

# ラ技オリジナル・ユニットRG-W1+RG-T1による リニアフェイズ・スピーカ・システムの製作と 単発サイン波による応答測定



別府俊幸

## はじめに

スピーカを作るのは、8年ぶり4度目です。

初めての作品は、13年くらい前で、パイオニアのロクハンを縦に4個並べた100ℓ箱でした。フロント・バッフルは24+18mm、他は24mm ラワン合板で、特別な補強はなしでしたが結構しっかりとした出来で、今でも妹が使っています。彼女に言わせると「箱が大きいからいい音がする」のだそうです。

次は、JBLの8インチを使った80ℓのパスレフでした。これもなかなかの出来で、2年くらい100%満足して聞いていたのですが、やがてメタル・ドームの音が気に入らなくなり、友人に譲ってしまいました。

3作目は、エクスクルーシブの38センチと1インチ・ドライバの組合せでした。これで決まりになるものを作ろうと、夏と春の休みのバイト代をすべてつぎ込み、180ℓ、60kg近くある巨大箱を2つ。それを6畳間に並べるといふマニアぶりを発揮していました。

が、全力を上げて作ったわりには、

音是最悪でした。6畳間に38cmを持ち込むこと自体無理だったのかも知れませんが、とにかくよくありませんでした。いろいろと手をつくし、ユニット位置、クロスオーバー周波数、アッテネータ調整はいうに及ばず、ホーンを交換したり、箱を鉄パイプで補強したり、設置を改めてみたりとか苦しんだのですが、満足できませんでした。

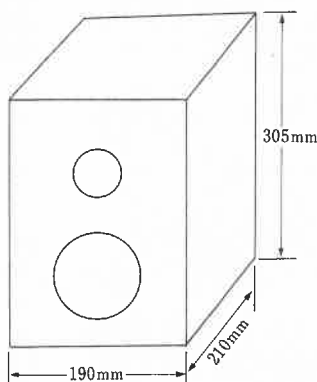
何というか、不自然な音がするので、高域と低域のつながりが悪いといってしまう簡単なのですが、高域が浮き上がり、でしゃばる感じは我慢ができませんでした。ヴォーカルやトランペットが2つの音源として聴こえ、いくらレベルを絞ろうと、ネットワークをいじろうと、高域が先に聴こえました。今にして思うと、数年間私がオーディオから遠ざかっていた理由は、このスピーカの音にあったように思われます。

結局、不満を解消してくれたのは、コンデンサ・ヘッドホンでした。そして巨大な冷蔵庫のようなスピーカは、増え続けるゾンビのような丸い円盤に押し退けられ、手元を離れました。

私が初めて買ったスピーカ・システムは、ロジャースのLS3/5でした。やはりヘッドホンだけでは、寝転がって聴くことができませんからスピーカは必要です。しかし、このスピーカもやはり、同じような不自然さが耳につきま。ユニットの位置が近いだけ、有利なはずですが、やはり高域が分離して先に聞こえるのです。BGM用と割り切って聴けば、あきらめもつくのですが、ヘッドホンでは聴けても、スピーカでは鳴らせないソースは、増え続ける一方です。

正直に申し上げると、スピーカは諦めていました。ロジャースだけではなく、よそで聴かせてもらった海外製、国内製のシステムも、私には同じ欠点が聞こえたのです。

大がかりなシステムにもかかわらず、この欠点を感じさせなかったのは、高橋和正氏のシステムでした。氏のシステムについては、何度か本誌にも発表されていますので、読者諸兄もご存知だと思います。私の印象は、奥行きがあるとか、定位が明確だとか、音が広がるとかいったような、今までにも経験



〈第1図〉スピーカボックスの外形寸法

したような感じではなく、コンサート・ホールで聴く音の場にいちばん近いものでした。音像はかくあるべきだとか、定位はこのように決まるなどと意識しなくても、ああ、こんな感じだなと思わせる再生音でした。

何時間か聴かせてもらうち、もう1度、スピーカに取り組みでみようかと思わせるだけの何かがありました。

☆

とはいっても、人によいと勧められても自分で聞くまでは信じない、私は曲がった性格の持ち主です。たまたまラ技のユニットとやらが発売になりましたので、ついでに友人からスピーカ(とアンプ)が欲しいとの頼みも受けていましたので、これ幸いとばかりに作ってみたのが今回の「習作」です。

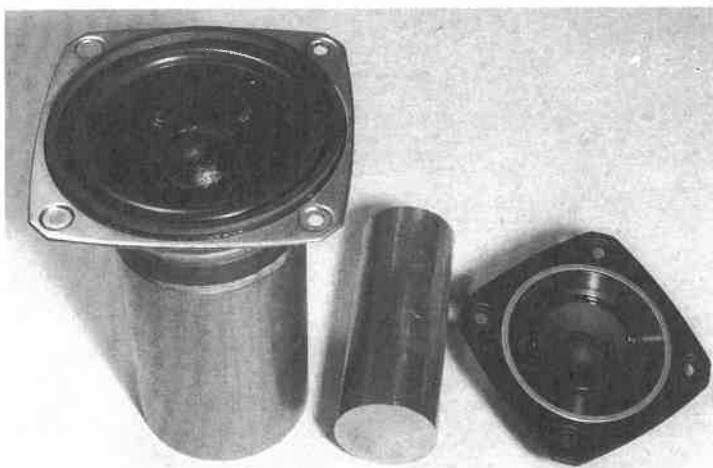
しかし、作ったことよりも、応答を測定したほうが興味深い結果が得られました。どうぞ測定編だけでも読んでやってください。

## 製作編

### スピーカ・システムの製作

以前から木材の売り場で、桜とか檜とかの板をたたいは「これで箱を作ればいい音がするだろうなあ」と考え、材料費を計算してはため息をついていたのですが(往時は100円以上の箱しか考えていませんでした)、このサイズならよいものが使えそうです。今回は14mm厚のスプルースの単板です。

単板は反るので箱には不向きだとさ



〈第2図〉ラ技スピーカ・ユニットと真鍮の丸棒

れていますが、実際にそのとおりです。しかし、合板の切口が見えるのはみっともないですし、集成材は30mm以上の厚みとなり分厚くて不似合いです。それに合板や集成材などの加工品は、なんとなく音も加工されてしまいそうです。スプルースの単板も、東急ハンズにあった物はそれほど上質ではなさそうです。が、ラワン合板よりはよさそうです。一説には、アメリカ製スピーカに使われているという理由で、ダグラスファが優れているとの話もありますが、売り場に並んでいるダグラスファは節が多く、表面が美しくないとの理由で採用を見送りました。

第1図が組立寸法です。正面はLS 3/5と同じ。なんと、奥行きは、板の幅で決まります。210mm、実寸は1, 2mm小さめです。箱の寸法は整数比にならないように選ばなければならないとか、moとかfoとかの数値を計算して内容積を計算するとか、物の本には記されていますが、一顧だにしません。だいたい、バスレフ・ポートの共振周波数の計算式を示しておいた著者が、同じ著作の中で聴感上は\*\*したほうがよいなどと、その式を無視したりするではありませんか。私も昔は、一生懸命内容積を計算していましたが、あんな式で音が表せるはずはありません、ということには気がつきました。

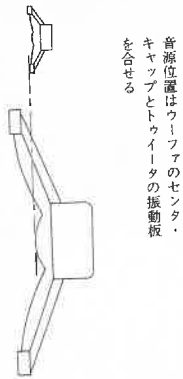
### 付加質量とリニアフェイズ

システムの要点は2つ、マグネット後方に取り付けた付加質量と、ユニット間のフェイズ合わせです。

付加質量は、高橋氏によると重ければよいのだそうですが、なんとなく鉛ではぐすつとした音になりそうです。経験的に鉛でダンプすると、音が鉛(なま)ってしまいます。大春五郎氏によると重いだけではだめで、堅いことが必要だそうです。金床と同じで、堅くなければハンマーで打ったときに変形して逃げてしまうとの意見です。しかし、硬い材料は、加工が難しく高価につきそうです。結局考えた割には、入手の容易で安価な真鍮と相成りました。第2図に示します。

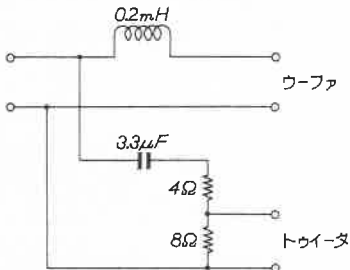
ウーファの後部にはφ70、トゥイータにはφ40の真鍮の丸棒です。いずれもJIS規格だそうで、希望の長さに切断してもらいます。私の場合、裏板に届かないのでできるだけ長くと100mmとしました。値段は、デパート系の東急ハンズでユニットとほぼ同じでしたから、たいしたことはありません。板金屋さんなどに頼めば、全国どこでも入手できると思います。そして、大切な重量はφ70で約4.2kg。試すのには手ごろな重さです。

しばらくすると、部屋の中にスピーカ・ユニットと真鍮の棒が転がってい



音源位置はウーファのセンター・キャップとツイータの振動板を合わせる

〈第3図〉音源位置は、ウーファのセンター・キャップとツイータの振動板を合わせる

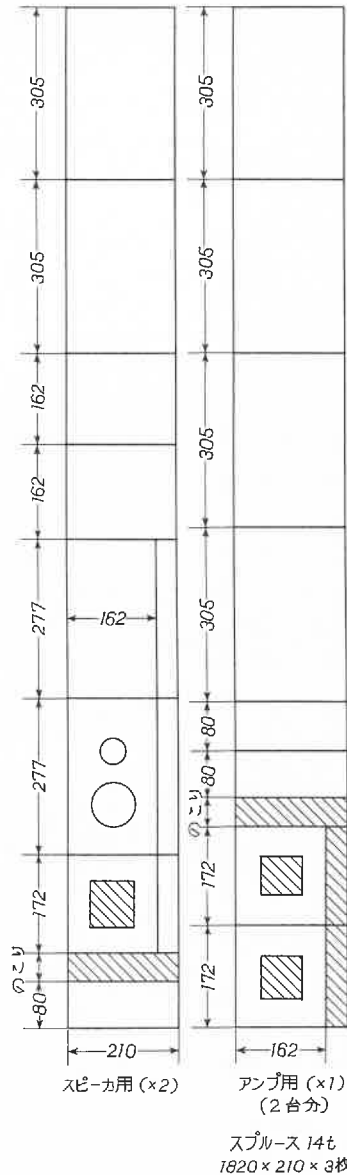


〈第4図〉ネットワーク回路(クロスオーバー6kHz)

ました。これを聞いてみない手はありません。1つのユニットには、アロンアルファで棒を接着し(この時点で接着したことが、後の組立てで障害となってしまった)、もう1つのユニットはそのまま音を出してみました。付加質量の効果は、この時点ではっきりと判ります。クオリティが違います。たとえいうなら、スピーカ箱のぐらつきを直すとか、箱を強化するなど同一の改善方向ですが、直接ユニットに作用するだけに、効果は30dBアップです。

次は、リニアフェイズです。これについては単純に、振動板の位置を合わせるだけです。とはいっても、振動板は平面ではありませんから、どこで合わせるかがよくわかりません。とりえずウーファのセンター・キャップ位置くらいにツイータの振動板を合わせる(第3図)とだけ考えてみました。高橋氏を真似、フロント・バッフルの厚み(14mm)だけ、後方に配置する形としましたが、測定編に示すとおり“リニアフェイズ”となっています。

また、ネットワーク定数を第4図に示します。ネットワークについては、



〈第5図〉板取り図

稿を改めて報告しますが、リニアフェイズとするためには、12dB/oct以上の減衰スロープではダメだという事実のみを記しておきます。

### 組み立て

板取り、加工図を第5、6図に示します。スプルー板は1820×210×14tで@2400円でした。目のつまった物やそうでない物、ひび、そりなどありますので選定には注意します。箱の中心部には、30×90の檜材(敷居などに使用する寸法です)を3枚合わせて柱を作り

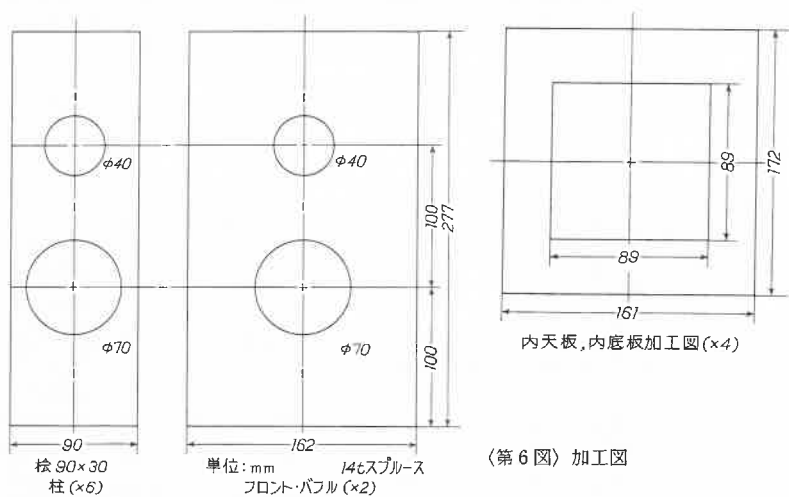
ます。当初は90×90の柱に使う角材を使おうと思ったのですが、φ70の丸穴を開ける方法がないので、このようになりました。この柱にφ70とφ40の穴を開け、真鍮棒を差し込みます。

柱は、天板と底板の内側に90×90の角穴を開けた板を用意してそこに差し込みます。これにより、天板と底板がそれぞれ2重になり、強力に結合できる形となりますので、不要な振動を排除する効果も期待できそうです。なお、天然木材は1~2mmの狂いがありますので、実測してから加工することをお勧めします。

第7図に組み立て途中を示します。柱と天板、底板、バッフルを組み立てた時点(接着以前でも可)で、柱の穴に真鍮棒を差し込み、バッフルに開けた穴にユニットを合わせて、棒とユニットを接着します。いわゆる現物合わせです。接着面が広いので、アロンアルファでOKです。ただし3本位消費します。加工精度が悪かったことが幸いし、はめこんだだけで丸棒は固定されてしまいました。

ウーファは、バッフルの前から、ツイータは後ろから取り付ける構造としましたので、両側板を接着する前にツイータを仕込まなければなりません。本機を参考にされる方は、バッフルボード前面からツイータを取り付ける構造としたほうが安全でしょう。私の場合、ツイータを破損したら修理する術がありません。ツイータの周囲は適当に削り込んで、シリコン・ゴムで整形します。

なお、箱の接着の際には、最低でもハタガネを用意します。近所の金物店で30cmサイズの物が1組(2個)950円でした。4組用意しても4000円足らずです。ひもで縛る方法などが紹介されていますが、1度でもハタガネを使用した方はあんの子供だましにはだまされなんでしょう。板の接合が弱いと板の振動も大きくなります。そして不要な箱の振動が、音に悪影響を及ぼしていることは確かです。締め付けて、板



のソリも強制します。

吸音材は $300 \times 100 \times 10$ 位に切ったフェルトがたったの1枚です。試聴して調整しました。サランネットで覆い隠せますので、フロント・バツフルにもフェルトを張ります。側面にも張りたいのですが、今回は外見重視です。

ネットワークはタンゴのL, CはAWFを, Rは手元にあった2Wのタンタルを使用しました。スピーカ・ケーブルは、 $1.25 \square$ の並行線(一応OFCとは表示していた)です、もちろんもっと高級な線材を使用すればそれなりの効果はありますが、この場合はそのコストをユニットに注ぐべきだと思います。

仕上げは、透明と着色のオイルステインを重ね塗りしています。サンドペーパーか、サンダーを使用して下地を作り、最初は透明の塗料を使い、その上に着色剤を使用します。当初、目止めをせずにいきなり着色塗料を使用した

ため悲惨な状況に陥り、修正に丸1日を費やしてしまいました。

### 試聴の結果

第8図に部屋の中で測定したf特を示します。さすがに低域は寂しいですが、ユニットのサイズからは仕方ないところでしょう。LS3/5と比べても低域は劣っています。高橋氏のダブル・ウーファ・システムと比較すると、低域の量感がありません。しかし、私のシステムの方が芯のある、しっかりとした低音を聴かせてくれます。明らか

に、付加質量が重い効果です。ダブル・ウーファとして、おのおのに重たい丸棒を取り付ければ効果的でしょう。

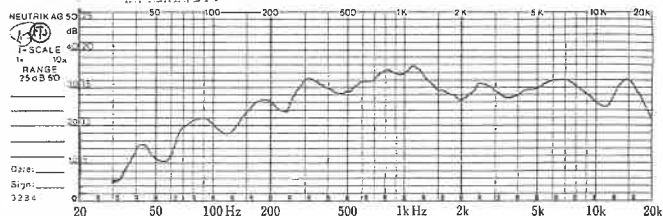
高域はトゥイータがチャラチャラした音を出すのが気に入りません。7kHzと15kHzの山が、このトゥイータの特徴を作ってしまったようで、音量を上げるとやたらシャカシャカ鳴りだします。が、高橋氏によると「以前に製作したシステムよりも高域が落ち着いた音のはずや」とのことですから、付加質量が効いているのでしょう。トゥイータにも要デッドマスです。高域がうるさいのですが、不思議と分離して聞こえる音はありません。トランペットなどは、きちんと1つのホーンが鳴っているように聞こえますし、ヴォーカルも自然です。これがリニアフェイズの効果でしょう。

しかし、もっとましなトゥイータを使いたいところです。

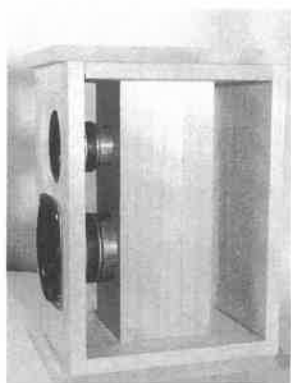
## 測定編

### 単発サイン波による応答特性

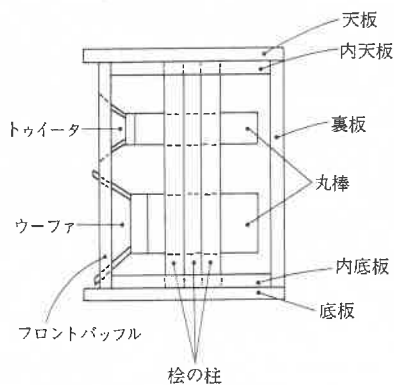
周波数特性のグラフが直接音に結びつかないものであることは、誰も認



(第8図) 試作機の周波数特性。部屋の中での測定。一応の目安であるが、さすがに低域は不足気味である。

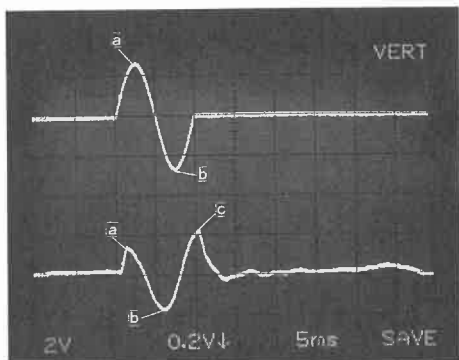


(第7図) 組み立て途中図。真鍮棒とスピーカ・ユニットは、現物合わせで接着する。

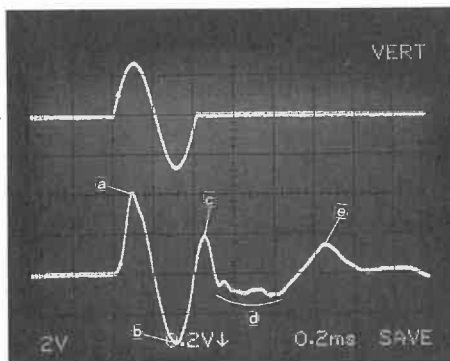


めることだと思います。また、位相特性のグラフを見せられたところで、そこに示される情報が、どう音に結びつくのかは想像もつきません。たとえ、これらのグラフが限りなく直線に近づいたとしても、ギザギザ特性のスピーカより音がよくないかもしれません。

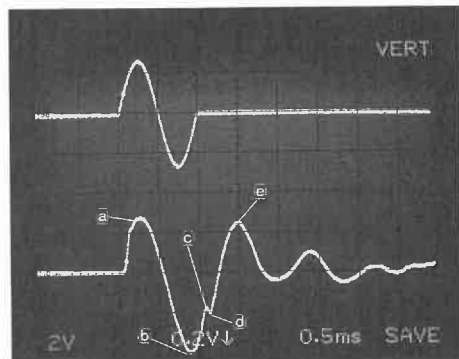
特性と音が結びつかないことは、測定法が実際の音楽信号とは無縁に近いものであることも要因の1つです。連続波で測定する“定常的”な状態はいうに及ばず、インパルスによる“過渡



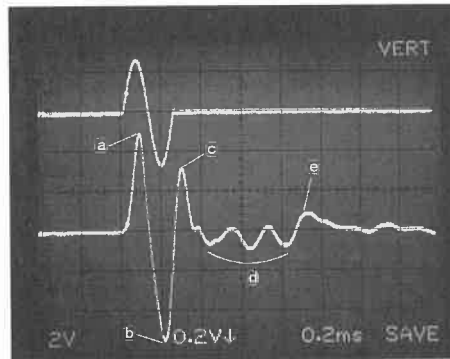
(a) 100Hz  
 上段は入力、  
 下段がスピー  
 カの再生波形。  
 a, b波は入力  
 に対応し、c  
 波はオーバー  
 シュートであ  
 る。多少、a波  
 の立ち上がり  
 が悪いが、お  
 おむね良好で  
 ある。



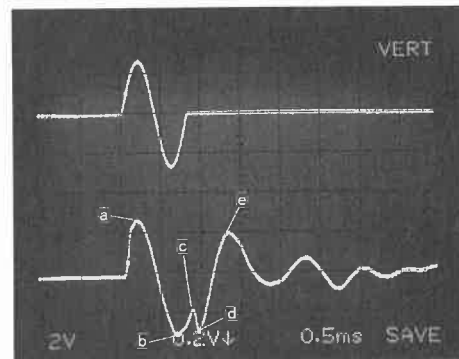
(e) 2.4kHz  
 ここでのc波  
 は、オーバ  
 シュートであ  
 るが、d, e波  
 は振動による  
 ものであろう。



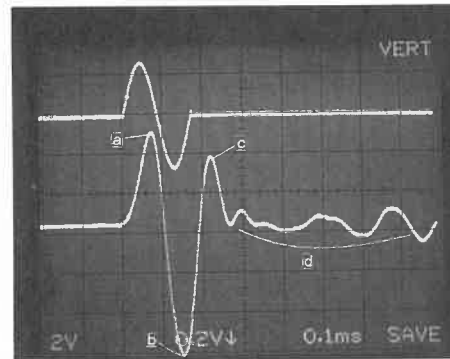
(b) 1kHz  
 a, b波の後、  
 c, d, e波が見  
 える。これら  
 は、フレーム  
 の振動による  
 と思われる。



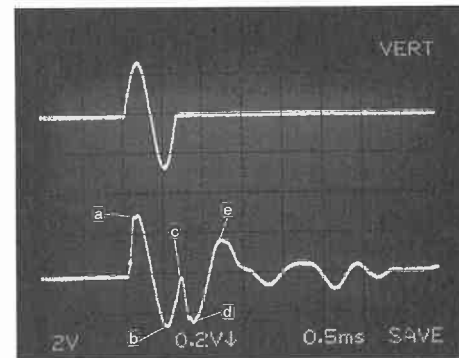
(f) 4kHz  
 かなりa, b波  
 のピークが高  
 くなっている。



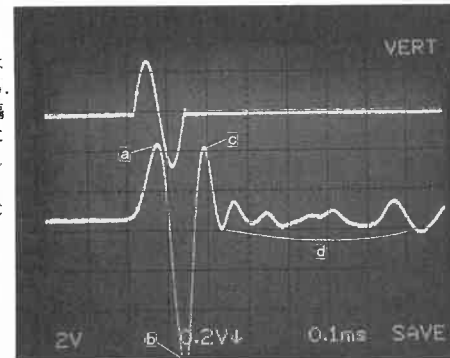
(c) 1.2kHz  
 c波のピーク  
 が高くなって  
 いる。



(g) 6kHz  
 クロスオーバ  
 周波数である。  
 d波は、相殺  
 されたような  
 形となっている。



(d) 1.5kHz  
 さらにc波は  
 成長している。  
 a, b波の間隔  
 は入力信号に  
 応じて変化し  
 ているが、c,  
 d, e波は同じ  
 である。



(h) 8kHz  
 a, b, c波の形  
 は良好である。

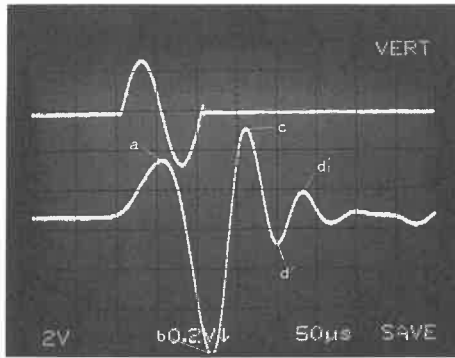
〔第10図〕 試作りニアフェイズ・スピーカシステムの応答波形。

的” 応答も、実際にわれわれが耳にする信号とは大きくかけ離れたものです。

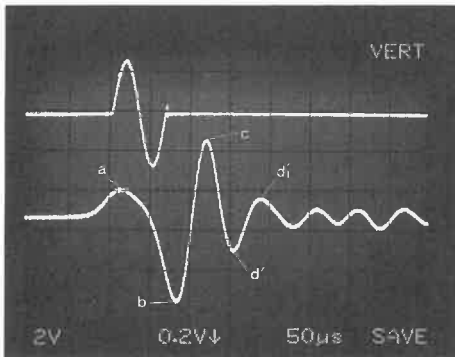
今回用いた、1発サイン波による応答は、グラフを作成するには不向きな方法ですが、スピーカの動作状態を直

接的に理解しやすい方法です。不要な振動、ユニット間の不整合、あるいはネットワークの問題に至るまで、しばしば問題を明確に表します。まあ、百聞は一見にしかずと申します。とにか

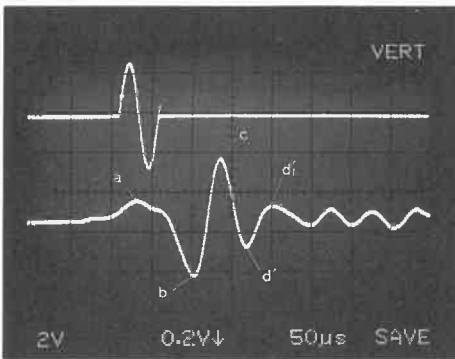
く応答をご覧ください。ただし、音の違いがすべて目で見えるとは限りませんけれども……。



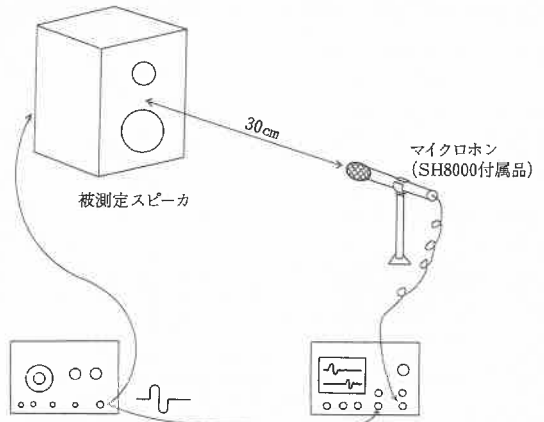
(i) 10kHz  
トウイータの領域となった。a波の立ち上がりがなまっている。d', d<sub>1</sub>'波は、トウイータの振動板の減衰振動であろう。



(j) 15kHz  
10kHz時と同様な波形である。



(k) 20kHz  
a波の立ち上がりが悪くなっている。



関数発生器 単発サイン波 デジタル・ストレージ・オシロスコープ  
NF FG-121B Tektronix 2211  
〈第9図〉単発サイン波による応答測定方法。スピーカに1発サイン波を入力し、デジタル・ストレージ・スコープで応答を観測する。

これらの波は周波数に応じて連続的にピーク・ディップが成長(衰退)します。また、もう1つ付け加えますが、どちらのスピーカも連続サイン波を入力すれば良好な波形を出力します。

さて、波形を理解しやすくするため、**第12図**のように先頭からa, b, c, d波と名前をつけます。a, b波は入力1発サイン波に対応する波であり、理想的には再生される波も入力と等しくなって欲しいところです。しかし現実には、振動系は質量を持ちますし、ダンパーは内部損失の塊ですし、その上空気も質量を持っていますから、a波はb波より低くなり、そしてc波のオーバーシュートが発生します。その後は、減衰振動を繰り返して停止します。この減衰振動波をd, d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub>, …と名づけます。また、ウーファの波とトウイータの波が分離する場合には、トウイータ側をt<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>, …と称することにします。ただし、おのおののスピーカから放射される波が干渉しあい、明確でない場合もあります。なお、名前をつけた波は、周波数変化に応じて連続的に変化します。

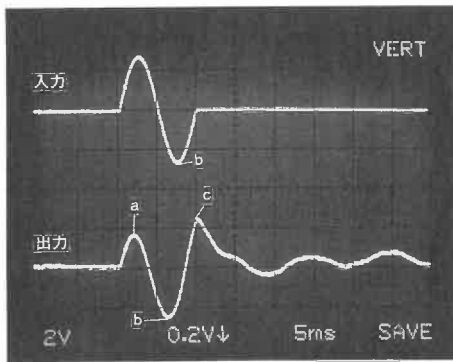
試作したりニアフェイズ・スピーカの応答(第10図)を観察しますと、100Hzから20kHzまで全帯域にわたり、先頭のa, b波は良好に再生されていることがわかります。クロスオーバー周波数(6kHz)近傍、トウイータの領域で

### 単発サイン波による測定

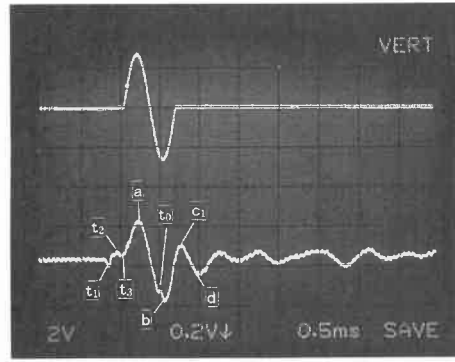
第9図に測定方法を示します。ファンクション・ジェネレータ(NF FG-121B)を用いて、1発のサイン波を出力し、スピーカに入力します。マイクロホンは、スピーカ正面30cmに設置し、デジタル・ストレージ・スコープ(Tektronix 2211)で応答を観測します。至近距離の計測としたのは、部屋が狭いためと、部屋の影響を少なくするためです。周波数は連続的に設定することが可能ですので、特長的な応答を示すポイントを選んで、応答波形を撮影します。マイクロホンは、手持ちのテクニクスS H8000の付属品を使用しました。

単発サイン波を用いて、試作システムの応答を観測した結果を第10図に示します。見てびっくりのとおり、絶句してしまいそうな無茶苦茶な波形です。よっぽどラジエーターユニットが悪いのではないかとと思われるかも知れませんが(私もそう思いました)、LS3/5が再生した波形を第11図に示します。

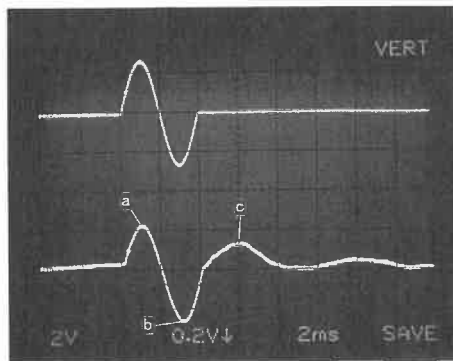
ご覧のとおりです。念のため、アンプの出力端子での波形を写真の上段に示しますが、きれいな単発サイン波となっています。アンプのせいではなく、完全にスピーカの問題です。ついでに付け加えておきますが、特別悪い状態を選んで撮影したものでもありません。特長的な周波数を選んではいませんが、



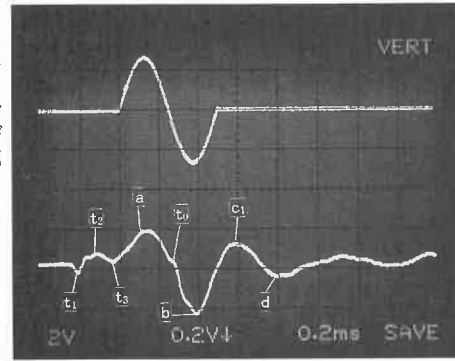
(a) 100Hz  
リニアフェイズ・システムと同じく、良好な波形である。



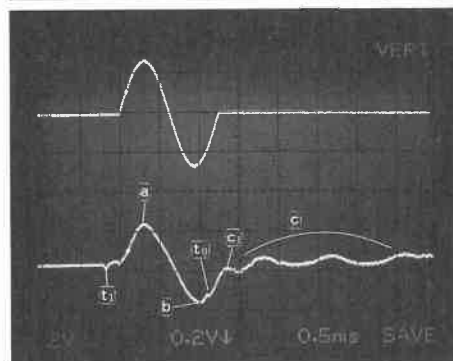
(e) 1.5kHz  
 $t_1$ 波の後に $t_2$ ,  $t_3$ 波が認められる。 $c_1$ ,  $d$ 波はウーファの減衰振動によるもの。また、 $t_3$ 波が $b$ 波の前になっている。



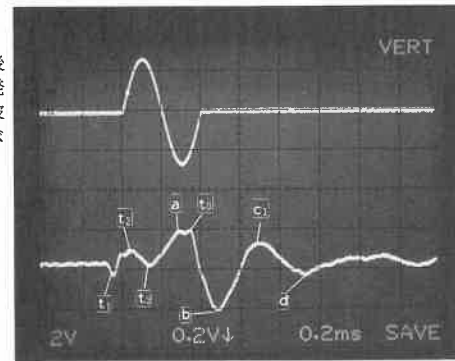
(b) 250Hz  
 $c$ 波がつぶれ始めるが、 $a$ ,  $b$ 波は良好である。 $c$ 波がつぶれる原因はフレームの振動(?)



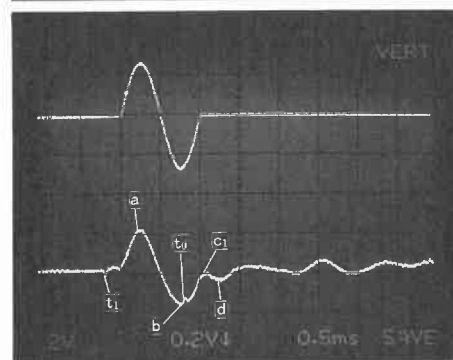
(f) 2kHz  
 $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ 波はより成長している。



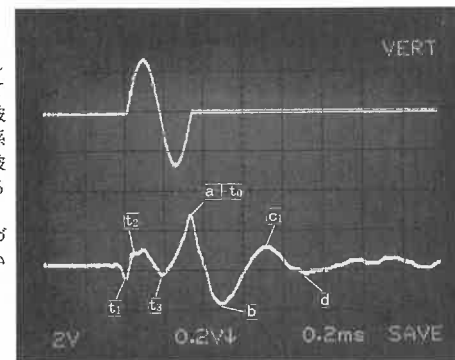
(c) 800Hz  
 $a$ ,  $b$ 波の前後に $t$ ,  $t$ 波が発生した。 $c$ 波は完全につぶれている。



(g) 2.5kHz  
 $t_0$ 波は $a$ 波に近づいている。



(d) 1kHz  
 $t_1$ ,  $t_0$ 波は少しずつ成長している。 $a$ ,  $b$ 波との時間関係に注意。周波数が高くなるにつれて、 $a$ ,  $b$ 波は少しずつ後退している。



(h) 3kHz

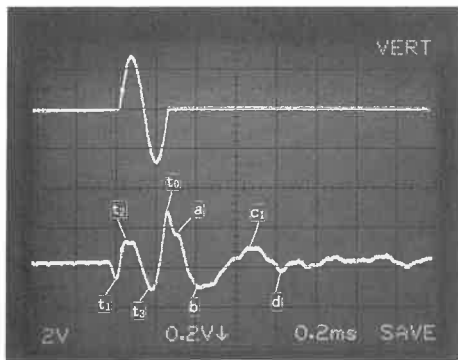
〈第11図〉 ロジャース LS3/5 の応答波形。

ある 8kHz 以上となっても、リニアフェイズを保っていることがわかります。

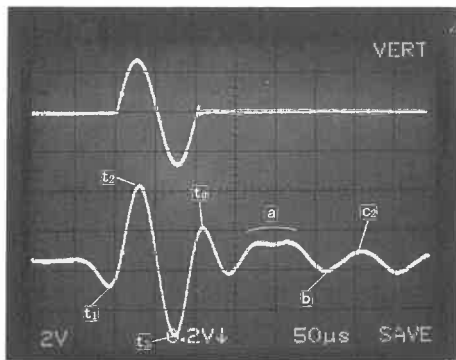
2.4kHz から 6kHz にかけては、 $d$  波の形がよくありませんが、これは周波数を変更しても同じパターンを示すこ

とから、なんらかの機械的（音響的）振動が発生していると考えられます。おそらくはスピーカ・ユニットのフレーム振動によるものでしょう。パッフル・ボードにユニットの振動を伝えな

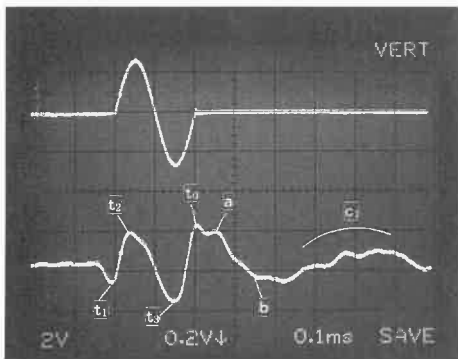
いことを第一に考え、スピーカ・フレームは浮かせた状態となっているのが裏目に出たようです。ただし、パッフルに取り付けたくらいでは、完全に振動を抑えることはできません。



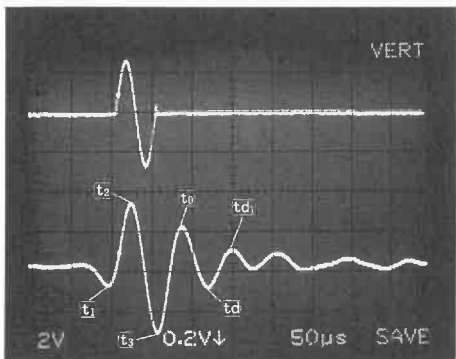
(i) 4kHz



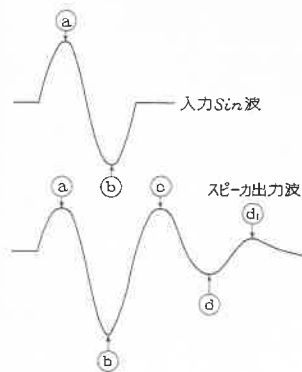
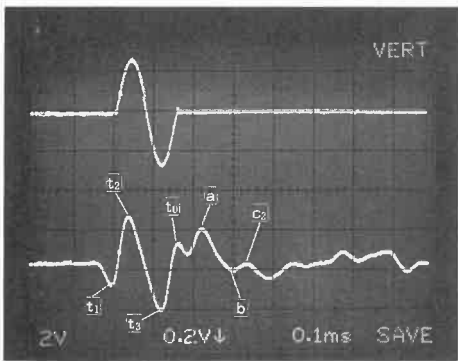
(m) 10kHz



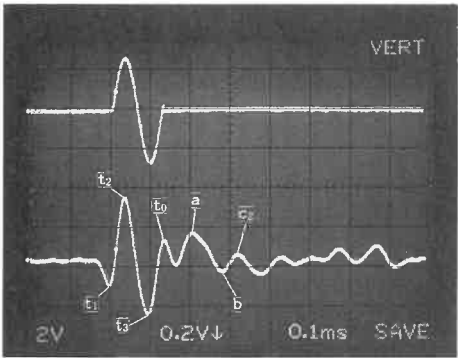
(j) 5kHz



(n) 20kHz



〈第12図〉再生波に名前をつける。



(k) 6.5kHz

10kHz以上では、a波の立ち上がり  
が丸くなってきます。a波のピークが  
b波より低いのは、質量を持つ以上仕  
方ありませんが、波形が丸くなるのは  
気分よくありません。ちょうどアンプ

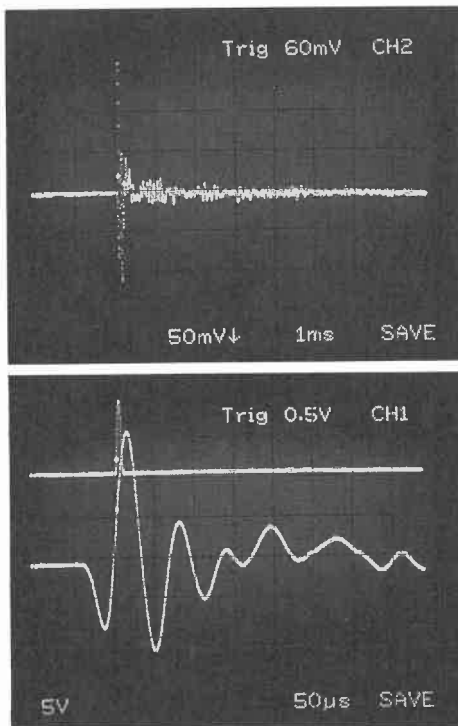
のスルーレートのように、振幅速度の  
リミットに達しているようにも見えま  
す。つまりは、応答性のよくないトゥ  
イータかもしれません。けれども、何  
種類ものトゥイータを計った訳ではあ

りませんから、なんともわかりません。

またb波に続くc、d'の減衰振動も  
明確に観測されます。が、c、d'波は  
入力と同じ周期を示していますから、  
振動系以外が悪質な振動を発生しては  
いないと思います。加えて、収束振動  
はそれほど音には影響しないような印  
象も得ていますので、それほど心配し  
てはいません。減衰振動すべき所で、  
a、b波よりも高いピークが発生した  
り、入力と関係ない共振が見られたり、  
ビートが見られたりするスピーカは、  
重大な問題を抱えています。

一連の入力信号と同じ周期の減衰振  
動が収まった後は、スピーカ固有の振  
動パターンを示します。低い周波数の  
場合は、ウーファ固有の振動パターン  
です。高周波の場合はトゥイータの  
パターンです。これはおそらく、フレ  
ーム、マグネット、カバーなどユニ  
ットのハードな部分が分割振動し、相互  
に干渉し合って固有のパターンを作る  
ものと考えています。したがって、(ま  
だ試してはいませんが)デッドマスや、  
フレームの防振処置、あるいは反射面  
の吸音処理によりパターンが変化する





〈第13図〉

と思われます（もしも変化しなければ、別の原因でしょう）。

では、LS3/5（第11図）です。

ところがところがロジャースは、a、b波でさえも良好に再生することができません。100、250Hz入力では問題はありませんが、早くも800Hz辺りから、a波の前にt1波が現れます。t1波は周波数と共に成長し、1.5kHzではa波との間にt2、t3波も観測されるようになります。クロスオーバー周波数3kHzを越え、4kHz、5kHzともなりますとt1-3波は、a波よりも大きな振幅となっています。そして8kHz以上では、a波は後方へと追いやられ、t波がほとんどすべてとなります。

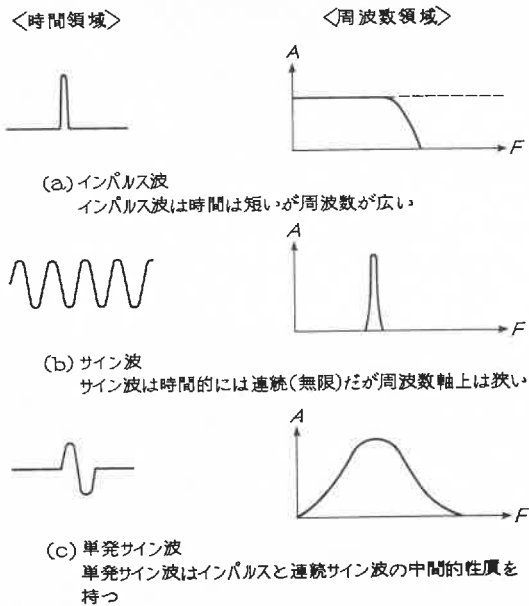
t波はトゥイータの再生波形で、ウーファの再生波（a、b波）などと別個に成長する事がわかります。また、別個の波となるため、4～8kHzの帯域では、1つのサイン波入力にもかかわらず、2つのパルスが出力されています。位相がずれているという生やさしい状況ではなく、原波形と似ても似つかないような状態です。

さらに、100Hzと20kHzを比べると、**位相が反転している**ことが判ります。

どの辺りから逆相となるのかは明確に判定できませんが、4kHzでは“逆相”と見なせそうです。

これはもちろん、高域ユニットが低域ユニットと逆相接続されているためです。12dB/octのネットワークでは、一般的にユニットを逆相接続としますから、ほとんどのシステムでは位相の逆転が生じていることとなります。もしも3ウェイでしたら、中域だけが逆相で高域と低域は正相となり、4ウェイであれば、考えるのも嫌になるような状況に違いありません。クロスオーバー周波数での位相が低域側は90°遅れ、高域側は90°進みますから、逆相接続とすればスムーズにつながると当たり前のように思われているのですが、クロスオーバーから離れた帯域では逆相となるのです（当りまえだ）。単に“逆相”と記せば、それほど問題があるとは思われないでしょうが、その実態はご覧のとおり、でたために変形された波形が出力されるのです。

これに対して、自作リニアフェイズ・システムには位相の逆転はありません。常にa波の立ち上がり方向は同一です。加えてa波とt1波、b波とt2波



〈第14図〉

がきちんと合成されるため、常に一体となって観測されます。

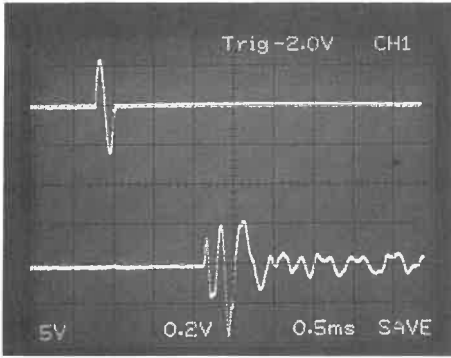
### 測定結果について

読者諸兄の多くは、単発サイン波による応答など、初めてご覧になると思います。が、それにもかかわらず、スピーカ・システムの応答を、明確に把握することが可能だと思います。

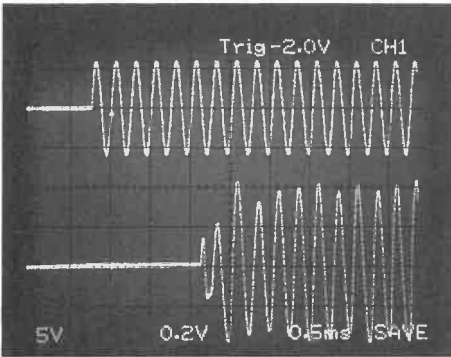
一般に連続状態の計測には、正弦波が用いられますが、サイン波は周波数領域での特性を調べるものであり、周波数軸上の一点にエネルギーを集中した波です。反面、時間軸上では無限の長さを持っているため、過渡的な変化を調べることができません。

過渡状態の計測には、インパルス波が用いられます。インパルス波は、時間軸上のある時点でエネルギーを集中させる代わりに、周波数軸上では広いスペクトルを持ちます。このため、周波数に依存する過渡的な変化を捉えることが困難になります。

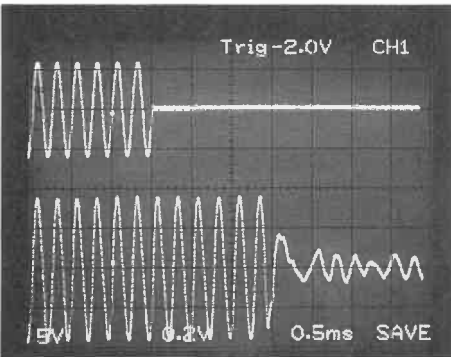
第13図(a)は、LS3/5のインパルス応答です。そして第13図(b)は、立ち上がり部分を時間的に拡大した波形です。注意して観察すれば、トゥイータからの波が先にあり、つづいてウーファからの放射音があるようにも見えます。しかし、それを第13図から読みと



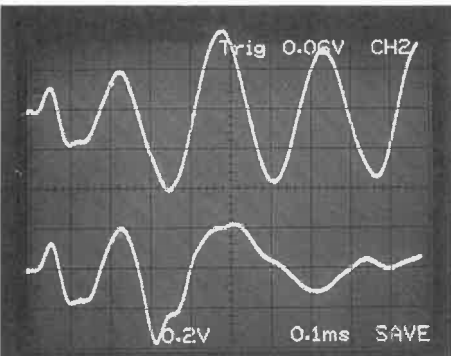
(a) 単発サイン波応答 (LS3/5, 4kHz)



(b) 連続波の開始時。第2波までは、(a)の単発サイン波応答に似ている。



(c) 連続波の終了時。最後の波は形が崩れ、単発サイン波と同様の形である。

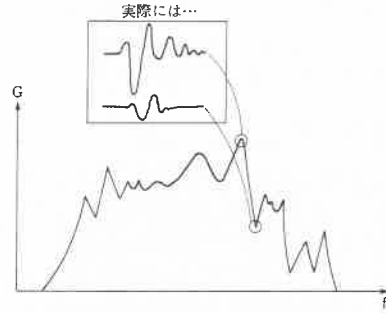


(d) パースト波と単発サイン波の開始時。

〈第15図〉

ることは困難です(熟練すれば読み取れるのでしょう)。これに対し、連続的に単発サイン波をスイープした結果(第11図)からは、明確に認識することができます。

数学的にはインパルス応答さえ計測されていれば、1発サイン波を演算によって畳み込み、その応答を得ることも可能です。が、これはスピーカが“線形”な場合に限られます(実際に類似の



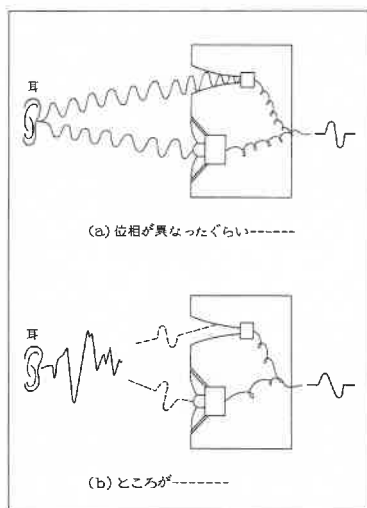
〈第16図〉 F 特のピーク・ディップは波形の高さのみが変わるのではない、どちらかといえば形がより激しく変化する。

応答が得られるかどうかは、試していないので分かりません。

単発サイン波は、周波数軸上でのスペクトルが中心周波数の上下に広がりますが、逆に時間軸上では狭くなり、連続波とインパルス波の中間的な性質を持つと思われます(第14図)。このため、連続波やインパルス波のどちらでも観測し難い成分を、明確に示すことができるのでしょうか。

単発サイン応答を、トーンバースト応答と比較します(第15図)。安定期に入る前の1, 2波までは同様の応答(第15図(b))を示し、さらに、バースト波の終了点の応答もよく似た波形(第15図(c))となることがわかります。しかし、これもスピーカの位相差が少ない場合であり、中音、低音ホン・スピーカなどユニット間の距離が大きい場合には、近い方のスピーカから放出される音が安定期に入ってしまうと、もう一方のユニットからの音は覆い隠されてしまうでしょう。第15図(d)は、単発サイン応答と、バースト波の第4波までを拡大したものです。バースト第3波では良好なサイン波となり、ウーファからの波形が隠されていることがわかります。以上のように、トーンバーストと比較しても単発サイン波は、応答の理解に有利な測定法といえそうです。

さて、第10図、第11図の応答波形を見ると、スピーカの波形再生能力には、まだまだ問題があることが明らかです。f 特グラフのピーク・ディップからはなんとなく、サイン波の高さだけが変化するようなイメージを持ちますが、



〈第17図〉

位相が変化したくらい……しかし現実には波形が大きく変化する。

因です。しかし周波数軸上での合成のみに気を取られ、時間軸上での合成を無視していたマルチ・スピーカ・システムが、より一層、レスポンスを悪化させていることも事実です。少なくともスピーカ・ユニットは、a, b波はそれぞれ再生します。けれども複数のユニットが別々にa, b波を放射する状態では、マイクロホンに伝えられる振動は、ゆがめられて合成され、a, b波でさえも満足に再生できなくなっています。しかも、周波数によって1つの波が2つに別れたりとか、位相がひっくり返ったりとか、変形の度合も周波数に依存しています。

フルレンジ・スピーカで、高音から低音まで満足に再生できればベストです。けれども、そのようなユニットはどこにもありません。帯域を分割し、複数のスピーカで再生する方式を捨て去ることはできません。しかし、分割することによって、気がつかないうちに大切な情報を捨て去っていたことも事実です。今回の応答波形を見れば、クロスオーバー周波数での合成音圧レベルの議論など、空しいものとなってしまふでしょう。

高橋式リニアフェイズ・スピーカ・システムは、複数のユニットから放射される音波の時間差を、できるだけ少なく合成することを狙った方式です。その再生音は、マルチウェイにありがちな不自然さがなくなり、シングル・コーンに近い素直なものとなります。

リニアフェイズの効果聞き取ることが可能でしたが、それを測定値として示すことは不可能でした。今回の単発サイン波による応答測定では、リニアフェイズ・スピーカが、一般の2ウェイ、3ウェイスピーカに比べ、格段に優れた波形再現能力を有していることが明らかになりました。また、単発サイン波は、多くのスピーカ・システムの問題点を明らかにしてくれることが分かっています。ネットワークの問題、デッドマスの効果など、追って報告する予定です。

現実には激しい波形の変化が伴っています(第16図)。減衰振動が長引くところ(それだけ振動しやすい)が、F特グラフ上のピークを形成することは明らかですが、それ以外にも付帯振動があるところ、フレーム、キャビネット等の“振動系”以外の共振がある周波数もピークとなるようです。

また、実際に波形を見ると、位相とか遅延とか、普段何気なく使っている用語でさえ、現実を的確には表していないことがわかります(第17図)。一般に“位相”は、2つの連続する、同じ周波数の波形の時間差を表します。そして、2つの波が同一周波数であれば、位相がずれていたところで合成された波はサイン波になります。たとえば、位相の違いは聞こえないと信じられる方も(私は聞こえると信じています)、位相が異なるだけで、過渡的な波形がこれほど変形される事実をご覧になれば、安心して聞いては居られなくなるでしょう。

### 単発波と連続波の再生の違い

それでは、なぜ単発波とするとめちやくちやな波形となり、また、なぜ連続波では良好に再生されるのでしょうか。そして、なぜリニアフェイズとすると波形再現能力が向上するのでしょうか。

問題は2点。ネットワークとスピーカの位置関係にあります。もしも連続したサイン波であれば、ネットワークによって2つに分割されようとも、スピーカの位置関係が10mも離れていようとも、再びサイン波に合成可能です。なぜなら、空間で合成される2つの波が同一の周波数であるからです。ただし合成された波は、振幅と位相が変化してしまいます。

しかし、単発波の場合はそう簡単ではありません。過渡的なひずみを生ずるネットワークを通過したり、耳までの到達距離が異なってしまうと、2つのパルスとして合成されてしまいます。

もっとも、単発サイン波らしく合成される方法もあります。それがリニアフェイズ・システムです。

### まとめ

単発サイン波を用いた応答測定によって、スピーカ・システムの波形再現能力には大きな弱点があることが判明しました。もともとスピーカは、アンプのような線形システムではありませんから、当然予想された結果ともいえませんが、いざ目の当たりにするとショックですらあります。

これらの応答波形は、スピーカ・ユニット自体が、とても理想的とは呼べないようなレスポンスを示すことも一

## 連続周波数特性を見て

このF特を見たときには、一瞬、ギョッとしました。だら下がりの低域はともかく、800 Hzのピーク、1.5 kHz～2.0 kHzのディップと、およそ何とかしなければ、と思わされる周波数特性です。

もちろん、何ともしませんでした。このスピーカの“音が出た瞬間”を思い出したからです。

どこのマルチウェイを聴いても感じていた不満、廉価機種でも超高級機種でも共通していた欠陥、私がスピーカの音に耐えられなかった最大の理由、すなわちトゥイータとウーファから別々の音が聴こえる、いわゆる“マルチウェイの音”がありません。はっきりとした定位が聴こえます。不満はいくつもありましたが、特にトゥイータは不満でしたが、そこそこ楽しめる音です。そして音の出た瞬間、それまで使っていた英国製モニタ・スピーカはお払い箱と決めてしまうだけの、声の質感があります。

ところで、そのモニタ・スピーカに示されていたF特は、この図よりもずっと“フラット”なものでした。ですが、私には“フラット”どころか“2つの別々な音”にしか聴こえません。

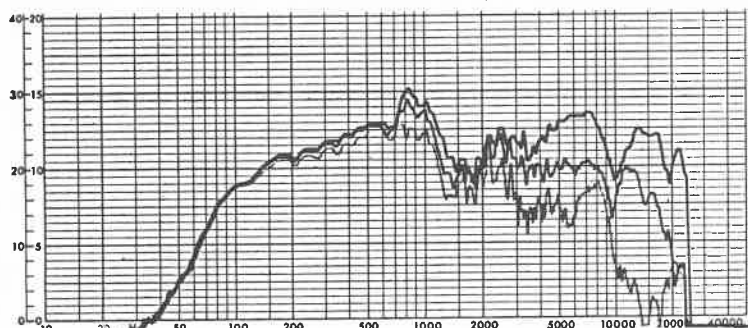
それならどちらを取るか、F特のグラフか、聴感か。迷うことはありません。“F特はあてにならない”という一般法則に賛成するだけです。聴感と合わない測定法など、固執していても意味がありません。

このスピーカ、子供用ではありませんが、いまも現役で使っています。第4部の座談会の折りに、最新のユニウェーブと並べて鳴らしました。意外と低域の量感があります。サイズの割には良好。トゥイータはさすがに荒く、情報量が少ないのですが、しかし、まぎれもなく“ユニウェーブ”の音です。定位に優れ、奥行きが広い音場を再生してくれます。

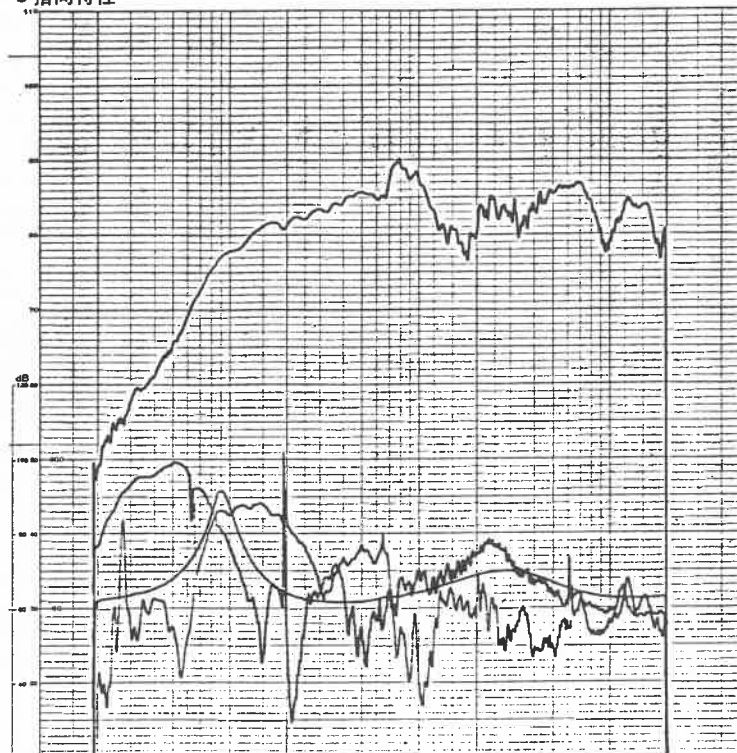
ところで、本機の後には、FW 160 ウーファ（本書の第2部のほとんどを

## 4 別府俊幸氏作フルレンジ・システム

(1990年9月号発表)



●指向特性



●インピーダンス特性およびひずみ率

生み出した)、PW-201+TW-25システム(Nov. '92)、フェルト箱(Sep. '96)、そしてDYNAUDIO(202ページ参照)と4つのシステムを作りました。が、最後の1台を除いて、すでに解体処分と相成りました。ユニウェーブ理論でもって設計、製作はしました。しかし、いずれも“楽しめる音”ではありませんでした(PW 201+TW 25はそこそよかったのですが)。無理にワイド・レンジでないせいか、本機は割合と“楽しめる音”です。

☆ ☆

もしも、本機をお作りいただけるのでしたら、サランネットの中にはフェルトをいっぱい詰め込んでください。特にトゥイータは、振動板の面積ぎりぎりの開口部とします。フェルトの開口部は円筒状でも問題ありません。かなりの程度、トゥイータの暴れが気にならなくなります。ウーファもエッジが覆われる程度の開口部とします。