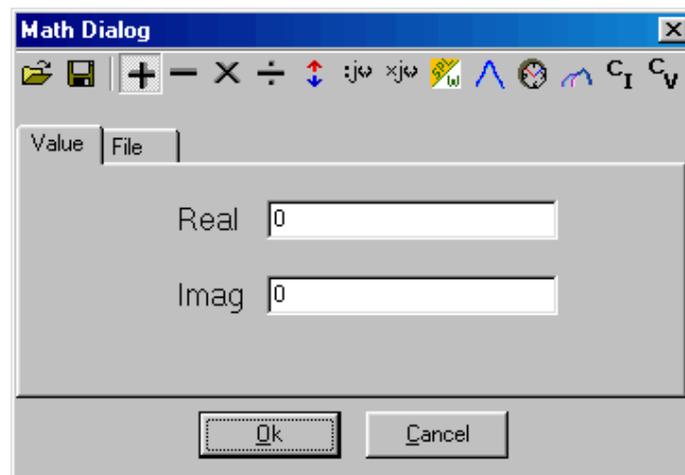


図 10.3

📁 MLS プロセスを読み込みます。

💾 MLS プロセスを保存します。

⊕ 実行中の測定に、データの数値や同じ種類のファイルを加算します。

⊖ 実行中の測定からデータの数値や同じ種類のファイルを減算します。

⊗ 実行中の測定にデータの数値を掛けたり、同じ種類のファイルを掛算します。

÷ 実行中の測定をデータの数値で割ったり、同じ種類のファイルを割算します。

↕ dB の数値によって実行中の測定をシフトさせます。

✖ 複素周波数を実行中の測定にかけます。

÷ 複素周波数で実行中の測定を割ります。

🔊 スピーカー端子で測定された基準測定ファイルを使って 1m での感度(SPL/W)を計算します。メモリの単位は dB SPL ですが、基準ファイルの単位は dBV です。

⌒ オクターブバンドフィルターを使って実行中の測定を処理します。バンド中心周波数とバンド幅を入力できます。

🕒 一時的に、実行中の測定を ms 値に変更します。位相応答に影響します。

- 実行中の測定結果を、選択した同じ種類のファイルのデータに重ねます。
- C_I** 定電流インピーダンス測定ファイルと実際の測定結果を組み合せます。どちらのファイルも dBV で表わされている必要があります。
- C_V** 定電圧インピーダンス測定ファイルと実際の測定結果を組み合せます。どちらのファイルも dBV で表わされている必要があります。

10.3 インパルス応答コントロールパネル

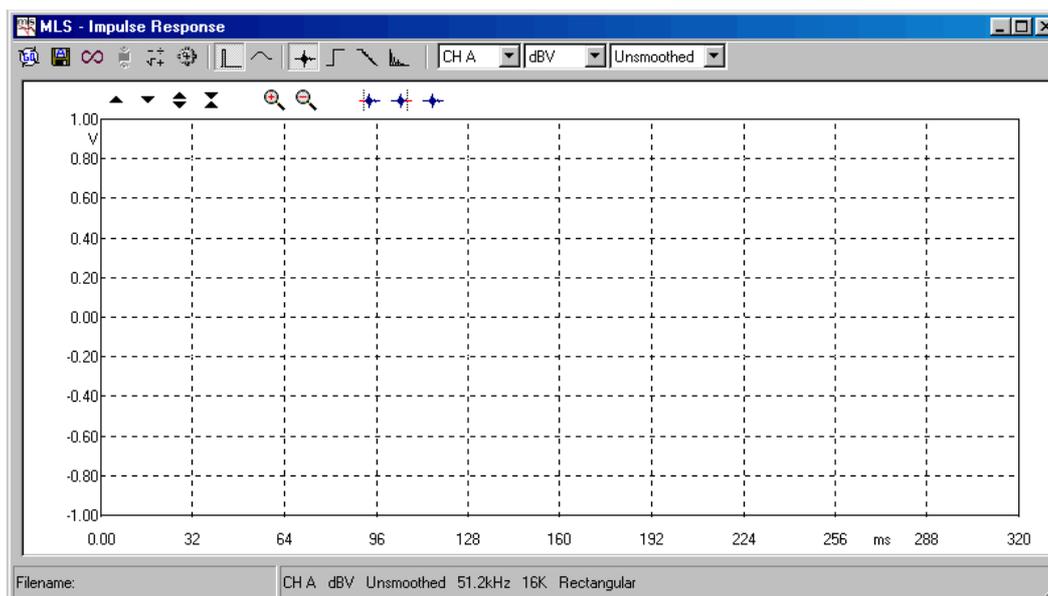


図 10.4

10.3.1 ツールバーボタン

以下のツールバーボタンは周波数領域コントロールパネルのものとは異なります。

- ✦ インパルス応答を表示します。
- ┌ ステップ応答を表示します。
- ∞ シュローダー減衰を表示します。
- 📊 エナジータイムカーブ(ETC)を表示します。

測定エリア内にある以下のボタンは、このコントロールパネルに固有のものです。詳細は第 7 章を参照してください。

- ✦ 測定ウィンドウの開始点を選択します。
- ✦ 測定ウィンドウの終了点を選択します。
- ✦ 解析のために選択された全ての数値をもとのデフォルト状態に戻します。

10.4 周波数特性の測定

MLS 測定の結果に影響するあらゆる要素について1つずつ解説していきます。

10.4.1 測定レベルについて

MLS メニューを初めて開くとX軸に周波数のあるグラフが出てきます。すべての情報の源はこの時間領域の中に入っていますが、この方法は少しずつ測定する方法をさらに簡便にしたものです。実際、前述した項目で説明したような設定を全く無視しても直感的な情報が得られます。下のグラフはテスト中のデバイスの周波数特性です。最初の手順はAカーブ重み付けフィルターの測定結果です。すべての設定はデフォルト状態にしておいて測定レベルにだけ注意を払います。測定対象はメインアンプでもなくスピーカーでもないので、出力を0dB(-5.21dBV MLS 信号)に設定しても損傷を与えないでしょう。CLIO の出力 A をデバイス入力に接続し、CLIO 入力 A をデバイス出力につなぎます。入力オートレンジを稼働させ、Go ボタンをクリックします。その結果が 10.5 に示されています。

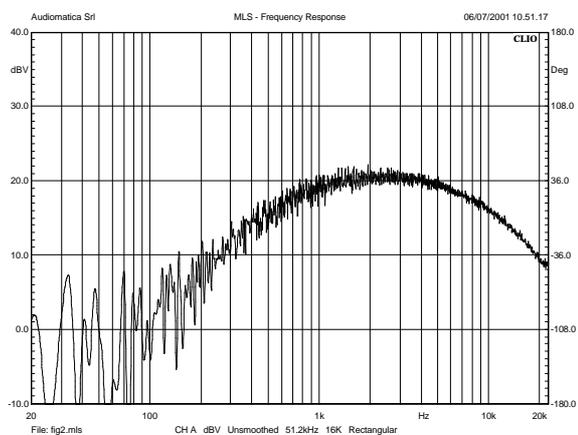
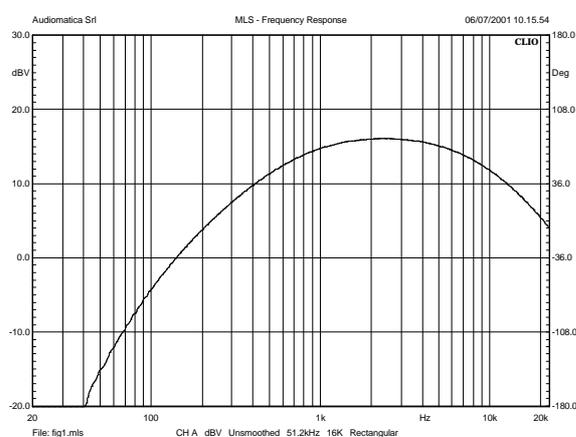


図 10.5 図 10.6

カーブは 2.5kHz で 16dBV(6.3V)に達します。このデバイスにとっては非常に高いレベルです。トラブルが起きないか見ながら、CLIO 出力を+6dB まで増やし、もう一度測定した結果が図 10.6 です。デバイスは飽和状態になりました。もっとはっきり言うともはやニアではありません。MLS のプロセスはすべてデバイスがニアであるという前提で進みます。もしそうでなければ、経験を積んでいないユーザーは結果を見ただけでは、何が起きているのか理解できないでしょう。測定レベルをチェックすることはテストするデバイスのゲインがわからないときには特に重要です。この実行にはマルチメータとMLS 信号を使用します。

10.4.2 MLS サイズ

MLS サイズとは MLS シーケンスを定義する信号データの数のことです。信号が再び最初から送られるまでに出力される信号の数を指します。CLIO では MLS サイズは 4k から 128k です。これらの用語はコンピュータの分野でも使われていますが、正確な数ではありません。本当のサイズは 2 の累乗で、4k は 4096 点、128k は 131072 点が最も近い値です。MLS サイズを設定した後でまず重要なのは、いつも送った MLS 信号を再現できるインパルス応答の長さです。ユーザーからみればこのインパルスがどのくらいの時間になるのかが問題となります。言い換えれば、これはサンプリング周波数の設定によります。サイズはサンプリング周波数によって割算されるので簡単に計算できます。デフォルトはサイズ 16k とサンプリング周波数 51200Hz の場合、 $16384/51200=0.32$ 秒となります。

これについては後で詳しく説明します。ここでは CLIO がこのサイズを FFT にも使っていることを知っていただければ十分です。これが重要なのは検出される周波数解像度はサンプリング周波数を

FFT サイズで割算するのと同様に計算されるからです。標準設定では、この数値は $51200/16384=3.125\text{Hz}$ です。これは高い解像度と言えます。しかし、対数周波数軸の単位であるオクターブ、またはオクターブ比で言うと、 3.125Hz は 10kHz の $1/2218$ オクターブですが、 10Hz では $1/3$ オクターブとなります。

例を挙げるとわかりやすいでしょう。ツインノッチフィルターを測定します。2つのサイズの周波数解像度の測定の中で最も難しいケースでしょう。データサイズは 8k と 64k で、そして2つのノッチ周波数は 10k と 63Hz の場合です。結果は図 10.7 に示しました。

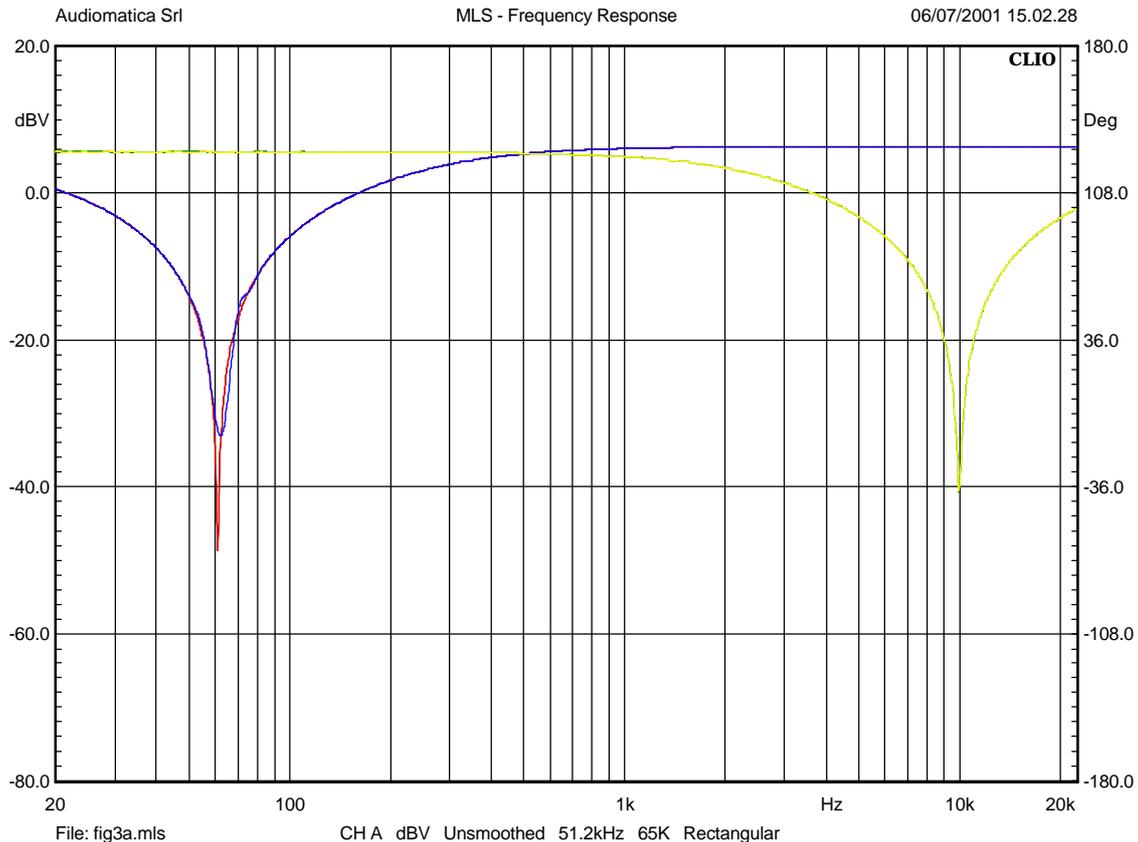


図 10.7

面白いことに測定は4回行われたのに、3つのカーブしかありません。10kHz、8k サイズでは解像度が大き過ぎ、カーブが64kのカーブに完全に隠れてしまいました。一方、63Hzの64kの赤いカーブは青の8kと異なっています。もう一つのパラメータ、サンプリング周波数がここで関わっているのがわかります。これを使って、1回目のインピーダンス測定を行いましょう。CLIO 内部モードを使います。今度の標準設定はY軸の単位を0に変えるだけです。プロ用15インチウーハを、サイズは16kのまま、51.2kHzと6.4kHzで測定します。出力レベルは図 10.8のように+12dBに設定します。結果は図 10.9 に示されています。

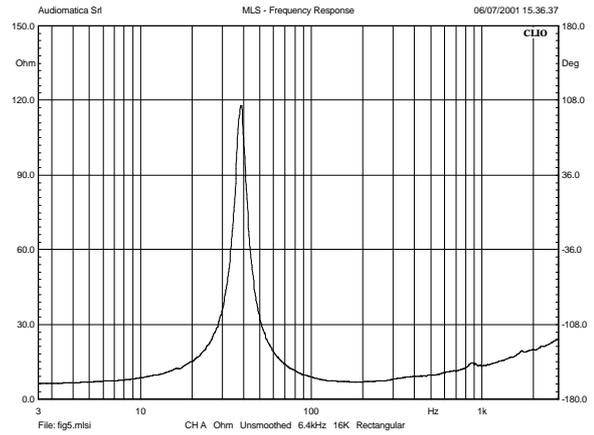
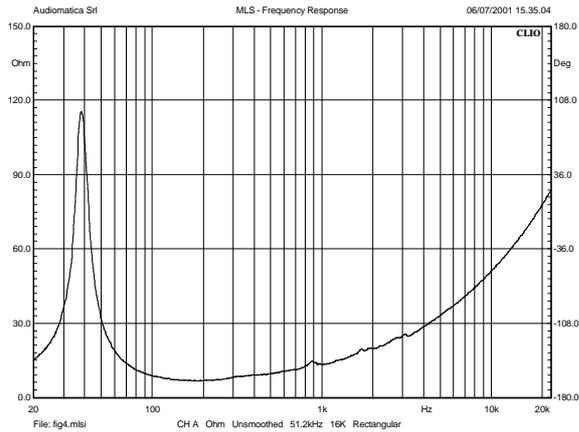


図 10.8 図 10.9

関連する相違点は周波数レンジです。6.4kHz のサンプリングレートでは共振点の両側ともはっきりとみえます。この設定におけるティール&スモールパラメータはさらに正確に求まるでしょう。特に、付加質量法を使用するとFs はさらに低下します。しかし、もっと重要なことはFs のインピーダンスは51.2kHz のとき1150、6.4kHz のとき1180 と異なるという事です。

10.4.3 音響周波数特性

これまで CLIO と単純なケーブルを使って測定してきました。さて、これからは音響測定に入ります。我々は特に時間領域に注目しています。そのために新たに 2 つの外部装置、マイクとパワーアンプを使います。接続を図 10.10 に示します。

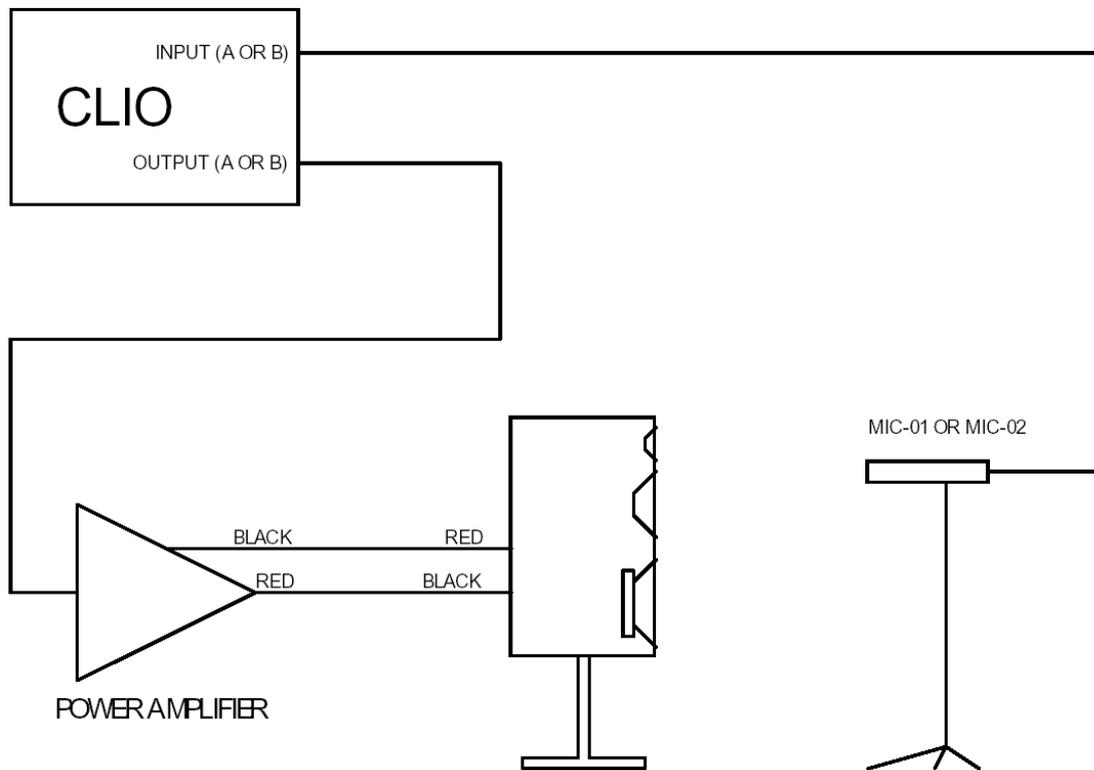


図 10.10

アンプからスピーカーへの接続は極性を反転させていることに注意してください。多くの場合そうですが、これは通常のアンプが正相出力であるという前提に立っています。MIC-O1(またはMIC-02)は極性が反転しています。多くの測定用マイクは極性が反転しています。極性が反転していても周波数特性は変わりませんが位相は変わります。図 10.11 に、マイクとスピーカーの置き方、床への設置方法を示します。

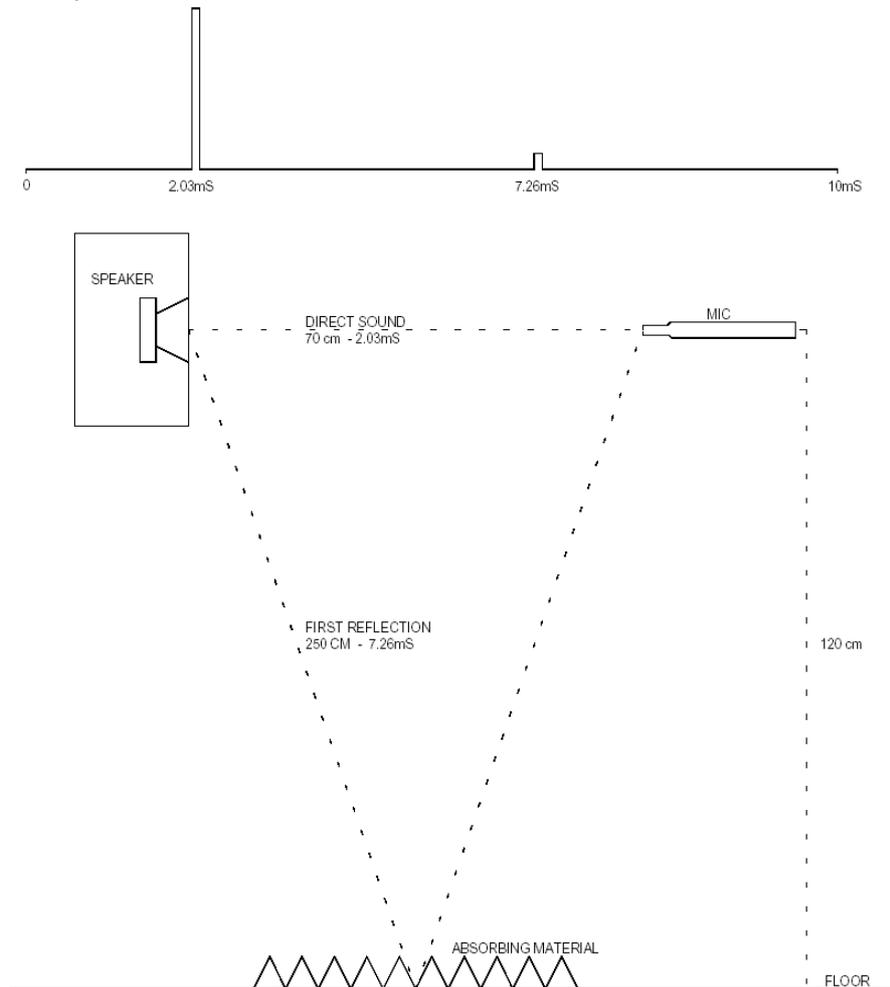


図 10.11

その他の反射面は床からより遠く離れているようにします。マイクが直接 CLIO ボードに接続されているなら、マイクの電源をスイッチオンにすることを忘れないように。もうひとつ重要なのは正しいマイク感度をマイクのダイアログウィンドウに正しく入力することです。マイクダイアログは正しい測定レベルを設定するのに重要です。測定レベルについてはもうすでに話していますが、間違えると危険です。使用するアンプが 30dB のゲインがあり CLIO 出力レベルを 0dB にセットした場合、アンプは約 40W/8Ω に相当する出力電流を流します。この電流がアンプから流れるとツイーターは燃えてしまうでしょう。アンプの最大出力電圧が低い場合には飽和状態になり、さらに速いスピードでツイーターは焼けてしまいます。このようなトラブルを避けるには次のようにしてください。CLIO の入力のアートレンジを稼働し、マルチメータを開いて、パラメータドロップダウンから音圧を選んでください。環境ノイズの値を読み取れるでしょう。図 10.12 には我々が測定した環境ノイズの値が出ています。

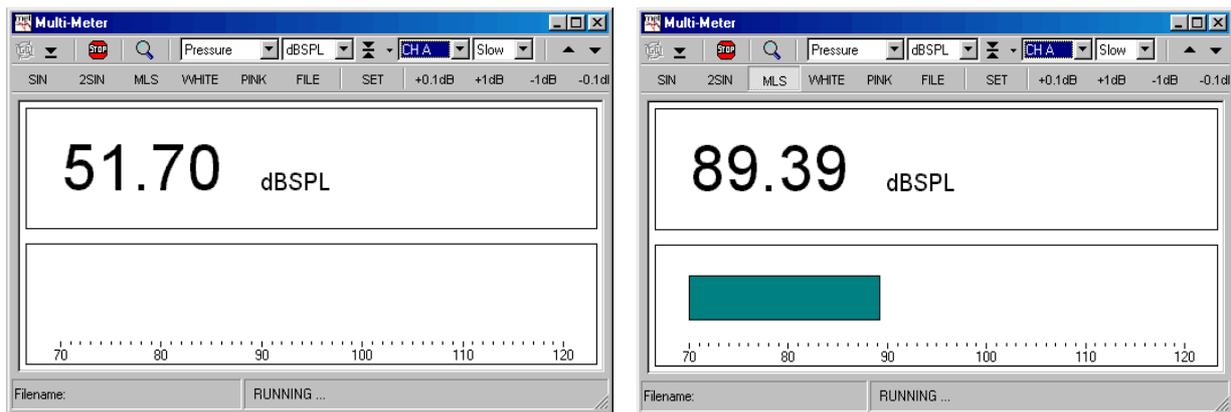


図 10.12 10.13

さて、CLIO 出力レベルを非常に低く $-30 \sim -40\text{dB}$ にセットしてみましょう。MLS 信号を出して図 10.13 のように CLIO 出力レベルを $85 \sim 90\text{dB SPL}$ まであげましょう。マイクをスピーカーから $70\text{cm} \sim 1\text{m}$ 離していれば、この状態が保たれます。それでは MLS メニューに戻り Y 軸の単位に dB SPL を選んで Go をクリックします。テストしたスピーカーは 1978 年製、Rogers LS3/5A です。図 10.14 に結果が出ています。

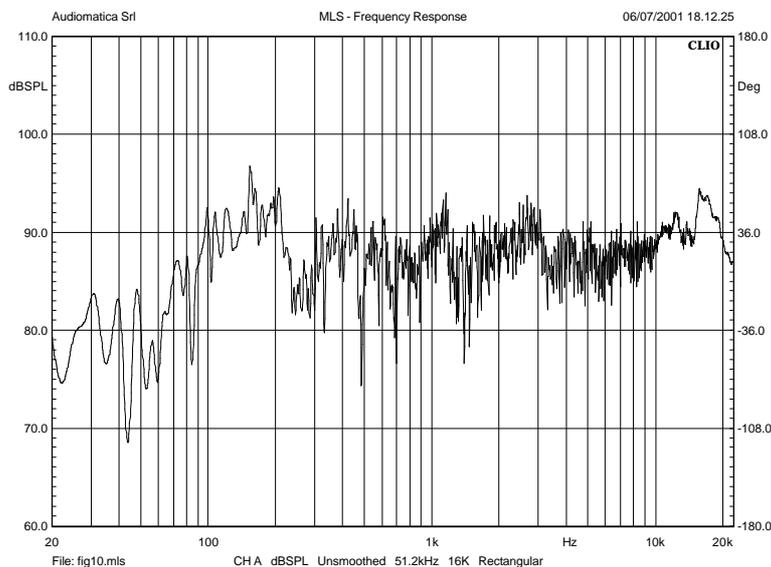


図 10.14

室内でのスピーカー測定は無響室での測定からは程遠い様子がわかります。時間領域を検討するのに、時間領域ボタンをクリックして図 10.15 と 10.16 の結果を得ました。最初から 11ms まで表示できるように拡大し、その後 Y 軸を拡張して縦に伸ばしました。

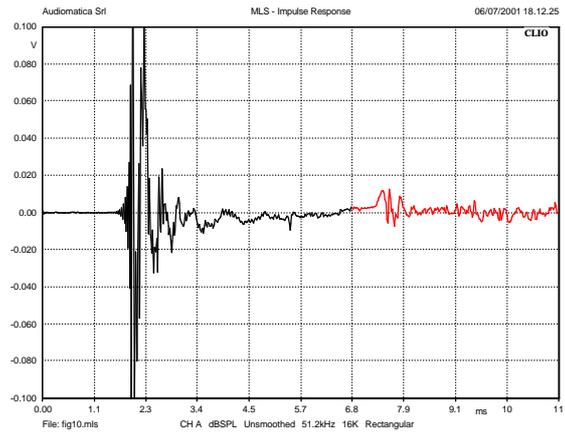
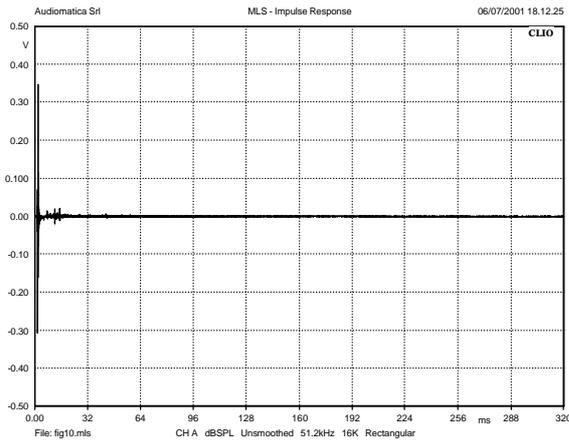


図 10.15 10.16

もう一つ大変重要な事は、図 10.11 に示したように、7.3ms で床のために最初の反響が見えるので、マーカーを床の反射の直前 6.8ms にセットし、ストップウィンドウをそこにセットしました(第 8 章 8.5 参照)。FFT 測定が実行される前に 6.8ms の後のインパルス応答のすべての値は 0 に設定されます。このようにして反響のない環境をシミュレーションします。周波数領域ボタンをクリックすると図 10.17 のように表示されます。

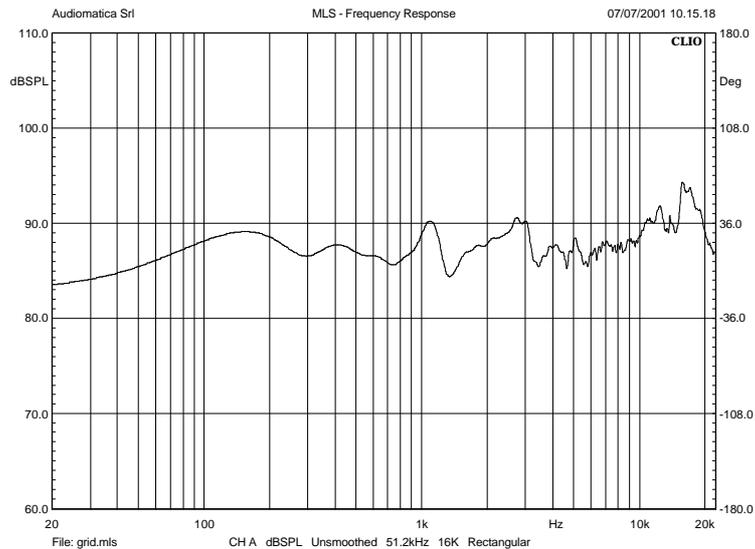


図 10.17

さて、状況が改善され無響室の応答に近くなってきました。努力なしでは完成しません。しかし、低域の周波数応答が、このような小さなスピーカーにはきわめて良く見えます。ストップウィンドウによって残りを 0 にした結果、スペクトラムの低域情報が得られなくなったためです。計算される周波数間隔は、選択されたインパルスの長さ分の 1 によって決まる周波数ごとになります。この場合は 6.8ms のインパルス長を選びましたので、 $1/0.0068=147\text{Hz}$ でしょうか。違います。我々は更にインパルスの最初の 2ms をカットしています。これは音が出る前の何の情報も送っていない伝播時間の分です。図 10.18 に示すように、周波数特性にまったく影響することなくインパルスを選択できましたが、その場合位相応答は大きく影響を受けています。

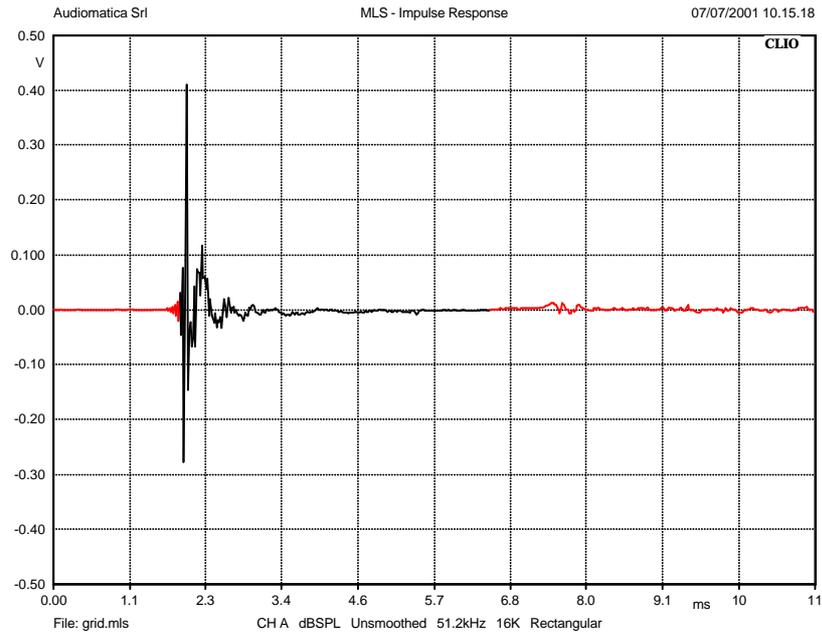


図 10.18

正しい計算は $1/(0.0068-0.002)=208.33\text{Hz}$ です。測定した部屋で最小の対面距離は床から天井です。こういうケースは非常に多いのです。この距離は 4m あります。スピーカーにとって最適な測定位置は、床と天井のどちらからも 2m の位置になります。次に考慮しなければならないのはマイクとの距離です。距離があればあるほどインパルスの不要な部分を差し引かなければなりません。しかし、完全なスピーカー測定を行うには 70cm 以下の距離はお勧めできません。これより大きいスピーカーなら 1m まで増やした方が良いでしょう。しかし、スピーカユニットが 1 台の測定なら距離を短くした方が有利かもしれません。

10.4.4 位相と群遅延

図 10.5、10.8 のようなグラフを周波数特性と呼びます。X 軸の周波数に対して 2 つの値を持ちます。周波数に対応する単位は Y 軸で、電圧 (Volt) と抵抗 (Ω) です。どちらの単位も複素数で (実部と虚部があります) それらの量が表わされます。このテストをしていて大変役に立つ情報を得た代わりに、元のデータは捨てています (膨大な量の実数と虚数からも同じ値が計算されてしまいます)。情報を捨ててもそれがこの作業にどう影響を与えるかは、このグラフを使って何をすれば良かったのか、求めている疑問が何であったかによるでしょう。図 10.5 を見ると A フィルターというのは、たとえば 100Hz が 1kHz に比べてどれくらい信号が減衰しているかという疑問が浮かびます。マーカーでグラフにあたれば 19.3dB と答えが出ます。IEC651 の規格書を持っていれば A フィルターの仕様を見て減衰量が 19.1dB \pm 0.5dB だとわかりますから、測定結果が妥当だったと判定できます。図 10.8 を見て別の疑問を考えて見ましょう。もし 100Ω の抵抗を直列にウーハにつないだら、10kHz の信号はどれくらい減衰するのでしょうか。正しい答えはすぐには出ません。別の情報が必要になります。それは位相です。図 10.19 は 10.8 と同じ測定ですが位相カーブを上にかぶせてあります。この値は、マグニチュードカーブを保存してから位相ボタンをクリックすると表示されます。

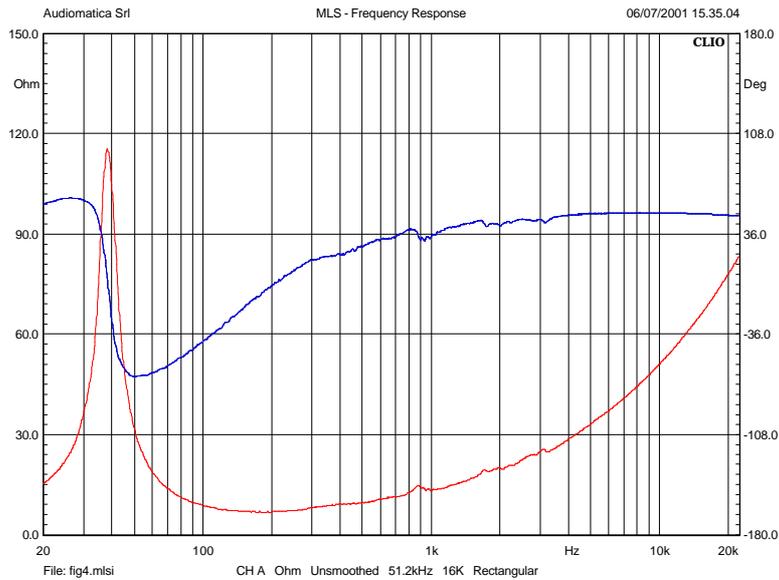


図 10.19

音響機器にも同じ原則が適用されます。図 10.20 はクロスオーバー・ネットワークのないボックスの中のウーハとツイータのそれぞれの周波数応答を示しています。

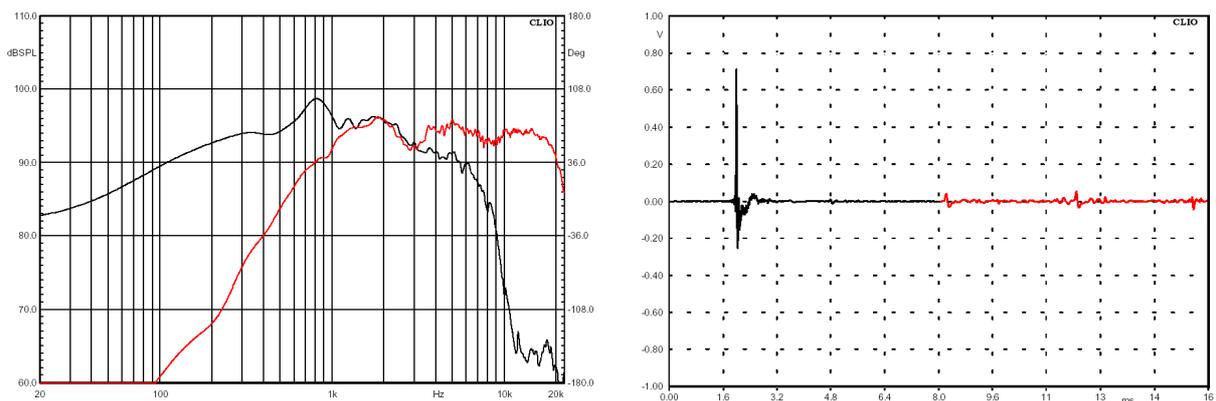


図 10.20 10.21

同じマイク位置で2つの測定を行いました。出力を加算した結果はどのようになるかと聞かれても強度データだけでは答えられません。音響位相は電気位相のように扱い易くないのです。ツイータを使って例を挙げてみましょう。インパルス応答とウィンドウ設定を図 10.21 に示します。ウーハの処理も全く同じです。この機会に Wrapped check box の使い方を紹介しましょう。図 10.22 と 10.23 はツイータ位相カーブを折り返さないものと折り返したものの両方を示しています。

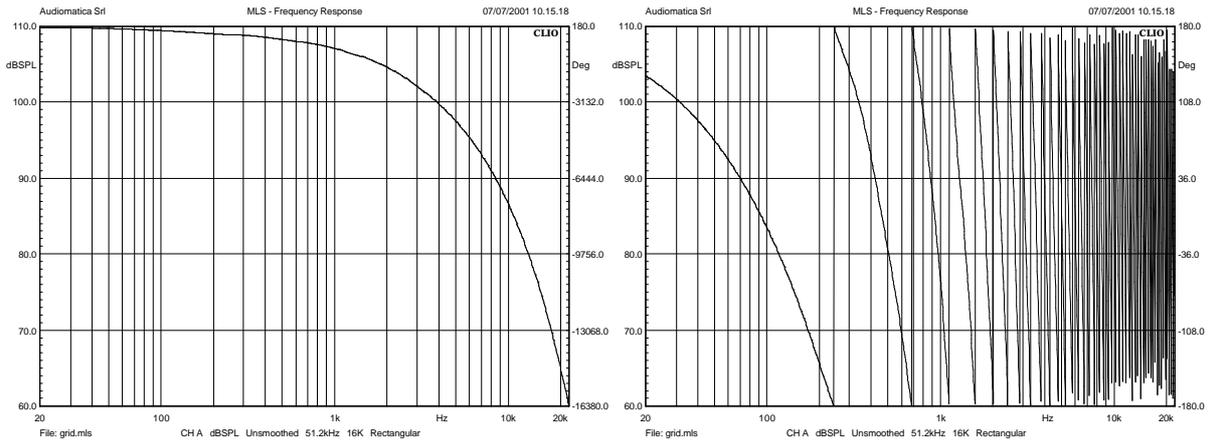


図 10.22 10.23

これらの数値が正しいのかどうか、少なくとも見ただけで有効かどうか迷うでしょう。折り返しをした方の数値はまったく役に立ちませんし、していないほうもあまり期待できません。これらのカーブは 2 つの影響を足したものであるため単純で見やすい情報が得られません。最初の影響はデバイスの位相応答です。2 番目のは音波の伝播時間です。後者は前者より先曲線に与える影響が大きく、完全に前者を覆ってしまいます。これら 2 つの影響を分離できる方法もありますが、それでも簡単な事ではありません。難しい数学を使わずに説明するのは大変困難ですので、このマニュアルに載せている参考文献を参照することは必須と考えて下さい。CLIO では伝播時間を、精度は異なりますが、複数の方法で取り除く事ができます。一番正確な方法はもっとも難しく、これから説明するものです。図 10.24 は最小位相(Minimum Phase)を示したもので、これからのプロセスの中で要となる部分です。

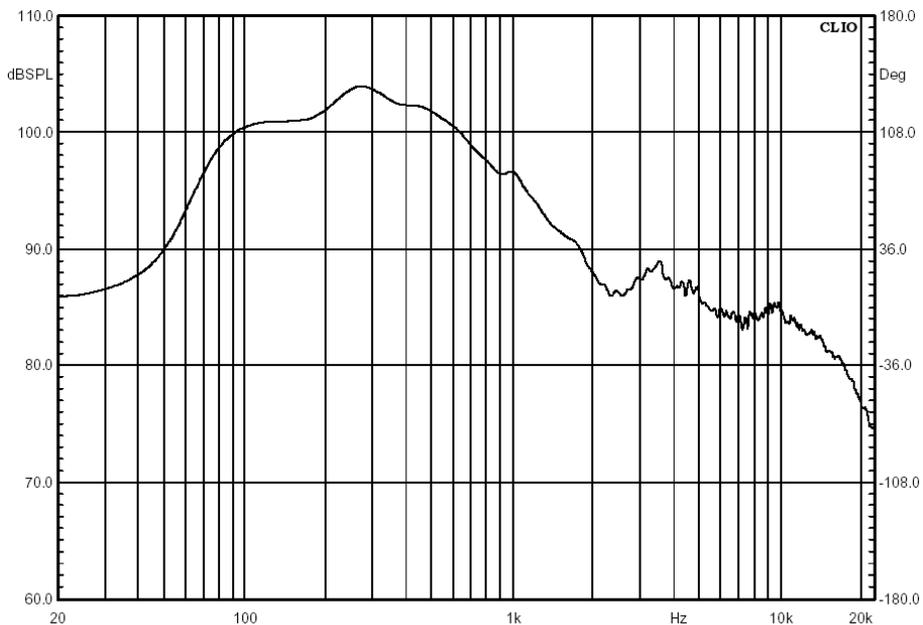


図 10.24

MLS 設定の最小位相(Minimum Phase)を選択して再度計算します。確かに大変バランスの取れたシステムはその最小位相で決まります。位相応答は強度応答から計算して得られます。もう一つの位相が出てきます。超過位相(Excess Phase)です。これは図 10.22 の真の位相と最小位相のあいだの差を取ったものです。この数値こそがデバイスの位相応答から伝播時間を切り離すときに必要なのです。ここでは超過位相を直接使いたいのですが、その後処理された超過群遅延(Excess Group Delay)を使用します。図 10.25 はツイータの周波数対超過群遅延のグラフです。

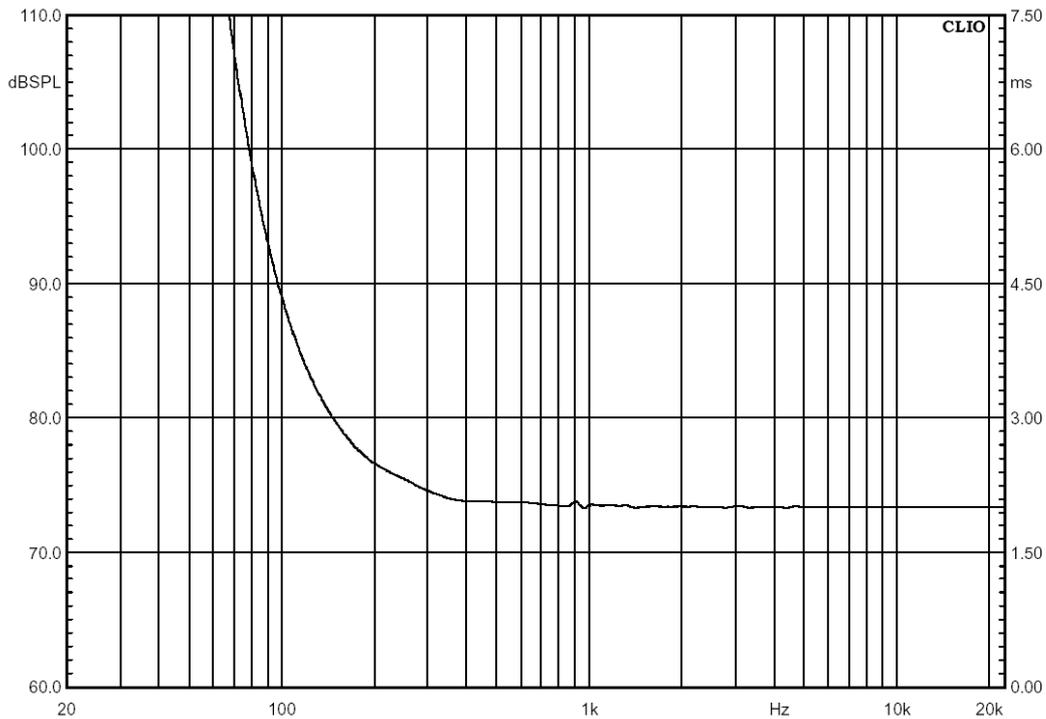


図 10.25

設定ダイアログの Excess を選び、Group Delay ボタンをクリックします。このグラフはマイクから音源までの距離とそれに対応する周波数を表わしています。距離が一定であれば、システムは最小位相の状態にあり、音響的に一番良いところにいます。前述の解説から時間ウィンドウのおかげで 200Hz までは信頼できるデータが得られることを思い出してください。ツイータを扱うときには 2k ~ 20k の周波数レンジを考えます。その帯域ではマーカーはいつも 2.01ms を指しています。タイムシフトの操作にこの値を使い、音波の伝播時間を除きます。Processing Tools Dialog を開き、Time shift を選んで、図 10.26 にある数値を入力すれば良いのです。

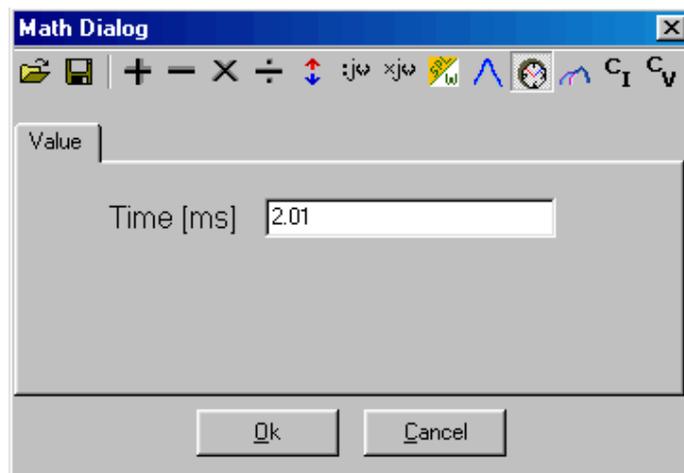


図 10.26

OK をクリックすると、ようやくデバイスの処理済みの位相、最小位相、周波数応答が表示されます(図 10.27)。ここでは処理済みの位相(processed phase)という言葉を使いましたが、単なる気まぐれではなく、計算された結果の位相という意味を表しています。

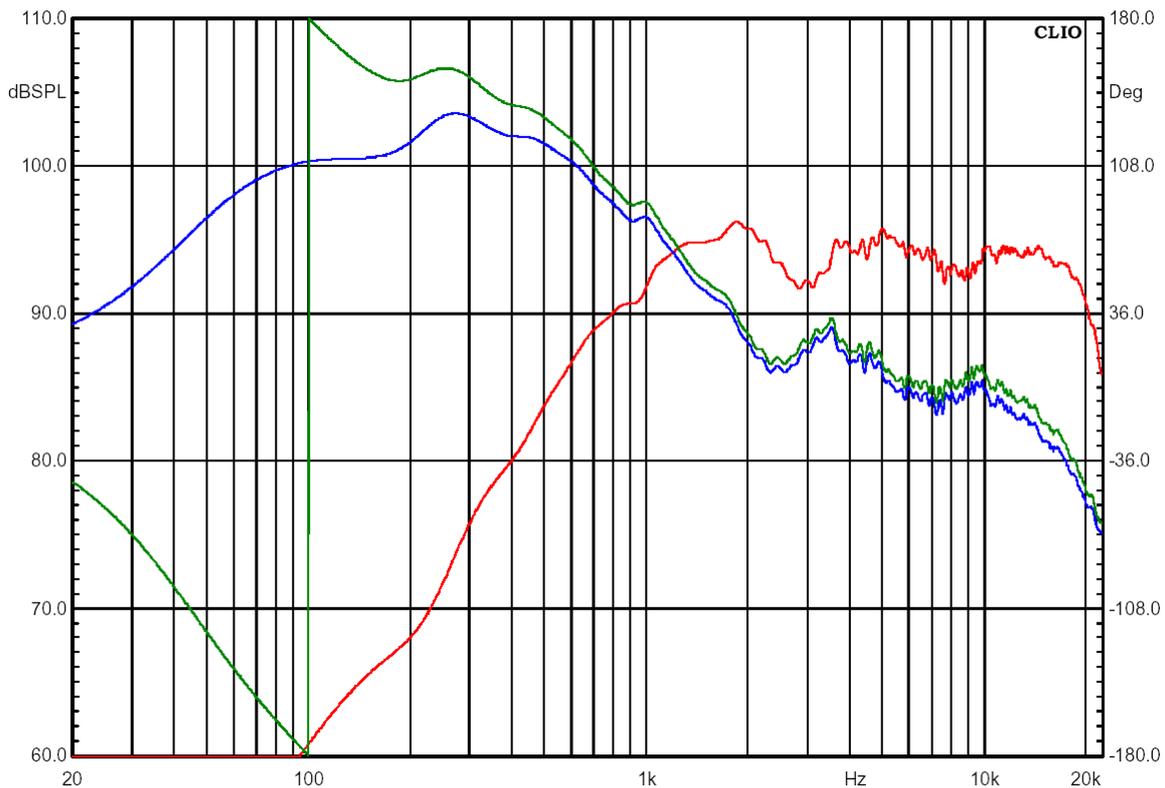


図 10.27

この難しい内容の項目を締めくくるにあたって、ここで行った事をまとめておきます。音響位相応答の測定は、ボタンを押せば終わりといった操作からは程遠いものです。我々は複数の位相図を書いて見ましたが、すべて異なって見えました。しかし大事な事はその全てが正しいデータだったという事です。処理された位相を本来の唯一のデータだと考えがちです。その方が良さそうにみえるからです。強調したいのは真の位相は図 10.18 と 10.19 の処理されたものが重要だということです。CLIO はコンピュータで使うことを前提とした装置であり、マイクの位置を変えずにウーハとツイータの応答を別々に測定してもその合成値を簡単に計算できます。複雑な処理を経て我々がしたことは、あたかもマイクがドライバーの音響的な中心にあるかのような応答を検出する事でした。これが特に役立つ用途としては、クロスオーバー設計用 CAD に利用する場合です。

10.5 その他の時間領域インフォメーション

CLIO にはすでに取り上げたインパルス応答の他に、時間に関連した後処理がさらに 3 つあります。ETC、ステップ応答、シュローダープロット(Schroeder Plot)です。シュローダープロットは、室内音響を指向したもので、T60 の計算例と一緒に後で取り上げます。図 10.28 と図 10.29 に ETC とステップ応答を示します。これらは図 10.15 のシステムと関連しています。

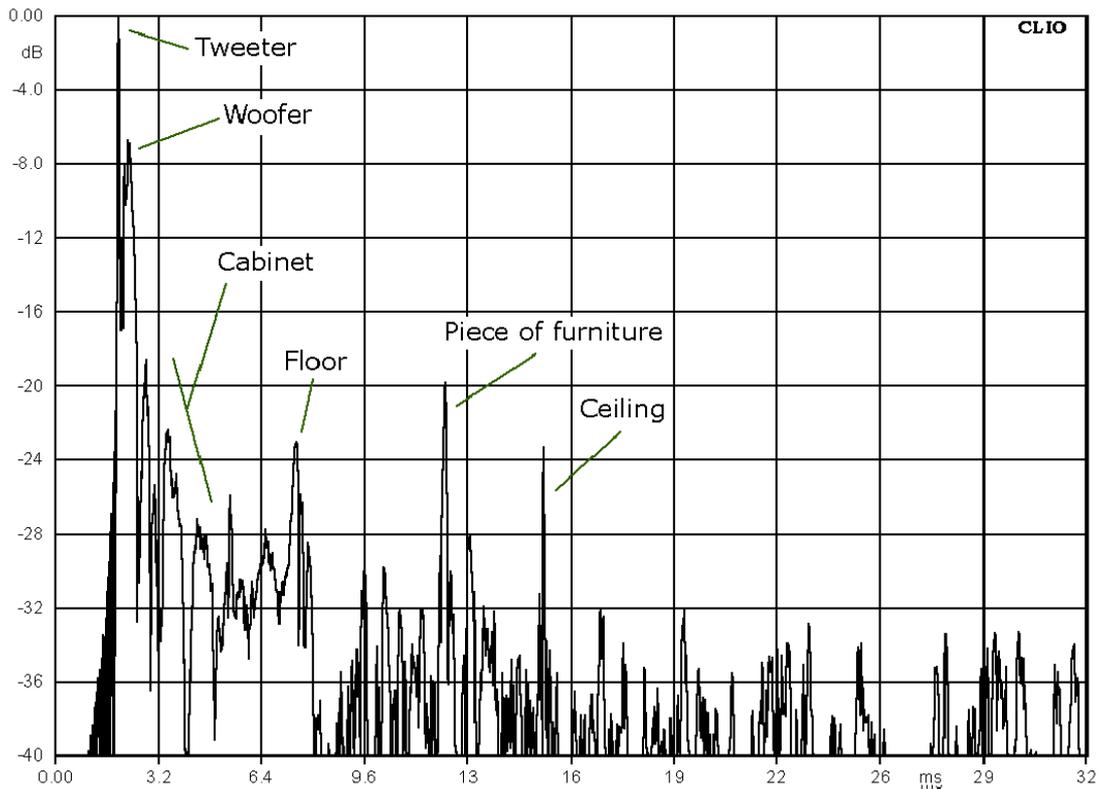


図 10.28

ETC の説明はこの図の中で、はっきりわかるものとは違い、このユーザーズマニュアルの焦点からは少しそれます。ETC に関する議論は今も続いているからです。

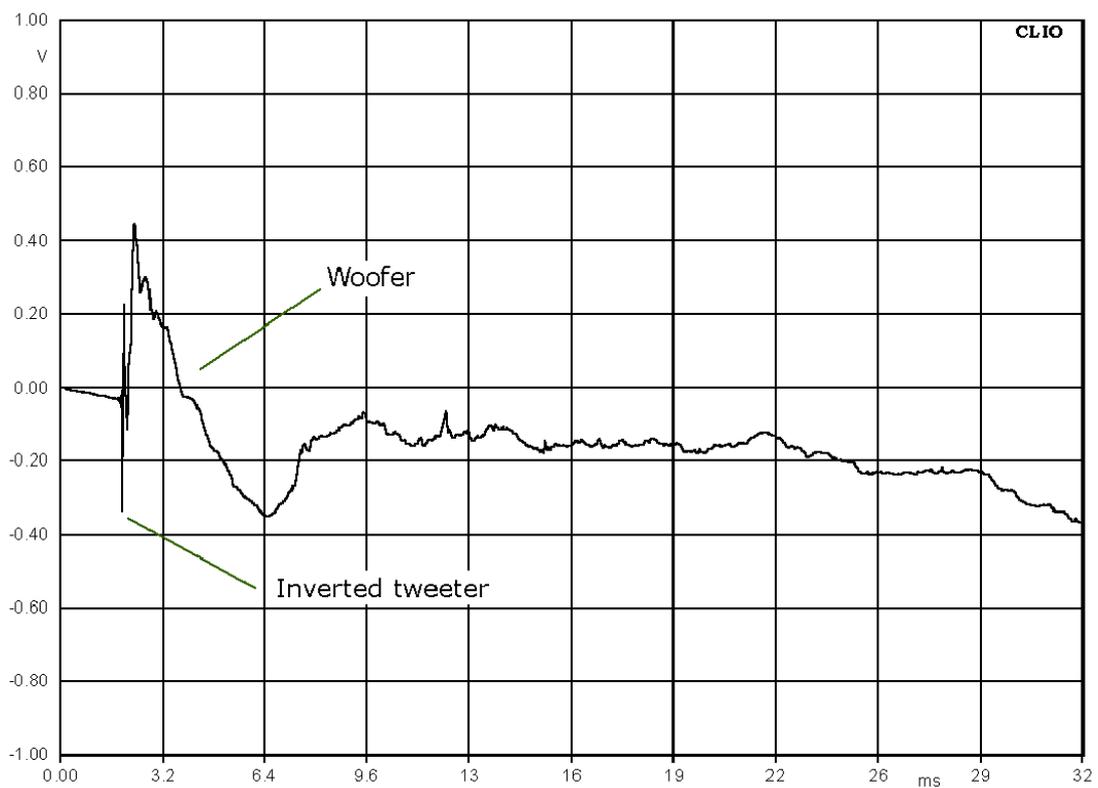


図 10.29

ステップ応答は、各ドライバーの測定点までの音の到達時間の差を識別するのに大変役に立ちます。

10.6 プロセスツール

CLIO にはいろいろな状況で力を発揮するプロセスツールが搭載されています。この章の最初では基本的な操作内容を説明してきました。例えば「このボタンを押してこれをしなさい」といった簡単な説明です。ここではそのような説明の実践例を見て行きましょう。4 つの基本的な操作として、一般的な規則をそれらに適用します。メモリーにあるデータと、それと互換性を持つファイルのデータは足したり引いたり掛けたり割ったりできます。互換性のあるファイルというのは、メモリーにあるのと同じ基本的な設定をしたファイルでなければなりません。dBV に 0 を加えられないのと同じように、Y 軸も同じである必要があります。呼び出しと保存方法は例を挙げるとはつきりするでしょう。足し算・引算の機能はファイルの中でも頻繁に使われます。図 10.20 のウーハとツイータの和と差を検出するのにこの機能を使います。結果は図 10.30 です。2 つの和は赤で、差は青で示しました。クロスオーバー・ネットワークの設計のとき役に立つグラフです。赤いカーブの方に大きな谷がありますが、個々の応答からは想像もできないようなものです。

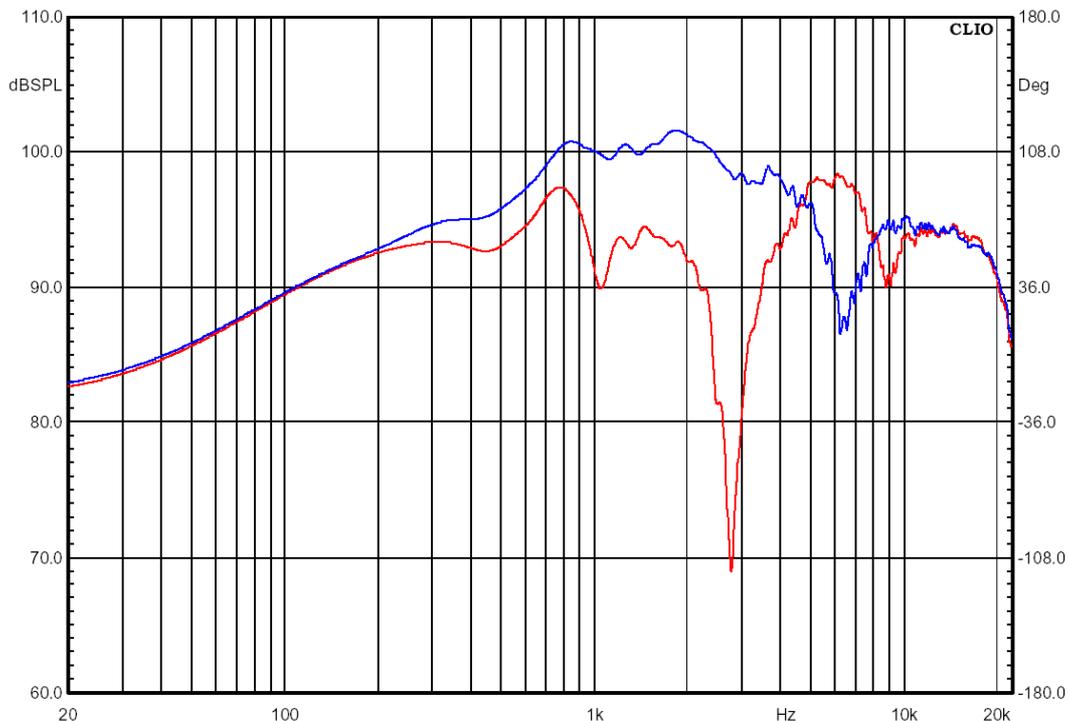


図 10.30

最も古典的な使い方としては、強度応答をもう1つの測定結果と一っしょに使って伝達関数として表示することです。例えば、スピーカーの保護ネットが周波数特性にどのように影響するかを測りたいとしましょう。保護ネットを取り付けて測定した応答(図 10.17)を基準として使います。保護ネットを外して再度測定し、保護ネット付の場合のデータで割ります。その結果が図 10.31 です。

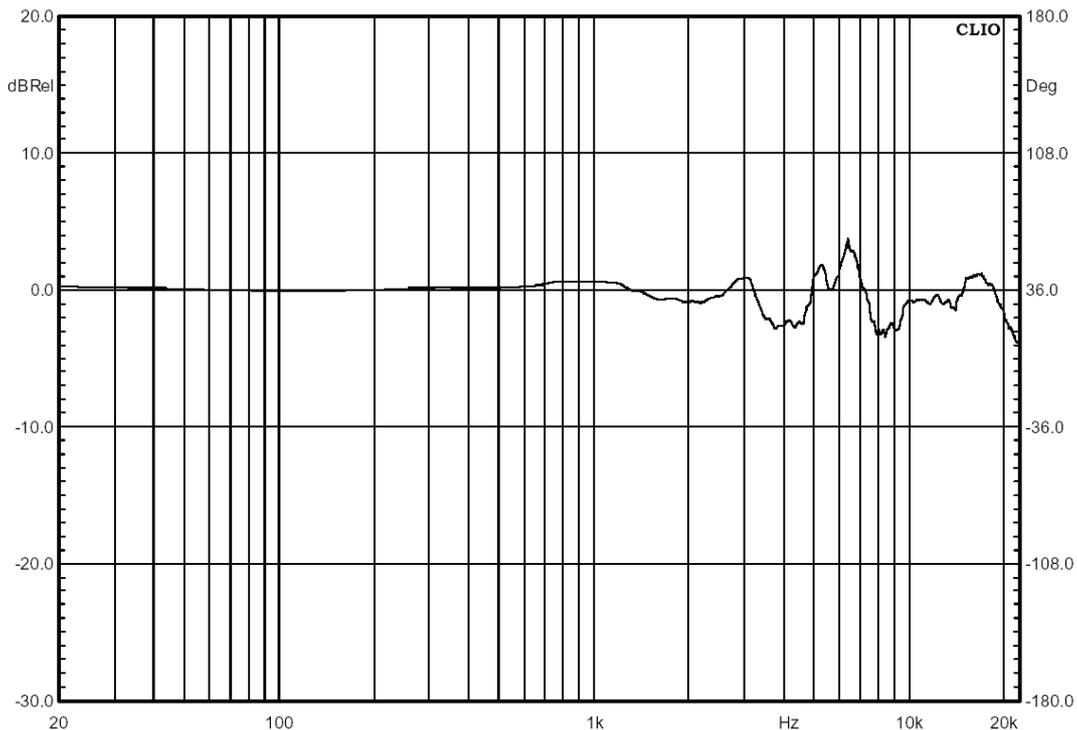


図 10.31

Y 軸は自動的に dBRel に変更されます。この機会にオートマチックプロセスボタンとあわせて、読み込み処理、保存処理の使用法を紹介しましょう。あなたが実行するどんな処理もディスクに保存できます。そしてその時ファイルには拡張子「mpro」が付きます。このファイルを再度読み出せば数値やパスを呼び戻すことができます。

ここに 10 個のスピーカーがあり、その前にテストした標準装置を使って 10 個のスピーカーをテストするしましょう。測定されるデータを標準装置で割り算する処理を定義し、保存しなくてはなりません。基準スピーカーを自己テストするとスピーカーの周波数レンジには平坦な線が表れます。処理を保存する前にまずこれを確認します。まとめて測定作業をするときにはこの処理を呼び戻します。すると、オートマチックプロセスボタンが使えるようになります。このボタンを押した時には、後に続くどのような測定も表示される前に一括処理されます。次の自動処理の例は単位出力あたりの音圧 dB SPL/Watt です。ファイルとインピーダンス値を必要とし、実際の測定レベルがいくつであろうと、スピーカー端子に 1W 出力された時の周波数特性が得られます。これを可能にするにはスピーカー端子(パワーアンプ出力)の電圧測定を、Y 軸を dBV にして行い、これを基準ファイルとして取る必要があります。それとインピーダンス値も CLIO が電圧を電力に変換するために必要です。前例のツイータを使ってその過程を説明しましょう。求めようとしているのは 1W 入力で 1m の距離における音圧という条件なので、マイクはツイータから 1m の位置に置かなくてはなりません。1m の距離は物差しを使って設定します。図 10.32 は 1m の距離を黒で、前の距離の結果を赤で示しました。スピーカー端子のレベルは変更していません。平均音圧の差は 3.3dB です。

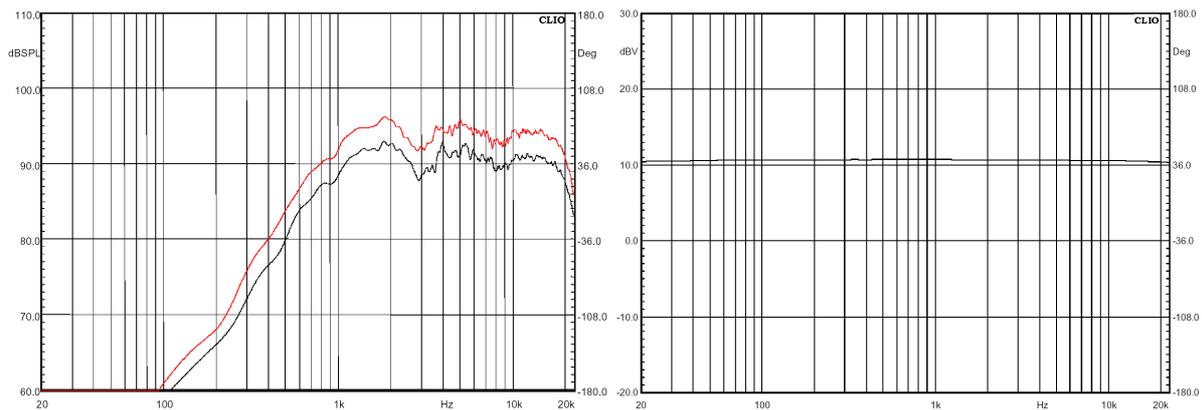


図 10.32 図 10.33

さて、図 10.33 は CLIO の入力をスピーカー端子に接続し、出力レベルはそのままにして、Y 軸を dBV に変えて得た結果です。スピーカーに一定の電圧が加わったことを表している様にほとんど平坦な線です。測定をディスクにセーブしておいた方が良いでしょう。パワーアンプやケーブルの場合でも、このデータの直線性を使って割る処理を行うことで、同様に補正できる事を指摘しておきます。さて、1m での応答のファイル呼び出したら、図 10.34 のプロセスダイアログに入ります。

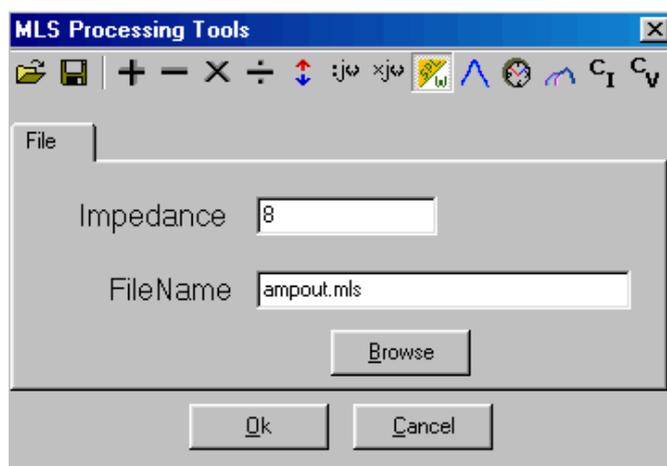


図 10.34

インピーダンスはツイータの標準インピーダンスが 80 なのでこの値をセットします。Ok をクリックすると図 10.35 の結果が得られます。これが最終結果です。

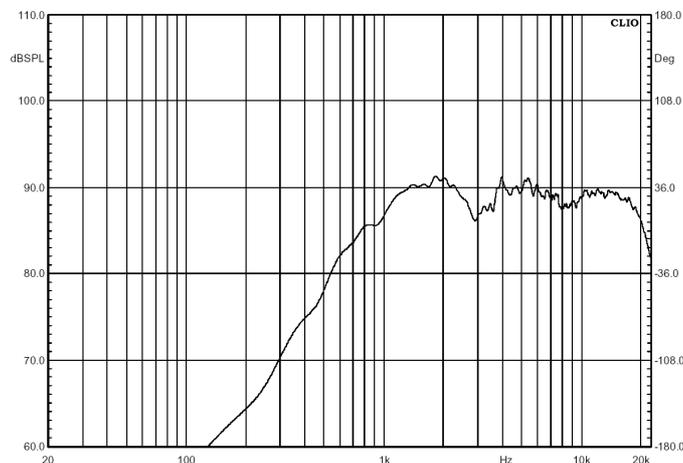


図 10.35

最後に挙げる例はマージ機能(融合機能)です。図 10.17 に示した測定を実行したときに信頼できる周波数の低域の下限度は 208Hz でした。近接測定法を使った測定をして、その結果を図 10.17 のデータとマージすることでこの限界を容易に乗り越えられます。近接測定を実行するときには出力レベルを修正します。そうすれば最大音圧が 110dB SPL を超えないので、マイクの入力オーバーの問題を防げます。図 10.36 は近距離、遠距離の両方の応答を示しています。レベル差が大きい事に注目してください。この2つをマージするためには遠距離データがメモリの中ないとはいけません。図 10.37 は変換周波数(transition frequency)を 350Hz にセットした Merge Dialog の図です。

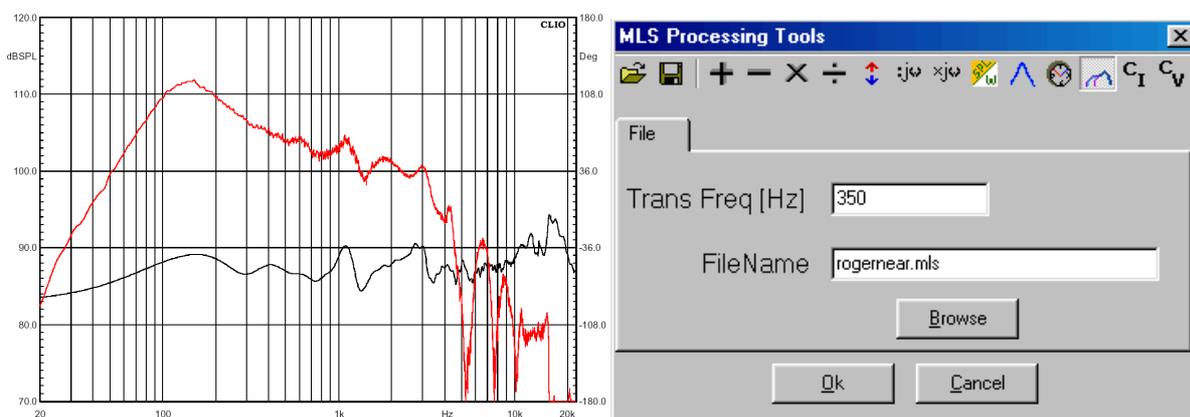


図 10.36 図 10.37

図 10.38 はマージした応答を示しています。近距離測定のレベルが遠距離測定にだいぶ近づいた事に注目してください。2つの大変重要な機能、cv機能とci機能はインピーダンス用ツールなので第 13 章で説明します。

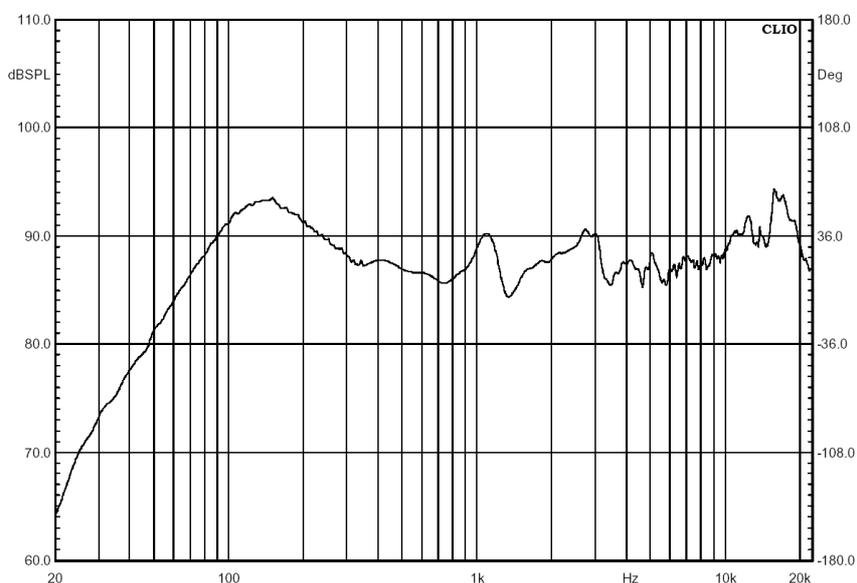


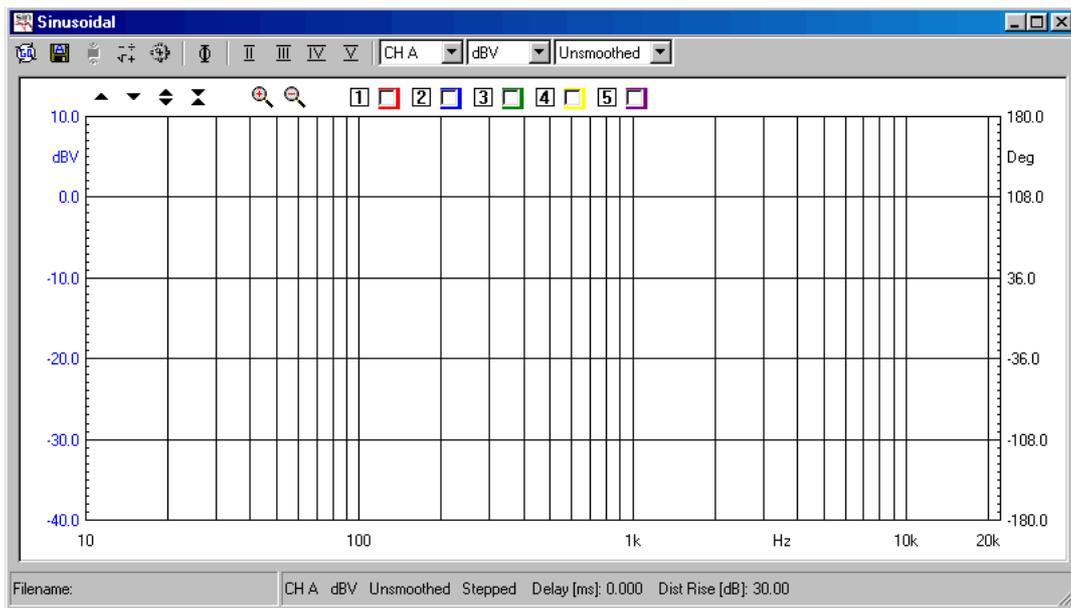
図 10.38

11 正弦波測定

11.1 導入

正弦波測定では周波数特性の解析、インピーダンスの解析、歪の解析ができます。ここで使われる信号は、ユーザーが指定した範囲内でステップ状にスイープする正弦波です。定常正弦波による解析(Sinusoidal Steady state analysis)は、よく知られた測定の一つですが、CLIO は先進的な DSP パワーと、このよく知られている信頼ある技術を融合させています。自由に波形処理箇所を選択できるので、室内でも疑似無響室周波数応答を取ることができます。

11.2 正弦波測定コントロールパネル



11.2.1 ツールバーボタン

-  正弦波測定を始めます。
-  測定が自動的に保存されます。現在のオートセーブの定義に関しては 6.3.1 参照
-  測定が終了した後の後処理が自動的に始まります。
-  位相応答を表示します。
-  以下に説明する正弦波後処理ダイアログに入ります。
-  以下に説明する正弦波設定ダイアログに入ります。メニュー全体の要なので Go ボタンを押す前によく理解してください。
- Ⅱ 2 次高調波を表示します。設定ダイアログで設定した dB 値分大きな値で表示します。標準では 30dB 大きく表示します。実際の値より何 dB 大きく表示するかは必要に応じて変更して下さい。
- Ⅲ 同じく 3 次高調波歪みを表示します。
- Ⅳ 同じく 4 次高調波歪みを表示します。
- Ⅴ 同じく 5 次高調波歪みを表示します。

縦軸に 0 を単位として使っているとき、すべての歪測定ボタンは機能しません。

11.2.2 ツールバードロップダウン

input channel

入力チャンネルの定義を選択します。詳細は 5.6 参照。

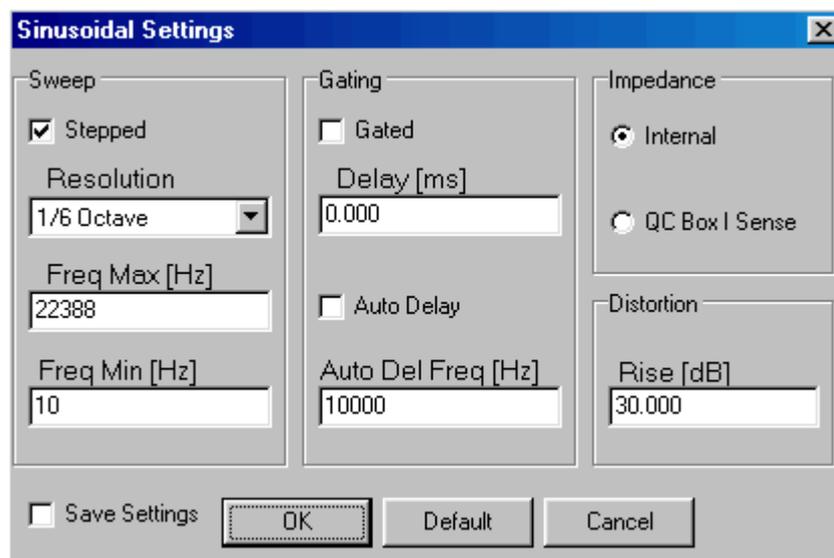
Y 軸の単位

縦軸の単位を選びます。電圧の単位は dBV、dBu、dBRel、音圧の単位には dB SPL、インピーダンスの単位として Ω が選択できます。dBu は、dBV が 0dB を 1V としたのに対して 0.775V を基準としたものです。dBRel はマルチメータで設定した値を 0dB(基準)とし、その相対値を表示します。dB SPL は CLIO が音圧測定をするたびに替わる単位(SPL: Sound Pressure Level)です。電圧から音圧への変換は、指定されたマイクの感度に基づいて行われます(マイク感度の設定はマイク設定ダイアログで行います)。測定が終わると、測定データが変換され音圧値として記憶されます。つまりその後マイク感度を変えてもメモリの中のデータや、保存した測定には何ら影響しません。 Ω は設定ダイアログのインピーダンスモードの設定に基づいて測定が Ω の単位で行われるようにシステムを切り替えます。

Smoothing

測定中のグラフの周波数平滑化(Frequency smoothing)を選択できます。平滑化の方法は、各周波数の細かいぶれを平均化します。測定後、いつでも適用したり戻したりできるよう元データは変更しません。

11.2.3 正弦波測定設定ダイアログ



この設定ダイアログは、メニュー全体の中で最も重要な画面です。各コントロールの動作を説明します。これらの値を変更したときの理論的、実践的效果については後で述べることにします。

スイープの設定

Stepped チェックボックス

連続掃引(Continuous Sweep)にするか、段階的対数掃引(Stepped Logarithmic Sweep)にするかを選択します。連続掃引は後者より先速いですが、測定結果がどう出るか良く分かっているときに使った方が良いでしょう。

Resolution 欄

5 種類の分解能を選択できます。他の設定に関係なく測定実行時間に影響します。

Freq Max 欄

測定する範囲の最も高い周波数を設定します。これは測定を開始するときの周波数になります。入力できる最大値は 22388Hz です。ここで設定する値は、Freq Min 欄で設定する周波数より 1 オクターブ以上高く設定します。

Freq Min 欄

測定する範囲の最も低い周波数を設定します。測定が終了するときの周波数でもあります。入力できる値は 10Hz です。Freq Max 欄に設定した周波数より 1 オクターブ以上低く設定します。

Gating(Acquisition)設定

Gated チェックボックス

ゲーティング測定モードが使えるようになります。これをチェックすると Stepped 欄は使えない状態になります。ゲーティング測定はいつもステップモードで行われます。

Delay[ms]欄

信号の出力とその取り込みの時間間隔に適用される遅延(ms)を決めます。0 以外の値が設定されていると、ステップモードがセットされていなくとも、更にゲーティングがチェックされていなくても遅延が働いてしまいます。通常の使い方は、Gated 欄をチェックしてスピーカーとマイクの間音波の伝達時間の遅れを取り除き、疑似無響室周波数応答を求めます。一方、Gated 欄をチェックしない場合、信号経路にディレイを入れたデジタル・プロセッサと同様に、スリヘッドテープレコーダの録音ヘッドと再生ヘッドの間の遅れを取り除けるかもしれません。Gated や Stepped がチェックされていないときは、ディレイの値は自動的に 0 にリセットされます。CLIO は発振とデータ取り込みの間に大きなディレイを入れることができます。設定できる最大値は 320ms です。

Auto Delay 欄とAuto Delay Frequency 欄

前に述べたように Auto delay がチェックされ、ディレイが導入されていると CLIO は設定された周波数を使ってディレイを自動的に決めます。その値は Delay 欄に表示されます。設定ダイアログを再び開くとそれを見ることができます。

Impedance 設定

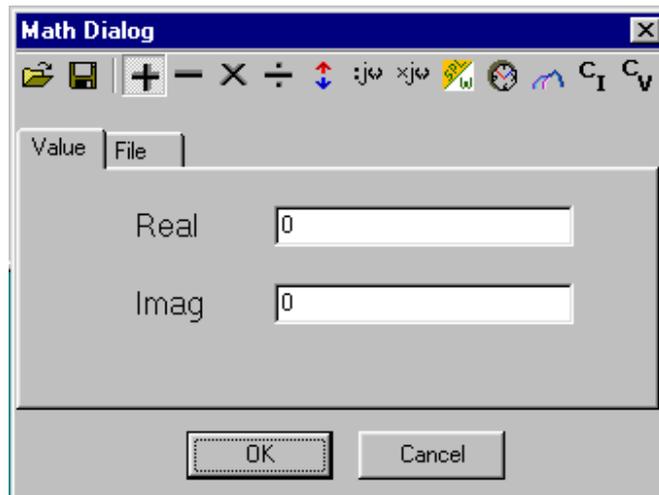
ラジオボタンで内部モードと QC Box 電流検出モードを選べます。後者の場合 QCBox ユニット Model2 か Model3 が必要になります。接続などの詳細は第 13 章のインピーダンス測定と T&S パラメータを参照してください。

Distortion 欄

歪率のグラフを表示する際、縦軸に表示するときオフセットを dB 単位で入力します。デフォルトは 30dB になっています。これは縦軸の実際の表示より 30dB 大きく歪みグラフを表示するという意味です。周波数特性を測定した後、同じ画面に高調波歪率のグラフをそのまま表示させると、歪みが少ない場合、画面の下にはみだして見えなくなるのを防ぐためです。これは表示だけで、実際の値は変わりません。マーカーを表示させると実際の数値を表示します。Rise 欄の値が 0 ならオフセットがないので実際の値でグラフを表示します。

11.2.4 正弦波測定後処理ツール

後処理ダイアログは大変役に立ちます。一度設定すると保存と読み込みができ、いつ実行した測定に対しても自動的に適用されるようになります。



- 📁 正弦波測定結果を読み込みします。
- 💾 正弦波測定結果を保存します。
- ⊕ 実行中の測定にデータ数値や互換性のあるファイルを加算します。
- ⊖ 実行中の測定からデータ数値や互換性のあるファイルを減算します。
- ⊗ 実行中の測定をデータ数値や互換性のあるファイルを掛算します。
- ÷ 実行中の測定をデータ数値やコンパチブルファイルで割算します。
- ↕ 実行中の測定をdB値に変換します。
- ∠* 実行中の測定を複素周波数で掛算します。
- ∠ 実行中の測定を複素周波数で割算します。
- 📁^m 1mでの感度(dBSPL / W)を計算するのに、スピーカー端子で取った基準測定ファイルを使います。基準ファイルの値は縦軸がdBVで表示されますが、メモリーに読み込んだファイルの縦軸はdBSPLでなければなりません。
- 🕒 実行中の測定を一時的にms(ミ秒)で表わします。位相応答に影響します。
- 🌊 実行中の測定を、それと互換性のあるファイルの選択した周波数部分を融合します。
- C_I 実行中の測定と、選択した互換性のあるファイルを結合して、定電流インピーダンス測定を行います。どちらのファイルもdBVで表わします。
- C_V 実行中の測定と、選択した互換性のあるファイルを結合して定電圧インピーダンス測定を行います。どちらのファイルもdBVで表わします。

11.3 設定の効果における簡単な解説

11.3.1 ステップとノット・ステップ

測定のスピードは速くなりますが、ノットステップ・スweep信号を使うと、いくつかの状況で測定結果に影響を及ぼします。一つの例として内部モードおよび定電流モードでウーハのインピーダンスを測定する場合を取り上げましょう。他の場合にもどんな影響が出るかわかると思います。詳細はインピーダンス測定について取り上げた箇所を参照してください。ステップおよびノット・ステップどちらの場合も、スピーカーは高インピーダンス源でドライブされるので、ダンピングは機械的なものだけが残ります。図 11.6 は 100 W 出力のインピーダンスの発信器でドライブされたウーハの波形で、入力された信号は 200ms のバースト正弦波です。発信器出力が停止した後も共振のため 50ms 以上の逆起電力が発生しています。よく似たことが測定開始時にも起こります。CLIO がステップモードでない場合、測定時に発生した実際の周波数と、それ以前に出ていた周波数の出力もいっしょに取込んでしまいます。

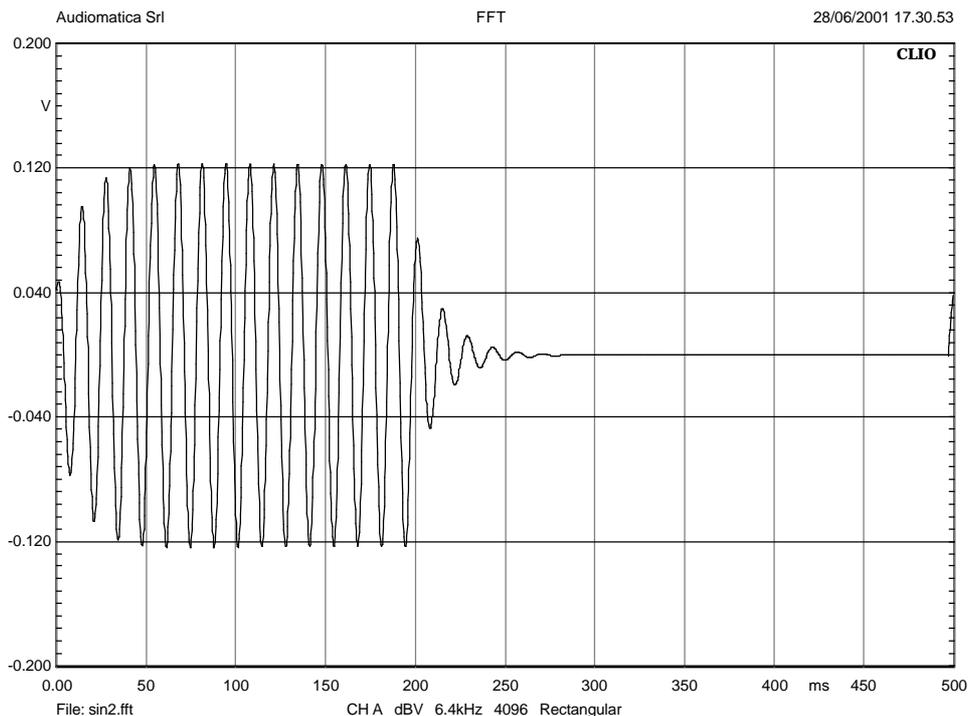


図 11.1

図 11.2 はステップ(黒)とノットステップ(赤)でとった同じスピーカのインピーダンスを表したものです。ノットステップのカーブは明らかに間違っただけを示しています。結論として、測定するデバイスの動作がわからないときにはいつもステップモードで測定してください。

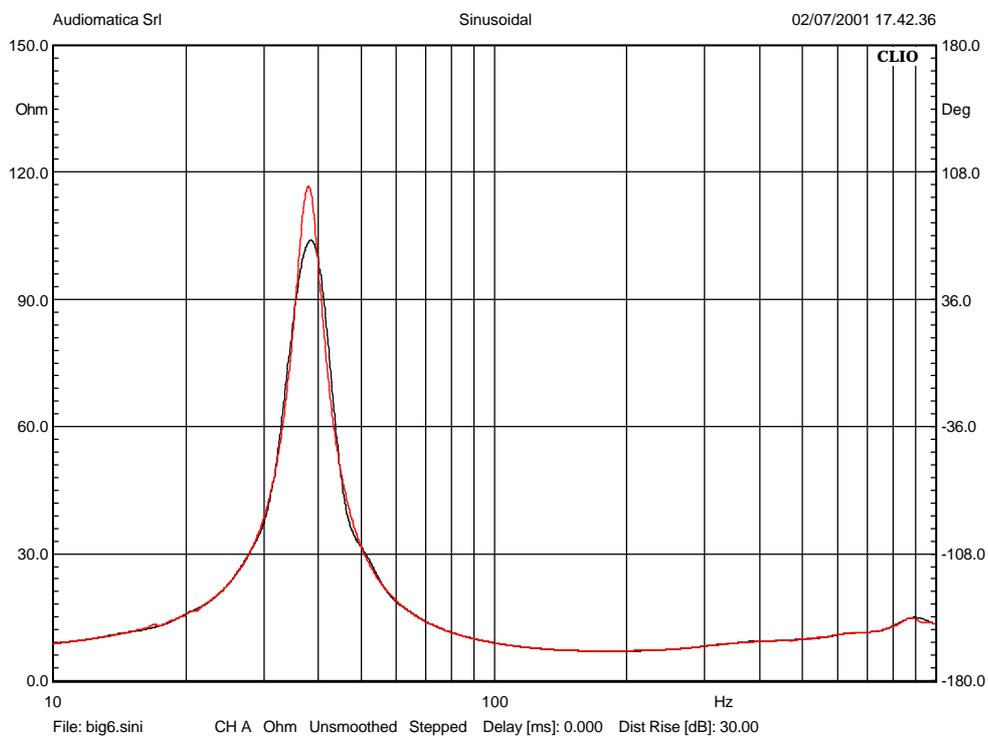


図 11.2

11.3.2 周波数解像度(Frequency Resolution)

最も低い周波数解像度で測定した場合、測定時間は最も短くなります。インピーダンス測定での例を見るとわかりやすいでしょう。図 11.3 は同じ16 インチウーハを1/24 オクターブ分解能と1/6 オクターブ分解能でインピーダンス測定をした結果です。黒のカーブから T/S パラメータを計算すると正しい値から大きく異なった値となるでしょう。これは高い Qms を持った大きなウーハの場合の極端な例です。この差は 1/3 オクターブ分解能でも正確に計算されます。

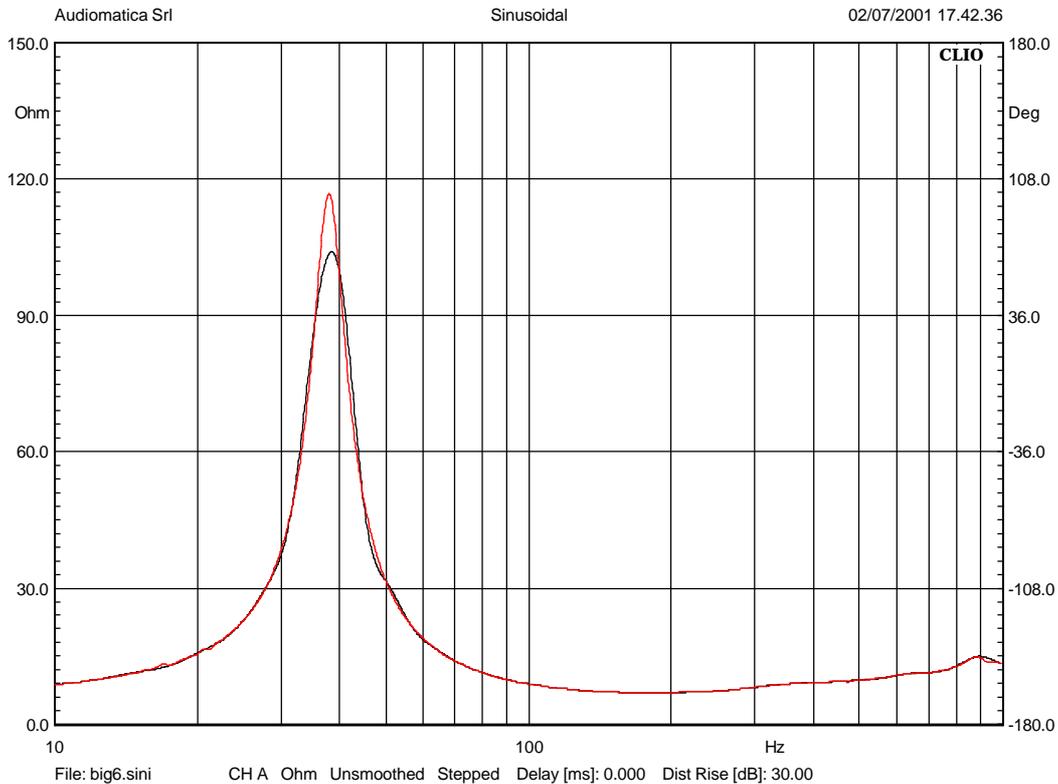


図 11.3

11.3.3 ゲーティング(Gating)

ゲーティングを使うと、通常的环境下でも明らかな(一部明らかではないものもありますが)制限のもとで、疑似無響室周波数特性の値を得ることができます。要求されている空間的な環境に関しては、正弦波分析でもMLS について言われていることとそれほど変わりません。しかし、MLS のほうが直感的に見てわかりやすいです。ゲーティングを使う前に、MLS を使って疑似無響室測定によく慣れておくことを強くお勧めします。関連するパラメータの簡単な説明をします。ここで感覚的に捕らえやすいようにいくつかの数値を使います。図 11.4 は MLS の章と同じもので典型的な設定です。図 11.5 は実際に 20ms、1kHz、正弦波のバースト信号を使って測定したデータを示しています。

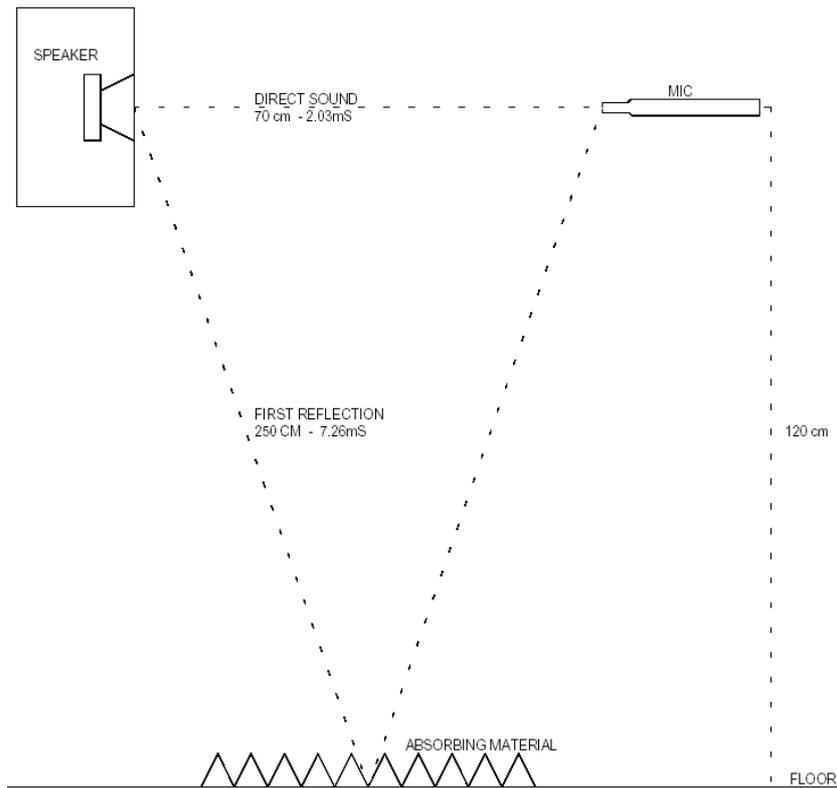


図 11.4

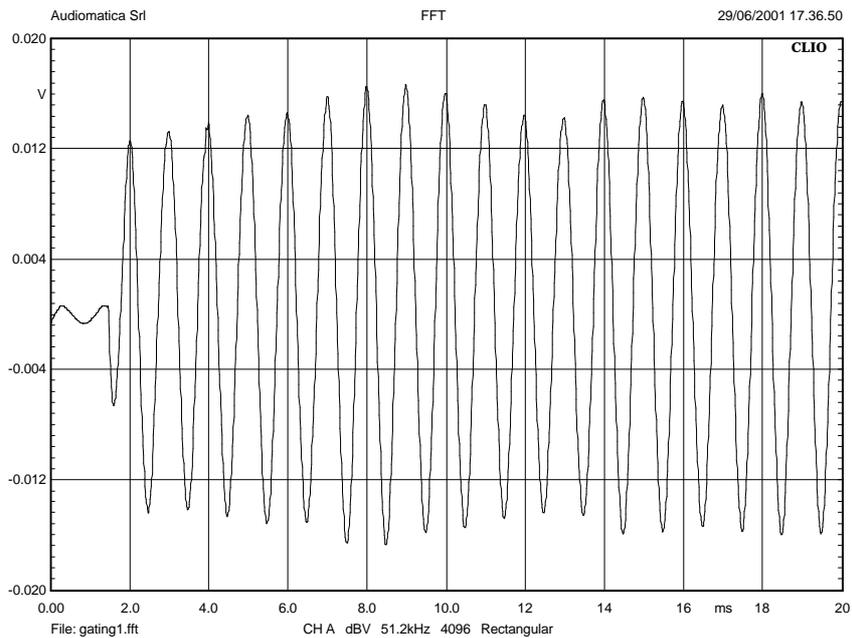


図 11.5

音波の伝搬時間は図の頭の方にはっきりと見えますが、およそ 1.3ms です。この値を Delay 欄に入力します。デバイスが動き出すまでの時間は短いので、音圧測定には影響しませんが、歪率測定に影響します。7ms と 8ms で正弦波のレベル増加がはっきりとわかる 2 つのピークがありますが、これは最初の床の反射の影響です。これが音圧測定に影響するので、音圧測定はそれ以前に終了していなければなりません。システムを評価する信号は、通常は同期測定用とみなされます。使用する周波数が高域まで十分に高ければ CLIO は自動的に約 6ms 近辺に設定します。図 11.6 は Excel で書いた、CLIO が使用する同期用信号対周波数特性のグラフです。

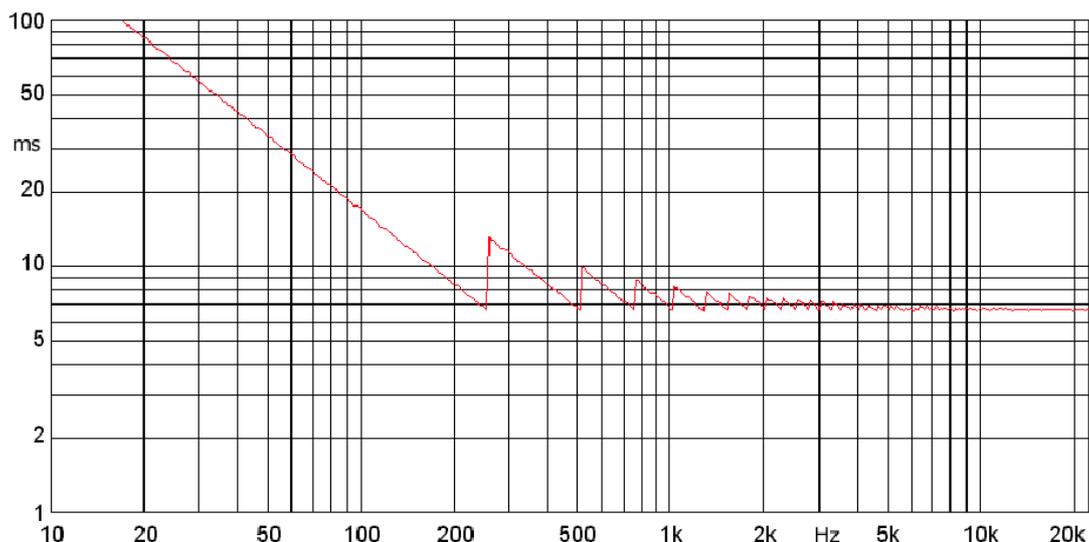


図 11.6

ユーザーはこのグラフを使えば、無響室状態で測定できる最低周波数が決められます。既にマイクとスピーカーの位置が決まれていると、決まった測定手順でこれらのパラメータの値、全てを決める方が楽になります。しかし、新しく設置して測定するときは MLS を使って読み取ったインパルス応答に良く見て不要な値が含まれていないかどうか良く検討した方が良いでしょう。図 11.7 はゲートをかけるときのパラメータとして入力する補正データの項目を図に示しています。測定された床や壁の反射と思われる部分は取り除くべきです。信号がマイクに入る前の時間遅れ(Delay)も測定後にカットして再表示させたほうが良いです。

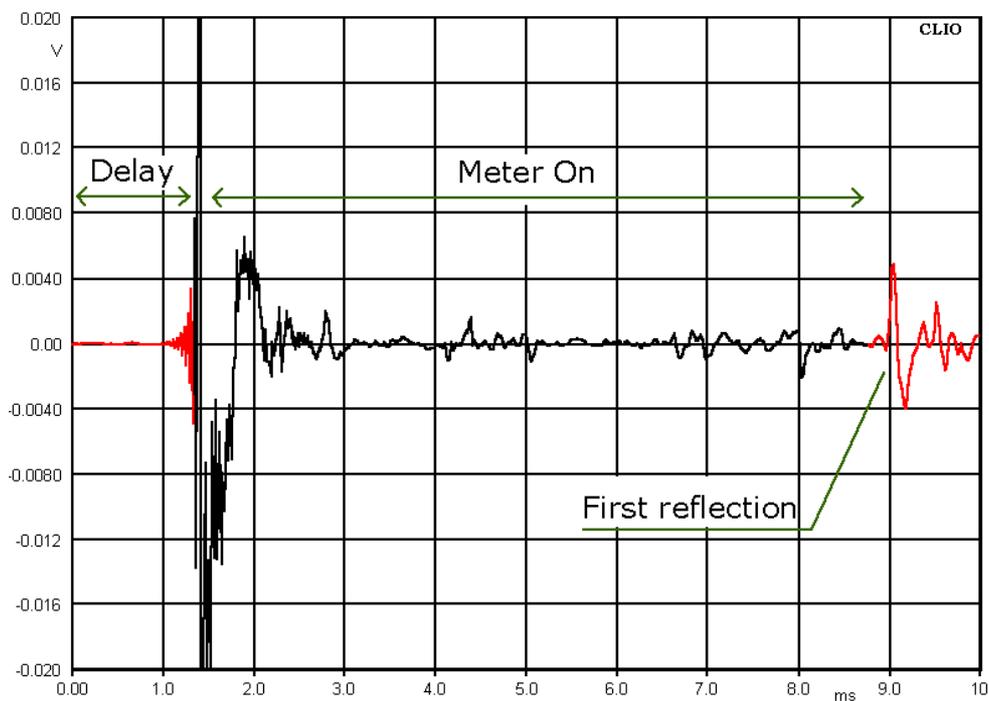


図 11.7

11.4 歪とセッティング(Distortion and Settings)

CLIO は正弦波信号を使ってその中にある各高調波歪を計測することができます。インピーダンス測定モード以外では、CLIO はいつも2次から5次までの高調波も自動的に測っていて、高調波表示ボタンを押せば個別に表示できます。電子機器の歪を意味のある値で測るのは簡単そうに思えますが、(無響室の部屋ではない)通常環境でスピーカーの歪を計算するのは容易ではありません。その理由はこのマニュアルの目的からはかなり逸れているので、ここでは例をいくつか挙げてアドバイスすることとめます。歪率の測定はCLIOのFFT測定方法の中では高度なものです。歪測定はいくつかのパラメータにより影響を受けますが、次の2つが最も重要です。

ノイズ(noise)

50dB SPL 程度の環境騒音は良く観測されますが、90dB SPL 程度のレベルで行う音圧測定には影響しません。CLIOのDSPフィルターとしての正弦波解析能力を使えば、例外的なS/N比の低下があっても解析できます。1%の歪を測るには、環境騒音と同じレベルの音圧(前述の90dB SPLから低い40dB SPLの信号を)を探す必要があります。

影響の除去(Gating Effects)

サンプリング時間中のデバイスの安定時間、不完全なディレイの除去や反射などが人工的な音を作り出し、歪測定に大きな影響を与えます。

ノイズの評価にはFFT解析を使うことをお勧めします。図11.8は2つの測定結果を示しています。赤い方はMAX Holdで出したもの、2番目の黒い方はMIN Holdで出力したものです。

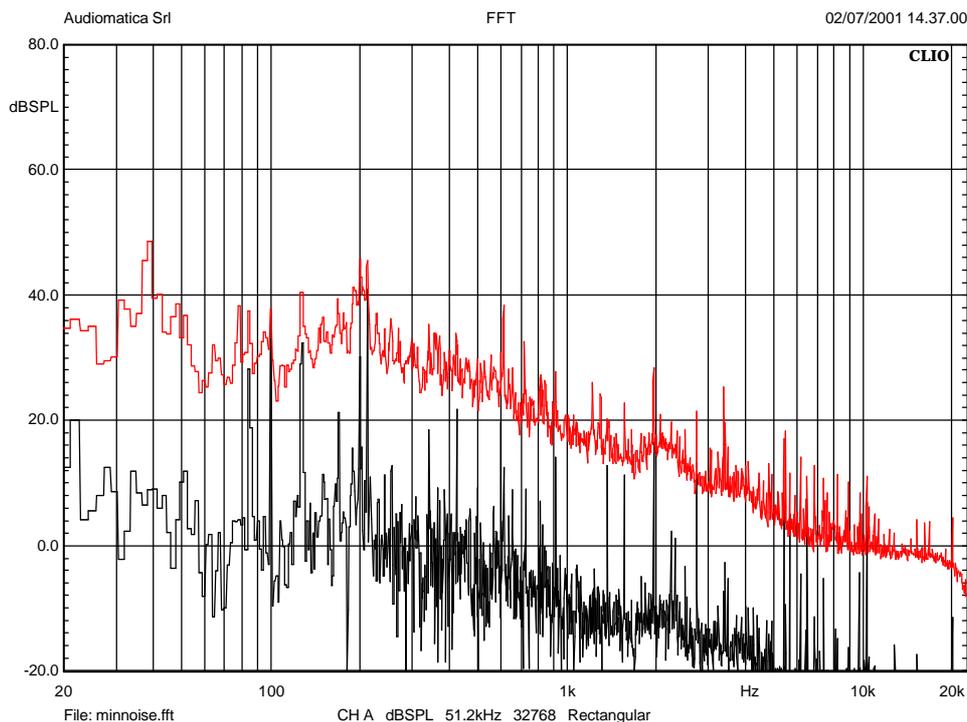


図 11.8

赤の線は最悪の場合です。少なくとも一度は低かったノイズフロアが10dBも上昇してしまっています。2番目はノイズスペクトラムの中にある純信号成分を識別するのに役立ちます。これらは両方とも歪みが増加しているように見えます。これは室内にある20台のコンピュータファンのノイズです。90dB SPLの平均音圧で歪分析を行った場合、600Hzより下では1%以下の歪を読み取ることが難しくなります。しかし、高い周波数では比較的楽に読み取れそうです。周波数の値は基本波からで

はなく、高調波を参照すべきです。ノイズを克服する確かな方法は測定レベルを上げることです。一つはスピーカー端子の電圧を上げるとい方法が考えられますが、この方法ではデバイスに関する貴重な情報が得られるものの、歪も増加してしまいます。もう1つの方法はマイクとデバイスの距離を狭める方法です。図 11.9 の2つの図はゲーティング効果を使って高品質のツイータの前方 11.5cm にマイクを置いたものです。FFT サイズは 512 ポイントにセットします。これは 51200Hz のサンプリングレートの開始 10ms 後の値と等価です。これらの図には 2kHz の 10ms パースト音を捉えた際の誤ったディレイ効果が表われてしまっています。この間違った設定のために、全ての高調波歪がわからなくなりました。

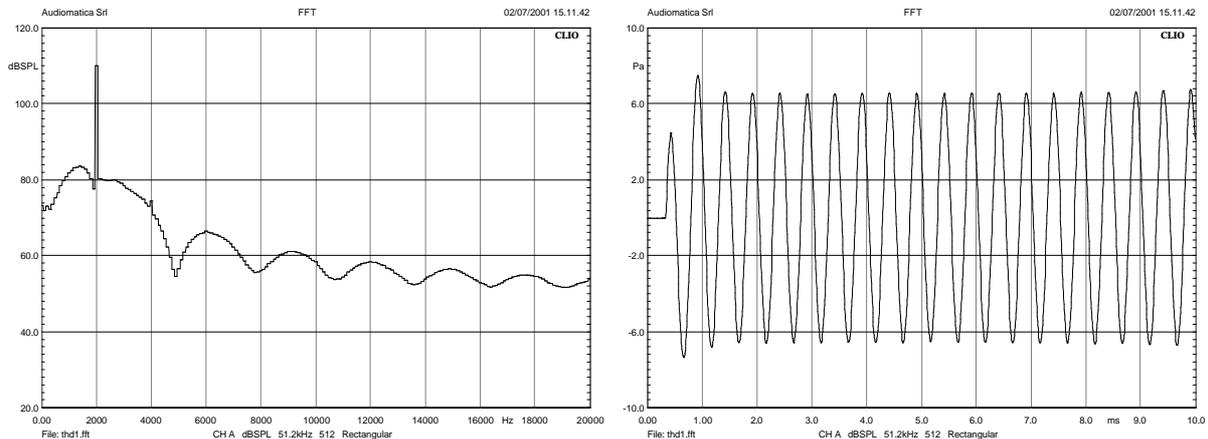


図 11.9

今度はディレイを正しく 0.35ms にセットしてから、デバイスの立ち上がり時間の影響を見て見ましょう。図 11.10 です。40dB 以下の高調波レベル(1%の歪に相当)がはっきりと見えるようになりました。しかし、このツイータはさらに歪が小さいので、まだスピーカーの立ち上がり時間の安定のために発生した広範囲のスペクトラムによって2次高調波も見えません。

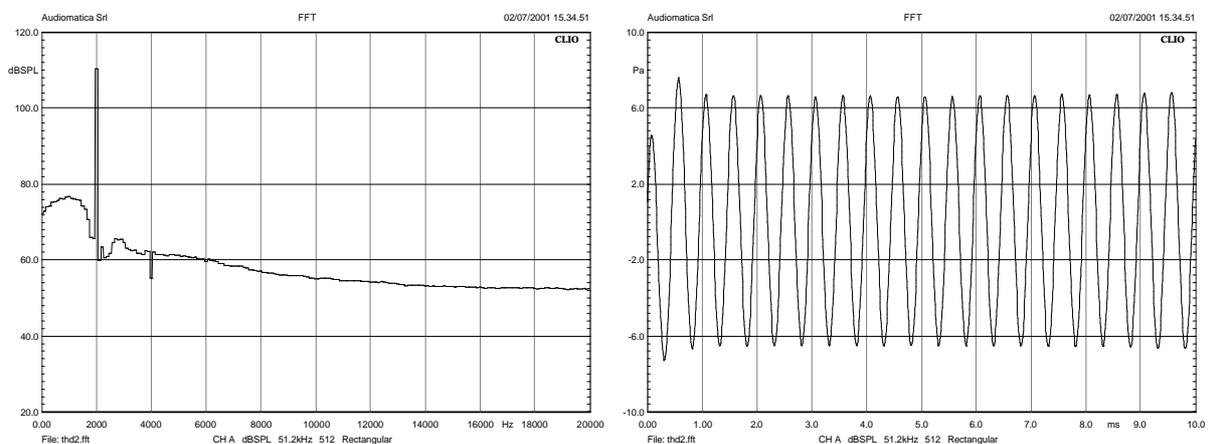


図 11.10

図 11.11 はディレイを 1.5ms に設定したときのスペクトラムを示しています。基本はより低い 64dB(0.06%)の3次高調波まではっきりと見えます。

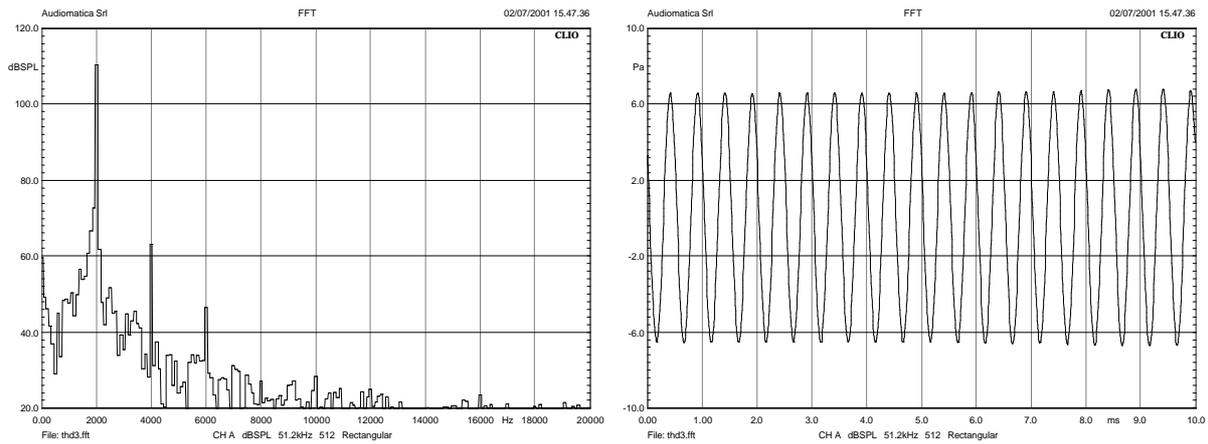


図 11.11

図 11.12 はマイクの距離は前例と同じ、ゲーティング デイレイは 1.5ms にセットして、オートディレイオプションは作動していない状態にして行った歪分析の図です。基本波は赤、2 次高調波歪(+30dB)は青、3 次高調波歪(+30dB)は緑色で表しています。

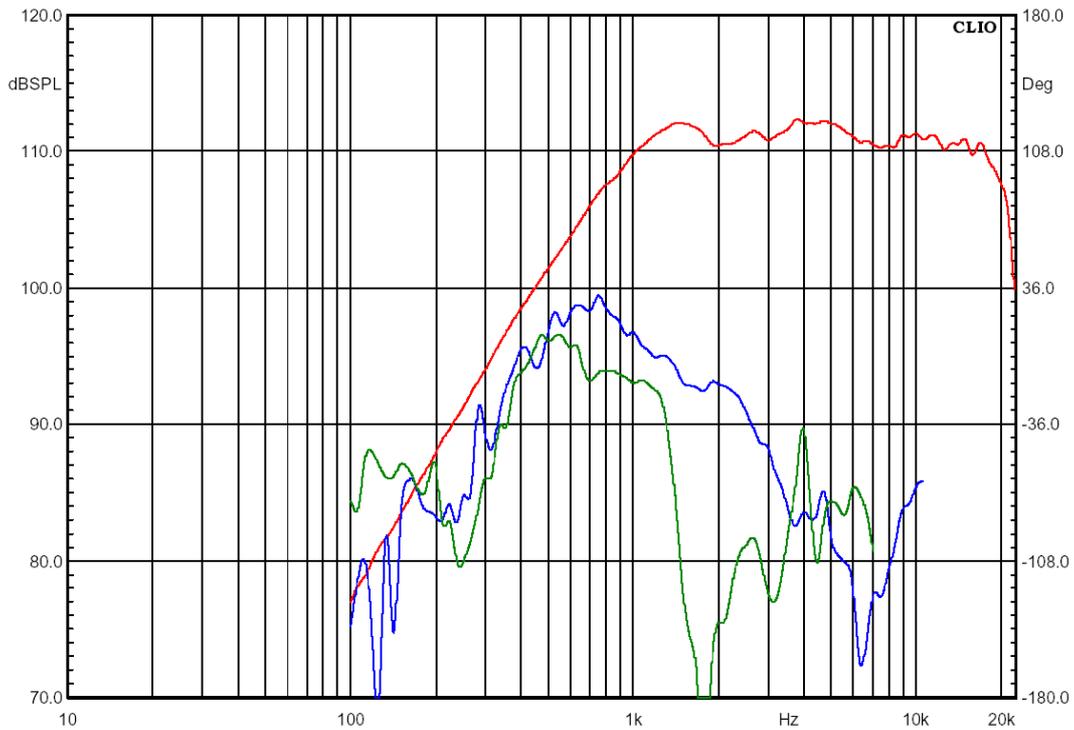


図 11.12

12 ウォーターフォール (Waterfall)

12.1 導入

CLIO は、ウォーターフォール処理を行い3次元で表示させることができます。典型的な音圧周波数グラフを3次元表示(通常は時間要素を加える)にすることができるのです。CLIO は次の3つのタイプのウォーターフォールを表示することができます。

- 時間によって減衰するスペクトラムの重ね合わせ表示(Cumulative Spectral Decay(CSD))
- エネルギーの表示(Energy Time Frequency (ETF))
- ファイルデータの表示(角度の測定ファイルを使う)

12.2 ウォーターフォール設定パネル

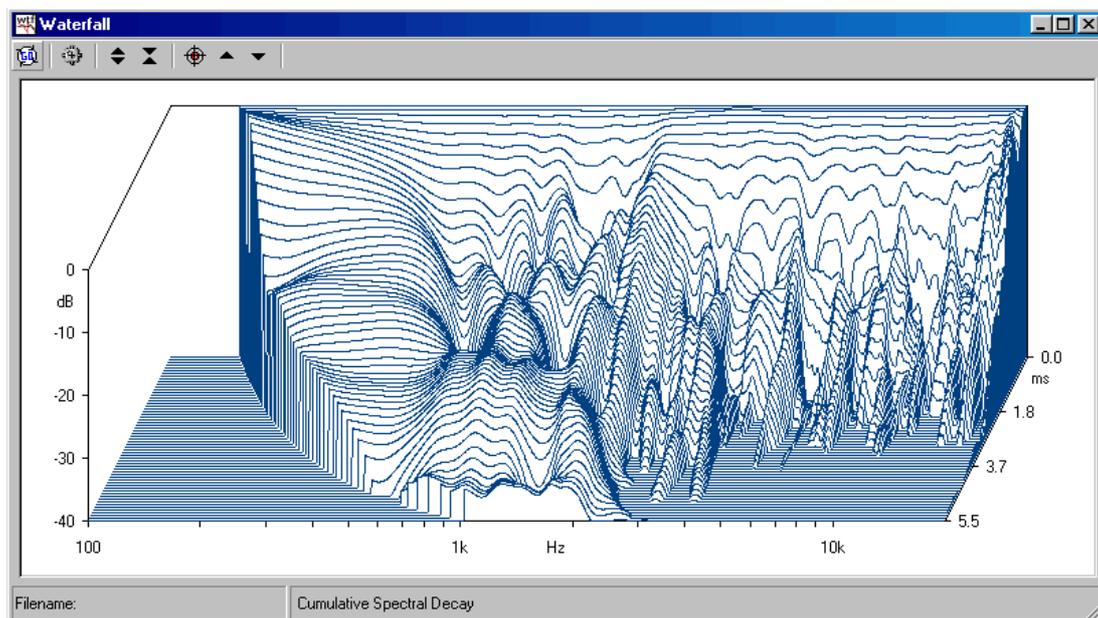


図 12.1

12.2.1 ツールバーボタン

-  ウォーターフォール処理を開始します。
-  ウォーターフォール設定ダイアログに入ります(図 12.2 参照)。
-  Y軸を拡大してウォーターフォールを表示します。20dB、40dB、80dB、で3つのレンジが得られます。
-  Y軸を縮小してウォーターフォールを表示します。20dB、40dB、80dB の3つのレンジが得られます。
-  マーカーモードに入ります(図 12.5 参照)。このモードの時には、マウスをクリック、ドラッグして、各時間ごとのウォーターフォールデータを1本ずつ見られます。
-  マーカーモードの時にウォーターフォールの選択線を後方に動かさせます。同じ事をキーボードの上向きの矢印を押せば、直接できます。
-  マーカーモードのときにウォーターフォールの選択線を前面に動かさせます。キーボードで下向き矢印を押すことで同じ事を直接できます。

12.3 ウォーターフォールの基本

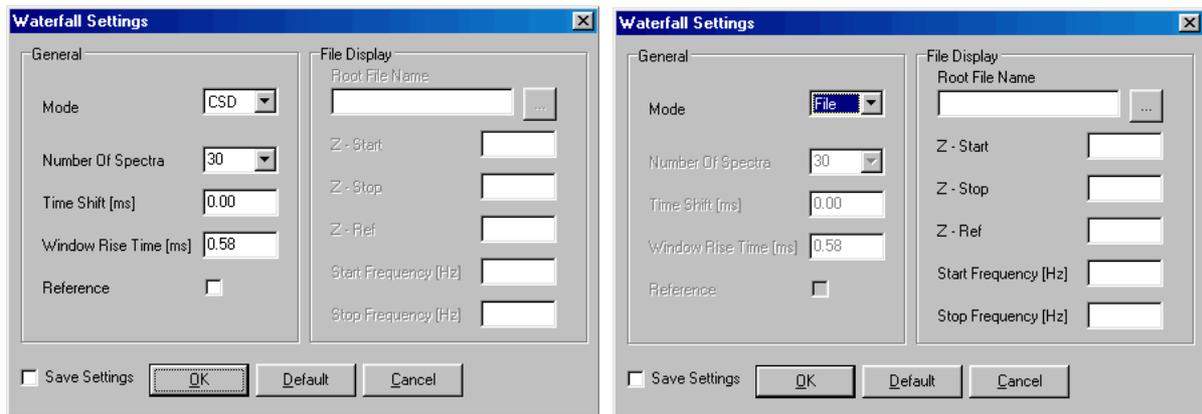


図 12.2

ウォーターフォール設定ダイアログ(図 12.2)では、たくさんのウォーターフォール・パラメータが定義できます。しかし、計算は外部から入手するデータによっているので、データソースからも設定条件を取り入れています。CSD とETF ウォーターフォールを行ったときには、データソースは MLS コントロールパネルにあります。ファイル内容を表示するときにはデータソースはファイルから取込みます。ディスクからのデータで行ったウォーターフォールは保存・読み込みができます。Y 軸は自動設定です。ウォーターフォールの強さを表す単位は、いつも dBrel(相対デシベル値)になります。読み取ったデータの最大値を測り、これを他の値の基準値として計算します。最初に行う設定はモード設定です。CSD、ETF、FILE の中からモードを選びます。次に、3 つの異なるモードについて解説します。

12.3.1 CSD とETF モードセッティングと操作

Number of Spectra (スペクトル表示の数)

表示するデータ面の数を選びます。

Time Shift(ms) (タイム・シフト)

2 つのスペクトル間の時間を選びます。

Window Rise Time(ms) (ウインドウ・ライズタイム)

データ選択ウインドウのライズタイムを選択します。CSD の場合だけ有効です。

Reference (参照)

ウォーターフォール・スペクトラムが選択されていたとき、最新のものを参照します。

既に述べたように CSD、あるいは ETF ウォーターフォールのデータソースは MLS コントロールパネルにあります。これらのモードでは MLS 測定が働いているときにのみ(つまり測定したばかりか、ディスクから読み込んだとき)、Go ボタンが働きます。ウォーターフォールを行うと、以下の MLS 設定を取込みます。

周波数レンジ：MLS が拡大表示されているとき、その拡大を周波数レンジで表示します。

平滑化：ウォーターフォールで計算されたデータにも現在の MLS 平滑条件が適用されます。

スタート時間：スタート時間は MLS インパルス応答で測定したときのスタートウインドウの値を使い、ウォーターフォールの時間 0(開始時間)として使います。

ストップ時間：ストップ時間は MLS インパルス応答で測定したときのストップウインドウの値です。これは、異なるタイムシフトを選択していない限り、最後に処理した CSD グラフの線の位置を示します。

ウォーターフォールに影響する MLS 設定を変更するため、MLS コントロールパネルとウォーターフォール・コントロールパネルを相互に切り替えることができます。新しくウォーターフォール計算を始

める前に、MLS が周波数領域用に設定されていることを確認して下さい。そうでないと設定の効果がありません。

CSD(Cumulative Spectral Decay)は主に無響室のスピーカーの評価をするのに使われます。この場合、スタートからストップ時間までのデータだけが分析されます。連続して表示される線は相対的な開始時間から停止時間までの時間データと考えられます(一番奥の時間 0 のときのデータは MLS のスタートウィンドウと同じ開始時間となります)。画面に表示される各線は立ち上がり時間を滑らかにして表示されます(これについての議論はこの参考文献を見てください)。ウィンドウの立ち上がり時間は通常 0.1 から 0.6ms の間です。CSD モードでは、タイムシフトの値を 0 に据え置いたまま自動的に計算が行われ、表示する線の本数は、開始と停止欄で設定した時間から計算して割り振られます。ユーザーがタイムシフト値を決めるときは、最後のスペクトラムが表示できる程度の設定にしてください。設定した停止時間を過ぎてしまうと、タイムシフトが 0 だった場合と同じように処理されてしまいます。CSD は低域で時間と周波数の関係が不確実になり信頼性がなくなるため、自動的にスペクトラム中の低い周波数の一部を隠して表示します。

ETF(Energy Time Frequency)は部屋の音響測定に使われます。MLS 測定は、開始時間から測定を始め、時間シフトの値を次々と後ろに動かしながら連続して測定して行きます。

12.3.2 ファイル表示モードの設定と操作

Root File Name 欄とブラウズボタン

表示するファイルを選択するにはブラウズボタンを押します。表示されるファイル一覧の中から選択したファイルを 1 つ選ぶと、そのファイル名が Root File Name 欄に表示されます。

Z-Start 選択したファイルに関連する最初の値(一番奥)です。

Z-Stop 選択したファイルに関連する最後の値(一番手前)です。

Z-Ref 値の基準とするファイルの値です。

Start Frequency ウォーターフォールを表示する開始周波数です。

Stop Frequency ウォーターフォールを表示する終了周波数。

ファイル表示モードは 3 次元グラフに収められたたくさんの測定を合成するのに強力な方法です。このモードでは、連続した周波数応答として読み取り、ファイルに保存されたデータを、角度を Y 軸とした表示(極表示 polar response)に変換することができます。ファイルの設定を識別するため、ファイル名は、以下に示す固有の規則に合せて付ける必要があります。この規則に従って書いておくと、処理ルーチンに正しくデータを渡すことができます。ファイル名形式は以下の通りです。

<名前>、<単位>、<値 x100>.MLS

<名前>は一般的な名前(英文字)です。<単位>は普通の測定単位(グラフの Z 軸に表示される単位)で、<値>はファイルを区別するための数値です。これらは半角空白を間に入れて区切る必要があります。マイナスの数字を書くこともできます。例えば、"mydriver deg -250.mls"は有効なファイル名です。mydriver は測定時に付けた任意の名前であり deg は測定単位、-2.5(値の 250 を 100 で割ったもの)はその単位で -2.5 で測定したときのファイルとわかります。意味は、手持ちのドライバーを -2.5 度で測定したときのデータファイルという意味です。例えば、ファイル一覧の中から Z-Ref 値を参照しているファイルがどれか見分けることができます。すべての計算はそのファイル名を見て行われます。例として 12.5 を参照してください。

12.4 CSD の操作

CSD(Cumulative Spectral Decay)は MLS 測定データをパソコンのメモリに取り込むことから始まります。仮に、中くらいの大きさのプロ用スピーカー(30cm ミッドバスとコンプレッションドライバーを使ったホーンスピーカー)の無響室周波数特性を測ったとします。図 12.3 と12.4 です。

最初にインパルス応答を調べ、反射の影響を受けていない部分を選びます。この選ばれたデータが MLS 疑似無響室応答とウォーターフォールでの後処理の内容を決定します。開始、終了位置を選ぶとその情報がウォーターフォール画面に反映されます。時間 0(開始時間を特に設定しなかった場合)なら、MLS 測定の最初からの値がそのまま表示されます。Z 軸は、正確に開始から終了までのデータが表示されるように表示範囲が調整されます(時間シフトが選択されていない場合です)。

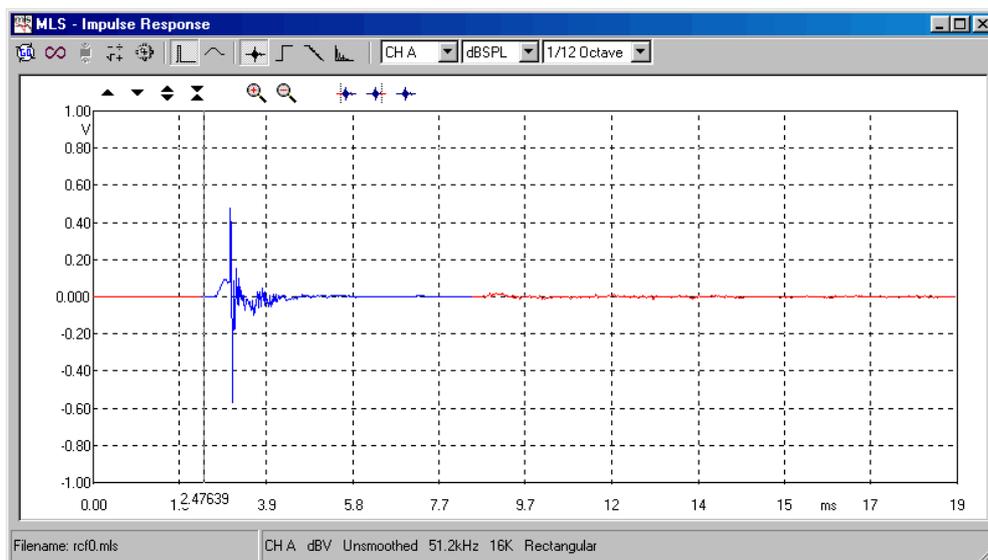


図 12.3

[^]ボタンを押して周波数表示画面を出し、100 ~ 20000Hz の部分を拡大して、図 12.4 のように 1/12 Oct の平滑化を適用します。前にも述べたように、これらのパラメータはウォーターフォールにも有効です。さて、これでウォーターフォールの実行準備の完了です。

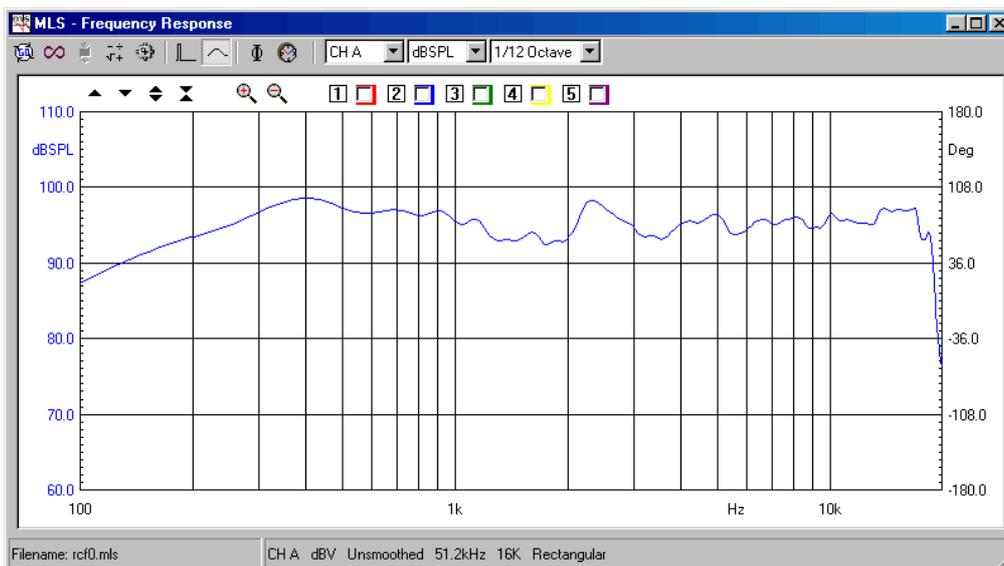


図 12.4

ウォーターフォール・コントロールパネルを起動しましょう。画面左上の Go ボタンを押してください。図 12.5 のようなウォーターフォール図が現れるはずです。

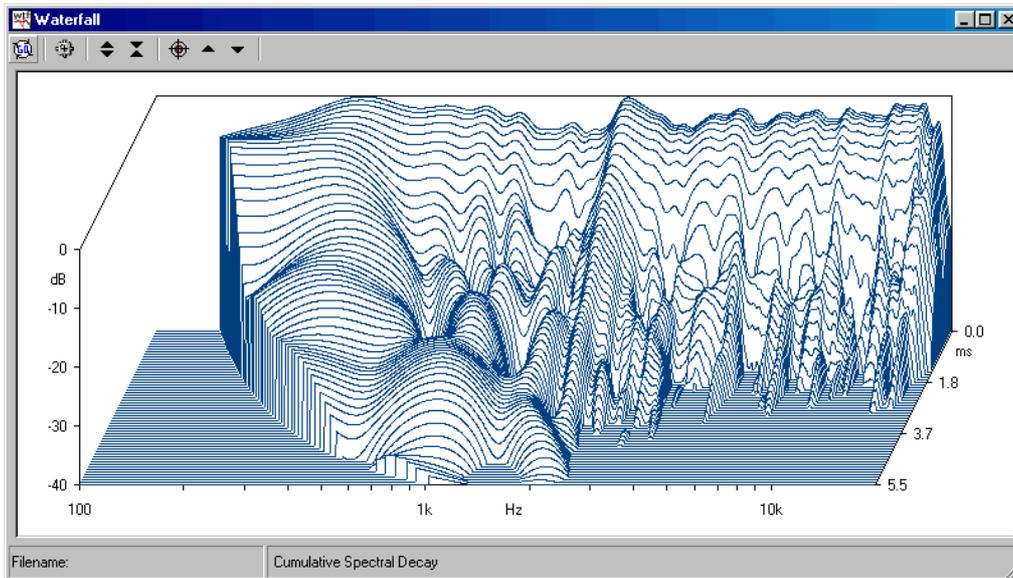


図 12.5

ウォーターフォールを見るとき強力な方法の 1 つにマーカーを使う方法があります。ボタンを押してください。表示画面が図 12.6 のように変わります。2200Hz 周辺のピークのように減衰が長く尾を引いている周波数が簡単に読み取れるようになります。別の線にマーカーを動かすには、キーボードの上向き矢印()と下向き矢印()を使います。

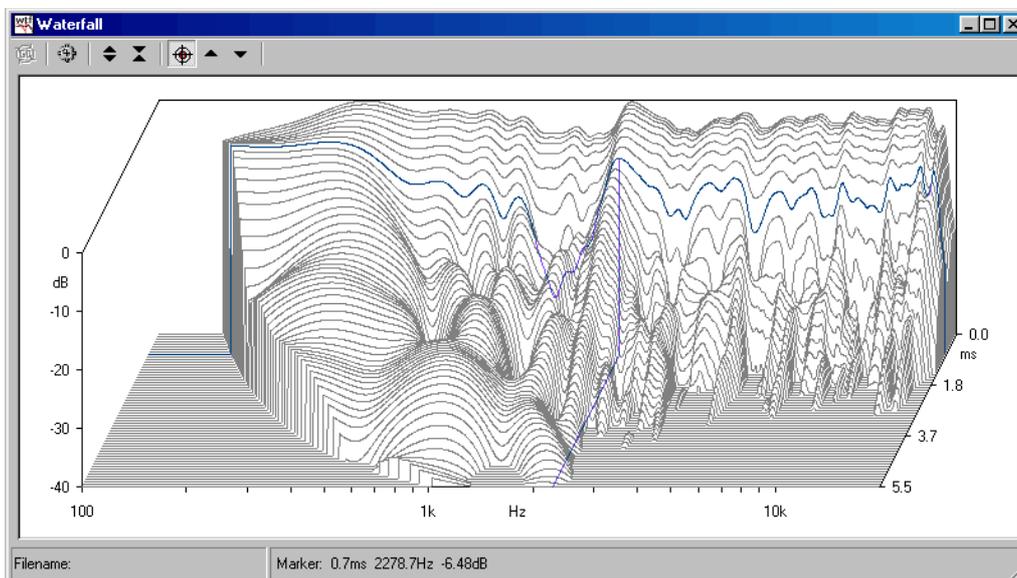


図 12.6

さて CSD アスペクト比を変えましょう。ウォーターフォール設定ダイアログに行き、Time Shift 欄に 0.1ms と入力してください。再度計算した後、図 12.7 のような表示になります。ここでは、表示データの間隔がちょうど良くなり、減衰の様子が更にはっきりわかります。このときの時間幅は 6.1ms なので、入力できるデータ間隔時間の最大限度は(30 スペクトル表示を選択した場合)約 0.2ms です。

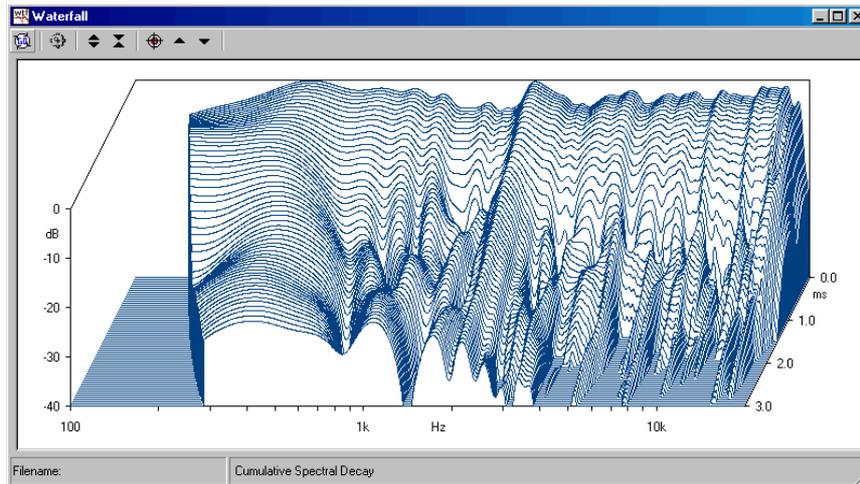


図 12.7

さて、もう一度アスペクト比を変えてみましょう。ウォーターフォール設定ダイアログで、Reference ボックスをチェックして有効にします。Go ボタンを押して再表示させると図 12.8 のようになります。一番奥の線が一直線になり、これを基準として他の線が表示されている点に注意して下さい。このようにして見ると、他の線が最初の線に対してどれくらい違っているか比較するのが容易になるでしょう。

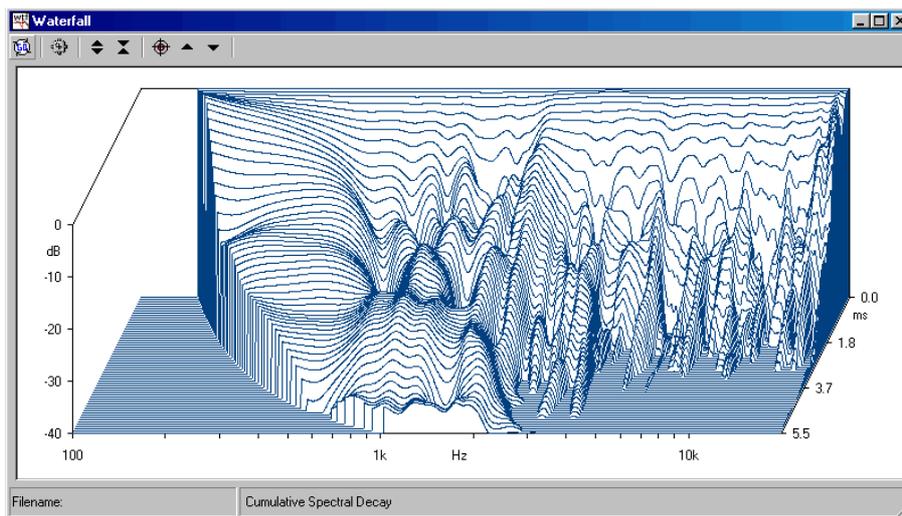


図 12.8

今度は、設定ダイアログの Window Rise Time の値を変えてみましょう。標準は 0.58ms になっていますが、これを 0.1ms に変更してみます。Go ボタンで再表示させてみると図 12.9 のようになります。

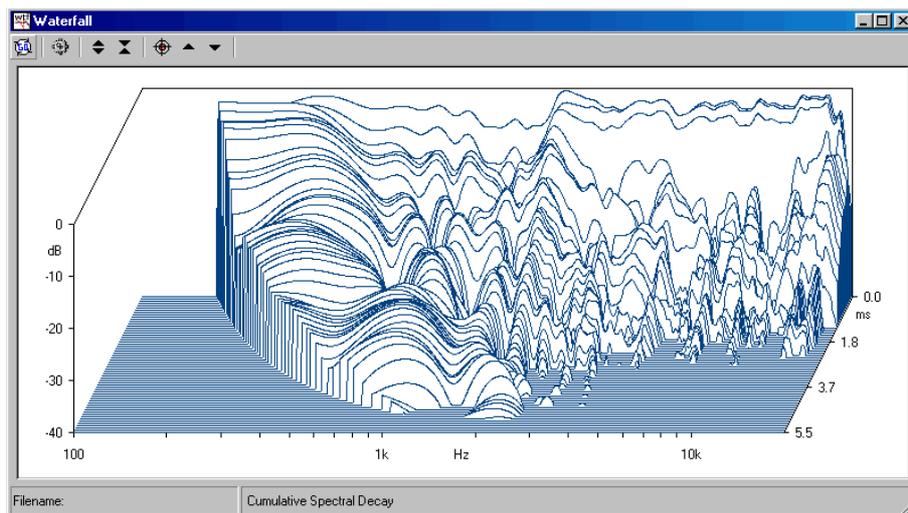


図 12.9

12.5 スピーカーの角度データの測定と表示

さて、12.4 で解析した同じスピーカーの極応答(polar response)を測定して表示したいとしましょう。さまざまな角度の無響室周波数特性を MLS で測定し、ファイルを 12.3.2 で説明した規則に従って保存します。CLIOwink から制御できるターンテーブル(Outline ET/ST)を使います。MLS コントロールパネルから自動で動かすことができます。

注意: ターンテーブルユニットは CLIOwin 標準セットには含まれません。必要な場合は代理店にお問い合わせ下さい。

12.5.1 MLS コントロールパネルの準備

このテストではバツフル正面を規準として-60 度から+60 度までの角度でスピーカーを測定します(5 度間隔)。さまざまな水平角度の周波数特性を自動的に測るには、MLS の設定をセットします。ループモードにして、自動保存機能を使い、ターンテーブルコントロールにつなげます。自動保存機能を設定するところから始めましょう Alt-F2 を押して Autosave Setting ダイアログ(図 12.10)を呼び出します。各項目に必要な値を入力します。Root File Name 欄には rcf deg、Start 欄に-60、Increment 欄に 5、Total Number(データ総数)に 25 を入力します。

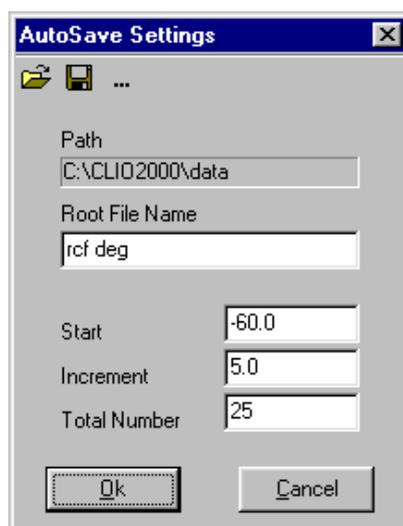


図 12.10

これで MLS 測定開始準備ができました。後はターンテーブルとコントロールを正しくセットする必

必要があります。

12.5.2 ターンテーブルの準備

外部機器のターンテーブル(マイク回転台)が正しくパソコンに接続されているとします。測定には以下の設定が必要です。

- 1) 'Deg Step'のセクターを5度に設定します。
- 2) 開始したいスタート位置までターンテーブルを反時計回りに回します。-60度(つまり300度)の位置から開始します。
- 3) 図 12.11 のターンテーブル・コントロールダイアログを表示します。分解能は5度。回転速度は0.75RPM、Link To Measurement(測定とリンクボタンを押します。

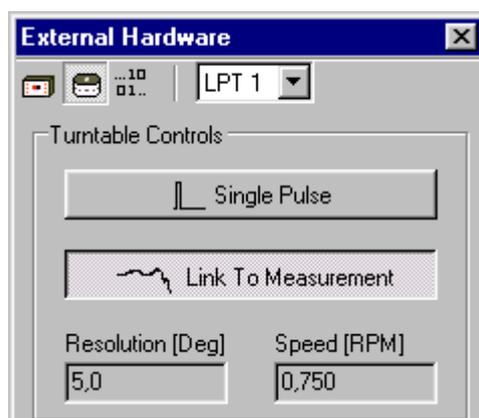


図 12.11

12.5.3 測定

測定が始められる状態になりました。向こう側に置いたターンテーブルのスピーカーについて最初の測定をするにあたって、まずパラメータを調べ、取り出したインパルス応答を良く見て、測定ウィンドウのスタート・ストップの値を調整してください。これらの値は全ての測定に適用されます。回転の間にスピーカーの音響的中心がずれないように考慮して設置してください。最後に図 12.12 のように、今回の測定に必要なツールバーボタンを押します。自動保存ボタンとループボタンを押します。



図 12.12

では Go ボタンを押してください。MLS 測定が一つ終わるごとにターンテーブルが回り CLIOwin はターンテーブルが停止するのを待って自動的に次の測定を始めます。停止時間が十分ない場合、ターンテーブルの回転速度を設定し直さなければなりません。自動保存機能が ON になっているので、各測定ごとに自動的にファイル名を付けて保存して行きます(図 12.13)。



図 12.13

測定を25回取り終わると1つの測定セットが終わり、自動保存ボタンとループボタンがOFFになります。

12.5.4 ウォーターフォールを使った角度データの表示

測定したデータを表示するにはウォーターフォール設定ダイアログに入ります。ファイル表示モードを選び、ブラウズボタンを押してください。自動保存したデータディレクトリに入ると図 12.14 のようにファイル一覧が表示されます。

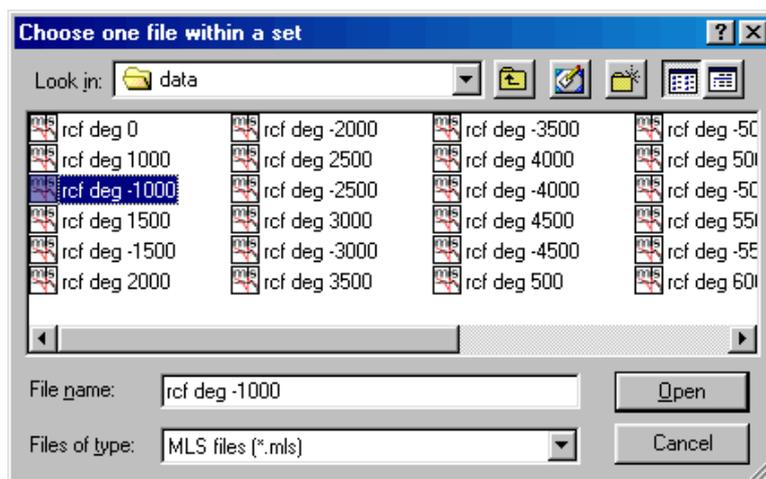


図 12.14

1 セット分の測定ファイルは 25 のファイルで構成されています。そのうち 1 つを選びます。最初のファイルと最後のファイルを表示することが重要です。図 12.15 のように Z-Start と Z-Stop の値を入力してください。-40 度から+40 度までの応答のみ、表示します。

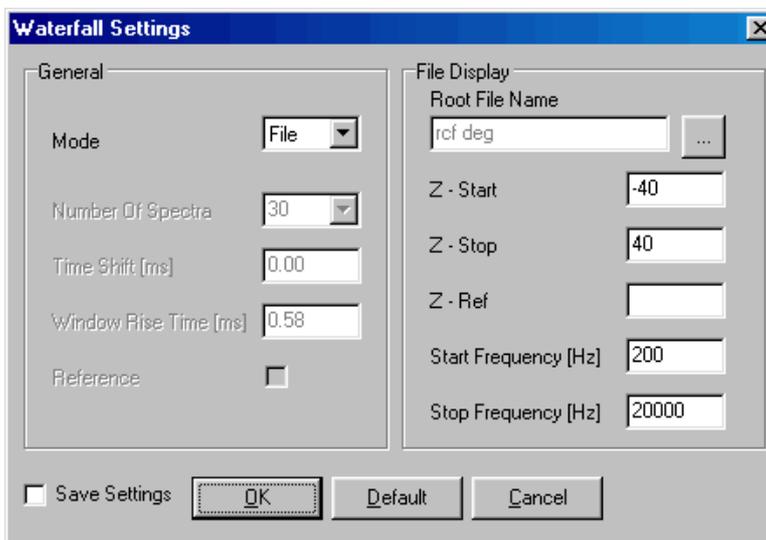


図 12.15

さて、ようやく角度表示のウォーターフォールの準備ができました。結果は図 12.16 です。

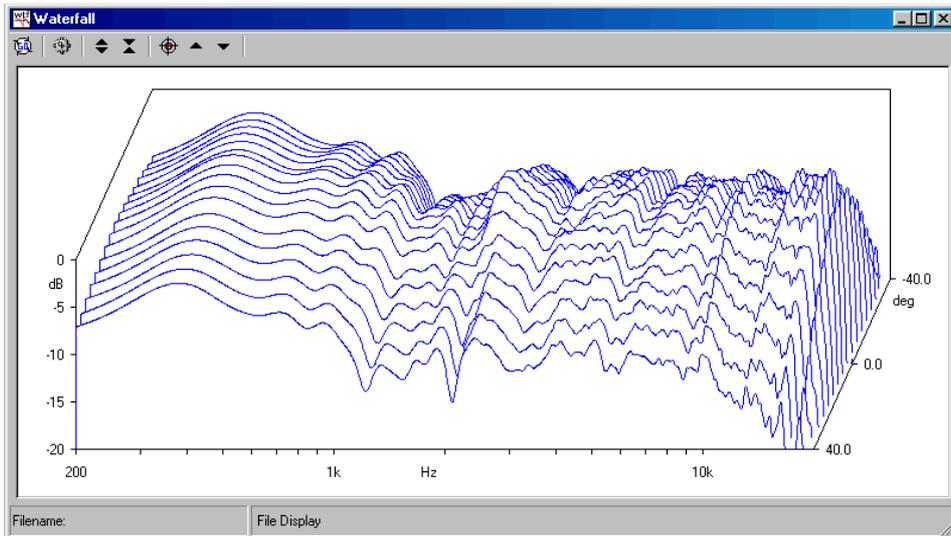


図 12.16

角度データを使い、更にスピーカーの軸上特性を規準としたグラフがどうなるかを見るには、ウォーターフォール設定ダイアログの Z-Ref box に基準値のファイル名の値を入力すれば簡単にできます(図 12.15)。

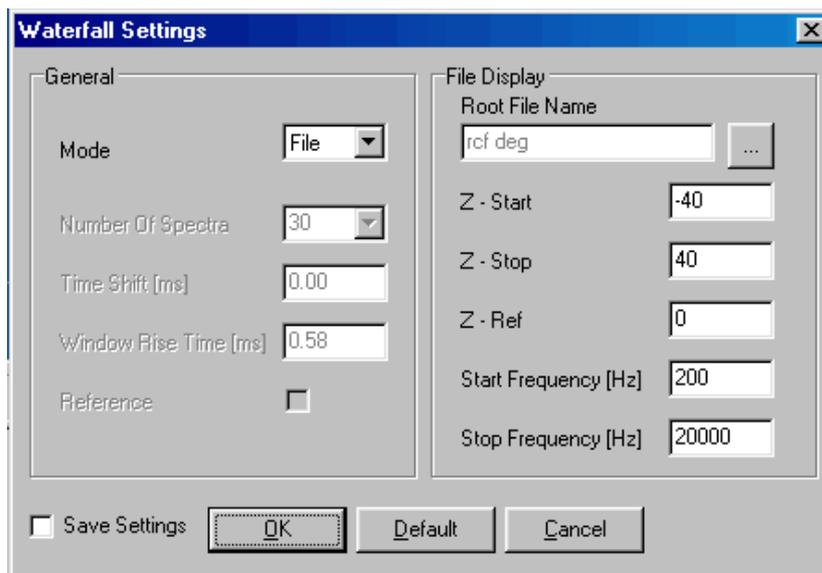
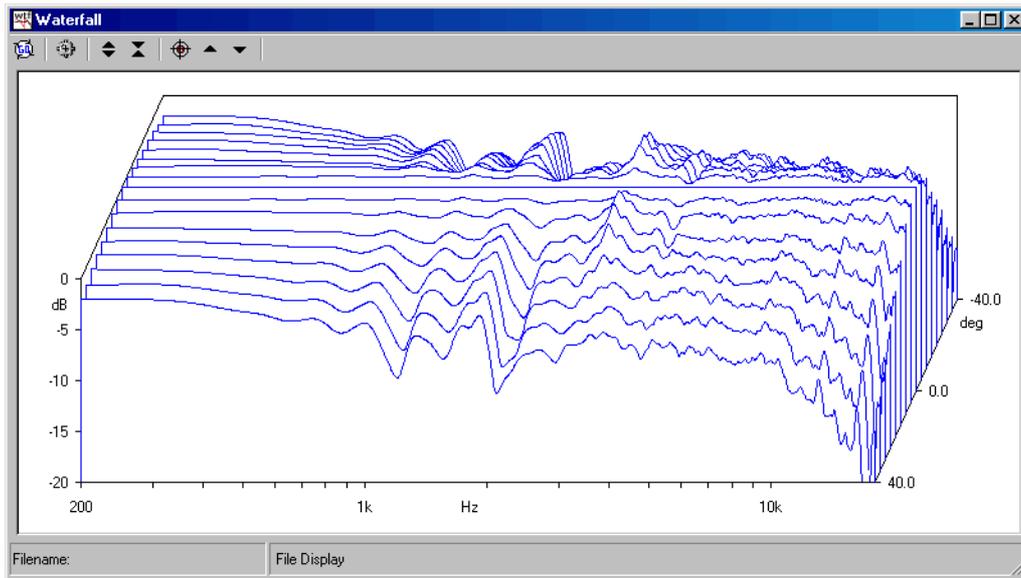


図 12.17

データの角度表示の最終的な結果は図 12.18 のようになります。0 度での応答は平坦です。この表示がスピーカーの動作を良く表しています。これを見ると角度が開いた場合の周波数応答が許容できるかどうかははっきりと判断できます。



12.16

13 インピーダンスとTS パラメータの測定

13.1 導入

ティール・アンド・スモールパラメータの解説に入る前に、インピーダンス測定について一般的なことを説明します。CLIO は MLS と正弦波測定のどちらでもインピーダンス対周波数特性の測定が行えます。関連する章に詳しい情報が載っています。インピーダンス測定、周波数測定のどちらも、これから説明することに関係があります。ここでは両方のメニューに当てはまる接続方法や、原理、その他の話題について説明します。異なる点や選択できる範囲についても取り上げます。

13.2 一般

信号源に何を使おうと CLIO は入力部で電圧を測定します。インピーダンスはそれに最適な処理部で実行されます。つまり 最適な処理はユーザーがどのように測定を行うかによって変わって来るということです。4 つの方法が考えられます。そのうちの 2 つは内部モード(internal)と電流検出法(I sense)で、MLS と正弦波測定の両方の設定ダイアログにあります。この説明から始めましょう。定電圧法(constant voltage)と定電流法(constant current)は後で取り上げます。この 2 つは測定条件からこの名前がつけました。コンピュータが測定システムを確立する以前はこれが普通でした。内部モード(Internal)と電流検出法(I sense)はこれらより測定時間が短く、1 回で済み、準備に必要な接続も簡単です。

13.3 内部モード(Internal Mode)

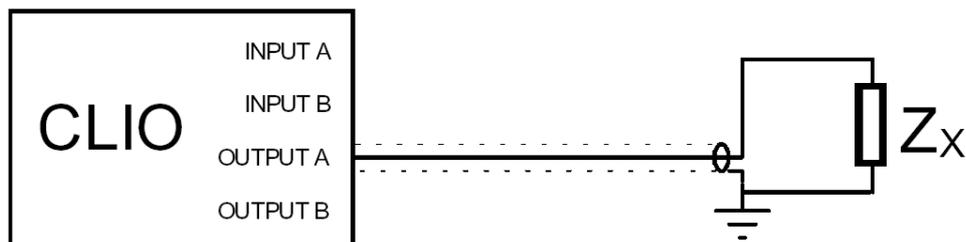


図 13.1

原理的には内部モードは定電流法(constant current)に大変よく似ています。CLIO はその利点を使い、独自の出力レベルと出力インピーダンス(1500 0.1%)を持っています。実際にこの値は本来の定電流測定過程に使われる数値より低いのですが、仮にあなたが測定しようとする抵抗の値が同じ桁数だとしても、エラーを起こさず、出力端子でのデバイスにかかる信号の複素電圧さえ取れば、この方が通常の 10 倍速く測定できます。

図 13.1 は内部モードでインピーダンス測定をするときの接続を示しています。必要なものは下の写真のような 1 本の RCA ピンジャック・ワニ口クリップのケーブルだけです。それ以外の装置はいりません。内部モードでインピーダンス測定を始める前に、使用するチャンネルのループボタン(🔁、🔁)のスイッチをオンにするのを忘れないで下さい。



CLIO の操作や、このモードでのインピーダンス測定に不慣れな場合、スピーカーのインピーダンス測定をすぐに始めず、22 ~ 100Ω の抵抗(精度 1%)を使って、期待通りの結果が得られるかどうか、インピーダンス測定をして慣れてください。ここに正弦波測定とMLS の 2 つの例を挙げます。Go ボタンを押す前に Y 軸を抵抗(Ω)にセットすることを忘れないで下さい。ここでは 47Ω の抵抗器を測定してみます。測定値は抵抗器の値(赤のカーブ)と位相に大変近く、大事なことです。位相の値は 0 に近い値となるはずですが、周波数レンジ全域でこのような結果になるはずですが、図 13.3 は MLS のグラフで、最低周波数は 1Hz が限度となっていますが、左の図 13.2 正弦波測定は 10 ヘルツが最低限度となっています。あなたの測定で同じ結果が出ない場合は、スピーカーのインピーダンス測定に入らないで下さい。どこかがおかしいことを意味しています。無理に測っても正しい測定ができなくなるだけでなく問題を増やすこととなります。内部モードでも CLIO の出力レベルはユーザーが決めます。ここでは +10 にセットしました。我々が入手できる最も直線性の良い部品は抵抗です。下のグラフのように良い結果が出たら次のスピーカーの測定へ進みましょう

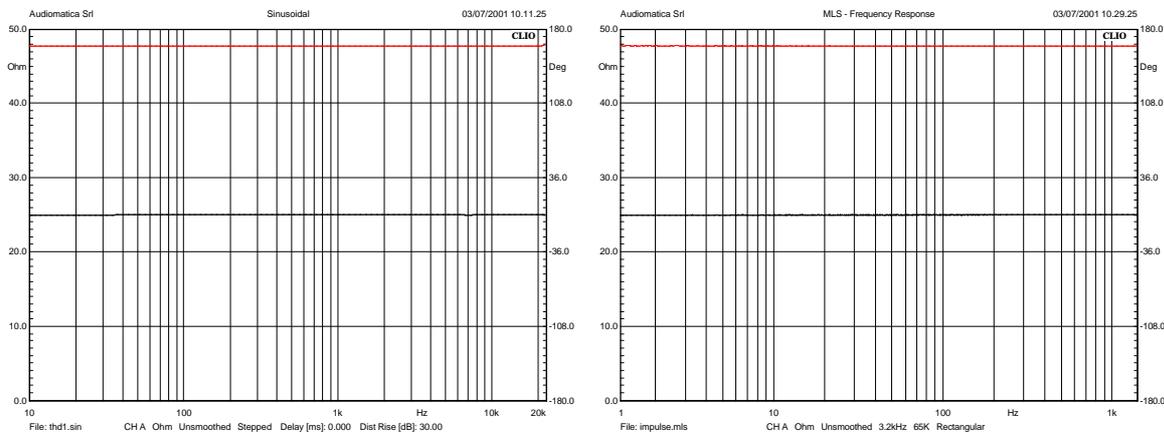
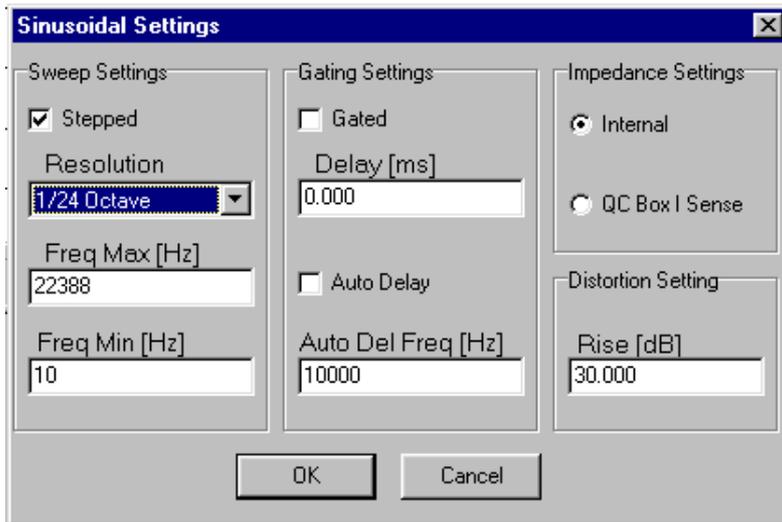


図 13.2 図 13.3

13.3.1 インピーダンスの測定

正弦波測定を使って 5 インチのウーハから始めましょう 次のような設定にしてみました。



他への影響を与えずに変更することのできる周波数レンジを除けば、上の図はインピーダンス測定で問題を起こさずに済む設定になっています。起こるかもしれない難しい点についても、少し触れながら実験してみましょう。まずは難しい項目の出力レベルから始めましょう。

13.3.2 正しいレベルの設定

図 13.4 の 5 本の線は 10dBu から -10dBu までのレンジで、5dB ずつの差のある 5 つの異なる出力レベルを取ったものです。赤い線は +10dBu で、青の線は +5dBu、残りは同じ程度で重なっています。

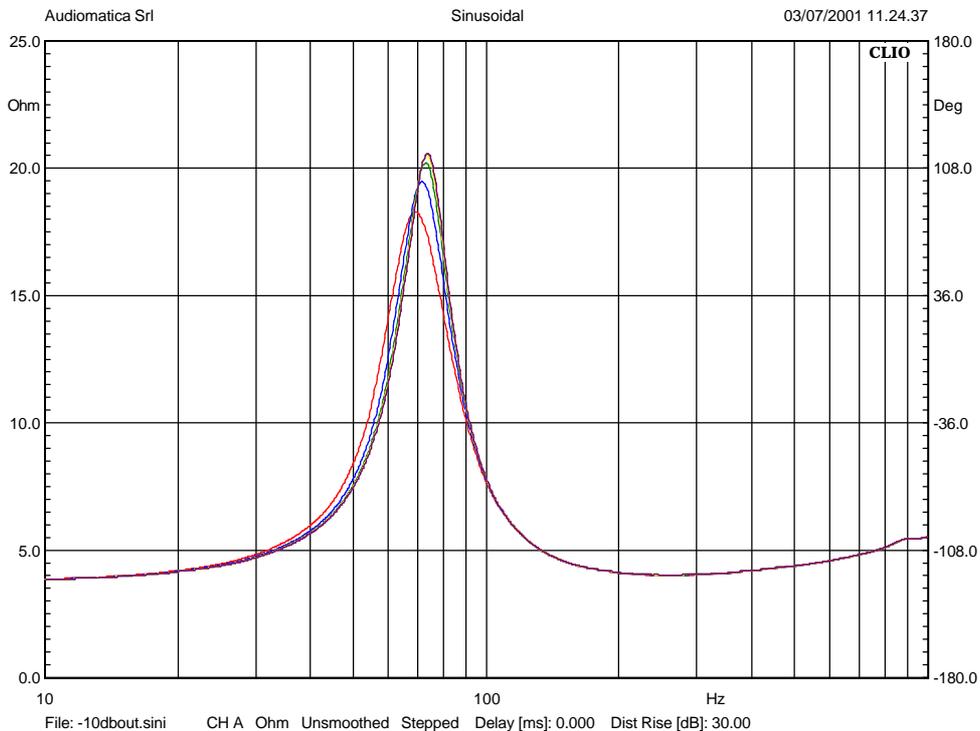


図 13.4

抵抗のような直線性の良い部品と違い、スピーカーの測定は面白いかもしれませんが、難しい事がわかるでしょう。表 13.1 に 5 本の線から取り出した主な TS パラメータを示します。

	Fs	Qms	Qes	Qts
+10dBu	69.244	3.105	0.609	0.5094
+5dBu	71.63	3.6461	0.6643	0.5619
0dBu	72.9912	3.986	0.695	0.5920
-5dBu	73.5429	4.1663	0.7147	0.61
-10dBu	73.82	4.227	0.7218	0.6166

表 13.1

0dBu から-10dBu までの値が最適で、使用する最大レベルは 0dBu としました。面白いことに内部モードでは出力レベルに対してあまり敏感ではありません。この測定をさらに続けて行くと CLIO が正確で能力のあるオーディオ測定システムであることがわかりただけでしょう。今度は接続を変えずに CLIO の FFT 測定機能と発信器を使って 10dBu の共振点での歪を測ります。図 13.5 にこの状態でのスペクトラムを表わしました。2 次高調波歪は 0.158% で、基本波より 56dB 低い値となります。10dBu でもスピーカーの直線領域の範囲に入っていますが、上の表からもわかるように 10dBu というレベルはこのスピーカーにとってきわめて高い入力値です。

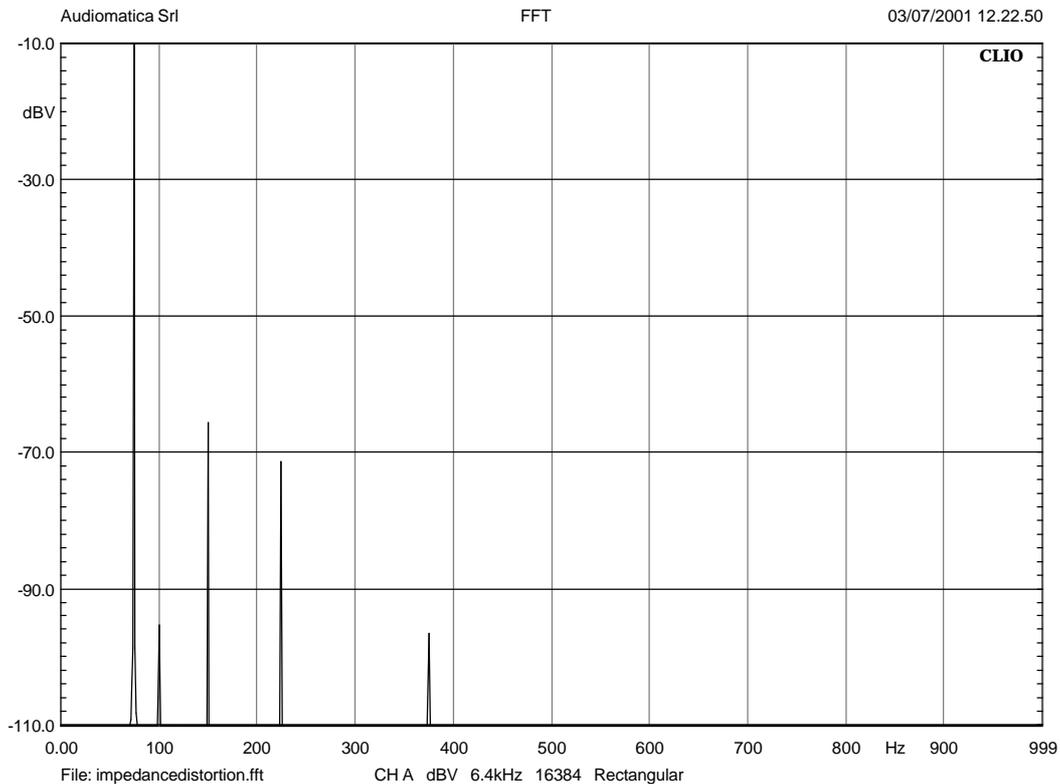


図 13.5

読者の皆さんはこの測定プロセスを経て、スピーカーの品質を把握したいと思われるでしょうが、正しい判断を下すにはかなりの経験が必要です。デバイスを正確に比較するには、共振点でのスピーカー端子電圧(VRMS)が重要です。FFT のグラフで-10dBV は 0.316V RMS にあたります。

13.3.3 環境ノイズの処理

スピーカーのインピーダンス測定するとき、次に出てくる問題はノイズです。マイクは信号でもノイズでもどちらも受け付けてしてしまうため、CLIO の入力端子にはノイズ電圧も出てしまいます。ノイズの

影響を受けているかどうか調べるにはスピーカーに58dB SPLの音圧を発生させる100Hzの正弦波を入力してみます。この状態で、MLSと正弦波測定でインピーダンスカーブを取りました。両方とも以前に良い結果を出した10dBuで取っています。MLSでの測定結果を図13.6に、正弦波測定結果を図13.7に示します。この様にインピーダンス測定の際にノイズの影響を受けないことが正弦波測定分析を好む理由です。

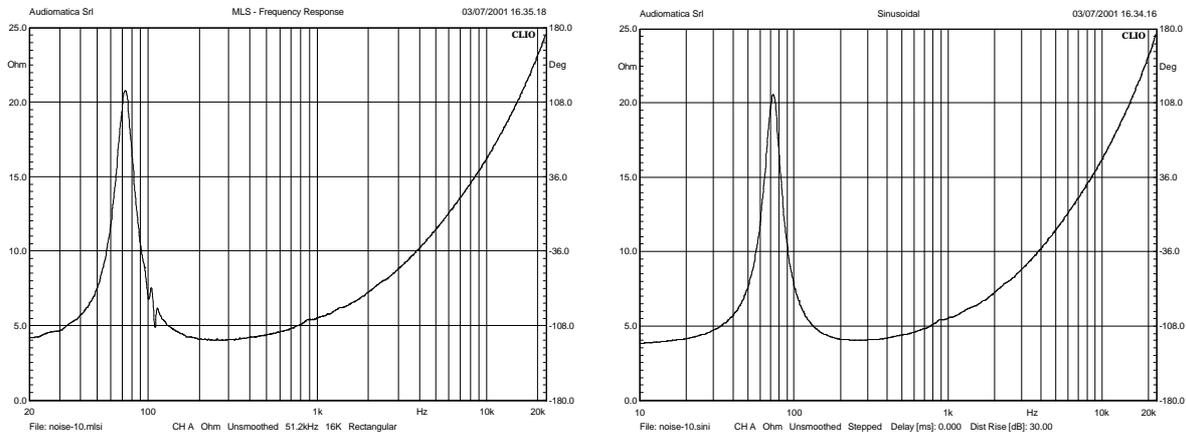


図 13.6 図 13.7

13.3.4 振動への対処

最後に取り上げる問題は外部からの振動です。

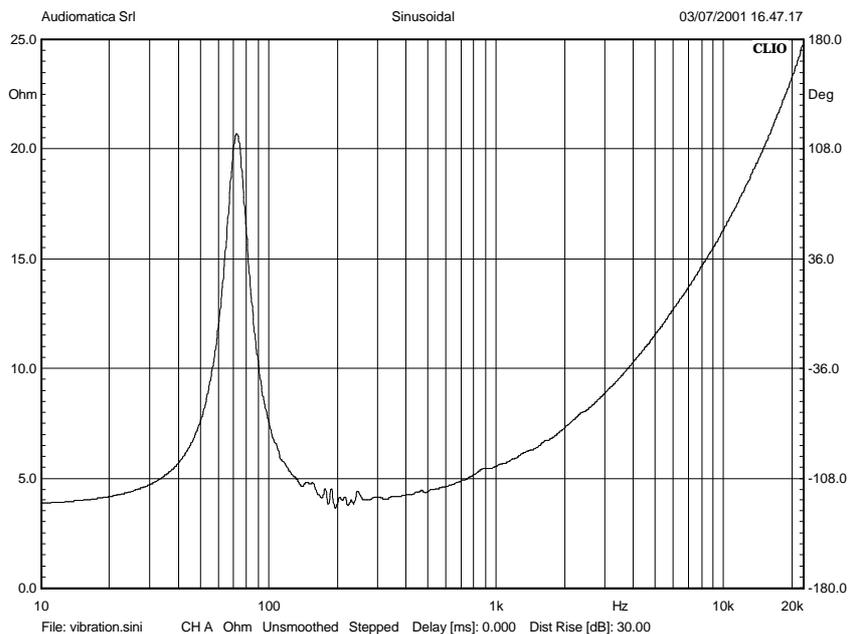


図 13.8

図13.8は必要に応じて取り外しできるコンピュータ用テーブルの上に置いたときのスピーカーのインピーダンス特性です。200Hzあたりではっきりした共振が出ています。スピーカーがどんなに良いものでも良い音を出すかどうかはそのスピーカーに取り付けた機器自体が振動するかどうかにかかっています。安定で共振しない機器を使っていれば何も追加する必要はないでしょう

ここまでは内部モードを使ってきました。他のモードについても簡単に説明しましょう。他のモードでもこれまでに出てきた問題と同じかさらに悪化する場合があります。

13.4 電流検出(I sense)

Audiomatica CLIOQC アンプとスイッチボックスのモデル 2 と3 を取り上げます。単純化した定電圧測定法を使います。デバイスのゲインをセットし、検出抵抗値は約 0.1Ω を使います。図 13.9 は CLIOQC ソフトウェア・コントロールダイアログボックスです。I sense を選んでください。

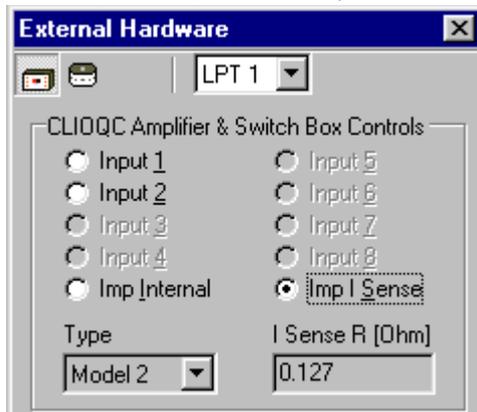


図 13.9

接続は図 13.10 のようになります。

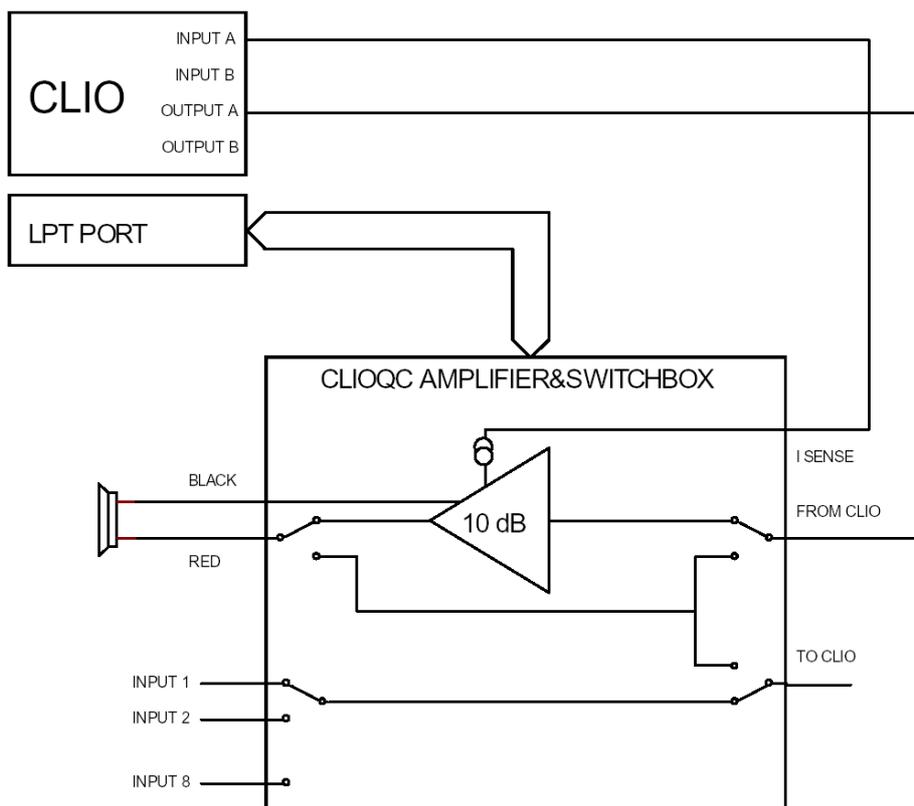


図 13.10

先に進む前に、MLS であれ正弦波測定であれ、設定ダイアログを開いてインピーダンスの電流検出(I sense)を選ぶことを忘れずに。出力レベルは内部モードのときよりずっと低くなります。前に 10dBu の出力で、共振点でスピーカー端子電圧は 0.316V となっていました。しかし、この測定だとどんな周波数も 7.75V になってしまいます。ですから始めは -20dBu から 30dBu あたりが適当でしょう。CLIO のアンプゲインは 10dB なので出力はその 3.16 倍。出力インピーダンスは 0 に近いので、

スピーカーが接続されてもそれ以上は減衰しません。

最後に、この場合の測定精度を検討します。検出抵抗の値は 0.1Ω 近辺です。適切な許容範囲を持ちながらそのような値を維持するのは大変難しいので、実際の値は各抵抗の間で変わってしまいます。デフォルト値は 0.127Ω ですが、ユーザーは 10Ω レンジ(精度が 1%以上)の規準抵抗を使ってこの値をさらに修正できます(正確な値は内部モードを使って出せるでしょう)。

電流検出(I sense)の値を修正するには、抵抗のインピーダンス測定をして表示された値に、抵抗の値と 1kHz のマーカーの数値との比を掛けると求められます。規準抵抗の値が 10Ω で、1kHz のマーカーの読み取り値が 9.30 とすると、電流検出抵抗の値は 0.127Ω ですから、 $0.127 \times (10 \div 9.3) = 0.127 \times 1.075268817 = 0.13655914$ 。この値を検出抵抗値として入力し、別の測定を始めたときに確認してください。

13.5 定電圧測定法と定電流法

これらは、よく使われている機器を使ってインピーダンス測定をするときの標準的な方法です。理論の説明は省き、CLIO がどのように動作するか解説します。これらの方法では 2 つの外部機器、適切な規準抵抗器(精度が 1%以下のもの)とパワーアンプが必要です。2 つの測定は、それぞれ接続を変えて行わなければなりません。CLIO は処理ツールを使って測定スピードをかなり早められますが、それでも処理過程全体はとても複雑です。MLS の場合も正弦波測定の場合も全ての測定はボルト(Y 軸=dBV)で表わします。

13.5.1 定電圧測定法

ステップごとに進めながら 2 つのファイルを作成します。一つは「reference」、もう一つは「device」と名付けます。2 つの測定ファイルは設定も出力レベルも同じです。Rs は 1Ω、1%の検出抵抗です。図 13.11 は reference ファイル作成用の接続図です。後は測定全体のレベルを設定します。

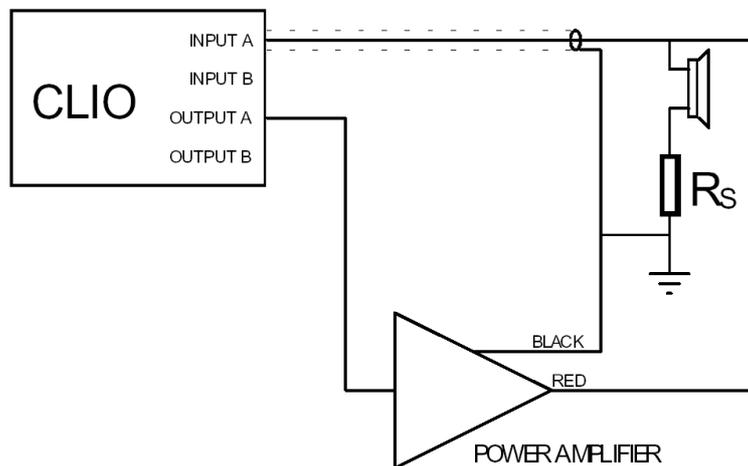


図 13.11

図 13.12 に標準の測定を示しました。予想通り アンプの出力は直線で表われます。そうならなくても、処理系全体が周波数特性のあらゆるずれを補正するので問題にはならないでしょう。もっと面白いのは絶対レベルです。Rs 値は小さいので、スピーカーにはほとんど影響を与えません。-12dBV の出力は 250mV に変換されます。

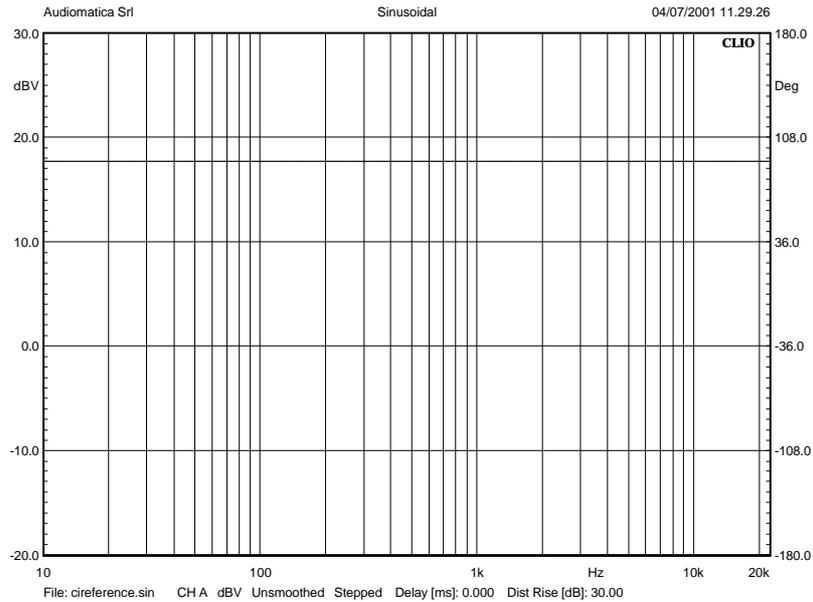


図 13.12

では、デバイスの測定に入りましょう。接続は図 13.13 のように変えてください。デバイスの電流とつりあった R_s の電圧を測ります。正弦波メニューのどの設定も図 13.14 のの結果が出た測定の際のままにしておきます。グラフは慣れていない人には変な形に思えるかもしれませんが、定電圧の測定なので共振点では電流は減少します。

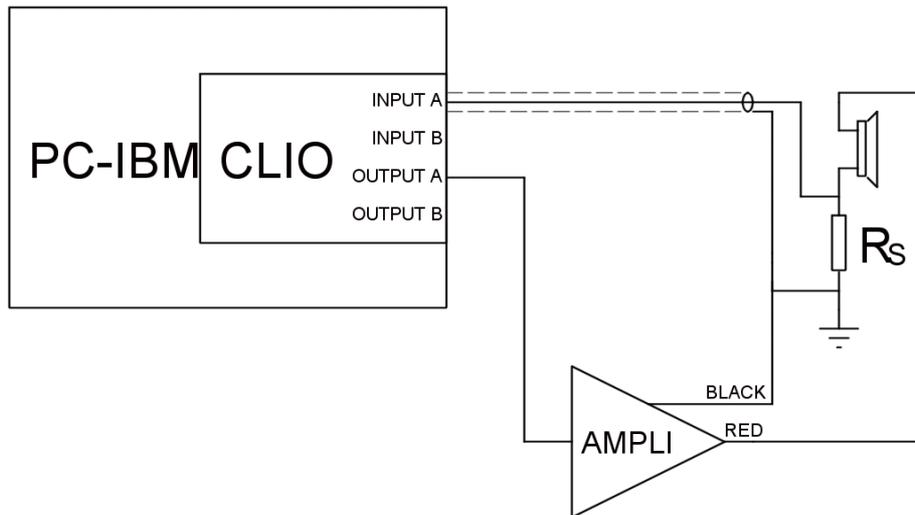


図 13.13

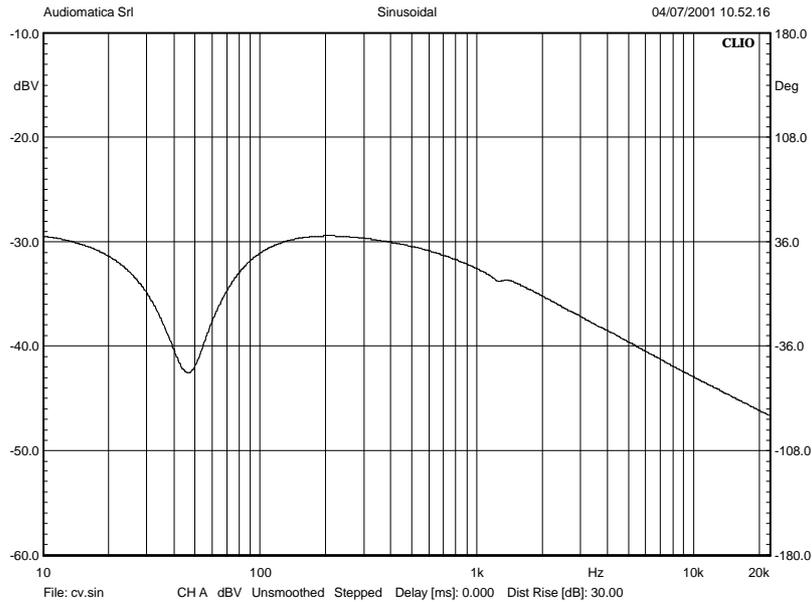
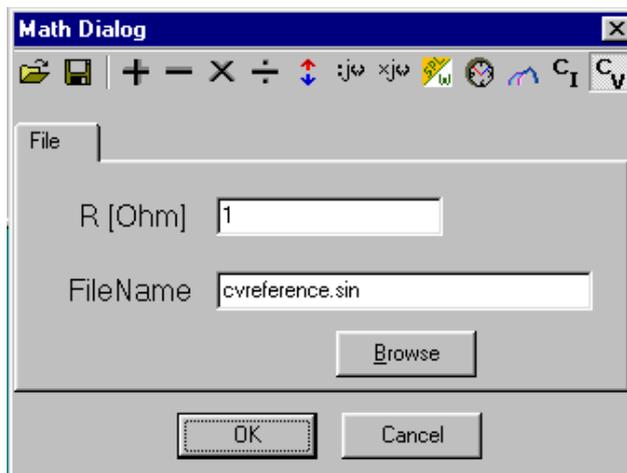


図 13.14

これから後処理に入ります。最後の測定はメモリーに残して、正弦波メニューの Processing Tools Dialog を開きます(MLS も同じです)。CV アイコンを選び、必要なデータを入力します。Ohm value には検出抵抗の値を入れ、File Name 欄には前のファイルの名前、cvreference.sin が見えると思います。あなたの場合はこれとは異なるパス(C:\¥...¥のようにファイル名の前に付いているディレクトリ)が付け加えられているかもしれません。



OK ボタンを押すと図 13.15 の結果が出ました。これが最終結果です。Y 軸の単位が O に変わったことに注意してください。この結果はメモリーにまだあるので、後で使うためのに保存しておきます。

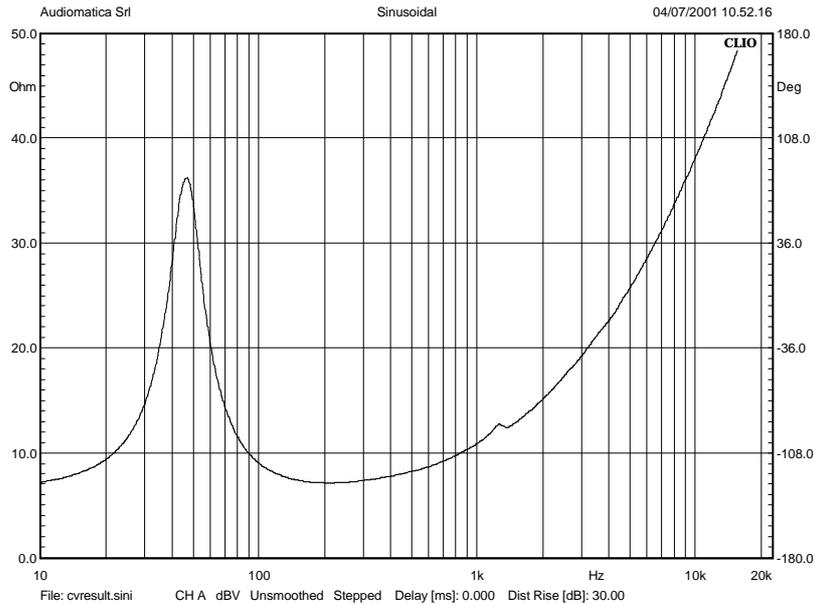


図 13.15

13.5.2 定電流測定法

これまでの測定例と大変よく似ているので、説明は簡潔にします。reference ファイルを作るときの接続方法は同じです。図 13.11 を参照してください。繰り返しますが、reference とdevice ファイルを作るときの設定は全て同じにしてください。前との大きな違いは出力レベルです。ここでは 1kΩ の抵抗を選びます。スピーカー端子の信号が大きく減衰します。図 13.16 は reference 測定の結果です。

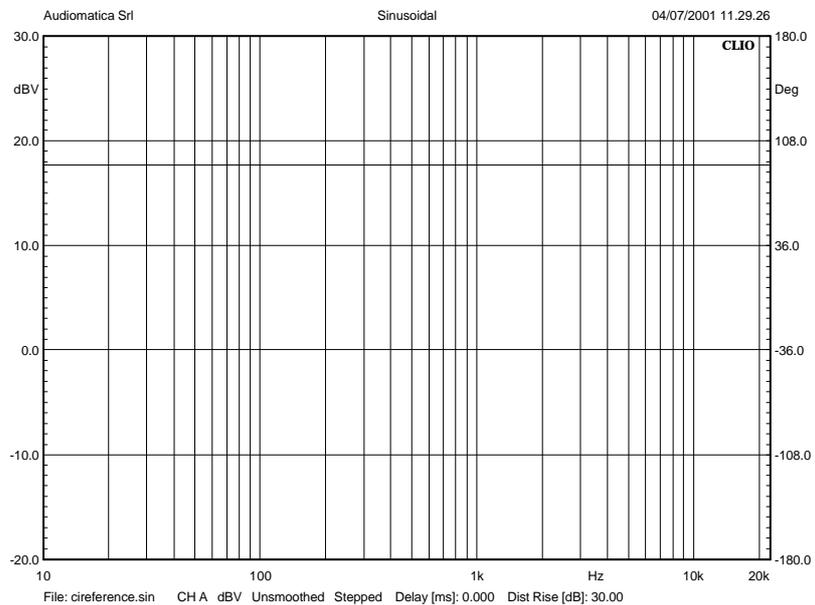


図 13.16

これも直線になります。今度はレベルが 17dBV になったことに注目してください。図 13.17 のように接続を変えました。他はそのままです。

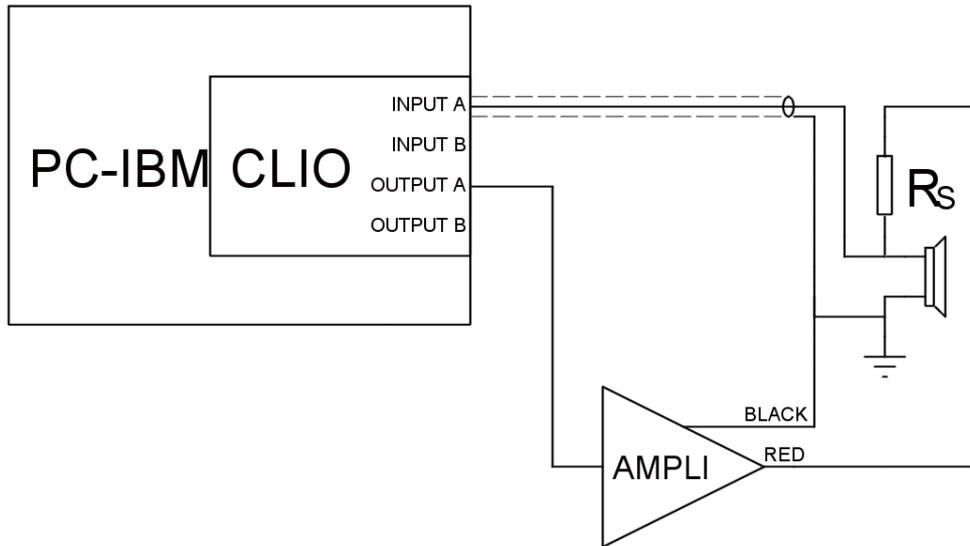


図 13.17

図 13.17 はデバイスにかかる電圧を測定したものを示しています。次の図 13.18 から測定レベルに関して詳しい情報が読み取れます。

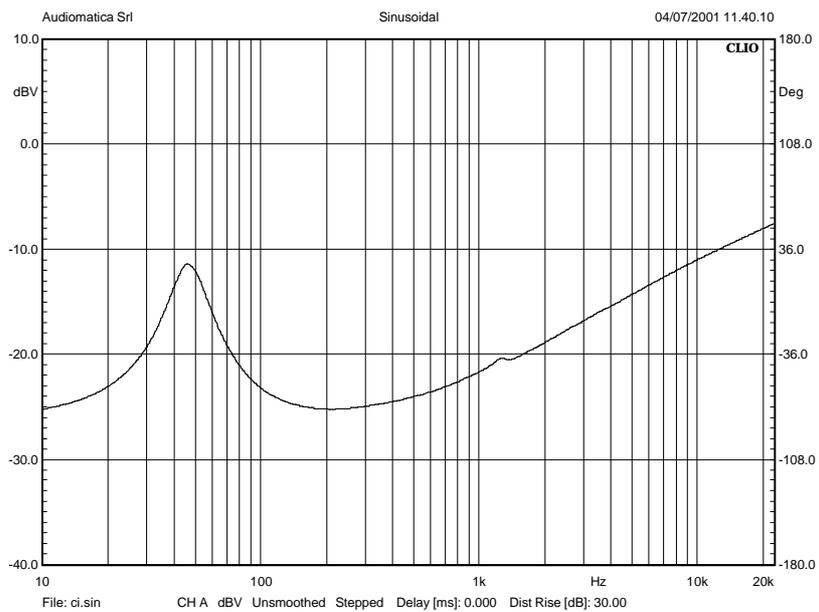


図 13.18

レベルが低すぎるほどではないので、前と同じように後処理に進みます。CV ボタンの代わりに CI を選びます。

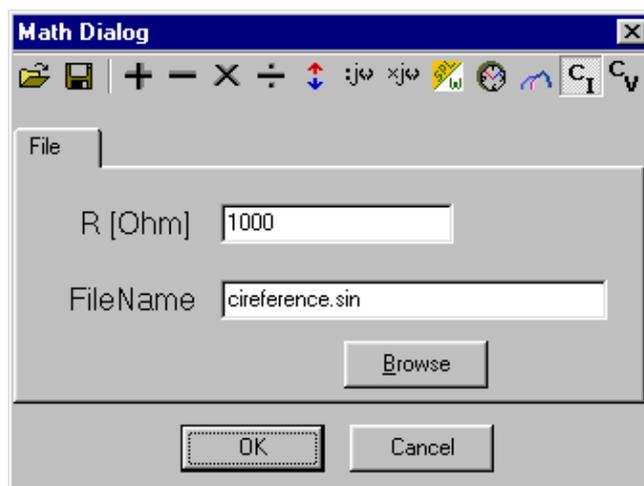


図 13.19 に結果を示します。

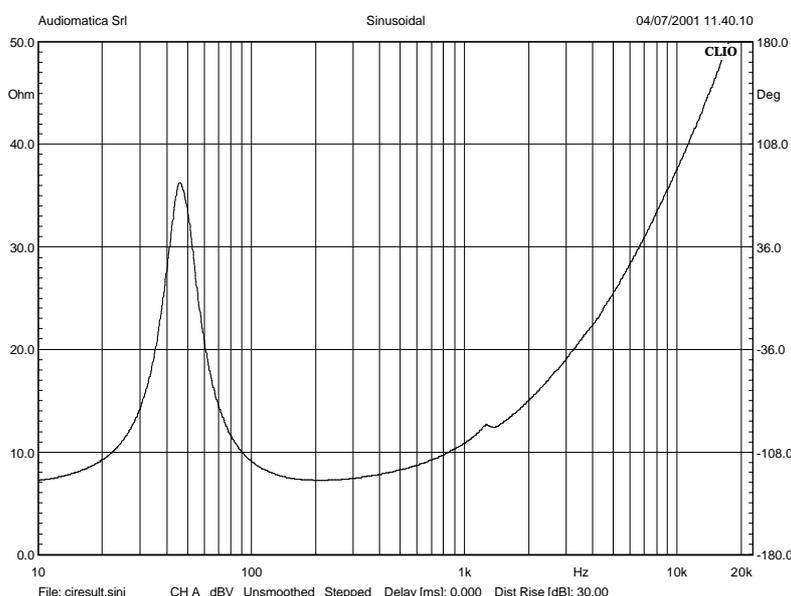


図 13.19

13.6 インピーダンス :正弦波か MLS か

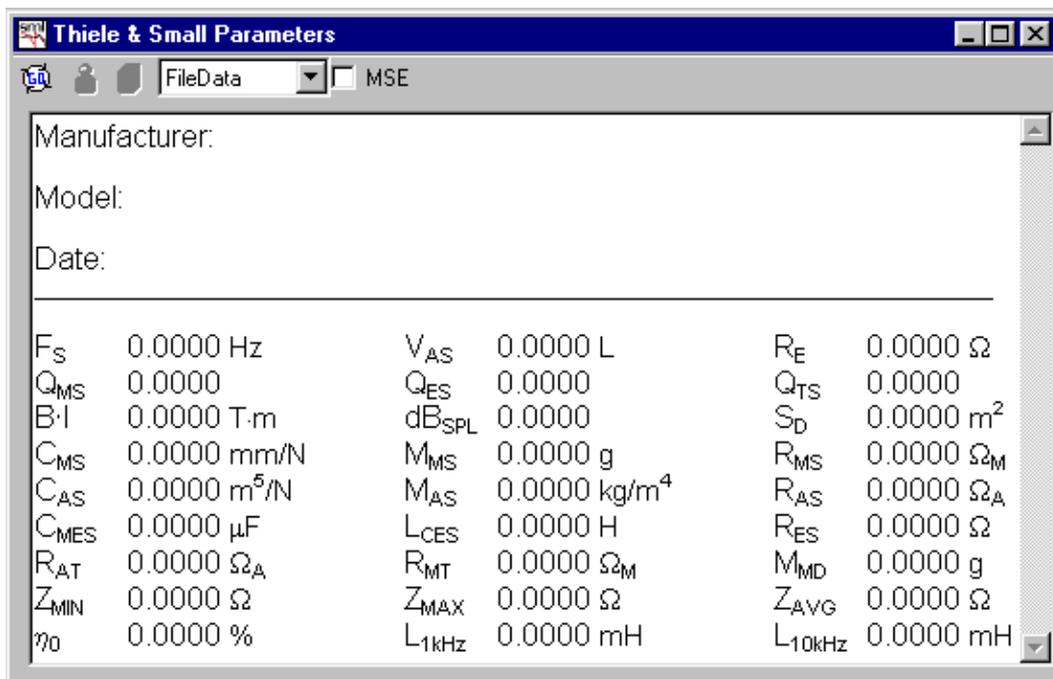
これまで、ほとんどインピーダンス測定のためだけに正弦波を使ってきました。MLS は例として問題を指摘するために使いました。正弦波を使うほうが好ましいとも言いました。MLS がなぜインピーダンス測定に向いているのかと疑問に思うかもしれません。実際、MLS を使っても正確なインピーダンス測定ができます。しかし、エラーに対して柔軟さが欠け、設定に関して何か問題があった場合は苦手です。しかし、本来、エラーや問題はユーザーが最大限に努力して避けるべきことです。さらに MLS は正弦波に比べていくつかの利点も持っています。最も明らかな長所は測定時間です。一通りの強度での測定や FFT サイズを大きく取った時でも速く測れます。この場合、大きなサイズを使うことをお勧めします。正弦波が 10Hz で停止するのに対し、MLS は 1Hz まで測れます。CLIO は感度が高いので、過大入力に弱い機器を使う時でも、インピーダンス測定で小さな振動やびびりを見つけ出せます。慣れるまでは正弦波測定を使うことをお勧めします。その後、皆さんが各方法について自分独自の意見や基本的認識を持つようになるでしょう

13.7 ティール&スモールパラメータ

13.7.1 導入

CLIO はティール・アンド・スモールパラメータ(Thiele and Small Parameters、これ以後、T&S と略します)をインピーダンス測定の後処理に使っています。元になるデータとして Data Origin Drop Down Control から3つのオプションが選択できます。正弦波インピーダンスデータ、MLS インピーダンスデータ、ファイルデータの3つです。最後のファイルデータは前2つのデータも含んでいます。データがどこにあるかという点を除いて、ファイルデータは最初の2つと内容は変わりません。正弦波か MLS を選ぶとき、ユーザーはメモリーにある測定データのうちの1つを選びますが、File Data Option を使ったときはファイルを選択します。インピーダンス測定が中心なので、背景としてこれまでの説明が必要になります。T&S の測定を全部行うには2つのインピーダンスカーブが必要です。一つ目はスピーカー単体でのインピーダンス、2番目は付加質量法、あるいは付加容積法で読み取ったインピーダンスです。最初のはスピーカー振動板に重さのわかっている適当な重りをつけたときのインピーダンス、2番目はスピーカーを、容積のわかっている箱に入れたときのインピーダンスです。

13.7.2 T&S パラメータコントロールパネル



ユーザーインターフェイスは、ボタン3個、ドロップダウン1個、チェックボックス1個とシンプルです。

- T&S パラメータ処理が始まります。詳細は 13.7.3 参照。
- 付加質量法で T&S パラメータの計算を行います。13.7.3 参照
- 付加容積法で T&S パラメータの計算を行います。13.7.3 参照

導入で説明したように、ドロップダウンメニューからデータの元となるファイルを選べます。MSE チェックボックスをチェックすると T&S パラメータを計算する一方で、MSE(Minimum Square Error routine)を作動させます。これについては後で説明します。テストする機器の情報とは別にコントロールパネルには27個のパラメータが表示されます。

13.7.3 (パラメータの)シンボル一覧

F_s	空気負荷を含むスピーカーの共振周波数
V_{AS}	スピーカーのサスペンションと同じコンプライアンスの箱容積
R_E	ボイスコイルの直流電気抵抗
Q_{MS}	メカニカルロスだけを考慮した F_s 周波数でのスピーカーの Q 値
Q_{ES}	電気抵抗のみを考慮した F_s 周波数でのスピーカーの Q 値
Q_{TS}	全てのロスを考えた F_s 周波数でのスピーカーの Q 値
$B \cdot l$	駆動力の強さ(磁束と電流の積)
dB_{SPL}	2.83V の電流が流れたとき、スピーカーが作り出す音圧
S_D	スピーカー振動板の有効面積
C_{MS}	スピーカーサスペンションの機械コンプライアンス
M_{MS}	空気負荷を含むスピーカー振動板アセンブリの等価質量
R_{MS}	スピーカーサスペンションロスの機械抵抗
C_{AS}	スピーカーサスペンションの音響抵抗
M_{AS}	リアクティブエアロートを含むスピーカー振動板アセンブリの音響質量
R_{AS}	スピーカーサスペンションロスの音響抵抗
C_{MES}	スピーカーのトータルムービングマスと等価な静電容量
L_{CES}	スピーカーの機械コンプライアンスを表わすインダクタンス
R_{ES}	スピーカーのメカニカルロスを表わす電気抵抗
R_{AT}	スピーカーのトータル音響抵抗
R_{MT}	スピーカーの総機械抵抗(サスペンションロス+電氣的反射)
M_{MD}	空気負荷を除いたスピーカー振動板アセンブリの機械質量
Z_{MIN}	F_s 周波数より上の周波数帯域での最小インピーダンス
Z_{MAX}	F_s 周波数のインピーダンス
Z_{AVG}	測定した周波数の限度以上でのインピーダンス平均値
η_0	効率
L_{1kHz}	1kHz でのインダクタンス
L_{10kHz}	10kHz でのインダクタンス

13.7.4 T&S 算出手順

T&S の値を測るには 2 つのインピーダンス測定を行います。後者は 2 つの測定法を使うので、計 3 つの測定をする必要があります。1 つめは自由空間におけるドライバーに関連するもの、2 つ目はコーンにつけた重量のわかっている重りのドライバーの測定、3 番目は容積のわかっている箱を負荷にしたドライバーの測定です。図 13.20 は 1 つのグラフに 3 つの測定の結果を重ねて描きました。

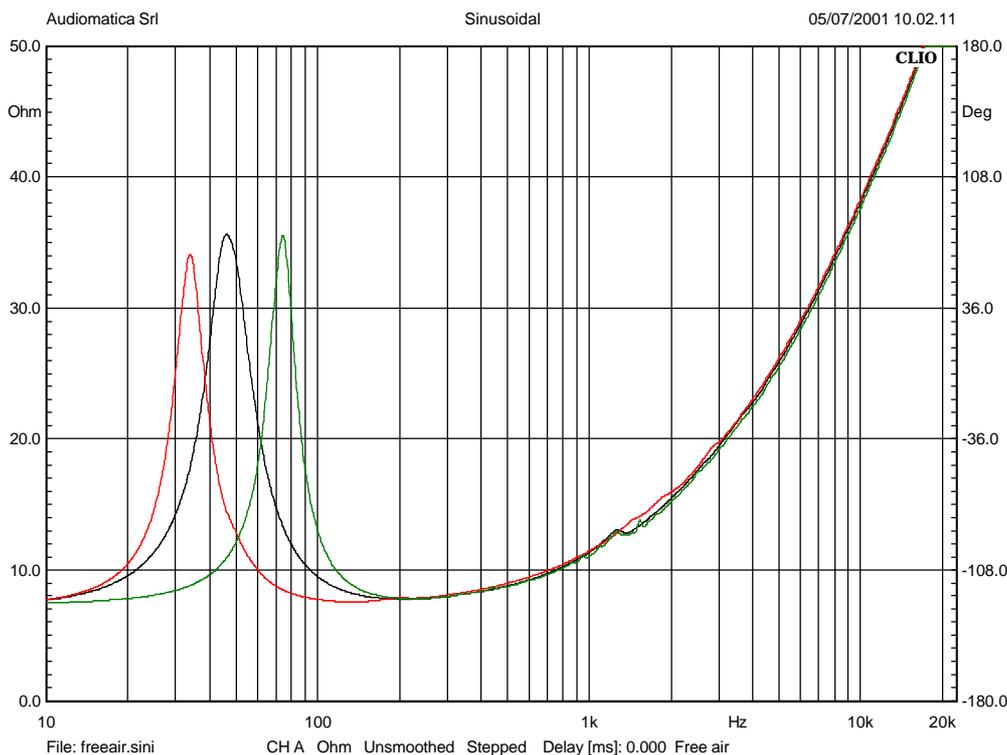
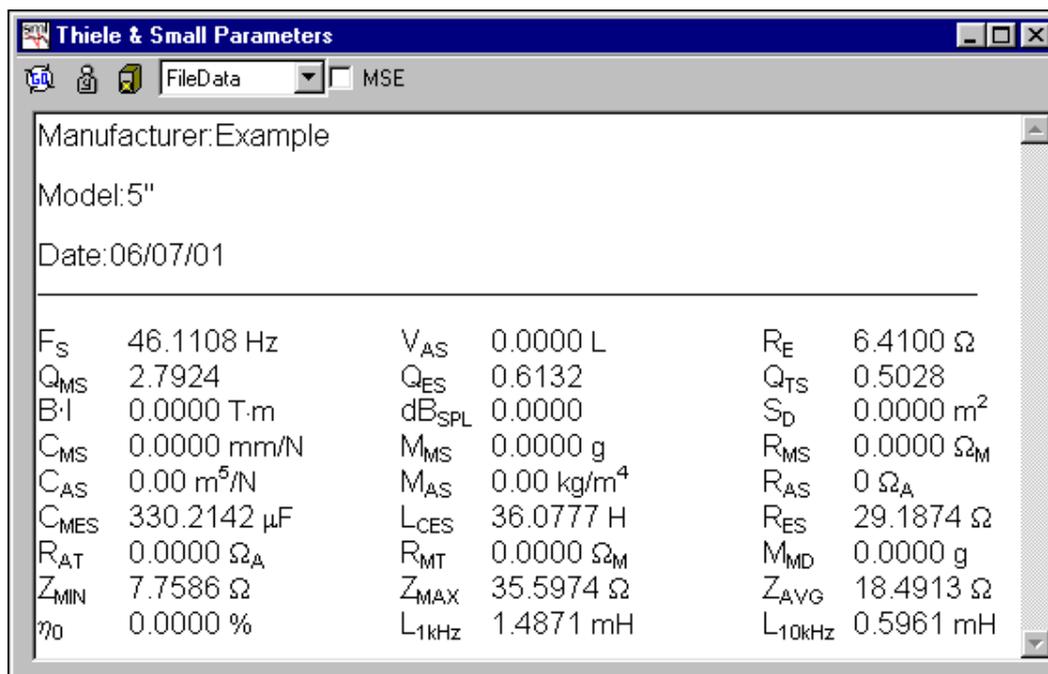


図 13.20

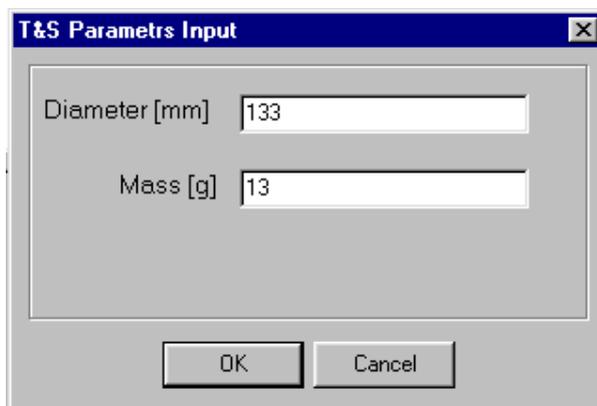
黒い線は自由空間での測定、赤い線は付加質量法、緑の線は付加容積法の測定結果です。図からわかるように重りを加えると F_s が下がり、スピーカーに箱をつけると F_s は増加します。これは後処理でのエラーを避けるために、いつも測定して確認してください。インピーダンス測定の後、T&S パラメータを計算することはいつでもできるので、それらに名前をつけて保存し、ノートダイアログを使って重りの質量、箱の容積といった測定条件を保存することをお勧めします。T&S ダイアログの Go ボタンを押す前にボイスコイルの直流抵抗と振動板の有効直径を mm 単位で測定してください。この例では 6.41Ω と 133mm でした。最後にデータソースのファイルデータを選び、Go を押すと以下のダイアログが出ます。

正確な値を入力して OK ボタンを押すとファイル名一覧が表示されます。ここで自由空間インピーダンス測定ファイルを探します。



そのファイルを開くと部分的に値が記入されたパラメータ画面が表示されます。

後で利用するためにこの結果を保存するか、またはまだ不明になっているパラメータを測定する処理に進みます。その前まで使えなかった付加質量 (Delta Mass) ボタンと付加容積 (Delta Compliance) ボタンが使える状態になったことに注意してください。Delta Mass ボタンをクリックして必要な数値を打ち込みます。



最後に付加質量を伴ったインピーダンスファイルを選ぶと、完全に値が記入されたT&Sパラメータ画面が完成します。

Thiele & Small Parameters			
Manufacturer: Example			
Model: 5"			
Date: 06/07/01			
F_S	46.1108 Hz	V_{AS}	21.0957 L
Q_{MS}	2.7924	Q_{ES}	0.6132
$B \cdot l$	6.7891 T·m	dB_{SPL}	87.3024
C_{MS}	0.7827 mm/N	M_{MS}	15.2204 g
C_{AS}	$1.51E-7$ m ⁵ /N	M_{AS}	78.86 kg/m ⁴
C_{MES}	330.2142 μ F	L_{CES}	36.0777 H
R_{AT}	45437 Ω_A	R_{MT}	8.7699 Ω_M
Z_{MIN}	7.7586 Ω	Z_{MAX}	35.5974 Ω
η_0	0.3238 %	L_{1kHz}	1.4871 mH
		R_E	6.4100 Ω
		Q_{TS}	0.5028
		S_D	0.0139 m ²
		R_{MS}	1.5792 Ω_M
		R_{AS}	8182 Ω_A
		R_{ES}	29.1874 Ω
		M_{MD}	14.2936 g
		Z_{AVG}	18.4913 Ω
		L_{10kHz}	0.5961 mH

さて、全ての値が入ったものを保存して、付加容積法(Delta Compliance)に進みます。自由空間測定に関するデータはすべてメモリーに入っているのこのまま最後の処理に行けます。これは前とほとんど同じです。重さの代わりに容積を入力するように促されます。選ぶのは既知の容積(この場合 15.1 リットル)を負荷にしたドライバーに関連したファイルです。ここに付加容積法の結果が出ています。どちらの方法の結果もかなり良く一致しています。

Thiele & Small Parameters			
Manufacturer: Example			
Model: 5"			
Date: 06/07/01			
F_S	46.1108 Hz	V_{AS}	23.8935 L
Q_{MS}	2.7924	Q_{ES}	0.6132
$B \cdot l$	6.3793 T·m	dB_{SPL}	87.8432
C_{MS}	0.8865 mm/N	M_{MS}	13.4381 g
C_{AS}	$1.71E-7$ m ⁵ /N	M_{AS}	69.62 kg/m ⁴
C_{MES}	330.2142 μ F	L_{CES}	36.0777 H
R_{AT}	40116 Ω_A	R_{MT}	7.7430 Ω_M
Z_{MIN}	7.7586 Ω	Z_{MAX}	35.5974 Ω
η_0	0.3667 %	L_{1kHz}	1.4871 mH
		R_E	6.4100 Ω
		Q_{TS}	0.5028
		S_D	0.0139 m ²
		R_{MS}	1.3943 Ω_M
		R_{AS}	7224 Ω_A
		R_{ES}	29.1874 Ω
		M_{MD}	12.5113 g
		Z_{AVG}	18.4913 Ω
		L_{10kHz}	0.5961 mH

13.7.5 MSE(Minimum Square Error)を使う

このオプションを使うと T&S パラメータをさらに洗練された方法で計算できます。基本的に、標準的な方法で読み取られたパラメータは、同じような電子回路モデルの初期値を求めるのに使われます。これらの数値は共振点の周りの広い周波数帯域で測定されたインピーダンスカーブと計算されたインピーダンスの間で最適の値が見つかるまで、初期値の周辺で少しずつ変わります。もし、スピーカーインピーダンスが Thiele and Small 理論に良く合っていればこの処理はうまく働き、正確な値が得られるでしょう。しかしいつもそうとは限りません。もし MSE を使ったときと使わなかったときのパラメータの値がかなり違った場合は T&S パラメータの概念が有効に働いていないと考えてください。測定した結果、高いレベルで出たツイーターやウーハには問題がありこのようなことが起こります。

参考文献

- [1] Joseph D'Appolito, "Testing Loudspeakers", Audio Amateur Press, 1998.
- [2] J.M. Berman and L.R. Fincham, "The Application of Digital Techniques to the Measurement of Loudspeakers", J. Audio Eng. Soc., Vol. 25, 1977 June.
- [3] L.R. Fincham, "Refinements in the Impulse Testing of Loudspeakers", J. Audio Eng. Soc., Vol. 33, 1985 March.
- [4] S.P. Lipshitz, T.C. Scott and J. Vanderkooy, "Increasing the Audio Measurement Capability of FFT Analyzers by Microcomputer Postprocessing", J. Audio Eng. Soc., Vol. 33, 1985 September.
- [5] D.D. Rife and J. Vanderkooy, "Transfer Function Measurement with Maximum-Length Sequences", J. Audio Eng. Soc., Vol. 37, 1989 June.
- [6] A. Duncan, "The Analytic Impulse", J. Audio Eng. Soc., Vol. 36, 1988 May.
- [7] J. Vanderkooy and S.P. Lipshitz, "Uses and Abuses of the Energy-Time Curve", J. Audio Eng. Soc., Vol. 38, 1990 November.
- [8] G. Ballou, "Handbook for Sound Engineers – The New Audio Cyclopedia", Howard W. Sams & Company, 1987.
- [9] D. Davis and C. Davis, "Sound System Engineering", Howard W. Sams & Company, 1987.
- [10] R.H. Small, "Simplified Loudspeaker Measurements at Low Frequencies", J. Audio Eng. Soc., 1972 Jan/Feb.
- [11] D.B. Keele Jr, "Low Frequency Loudspeaker Assessment by Near-field Sound Pressure Measurements", J. Audio Eng. Soc., 1974 April.
- [12] W.D.T. Davies, "Generation and properties of maximum length sequences", Control, 1966 June/July/August.
- [13] F.J. MacWilliams and N.J.A. Sloane, "Pseudo-random sequences and arrays", Proc. IEEE, 1976 December.
- [14] M.R. Schroeder, "Integrated impulse method measuring sound decay without using impulses", J. Acoust. Soc. Am., 1979 August.
- [15] J. Borish and J.B. Angell, "An efficient algorithm for measuring the impulse response using pseudorandom noise", J. Audio Eng. Soc., 1983 July/August.
- [16] D.D. Rife, "Maximum length sequences optimize PC-based linear system analysis", Pers. Eng. Inst. News, 1987 May.
- [17] C. Dunn and M.O. Hawksford, "Distortion Immunity of MLS-Derived Impulse Response Measurements", J. Audio Eng. Soc., 1993 May.
- [18] R.H. Small, "Direct-Radiator Loudspeaker System Analysis", J. Audio Eng. Soc., 1972 June.
- [19] M.O. Hawksford, "Digital Signal Processing Tools for Loudspeaker Evaluation and Discrete-Time Crossover Design", J. Audio Eng. Soc., 1997 January/February.
- [20] D. Clarke, "Precision Measurement of Loudspeaker Parameters", J. Audio Eng. Soc., 1997 March.
- [21] IASCA - International Auto Sound Challenge Association Inc. - "Official Judging Rules".