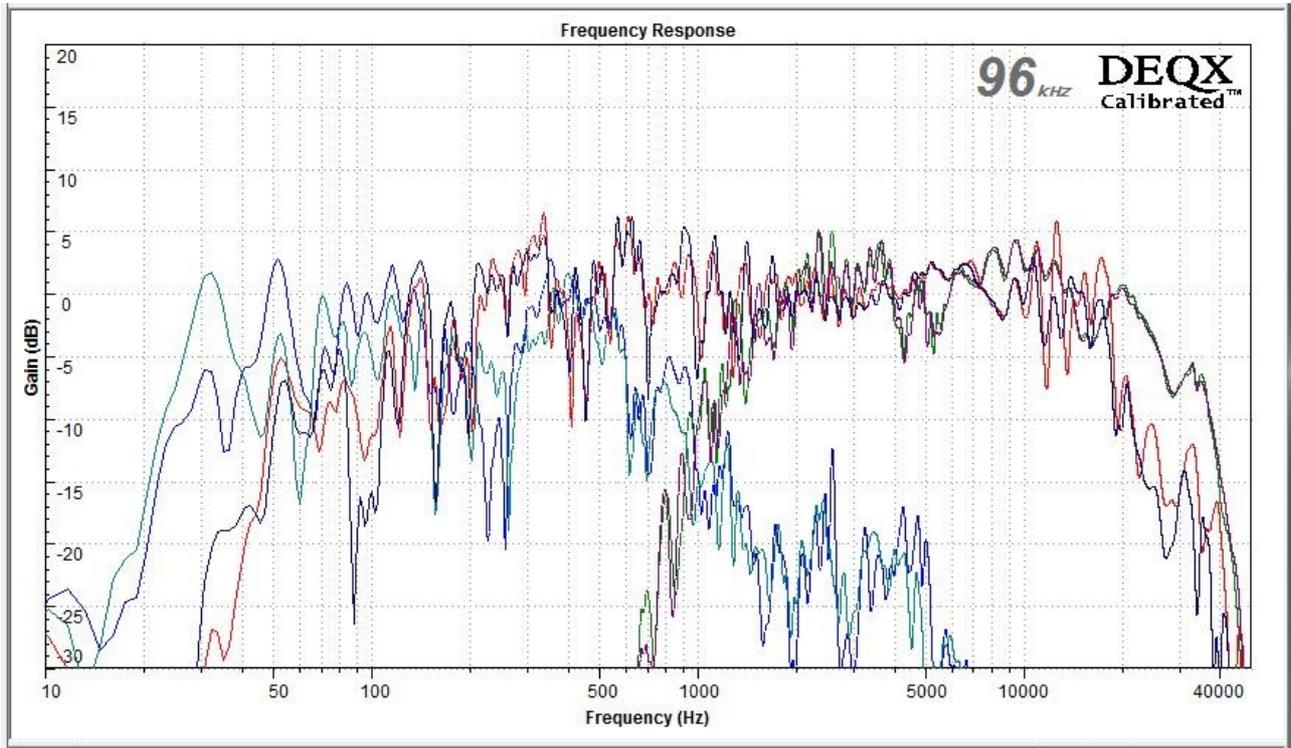


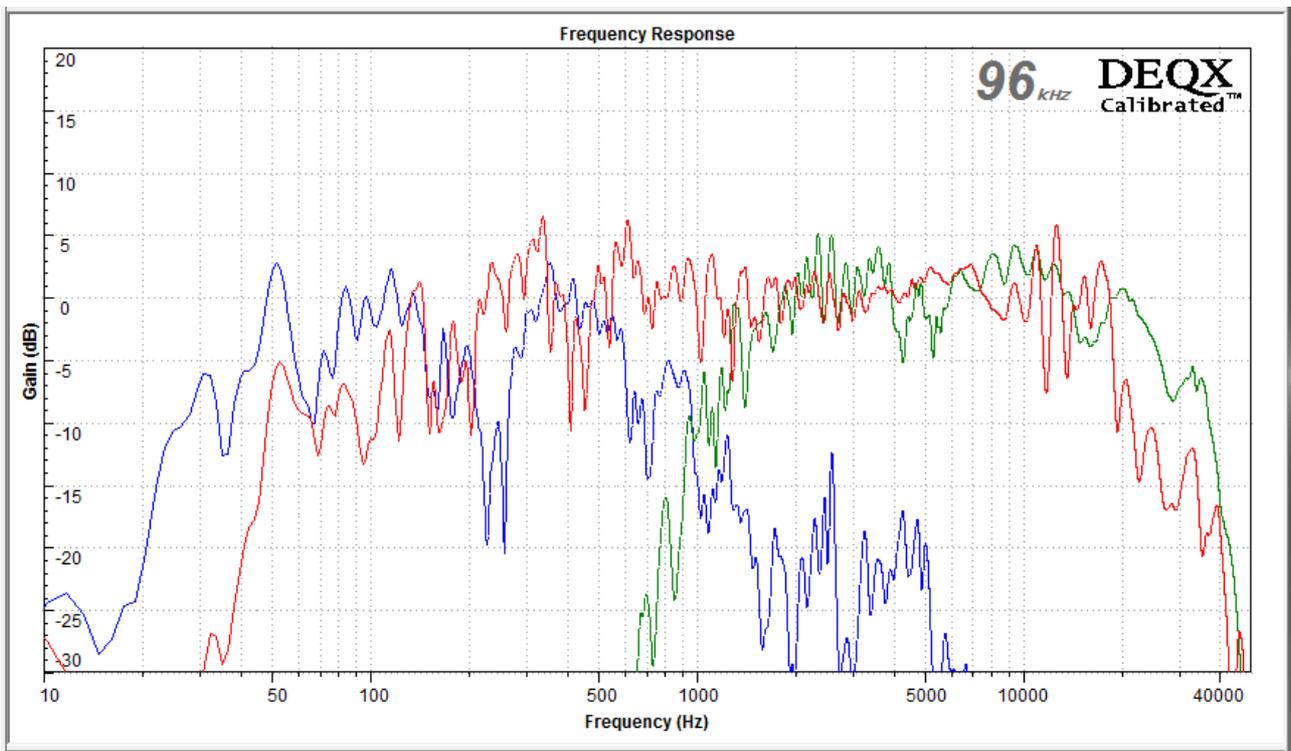
KT 氏の再生システムにおける DEQX の設定過程と結果

■ スピーカーシステム（ユニット）の測定結果

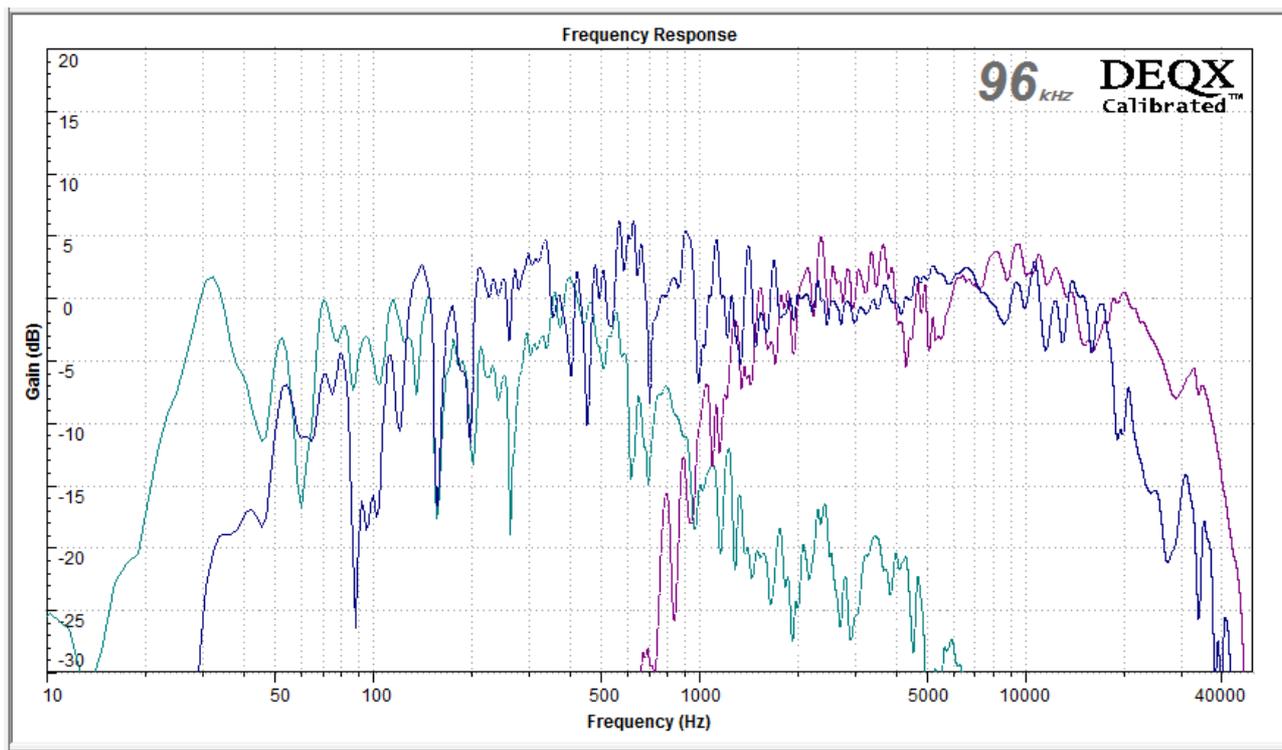


【図 1】 3Way スピーカーシステムのユニット別周波数特性（L/R で合計 6 本）

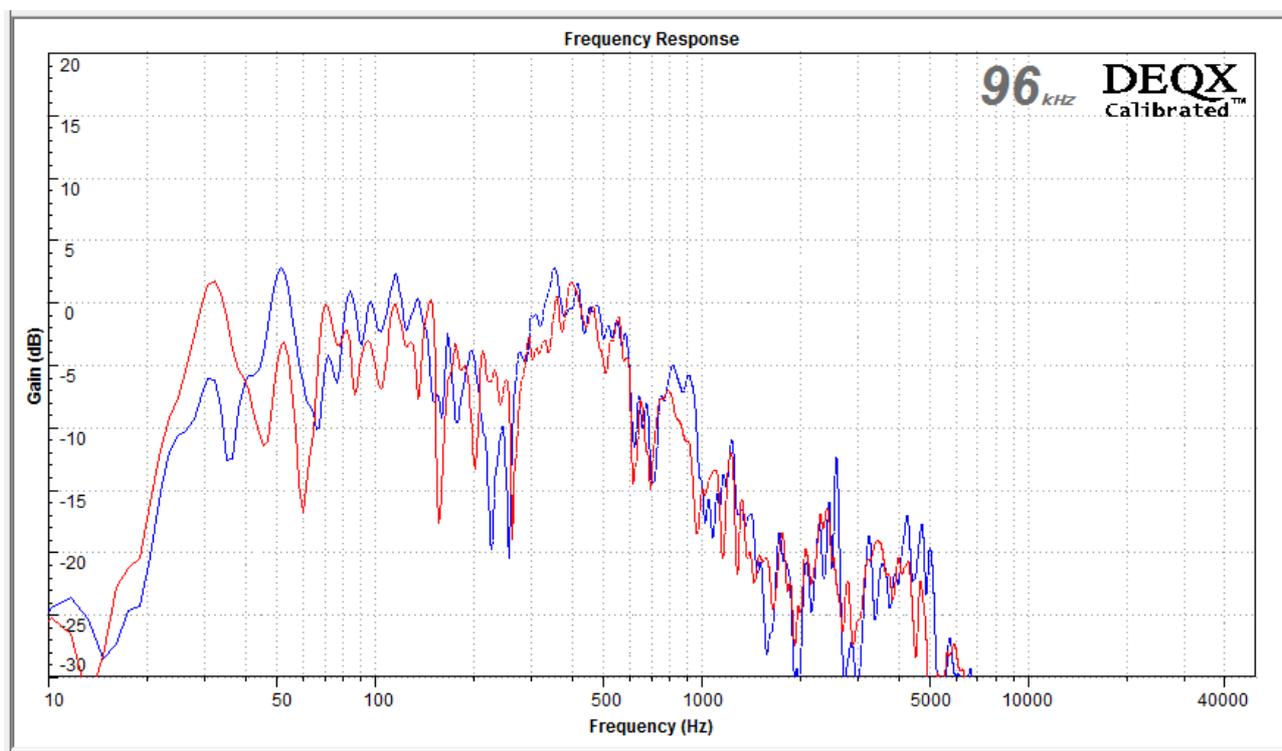
- ・ この結果から全体の帯域バランスやカバー範囲、ユニットの個体差等を見る



【図 2】 3Way スピーカーシステムのユニット別周波数特性（L-ch のみ）

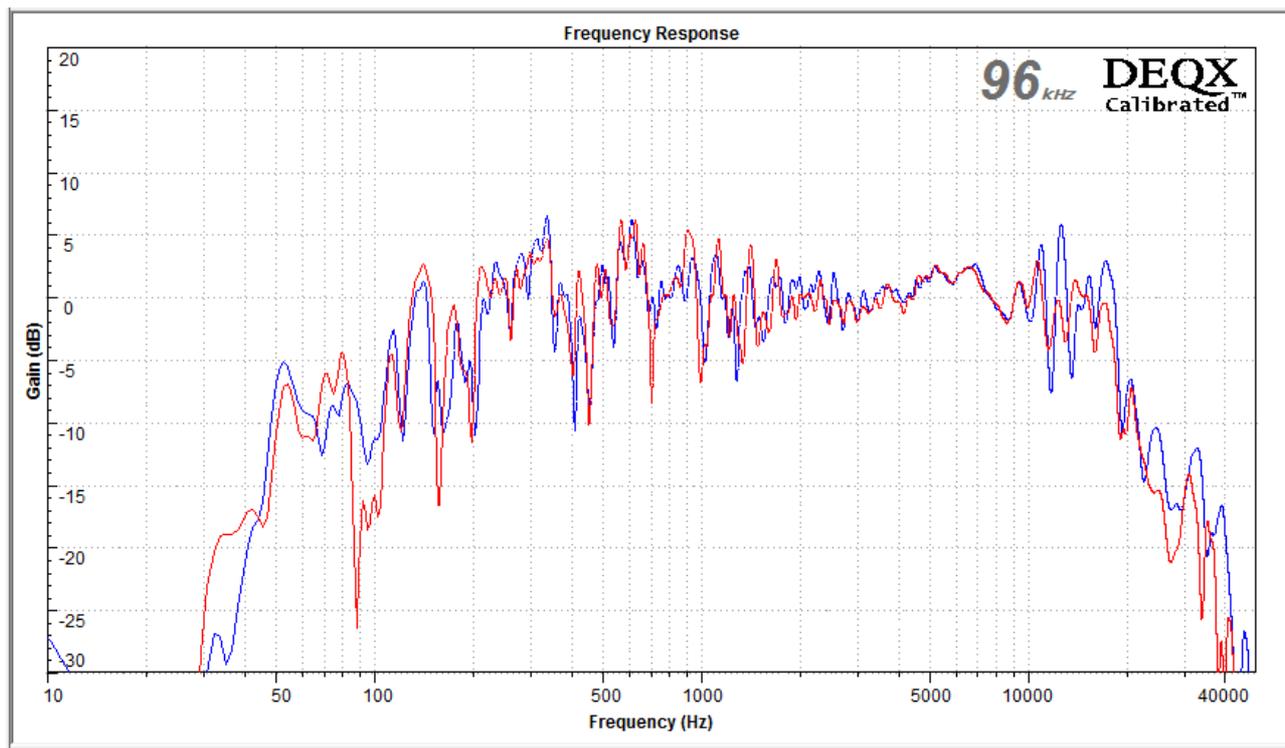


[図3] 3Wayスピーカーシステムのユニット別周波数特性 (R-chのみ)



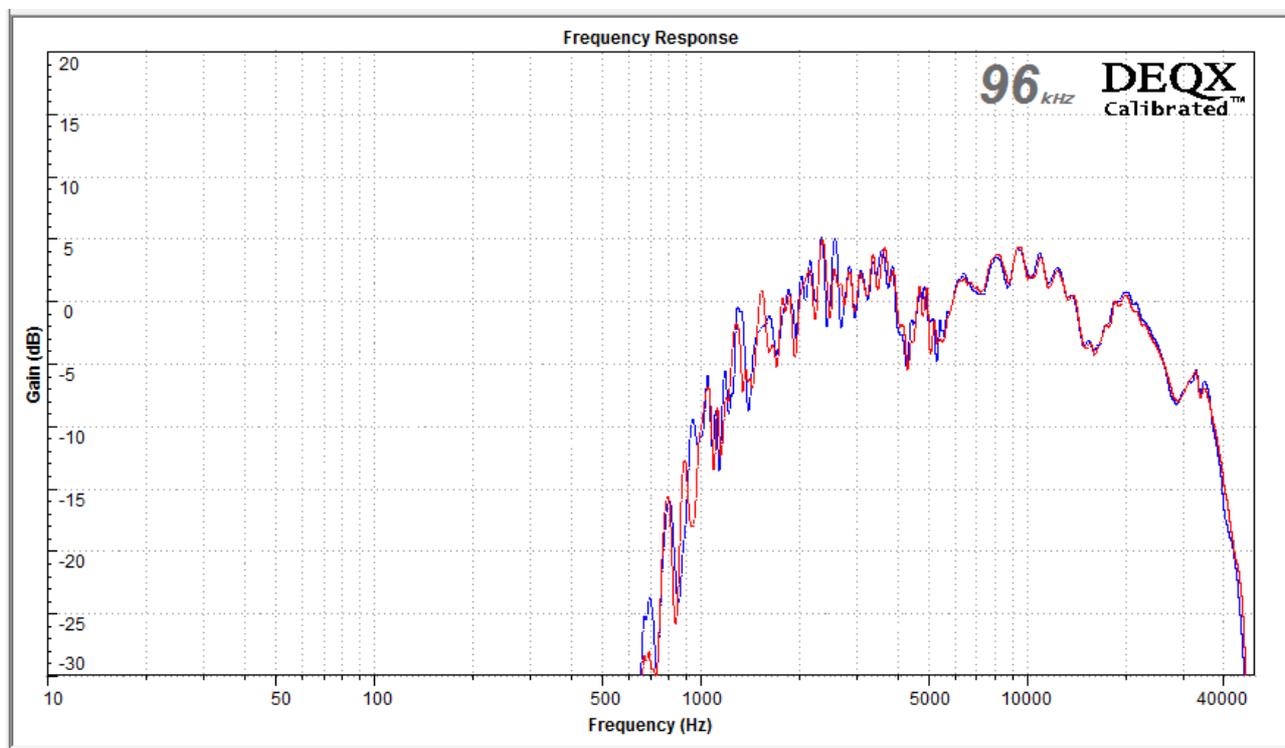
[図4] 3Wayスピーカーシステムのユニット別周波数特性 (WooferのL/R)

- ・ ウーファーはFOSTEX W400A-HRを2基、水平搭載の密閉箱
- ・ 左右の特性に若干の違いが見られる
(100Hz以下では部屋の影響もあり左chは納戸の影響等も考えられる)



[図5] 3Wayスピーカーシステムのユニット別周波数特性 (Mid RangeのL/R)

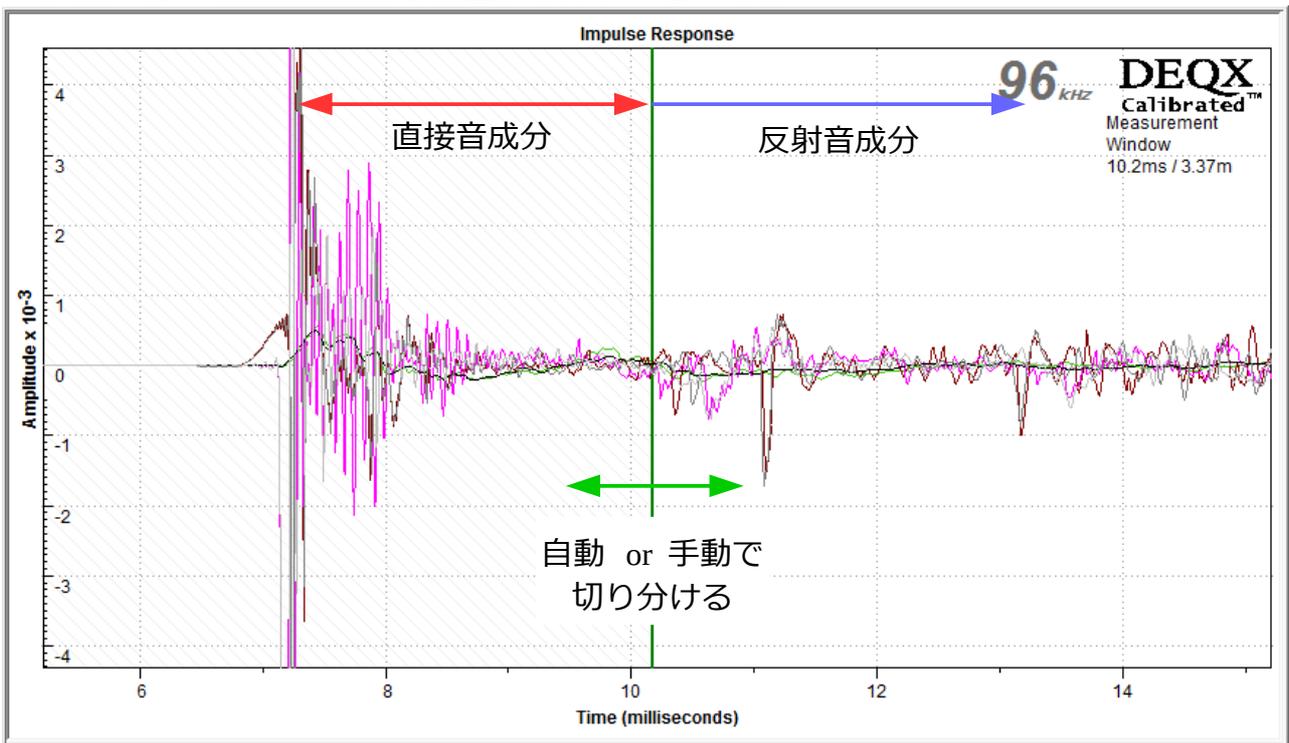
- ミッドレンジはMorel TSCM634が1基
- 特に今回の使用帯域 (200Hz~5kHz) では左右の特性差がなく、極めて優秀



[図6] 3Wayスピーカーシステムのユニット別周波数特性 (TweeterのL/R)

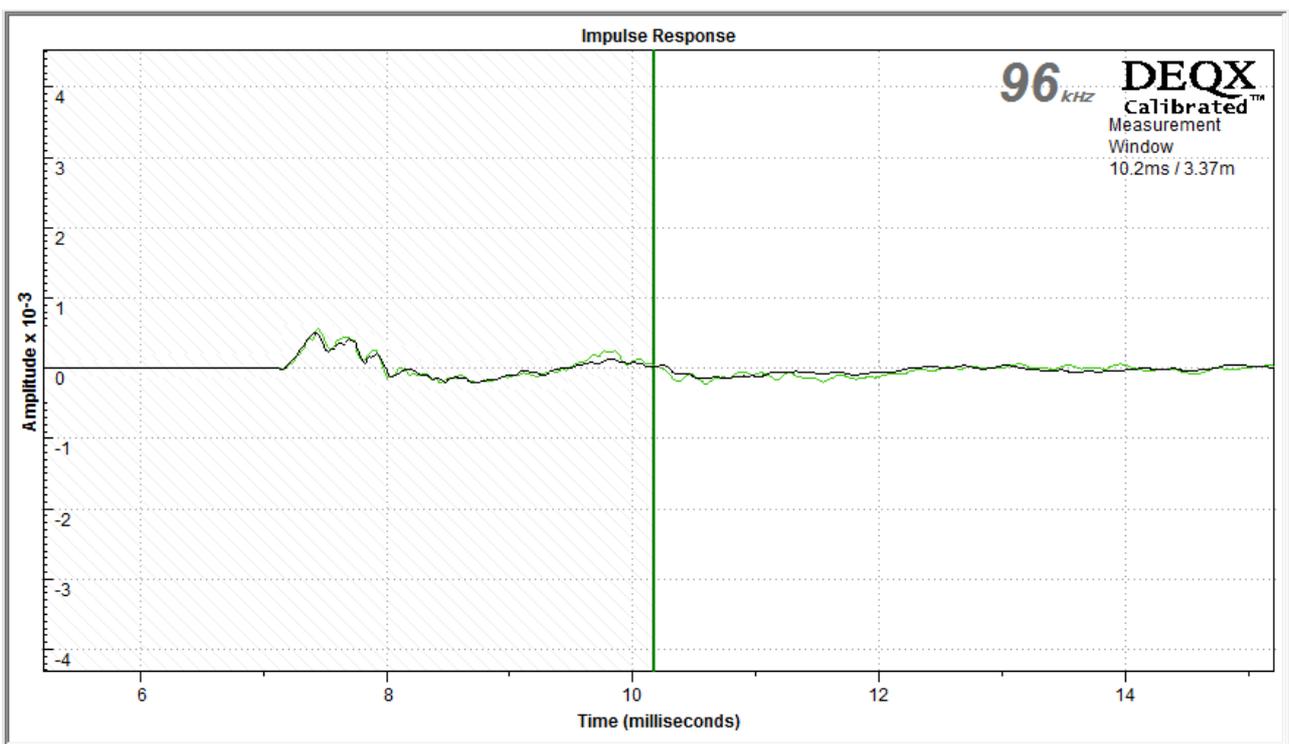
- トウイーターはScan-Speak D3004/604000が1基
- 特性が完全に一致しておりバラツキがなく極めて優秀 (使用帯域は5kHz以上)

■ スピーカーの測定結果から補正フィルターをつくる

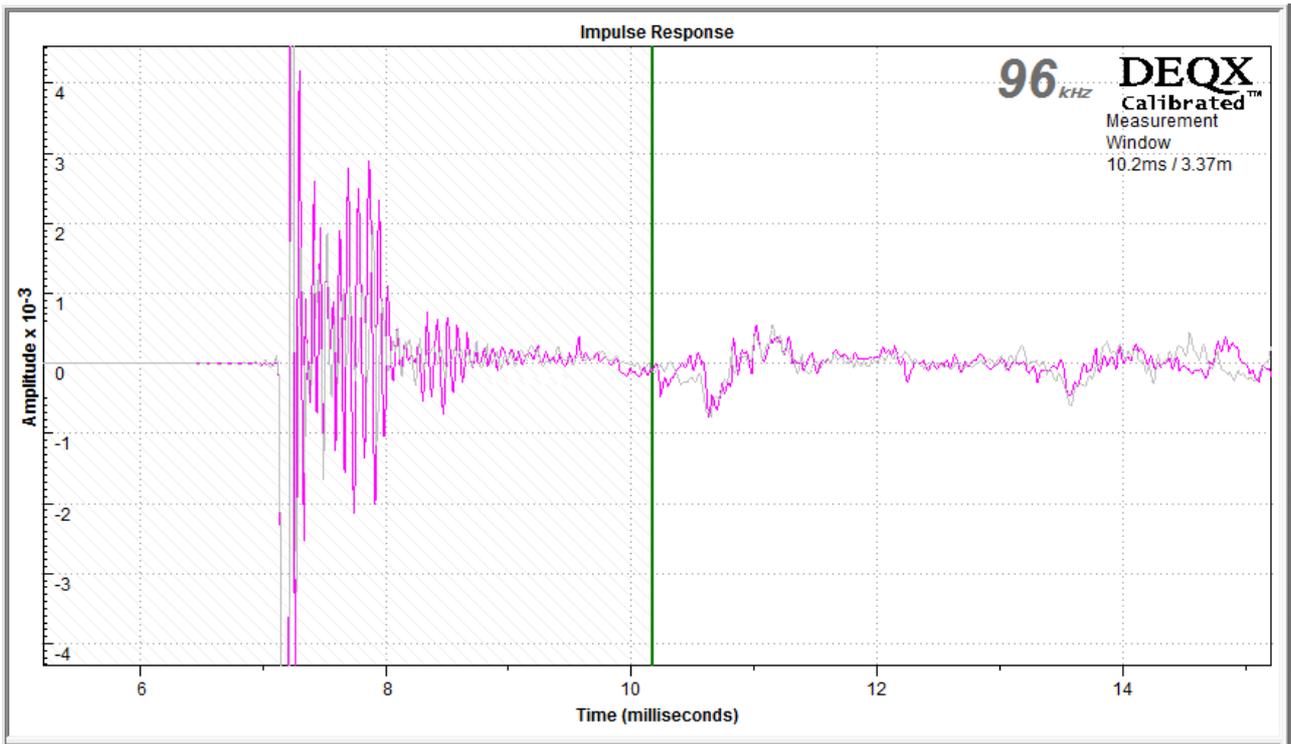


[図7] スピーカーユニットのインパルス応答特性 (Low、Mid、HighのL/R)
(※ 周波数特性をインパルス応答に変換する方法は最終ページをご覧ください)

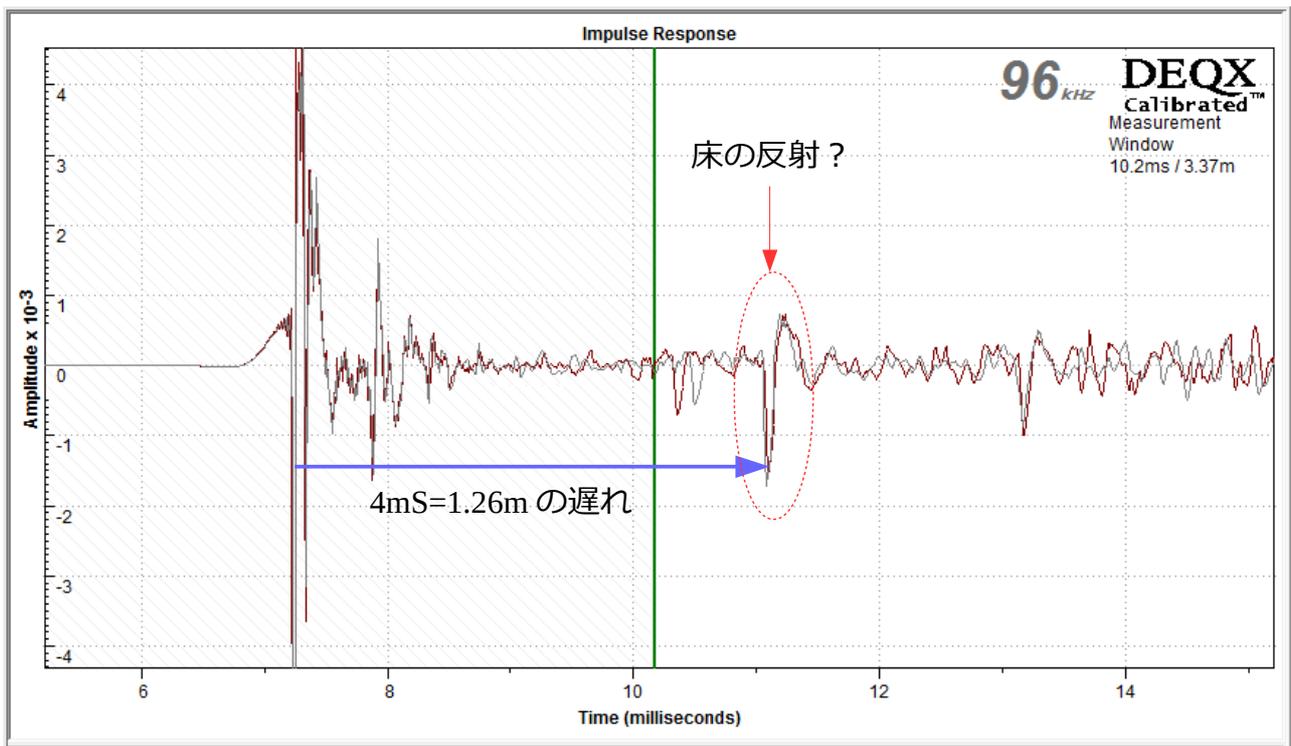
- ・ 時間軸情報を使って直接音と反射音を分離する (緑の線がセパレーター)
- ・ 直接音成分のみでSPユニットの補正フィルター (データ) を作成
- ・ 測定結果から反射音を取り除き仮想的な無響室特性を得る方法がDEQXの特長



[図8] ユニット別のインパルス応答特性 – 1 (WooferのL/R)

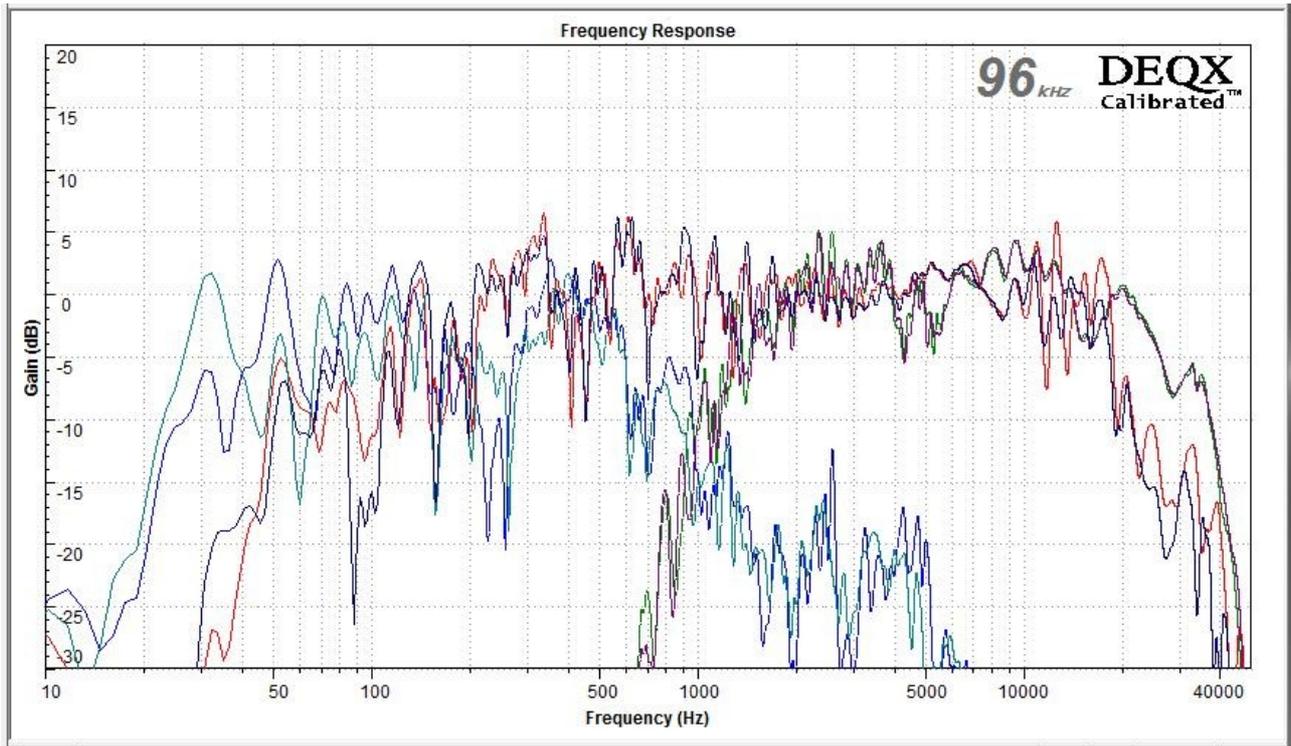


[図9] ユニット別のインパルス応答特性- 2 (Mid RangeのL/R)

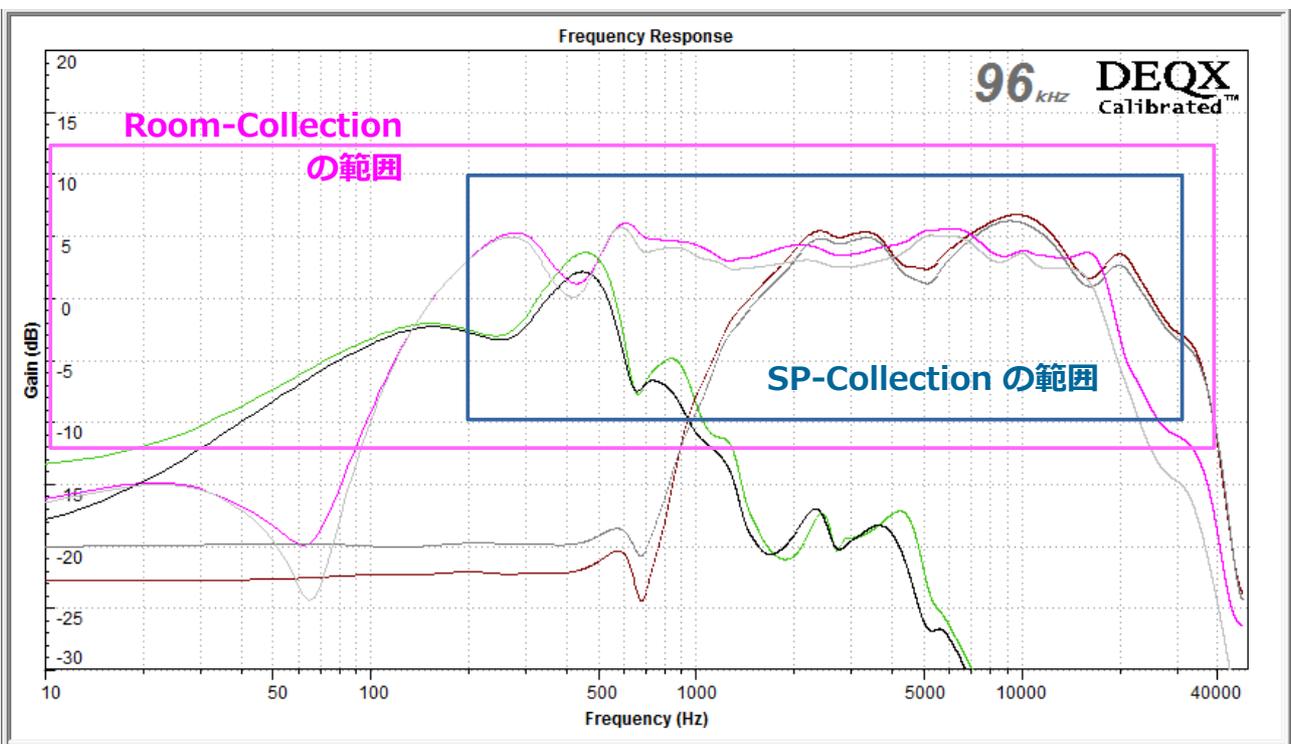


[図10] ユニット別のインパルス応答特性- 3 (TweeterのL/R)

- 直接音から4mS遅れて大きな反射音がマイクに到達している
- 時間と大きさから床の反射と思われる (吸音材等で影響を軽減すると良い)



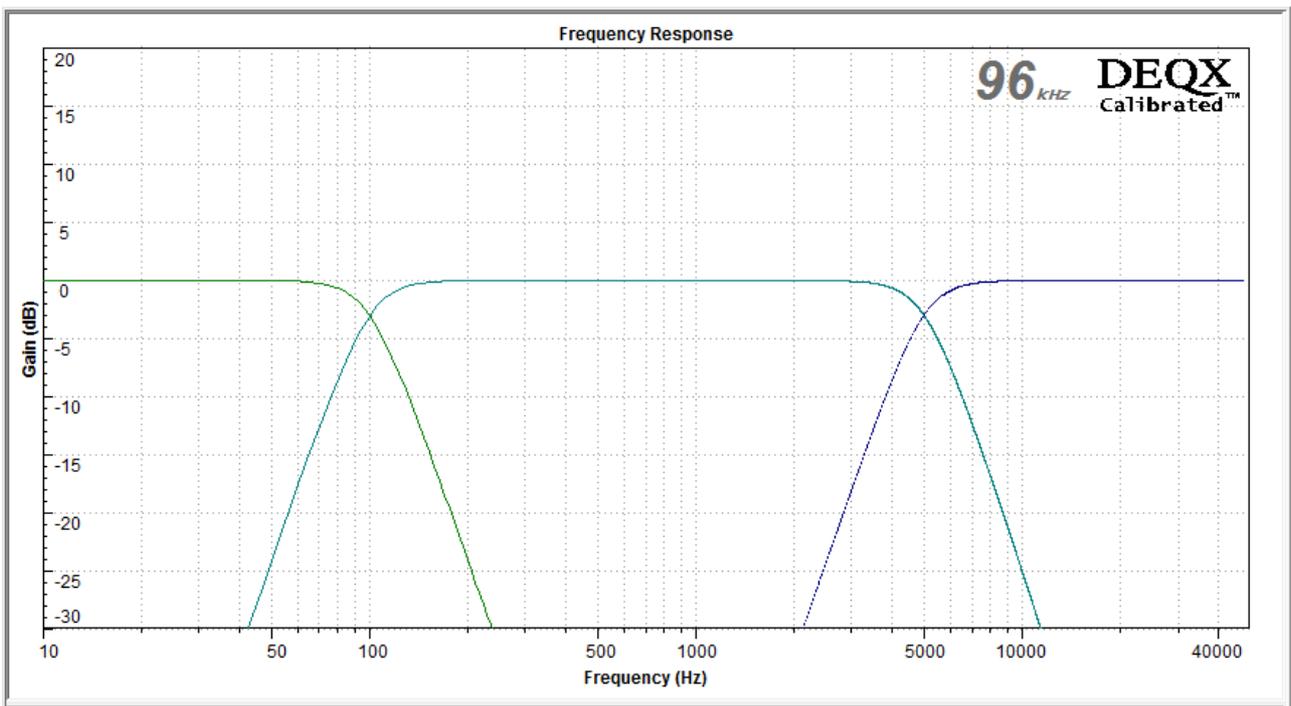
[図 11] スピーカーシステム (ユニット) の周波数特性 (3Way-L/R) (図 1 の再掲)



[図 12] 反射音を除いた直接音のみの周波数特性 (3Way-L/R) と補正範囲

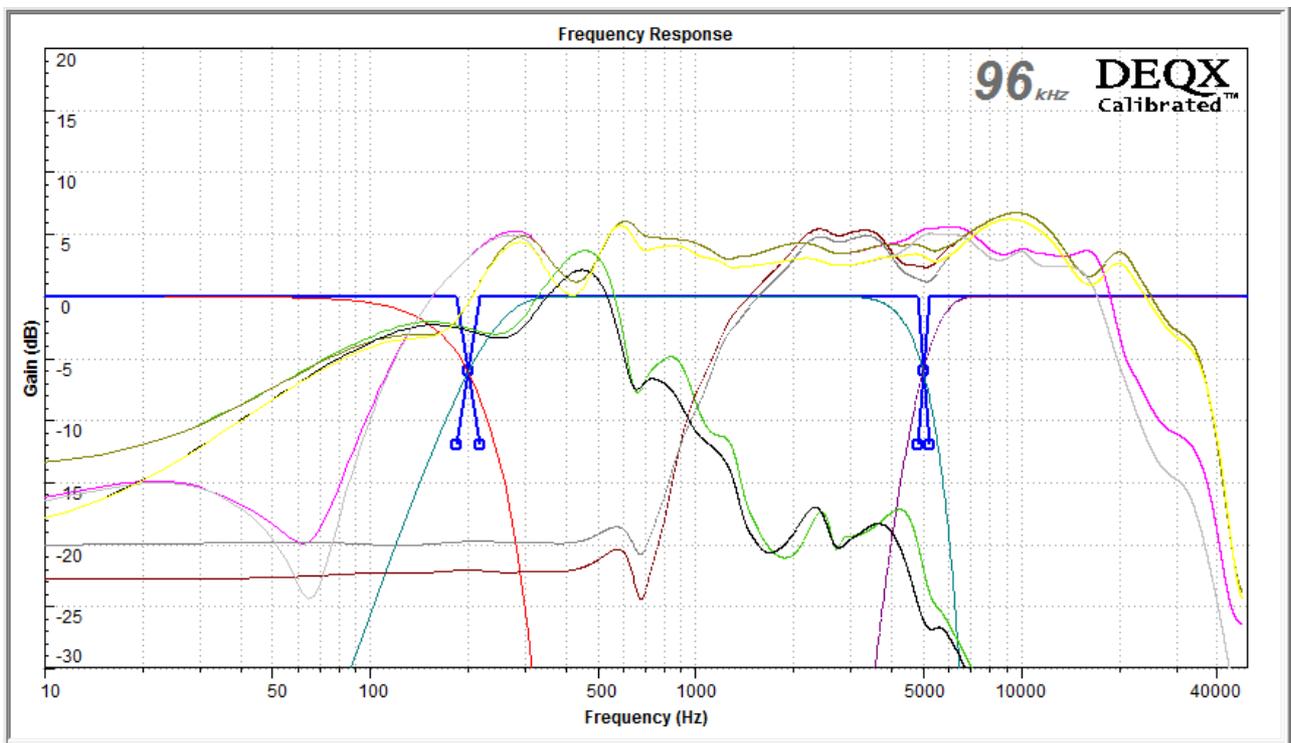
- ・ 反射が少ない (遅い) ほど低域まで補正が可能のため測定時の工夫が大切
- ・ 今回は 200Hz 以上のデータに対してスピーカー補正を実施
- ・ 大型の無響室や屋外で測定すると 40Hz 程度までの補正も可能となる

■ チャンネルデバイダーの設定



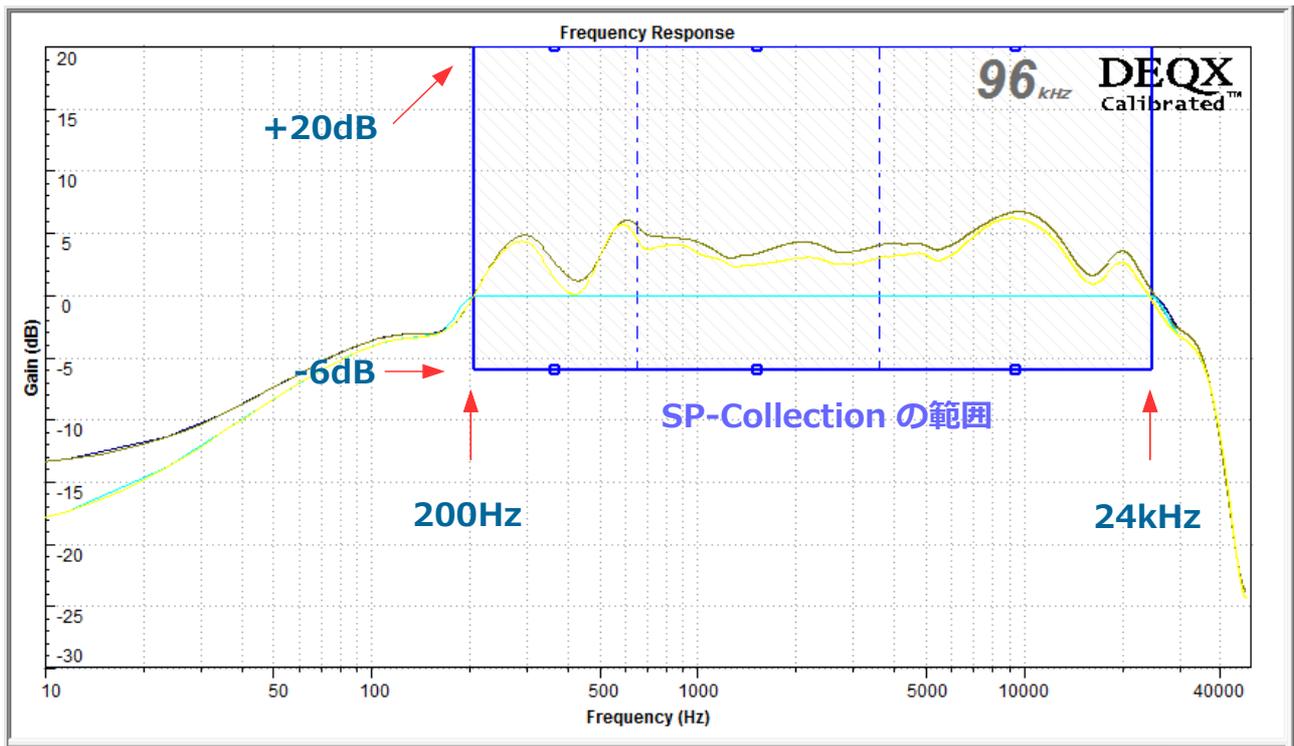
[図 13] 100Hz/24dB/oct. 5kHz/96dB/oct.に設定した場合の例 (図は Butterworth)

- ・ DEQX はリニアフェイズ で 20Hz~20kHz、48~300dB/oct.まで設定が可能



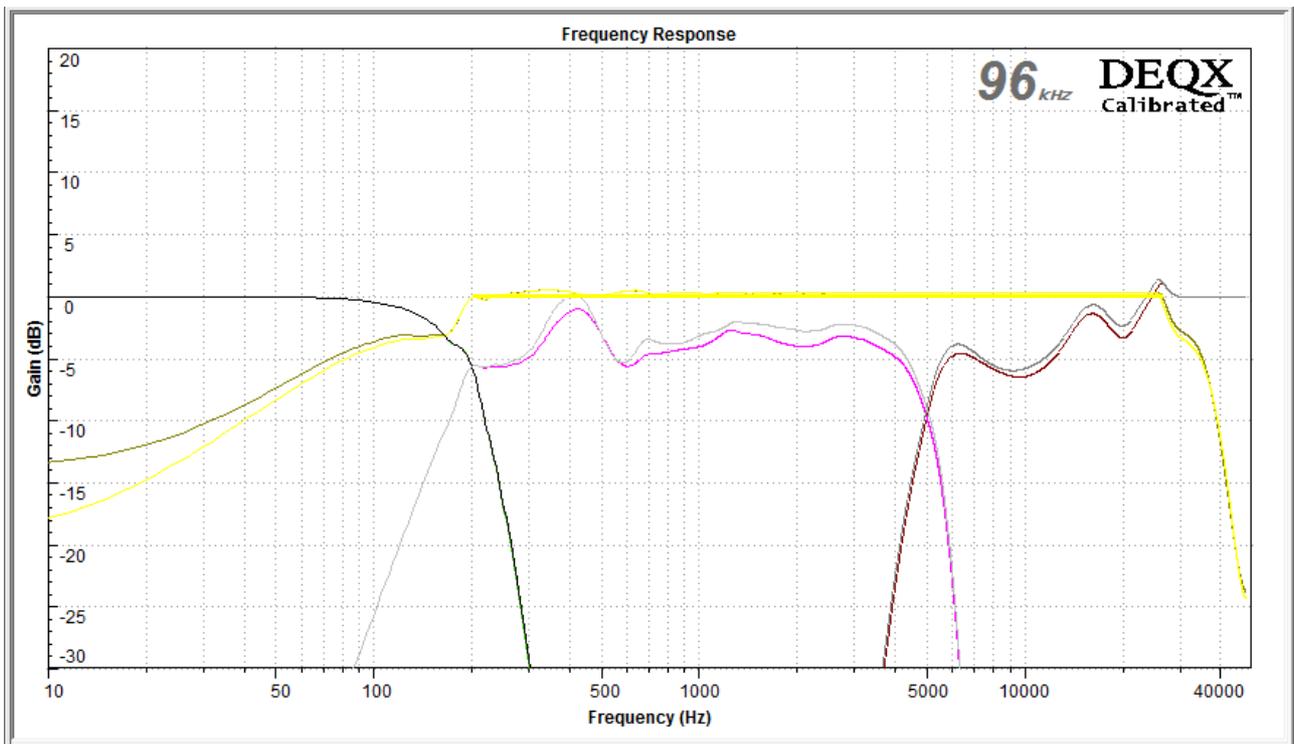
[図 14] 直接音のみの特性にクロスオーバーを設定 (3Way の場合 2 箇所)

- ・ 測定結果からクロスオーバーを、200Hz/48dB/oct.と 5kHz/96dB/oct.に設定
- ・ クロスオーバーは音質に大きく影響するため DIY システムでの重要なポイント
- ・ DEQX は 4 種類の設定値を瞬時に比較可能。最適値を探るツールとして活用できる



[図 15] クロスオーバーを組み込んだ特性にスピーカー補正を実施する範囲を設定

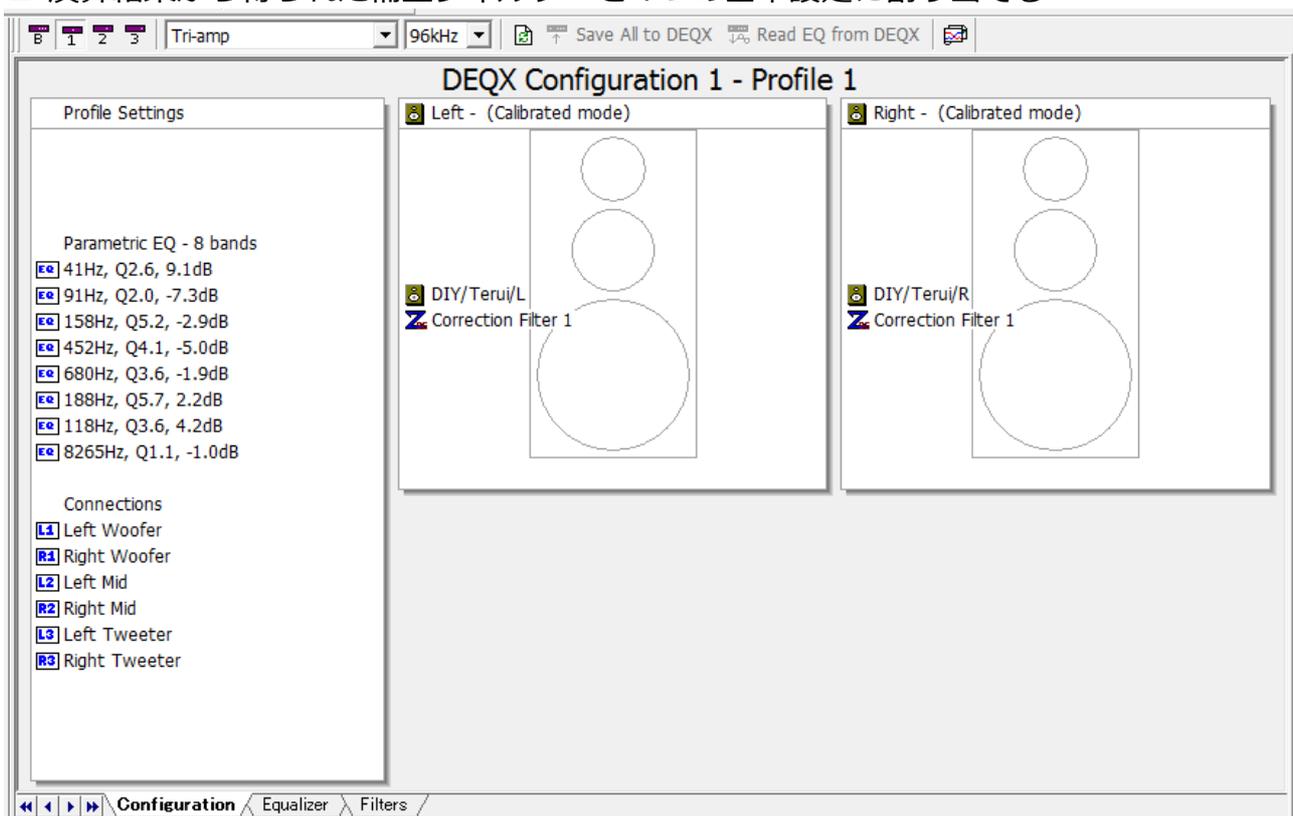
- 低域は測定時の反射音で決まるため欲張らずに適正な値に設定
- 高域はユニットの基本性能を超える無理な補正は行わない方が自然
- 今回は 200Hz～24kHz の範囲でスピーカー補正を実施
- レベル的には+20dB までのピークを抑え、-6dB までのディップを救済する設定



[図 16] 演算結果から得られた補正フィルター（黄色は再生特性のシミュレーション）

- ・ 補正用フィルターの働きで下記の4項目が大幅に改善される
 - 周波数特性のフラット化
 - 位相特性のフラット化
 - 群遅延特性の平坦化
 - ステップレポンスの最適化

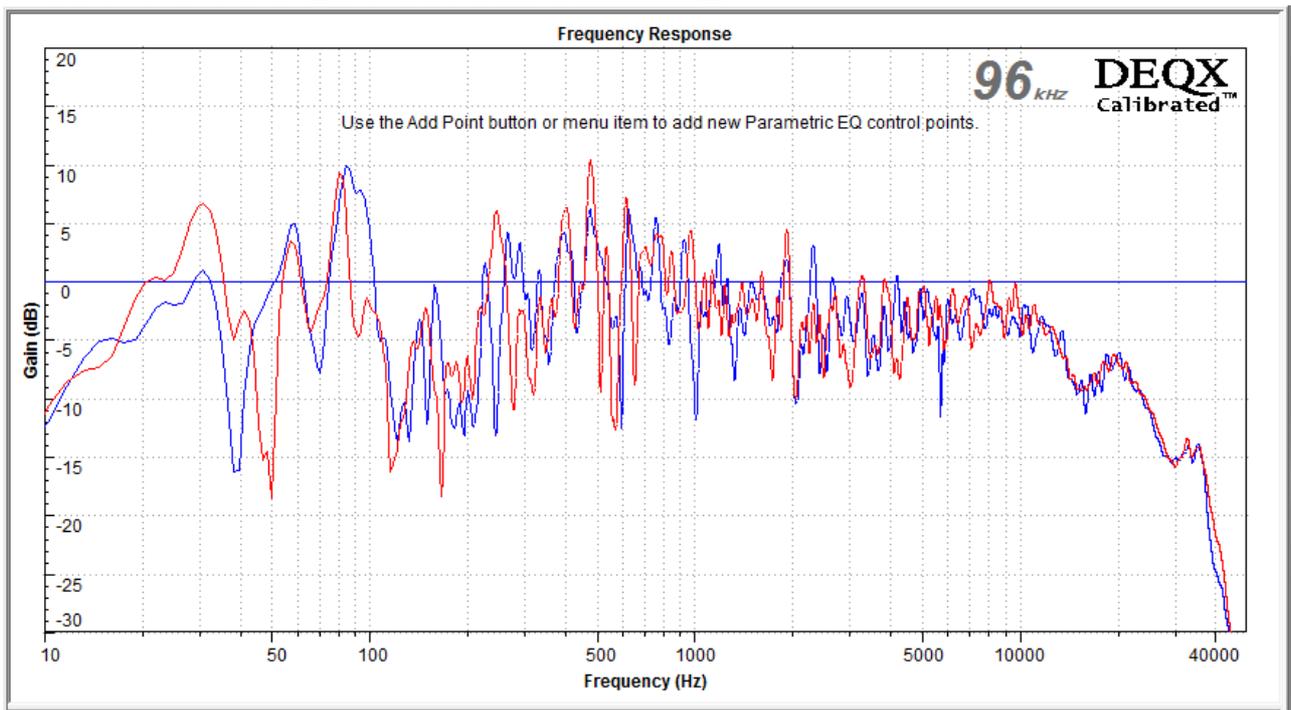
■ 演算結果から得られた補正フィルターを4つの基本設定に割り当てる



[図 17] コンフィグレーション（基本設定）設定画面

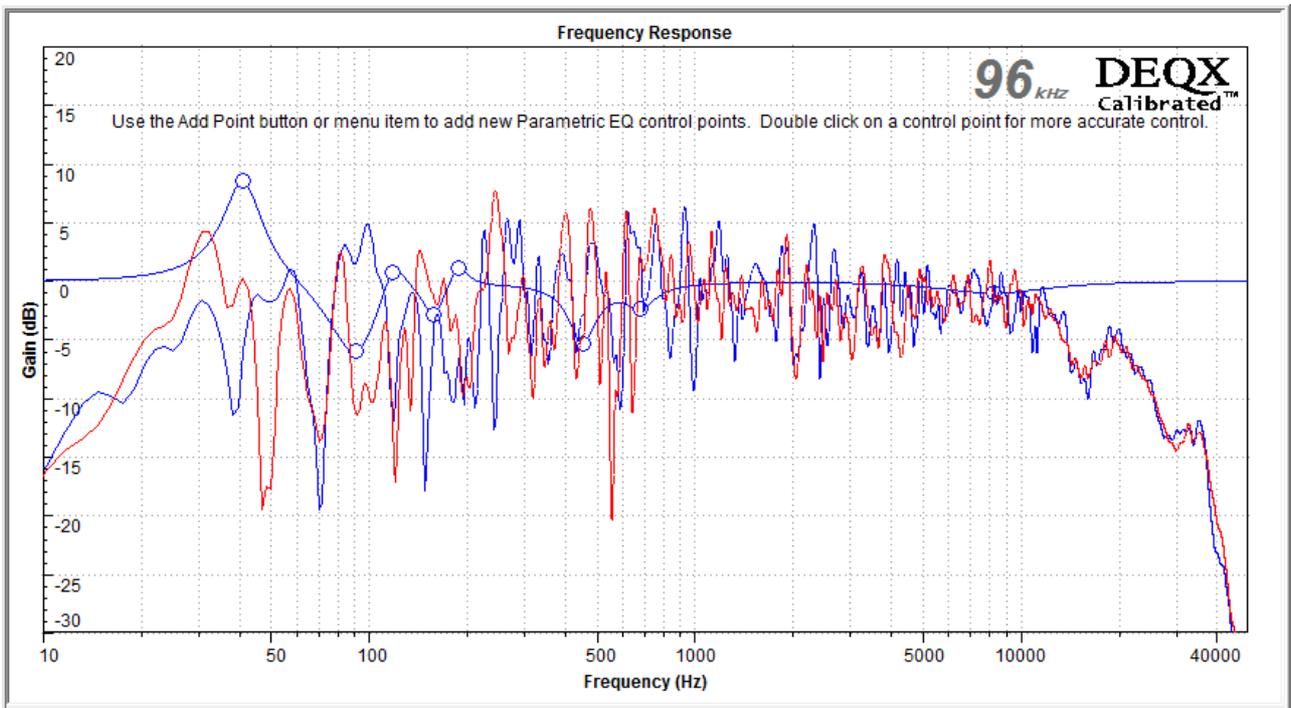
- ・ 今回の割当
 - P0 : 図 1 のクロスオーバーのみを摘要（DEQX の補正をしない）
 - P1 : SP 補正 + Room 補正でリスニングポジションでの最適化を実施
 - P2 : P1 を元に Room-EQ で全帯域の更なるフラット化を実施
 - P3 : SP 補正のみ

■ リスニングポジションに於ける総合周波数特性-1



【図 18】 リスニングポジションでの周波数特性---P0 (DEQXの補正なし)

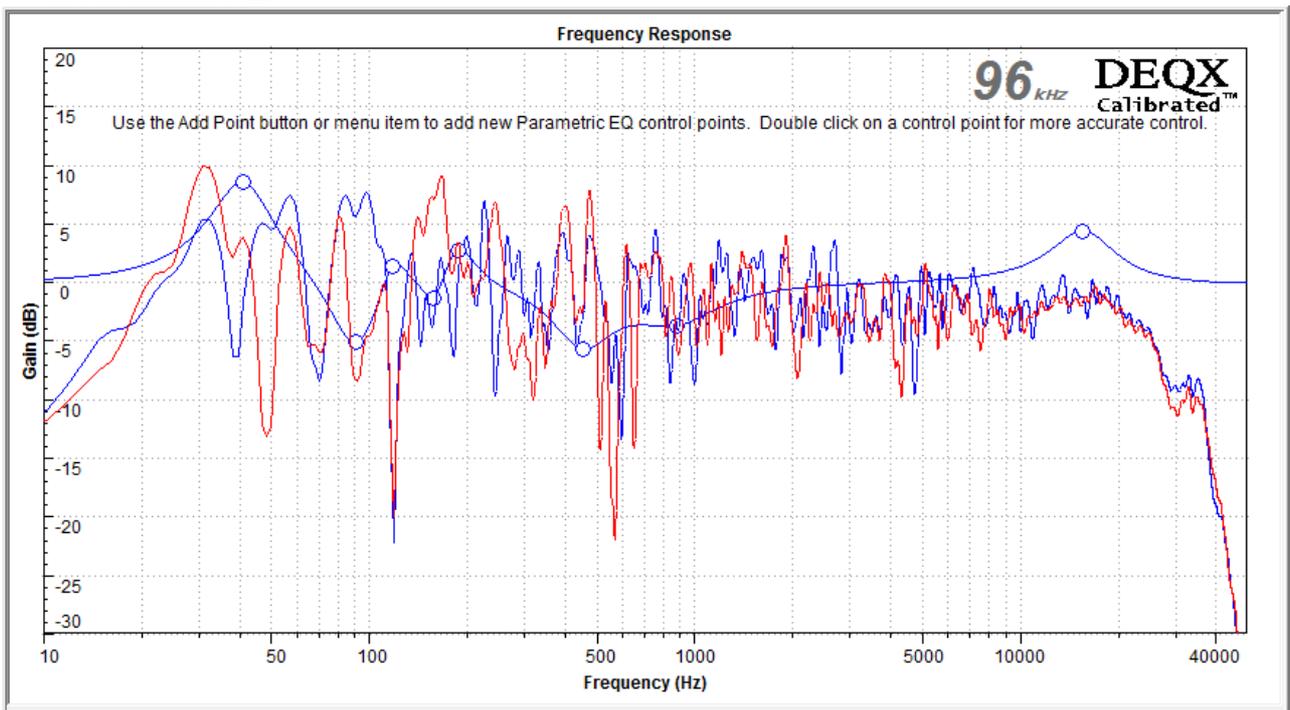
- ・ スピーカー補正とルーム補正 OFF (図 13 のクロスオーバーのみ動作)



【図 19】 リスニングポジションでの周波数特性--- P 1 (標準再生)

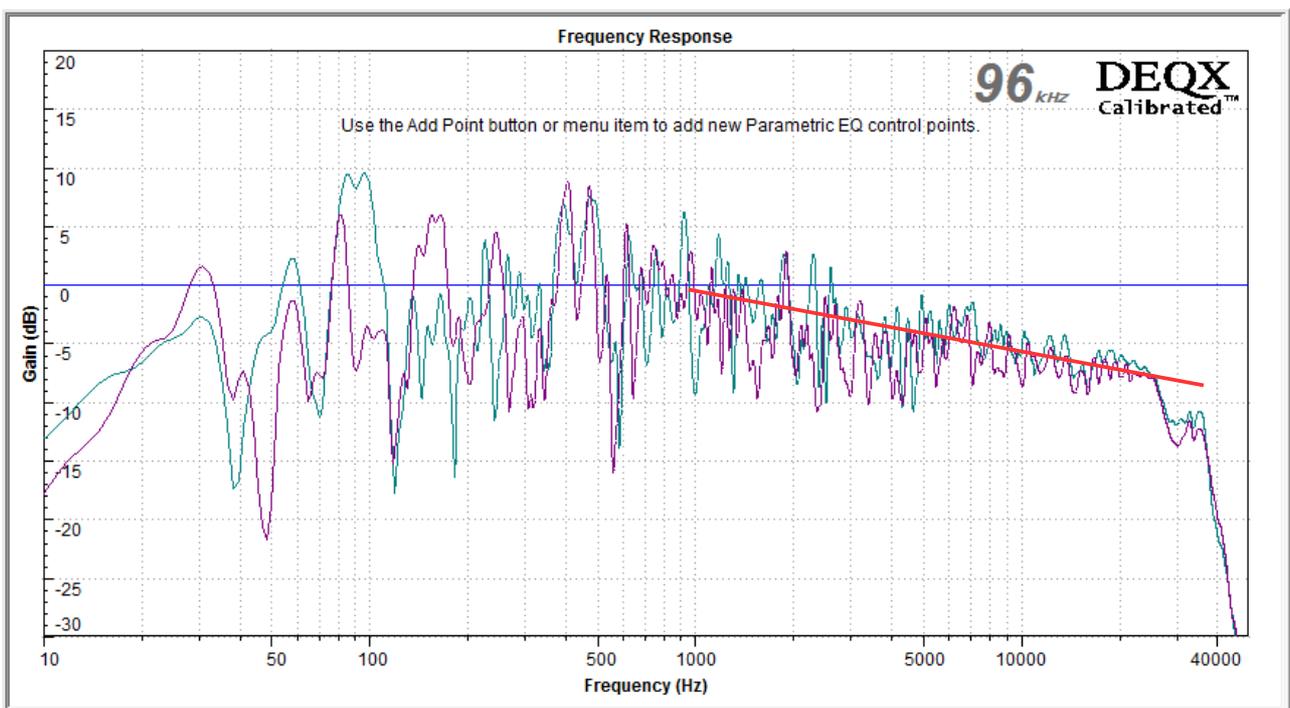
- ・ スピーカー補正とルーム補正 ON [○点の線は Room-EQ 特性]
- ・ ピークやディップが大幅に軽減されている
- ・ カタログ値的には 20Hz~24kHz までが再生範囲 (-10dB) と表示できる

■ 総合周波数特性- 2



[図 20] リスニングポジションでの周波数特性--- P2 (フラット再生)

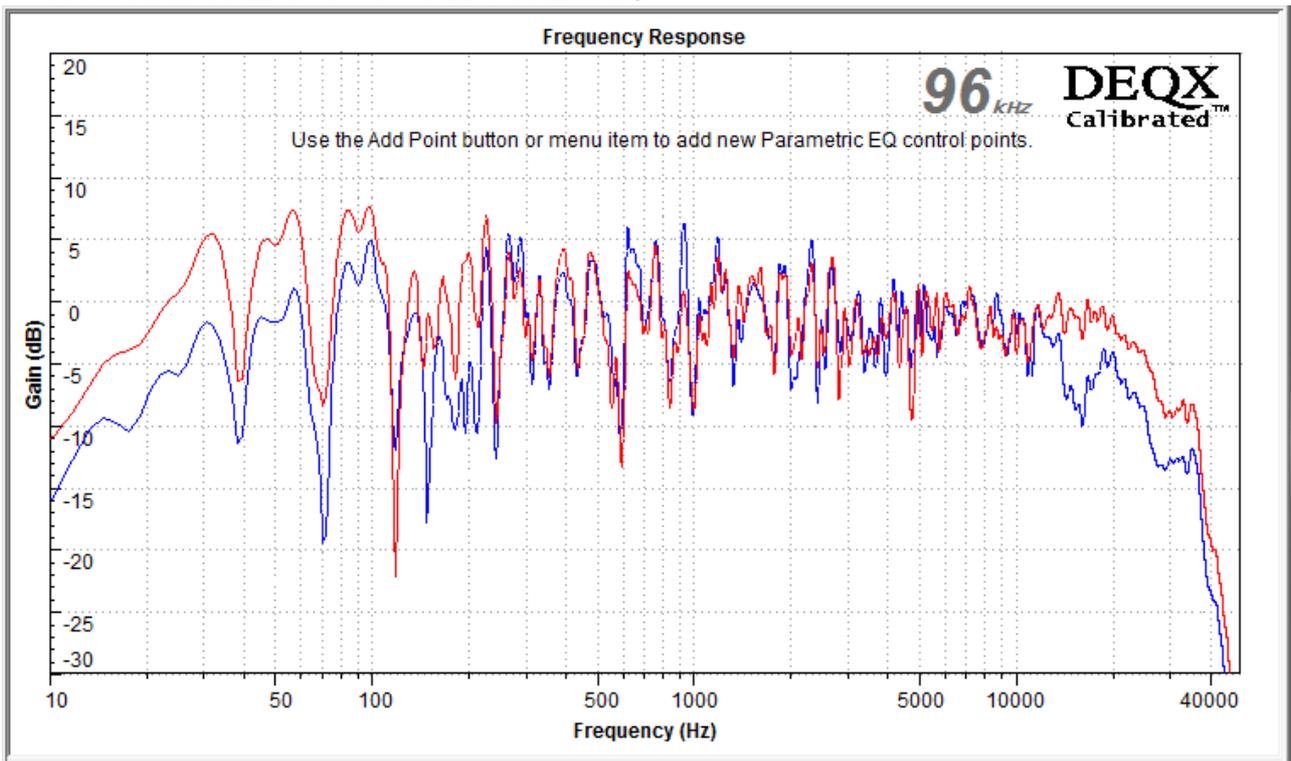
- ・ スピーカー補正とルーム補正が有効
- ・ 20Hz~20kHz までがほぼフラット化されたワイドレンジな特性



[図 21] リスニングポジションでの周波数特性--- P3 (Room 補正 OFF)

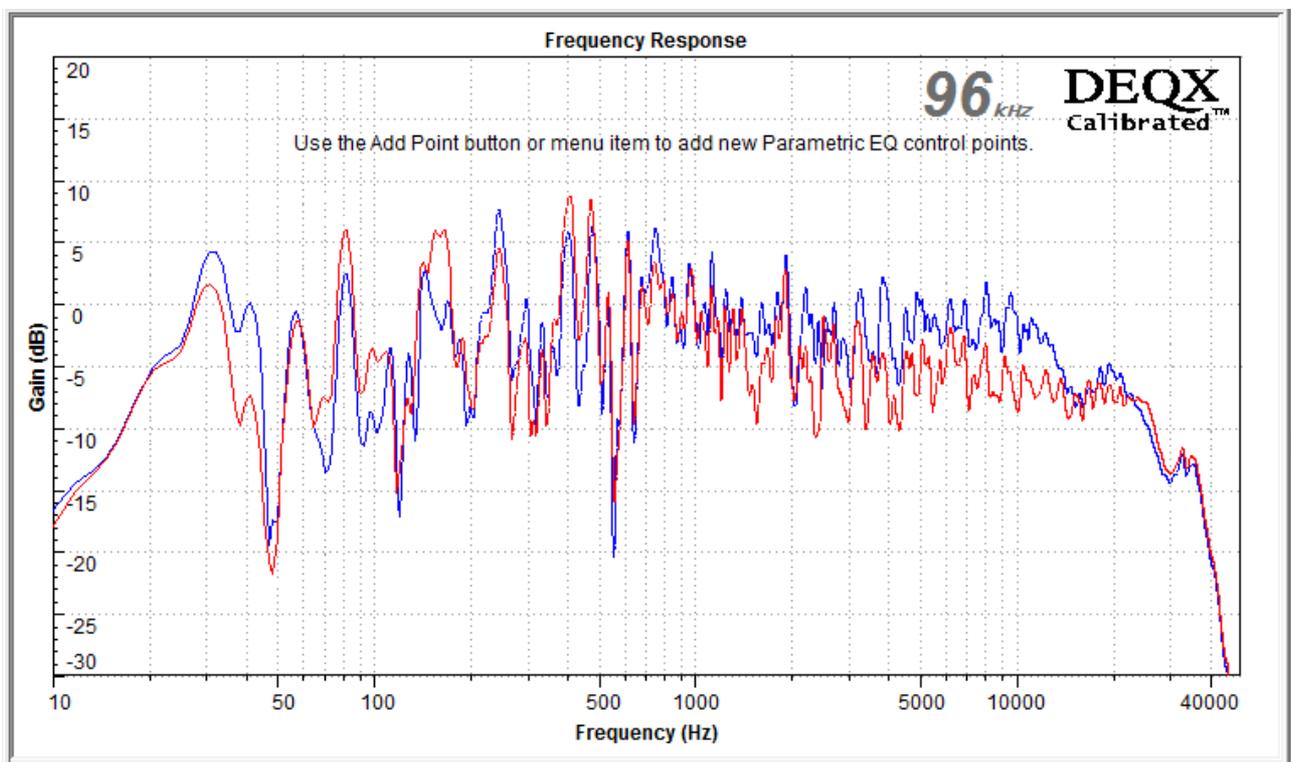
- ・ スピーカー補正のみ有効
- ・ スピーカーから 1m の距離で 200Hz~24kHz まではフラットである
- ・ 空間減衰と思われる高域特性の下降が見られる (1kHz 以上が -2dB/oct. で下降)

■ 総合周波数特性-3 (Profile 別の特性比較)



[図 22] リスニングポジションでの周波数特性比較 --- P1 vs P2

- ・ スピーカー補正とルーム補正 (P1 : 標準 vs P2 : フラット)



[図 23] リスニングポジションでの周波数特性比較 --- P1 vs P3

- ・ スピーカー補正とルーム補正 (P1 : 標準 vs P3 : ルーム補正なし)

■ DEQX が逆 FFT 演算でインパルス応答に変換する理由

- ・従来、インパルス応答の測定はピストルなどを使用して時間領域での測定を行っていました。
- ・現在は TSP(Time-Stretched-Pulse) 信号などを使用して周波数領域での測定を行い、そのデータから時間領域のデータ、すなわちインパルス応答を求めることが一般的に行われます。
- ・その理由は時間領域の直接測定では高い SN が確保できないからです。
- ・一方で TSP 信号などによる周波数領域での測定では、測定結果を加算することで非周期信号である雑音を軽減することができ、十分な測定 SN を確保することができます。
- ・DEQX の測定は測定と同じ周波数領域測定に特化した最新の測定信号を使用していますので、いわゆるインパルス音は聞こえません。
- ・蛇足ながら最新の研究では雷と同じ原理の電気スパークにより時間領域を直接測定する研究も進みつつあります。
- ・このようにして測定したインパルス応答は、周波数ごとに分解することもでき周波数帯域に分割したインパルス応答を求めることができます。
- ・DEQX はこのデータを利用して群遅延、位相特性、ステップレスポンスを最適化することができます。
- ・更に周波数領域を使った補正で周波数特性も最適化することができます。
- ・DEQX はこれらの補正に FIR デジタルフィルタを使用しています。
- ・FIR デジタルフィルタは一般的に処理に関わる遅延量が問題になるのに対し、DEQX は例えば映像機器との同期（リップシンク）が問題にならない程度の時間差で処理ができるという、他の機器では不可能な処理も行っています。
- ・このため、モニタースピーカなどの遅延が許されないプロのスタジオでも使用することができます。

(Kurizz-Labo)