

## 「解析理論」

### 基本条件

1. 音源および受音位置はいずれも点とし、指向性がないものとします。
2. 音以外の要因(たとえば、気圧変化、風、火災の影響など)との連成効果は考慮しません。
3. 解析領域内に配置されたモデルの固有振動数は無視し、共振は発生しないものとします。
4. 音の透過について、通過媒体の密度差による屈折は考慮しません。
5. 回折は考慮しません。

### 数値条件

1. 気温:15度C一定
2. 空気の密度:一定
3. 風:無風
4. 音速: $V_s = 340.0\text{m/s}$  (15度C、空気中、モデル内部とも同じとする。)

### 基礎式

1. 音圧レベルと音のエネルギーとの関係

$$L = 10 \times \log(P / P_0) \quad \text{※log は常用対数}$$

$$P = P_0 \times 10^{(L / 10)}$$

L: 音圧レベル(dB)

P: 音のエネルギー(W / m<sup>2</sup>)

P<sub>0</sub>: 音圧レベルの基準値(10<sup>-12</sup> W)

2. 音の空気中の伝搬式

周波数別および自由空間に音が分散すると考えます。

なお、本計算式は各周波数で共通となります。

$$L_r = L - 20 \times \log r - 11$$

L: 音源での音圧レベル(dB)

L<sub>r</sub>: 音源から距離 r(m)の位置での音圧レベル(dB)

r: 音の経路(直達距離)の長さ(m)

(出典:「騒音工学」p.22/五十嵐壽一・山下充康)

3. 音の透過損失の算出式

$$L_{trlos} = 20 \times \log(\text{freq} \cdot \text{Rohm}) - 43$$

L<sub>trlos</sub>: 透過による損失(dB)

freq: 音の周波数(Hz)

Rohm: モデルの面密度(kg / m<sup>2</sup>)

$$= \text{モデルの密度(kg / m}^3) \times \text{モデル内の音の通過長さ(m)}$$

4. 受音点に到達する周波数別の騒音レベル  $L_{targ}$  の算出式

$$L_{targ}(dB) = 10 \times \log(10^{(L_{indi} / 10)} + 10^{(L_{indi} / 10)} + \dots)$$

ここに、

$L_{indi}$  : 時刻  $t$  に複数の音源と経路により到達したそれぞれの騒音レベル  
(出典:「騒音計とは」株式会社 小野測器)

5. 時刻  $t$  での各周波数を合成した騒音レベル  $L_{tot}$  の算出式

$$L_{tot}(dB) = 10 \times \log(10^{(L_{targ} / 10)} + 10^{(L_{targ} / 10)} + \dots)$$

(出典:「騒音計とは」株式会社 小野測器)

6. 等価騒音レベル(「平成10年環境庁告示第64号」)  $L_{eq}$  の算出式

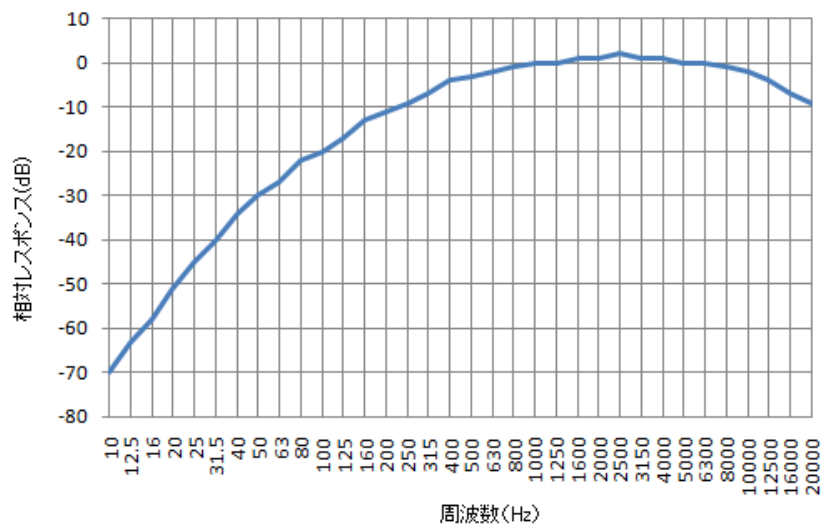
$$L_{eq}(dB) = 10 \times \log((10^{(L_{tot} / 10)} + 10^{(L_{tot} / 10)} + \dots) / n)$$

ここに、

$n$  : 所定の時間幅の中の時間ステップ数  
(出典:「騒音計とは」株式会社 小野測器)

## A 周波数特性

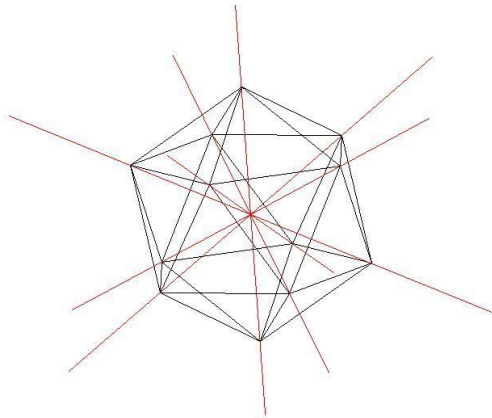
人の耳に感じる音の大きさは音圧レベルの他に周波数によっても影響を受けます。その周波数の影響を音圧レベルに換算して表したものを A 特性周波数重みと称します。



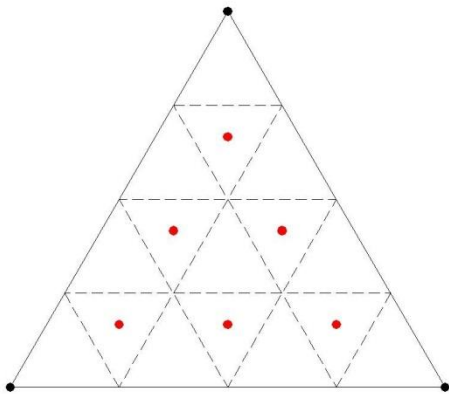
本システムでは、この重み付けを観測点で周波数合成を行う直前に付与する。表示されている周波数に一致しない値は線形補間により求める。

## 音の伝搬

音源から全球方向に音の経路が放射されると考える。経路の方向は音源を中心とする正二十面体の各頂点(12個)へ向かうものを基本とします。



音の経路は正二十面体の各辺を分割し、その分割点を連結することにより各面に作成される正三角形の中心位置を向くものとします。下図は辺を4分割した例の一面であり、赤丸の位置が経路の方向上の点を表します。

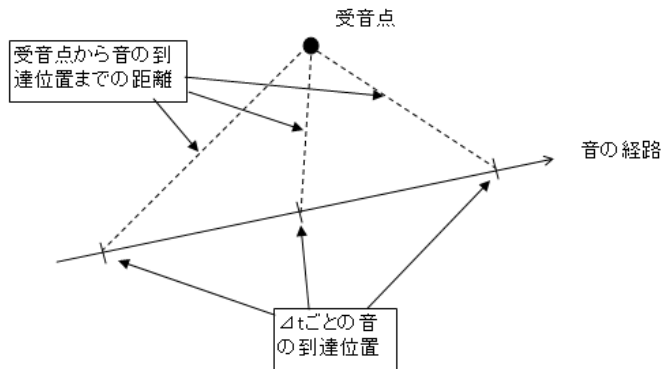


### 音の経路と受信点との関係

受信点の位置は経路と無関係に設置することが可能です。

各受信点についてどの経路の音を有効とするかは以下の考え方により決定します。

1. 音源を中心とし、受信点を通る球面（音源と受信点間距離を半径とした）を有効／無効を判断する上でのファクターとし用います。
2. 球の表面積を経路数で除し、この値を経路あたりの分担領域の面積とします。
3. 分担領域を正方形とみなし、その面積の平方根を基本の限界距離  $D_{lim}$  とします。
4. 下図の音源～到達位置間距離  $L_v$  が限界距離より短い場合、その受信点に対してその経路が有効とみなします。



5. 基本の限界距離では音の捕捉漏れが発生しやすいため、限界距離の調整係数  $a$  を設定することが可能です。このときの数値の扱い以下のとおりとします。

$L_v \leq D_{lim}$  : 条件を満たすすべての経路を有効とし、それらの音圧レベルを合成します。

ただし一本の経路で複数の到達位置が有効であれば最短距離のもののみを有効とします。

$D_{lim} < L_v \leq D_{lim} * a$  : 条件を満たす経路のうち  $L_v$  が最小のもの一本のみを有効とします。

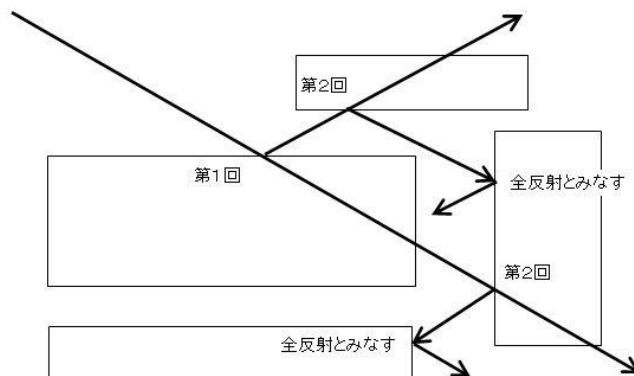
$D_{lim} * a < L_v$  : 着目する経路は有効ではないとします。

6. 経路が有効であれば、 $L_v$  の距離にかかわらず、その到達位置の音圧レベルを受音点での音圧レベルとします。

## 反射に関する制約

### 1. 反射回数の制限

音の経路が物体表面に到達した場合、与えられた反射率により、反射する経路と、物体に入射して透過する経路とにわけられます。このとき音源から放射された元の経路一本に対して2回目の反射までは反射と透過の両方を計算します。ただし、3回目以後に物体表面に音が到達した場合は透過が発生せず、全反射として扱います。



### 2. 近接した位置での複数回の反射

解析きざみ時間 $\Delta t$ の音の進行距離の間に、2回以上の反射は計算できません。その様な場合、2回目以後の反射は考慮せず、対象の物体が存在しないものとして経路を直進させます。

