

# 多自由度バスレフ型の最新設計法 - 二副空気室型 MCAP-CR システム作例 - 鈴木 茂

## [概要]

構造の単純な二副空気室の MCAP-CR システムの作例を元に、低音チューニングのためのダクトの設計方法を探りました。

## [1]板取を先に決める

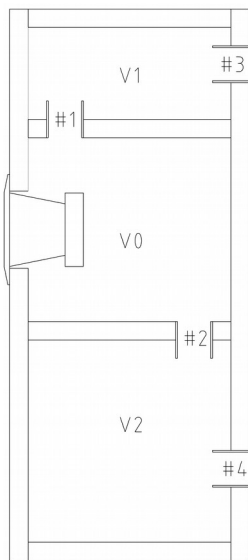


図1 基本構造

バスレフやダブルバスレフの低域のレスポンスの改善を目指した MCAP-CR の特許成立から 6 年が経過しました。その間の試作を通して得られた知見をまとめました。

今回の作例は、サブロクサイズの板 1 枚と角材を使って 1 組を製作する標準設計のものです。

最も単純な標準 MCAP-CR 型エンクロージャーの基本構造は、図 1 のとおりです。主空気室（容積  $V_0$ ）+ 2 副空気室（ $V_1$ 、 $V_2$ ）に、隠蔽ダクト 2 本（#1、#2）、大気露出ダクト 2 本（#3、#4）で構成されます。

ここで、設計の基本方針として  $V_0 > V_1$ 、 $V_2 > V_1$  と決めます。

ダクトは、身近にある材料で適当に作ります。

原材料をサブロク板として、図 1 の基本構造を満たし、合計容積が最大で、ロスが最小であることを最適解とすると、図 2 の板取が最適となります。

この後各容積の配分を決め、ダクトの断面積と長さを決めます。

エンクロージャーを従来法の板同士のイモ付けで製作すると、寸法セットの回数が増えるので、寸法を間違える可能性が上がります。

今回は、縁では板を重ねずに角材を当てる Timber Edge 工法での設計により、切断設計を単純化しました。

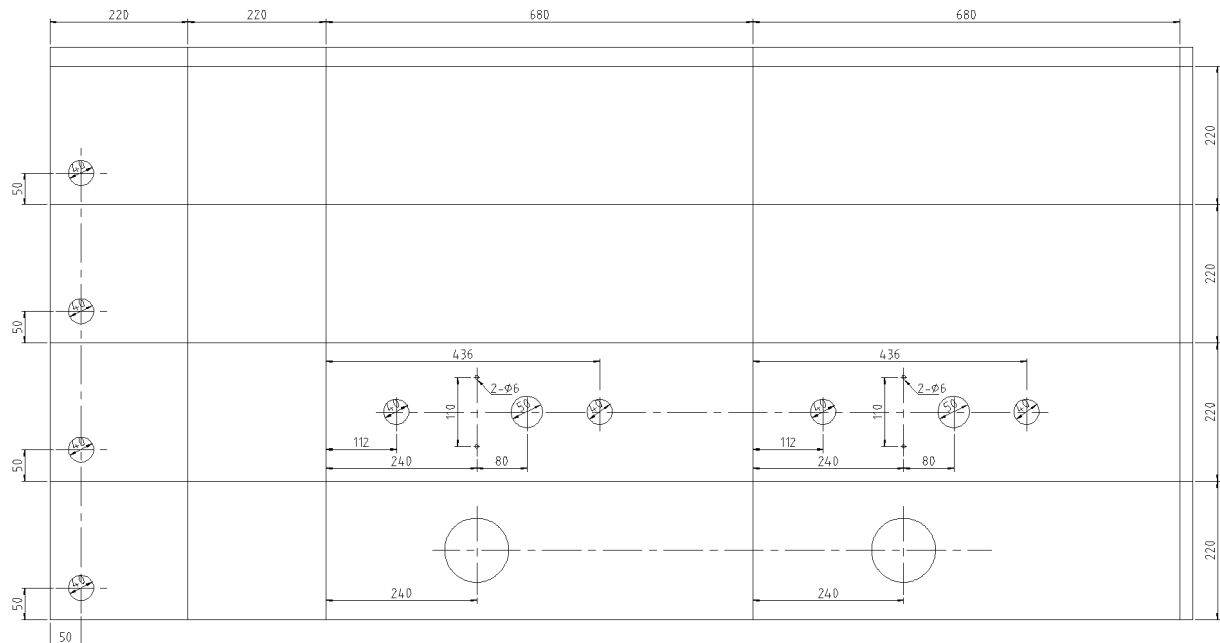


図2 板取図

図 2 の場合、プレカットする寸法が 220mm と 680mm だけなので、ガイドの設定は 2 度で済みます。その他の穴あけ加工は自分で実施します。

自分でパネルソーを操作して切断するのならあと数 mm 大きくできますが、委託する場合は、心理的負担を軽減するためこれ以上大きくしないほうがよいでしょう。

## [2]シミュレーション計算

システムの設計は、この寸法を元に行います。まず、容積の配分は、適当に決めます。この容積配分は製作後は変更できませんが、深く考えずに決めます。ダクトは、トイレットペーパーの芯を使うものとし、手元には直径 40mm と 38mm の 2 種類がありました。

シミュレーションプログラムは、[http://mcap-cr.com/software\\_jp.html](http://mcap-cr.com/software_jp.html) から code004J をダウンロードして使用します。

図 3 が、シミュレーション結果例です。プログラムの詳細は、プログラム添付の説明書その他の技術書類を参照してください。

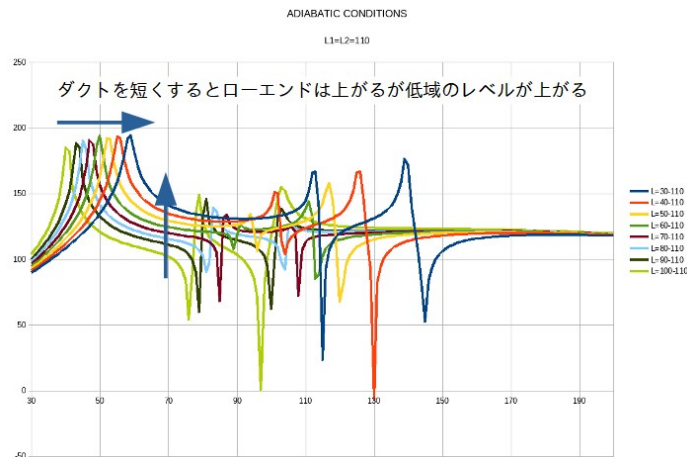


図 3 シミュレーション結果

今回は、ダクト長は、最初すべて 100mm にしていました。これを全部変えてみたかったのですが、内部のダクトの交換が面倒なので、大気露出側だけを変更してシミュレーションしました。線が複数あるのは、大気露出側ダクトの長さを変化させた場合のものです。左の山が左に寄っているものは、ダクトが長く、右側にいくほど短くなるものです。最初は、いちばんローエンドの低い L=100 を選んでいましたが結果として L=40 (大気露出ダクトのみ) に修正しました。

## [3]製作後の修正

従来は、左側の山の位置、すなわち設計上のローエンドに着目していましたが、今回の試作で、ローエンドはシミュレーション結果による山の位置よりもかなり下まで再生できることを再確認しました。このことから、山の右側の中低域のレベルを適切に設計するほうが良いと結論付けました。

最初の設計は、いちばん左側の山を選択して製作しましたが、簡易のオシレーターでレスポンスを確認した結果、大気露出側ダクトの長さは 40mm としました。

この設計では低域のレスポンスが素直で、33Hz まで再生できます。

比較の結果 L=50 でも良く、好みの差の範疇に収まります。

竣工図は、別紙のとおりです。

板取を先に決めてから設計するポリシーとしたため、空気室容量が先に決まります。そして、ユニットに合わせてダクトを決めるもので、この設計の場合、公称径 10cm～15cm 程度のユニットが適当と思います。ダクトのサイズは、シミュレーション計算で決めます。

今回は、スピーカーユニットに、公称径 10cm の DCU-F122W (パークオーディオ) と DVC-1000 (共立/パイオニア) を使用してみました。

どちらも良好ですが、もう少し大きなユニットのほうがいいかもしれません。

## [4]設計に関する補足

ダクトの径や長さの最適解を求めるのは困難なので、大気露出側ダクト 2 本と隠蔽側ダクト 2 本をそれぞれ共通の径と長さにします。

今回は、大気露出側だけを製作後に変更したので隠蔽側とはダクト径が少しだけ違いますが、同じでも良いはずで、

設計によりレスポンスを決める場合、シミュレーション計算が必須ですが、迷ったら、ダクト面積は大きく、ダクト長さは短くするほうが良いようです。

簡易計算シートは、すでに配布を中止していますので、シミュレーションソフトの使用をお願いいたします。

以上

## 無駄のないオーディオ (E-Audio: Engineering Audio, Encouraging Audio,...)

- (1) どこまで目指すか  
オーディオではここまで、という明快な指標があるほう良い。  
私の場合は、生のレベルは求めず、自宅で室内楽がゆったりと聴ければ良い。  
フルオーケストラのレベルは求めない（御殿に住まなければ無理）。
- (2) 生とオーディオ装置の役割分担  
生演奏には、できるだけ接したい。生のほうが集中して聴ける。  
生で聴けないものをオーディオで補完する。
- (3) 良い音  
音は物理的に決まるが、人間が知覚する場合にはそれ以外の影響が強い。

### 物理的に説明しにくい例

耳の位置や方向を変えると測定可能な差ができるのに、ふつうは誰も気にしない。  
ケーブルやコードの差は測定で判別できないのに気にする人が多い。  
暗くすると音が大きく聞こえる。  
考え事をすると音が良くわからなくなる。  
このような、知覚の不確かさには踏み込まない。

### 低音は 33Hz までは実用的下限 - 33Hz の法則

人間の可聴域は 20Hz から 20kHz と云われているが、低音側の可聴帯域には疑問がある。  
20Hz のような低音を歪み無く再生するのは無理なので、高調波を検知している可能性がある。  
33Hz ははっきり聞こえるが、それより下は楽音が混ざると分らない。  
オーケストラでずうんとか来る大太鼓の音は、33Hz 前後が多いようである。  
パイプオルガンも 33Hz を再生できれば、普通のオーディオよりも豪華に感じる。  
それより下は、単独なら多分わかるが何 Hz まで検知できるかはわからない。  
幸いなことに 33Hz は、10cm の多自由度バスレフでも再生できる。  
32Hz は 33Hz より大きな箱が必要（ダクトでもある程度誤魔化せる）。  
生活空間にゆとりがあれば 32Hz まで再生を目指し、そうでなければ 33Hz でいい。

8cm ユニットのシステムでは、37Hz くらいが限界でそれもレベルは低い。  
8cm では 40～50Hz が下限の音楽用途に使用する。

多自由度バスレフは、ローエンドは箱だけでは決まらず、振動板面積がものをいう。  
ローエンドは、シミュレーション計算ではよくわからない（今後の課題）。

私のスピーカーシステムは、以上の考えでスペックを決めています。

### 準備したソース

- (1) Valerj, Versetto I: Adagio, Organo Dacci di Montegliano, または、  
Moretti, Adagio, Ronchis, Organo De Lorenzi, GB 5096-2, BONGIOVANNI
- (2) Bach, “Komm, Gott, Schopfer, heiliger Geist”, BWV 667, An der Steinmeyer-Orgel, Schäfer, CR990601
- (3) The Rite of Spring - Ritual of Abduction, Gergiev, Kirov Opera Orchestra 468-035-2, PHILIPS
- (4) The Rite of Spring - Ritual of Abduction, Simonov, Royal Philharmonic Orchestra, FRP-1060
- (5) Prokofiev, “The Gambler”, Gergiev, Kirov Opera Orchestra, 454 559-2, PHILIPS
- (6) Poulenc, Dialogues des Carmélites, “Salve Regina”, Théâtre National de l’Opera de Paris, 7243 5 68845 2 2, EMI (1958)
- (7) Puccini, “La Bohème”, Leinsdorf, Rome Opera Orchestra and Chorus, Anna Moffo, 3969-2 RG, RCA (1961)
- (8)- Beethoven, Piano Sonata no.3 in C major, op.2, no.3 Scherzo Allegro
- (11) Barenboim, Goode, Gulda, Kovasevich
- (12) Paganini, Sonata II, Adagio, Mosche Hammer (vion), Norbert Kraft (guitar), 8.533141, NAXOS
- (13) Bill Evans Trio, My foolish heart

