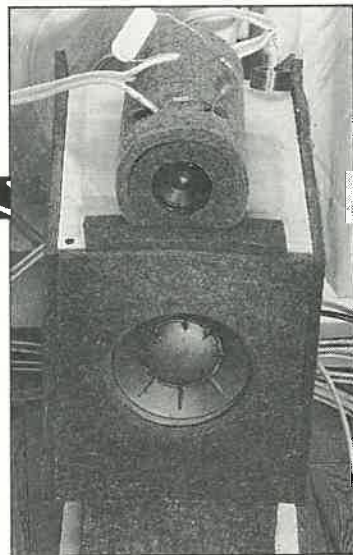


最終回

「ユニウェーブ・スピーカの 設計思想から実測まで」



別府俊幸

測定位置による応答変化

最後に、測定位置による波形変化について調べます。ユニウェーブ方式でスピーカ・ユニットを組み合わせても、聴取位置によって必ずユニット相互の相対距離が変化します。ユニットを縦1列に配置(第1図(a))すれば、それぞれのユニットの指向性さえ優れていれば、水平面内ではそれほど変わらないでしょうが、立ったり座ったりすればもろに変化するでしょう。もっともスピーカから遠ければ関係はありません。反対に、ユニットを横1列に配置(第1図(b))すれば、立ったり座ったりの影響は低減できるでしょうが、左右に動けば音は変わります。実用的には縦1列配置が有利かと思いますが、どの程度の影響があるものか、実際に測定しなければわかりません。いずれにしても、空間的にはユニットが多くなれば多くなるほど不利になります。

測定位置は前号の第2図に示したとおりです。スピーカの正面と水平面30°の方向、ユニットの中間とツイーターの高さ、そして垂直面15°上方向です。

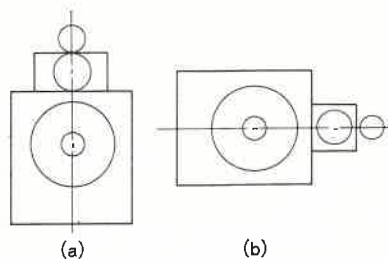
水平方向を0°と30°としましたのは、私の家の狭い部屋でも(狭い部屋だから?) サービス・エリアをカバーできる範囲であることと、ほとんどすべての知り合いのお宅でもカバーできそうであるためです。

垂直面については背を丸めて座ったときと背筋を伸ばして座ったときで耳の高さは30cmは変化しませんから、スピーカから1m離れたとして16°、切

れの良い数字で15°としました。寝ころんだときと背を伸ばして座ったときでは、高さが60cm程度変化しますが、横になった時は床の反射の影響が大きいですから除外します。また、家の中で立ったままで聴く人は私の知り合いではありませんから、立った状態も除外して良いでしょう。もっとも、計算上は、スピーカから5mも離れば、立っても寝ころんでも15°以内に収まるのですが。

距離については近いほどユニット相互の影響が大きいためと、50cmと1mでそれほど差が見られなかったために50cmと1mとしました。が、本当の理

＜第1図＞縦1列の配置(a)と横1列の配置(b)
(a)では左右に動いてもそれほど影響はないかも知れないが、立ったり座ったりすれば影響を受けるだろう。(b)はもちろんその逆である。実用上は(a)の配置が有利だろう。が、どちらにしたところで、ユニットが増えれば増えるほどデメリットも増えるのである。そのデメリットを上回る効果が得られるかどうかである。

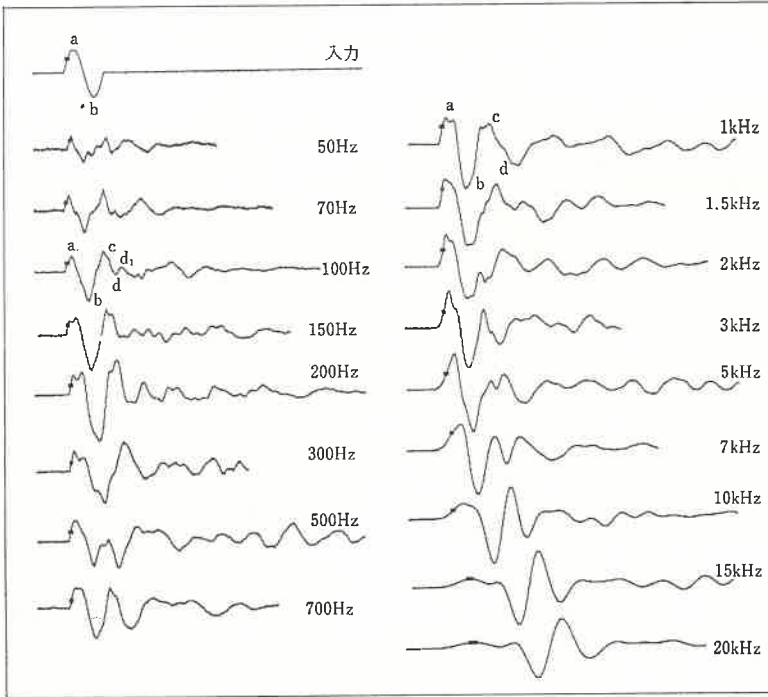


ユニウェーブ・スピーカの6原則

- ① 単発サイン波応答によるユニットの選択、システムの調整
- ② -6dB/oct ネットワーク

- ③ 音源位置合わせ
- ④ リアクション吸収デッド・マス
- ⑤ エンクロージャに音響的共振器を

- ⑥ 使わない
キャビネット外側の吸音処理



＜第2図＞ TW25+F W160改の単発サイン波応答
(ユニット中間高さ, 正面, 距離1m)

50cmと比べてそれほど差は見られないが, 50~70Hzでは壁の反射の影響を受けているようだ. 7kHz以上でのa波の立ち上がりの鈍化は, 50cm時よりも激しくなっている. それだけウーファの中心軸に近付いたためであろう.

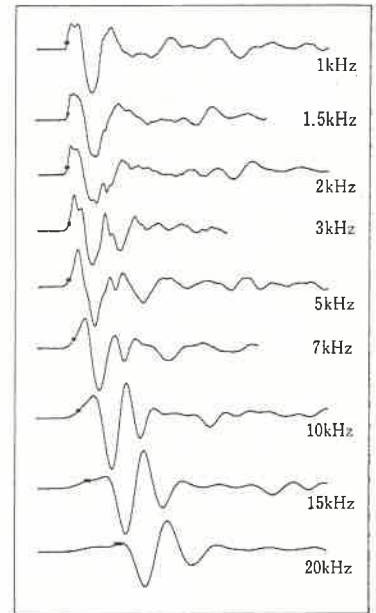
由は, 私の部屋を片づけない限り2mのディスタンスが得られないからです.

第2図に1mでユニットの中間の高さで測定したTW25+F W160改の応答を示します. 前号の第3図と比較して50~70Hzの応答が変わっていますが, 部屋の反射を受けているためと考えられます. 壁が近いためでしょう. 100Hz以上は, 測定時間が短くなるためか, 目立った変化はありません. a, b, c, d波まではほとんど同じですから, ここらまでは振動板から放射されたそのままの音と考えて良いでしょう. d1波辺りからは, 部屋の反射による影響が大きく, なんとも解りにくくなっています.

7kHz以上でのa波の立ち上がりの鈍化は50cmのときと同じくウーファの干渉によるものです. トゥイータ軸上での応答を第3図に示します. 第2図

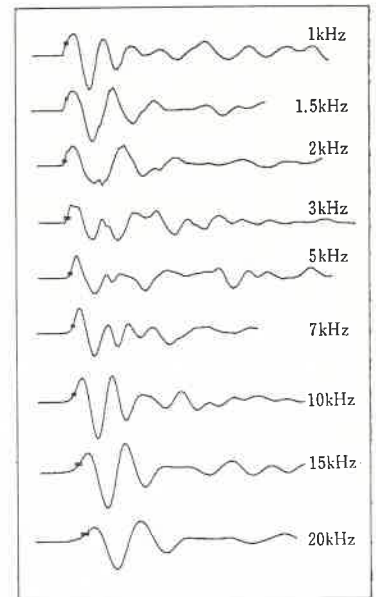
に比べれば改善されていますが, それでも十分ではありません. 50cmのトゥイータ軸上に比べれば, よりウーファの中心軸に近いのでしょう. マイクを10cm上にしますと, 第4図のようにa波の立ち上がりは改善されました.

さらにマイクを27cm持ち上げた応答が第5図です. トゥイータに対して15°上方向となります. 単純に考えても, 相対的にウーファよりもトゥイータが近づきますから, トゥイータが最適位置よりも前にあるような応答になると予想されますが, まさにそのとおりです. 1.5kHzからウーファから放射されるa波に先行して, トゥイータからのta波が見られます. 周波数を上げるにしたがって, 2k, 3k, 5kHzとta波は大きくなり, 7kHzでは明確なa波となっています. しかし, 途中の3k~5kHzでは両ユニットの音が干渉



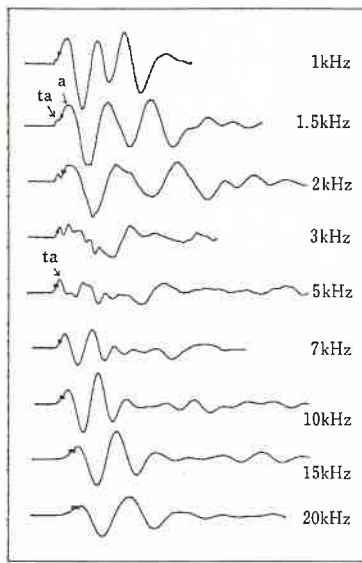
＜第3図＞ TW25+F W160改の単発サイン波応答 (トゥイータ軸高さ, 正面, 距離1m)

ユニットの中間高さ(第2図)と比べ, 高域でのa波は改善されているが, まだ十分ではない.



＜第4図＞ TW25+F W160改の単発サイン波応答 (トゥイータ軸高さ+10cm, 正面, 距離1m)

やっと, a波は良好になった.



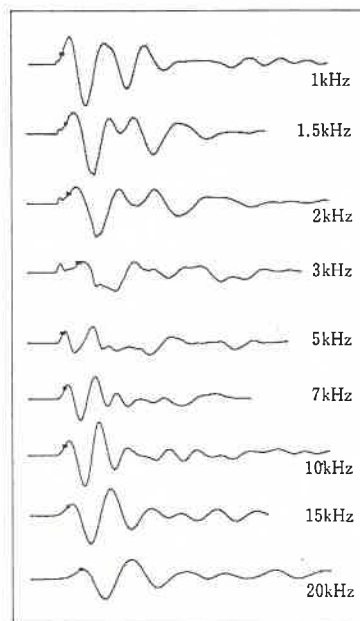
＜第5図＞ TW25 + FW160改の単発サイン波応答（トゥイータ軸15°上方向。正面。距離1m）

相対的にウーファよりもトゥイータが近づくため、トゥイータが最適位置より前にあるような応答となっている。1.5kHzではa波に先行してトゥイータからのta波が現れ、2k～5kHzでは著しく波形が乱れている。

しい、どれがa波であるかb波であるか判らなくなっています。まあ、この程度でも、-12dBとか-18dBのネットワークひずみがないだけ「普通のマルチウェイ」よりは良いのですが、マイクの位置で聴くとなんとなく、トゥイータが近すぎる気がするのには応答を見てしまったせいでしょうか。

マイクは上方15°の向きで50cmに近づけた応答を第6図に示しますが、傾向としては第5図と変わりありません。1.5kHzで出現したta波が周波数が高くなるにつれて大きくなり、3kHz近辺ではトゥイータとウーファの干渉が激しく、7kHzから上ではまあまあの応答となっています。第7図に3kHzでの合成波とトゥイータ、ウーファ単体での応答を示しますが、前号第6図の例とは反対に、トゥイータが近すぎるために波形が乱れていることがわかります。

以上の結果からは、至極当然の結論



＜第6図＞ TW25 + FW160改の単発サイン波応答（トゥイータ軸15°上方向。正面。距離50cm）

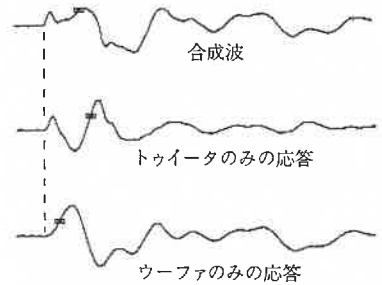
第5図と同様、トゥイータが最適位置よりも前にある応答となっている。

ですが、2つのユニットはできるだけ近づけて配置することが必要といえそうです。それだけマイクの位置による相対的な距離変化が小さくできるからです。今回は、16cmのウーファをできるだけ箱の上に取り付けましたが、これでも上15°特性はいまいちです。しかしこれ以上近接させるためには、上板を削り込まなければなりません。

とすれば、同軸配置でしょうか。市販のウーファとトゥイータでは前後の距離を合わせようがありませんが、設計段階で前後位置を正確に決めてもらえば、大変おもしろいスピーカ・ユニットができるかもしれません。

それでは最後に左30°です。なお、右は同じになると固く信じて測定してありません。

50cmを第8図に、1mを第9図に示します。高さはユニット中間です。どちらも当然のことですが、よく似ています。30°では指向性も問題ないでしょう。正面の応答とも良くあっていま



＜第7図＞ 3kHz、上方向15°、50cmの応答（上より、合成波、トゥイータのみ、ウーファのみの応答）

一見、わけのわからないような合成応答であるが、トゥイータとウーファの応答の合成結果であることがわかる。前号の第6図とは反対に、トゥイータが近づいた分、ウーファよりも早くa波が立ち上がっているのが原因である。

す。クロスオーバー帯域も、正面での応答と同じく良く揃っています。

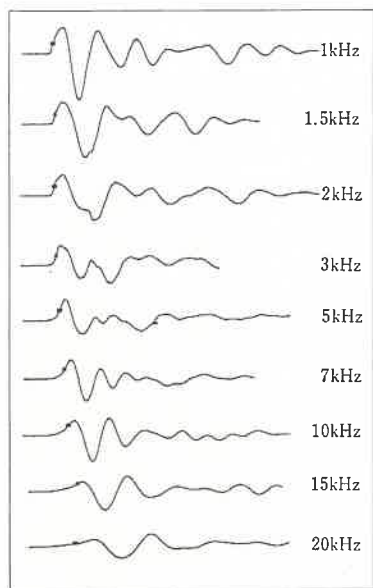
水平面内では、十分に“ユニウェーブ”特性を確保できているようです。

まとめ

高橋和正氏の6原則（改）にしたがって、2ウェイ・スピーカ・システムを試作しましたが、一応の成果と不満、いくつかの反省点を得ました。

成果としましては、まあまあの音がしています。

とても「素晴らしい音」などと自惚れられるような音ではありませんが、そんなそこらのスピーカ・システムのような「マルチウェイの音」は聴こえません。-6dB/octクロスオーバー・ネットワーク+音源の位置合わせの威力です。やたらと特定のユニットの帯域がでしゃばったり、クロスオーバーがつながらなかったり、1つの音源が2つに分かれて聴こえたりマルチ症候群はありません。あくまでもソロはソロらしく、デュオもデュオらしく聴こえます。借りてきた国産中級機は、やっぱりマルチの音です。しかも低域と高域に共振があり、2つのユニットが別々の音に聴こえます。が、この機種もあちこちの雑誌で褒められていたと、友人が申しております。が、私にはち



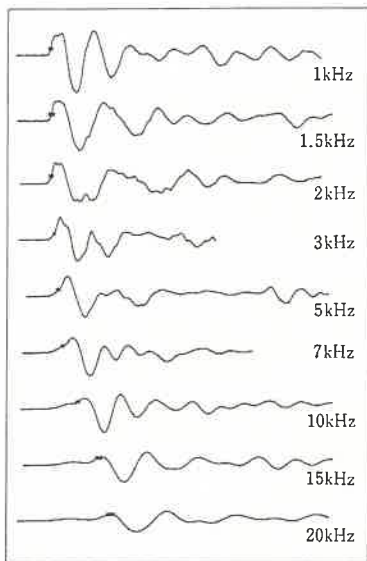
＜第8図＞ TW25 + FW160改の単発サイン波応答（左15°，中間高さ，距離50cm）
正面特性と同様，クロスオーバー付近での波形合成は良好である。

よっと……。

そうです。活字を読んでも音は聴こえてきません。別府某が「良い音」などと宣っていても、鵜呑みにしてはいけないのです！

さてと、小さなバッフルと箱の外側の吸音処理の効果でしょうか、音像の定位は良好で、前後、左右に、割合と素直な音の場が広がります。箱での回折効果も、周波数特性の乱れが生ずるとして問題とされていますが、そんな生易しいものではありません。そこに何らかの物体があるから音が反射したり回折したりするので（第10図）。目をつぶっていても横に人が立ったり、前を猫がよぎったりすれば音は変わります。スピーカーキャビネットそのもので音が乱されれば、そこに何かがあると感じてしまうでしょう。これまたそんなじょそこいらのスピーカー・システムよりは自然な定位と感ずます。

デッド・マスの効果は偉大で、××が良くなるとか○○が聴こえるという次元ではありません。外すと、まあま



＜第9図＞ TW25 + FW160改の単発サイン波応答（左15°，中間高さ，距離1m）
50cm時と同じく，良好である。斜め方向に関しては，“ユニウェーブ”となっているようだ。

あの音がみずばらしくみじめになり、ちょっと我慢がならない程度の差です。おもりがあるから、まあまあです。

ところで、不満な点はいくつもあります。

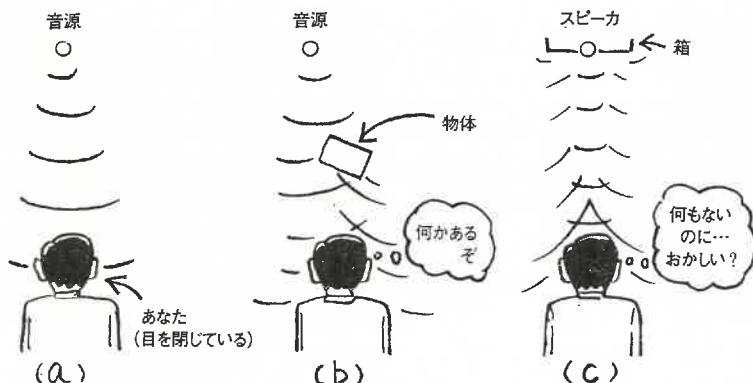
ほとんどの不満がウーファに集中しているのですが、低域の量感は不足している上に、寝ぼけたような立ち上がりのにぶい音と感ずます。デッド・マ

スの効果は、しっかりくっきりはっきりした（低）音となって聴こえることは確かですが、それ以前に絶対的な量感がいまいち、いま2くらい欲しいところ。前号第5図の単発サイン波P-Pレベル特性に示されるように、低域に向かって、量感も低下する感じ。考えてみればウーファは、6原則の第1番目、単発サイン波による選定を受けてはいないのですから。しかしこのウーファは、2kHzから下、ほとんどの帯域を受け持っているのです！

高域に関してはツイータの能力から、けっこう楽しめる水準です。私の何よりも嫌いな振動板の分割振動（共振）音が、TW25は実にうまく抑えられています。この点がツイータが鳴ってますよと自己主張することなく、ソースを選ばずクリアーに、打楽器も弦楽器もそれらしく、抑えるべきところは抑えられ、鳴るべきところは鳴ってくれる秘密でしょう。設計が古いせいでしょうか、超高域まで伸びている音ではありませんが、不足はありません。

FT55Dもなかなか優れたものです。すこし派手な気もしますが、TW25よりも超高域まで伸びているようで、とくにパルス音は気持ち良く鳴ってくれます。何といっても1万円しないのはお買い得です。

さて、以上述べましたように、シス



＜第10図＞ 音源との間に何か物体があれば空間の音の伝播が変化する(b)。もちろん、スピーカーの箱が音波を乱す場合も同様である(c)。

テムの音はユニットの能力を反映した結果となったようです。つまりは、優秀なユニットを探す、もしくは作ることが肝要であるという、昔からいわれているとおりの結果です。改めて確認しますと6原則の2番目以降は、ユニットの能力を最大限に引きだそうとする手法であり、それぞれのユニットの能力を高めるものではありません。しかし、裏を返せば、2～6の原則を適応していないシステムは、個々のユニットの能力すら満足に生かしてはいないのです。

でも、やはり、優秀なユニットが必要です。

おわりに

スピーカとは、かなりいい加減な“電気音響変換器”です。システムとして見たときだけではなくユニットとして見ても、電気信号を10倍にしても音響信号は10倍にはならないとか、信号のレベルに応じてひずみ率が変化するとか、周波数特性グラフからさえもまともなコンバータとして動作していないことは明らかです。ところが、けっこう“まとも”に聴けるのですから、人間の認識能力が優れているというのか劣っているというのか、いやはや大したものです。もっとも、この程度のスピーカで“満足”できているのであれば、貴兄もラ技の読者にはなっていないかもしれません。



●取り外されたTW25のフロント・カバー。たったこれ1枚を外すだけで、信じられないほど音がよくなる。

初めて単発サイン波応答を見たときから（それ以前からラ技に載っていたインパルス応答を見てもわかったはずですが）、スピーカとは相当に問題のある変換装置と考えています。連続的な応答では現れなくても、過渡的にはあれだけ入力にない“ひずみ”を出力しているのですから、そたぞれのスピーカに特有の音が聴こえても不思議はありません。

なんとか入力電気信号を正確に音響出力に変換できるスピーカを手にしたと考えてはいますが、結果は以上示したとおり、まだまだ道は長く険しく、果てしなさそうです。当面の目標としては、a、b波だけでも正確に再生できるスピーカをと考えているのですが、この第1中継所ですら到達するのはいつになるのかわかりません。早くも挫折しそうな雲行きです。

全面的に単発サイン波応答に頼って進むことにしていますが、単発サイン波を正確に再生できるスピーカが完成したとしても、「やはりまだ足りない」と感じる可能性は少なくありません。そもそも、たいていのアンプはまともに単発サイン波を出力できますが、それでもアンプによって音が違います。それでも、スピーカに比べればアンプは問題が少ないことも確かです。単発サイン波がきちんと再生できるスピーカができれば、今よりましな音がすると自信を持って予言致します。

ところで、単発サイン波は、周波数特性やひずみ率カーブではわからないいくつかの“音の違い”を明らかにしてくれます。a、b波のP-Pレベルは聴感上の周波数特性に結びつくようですし、a、b波の形は音像感に結びつくようです。高次のネットワークのひずみなどはa、b波に先行する波として、はっきりと捕らえることができますし、バスレフ・ポート共振、振動板の共振などは一目瞭然となります。しかしこれらのひずみや共振は、いくらひずみ特性を注視しても見えては来ま

せん。

さらに単発サイン波応答は、物を作るときに有効な測定法です。箱の外側の吸音処理などのように、1つ1つの試みの効果をその場ですぐに確認することもできます（もちろん、確認できないこともあります）。加えて、部屋の影響かスピーカの性質かわからない周波数特性カーブと異なって、スピーカの再現波形そのものを見比べることができま

せん。残念ながら現在でも、良好な単発サイン波応答を示すスピーカはないようです。ということは、まだまだチャレンジする余地は数多く残されているに違いありません。