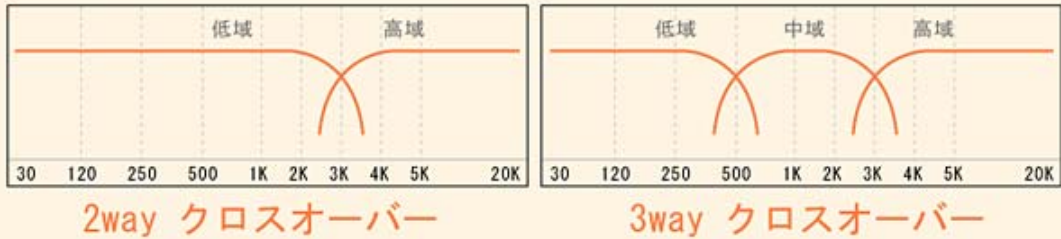


●2作目のスピーカー「WV-00」を作り、
 それにあわせたネットワークを本格的に作ってみた。
 最初は「みようみまね」だったが、最近は色々とわかってきた気がする。
 自作暦2年で2作品だが、実験にかけた時間は膨大。
 まだまだ経験を積みねば、とも思うが、ここで解ってきた事を書いてみます。
 グラフは大まかなもので、ニュアンスでとらえてください。
 内容に間違いがあれば、ご遠慮なくご指摘ください。

クロスオーバーとは？



●クロスオーバーとは特定の周波数帯域を分割するフィルターのこと。
 フルレンジ1本では難しい、超低域から超高域をカバーする為に複数のユニットを使う場合にもちいられます。
 フルレンジとの大きな違いは「ワイドレンジ」でしょうか。
 私の目指す特徴はズバリ中域・「ボーカル」の質感と「バランス」です。
 おもに張り出し具合とクリアー加減。そこにネットワークの奥深さがあります。
 ここでは、2way（ウーハーとツイーターの2個）のネットワークを基準にしていきます。

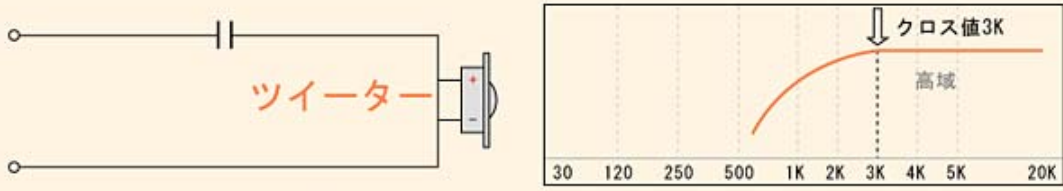
必要な材料



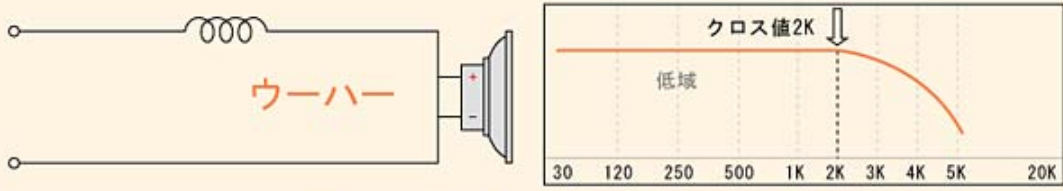
🌀 コイル (L) || コンデンサー (C) ⚡ 抵抗 (R)

●材料はコイル、コンデンサー、抵抗を使います。
 コンデンサー（電解）と抵抗は1個100円位、コイルは300円位の物ではじめは十分。
 コンデンサーの質については二の次で、まずは特性を知る事が大事です。
 基盤や木のベースに取り付けるのも後からで十分。気軽にやりましょう！

基本、コイル・コンデンサーのやくわり



ハイパスフィルター・高域のみを通す



ローパスフィルター・低域のみを通す

ツィーターにはコンデンサー、ウーハーにはコイルをユニットの + 配線に 直列 で接続する。何も接続しない場合は、スルーという。

- ウーハーとツィーターの位相を合わせるために（体感的には音のまとまり）6dB/octの場合、どちらかを逆相(+と-を逆に接続)にします。

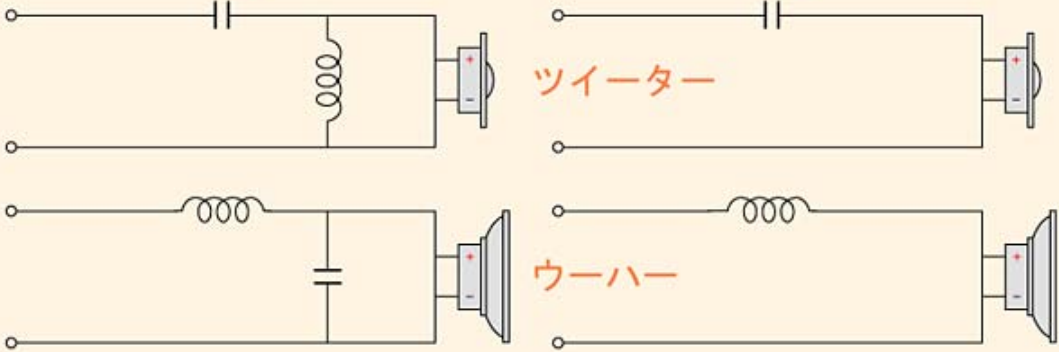
スロープ特性



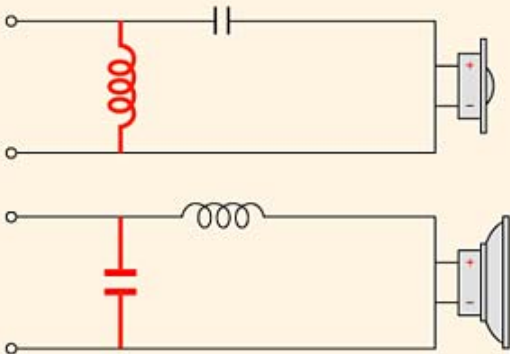
12dB/oct

6dB/oct

回路図



12dB/oct は、コイルとコンデンサーを **並列** に追加する



←これは**ダメ!**

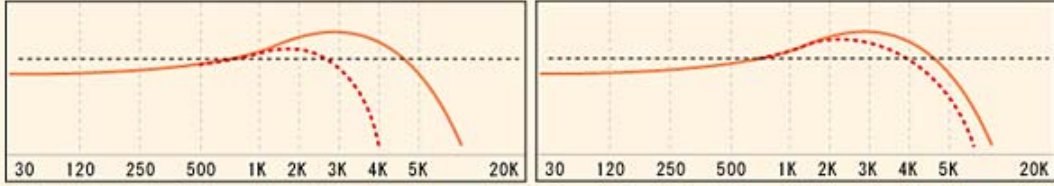
音が小さくなります

- この他に18dB・24dB/octがあり、スロープの角度が急になっていきます。

なぜカットが必要なの？



ウーファーのインピーダンスは高域に向かって上昇するから



12dB/oct 2Kでカットした場合

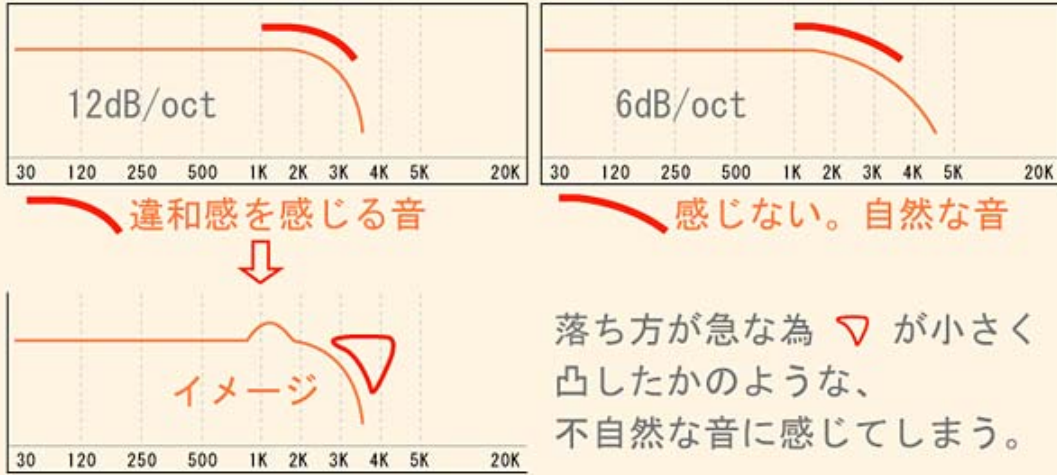
6dB/oct 2Kでカットした場合

ウーハーが図のような特性の場合、6dB/octはなだらかに落ちる為、あまり意味がなくなってきました。

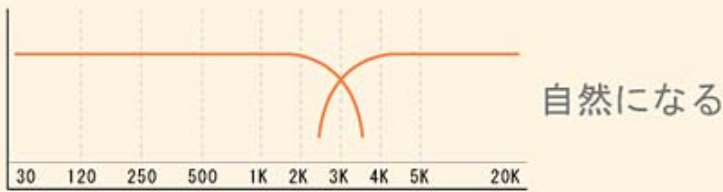
2Kでカットする予定を、1Kにするのも有効な手段。



ウーハーをカットしてみよう！



だが、ツイーターを追加すると

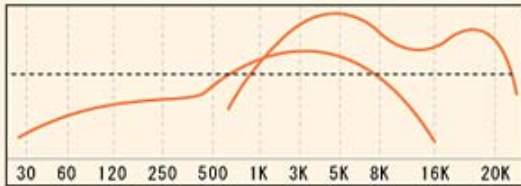


ちなみに



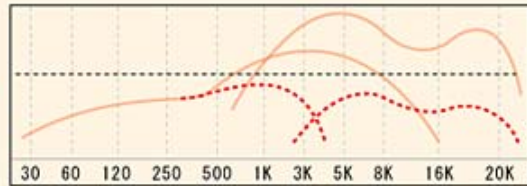
- ウーハーだけではなくフルレンジで試す事もできます。
- 6dB/octの良い所は自然で聞きやすい音。
- 悪い所は、ハモリというか重なりが多いので雑身を感じる。ボーカルまわりの音が多くなる為、ボーカルは薄く味気のない音。
- 12dB/octの良い所は、濃厚で深みができる事。ボーカルまわりの音が少ない為、輪郭がくっきり浮いてきてシャープになる。
- 悪い所は、ボーカルが不自然につっぱったり、変な響き音などが生じてしまう。これはカットする場所にもよるが、エンクロージャ自体の響き・箱鳴りとは別ものです。
- エンクロージャが響く素材で、さらに中域を響かせてしまうと、中域凸でうるさく感じるスピーカーになりかねません。
- 最終的にどれくらい響かせるのが気持ちよさのカギとなります。
- メーカー製スピーカーのほとんどは12dB/octが採用されています。

スルーでポン付けした場合

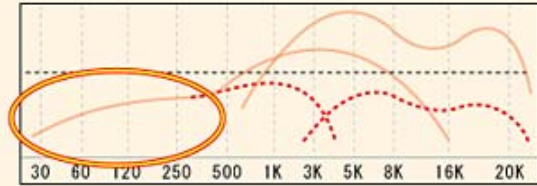


↑聴感上こんなが多いが

○の低域は、ユニットの能力や、エンクロージャを工夫して持ち上げるしかないもしくは、さらに能率を下げる

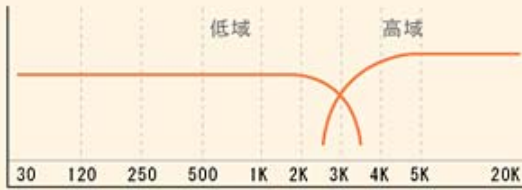


ネットワークしだいで-----にできる
だがご覧のとおり、能率が下がる

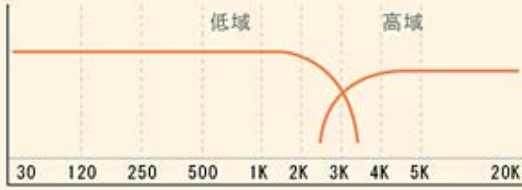


●あばれの少ない落ち着いた音色、気持ちいい音ができるように目指していくと自然に能率が低くなります。メーカー製スピーカーはその影響で能率が低い物が多いです。

能率



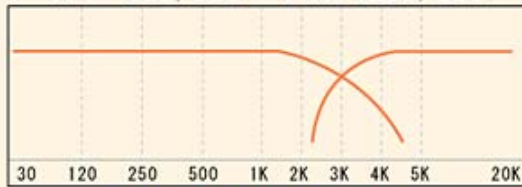
聴感上、ツイーターが強く感じる事が多い



実際は、こんな感じが聞きやすい

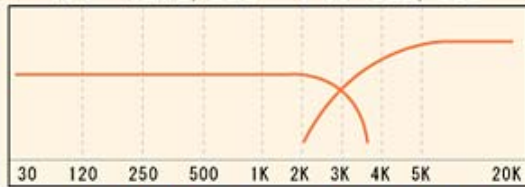
ユニット別にdB/octを変えてみる

WF 6dB/oct・TW 12dB/oct



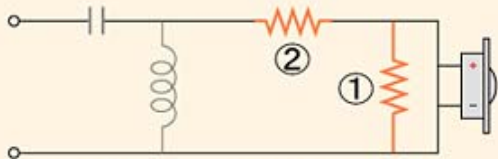
能率が合いやすい

WF 12dB/oct・TW 6dB/oct

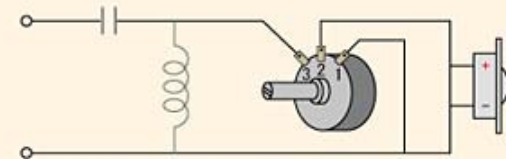


高域が強く、聞きづらい

そこで、能率を合わせるには？



固定式アッテネーター



可変式アッテネーター

ツイーター、ウーハーが同能率だからといって聞きやすいよは限らない。

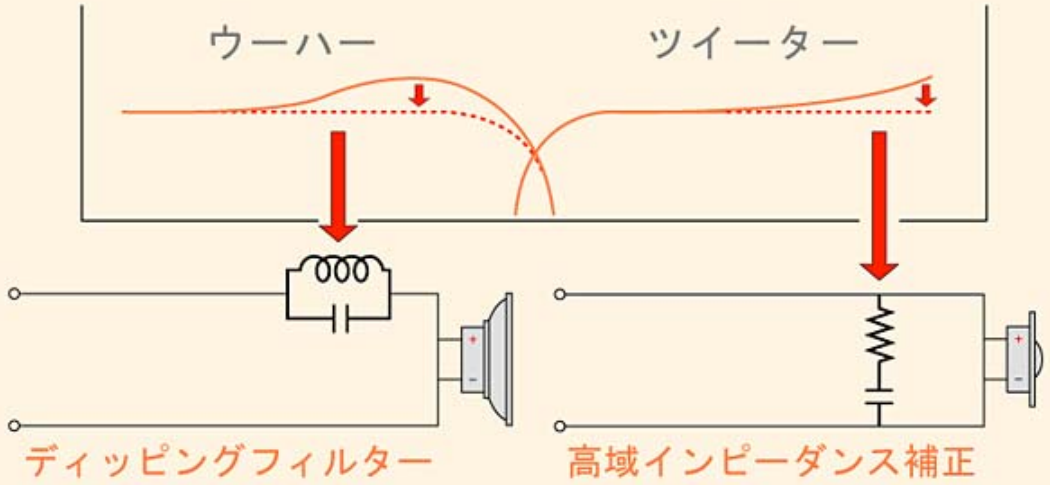
能率を合わせは、小音量でする事！

●私はよく大音量で合わせるので、小音量にした時こもったように感じる場合があります。そこで便利なのが可変式アッテネーター。ほとんどはツイーターにセットします。

コイルとコンデンサーで組み合わせたネットワークのみで、ほぼバランスが取れているならアッテネーターは必要ありません。高域・ツイーターだけ少し落としたいなと感じたなら、直列コンデンサーの後に抵抗3Ω~6Ωあたりを入れて調整してみてください。

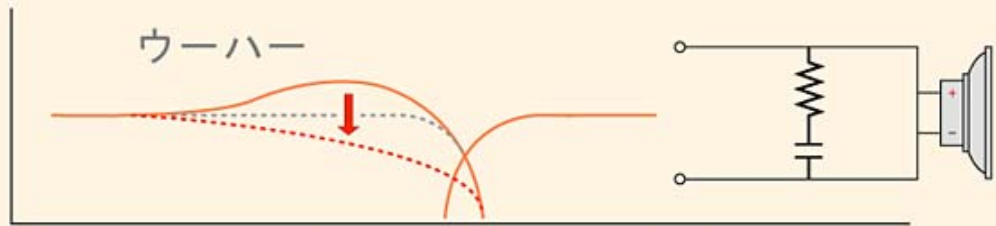
メーカー製で「ぜんぜん音が変わらないよ」ってものありますよね。それは固定式アッテネーターを3通り作りロータリースイッチで可変させてる、そんな場合によく見られます。

次は一步進んだ、高度なテクニック



ある部分が凸でた嫌味な音に感じた場合、効果的

だが

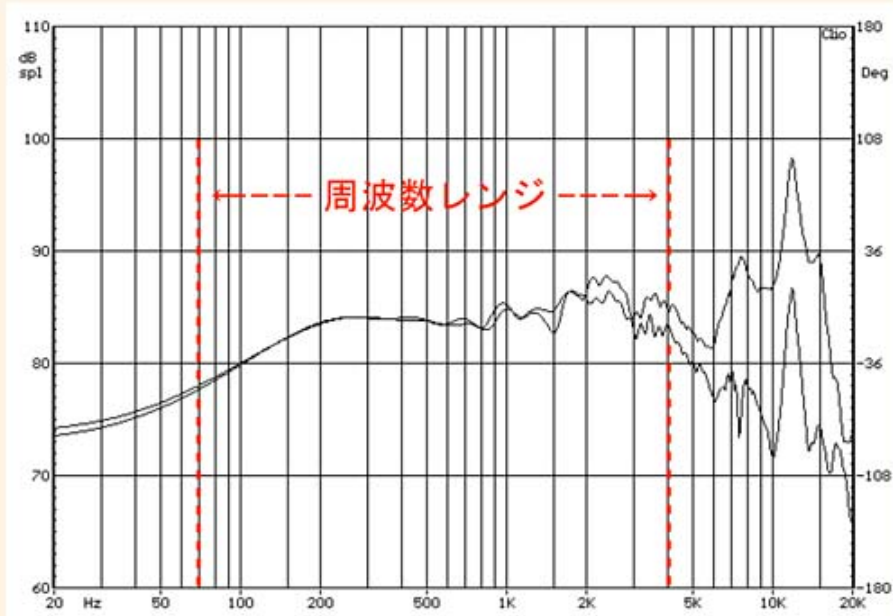


ウーハーに高域インピーダンス補正をおこなった場合

おいしい所まで落としてしまう場合がある

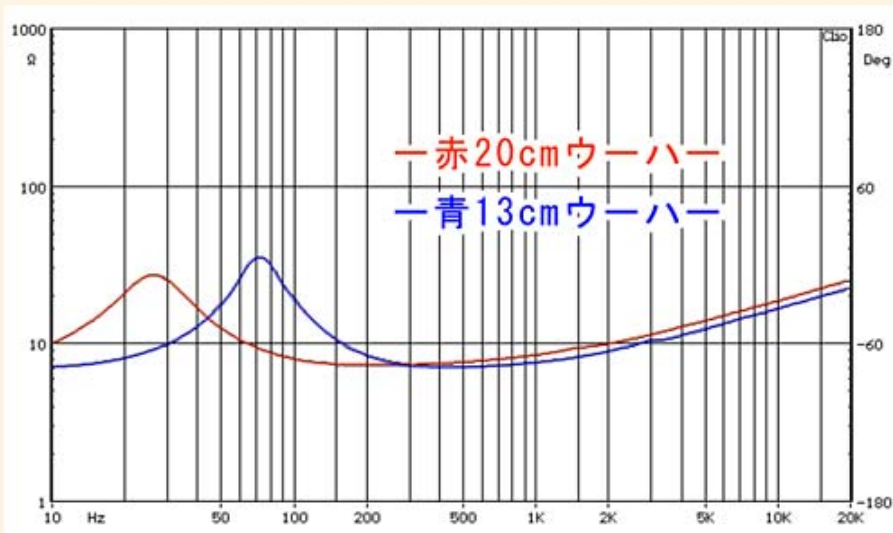
●これもカットする場所により変わってきます。
 ディッピングフィルターはフルレンジにも有効なので変化もわかりやすいですが、
 2wayではわりと高度な技術となり、諸刃の剣とも言える装置でもあります。

ちょっとこれを見てほしい



これは13cmウーハーの、周波数特性をあらわしたグラフ
 レンジは 70H~4KHz で20Kで急激に落ちているが
 10Kまでは普通に聞こえるだろう。

スルーにした場合、5K以上はツイーターと
 カブってしまうので、聞こえにくいですが雑身はある



↑こんなインピーダンスを見た事ないだろうか



4K以下、12dB/octで
 カットすれば問題ないが

ツイーターも同じような特性が多い
 だから、インピーダンスの補正をする必要がある

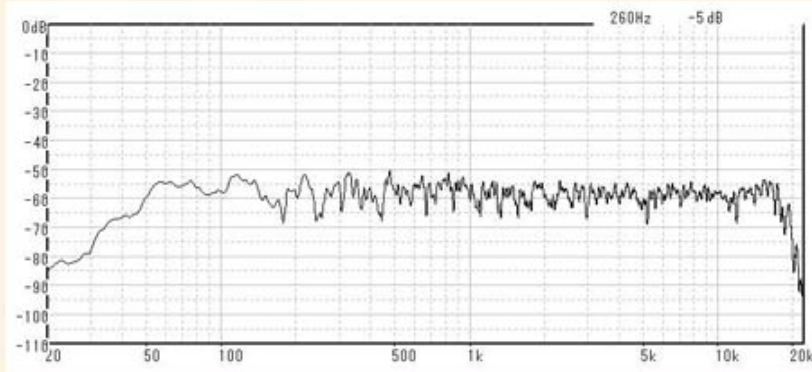
●よく高級スピーカーなどで、静粛性があるとか、分解能力が高いなんて言われているものは、このへんをしっかりと整理していると思われます。

グラフで赤いほう (20 cm) は、より低い位置での山があるが、50Hz~100Hzでピークのある青 (13 cm) の方が聴感上、実際に聴いた場合気持ちよく感じる場合もあります。

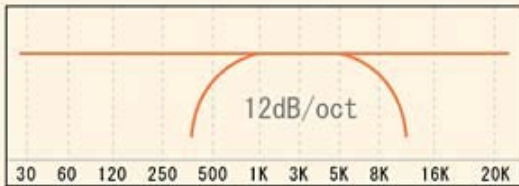
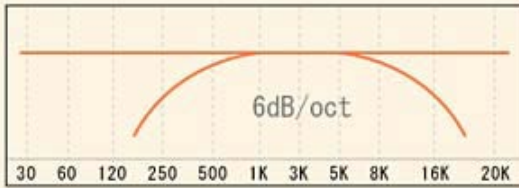
JBLの4312系はウーハーがスルーなので、ソースによっては凄く耳障りな音、ボーカルがうるさく感じる事ってありませんか？

そんな時はコイルでカットしてもいいのですが、それだと音数がかかなり減ってしまうので、高度なテクニックですがディッピングフィルターを用いられる事もありません(モニター系スピーカーの場合)。ですがスピーカーの味、「JBLらしさ」がなくなってしまうのが弱点です。

フラットは、いい音なのか？



フラットにしたい場合、測定機がなければ難しい

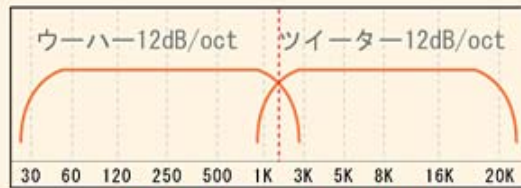


部屋で試聴の場合
高域がうるさい、と感じる位が
グラフに近い値となる

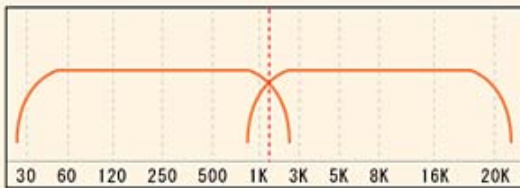
●上のサインスイープ特測定は、PA用スピーカーで野外用に調整されたもので、見事なフラット感です。ですがグラフ上でフラットだからといって、実際に出てくる音が良いとは限りません。周波数特性はあくまでもスピーカーやユニットの音のメモリ、雰囲気であり、音質=にならない場合が多いのだと経験しました。上のグラフは野外での特性であり、室内の場合はまた変わってきます。高域がうるさく感じられるかもしれません。だから音とは、実際の環境でより気持ちの良い音を出せるのが、ベストな周波数特性だと思っています。

迫力ある低音、出したい！？

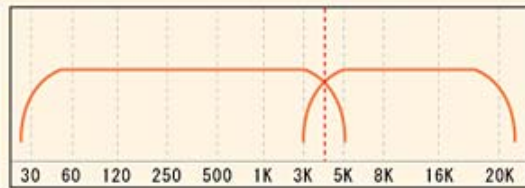
大まかに分けると **3タイプ** のクロスオーバー



バランス重視の 2.5K



ボーカルクッキリ 1.5K



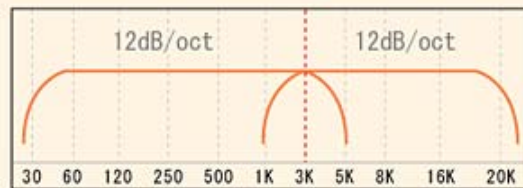
厚いボーカル 4K

1.5Kが、低音出しやすい

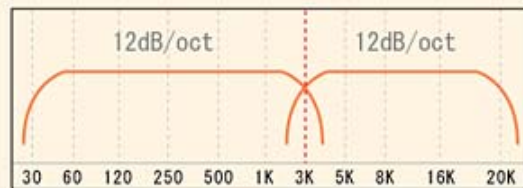
- 中高域がじゃまで低音が聞こえにくくなる場合がありますが、それらの多くは能率合わせでも解決できます。ネットワークで低域の量感を増やしたいなら一般的に、1Kや1.5K等、低めでズバツとカットしてやるのがベストです。その場合下が出る、低い周波数まで出せるツイーター必要になり、中域・ボーカルはツイーターの能力が音質に反映されてきます。500Hzあたりから出せるホーンなど良い組み合わせだと思えます。一般的なドームツイーターはだいたい2kHz〜が目安になるので、あまり下まで出してしまうと不安定な音になったり、変な残響音・エコーのような音が強くなってしまう場合もあります。それらをうまく組み合わせで倍音成分として活躍させる高度なテクニックもあります。1.5kHzあたり以上の低い位置でのクロスは、一般的に3wayとなってくるので、2wayの場合は1.5kHzあたりがギリギリだと思えます。8cmや10cmの小口径ウーハーやフルレンジでの2wayの場合、クロスは低いほうがより低域の量感を感じやすいです。ツイーターの役目を少なくして、ウーハーから出る中域・ボーカルを重視する場合クロスは高め、4~5kHzに設定します。スーパーツイーターを追加する場合は、7kHz~10kHzあたりの組み合わせが多いです。

補足

クロスオーバー周波数 3Kの場合



ウーハーもツイーターも3Kでカットするかと思っていたが



実際は、少しあけてカットする

●ネットワークって何？くらいに思っていた最初の頃、カタログにクロスオーバー周波数3Kとあれば、ウーハーもツイーターも3Kでカットするものだと思ってました。

ですが実際にはそれよりも離れた数値でカットしてあり、周波数特性表の重なるポイントでクロスオーバー値を決めているようです。

他に私の教科書であるメーカー製スピーカーを数多くメンテしていると、けっこう間をあけてカットしてる事も多いです。

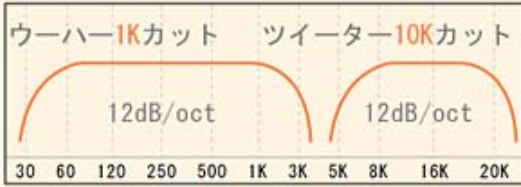
クロスオーバーが3k表示なら、ツイーターは3.5Hz~4.5KHz位。ウーハーは500Hz~1KHz位に設定してるなど。もう一つ、

例えばウーハーの3Kカットがフォステクスのデータシートで見ると

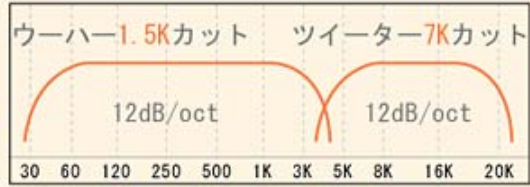
コイル1mH・コンデンサー10 μ Fだが、メーカー製スピーカーではコイル1mHにコンデンサー15 μ Fとか20 μ Fとかコンデンサー値が大きく摂られており、データシートにあてはまらない組み合わせがほとんどでした。なのでデータシートはあくまでも基本的な目安であると思ったほうがいいかもしれません。

メーカー製ネットワークの不可解な組み合わせは、なんとなくやってみたというような味なのかもしれません。そんな設計者の意図までわかるようになってくると、自作スピーカーとメーカー製スピーカーの差がぐんと縮まってきます。

つながり？



これはさすがに悪いが



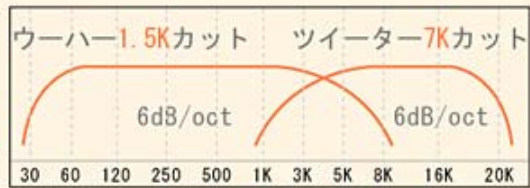
これはギリギリ大丈夫



○の部分、音が小さくなるが完全に消えるわけではない



これは大丈夫



これは余裕で大丈夫

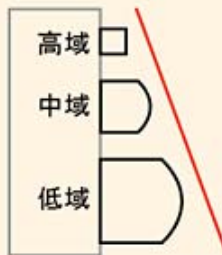
1K~5K辺りのカット、さほど気にする必要はない

●つながりは=気持ちよさにもなるので、数字上のスペックはあまり気にする必要はありません。これもネットワークを作る上でのテクニックの一つです。

バランス

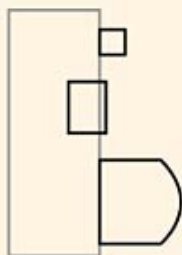
これが一番大事！ ようは能率

低域~高域まで
バランスの整った
ものとする



□ 硬い音

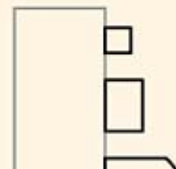
◐ やわらかい音



←クリアーな
中域は
声が引っ込む

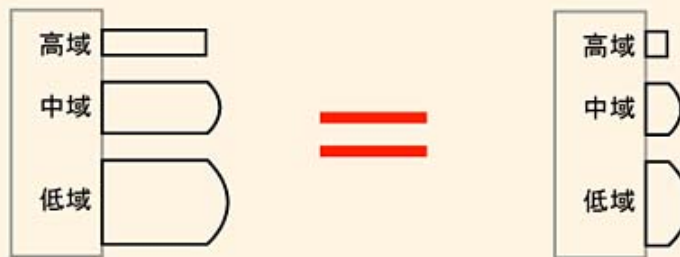
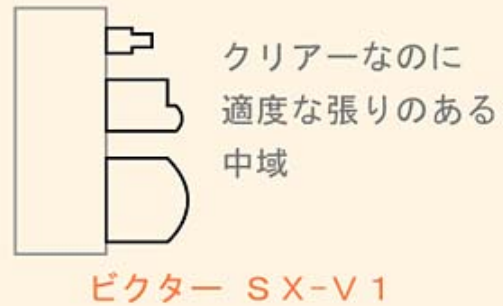


←厚みがある
中域は
声が張り出す





イメージ

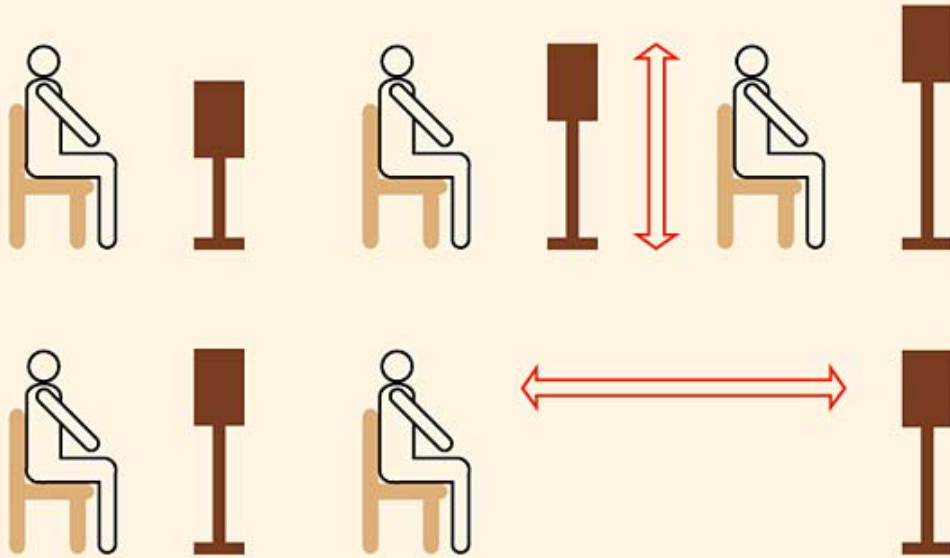


どんなに重低音がでようと、高域が強くバランスが悪いと意味がない

●ここで言うバランスとは好みの問題も多く、やはり低域から高域まですべて気持ちよく聞こえる音というのが、ご自身にとってのバランスの取り方でしょう。一般的にはツイーターとウーハーは高域4：6低域くらいにしてるのが多いです。あくまでもバランスは=好み、と感じる割合が大きいので、メーカー製でバランスの良いスピーカーに当たる事のほうが少ないです。

自作でネットワークを作る場合は、バランスを完全に好みで合わせらるメリットがあります。ですがバランスを取るのも簡単ではないので、最初は可変式アッテネーターに頼るのが得策さと思います。それとベンチマークになるスピーカー。自分好きなスピーカーを基準にすれば、より合わせやすくもなります。

ではバランスはどうやってとるのか？



●図のように、リスニングポジションの違いでも聞こえ方が大きく変わってきます。










普段何気に聴いているスピーカーですが、場所をずらしてみる、上下反転させてみる、ネットワークをいじらずとも、そんなやり方もあります。より気持ちいいと感じるベストポジションを探してみてください。私はウーハー＝腹の前が好みです（^^；

それともう一つ、「耳慣れ」とは怖いもので、普段シャリシャリしたスピーカーを聴いていると、どんなにバランスの良いスピーカーを聴いても、一瞬こもって聞こえたりもします。逆も、もちろんあります。関西の人が東北の味はしょっぱすぎて食えない！といった感じでしょうか。なので私がメーカー製スピーカーの聞き比べをする時は、多種類同時におこない、必ずベンチマークにしているスピーカーもあります。

プロのスタジオでスピーカーが何個もあるのは、部屋で聴いた場合、車聴いた場合、大きいスピーカーで聴いた場合、ラジカセで聴いた場合などを、違う環境を想定してのものです。

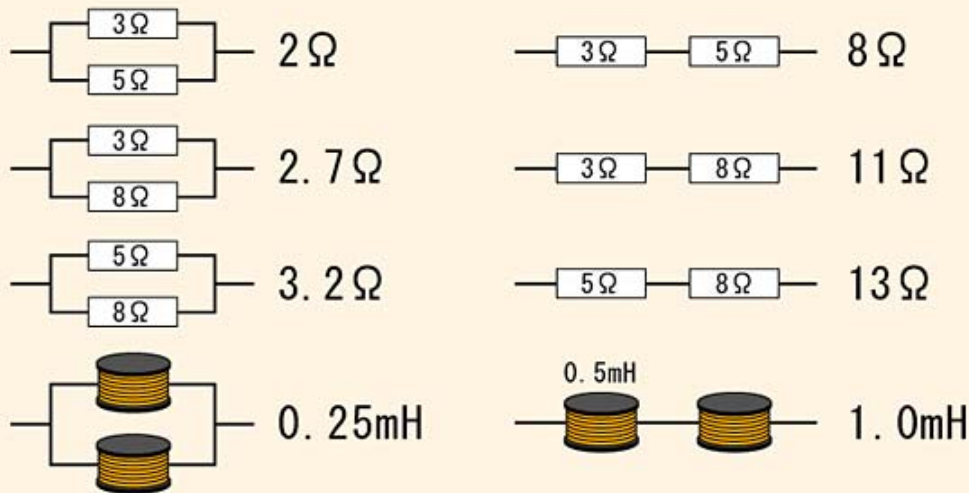
お手軽ネットワークの作り方

用意する物（片側実験用）

-    コイル 0.4~0.5 3個
-    コンデンサ 2.2µF 4.7µF 10µF 各1個
-    抵抗 3Ω 5Ω 8Ω 各1個

使い方

組み合わせにより、何通りもの使い方ができる



コイルは基本的に抵抗と同じ（実験結果より）

● コンデンサーと抵抗は安くて気軽に使えるが、コイルは中々そうもいきませんよ

ね。

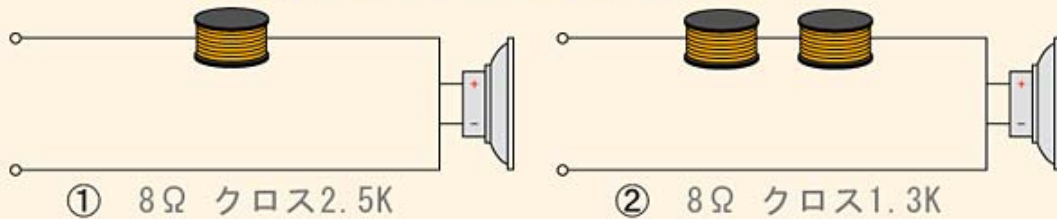
私は10個セットなどの安いコイル（0.5mH）をほどいたりして0.1~0.4mHのものを作り試したりもしています。（測定器が必要です）

ツイーターにコイルの組み合わせは、わりとシビアなセッティングが要求されます。ワンポイントテクニックであるように、コンデンサーは最初から種類にこだわる必要はありません。電解コンデンサーは高域が出ないので低域が多く出てるように感じますので、高域をもっと繊細な音にしたいときはフィルムコンデンサーにするえばいいし、低域を出したいなら電解コンデンサーにすればいい。そんな特性を利用するのもテクニックの一つです。ただ電解はコストでの意味合いが大きいものなので、フィルムにしておけば間違いはありません。より求めるなら、耐性を400Vに、抵抗は無誘導にしたほうが効果的です。

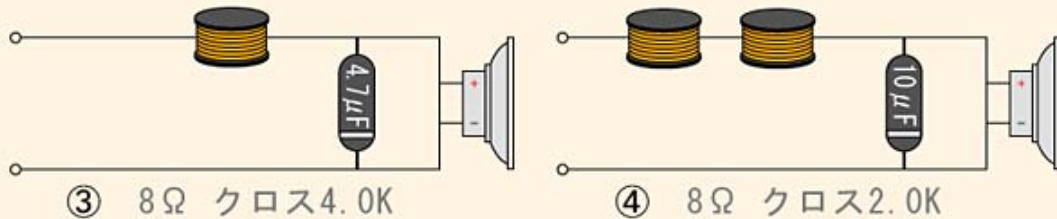
つなげてみよう！

まずはウーハーを使って、音の違いを確認してみる

コイルを直列につないでみる（6dB/oct）



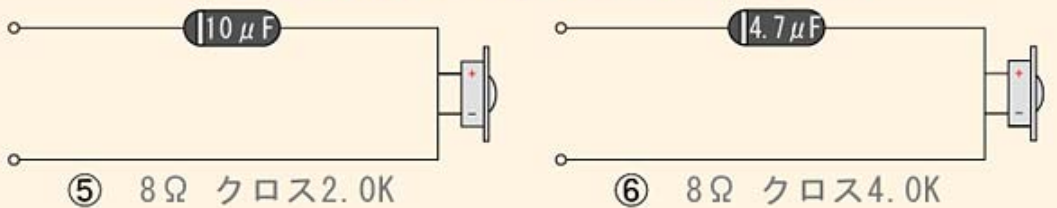
コンデンサを並列にたしてみる（12dB/oct）



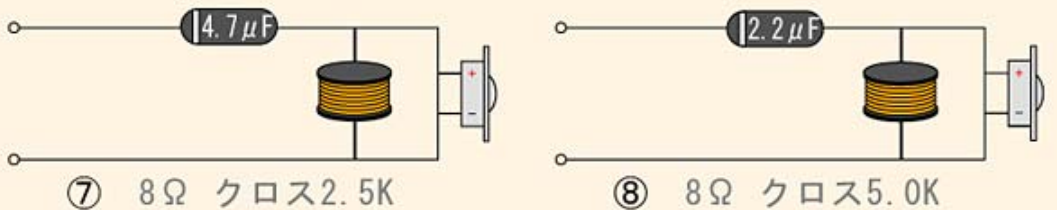
①と④は近いので、6dBと12dBの違いを確認できる

次にツイーターを使って、音の違いを確認してみる

コンデンサ直列につないでみる（6dB/oct）



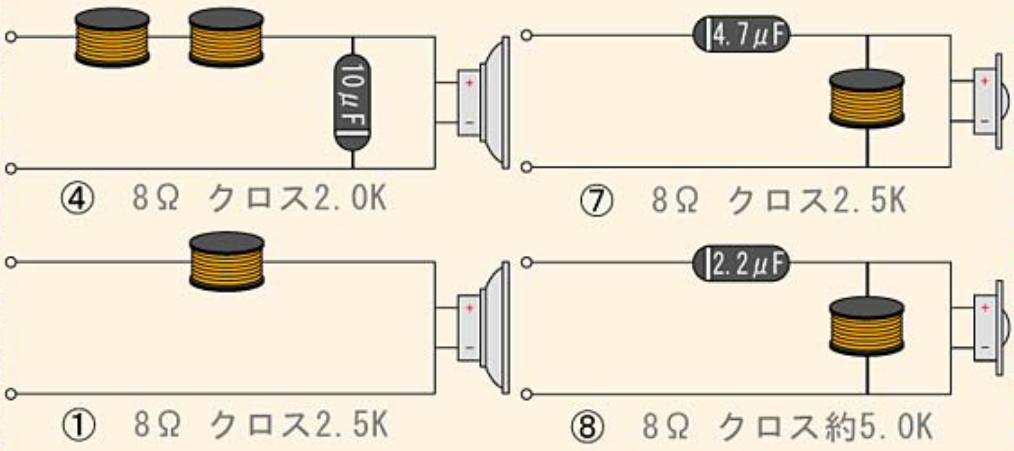
コイルを並列にたしてみる（12dB/oct）



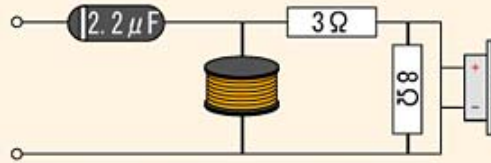
⑤と⑦は近いので、6dBと12dBの違いを確認できる

⑤の6dB/2.0Kは、下の方まで音が出てる事が確認できる

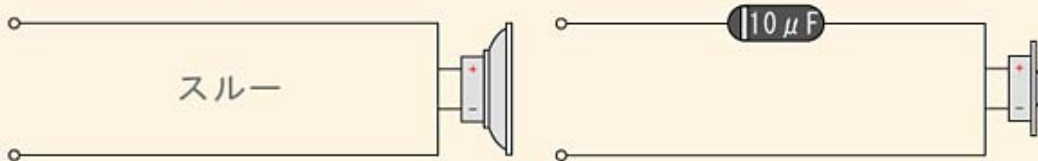
組み合わせ



④と⑦ ①と⑧が無難な組み合わせ

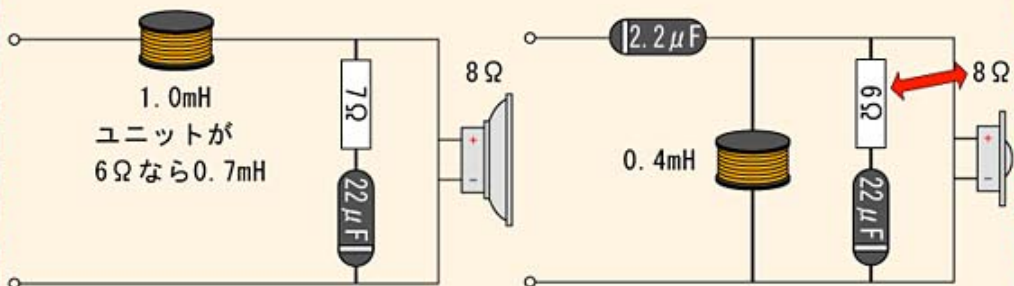


ツイーターがうるさい場合、こんな感じで抵抗を入れてみる
3Ωは入れずに、8Ωの所を5Ωに変えてもよい



こんなのと聴き比べもしてみて

私のオススメ



Ω 抵抗はユニット（能率）により変わってくるが、
図のような補正の場合、ユニットのΩより1~2Ω低い数値。
ウーハー、ツイーターが共に同じ8Ωなら
ツイーターの抵抗は、ウーハーより1~3Ω下げる。
ツイーターの 2.2μF はかなりシビア。3.0μF でもよい。
1μF~5μF、0.5の違いでガラッと変わる。

無難な所をチョイスしてみました。
オススメはたくさんありますが、↑は
クリアーなのにコクのあるボーカルが楽しめます。

●さて、なんとなく意味を理解してきた所で、実際に作ってみましょう！

↑のオススメは普通の考え（定義）ではやらないような事を、あえて載せてみました。

ネットワークの奥深さが体感できると思います。

インピーダンス補正用のコンデンサーは $6.8\mu\text{F}$ ・ $12\mu\text{F}$ ・ $22\mu\text{F}$ で調整してください。

ツイーターのエネルギーがなくなる場合は、つけないほうがいいです。

ツイーターのコイルを 0.3mH にして、 $6.8\mu\text{F}$ のコンデンサーを抵抗とコイルの間にたし、 18dB/oct にしても深みがでておもしろいです。

抵抗やツイーターはシビアなので色々試してください。

抵抗や電解コンデンサーは表記の数字よりも、実測値が高いものが多いです。

$2\Omega \rightarrow$ 実測 2.6Ω 、 $3\Omega \rightarrow$ 実測 3.8Ω 。 3.0 が欲しいときは苦勞しました。

0.5Ω 表記が、実測 2.2Ω ！なんて物もありました（^^；

なぜネットワークにこだわるのか？

私はボーカルの質感が、ガラッと変わる所に魅力を感じています。

どんなにすばらしいユニットでも、ネットワークがダメなら、安っぽい音になってしまいます。逆に安いユニットはそれなりですが、ここをビシッと決めてやればすばらしい音に変わるのも事実です。それだけネットワークは重要視していいパーツだと思います。まずは、お手持ちのメーカー製スピーカーのネットワークいじりから始め、次に自作したネットワークを試すのもいいでしょう。「データシート」はあくまでも目安なので、それにとられる必要はまったくありません。数値にこだわり過ぎるとおもしろ味が無くなるかもしれません。

ネットワークで変化のでやすい中域。

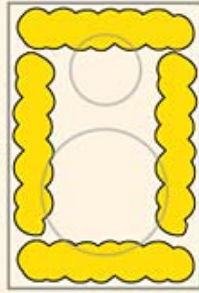
特に男性ボーカルや、女性の低くなる瞬間の声、なんというか演歌のコブシみたいな音。

そんな所を力強く、クリアで生々しい音を出すのには苦勞しています。

おつかれさまでした！

いかがでしたか？楽しめましたか？

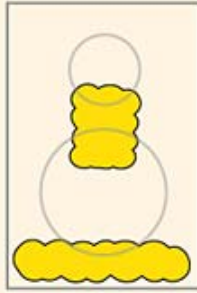
好みの音色が決まったら、最後の追い込み、吸音材で微調整します



まんべんなく全体に



響きが一番強い
クロスによっては、
眠くなるほど心地いい



底と背面少々



バランスタイプ



入れない



響きが少なく
乾いた音

合板・無垢・MDFなど、材質の違いによる響きよりも
差が歴然で、キャラクターがガラッと変わります。

●最後に。

吸音材は全体音のまとまりに大きな役割をもたらします。タツプリ入れると高域が吸われ中域が響くようになります。ここもやはりバランスが大事ですが適度な響きは、音楽を聴く上で心地良さをもたらせてくれます。響き過ぎや、逆にまったく響かない音は気持ちよくありません。オーケストラやピアノなど響きすぎて気持ち悪く感じる時は、吸音材を全部取っ払っても構いません。ですが吸音材がぎゅうぎゅうに詰められたモニタースピーカーとは逆の特性になるので、正確性には欠けるかもしれません。

ただクラシック愛用の人は音質よりも、演奏にこだわる人が多そうですね。

無垢やフィンランドバーチなどの高級な材料は響きがいいとありますが、値段の安いコンパネ（合板）やパーティクルボードでもチューニングしだいでは、それら以上に綺麗な響きを出せます。これであなたも、マニアの世界に片足をつっこんだことでしょう（笑



TOP

