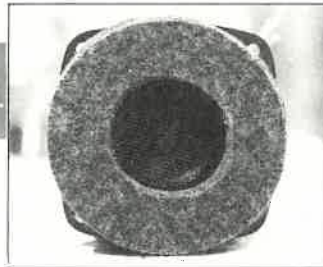


第4回

「ユニウェーブ・スピーカの 設計思想から実測まで」



べっ ぶ とし ゆき
別府俊幸

●ついに完成品の実測！

出力特性

第1図に出力音圧測定時のブロック・ダイアグラムを示します。単発サイン波の発生にはNFのFG 121 B 発振器を用い、連続状態の測定は、日本オーディオ協会のテスト CD (CD-1) のホワイト・ノイズを用いました。自作パワー・アンプにて被測定スピーカをドライブし、音響出力は SH 8000 付属のマイクロフォンで入力します。観測には手持ちのデジタル・ストレージ・オシロスコープ、ソニー・テクトロニクス 2211、そして八谷具佳氏から拝借した FFT アナライザ、アドバンテスト R 9211 E を用いました。高価な計測器をお貸し下さいました八谷氏に、この場を借りて御礼申し上げます。2211 の画面はこれまで、テクトロニクス純正の C-5 C ポラロイド・カメラにて撮影していましたが、今回はノー

ト・パソコンにデータ転送し、オフラインでプリンタ出力としました。R 9211 はプリンタが内蔵されています。さすが！

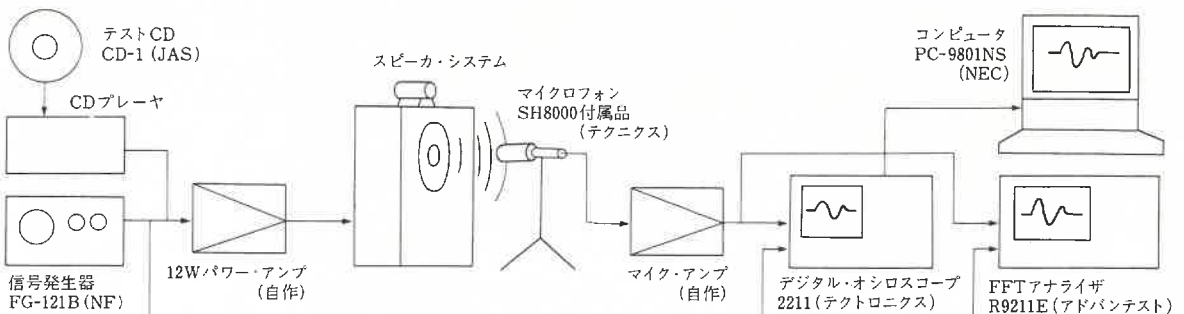
マイクロフォンの位置は第2図に示すように、水平面ではスピーカ・システムの中心軸上、左 30° の方向、距離はそれぞれ 50、100 cm (水平面距離) で、また垂直面はウーファとトゥイータの中心の高さ、トゥイータ軸の高さ、トゥイータ軸上方 15° としました。割合とライブな 7 畳大の洋室で測定したため、連続周波数特性などは部屋の影響をかなり受けているようです。

両ユニットの中間高さ、正面方向の 50 cm で測定した TW 25+FW 160 改の単発サイン波応答を第3図に示します。測定周波数は 50 Hz~20 kHz ですが、入力の a、b 波の長さが等しくなるように表示しています(以下、すべての図)。なお、オシロスコープの測定

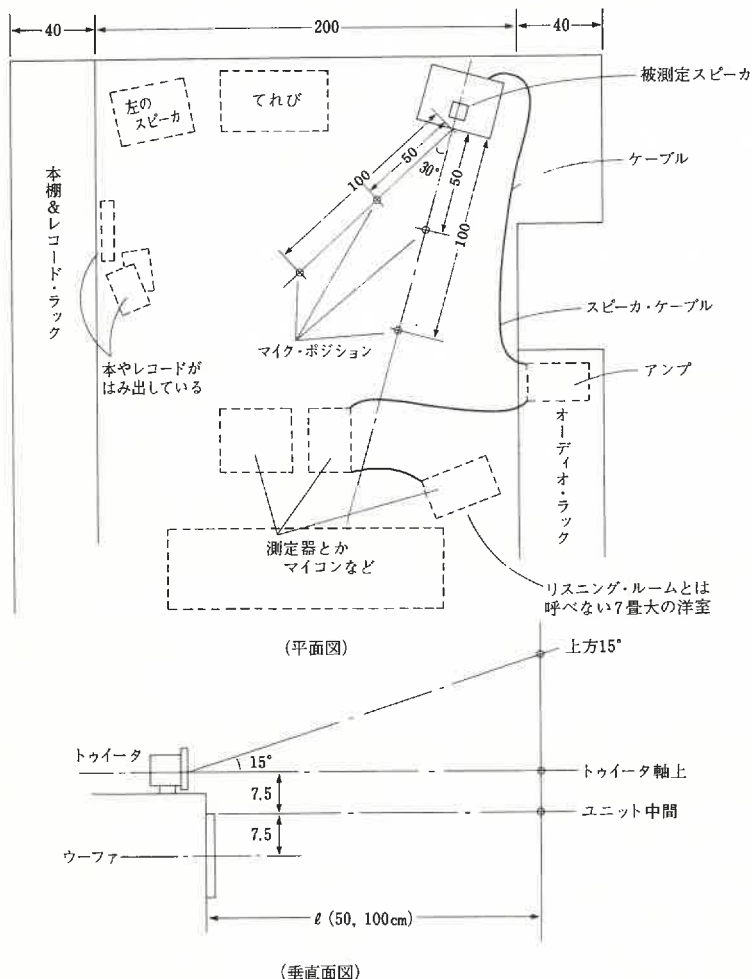
レンジによってメモリー・バッファの時間が限られますので、周波数によって表示幅が若干異なっています。また、a 波が同じ位置で立ち上がるように並べていますが、立ち上がり開始点が明確でない応答もあり、必ずしも正確ではありません。

第3図左上の美しい単発サイン波は発振器の出力、そしてスピーカの入力電圧です。もしも“理想”スピーカがあれば下にも同じ応答が並ぶはずですが、当然の如くそうはなっていません。

50 Hz は振幅も小さく、また微分されたように a、b 波の間隔も狭くなっています。そして 70 Hz、100 Hz と a 波の幅が広がっているのがわかります。これはローカット・フィルタ特性、周波数グラフで“左下がり”の周波数領域の特徴です。連続波応答(第4図)ではそれほどでもないようですが、第3



〈第1図〉 応答測定ブロック・ダイアグラム



〈第2図〉 マイクロフォンの設定位置
 水平面内はスピーカーの中心軸上および左30°方向、50cmと100cm、垂直面内はウーファとトゥイータの中間高さ、トゥイータ軸上高さ、トゥイータの上方15°とした。

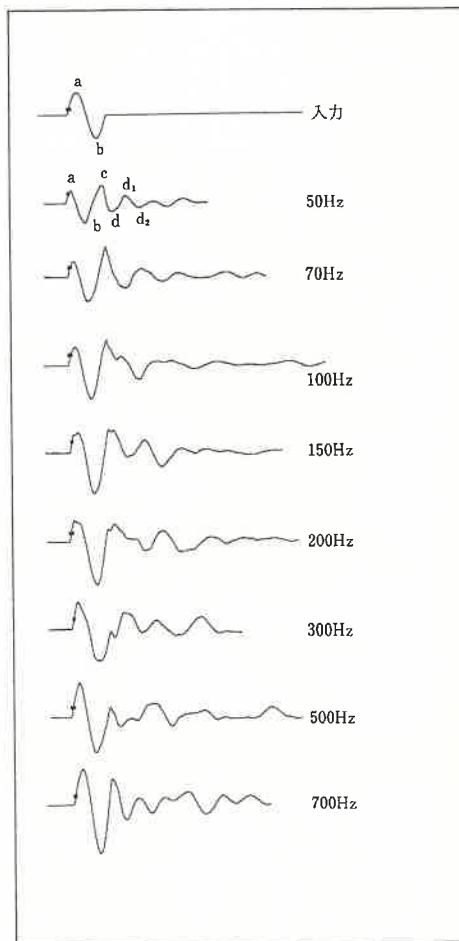
図の a, b 波の P-P をグラフに並べると(第5図), 1kHz から下がるにつれてレベルも低下していることがわかります。聴感的には第4図よりも第5図に近いように感じます。

ひとは、音を周波数分析して聴いていると言われますが、脳の中での周波数分析アルゴリズムはわかっていません。けれども、周波数ある程度のスペクトル幅を持って感じているとすれば、単発サイン波のようなスペクトル幅を持った信号を、より楽音に近いものと感じるとしても不思議はありません。

ん。

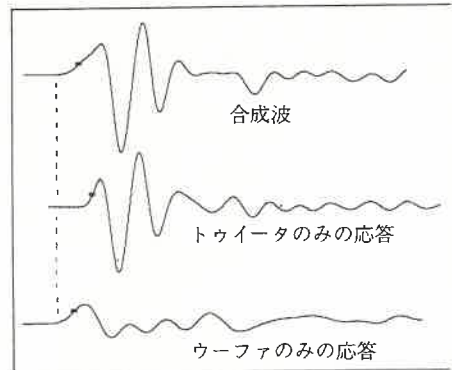
第3図に戻ります。左列の下の方、500Hz とか 700Hz の応答波形はまあまあ良好です。右列に移り 1k, 1.5kHz, その次の 2kHz がクロスオーバーです。前後の応答と比べても a, b 波のレベル、形ともそう変わりなく、“ユニウェーブ” となっています。5kHz もまあまあです。

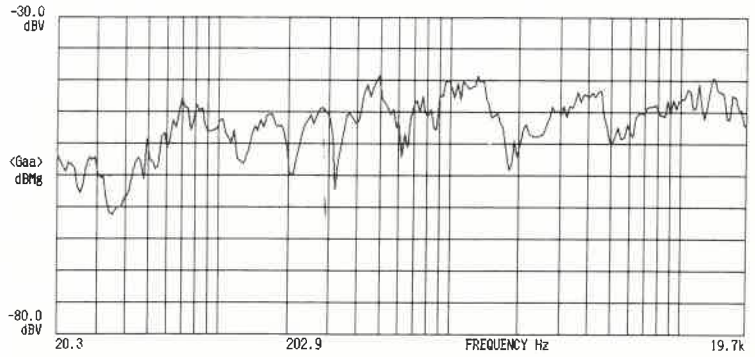
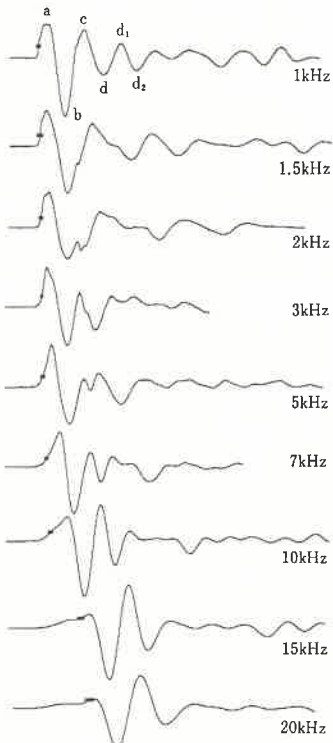
7kHz からは、a 波の立ち上がりスロープが緩やかになっていますが、TW 25 単体の応答 (P.85 の第10図) と比べても悪いようです。これはマイ



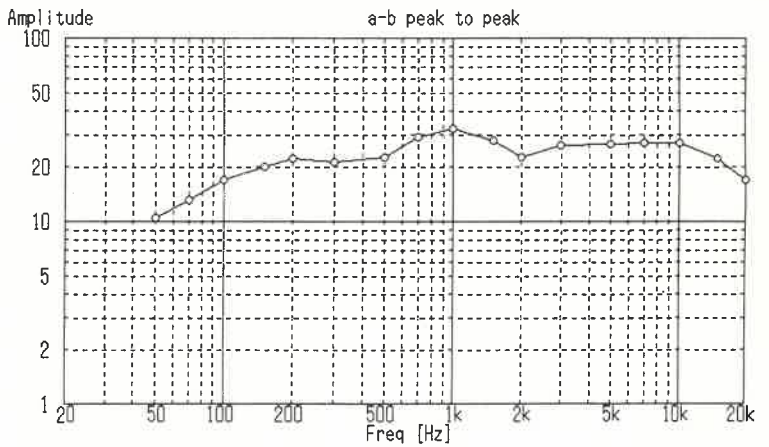
▲〈第3図〉 TW 25+FW 160 改の単発サイン波応答 (ユニット中間高さ、正面、距離 50cm)

それぞれの a, b 波の長さが等しくなるように表示しているが、オシロスコプのバッファメモリーが限られるため表示幅は多少異なっている。波形上の黒点は、オシロスコプのトリガ点。応答とは関係ない。





〈第4図〉 第3図と同じマイク位置での周波数特性
テストCDのホワイト・ノイズを用い、R9211Eにて測定した。



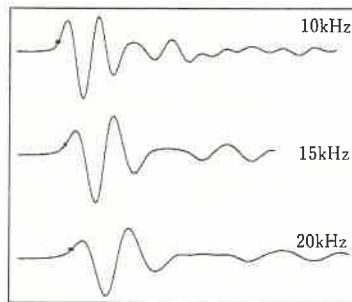
〈第5図〉 TW 25+FW 160改の過渡的周波数特性
(第3図のa, b波のP-Pをプロットしたもの)

第4図の連続的周波数特性と比べ、低域のレスポンスが低くなっているように見える。第4図よりも聴感的に近い感じである。

理想的なスピーカがあれば、どの周波数も左最上段の入力と同じ波形になるはずであるが、“理想”にはほど遠い、 ~ 2 kHzのクロスオーバー周波数付近は良好なa, b波が合成されている。10 kHz以上で、a波の立ち上がりが緩やかになっているのは両ユニットの位置合わせをした点よりもウーファに近いため。

◀ 〈第6図〉 10 kHzでの合成応答、トゥイータ、ウーファのみの応答
(上から合成波、トゥイータのみ、ウーファのみの応答)

合成波でのゆるやかなa波は、トゥイータの責任ではなく、ウーファとの干渉であることがわかる。ウーファが近づいた分、トゥイータよりも早くa波が立ち上がり始めている。

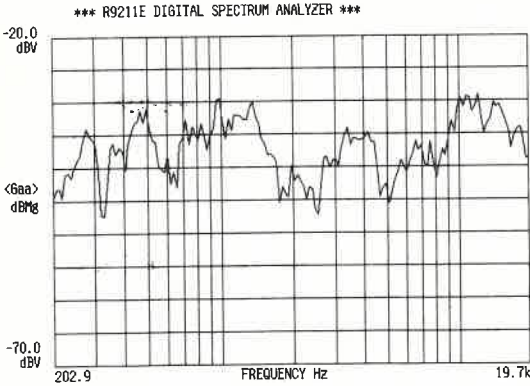


〈第7図〉 TW 25+FW 160改の単発サイン波応答
(トゥイータの軸上の高さ、50 cm)

第3図と比べ、a波の立ち上がりが鋭くなっている。15 kHz, 20 kHzでの立ち上がりは、トゥイータの高域再生限界である。

✓ ク位置がトゥイータの軸上から外れているためではなく、ウーファとの干渉によるためと考えられます。第6図に10 kHzでの合成波、トゥイータのみの応答、ウーファのみの応答を示しますが、最適位置よりもウーファが近い分、トゥイータよりも早くa波が立ち上がっていることがわかります。

ところが10 kHzともなるとウーファの指向性はかなり狭まるようで(口径からして当然ですが)、マイクをトゥイータ軸上まで持ち上げて応答を計ると第7図です。10 k \sim 20 kHzのみ示



〈第8図〉 第7図と同じマイク位置での周波数特性 (200 Hz~20 kHzのみ)

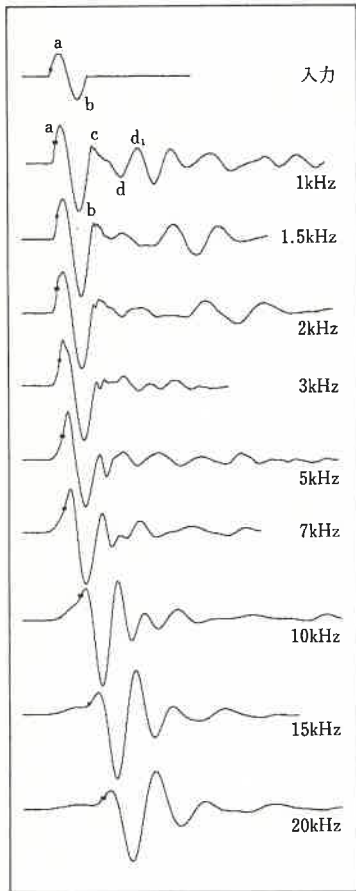
第4図との差異は認められるが、なぜ変化が生じたのか、そしてどちらがよいのか、わからない。

しますが、a波の立ち上がりよりもよくなっていることがわかります。しかし第7図でも15kHz、20kHzではa、b波の周期は伸び、出力が“右下がり”の領域に入っていることがわかります。これは、トゥイータの高域再生限界でしょう。

さて、第8図に同じ位置での周波数特性を示します。確かに、第4図との差異は認められますが、なぜ差が生じたのかはわかりません。むしろ第4図の方がでこぼこが少なく、よりフラットにも見えます。しかし、この2つのグラフからどちらがよい音を判断できないことは、読者諸兄には改めて申し上げるまでもないでしょう。

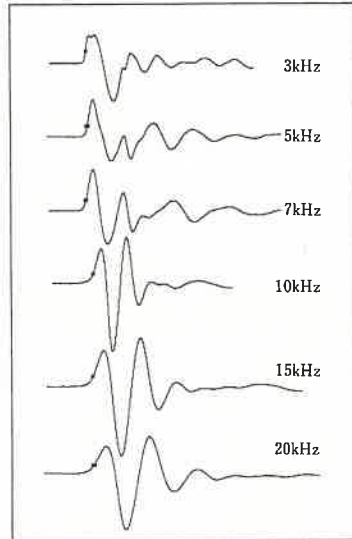
周波数特性グラフは、連続的な特性は表せても時間的な推移を表すことはできません。時間とともに変化する音楽(音声でも自然音でも)信号を再生するスピーカ装置を調べる(表す)ためには、十分なものではありません。この限界を踏まえていないために「スピーカのf特の凹凸は聴こえない」とか「外国製のf特にでこぼこのあるスピーカの方が音がよい」などのわけのわからない俗説が生まれたのでしょう。

脱線しました。次に、第9図にFT 55 D+FW 160改の応答を示します。700 Hz以下は第3図と同じですので省略しましたが、同じ箱で同じユニットで同じ位置で測定しているのですから、違っていたとしたら大騒ぎです。こちらもクロスオーバーでの合成はうまくできているようです。7kHzからのa波もTW 25の時と同じ理由で、マイクをトゥイータ軸高さとした応答(第10図)では、良好に再生されています。15kHz、20kHzのa波の立ち上がり、振幅からはFT 55 DはTW 25よりも高域特性が伸びていることがわかります。高域共振を用いないで25kHzまでのレスポンスを確



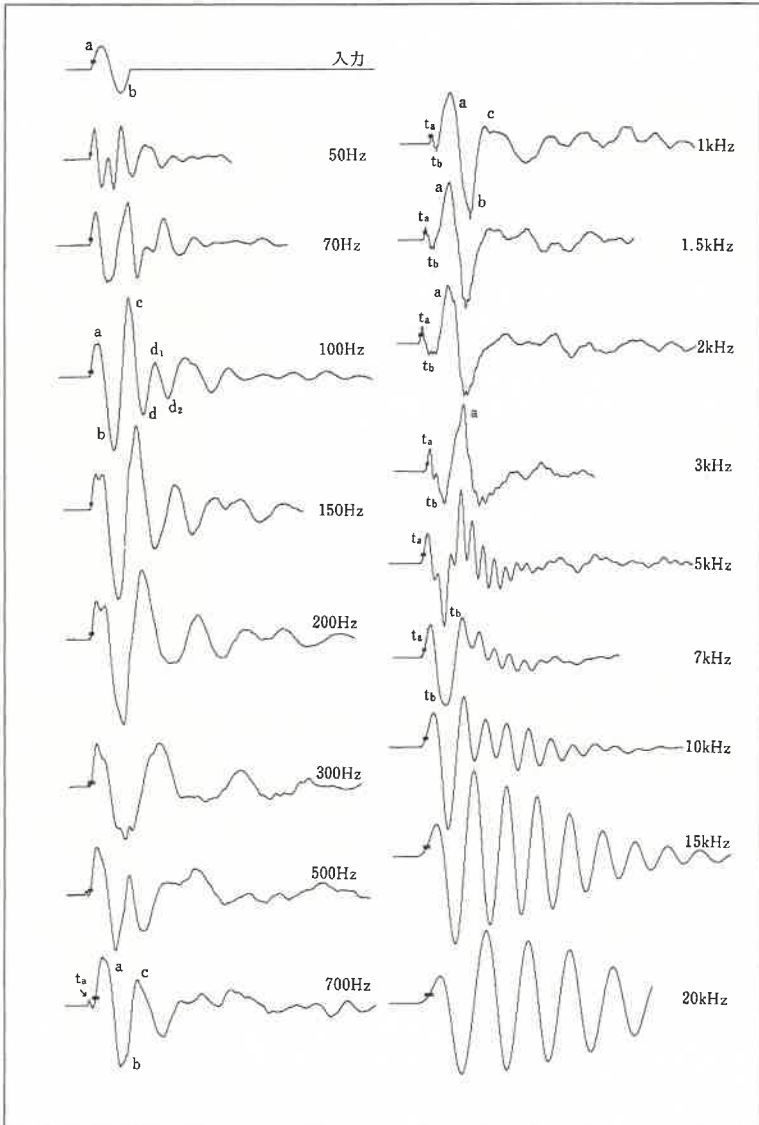
▲〈第9図〉 FT 55 D+FW 160改の単発サイン波応答 (1k~20 kHz) (ユニット中間高さ、正面、距離50 cm)

同じウーファで同じ箱で同じユニットで、ついでに同じ位置に置いているから当然のことであるが、700 Hz以下は第3図とそっくりであり省略する。この組み合わせもクロスオーバーは良好につながり、良好なa、b波が再生されている。7kHz以上のゆるやかなa波は、TW 25の時と同じくウーファの干渉が原因である。



▲〈第10図〉 FT 55 D+FW 160改の単発サイン波応答 (3k~20 kHz) (トゥイータ軸上高さ)

2 kHzまでは第9図と同じであった。7 kHz以上でa波の立ち上がりが改善されている。15 kHz、20 kHzの応答は、TW 25よりも良好である。FT 55 Dは、共振を用いないで25 kHzまでのレスポンスを確保している優秀なユニットである。



〈第 11 図〉 国産中級機の単発サイン波応答 (50~20 kHz)

16 cm ウーファと 3 cm ドームの 2 ウェイ。50 Hz は FW 160 改と同じく a, b 波の間隔が短くなり、レベルが下がっている。が、振幅が大きい点からは、この上辺りから急にレスポンスが落ちていと考えられる。70 Hz, 100 Hz と振幅は増加し、a, b 波の間隔も広がる。しかし 100 Hz, 150 Hz で振幅が最大となり、200 Hz, 300 Hz と低くなっているのが問題である。密閉箱ではあるが、低域にピークを作って量感を補っていることがわかる。700 Hz 前後から a 波に先行してツイータの t_a 波が現れる。 t_a 波は周波数が高くなるにつれて大きくなり、7 kHz では完全な a 波となっている。 t_a 波の形、2 k~5 kHz のレスポンスからは、クロスオーバーネットワークは -12 dB/oct と思われるが、分解して中を見ていないので断定はできない。いずれにしても、クロスオーバー付近での波形の乱れが観測される。クロスオーバーが聴こえてしまう道理である。また、300 Hz と 7 kHz の a 波はともに上向きであるから、同相接続である。とすると、より高次のネットワークかもしれない。ツイータの領域となる 5 kHz 辺りから 20 kHz に至るまで、高域はドームの共振がすべてを支配していることが判る。共振周波数は約 15 kHz。入力に関わらず同じような出力となっている。これでは何を聴いてもこの音が聴こえてしまうであろう。しかし、普通のスピーカシステムとして、決してこれは悪い方ではない。

保している優秀なトゥイータです。

さて、第 3 図と第 9 図、確かに波形の差はありますが、この図からではどちらがよい音がするのかわかりません。ここいらに現在のスピーカの限界がありそうです。1 度音が出ると、入力が無くなったとしても音はなかなか消えてくれません。この 2 つの図を見比べても、どちらがよい音がするのかわ見えてきませんが、どちらにしても改善の必要はあります。もう少しどちらかが入力に似ていれば、そちらがよい音だと決めつけられるのかも知れません。

しかしこの 2 つは悪い応答ではありません。これでかなり良い方です。参考のため、第 11 図に国産の小型スピーカの応答を示します。16 cm ウーファに 3 cm のドーム・トゥイータの 2 ウェイ、密閉箱の中級機です。ユニットの構成が似ているので友人から借りてきましたが、クロスオーバーの乱れやトゥイータの共振板共振などはっきりと見て取れます。が、これでも市販品では良い方です。(つづく)