

Gシリーズ スピーカー・システムの開発

フォスター電機(株) フォステクス カンパニー 技術部

林 知治

1. はじめに

フォスター電機(株)は1949年6月に創業し、OEMを中心としたスピーカーの分野で60年近い歴史を持っています。そして本年1月16日に、長年にわたる音響機器開発とデジタル音楽プレーヤーの発展と普及への貢献に対して、栄えある日本オーディオ協会賞を受賞しました。

フォステクスはその技術をベースに作られた自社ブランドであり、1973年7月にフォスター電機の市販部門を分離独立し、自分の意思の入った製品を造る新会社として誕生しました。

フォステクスブランドではこれまでに、特定分野で高級なイメージを作るため、クラフトファン向けのスピーカー・ユニットやスタジオや放送局向けのプロフェッショナルオーディオの高音質を追求する分野に積極的に取り組んできました。その技術力の高さは2004年1月にNHKの標準モニターにRS-N2(写真1)が世界の有力スピーカーとの競争の末に選定されたことで証明されています。



写真1 RS-N2

一方、現在の民生市場では若い人の多くが安価なポータブルオーディオ製品の音で満足してしまっています。

そこで今回新たに、RS-N2に代表される技術や蓄積されたノウハウを駆使して民生ピュアオーディオ分野に取り組み、少し頑張れば購入できる価格で高音質商品を具現化し、団塊ジュニアやもっと若い世代にも、良い音で音楽を楽しまれる層を広げていきたいと考えています。

2. Gシリーズの開発意図

Gシリーズスピーカーの第一歩は2006年7月の限定生産機種G850であり、2007年3月にG1300、2007年11月にG1302と、グループ全員の総力を結集することにより順次開発してきました。



写真2 G850 G1300 G1302
(後方はRS-N2の市販モデルRS-2)

その開発のキーワードは三つです。

こだわりものづくり

演奏の感動を再現

音楽にひたれる喜びと幸せの提案

つまり、フラッグシップのNHKモニターRS-N2の考え方を受け継ぎ、生演奏の感動を、時間と場所を超越して再現しリスナーを気持ち良く幸せにすることです。

換言すれば、真のオーディオの高い趣味性を要求される領域で、音楽とオーディオの素晴らしい世界を多くのお客様に提案し喜んで頂くことです。

その具現化にあたっては、難易度の高い振動板の採用や木工での限界精度の追及と高品位仕上げ、高音質電気接続の選択など、造り込みには一切の妥協を排除し、望みうる最高の方法を採用しています。

3 . G1302 設計内容

本稿では最新機種 G1302 について具体的な設計内容を紹介します。

システム設計

スピーカー・システムは音楽の土台を支える低音設計が重要な要素となります。雄大なスケールの音楽を再生するためには大型スピーカーが望ましいのですが、日本の住宅事情では許容される大きさには限りがあり、小型化への要求は日に日に高まっています。

G1302 は設計の異なる二発のウーファーをスタガーでマッチングさせることで、小型化の制約の中で低音の帯域拡大と能率の向上を実現し、大スケールを実現しています。

具体的には、キャビネット内部を実験の積み重ねで得た最適な比率で分割し、チューニング周波数を 55Hz と 40Hz にスタガーし、ミッドバス帯域と 160Hz 以下を受け持つバス帯域を合成するシステム設計としています。



写真3 スタガー-バスレフ

基音帯域では、ボーカルの艶やかさと音場の自然さが目標となります。

このため、ミッドバス帯域を受け持つウーファーとツイーターのクロスオーバーを 1.6KHz とし、全体の指向性を広げるとともに、純マグネシウム振動板の良さを活かした設計としています。

なお、ツイーター・ネットワークの遮断特性は信頼性の確保のため 18db/oct としています。

ウーファー

基音帯域と低音域を受け持つウーファーは、高剛性とノンカラレーションの両立を目指しています。

最重要の振動板はユニークな Hyperbolic Paraboloidal 形状(以下 HP 形状)が基本です。

この形状は構造力学の分野で 1933 年に F.Aimond の著書「A Shell in the Form of a Hyperbolic Paraboloid」の中で紹介されており、近代建築ではシドニーのオペラハウスや代々木のオリンピック体育館の屋根構造がよく知られています。

HP 形状は二つの直線と双曲線と放物線で構成され、各要素の直線には剪断力(ずれ応力)のみ働き、曲げ応力が発生しないので、軽量でも高強度を実現できます。

スピーカーに応用した時の振動特性は、ストレートコーンが特定の周波数で大きな共振を示すのに対して、HP 形状コーンは共振周波数が高くなるとともに共振が分散されて大きなピークが発生せず、カラレーションが発生しません。

図 1 に 2000 年に開発した 16cmHP 振動板(PAT)の形状構造図と、各種振動板形状の特性の傾向を示します。

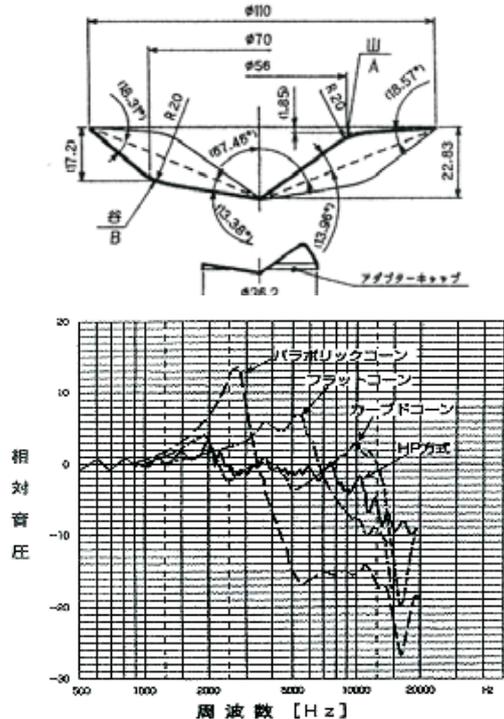


図 1 HP 振動板形状と特性

この振動板は山と谷の位置が中心点対称になるように 5 分割した構造をとり、奇数分割とすることで放射状の軸対称のベンディングを防止しています。

G1302の振動板はHP形状を発展させた曲線から構成したHR形状を採用しています。

写真4 G1302の振動板



製法は、木材パルプ バナナパルプ カーボンファイバー 芳香族ファイバー セルガイアファイバー バイオセルロース パールマイカ の7種類の材料を最適比率と最適な順序でブレンドして調液したものを、フォステクス独自のラジアル抄紙(PAT)と乾燥ノウハウを駆使して作成しており、すぐれた物理特性を実現しています。

エッジは、逆共振を低減し、微小振幅での直線性を向上し、中振幅音圧による音質変化を減少するため、アップロールとダウンロールをタンジェンシャル平面で結合し16分割した形状を、スチレン系ゴムを型内発泡させた、UDRTエッジを採用しました。

駆動系では、ミッドバス帯域を受け持つ上部のウーファーは小振幅のリニアリティの向上と低歪化を図るため、ボイスコイルはショートボイス型とし、磁気回路には銅キャップを採用しています。

バス帯域を受け持つ下部のウーファーはロングトラベルボイスコイル型とし、大振幅に備えています。

ツイーター

高音楽器の最高音域と全体のオーバートーンを再生するツイーターは、透明感と音離れの良さを目指しました。指標となる物理特性は高域共振の上昇とピークの低減の相反する特性の両立です。高域共振を高められる高音速材料は内部損失が少なくピークを低減するには形状の工夫が必要です。

G1302ではフォスター電機で2002年に開発した軸非対称ドーム(PAT)を採用しています。この形状はドーム中央部に一本の稜線を持つのでリッジ・ドームと呼称しています。



写真5 リッジ・ドーム

従来のドームはボイスコイルからドーム中央までの距離が全周で同じであるため、軸対称の共振モードを持ち大きなピークが生じます。

これに対しリッジ・ドームはボイスコイルからドーム中央までの距離が全周で不均一なため軸対称の共振モードを低減できます。

また、振動板素材には音速が速く内部損失の大きい純マグネシウムを採用し、熱処理を含む特殊圧延処理を行っています。この時の物性は密度1.735、比曲げ剛性2.69で、音速は4760m/sec、内部損失は0.014となり、アルミの約4倍、マグネシウム合金の約2倍の内部損失を実現しています。各種材料との比較を図2に示します。

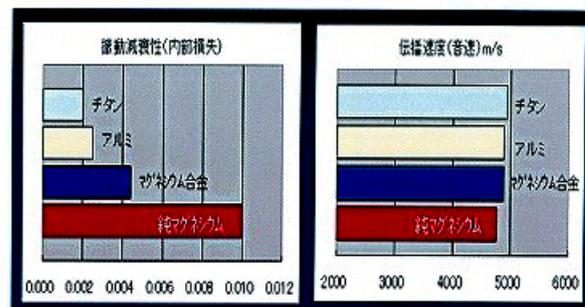


図2 各種材料との比較

キャビネット

高性能ユニットの能力を最大限に引き出せる音響性能と、高品位な外観を狙いとしてきました。音響設計には楽器の材料や構造を参考にしています。

キャビネット音響設計の最重要点とG1302で採用した方法は以下のとおりです。

a. 高音質材料の選択

…… (G1302) 高音質ブナ合板の採用

b. 縮退の起きない内部寸法比

…… (G1302) 適性モジュールで設計

C. 振動の干渉を減少しユニットを安定支持

…… (G1302) 適性強度分布、補強の追加

a. 高音質材料

木材料は音質の良さと工業的安定度が反比例します。バイオリンはスプルスとシカモアの無垢材から表板と裏板を削り出します。無垢材は音は良いのですが、四季のある日本では湿度の変化が大きく、ソリや割れを生じてしまい大型スピーカには適しません。

最も安定度の高いのは、MDF やパーティクルボードですが、木の響きが不自然となり良い音質は望めません。今回採用したブナ合板は音の良さと安定度の両立する優れた材料です。

材料の選定は音質判断によるものですが、測定データによりその良さが裏付けられました。

データ例としてブナ合板 100*100*18 の累積スペクトルをエタニ電機の FFT アナライザ ASA2 で測定したものを示します。

ブナ合板は強度が高く共振スペクトルが素直であることが確認できました。

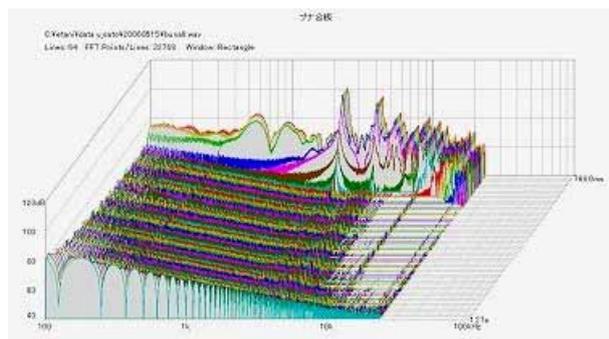


図3 ブナ合板 100*100*18 の累積スペクトル

他の材料ではシナ合板と小型モニタースピーカ NF-1 で使用している MDF は強度は低いのですが素直なスペクトルで裏板に適していることがわかりました。

b. 縮退の起きない内部寸法比

キャビネット内部は反射により定在波が発生しています。方向は平行面だけでなく斜めや対角方向もあります。

もし、キャビネットが正方形であると定在波が非常に強く立ち、縮退が起き、音質を阻害します。

従って、良い音質の為に縮退が起きないような寸法比を選択する必要があります。

c. ユニットの安定保持

キャビネットのもう一つの大きな役目はユニットを安定に保持することです。(フローティングの考え方もありますが別の面の弊害が大きくなります。)

そのためには、取り付けられているバッフルの強度を上げる必要があります。しかし、取り付けるには穴を開けなければならず、強度が低下し矛盾します。

これを解決するには、六面体として適切な強度分布にすることと、適切な位置に補強を行なうことです。

G1302 は裏板の厚さを他の面より薄くすることと、バッフルの開口部に補強を行なうことにより、バッフルと地板を最も強くし、裏板に不要振動を逃がす強度分布としています。

ネットワーク

ネットワーク素子は帯域分割の為に必要ですが、音質阻害要因にもなっており、これをゼロに近づけることが高音質化のノウハウとなります。

コイルやコンデンサは NHK モニターRS-N2 に採用しているハイグレード部品を使用し、相互干渉が極力少ない位置に配置すると共に、結線はプリント基板やはんだ付けを使用せず、部品同士のリード線同士を圧着し接続口を極小としています。

また、ツイーター回路には、ユーザーによって好みの分れる中高域を調整する A T T を組み込みました。

音質への影響を低減するため、使用法は通常とは異なりツイーターに並列に抵抗の入る回路とし、最低共振周波数での共振のダンブとクロスオーバーの

移動により、2KHz~8KHz のレベルを+1~ 2db の範囲で調整できます。+1db 位置では回路から切り離されるので音質劣化は皆無となります。

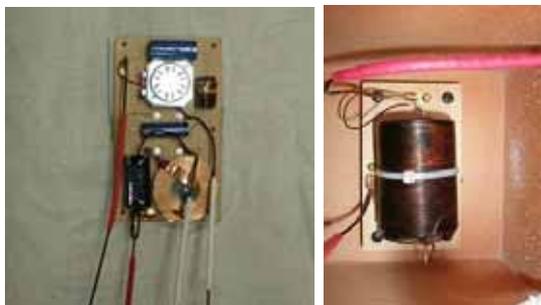


写真6 ネットワーク

5. 今後の方向

スピーカーにとって振動板開発が最重要課題です。独自の優れた抄紙技術を駆使した現在のHR コーンの低音帯域に加え、新純マグネシウム HR 振動板に挑戦し、大型システムを開発する計画です。そして、その新要素を継承した次期モデルを展開することにより、民生ピュアオーディオスピーカーを充実していきたいと考えています。

最後になりますが、開発を主導された宮下清孝氏に紙上を借りて感謝の意を表します。

参考文献

- 1.音元出版 Senka21 2007.6 Top Interview
フォステクス カンパニー プレジデント 大澤茂樹
- 2.AES 東京コンベンショ 95 バイオダイナの開発
と逆ドーム方式スピーカへの応用
フォスター電機株式会社 研究開発部 宮下清孝 他二名
- 3.JASジャーナル1999.No.7 フォステクスFEシリーズフルレンジスピーカーの開発
フォステクス(株) 技術部 宮下清孝
- 4.JAS コンファレンス2000 HP 振動板スピーカの開発とニアフィールドモニターNF-1 への応用
フォステクス(株) 技術部 宮下清孝
- 5.JAS ジャーナル 2005 No.10 リファレンスモニタースピーカーRS 2 の音質・特性を支えるこだわり技術
フォステクスカンパニー技術部 宮下清孝
- 6.社内資料 フォスター50 年史・半世紀の挑戦

筆者プロフィール

林 知治(はやし ともはる)



1947年10月茨城県生まれ東京電機大学を経て日本ビクター(株)に入社しスピーカー設計に従事。2005年12月後継者に設計責任を託し、フォスター(株)に転任。
日本発スピーカーの復興に貢献したいと願う日々です。