

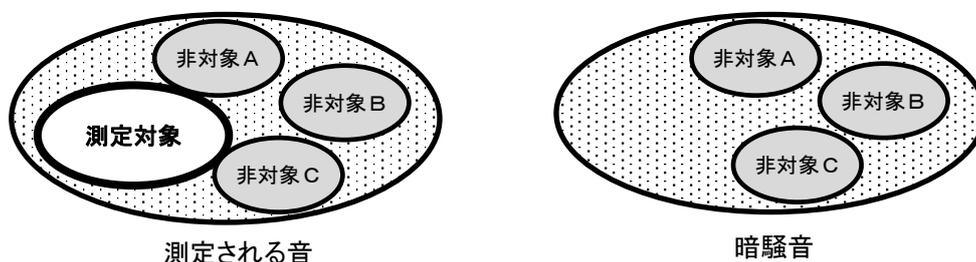
用語	暗騒音（あんそうおん）	作成：2019.11.14
		改訂：2024.02.25
説明	対象としている音以外の音。例えば、設備機器の発生音を測定対象としているときの外部交通騒音の外壁からの透過音など。JIS Z8731:2019 では背景騒音として定義されているが、建設業界では単に暗騒音と呼ばれることが多い。	

暗騒音とは

「暗騒音」とは、ある特定の発生源からの音に着目した時に、それ以外で同時に発生している全ての音のことである。

例えば、屋外で工事騒音を測定する場合には、街の雑踏の音や自動車騒音、カラスの鳴き声、隣のビルの空調機械騒音など、測定対象である工事騒音以外の音が暗騒音となる。

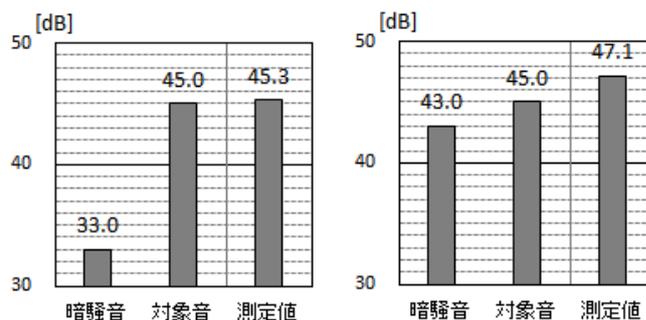
同様に、室内で設備機器の発生音を測定する場合には、外部の自動車騒音が外壁を透過してきた音、建物のほかの部屋で発生して伝搬してきた音、室内にいる人間やほかの機器が発する音など、測定対象である設備機器騒音以外の音が暗騒音である。



暗騒音の影響

上記のように特定の音を測定する場合には、実際は同時に発生している暗騒音が含まれた音のみが測定可能である。

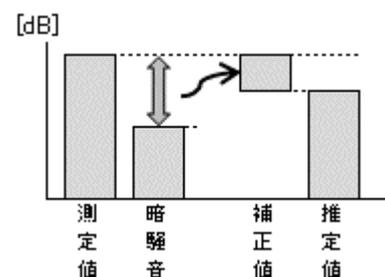
暗騒音を含んだ測定値は、測定対象のみの音より必ず大きくなる。暗騒音が十分小さい場合はその差は無視できるほど小さいが、暗騒音がある程度の大きさの場合には測定値を補正した推定値が用いられる。



暗騒音を考慮した測定

暗騒音は、測定対象の音がない場合に測定される騒音であり、測定対象の音だけを止めることができる場合、暗騒音の大きさを測定することができる。

ある特定の音を対象とする測定では、測定対象音と暗騒音が合成された音を測定し、さらに、測定対象の音を止めて暗騒音を測定する。この2つの値の差から求められる補正值を用いて、測定対象音の大きさの推定値を算出することができる。しかし、暗騒音が測定対象の音に比べて一定以上の大きさであると、推定の精度が確保できず、JIS等の基準によっては補正が認められない場合もある。暗騒音は測定の品質確保に影響が大きいといえる。



【暗騒音補正方法の参考文献】JIS Z8731（1999）、JIS A1417（2000）など

用語	浮き遮音構造、浮き遮音層、浮き床 (うきしゃおんこうぞう、うきしゃおんそう、うきゆか)	作成：2019.11.14
		改訂：2024.02.15
説明	主として音楽ホールや録音スタジオなど、高い遮音性能が要求される場合に採用される遮音構造で、音や振動を減衰させる効果をもつ。防振材と、これで支持される質量の大きい面材（浮き遮音層）で構成される。浮き床、浮き壁、防振天井などがこれにあたる。	

高い遮音性能を確保するため、面密度の大きい遮音層を防振材によって構造的に独立して弾性支持した遮音構造を浮き遮音構造と呼び、弾性支持された遮音層を浮き遮音層と呼ぶ。

浮き遮音構造は、空気伝搬音の遮音に加え、固体伝搬音に対しては振動絶縁を目的として使用される。高い静ひつ性が要求されるスタジオ、音響実験室などの他、鉄道軌道などの騒音源や振動源が近接する建物、音楽ホールや音楽練習室などの大音量を伴う用途の部屋で使用される。

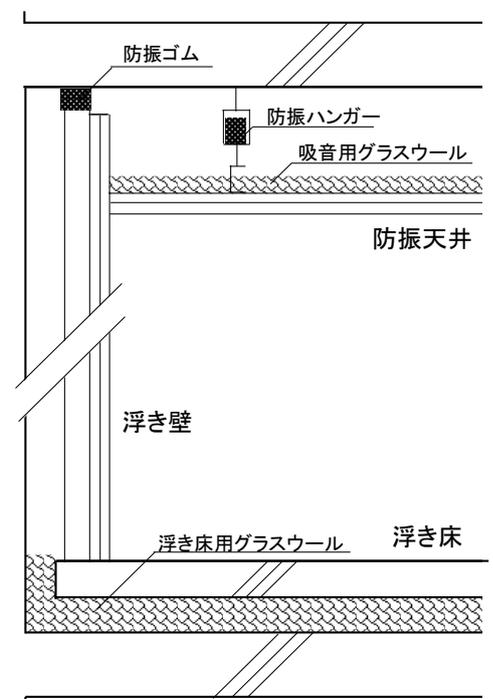
浮き遮音構造には、浮き床、浮き壁、防振天井があり、要求性能や音・振動の伝搬経路によって採用する部位と構造が決定される。

浮き遮音構造の防振材としては、グラスウールやロックウール、発泡樹脂、防振ゴム、防振スプリングなどが使用され、遮音層となる面材としては、せっこうボード、押出成形セメント板、PC板などの乾式材料の他、現場打コンクリートも使用される。

1つの建物内に複数の音楽ホールやスタジオが配置される場合、それぞれの室間で高い遮音性能を実現するため、ボックスインボックスが用いられることがある。これは、コンクリートスラブなどの固定遮音層の内側に、全ての面を浮き遮音構造とした空間を設けるものである。

浮き遮音構造で所定の遮音性能や振動絶縁を実現するには、材料を適切に選定する必要がある。対象とする周波数に対し、防振材の弾性係数と、遮音層となる面材と積載物の質量で決まる固有振動数が十分低くなるように設計する。

施工では、振動絶縁すべき箇所が確実に振動絶縁できているかなど、細心の施工管理が必要である。例えば、ほんの少しの施工ミスで振動絶縁に不良がおきると、遮音性能が著しく低下する危険性がある。



浮き遮音構造の概念図

用語	オクターブバンド（おくとーぶばんど）	作成：2019.11.14
		改訂：
説明	オクターブバンドとは、下限周波数(f_1)と上限周波数(f_2)の比が $2(=f_2/f_1)$ となるように分割した周波数帯域である。その中心周波数の値で呼称され、建築音響では、63 Hz 帯域、125 Hz 帯域、250 Hz 帯域、500 Hz 帯域、1 kHz 帯域、2 kHz 帯域、4 kHz 帯域が主に用いられる。	

騒音は様々な周波数の音を含むが、オクターブバンドごとに分割し、測定あるいは算定される値が用いられることが多い。各種の遮音性能に関する基準の多くも、オクターブバンドごとの値を用いて評価される。「500 Hz 帯域」と「500 Hz」は厳密には異なる意味となるが、時にオクターブバンドを自明として「帯域」を省略し、会話や記述に用いられることがあるので注意が必要である。

表 1 に 63 Hz～4 kHz 帯域の中心周波数と、対応する周波数帯域を示す。

また、オクターブバンドを更に細かく分割した 1/3 オクターブバンドも用いられる。その中心周波数と概略の周波数帯域を表 2 に示す。

表 1 オクターブバンド中心周波数と周波数帯域

	オクターブバンド中心周波数(Hz)						
	63	125	250	500	1k	2k	4k
下限周波数	45	90	177	354	708	1414	2828
	～	～	～	～	～	～	～
上限周波数	90	177	354	708	1414	2828	5657

表 2 1/3 オクターブバンド中心周波数と周波数帯域

	1/3オクターブバンド中心周波数(Hz)											
	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
下限周波数	45	56	71	90	112	140	177	224	281	354	447	561
	～	～	～	～	～	～	～	～	～	～	～	～
上限周波数	56	71	90	112	140	177	224	281	354	447	561	708

	1/3オクターブバンド中心周波数(Hz)								
	800	1k	1.25k	1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k	5k
下限周波数	708	894	1118	1414	1790	2236	2828	3550	4490
	～	～	～	～	～	～	～	～	～
上限周波数	894	1118	1414	1790	2236	2828	3550	4490	5657

用語	音圧レベル（おんあつれべる）	作成：2019.11.14
		改訂：
説明	<p>音源によって観測点で生じる空気の圧力変動の強さをレベル表示した量。単位は dB(デシベル)。</p> <p>音圧の 2 乗と基準音圧の 2 乗との比の常用対数によって表現した量。単位は dB(デシベル)。音圧の 2 乗の値が倍/半分になれば、音圧レベルは 3 dB 変化し、10 倍になれば 10 dB 変化する。</p>	

音圧の 2 乗を、基準音圧の 2 乗で除した値の常用対数の 10 倍で与えられる。基準音圧(20×10^{-6} Pa)は、1000 Hz の最小可聴音圧である。

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{p^2}{p_0^2}$$

ここに L_p :音圧レベル(dB)
 p :音圧実効値(Pa)
 p_0 :基準音圧(20×10^{-6} Pa)

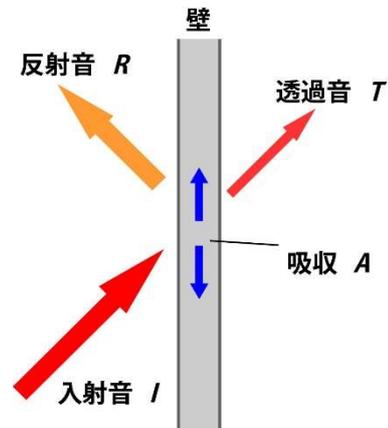
音圧が基準音圧と同じ場合は、音圧レベルは 0 dB となる。音圧が基準音圧より小さい場合(1000 Hz の最小可聴音圧より小さい場合)、音圧レベルは負の値となる。

騒音計などでは、この音圧レベルが表示される。実務において、音圧から音圧レベルを算定することはないが、音圧レベルが常用対数を用いて表現されていることの理解は必要である。

音圧の 2 乗の値が倍になれば 3 dB($10 \log_{10} 2 =$ 約 3 dB)、4 倍になれば 6 dB、10 倍になれば 10 dB、100 倍になれば 20 dB、1000 倍になれば 30 dB、音圧レベルは大きくなる。

用語	音響透過損失（おんきょうとうかそんしつ）	作成：2019.11.14
		改訂：
説明	建築材料の遮音性能を表す数値。入射音に対する透過音のエネルギーの低減量を表す。音響透過損失は純粹に材料そのものが有する遮音性能（部材性能）であり、側路伝搬や現場での施工精度が含まれる遮音性能（空間性能）である室間音圧レベル差と混同しないよう注意が必要。	

壁等の建築部材の遮音性能は、右図のように、入射音エネルギー I と透過音エネルギー T の比で表される透過率 τ によって表現される。



$$\text{透過率 } \tau = T/I$$

この透過率の逆数をレベル表示（常用対数を取り 10 倍）した数値が音響透過損失である。単位は dB。

$$\text{音響透過損失 } R = 10 \log_{10} 1/\tau \quad (\text{dB})$$

音響透過損失は、材料へどのように音が入射するかによって異なる値を示す。特に断りなく提示される音響透過損失の値は、その材料へあらゆる方向から均一にエネルギーが入射する拡散音場入射の場合（擬似的に残響室で実現）の値であることが多い。

音響透過損失は、均質単板材料の場合その質量で基本的に決定され、板の屈曲振動に起因するコインシデンス効果により、特定の周波数付近で値が低下する特性を示す。前者は質量則と呼ばれ、単位面積当たりの材料の質量（面密度）が大きいほど、また周波数が高くなるほど音響透過損失は大きくなる性質がある。また、空気層を挟んだ多層構造の場合は、両側の板状材と挟まれた空気層の構成による共鳴透過により値が変化する。（詳細は、[側路伝搬、共鳴透過、コインシデンス効果]の項参照）

単板材料の音響透過損失の例

	オクターブバンド中心周波数 (Hz)					
	125	250	500	1k	2k	4k
コンクリート t=150mm	35	40	49	55	60	65
軽量気泡コンクリート(ALC) t=150mm	33	33	30	42	50	55
単板ガラス t=6mm	17	23	28	29	25	36

(単位: dB)

*出典：前川他, 建築・環境音響学第3版, 共立出版, 2011

用語	音響パワーレベル（おんきょうぱわーれべる）	作成：2019.11.14
		改訂：
説明	音源からの出力をレベル表示した量。単位は dB(デシベル)。 音源を取り囲む面上の音圧レベル等から算定される単位時間当たりのエネルギーに関する量であり、音圧レベルとは異なる。	

音響パワーとは、音源から放射される単位時間当たりの音響エネルギーに関する量であり、音響パワーレベルは、音源の音響パワー(単位 W、ワット)を、基準音響パワーで除した値の常用対数の 10 倍で与えられる。

$$L_W = 10 \log_{10} \frac{P}{P_0}$$

ここに L_W : 音響パワーレベル(dB)
 P : 音響パワー(W)
 P_0 : 基準音響パワー(1×10^{-12} W)

音響パワーレベルは、無響室あるいは残響室と呼ばれる実験室において測定される音圧レベル等から算定される。音響パワーレベルと音圧レベルの単位は同じく dB であるが、対象としている物理量は異なることに留意する。

音響パワーレベル L_W (dB) を有する無指向性の音源と、 r (m) 離れた点(受音点)における音圧レベル L_p との関係は、反射音のない空間(自由空間)において、式 1 で与えられる。 $4\pi r^2$ は、音源を中心とした半径 r の球の表面積である(図 1)。距離が離れて表面積が大きくなり、単位面積当たりの音のエネルギーが小さくなるに伴い、音圧レベルは小さくなる。式 1 は、音源からの距離が大きくなるに従い音圧レベルが小さくなることを表すことから、距離減衰の式と呼ばれる。

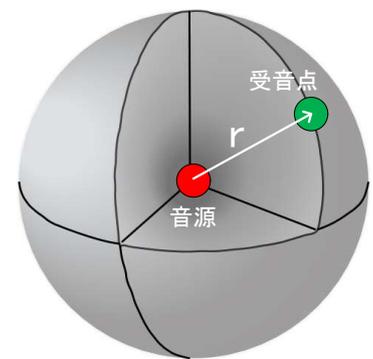


図 1 音の放射の概念図

$$\begin{aligned}
 L_p &= L_W + 10 \log_{10} \frac{1}{4\pi r^2} \\
 &= L_W - 10 \log_{10} 4\pi r^2 \\
 &= L_W - 10 \log_{10} r^2 - 10 \log_{10} 4\pi \\
 &\approx L_W - 20 \log_{10} r - 11
 \end{aligned}
 \tag{式 1}$$

用語	回折減衰（かいせつげんすい）	作成：2019.11.14
		改訂：
説明	音源と受信点の間に塀などがあると、音は一部遮られながら塀の背後に廻り込んでいくので、塀が無い場合に比べ受信点の音は小さくなる。このような減衰の効果を回折減衰という。	

音は空気中のあらゆる方向に広がることから、障害物の背後にも廻り込んで伝搬する性質があり、これを回折現象という（図1）。

音源と受信点の伝搬経路の間に障害物があると、この回折現象により音は一部伝わるが、障害物がなく直接伝搬する場合に比べると小さくなる。この効果を回折減衰と呼ぶ。回折減衰は音源・障害物・受信点の位置関係により変化し、音源を見通せない状況では、音源と受信点を結ぶ直線距離と、障害物を廻り込む迂回距離の差（行路差）が大きいほど減衰量も大きくなる。また、減衰量は周波数によっても異なり、低い音は波長が長いので廻り込みやすいことから減衰量が小さい。

防音壁を介した伝搬音を求める場合、防音壁を透過してくる音が十分小さい条件であれば、音源近傍の音圧レベルから、防音壁を考慮しない直線距離での距離減衰量を減じ、さらに計算図等から求めた回折減衰量を差し引くことで、受信点の音圧レベルを計算できる。図2の条件において、防音壁を介した伝搬音を計算した例を図3に示す。

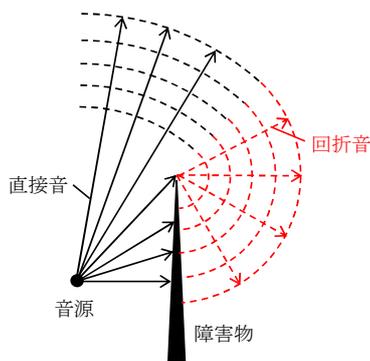


図1 音の回折現象

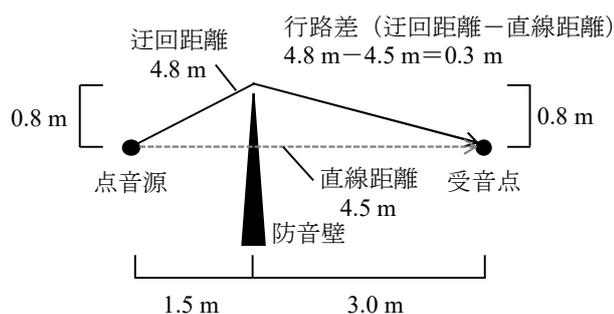
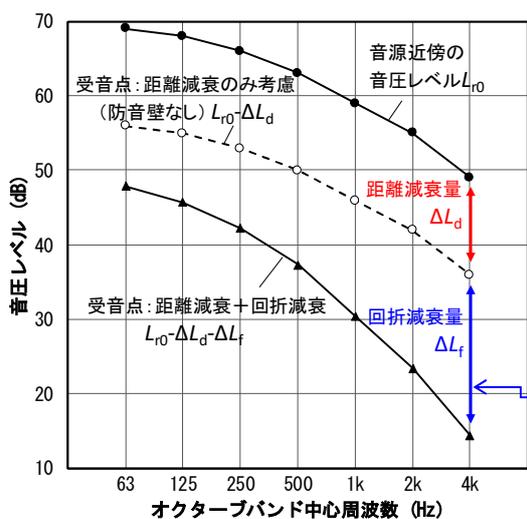


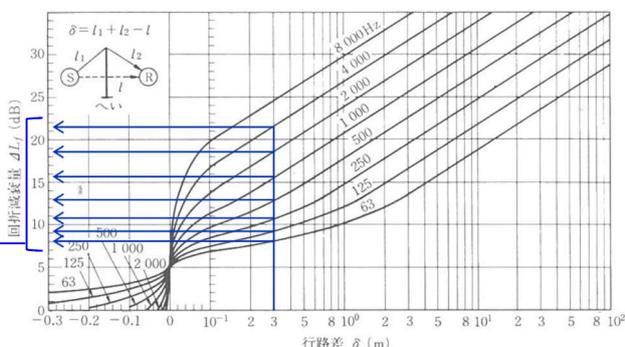
図2 防音壁を介した伝搬音の計算条件

$$\text{計算式： } L_r = L_{r0} - \Delta L_d - \Delta L_f$$

- L_r : 受信点の音圧レベル (dB)
- L_{r0} : 音源近傍の音圧レベル (dB)
- ΔL_d : 距離減衰量 (dB)
- ΔL_f : 回折減衰量 (dB)



音圧レベル計算結果



出典：日本建築学会編：実務的騒音対策指針 応用編（一部加筆）

計算図による回折減衰量の評価

図3 防音壁を介した伝搬音の計算例

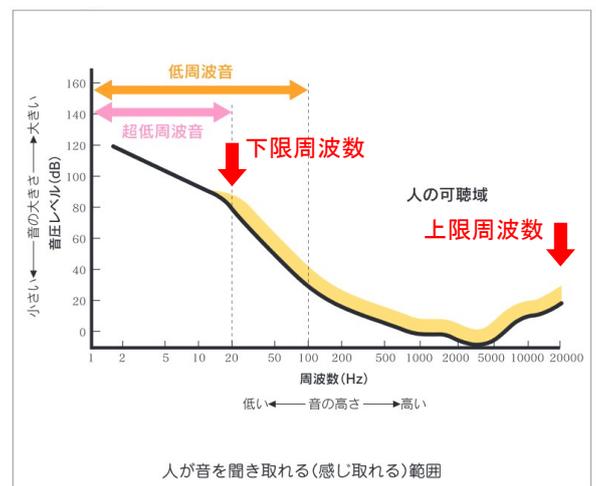
用語	可聴周波数帯域（かちょうしゅうはすうたいいき）	作成：2019.11.14
		改訂：
説明	人が知覚することのできる音の周波数範囲。健康な若い人では、およそ 20 Hz から 20000 Hz が可聴周波数帯域である。加齢に伴って高音側から聴力が低下するため、可聴周波数帯域は狭くなる。	

人は空気の圧力変動を聴覚器官である耳を通じて音として知覚するが、周波数が異なれば同じエネルギーの圧力変動であっても、人が感じる音の大きさは同じとはならない。人の聴力は 3000 Hz 付近で最も感度が良く、それ以下、それ以上の周波数は感度が低下する特性となっている。

人が音として認識できる周波数範囲を、可聴周波数帯域という。可聴周波数帯域から外れて感度が極端に低下する周波数を可聴周波数帯域の下限周波数、上限周波数としている。

健康な若い人の可聴周波数帯域は、20 Hz から 20000 Hz とされている。可聴周波数帯域には個人差があるとともに、年齢による変化も生じる。加齢に伴い、聴力の低下が特に高周波数側から生じることから、上限周波数が低下して可聴周波数帯域も狭くなる。

なお、可聴周波数帯域は、可聴周波数、可聴周波数域ともいう。また、耳には聞こえないが、可聴周波数帯域より低い音を超低周波音、可聴周波数帯域より高い音を超音波という。



2) 上の図は、横軸を音の高さ(周波数)に、縦軸を音の大きさ(音圧レベル)にとり、人が音を聞き取れる範囲を模式的に示したものです。黄色で示した領域の下側の線が、音を聞き取れる(感じ取れる)最小値になります。
出典：よくわかる低周波音(環境省水・大気環境局大気生活環境室)に加筆

用語	吸音率（きゅうおんりつ）	作成：2023.01.01
		改訂：2024.02.15
説明	建築材料・部材の吸音性能を表す数値。入射音に対する反射音のエネルギー減少の割合を表す。同じ材料を仕上げ材に使用しても背後空気層の厚さなど壁面の構造により吸音率は変化する。	

壁や天井などの建築部材の吸音性能は、図1のように、入射音のエネルギーを I 、反射音のエネルギーを R とすると、吸音率 α は次式のように表される。

$$\alpha = \frac{I - R}{I} = \frac{A + T}{I}$$

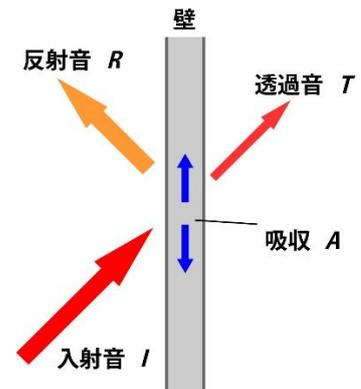


図1 音の入射と反射

吸音率は測定方法により「垂直入射吸音率」と「残響室法吸音率」の2種類あるが、建築音響では「残響室法吸音率」を用いる（詳細は「[A026_0500 音響試験に必要な部材の大きさ](#)」を参照）。吸音のメカニズムによって、吸音性能はそれぞれ特徴的な周波数特性を示す。また、背後空気層の厚さは吸音率に大きな影響を及ぼす。文献やメーカーのカタログには材料単体だけでなく背後空気層も含めた吸音率データが提供される場合もある。

代表的な建築材料の吸音率を表1に示す。

表1 吸音率の例¹⁾

	オクターブバンド中心周波数 (Hz)					
	125	250	500	1k	2k	4k
コンクリート打放し面	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04
パイルカーペット10mm	0.09	0.10	0.20	0.25	0.30	0.40
グラスウール16~24kg 50mm・空気層0mm	0.20	0.65	0.90	0.85	0.80	0.85
グラスウール16~24kg 50mm・空気層40mm	0.25	0.80	0.95	0.90	0.85	0.90
石膏ボード9~12mm・空気層45mm	0.26	0.13	0.09	0.05	0.05	0.05
岩綿吸音板12mm・下地石膏ボード捨張・空気層300mm	0.20	0.20	0.40	0.60	0.70	0.75

参考文献

- 1) 前川純一、森本政之、阪上公博、建築・環境音響学第3版、共立出版、2011

用語	共振周波数、共振（きょうしんしゅうはすう、きょうしん）	作成：2019.11.14
	固有周波数（こゆうしゅうはすう）、固有振動数（こゆうしんどうすう）	改訂：2024.02.15
説明	ばねと質量から構成される振動系など、全ての物体や空間は固有周波数（固有振動数）とよばれるゆれやすい周波数を有している。静止した振動系などに固有周波数の外力を加え続けると、振動し始め、やがて大きく振動するようになる。この現象を共振とよび、固有周波数＝共振周波数である。なお、音響系では「固有周波数」、振動系では「固有振動数」を使う傾向にあるが、両者は同義である。	

ばねと質量から構成される質点振動系や、紐におもりが吊るされた振り子、あるいは物体や空間、建物などにおいても、全てのものには固有周波数とよばれる振動しやすい周波数がある。物体や系などに固有周波数を含む外力が加え続けられると、それらは振動し始め、やがて大きく振動するようになる。この現象を共振とよぶ。共振は、例えば地震によって超高層ビルがゆっくりとゆれ続ける現象や、吊り橋が風によってゆれ始め、最終的には崩壊した例など、安全や人命に関わる事態を引き起こすこともある。

「共振」は主に物体等の振動をさすが、対象が音の場合は「共鳴」とよばれる。建築音響の場では、①ゴムやエラストマ等を使った防振構造（共振の積極利用）、②多層壁や複層ガラス・二重ガラスのように、2層の板状材料とその間の空気層からなる系、また③有孔板による共鳴周波数付近をピークとした吸音、など多くの実例がある。これらの系の固有周波数を共振周波数と呼ぶこともある。

① 防振構造（一自由度振動系）

ポンプなどの機械系の振動・固体音の伝搬を防止するために、適切に選択された防振ゴムの上に振動する機器を支持して防振系を構成する。この防振系は、ゴムのばね定数と支持される機器の質量の関係から共振周波数を有する。共振周波数を、十分低い周波数に設定することで、固体音として問題となるような機器から発生している振動は伝達しにくくなる。この関係は振動伝達率で説明できる。

②多層壁、二重ガラスなど

2枚の板状材料が空気層を挟む構成では、間の空気層がばねとして働き、2枚の板状材料の質量（面密度）との関係で共振を起こす。共振周波数付近では音が透過しやすく、遮音性能が低下する。詳細は[共鳴透過]の項参照のこと。

③有孔板による吸音

コンクリート壁やボード壁等からある程度の距離を離して有孔板を配置すると、その孔と有孔板一壁間の空気層で構成される系でヘルムホルツ共鳴とよばれる現象が生じる。この現象の共鳴周波数付近では、大きな吸音性能を示す。広い周波数範囲で高い吸音性を得るためには、空気層内にグラスウールなどの吸音材を挿入することで実現できる。

用語	共鳴透過、共鳴透過現象	作成：2019.11.14
	(きょうめいとうか、きょうめいとうかげんしょう)	改訂：
説明	二重壁や複層ガラスなど空気層をもつ二重壁構造では、板状材（質量）に対して空気層がばねとして働くことで特定の周波数で共鳴が生じ、その周辺の周波数領域では音波が透過しやすくなり遮音性能が大きく低下する。この現象を共鳴透過または共鳴透過現象という。	

空気層をもつ二重壁構造では、板状材料（質量）に対して空気層がばねとして働くことで特定の周波数で共鳴が生じ、その周辺の周波数領域では音波が透過して遮音性能が大きく低下する。この現象を共鳴透過または共鳴透過現象、共鳴透過が生じる周波数を共鳴透過周波数という。一方で、共鳴透過周波数より十分に高い周波数領域では、同じ面密度の単層壁では得られない大きな音響透過損失を得られる。二重壁構造にすることで、比較的軽量で高性能な遮音構造を構成することができる。

図は12 mm厚さの単板ガラスとガラス厚さの合計が13 mmの二重ガラス構造の音響透過損失を比較したものである。二重ガラス構造は空気層の寸法が異なる3種類の構造の値を示している。それぞれの共鳴透過周波数は、空気層が6 mmの複層ガラスが280 Hz、二重ガラス構造の空気層が50 mmでは96 Hz、空気層が200 mmでは48 Hzである。いずれもガラス厚さの合計はほぼ等しいが、単板ガラスに比べて二重ガラス構造の音響透過損失は高い周波数帯域では単板ガラスと同等かより大きい。一方で、共鳴透過周波数付近の周波数帯域では共鳴透過の影響によって音響透過損失が大きく低下し、単板ガラスよりも低い値になっている。空気層が200 mmの場合は共鳴透過周波数が48 Hzと低いので、図に示された周波数帯域では共鳴透過の影響はみられず、同等のガラス総厚でも、二重化することによって音響透過損失がより大きな遮音構造が実現できている。

上記のような二重ガラス構造などの二重壁構造の遮音壁では、空気層の寸法を確保して共鳴透過周波数を適切な値にする必要がある。

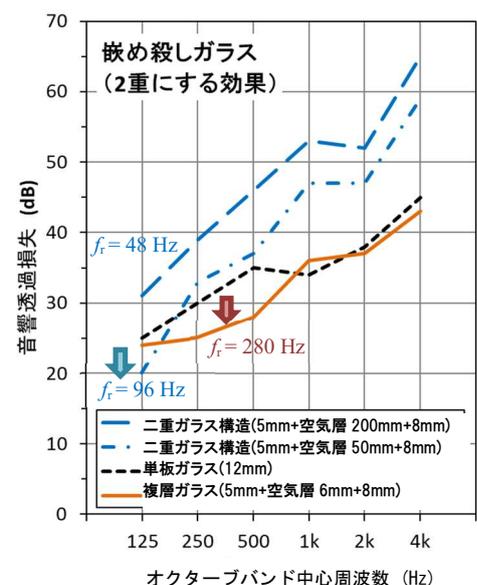


図 単板ガラスと空気層の寸法が異なる二重ガラス構造の音響透過損失の比較

共鳴透過周波数 f_r は下式で計算できる。

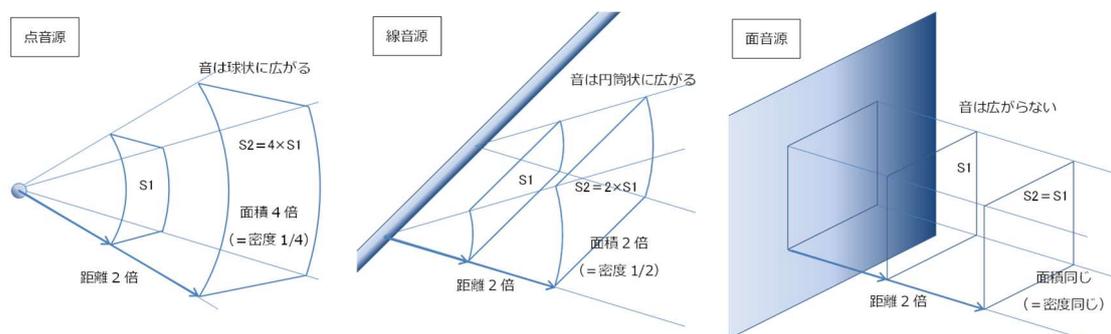
$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2\rho c^2}{md}}$$

ただし、 m ：遮音層1層分の面密度 (kg/m^2)、 d ：空気層の寸法(m)、 ρ ：空気の密度 (1.225 kg/m^3)、 c ：音速：340 m/s

用語	距離減衰、点音源、線音源、面音源 (きよりげんすい、てんおんげん、せんおんげん、めんおんげん)	作成：2019.11.14
		改訂：
説明	<p>距離減衰：音は空気中のあらゆる方向へ広がっていく性質を持つため、音のエネルギーは音源から離れるに従い薄まっていき小さくなる。これを距離減衰という。</p> <p>点音源：音源の大きさに対して十分に離れた位置から見た音源を点音源という。(遠くから見た防災無線のスピーカや緊急自動車のサイレンなど)</p> <p>線音源：点音源が線上に並んでいるとみなせるものを線音源という。(幹線道路の自動車走行音や鉄道の走行音など)</p> <p>面音源：点音源が面上に並んでいるとみなせるものを面音源という。(工場内の音が壁全体を通して外で聞こえる場合など)</p>	

音はいろいろな方向へ広がろうとする性質を持っており、ある音源から発生した音のエネルギーは距離が離れるに従い薄まっていき、音圧レベルは小さくなる。これを距離減衰という。減衰量は、音が広がる面積とエネルギーの密度で考える。例えば音が2倍の面積に広がると、音のエネルギーの密度は1/2になる。これを音圧レベルに換算すると、-3 dBとなる*1。距離減衰のしかたは音源の形状によって異なるので、点音源、線音源、面音源の3つに分類して考える。

- 点音源：音源から発生する音は球面上に（あらゆる方向に）広がっていく。距離が2倍になると面積が4倍となり、エネルギーの密度は1/4になるため、音圧レベルは6 dB小さくなる。
- 線音源：音は線音源を軸とした円筒状に広がっていく。このため、距離が2倍になると、面積が2倍になるため、音圧レベルは3 dB小さくなる。実際の線音源は長さに限りがあるので、音源からの距離が線音源の長さのおおよそ1/3*2より遠いと点音源と同じように扱い、距離が2倍になると6 dB小さくなると考えて良い。
- 面音源：面に近い距離では音は減衰しない。実際の面音源の大きさは限りがあるので、音源からの距離が面音源の短辺長さのおおよそ1/3*2より遠くなると線音源と同じように扱い、音圧レベルは距離が2倍ごとに3 dB小さくなると考えて良い。更に音源からの距離が面音源の長辺長さのおおよそ1/3*2より遠くなると点音源と同じように扱い、距離が2倍ごとに6 dB小さくなると考えて良い。



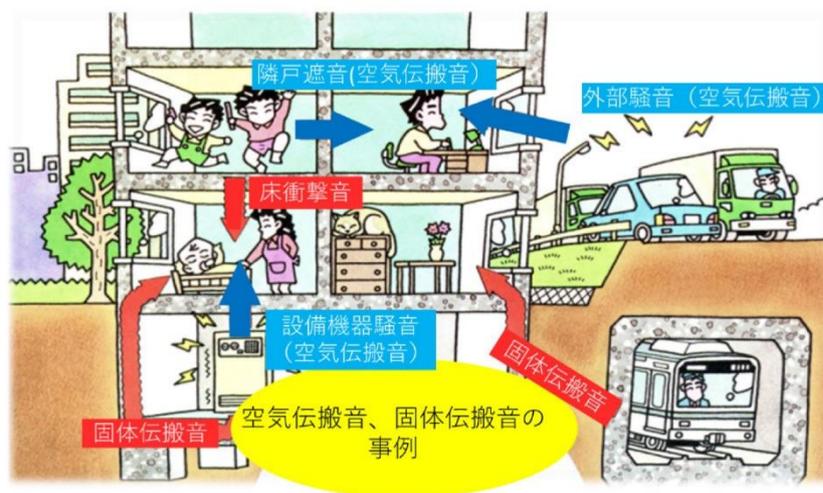
*1：dBでは対数で考える。元のエネルギー密度を E_1 、2倍の面積に広がったときのエネルギー密度を $E_2=1/2E_1$ とすると、減衰量は $10\log_{10}(E_2/E_1)=10\log_{10}(1/2)\doteq -3[\text{dB}]$

*2：正確には $1/\pi$

用語	空気伝搬音（くうきでんぱんおん）	作成：2019.11.14
		改訂：2024.02.15
説明	音源から空間に直接発せられた音が空気の振動として伝搬していく現象を空気伝搬と呼ぶ。同一空間内の音源から伝搬する音や、界壁や窓などを直接透過して伝搬する音を空気伝搬音と呼ぶ。空気音と表記されることもある。	

音の伝搬には空気中を伝搬する空気伝搬音と固体や液体中を伝搬する固体伝搬音がある。固体伝搬音は建物の床や壁などに与えられた衝撃によって生じた振動が建物内を伝わって、最終的に音として放射されるのに対して、空気伝搬音は空気中に発せられた音が、空気の振動として伝わっていく。なお、空気伝搬音が壁などを透過する段階では、厳密には壁の振動を介して音源側から受信側に伝搬する。音源側の空気の振動が壁を振動させ、受信側で音として放射される経路であるが、このような経路による音も空気伝搬音に含む。

空気伝搬音は、音源からの距離が遠くなるほど音が小さくなる性質（距離減衰）や、防音壁などの上部から音が回り込みながら小さくなる性質（回折減衰）を持つ。



用語	コインシデンス効果（こいんしでんすこうか）	作成：2019.11.14
		改訂：
説明	音波が壁に斜め入射すると表面に音圧の山谷が生じて屈曲振動を励起する。その波長と壁が自由振動するときの屈曲波の波長が一致する周波数で、壁が容易に振動して音の透過が大きくなる現象。	

板状材料や壁に音波が斜め入射すると表面に音圧の山谷が生じて屈曲振動を励起する。その波長と壁が自由振動するときの屈曲波の波長が一致する周波数で、壁が容易に振動して音の透過が大きくなる現象(図1)。

同じ材料でも入射角度が異なればコインシデンス効果が生じる周波数は異なる。入射角(図1の θ)が90度の時にコインシデンス効果が生じる周波数が最低となる。この周波数をコインシデンス限界周波数とよぶ。

代表的な板状材料の音響透過損失とコインシデンス限界周波数の比較を図2に示す。一般的には面密度または周波数が大きくなるほど音響透過損失が大きくなる(質量則)が、コインシデンス限界周波数の近辺およびそれより高い周波数帯域では、コインシデンス効果による透過の影響で音響透過損失が低下し、質量則から逸脱する場合がある。

1) 前川純一ほか：建築・環境音響学 第3版, p111-, 共立出版, 2011



図1 コインシデンス効果¹⁾

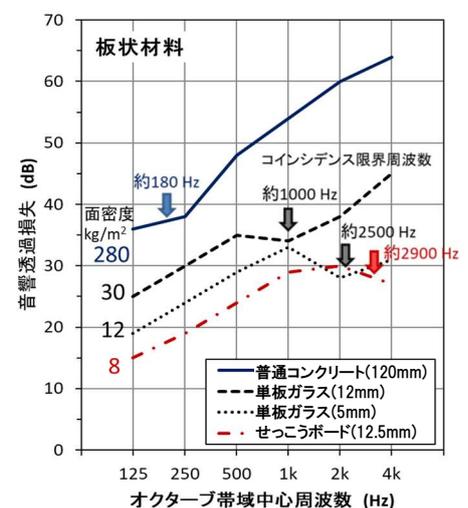


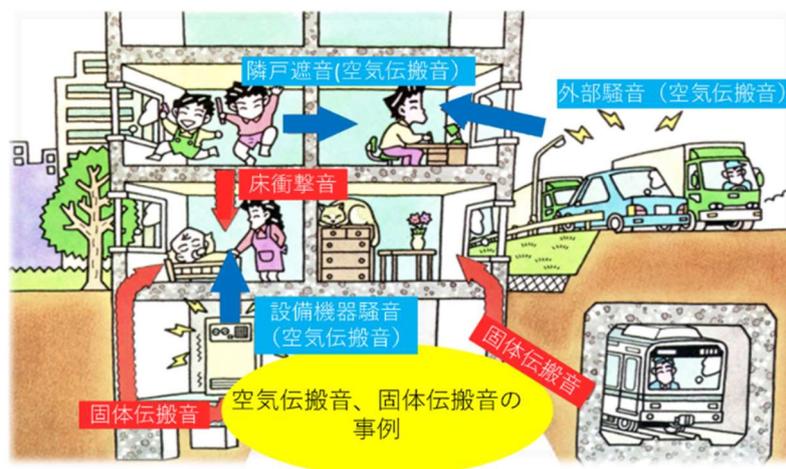
図2 板状材料のコインシデンス限界周波数の比較

用語	固体伝搬、固体伝搬音（こたいでんぱん、こたいでんぱんおん）	作成：2019.11.14
		改訂：
説明	<p>建物に力や衝撃が与えられたとき、振動が建物内を伝搬する。この現象を固体伝搬といい、伝搬先で空気中に放射される音を固体伝搬音と呼ぶ。固体音と表記されることもある。代表的な固体伝搬音の振動源には、歩行、ドアの開閉、モノの落下、ポンプやエレベータ等の機器の稼働、建物に近接する列車の走行などがある。</p>	

音の伝搬には空気中を伝搬する空気伝搬音と固体や液体中を伝搬する固体伝搬音がある。空気伝搬音は空気中に放射されて伝わる音である¹のに対し、固体伝搬音は力や衝撃によって生じた振動が建物の構造体中を伝わり、壁などを振動させて空気中に放射される音を指す。

固体伝搬音は伝搬経路が複雑で減衰しにくいという特徴があり、一般に空気伝搬音よりも制御が難しい。固体伝搬音を制御するには、厚手のカーペットなどやわらかく緩衝作用のある材料を表面に用いて、衝撃力を吸収する、ゴムや弾性のあるポリウレタンマットなどの防振材料（装置）を用いて振動を弱める、構造体の剛性を高め振動が生じにくくする、あるいは伝搬先で音として放射されにくくするなどの対策が採られる。

防振ゴムなどを使用した防振装置は衝撃の緩衝、振動の減衰、音の放射の抑制に有効であり、鉄道や設備機器の防振対策、音楽ホールの防音対策等に広く利用されている。



¹ 「空気伝搬音」参照：伝搬経路に空気以外の壁や窓などの媒体があっても、そこを透過する音も空気伝搬音と定義される。

用語	残響、残響時間（ざんきょう、ざんきょうじかん）	作成：2019.11.14
		改訂：2024.02.15
説明	残響とは、音が止まってからもしばらく反射音などが続いて聴こえる現象、またはその音をいう。残響時間とは、音が止まってから 60 dB 減衰するまでの時間の長さのこと。残響を定量化する量として広く使われる。	

室内などの囲まれた空間では、音が止まってからもしばらくの間、壁や天井などからの反射音が遅れて届くため、直接音に続いて多数の反射音が聴こえ、これが音の響きを形成している。音を停止すると、直後に残った残響は、しばらくして聴こえなくなるので、残響を定量化するため、音の停止後、60 dB 減衰するまでの時間を残響時間と呼ぶ。

音楽演奏には適度な音の響きが必要なので、1~2 秒程度の残響時間が適するとされる。音声の聴き取り易さを確保するには、もっと短く、1 秒以下が良いとされるなど、室内音響性能を調整するための重要な物理指標として用いられている。ただし、これらの残響時間の推奨値は、室用途のみでなく、室容積の大小に依存して異なることも旧くから知られている。

残響時間を計算で求めるには、次の Sabine（セイビン）の残響式を使うことが多い。

$$T = 0.161 \frac{V}{A}$$

残響時間 T (秒) は、室の容積 V (m^3) に比例し、室内の総吸音力 A (m^2 : 各部位の吸音率に面積 (m^2) を乗じた値の総和、等価吸音面積ともいう) に反比例する。

一般的に大きな空間ほど残響時間が長くなる傾向があるが、これは上の Sabine 式の分子である室容積 V が空間の代表寸法の 3 乗に比例するのに対し、分母である吸音力 A は (同じ吸音率の内装をした場合) 代表寸法の 2 乗に比例するため、結果として残響時間が代表寸法に比例することになるためである。このため、大空間ほど、残響時間が長すぎることによる障害を避ける工夫が必要となる。

上記の Sabine の残響式は、吸音力が小さく残響時間の長い室では比較的精度良く予測することができる。一方吸音力が大きく残響時間が短い部屋では実測値より大きな値を示す傾向にある。Sabine 式の分母の総吸音力 A (m^2) は、室表面積 S (m^2) と室の平均吸音率 $\bar{\alpha}$ の積と表現できる。

$$A = S \cdot \bar{\alpha}$$

仮に室内の各面が完全吸音で平均吸音率 $\bar{\alpha} = 1$ となると、残響時間 T は 0 となるはずであるが、分母が S となり 0 ではない値を示すこととなる。この矛盾を解消するために、Eyring は次式を導いた。

$$T = 0.161 \frac{V}{-S \cdot \log_e(1 - \bar{\alpha})}$$

ここで、 T : 残響時間(秒)、 V : 室の容積(m^3)、 S : 室の表面積(m^2)、 $\bar{\alpha}$: 室の平均吸音率である

用語	室間音圧レベル差、空気音遮断性能	作成：2019.11.14
	(しつかんおんあつれべるさ、くうきおんしゃだんせいのう)	改訂：
説明	テレビや人の声など音源室で発生している音が、受音室に伝わりにくい具合を示す量として、音源室内と受音室内の室間音圧レベル差が用いられる。空気音遮断性能は、その程度を示す評価量である。	

音源室内に発生した音は、壁や床などを透過して、隣接した室に伝わる。伝わる音の大きさは、音源室の音の大きさに応じて変化するが、遮られる音の割合は一定である。そこで、二室間の遮音性能を表す量として、音源室内と受音室内のそれぞれの音圧レベルの室内平均値の差、すなわち、室間音圧レベル差を用いる。

室間音圧レベル差は、実際の建築物における二室間の遮音性能を示す数値であり、主として二室を隔てる部材の音響透過損失と面積、受音室の吸音状態のほか、隙間による音漏れや周辺部位からの回り込みなどにも影響される。また、空気伝搬音だけでなく、固体伝搬音の影響を受ける場合がある。室間音圧レベル差は空間性能であり、壁単体の部材性能である音響透過損失とは異なるので注意が必要である。

なお、隙間による音漏れや回り込みがない場合、室間音圧レベル差 D と音響透過損失 R の関係は以下の通りである。

$$D = R - 10 \log_{10} \left(\frac{S}{A} \right)$$

ここで、 S ：透過面積(m²)、 A ：受音室の等価吸音面積(総吸音力) (m²)

室間音圧レベル差の測定方法は、JIS や ISO 等で規定されている。我が国では一般的に JIS A 1417:2000「建築物の空気音遮断性能の測定方法」に基づき行われている。室間音圧レベル差は周波数によって値が変化するが、空気音遮断性能は、周波数ごとの値を反映しつつ単一の数値として評価した量である。空気音遮断性能の評価は、JIS A 1419-1:2000 の附属書 1 に規定された等級曲線により評価する方法が用いられる。また、空気音遮断性能の等級曲線による評価結果については、日本建築学会の遮音性能基準¹⁾に適用等級としてランク分けする方法が示されており、集合住宅等の設計図書で特記仕様として多くの建物に取り入れられている。

室間音圧レベル差も空気音遮断性能も、値が大きいほど性能が高いことを意味する。

参考文献 1) 日本建築学会編：建築物の遮音性能基準と設計指針 [第二版]、技報堂出版

用語	質量則（しつりょうそく）	作成：2019.11.14
		改訂：2024.02.15
説明	石膏ボードのような気密で均質な板状材料の音響透過損失は、面密度(単位面積あたりの質量)が大きいほど、また周波数が高くなるほど大きくなるとの関係を質量則という。	

音が単板に垂直に入射する時の音響透過損失 R_0 は、 m を面密度(単位面積あたり質量、 kg/m^2)、 f を周波数(Hz)として、式1で得られる。様々な方向から音が入射する実際の入射条件に近い音響透過損失は、垂直入射による音響透過損失 R_0 から、式2で得られる。概略、面密度を2倍とすると音響透過損失は、約5 dB大きくなり、同じ面密度であれば周波数が2倍になると約5 dB大きくなる。

質量則は、板状材料の音響透過損失を表す基本的な性質であるが、コインシデンス効果によって質量則から推定される音響透過損失より小さくなる周波数帯域が生じる場合があることに留意する必要がある。

厚さ d (m)の単板の面密度 m (kg/m^2)は、密度 $\rho \times$ 厚さ d で得られる。表1に代表的な建築材料の密度 ρ (kg/m^3)を示す。

$$R_0 = 20 \log_{10}(m \cdot f) - 42.5 \quad (1)$$

$$R = R_0 - 10 \log_{10}(0.23R_0) \quad (2)$$

表1 (参考)代表的建築材料の密度¹⁾

材料	密度 ρ (kg/m^3)
鋼	7.8×10^3
アルミ	2.7×10^3
コンクリート	2.3×10^3
せっこうボード	0.8×10^3

参考文献

- 1) 木村 翔：建築音響と騒音防止計画、p99、技報堂出版、1977.4

用語	周波数、音速、波長	作成：2025.4.15
		改訂：
説明	空気など媒質中の粒子振動の 1 秒あたり繰り返し回数を周波数と呼ぶ。音速すなわち音の伝搬速度は常温空気中では約 340m/s である。音速を周波数で除すると波長が得られる。	

空気などの媒質中にある粒子が、一定時間間隔で周期的な振動を繰り返すとき、1 秒あたりの繰り返し回数を周波数（振動数）と呼ぶ。周波数は周期の逆数で表され、単位は Hz（ヘルツ；1Hz=1/秒）である。聴覚的には周波数が高いほど高音として聞こえ、人間が耳で音として感じる事ができる可聴周波数帯域は 20～20,000 Hz の範囲内とされている。

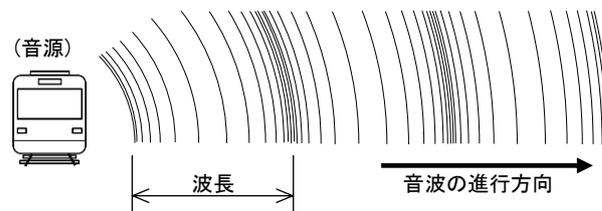
音は粒子振動の伝搬現象であり、音速は媒質によって異なる。空気中の音速 c (m/s)は気温 t (°C)を用いて下式で表すことができ、実務上は気温 15 °C に対する値から約 340 (m/s)を用いることが多い。

$$c = 0.61 \times t + 331.5$$

周波数 f (Hz)の音の波長 λ (m)は下式で表され、空間内での繰り返し長さに相当する。

$$\lambda = c/f$$

単一周波数からなる音を純音と呼ぶが、通常、世の中に存在する音は様々な周波数の音が複合した複雑な波形をなしており、周波数特性を把握することが音の分析の基本となる。遮音対策や防振対策の効果は周波数により異なるので、音や振動の周波数特性は非常に重要な情報であるといえる。



音（粗密波）の伝搬イメージと波長

用語	周波数特性（しゅうはすうとくせい）	作成：2024.04.01
		改訂：
説明	音や振動に、どの周波数成分がどの程度含まれているのかを示す情報。騒音の現場測定や対策検討では、オクターブバンドによる周波数特性が最もよく用いられる。測定において、より詳細な周波数特性が求められる場合、1/3 オクターブバンドなども利用される。	

建物の内外で発生する騒音や振動には、通常さまざまな周波数の成分が含まれる。騒音の大きさの評価は、周波数特性を用いずとも騒音レベル（A 特性音圧レベル）により可能だが、遮音対策や防振対策の効果は周波数により異なるので、音や振動の周波数特性は非常に重要な情報であるといえる。

室内騒音の周波数特性としてオクターブバンド音圧レベルを測定した例を図 1 に示す。測定値①・②の騒音レベル（横軸の A）の差は小さく、騒音等級¹⁾による評価も同等であるものの、周波数特性をみると、①では 125Hz、②では 500Hz の異なる周波数帯域が卓越していることがわかる。

たとえば、これらの騒音が屋外の音源からの空気伝搬音であるとして、対策を検討する場合について考えると、窓・換気口における遮音対策の効果や、防音塀の回折減衰効果は周波数により異なるので、同様の対策を行っても①と②では騒音レベルの低減量が異なると考えられる。目標とする対策効果を得るには、問題となる周波数を把握し、それについて効果のある対策を選ぶ必要があるため、騒音レベルだけでは情報が不十分となる点に注意を要する。

騒音を対象とした周波数特性の測定には、オクターブバンド分析機能を持つサウンドレベルメータ（騒音計）を用いるのが一般的である。ポンプや電気室による騒音など、特定周波数のみが大きく卓越する騒音の把握では、より細かい 1/3 オクターブバンドによる分析や、狭帯域分析（FFT 分析、スペクトル分析ともいう）なども用いられる。

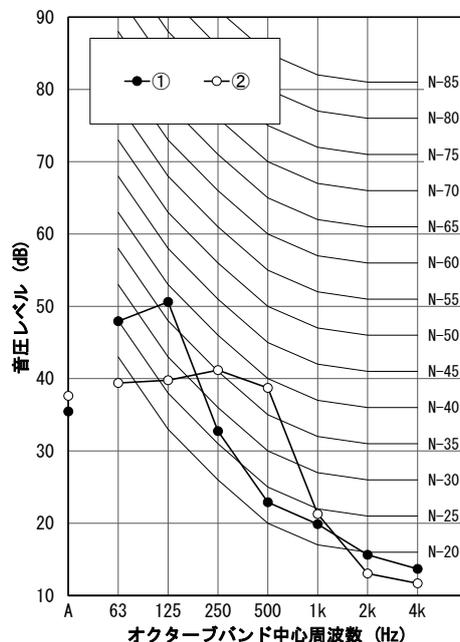


図 1 室内騒音の周波数特性の測定例

参考文献

- 1) 日本建築学会編：建築物の遮音性能基準と設計指針 [第二版]、技報堂出版、1997.12

用語	振動伝達率（しんどうでんたつりつ）	作成：2019.11.14
		改訂：
説明	振動伝達率は、設備機器の振動が防振材を介して躯体に伝達する場合、躯体に伝達する力の設備機器の加振力に対する比を表す（力の伝達率ともいう）。振動伝達率が1より小さければ、防振効果が得られる。	

振動とは状態が一意に定まらず揺れ動く事象であり、振動伝達率という用語を用いる場合、対象となる物理量を示す必要がある。例として、設備機器の加振力によって生じる強制振動が機器を支持する躯体に伝達する場合、その振動伝達率は、機器の加振力と躯体の支持点に伝達する力の比によって表され、力の伝達率とも呼ばれる。

理想的な防振系の力の伝達率を図1に示すが、横軸の f/f_n が $\sqrt{2}$ より大きいと縦軸の力の伝達率が1より小さくなり、防振効果が得られる。一般的には f_n の3倍程度以上¹⁾の周波数範囲が防振対象範囲となるよう防振材料を選定することが多い。

図1では加振周波数が高くなるほど防振効果も高くなっているが、実際には躯体や防振架台の振動特性の影響で頭打ちになることが多い。なお、実際の現場で力の伝達率を測定することは困難なので、速度とインピーダンスを測定して疑似的な力の伝達率を求めることが多い。

防振効果を示す資料などで、設備機器と躯体の速度や加速度の比を振動伝達率と誤って表示している場合もあり、その場合には一般的に力の伝達率より防振効果が過大に表現されることになるので注意が必要である。

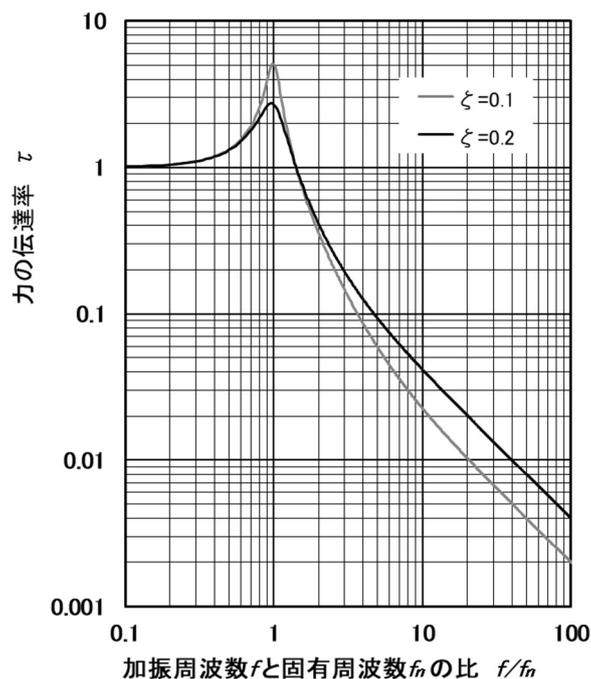


図1 力の伝達率の例（ f ：加振周波数、 f_n ：防振系の固有周波数、 ζ ：減衰比）

1) 日本建築学会設計計画パンフレット4 建築の音環境設計（新訂版）、彰国社、1983

用語	振動レベル（しんどうレベル）	作成：2023.01.01
		改訂：2024.02.15
説明	人が振動を受ける時の感覚を考慮して、振動加速度に振動感覚補正を行い評価した値。単位は dB(デシベル)。補正に用いる振動感覚特性は方向(鉛直・水平)によって異なる。	

振動の大きさは、変位、速度、加速度などの物理量で表されるが、公害振動や環境振動など、人が振動を受けた時の感覚（全身振動感覚）を考慮する必要がある場合には、物理量そのものではなく振動感覚補正をした値である振動レベルにて評価をする。JIS C 1510 によると、振動レベルは振動感覚特性（鉛直特性又は水平特性）で重み付けられた振動加速度の実効値を、基準の振動加速度（ 10^{-5} m/s^2 ）で除した値の常用対数の 20 倍と定義されている。

$$VL = 20 \log_{10} \frac{a}{a_0}$$

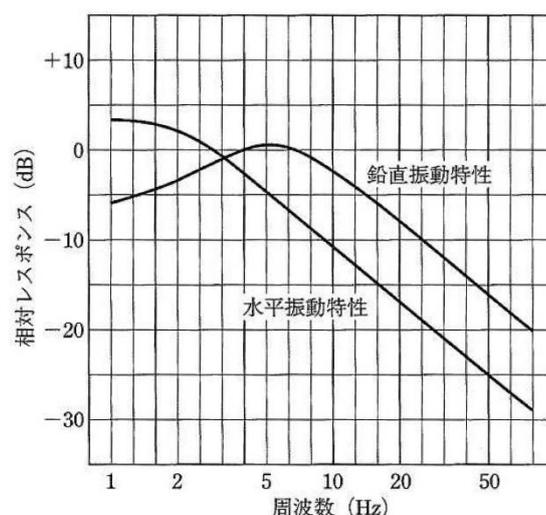
VL：振動レベル(dB)

a：振動感覚特性で補正を行った振動加速度の実効値(m/s²)

a₀：基準の振動加速度 $10^{-5}(\text{m/s}^2)$

人の振動に対する感じ方は、鉛直振動と水平振動で異なり、周波数によっても違いがある。鉛直振動では 4～8Hz、水平振動では 1～2Hz の周波数帯域で最も感度が高くなる。そのため、鉛直振動と水平振動それぞれに対して図 1 に示す周波数重み特性が規定されており、JIS C 1510 に規定される振動レベル計にはこの重み付けによる周波数補正回路が組み込まれている。

なお、工場などでの事業活動や建設工事に伴って発生する振動を規制する法律である振動規制法における規制基準は鉛直振動に対する評価である。



出典：地方公共団体担当者のための建設作業振動対策の手引き
環境省水・大気環境局 大気生活環境室

図 1 鉛直・水平振動 周波数重み特性

用語	騒音レベル（そうおんれべる）	作成：2019.11.14
		改訂：
説明	人の耳の特性を考慮して得られる騒音の大きさに関する値。騒音計には、騒音レベルを測定するための A 特性と呼ばれる周波数重み付け特性の回路が組み込まれている。A 特性音圧レベルとも呼ばれる。単位は dB(デシベル)。	

同じ音圧であっても周波数の違いによって、実際に耳で感じる音の大きさは異なる。そのような耳の特性を考慮した A 特性と呼ばれる周波数重み付け特性が規定されており、騒音計に回路として組み込まれている。図 1 に A 特性の重み付け特性を示す。1 kHz を基準(0 dB)として、低い周波数域にかけて次第に重み付けが小さくなる特性である。

騒音レベルは、各帯域の音圧レベルに A 特性の重み付けを加えた後、それらをレベル合成(dB の和)して測定、あるいは算定される値である。

一例として、図 2 に道路騒音の 63 Hz～4 kHz 帯域の音圧

レベル(●)と、A 特性の重み付けを加えた後の周波数特性(○)を示す。騒音レベルは、A 特性の重み付け後の各帯域の値のレベル合成によって算定され、この例においては、騒音レベルは 68.3 dB と算定される。なお、ほとんどの騒音は、63 Hz～4 kHz 帯域を対象として騒音レベルを算定して支障はないが、31.5 Hz 帯域付近の音圧レベルが卓越している場合などは、31.5 Hz までの音圧レベルを考慮する必要がある。A 特性の重み付けを加えることから、A 特性音圧レベルとも呼ばれる。単位は dB(デシベル)。

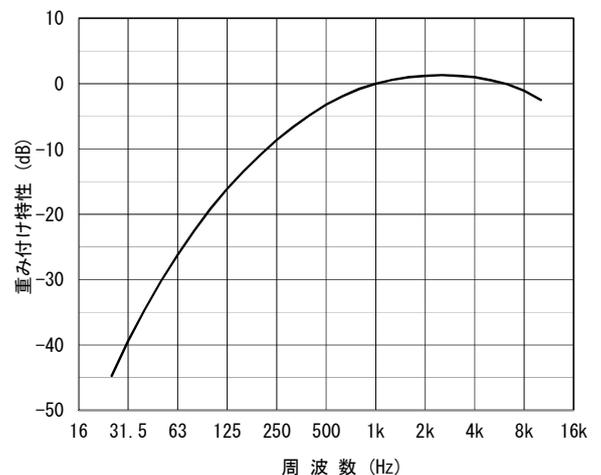


図 1 A 特性の周波数重み付け特性

	オクターブバンド中心周波数 (Hz)						
	63	125	250	500	1k	2k	4k
① ● 道路騒音の例	70.8	69.0	68.7	65.8	63.8	59.2	53.3
② ○ A特性の重み付け	-26.2	-16.1	-8.6	-3.2	0.0	1.2	1.0
③ ○ A特性重み付け後(①+②)	44.6	52.9	60.1	62.6	63.8	60.4	54.3
騒音レベル(下式参考)	68.3						

$$L_A = 10 \log_{10}(10^{L_{A63}/10} + 10^{L_{A125}/10} + 10^{L_{A250}/10} + 10^{L_{A500}/10} + 10^{L_{A1k}/10} + 10^{L_{A2k}/10} + 10^{L_{A4k}/10})$$

ここで、 L_A : 騒音レベル(dB)、 $L_{A63} \sim L_{A4k}$: 63 Hz～4 kHz 帯域の A 特性の重み付け後の音圧レベル(dB)

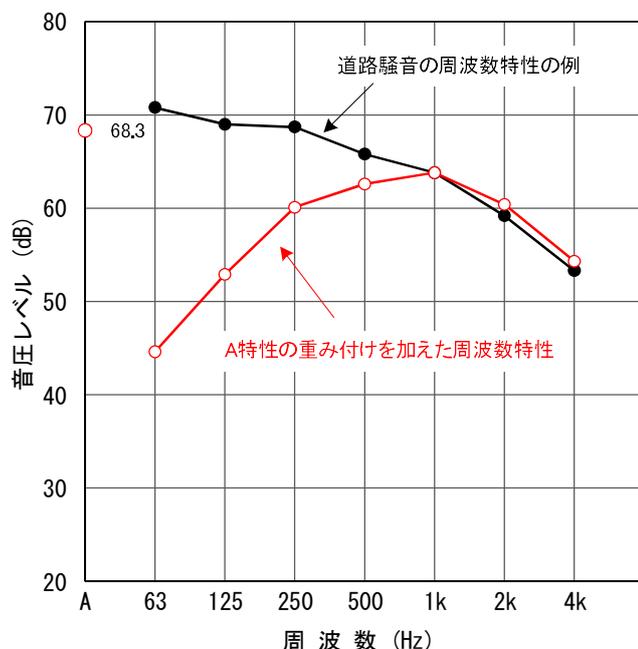
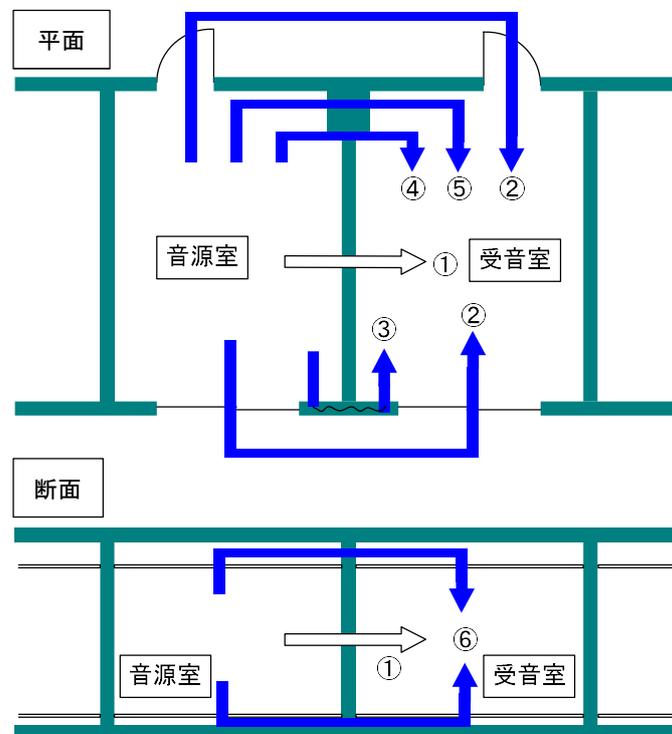


図 2 A 特性の重み付けを加えた周波数特性の例

用語	側路伝搬、側路伝搬音（そくろでんぱん、そくろでんぱんおん）	作成：2019.11.14
		改訂：
説明	<p>室間の音の伝搬経路で界壁を直接透過する以外の経路の音を側路伝搬音と呼ぶ。界壁の遮音性能が良くても側路伝搬の影響で性能が低下することもある。</p> <p>代表的な側路伝搬の経路としては、窓やドアなどの開口部、外壁、界壁周囲の隙間、柱や梁、床や天井などである。</p>	

室間の音の伝搬経路には、界壁を直接透過する経路（図の①）のほかに、窓やドアを空気伝搬音として伝搬する経路（図の②）や音により側壁が振動し、外壁を経由して隣室の内装材から音響放射する経路（図の③）、乾式壁の場合には周囲の隙間を透過する経路（図の④）、柱および梁を透過する経路（図の⑤）、天井裏や床下を空気伝搬音として伝搬する経路（図の⑥）などが存在する。これら界壁以外の経路による伝搬音を側路伝搬音と呼ぶ。



用語	超過減衰、過剰減衰（ちょうかげんすい、かじょうげんすい）	作成：2025.04.15
		改訂：
説明	音が空気中を伝搬するときに、距離減衰以上の減衰量を示す現象。その要因として空気吸収、気象条件、地表面の影響などがある。	

音が空気中を伝搬する時、音源からの距離に応じて減衰する距離減衰（幾何減衰）はよく知られている。これは、音源から発せられた音響エネルギーが幾何学的に広がっていき、エネルギー密度が低くなることによる減衰である。ある距離を伝搬することによって音響エネルギーの総量が減少するわけではない。

一方、数 10m 以上の距離を伝搬することで、距離減衰以上の減衰量を示す現象がある。これを超過減衰あるいは過剰減衰と呼び、上記の距離減衰と分けて考える必要がある。超過減衰は以下のような要因により生じる。

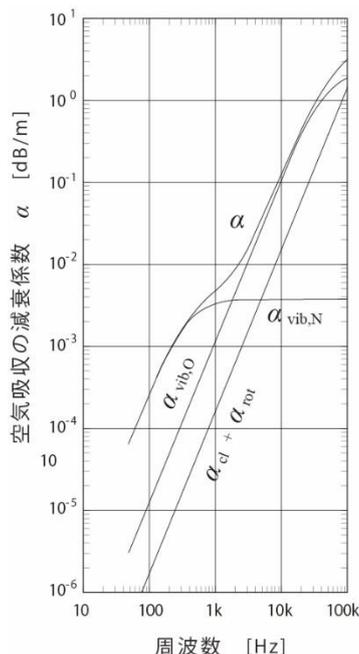


図 1. 空気吸収の周波数依存¹⁾
(気温 20°C、RH60%)

a. 空気吸収による減衰^{1),2),3)}

空気吸収は、粘性と熱伝導による古典吸収 (α_{cl}) と分子の回転緩和による吸収 (α_{rot})、および酸素分子や窒素分子の振動緩和による分子吸収 ($\alpha_{vib,O}$ 、 $\alpha_{vib,N}$) で構成される。図 1 に各要素の周波数依存性を示す。可聴周波数範囲では、分子吸収の方が古典吸収よりはるかに大きく、おおむね 2kHz 以上では酸素分子の振動緩和による減衰が優勢である。空気吸収減衰係数の計算方法は ISO9613-1 (JIS Z8738:1999) に規定されている。

b. 気象条件による減衰³⁾

気温の上下分布や風の影響により音波は屈折し、到達しにくい影の部分と到達しやすい場所が生じる。下図中の影の部分では距離減衰以上の減衰量となるが、●印の場所のように音波が到達しやすくなる位置では、距離減衰以下の減衰量となることもある。

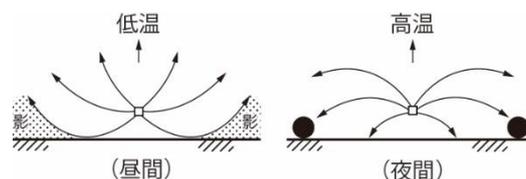


図 2. 気温の上下分布による音の屈折²⁾

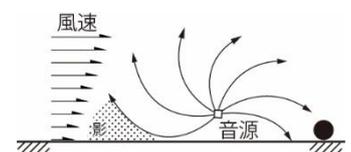


図 3. 風による音の屈折²⁾

c. 地表面の影響^{3),4)}

音波が地表面近くを伝搬すると、地面からの反射音との干渉によって超過減衰を生じる。その量は地表面の状態、周波数、伝搬距離、音源・受音点の位置関係などによって変化する。

一般に、建築物もしくはその程度の寸法を扱う場合、1~2kHz 帯域以上の高周波数の空気吸収による超過減衰を考慮すればよい。一方、屋外の広域の騒音伝搬予測等を行う場合は、想定する伝搬距離によって、より低い周波数からの考慮が必要な場合もある。気象条件による減衰は定常的ではないため、状況や与条件によって考慮の必要性を検討すべきと考えられる。

※本シートに掲載の図は、参考文献の図をリライトし一部加筆した。

参考文献

- 1) 吉久光一：屋外の音の伝搬における空気吸収の計算 (ISO9613-1 について)，騒音制御，Vol.21,No.3,pp.130-135,1997
- 2) 熊本乙彦：超音波の話，小林理研ニュース，No.22，https://www.kobayasi-riken.or.jp/news/No22/22_1.htm (参照 2024.4)
- 3) 前川純一他：建築音響環境学第 3 版，共立出版，pp.96-98，1990
- 4) 井清武弘：騒音伝搬に与える地表面の影響，日本音響学会誌，38 巻 5 号，pp.270-276，1982

用語	定常騒音、変動騒音、間欠騒音、衝撃騒音（ていじょうそうおん、へんどうそうおん、かんけつそうおん、しょうげきそうおん）	作成：2025.04.15
		改訂：
説明	音圧レベルや騒音レベルを時間変動特性（時間による変化の状況）に応じて分類する用語。環境騒音等の評価によく用いられる。これらの分類に基づいて測定方法や代表値の決定方法を選択する場合が多い。	

これらの用語は、時間変動特性による騒音の分類である。JIS Z8731:2019「環境騒音の表示・測定方法」に規定されており、時間変動特性のイメージも示されている（表1、図1参照）。

表1 時間変動特性による騒音の分類

分類	説明
定常騒音	レベルの変化が小さく、ほぼ一定とみなせる騒音
変動騒音	レベルが不規則かつ連続的にかなりの範囲にわたって変化する騒音
間欠騒音	間欠的に発生し、1回の継続時間が数秒以上の騒音
衝撃騒音	継続時間が極めて短い騒音（衝撃騒音は、発生ごとに個々に分離できる分離衝撃騒音と、レベルがほぼ一定で極めて短い間隔で連続的に発生する準定常衝撃騒音とに分けることがある。）

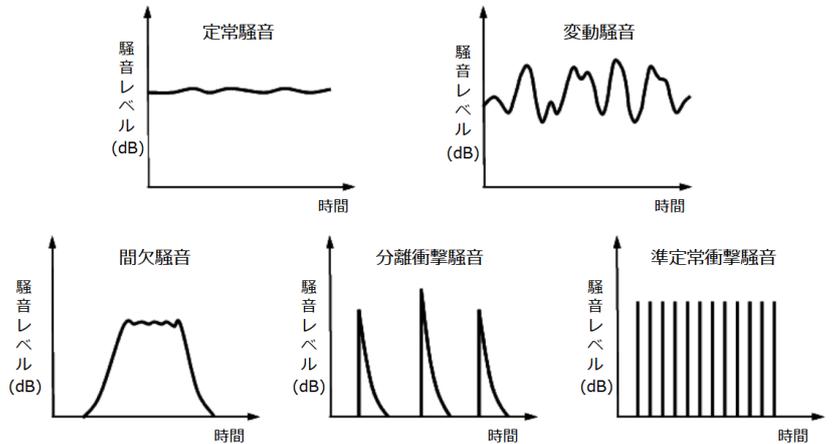


図1 時間変動測定による騒音の分類イメージ（JIS から引用）

上記 JIS 及び、この JIS の分類を引用した書籍「建築物の遮音性能規準と設計指針 第二版（日本建築学会編）」では、それぞれ表2の様に測定方法を規定しており、上記書籍では騒音源の類例も示されている。なお鉄道騒音は一般に間欠騒音に分類されるが、通過頻度が高くなるほど発生ごとの扱いが難しくなり変動騒音的な状況になる。分類分けが難しい場合の測定方法の選択は、測定者の判断に負うケースがある。

表2 測定方法や騒音源の類例

分類	JIS Z8731:2019	建築物の遮音性能基準と設計指針	
	測定方法	測定方法	騒音源の類例
定常騒音	騒音計による指示値(時間重みづけ特性S)、多少の変動が見られる場合は、積分型騒音計による等価騒音レベル	騒音計による指示値の平均値(時間重みづけ特性F、10秒以上が望ましい)	一般の工場騒音など
変動騒音	積分型騒音計による等価騒音レベル(時間全体、または時間的なサンプリングの場合は1時間ごとに10分間以上)またはNパーセント時間率騒音レベル(時間重みづけ特性F、100ms以下のサンプリング時間間隔)	積分型騒音計による等価騒音レベル(時間重みづけ特性F、1または2時間ごとに5分間以上、偶発騒音は除外)	ある程度の自動車交通量を有する道路の近くで観測される騒音など
間欠騒音	発生ごとの単発騒音暴露レベルから求めた等価騒音レベルまたは最大騒音レベル(時間重みづけ特性FまたはS、100ms以下のサンプリング時間間隔)	間欠騒音が継続している時間(ほぼ定期的に発生している時間または最大値から10dB低いレベルを超えている時間)の等価騒音レベル(時間重みづけ特性F、すくなくとも1時間)	鉄道騒音、航空機騒音、深夜における大型車の一台走行騒音など
衝撃騒音	最大騒音レベル(時間重みづけ特性FまたはS、100ms以下のサンプリング時間間隔)	騒音計による指示値の最大値(時間重みづけ特性F、20回以上)	衝撃性の音を発する特殊な工場

注：動特性FASTは時間重みづけ特性Fと表記した

騒音規制法の関連法令では、上記 JIS に記載された測定方法を引用しているものの上記の分類とは異なる分類を指定しているので留意が必要である 1)。

参考文献 1) 「建設工事騒音の大きさの決定方法」日本建設業連合会 音響技術資料集 A040_0500

用語	等価吸音面積、平均吸音率 (とうかきゆうおんめんせき、へいきんきゆうおんりつ)	作成：2023.01.01
		改訂：2024.02.15
説明	いずれも室の吸音性能を表す数値。等価吸音面積は、室内の仕上面の各部材の吸音率と面積の積を合計したもの。室内の仕上面の総面積で除すると平均吸音率となる。等価吸音面積は、かつては室の吸音力あるいは総吸音力と呼ばれていた。	

室の仕上面を構成する各部位 i の面積を S_i (m²)、吸音率を α_i とすると、等価吸音面積 A (m²) は次式で表される。右辺の $\alpha_i S_i$ は部材の等価吸音面積である。

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i$$

等価吸音面積を室内面の総表面積 S (m²) で割った室の平均吸音率 $\bar{\alpha}$ は次式で表される。

$$\bar{\alpha} = \frac{A}{S}$$

平均吸音率は、室の響きの検討時に残響時間とならび用いられる数値で、用途に合わせた平均吸音率を目標に、各部材の吸音率を適切に調整することが重要である。

用語	等価音圧（騒音）レベル（とうかおんあつ（そうおん）れべる）、 時間率音圧（騒音）レベル（じかんりつおんあつ（そうおん）れべる）	作成：2023.02.15
		改訂：2024.02.15
説明	音圧レベルや騒音レベルが時間とともに変化する場合に、これを単一数値で評価した音圧レベルや騒音レベル。環境騒音等の評価によく用いられる。単位はデシベル、単位記号はdB、量記号は $L_{eq}(L_{Aeq})$ 、 $L_x(L_{Ax})$ 。測定時間Tを含めると $L_{eq,T}(L_{Aeq,T})$ 、 $L_{x,T}(L_{Ax,T})$ 。	

移動していく自動車・列車・航空機などの騒音や、稼働状況が変化する工場などの騒音が環境騒音に含まれる場合、時間とともに音圧レベルや騒音レベルが変化する。大きさの評価や対策検討などの利便性を高めるため、これらを等価音圧（騒音）レベルや時間率音圧（騒音）レベルという単一数値で扱うことがある。

等価音圧（騒音）レベルは、測定時間Tのエネルギー的な平均値である。量記号は $L_{eq}(L_{Aeq})$ 、測定時間Tを含めると $L_{eq,T}(L_{Aeq,T})$ と表記する（測定時間が10分間の場合は $L_{eq,10min}(L_{Aeq,10min})$ ）。測定時間Tは、通常連続的に測定した時間を指すが、救急車のサイレンの音など対象外の騒音を除外して、断続的に測定した場合の総時間長を指すこともある。

時間率音圧（騒音）レベルは、測定時間Tにおける統計的な値である。量記号は $L_x(L_{Ax})$ 、測定時間Tを含めると $L_{x,T}(L_{Ax,T})$ と表記する（時間率5パーセント、測定時間が10分間の場合は、 $L_{5,10min}(L_{A5,10min})$ ）。 $L_5(L_{A5})$ の場合「測定時間の95パーセントは、 $L_5(L_{A5})$ の値未満となり、測定時間の5パーセントは $L_5(L_{A5})$ の値以上となる。」と説明できる。5パーセント・50パーセント・95パーセント時間率音圧（騒音）レベル $L_5(L_{A5}) \cdot L_{50}(L_{A50}) \cdot L_{95}(L_{A95})$ は、それぞれ90パーセントレンジの上端値・中央値・90パーセントレンジの下端値ともいう。 $L_5(L_{A5})$ と $L_{95}(L_{A95})$ の範囲を90パーセントレンジと言い、これが大きければ音圧（騒音）レベルの時間変化が比較的激しい状況を表し、小さければ音圧（騒音）レベルの時間変化が比較的穏やかな（定常に近い）状況を表す。

なお等価音圧（騒音）レベルは、デシベル値をエネルギーに換算した上で加算・減算が可能である。例えば機器や暗騒音の騒音レベルが定常だと仮定して、機器の稼働騒音+暗騒音の等価騒音レベルの測定結果から、暗騒音の等価騒音レベルをエネルギー換算後に減算して、機器の稼働騒音の等価騒音レベルを推定することができる。一方時間率音圧（騒音）レベルは統計的な値なので、等価音圧（騒音）レベルのように、加算・減算や一部の時間を除外することはできない。なお騒音レベルはA特性音圧レベルともいう。

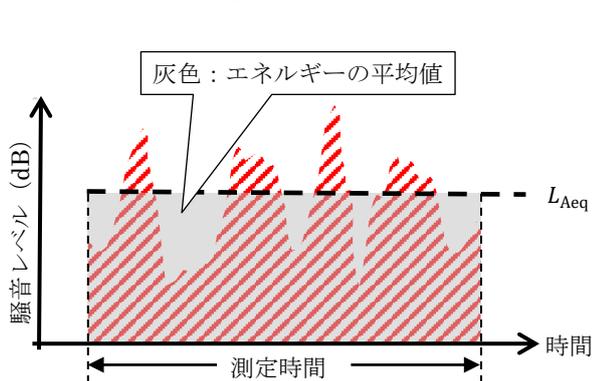


図1 騒音レベルの時間変化と等価騒音レベルの関係のイメージ

（等価騒音レベルは、測定時間Tのエネルギーの平均値なので、図の波形の赤ハッチの部分と、灰色の部分のエネルギーが同じになる。）

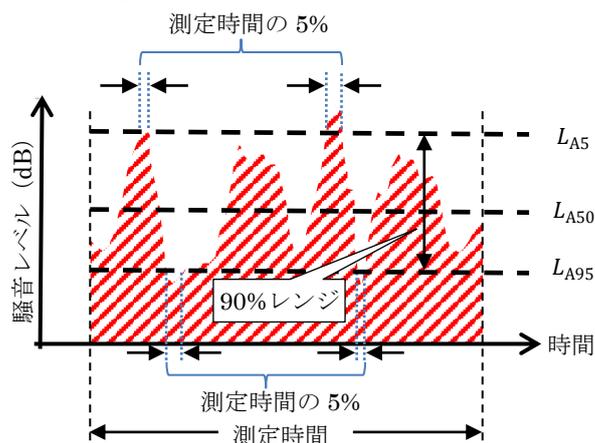


図2 騒音レベルの時間変化と時間率騒音レベルの関係のイメージ

（ L_{A5} が70dB、測定時間が100分の場合、5分間は70dB以上、95分間は70dB未満である。）

用語	フラッターエコー、ロングパスエコー	作成：2025.4.15
		改訂：
説明	平行な二面間などで音が繰り返し反射することにより生じる、「ビーン」といった反射音群をフラッターエコーと呼ぶ。また、直接音から時間差をもった強い反射音により音が二重に聞こえる現象をロングパスエコーと呼ぶ。	

一定以上に離れた二つの平行な平滑面の間で手拍子などの短い音を発すると、発した音が二面間を往復しながら一定時間間隔で反射を繰り返し、「ビーン」や「パタパタパタ」といった特徴的な音色が聞こえる場合がある。この現象は「フラッターエコー」や「鳴き竜」と呼ばれ、日光東照宮の薬師堂などでも聞くことができる。特徴的で耳につきやすいため、ホール等の音響空間において発生した場合には音響障害として扱われる。平行な二面間に限らず、下図のように同一の伝搬経路（閉ループ）上で反射を繰り返すときは同様の現象が生じる場合がある。

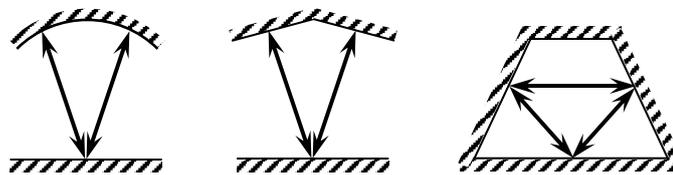


図 フラッターエコーの例

また、発した音が遠方からの強い反射音として、直接音から時間差をもって聞こえ、音が二重に重なって聞こえる場合がある。いわゆる「山びこ」のようなこの現象はロングパスエコーと呼ばれ、反射音の時間遅れが 50ms 以上となると分離して聞こえるとされていることから、約 8.5m 以上離れた反射面からの反射音がロングパスエコーとして検知される可能性がある。ホールであれば、客席後部の壁や天井が大きな反射面となっている場合に舞台上や前方客席でエコーが聞こえる例などが相当するが、ホールだけでなく例えば宴会場や大会議室など、主には比較的大きな空間で問題となる可能性がある。ロングパスエコーが客席エリアで生じると聴衆にとって聞き取りにくい環境に、また舞台エリアで生じると演奏者・発話者にとって演奏しにくい・話しにくい環境に、それぞれなり得る。

フラッターエコーやロングパスエコーを防止するためには、対象となる反射面の角度を変えたり吸音処理したりすることなどが挙げられる。

用語	床衝撃音、床衝撃音レベル、床衝撃音遮断性能（ゆかしょうげきおん、	作成：2019.11.14
	ゆかしょうげきおんれべる、ゆかしょうげきおんしゃだんせいのう）	改訂：
説明	人の飛び跳ねや歩行、スプーン等の器物の落下によって床に加えられた力によって発生した振動が下階や上階、隣接する住戸等に伝わって放射される衝撃性の固体伝搬音を床衝撃音という。床衝撃音レベルは、標準衝撃源によって測定される床衝撃音の特性を示す値であり、床衝撃音遮断性能は床衝撃音の発生を抑える程度を示す評価量である。	

素足による歩行や飛び跳ねに代表される“ドスン”“ドスン”と言った重くて柔らかい床衝撃音を重量床衝撃音といい、ハイヒールの歩行やスプーンの落下等に代表される“コツ”“コツ”と言った軽くて硬い床衝撃音を軽量床衝撃音と言う。床衝撃音は集合住宅等の居住者から気になる騒音として指摘される率が高く注意を要する。

重量床衝撃音と軽量床衝撃音では衝撃源の衝撃力特性が異なり、基本的な性能向上方法もそれぞれ異なる。重量床衝撃音の場合は床躯体構造の剛性を増すことが、軽量床衝撃音の場合は床仕上げ材にカーペットや畳など緩衝性のある材を用いることが、性能の向上に最も効果的であると言われている。

床衝撃音遮断性能の測定・評価方法は、JIS や ISO 等で規定されており、我が国では一般に床衝撃音遮断性能の測定は、JIS A 1418-1 に規定された標準軽量衝撃源（タッピングマシン）と JIS A 1418-2 に規定された衝撃力特性(1)を有する標準重量衝撃源（バングマシン）を用いて床を衝撃加振し、その際に発生する床衝撃音レベルを騒音計により計測して行われている。また、床衝撃音遮断性能の評価は、JIS A 1419-2 の附属書 1 に規定された L 曲線による方法が専ら行われている。

なお、床衝撃音レベルも床衝撃音遮断性能も値が小さいほど、性能が高いことを意味する。また、タッピングマシンとバングマシンによる床衝撃音遮断性能の L 曲線による評価結果については、日本建築学会の遮音性能基準に適用等級としてランク分けする方法が示されており、集合住宅等の設計図書で特記仕様として多くの建物に採り入れられている。

参考文献

- 1) 日本建築学会編：建築物の遮音性能基準と設計指針 [第二版]、技報堂出版

用語	T等級 (ていとうきゅう)	作成：2019.11.14
		改訂：
説明	建具の遮音性能を表す等級。音響透過損失から、T-1、T-2、T-3、T-4 の4つの等級が規定されており、値が大きい方が遮音性能は高い。建具の遮音性能を相互に比べる場合などに用いられる。	

JIS A 4702「ドアセット」、JIS A 4706「サッシ」に規定に、図1に示すように5 dB 間隔で遮音等級線が規定されている。実験室で測定された125 Hz～4 kHz 帯域の1/3 オクターブバンドの音響透過損失、あるいはオクターブバンドの音響透過損失が全て遮音等級線以上である時、その内の最大の等級線の名前を建具の等級とする。なお、等級線を下回る値の合計が3 dB 以下である場合は、その等級とする。

図2に窓サッシの音響透過損失を遮音等級線に重ねて示す。2 kHz 帯域付近でT-2の遮音等級線を下回るが、その合計が3 dB であるので、T-2等級と判定される。

現場における建具前後の音圧レベル差の測定結果をT等級を判定することも慣例的に行われているが、上述のように実験室における音響透過損失を用いるのが規定である。

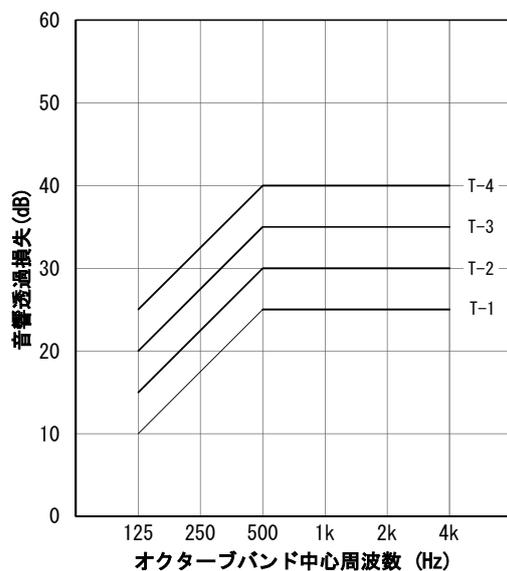


図1 T等級の遮音等級線

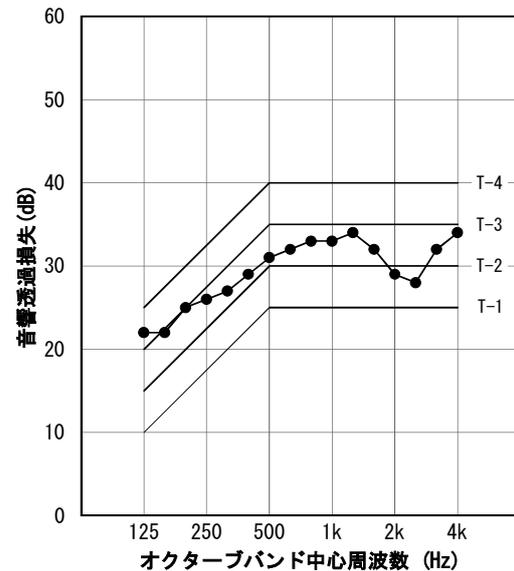


図2 窓サッシの音響透過損失の例

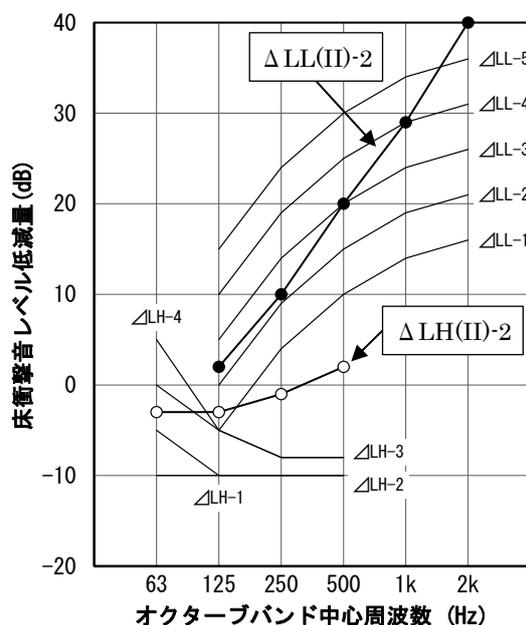
用語	ΔL 等級 (でるたえるとうきゅう)	作成 : 2025.04.15
		改訂 :
説明	床材の床衝撃音低減性能を表記するための等級。実験室において、スラブ素面と床材設置時の床衝撃音レベルを各々測定し、その差より求められる低減量の値をもとに表記される。重量・軽量床衝撃音レベルの低減量について、それぞれ ΔLH 等級および ΔLL 等級が表記される。	

床材の床衝撃音に対する低減性能については、従来、「推定 L 等級」による表示が床材製品カタログなどで用いられてきた。しかし、同方法は、性能試験時に床材の壁際納まりが再現されないことや、現場の空間性能の保証値であると誤解されることなどの問題があった。そこで、これらの問題を解決するため、床材関係の各工業会による要請のもと、ΔL 等級を用いた表記方法が 2008 年に定められた。

本表記には、標準重量衝撃源 (タイヤ) を用いる ΔLH 等級と、標準軽量衝撃源 (タッピングマシン) を用いる ΔLL 等級がある。ΔLH は 1~4 等級、ΔLL は 1~5 等級が設定され、数字が大きいほど性能がよい。なお、標準重量衝撃源のボールについては等級が定められていない。ΔL 等級の適用例を図 1 に示す。

床衝撃音レベル低減量の測定は、壁式構造実験室において JIS A 1440-1、2 に規定された方法により行うのが基本であるが、試験条件については、床材の種別 (カテゴリー I : 直張り防音フローリング、ビニル系床材等)、カテゴリー II : 乾式二重床、発泡プラスチック系床等) ごとに規定がある。また、カテゴリー I の床材の多くは重量床衝撃音に対して低減・増幅効果を示さないことから、表記は ΔLL 等級のみでよく、ΔLH 等級については任意である。等級表記の際には、ΔLL(I)、ΔLL(II) のようにカテゴリーの違いを明記する必要がある。

ΔL 等級は部材性能と位置付けられ、現場で測定される空間性能 (床衝撃音遮断性能) とは直接対応付けられない点に注意が必要である。



スラブ素面の床衝撃音レベルと、床材設置時の床衝撃音レベルの差 (床衝撃音レベル低減量) を、各 ΔL 等級について示された下限値により区分する。

例えば、求められた床衝撃音レベル低減量の値が、ΔLL-x 等級の下限値を全ての周波数帯域で上回る場合、ΔLL-x 等級と表記することができる。

図 1 ΔL 等級の適用例

参考文献

- 1) 日本建築総合試験所、床材の床衝撃音低減性能の表現方法に関する検討委員会報告書、2008 年 3 月
- 2) 日本建築総合試験所ウェブサイト、https://www.gbrc.or.jp/test_research/acoustic/sound02/
- 3) 日本複合・防音床材工業会ウェブサイト、<https://jafma.gr.jp/flooring/sound/s06/>