

夏風琴鳥

ブックシェルフサイズのコンパクトなバスレフ型2wayスピーカー

みや (@mia_0032)

きっかけ

2年ほど前にScan-Speak Discoveryシリーズのドライバーを使った2wayスピーカーを製作したのですが、デスクトップに置くには大きすぎたため、もっと小さいサイズのスピーカーを作りたい、と思って始めたのがこのプロジェクトです。ロクハンサイズのユニットを使って低域を無理のない範囲で伸ばしつつ、小さくコンパクトにまとめることを目指して製作しました。

この作品の前に「赤風琴鳥(アカフウキンチョウ)」という名前で12cmウーファーを使った小型な2wayスピーカーを製作しており、その兄弟機という位置付けで「夏風琴鳥(ナツフウキンチョウ)」という名前にしました。どちらの鳥も赤い小鳥で製作したスピーカーのイメージにあっていると思います。



ドライバーの選定

ウーファーについては、エンクロージャー容積6Lで低域が-6dBとなる周波数を52Hzとすることを目標としていたので、データシートに記載されているT/Sパラメータからその条件を満たすドライバーを探しました。いくつか候補はあったのですが、データシートの信頼性

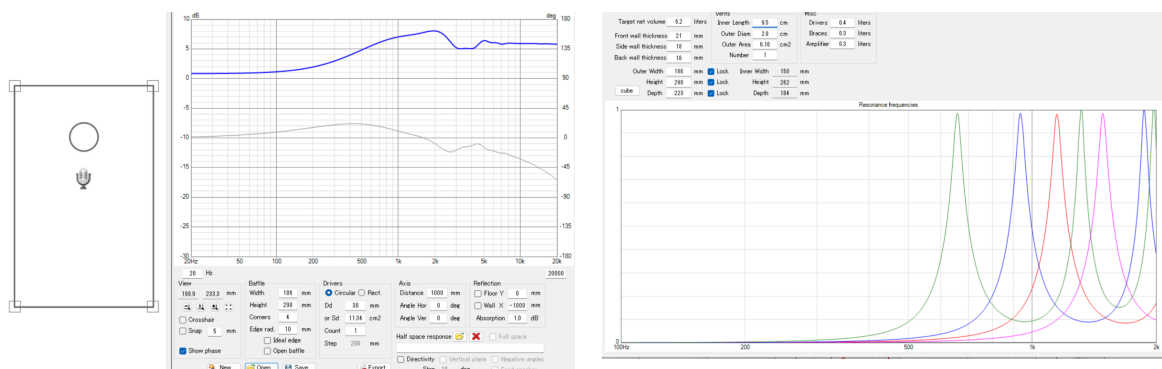
が高いと感じているWavector製のドライバーを使うことにし、WF152BD05を選定しました。

ツイーターについては指向性が整っていることを第一の条件として選びます。エッジディフラクションの影響を少なくすることを目的に少し指向性が絞られている方が良く、メタルドームの音をあまり聴いたことがなかったので、SEAS 27TBCD/GB-DXTを採用しました。



エンクロージャーの設計

ウーファのT/Sパラメータを測定し、VituixCADを使ってT/Sパラメータからエンクロージャーを設計します。最終的には6.2Lの容積でポートのチューニング周波数を55Hzとすることでフィックスしました。クロスオーバーネットワークによる容量減少やネットワークの特性による変化があるため、組み込み後に再度微調整を行います。



ツイーターのディフラクション

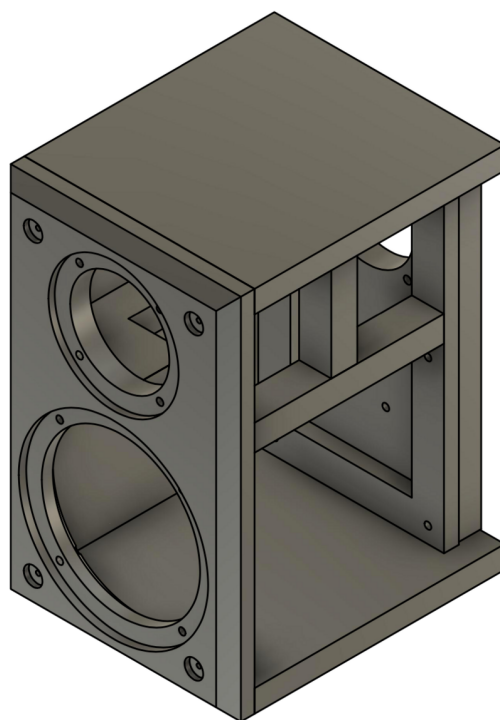
エンクロージャー内部の定在波

エンクロージャーの容積が決まったので、各辺の寸法を決めます。定在波の周波数が重ならないように辺の長さを調整しました。またポートの気柱共鳴の周波数付近には定在波のピークが存在しないように、その周辺の帯域をあけておきます。ポート長は調整で多少変わる可能性が高いので、なるべく広めにあけています。

ツイーターの取り付け位置についてもディフラクションのシミュレーションを元に影響が小さい位置にします。エンクロージャーが小型なため取り付け位置の高さにはあまり自由度がありませんが、バッフル板の幅についてはある程度変更は可能なので、先ほどの定在波のシミュレーションと往復しながらの検討になります。サイズが許すならバッフル板のエッジの丸めは大きくとった方がディフラクションの影響は小さくなりますが、エンクロージャーサイズは大きくなってしまいうため、小型に作ろうとするとそのあたりのトレードオフが発生してしまうのはやむを得ないです。

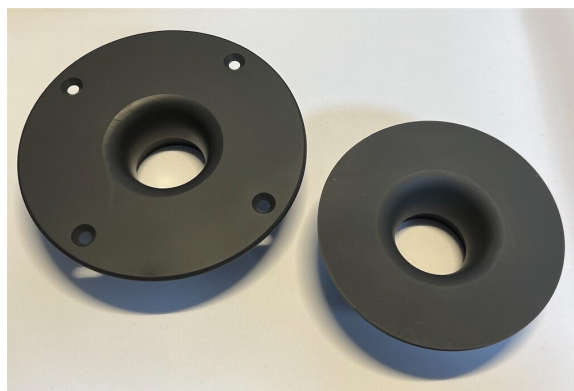
エンクロージャーの詳細な設計は Fusion 360 を使って行いました。前作で板厚15mmとしたところ箱鳴りが気になったので今作は18mmとし、コの字型の補強板を2枚入れることでエンクロージャーの剛性を高めています。板材はMDFです。側板裏にはオトナシートを貼り付けた3mm厚のアルミ板を接着する補強も行いました。

メンテナンス性を高めるために裏板が外せる構造になっています。底面はネットワークボードを取り付けるスペースとしており、補強材を入れていません。



バスレフポートのアダプタの設計

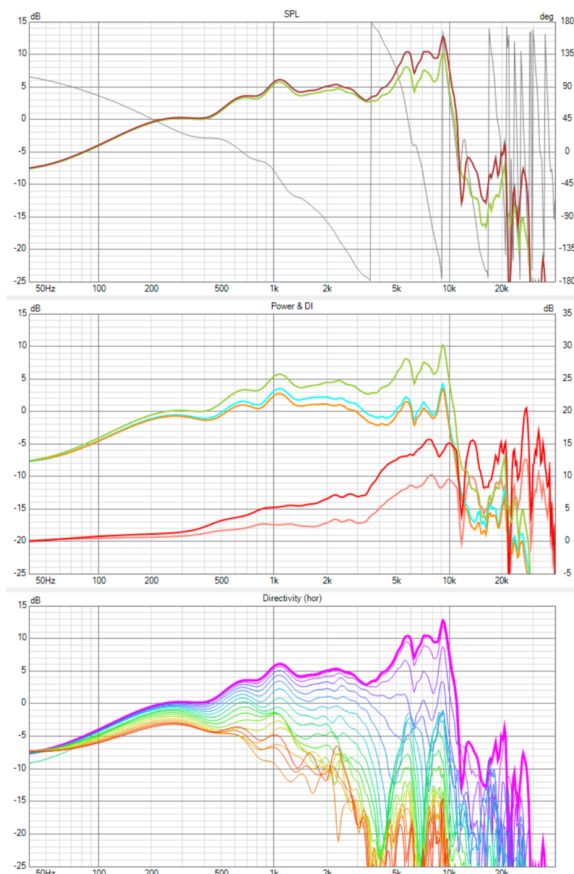
ポート内の空気の流速が速くなることで乱流が発生し、それにとまってノイズが発生する対策としてポート形状をフレア状にすることが効果的と知られています。フレアの形状についてはいくつかの論文で最適なものの



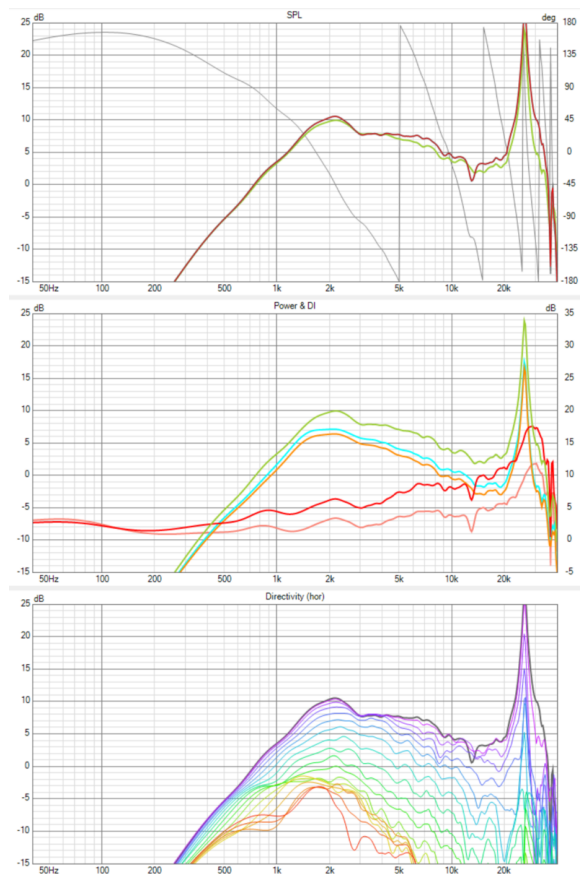
調査が行われており、例えばポート長と同じ半径を持つ円状にフレアを広げるのが最もバランスが良いということや、フリンジを内側にもつけることでポートの対称性が確保されて高調波歪みの改善につながるといった論文がありました。それらを参考にして長さ調整が可能なポートのアダプタを設計・製作しました。

クロスオーバーネットワークの設計

ウーファーとツイーターの単体でのそれぞれの測定結果が以下です。ウーファーは5kHz以降にブレイクアップによる大きなピークがあり、ツイーターについても26kHz付近に大きなピークがあるため、クロスオーバーネットワークではその部分を抑え込む必要があります。ツイーターとウーファーのDirectivity Indexを見ると2kHz付近から乖離が始まっているので2kHz付近でクロスさせる設計にしました。



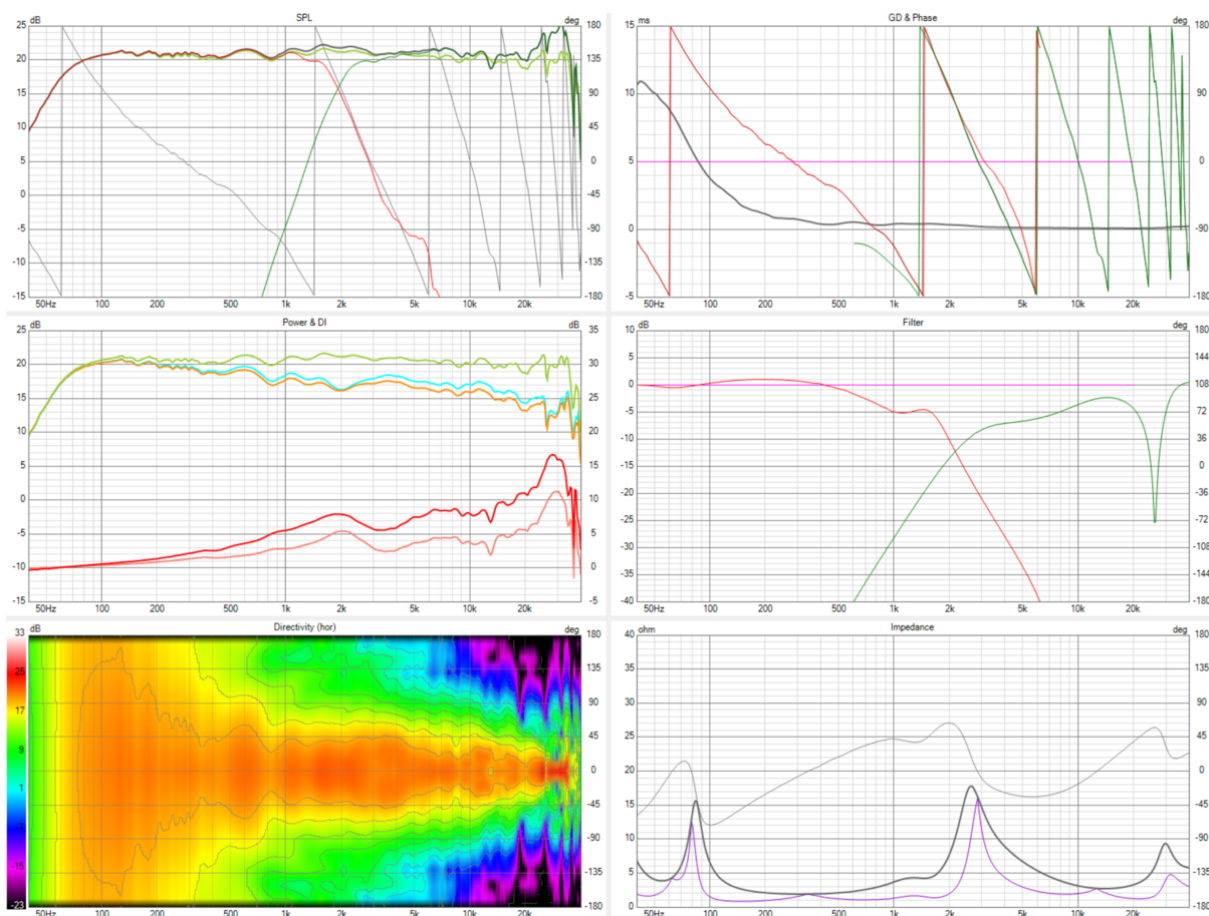
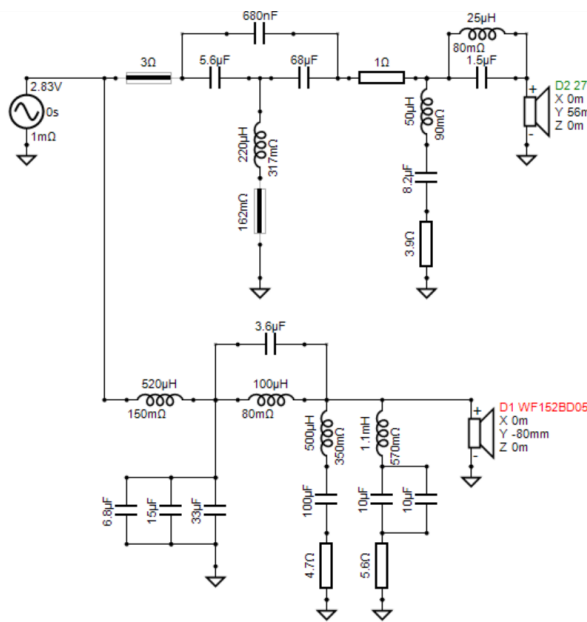
ウーファー単体の特性



ツイーター単体の特性

完成した回路が右です。基本的には2次のフィルタで減衰は十分なのですが、それだとクロスオーバー付近の位相がうまく合わなかったので両方とも3次のフィルタで構成しています。周波数特性を整えるためにウーファ側には3つ(左から約8kHz、約700Hz、約1kHz)、ツイーター側には2つ(左から約7.8kHz、約26kHz)のディッピングフィルタが入っています。

シミュレーション上の特性は下の通りです。推定Preference Ratingは(9)式で約6.2となり、定数を揃えたカスタム式で約6.5となりました。20kHz以降のピークは1段のフィルタでは完全には取り除けませんでした。



エンクロージャーの仕上げ

B&Wのスピーカーの色にローズナットという色があり、その色合いを目指して仕上げを行いました。

まず全体にウォルナットの突板をアイロンを使って貼ります。次に水性ポアーステイン(ワインレッド)を3回ほど塗ります。その後に水性サンディングシーラーを塗って600~800番の紙やすりをかける作業を4~5回繰り返して表面を平滑にし、最後に水性ウレタンニス(つや消し透明)を2回塗って完成となります。室内で作業しているため水性塗料のみで仕上げています。

ウォルナットの木目を生かしつつ、スピーカーユニットの黒が映える色合いになるので、個人的には気に入っている仕上げ方法です。



おわりに

紙面の都合で簡単にはなりますが、製作上で特に気にした部分について紹介させていただきました。その他の細かい部分については製作記をブログにあげておりますので、そちらをご覧くださいいただければ幸いです。

<https://mia-0032.hatenablog.jp/archive/category/Project%3ASummerTanager>