

デンマーク/ディナウーディオの最高級ユニット

20 W 75 ウーファ + T-330 D トゥイータによる

2 ウェイ・ユニウェーブ・システムの製作

■ 別府俊幸 ■

ユニウェーブの決定版をめざして



最後にシステムのクオリティを決めるのは、いえ、最初にクオリティを制するのは、ユニットです。いかにクロスオーバを選ぼうと、たとえ 100 kg のデッド・マスを使おうと、ケーブルに投資しよう、コンクリートで箱を作ろうと、箱なしにしよう、"ユニットの音" は残ります。空気を直接、そして、もっとも動かすのは振動板です。いくら箱を堅固に作ろうと、逆に箱を使わなくても、"振動板の音" は常に聴こえます。

スピーカ・システムの音を決める最大の要因はユニットです。

ユニットを選ぶ

トゥイータは、DYNAUDIO の

T-330D です。同社は 4 機種のトゥイータをラインナップしていますが、その中の最高峰です (写真 A)。が、値段も最高峰です。

同社の D-28/2 を聴き、その正確な音に驚き、それなら上位機種はさらによい音がするのではと、値段と音が比例しなかった幾多のケースが脳裏をかすめはしましたが、そして 3 倍の値段 (@54,000 円) に一瞬たじろぎもしましたが、デンマークより取り寄せることにしました。

《写真B》▶

同じディナウーディオの 20 W-75 ウーファ

◀ 《写真A》

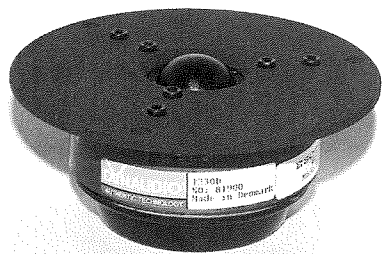
ディナウーディオの T-330 D トゥイータ

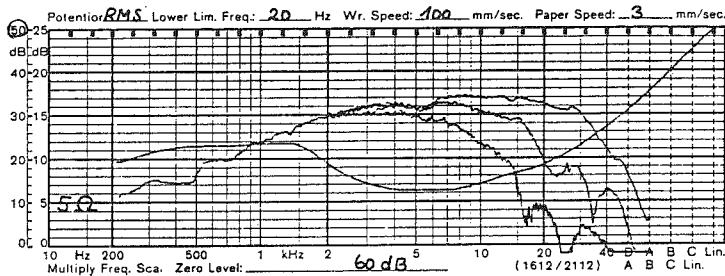
待つこと 2 カ月。待望の、というよりも後悔するのではないかとの懸念がちらついていたのが本音ですが、ユニットはやってきました。

振動板の材質は D-28/2 と同じと見ました。透けて見えるほど薄い不織布に、高分子系のコーティングが施されています。さわるとペコンと引っ込み、また元に戻るほどの柔らかさです。こんなに柔らかくて、20 kHz で動くのかとも思いますが、分厚いフェライトのマグネットは、物量に惑わされるマニア心をくすぐります。単体重量は D-28/2 の 3 倍。その増加分の半分以上はマグネットが占めているようです。もっとも、フェライトの単価は高がしれています。

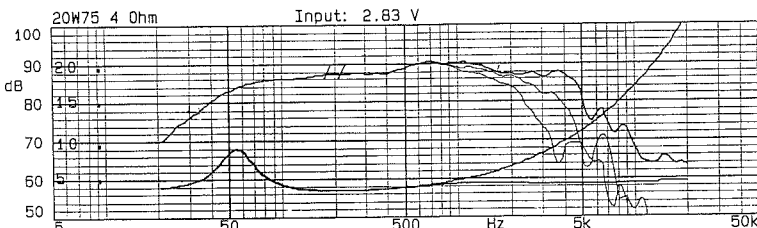
余分な音の極めて少ないユニットです。美しいとか、切れがよいとか、トランジェントに優れるとか、ありきたりの形容詞は 1 つも浮かびません。ただ、余計な音がしないユニットです。

スペックを第 1 表に、周波数特性を第 1 図に示します。





〈第1図〉 T-330 D トゥイータの f 特性



Frequency response 20 W-75 on-axis, 30° and 60°, distance 1m, 4 ohm version.
Impedance curve with and without correction circuit (4.7 ohm and 20 μF).

〈第2図〉 20 W-75 ウーファの f 特性

ウーファも同社の 20 W-75 としました (写真 B)。DYNAUDIO 社独自のかご型フレーム、ポリプロピレンのコーン、直径 75 mm のアルミ線ボイス・コイルを採用したユニットですが、マグネットの軽さが目に付きます。なんといっても、トゥイータよりも軽いウーファです。もっとも、いくらマグネットを重くしたところで、ギャップ寸法が広がれば磁束密度は上がりません。カーブド・コーンですが、ボイス・コイルの直径が大きい分、浅い奥行きとなっています。

スペックを第 2 表に、周波数特性を第 2 図に示します。

ところで、単発サイン波を聴くと、ユニットそれぞれの音がはっきりとわかります。もちろん、音楽信号を聴いてもわかりますが、単発サイン波では特定の帯域のみを聴くことができます。たとえば 2 ウェイのクロスオーバー周波数での単発サイン波を、トゥイータ、ウーファそれぞれから再生しますと、一聴瞭然とウーファの音とトゥイータの音が異なっていることがわかります。そしてほとんどの場合、「これでシステムを組めるのか」というほどに違います。

しかし、DYNAUDIO の音質の差は小さい。経験上、最も差の小さい部

類です。さすがにトゥイータに比べるとウーファは粗さが目立ちますが、これなら均質な音のシステムとなりそうです。

なお、ユニット間の音質差が大きければ華やかな耳に立つ音になり、大きすぎればドンシャリの、紙のウーファと金属共振板にホーン付きトゥイータを組み合わせたような音になり、一部のマニアに好まれる世界ですが、何を聴いても同じ音のスピーカになります。

ウーファはコイズミ無線に在庫があります。が、トゥイータは受注後取り寄せで、約 2 カ月かかります。

クロスオーバーの設計

最初に当たり前のことから。

-6dB/oct. であろうと他のカーブであろうと、カーブを描いてほしいのは、スピーカの音圧出力であって、スピーカ端子への入力電圧ではありません。たとえスピーカの入力電圧が 0.1 dB の誤差もなくピタリと合っていたとしても、音圧出力が理論曲線と合っていないければ、クロスオーバーは絵に画いた餅、グラフ用紙にプロットしたクロスオーバー。時たま「チャンネル・ディバイダは、ネットワークよりも正確なクロスオーバー特性が得られる」などの

機械的 Q	0.33	最大表幅 (P-P)	3.2 mm
電氣的 Q	0.5	過渡入力 (クロスオーバーによる)	> 1 kW
共振周波数	750 Hz	インピーダンス	8 Ω
実効面積	7.7 cm ²	重量	1.6 kg

〈第 1 表〉 T-330 D の主要規格

機械的 Q	1.8	最大表幅 (P-P)	15 mm
電氣的 Q	0.7	過渡入力	> 1 kW
共振周波数	30 Hz	インピーダンス	8 Ω
実効面積	180 cm ²	VC 径	75 mm
振動系質量	20 g	重量	1.2 kg

〈第 2 表〉 20 W-75 の主要規格

意見を耳にしますが、何か思い違いをしているのでしょうか。

それでは、クロスオーバーの設計です。

まずは、ユニットの周波数特性図から、目標とするカットオフ周波数を決定します。

周波数特性からはウーファは 4 kHz あたりまで、トゥイータは 2 kHz 付近までフラットです。重なり合う帯域は、わずかに 1 オクターブしかありません。これでは良好なクロスオーバー特性を得るのは難しいところです。理想をいえば 4 オクターブ、最低でも 2 オクターブの重複は必要です。

しかし、トゥイータの特性をよく見ると、2 kHz からほぼ -6 dB/oct. のスロープで降下しています。耐入力点で不利になるとして嫌われる方法ですが、大容量の C を使って低域をあまりカットせずに使えば、この F 特をそのままに利用できそうです。さすれば 2 kHz クロスオーバーとして使えるでしょう。となれば、何とかクロスできます。

でその耐入力ですが、DYNAUDIO ではなんと 1 kW のパルスでテストしているそうです。心配などぜんぜん必要なさそうです。

さて、「理論的」にはネットワークの定数は次の式で決められます。

$$f = 1 / 2 \pi CR$$

$$f = R / 2 \pi L$$

トゥイータは公称8Ωですから、カットオフ周波数を2kHzとすればCは10.0μF、Lは0.32mHとなります。もちろん、この数字は目安にすぎません。

単発サイン波を用いたクロスオーバーの調整法

第3図にテスト時の接続を示します。

ステレオには2チャンネルあるのですから、これを使わない手はありません。左チャンネルをトゥイータ用、右チャンネルをウーファ用として使用します。トゥイータのみ、ウーファのみ、合成出力と確認が容易です。スイッチで切り換えられれば楽ですが、たいていのアンプには備えられていない形式の切り換えです。RCA-BNC変換コネクタを利用して、BNC接栓を挿したり抜いたりすると楽です。RCAと違い、BNCはグランドから先に接続します。ですから、挿入の瞬間に巨大な誘導ノイズが出ません。

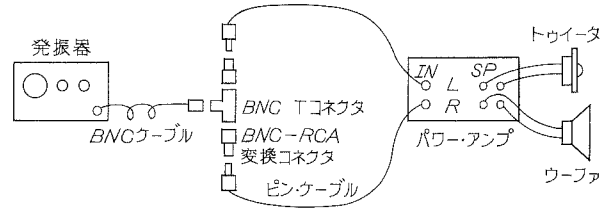
まず、ウーファとトゥイータのレベルを合わせます。

それぞれのユニットを単独で鳴らします。クロスオーバー周波数の1/10～1/5倍と5～10倍あたりで、a、b波の振幅が同じになるようにレベルを調整します(第4図)。周波数によってa、b波の振幅も変わりますから、それぞれのユニットの帯域で、広く合うように調整します。なお、測定時にウーファは箱に入っています。

次に、ユニットの音源位置です。

トゥイータの中心とウーファの中心

〈第3図〉
単発サイン波によるクロスオーバー調整時の接続図



から等距離になる軸上にマイクを設置します。マイクの位置がずれると、音源位置調整に誤差が生じます。

第5図の下のトレースはウーファの出力、上の出力はトゥイータのトレースです。画面上の位置が時間に対応するように、ディレイ・パルスを使用してトリガーしています。トゥイータを34mm前後しましたが、トゥイータの波形が左右に動き、時間が前後する様子が一目でわかります。第6図が位置が合った状態です。それぞれの波形の立ち上がりが同時になるように調整します。なお、入力はどちらも5kHzの単発サイン波です。点線は5kHzの周期です。

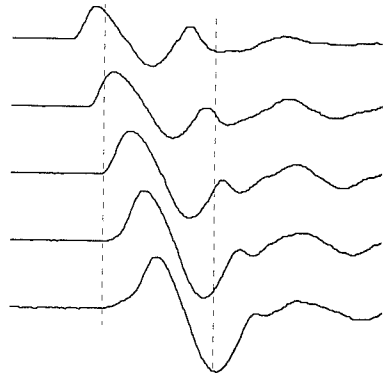
ところで、単発サイン波信号でオシロスコープをトリガーする場合には、ウーファとトゥイータの合成波形を観測しながら音源位置を合わせます。第7図に示すように、トゥイータが後方にある場合には、一度ゆっくりと立ち上がり、それから急速に立ち上がります。トゥイータが前に来れば、微分されたような波形となります。ズレが小さくなるとわかりにくくなりますが、振幅が大きくなるか、a、b波の周期が入力と同じになっているかに注目し、調整します。測定周波数は最初クロスオーバーの1/2、1、2倍のそれぞれで観測します。

ちなみに、この組み合わせの場合、

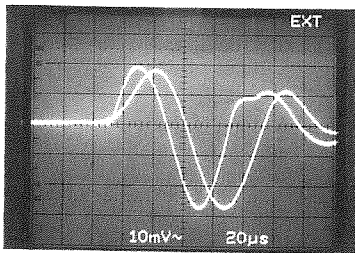
取り付け面(ウーファもトゥイータもバッフルの前面から取り付けるとして)でウーファが28mm前で、音源位置が同じとなります。

さて、CとLの調整です。

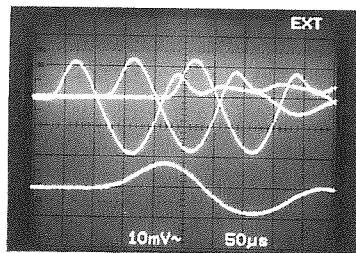
クロスオーバー周波数近辺で合成波形を観測します。クロスオーバーで波形が大きくなるようでしたら、Lを大きくまたはCを小さく、波形が小さくなるようでしたら、Lを小さく、またはCを大きくします。計算値など忘れて、波形が良好になるように調整します。大体の値が決まったら、ウーファの帯域からトゥイータの帯域まで一通り観測します。a、b波の振幅が一樣になるようにレベルを再調整し、再度LCの値を確認します。スピーカの端子電圧など測る必要もありません。波形が良好になる素子値こそ求める値です。



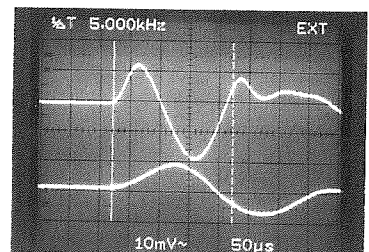
〈第7図〉トゥイータの位置のズレと波形



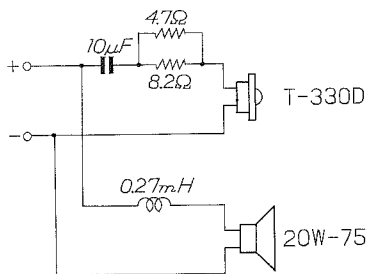
〈第4図〉 f_c の上下でa、b波のレベルを調整



〈第5図〉トゥイータの最適位置を探す



〈第6図〉両ユニットの位置が合ったとき



〈第8図〉本機のネットワーク

以上の過程を経て決めたネットワーク定数を第8図に示します。クロスオーバーは出力波形から2.5kHzと推定されます。

デッド・マスの取り付け

ウーファには以前買い込んでおいたφ70×250の真鍮棒(約8kg)、トゥイータにはこれまた前に買っていたφ100×30の真鍮棒(2kg)を使用しました。振動系の質量の1000倍を目標とすると、ウーファ(20g)のデッド・マスが半分以下でしかありませんが、手元にあったという理由で目をつぶります。

ところで、トゥイータのムービング・マスは0.45gです。自重(1600g)だけで3500倍です。しかし、これに2000gを加えるや、ちょっとした変わりようです。やはり、10000倍要るのでしょうか？

デッド・マスの効果は低域が出るとか、音がくっきりとするとかありますが、最大の効果はスピーカが静かに感じられることです。入力信号以外のところで空気を揺さぶっていた振動を減らすのですが、その結果は、入力信号をよりはっきりと聴かせるようになります。

バイ・アンプとしてネットワークの調整をしましたが、当初、トゥイータもウーファもデッド・マスなしでレベルを決め、次にウーファだけにデッド・マスを取りつけ、最後にトゥイータにもデッド・マスを取りつけるという順序を踏みました。

で、デッド・マスなしでレベルを調整し、それからウーファにデッド・マスを取りつけると、ウーファのレベル

を2dBアップしなければなりません。そして、トゥイータにデッド・マスを加えると、今度はトゥイータのレベルを2dBアップです。実際、デッド・マス取り付け時の変わりようとしては、トゥイータの方がより大きいと感じます。なお、トゥイータを箱に入れるか入れないかでも、レベルは異なります。

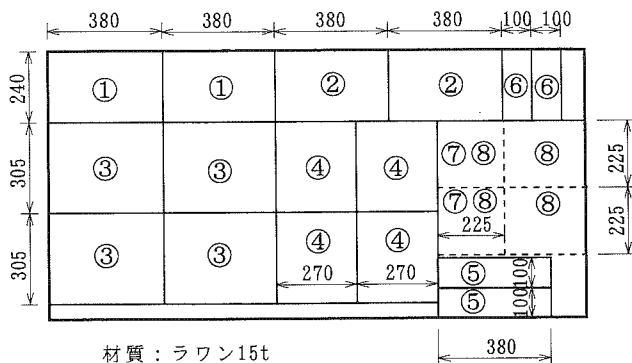
ウーファ・キャビネットの設計

20W-75の推奨エンクロージャ容積は18ℓです。密閉箱にします。

フェルト箱は、あるところからスツと音がなくなる非線形感を伴いますし、エア抜きの穴を空けてフェルトでおおう方法も、独特のダンプされた音となります。やはり、密閉構造とした上で箱鳴りに対処するのが正攻法でしょう。

内容積に10%の余裕を持たせ、デッド・マスにφ70×250の真鍮棒を使用しますから、この棒が裏板から突き出すだけの奥行き長さとして、トゥイータをボックス内に収納できるだけの高さを確保し、横幅はウーファの寸法よりあまり広げられない程度に押さえ、1枚のラワン合板が2個の箱に化ける寸法を求めた結果、第9図に示す板取となりました。計算上の内容積は22.7ℓです。ユニットと吸音材の分がありますから、もう少し少なくなるはずですが。

ウーファはトゥイータよりも28mm



材質：ラワン15t
⑦は4個
⑧は2個加工

〈第9図〉スピーカ・ボックス用板取り図

前に取り付けることになりましたが、2mmの誤差はわからないことにして、板2枚分、30mmバツフル面より前に出す構造にします。

組立て

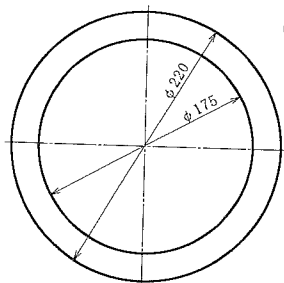
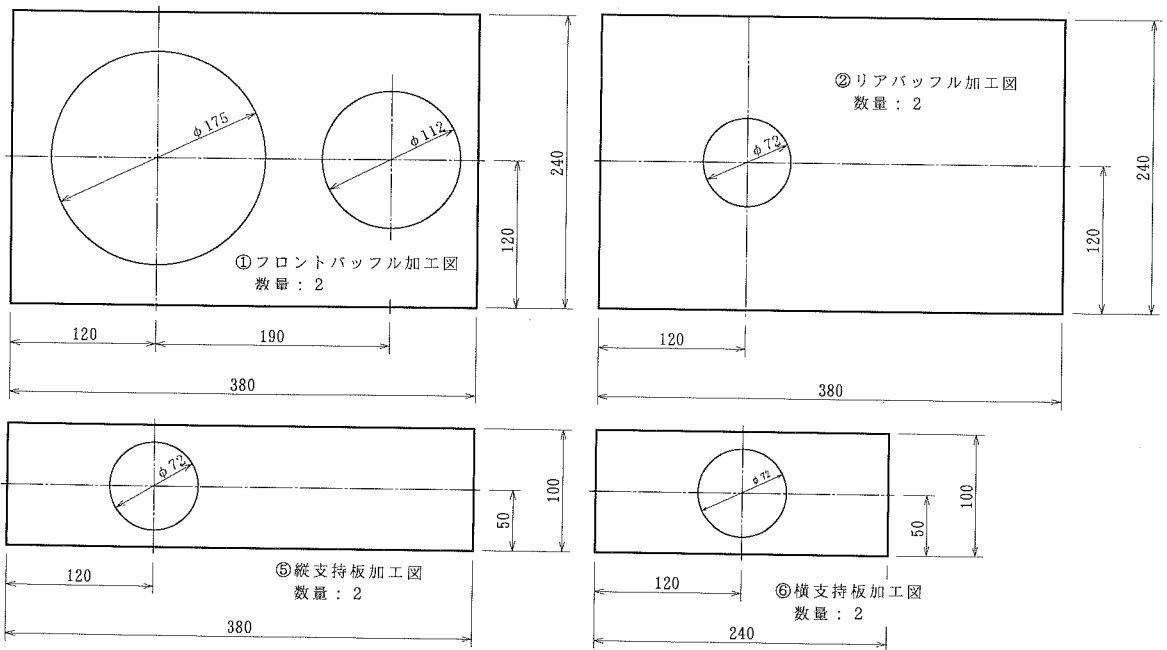
それぞれの部材の加工図を第10図に、組立て図を第11図に示します。接着材を塗り、32mmの木ネジで締め込めば完成です。いろいろ工法を試みてきましたが、接着剤+木ネジは7~8cm間隔でねじ込みます。電動ドライバーは必需品。

ユニットはそれぞれデッド・マスを取り付けてから、箱に固定します。

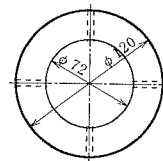
ところで、ウーファもトゥイータもマグネットの後ろがフラットではありません。しかもトゥイータの裏側はプラスチックのふたで覆われています。

まず、ウーファは第12図に示すようにφ80×10の真鍮の円盤に穴を開け、マグネット背後のネジ穴(ネジが入っているが、はずしても動かない、おそらくマグネットとフレームを接着する際の固定用)を利用して、25mmの六角スペーサ(M4)をねじ込み、円盤を固定します。そしてM10のボルトを使用してデッド・マスを固定します(写真C)。

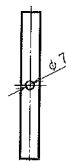
トゥイータは写真Dに示すように、M4の六角スペーサを12本、マグネットの後ろの蓋をかぶっていない突出部に接着し、φ100×30のデッド・マスにも接着します。が、いまいち不安の残る接合です。



⑦スペーサ加工図
数量：2
注：くりぬき部より
⑧を加工



⑧後部スペーサ加工図
数量：2



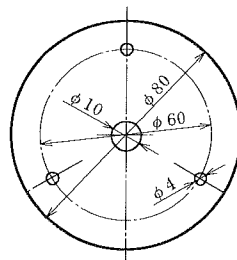
〈第10図〉
スピーカ・ボックス各部
の加工図

新たにスペーサを作っていますので、作られる方がいらっしゃいましたら、ご連絡ください。

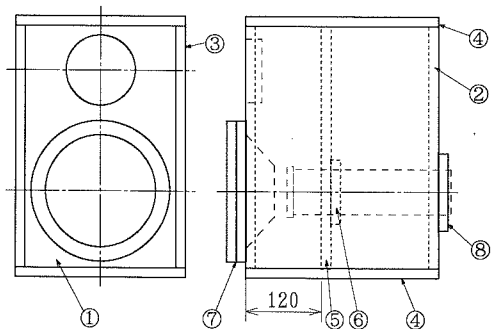
バッフルにはM4用の鬼目ナットを埋め込み、ユニットをM4のキャップ・スクリューで固定しました。リアのおもり固定板にはあらかじめ、4方向にM4の鬼目ナットをねじ込んでから、裏板に固定します。デッド・マスが顔を出したところで、4方からキャップ・スクリューで固定します(写真E)。

端子はトワイタ、ウーファと独立させましたが、バイアンプ使用を考えたわけではなく、実験のためトワイタ、ウーファを別々に鳴らせるようにしたからです。

コンデンサはもちろんASC。ただしASCでもネットワーク用と称しているX300は劣ります。X335またはX363を使います。コイルはアク



〈第12図〉ウーファのデッド・マス取付け用のしんちゅうの円盤



〈第11図〉スピーカ・ボックスの構成

ロテックです。Lは空芯であることが第一条件です。配線材は0.5のビニール線です。一時、LC-OFCとか6Nを使いましたが、このところ普通のメッキ線です。派手な輝かしいところがないのが持ち味です。いい換えればボケットした音。

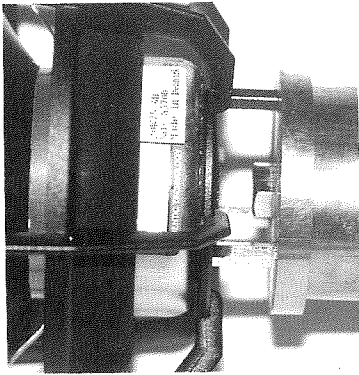
裏面を除く5面はフェルトを貼りました。フェルトはアイエー出版で発売しているユニウェーブ用フェルトとご

指名ください。箱の中も、木面が露出しない程度(といっても、支柱の裏には手が入らなかったで貼ってはいない)にフェルトを貼りました。

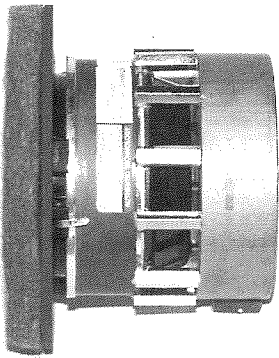
単発サイン波応答と聴感

第13図に単発サイン波応答を示します。

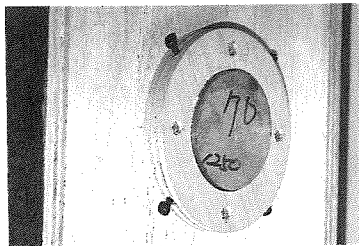
80 Hz以下はまるでバスレフ箱のような応答、60 Hzの f_0 共振の成分



《写真C》デッド・マスを固定したところ



《写真D》トゥイータのデッド・マス固定法



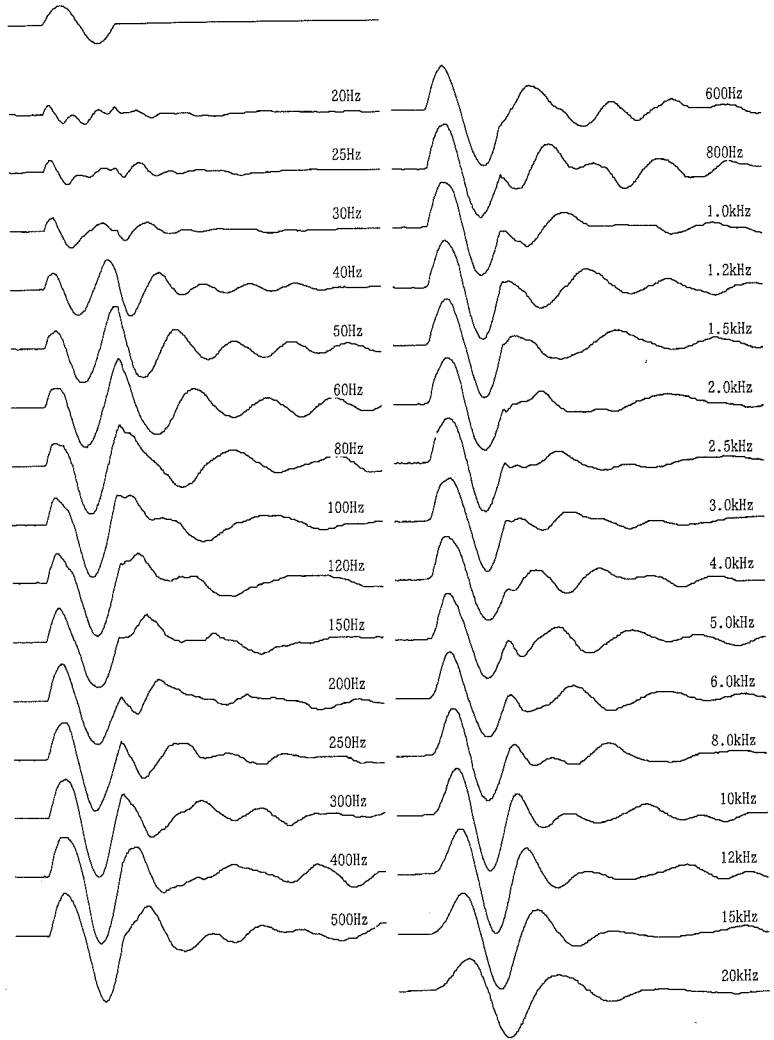
《写真E》ウーファのデッド・マスの支持法

しか観測されません。よくありません。

が、100 Hz より上は、まるでシングル・コーンであるかのように良好です。a、b波はまったく乱れず、また、その振幅も10 kHzまで見事に揃っています。

単発サイン波応答に示されるとおりのたいへん素直な音です。

低域は、ボンついたというよりも、DYNAUDIO特有の音(17 cmのユニットもそっくりの音でした)がします。この帯域が不満です。が、その上は悪くありません。ポリプロピレン特有のペラペラした音がありますが、大



《第13図》最新ユニウェーブ・システムの単発サイン波応答。シングル・コーンのみ!

きくはありません。2.5 kHzまで頑張ってもグララッとした重たい音にはなりません。

トゥイータは秀逸です。T-330 Dを聴いてしまうと、他のすべてのトゥイータが特有の振動音を出しているのがわかってしまいます。デッド・マスとフェルトでよりいっそう不要音を絞り込んだ再生音は、ハッとすることのない、特定の楽器を響かせない、パンチの効いてない、衣擦れのような音のしない、ぜんぜん特徴のない音です。

ですから、ソプラノの美しさは格別です。まちががなく最上のトゥイータです。

システムとしても最高です。クロスオーバーも問題ありません。

最初は、おとなしすぎるとの印象を持たれる方が多いようです。しかし、余計な音を取り去れば取り去るほど、録音されている信号がそのままに聴こえてきます。聴いているうちにスピーカを聴こうとしているのを忘れ、音楽に聴き入ってしまいます。

固有音のない、存在を感じさせないスピーカこそが理想です。まだまだ理想には至りません。が、また一步、理想に近づいたようです。ユニウェーブの決定版と太鼓判を押しましょう。