

音楽空間のための

音 響 入 門

VERSION 1.1

Wenger

「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。



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。

私たちの経験とあなたの要求に基づいた「教育と実践ガイド」

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、保管庫と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。一連のWenger Guideを作成するために私たちは経験の全てを蓄積し、真のエキスパートである音楽教育者の方々に意見を聞いてまいりました。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。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、建築家、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はあなたがお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。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については14ページのリストをご参照ください。

音響入門

音楽は聴くことによって学びます。効果的に練習するには、リハーサル室、練習室、そして演奏場所が音楽に適した環境になるよう設計されていなければなりません。そして、最もよく耳にする質問や最もよく目にするいらだたしい問題が音響に関係するものであることは驚くべきことではありません。

私たちがこの「音響入門」を手引きに組み込んだ理由はそれです。分かりやすい言葉で音楽を演奏する場所に影響を及ぼす基礎的な音響の概念を説明しましょう。私たちの望みは音楽教育者、音楽演奏者、学校管理者および建築家、プランナーである彼らが音楽演奏場所の何を聞いていて、何を聞いていないかをもっとよく理解するためにこの情報を使えるようになることです。そして、音響環境に悪い影響を与える多くの可変要素をより深く理解することによって、私たちは的確な分析を行い、最終的にはより良い解決策をもってあなたのお力になれると信じています。

ここでの私たちの目的ですが、音の物理学や建築音響の手法に関して膨大で技術的な知識を提供することを意図しているわけではありません。これは既になされていることすし、14ページに多くの参考文献やお薦めの文献がリストアップされています。それよりも音楽教育と演奏場所に影響を与える音響の概念について基本となる知識を確立していただきたいのです。

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。

この「音響入門」はその他の下記に示すWENGER「教育と実践ガイド」のパートナーとしても役に立ちます

音楽リハーサルと練習空間のための音の問題と解決策
Acoustical Problems & Solutions For Music Rehearsal and Practice Areas

音楽演奏空間の計画立案ガイド V2.0
- ホール、オケピット、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

試聴評価_____3

音の発生_____3

周波数と波長_____4

楽音の音域_____5

吸音_____5

音の反射と拡散_____6

音色と倍音_____6

容積_____7

音楽の臨場感と
音に包まれた感じ_____8

室の形状_____8

遮音_____9

音の大きさ_____10

残響_____11

音の鮮やかさ_____12

音の温もり_____12

その他の音響用語_____13

参考図書_____14

その他の文献_____14

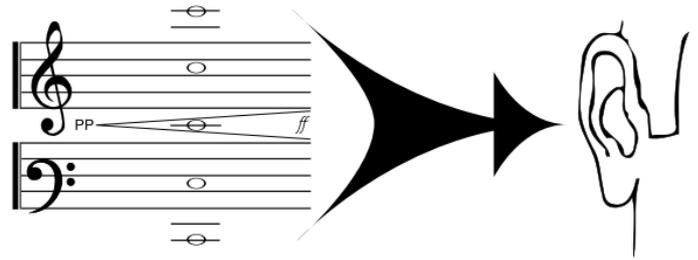
音響コンサルタントや
専門家を捜すには_____14

その他の
Wenger「教育と実践ガイド」_14

▶ 音の聞こえ方

概論；

音楽家は楽音をはっきりと十分に聞こえ、幅広い範囲における音の大きさ(強-弱)および音の高さ(高い-低い)の微妙な変化を分かる必要があります。



要点；

音の聞こえを望ましい状態にするために、音楽のための空間は

耳ざわりな雑音がなく、バランスのとれた音響環境でなくてはなりません。会話とは違い、楽音は調子、音色、周波数、明瞭さ、リズムといった複雑な要素を含んでいます。音楽家はこれらの微妙な変化を聞き、識別することができなければならないのです。

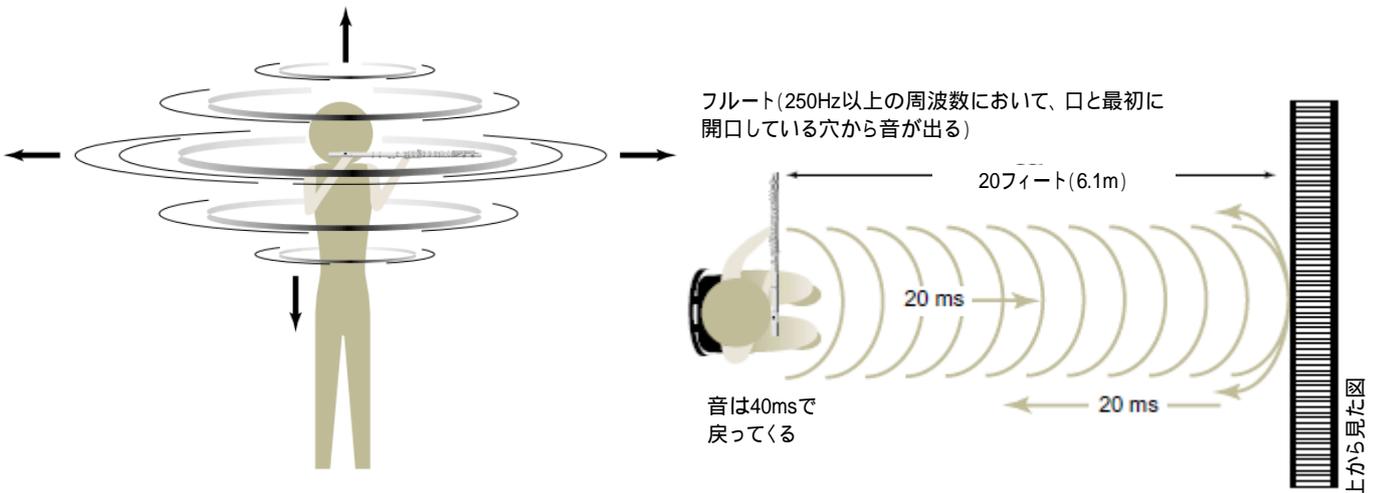
▶ 音の発生

概論；

音は空気中を進む振動によって音源から球面波として放出します。音は、それを反射、吸音、透過するような障害物に当たるまでは1ミリ秒(1ms; 1000分の1秒)で約1フィート(30.5cm)または1秒で1130フィート(344m)の速さで進みます。

要点；

音が反射するまでの行路(距離)と、反射する表面や障害物は全て、部屋の音楽的な音響に影響を与えます。人間の耳と脳はこれらの音のふるまいの速度に対して知覚する限界があるので、音楽家は音が壁や天井で反射しわずかに遅れて耳に到達した場合、より良い音として聞くことができます。これが適切な容積を持つ部屋はより良い音楽環境を作り出すということのひとつの理由なのです。



フルートの250Hzにおける音の放射

壁から反射してくる音

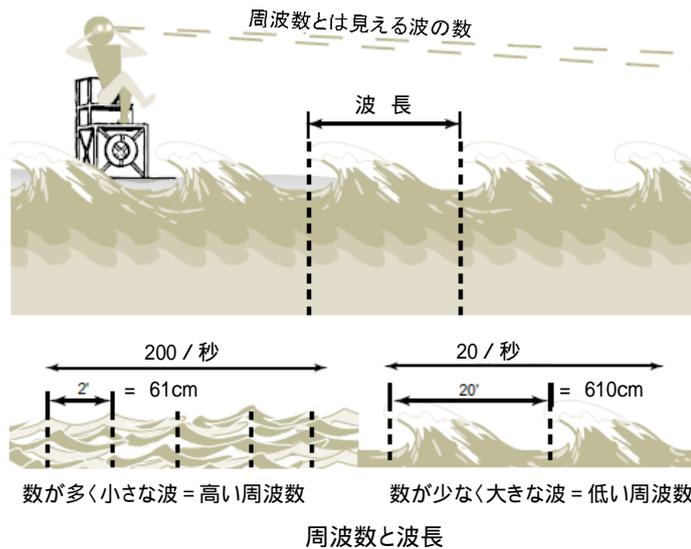
▶ 周波数と波長

概 論；

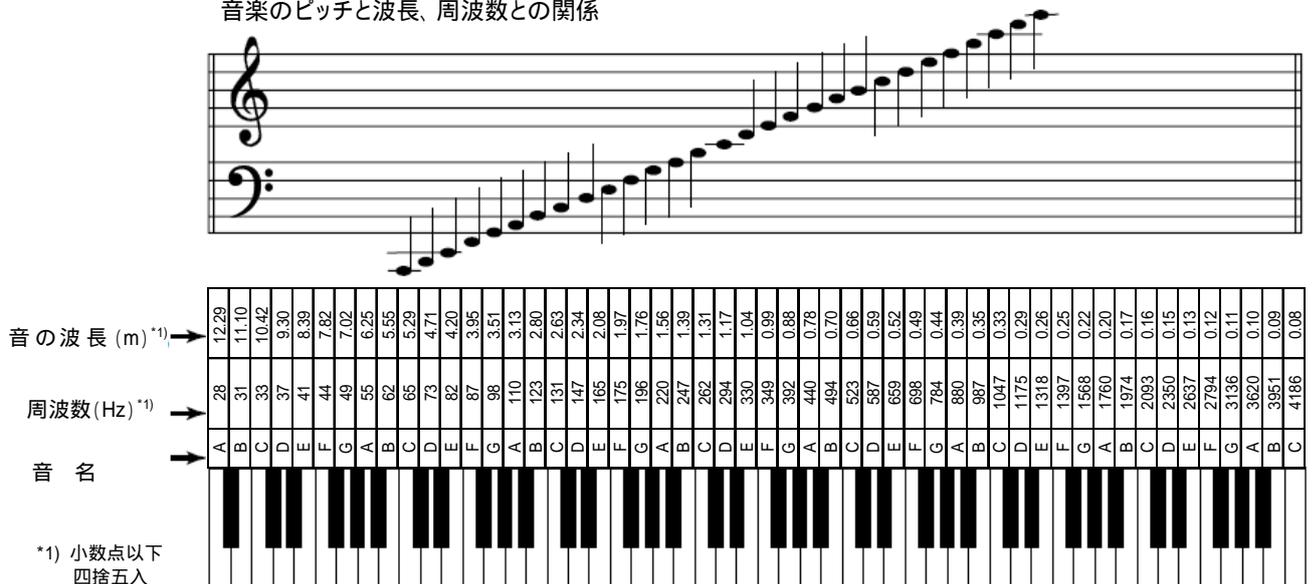
周波数とは、私たちが”ピッチ”として認識する特性で、測定することができます。1秒間あたりの音の周期(サイクル)であり、単位はヘルツ(Hz)です。例えば、チューニングのピッチ”A”の音は440サイクル/秒です。これを海の波になぞらえて考えることができます。周波数は海上で一度にあなたが見ることのできる波の数のようなものです。そして海の波と同様に音の波は波の山から山までの物理的な長さによって測定することができます。いくつかの音の波長が単純にどのくらいの高さであるのかを知っておくことは重要です。-”中央のC”の1オクターブ下にある”C”が出す音の波長は約8フィート(約2.6m)です。

要 点；

大きな海上の波は小さな波よりもたくさん水を動かし、より長い波長を持っています。大きな波は柱や突き出した岩のような障害物が小さければ影響を受けないので、それを止めるには高くて強固な防波堤が必要になります。同じように、低い周波数の音は高い周波数の音よりもたくさんの空気を動かし、より長い波長を持っています。これら波長の長い音もまた小さな障害物の影響をうけません。あなたの部屋について考えてみると、あなたが出そうとしている音の波長を思い浮かべてみるのが重要です。用いられる反射板のサイズや吸音材のタイプは室内で出す音の波長に合わせて設計されるべきです。音が大きくエネルギー的な音波になるのなら、それに見合った大掛かりな処置が必要になるでしょう。



音楽のピッチと波長、周波数との関係



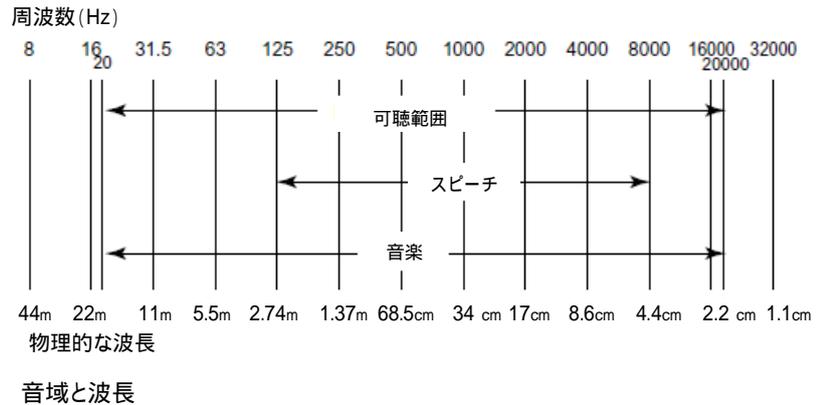
▶ 楽音の範囲

概論；

歴史を通して音楽芸術は人間の耳に聞こえる全ての範囲の音を探求してきました。音楽は周波数20Hzの低い音から20000Hzの高い音までを用い、ダイナミックレンジは25dB(デシベル)から100dB以上にまでわたっています。

要点；

音楽のための場所は、楽音の広いダイナミックレンジに合うよう設計され、音響処理されなければなりません。スピーチのダイナミックレンジに合わせて設計されている一般的な講演室とは違い、音楽演奏室は特別な配慮と独特な処置が必要なのです。



▶ 吸音

概論；

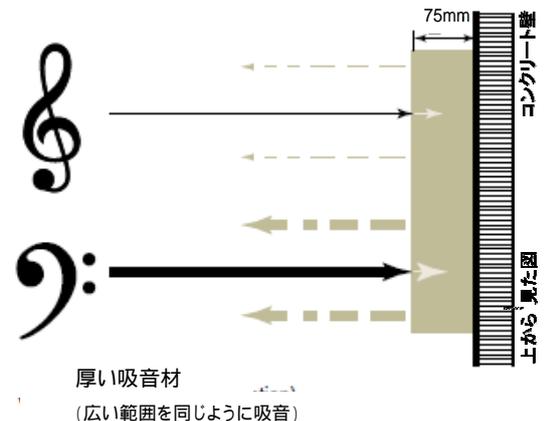
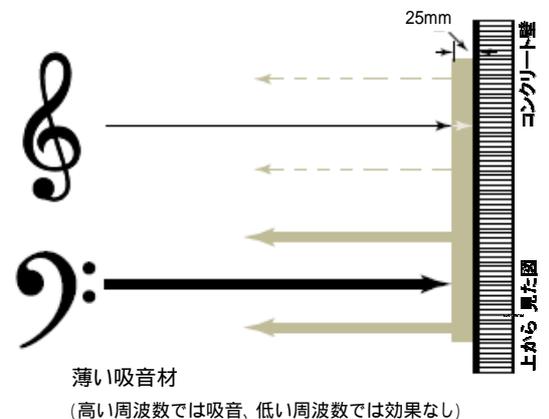
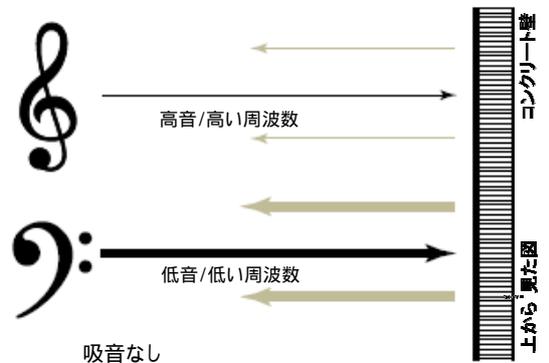
吸音とは、音が材料の表面にぶつかった時に音のエネルギーを減らすことです。コンクリートのように硬くてがっしりした面は音エネルギーの大部分を反射して室内に返し、ほとんど吸音しません。厚みがある繊維状の面に当たった音のエネルギーは材料を通り抜け、音エネルギーが繊維の気孔に沿って流れる時にほとんどのエネルギーが摩擦により失われます。多孔質材料のような吸音材の物理的な性質と材料の厚みが吸音の程度と効果のある周波数を決定するということを理解することが重要です。例えば低い周波数は、より長い波長とより大きなエネルギーを持っています。その結果それらは、より厚みがあり広い表面面積のある吸音材料を必要とします。音楽の周波数域は会話より広い範囲にわたっていますので、楽音の吸音は会話の吸音よりも難しいのです。

要点；

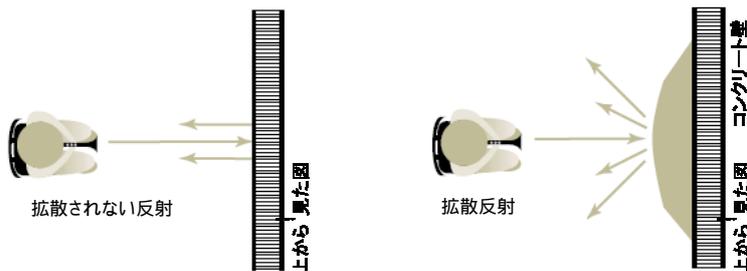
ほとんどあるいは全く吸音されていない部屋は過度に音が響きすぎて聞き取りにくくなります。このような部屋ではまた、音質を評価しようとしても本来の音のバランスで聞くことができません。多くのケースで吸音不足は、平行で反射性の壁間で音のエネルギーがはね返ってパラパラという音が長く続くフラッターエコーの原因になります。

効果の無い吸音は、私たちが既存の部屋で最もよく目にする誤りです。例えば、響きを調節するために、25mm程度の薄い吸音材やカーペット類が直接壁や床に使われています。これらは会話の吸音や最初に"より静か"な空間だという印象をもたらすには効果があるものの、中域や低域という楽音の域には効果が無いまま高い周波数と倍音を除去します。その結果、ブーミーで歪んだ音色の、音質を評価するには貧弱な性能の部屋になってしまいます。

しっかりと音質を評価できる環境を作るには、吸音は適切な音の拡散と共に用いられなければなりません。



▶ 音の反射と拡散



概 論；

反射と拡散の概念は相伴うものであり、ある意味吸音の概念の対局にあるものです。反射は、音が硬くて密な表面に、ある入射角で当たった時、ちょうど光が鏡に当たった時の反射光のような形で起こります。拡散は、後述するように、反射面が音を拡散させたり向きを変えたりする形状である時に、ミラーボールの反射光と同じような形で起こります。

要 点；

良い音楽聴取環境は、部屋のどの場所でも全ての音がクリアに聞こえるように十分な拡散状態になっていなければなりません。このような環境では、アンサンブル内のひとりひとりの音楽家がグループ全体から来る全てのパートの音を聞くことができます。このことは聴取者のためにも同じように重要です。歴史的な劇場を例に上げると、飾り立てたしつくい仕上げや装飾が、不規則な角度と拡散効果を高める曲面によって音響的に良い反射面を作り出しています。

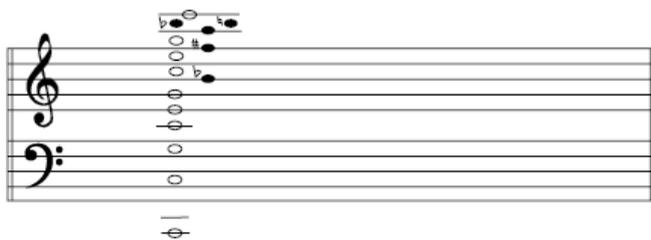
▶ 音色と倍音列

概 論；

全ての楽器は、主となる音または基音と、多くのそれより弱い純音または倍音から構成される複雑な音を出します。基音とその倍音は倍音列と呼ばれます。基音の上の倍音の数や強弱の突出は楽器の音色を作り出します。楽器の倍音列が広範囲に亘れば亘るほど、音は豊かで鮮やかになるのです。例えば、オーボエはフルートより複雑な倍音列を持っています。

要 点；

厚みが薄すぎて広い周波数範囲を均等に吸音できない吸音材が演奏場所に使われていると、その吸音材は楽器の倍音を”剥ぎ取って”しまい、音色を変化させ、華やかさを無くさせてしまう可能性があります。

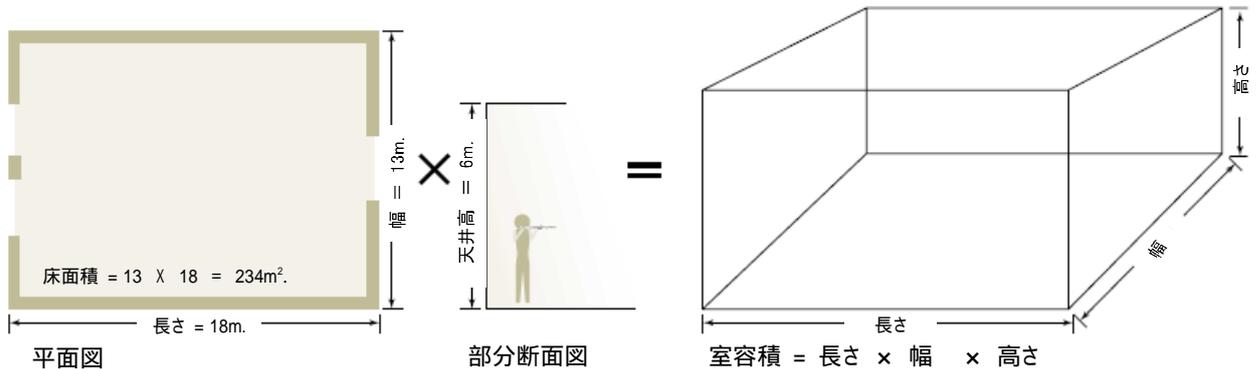


C-65Hz の基音から出る可能性のある倍音列または倍音

OVERTONE	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
フルート	■									
オーボエ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
フレンチホルン	■	■	■							

一般的な3つの楽器における倍音の数と特徴

▶ 室容積



概論;

室容積は床面積(m^2)と天井高(m)の積です。例えば、天井高6mで13m X18mのリハーサル室は室容積 1404m^3 ($13\text{m} \times 18\text{m} \times 6\text{m} = 1404\text{m}^3$)になります。

要点;

音楽演奏場所の容積は、あなたが音響の善し悪しを経験する出発点です。適切な容積は、わずかに遅れてくる壁や床や天井からの反射音が到達するのに十分なエリアを提供すると同時に、音のうるさを無くす効果があります。この反射音の遅れは人間の耳と感覚に対して音をいきいきさせる効果があります。その結果、音がはっきりと聞こえ、全体の周波数域について評価できるようになるのです。

どのくらいの容積があればよいか？ 大まかなめやす				
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	170 m^2	800-1000 m^3
バンド/オーケストラリハーサル	学生60-75人	6-7m	230 m^2	1300-1600 m^3

理想的なリハーサル室のサイズは、いくらかは演奏グループのタイプや規模により異なります。しかし演奏者が十分動き回れて、演奏でき、彼らが生み出す音のために十分な容積があるべきです。

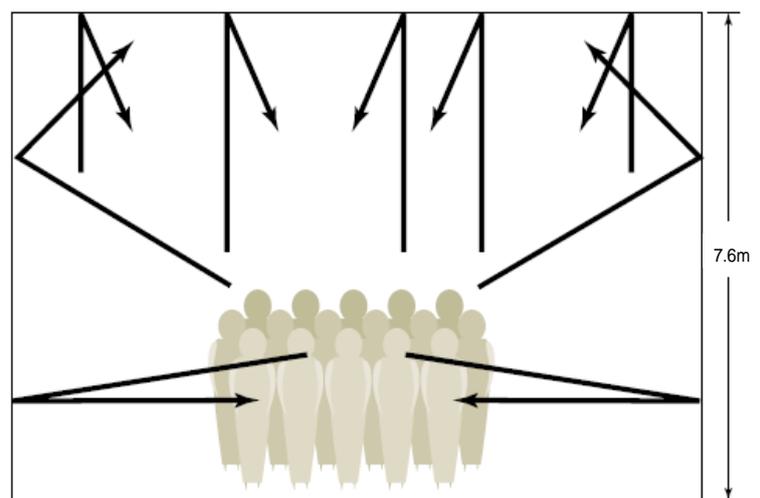
▶ 臨場感と音に包まれる感じ

概論;

臨場感とは音楽家が好ましい音響空間を表現するのに使う一般的な言葉です。部屋が“望ましい臨場感”を持っている時、壁や天井からの初期反射音は音楽家の耳におおよそ30ミリ秒の間に戻ってきます。音に包まれる感じというのはそれと同類の言葉で、大ホールや演奏場所の性質を定義するのに使われます。音に包まれる感じのある場所では、側壁や後壁からの側方反射音が、直接音が耳に到達した後おおよそ80ミリ秒以内に到達します。音に包まれる感じは演奏者にとっても客にとっても同様に音楽に没頭でき、音楽に囲まれるような感覚です。臨場感と音に包まれる感じは部屋の大きさや容積が有効なものでなければ実現することができません。

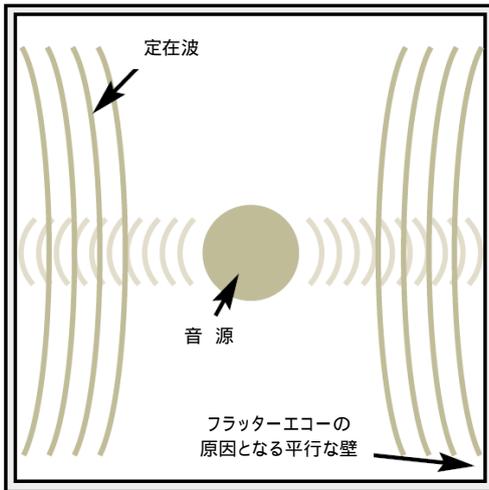
要点;

音楽家が彼らの音を“室内で詳細に”聞くことができる時、彼らはアンサンブルにおいて、音の区切り、強弱そして他の演奏者とのコミュニケーションにより集中することができます。臨場感と音に包まれる感じを持つ部屋は、演奏をよりしっかりと支え、演奏をより音楽的にしうる、まさにそういうものです。

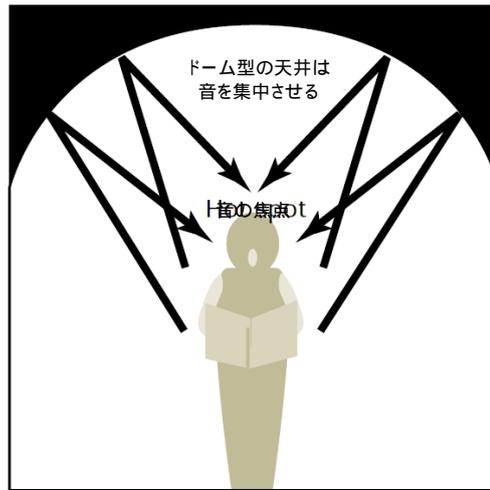


コーラス隊の歌手は音の中に埋もれます。お互いの声を聞こえるようにする効果のある反射音は30-80ミリ秒後という短い間に到達しなければなりません。

▶ 部屋の形状



平面



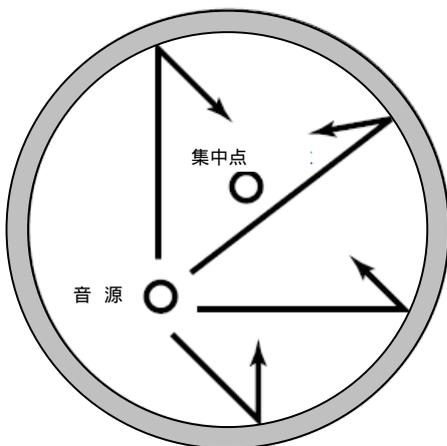
断面

概論；

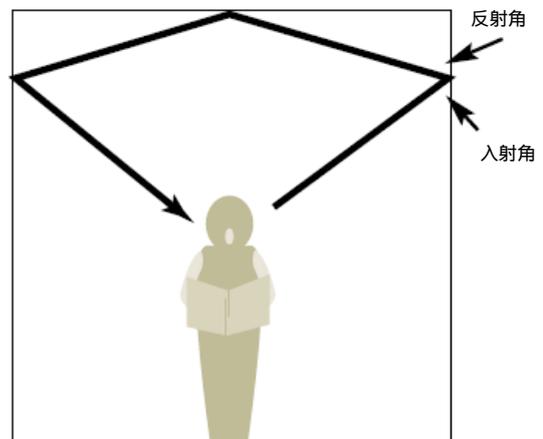
音が硬い面で反射した時、反射面の角度や形状は反射パターンそして最終的には聞こえに影響します。ある幾何学的な形状のいくつかは結果的に望ましくない音響現象をもたらします。

要点；

あなたの部屋の形状は室内における音のふるまいに重大な影響を持っています。対策されていない平行な壁はフラッターエコーの原因になります。”音響的”に見える設計はしばしば問題を起こすことがあります。例えば、凹曲面の天井や壁は”音の焦点”へ音を集中させます。その結果、他の場所にいる音楽家は十分な音を聞くことができなくなります。立方体の形状(長さ、幅、天井高が等しい)をした部屋は、定在波と呼ばれる現象の原因となります。そこでは部屋の寸法と周波数の波長の数値的な相互関係により、低い周波数が強調されます。(4ページの表参照)



平面 (円の形状)



断面 (立方体の部屋)

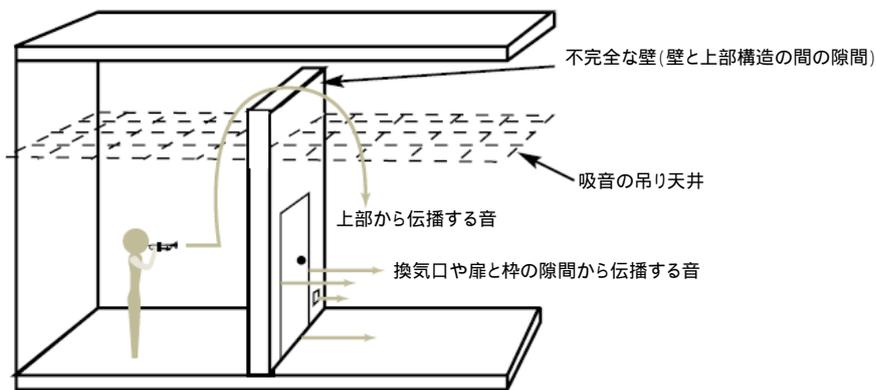
▶ 遮音

概論；

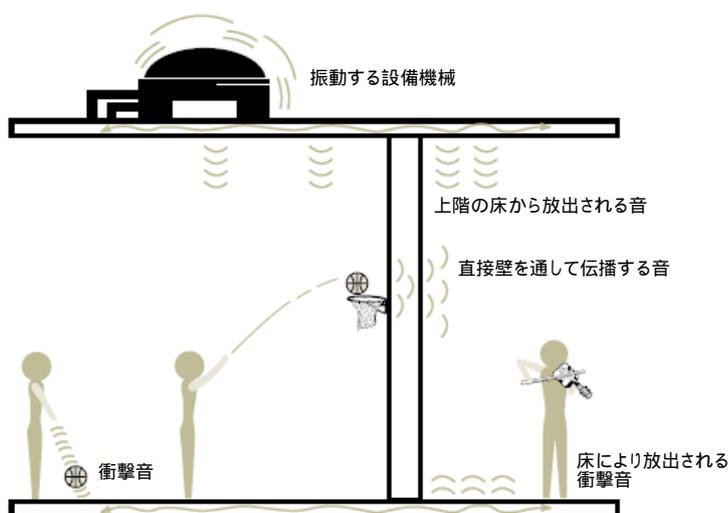
遮音は建築物の要素(床、壁、天井)が、いかに室内で奏でられる音を室内から出さず、いかに室外で発生する音の侵入を抑えられるかによります。遮音は建物のあらゆる開口部 扉、窓、電気の配管、空調開口、建物の隙間 を通して漏れてくる空気伝播音によって損なわれます。遮音はまた、床や壁のような物理的構造物に沿ってあるいは通り抜けて伝搬する音の振動によっても損なわれます。

要点；

遮音が悪い場所にいるだけで音楽の評価試聴が困難だったり出来なかったりします。例えば、練習室はしばしば音漏れ(音の出入り両方)があるために使えません。近くにある体育施設の騒音は音楽リハーサルを中断させますし、音楽リハーサルから漏れ出る音は近くにある教室や事務所の使用に支障をきたします。体育施設、機械設備室などからの騒音を抑えられるように遮音性能の高い建築部材を用いてください。



ある場所から他の場所へ漏れていく空気伝播音



壁だけではなく垂直方向に床や天井を通じて伝播する固体伝播音

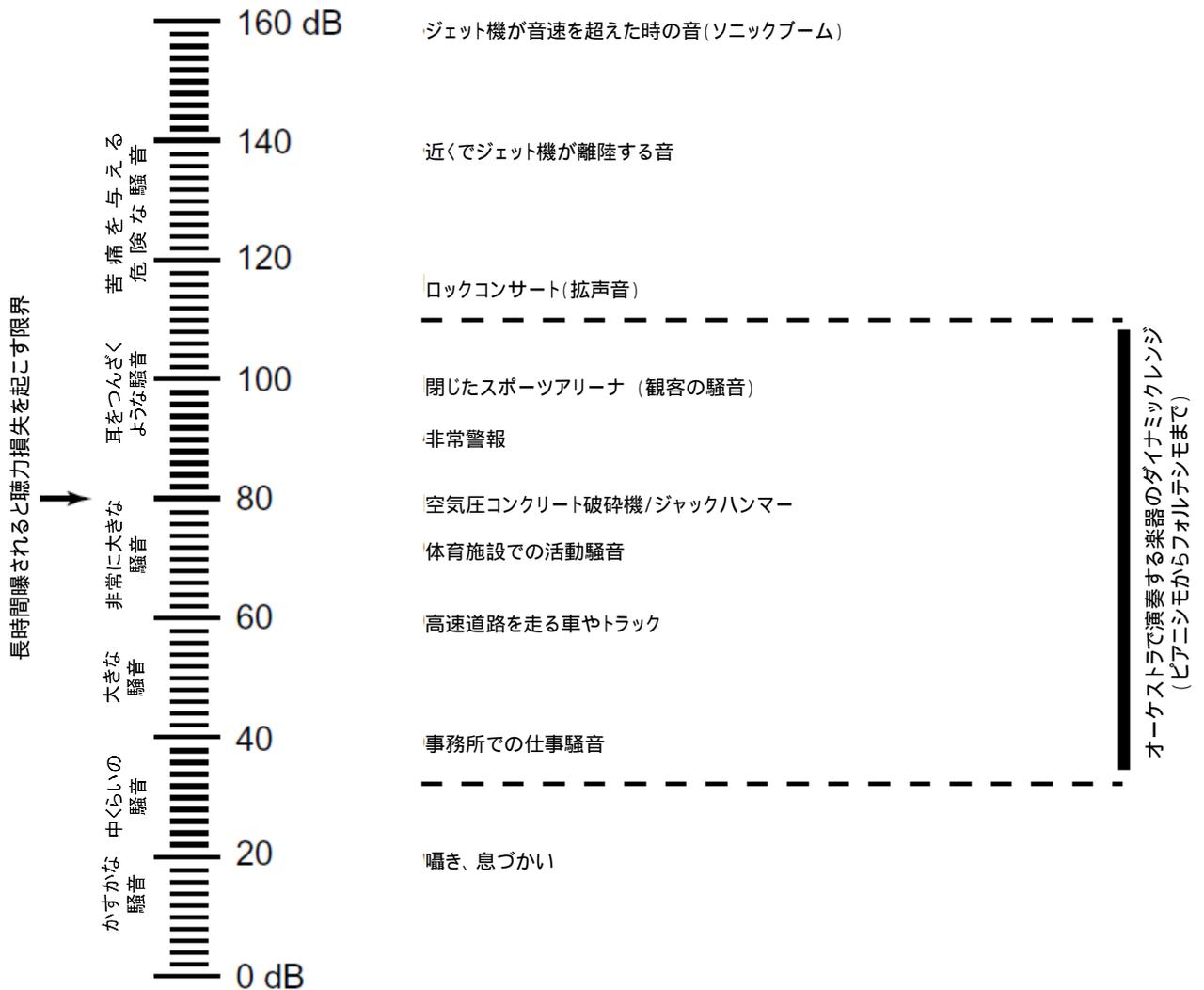
▶ 音の大きさ

概 論；

デシベル (dB) で表される音圧レベルは音の大きさの尺度です。音楽演奏のためのホールでは、音の大きい楽節でも心地よく聞こえ、弱い楽節でもきちんと聞こえなければなりません。音の大きさは部屋の高さとの比 (H/W) や客席の吸音や収容人数、そして室容積に影響されます。

要 点；

音楽のアンサンブルは特に音が大きく、しばしば100dB以上になります。持続してこの高い音圧レベルにさらされるのは不快であり、一時的な難聴や永久的な聴力損失を引き起こします。音楽を教えたり演奏したりした翌日に耳鳴りがしたら、それはあなたの耳が損傷しているサインです。もし耳鳴りが毎日続いたら、あなたはうるさすぎる環境にいるのかもしれない。

聴覚の健康についての注意

私たちは実にしばしば音が大きすぎるリハーサル室を何とかして欲しいと助けを求められます。音が大きな部屋で懸念されることのトップに上げられるのは教育者や学生の聴力への影響です。OSHA (安全衛生センター) の基準によると、耳を保護するものなしで仕事をする場所での騒音の最大許容値は90dBとなっています。独自に行われた調査⁷⁾によると、バンドリハーサル室における騒音レベルはしばしば71-122dBも限界を超えていることが報告されています。調査は音楽教育者への影響を調べるために続けられました。そして仕事に就いている年数と騒音が引き起こす聴力損失に相関関係があることが分かったのです。はっきり警告します。バンド練習室はそこで仕事をするのが危険なくらいうるさい場所になりうるので、音の大きすぎる部屋について議論するために測定を行うべきです。

* Robert A. Cutietta アリゾナ大学、音楽教育コーディネーター、Journal of Research in Music Education 1994. Volume 42, Number 4, Pages 318-330から引用

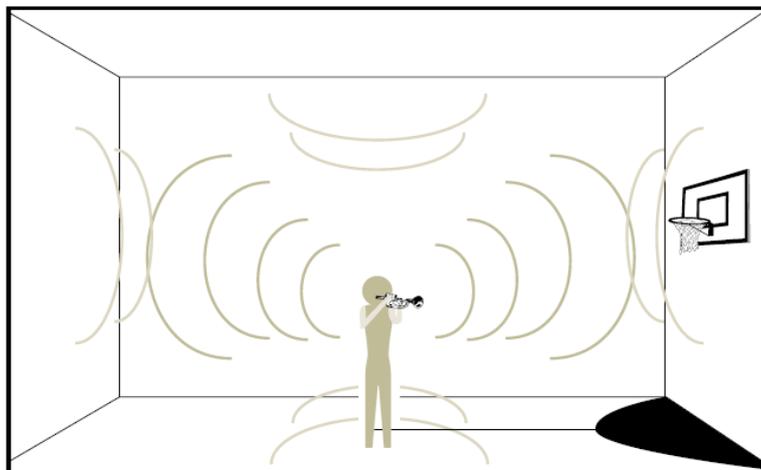
▶ 残響

概論;

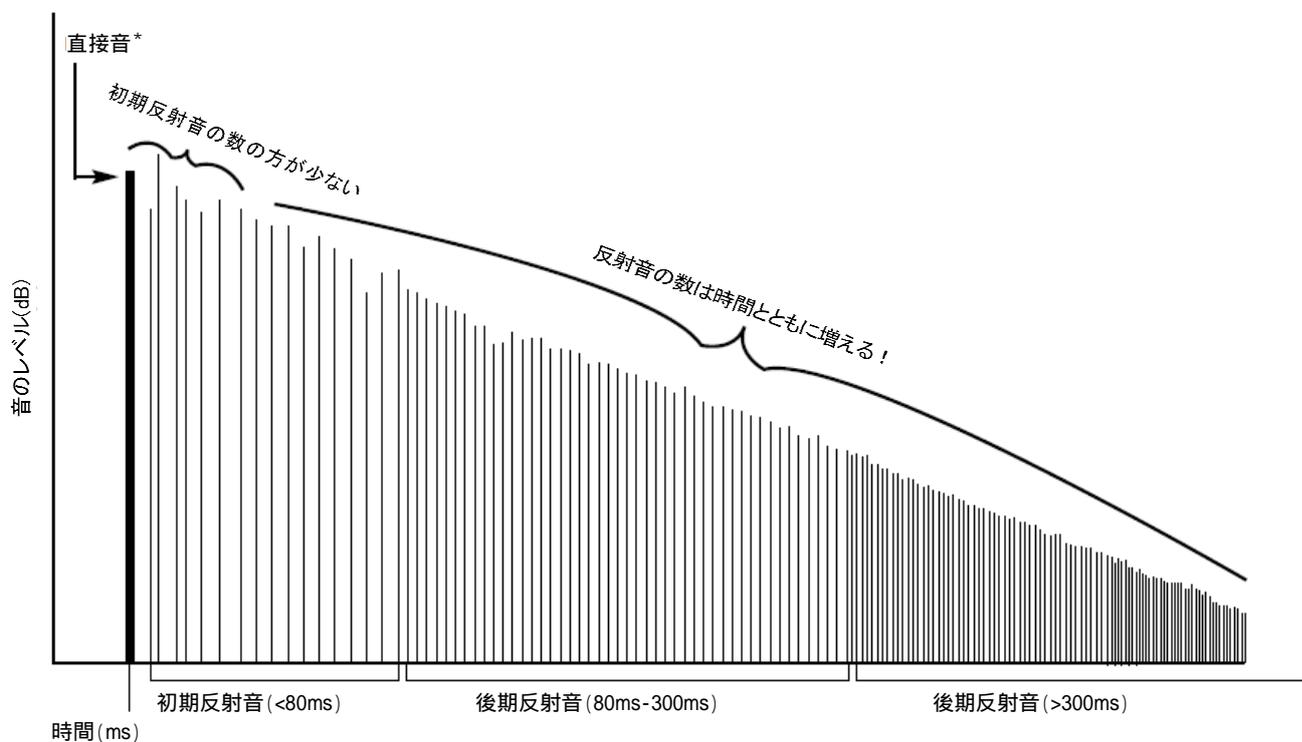
残響は閉空間における音の残留です。残響は音楽の特性と質に影響を与えます。残響は音が出た時から聞こえなくなる時点までの秒数で測定されます。残響は内装の表面材料、部屋の大きさ、人や椅子やその他の家具の吸音力に影響されます。例えば、カフェテリアと体育施設はしばしば残響過多になりますが、それは硬い表面が音を増大させ、エネルギーを失う前に何回も反射させるからです。

要点;

過度の残響があるとアンサンブルのフレーズや細かい部分を正確に聞くことが出来なくなります。歯切れやタイミングがぼんやりして音色の透明さが失われてしまいます。



硬くて音を反射する表面と大きな容積は過剰な残響を作り出します。



ホールにおける音の減衰。残響は音が 60dB 減衰するのにかかる時間です。

* 大きなホールでは一つの反射音が直接音の後 25ms から 40ms 遅れて聞き手に到達します。

▶ 音の鮮やかさ

概 論；

音の鮮やかさとは音楽のより高音域(>2000Hz)が知覚されることを表しています。音が鮮やかな部屋では、これらの周波数のバランスが取れており、低い音域に圧倒されてはいません。ホールにおいて音の鮮やかさを実現するには、内装材料を重たくがっしりしたものにすることが重要です。

要 点；

音が鮮やかな環境では音楽家がアタックや音の鳴り終わりを明確に聞くことができるようになり、アンサンブル全体として複雑なリズムの楽節を正確に演奏できるようになります。高音域をしっかり維持している"音の鮮やかな"環境はまた、楽器や声の音色を豊かに聞こえるようにします。音の鮮やかさを保つには、音響的な処理が同時に音の大きさを補強することにもなるのですが、効果のある音響材料を部屋全体に的確に配置しておく必要があります。

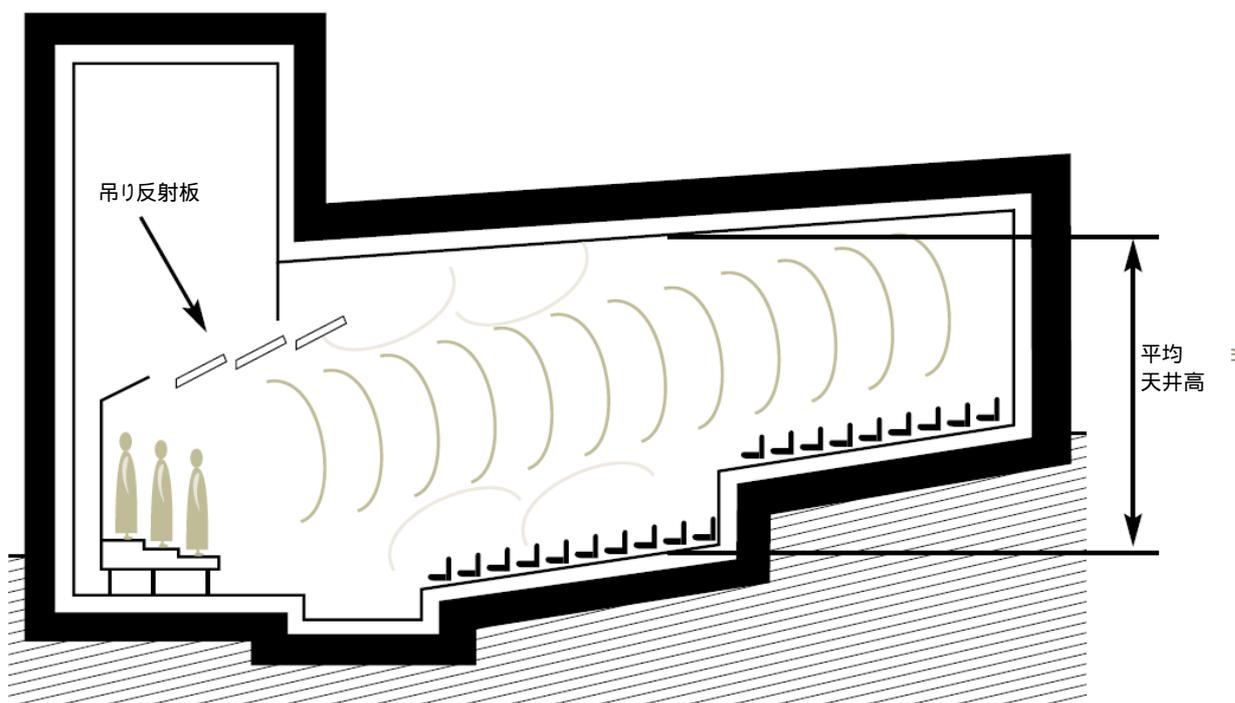
▶ 音の温もり

概 論；

大きなホールにおいて、音の温もりとは中域に比較した低音の周波数域(<250Hz)の音の大きさを表しています。研究者は音の温もりを測定するのに、長い間低音比(BR=bass ratio)というパラメーターを使ってきました。このBRは低域における残響時間を中域における残響時間で割り算したものです。BRは1.0以上でなければなりません。コンサートホール研究グループ(CHRG=concert Hall Research Group)による近年の研究は天井高がホールにおける低域の強さの決定的な要素であることを指摘しています。

要 点；

波長の長い音を反射し拡散するには十分重くて堅固さのある広い面が必要です。例えばステージ上の大きな舞台反射板(Shell)は音の温もりの感覚を高めます。一般的に天井が音を拡散する形状のホールは低音が弱い傾向がありますが、ステージを覆う反射板のあるホールではしっかりした低音が得られます。



堅固で重い建築と吊り反射板は低域の音を反射し音の温もりを作り出します。

その他の音響用語

能動的な音響処置; (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)によって決まるのです。

エコー; (Echoes)

エコーは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。

受動的な音響処置; (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。例えばプロセミアム舞台に反射板(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INIC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)

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

その他のWenger「教育と実践ガイド」

音楽リハーサルと練習空間のための音の問題と解決策

Acoustical Problems & Solutions For Music Rehearsal and Practice Areas

音楽演奏空間の計画立案ガイド V2.0

- ホール、オケピット、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®

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>