

【連載：「ハイレゾ機器解説」第6回】

スピーカーのハイレゾ対応

ソニービデオ&サウンドプロダクツ(株) V&S 事業部 サウンド開発部

杉山 雅紀

1. はじめに

ソニーは 2013 年秋より、ホームからモバイルまでハイレゾ音源に対応した商品群を一挙に市場に全面展開してきました。これはソニーのオーディオへの取り組みの中で大きな変化点となりました。実はこれ以前にも、特にトランスデューサー系商品に大きな影響を与えた出来事がありました。1999 年に発表した DSD 方式によるスーパーオーディオ CD 関連商品群の発売です。この時点でソニーでは高解像度・広帯域再生について考え、商品に活かしてきました。ハイレゾ音源再生への準備がある程度できていたと言えるでしょう。ハイレゾ音源を聴く事はファイル再生であり、Disc 再生と比較し、より手軽に、更なる高音質再生が可能になります。ハイレゾ音源の登場以来、ソニーでは「ホームスピーカーに於いて、高音質なハイレゾ音源の良さを出すには、どのような条件が必要なのか？」ということを徹底的に検討してきました。ハイレゾ音源ならではのシビアな要求事項があることもわかってきました。ここではその概要を説明するとともに、その後のアップデート情報も盛り込み解説していきます。

2. ハイレゾ音源の良さを引き出しやすいスピーカーとは

まず「ハイレゾ音源の良さとは何でしょうか？ 高解像度、広帯域音源がもたらすものとは？」について、下記に簡単に記します。

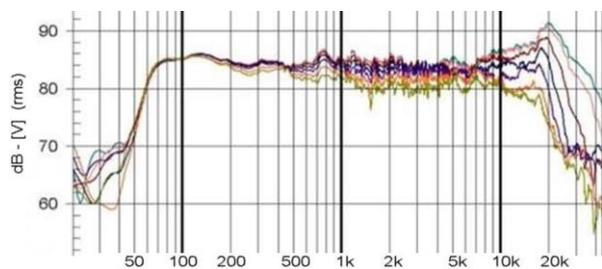
- ・より生に近い、リアリティーが増す
声や楽器の微かなニュアンス、倍音の響きや音色の微細な変化がつかみやすい
- ・空間再現力に優れる
録音空間の大きさ、広さ、反射、残響などが聴き取りやすく、再生音に立体感や臨場感が増す

このようなハイレゾ音源の良さを十分に引き出せる試聴機器や環境を整えた上で、多種多様なスピーカーを試聴・測定しました。試聴に関しては、既成概念を払拭し純粋な気持ち・耳で臨みました。その結果、ハイレゾ音源の解像度や空気感、空間感の聴き取りやすさとスピーカーのキャラクターに関連があることがわかってきました。下にハイレゾ音源の良さがわかりやすい条件を示します。

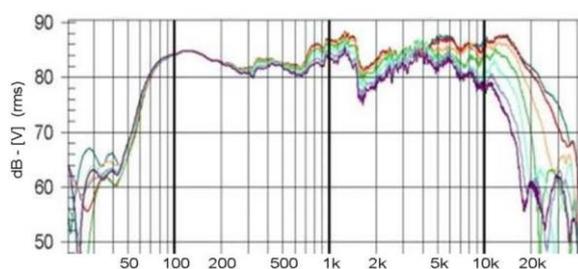
- ・周波数特性がよい（ピーク・ディップがない）、帯域が広い
- ・強いキャラクターの無い音色
- ・高域まで特性が伸びており、かつ指向性が広い
- ・過渡応答がよい（板振動などによる悪化要素が少ない）

例えば、下記の 4 タイプのスピーカーを、ハイレゾ音源の良さがわかりやすい順に並べると次のようになります。

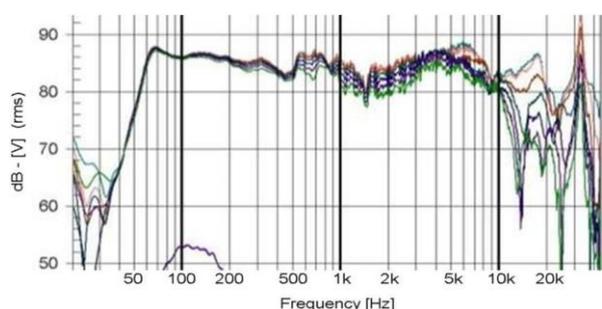
＜スピーカー周波数特性（10° 毎の水平指向特性）例＞



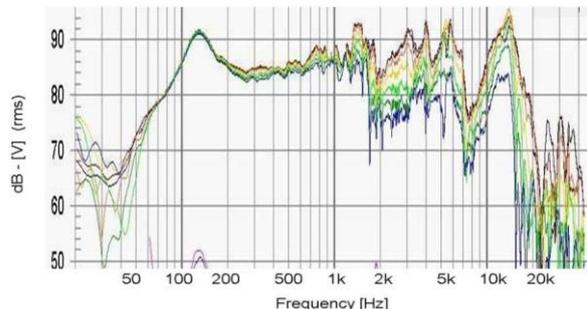
① 帯域・指向性が広く音が素直



② 帯域は狭いが、音が素直



③ 帯域は広いがキャラクターが強い



④ ピーク・ディップが大きく、多い
高域が伸びていない

つまり、ハイレゾ音源の良さを表現するスピーカーには、オーディオ的にある程度高い能力が必要で、その上で指向性が広く素直な音色であることが重要だとわかりました。以下にはこれらの条件を効率よく実現していくための施策をご紹介します。

3. 周波数特性が良く、素直な音色のスピーカーを設計する

トゥイーターやスーパートゥイーターには、音や特性に癖の無いものがハイレゾ再生には向いています。ソフトドーム型、リボン型（プリントコイル型含む）などです。ソニーではトゥイーターにはソフトドーム型を、スーパートゥイーターには特殊な駆動構造を持ち、70kHz まで高域を伸ばしたソフトドーム型（後述）を採用しています。

また、ユニット位置の適正化とキャビネットによる回折を低減することも重要です。各ユニットをできるだけ近づけ垂直方向の指向性に配慮し、インライン配置にして水平方向の指向性をきれいに整えます。

回折が起きると軸上周波数特性に乱れが発生し、さらに音に濁りが加わります。これはハイレゾ音源の空気感を阻害する原因となります。対策としてバツフルはトゥイーター周辺を断面 45°程度にカットした構造とし、しかも幅を抑えて反射と回折を低減します。ウーファー周辺はバツフル面積を確保するため、あるいは最大外形幅を抑えるためカットを切り立たせた、いわゆるプロペラ形状が有効です。プロペラ形状はハイレゾ商品群開発以前の機種 AR シリーズ、NA シリーズ等で採用しているもので、回折による音波面の乱れを軽減する優れたバツフル形状と言えます。

＜回折を軽減するプロペラ形状バッフルの使用例＞



SS-HA1



SS-AR1

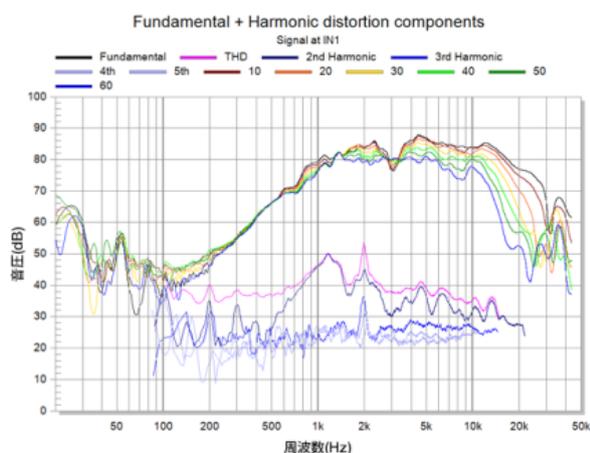


SS-NA5ES

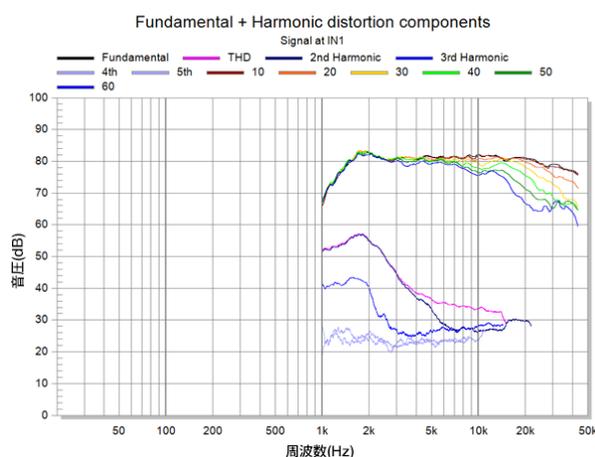
4. 高域を伸ばし、指向性を広げる

通常の高域再生で使われるボイスコイル径 25mm のドームツイーターは、軸上では特性が伸びているものの、30°、特に 60°の指向特性では高域の落ち込みが激しくなります。これは高域に於いて放射エネルギーの不足となり、ハイレゾ音源の空気感を損なったり、スイートスポットを狭くしてしまう原因になります。これを解決するには振動板径を小さくすることが有効です。ソニーは先の NA シリーズ用にボイスコイル径 14mm、駆動構造が従来品と異なり 70kHz まで高域再生を可能にした小型ツイーターを開発しました。

＜ツイーター周波数特性（10°毎の水平指向特性）比較＞



25mm ドームツイーター



14mm 小型ドームツイーター

NA シリーズのツイーターシステム「I-ARRAY™ System」ではこの小型ツイーターを 2 個使用し、メインツイーターを挟み込む構造とし、超高音域の音圧をキープしたまま水平方向の指向性を広くしています。

また、SS-HA1 ではこの小型トゥイーターをスーパートゥイーターとして使用するため、音圧を磁気回路の強化等によりアップさせた上で、1個については正面に配置。さらにもう1個を天面に使用して水平方向だけでなく垂直方向の指向性も広くしています。スピーカーの正面以外で聴く場合の音質を向上させることが目的でしたが、ハイレゾ音源の効果を一層わかりやすくし、リスニングエリアをさらに広げるという効果がありました。

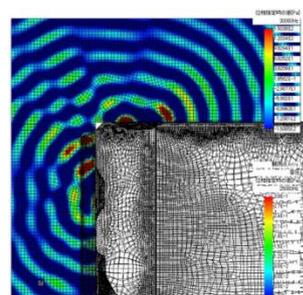
「I-ARRAY™ System」の場合も、天面・正面スーパートゥイーターの場合も、ユニットの位置関係や周辺形状は非常にシビアで、mm 単位での調整・コンピューターシミュレーション・試聴を繰り返し、ベストな状態まで追い込んでいます。



「I-ARRAY™ System」

SS-HA1 Super Tweeter

シミュレーションによるユニット位置とバッフル形状の最適化



SS-HA1 断面 25kHz

5. 過渡応答（立ち上がり、立下り特性）をよくする

鋭い音の立ち上がりを再現するには、全帯域で過渡応答を向上させる必要があります。前項のように中域から超高域まで再現性を高めたとしても、低域がモッサリとしていてはハイレゾ音源の良さは伝わって来にくいものです。立ち上がりの鋭い、タイトでノリの良い低音再生には重い振動板は不向きです。ソニーでは独自の発泡マイカ振動板(MRC)を従来から用いてきましたが、これはマイカフレークを発泡セル状に成型し、パルプや合成繊維を配合することで、軽量、高剛性かつ適度な内部損失を備えた特性を実現するものです。SS-HA1、-HW1 では2層抄紙 MRC という技術を開発。これはベースになる厚い層にはタイトで力強い低音を担う発泡倍率の高い第一世代 MRC を、表層にはしなやかでかつキレの良い中音域を担う発泡倍率の低い第二世代 MRC を形成する新技術です。これにより軽さ、音質、強度のバランスを極限まで追求することが可能となりました。尚、2層抄紙 MRC はその後 CS シリーズでも採用されました。



2層抄紙 MRC 振動板断面



2層抄紙 MRC 振動板



SS-HA1



SS-HW1

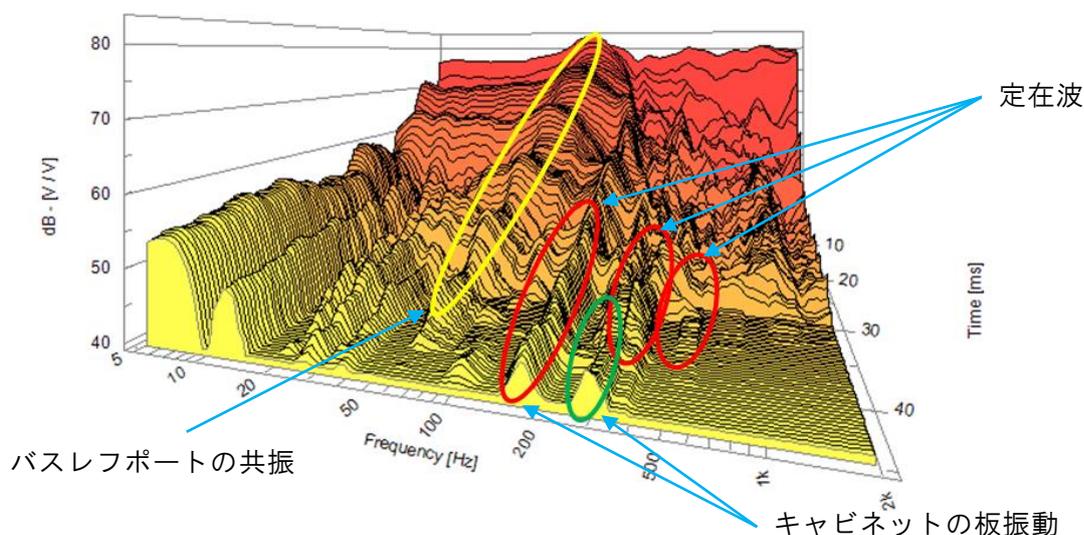


SS-CS5

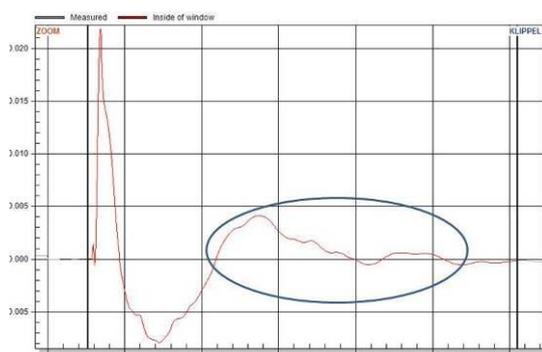
AR シリーズ、NA シリーズでは力強い低音とともに、中低音域の S/N 感を重視し、ウーファー振動板にアルミを採用しておりますが、磁気回路を強力にすることで過渡応答を高めています。

ユニットで過渡応答を高め、立ち上がり・立ち下りを良くしても、キャビネット内で定在波や板振動が発生していると、それが不要な音源となりハイレゾ音源の解像度、空気感を損ねる原因となります。定在波や板振動は Cumulative spectral decay により観測することができ、下図はその例です。バスレスポートも共振なので尾を引きますが、板振動よりも収束が早く単一周波数のためあまり気になりません。しかし板振動は長く続き、複数の周波数に現れることが多く、音を濁らせてしまいます。

<Cumulative spectral decay 特性の例>



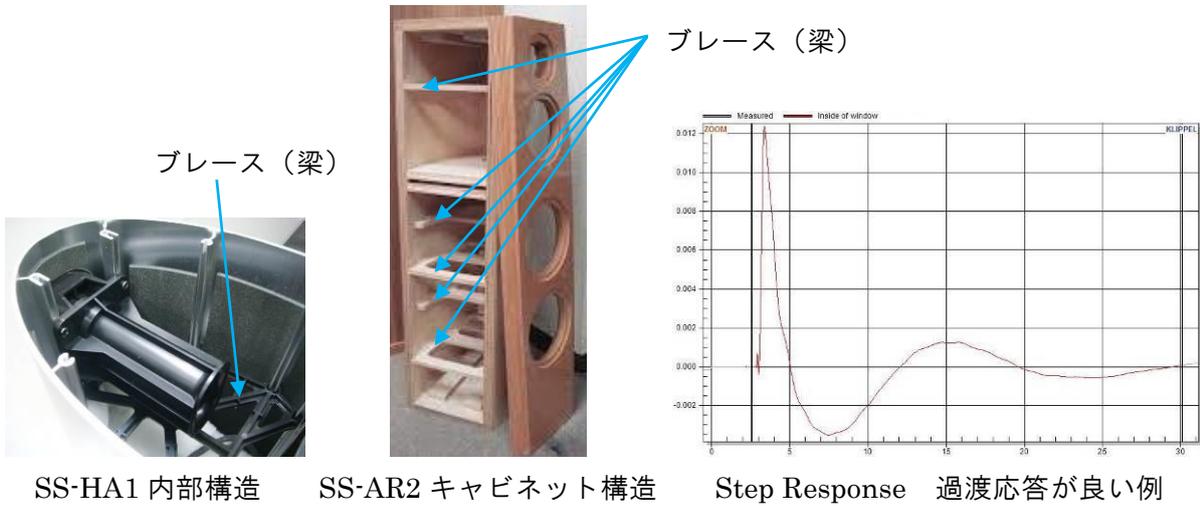
また、測定データを Step Response で見てみると下のようになり、定在波や板振動があり過渡応答が悪いと 10ms 以降の波形が乱れていることがわかります。



Step Response 過渡応答が悪い例

HA シリーズではキャビネットにアルミ押し出し材を用い、剛性を高めた上で、内壁に制振材、吸音材、さらにブレース（梁）を設けることで板振動を抑えています。AR シリーズ、NA シリーズではキャビネットに強度の高いバーチ材を用い、さらに響きを調整しながら最適位置にブレースを

設けることで不要な振動を抑えています。定在波や板振動を抑え、過渡応答が良好なスピーカークの Step Response は右下のようにきれいになります。

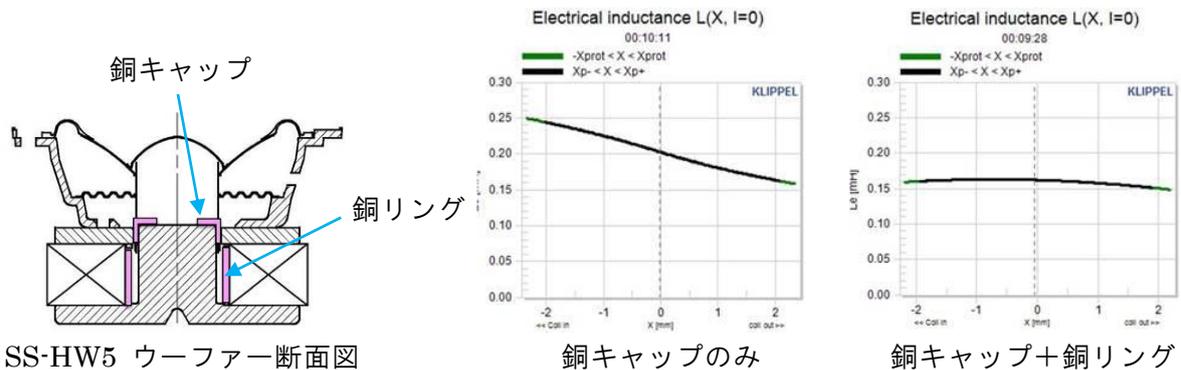


6. ユニット、システムでの低歪化

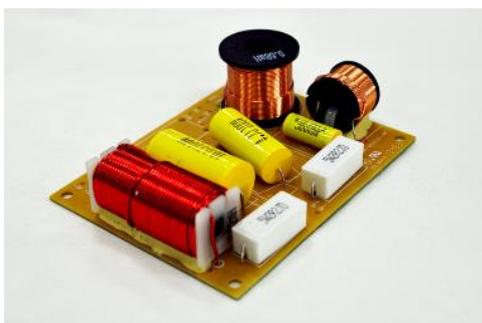
ハイレゾ音源の切れの良い立ち上がり、解像度の高さ、空気感を損なわないためには、ユニットやシステムでの歪を抑えることが必須となります。

ウーファの場合、支持系のリニアリティーを向上させたり、磁気回路の非対称性による歪を抑えていきます。磁気回路に銅キャップや銅リングを設けることによりボイスコイルL分の変動が小さい、低歪のユニットにすることができます。ユニットにかけられるコスト、最大振幅、使用帯域から低歪化の対応方法を決めていきます。

下に SS-HW5 (CAS-1 用スピーカーク) ウーファの例を示します。銅キャップに加え銅リングを設けることにより、振幅によるインダクタンスの変化がきわめて小さくなっています。



ユニットで低歪化を図っても、デバイディングネットワーク素子でキャラクターが乗ったり、音質劣化が起きると台無しです。ハイレゾ音源の再現性を高めるために、フィルムコンデンサーや上質なコイルを使用します。低品位な素子でありがちな音楽情報の欠損を最小限にとどめ、歪感を低減し、繊細な音表現を可能にします。



SS-CS5 ネットワーク



黄色のパーツがフィルムコンデンサー

SS-HW5 ネットワーク

低歪・低ノイズなユニットとシステム、回折や板振動が軽減され過渡応答がよいシステムが実現すると、音像は眼前に展開し空中から音が鳴っている、まるでスピーカーの存在が消えたような状態が体験できます。これこそがスピーカーによるリスニングの醍醐味と言えます。

7. デスクトップ小音量再生でのハイレゾ対応

これまでスピーカーのハイレゾ対応について説明してきましたが、デスクトップでの中～小音量再生では、更に工夫が必要となりました。この項では CAS-1 用スピーカーSS-HW5 の施策について説明していきます。まず、設計ポリシーとそれを実現する施策を列記します。

◆ 徹底した低歪、低ノイズ設計

- ・低歪ユニット
- ・低ノイズ底面ダクト
- ・高品位ネットワーク

◆ 明確な音像定位とサウンドステージ

- ・ブレース入り本格塗装バーチ材キャビネットによる響きのコントロール

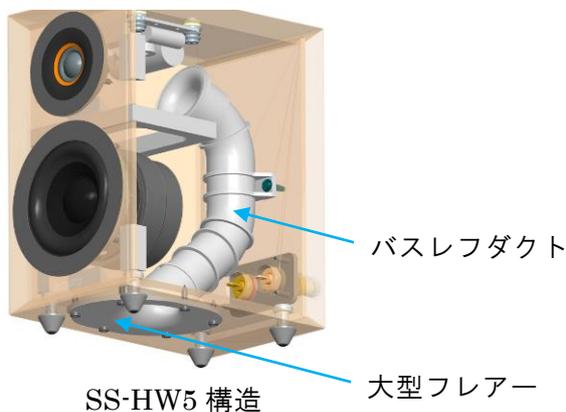
◆ デスクトップ使用への徹底した配慮

- ・スピーカーベース（5mm 厚の鉄板）、8°仰角用真鍮スパイク付属

以下では前項までの内容と重複するものは割愛し、SS-HW5 独自の内容について解説します。

7.1. 低ノイズ底面ダクト

底面前方向に開口を傾け、更に前と左右に広がるフレアーをデザインする事で、デスク上など試聴エリア全体に心地良く広がる低音を再生し、豊かな音場を形成します。さらに、口径の小さなダクトで発生する風切り音やダクトノイズを、フレアーを大きくすることとダクト内壁をシボ加工することにより防ぎ、ニアフィールドでの高音質化を図っています。



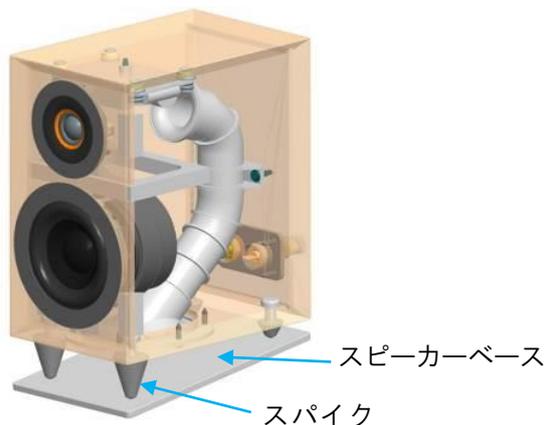
ダクト内壁のシボ加工

7.2. スピーカーベース (5mm 厚の鉄板)、8°仰角用真鍮スパイク付属

5mm の鉄板製スピーカーベースにより、スピーカーが設置されるデスクの材質や設置位置に音質を左右されにくくしています。タイトでしっかりした低音再生を可能にし、音像をくっきりとフォーカスさせます。

また、スパイク(大) の使用で仰角 8°となり、デスクトップ試聴に対応します。机面での音の反射を軽減するとともに、トゥイーターの方向を上昇させ、75cm から 2m 程度の距離での着座試聴に対応します。

(デフォルトのスパイク (小) では仰角 0° (正立)。棚に置く場合などに使用します。)



SS-HW5 仰角 8°、仰角 0°設置

8. 最後に

近年、スピーカーで音楽を楽しむ方が減っているようです。ヘッドフォンで音楽を楽しむだけでなく、ハイレゾ音源の普及やアナログレコードが復活してきた現在、是非これらの良い音をスピーカーで楽しんでいただきたいものです。前方に展開する音のステージを楽しむ事は、スピーカーによるリスニングならではの醍醐味です。DSD ライブ録音などは、ハイレゾ対応スピーカーで聴くにはうってつけの音源です。

さて、ソニーではハイレゾロゴを冠する機種は、必ず設計最終段階でハイレゾ必達スペックの確認とハイレゾ評価 (複数の評価委員試聴による官能評価) を実施しています。安心してハイレゾ音源をご堪能ください。

筆者プロフィール



杉山 雅紀 (すぎやま まさのり)

ホームオーディオ、カーオーディオのスピーカー設計に従事。

古くはオールコンデンサースピーカーSS-R10 のユニット、電気設計を担当。近年は SS-HA シリーズ、SS-CS シリーズ、CAS-1 スピーカー SS-HW5 の設計プロジェクトリーダーを務める。

ソニーグループでハイレゾ評価ワーキンググループを主催。