

ティール・スモール パラメーターの測定

米パーツ・エクスプレスより購入した、ウーファー・テスター3（WT3）でスピーカーのティール・スモール・パラメーター（TSP）を測定した事例を紹介します。

TSP は、ユニット・メーカーにて公表されているので、改めて測定する必要性は、余りないのですが、測定できればそれにこしたことはありませんし WT3 でスピーカーのインピーダンス・カーブが測定できたりと一台持って置くと何かと便利な機器だと思います。WT3 は、Windows 用 USB 接続機器で付属アプリが Windows 用なので、Mac では使用出来ません、別途 Boot Camp 等を入れる必要があります。筆者の環境でドライバ関連か？ Parallels Desktop（V7と古いので新しいのは不明）上では動作しませんでした。

ウーファー・テスターは機能アップして現在、Dayton Audio DATS V2 として米 [パーツ・エクスプレス](#) にて購入できます。（\$99.88）日本では、[アマゾン](#)か [ベイサイドネット](#) にて購入できます。パーツ・エクスプレスページの動画にてインストールと使用方法が確認出来ます。写真1に外観を載せておきます。分銅、メジャー、ドラフティングテープは、自前です。分銅の代わりにコイン等既知質量の物でOKで、ドラフティングテープでスピーカーコーンに貼り付けて測定します。ウーファー・テスターは以前から使用してしまして、前の写真も載せておきますが、徐々に小型化されています。初代は RS232 接続でした。WT3 は、インピーダンス・アナライザー IC を使用した製品で USB 接続で IC をコントロールしている様です。ケースを開けて見ましたが IC の型番は消されていて確認出来ませんでした。



写真1 WT3 の外観と付属物



写真2 ウーファー・テスターの変遷

WT3 で TSP を測定する

では、実際の測定例に移ります。測定する S P ユニットは、以前紹介したケルトン型サブ・ウーファーに使用した 20cm ウーファー Dayton RS225S-8 と同じく Dayton 10cm フルレンジ RS100-4 です。

WT3 で測定できる TSP は、

- Re : ボイスコイルの直流抵抗 (Ohm)
- Fs : ドライバーの自由空間での共振周波数 (Hz)
- Qts : ドライバーの自由空間でのドライバー抵抗に起因するトータルQ
- Qes : ドライバーの自由空間での電氣的抵抗 Re に起因するQ
- Qms : ドライバーの自由空間での非電気系のロスに起因するQ
- Le : ボイスコイルのインダクタンス (mH at 1kHz)
- Mms : ドライバーダイヤフラムの空気付加質量を含む機械的質量 (g)
- Vas : ドライバーサスペンションのコンプライアンスと等価な空気の容積
音響容積または等価コンプライアンス (Liter)

の 8 種類で、スモール・シグナル・パラメーター（小信号パラメーター）と呼ばれるカテゴリで、他に P_{max}、S_d、X_{max}、V_d 等のラージ・シグナル・パラメーター（大電力パラメーター）もありますがこれらの測定には、レーザー変位計等特殊な測定器が必要になりますのでメーカーに任せます。8 種類中には、スピーカーの周波数特性シミュレーションに必要な、Fs、Qts、Vas が含まれており、特に古典的スペックに無い Vas は貴重です。

○測定手順を順を追って説明します。

1. まず Dayton RS225S-8 を測ります。最初は、S P の自由空間での特性を測りますので、WT3 を USB 端子に差しアプリを起ち上げ、リード短絡抵抗と付属の 1 k Ω で校正をしておきます。（動画参照）ワニ口クリップを S P 端子の + と - に接続し、



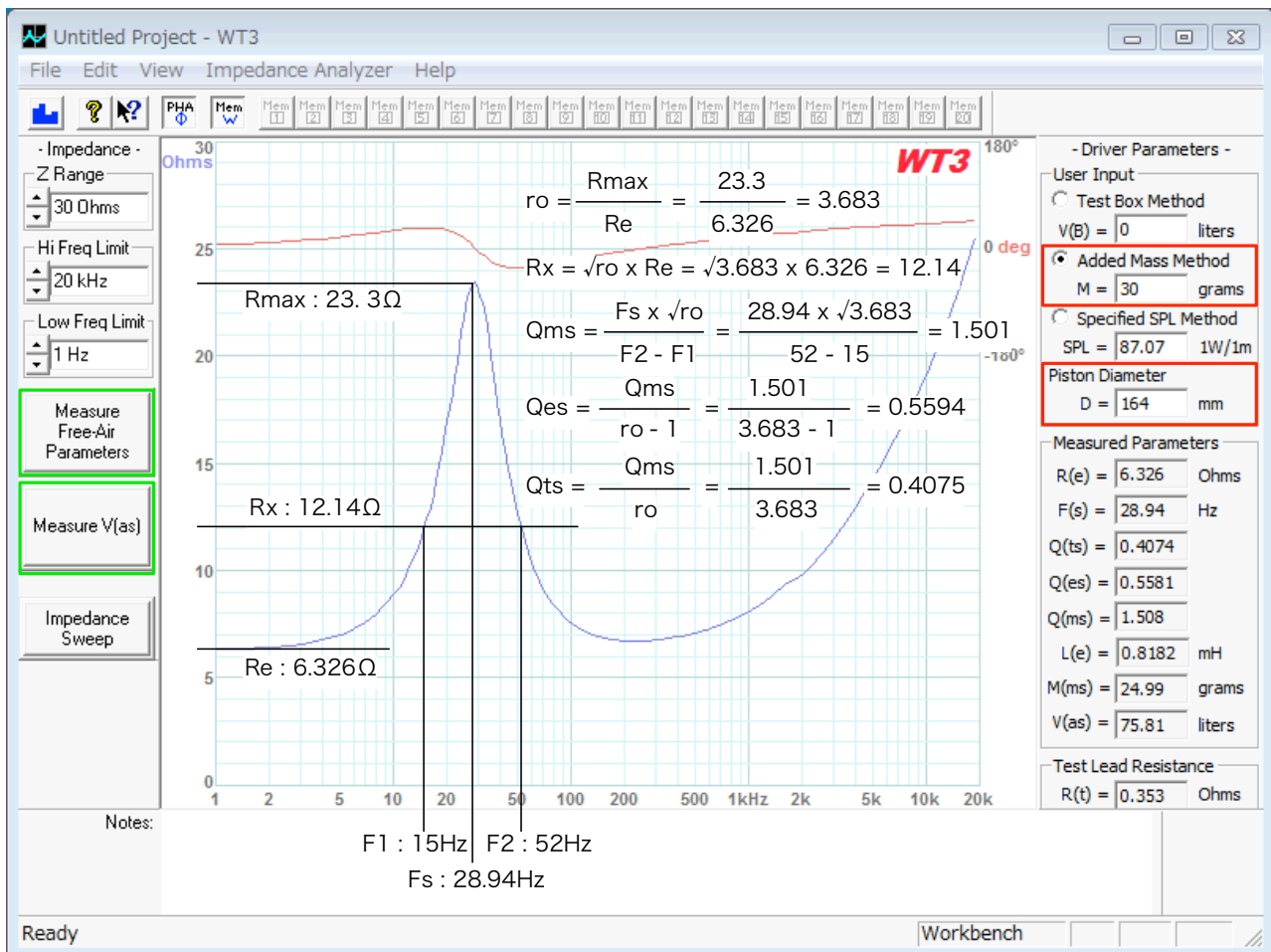
写真3 WT3 クリップで S P へ接続

左の「Measure Free-Air Parameters」ボタンをクリックします。

1 秒間程のスィープ音がして一回で Free-Air Parameters の測定が終わります。

この時、注意する点はなるべく周囲を静かにして置く事です。

スィープ電力が小さいので S P がマイクになりノイズを拾ってしまわないためです。次頁に WT3 操作ウインドウのキャプチャーを示します。



画像1 WT3 のウィンドウ

画像1のインピーダンス・カーブから数値を読み取り各パラメーターを計算する式を上げておきますが、実際はアプリがやってくれるので計算の必要はありません。一部手動で読んでいるので誤差はありますがアプリと近い値になっています。

2. 次は、分銅をコーンに貼り付けて再度スイープして Mms と Vas を計算させます。

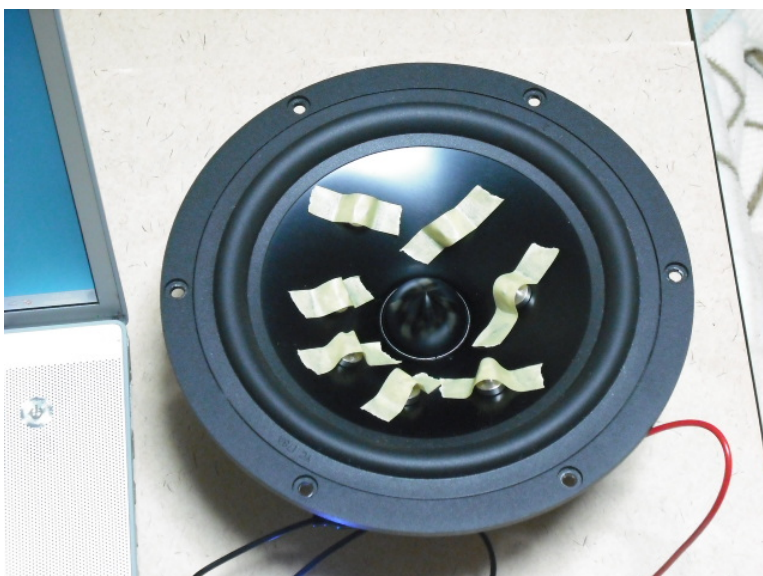
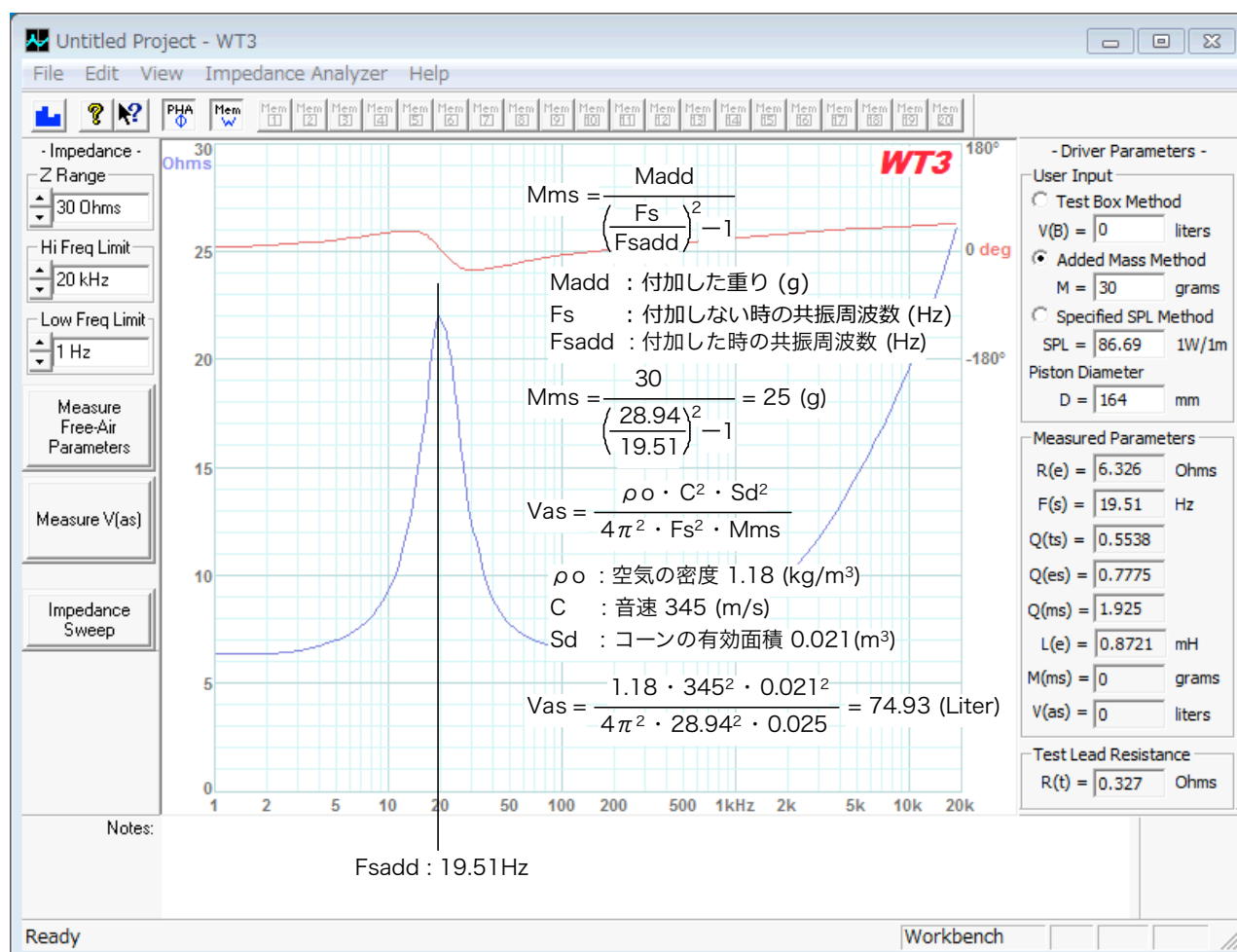


写真4 コーンに分銅を貼り付ける

ウィンドウ右上の「Added Mass Method」を選択し、この場合 5g x 6個で 30g を入力します。下の「Piston Diameter」へコーンの有効径、コーンエッジの山ー山間をメジャーで測りこの場合 D=164mm を入力し、左の「Measure V(as)」ボタンをクリックし再スイープします。これで Mms と Vas が計算され計測完了となります。ここで使用する Added Mass Method とは、コーンに重りを

付加する事により共振周波数 F_s が低くなる事を利用して残りの M_{ms} と V_{as} を計測する方法です。付加する重りの目安は、 M_{ms} と同じくらいが良いです。この時は、スペックシートより $M_{ms}=30.52g$ だったので 30g にしましたが、解らない場合大体の目安で貼り付け取り敢えずスイープしてみます。足りない場合や多すぎる場合には、アプリが警告してくれるのでそれに従えば出来るようになります。他に Test Box Method がありますが、これは内容積の解っている密閉ボックスを利用する方法で、ボックスに取り付けると共振周波数が高くなるのを利用しています。



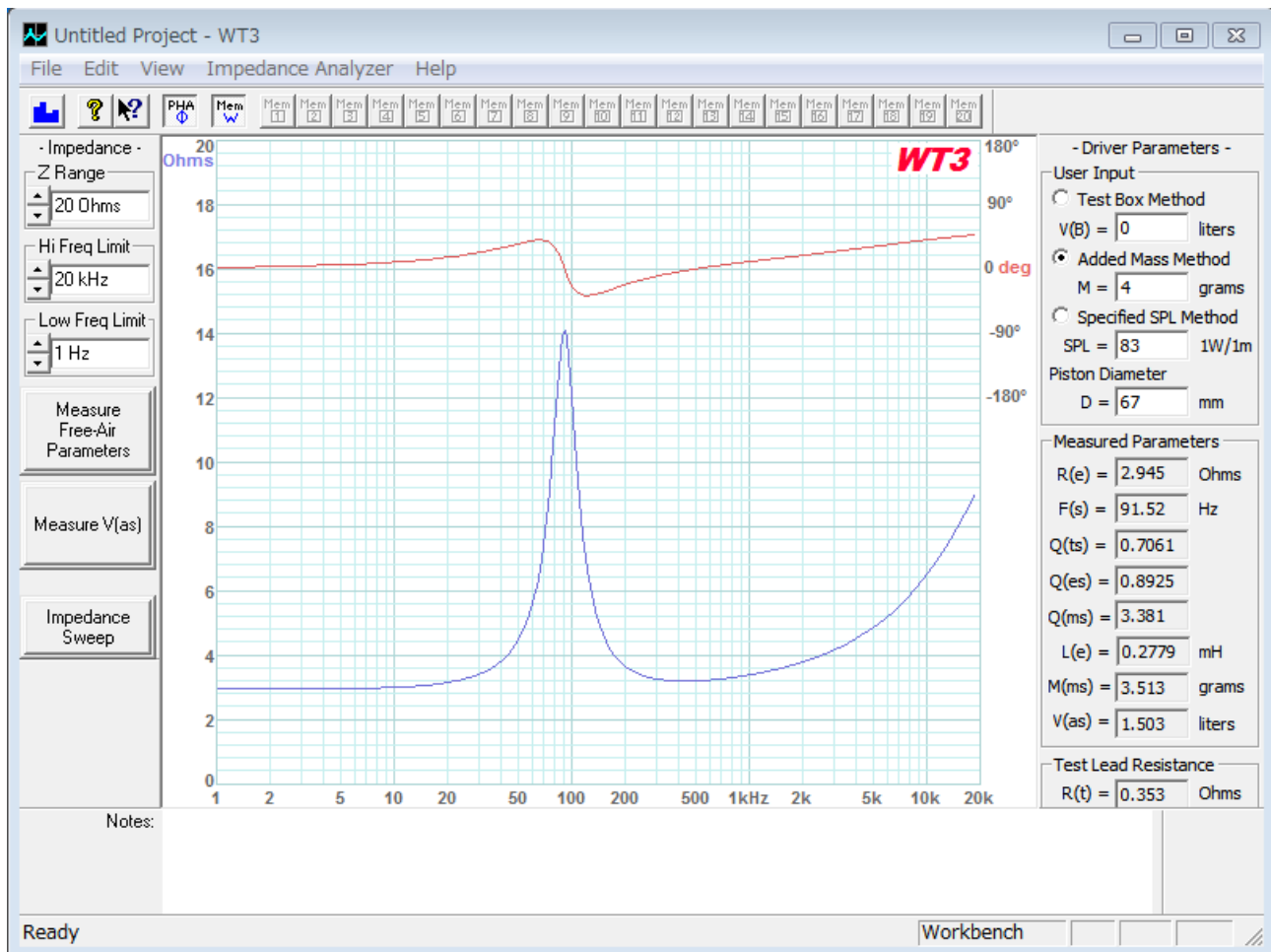
画像2 重りを付加した時の共振周波数



写真5 Dayton RS100-4

画像2 に V_{as} の計算手順を記しておきますが、もちろんこんな面倒な計算はアプリがやってくれます。

Dayton RS100-4 の測定結果も入れておきます。これには、4g の分銅を付加しています。



画像3 Dayton RS100-4 の測定結果

最後にメーカーの公表値とどれ位合っているか比較してみます。

	Re(Ω)	Fs(Hz)	Qts	Mms(g)	Vas(Liter)
RS225S-8 メーカー値	6.4	26.9	0.38	30.52	75.3
RS225S-8 測定値	6.326	28.94	0.4074	24.99	75.81
RS100-4 メーカー値	3.0	84.8	0.53	4.3	1.45
RS100-4 測定値	2.945	91.52	0.7061	3.513	1.503

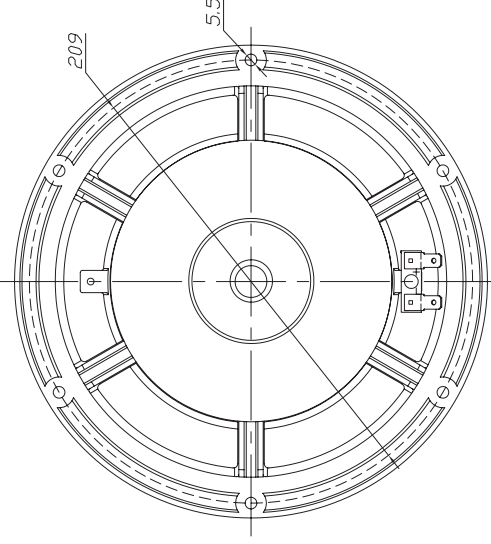
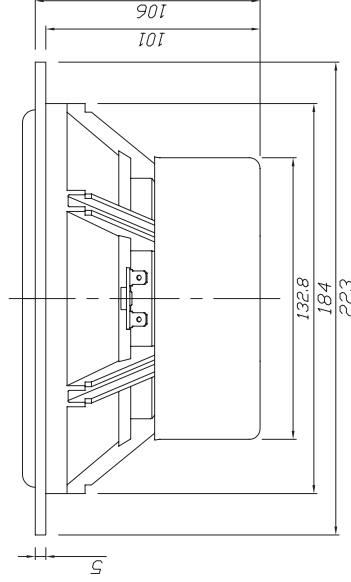
RS225S-8 は、まずまずな値ですが、RS100-4 は、Qts の誤差が大きく 25 % 程度の誤差がありました。Qts は、特性に最も影響するパラメーターなので、チョット困りますね、ギリギリ 20 % 以内に収めて欲しい感じですが、作る側としても都合があるのでしょうか、こう言う事は多々あるので WT3 みたいなのを持っていて無駄にはならないと改めて感じました。RS225S-8 と RS100-4 のスペックシートを添付しておきます。

※本冊子の著作権はフリーとします。記：長谷川義之 T・S パラメーターの測定2018/05



Features

- Lightweight black anodized aluminum cone
- Fully shielded magnetic structure
- Attractive 6-hole cast frame
- Advanced low distortion motor design
- Solid aluminum phase plug
- Rubber surround

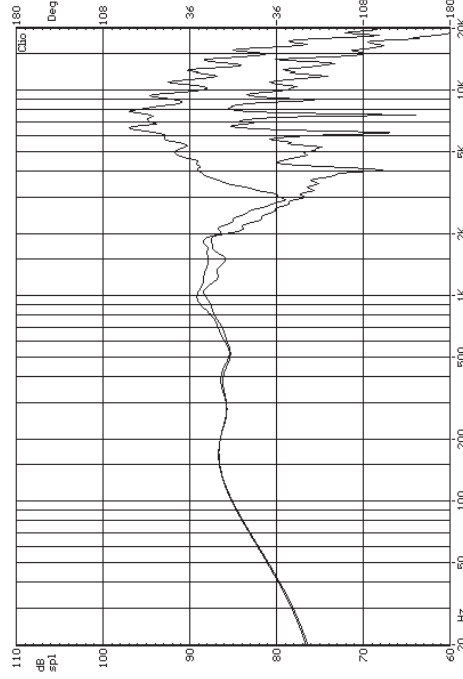


Note: All dimensions in mm.

Parameters

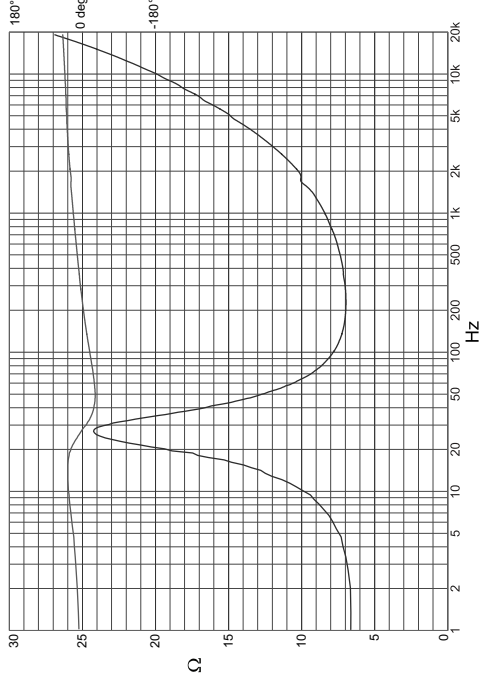
Impedance (Ω)	8
Re (Ω)	6.4
Le (mH) @ 1 kHz	0.94
Fs (Hz)	26.9
Qms	1.42
Qes	0.53
Qts	0.38
Mms (g)	30.52
Cms (mm/N)	1.15
Sd (cm ²)	216.4
Vd (cm ³)	151.5
BL (Tm)	8.03
VAS (liters)	75.3
XMAX (mm)	7
VC Diameter (mm)	38
SPL (dB@1W/1m)	88.1
RMS Power Handling (w)	80
Usable Frequency Range (Hz)	27 - 2,000

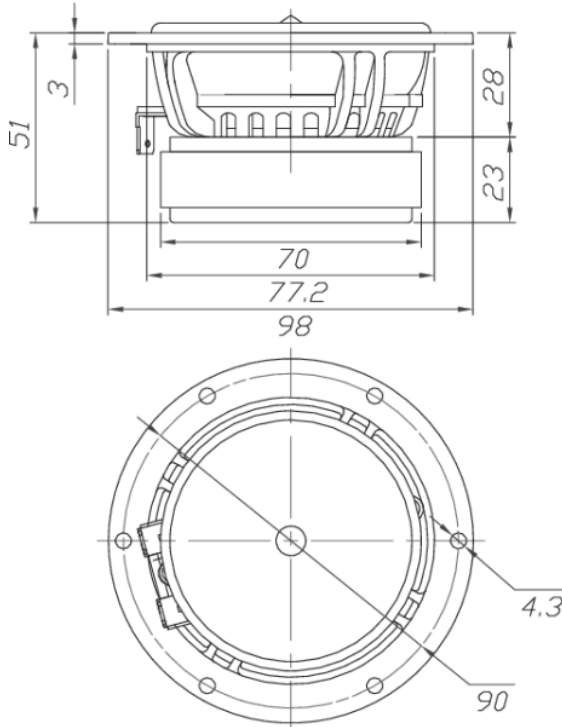
Frequency Response



Note: Due to testing limitations, response below 200 Hz is not an actual representation.

Impedance/Phase





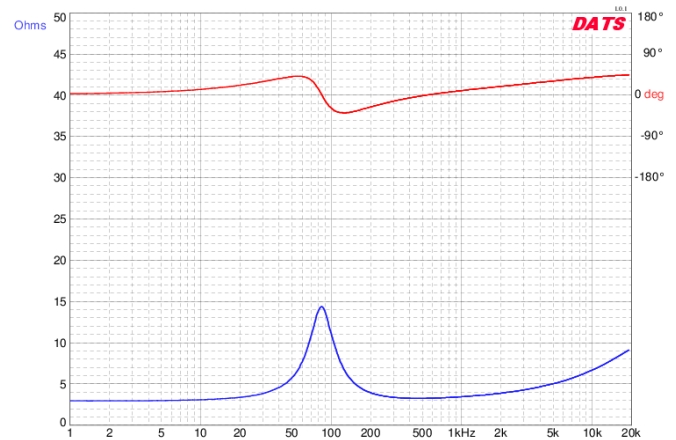
FEATURES

- Full-range capability
- Long-excursion motor and suspension for strong bass performance
- Subtle yet high-tech look makes a bold cosmetic statement
- Designed and engineered in the USA
- Great replacement for the Dayton RS100S-8 4" Reference Shielded Full-Range Driver

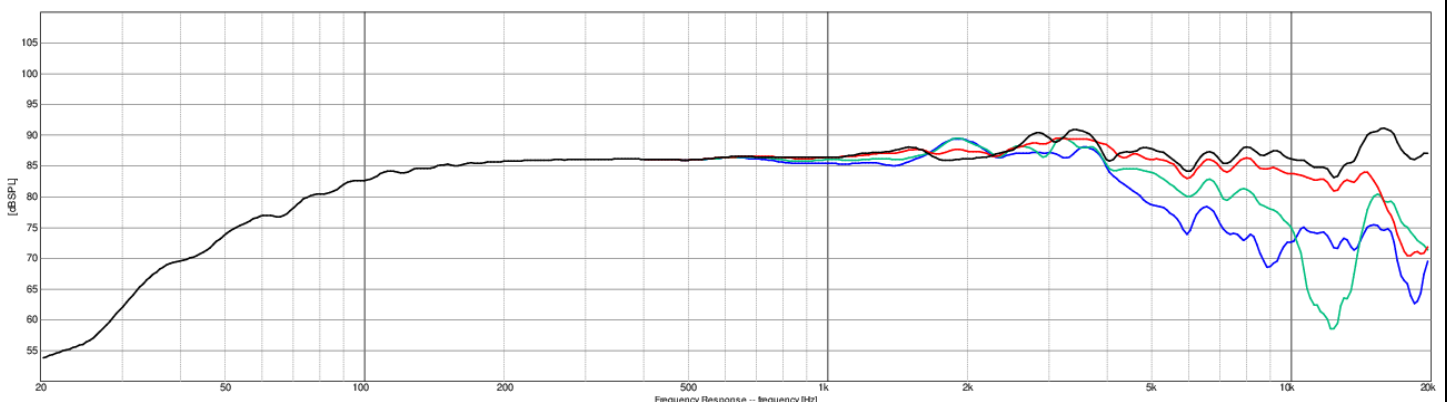
PARAMETERS

Impedance	4 ohms
Re	3 ohms
Le	0.28 mH @ 1 kHz
Fs	84.8 Hz
Qms	2.55
Qes	0.66
Qts	0.53
Mms	4.3g
Cms	0.83 mm/N
Sd	35.3 cm ²
Vd	14.1 cm ³
BL	3.18 Tm
Vas	1.45 liters
Xmax	4.0 mm
VC Diameter	25 mm
SPL	87.5 dB @ 2.83V/1m
RMS Power Handling	30 watts
Usable Frequency Range (Hz)	80 - 20,000 Hz

IMPEDANCE/PHASE



FREQUENCY RESPONSE



Note: 1/24th octave smoothing - nearfield response included in graph below 450 Hz.

Black = 0°
Red = 15°
Green = 30°
Blue = 45°