

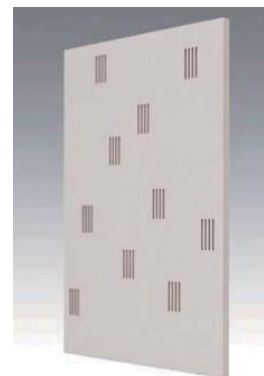
響きをスマートに整えるヤマハ調音パネルの特徴と効果

ヤマハ株式会社 研究開発センター

本地 由和

音・音楽を楽しみたいと思う人すべてにとって、響きは重要です。特に、リスニング環境やクリエイターのための制作環境では、機器の特性だけでなく空間の音響特性の影響が無視できません。響きの量が適切であり、フラッターエコーやブーミングなどの音響障害がないことなどがポイントとなります。

ここでは、特に小空間における音響的な課題に触れながら、ヤマハ調音パネルの特徴とその効果について、適用事例などを交えながらご紹介します。



1. 「音を聴く空間」における「響き」の重要性

音楽ホールやリスニングルームなどすべての「音を聴く空間」では「響きの特性」が重要です。「人が聴く音」は、楽器やスピーカーなどの「音源の特性」とその伝達経路となる「響きの特性」の”掛け算”によって決定づけられ、両者の関係は全く同列です。音源の良さや特徴が聞き手にもれなく届くには、よい響きが不可欠です。例えば、リスニングルームの響きは、ソースがもつ情報を、臨場感を伴ってあますことなく伝えるために重要な役割を果たします。パイプオルガンの音は石づくりの教会のような濃密で長い響きとの組み合わせにより気持ちよく聴こえます。音楽ホールにおける響きは、聴衆により音を届けるだけでなく、楽器と演奏者とのより良いインタラクションのループを生むためにも重要であり、良い響きには良い演奏を引き出す力があります。「響き」は人が聴く音に対して、想像以上に大きな影響を及ぼします。

しかし、適切な響きを得るには、物理音響や建築音響に関する相応の知識やノウハウや費用が必要なため、十分な配慮がなされている部屋は多くないのが実情でした。扱いやすい調音部材がなかったことも要因の一つでした。



図1 聴く音は、音源と響きの掛け算で決まる

2. 小空間の音響的な難しさ

「響き」の良し悪しは、室形状および内装材料の種類や配置の総合的なバランスで決まります。室形状は、基本的なモード特性や一次反射音の特性などを決定づけます。また、部屋の用途と大きさに応じて適度な響きの量となるよう、様々な吸音特性をもつ材料の組み合わせにより、残響

時間（あるいは平均吸音率）の周波数特性がほぼ平坦になるよう考慮します。さらに、フラッターエコーやカラーレションなどの音響障害が発生しないよう、壁面の散乱特性などに配慮します。一見、規模が大きい空間の方が音響設計も難しいように思われますが、実は、小空間の音響設計は大空間以上に難しい問題をはらんでいます。

2.1. モードが強く影響する難しさ

楽器やスピーカーからの音の伝送特性や空間の残響特性は、その空間がもつ多数のモードが結合したものと表現することができます。

図2は、大ホールクラスの大空間と6畳間クラスの小空間のモードの周波数の密度を比較したものです。大空間では、たいへんモード密度が高く、個々のモードはほとんど分離不可能です。

一方、小空間では特に低音域で一つ一つのモードを容易にピックアップできるほどにまばらで、伝送周波数特性に大きなピークやディップが発生しやすい音場となります。いわゆる”定在波”の問題であり、周波数や場所によって音の応答が大きく変化する要因となります。

このため、大空間では低音まで含む全帯域をエネルギー論的あるいは統計的に扱うことが可能であるのに対して、小空間の低音域では個々のモードが部屋の音響的特性に直接寄与しているため、波動音響的な扱いが必要となり、現象も複雑です。

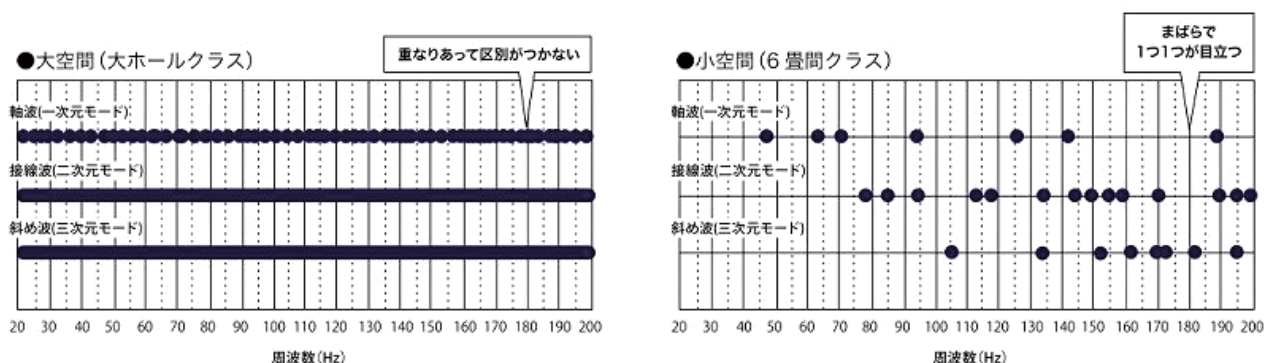


図2 大空間(大ホール)と小空間(6畳間)のモードの数の比較

2.2. 低音域の制御の難しさ

対象とする周波数において吸音性能や散乱性能を得るには、一般には対象とする音の波長 λ に応じたスペースが必要で、波長 λ の長い低音ほどスペースが必要となります。例えば、グラスウールやウレタンのような多孔質材料で吸音する場合、周波数上平坦な吸音特性を得るには $\lambda/4$ 程度のスペースが必要であると言われます。

小さな空間では、このようなスペースを確保することが難しい場合が多く、低音域の制御を困難にしています。仮に対象周波数を170Hzまでとするとおよそ50cmの厚みが必要となり、6畳間の空間のうち実際に使える領域は3畳ほどとなってしまいます(図3)。

新設する部屋では、低音の吸音のためのスペースを確保することも比較的容易かもしれませんが、一般的な住宅や貸しビルなどではこのようなスペースの確保が難しいことも多く、結果的に、低音の制御をあきらめざるを得ないことにもなります。薄型で低音域まで効果がある音響部材が求められる理由がここにあります。

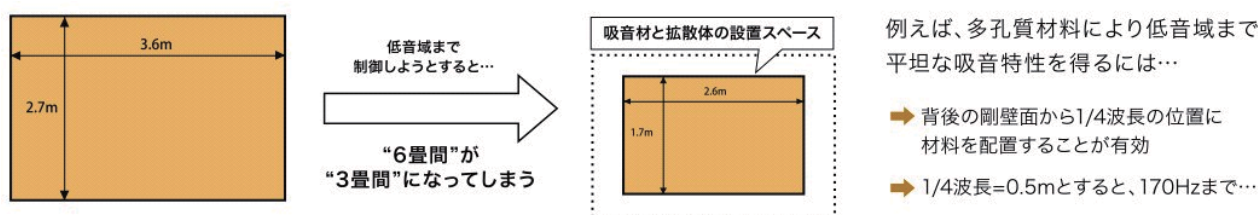


図3 低音を処理しようとすると6畳間が3畳間になる？

2.3. 原音を乱す反射音

原音に忠実な音場を得るためには、周波数特性上の色付けとなるカラーレーションの抑制が必要です。

強い初期反射音は、直接音との干渉により、物理的なコムフィルターを生成し、周期的なピークをもつ特性となります(図4)。

例えば、スピーカー背後が平坦な反射面の場合、リスニングポイントでは物理的なコムフィルターができていない可能性が高く、周波数特性の乱れだけでなく、定位の乱れなども生む可能性があります。

ホールなどの大空間では、音量感や臨場感の確保のために積極的に初期反射音を利用することが多くありますが、小空間では強い初期反射音は抑制するのが、原音に忠実な再生に有利と考えられます。

また、平行対向面に起因するフラッターエコーは、カラーレーションとして知覚されることがあります。

もっともシンプルな対策は吸音することですが、寄与するすべての面を吸音するとデッドすぎとなりやすく、臨場感の乏しい色気のない響きとなってしまいます。必要な響き残しつつ音響障害を抑制するには吸音と散乱をバランスよく利用する必要があります。

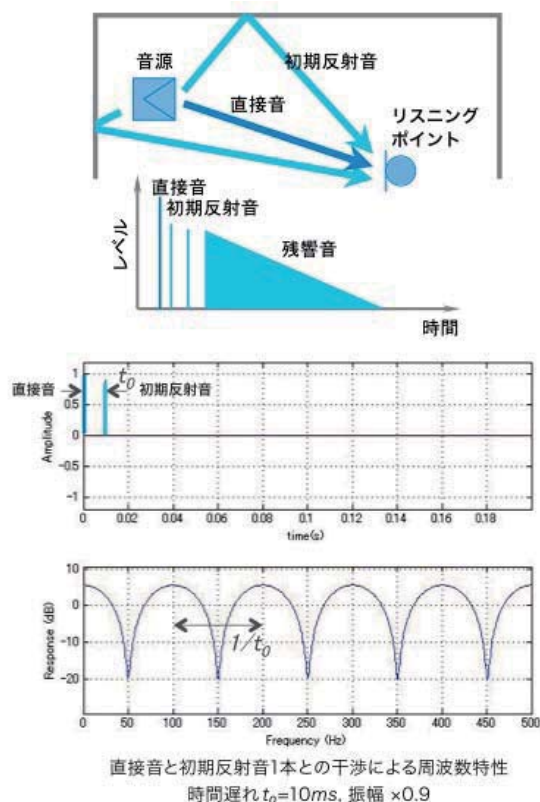


図4 初期反射音によるカラーレーション

3. ヤマハ調音パネルの構成と性能

ヤマハ調音パネルは、特に小さな空間の響きを、音響的な接門知識や経験がなくても手軽に整えられることを目指して開発した音場調整部材です。

わずか3cmの薄さで低音域まで含めた広い帯域で平坦な吸音特性をもち、さらにフラッターエコーを抑制する散乱性能を持つことが特徴です。

このような特徴により、音響専門家でなくとも容易に、部屋全体の響きの量を適切に整えることができ、カラーレーションなどの要因となる反射音をソフトに整え、クリアでクセのない響きを得ることができると言えます。

3.1. 調音パネル TCH の構成と作用イメージ

調音パネル TCH は、図 5 のような構造で、音響的な基本要素は「音響共鳴管」と「バッフル面」です。1本の管の一部に開口部を設けて上下に長さの違う長短2本の共鳴管をつくと2種類の周波数列で共鳴する音響管ができます。これをパネル状に連結することで、開口部周りに硬い反射面(バッフル面)が構成されます。

バッフル面からの反射音は位相の変化はなく正相のままですが、音響共鳴管の共鳴周波数となる音が入射した時、開口からの反射音は逆位相となります。このような著しい不連続な状態を解消するために発生する流れが損失を生み、吸音効果となって現れることが期待できます。また、位相差のある反射音が隣接することにより、反射音の伝搬方向を変化させ、壁面散乱効果を生むことが期待できます。さらに、ヤマハ調音パネルでは、共鳴をうまく制御し位相変化の大きな帯域を広くする工夫を施すことで、共鳴型音響部材に特有の使いにくさを解消しています。

このような構成により、わずか3cmの薄さで、低音域まで含めた「吸音性能」と「散乱性能」をあわせもつ調音パネルを実現しました。

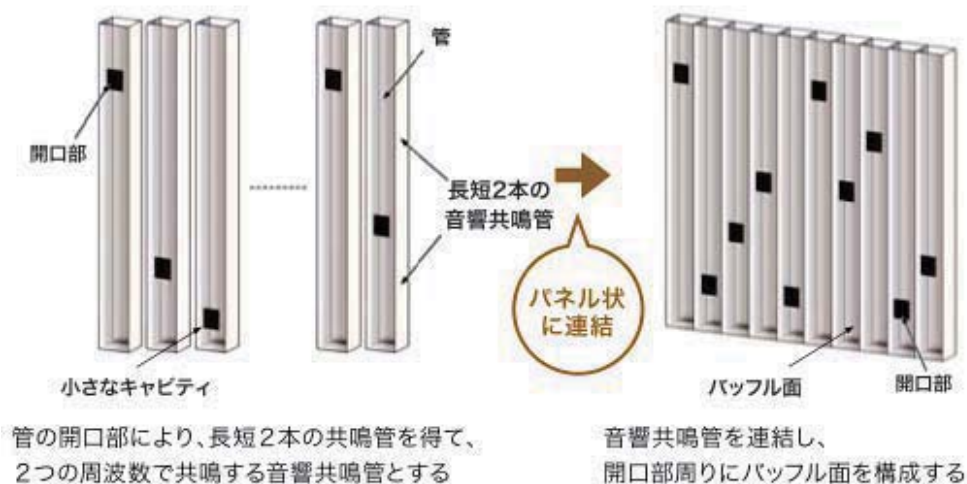


図 5 ヤマハ調音パネルの構成

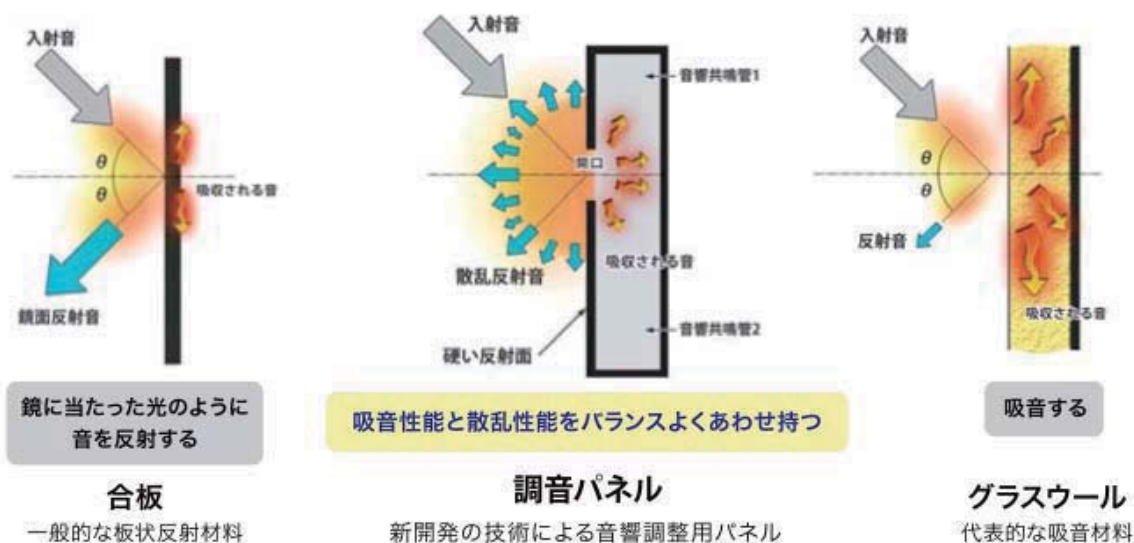


図 6 ヤマハ調音パネルの作用イメージ

3.2. 吸音率の測定結果

図7は、調音パネルの残響室法吸音率の測定結果を示したものです。調音パネルの吸音率は決して高くはないものの、広い周波数帯域で0.3~0.4程度のほぼフラットな”扱いやすい特性”となっていることがわかります。

グラスウールパネルは、高音域では高い吸音性能がありますが、低音域の吸音性能は低く、部屋の響きの周波数バランスを整えるのに工夫が必要です。

また、合板などの板状材料では基本的に吸音率は低めで、適切なライブネスを得るには他の吸音材料の組み合わせが必要です。

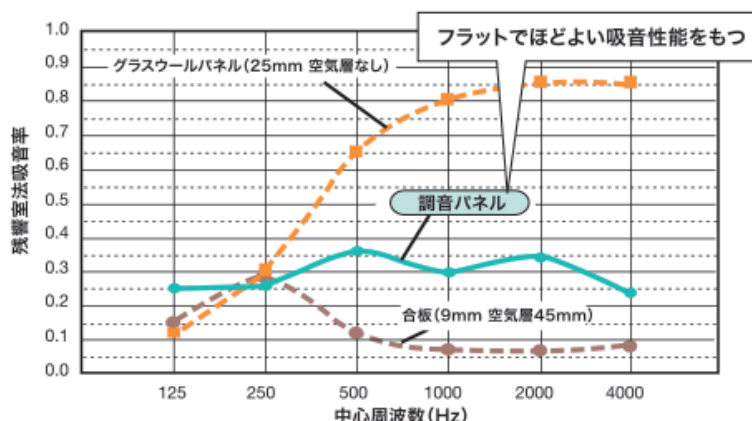


図7 ヤマハ調音パネルの吸音特性

4. 調音パネルの音響的な効果

4.1. モード抑制効果

調音パネルによる低音域のモード抑制効果を紹介します。

実験に利用した音場は、W2.0×H1.4×D1.2mの亚克力製の小型残響箱です。

対角コーナー間の伝送周波数特性は、空間のもつすべてのモードを含みます。

図8は、この空間にグラスウールパネルあるいは調音パネルをそれぞれ14枚置いたときの、伝送周波数特性を示したものです。

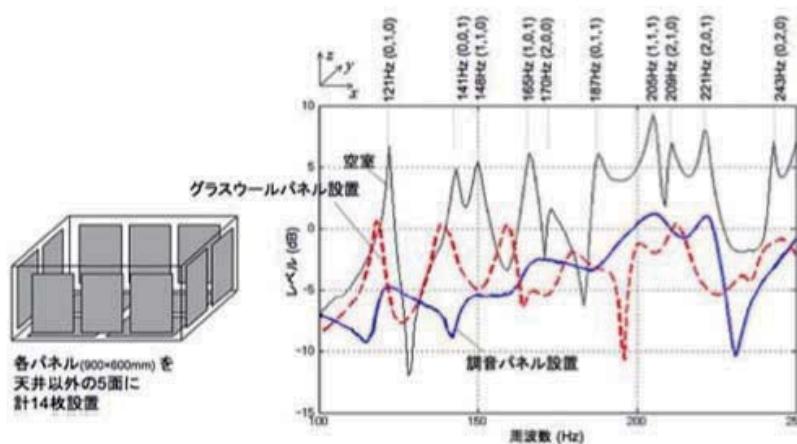


図8 伝送周波数特性の変化に見るモード抑制効果

吸音材の全くない空室の時に鋭くピークになっている周波数がモードの周波数です。グラスウールでは十分に抑制できずピークが残るモードも、調音パネルではうまく抑制できています。

また、図9は周波数毎の残響減衰特性を可視化表現したもので、音源が停止した後のそれぞれの周波数のレベルの変化(残響減衰)の様子を一覧することができます。

120,140,160Hz付近にみられる軸波によるモード(一次元モード)は、グラスウールパネルでは十分に抑制できず明確に残っていますが、調音パネルではほぼ完全に抑制されています。

減衰の仕方が周波数によりばらつくことは、響きの濁りにつながり、それが顕著な場合はブー

ミングとなります。周波数ごとの減衰の仕方にばらつきが少ないことは、“原音に忠実な音場”につながるものと考えられます。

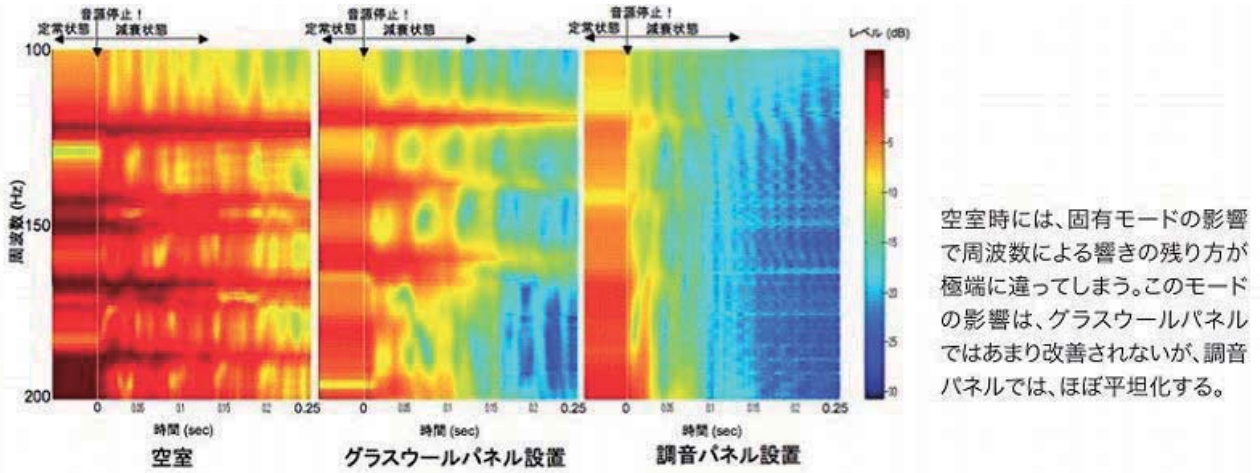


図9 時間応答波形の変化に見るモード抑制効果

4.2. 音楽練習室での残響時間周波数特性

楽器練習室への設置例を紹介します。

ピアノとエレキギターが設置された、個人レッスンのための床面積 10 平米の小さな部屋です。

もとは壁面にグラスウールパネルが設置され、残響時間周波数特性も低音域で長く高音域で短いというバランスの悪い状態となっていました。

必要な遮音性能を得るため壁が重く厚く構成され、ブーミーさを感じやすい空間でした。

このグラスウールパネルを調音パネルに置き換えたところ、残響時間の周波数特性はフラットとなり（図 10）、聴感上の印象でもブーミーさが軽減され、楽器の音も生き生きと響くようになり、クセのない響きが得られました。

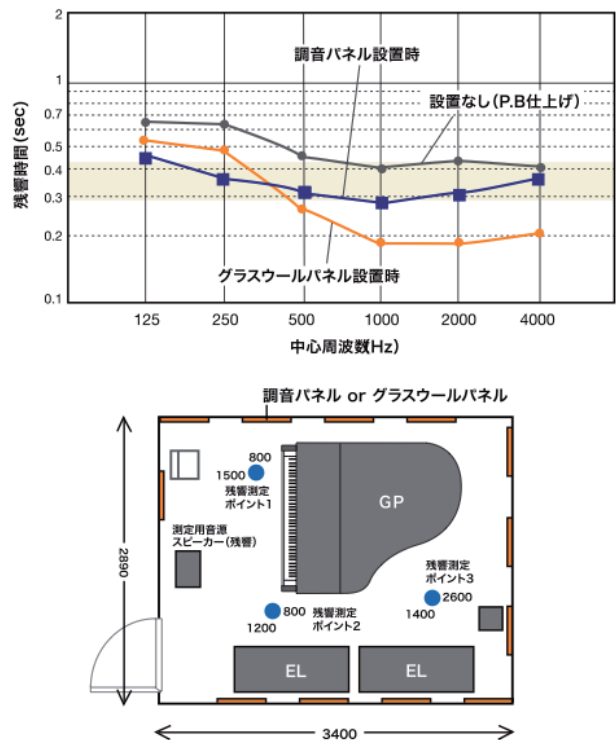


図10 楽器練習室における残響特性の改善

5. 「音のサロン」会場での適用事例

オーディオ&ホームシアター展 TOKYO の「音のサロン」では、様々なプログラムの試聴会が行われました。

会場は、本来の主用途であるセミナーや研修会などの利用では特に問題はないものの、音響機器のシビアな聞き分けの場としては、音響的な調整が必要な状態でした。側壁に配置された大き

な平行対向壁面に起因するフラッターエコーが明瞭に知覚されます。正面の壁も大きな平面反射面となっており強い初期反射音があります。楕円形状による音の焦点を避けるため、他の壁面はかなり徹底した吸音処理がなされているせいで側壁と正面壁の反射音が余計に目立つ状態となっていました。

フラッターエコー対策には、部屋を不整形にしたり壁面を傾斜させたりすることが有効ですが、スペース効率がいいとは言えません。

そこで、ヤマハ調音パネルにより響きの改善をしました。側壁に18枚、正面壁に6枚を配置することで、フラッターエコーはほぼ完全に解消し、正面壁からの強すぎる反射音も緩和されました。

実際に聴衆のいる環境で、正面壁の6枚のパネルの有無を比較試聴しましたが、機器本来の音質を確認しやすい音場に整う効果をはっきりと確認することができました。

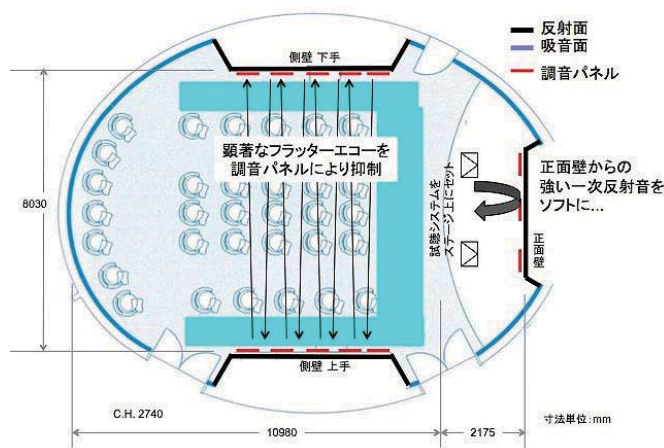


図 11 音のサロン会場における音響対策

7. むすび

ヤマハ調音パネルは、わずか3cmの薄さで、響きをスマートに整えることができ、小空間でもスペースを無駄にすること無く設置することが可能です。

リスニング環境でのフィールドテストでは「低音が引き締まる」「定位がビシッときまる」「すっきりとした印象」「音の分離がよくなる」などのコメントをいただいています。また、バンドアンサンブルでの試用では、ノリがよくなり音楽的な魅力が増す効果を生んだ例も経験しています。お互いの出す音が聴き取りやすく、タイミングがとりやすくなったことなどが要因の一つでした。

響きの悪さにより音源本来の音が聞けないのはとても残念なことです。「よい音」のためには「音源」と「ヒト」をつなぐ「響き」が重要であることをあらためて実感しています。

筆者プロフィール

本地 由和 (ほんじ よしかず)

1992年 ヤマハ株式会社入社。コンサートホール、劇場、スタジオなどの建築音響設計や自動車エンジン音のサウンドデザイン、および、音響部材や音場評価の研究開発に従事。

日本音響学会会員。

