

MEMBERS PLAZA

無反動スピーカーシステムについて

個人会員
今井 一満

1. はじめに

昨年(2012年)10月19日から21日まで秋葉原で開催されたオーディオ&ホームシアター展日本モレックス株式会社ブースで2012年度の日本オーディオ協会大賞を受賞したNTTグループの開発した残響分離制御技術“Revtrina”のデモが行われました。この技術のデモ用スピーカーとして、一オーディオ愛好家として長年開発改善に取り組んで参りました無反動スピーカーを参考出品させていただきましたところ大きな反響をいただきましたので、以下にその内容を記載させていただきます。



写真1 オーディオ・ホームシアター展での展示

2. 開発のきっかけ

私自身は40数年来のジャズ好きな普通のオーディオファンですが、あるセミナーで知り合った友人から「ブザー等に使われている圧電素子を使って、当時広まり始めた大型液晶テレビ用のスピーカーはできないか」と持ちかけられ、この大胆な考えに興味を持ち参加することになりました。しかし期間が3か月しかなかったのでとても形にすることはできませんでしたが、この3か月間圧電素子を使って考え付いたアイデアをたくさん実験することができました。

この実験の中で、自分にとって面白い発見がいくつかあり、その中の1つが、2枚の圧電素子の中心に穴をあけ、背中合わせにして間にスペーサーを入れ、ネジ止めして鳴らした時、圧電素子特有の金属的で歪んだ音なので音質はよくありませんが、信じられないほど力強く飛び出してくるような音を出せることを知りました。

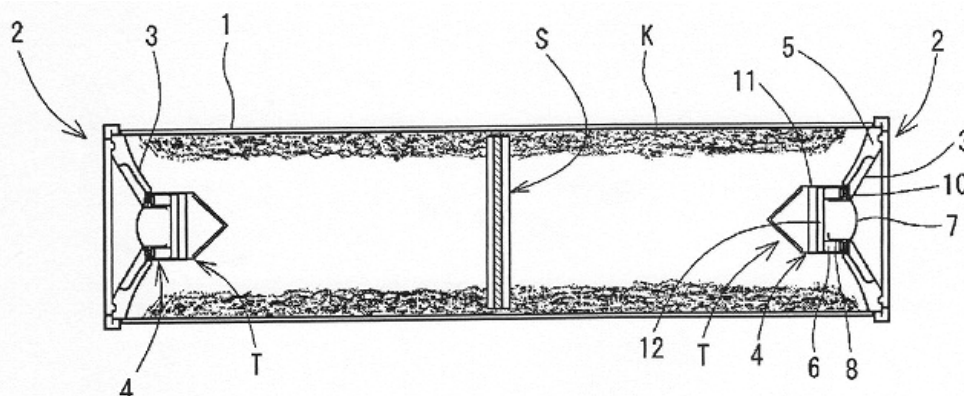
そして、この方法で圧電素子を一般的なスピーカーユニットに置き変えて試作してみると、その時の音の特徴である力強く飛び出してくる感じがしっかり受け継がれておりました。しかし、色々なソースを聞いている内、ある一定の条件の時に一瞬コーンの動きが止まって音が抜け落ちたような現象が起こることがわかりました。

そこでどうしてそのような現象が起こるのかを色々調べている内、スピーカーボックス内の定在波とそれに伴う内部圧力の大きな変化が原因ではないかと考えるようになりました。吸音材をいっぱい詰めても定在波を低減することはできませんし、多数の周波数スペクトルで定在波が発生する可能性があります。スピーカーに入力される音楽ソースには常にたくさんの周波数スペクトルが存在し、音楽信号で駆動した場合には、絶えずそのレベルと周波数は変化している為、解決方法が見つかりませんでした。

そこで定在波の発生とメカニズムを頭に叩き込みつつ考え付いたのが、次項に示す1つのスピーカーに2つのドライバーを使い、スピーカーの後ろ（内側）から発生した音波を反対側のドライバーユニットに吸音制御壁を通して届ける方法でした。

3. 試作スピーカーの構造

試作したスピーカーの構造は、図1に示す通りであり、最も需要であり最も苦勞した中央部に設置した吸音制御壁についてはスポンジ・プチルゴム・段ボール・フェルトなどからなる複合素材を使用し、スピーカーの中で音波を受けて制限された範囲で動くように設置しました。



- 1：共鳴壁 2：振動部 3：振動板 4：振動発生部 5：フレーム 6：マグネット
7：ボイスコイルボビン 8：ボイスコイル 9：補強体 10：ダンパー 11：カバー
12：支持体 K：吸音部材 S：振動抑制材（吸音制御壁） T：振動抑制材

図1

次にスピーカーボックスですが、大きな圧力変化の伴う方式なので、制御しやすく圧力が均等にかかる円筒形を選択しました。

又、素材としてはアルミパイプ・紙管・アクリルパイプなど色々な素材でできたものでテストした結果、音の印象・コスト・加工のしやすさ・通常使用時の温度変化・湿度に対する安定性などを勘案して最終的に塩化ビニールのパイプを採用しました。

この試作スピーカーは写真2に見る通り基本的にはシリンダー型の対抗式スピーカーで、オーディオ界ではまともに鳴ることはないと言われていた構造を持っております。実際に私の周りのオーディオマニアの何人かに話すと、ばかにしたように「やめておけ、絶対失敗する」と音を聞いてもらうどころか、まともに相手にもされませんでした。

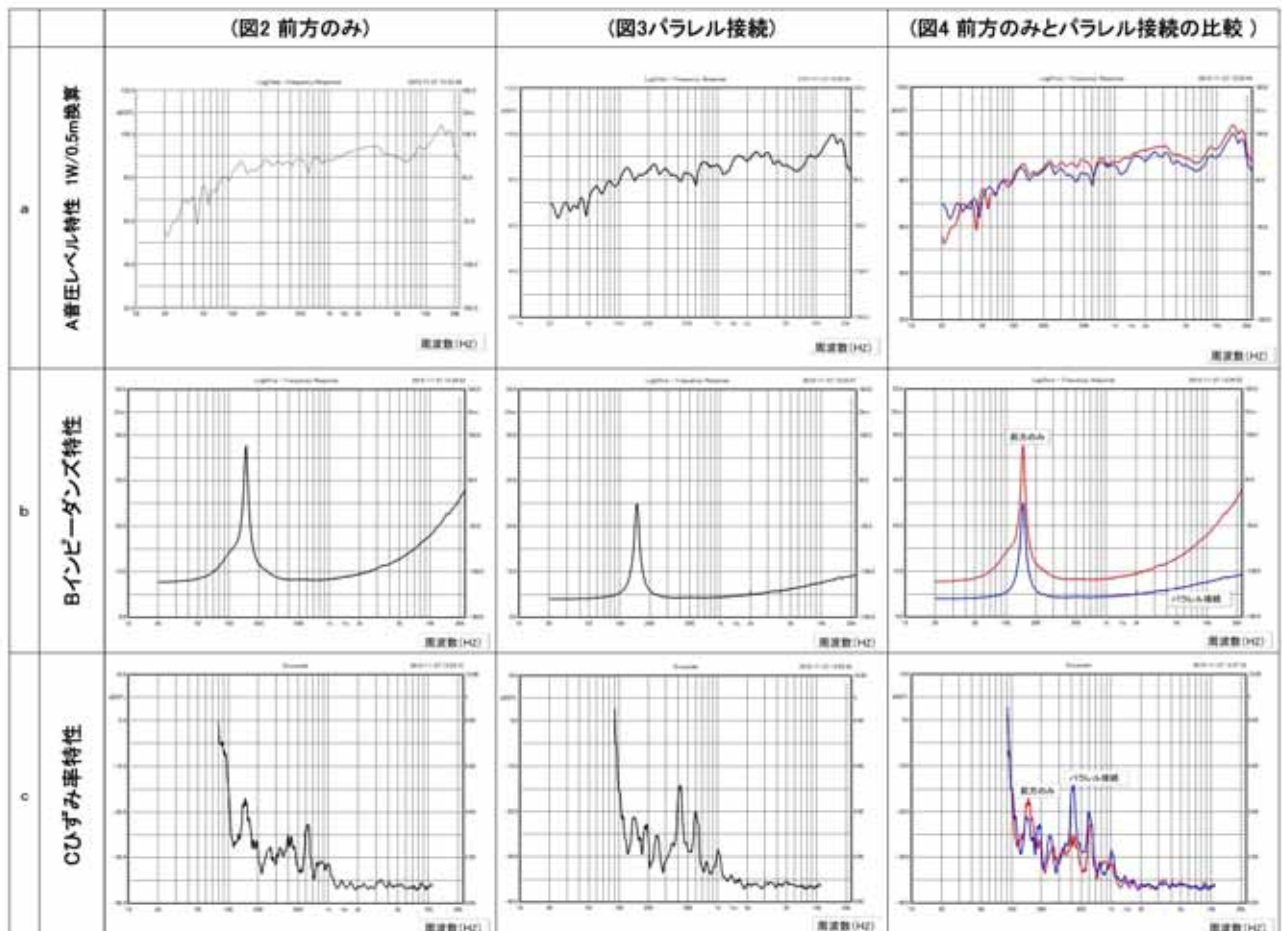
この試作スピーカーをちゃんと鳴らすには大きな圧力変化と強烈な定在波を何とかしなければなりません。その為これらに対応する特殊な部品を用いた吸音制御壁をスピーカー本体の中に設置しております。



写真2 無反動スピーカー

4. 試作スピーカーの測定結果

この試作スピーカーの前方のドライバーのみを駆動した場合の伝送特性、インピーダンス特性、ひずみ率特性を図2 a, b, c に示し、前後のドライバーユニットを同時駆動した場合の特性を図3 a, b, c に示します。図4 a, b, c には図2 と図3 の結果を重ね合わせて示してあります。いずれも伝送特性及びひずみ特性は前方ドライバーユニットの軸上 50cm の位置で測定しました。



この中で前方のドライバーユニットのみを駆動した場合と前後双方のドライバーユニットを同時駆動した場合の顕著な差は、インピーダンス特性に現れており、前後のドライバーユニットを並列駆動した場合にインピーダンス特性の値が 1/2 になっております。この為、低インピーダンスで安定した出力が得られるパワーアンプが必要になります。

前後ドライバーユニットを同時駆動した場合の伝送特性は、特に試作スピーカーの設置状態により低音域での特性が大きく変化します。壁に近付けて設置した場合には低音が増強され、最適な設置位置を選択すれば小型スピーカーながら大型スピーカーに近い低音特性が得られます。

5. 本試作スピーカーで得られた効果

本試作スピーカーは、前後方向で背中合わせに設置したスピーカーが互いの反動を打ち消し、左右上下方向では円筒形状により、前後左右上下方向でバランスがとれております。このため特定方向の動きを持たないことから、このスピーカーを無反動スピーカーと呼んでおります。

実際にこの試作スピーカーをタコ糸で上から釣り、低音の豊かな楽曲を前みのドライバーユニットに加えるとスピーカーボックスが前後に動き、前後のドライバーユニットを同時並列駆動するとこの動きがなくなることが目で確かめられました。このデモを昨秋秋葉原でも行い注目を集めました。

この無反動試作スピーカーで得られた主な成果を以下に列記します。

- (1) 背中合わせに配置したユニットが互いの反動を打ち消すことで、大きな音で鳴らした時もスピーカーボックスはほとんど動きません。
- (2) 一般にしっかりした低音を出すためには、反動他の影響を少なくするために大きく重いボックス、しっかりした台や床を必要としますが、本試作スピーカーの場合には軽量小型のボックスでしっかりした低音の再生が実現でき、設置場所を選びません。
- (3) スピーカーボックス内の吸音制御処理他の効果により、濁りが少なく、明瞭で、小音量でも聴き取り易い音質が確保できております。
- (4) 本試作スピーカーを前後方向に設置した場合は、音が前後方向に出るため、前方のユニットから直接音を聴くことができ、後方のユニットから出た音は後ろの壁他に当たり拡がりを持つ間接音による音場が生成されます。
- (5) 本試作スピーカーを垂直方向に設置した場合は、無反動スピーカーの特色を持つ無指向性スピーカーになります。
- (6) 無反動効果は失われますが、本試作スピーカーを 2 台使い、ステレオ音楽信号に残響分離処理を加え、音楽信号の直接音成分を前方のドライバーユニットに加え、音楽信号の残響音成分を後方のドライバーユニットから出しますと、リスニングルーム内の反射も加わり、自然なサラウンド効果が得られます。
- (7) 無反動効果は一部失われますが、この試作スピーカーを横向きに置き、2 つのドライバーユニットに左右の音楽信号を供給した場合には、通常の小型ステレオスピーカーとして動作します。

6. 終わりに

本スピーカーを試作した結果一定の成果を得ることができ、秋葉原のオーディオ&ホームシアター展での反響も得ることができましたが、今後さらなる軽量化・帯域の拡大・音質の向上を行ってゆくつもりであります。

今回の成果は、個人愛好家の手作り試作品による実験の結果です。分析不足の点については、お許しいただきたいと思います。

このスピーカーを開発するきっかけを作っていただいた友人、そしてドライバーの試作測定と本スピーカーの展示についてご協力をいただいた日本モレックス株式会社様に謝意を表させていただきます。