

## 4年にわたる実験でわかったこと

リニア・フェイズ方式のスピーカ・システムに取り組んで以来、そのおもしろさに夢中になってしまい、気がついたら下表のとおり、おびただしい数の実験機を作ってはこわしていた。この間、オンキョーの由井啓之氏やヤマハのご協力をいただいて、従来あまり測定されなかった位相特性を測っていただくことができた。そのおかげで、リニア・フェイズ化の手法が理解できたことは感謝に堪えない。

従来スピーカ・システムの計測は、可聴帯域における連続波の応答を、出力音圧とその指向特性および高調波ひ



4年間に14台のシステムを作ってみてわかったこと

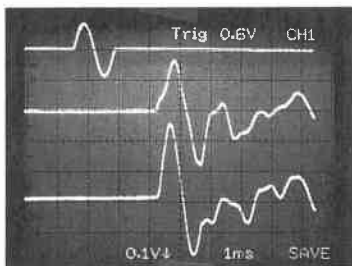
## 高橋和正

### 聴感を納得させる単発サイン波応答

# 4ウェイSPシステムを リニア・フェイズ化する

	年月	構成	ユニット	形式	備考
①	'87/12	2ウェイ	パイオニア PE 101+フォステクス T 825	密閉	
②	//	//	フォステクス SLE 20 W+ハイル・ドライバ	//	ミニゴン改
③	'88/ 5	//	フォステクス FW 100×2+ダイヤトーン TW 503		
④	'88/ 8	3.5ウェイ	JBL 2245 H+オンキョー M 2000 ウーファ+パイオニア PM 12 A+ダイヤトーン T 503	平板バフル	ミディゴン改造
⑤	'88/12	//	同上ウーファを DS 1000 ウーファに変更	//	//
⑥	'89/ 5	2ウェイ	ヤマハ NS-05 ユニット	密閉	
⑦	//	3.5ウェイ	JBL 2245 H+ダイヤトーン DS 1000 ウーファ+ダイヤトーン PM 1201+ダイヤトーン TW 25	平板バフル	ミディゴン改造II
⑧	'89/ 8	2ウェイ	ヤマハ NS-1 ユニット	密閉	
⑨	//	3ウェイ	フォステクス SLE 20 W+パイオニア PM 12 A+ダイヤトーン TW 501	//	ミニゴン改造II
⑩	'89/ 5	2ウェイ	ラ技 RG-WI+ラ技 RG-T I	//	
⑪	'90/ 7	//	ラ技 RG-W I×2+ダイヤトーン TW 503	//	トウイン・ウーファ
⑫	'90/ 8	3ウェイ	ダイヤトーン DS 1000 ウーファ+ダイヤトーン PM 1201+ダイヤトーン TW 25	//	ミディゴン改造III
⑬	'90/ 9	4ウェイ	同上+パイオニア PT-R 7 III	//	// IV
⑭	'90/ 9	//	フォステクス SLE 20 W+パイオニア PM 12 A+ダイヤトーン TW 501+パイオニア PT-R 5	//	ミニゴン改造III

〈第1表〉過去4年にわたって作り続けて来たリニア・フェイズ・システム14台の構成

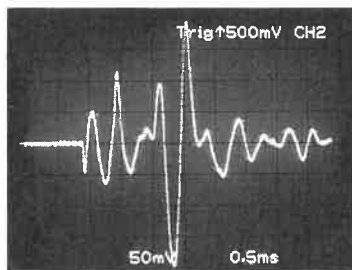


④ 740 Hz

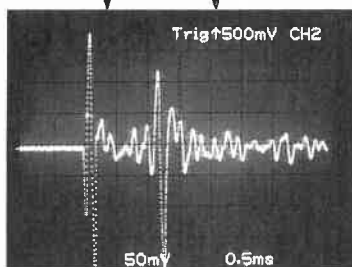
〈第2図〉リニア・フェイズ化された新ミディゴンの中高域の応答

ずみ特性でとらえ、2次元～3次元のグラフで表わすことが主流になっているが、聴感との結びつきはかならずしも十分ではなく、同じような特性のシステムからまったく異種な音を聴かされることは当り前のようにさえているのは、周知のとおりである。

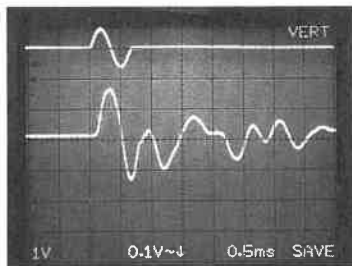
リニア・フェイズ・システムをいじっていると、その音色は通常のシステムとはなはだしく異なるので、その違いをなんとか特性の上でとらえられないものかとずっと考えつづけて来た。オンキヨー、ヤマハのご協力で測定できた位相周波数特性も、リニア・フェイズ方式の特徴を明解に表わすものであるが、この方式でも調整中に起るユニ



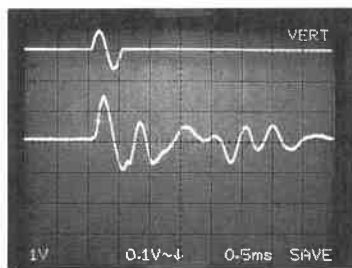
RT-R 7III  
の出力



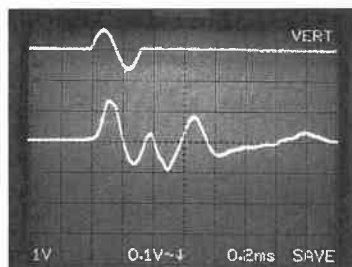
〈第1図〉JBL 2445 J+2380+PT-R 7-III  
ミディゴン中高音の応答波形



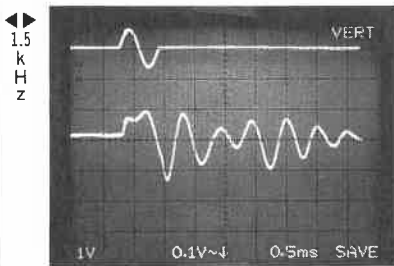
⑤ スコーカ軸上



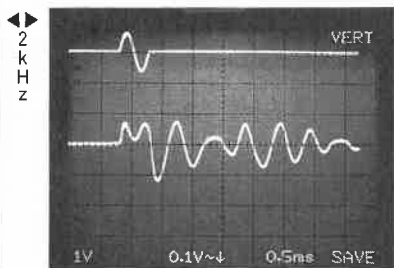
⑥ スコーカ軸上



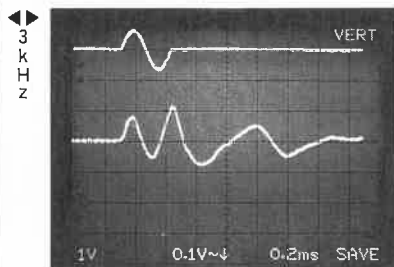
⑦ スコーカ軸上



⑧ ツイータ軸上



⑨ ツイータ軸上



⑩ ツイータ軸上

ット位置のわずかな違いによる大きな音色変化は、位相回転角の大小だけではどうしてもピンと来なかった。

今年になって頭にひらめいたのが単発サイン波応答で、別府俊幸さんのご協力で実現。その波形を見たときはほんとうにうれしかった。

測定法に関しては理論的な裏付けも含めて、別府さんがモーレツな勢いで勉強され、こちらのお願いはいかようにも応じてくださるのでまことに心強い。今回のレポートの測定もすべて別府さんの手によるものであり、はじめにお礼を申し上げる次第である。

単発サイン波応答で私がいちばんこたえたのは、かつて自慢のシステムであったミディゴンの応答波形である。第1図がその一部である。原信号はサイン波1波だけなのににもかかわらず、出力は2つになってしまう！初めに手前にあるツイータから出力

された後、約30cm後方のミッド・ハイからの出力が遅れて来るのがよくわかると思う。

このシステムのクロスオーバーは6kHzであるが、前後3オクターブの間はオバケともいえる波形が存在するのである。つまりクロスオーバーごとに3オクターブの間はオバケが出るのだから、4ウェイのシステムでは可聴帯域すべてでオバケの出ることになる。

もっとも、これはネットワークに6dB/oct型を使った場合の話で、一般にはこれを嫌ってもっと急峻なネットワーク、ないしはチャンネル・デバイダを使うわけである。

この現象がただちに耳に聴えるということではないが、文字どおり目の当りに見せつけられた時のショックを相像していただけるだろうか？

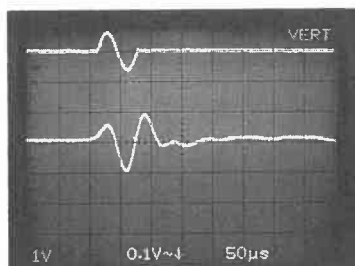
ハイファイ・スピーカ・システムの一つの頂点としてホーン・システムは

人気が高いが、波形応答という面からはこのような問題があるわけで、今後優秀なディレー・アンプの出現を待つ以外に、ユニット相互の時間ズレを解決する手法は考えられそうもない。

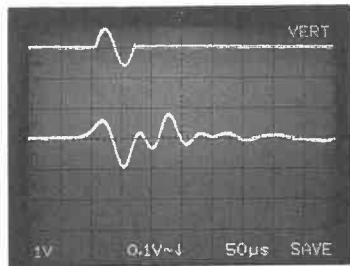
ユニットの位置についてあまり問題が起らない構成は、コーン型、またはドーム型等の直接放射型のユニットを組み合わせるのがよいことは、すでに本誌臨増('87-7)でも書いた。今回の製作では、ミディゴンにとって代る本格的な性能を目指し、当初ダイヤトーンのプロ用ユニットを中・高音に使った3ウェイでまとめるつもりであったが、調整中にスーパートゥイータとしてパイオニアのPT-R7Ⅲを加えた4ウェイに発展してしまったものである。

問題は4つのユニットの音源位置をどう合わせるかである。

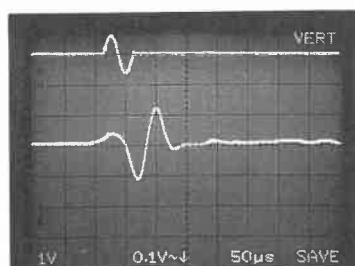
単発サイン波がクロスオーバーでもキレイなサイン波になればよいわけだから、ストレージ・オシロをお持ちの方なら、波形を眺めながらウーファをベ



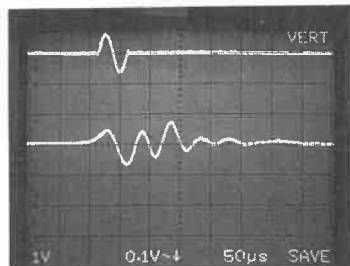
〈第3図A〉PT-R7Ⅲ軸上、TW-25にフタ



〈第3図B〉TW-25軸上



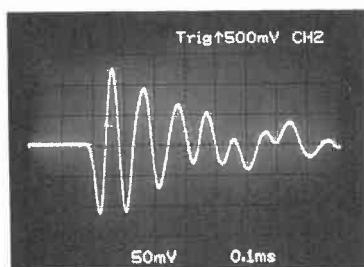
〈第3図C〉PT-R7Ⅲ軸上



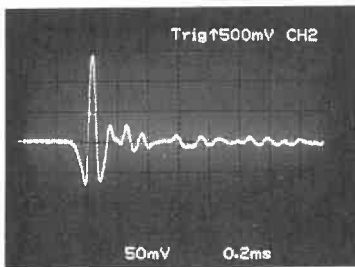
〈第3図D〉TW-25軸上

ースに順次、上のユニットの位置を決めればよいわけだが、実際にはそう簡単には決まらない要素があることがわかった。つまり、マイクの置き場所で波形が変わるのである。

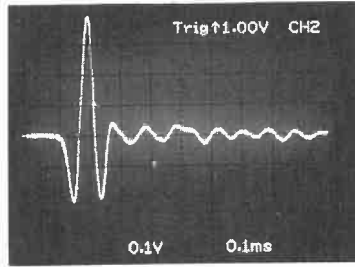
本機の中高域のクロスオーバーは3 kHzであるが、1 kHzあたりまでトゥイータの出力の影響があり、トゥイータの軸上では波形が乱れる(第2図)。この場合にはユニットの前後位置



④ TW 503 (¥1900)



⑤ TW-501 (¥10000)

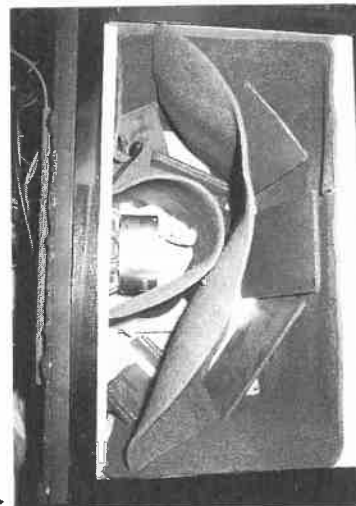


⑥ TW-25 (¥49800)

〈第4図〉10 kHz再生。立上がりの差は意外に少ないが、制動力はまるで違う。聴感上はこれほどの差は感じない

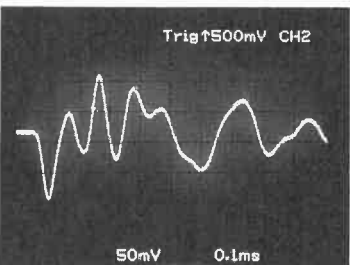
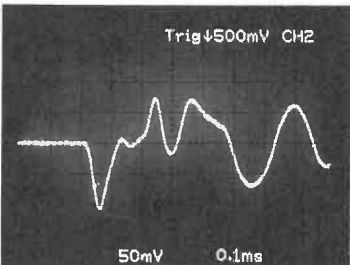
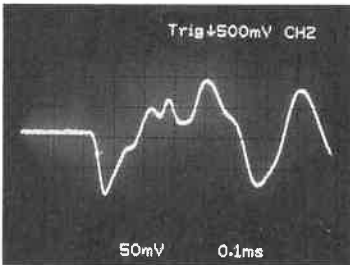
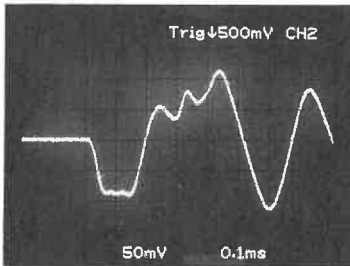
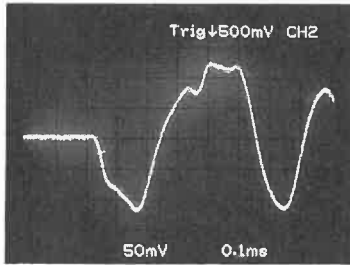


▲リニア・フェイズ勢揃い

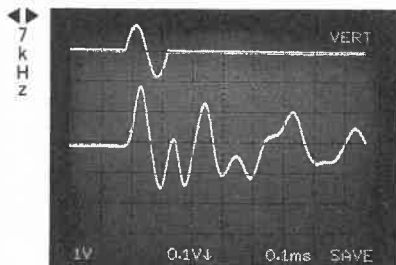
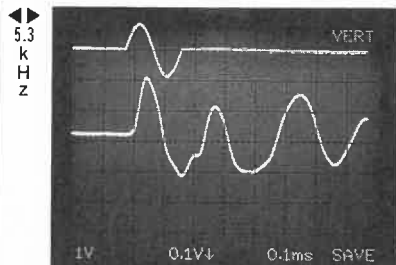
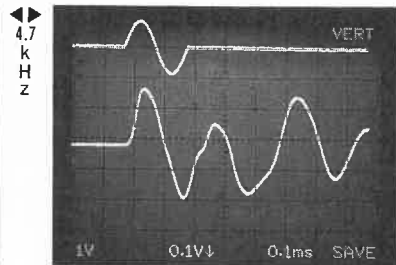
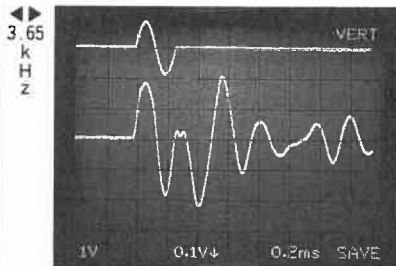
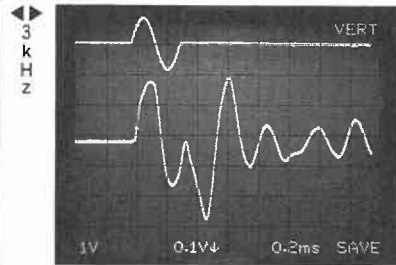


ウーファの内部▶

▼ 9月号発表の波形



▼ ツイータを 3mm 下げたとき



〈第 5 図〉 RG-W 1×2+TW 503 システムの応答波形の比較

を変えてもあまり変化がなく、スピーカの指向特性による干渉(?)と推測される。

スーパートツイータは 20 kHz 以上を受け持たせてあるが、第 3 図の波形はスーパートツイータがうしろ過ぎ

た時のもので、もともと過渡応答がよいユニットのために、半波長以上後にズレていることがよくわかると思う。

ことのついでにツイータ・ユニットの値段が 20 倍も差のある TW 503 (2k 円) と TW 25 (50k 円)

の波形を示す。立上がりはほとんど差がなく、立下りに著しい差が出ているのがおもしろい。PT-R7 III の波形とも見比べていただきたい。

後出 150 ページに示すラ技ユニットの小型システムのクロスオーバー近辺の波形があまりよくなかったので、ツイータの位置を 3 m/m 引っ込めたら音がよくなったと報告したが、その後波形をとって見たのが第 5 図である、わずかに 3 m/m の差で驚くほどの波形の変化が起り、このくらいの周波数では耳でもその良し悪しがわかるのである。したがって、馴れれば耳だけでもユニットの位置合わせはできそうである。

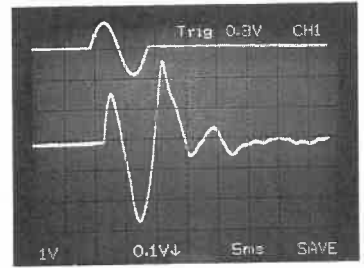
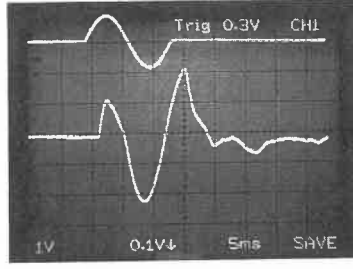
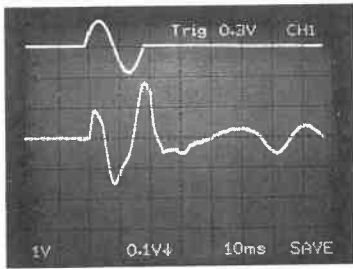
リニア・フェイズ方式では、ユニットの前後の位置がこのように重要な意味を持っているが、もう一つ、ユニット間の距離も近づけるほど良さそうだといえる。指向特性がせまいユニットでは特に大切なことを教えられた。

### 低音再考

小型のリニア・フェイズ・システムの製作に際して筆者はかならずデッド・マスを用いている。この手法はリニア・フェイズ方式とは関係のない手法であるが、スピーカ・システムの低域の質と量両方の向上が図れるために、筆者にとってこれなしではスピーカは考えられなくなっている。

いくつものシステムの実績から、デッド・マスつきでは、一般に考えられているシステムの低域限界は  $f_0$  までということがかならずしも正しくないという確信を持つようになった。第 6 図は後出 150 ページの RG-W 1×2 の波形だが、これでわかるとおり、 $f_0 \approx 70$  Hz のシステムから 50 Hz が -3 dB のレベルで再生されるのである。これは一般的常識では理解できないはずだ。一口に 50 Hz というが、50 Hz をまともに再生できるシステムはそう簡単にはない。

わずかに 10 cm 口径のウーファでもここまで出せるのに、メディオンではスーパーウーファも動員して、そのう



〈第6図〉RG-W 1×2+TW 503 システムの低域特性 (左から 50, 70, 100 Hz). 50 Hz と 70 Hz はほとんど変わらない

えグライコ補正まで併用していたことを、もう一度じっくり反省してみた。どうやら問題は音色の良さにひかれて採用したプレーン・バフルにありと考え、まずスーパーウーファを止めて DS 1000 ウーファのみで可能性を確認、音量的にも問題なさそうなので、もう一度密閉箱に戻ることにした。

実験用ということでプレーン・バフルの 50 m/m アングル枠をそのまま使い、24 t の合板を内側からしんばり棒でハメ込み、上はフェルトを介してフタを乗せ、その上から小型スピーカ類をおもしに乗せただけの簡単なエンクロージャである。容積は 150 l である。補強らしきものはほとんどないが、連続波でスイープしてみると、20 Hz まで楽々と音圧が得られ、音楽をかけてみてもすこぶる快い低音であることがわかった。もちろんスーパーウーファもグライコ補正もなしである (第 7 図)。

単発サイン波の応答を見ると、20 Hz は微分波形になり、レベルも 10 dB くらい下がるが、とにかくまともに音圧が出ていることがわかった。30 Hz からはほとんどフラットである。密閉箱との組み合わせで 12 kg のデッド・マスが真価を發揮したというべきであろう。

低域を延ばすと、キャビネットがたいへんだとよくいわれるところだが、筆者の体験ではデッド・マスの有無が結果を大きく分けるのであって、通常のユニットでは磁気回路の共振がエンクロージャを激しくゆするのを、あたかも低音の音圧でエンクロージャの壁面がたわむと誤解しているように思う。38 cm 級のウーファであろうと、同じ周波数の音を同じ音圧で鳴らす時のエンクロージャの内圧変化は同じであり、その気圧変化は 100 l の容積のキャビでも 1% にも満たないことを考えれば、とんだ見当違いであることはすぐ

にわかるはずだ。

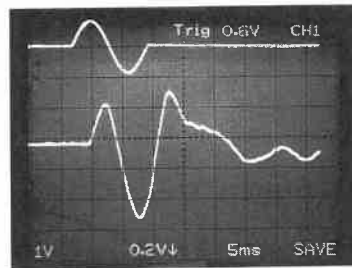
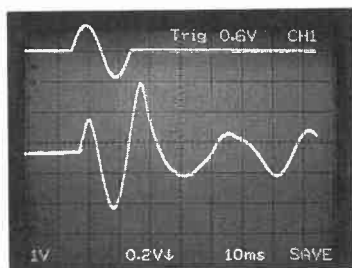
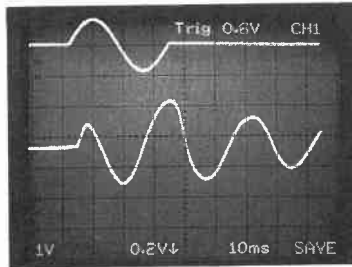
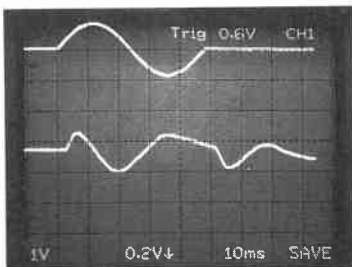
もっと簡単に考えてもよい。何 10 ミリもの板材をゆするほどの力が、わずか 1 m/m くらいの紙やカーボン繊維のコーンからどうやったら出るというのだろうか!?

とにかく、口径 27 cm のハネカム・コーンのウーファで、筆者の低音の要求はほとんど完璧に満たされたことになった。いずれエンクロージャはきちんとしたものを作るつもりである。といっても、30 m/m くらいの集成材を木ネジで組み上げるくらいのを近々考えている。

### ついにミディゴンを解体

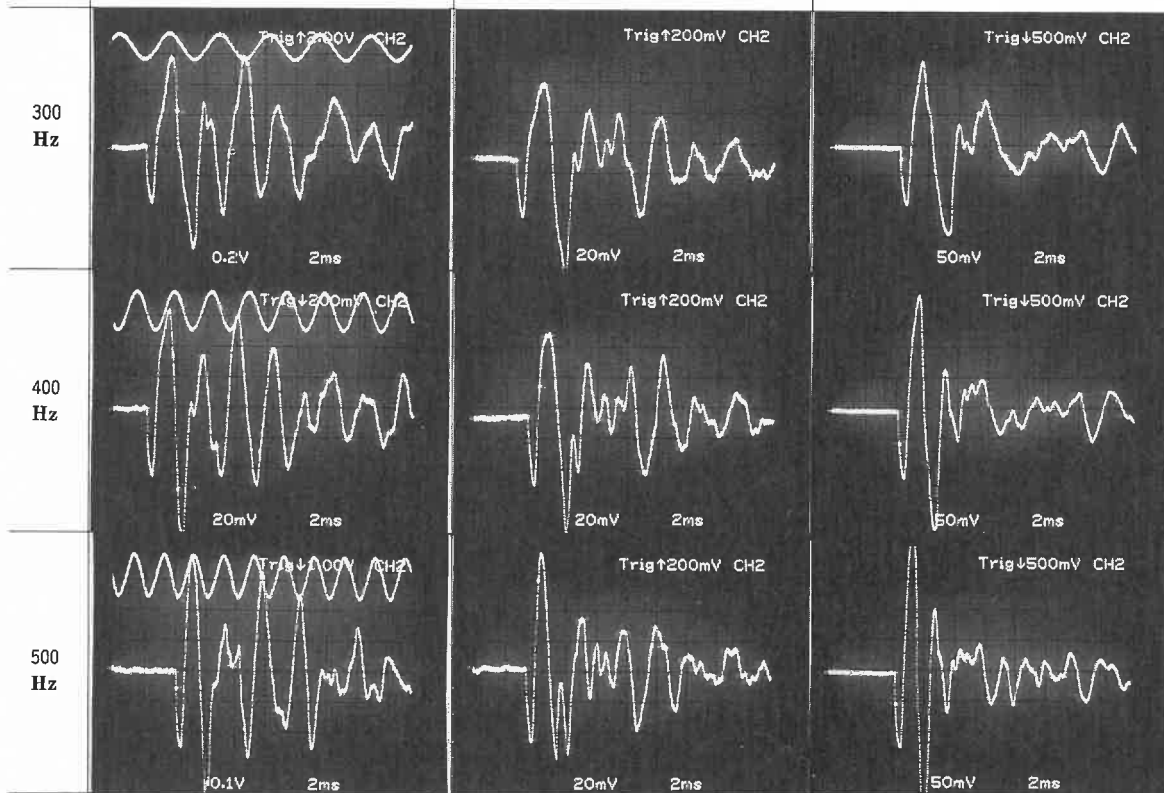
本機が音を出し始めたのは '88 年 8 月からであるが、つい最近までセッティングはミディゴンの中低音ホーンの中に木の台を止めて仮セッティングのままであった。単発サイン波の観測を始めた時に、そのままの状態では 300 Hz~500 Hz あたりが信号の終わった後ひどく尾を引く、由井啓之氏のいうリバーブひずみが盛大に出ていることがわかり、びっくりした。信号のレベルと同じくらいのレベルで 10 ms 以上も尾を引くのである。測定してくれた別府さんとディスクスの結果、ミディゴンのホーンの反射と断定。ホーンの中にフェルトを入れたり、リニア・フェイズの中高域を外に引き出して測定した結果が第 8 図である。

こんなわけで、製作以来 20 年近くになるミディゴンにもついに引導を渡し、解体して部屋の片隅に積み上げるはめとなった。スピーカの周辺はデッドがよいと日頃自論をふりかざしているながら、自分自身ではとんでもない反

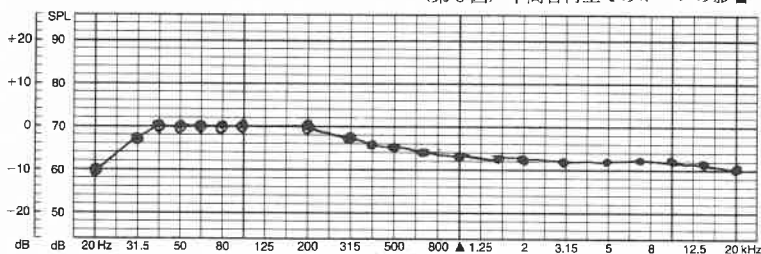


〈第7図〉DS 1000 ウーファの低域特性 (上左 20, 上右 30, 下左 50, 下右 80 Hz)

- PM 1201+TW 25 をホーンの中に配置したとき、反射が信号と同じレベル(?)
- ホーン内部に10tのフェルトを入れると、反射のレベルは約半分になる
- ホーンの外に出したとき、まだ1mくらいしらのホーンの反射が残っている



〈第8図〉中高音再生でのホーンの影響



〈第9図〉単発サイン波応答のピークをプロットした新システムのf特性

射性の環境に新システムを置いていたわけで恥しい限りであるが、そんな悪条件でも、豊かな広がりとお興行きを示したりニア・フェイズ・システムのメリットを再認識したわけである。

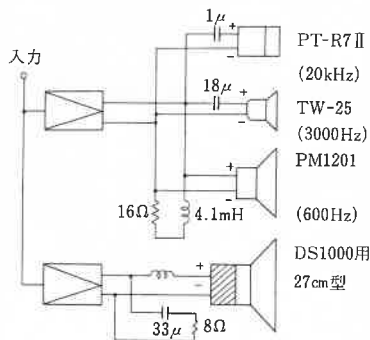
単発サイン波応答波形を目にするまでは、ホーン・システムのメディアゴンをバラすのはいかにも惜しく、せめて姿だけでも残しておきたいと思っていたのだが、置いてあるだけでもこれだけの悪さをするのかと、リバーブひずみのかたまりのあまりの凄さに驚きあわてた姿をご想像いただきたい。人間とは冷たいものであるナ、とメディアゴ

ンは思っているかも知れないが、ここに至っては何とも我慢できなかったのである。

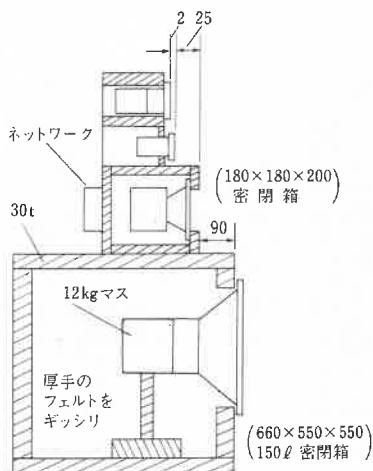
オール・ダイレクト・ラジエータと化した新メディアゴンは、まだ調整中であって、中高音ユニットの取付けも調整中だし、低域とのレベル・バランスもトライ・アンド・エラーの真最中である。旧メディアゴンの時から多少低域のレベルを上げて、中高域の金切声を抑えた音に馴れていたため、現在のバランスもややロー上がりである。第9図は単発サイン波応答の波高値をプロットした本機の過渡的な周波数特性で

ある。これを見てわかるように、単発サイン波応答では部屋の影響が入らない間に測定できるから、超低域までシステムの本性があらわになる。

本誌10月号で別府さんが指摘しているように、スピーカ・システムの周波数特性は、この測定法だと、まるでアンプのようにスムーズなカーブが見られる。リニア・フェイズ・システムではこのカーブが連続波の応答の中心



〈第10図〉本機のネットワーク



〈第11図〉本機の構造。ユニットの位置はおよその値

値に比較的近いことも見のがせない。

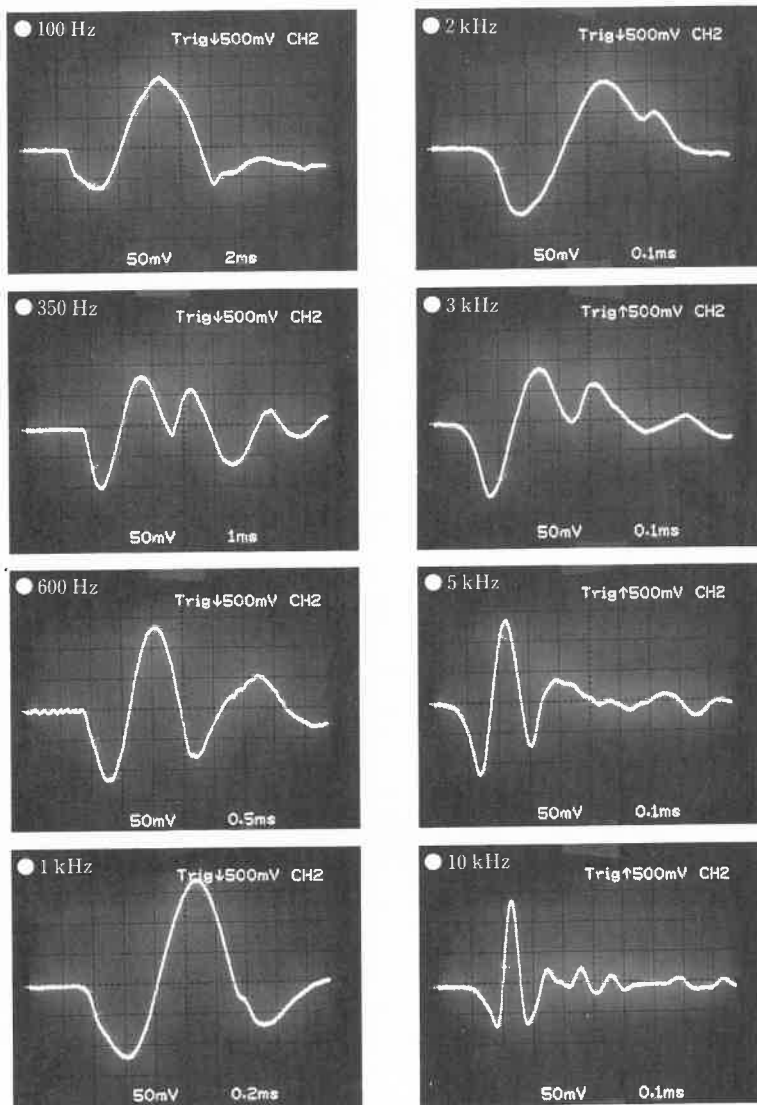
こうして見ると、連続波による周波数応答をたよりにグライコ補正することは、もしかしたらもっとフラットな過渡的なf特をわざわざ狂わせることにもなりかねないわけで、慎重な取り扱いをすべきと思われる。

### 本機の音色

まだ調整中ではあるが、本機の音色はたくさんの小型リニア・フェイズの延長線上にあることがよくわかる。合唱・弦合奏などの分解能にすぐれ、奥行きが深い、スピーカの外側から壁の向う側に広がる音場感が特徴である。



●ウーファ・ボックスはフェルトをかぶせて穴あき板をのせるだけの状態



〈第12図〉うまく調整された3ウェイ(第1表の⑨)の波形応答

残響は同じソースから、より豊かに響く。

9月号にRG-W1システムの試聴を奨めたところ、5人の方が聴きに來られ、本機もついでに聴かれて、音色の共通性に感心しておられた。

いたずら心からCDの高域限界の上に、PT-R7IIIをスーパーツイータとして追加したが、意外にもCDの音がたいへんさわやかになった。考えてみれば6dB/octのネットワークを介して、10kHzの音は結構スーパーツイータからも出ているわけだし、TW-25の高域の位相遅れが補正され

ることもあって、当然のことかも知れない。

今のところ、音色調整のデリケートな仕上げは手つかずだが、吸音材の量など多いほど安定する傾向にあり、ワレナベにトジブタ式のクリティカルな調整は不要のようである。

最後に、ご参考のために本機のネットワークとエンクロージャの概要を第10, 11図に示しておく。

なおミニゴン改造のシステムの波形応答が全域にわたってたいへんよくつながっているのので、参考として第12図に掲げておく。