

音楽リハーサルと練習空間のための

音の問題と解決策

VERSION 1.1

Wenger®

なぜこの手引きをお薦めするのでしょうか？

この手引きでは、音楽教育者がリハーサルや練習を行う場所で直面することが最も多い音の問題と解決策のいくつかを取り上げます。まず問題を明らかにし、あなたがそれらの問題を改善できるように、もしできなくても問題を最小限に留めることができるように改善の手順を説明します。簡単に解決する問題も少しはありますが、多くは何かしかなの出費が必要で、中にはほとんど改善できないこともあります。しかし全ての場合において、この手引きはあなたがあなたの空間をより理解し評価できるようにすることと信じています。一効果の得られない改善に時間とお金を費やすことのないよう—あなたがあなたの空間を効果的に改善できるようになるためにそのきっかけといくつかの事実をお教えます。

WENGERには他にこのような手引きもあります

- 新築と改修プランニングの手引き

Wengerのオリジナルプランニングガイド (Wenger's original Planning Guides) はこれまで何千人もの音楽教育者、建築家そして管理者の方々に使用され、効果的な音楽教育と演奏ができる場所のための基本的な設備基準を確立するのに役立ってきました。たとえあなたが新たな建築計画をお持ちでない場合でもなお、これらの手引きはレイアウト、音響効果、収納、設備の問題を理解する強力な基礎知識を与えてくれます。



Wenger は米国建築学会 (AIA) が行なっている定期勉強会 (CES) の講演提供者として登録され、一緒に活動を行なっています。



- 初等教育向け音楽空間の計画立案ガイド

この手引きでは初等教育向けに一般的な音楽空間作りを行うための基礎知識を取り扱っています。ここではオープンですばやく簡単に活動の種類、方式、設備を変更できるようなスペースのメリットに着目しています。

- 音響入門

Wengerの「音響入門」はWengerの他の設備ガイドのパートナー読本として書かれたものです。本書はそれ自身が、教育者が教え、演奏する場所に影響を与える音響の原理や定義の鍵となるいくつかのことをよりよく理解するための優れた参考図書でもあります。この入門書は音の物理と科学を分かりやすい言葉、図解、表で解き明かし、教育者、管理者、建築家が即座に理解できるようにしています。

どうぞWengerにお電話いただき、これらの手引きをあなたの蔵書にお加えください。

このWENGER出版物は米国音響学会の名誉会員であるM. DAVID EGAN教授によって監修されています。

私たちの経験とあなたの要求に基づいた教育ガイド

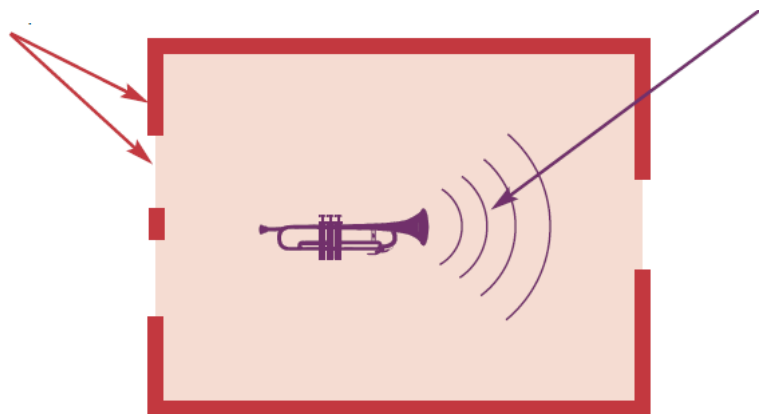
Wenger社がどのようにして教育ガイドをまとめ上げたかを延べます。私たちはWenger社において54年以上も音楽教育について学び、お客様方の求めに応じて問題解決のための提案を行なってまいりました。スタッフとして、私たちの会社には音楽教育、演奏施設、音響、保管庫、設備といったそれぞれの分野において一流のエキスパートが所属しております。6千件以上の調査、何百ものインタビューや現場視察を経て私たちは教育者が日々遭遇する話題や問題を教育ガイドに集約しております。

Wenger Guideの中で取り上げている話題は複数人の協力によるものです。一私たちの知識の集約、仕事への注力、時代をリードする音響技術者や建築家や設備設計者の著述、そしてもちろん音楽教育者各自の創造的な問題解決方法などが含まれています。北米にある学校の数と同じだけ話題は多岐にわたっています。どこの施設もそれが置かれている状況も他とはそれぞれ異なるものですが、Wenger Guideはあなたがご持ちの多くの疑問とあなたが施設で直面しておられる問題に取り組むためのスタートポイントになるでしょう。私たちは常に最新の解釈と新しい話題に基づいて仕事をしています。一音楽教育者のための、そして教え、演奏する空間のための最新のWenger Guideをどうぞご請求ください。

音響に関連する4つの分野

遮音

この項では、どのようにして望ましくない音があなたの音楽室に漏れてくるのか、また、どのようにしてあなたの音楽が隣接する教室や事務所を妨害するのかを明確に理解するために、いくつかの基礎事項を勉強します。扉、窓、壁、床、天井、そしてしばしばこの問題の根源となる換気ダクトについてどんな対策ができるかを説明させていただきます。



機械騒音

換気ダクトの風切り音、コンプレッサーユニットの振動、蛍光灯のブーンというノイズ—これらは全て音楽の演奏場所では望ましくない、集中を邪魔するものです。この項では、どのようにすればあなたのリハーサル室におけるこれらの騒音を最小にできるかを提言させていただきます。



練習室の音響

私たちは学生が練習を行う間に音楽の力が大きく伸びると期待しています。それなのに実にしばしば、与えられている練習室は恐るべき音響環境になっています。遮音対策や室内音響処理、あるいはユニット部材の付加はこの大切な練習環境を大きく改善するものです。

室内音響

この項では音が大きすぎる部屋、ブーミーな(低域のこもった)部屋、音の消失点、エコーのような問題を取り上げます。部屋の大きさ、形状、表面材料などの全てがどのようにして室内音響に影響を与えるのか、そしてどうすればあなたのリハーサル室においてこれらのトラブルを楽音としてより目的に叶った反射音に変えられるかについて説明させていただきます。

扉と窓_____3

壁_____3

天井と床_____4

音が大きい部屋_____5

ブーミーで
低音が強い部屋_____5

エコーと定在波_____6

合奏の音がよくない
一聞こえづらい_____6

機械騒音_____7

練習室の一般例_____8

音響用語_____13

参考図書_____14

その他の文献_____14

音響コンサルタントや
専門家を捜すには_____14その他の
Wenger「教育と実践ガイド」_14

音響技術者と 専門家

音響の専門家やプロの音響技術者による助言や指導に代えられるものではありません。

彼らの知恵は、あなたが音響の問題点を正確にとらえ、適切な改善方法を理解するのを助けてくれるでしょう。

私どもはあなたのプロジェクトで音響の専門家の助けが必要になった時に連絡を取れるよう、26 ページにいくつかの連絡先を紹介しております。

遮音性能が低い大リハーサル室でこんなトラブルが...

「ビルの他の場所の騒音が私のリハーサル室に入って来るのです。」

「リハーサルする時にはいつも、私たちの音が隣接する教室や管理事務所に迷惑を掛けていることを思い浮かべてしまいます。」

「壁をはさんでバンド練習室があるので、その騒音が私たちのコーラスのリハーサルにとって実に問題です。」

「たえずビル空調の音が聞こえてきます。周期的な軋み音、モーターのゴロゴロいう音、冷却装置の振動が全部聞こえるのです。」

遮音性能不足の諸症状

音が、ある場所から別の場所へ通り抜けます：

- 閉じた扉や窓
- 壁
- 天井や床
- 暖房、換気、空調設備のダクトや通風口
- 隙間や開口部

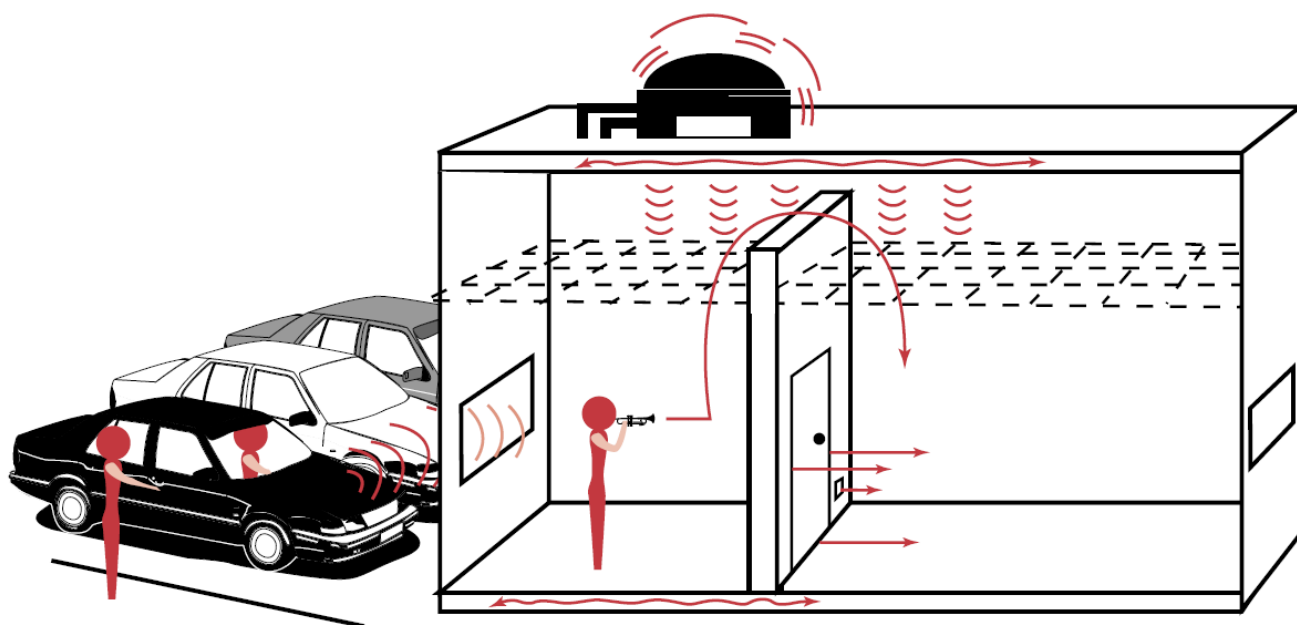


図 1

扉と窓

効果的な遮音を行うには、扉は十分な重さを持つ堅固なものである必要があります。ほとんどの扉は 44mm 程度の厚さで適切な遮音を行うようには取り付けられていません。扉は、音を漏らさないために周囲の扉枠にしっかりと密着し、杓摺（くつずり）をふさぐようになっていなければなりません。

窓は 2 重ガラスのものが高い遮音性能を発揮します。ガラス厚がそれぞれ 6mm 以上で、同一周波数での共振が無いよう 2 枚の厚みが異なるものであれば最良です。さらに、ガラス間に 50mm 以上の吸音性の空間があれば遮音性能は格段に向上します。開閉できる窓も扉同様、気密パッキンによりしっかりと隙間ふさがされていなければなりません。

▶ 扉と窓のチェックポイント

- 建物の基本的な構造に問題がないかどうかをチェックしましょうー

扉が薄過ぎはしませんか？
中空構造の扉ではありませんか？
扉にルーバー（開口）が付いていませんか？
窓が 1 重ガラスなのではありませんか？
ガラスの厚さはどれだけありますか？

- 気密性をチェックしましょうー

扉や窓にシーリング材^{*1)}や気密パッキンが付いてなかったり、あるいは気密パッキンが擦り切れたり、ちぎれたり、よれよれになっているようなことはありませんか？隙間のチェックを、扉や窓を閉じた状態で 1 枚の紙を挟むことにより行いましょう。もし紙を簡単に扉枠から引き抜くことができ、わずかしか、あるいは全く抵抗を感じなければ隙間ふさぎの本来の性能が得られていません。扉や窓のどこかの場所で空気の動きを感じたり光が漏れるのが見えるようなら、その箇所もまた不具合のある箇所です。

^{*1)} シーリング材；隙間ふさぎのために使われる柔らかな目地材

- 扉下部の隙間埋めをチェックしましょうー

扉下部の隙間ふさぎ材はしっかりと杓摺に当たって隙間をふさいでいますか？

先程の、紙を使ったチェックを行うとよく分かります。

- 建物の設計、施工図面を見て、扉や窓に関する何らかの音響仕様書が書かれていないかどうか調べてみてください。建物はその仕様を必ず満たしていなければなりません。

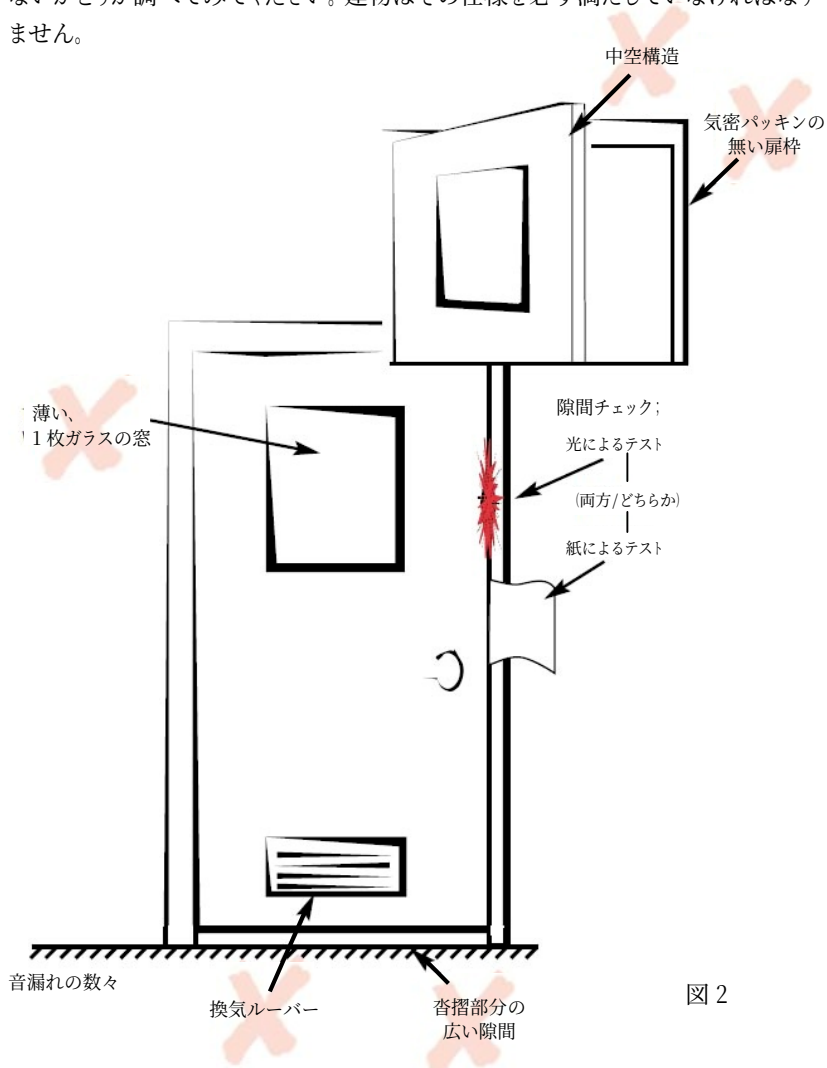


図 2

扉と窓の解決策



もし扉や窓が遮音仕様でなければ、遮音仕様のもの（STC43 以上、用語集参照）と交換してください。

遮音仕様の製品は設置や密閉が適切に行われているものだとすることを理解してください。

- 性能不十分な扉は、20mm厚の合板や金属シートのようなものを両面に貼って重量を増せば遮音性能を上げることが可能です。しかし、この作業をするのに、レバー部分や蝶番や扉枠部が邪魔でどんなに処理が大変になるかを想像してみてください。この解決策は工務店と一緒にやることをお勧めします。また、この作業のコストを新しい扉を付ける場合と比較してみてください。
- 1枚ガラスを抜けてくる音漏れを無くすために2枚目としてシート貼りのガラスを追加することを考えてください。ガラス厚は6mm以上で、2枚をできるだけ離すようにしてください。但し、この変更を行うことにより消防の認定を取り直さなければならなくなることを承知しておいてください。そして新しい窓を設置するコストとどちらが高いかを再度比べてみてください。
- もし扉や窓に隙間ふさがりが無かったり、あるいは裂けたり取れていたら、新しい隙間ふさを付けてください。磁石式の隙間ふさは最高に良いものですが、もし扉や窓のオプション部品として入手できない場合はネオプレンのような緻密で柔軟性がある材料を選ぶようにしてください。扉や窓が閉じた時、隙間ふさは一直線になって、平らでこぼこの無い面に圧着するようにしなければなりません。しっかりと密閉されることが重要です。
- 多くの扉には、扉が閉じた時に杓子に密着する落とし込み式の床擦り隙間ふさがりが付いています。これらはしばしば単純に位置がずれて杓子に密着していないことがあり、その時はドライバーで調整できます。もし隙間ふさがりが付いてなければ付けるようにしてください。通常これらは床擦り隙間ふさと杓子で構成されています。この隙間ふさは、位置がずれていないかどうか頻繁な点検を要します。
- ガラス取り付けがゆるい窓はガラスをはめ直すか、気密性を持てるようガラス周りをシーリング（柔らかい目地材で隙間ふさぎすること）してください。
- 個々の扉、特に窓が本当に必要なかどうかを評価してください。いくつかのケースでは、それらが無くても構わないかもしれません。もし扉や窓の部分を壁にすることが出来る場合は、建築基準と消防基準に従うようしっかりとチェックを行ってください。
- 現在ある扉の前に2枚目の扉を追加することにより扉経由の遮音性能を上げることができます。一隣接するホテルの部屋間によくある2重扉と同じようなものです。もし扉が凹んだ場所や少し入り込んだ場所に付いているならこれが最も簡単な方法です。音響の専門家と大工の助力が必要だということを再度言わせてください。
- 扉のルーバーは簡単に取り外し出来ますので、残った開口部は硬い板で遮音し、表面仕上げしてください。その際、機械技師やビル管理者と一緒に、空気の循環が妨げられないことを確認する点検を必ず行ってください。

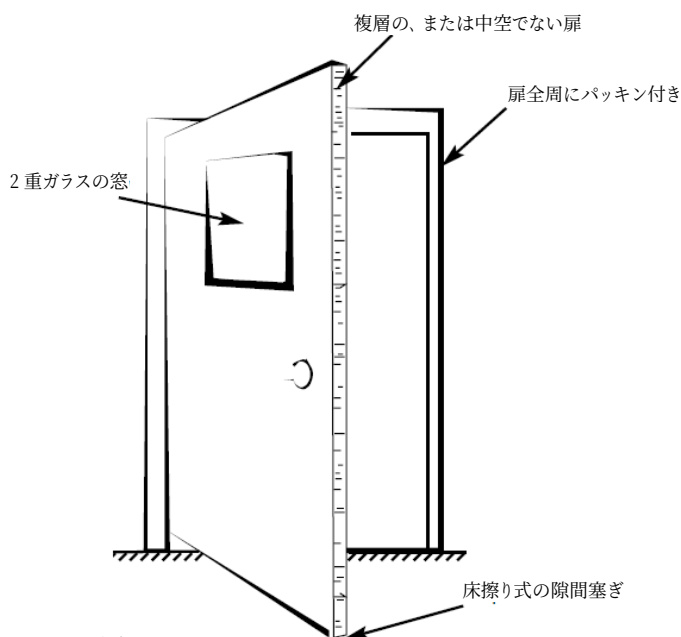


図 3

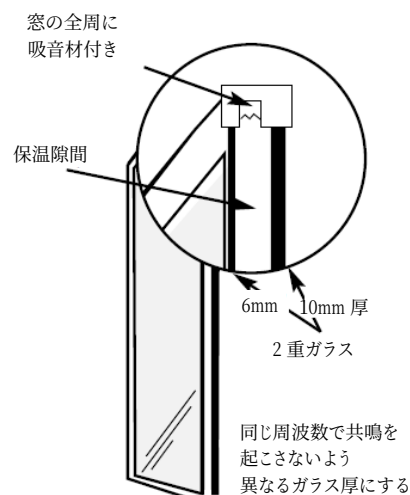


図 4

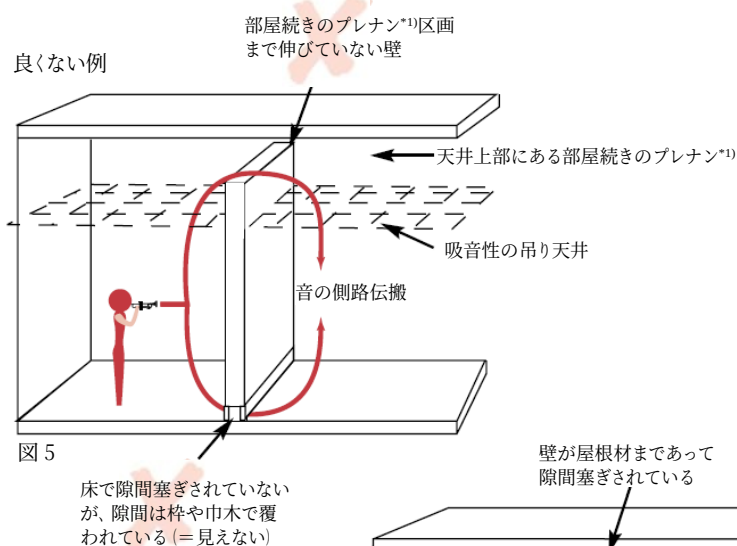
壁

壁は視覚的には完全な遮蔽物ですが、音に対してはしばしば弱い遮蔽物になっていることがあります。そして壁の遮音に妥協は許されないということを心に留め置いてください。

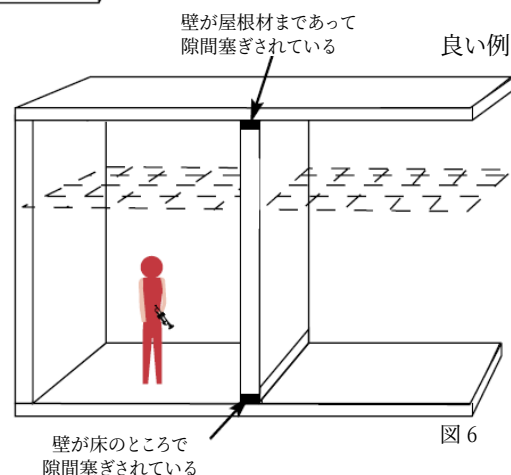
実際、1200mm×2400mm のしっかりした壁にわずか10円玉くらいの穴を開けたとすると、壁の遮音性能は80%も下がってしまいます。不具合な箇所を特定するには何らかの徹底的なチェックが必要になるでしょう。おそらくあなたが知りたいのは、内装壁、特に隣接する教室や事務所間の壁のことだと思います。適切な遮音を実現するには、壁を非常に重いものにし、床および屋根材（または上階スラブ）との取り付け部で隙間ふさぎ処理し、保温兼遮音のための空間を設けるようにする必要があります。

▶ 壁のチェックポイント

- 壁を調べることから始めましょう。目に見える隙間や開口部を探してください。誰かを壁の向こうに行かせて音を発生させ、問題箇所を正確に知るようにしましょう。可能な限り、壁構造が分かるように調べてください。コンクリートブロックでしょうか？軽量コンクリートブロックの中には非常に多孔質であり、実際には大部分の音を透過させるものがあります。木性や金属性の間柱に石膏ボード1層を取り付けた断熱材なしの壁であれば、おそらく大変な騒音がまともに通り抜けるでしょう。（図7参照）
- 壁は床に沿って隙間塞ぎされていますか？もし壁の底部に沿って音や空気の流れるを感じるなら、壁が床に対してコーキングで塞がれているかをどうかをチェックしてください。ふち飾りや巾木を部分的に多少引きはがす必要があるかもしれません。隙間や壁の向こうから平らに漏れてくる光を探してください。
- 音が上部から入ってきていますか？その場合は吊り天井の上部を見て、壁が屋根材まで伸びていることを確かめてください。（図5参照）吊り天井の場合は、壁が上方の屋根材まで全面に建てられていないことがあります。壁はきちんと上まで建てられ、建物上部の接合部で隙間埋めされていなければなりません。
- もっと小さな穴が壁を貫通しているような全ての場所を見てください。スイッチ板、電気設備用BOX、電話やデータ送信ケーブルの接続端などです。これらの穴はしばしば直接壁の反対側へ通じるよう開けられており、遮音性能を大きく損ないます。
- 壁にあるもっと大きな開口部を見てください。扉、窓、換気ダクトなどです。壁の枠組みに沿って点検し、壁が扉の三方枠や下枠やダクトに対して隙間塞ぎされ、密着していることを確認してください。漏れ箇所を見つけるために縁どりをいくらか引きはがす必要があるかもしれません。



*1) プレナムとは、暖めたまたは冷却した空気を各部屋に送るための天井や床下に設けられた空気だまりのことです。



壁の解決策



もし壁が薄すぎるだけなら、今の壁の前に別の壁を追加するか、さらには壊してしまって正しい遮音壁(図8参照)を建てることを考えてください。さらには遮音性能が増すように電気 box の穴埋め、配管の穴埋めのような対策を行うこともできるでしょう。壁の改修についての適切な仕様を作成するために音響技術者に相談することをお薦めします。

- 天井、床、窓周り、扉枠との取り合い部分で壁を隙間ふさぎすることは非常に重要なことなのですが、建築中にしばしば見落とされます。この隙間は数cmあるいはたった1cmにも満たない大きさであることがあり、しばしば飾り縁の下に隠されているのです。大きな隙間には密度が高く硬い石膏ボードのような材料を使ってください。一ただグラスウールを詰めただけのような対策では効果がありません。小さな隙間にはもっぱらシリコンによるコーキング(隙間埋め)の対策が行われます。
- 満足できる遮音のためには、適切でない壁(図5参照)を改修することが間違いなく重要です。壁を上階まで延ばして的確に隙間ふさぎするには熟練した大工職人が必要です。その他の付加的な対策として鉛入ビニールシートの障壁をプレナン^(*)に付けることが出来ます。(※1)プレナンの意味は前ページの注釈参照) どの改修も現在の消防基準と建築基準に合うものになるようにしてください。
- 界壁に背中合わせに取り付けられて音漏れを起こす電気ボックスや配線は水平の高さを変えて固定し、繊維質の遮音材料を足すことができます。再度言います。この作業をするにはプロを雇ってください。ボックスは最低でも60cmずらして、2つのボックスの間が少なくとも1本の間柱で切り離されるようにすることをお薦めします。

良くない壁構造

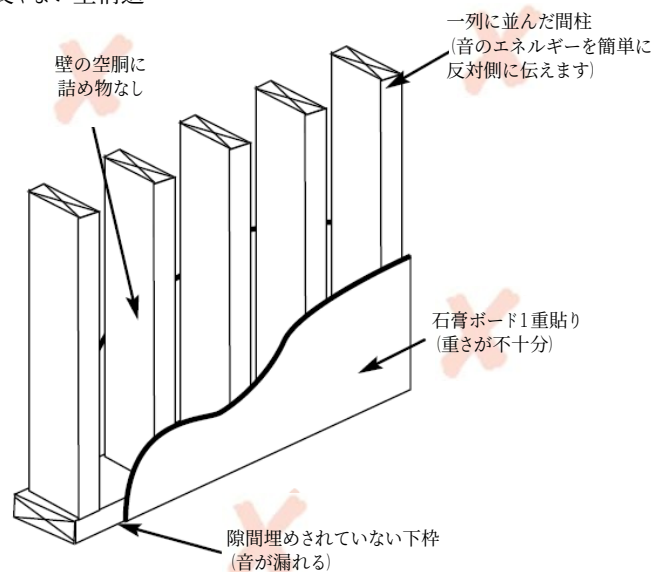


図 7

良い壁構造

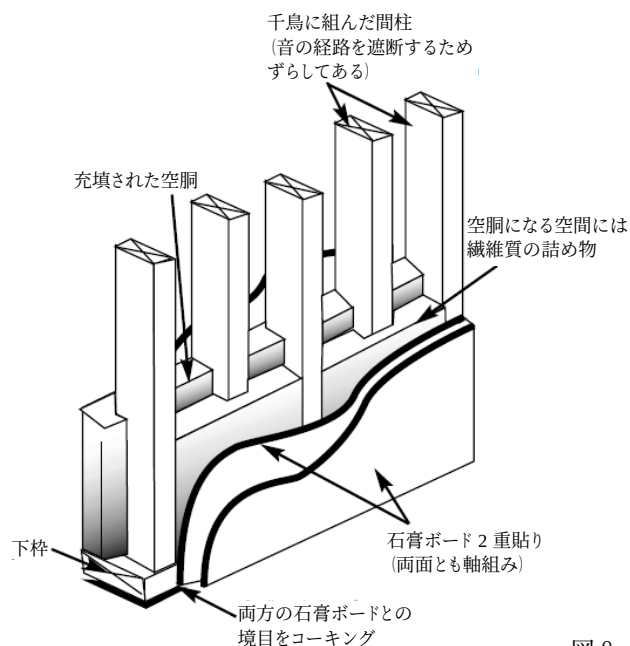


図 8

天井と床

天井と床も壁の場合と同様に、音を遮断するためには十分な質量を持っていなければなりません。

天井、すなわち屋根材は、しばしば厚みが薄すぎだったり波形鉄板が使われていたりします。そしてもしあなたの部屋の天井が上階の床だったら、かなり大きな音が漏れてくるのを聞くことになるでしょう。床や天井に穴を開ける空調、電気、配管工事もまた正しく綿密に行われなければ問題を起こすことになるでしょう。

▶ 天井と床のチェックポイント

- 天井の構造を調べましょう。
 - a. もし天井がコンクリート (図9参照) なら、遮音の問題はおそらく上階や隣接する場所で音量の大きい学級活動が行われている時の音や、建物の機械室の音が漏れてくるというものでしょう。
 - b. もし天井が建物の屋根材だったり波形鉄板で出来ているなら、音を遮断するだけの十分な質量を持っていないかもしれません。
- 床と天井に適切なきちんと隙間ふさがされていないつなぎ目や穴がないかを点検してください。導管、ダクト、配管を見回して、音漏れ、光漏れ、空気の動きが無いかどうかを調べてください。

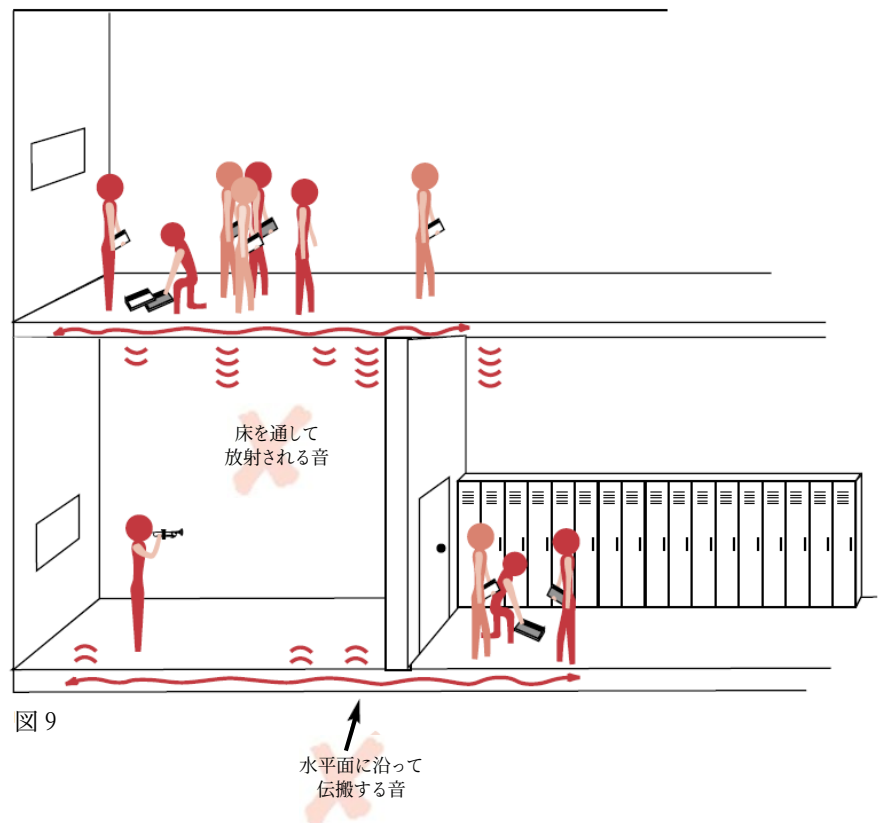


図 9

▶ 天井と床の解決策

- もし天井に十分な質量が無いように思われるなら、そして飛行機や雨などの音が聞こえるなら、音響吊り具 (図10参照) で支持される吊り遮音天井を追加して上方の遮音性能を増やしてください。状況を見て対策を決めるのに音響技術者の力を借りてください。
- 金属屋根はしばしば波形に加工されたものが使われるので壁に密着していません。(図11参照) それ以外にトラス^{*2)}も遮音のトラブルを起こしがちです。部屋-部屋間に共通する開口部があればふさぐようにしてください。
^{*2)} トラスとは、部材をお互いにピン接合して三角形を構成し、これを単位として組み立てた構造体骨組です。建物の小屋組に用いられますが、天井裏でこの部分がふさがれていないために音が漏れることがあります。
- もし音が床から部屋に入ってくるような音漏れがあるのなら、浮床 (図10参照) の設置を考える必要があるでしょう。これはコストが高く複雑な対策なので、音響技術者か建築家の助力を必要とすることを再度言わせてください。
- パイプ、導管、換気口等々の周囲の穴をふさぐために、石膏ボードかその他の重い材料を開口部に貼り、貫通している箇所の境目周辺を音響用のシール材でコーキングしてください。

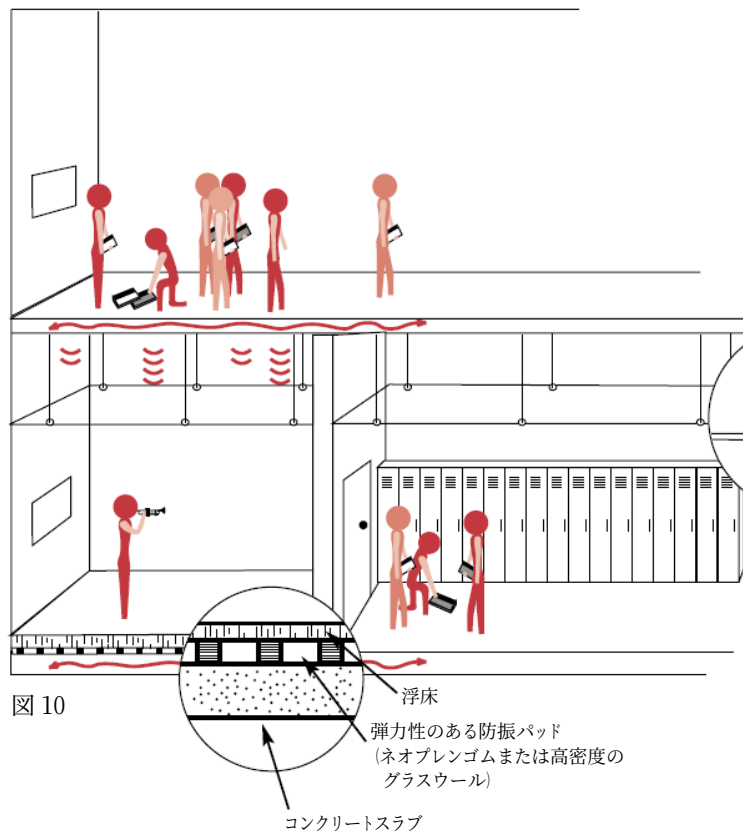


図 10

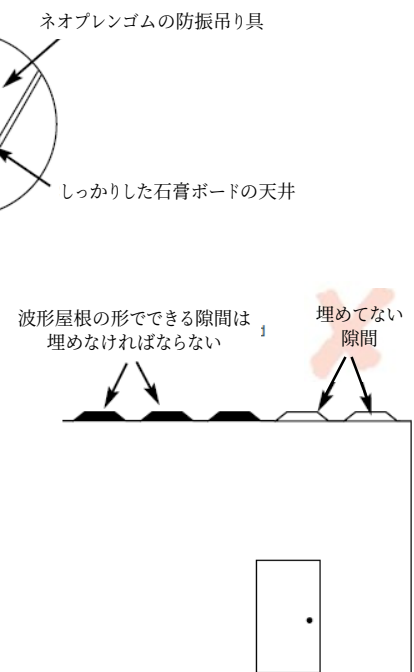


図 11

音楽室の音響には
特別の配慮が必要です

学校のほとんどの音楽室は、講義を主体とする教育用に設計されています。講義目的の部屋であれば、音響は言葉の伝達にのみ適しているということでも構いません。

しかし、音楽のためにはこれと正反対の音響が正しい音響です。一般教室としては望ましい建築と仕上げが、音楽演奏の場所としては音響的な問題を起こす原因になりうるのです。

カーペット敷きで天井高2.7mの四角い部屋は英語の授業には申し分ありませんが、音楽教育には大変な苦痛をもたらすものになります。

問題のある音楽室は大掛かりな改修なしには完璧な音響にすることはできないのですが、その一方で大抵は改善できるものだということが私たちは幾度も感じています。この項では、音楽リハーサル場所における音響トラブルの根本的な原因を明らかにすることに主眼を置き、あなたが改善のために行うことのできる手順のいくつかをご提案します。

リハーサル室における室内音響の問題

部屋の大きさ、形状、表面材料に関連して
こんなトラブルが・・・

「私の練習室は音が大きすぎて毎日耳鳴りがするのです。」

「部屋がブーミー（低域がこもる）で、低音が強く聞こえます。」

「部屋の中で音が聞き取りにくいのです。パートの音を聞き分けることができないし、いくつかのセクションは、音全体が聞こえません。」

「原因不明のエコーがあり、いくつかの周波数がうなっているようです。」

「部屋が音を吸いすぎて、反射音がほとんど戻ってきません。まるで無響室^{*1)}のようです。」

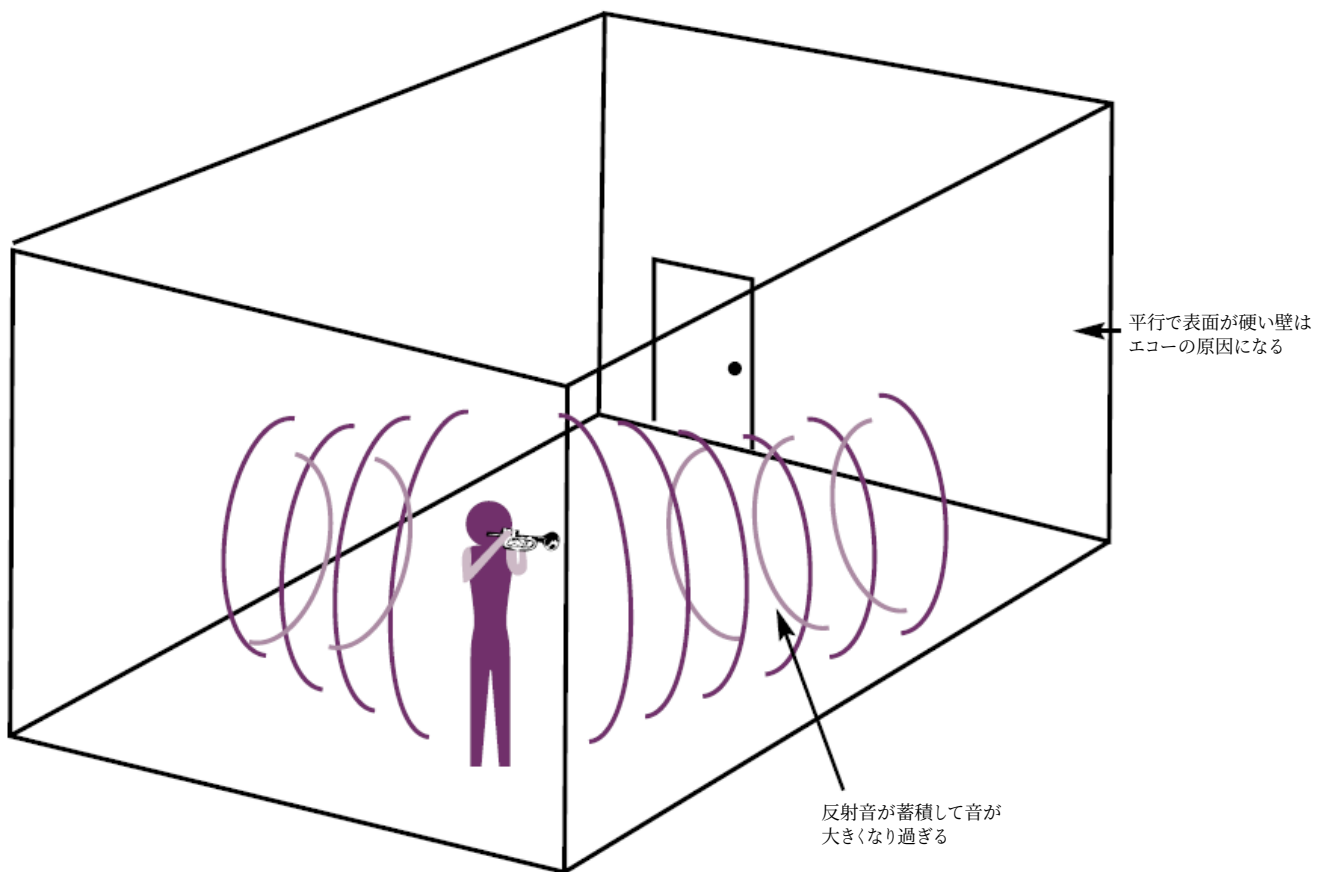
^{*1)} 無響室とは床、壁、天井全ての面をくさび型をした吸音材で覆い、反射音を完全に無くした実験室です。

室内音響の諸問題

リハーサル室の大きさ、形状、表面材料全てが空間の音響を決定する重要な役割を果たします。

もしそのどれかが正しくなければ、あなたは種々の問題のある音を聞くことになるでしょう。

- 音が大きすぎる
- 部屋がブーミー（低域がこもる）で、低音が強く聞こえる
- エコーやフラッターが聞こえ、ある周波数が異常な聞こえ方をする
- 室内で音が聞き取りにくい — 音が極端に大きい場所や小さい場所がある、音が濁る、残響過多



音が大きい部屋

室内の音が大きいというのは、リハーサル場所で最もよく聞かれる不満のひとつです。

通常これは、部屋が小さく適度な容積でないために起こります。

室内の硬くて反射性の表面もまた、音が大きくなりすぎる原因のひとつです。

使ってはならない材料

薄いカーテン、発泡材、カーペット、薄いパネルを吸音材として使ってなりません。これらの材料は、広い周波数範囲にわたる楽音を吸音するのに必要な物理特性を全く持ち合わせていないのです。実際、使用された時には解決策になるどころかもっと多くの問題を発生させることを保証してもよいくらいです。

講義主体の教室で効果のある解決策が音楽室では効果がないことを覚えておいてください。

▶ 音が大きい部屋のチェックポイント

- 部屋のサイズを調べてください。重要なのは体積 — 面積×天井高です。(図12参照) たとえ部屋が大きく見えたとしても、重要なのは床の広さではありません。一天井高は少なくとも4.9m必要です。Wengerの大まかな指針(表1)と比較してください。そしてアンサンブルの規模に合う値を確認してください。
- 室内の表面材料を評価してください。部屋が天井、床、壁に貼られた硬い反射性の材料に囲まれていますか？(図13参照) もしそうなら、過度な音の大きさはあなたの耳にきこえる数多くの問題の1つに過ぎません。(P17のエコーと定在波の項も参照)

どのくらいの容積があればよい？				
大まかな指針				
部 屋	クラスの大きさ	天井高	一般的な床面積	容積
合唱リハーサル	学生60-80人	5-6m	170m ²	800-1000m ³
バンド/オーケストラリハーサル	学生60-75人	6-7m	230m ²	1300-1600m ³

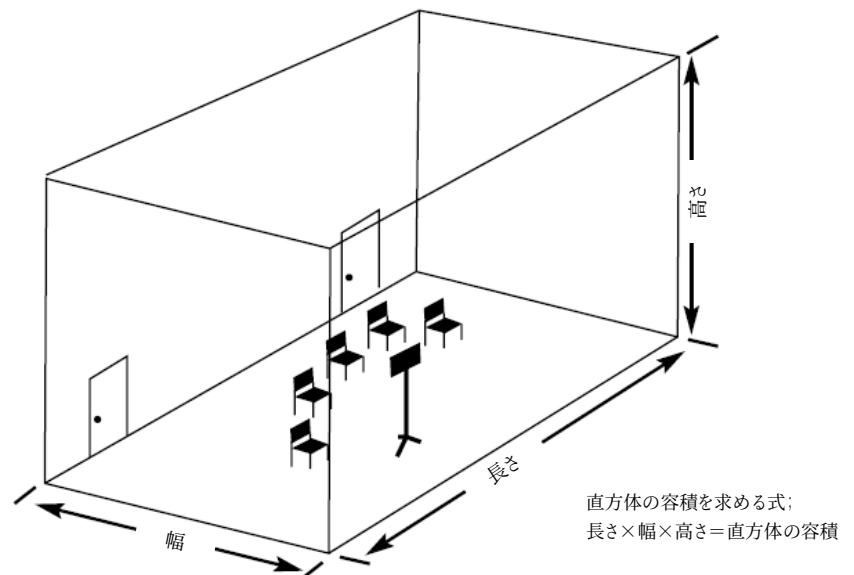


図 12

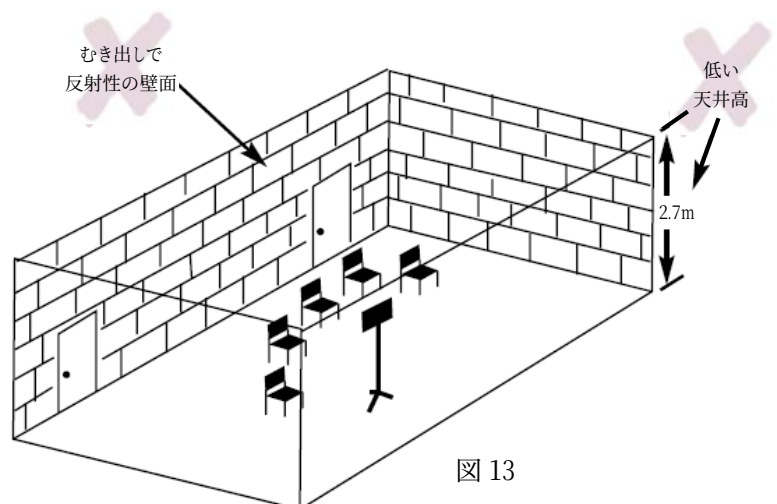


図 13

音が大きい部屋の解決策



部屋の容積を大きくする方法を見つけてください。これには吊り天井の一部分を撤去するといったようないくつかの方法があります。もし室内に閉じたひな壇があるなら、撤去して平床か可動式のひな壇ユニットの上でリハーサルをしても構わないかどうかを確かめてください。そうすれば部屋の下部を容積につけ加えることができます。壁を撤去して部屋を広げられることもあります。(図14参照) どのように容積を増やすにしても、まずは音響技術者に相談することをお薦めします。構造的な変更を行うには、いかなる場合でも建築家と一緒に仕事を進めてください。

- もし容積が小さすぎて、しかも大きくできないなら、大きすぎる音を低減するためにできることは限られます。リハーサルの場所を移せるように、容積の大きな場所が施設内に他に無いかどうか探してください。
- 音を改善するために何であろうか出来るものは撤去して空間を作ってください。
- もしリハーサル室が個人練習室に囲まれているなら、使われていない時は扉を開けて部屋の音響的な容積を増やすようにしてください。
- 吸音パネルは適切に用いられれば部屋を静かにする方法のひとつです。広い周波数範囲にわたって効果を持つようパネルの厚みは80mm (図16参照) 以上でなければなりません。吸音パネルは数々の音響トラブルを処理するためにも使われます。そして常に拡散面とともに使用されなければなりません。音響技術者や音響パネル会社の経験豊富な人に相談してください。
- 重量のあるカーテンもまた適切に使用すれば吸音効果があります。面密度430g/m²のビロードカーテンを使用し、2倍ひだを取って反射壁の手前30cmあたりに吊ってください。この閉じ込めた空気層はカーテンの吸音効果を低域まで伸ばすために非常に重要なものなのです。(図15参照)
- 最終的な手段としてはリハーサル時間を分割し、1グループ当たりの人数を減らすことにより音のエネルギーを減らすという方法もあります。

天井を上げたり、隣の部屋との間の壁を撤去して室容積を拡張する

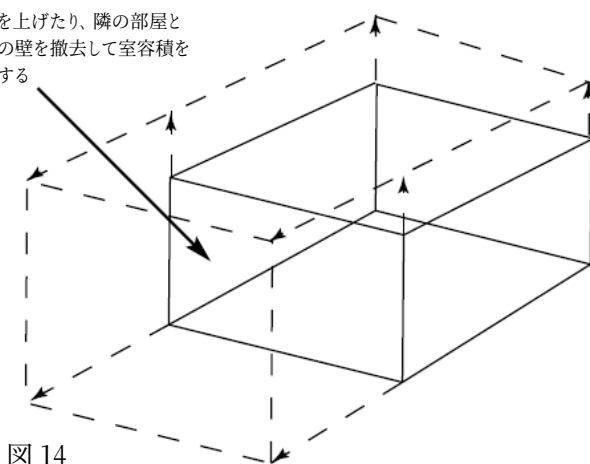


図 14

重量のある 430g/m² のカーテンを壁前に吊る (楽音の広い周波数範囲を吸音するため)

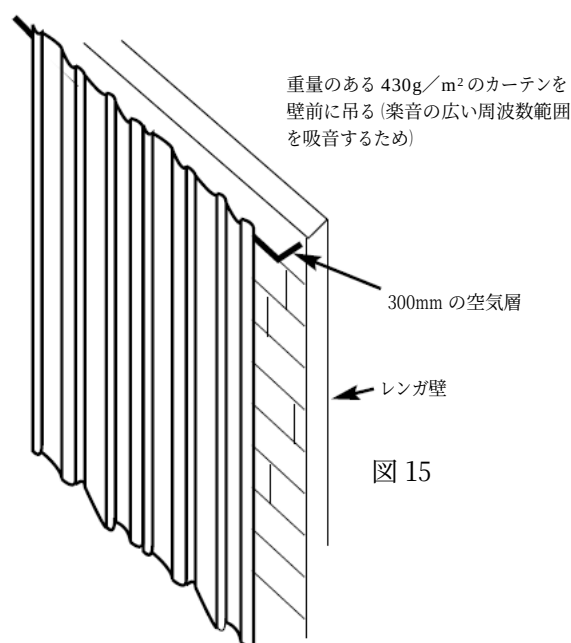


図 15

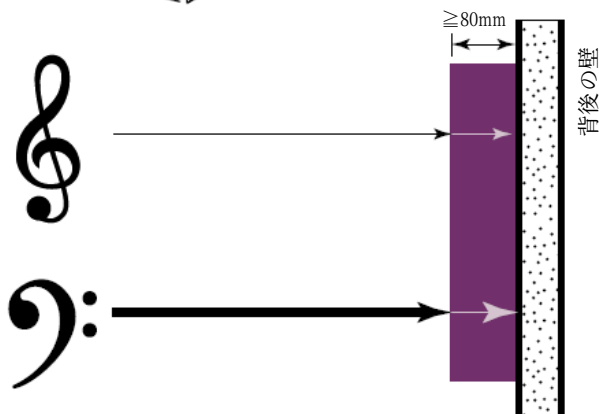


図 16

厚い吸音材
(楽音の広い周波数範囲を吸音するために 80mm 以上)

ブーミーで

低音が強い部屋

音が大きすぎるトラブルと時々勘違いされるのですが、部屋をブーミー(=低域がこもること)にしたり低音が強い部屋にしている「強調された低域」が実はトラブルになっていることがあります。

このような部屋では、低域が影響を受けないままなのに高域が奪い去られるということが起こっています。

通常これは適切でない表面処理を行なった結果として起こります。分かりやすく言えば、表面処理材が薄すぎるのでフルートの音や倍音は吸音するけれど、力強い低域を吸音するような物理特性を持っていません。その結果、高域を吸音し、低域を強調する部屋が出来てしまっているのです。

▶ ブーミーで低音が強い部屋のチェックポイント

- 室容積を調べてWengerの大まかな指針と比較してみてください。(P13表1参照)
- 部屋の表面材を評価してください。ブーミーな感じは、部屋を静かにしようとして間違った材料を使った結果であることが多いのです。— 間違った材料とは、じゅうたんの壁貼り、鶏卵用の発泡梱包材、薄い吸音パネル、薄いカーテン、標準の天井仕上げ材等のことです。これらは全て、高域を奪い去り、低域には効果の無い、問題のある材料です。

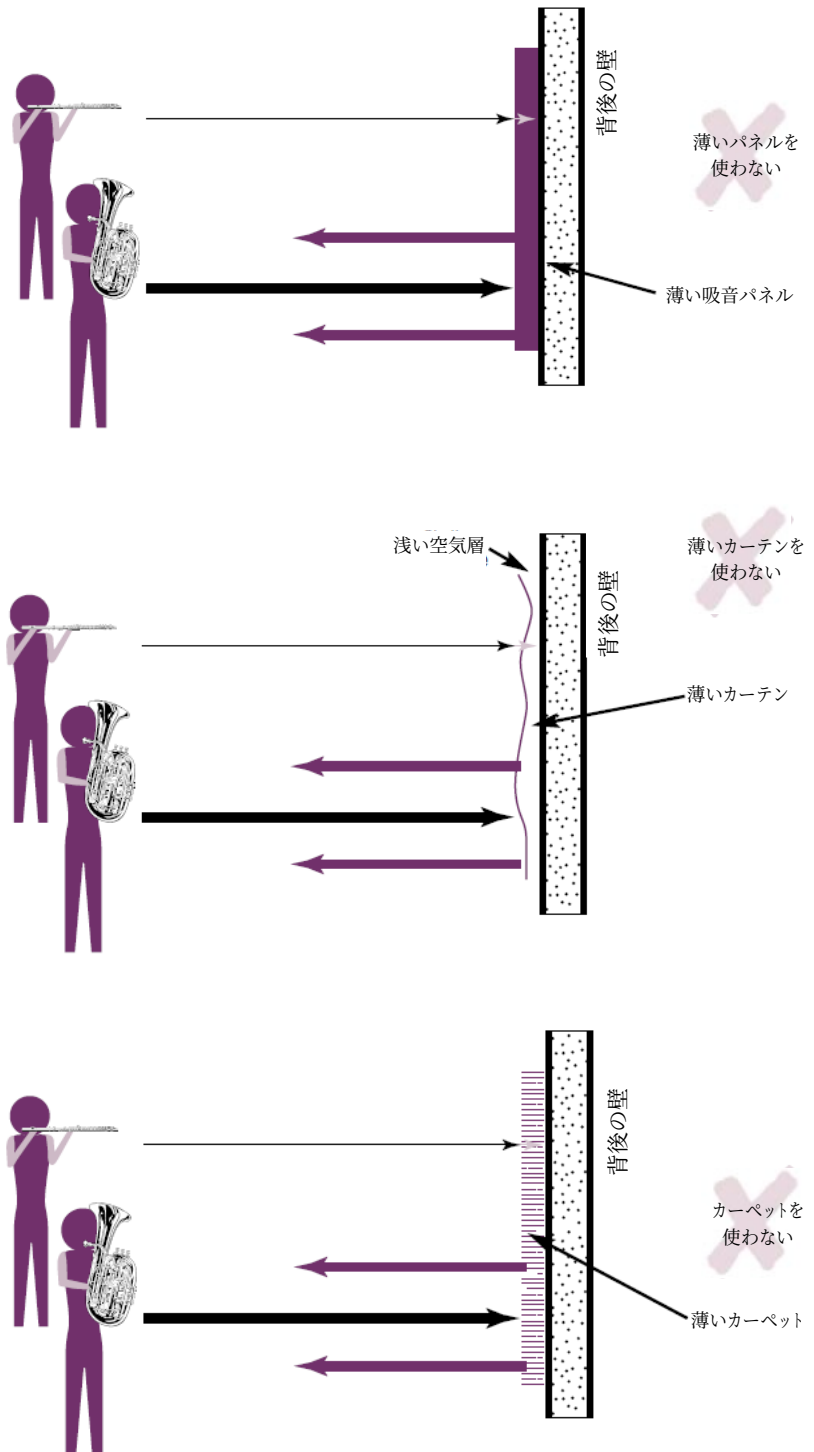


図 17

▶ ブーミーで低音が強い部屋の解決策

- 薄いカーテンやカーペット (特に壁に貼られたもの) を撤去し、広い周波数範囲にわたって効果的な吸音を行うような材料に取り替えてください。
- 80mm 以上の厚さのある吸音材を使用してください。吸音材が厚ければ厚いほど、低域のうるさは低減します。
このような改善策は音響のプロに参加してもらう必要があるでしょう。
- 反射性の天井仕上げ材を音響的に吸音性能のある (NRC が 0.95 かそれ以上の) 25mm 厚のグラスウールパネル (図 19 参照) に取り替えてください。
パネルの上部に大きな空間があればあるだけ低域の吸音性能は良くなるということを覚えておいてください。

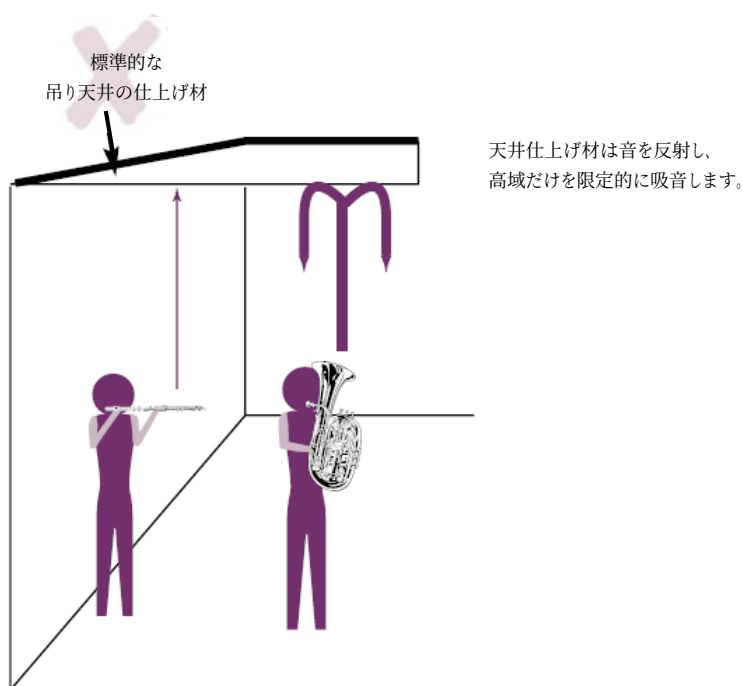


図 18

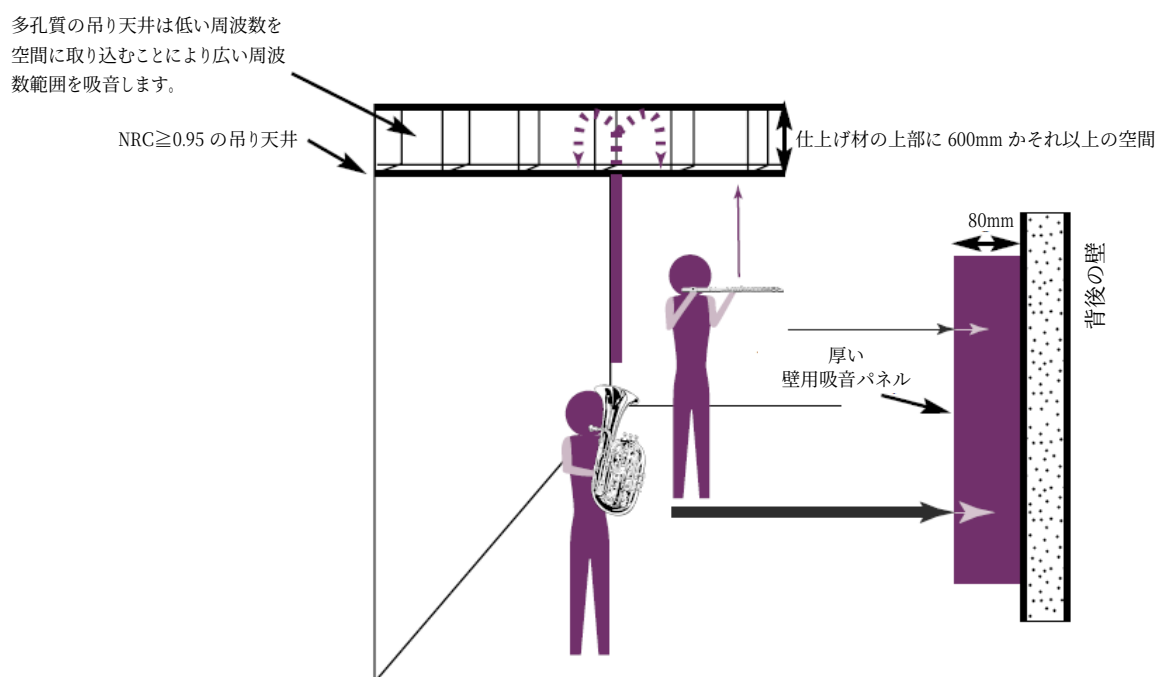


図 19

エコーと定在波

部屋の形状と仕上げ材料は、望ましくないエコーと定在波のような異常な周波数の現象を作り出す最大の要因です。

レンガやコンクリートブロックでできた壁のように平らな音響処理されていない反射性の面が互いに平行に向かい合っている状況は、普通は間違っていると責められるべきものです。ほとんどの部屋における最も大きな二つの面は床と天井であるということを心に留めておいてください。

床を(カーペットで)表面仕上げしないでください

ほとんどの場合において、楽音は木やタイル質の床と最も相性が良いものです。このような表面は、素早く到達時間の早い反射音を個々の音楽家にもたらしめます。カーペットは高域を抜き取り、選択的に一部の周波数だけを反射します。一般的に最も満足のいく反射音を供給する部屋は、未処置の床と、音響処理された壁と天井で出来ているものです。

▶ エコーと定在波のチェックポイント

- 部屋の形状を見てください。
 - a. 四角い部屋はエコーや定在波の問題に対して最悪の形状です。
 - b. 大きな反射面を持つ長方形の部屋は、ピシャーンというエコーやフラッターエコーを発生させます。
- 部屋の壁と天井の表面を見てください。それらはレンガ、コンクリート磁器タイル、ガラス、または平らで反射性の材料になってはいませんか？もしそうであれば対策が必要です。

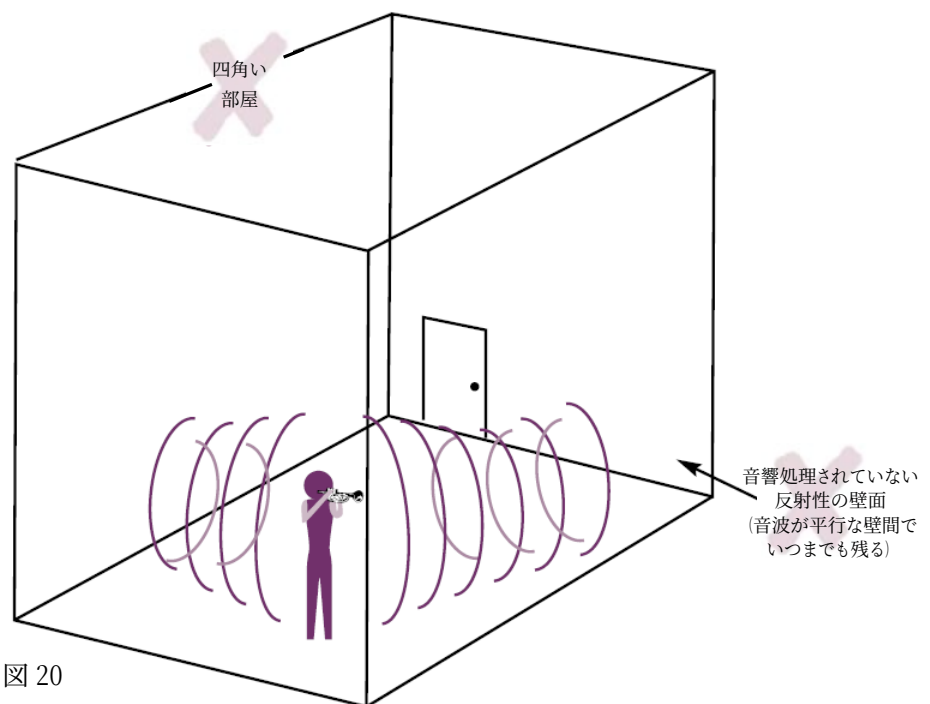


図 20

▶ ブーミーで低音が強い部屋の解決策

- 第一に目標とすることは、室内の平行な反射面の間で起こる反射音を最小限にすることです。これは、拡散と吸音の組み合わせによって最もうまく達成することができます。拡散と吸音は壁でも天井でも簡単に行うことができます。そしてまた言わせていただくのですが、リハーサル室の音響と改善処置に経験のある専門家に相談することをお勧めします。
- 広いガラス面の対策には、重いビロードのカーテンを窓部分に取り付けてください。
- 壁を傾けたり角度を付ける方法もありますが、効果を持たせるにはこれを縦横2つの面について行わなければなりません— 例え、ばのこぎり歯形状の壁はさらに床から天井にかけて傾ける必要があるのです。これも音響技術者に相談する必要があるでしょう。

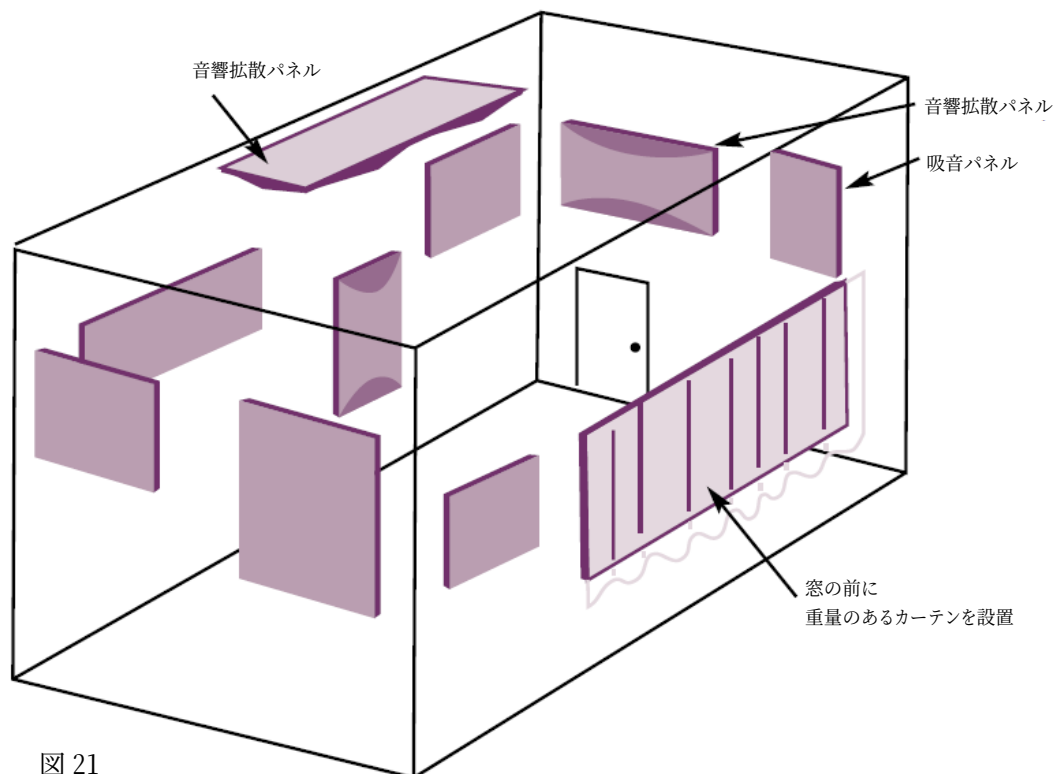
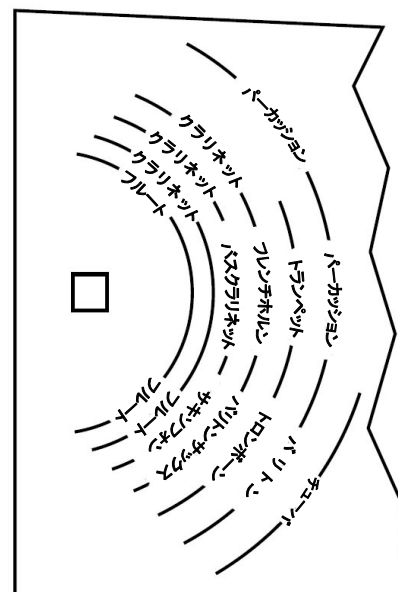
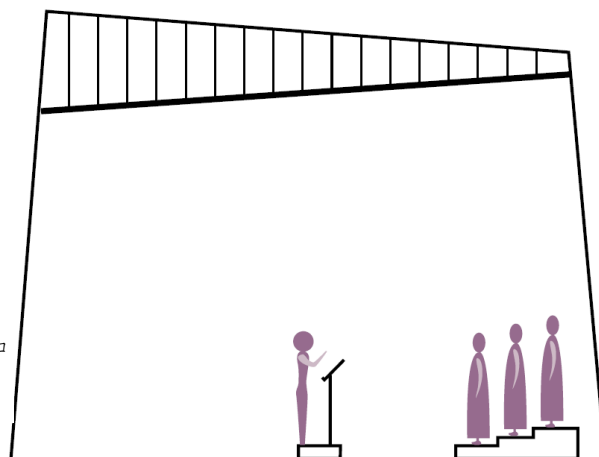


図 21

上方から見た図

天井を横方向から見た断面



理想的な建築は壁を平行にしないで傾けた壁を組み合わせたものになります。しかしこのような建築はあまりにコストが高く複雑なので通常は作ることができません。

合奏の音がよくない —聞こえづらい

”部屋の中で音が聞こえづらい”と簡単な言葉で評される部屋は、たいいてい部屋の形状と内装処理に関する数々の問題を呈しています。音が異常に大きい場所や小さい場所がある、残響過多、明瞭さの不足、あるいはこの種の問題が組み合わさると、まともな合奏を不可能とまではいかなくても困難なものにしてしまいます。これらの問題は、一般的に吸音と拡散を適切に組み合わせることによって対処することができるものです。もし音が聞こえづらい原因が競うように聞こえてくる騒音ならば、遮音の項 (P5-10) と機械騒音の項 (P21-22) を参照してください。

吸音と拡散は一緒に行ってこそ効果があります。

拡散の要素を適切に含めることなしに吸音処理が行われるケースがあまりに多過ぎます。音を厳しく評価しながら聴くことができる音楽空間にするには、吸音と拡散の質はお互いに影響し合い、双方が一緒になって効果を発揮するということを理解することが重要です。適切な吸音は周波数における強弱のバランスを取ったり音の大きさを調整することができるものですが、拡散もまた楽音を拡散し、融和させるためになければならないものです。音楽リハーサル室の経験を積んだ音響コンサルタントは吸音と拡散の適切な組み合わせを推奨することが出来るでしょう。

▶ 合奏の音がよくない—聞こえづらい

- いくつかの可変できる要素があり、ひとつの実施可能な目的に絞るのが困難な時に、その結果としてしばしばこのような問題が発生します。あなたができる最も良い対処方法は、室内で音の何が聞こえていて何が聞こえていないかを集中して聞くことです。室内の、場所における音響的な違いを評価するために、部屋の中を動き回るようにしてください。
- 部屋の形状を見てください。音のエネルギーを焦点に集めて音が極端に大きい場所や小さい場所を作るような凹形の天井や曲面の壁がありませんか？ (図23参照)
- 表面材料もまた重要な役割を果たしています。
 - a. カーペット、カーテン、そして/あるいは吸音パネルによって吸音しすぎていると、非常にデッドな (音の響きの無い) 部屋になります。
 - b. 逆に吸音が不足していると残響過多の部屋になります。
- 音を拡散する反射面が無い部屋は、ほとんど全部、合奏の音が悪い部屋になります。

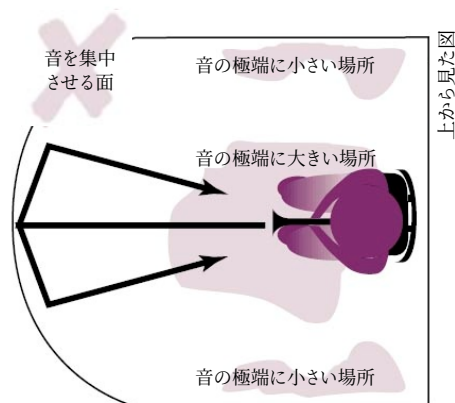
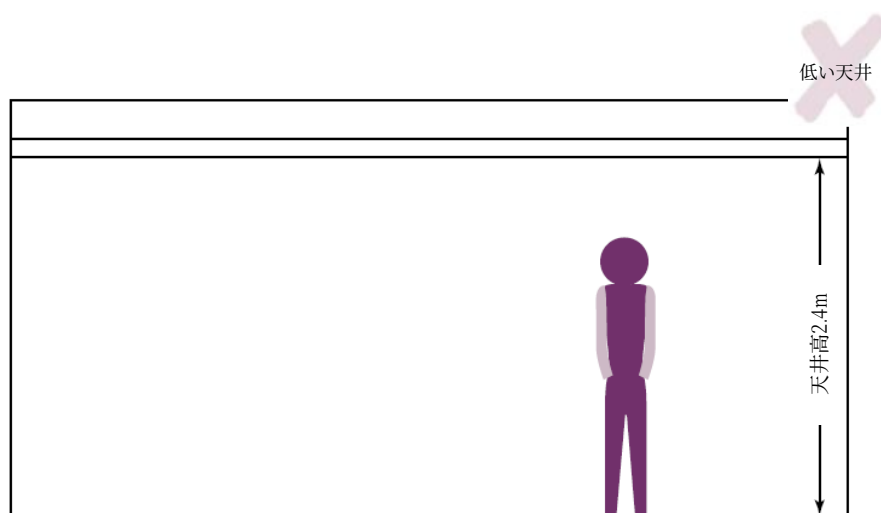


図 23

合奏の音がよくない―聞こえづらい部屋の解決策



リハーサル室の音響に関して経験豊富な音響コンサルタントに部屋を見てもらってください。解決策は壁と天井に対して丁度良いバランスで吸音と拡散を行うようになるはずです。(図24参照) 広い周波数帯域にわたって効果のあるような適切な材料を使うようにしてください。

- もし建物の床から天井仕上げ面までの距離が3m 以下 (図 22 参照) であれば、新しい演奏場所を見つけることから始める必要があります。この高さの天井では適切な拡散を実現することが不可能なので、その結果、合奏に適した部屋になりません。
- 音響コンサルタントは適切でない処置を元に戻したがるだろうということを覚悟しててください。例えばもし壁がカーペット貼りされていたら、カーペットを取り除く必要があります。その他、吊り天井に仕上げパネルが付いていれば取り替える必要があるでしょう。
- 合奏の音を良くするもうひとつの重大な要素は残響時間です。そしてそれは様々な要素の中でも一層、音楽空間に臨場感をもたらすものです。音楽家に臨場感をもたらす空間は、初期に到来する音の後十分に遅れて到来する反射音のある空間です。この反射音により人間の耳はより確実に情報を処理することができます。音楽家はよく「室内で自分の音を詳細に聞くことができる」という言葉でこのような空間のことを口にします。表2のWengerの残響時間推奨値をご覧ください。これは残響過多にならず、しかも音楽に合った空間を作るためのものです。訓練を積んだ音響の専門家は、あなたの部屋の残響時間を評価する手助けをすることができます。
- あなたの考えている改善策が音響コンサルタントの詳細な仕様にきちんと合ったものであるかどうかを確かめてください。

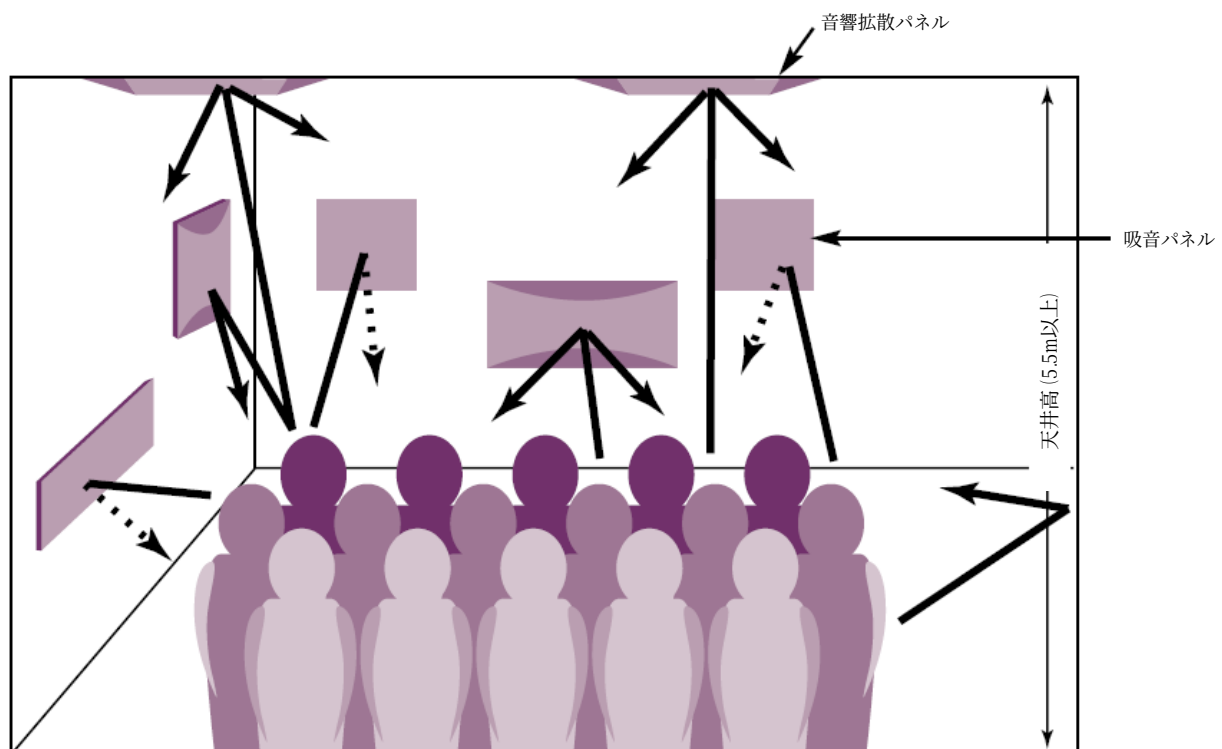


図 24

推奨残響時間	
部屋の用途	残響時間
合唱のリハーサル	1.3秒以下
バンド/オーケストラのリハーサル	0.8-1.0秒

表 2

機 械 騒 音

室内には建物に付属して実に様々な種類の機械装置や設備があり、それらは望ましくない騒音を発生する可能性があります。

最も大きな問題は暖房換気設備と空調 (HVAC) 設備です。しかしながら、照明設備、室内の電気製品、そして噴水式水飲み器のコンプレッサーに至るまで全ての機器が音楽室で煩わしい音を出しかねません。それらの音は楽音から気をそらすだけではなく、音楽の特定の周波数を覆い隠して聞こえにくく、あるいは全く聞こえなくしてしまっています。

適切な遮音と対処を行えば、望ましくない機械騒音は止めたり静かにしたりすることができます。

機械騒音の問題

こんなトラブルが…

「部屋の換気口からの風切り音がホワイトノイズ^{*1)}のような音になって聞こえ、音楽の繊細な箇所集中するのを非常に難しくしています。」

^{*1)} ホワイトノイズはラジオの局間ノイズの「ザー」という音です

「ビルのエアコンユニットが部屋の真上にあるのです。」

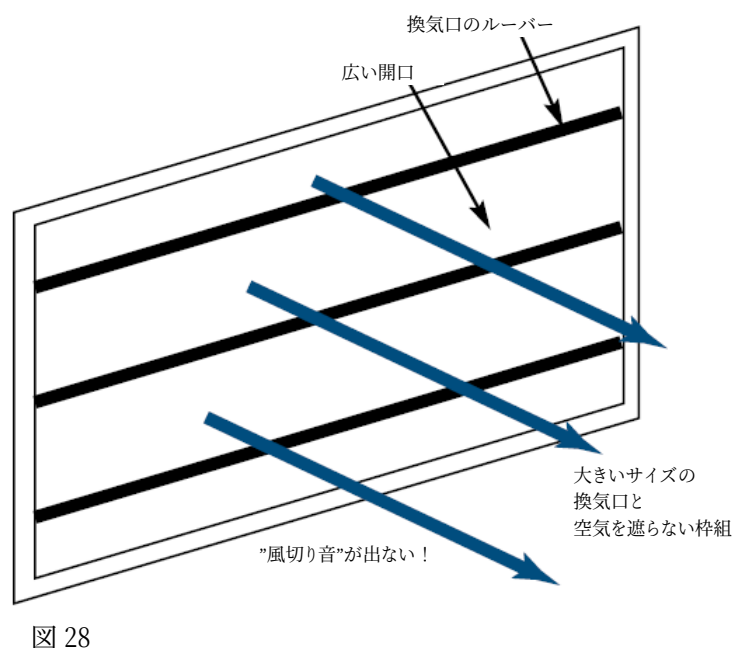
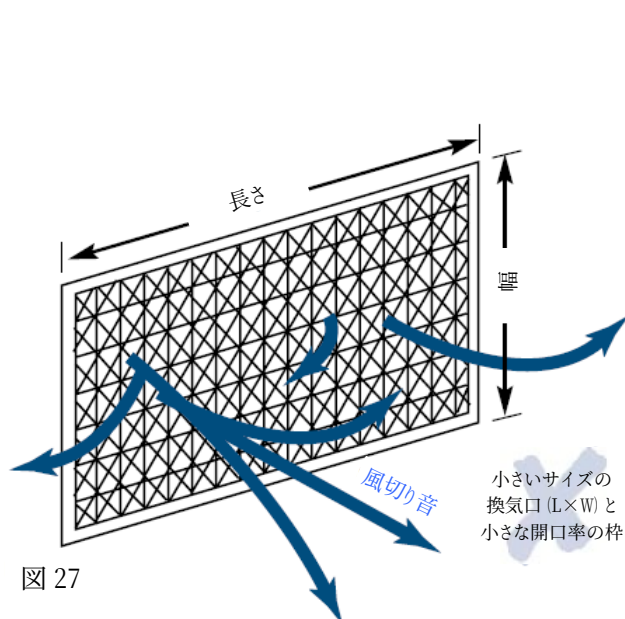
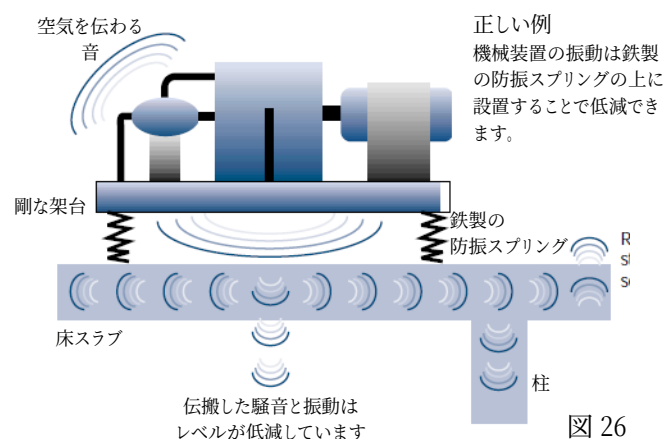
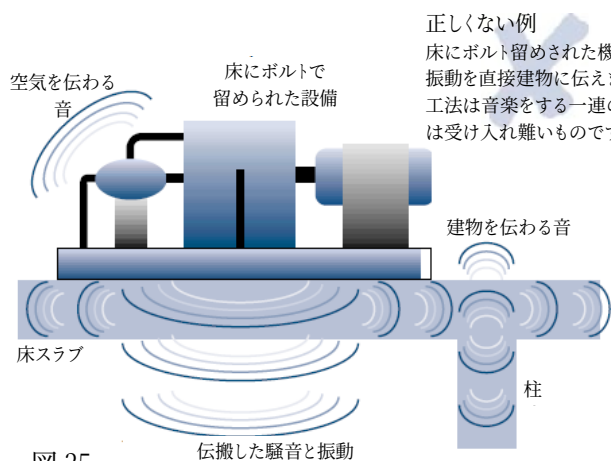
「暖房設備の騒音がダクトを伝わってきています。まるでボイラー室が隣にあるようにゴロゴロという音やキーキーときしむ音が聞こえてきます。」

▶ 機械騒音のチェックポイント

- 換気口からうるさい風切り音が聞こえていますか？これは、開口が小さいかグリルが空気を通しにくく(孔あき金属板のように) 気流を制限しているかのどちらか、または両方が原因となって起こります。(図 27 参照)
- HVACシステム(空調システム)の機械室が音楽室に近い隣接しているなら、おそらくコンプレッサーの騒音と振動で気が散ってしまうでしょう。原因となっている設備を見つけてください。部屋の上の屋上、部屋の外の地上階、または部屋の下地下室を見てください。もし原因となる設備が適切に防振されていなければ、低域の音が直接建物を経由して伝搬するでしょう。(図 25 参照)
- 換気口から出る音を聞いてください。もし HVAC (空調) 設備が遠くになり、それでもゴロゴロ、キーキーというコンプレッサー騒音が聞こえるなら、ダクトが騒音を部屋に伝搬させています。もし換気口を通して隣接する部屋の音が聞こえるなら、それもダクトが騒音を伝えているのです。
- 騒音はしばしば擦り切れたベアリング(軸受け)やベルト、注油不足によって、あるいは送風システムのバランスの不具合でも発生します。定期的に HVAC (空調) 設備のメンテナンスを行うようにしてください。
- 照明からブーンという音が出ていませんか？変圧器と古い型の(磁気式の)蛍光灯安定器は非常に判別しやすいブーンというノイズを出し、それは楽音を覆い隠すものです。安定器は低い騒音しか出さないと見間違えがちだということを覚えておいてください。

▶ 機械騒音の解決策

- 音楽室は音楽を演奏するという身体活動のために、新鮮な空気との換気が同じサイズの一般教室のおおよそ2倍必要だということを覚えておいてください。そのため、格子状にあげられた換気用の開口を大きくする必要があります。(図 28 参照) 開口が小さく、細かく密に仕切りの入った格子であるなら、問題を解決するためにあなたの建物の技術士の力を借りてください。
- もし HVAC (空調) システムの機械室があなたの部屋に非常に近いところにあるなら、最も良い解決策は機械室を移すことです。もしそれが不可能なら、音響の専門家に連絡を取り、問題を解決するためにどんな種類の遮音方法を取ることができるのかを判断してください。しばしば、ばねとネオプレン (ゴム) の防振ゴムが設備を周囲の建物から”遮断”することができます。(図 26 参照)
- 音を伝搬させているダクトは吸音材内貼りや気流調節装置 (sound attenuator; サイレンサーと呼ばれる) を用いて静かにすることができます。ここでもまた言わせていただきます。音響のプロと音楽室のある建物の技術士の助力が必要になるでしょう。
- ゴロゴロ、キーキーという音は HVAC (空調) システムが何らかのメンテナンスを必要としている兆候です。注油、軸受けやベルトを新しいものに交換、またはそれ以外の処置をすれば静かになるのかどうかを建物の技術士に尋ねてください。
- ノイズを出している照明の変圧器と蛍光灯安定器を静かにするのはたやすいことであり、節電にもなります。音のランクが”A”の電子式安定器 (インバーター式安定器) は静かでエネルギーの消費が少ないものです。建物の技術士と協力して照明設備を最新のものにしてください。



練習室の一般例

大きなリハーサル室がそうであるように、良い練習室は、遮音性能と音楽演奏を助けるような室内音響を備えていなければなりません。しかし不幸にも練習室は良い音響であるために守らなければならない第一の決まり事を破っているために、あらゆる最悪の音楽空間のうちのひとつになっています。—練習室は室内で生じた音のエネルギーが拡散して消えていくのに十分な容積を持っていないのです。最も良い練習室は室内の音が広い周波数範囲にわたってバランスが取れるように多量の吸音材で吸音されているものです。その結果、部屋は音響的に非常にデッドにならざるをえません。このような無味乾燥な空間は音楽を演奏する基本テクニックや技巧の練習には適しているかもしれませんが、音響的に音楽家が演奏するのを好む環境とは正反対のものでもあります。

能動的な音響制御技術

能動的な音響制御は、電気、コンピューター技術、デジタル信号処理を用いた処置により音響環境の調整を行うものです。この先端技術は仮想的な音響空間を作り出すもので、急速に世界中に受け入れられ、ボタンひとつで問題のある音楽環境を素晴らしい環境に変えています。音楽練習室においては、能動的な音響処置は練習の仕方を変えました。—今やクローゼットほどの大きさもないような練習室で世界的なホールの音響を再現することが可能になっています。能動的な音響処置はまた大型リハーサルホールの音響を可変できるようにするだけではなく音響上の問題を改修や建築工事なしに解決することができるのです。

練習室の音の問題

こんなトラブルが…

「私たちの練習室をもう何年も使っていません。なぜならそれらは音を出すような部屋になっていないからです。—ひとつの部屋はキャンディ置き場になっています。他の部屋はマーチングバンドの道具入れになっています。」

「一列に並んだ練習室があるのですが、ひとつおきにしか使ってしません。それが唯一音を抑制できる手段なのです。」

「扉を厚いものにして壁を遮音するのにたくさんのお金を掛けましたが、未だに練習室ではバンド演奏室からの音が大きくはっきりと聞こえます。」

▶ 練習室におけるトラブルのチェックポイント

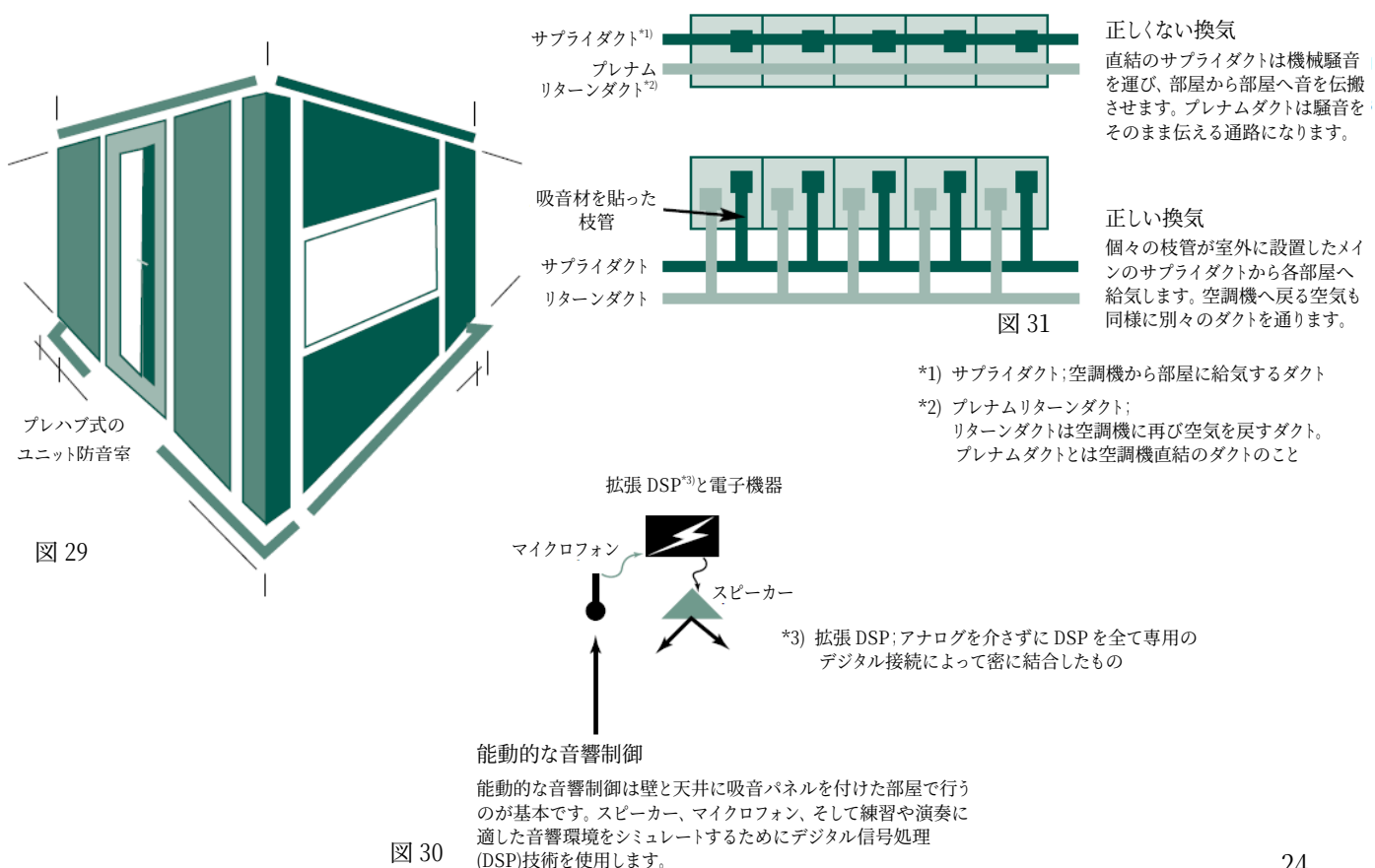
- 音響の専門家の手を借りてあなたの部屋を調査することをお薦めします。
- 遮音性能を調べてください。練習室から音が漏れてはいませんか？室内で誰かに演奏してもらって、もし可能なら問題のある箇所を特定してください。— 扉、窓、電気配線のボックス類、換気ダクト、壁には細心の注意を払ってください。ほとんどの造り付けの練習室には通常多くの問題箇所があり、それら全てを明らかにするのは困難です。P3～10 を参考にしてください。— 扉のガスケット(押さえゴム)、壁構造、密閉された天井等のような箇所を点検するのに全く同じやり方が当てはまります。
- 室内音響を調べてください。部屋は吸音材で処理されていますか？もしそうでなければ練習室の硬い反射面がこれら小さな空間の音響の質をさらに悪化させることでしょう。練習室は容積が限られているので、あなたは決まって多岐にわたる音響的な欠点が重複している状態を体験することになります。最もよくあるのが部屋で音が大きすぎるように感じられることと低い周波数が強調されることです。また、全部の音の善し悪しを聴き取ることをあなたは期待すると思うのですが、それが困難なことにも気づくでしょう。この原因のひとつとして、反射音が素早く耳に到達しすぎて音を評価するための要素を聞き分けることができなくなることが上げられます。
- HVAC (空調設備) と電気設備のノイズを調べてください。騒音を発生している換気ダクト、HVAC システム、ブーンとうなっている照明の安定器のような、その他発生する可能性のある問題にも注意を払ってください。P21-22 に望ましくない機械騒音の診断と解決策が記されているので参考にしてください。

▶ 練習室トラブルの解決策



練習室は音を遮断する必要がある、確実に良好な遮音性能が得られるような種類の工事は非常に複雑で費用が掛かります。部屋が適切に機能するための最も確実な方法は、プレハブ式のユニット防音室を使用して場所を移動することです。(図29参照) 時間と費用が扉と工事のみに費やされ、部屋-部屋間の電気ボックスのように細かい部分を見落として、失敗したのは部屋が小さいせいだとされてしまうのを私たちはあまりにも多く見てきました。結論をいうと、プレハブ式ユニット防音室の解決策はこれらを新しい場所に移す際の手腕が備わった確実なものであれば、音に対する出資が将来にわたって良い結果をもたらすことを確約するものです。

- 音の専門家に相談することにより、造り付けの練習室の遮音性能を改善することができでしょう。通常にこの種類の練習室はP3-10に書かれている様々な改善策と同じような多くの改善を必要とするでしょう。壁は遮音工事の技術(P8の図8)を用いて施工し、床と天井で隙間ふさぎ(P7の図6)しなければなりません。扉と窓は適切に施工し、気密パッキン(P6の図3)を付ける必要があります。
- 換気ダクトは内部に吸音材を貼り、室外でメインダクトから分岐したダクトを通じて各部屋別々に給気される(図31)なら最も良好な遮音性能を示すでしょう。
- もしあなたが幸運にも練習室の遮音に十分満足しているなら、次は室内音響のために出来る最良のこと — かなりの量の厚い吸音材料をつけ加えることをしてください。大ざっぱですが、練習室では80mm厚の繊維質の吸音材で部屋の表面の30%以上を覆うようにするという法則があります。その結果音響的にはドライな(響きのない)空間になりますが、少なくとも広い周波数範囲においてバランスの取れた吸音性能を得ることができます。
- 能動的な処置(図30)は練習室の音響的な不足を補うもうひとつの方法で、音楽家にボタンひとつで変えられる仮想的な音楽環境を提供することもできます。これらの解決策はデジタル信号処理と音楽環境を良くするような音響空間をコンピューターによりモデル化したデータに基づいています。これらの処置を効果的に導入するには、まず初めに部屋をしっかりと吸音処理する必要があります。



その他の音響用語

能動的な音響処理; (Active Acoustics)

電気音響設備の構築や”バーチャル音響”のことを指しますが、電氣的な装置(マイクロフォン、スピーカー、デジタル信号プロセッサのようなもの)が空間の自然な音響の質を向上させるために使われることを言います。能動的な音響付加が効果があるかどうかはまた、部屋が正しく音響処理されているかどうか(受動的な音響処置)によって決まります。

エコー; (Echoes)

エコーは壁などの表面が音を聴取者の方へ反射し、音源からの直接音が聞こえた後に届くことで生まれます。例えば、ステージ上のホルンセクションが気を散らすようなエコーをホールの後壁側から発生させることもあります。吸音材と拡散体の両方ともこの種のエコーを補正する効果がありますが、拡散体の方がよりエネルギーを保存できるので一般的に好まれます。

フラッター; (Flutter)

フラッターエコーは音源が反射性の表面を持つ平行な面の間に置かれた時に発生します。それはブンブンという音が長く続くものです。例えば、音響処理されていない部屋でのスネアドラムのリムショット(ドラムの金属枠を叩くこと)はフラッターエコーを生じがちです。

マスキング; (Masking)

マスキングは望ましくない騒音が混在する時に起こり、楽器の音と似たような高さの、またはそれより高いピッチの音を覆い隠して音楽家の耳に聞こえづらくします。例えば、給気ダクトから漏れてくるシャーという騒音は楽音をマスクすることがあります。

NC値; (Noise Criteria (NC))

バックグラウンドノイズ(暗騒音)の大きさを等級化した数値です。NC値が小さい程、その空間が静かなことを表します。

受動的な音響処理; (Passive Acoustics)

この言葉は音楽に適した空間を作るために建築的に(電氣的ではなく)設計を行い、音響的な表面処理を行うことを指しています。主として吸音と拡散の性質に分類されますが、幾何学的な壁、天井の形状、壁や天井に取り付ける音響パネルなどは受動的な音響処置の例です。

反射; (Reflection)

硬い表面から反射してくる音は鏡から反射してくる光に見立てることができます。例えばプロセシウム舞台に反射板(shell)や上方の吊り反射板などの反射面が無ければ、音のエネルギーは消散するか客席に到達することなく吸音されてしまい客席に届くことはありません。

音の伝播行路; (Sound Transmission Path)

空気伝播; 空気中を伝播する音は障害物に衝突すると反対方向に進みます。

STC; (STC)

STC (Sound Transmission Class 遮音等級^{*1)}); 建築物の要素(すなわち壁、扉、窓)の遮音性能を表すために等級づけされた数値です。概してSTC等級は建築物がスピーチを他の音から隔離できる性能を最もよく表しています。STC値は実験室で測定されますが、STC値が高い建築物の要素(壁、扉など)は遮音性能が優れています。

構造物/側路伝搬

音は部屋のダクトに取り付けられたエアコンプレッサーや床に接触しているグランドピアノの足のように、音源と直接接触しているものを介しても伝搬します。

NIC;

NIC (Noise Isolation Class) はSTCと似たような指標ですが、しかし、これは部屋を包括する構造全体を考慮に入れたものです。高いNIC値は部屋-部屋間の遮音性能が良いことを表しています。

NRC;

NRC (Noise Reduction Coefficient 騒音低減係数^{*2)}) はオクターブバンド周波数の250Hz、500Hz、1kHz、2kHzにおける吸音率の平均値です。(吸音率は完全吸音に対する比率^{*3)}で測定されます) この数値はスピーチ帯域の吸音に対しては使用されるには良いめやすとなります。しかし、176Hz以下と2825Hz以上の周波数を無視しているので音楽に適用するには限界があります。

*1) 日本での正式な訳語はなく、そのままSTCと呼ばれています。

*2) 日本での正式な訳語はなく、そのままNICと呼ぶほか、吸音率の平均値、騒音減少率などという注釈が付けられている場合もあります。

*3) 吸音率は、0 (完全反射) から1 (完全吸音) までの間の数値で表されます。

参考図書

Architectural Acoustics by M. David Egan; 1988 by McGraw-Hill; ISBN: 0-07-019111-5

Architectural Acoustics:

Principles and Practice; edited by William J. Cavanaugh and Joseph A. Wilkes; 1999 by John Wiley & Sons, Inc.; ISBN: 0-471-30682-7

Acoustics by Charles M. Salter Associates, Inc.; 1998 by William Stout Publishers; ISBN: 0-9651144-6-5

Wenger Planning Guide for Secondary School Music Facilities

その他の文献

Architectural Acoustics:

Principles and Design by Madan Mehta, James Johnson and Jorge Rocafort; 1999 by Prentice-Hall, Inc.; ISBN: 0-13-793795-4

Acoustics and Noise Control Handbook for Architects and Builders;

by Leland K. Irvine and Roy L. Richards; 1998 by Krieger Publishing Company; ISBN: 0-89464-922-1

Auditorium Acoustics and Architectural Design by Michael Barron; 1993 by E & FN Spon; ISBN: 0-442-31623-2

Concert and Opera Halls: How They Sound by Leo Beranek; 1996 by Acoustical Society of America; ISBN: 1-56396-530-5

Sound System Engineering - Second Edition by Don and Carolyn Davis; 1992 by Howard Sams & Co.; ISBN: 0-672-21857-7

Music and Concert Hall Acoustics edited by Yoichi Ando and Dennis Noson; 1997 by Academic Press Limited; ISBN: 0-12-059555-9

Deaf Architects & Blind Acousticians?

A Guide to the Principles of Sound Design by Robert E. Apfel; 1998 by Apple Enterprises Press; ISBN: 0-9663331-0-1

音響コンサルタントや専門家を捜すには

連絡先 ; National Council of Acoustical Consultants (NCAC)

66 Morris Ave, Suite 1A

Springfield, NJ 07081-1409

(973) 564-5859 Fax: (973) 564-7480

Website: www.ncac.com

連絡先 ; Wenger Corporation

555 Park Drive

P.O. Box 448

Owatonna, MN 55060-0448

1-800-733-0393 Fax: (507) 455-4258

Website: www.wengercorp.com

問題解決できる製品を探すには

Wenger社は音楽教育設備として、問題解決に使用できる多くの製品をご用意しています。

私どもは我が社の商品を売るためではなく、あなたにとって最も良い解決策となる製品を見つけ出すお手伝いをすることもできます。

まずは私ども 1-800-733-0393 にお電話ください。

その他のWenger「教育と実践ガイド」

音楽空間のための音響入門 V1.1

An Acoustics Primer For Music Spaces V1.1

音楽演奏空間の計画立案ガイド V2.0

ーホール、オペレッタ、カフェトリウム、体育館の音響トリートメント

Performance Spaces Planning Guide For Performance Spaces V2.0

学校音楽施設の計画立案ガイド V3.1

Planning Guide For School Music Facility V3.1

音楽の初歩教育のためのプラン

Elementary Planning Guide For Elementary Music Programs

体育施設の計画立案ガイド

Athletic Facility Planning Guide



WENGER CORPORATION
555 Park Drive, P.O. Box 448
Owatonna, MN 55060-0448

UNITED STATES
Phone: 1-800-733-0393
Fax: 1-507-455-4258
Customer Service: 1-800-887-7145

CANADA
Phone: 1-800-268-0148
Fax: 1-416-754-3996

QUEBEC
Phone: 1-800-411-5600
Fax: 1-416-754-3996

WORLDWIDE
Phone: 1-507-455-4100
Fax: 1-507-444-0685

WEBSITE
www.wengercorp.com

© 2000 Wenger Corporation
Printed in the U.S.A. US/5-00/5M/W

お問い合わせは



株式会社 エムアンドエヌ

〒160-0015 東京都新宿区大京町 3 番地ウィーン四谷
TEL 03-5368-8840 FAX 03-5368-8841
URL <http://www.mnsv.co.jp>