



ビデオ会議室の 音響ガイドライン

D14377.01—2010年9月

ビデオ会議室の音響

- 音質に不満がありますか。
- ビデオ会議を長時間行くと疲労を感じますか。
- 他の人の発言が聞き取りにくいですか。
- 会議室内の雑音がうるさくないですか。
- 部屋の後ろにいる人が聞こえにくいと言っていないですか。

でも心配は入りません。こうした問題はそれぞれ音響の問題の一側面にすぎません。解決策はあります。

音響コンサルタントなどの専門家に依頼するという解決策もありますが、ご自身で解決することもできます。最終的にどうしても専門家のアドバイスを求めることになった場合でも、ご自身で解決しようとしたことで時間とコストを節約できます。

I. 音響不良の症状の確認

当然ながらまず音響不良の症状を診断します。会議室で手を叩いて、反響音を聞いてみてください。

誰もいない地下室や、ガレージ、または浴室にいるような、無機質な音がしますか。それとも、寝室やウォークインクローゼットの中にいるような、穏やかな音がするでしょうか。無機質な音ならよくありません。穏やかな音のほうが、心地よく、人をくつろいだ気持ちにさせるので、音声 / ビデオ会議に向いています。

その違いがよくわからない場合は、今晚浴室と寝室で手を叩いてみて、反響音を聞いてみてください（ただし、できればお一人のときか、家族の就寝前に行ってください）。

次のステップは会議室の確認です。磨かれた床や、コンクリートまたはしっくい壁など、平らな固い面や、カーテンのない窓がたくさんありますか。このような会議室は一般に音響が無機質で、自然なコミュニケーションを行う気持ちを萎えさせます。

音響の専門家でもなければ、音響のあまりよくない会議室を自力で最良な状態にまで向上させるのは難しいとしても、誰でも音響状態をかなりよい状態にまで持っていける方法があります。

その秘策とは、表面が柔らかく音響透過性のよい物を導入することです。理由は単純で、それらが音を吸収するからです。そのような表面を持った物の例としては、カーペットや、布張りをしたソファや椅子、枕、カーテン（重量があるほどよい）が挙げられます。

物や素材が必要な音響特性を持っているかどうかを見分けるのは高度な技量と思われるかもしれませんが、その種明かしをさせてください。ここで説明する作業を行うために、高機能で高価な機器を購入する必要はありません。ただ対象物に軽く息を吹き込んでみるだけです。周囲の人にはやや奇妙な振る舞いと受け取られるでしょうが、その意味を説明することはできます。

物の音響吸収特性を最も簡単に検査する方法は、その表面に口をつけて息を吹き込んでみることです。抵抗感が枕で試したときと同じようなら、その表面は音響を吸収しやすいと言えます。実にシンプルです。

会議室でこうした効果を実現するには、吸収率の高い素材で表面を覆います。いくつかある解決策の 1 つは、音響調整パネルを使用することです。

専用の音響調整パネルが市販されています。その 1 つに、天井や壁に取り付けるよう設計されたミネラル ウール サンドイッチ パネルがあります。このパネルは、お好みのプリントを施すこともできるので、種類はほぼ無限です。

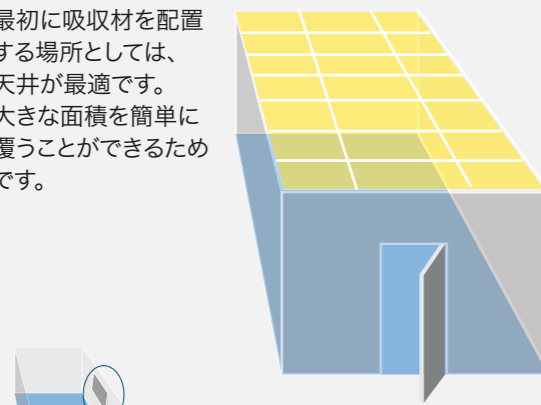
推奨製品の一覧を入手する方法については、シスコの担当者にお問い合わせください。

解決策

- 一般的には、音声を吸収する素材を会議室に設置します。できれば、固い面を音声吸収率の高い素材で覆い、音声を吸収しやすくします。
- 最初に吸収材を配置する場所としては、天井が最適です。大きな面積を簡単に覆えるからです。
- 2つの向かい合う平行な壁は、吸収材のないままにしないでください。天井に加えて、隣接する2つ以上の壁に吸収材を配置する必要があります。
- 天井だけでなく、すべての壁に吸収材を設置すれば、最適な結果が得られます。
- ホワイトボードやスマートボード、または壁に取り付ける額縁入りの大きな絵など、大きな物を配置するのは、その物の面が壁と平行でなければ、効果的です。これは、スペーサを使用すれば簡単に配置できます。下の図を参照してください。

吸収材の適用

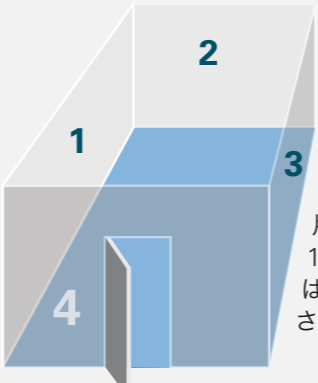
最初に吸収材を配置する場所としては、天井が最適です。大きな面積を簡単に覆うことができるためです。



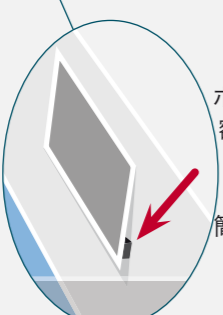
すべての壁に吸収材を設置できない場合は、以下の隣接する壁に設置します。

- 壁1と2
- 壁2と3
- 壁3と4
- 壁4と1

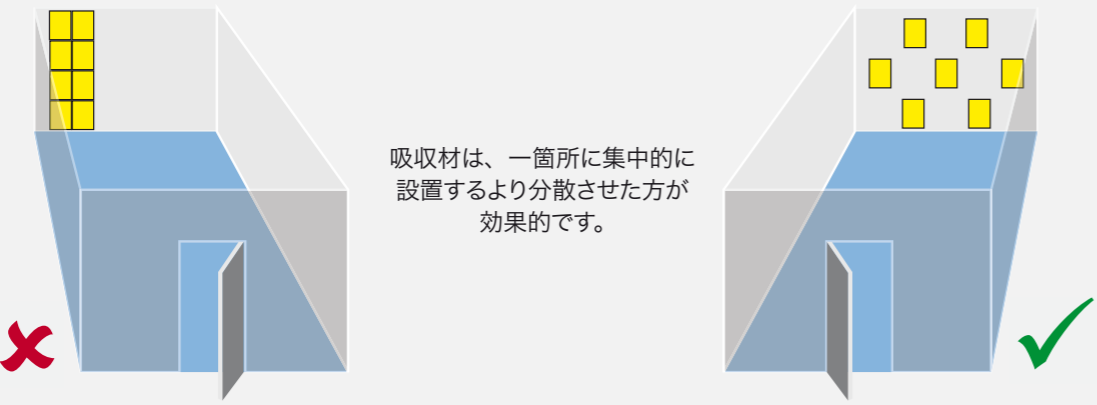
3 吸収材は、向かう合う壁の片方だけ、つまり1と3や2と4には設置しないでください。



ホワイトボードやスマートボード、または額縁入りの大きな絵など、大きな面を取り付けるのは、その面が壁と平行でなければ、効果的です。これは、スペーサを使用すれば簡単に配置できます。



吸収材は、一箇所に集中的に設置するより分散させた方が効果的です。



II. 参考資料：ビデオ会議にとって会議室の音響処理が重要な理由

重要なのは、知覚される音質です。

知覚される音質がよいことが、自然なコミュニケーションや音声の理解しやすさの必須条件です。音質が悪いと、コミュニケーションの質が損なわれます。

人の発言には通常高い冗長度があります。つまり、音質が最適でない場合でも、聞き漏らした情報の意味を理解できます。

ただ、常にそうできるとは限りません。音質がよくないために意味を理解できない場合もあります。ジミー・ヘンドリックスが実際には「Excuse me while I kiss the sky」と歌っているのに、「Excuse me while I kiss this guy」と歌っているように聞こえるというのは、よく知られている一例です。音質がよくないと、会議で誤解や誤った意思決定が行われるおそれがあります。

音声理解しにくいと、どうしても自然なコミュニケーションができず、会議の重要な局面への集中が削がれて、疲労しやすくなります。

このような事態は、出席者が母国語でない言語を使って低いヒアリング能力で聞き取る会議では、さらに顕著になります。

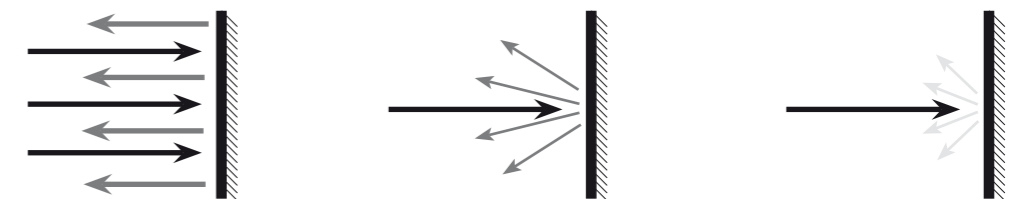
音質の悪さは、最適化されていない会議室の音響環境に主に起因します。特に、音声が壁や天井、床で反響しすぎる場合です。このような環境では、室内の残響が過多であると知覚されます。音声の受け手は、音源から直接来る音声だけでなく、残響も取り込みます。音源は発言者かスピーカーであり、音声の受け手は発言者以外の出席者やマイクです。

残響の特性はその長さや拡散にあります。長さは、面で反射される音声の量で決まります。残響を構成する反射は、鏡面反射、拡散反射、またはその中間の混合反射のいずれかであり、これによって拡散レベルも決まります。音波の鏡面反射は光線が鏡に反射するのに似ていますが、拡散反射はつや消しの窓やぼやけた鏡からの反射に似ています。鏡面反射が固い平面で発生するのに対し、拡散反射はゴツゴツした物体で発生します。



上図：壁から反射する音声は、光の反射と非常に似ています。左に示す鏡面反射は、通常の鏡で見られる反射に似ていますが、中央に示す拡散反射はぼやけた鏡の場合に似ています。吸収材があると拡散反射は、右に示す、ぼやけた「不鮮明な」反射になります。

鏡面反射と向かい合う平行な壁のある会議室では、音声が平行な壁の間で反射し、非常に望ましくない影響が出ます。



上図：吸収材がほぼまたはまったくない鏡面反射（左）、吸収材がほぼまたはまったくない拡散反射（中央）、吸収材がある拡散反射（右）。

直接音声が届いてから通常 80 ～ 120ms 後など、残響の初期段階では、鏡面反射の方が拡散反射より耳障りです。鏡面反射によって、エコー（会議室が大きい場合、通常の大きさの会議室の場合は問題ありません）、多重反響、くし型フィルタリングが発生する可能性があります。

多重反響は、2 つの平行な面の間で音声が入射することで発生し、荒い残響のように聞こえます。

くし型フィルタリングは、直接音声の遅延コピーが直接音声と干渉することで発生します。効果としては、信号が一部の周波数では減衰し、一部の周波数では増幅します。これは音質と音声の理解しやすさに多大な影響を及ぼします。

拡散反射では、はっきりと識別できる初期反射は小さくなるため、多重反響効果やくし型フィルタリング効果が低減します。初期の拡散反射は、知覚では直接音声と融合して音声を理解しやすくするため、プラスの影響を持ちます。

音声が入射後 80 ～ 120ms 間反射すると、残響は、反射が無秩序に混合したものになります。これは、音響専門家の間では「残響の後期拡散部分」と呼ばれています。

この無秩序状態のため、反射が拡散反射と鏡面反射のいずれであるかは重要ではなくなります。音声は不明瞭になるのは、この残響が一因です。この後期の部分は、クレヨン画の上で指を擦った場合と同じ効果を音声にもたらします。クレヨン画の場合、押す強さと長さが大きいほど、クレヨン画はぼけてきます。音声の場合は、音素同士が互いにかぶさりやすくなります。音ぼけは、残響時間（RT）によって数値化される、壁に反射した音声の量で計算されます。RT は、発言し終えてから、残響の音声レベルが聴覚しきい値を下回るまでの時間として定義されています。

壁の近くに座ると、音声品質が向上します。壁からの反射により、発言者の声が大きく聞こえるようになります。

知覚される音質が低下する原因は、残響、多重反響、くし型フィルタリング効果に関する音響状態だけではなくありません。ノイズ源が存在すると、バックグラウンド ノイズが高くなり、そのために音声は覆われて、コミュニケーションが妨げられます。防音を施していないために会議室で聞こえる車の騒音は、意外にコミュニケーションの妨げになります。HVAC（暖房やエアコン）装置のノイズも自然なコミュニケーションを困難にする場合があります。

音響状態が悪いと、存在しているノイズの効果が増幅されます。この理由は、ノイズも音声と同じ残響や多重反響、くし型フィルタリング効果の影響を受けるためです。

話しやすさ

以上の説明により、「残響時間が短いほどよい」という結論を出したくなるかもしれませんが、しかし、コミュニケーションは聞くことだけを目的としているのではなく、話すことも含まれます。会議室が話しやすい場所であるためには、多少の残響も必要です。つまり、残響はすべて悪いわけではないのです。ここでも初期の拡散反射は好ましい影響を持ちます。初期拡散反射があると話しやすくなるためです。

バックグラウンド ノイズの副作用として、バックグラウンド ノイズが大きすぎると、ほとんどの出席者が大きな声で話すようになることがあります。研究者はこの原因を、発言者が自分の声がよく聞こえないとうすうす感じているために、他の出席者ともよくコミュニケーションできないと感じるためであると考えています。

この場合、残響はノイズと見なされます。このため、発言者に聞こえる残響の量が前述の効果を持つ可能性もあります。この残響は、存在しているノイズ源だけでなく、発言者の音声にも由来します。

したがって、残響の量はトレードオフです。残響の量は、声を張り上げずに済むように少なくする必要がある一方、発言しやすくするためにいくらかの拡散も同時に必要になります。

声を張り上げるようになることは、ロンバード効果として知られています。音声の音程とレベルを上げると、音声ストレスと疲労が増します。音声レベルは 55 dB (A) SPL、バックグラウンド ノイズのレベルは 45 dB (A) 以上と想定されています。

問題解決

残響の破壊的影響を低減するには、音源から直接受け取る音声のレベルを残響よりも大きくすることです。

これは次の 2 つの方法で実現できます。

- 音源と音声の受け手の距離を狭める。
- 反射音を減衰させる。

反射音と受け手の距離を狭めるということは、会議設定に制限を加えるということです。

マイク：マイクを参加者の衣服に付けずに、近くに置いておくだけの場合、任意の席に座ることができなくなります。これは、大勢の発言者が参加する場合には非常に不適切です。

スピーカー：スピーカーと聞き手の距離を近づけたくなるかもしれませんが、しかし、この場合も、出席者が任意の席に座ることができなくなります。

会議室：会議室での会議の状況によっては、コミュニケーションできるよう互いの発言が聞こえる位置に座る必要があるため、出席者が座る位置にさらに制限が加わります。

これら 3 つの制限は、会議室の音響処理が唯一現実的な解決策であることを示しています。

音響処理によって、反射音が減衰し、反射音と受け手の間の有効距離が大きくなります。これにより、広い着席面積にわたって音質が向上し、ビデオ会議の出席者が座れる席の自由度が増します。また、音響処理によって採音、再現される音声の音質が向上するため、お客様が高度なビデオ会議機器への投資から価値を得ることができます。

音声は、摩擦によって音波を熱に変換する吸収材によって減衰します。進行する音波は、吸収材内部の空気を前後左右に動かすことで、空気と吸収材の間に摩擦を起こします。壁や天井、床の近くでは、面が固いため、空気の動きはごくわずかです。

「近く」の定義は、波長（通常は波長のわずか 4 分の 1）によって決まります。吸収材を設置する場所が面から遠いほど、低い周波数の音声が入射されます。このため、シスコでは通常、音声の周波数範囲の吸収をよくする約 10 ～ 20cm (4 ～8 インチ) の設置距離を推奨しています。これは、カーテンを使用すれば実現できます。

会議室内の表面が固い場合は、平行な壁の間の鏡面反射が発生します。これによって、際立ったくし型フィルタリング効果や多重反響効果、また、話しづらさが生じます。このような非常に望ましくない効果を低減するには、向かい合う平行な壁の組み合わせごとに少なくとも片方の壁を音響処理することです。会議室にゴツゴツした物を配置すれば、さらに低減され、拡散レベルが高くなります。拡散反射を行う別の方法として、固い平面を「吸収材の島の集まり」に変えてしまう方法があります。この詳細については、『*C.L.S.Gilford. The acoustic design of talk studios and listening rooms. J.Audio.Eng.Soc. 27. 17–31. (1979)*』をご覧ください。これは通常、小さな会議室向けの解決策の 1 つと考えられています。4 ページの図をご覧ください。

吸収材を増やすことで、バックグラウンド ノイズのレベルも低減します。これとは別に、防音設備を増やすことと、騒がしくない空調製品を選択することも検討してください。

最良の結果を得るため、シスコでは、会議室が EBU Tech. 3276 (<http://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3276.pdf>) の勧告を満たすよう推奨しています。

これを満たすには、音響コンサルタントを利用することが実際には必要になります。

