

理論と測定で読み解く

サブウーハー 使いこなし術



<写真>

オーディフィル SW-1

本書を手にとってくださり、誠にありがとうございます。当初、オーディオフィルのサブウーハー「SW-1」のユーザーマニュアルとして本書の作成を始めましたが、サブウーハーを使いこなすための汎用性のあるノウハウが多数含まれていることに気づきました。そこで、製品に同封するだけでなく、一般の方にも広く読んで頂くためにPDF版を公開することにしました。

特に、第二章～第三章、第四章の後半～第五章で紹介するサブウーハー調整方法は、様々な家庭用サブウーハーでも十分に活用できる内容になっています。

サブウーハーは、クロスオーバー周波数や位相を調整して、様々なメインスピーカーに合った特性を作ることができます。しかし、これはかなり難易度の高い作業です。例えば2wayスピーカーでクロスオーバー設計を行うときは、測定器やシミュレーションを駆使することがプロ・アマ問わず主流になっています。もちろん、サブウーハーを検討している方の全ての方がこれらの道具を使いこなしている訳では無く、その多くが聴感だけで調整を進めているというのも事実です。もし、これらの調整が上手くできないために、せっかく購入したサブウーハーに対してネガティブな印象を抱いてしまう事があるとすれば、それは勿体ないことです。

本書の第二章では正しい設置方法を、第三章ではクロスオーバー設計の理論を説明します。第四章では、サブウーハー活用の実例を示します。第五章では、聴感だけでサブウーハーを調整する時のポイントを解説します。

サブウーハーは、適切に調整をすることで本領を発揮します。本書がサブウーハー活用の手引きとなり、お手持ちのオーディオシステムの満足度向上に役立つことを願っています。

オーディオフィル 代表
カノン 5D

第一章：接続方法の概要

SW-1 は、ステレオシステムにつき 1 本から使用可能です。

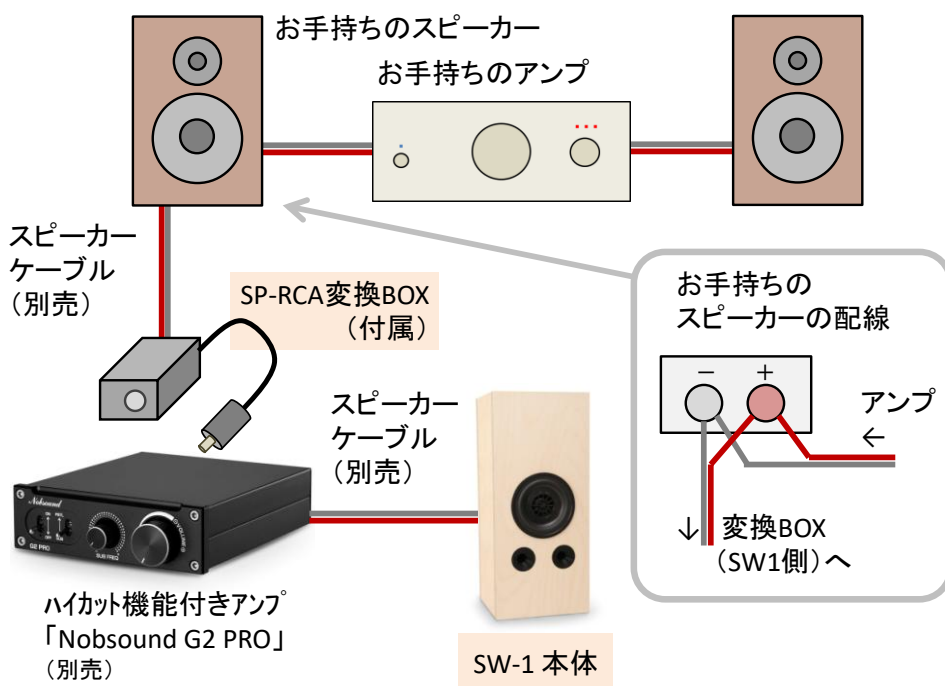


図 1-1 SW-1 を 1 本使用した場合の接続図

図 1-1 では、左 ch のみに SW-1 を接続しています。一般的に低音域は左右で同等の音量で録音されているため、サブウーハーの接続は左右のどちらでも問題ありません。クラシックでは低音楽器が右側に配されることが多いことから、右 ch にサブウーハーを優先して接続することも多くあります。しかし、実際は、設置する部屋の配置と、それに伴う音響的な効果を考慮して、接続するスピーカーの左右を決めることが好ましいでしょう。(詳細は、第二章参照)

左右の信号を Mix する場合は、図 1-2 のように、SP-RCA 変換 BOX（以下変換 BOX）をもう一台追加します。ただし、左右の低音域に位相差がある音源もあるため、好ましい方法とは言えません。

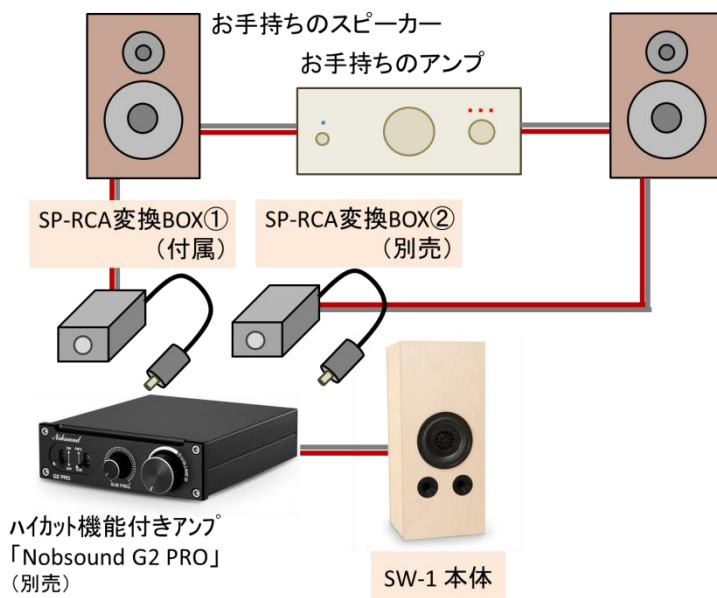


図 1-2 SP-RCA 変換 BOX を追加で使用し、左右 ch を Mix する接続方法

最も好ましいのは、図 1-3 のように、左右それぞれに SW-1 を使用することです。サブウーハーが 2 本になることで、中低域～低域のステレオ再生が可能になるほか、耐入力が増えることで、より透明度の高い低音再生が可能です。

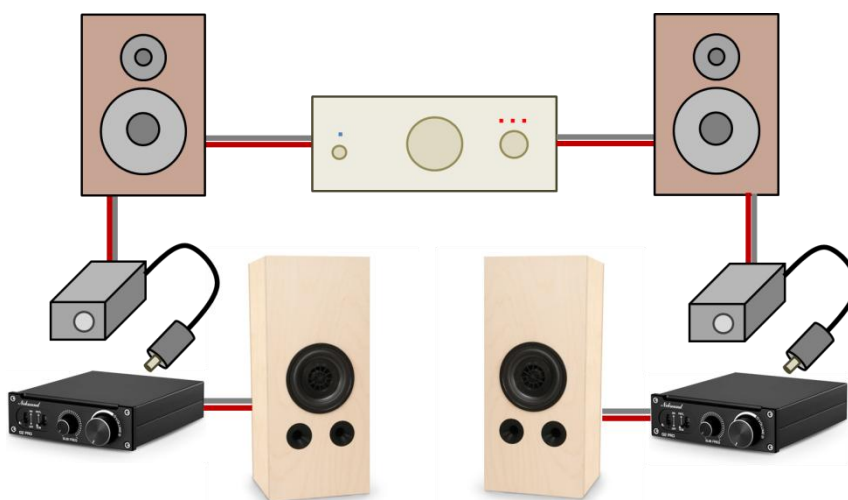


図 1-3 左右それぞれに SW-1 を使用した場合

第二章：サブウーハーの設置

低音はその音源の方向が認知できない、と言われていますが、これは 200Hz 以下の正弦波での話です。確かに、サブウーハーにはハイカット（中音～高音域がカット）された信号が入力されますが、実際は 200Hz～1kHz 付近の中音も微弱に含まれています。これらは決してノイズではなく、適切なクロスオーバーが理論通りに設定できている証拠です。

なお、余談ではありますが、この 200Hz～1kHz の中音域は、低音にとってその音色を決める「倍音」に相当する帯域です。SW-1 は低音質感を向上させるため、この帯域の再生品質を重視して設計しています。

いずれにせよ、サブウーハーの再生音には中音域が含まれているため、その設置場所は音像定位（以下、定位）に影響します。さらに言えば、サブウーハー本体がメインスピーカ―の音を反射し、音響パネルとして機能することも、定位が変化する原因の 1 つだと考えられます。

例えば、サブウーハーをメインスピーカ―から大きく離れた場所に置いた場合、（音源の意図とは異なり）低音楽器のみがサブウーハーの場所から出ているように聞こえてしまうことが起こります。

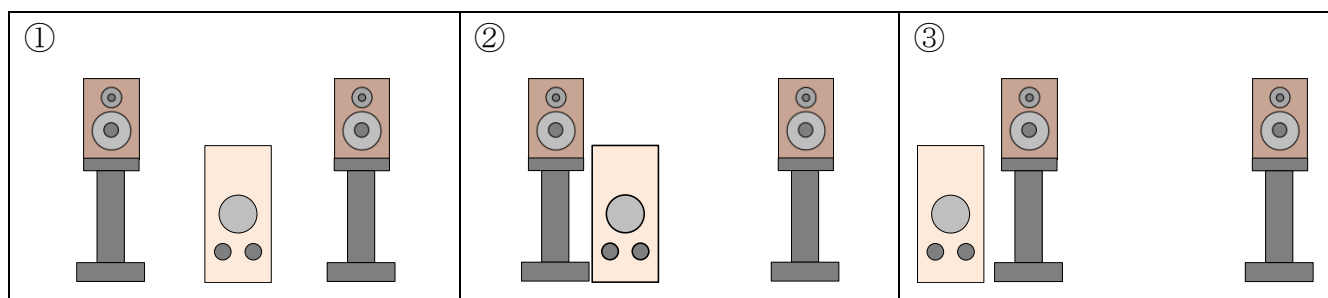


図 2-1 サブウーハー1本の設置方法

SW-1 を 1 本使用した場合の最も好ましい設置は、図 2-1 の①に示すように左右スピーカ―の中央です。低音域はモノラルになりますが、殆ど違和感のない低音再生が可能です。しかし、現実には、この位置にはオーディオラックや TV が設置されていることも多く、困難な設置方法かもしれません。

現実的に好ましい設置方法としては、図 2-1 ②に示すように左右スピーカ―のどちらかにサブウーハーを近づけることです。この設置方法であれば、ほとんど違和感のない左右バランスが得られます。

場合によっては、メインスピーカーの間隔を広げてサブウーハーを設置するスペースを作るのも好適です。 SW-1 による正確な低音が加わることで、楽器の音像は濃厚で実在感に富んだものになります。 そのため、今までより広いスピーカー間隔でも音像が滲むことがなくなり、より広大なステレオイメージを楽しむことができるようになるでしょう。

図 2-1 ③ のように、メインスピーカーの外側にサブウーハーを設置することも、接続としては可能です。 ただし、クロス周波数を 120Hz 以上に設定した場合は、低音楽器がサブウーハーの方向から出ているように感じてしまう場合があります。

また、この場合、サブウーハーを部屋の隅に近づけすぎないことが重要です。 部屋の隅への設置は、定在波が著しく引き起こされ低域特性が大きく乱れる場合があります。 とりわけ物が少ない洋室は定在波が起こりやすいため、注意が必要です。 例えば、図 2-2 では部屋の隅に近い左側より、部屋の中央に近い右側の方がサブウーハーの設置位置としては好ましいと言えます。

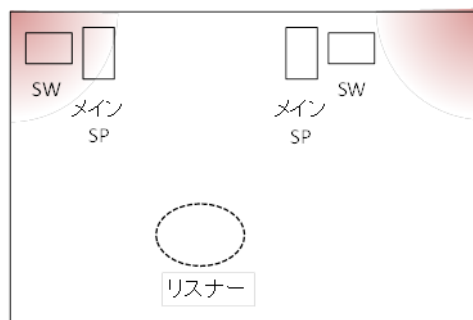


図 2-2 部屋の影響とサブウーハーの位置

どうしても部屋の隅にサブウーハーを設置する必要がある場合は、サブウーハーの音量を控えめにすることで、違和感の少ない低域が得ることができます。

サブウーハーを2本使用する場合、図2-3の④⑤に示すような設置方法が考えられます。

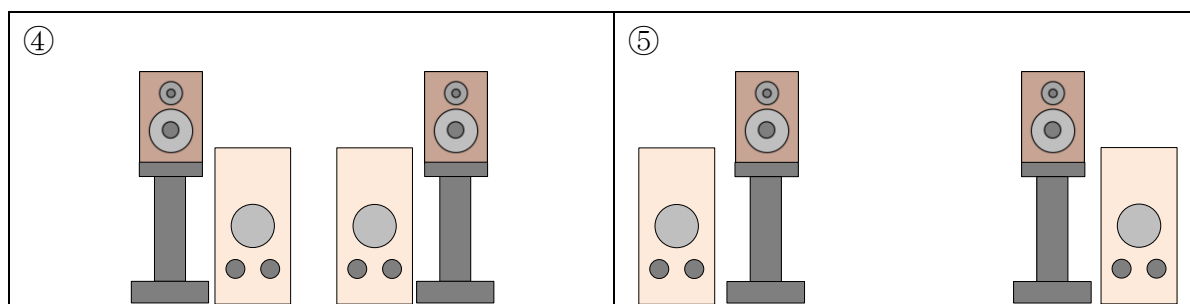


図2-3 サブウーハー2本の設置方法

低域のステレオ再生は中高域より広いスピーカー間隔とすることが効果的なため、可能であれば⑤の設置にチャレンジし、サブウーハー1本では得られない雄大な音場を楽しんで頂きたいと思います。

もちろん、④の設置方法でも、先に述べた耐入力の向上効果による透明度の高い低音を楽しむことができます。生活空間との兼ね合いで、選んでいただくのが良いでしょう。

第三章：サブウーハーの接続（理論編）

サブウーハーの調整は、「位相」「カットオフ周波数」「音量（音圧）」の3つです。本章では、それぞれの用語を正しく理解し、サブウーハーの調整に必要な基礎知識を身につけることを目的とします。

位相について（メインスピーカー編）

位相は、サブウーハーの調整の最も重要なポイントになります。しかし、誤解されやすい点多々あるため、改めて解説をします。

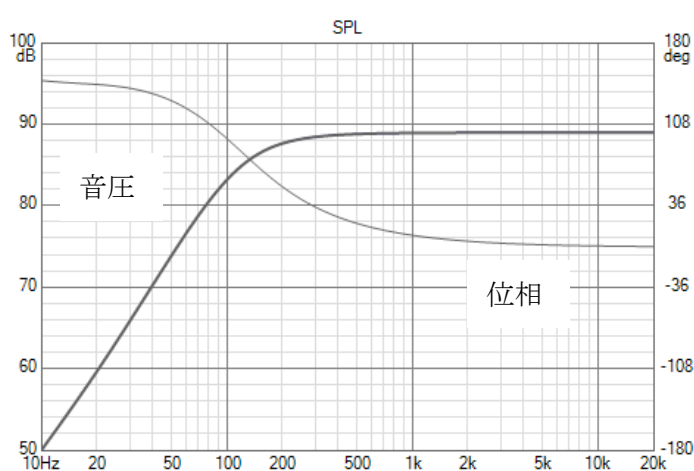


図 3-1 では、Fostex の 10cm フルレンジ「FF105WK」を密閉型のエンクロージャ（容量 4.1L）に組み合わせた場合の、周波数特性と位相特性のシミュレーション結果を示しています。200Hz 以下の低音の音圧が下がっており、典型的な小型の密閉型スピーカーの特性が得られています。

※以下、シミュレーション・グラフ描画は VituixCAD を使用。

図 3-1 密閉型 10cm フルレンジスピーカーの特性

ここで注目すべきは、位相特性です。この結果はフルレンジスピーカーの正相接続ですが、必ずしも全ての帯域で $\pm 0^\circ$ の位相特性になっていないことが分かります。100Hz 付近で位相は $+90^\circ$ に、80Hz 付近では位相は $+120^\circ$ に変化しています。詳細は省きますが、スピーカーの動作原理ゆえ、たとえ密閉型のフルレンジスピーカーであっても、低音域での位相の変化は避けられないのです。

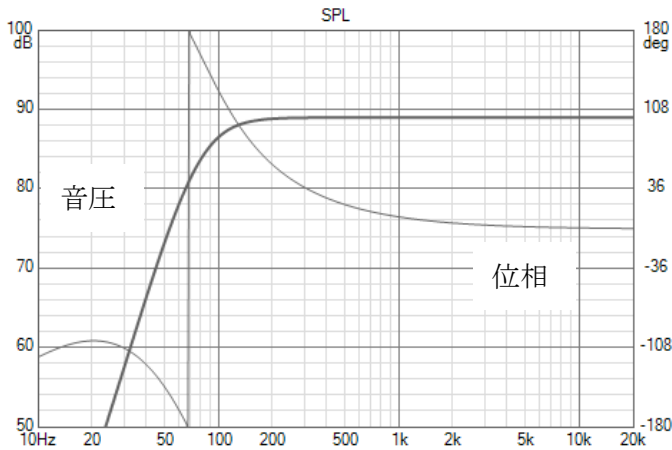


図 3-2 では、先ほどと同じ Fostex FF105WK を、4.1L のバスレフ型エンクロージャ（ダクト共振は 75Hz）と組み合わせたときの特性示しています。位相は、70Hz 付近で+180° となっており、バスレフ型の典型的な特性になっています。

図 3-2 バスレフ型 10cm フルレンジスピーカ特性

それぞれの方式の良否の議論はさておき、エンクロージャ形式が異なるだけで低域の位相特性が大きく変わることは理解しておきたいところです。

位相について （サブウーハー編）

次に、サブウーハーSW-1 の位相特性を見えます。こちら先ほどと同じように位相の変化が起こりますが、メインスピーカと異なる点としてハイカットフィルターによる位相変化が加わることに注意が必要です。

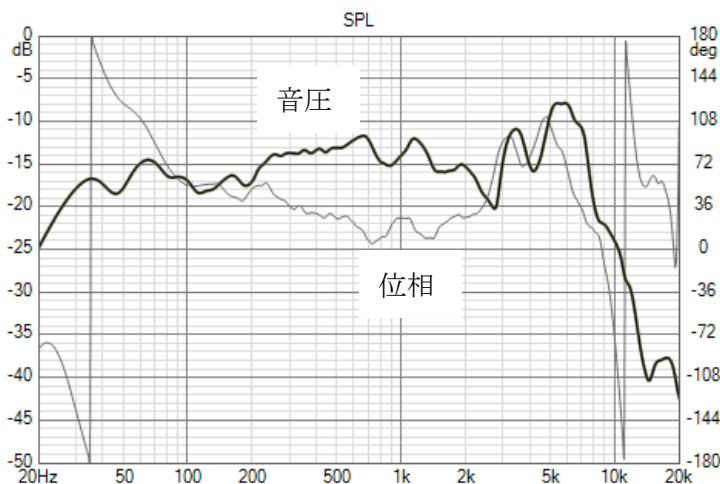


図 3-3 では、SW-1 をハイカットフィルターなしで実測した周波数特性と位相特性を示しています。バスレフ型の SW-1 は、35Hz で +180° の位相特性になっています。

※距離 30cm での実測特性

図 3-3 SW-1 のハイカットなし特性

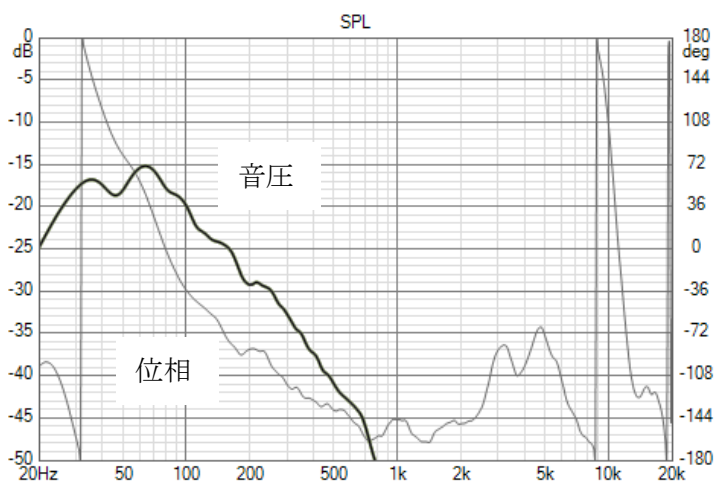


図 3-4 SW-1 の 100Hz ハイカット
フィルターを入れた時の特性

図 3-4 に SW-1 に 100Hz のハイ
カットフィルター※を付与したとき
の特性を示します。100Hz から上
の中音～高音域の音圧が下がって
おり、それと同時に、位相特性も大
きく変化している (-45° ~-135°)
ことが分かります。

※推奨アンプ「Nobsoud G2 PRO」の類似特性として、
二次 Butterworth フィルター特性をシミュレーショ
ンしました。ここでのカットオフ周波数の表記はフィル
ター特性に基づくもので、得られた音圧特性（アコ
ースティック）のカットオフ周波数ではありません。

このように、位相は、単に電氣的な接続（+、-）だけではなく、エンクロージャ特
性やハイカットフィルター特性によっても変化するものなのです。

実際の位相合わせの手順は後ほど紹介しますが、本章ではまず「メインスピーカーが”正
相接続”だから、サブウーハーも”正相接続”で大丈夫」という単純な話ではないことをご理
解いただけたかと思います。

位相とカットオフ特性についてより詳しく知りたい方は、下記の web ページや書籍が参
考になると思います。

参考：

「IIR 式デジタルチャンネルデバイダ：周波数、位相特性・オーディオ理論と実験 (jimdofree.com)」

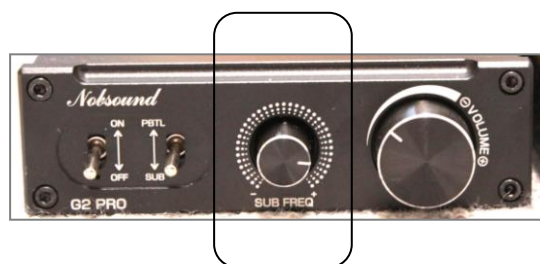
<https://akashikk.jimdofree.com/%E3%82%AA%E3%83%BC%E3%83%87%E3%82%A3%E3%82%AA%E7%90%86%E8%AB%96%E3%81%A8%E5%AE%9F%E9%A8%93/fir%E5%BC%8F%E3%83%87%E3%82%B8%E3%82%BF%E3%83%AB%E3%83%81%E3%83%A3%E3%83%B3%E3%83%8D%E3%83%AB%E3%83%87%E3%83%90%E3%82%A4%E3%83%80-%E5%91%A8%E6%B3%A2%E6%95%B0-%E4%BD%8D%E7%9B%B8%E7%89%B9%E6%80%A7/>

「自作スピーカー 測定・Xover 設計法 マスターブック」

<https://diy-audiospeaker.sub.jp/product/vol-1/>

カットオフ周波数について

カットオフ周波数は、その名の通り「中高音域をカットする周波数」を意味しています。大抵のサブウーハーシステム（その駆動用アンプ）には「40～200Hz」と表記されたハイカットフィルターが内蔵されており、そこで指定した周波数より上の帯域をカットすることができます。



カットオフ周波数調整ツマミ

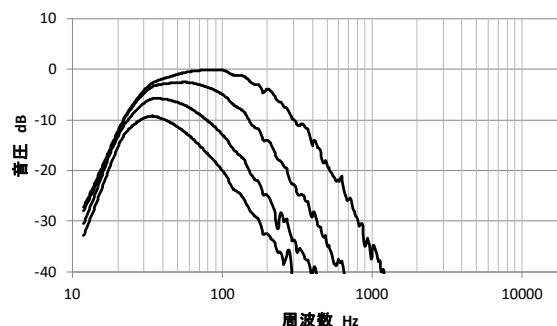


図 3-5 Nobsound G2 PRO でのハイカット設定 (SW-1 の実測周波数特性)

ここで重要なのは、メインスピーカーと組み合わせた時に、音圧は「+6dB」上がるという点です。次の図 3-6 を見て頂くのが分かりやすいでしょう。

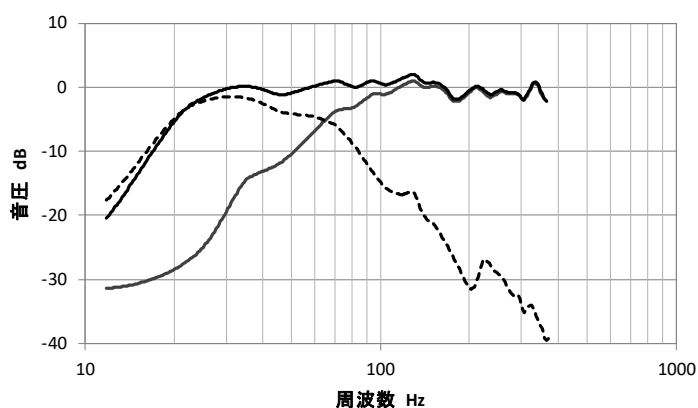


図 3-6 ブックシェルフ型スピーカーと SW-1 の組み合わせ例

サブウーハーの特性とメインスピーカーの低音特性が交差するポイント（クロスオーバー周波数）では、それぞれの音圧の +6dB が実際の音圧になっています。この周波数では、サブウーハーとメインスピーカーの双方から音圧が等しく出力されています。

この「+6dB」の意味を理解していると、たとえば「メインスピーカーの低音特性が-6dB となるところにクロス周波数を設定しよう」などと、事前に狙いを定めることができます。

音量について

サブウーハーの音量設定は、それ単独で議論できるものではありません。図 3-7 に示すように、メインスピーカーの能率が変われば、適正な音量設定も変わります。

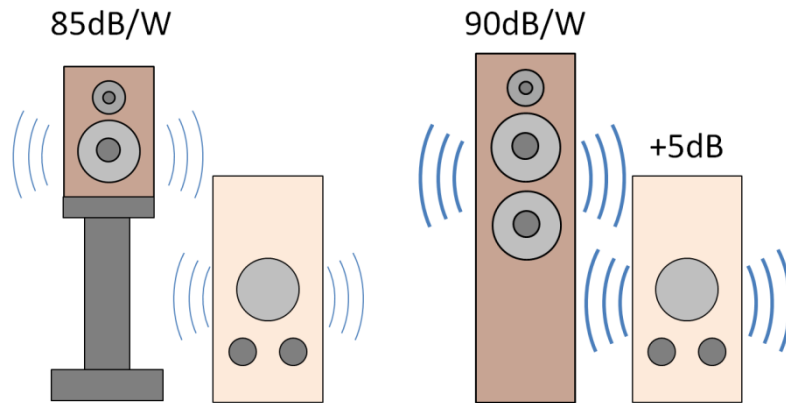


図 3-7 スピーカーの能率に合わせた音量設定

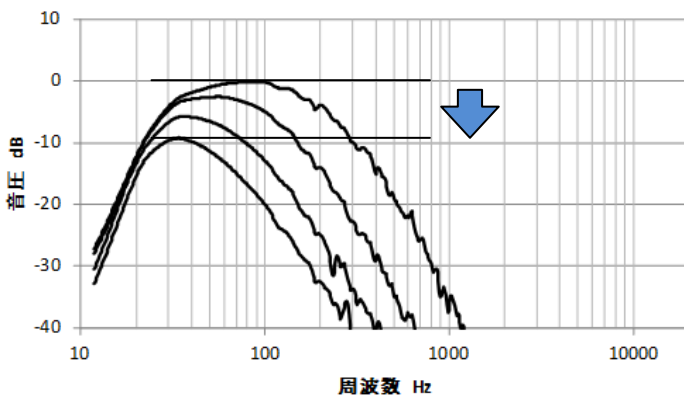


図 3-8 ハイカット周波数と音量の関係

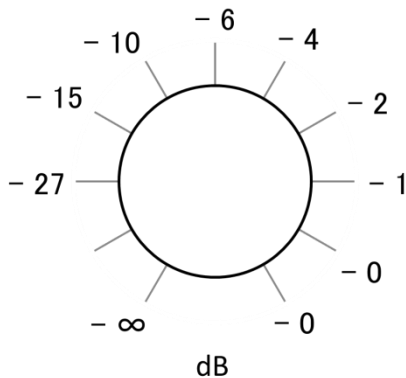


図 3-9 Nobsound G2 PRO の音量設定

また、ハイカット周波数を低くすると、音量も小さくなることがあります。例えば、図 3-8 に示したように、SW-1 では 250Hz と 40Hz で約 8dB の音量差が生じます。

サブウーハーの音量ツマミの位置と、実際の音圧との関係を把握しておくことも大切です。図 3-9 のように最大音量を 0dB とした図を作成しておく調整の際に役立つのでオススメです。

最近は、スマホアプリ^{*}でも音圧を簡単に測定できるので、ぜひチャレンジしてみてください。

※iPhone アプリでは、「RTA Audio Pro」(無料) が使いやすくオススメです。

また、部屋の設置状況によっても、最適な音量は変わってきます。図 3-10 に示すように、部屋の中央付近に置いた場合は、3 方向に音が逃げてしまうため、大きめの音量に設定する必要があります。その逆に、部屋の隅に置いた場合は、壁の影響で低音が分散しないだけでなく、定在波を引き起こすため、より小さな音量に設定する必要があります。

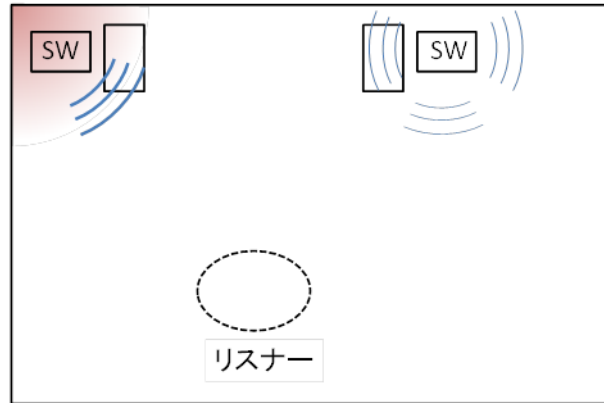


図 3-10 設置状況と低音の音量設定

このように設置状況に合わせて低音の音量を変えて対応できるのは、サブウーハーシステムならではの利点です。サブウーハーなしでは低音不足になってしまう部屋、その逆にブーミーで低音過多になってしまう部屋でも、サブウーハーを使うことで適切な低音音量感を得ることができるでしょう。

【コラム】 マイナスの音量？ 音量と音圧について。

本書でも「-20dB」など、マイナスの表記が出てくることがあります。この場合は、0dB を基準として、そこからどれだけ音が小さいかを表しています。図 3-9 のようなボリュームの表記だけでなく、図 3-8 のような周波数特性の表記でもこの記載方法を用いることがあります。

一方で、スピーカーの能率を記載する際の「85dB/W (1m)」は、実際の物理的な音圧 (dB) に基づく表記です。この例でいえば、1W をスピーカーに入力したとき、1m の距離で 85dB の音圧が得られます、という意味です。

ここで、音量と音圧の 2 つの言葉がでてきましたが、どちらもほぼ同じ意味合いです。本書では、「音量」は（音が出ていない）調整レベルや感覚に基づくもの、「音圧」は実際に音を出したときの物理的な音の強度として、可能な限り切り分けて記載しています。

～ コラム 終 ～

第四章：サブウーハーの接続（実践編）

本章では、実際にサブウーハーを接続していく手順を踏まえながら、説明していこうと思います。本来であれば、スピーカーの特性を測定をしながら進めるべきですが、そこまで充実した測定環境を持っていない方も多いのではないのでしょうか。ここでは、聴感を頼りに、適当な設定をできる方法を解説します。

サブウーハーの調整は、次の5つを順に進めます。

① 正しく接続する

② 暫定的に、位相・ハイカット周波数・音量を決める

③ メインスピーカーのバスレフダクトを塞ぐ

④ 女性ボーカル曲で位相を合わせる

⑤ 様々な曲を聴きながら、ハイカット周波数・音量・その他の調整を行う

① 正しく接続する

まずは、サブウーハーを含めた配線を実行に行います。SW-1は、アンプ部が独立しているため、図4-1-1のような全体像になります。

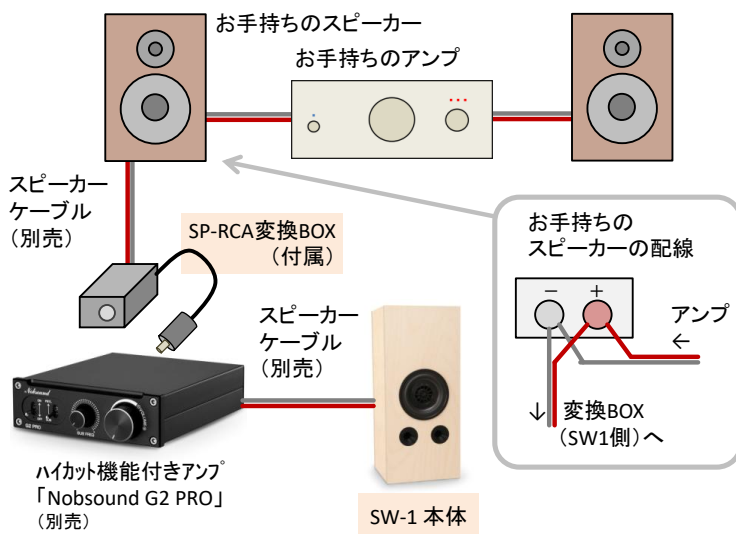


図 4-1-1 接続方法の概要

・スピーカー部分の結線

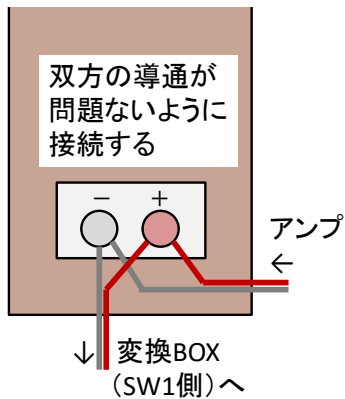


図 4-1-2 正しい結線状態

スピーカー部分の結線は、図 4-1-2 のように、+と-の極性に注意して接続します。変換 BOX の後段に位置するハイカット機能付きアンプ（サブウーハー用アンプ）を保護するためにも、必ず、アンプの+側が変換 BOX の+側になるよう結線してください。

ターミナルによっては、結線部の状態が見えにくいものもあります。目視に加えて、必要に応じて通電テスターを使うなどして、導通が問題なくされているかを確認しましょう。

なお、サブウーハーの位相（正・逆）は、SW-1 本体直前のケーブルの接続方法で切り替えます。決してこの接続を反転させないで下さい。

・変換 BOX 部分の結線

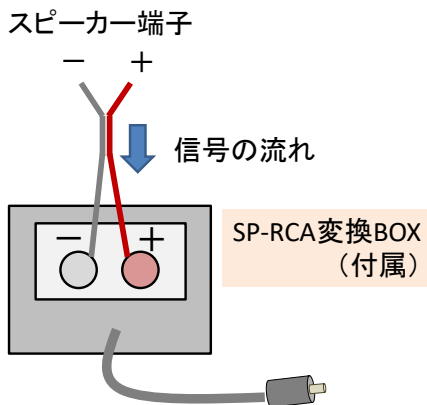


図 4-1-3 正しい結線状態

先ほどのスピーカーから伸ばした+の導線を、変換 BOX の +（赤マーク付き）端子に接続します。-も同様に接続します。

変換 BOX は、ネジ穴が見える方を上側にして使います。正面の音量調整ツマミは、黒印が上向き（12時の方向）になるように仮に調整します。

ネジ穴が見える方が「上」

ツマミは、黒印が上になるよう調整

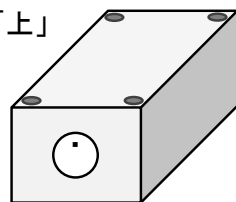


図 4-1-4 変換 BOX の調整

・ハイカット機能付きアンプの結線

以下の作業は、必ず AC アダプターを接続する前に行ってください。もし誤って接続してしまった場合は、AC アダプターをコンセントから外してから作業して下さい。

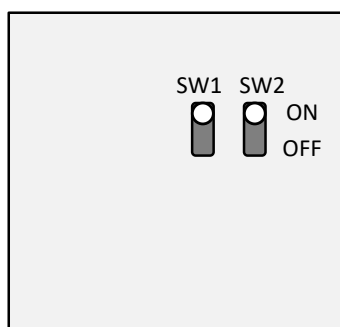


図 4-1-5 アンプ底面のツマミ位置

まず、ハイカット機能付きアンプの底面を確認します。とても小さなスイッチが二つありますが、図 4-1-5 を参考に双方とも「ON」であることを確認してください。アンプの増幅率が 4dB 向上します。

オーディオフィル web ショップで販売している本アンプは、双方とも ON を初期設定としていますが、他所で本アンプを購入した場合は OFF になっていることがあります。その場合は、小型マイナストライバー等でスイッチを ON に動かして下さい。

次に、各ケーブルを接続します。

図 4-1-6 にあるように、まずハイカット機能付きアンプの「AUDIO IN」の R 端子に、変換 BOX の RCA プラグを、接続します。

「AUDIO IN」の L 端子には付属のショートピンを接続します。空いている入力端子をショートさせることで、ノイズを低減することができます。ショートピンを誤って隣の SUB OUT に接続しないよう注意してください。

SPEAKER OUT 端子には、SW-1 本体に接続するスピーカーケーブルをつなぎます。ここでは、+と-をそのままつなぐ正相接続とします。

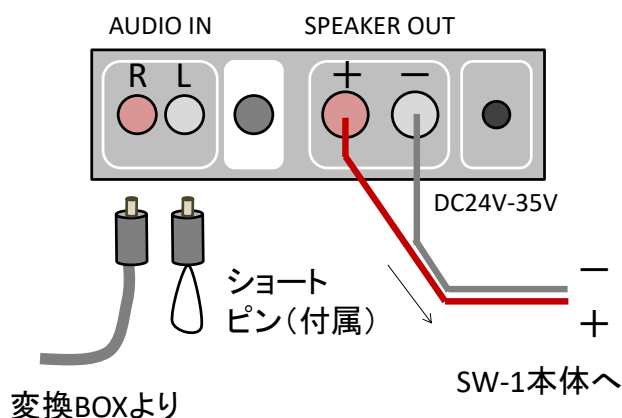


図 4-1-6 正しい結線状態

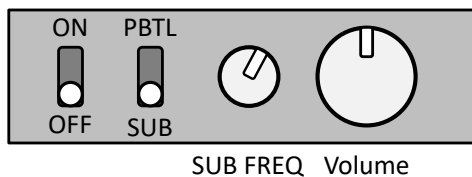


図 4-1-7 ハイカット機能付きアンプの初期つまみ位置

正面つまみの位置は、図 4-1-7 を参考に合わせて下さい。 後ほど説明しますが、この調整ポジションが一般的な小型ブックシェルフ型スピーカー（能率 88dB/W・m 程度）の基準値になります。

特に、左側の「PBTL⇔SUB」のスイッチは、下側の「SUB」の方向に設定されていないとハイカット機能が有効にならないので、注意してください。

・ SW-1 本体の結線

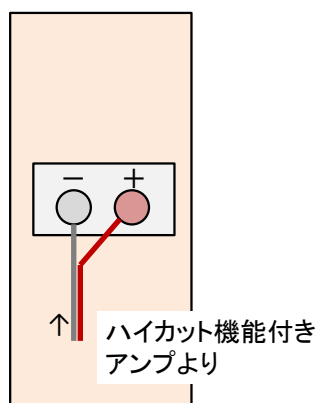


図 4-1-8 正しい結線状態

図 4-1-8 を参考に、スピーカーケーブルを SW-1 に接続してください。

※+-は、それぞれ端子の赤・黒に相当します。実際の端子の様子を確認しながら作業を進めて下さい。

・ 結線の最終確認と、AC アダプターの接続

最後に、正しく結線されているかを再確認して下さい。問題が無いことを確認出来たら、AC アダプターをハイカット機能付きアンプに接続し、電源を ON にして下さい。

AC アダプターを接続する際、稀に「パチッ」という音と共に小さな放電現象が起こることがあります。 大容量の AC アダプターのため避けられない事象ですので、必ず引火物（特に有機溶剤の蒸気や気体）が近くにいることを事前に確認してから作業を行ってください。

② 暫定的に、位相・ハイカット周波数・音量を決める

音出しの前に、先ほどの図 4-1-4～図 4-1-7 に沿って、ツマミ位置になっているか再確認をします。あまりにも小さな音量、低いクロス周波数では、正しく接続がされているか音出ししても分からないためです。

接続に問題がなければ、サブウーハーの電源を ON にします。音出しは、まず小音量で行い、異音などの異常がないかを確認しましょう。

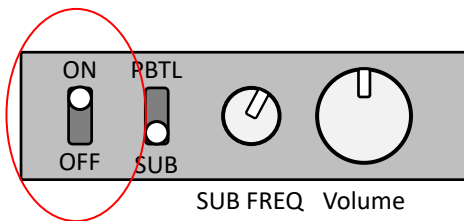


図 4-2-1 サブウーハーの電源を ON にする。

③ メインスピーカーのバスレフダクトを塞ぐ

良質なサブウーハーを使用する場合は、メインスピーカーのバスレフダクトを完全に塞いだ方が好ましい結果が得られます。 バスレフダクトからは、郡遅延を伴う低音が出てくるだけでなく、箱内部の定在波を含む中音も併せて放出されます（図 4-3-1）。バスレフダクト設計では「風切り音」が話題になることが多々ありますが、それ以上にこうした原理的に避けられない欠点があることを認識しなければなりません。確かに、バスレフ方式は小型のエンクロージャから効率よく低音を取り出すことができる優れた方式ですが、サブウーハーを導入し十分な低音量感が得られる条件では、メリットよりデメリットが目立ってしまう可能性が高くなります。バスレフダクトを塞ぎ、サブウーハーの振動板からダイレクトに出てくる低音を積極的に活用することで、低音の解像度を上げることができます。 そして、バスレフダクトから漏れ出てくる中音域が無くなることで、中音域の実在感・解像度が大幅に向上します。

バスレフダクトを塞ぐことで中域～低域の開放感が抑制されてしまうことを危惧される方もいらっしゃるかもしれませんが。確かに、過剰な低音量感を制御することを目的にバスレフダクトを塞いだ場合、上記のような症状が往々にして起こります。しかしこれは、ダクトを塞いだことで中低域の音圧まで減ってしまったために、スピーカー本来の帯域バランスが崩れたことによる現象です。サブウーハーを併用し、適切なクロス周波数設定ができた状態では、このような症状は滅多に起こりません。

バスレフダクトを塞ぐ材料は、適当に選んで頂いて問題ありません。小口径のダクトであればティッシュペーパー、大口径のダクトであれば新聞紙で塞ぐのが好適でしょう。

以上は、あくまでも「良質な」サブウーハーを使用した場合の話です。SW-1 は、その水準をクリアできるものであり、正しく調整することで低域から中域の幅広い帯域での再生品質改善に貢献してくれます。

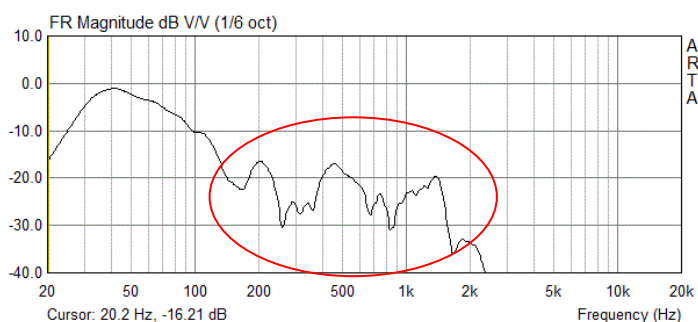


図 4-3-1 バスレフダクト放射音の周波数特性例

低音だけでなく、中音域（赤丸）も放出されている。

④ 女性ボーカル曲で位相を合わせる

サブウーハーの調整は、女性ボーカル曲からスタートします。低音がたっぷり入った楽曲より、自然な低音～中音が万遍なく含まれているソースの方が調整を進めやすいためです。

最初に行うのが、位相の調整です。図 4-3-1 のように結線を変えることで、正相接続と逆相接続を切り替えることができます。

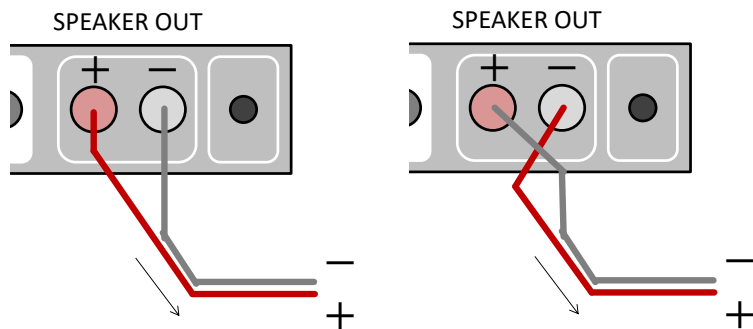


図 4-4-1 接続と位相設定
(左) 正相接続、 (右) 逆相接続

サブウーハーの位相を変えた時の周波数特性の変化を図 4-3-2 に示します。誤った位相調整の場合は、クロス周波数（ここでは 70Hz）付近の音圧が大きく減少します。これは、サブウーハーから再生される低音の位相がメインスピーカーと逆になっており、低音が打ち消し合っているためです。

多くのスピーカーの場合、「正相接続（図 4-3-1、左図 参照）」で正しい位相が得られますが、稀に「逆相接続」が最適な場合もあります。誤った位相調整の場合、低音の量感が少なく感じる、ボーカルが細身になるなどの変化があります。

分かりにくい場合は、図 4-3-3 のようにメインスピーカーとサブウーハーの間に耳を近づけて聴くことをお勧めします。部屋の定在波の影響を軽減でき、より判断がしやすくなります。この方法を行う場合は、耳への負荷を減らすために必ず小音量で実施してください。

図 4-3-2 を改めて見ると、50Hz 以下はどちらの位相でも同じような音圧になっていることが分かるかと思います。50Hz 以下の超低域が過剰に入っている音源の場合、その帯域に気を取られてしまい、クロス周波数付近の良し悪しの判断が難しくなることがあります。慣れないうちはやはり「女性ボーカル曲」で位相調整をすることをお勧めします。

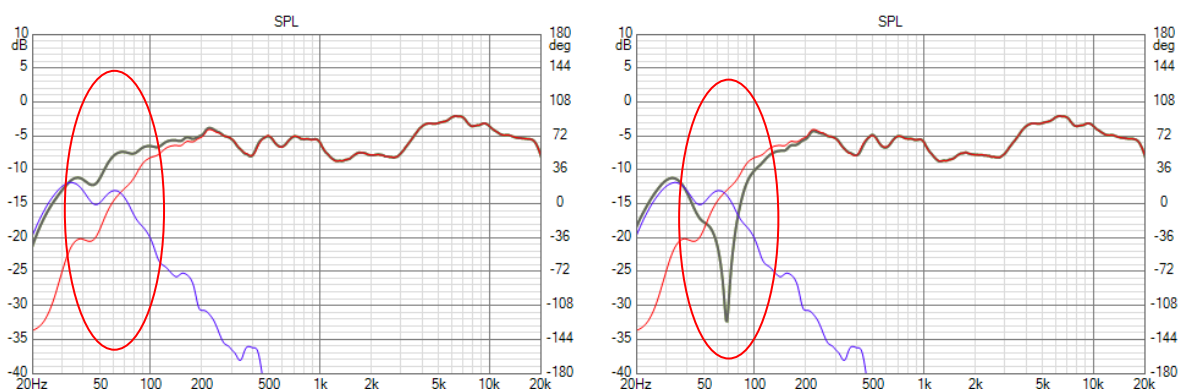


図 4-4-2 正しい位相調整（左）と、誤った位相調整（右）

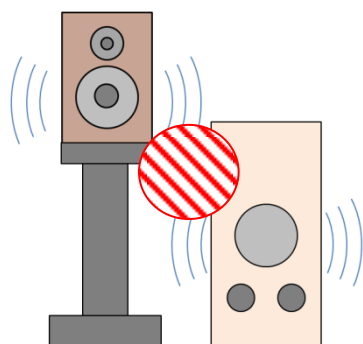


図 4-4-3 サブウーハーとメインスピーカーの間に、耳を近づける

⑤ 様々な曲を聴きながら、ハイカット周波数・音量・その他の調整を行う

ここからサブウーハー調整の醍醐味です。様々な楽曲を聴きながらサブウーハーの調整を行います。

使用する音楽のジャンルは、先ほどの女性ボーカルだけでなく、クラシック、JAZZ、J-POPS、ロック、アニソンなど、何でも構いません。いふなれば、ご自身の聴く全ての楽曲ということになります。どんな音源を聴いても、違和感のないように調整することがサブウーハーの調整のゴールになります。

ここでは、下記の3機種を使って説明します。

- ① [ブックシェルフ型スピーカー1] B&W 601S2
- ② [ブックシェルフ型スピーカー2] KEF Reference201
- ③ [超小型スピーカー] Fostex FE83NV + P800-E

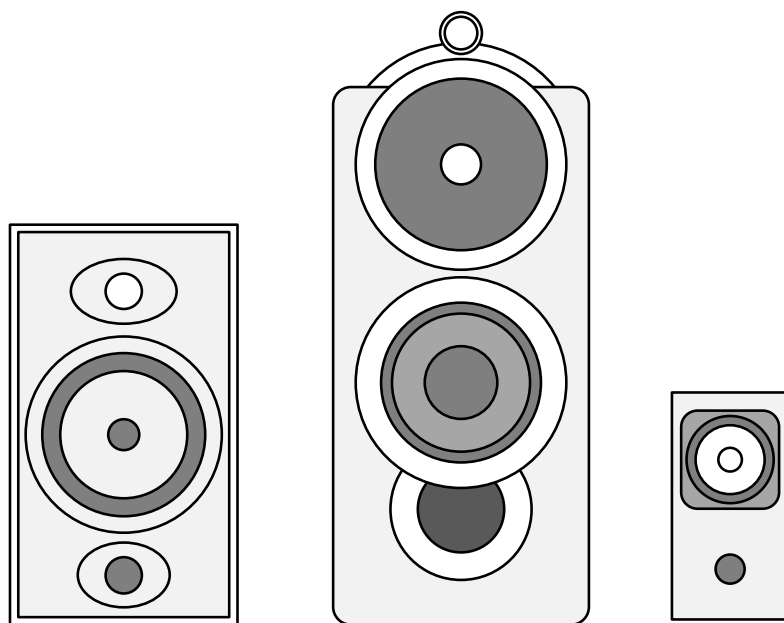
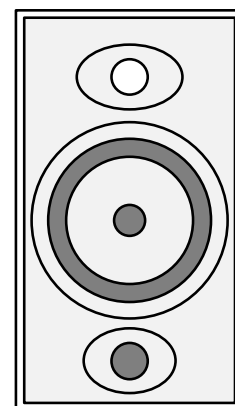


図 4-5-1 使用するスピーカー (左から①、②、③)

① [ブックシェルフ型スピーカー1] B&W 601S2 の例

B&W 601S2 は、1999 年に発売された小型スピーカーです。現在の 600 シリーズにつながる系統で、ブックシェルフ型スピーカーの基準となる製品だといえるでしょう。

ウーハーは 16.5cm 口径。キャビネットは、35.6cm (高) × 20.4cm (幅) × 24.4cm (奥) と小型に収まっています。カタログスペックでの周波数特性は、50Hz～30kHz (-6dB)、70Hz～20kHz (± 3dB) 能率は 88dB (2.83V, 1m) です。サブウーハー無しで聴いてもサイズを凌駕する十分な低音再生能力があり、人気製品であったことを納得させられる音です。低音から高音までフラットに伸びたバランスは、流石 B&W といったところでしょうか。



サブウーハーの追加では、50Hz 以下の超低域成分の補完に加えて、100Hz 付近のレスポンスの改善を期待したい所です。また、中域の鳴りっぷりを向上させて、鳴らしやすい帯域バランスを狙います。

変換 BOX、アンプの設定は、それぞれ図 4-5-2 に示すような設定が適当でした。変換 BOX、アンプの各ツマミは 12 時 (直上) の方向とし、クロス周波数ツマミは 12 時より若干下げた設定にしました。スピーカーのダクトは完全に塞ぎ、SW-1 のダクトは片方を塞いでいます。SW-1 の接続は、正相接続です。

得られた周波数特性を図 4-5-3 に示します。35Hz までダラ下がり特性として、28Hz 付近を -6dB としました。90Hz 付近に小さなディップがある特性ですが、試聴した 6 畳間の定在波に重なる帯域のため、やや控えめに設定することで聴きやすい低音感に仕上がっています。また、あと 3dB ぐらいサブウーハー音量を上げて特性フラットを狙うこともできそうですが、150Hz 付近のディップが目立ってしまうためダラ下がり特性に仕上がっています。

しばらくこの状態で聴きましたが、音楽ジャンルによらずメインスピーカーの素性の良さを生かしながら超低音を付与でき、良好な結果が得られたと思っています。低音はスッキリとした味わいになり、そのお蔭で中域の鳴りっぷりが向上しました。ここぞという時には、超低域が部屋を揺らすように放出され、サブウーハーを追加した楽しみを味わえるシステムになったと感じています。

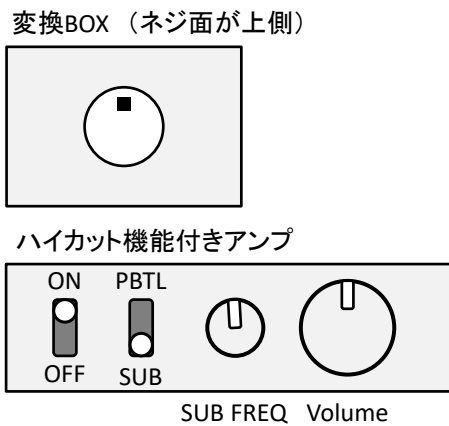


図 4-5-2 B&W 601S2 に適合する
変換 BOX、アンプの設定 (SW-1 を 1 本使用時)

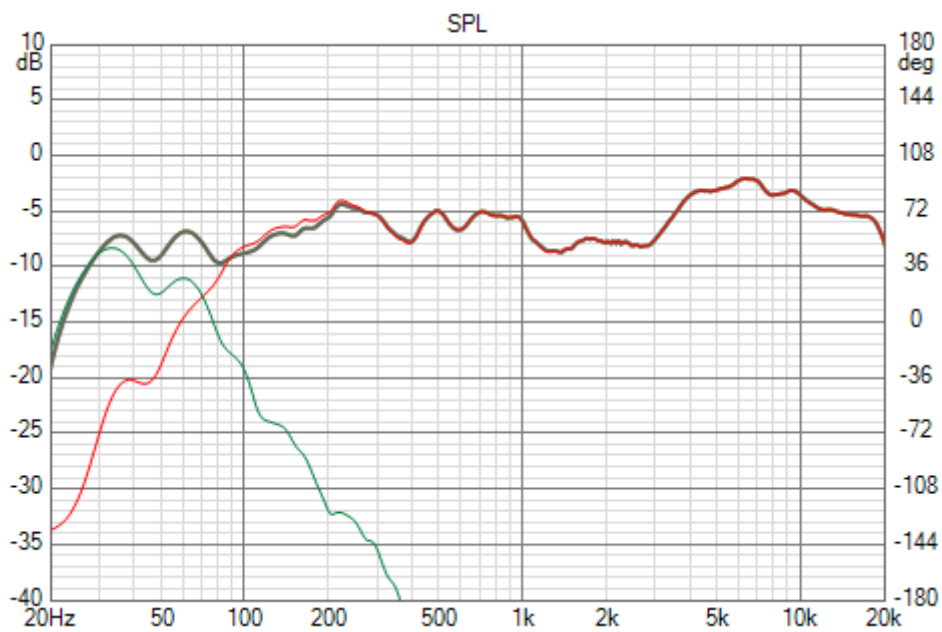


図 4-5-3 周波数特性 (B&W 601S2 + SW-1)

※スピーカー距離 30cm での測定のため、中高域の特性は正確ではありません。

(参考資料)

DM601S2 and DM602 S2 Owner's manual

② [ブックシェルフ型スピーカー2] KEF Reference201 の例

KEF Reference201 は、2001年にリニューアルされたリファレンスシリーズの中の最小のモデルです。Uni-Q ドライバ、4way 構成など、現代の KEF につながる意欲的なモデルです。

ウーハーは公称 16.5cm 口径ですが、同口径の Uni-Q ドライバと比べて小さく見えます。その一方で、キャビネットは、55.7cm (高) × 24.8cm (幅) × 40.2cm (奥) と、バスレフダクトの口径と共に大きめになっているのが特徴的です。カタログスペックでの周波数特性は、58Hz to 55kHz (+/-3.0dB)、能率は 88dB (2.83V, 1m) です。

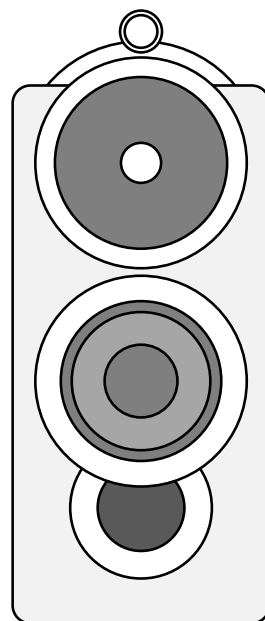
サウンドは、張り出しの良さと音場感の良さが全面に出てくる陽性なサウンドです。低音は 40Hz 付近までしっかり伸びており、その音はバスレフダクトからの放射音を積極的に活用している印象があります。

サブウーハーの追加では、大型システムに匹敵するレンジ感を獲得すると共に、抜群の中高域の表現力をより引き出せるような調整を心掛けたいところです。

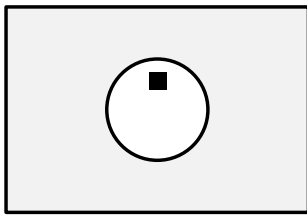
変換 BOX、アンプの設定は、それぞれ図 4-5-4 に示すような設定が適当でした。変換 BOX のつまみは 12 時 (直上) の方向。アンプのクロス周波数つまみは 9~10 時。音量は 2~3 時。スピーカーのダクトは完全に塞ぎ、SW-1 のダクトは片方を塞いでいます。SW-1 の接続は、正相接続です。

得られた周波数特性を図 4-5-5 に示します。30Hz までほぼフラットに再生し、24Hz 付近を -6dB としました。こちら、実空間では定在波が起きやすい 70~120Hz にややブロードなディップができています。部屋の条件によっては、クロス周波数つまみを 12 時前後まで上げてても良いかもしれません。一つ残念なのは、サブウーハーのハイカットに対して、メインスピーカーの低域減衰 (赤線) が緩やかになってしまったこと。これによる中低域の細さを改善するために、メインスピーカーを背面壁に近づけて 100~200Hz の音圧を稼ぐことにしました。

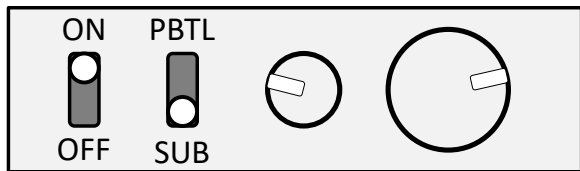
実際の試聴でも、ウェルバランスなメインスピーカーの音質はそのままに自然な超低域が付加され、必要な時にフッと超低音が入るサブウーハーの効能を実感することができました。驚くべきことは、ギターのカッティングなど、立ち上がりのレスポンスが大きく上がったこと。ノイズの少ない正確な超低音は、超低音域が少ないような弾き語りのような音楽ジャンルでも表現力の向上をもたらしてくれるのです。



変換BOX（ネジ面が上側）



ハイカット機能付きアンプ



SUB FREQ Volume

図 4-5-4 KEF Reference201 に適合する
変換 BOX、アンプの設定（SW-1 を 1 本使用時）

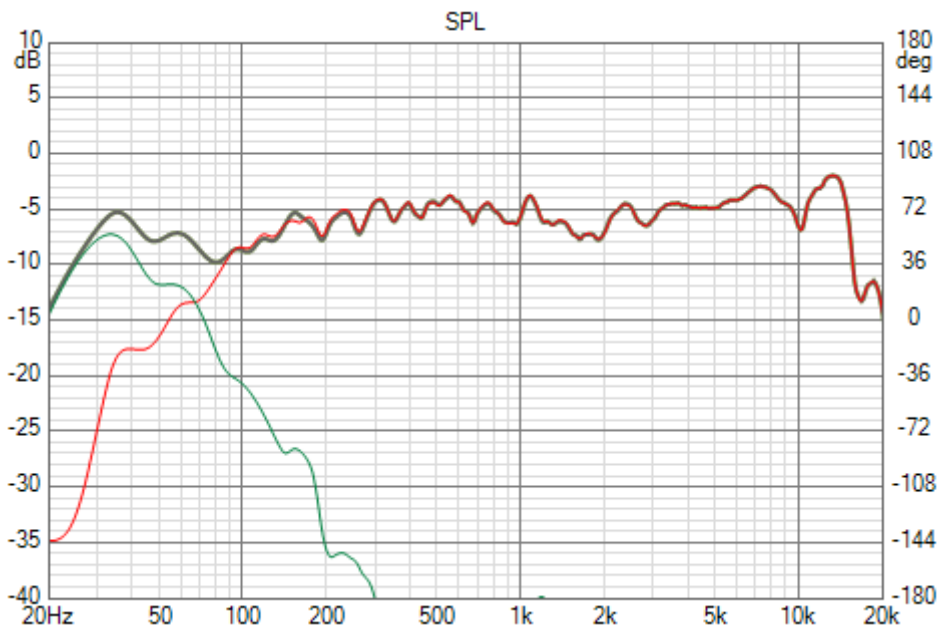


図 4-5-5 周波数特性（KEF Reference201）

※スピーカー距離 30cm での測定のため、中高域の特性は正確ではありません。

（参考資料）

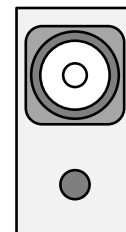
「KEF - Reference Series Models 201, 202c, 203, 204c, 205, 206ds, 207 - United States」

<https://us.kef.com/explore-kef/kef-museum/2000s/reference-series-models-201-202c-203-204c-205-206ds-207>

③ [超小型スピーカー] Fostex FE83NV + P800-E の例

Fostex の FE83NV は、8cm 口径のフルレンジユニットです。軽量の紙コーンで作られた振動板を特徴とする FE シリーズは、根強いファンが多くロングセラーになっています。

口径は 8cm と極めて小さく、組み合わせるエンクロージャの P800-E も、20.0cm (高) × 10.0 (幅) × 14.8cm (奥)、容量 1.8L と超小型になっているのが特徴です。カタログスペックの能率は、87.5dB (2.83V, 1m) です。



音は、反応の良さを特徴としたキビキビとした心地よいものです。素材の質感、とくに「ザラッ」「バシッ」という音の立ち上がり感の表現、ピアノやボーカルの存在感は、小さなスピーカーとは思えない生々しさを感じさせます。

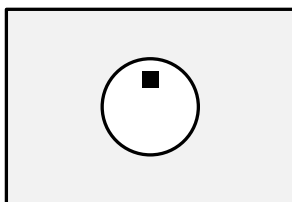
サブウーハーの追加では、まず重低音の補強が望まれます。卓上にも置けるサイズの本機で、重低音の量感が不足してしまうのは致し方のないことです。その一方で、小口径フルレンジの放つ音のスピード感は一級品です。このスピード感のある音に対して、いかに上手くサブウーハーの音を溶け込ませるかがサブウーハー調整の肝になるでしょう。

変換 BOX、アンプの設定は、それぞれ図 4-5-6 に示すような設定が適当でした。変換 BOX のつまみは 12 時 (直上) の方向。アンプのクロス周波数つまみは 15~16 時。音量は 11~12 時。スピーカーのダクトは完全に塞ぎ、SW-1 のダクトは (先の 2 例とは異なり) 両方を塞いで密閉型にしています。SW-1 の接続は、正相接続です。

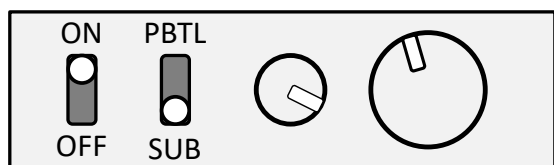
得られた周波数特性を図 4-5-7 に示します。80Hz からダラ下がりの特性で、-6dB は 40Hz。低音量感を感じる 80~100Hz 付近をフラットに整え、そこから下の帯域は自然なロールオフとすることで、低音のスピード感を上げています。

実際に試聴すると、FE83NV の特徴を生かしつつ、自然な質感で低音を付与することができました。40Hz まで再生できているため、超低音の伸びも十分に感じられ、サブウーハーを追加したことの満足感があります。クロス周波数が約 180Hz と高めになったためか、電子音が多い音源ではサブウーハーの方向から低音が出ているようにも聴こえてしまいました。可能ならば左右にサブウーハーを設置する 2 発使いとしたい所です。嬉しい誤算は、FE83NV の中高域のクセが減り、聴きやすい音色に変化したこと。周波数特性の凹凸は依然として大きく残っていますが、低音域に十分な量感が備わったことで、中高音域の粗さが目立たなくなったようです。小型スピーカーとサブウーハーの組み合わせは、一昔前には「3D システム」と呼ばれていましたが、オーケストラから EDM まで楽しめる、極めてコストパフォーマンスに優れるシステムに仕上がったといえるでしょう。

変換BOX（ネジ面が上側）



ハイカット機能付きアンプ



SUB FREQ Volume

図 4-5-6 Fostex FE83NV + P800-E に適合する
変換 BOX、アンプの設定（SW-1 を 1 本使用時）

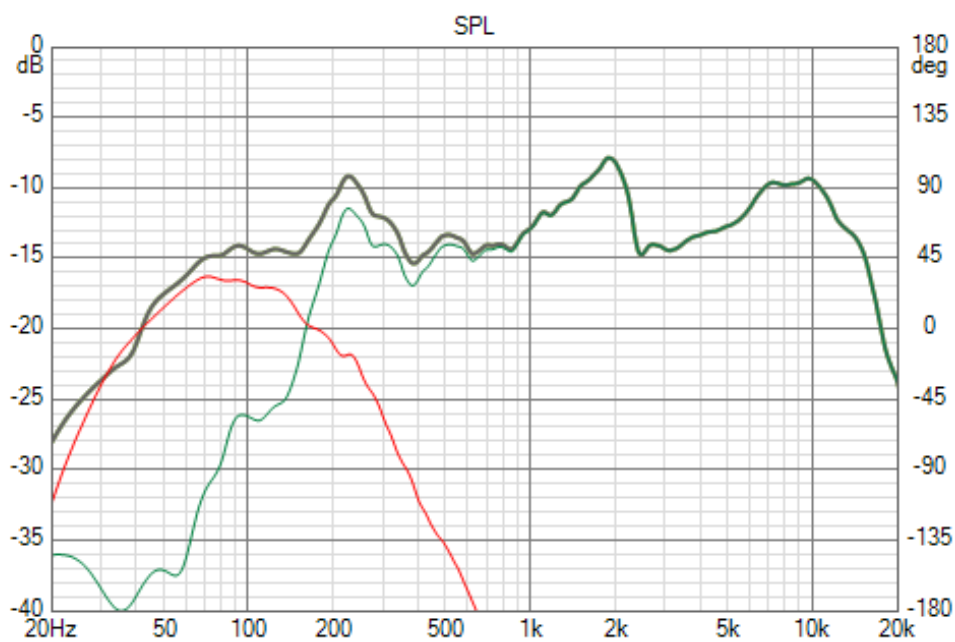


図 4-5-7 周波数特性（Fostex FE83NV + P-800E + SW-1）

※スピーカー距離 30cm での測定のため、中高域の特性は正確ではありません。

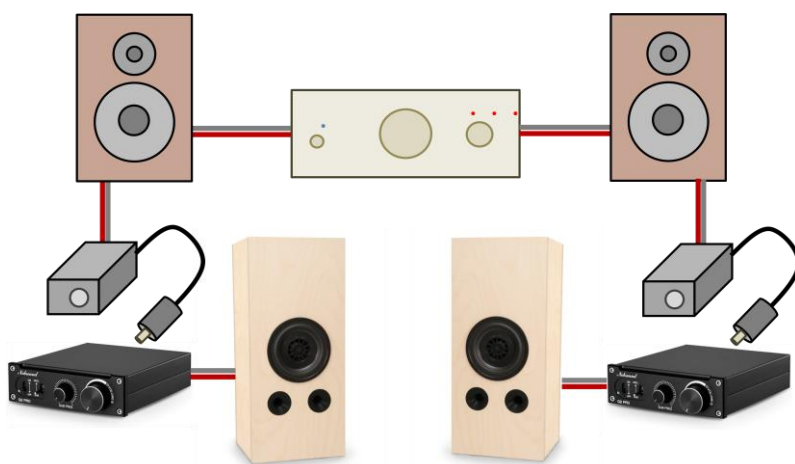
(参考資料)

FE83NV <https://www.fostex.jp/products/fe83nv/>

P-800E <https://www.fostex.jp/products/p800-e/>

【コラム】 サブウーハーを2本使用するとき

サブウーハーを左右に1本ずつ、合計で2本使うことでより高度な低音再生を狙うことができます。具体的には、左右の低音バランスが均一になる、2カ所から低音が放出されるため定在波の影響が軽減される、1本あたりの音圧を減らせるので歪が減る、最低音域までステレオ再生になり音場感が広がる...と、様々な良い影響が期待できます。実際に2本を増やして聴くと、低音のゆとりや深みが一段と高まり、ハイエンドオーディオを彷彿させる解像度とダイナミックレンジの広い低音になります。



調整方法は、1本使用の時と変わりません。ただし、音量は1本使用時の半分、つまり「-6dB」だけ小さくすることが必要です。

第五章：サブウーハーの調整（実践編）

本章では、サブウーハーの調整方法として、聴感に基づく調整のやり方を説明します。先の第四章④～⑤で紹介したような方法が基本の調整方法になりますが、ここでは実際に音楽を聴きながら微調整をするときを想定して解説をします。

調整では、サブウーハーの「位相・クロス周波数・音量」の3つを駆使して、メインスピーカーと馴染みの良い低音に仕上げます。特に、聴感のみで調整をする際は、予め調整と音の傾向を理解しておくことが大切です。ここでは、下記の①～⑧の8パターンと、症状別の3パターンを説明します。

| | | 音量 | | |
|--------|----|-----|-------------|-----|
| | | 小さい | 適切 | 大きい |
| クロス周波数 | 高い | ① | ② | ③ |
| | 適切 | ④ | 【最適】 | ⑤ |
| | 低い | ⑥ | ⑦ | ⑧ |

① クロス周波数が高く、音量が小さいときの音質傾向

低音の俊敏さを重視しようとするすると、サブウーハーの音量は小さめになります。その一方で、中低域の厚みを確保するためにはクロス周波数を高くする必要があります。

この場合、超低音の基音に対して、その倍音が過度に再生されるために、耳が疲れやすいと感じることがあります。これは個人差があるようですが、実際に聞いているときは鮮烈でスピード感のある低音に聴こえるのですが、試聴を終えた後に鼓膜が圧迫されるような不快感が発生することがあります。また、超低音部分の音圧が不足し、ここぞという時に力不足な低音に感じることがあります。

この状況を脱するには、まずクロス周波数を下げると同時に、音量を上げてみることです。サブウーハーの音量を上げると、確かに低音の俊敏さが下がるようにも感じますが、時には大胆に調整をしてみることで自然な低音を獲得するポジションを見つけやすくなるはずですよ。

② クロス周波数が高く、音量が適切なきの音質傾向

この場合、中低域にモヤツキを感じる、中域（ボーカル）が引っ込んだように感じるといった違和感が生じます。また、曲によって低音の量感が大きく変わってしまう、曲によってドカドカと低音が煩い、ということも起こります。後者の場合、100Hz付近が不自然に盛り上がっているために、その帯域が含まれる楽曲では低音が過度に目立ってしまうのです。

クロス周波数を高く設定してしまうのは、中低域の量感を稼ぎたいと考えながらサブウーハー調整をしている場合に起こりがちなパターンです。確かに、ピアノの左手や、ボーカルの実在感などを表現するには、中低音の音圧を十分に確保することが大切です。

しかし、このように中低音が不足して聴こえる場合でも、実際は中低音は不足しておらず、(A) サブウーハーの音圧が高すぎる (B) 中高音の不要振動が残っているということが往々にしてあります。つまり、中低音の両脇の帯域が凸の場合、中低音は相対的に凹に聴こえ、細身な音に感じてしまうのです。

対処法は、(A) の場合は、サブウーハーの音量を下げしてみる。(B) の場合は、ゴム系インシュレーターでメインスピーカーの制振を試みる。となります。

(B) のように、サブウーハーの調整のためにゴム系インシュレーターを使ってメインスピーカーを制振する、というのは意外に思われるかもしれませんが。もしかしたらゴム系インシュレーターに対して音の解像度や抑揚が衰退するというマイナスのイメージを持っていらっしゃる方も多いかもかもしれません。しかし実際は、サブウーハー導入前はバスレフダクトからの低音で量感を稼いでおり、それにより下がった音の解像度を補うために、中高域に華やかさを残しておいた方が好結果が得られていたということが多々あります。(第四章 ③参照) サブウーハーを活用し、メインスピーカーのバスレフダクトを塞いだ今となつては、制振不足に由来する中高域の華やかさばかりが目立っているのです。そこで、メインスピーカーを適切に制振してやることで、音の表情はより自然な方向に戻ると共に、情報量も増えたように感じ、さらには中低音の不足感も感じなくなるはずです。

ごく稀に、第四章⑤のスピーカー②の実例のように、中低音域がダラ下がり特性になってしまうスピーカーもあります。この場合は、(クロス周波数を無理に上げなくても)メインスピーカーを壁際まで近づけることで、中低音の音圧を稼ぐことができます。

③ クロス周波数が高く、音量が大きいときの音質傾向

この場合、サブウーハーからドカドカ・ボワボワとした過剰な音が出てくるので、すぐに誤った調整だと分かるはずです。

唯一、間違いやすいのは、クロス周波数を調整していたら、(知らずのうちに) 音量が大きくなってしまうパターンです。図 5-1 に示すように、クロス周波数が低いときは、そのハイカットフィルターの効果で(音量ツマミの位置が同じでも)再生音量が小さくなります。その逆に、クロス周波数ツマミを上げていくと、音量ツマミの位置は一緒でも再生音量が上がってしまうのです。

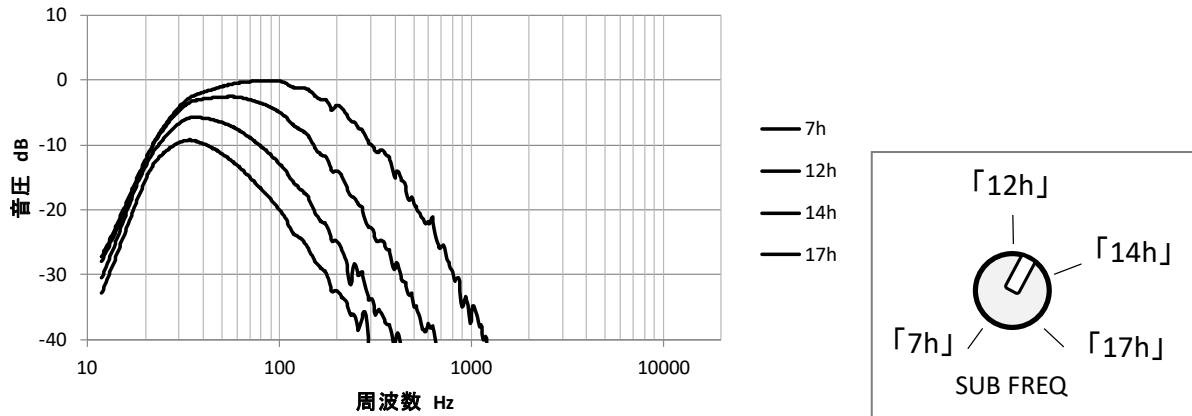


図 5-1 クロス周波数の調整と、音量の変化
「SW-1」とアンプ「Nobsound G2 PRO」の例

第四章の⑤で示したスピーカー①と② (p.21~24) は、メインスピーカーの能率は同等です。しかし、双方のサブウーハーの音量ツマミは大きく違う位置にあることが分かります。これは、クロス周波数による音量の差を、音量ツマミで補正しているためです。(図 4-5-2 と図 4-5-4 参照)

クロス周波数を見直したら、音量も再調整する。さらには、位相が適切か、もう一度確認する。良い音に近づくためには、こうした地道な作業を日々少しずつ重ねることが大切なのです。

④ クロス周波数が適切、音量が小さいときの音質傾向

この場合、サブウーハーから出力される音量が足りず、低音音量感が少なく感じるので、聴いていてすぐに分かると思います。

様々な音源を聞いてみて、ドンドンと鳴る 100Hz 付近の低音、ズシンと鳴る 50Hz 付近の低音、グラッと空間を揺らす 30Hz 付近の低音。それぞれの低音がバランスよく中高音域の音圧と調和しているかを意識しながら聴いて、適切な音量位置まで上げていきましょう。低音が多く含まれている音源だけでなく、アコースティックギターの音（弾く瞬間に低音が僅かに含まれる）などが自然で存在感のある音になるかも、意外に判別しやすい音源だったりします。

また、第四章の⑤で示した実例と比べて、遥かに小さい音量つまみ位置になっており、それ以上上げると違和感が生じる...という場合は注意が必要です。たとえば、音量を上げると低音が暴れてしまう、耳が疲れやすい、という時は、音量を絞る消極的な手段を選ぶ前に、位相・クロス周波数・設置場所が適切かを再確認すると良いでしょう。聴いていて違和感があるときは、大胆に調整してみるのも成功への近道です。

※鉄筋コンクリート住宅の場合、密閉度が高いために、サブウーハー音量は小さめが適正位置になります。

⑤ クロス周波数が適切、音量が大きいときの音質傾向

この場合、少し柔らかめの低音質感になります。また、②と同じく中域が少し引っ込んだような鳴り方になるのも特徴です。また、普段は問題が無くても、不意なタイミングで圧迫感のある低音が出てくるように聞こえることがあります。

音量つまみは、少しの位置の違いで大きく聴感音量が変わります。感覚的には、1dB 変化すれば音の雰囲気は変わりますし、3dB の変化は明らかな差になります。図 5-2 に示すように、音量つまみの左半分は特に大きく音量が変化します。調整の際には、少しずつ動かすことを心掛けましょう。

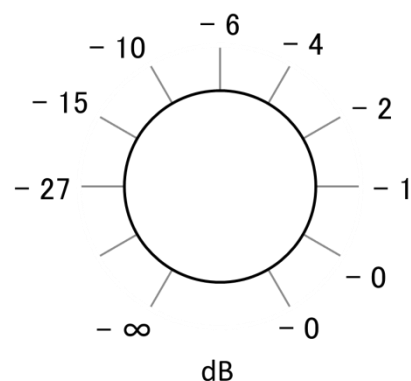


図 5-2 アンプ「Nobsound G2 PRO」の音量つまみ位置と音量

⑥ クロス周波数が低く、音量が小さいときの音質傾向

この場合、明らかに低音量が少なく感じるので、すぐに分かると思います。クロス周波数、音量ともに上げて、再調整しましょう。

⑦ クロス周波数が低く、音量が適切なきの音質傾向

この場合、低音の量感が少なく感じます。特に、ビートを刻むような100Hz付近の存在感が不足し、どこことなく細身で物足りない印象を抱くかと思います。

低音不足なのは間違いないのですが、ここではサブウーハーの音量を調整するべきではありません。低音の量感は、100～150Hz付近の音圧によって支配されており、クロス周波数を少しだけ上げることで改善されます。音量ツマミの調整によって変化するのは、超低域の音圧や、低音全体の質感であり、これを不用意に触ると全体のバランスを崩してしまうことがあるのです。

クロス周波数の調整も、音量ツマミと同じく、微妙な調整が求められます。様々なジャンルの曲を聴きながら、少しずつツマミを動かしてベストポジションを探ります。POPSのような電子音が多い楽曲ばかりで調整をすると低音～中低音の厚みが薄くなりがちなので、クラシックのようなアコースティックな楽曲も聴きながらクロス周波数の調整を進めるのが良いでしょう。

⑧ クロス周波数が低く、音量が大きいときの音質傾向

この場合は、若干分かりづらいのですが、低音が一拍遅れるような感じの音になります。低音のスピード感改善には、サブウーハーのダクトを塞ぐことも有効ですが、それ以前にクロス周波数や音量などの基本的な調整を着実に行うことが大切です。

おそらく、超低域の存在感を出そうとして、このような調整になっているのだと思います。しかし、超低域（20～40Hz）の存在感は、その倍音成分（40～80Hz、80～160Hz）を適切に再生することで際立ってくるもので、闇雲に超低域の音圧を増すだけでは得ることができません。

バランスの良い低音を心掛けることが、魅力的で正確な超低域再生につながるのです。

【症状別 事例1 小音量で聴いていても、低音がうるさい】

クロス周波数が若干高く、100Hz 付近が盛り上がっている（もしくは定在波で増幅する周波数帯域と重なっている）ことが原因として考えられます。 先の②（P.29）を参考に調整してみてください。

【症状別 事例2 耳にまとわりつくような低音で、気持ち悪い】

低音がボンボンと、耳にまとわりつくような不愉快な鳴り方をするパターンです。

これは、クロス周波数が高すぎて、メインスピーカーの音と中低域が干渉することで起こる現象です。 そのため、クロス周波数を下げることで改善します。 このとき、クロス周波数を下げたことで、中低域の厚みも減衰してしまうことが多々あると思いますが、その場合は、①サブウーハーの音量を下げる（相対的に中低域が目立つ）、②メインスピーカーを壁に近づける、③メインスピーカーを制振する、などの工夫で聴感上の音の厚みを確保していきましょう。

【症状別 事例3 サブウーハーを加えたら高音域が不足したように感じる】

サブウーハーが加わると、低域から中域は充実しますが、今度は高域が不足しているように感じるものです。

過去の経験では、スピーカー周囲に物があり、中高音域の音の反射による不自然な強調感が取り除けておらず、相対的に高音の不足が感じられた、という事がありました。 この事例では、スピーカーから 20cm 以内にあった物を遠ざけたことで、見違えるようにヌケの良い音場と自然な高音を獲得することができました。 また、スピーカーがバイワイヤリング対応端子搭載である場合は、高域側の端子にスピーカーケーブルを接続することで、高音域の精度を高めることができ、結果として高音不足感を解消することができます。

サブウーハーの追加は、実はスタートラインでしかありません。 全帯域の音のクオリティを上げていくためには、様々な角度から改善を重ねることが大切です。

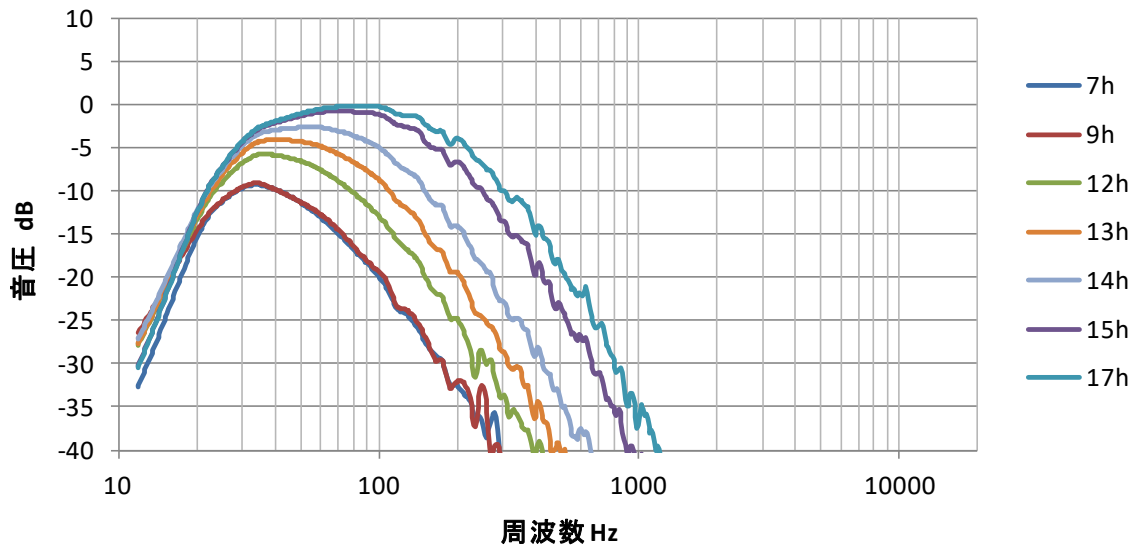


図 6-1 SW-1 周波数特性と、アンプ「Nobsound G2 PRO」のクロス周波数ツマミ位置 (SW-1 は、ダクト 2 本とも開放状態)

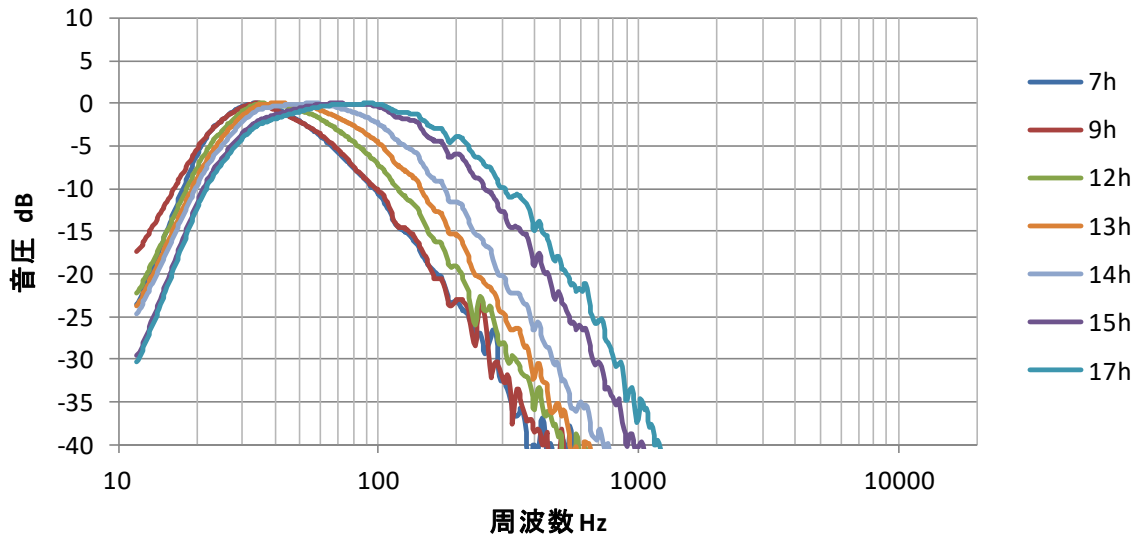


図 6-2 SW-1 周波数特性と、アンプ「Nobsound G2 PRO」のクロス周波数ツマミ位置
 ※音量が一定になるよう調整
 (SW-1 は、ダクト 2 本ともダクト開放状態)

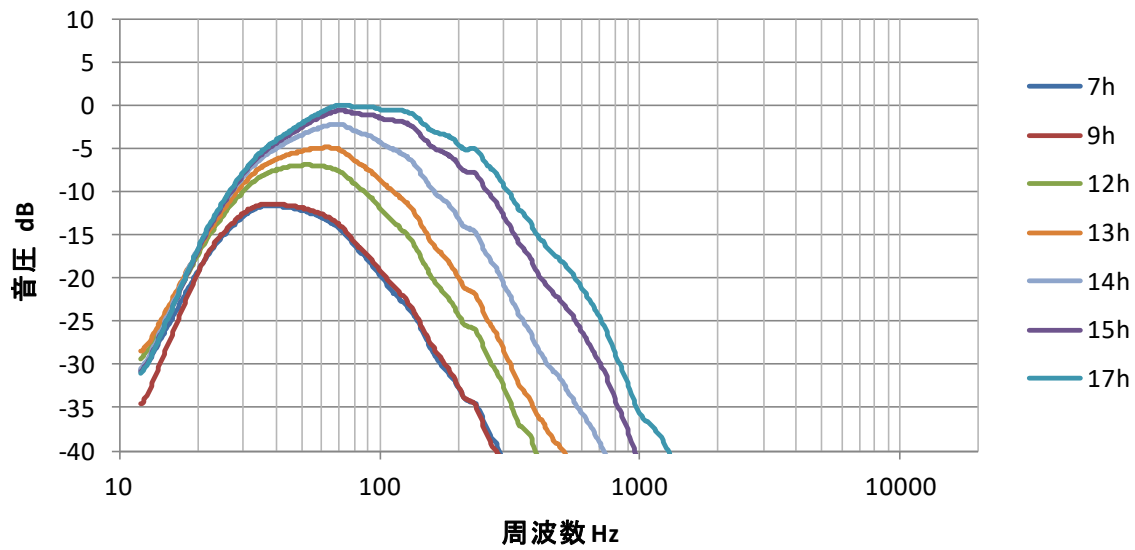


図 6-3 SW-1 周波数特性と、アンプ「Nobsound G2 PRO」のクロス周波数ツマミ位置 (SW-1 は、ダクト 2 本とも密閉状態)

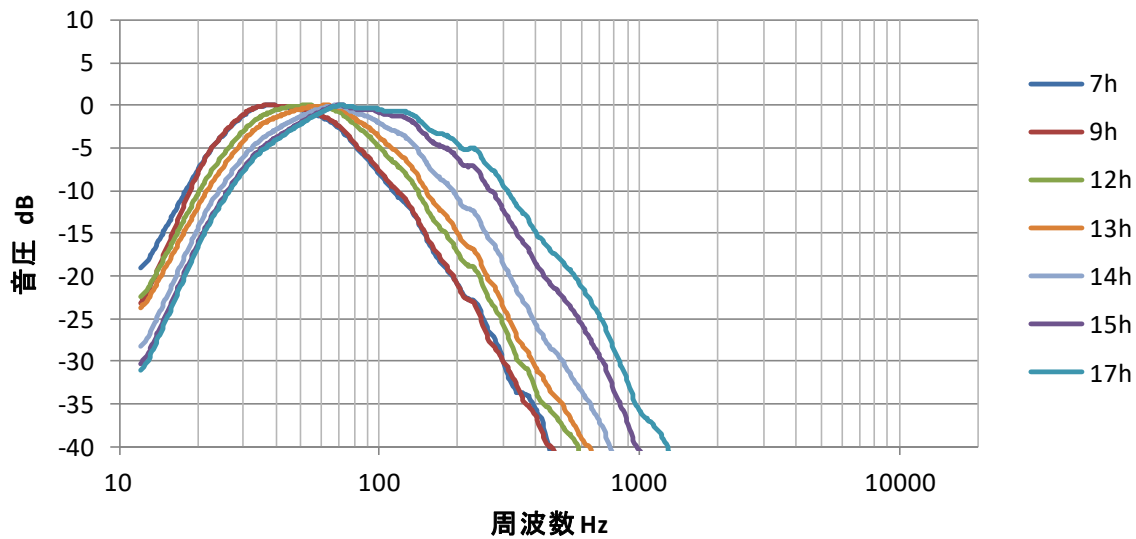
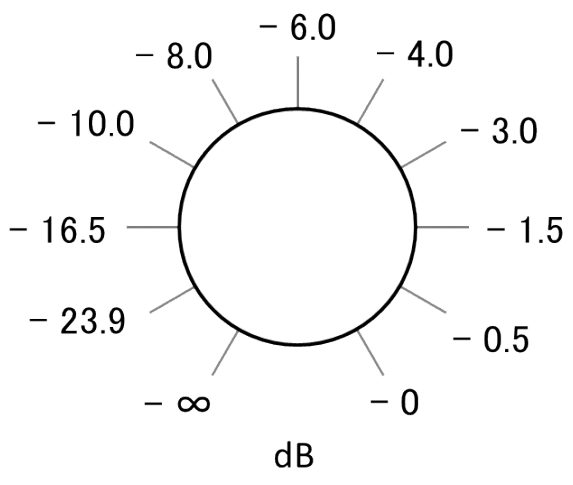


図 6-4 SW-1 周波数特性と、アンプ「Nobsound G2 PRO」のクロス周波数ツマミ位置
 ※音量が一定になるよう調整
 (SW-1 は、ダクト 2 本ともダクト密閉状態)



変換BOX（ネジ面が上側）

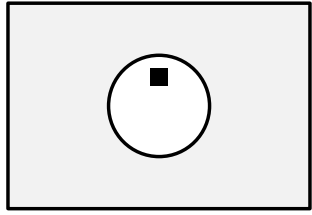


図 6-5 変換 BOX の音量ツマミ位置と、音量

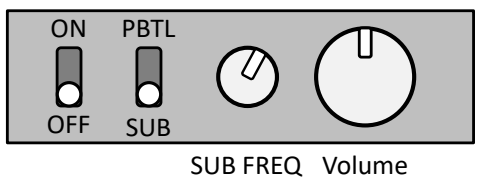
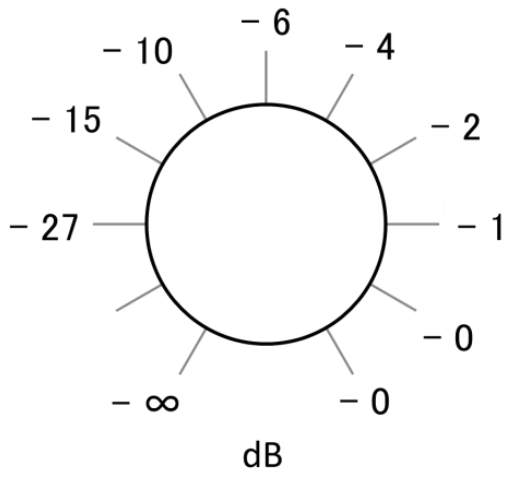


図 6-6 アンプ「Nobsound G2 PRO」の音量ツマミ位置と、音量

<製品の紹介>



サブウーハーシステム「SW-1」

製品詳細ページはこちら。

「オーディフィル SW-1」

http://www.audifill.com/products/accessory/sw1/sw1_overview.html



SW-1 購入ページはこちら。

「オーディフィル web ショップ」

<https://store.shopping.yahoo.co.jp/audifill/sw-1.html>



著者：オーディフィル カノン 5D
第一版（2021年04月17日）

本書の内容は、製品の仕様や性能を示したり、保証するものではありません。
本書を参考にして仮に損害が生じた場合も、著者はいかなる責任も負いません。

「SW-1」をご使用の際は、取扱説明書も併せて必ずご一読下さい。