

スピーカ・システムのための
新しい総合理論

UNI WAVE
「ユニウェーブ」を提案!

自作4ウェイ・メイン・システム そのコンセプトとノウハウ全公開



高橋和正

はじめに

ここ5年近くリニアフェーズ方式のスピーカ・システムと取り組んできたが、最近になって「リニアフェーズ」は忠実度の高いスピーカ・システムを作るための一つの条件ではあるがそれだけでは良い音=正しい音が得られる保証とはならないこともいやというほど実感させられてきた。

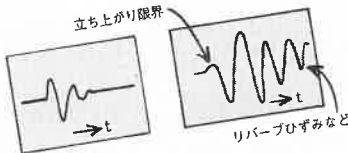
また、別府俊幸さんの協力で同時併行的に進めてきた単発サイン波応答の観測が、スピーカ・システムの音の評価、すなわち聴感と極めて密接な相関があることも、テストを重ねるたびに確信に近いところまで体験することができた。

筆者のメイン・スピーカ・システムがミディゴン解体してオール直接放射型のユニットによる4WAYに変わり、そのシステムもどうやらまとまって「ユニコーン」というニックネームがつけられるようになった(本誌'90年11月号参照)。このころから、三人(大春氏、別府氏、筆者)のなかから「リニアフェーズ方式」という呼び方は、長過ぎるうえにフェーズ(位相)という言葉の意味が分りにくいので、もう少し適切な呼び方を考えた方が良い、という意見が出て、決ったのが「ユニウェーブ (UNI WAVE)」である。単発サイン波応答で成長してきたシステムだから…

ユニウェーブ方式

- 位相、遅延時間管理(リニア・フェーズ)
- 6dB/oct ネットワーク(リニア・フェーズ)
- デッド・マス付加(リアクションの防止)
- 音響共振の排除
(密閉箱の採用、箱内外の吸音)
- ユニットはすべてダイレクト・ラジエーション・タイプ

- 測定法
単発サイン波によるタイム・ドメイン観測



- 調整(波形再現)
客観的定量測定

古典的方式

- 音圧のみ管理
- 12dB/oct ネット
中域逆相

- 軽量、小型
- 共振利用
(バスレフ箱の)
- ホーン・ユニ

- 測定法
連続サイン波による周波数ドメイン観測



- 調整(音決め)
官能による主観的評価

ということであるが、クロスオーバーも含めたすべての帯域で良好な単発サイン波応答を得ることが目標だし、音の要素という意味の UNI, 強いては万能の音 UNIVERSAL の意味も込めてある。もちろん我が UNICORN の UNI でもある。別府さんの発案である。

筆者が試作したこの方式のシステムは、ほとんど本誌に発表済みであるが、今回はエンクロージャを新作したユニコーンを中心に、ユニウェーブ方式のスピーカ・システムのまとめ方を整理してみた。

新メイン・システム「ユニコーン」

ユニウェーブ方式の基本条件(第1図参照)は、

1. ユニットの音源位置合せ
2. 合成位相回転のないネットワーク
3. 振動系リアクション吸収用デッド・マスの採用
4. エンクロージャは密閉箱
5. 最少バフル面積とその吸音防振
6. 単発サイン波応答による測定、調整

の6つである。番号をつけた順位は不同であるが、あえてつければ「6」が一番目に相当しよう。これがなければユニコーンも完成できないからだ。

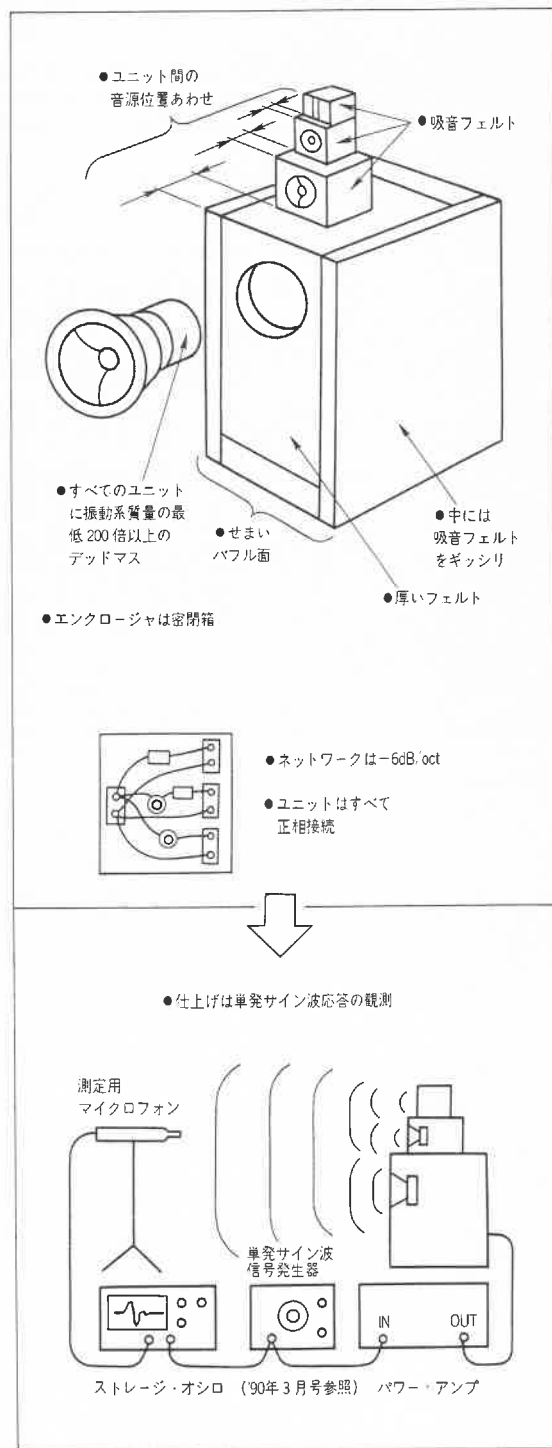
従来からメーカー製品でも「リニアフェーズ」に類するものがいくつかあるのは周知のとおりだが、それらのほとんどは「1」の条件だけが採用されていて、それも適切な測定法を伴わないが故に何となくユニットの位置をずらせただけで、「音決め」という通常のシステムと同じ手法でまとめあげたと思われるものが多い(らしい)。

ユニウェーブ方式では、ここところがポイントで、波形を良くすれば音は必ず良くなることに大きな特長があり、今の段階では「音の好み」にふり回されることがない。あるいはもっと完成度が高くなれば、そういう楽しみ方の余地も出てくるのかも知れないが……。

前置きが長くなってしまった。早速ユニコーンの全容を述べよう。

スペックは第1表のとおりである。基本的には'90年11月に発表したものと大差はないが、主な変更点は実験用の仮密閉箱であったウーファのエンクロージャを新しく作り直したこと、それに中高用ユニットをダイアトーン PM 1201 から JBL 2105 H に変更したことである。

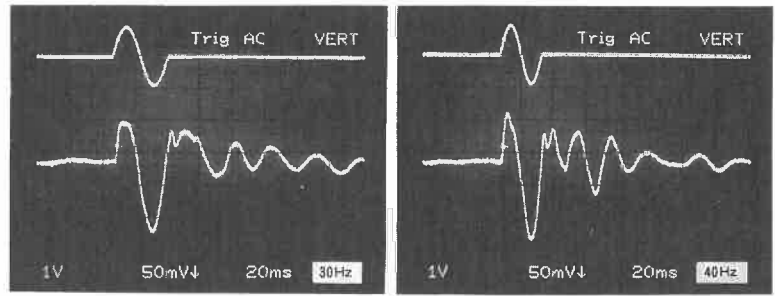
エンクロージャを作り直した結果、単発サイン波応答のレベル合せが再び必要になり、とりあえず能率の低いウーファだけを専用アンプでドライブするパイアンプ式に戻したが、中・高域側に ATT を入れて一台のアンプでドライブしてもいっそうにかまわない(第2図)。



<第1図> ユニウェーブ方式による自作4ウェイ(ユニコーン)の概要。

●単発サイン波応答

上：入力信号 下：応答波形(オルタネート掃引によるストレージ波形であり、上下の時間関係は同時ではない)



エンクロージャ製作上の注意事項

メディアゴンで使っていた 50 mm 鉄アングルのワクに、ラワン合板をはめ込んだだけの簡易密閉箱の実験で、ダイヤトーン DS 1000 用ウーファで 30 Hz までほぼフラットな単発サイン波応答が得られることが分かったので、この内容積と同じくらいのもを本格的に作ることにした(第 3 図)。材料は以前から目をつけておいたランパード材が、重く堅くて良いのでこれを中心に使い、あとはコストとで上がり時の共鳴音の分散の意味で、少し軽くやわらかいパイン集成材を併用した。ランパードは 600 mm 幅のものをそのまま側板にし、パインは上下と後側に、パフルはウーファのフレームに合せた加工済みのパーティクル・ボードを使った。

相手が重く堅い木なので、結合方法も余程頑丈にする必要があるため、工作のし易さ、で上がりの体裁の良さも考えて、ランパードの余り材を 30×40 にしたものをコーナー補強とし、側板に内側から 5 mm×60 mm のタッピング・スクリューとボンドで予め固定したものに、上下面と前後面の板を、今度は外側から同じタッピング・スクリューで固定した(第 4 図)。こうすると、前面と上面はフ

ェルトを貼ればネジの頭がかくれるし、後面と下面とはもともとネジがあっても見えないので仕上がりにしては十分満足できるものになるからである。

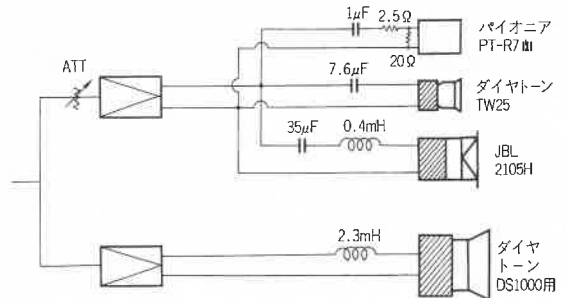
工作上で注意することは、下穴をネジが抵抗なく通るようにあけておくこと。ランパードに締め込む場合は締め込み側にも 2.8 mm くらいの下穴をあけ、そのうえでネジの頭にポマード等の油気をつけることである。もちろん手では締らないから、充電式の電動ドライバーを用意して使うことになる。私の場合 5 mm×60 mm のタッピング・スクリューを 1 台当り 180 本使った。

ユニウェーブ方式ではスピーカの振動板以外は極力フェルト等の吸音材で覆い、吸音と制振を図っている。本機ではパフル面と上面を 10 mm 厚のフェルト貼りとし、側面はランパードの生地を生かしてオイルステイン仕上げとした。この方法はニスラッカー仕上げよりも簡単で、材質が目をつんだものであればまず失敗がない。組上がった箱をサンドペーパーでよくこすり、オイルステイン塗料をハケ塗りしたあと、乾いた布で拭きとったうえでワックスをかければ OK である。ハケ塗りから拭きとりまでの時間は 20~30 分くらいで良いようだ。

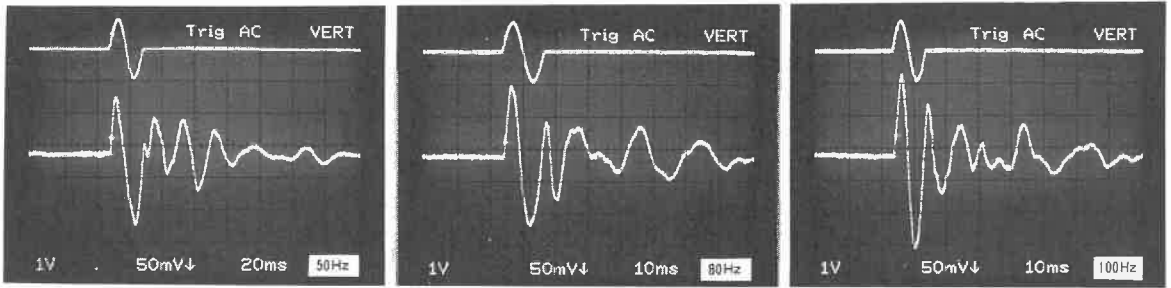
で上がったままの箱は、叩くと驚くほどよく響く。いうまでもなくこのままでは使いものにならないから、内面に厚手の吸音材をゴム系の接着剤で貼りつけないといけな。本機は 10 mm 厚のフェルトを内側からも貼り、余った部分にはフェルトをまるめて放り込んでおいた(写真 1)。

	メーカー	型番	デッドマス
スーパーツイータ	パイオニア	PT-R7III	ナシ
トゥイータ	ダイヤトーン	TW25	鉛 1.6 kg
スコカ	JBL	2105H	ステンレス 3.5 kg
ウーファ	ダイヤトーン	(DS1000用)	ステンレス 12 kg
クロスオーバ	20 kHz, 3 kHz, 500 Hz -6 dB/oct. LC1 段		
エンクロージャ	密閉箱 (内容積 140 ℓ)		
駆動方式	バイアンプ方式 (中, 高, 超高音 35 W) 低音用 60 W)		

<第 1 表> ユニコーンの構成



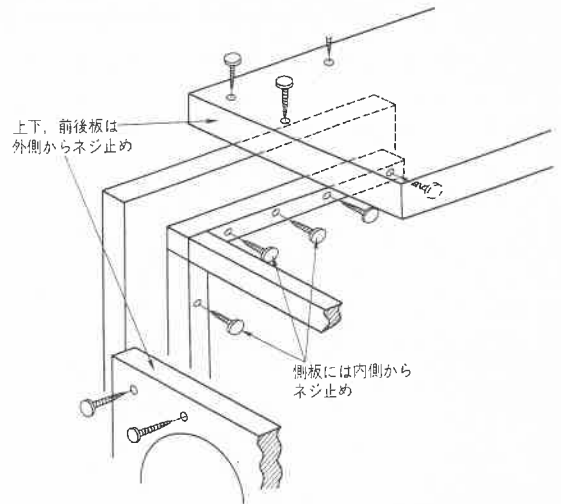
<第 2 図> ネットワークとバイアンプの構成



従来吸音材としてよく使われたガラス繊維は、密度が低い
ためウーファのエンクロージャには効果が少ない。

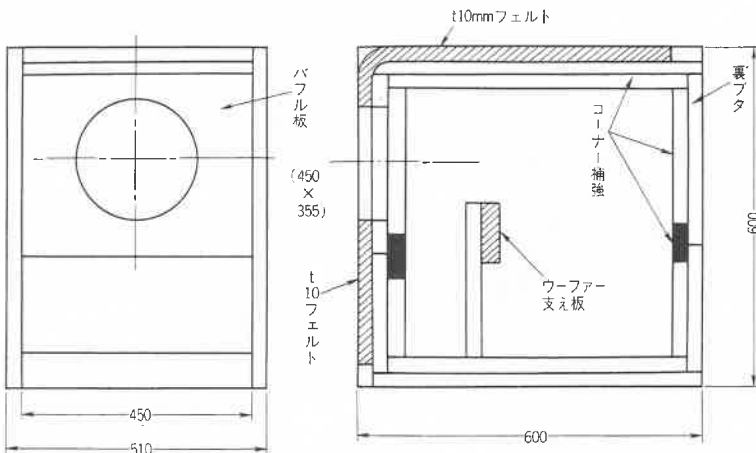
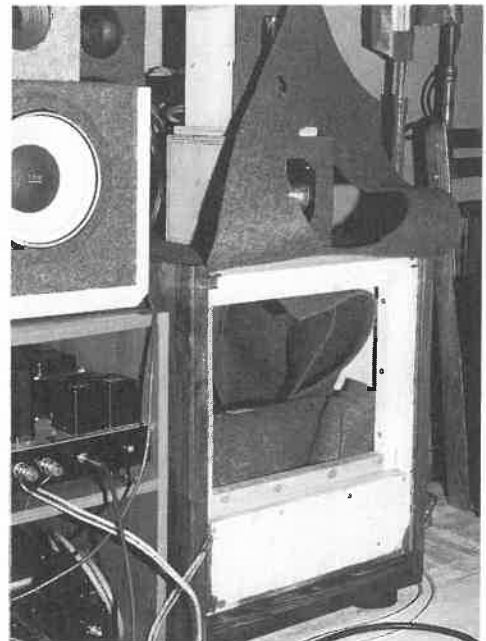
まだ結論じみたことはいえないが、単発サイン波応答で
観測していると、吸音材の入れ方は多いほどリバースひず
みが少なくなる傾向にあることが分った。従来いわれてい
る「吸音材の入れ過ぎは音を殺す」という表現は、現象面
から問題をとり違えているように筆者は感じている。今回
の場合も、吸音材の量については聴感にもとづく調整はま
ったく行わず、手持ちのフェルトをあるだけ放り込んだ。

今までもエンクロージャ作りはずい分やったが、今回
使用したランバー材は思ったより手強く、日曜大工店で切
断はしてもらったものの、ネジ止め一つとっても電動工具
なしでは手に負えない代物だった。後で気がついたのだが、
ヤマハのGTラックを利用するとオール手作りよりもは
るかに手軽に立派なエンクロージャが作れるので、試作さ
れる方にはこの方法をお奨めする(第5図)。早い話が、GT
ラックの前後面に厚板でフタをすれば良いのである。GTR
-1なら約70 l, GTR-10なら約110 lの内容積となり手
頃である。もちろん費用は多少高くつくのはやむを得ない
ことだ。

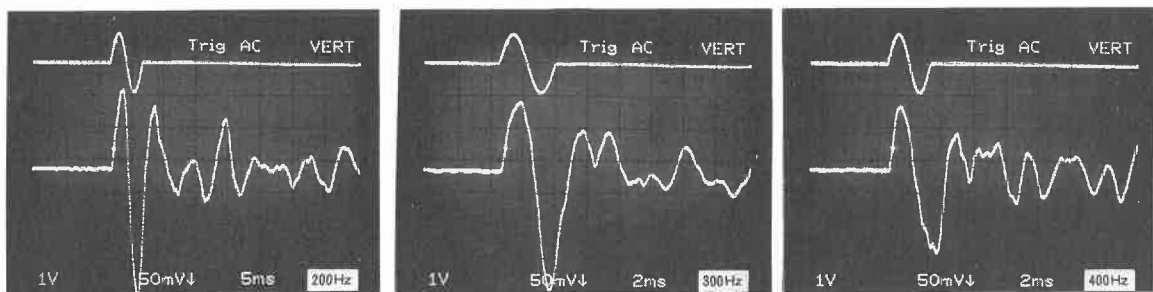


〈第4図〉エンクロージャの板の接合方法

〈写真1〉▶
エンクロージャの
外観と内部



〈第3図〉エンクロージャ(板厚t30mm, ランバーウッド集成材, パイン集成材)



筆者の手作りエンクロージャとダイアトーン DS-1000 用ウーファの組合せの結果は、 f_0 がほぼユニット単体のそれと同じ 30 Hz となった。補強をほとんどしなかったため、単発サイン波応答で 200~400 Hz のレベルが若干高く、側板が共振しているらしいことが分るが、今のところ対策はしていない。

中音用ユニットの変更

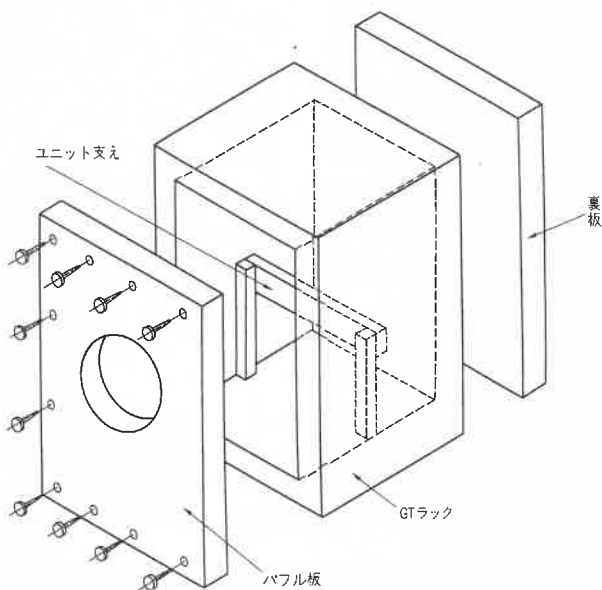
今回のもう一つの大きな変更点は、中音用ユニットの交換であった。

この方式に取り組んで以来、ダイアトーンの PM 1201 にほれ込んで、多くの楽器の基音と人の声のハーモニックスまでカバーする 500~3 kHz の帯域をこのユニットに頼ってきた。パラボラ形というユニークなコーン形状のこのユニットは、メカニカル・ハイカット・フィルタ付きの周波数特性を持っているが、システムのチューンアップが進んでくるにつれ、ツイータとのクロスオーバー帯域の波形応答がどうしてもうまく行かないことが分り、今回もう

一つの候補として準備してあった JBL の 11 cm ユニット (2105 H) に変更した。本来ならば、使いたい帯域の単発サイン波応答を予め観測してユニット選びをするのが筋だろうが、当初はこの測定法まで思いついていなかったために、従来の無響室での連続信号による周波数特性を参考にたどりついた PM 1201 であったのだが、単発サイン波応答との間にギャップがあったわけである。

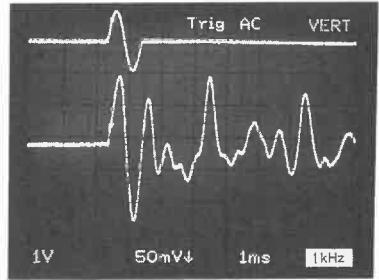
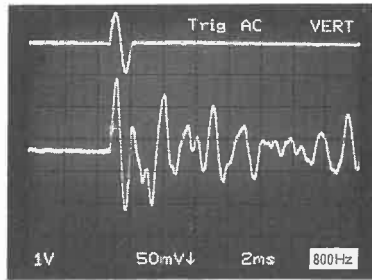
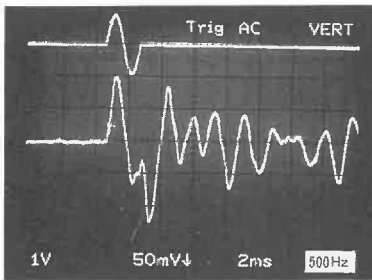
市販ユニットの中から 3 kHz まで立上りの確かなユニットを探すのは、実際にはかなりむずかしい。今回起用した JBL にしても、大鼓判が押せるのは 2 kHz まで、3 kHz がどうにかでる……という感じである。フルレンジ型もいくつか候補にはあげたが、まだ測定はしていないし、連続波の f 特を見るだけでもボイス・コイルと振動板の結合が 3 kHz まで保たれていそう、と思えるものはほとんどない。

ユニウェーブ方式をもう一つの角度からトライしている大春五郎さんのシステムのユニットは、口径 80 mm、厚さ何と 1 mm ものセラミック材というもの凄いものである



◀ <第 5 図>
ヤマハの GT ラックを利用する
エンクロージャの案。

▲ <写真 2>
スコカ・ユニットの外観。
左が今回採用の JBL 2105 H。



が、それですらまだこの帯域になると問題が残っているというのだから、軽量級の在来ユニットでは無理な注文なのかも知れない。

中音用以外のユニット、トゥイータおよびスーパートゥイータは、11月発表のものと同じ。ただしスコカの変更で、ウーファおよびトゥイータとの位置合せはやり直した。

クロスオーバーのさせ方

ユニウェーブ方式のネットワークは -6 dB/oct の一番単純な方式である。実際にはユニットのインピーダンス上昇があるので、Lを省略した方が正しい場合があり、11月号発表の仕様ではウーファだけにLを用いて中音・高音はLなしとしてあった。今回は中音用にもL(0.4 mH)を使った。トゥイータは相変わらずLなしでスーパートゥイータとクロスさせているが、応答波形は良好である。さらに正確を期すには波形を見ながら微調が必要だが、今のところ

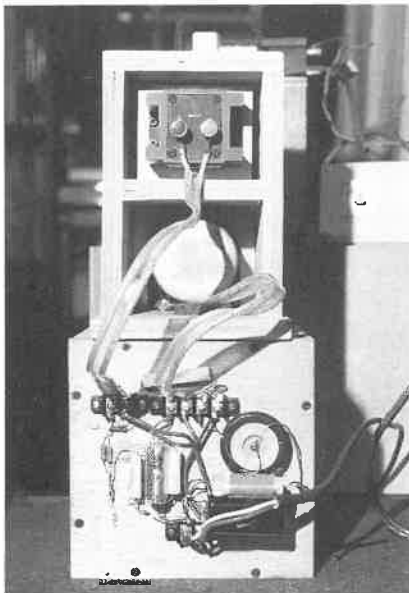
手をつけていない。

ユニット相互の極性はすべて正相接続で、これもユニウェーブ方式の特徴の一つかも知れない。12 dB/oct以上のネットワーク(チャンネル・デバインドでも同じ)ではしばしば逆相接続がよしとされるが、これは音圧平坦を重視した結果であって、正しい音を求める手法としては疑問だと思う。

ユニウェーブ方式によるマルチウェイ・システムでの問題点

リニアフェーズ・システムとして過去何回か発表させて頂いた報告に対して、何人かの方から直接、間接に問題点のご指摘を頂いている。有難いことである。

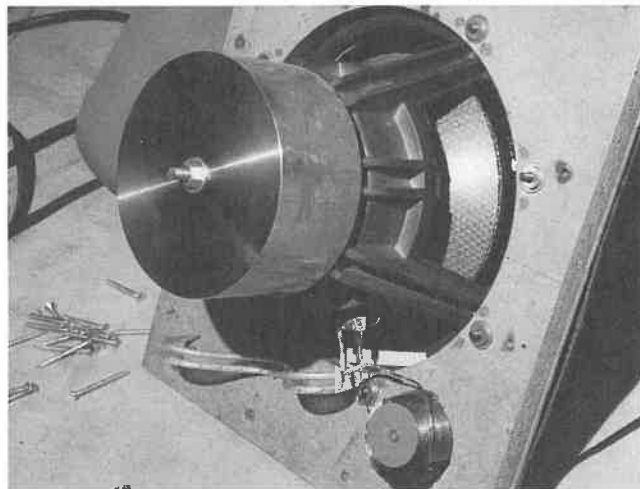
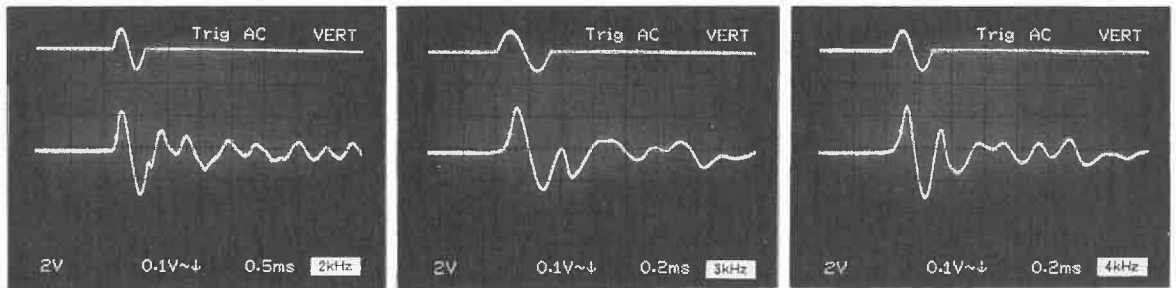
その中から2つほど、基本的な問題に触れる項目を選んで筆者の考えを述べさせて頂く。この方式の今後の発展の



◀システム背面のネットワーク(ウーファ用のコイルはこの下のエンクロージャ内)。ユニウェーブ方式では合成位相回転の生じない1次遅れ系(-6 dB/oct)で構成される。

スコカ2種をならべた状態。各ユニットが独立したエンクロージャとなっているため、このようなユニット交換も容易にできる。また、ウーファへの配線はバフル面で行う形。これも実験用には便利。





●ウーファの背面、12 kgのデッド・マスが振動を抑える。

一助をしたいと思うからである。

1. リニアフェーズが成立するリスニング・エリアが限定されないか。ユニットの数が増えるほど困難ではないか。

確かにマイクロフォンで観測する場合にはそのとおりのことが起っている。殊にユニットの指向特性が鋭い場合には、測定位置によって波形はかなり変る。今回は測定点をシステムから約4m離れたリスニング・ポイントに固定してみたのは、こうした疑問に答えたいためでもあった。

この問題は、音の伝播とその一部を切り取って測るマイクロフォンによる收音、それに人間という生物の聴感との関係を同時にクリアに行かないと軽々には扱えないテーマだと思う。少なくとも聴感というものは、マイクロフォンほどメカニカルに限定された情報だけを受けとてはいないこと、スピーカの振動板近くで合成され始めた空気は、距離とともにブレンドして広がって行くこと等から、マルチユニット方式でもリニアフェーズの領域は空間的な拡がりが見られると思われる。

シングル・コーンがスピーカ・ユニットの理想とする考え方もあるが、実在のシングル・コーンでは単発サイン波

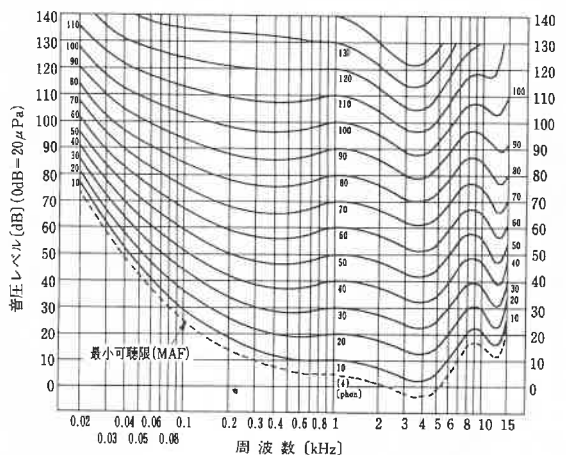
応答で見ると、マルチユニットと同じ挙動をする帯域があって、相対的に寸法が小さいという差しかないことが分ってきた。

2. 聴感の鋭い帯域(3kHz)でクロスオーバを作るの良くないか。

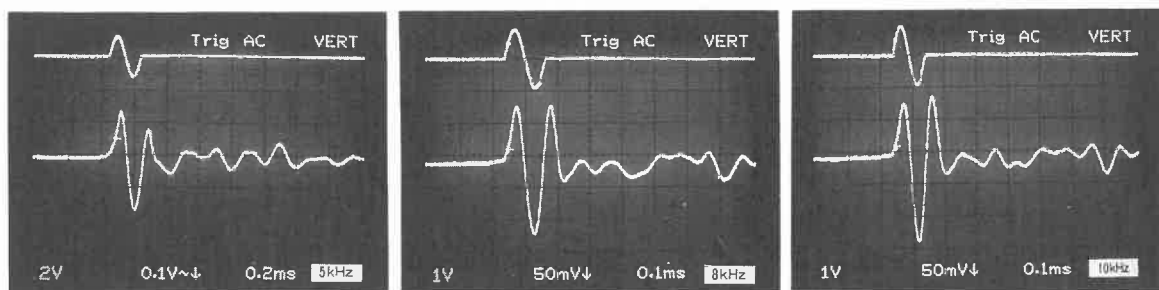
聴感補正の問題は、3Dシステムに取り組んだときにずいぶん分強し、都合の良い引き合いにも使って、今から思えば赤面の至りである。フレッチャー・マンソンやロビンソン・ダッドソン等の曲線(第6図)で分るとおり、人間の平均的聴力は3k~5kHz辺りが感度が高く、データ上では4kHzが最も高い。

ひところは、可聴帯域の中心(?)1kHzでのクロスオーバ設定不適論もあった。

筆者もかなりヘソ曲りなところがあって、こうした話を信じたくないと、まず実際に試してみなければ納得できなかった。自分のメイン・システムに1kHz、3kHzのクロスオーバを採用してきた。その結果、不都合はまったく起らず、現在のシステムはすべて3kHzにクロスオーバ



〈第6図〉連続サイン波による音の大きさの等感曲線 (ロビンソン・ダッドソン曲線)



を設定してある。

筆者のクロスオーバーに対する考え方は、ユニットごとの特性が満足できる水準にあることが前提で、3 kHzにこだわるわけではない。必要なら5 kHzでも2 kHzでも総合的に良い特性が得られることが大切であり、従来、連続波による周波数特性がスムーズになることがその基準であったものが、単発サイン波応答の波形を基準とするようになってより迷いがなくなった。

3. 定在波対策

この問題は特にご指摘を頂いたものではなく、ユニウェーブ方式の実験中に筆者が気付いて、別府、大春両氏に問題提起をしている最中のものである。低音がでるようになると、聴取位置によって低音感がひどく違うことに気付き、それが部屋の定在波によるものと分ると、金のある人の中には平行面のない部屋まで作る人もでたり、大方はグラフィック・イコライザで何とかリスニング・ポイントでの低域フラットを実現しようというはかない抵抗をくり返す。

今回ユニコーンのエンクロージャを作り直してみたら、不思議なことに定在波の影響が極く少なくなって、ほとんどどこで聴いても低音ムラが感じられなくなってしまったのである。この理由を筆者はこう推測する。

定在波はそれ自体他の信号によって励起されるもので、日本の家屋ではほぼ寸法上の制約から50 Hzの倍数で立ち易い。つまり、定在波の源は50 Hzの信号であって、これがたえずスピーカから放射されているか、あるいは低音が出るたびに何100ミリ秒間という長さでこの近辺の音が部屋に残るために起るのである。音楽信号にそんなものが常時入っているのだろうか？

現在のスピーカ・システムの主流を占めるバスレフ・タイプを初めとして、連続波f特だけで作られたシステムのほとんどは定在波を励起する余分な音を出す。

新作ユニコーンの低周波の応答は、通常のシステムに比べれば格段にリバンプひずみが少なく、音楽信号が特殊なものでない限り、定在波が起るヒマがない？という仮説で

ある。大春五郎さんの最近（本誌1月号）の低域はもっと理想形に近いし、彼のコンクリート6畳の部屋では、定在波に邪魔されたことはないことを思い出した。

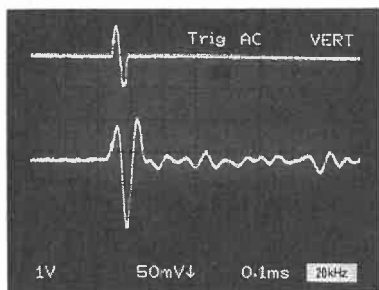
低音の量と質

ハイクオリティ再生で、一番の困難は低音だと誰もがいう。だからこそ、天井ホーンを始めとして床下ホーン等の巨大なシステムや、ダイレクト・ラジエータで我慢するにしてもウーファは最低38 cmという神話が生まれる。

巨大なものに畏敬の念を抱くのは、生物の本能のようなものだから、それ自体非難するに当たらないが、ことハイファイ再生の場で、大きいがゆえに不可避な欠陥をみすみす見落すことになると思えば放ってはおけない。と筆者は考



●ユニット間の音源位置を合わせる筆者、最終的な微調整は単発サイン波応答の観測と聴感で行われる。



筆者メイン・システムの一部▶

アナログ・プレーヤ(3台)が稼働しているのはとうぜん、2トラ・サンパチのテープ・デッキはもとより、エル・カセットまで見うけられる(写真左端)。リスニング・ルームというより、ますます実験室の様相を呈している(?)。



える。かくいう筆者自身、3Dの普及にエネルギーを投じた体験を持つからこそ、新しいクオリティの追及にとって、低音をもう一度考え直しているのである。

平均的10畳くらい(本当は6畳かも知れないが)のリスニング・ルームに、コンサート・ホールのフルオーケストラ・サウンドや、パイプオルガンの32フィートのパイプの共鳴音を出すのに、いったいどれほどの音響パワーが要るのだろうか。

ユニコーンのウーファ、ダイアトーン DS-1000用のユニットは、公称27cmウーファで振動板の有効径はわずか19cmしかない。面白半分に引き出しの隅からカンゼン指揮のチャイコフスキー1812年を引張り出して鳴らしてみたところ、これが実にハイファイ録音で、リスニング・ルームでは「シュバツ」という火薬の破裂音がして、ウーファのコーンが一回前後に動いただけだった。音の感じはインパルス応答や、低い周波数の単発サイン波を入れたときに良く似ている。ところが我が家の反対端にいた女房子供が雷が鳴った!と報告に来たのである。

12月臨増に書いたパイオニア・ロプスターのコントラバスマリンバの音は、池田圭さんのご要望もあったので、前回よりも少しばかり音量を下げてトライした。何とか曲の終りまで聴くことはできたが、やはり我が胃の腑は何やら落着かず……であった。この体験で高橋美智子氏の演奏の記憶が甦ったが、あのときも次第に気分が悪くなってきた(音や音楽が良くないのではなく、胃がおかしくなってきたことを思い出しました——池田先生)。

つまり、この程度のサイズのウーファでも、家庭内ハイ

ファイ再生には何の支障もないことをいいたいだけである。こと低音に限らず、再生音の「生らしさ」には想像以上の幅があると考えるべきであって、録音に際してマイクの拾った「本当の音」は、これから先もしばらくは分らずにオーナーがそれぞれイメージしている「これこそ生の音」とどのくらい近いかが評価の基準になりつつあることだろう。

おわりに

かくいうユニウェーブ方式の音も、見方によっては強烈なキャラクターを持っているかも知れない。今回実施した中音ユニットの変更でも聴き方によっては音色の変化は微々たるものでしかないようでもあるが、ライブ録音が生々しく、拍手がより自然になり、モノラル・ソースでも硬く鋭い響きが姿を消して、十二分に音楽を楽しめるようになった。例をあげれば、ヴィルティオーゾ盤のフルトヴェングラー／ベートーヴェン・シンフォニー等が、メタリックな音のかたまりから解き放たれて、絃のさわやかさが聴きとれ、テュッティでも個々の楽器が分離して聴えるようになったし、新しい録音の間接音のたっぷり録られたソースでは、通常システムよりも間接音の量、質が均質で時間遅れが手にとるように鳴ってくれる。

こうした変化を、筆者は「音がまた1ランク向上した」と理解している。