

はじめて騒音計を手にする方へ

騒音計とは

概要と背景



ONOSOKKI

騒音計とは

(第3版)

騒音に関し国が定める法令等は、ここ 10 年余りの間に大きく変化してきました。1999 年 4 月には「環境基本法」が、同 6 月には「環境影響評価法（環境アセスメント法）」が、また 2000 年 4 月には「騒音規制法」が次々と改訂ないし新設されました。さらに、1999 年には騒音測定の指針となる JIS Z 8731 で等価騒音レベル (L_{Aeq}) を推奨するなど規格内容の大幅な見直しも行われました。こうした改訂や見直しは、私達の快適な生活環境の実現のためばかりではなく、益々世界的となる環境保全への取り組みやグローバル化する製品等の商取引で使用される騒音評価値に対し、国際規格との整合をはかってゆく必要性から求められてきたものです。

日本でも国際規格である ISO 14000 の環境影響評価システムを導入する団体、企業も多くなり、環境保全への取り組みは確実に広がっています。こうした環境保全の認識が高まる中、騒音に関してもまず現状の騒音状態を測定し、その対策を行うばかりでなく、新規計画の道路、建造物においてはその計画の段階で、また自動車や家電などあらゆる商品等ではその設計の段階で騒音を予測し騒音を抑えることへの配慮が求められるようになってきています。

ここに取り上げました“騒音計”は、簡便に騒音測定できる測定器としてますます私たちの身近なものとなるとともに、環境計量器としてその重要性を一層増してまいりました。1997 年に初版を発行した本冊子「騒音計とは」の内容もこうした背景とともに実態にそぐわなくなり、2000 年に全面的に見直しを行ない第 2 版として発行いたしております。さらに、今回の改訂（2009 年 8 月、第 3 版）では、主に騒音計やオクターブバンドフィルタなどの音響規格の JIS が、国際整合化に伴い IEC 規格と対応させるために改訂されたことに伴い、実施しております。またその他にも、技術的な内容の全体的な整合を図るため章立てなどを大幅に見直しました。

本冊子が、騒音計を使いこなしていく上で、皆様のお役に立てれば幸いです。



2009 年 8 月吉日

作成：97 年 01 月（第 1 版）

改訂：97 年 05 月

改訂：00 年 09 月（第 2 版）

改訂：07 年 12 月

改訂：09 年 08 月（第 3 版）

改訂：10 年 12 月

改訂：12 年 08 月

改訂：13 年 04 月

改訂：20 年 06 月

目次

1. 音とは	5
2. 騒音とは	7
3. 騒音の分類	8
3-1 レベルの時間変動による分類	8
3-2 周波数スペクトル形状による分類	10
4. 騒音の計測単位—なぜdBという対数尺度を使用するか	11
4-1 dBという対数尺度	11
4-2 計量単位「dB」と「ホン」について	13
5. 音の物理尺度	14
5-1 音圧レベル (sound pressure level)	14
5-2 音の強さのレベル (sound intensity level)	15
5-3 音響パワーレベル (sound power level)	16
5-4 オクターブバンドレベル (octave band level)、1/3 オクターブバンドレベル (1/3 octave band level)	17
6. 音の感覚尺度	18
6-1 音の大きさ (loudness)	18
6-2 音の高さ (pitch)	19
6-3 音色 (timbre)	19
6-4 音の大きさのレベル (loudness level)	19
6-5 騒音レベル (A-weighted sound pressure level)	21
7. 騒音計の概要	22
7-1 騒音計とは	22
7-2 普通騒音計 (クラス2) と精密騒音計 (クラス1) の違いについて	23
7-3 校正について	24
7-4 型式承認と検定について	25
7-5 騒音計の測定可能範囲 (リニアリティレンジ: 直線動作範囲)	27
7-6 防風スクリーン	27
8. 騒音計の構造	30
8-1 騒音計のブロックダイアグラム	30
8-2 マイクロホンとプリアンプ	30
8-3 周波数補正回路 (周波数の重み付け) Z (またはFLAT)、A、C特性について	31
8-4 時間重み特性Fast、Slowについて	32
8-5 AC出力とDC出力	35
8-6 表示部	37

9. 騒音計の表示値	39
9-1 音圧レベル <Sound Pressure Level> (L_p) について	39
9-2 騒音レベル <A-weighted Sound Pressure Level> (L_A) について	40
9-3 等価騒音レベル <equivalent continuous A-weighted sound pressure level> ($L_{Aeq,T}$) について	41
9-4 単発騒音暴露レベル <sound exposure level> (L_{AE}) について	42
9-5 時間率騒音レベル <Percentile Sound Pressure Level> (L_x) について	44
9-6 最大騒音レベル (L_{max}) と最小騒音レベル (L_{min}) について	46
9-7 N秒間の最大値 (Tact max) について	46
9-8 ピークレベル値 (L_{peak})	47
10. 等価騒音レベルの測定方法 (JIS Z 8731:1999 の概要)	49
10-1 等価騒音レベルについて	49
10-2 用語の定義	50
10-3 騒音の種類	51
10-4 測定器と校正	52
10-5 測定点	52
10-6 騒音の測定方法	54
10-7 記録事項	56
10-8 附属書 1 (規定) 適正な土地利用のための音響データの収集	57
10-9 附属書 2 (参考) 環境騒音の表示、測定方法に関する補足事項	59
10-10 測定に影響を与える環境条件	63
10-11 音の伝搬と距離減衰	64
11. オクターブ分析 (周波数分析)	65
11-1 オクターブ分析について	65
11-2 オクターブフィルタのJIS規格	66
11-3 オクターブフィルタのバンド幅と中心周波数	67
11-4 オーバオールレベルの計算 (バンドレベルの合成)	71
11-5 オールパスとオールパスの意味 (ALLPASS、OVERALL)	72
11-6 NC (noise criteria)	74
11-7 ラウドネス解析 (ラウドネス、ラウドネスレベル、シャープネス)	75
12. デシベル (dB) についての計算	79
12-1 dB の和 (パワー合計値)	79
12-2 dB の平均 (パワー平均値)	80
12-3 dB の差 (パワー差)	80
12-4 対数計算の公式	81
12-5 等価騒音レベルの計算方法	81
12-6 時間率騒音レベルの求め方 (50 回法)	82

13. 騒音に関する法律	84
13-1 騒音に係る環境基準について（平成 10 年環境庁告示第 64 号）	85
13-2 騒音規制法について	89
13-3 環境影響評価法の概要	93
13-4 日本の環境騒音測定における騒音評価量のまとめ	94
＜参考文献・資料＞	95
日本工業規格（JIS）	95
国際電気標準会議（IEC）規格	95
参考文献	95
参考カタログ	96

1. 音とは

音とは、一般に気体、液体、固体などの媒質中を伝搬する波（音波、弾性波）ですが、本冊子では、主に空気中を伝わる音波に関して説明します。

音波は、毎秒約 340 m の速さで伝わる波動現象です。我々は、空気中を伝わる波動を耳によって聞いています。この波動は、空気の大気圧の圧力変動（交流的な圧力変化）が連続的に生じることによって発生します。

一般に、大気圧（静圧）からの圧力変動を音圧と呼んでいますが、JIS 規格 JIS Z 8106:2000（音響用語）から引用すると；

- 瞬時音圧** (instantaneous sound pressure) 媒質中のある点で対象とする瞬間に存在する圧力から静圧を引いた値
- 音圧** (sound pressure) 特に指定しない限り、ある時間内の瞬時音圧の実効値

；と、「瞬時音圧」と「音圧」とを明確に分けております（右図 1.1.を参照）。

ただし、本冊子では、今まで通り、「音圧」という言葉で、上記の 2 つの用語を適宜使い分けておりますので、あらかじめご了解下さい。

聴力の正常な若い人の聞くことのできる音圧の範囲は、 $20 \mu\text{Pa} \sim 20 \text{Pa}$ です。 μ は、「マイクロ」と読み、 10^{-6} を意味する補助単位です。従って、最も大きな音と小さな音の音圧の比は、 10^6 にも及びます。また、“Pa”（パスカル）は、圧力の単位で、 1Pa は 1m^2 の面積に 1N （約 0.1kg 重の重量に相当）の力を加えたときの圧力に相当します。天気予報の大気圧は、その 100 倍の大きさの hPa という単位を使用しています。（気圧という言葉は、単位としても使われており、1 気圧は、約 1013hPa に相当します。）

音の強さと同様に、聴力の正常な若い人の聞くことのできる瞬時音圧の周波数範囲は、約 20Hz から 20kHz と約 1000 倍の範囲となります。厳密な区別ではありませんが、音の周波数範囲は一般に下記に分けることができます。

- 20Hz 以下 : 超低周波音 (infrasound)
- 20Hz $\sim$ 20kHz : 可聴音 (audible sound)
- 20kHz 以上 : 超音波音 (ultrasound)

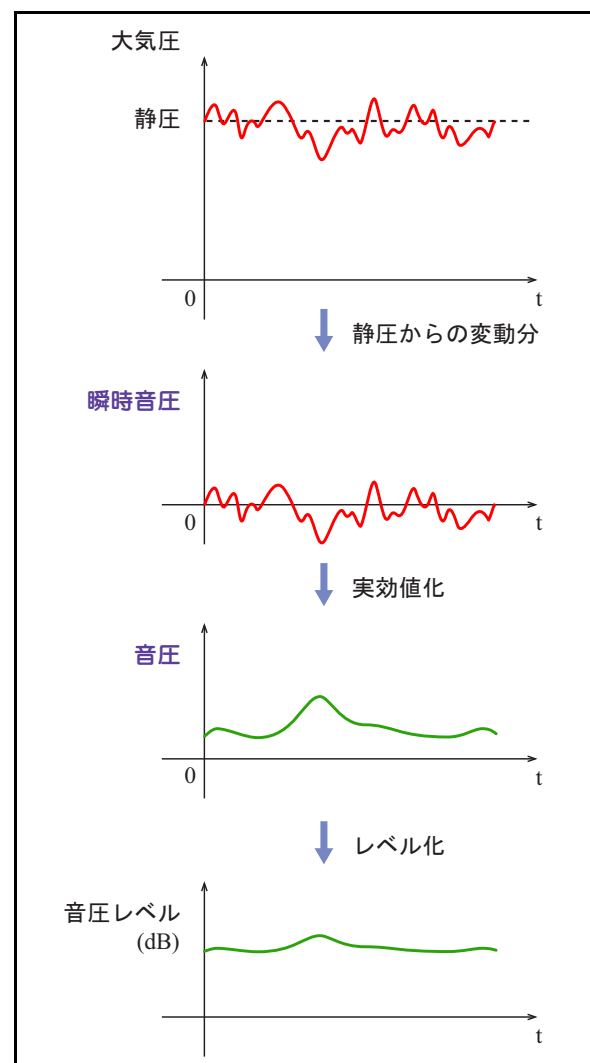


図 1-1 騒音計の基本的処理フロー

私達は、音を耳で感じるとき、次のような音の特徴から音の違いを聞き分け、判断しています。

- **音の高さ** : 私たちが高い音、低い音とっているもので、音の周波数の違いから起こります。
 同じ「ア」の音声でも、高い声の「ア」と低い声の「ア」がありますが、これは、「ア」としての音の波の形は同じでも、周波数が異なるため、周波数が高い音はかん高く、周波数の低い音は低く・重々しく聞こえます。
- **音の大きさ** : 同じ音の高さの「ア」と言う声でも、大きな声の「ア」と小さな声の「ア」があります。
 これは、同じ様な波形をしていても、大きな声の「ア」は振幅が大きく、小さな声の「ア」は振幅が小さいことによります。騒音計は、この音の大きさを測る測定器です。
- **音色・音質** : 私たちは、同じ音の大きさ、同じ音の高さで弾かれている楽器の種類を聞き分けることができます。これは、楽器からでてくる音の音色や音質を聞き分けているのです。音色や音質は、現在でも十分には解明されていませんが、音の波形が微妙に異なることによるといえます。

また、音は波としての性質を持っていることから、「反射」、「透過」、「回折」といった性質を持ち、距離によって減衰します。以下に図示しましたので参考としてください。

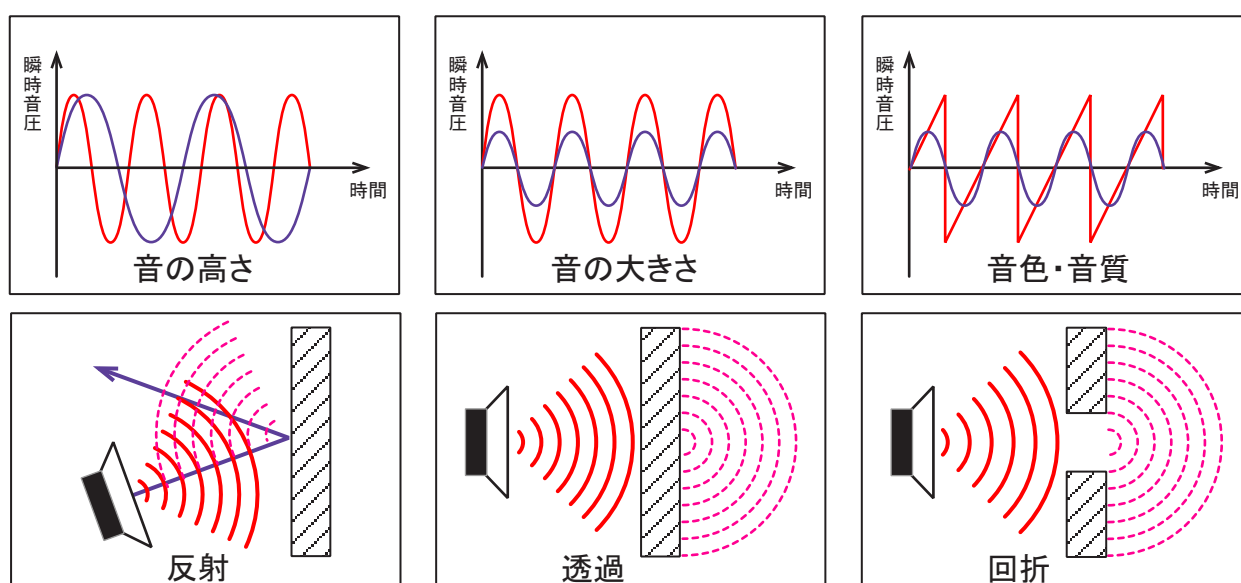


図 1-2 さまざまな音の特徴と性質

2. 騒音とは

騒音は、さまざまな音の中で「聞きたくない不快な音」、「邪魔な音」の総称です。前出した音響用語規格（JIS Z 8106:2000）によれば、騒音（noise）は“不快なまたは望ましくない音、その他の妨害”と定義されています。不快と感じる音は、健康や生活環境に係わる被害を生じ、やがて公害問題に発展します。

騒音の評価においては、可聴音である 20 Hz ～ 20 kHz の範囲のうち、主要な帯域である 50 Hz ～ 5 kHz ぐらゐを対象とします。なお、普通の会話では、300 Hz ～ 3 kHz の範囲が聴取にとって重要となります。

大きな騒音の中で長時間働いていると難聴になったりしますが、こうした騒音から人の生活を保護するために法律によって騒音の規制が定められています。

騒音を測定評価する測定器として一般的に騒音計が使用されています。音を数値化して表す方法として、物理的尺度と感覚的尺度があります。物理的尺度としては、①音圧レベル（sound pressure level）、②音の強さのレベル（sound intensity level）、③音響パワーレベル（sound power level）、及びこれらを周波数分析したオクターブバンド、1/3 オクターブバンドレベルなどがあり、感覚的尺度としては、④音の大きさ（loudness）、⑤音の高さ（pitch）、⑥音色（timbre）、⑦音の大きさのレベル（loudness level）、⑧騒音レベル（A weighted sound pressure level）等があり、その多くは JIS や、IEC（国際電気標準会議）などで定義されています。特に感覚尺度では現在様々な評価量が研究発表され今後ますます発展する分野となっています。

環境騒音では騒音レベルを、商品開発では音響パワーレベルや 1/3 オクターブ分析、最近では音質評価パラメータを測定するなど、それぞれ測定目的に適した測定項目で評価されています。これらの概要は 5 章、6 章、及び 11 章にまとめましたのでご参照ください。

騒音計は、この中の ①音圧レベル、⑧騒音レベルを測定する計器に当たり、最近の技術進歩によりこれらのオクターブバンド、1/3 オクターブバンドレベルや、④音の大きさ（ラウドネス）をも測定できる機種も発売されています。

それでは騒音に関してもう少し詳しくみてゆきましょう。

図 2-1 は環境騒音の種類とその大きさの例を示したものです。

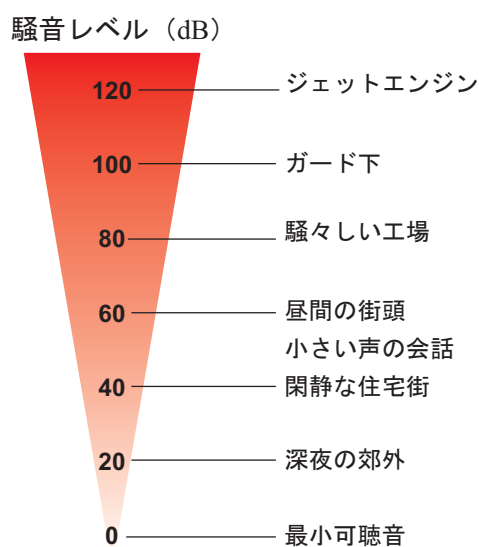


図 2-1 いろいろな騒音とその大きさ（レベル）

3. 騒音の分類

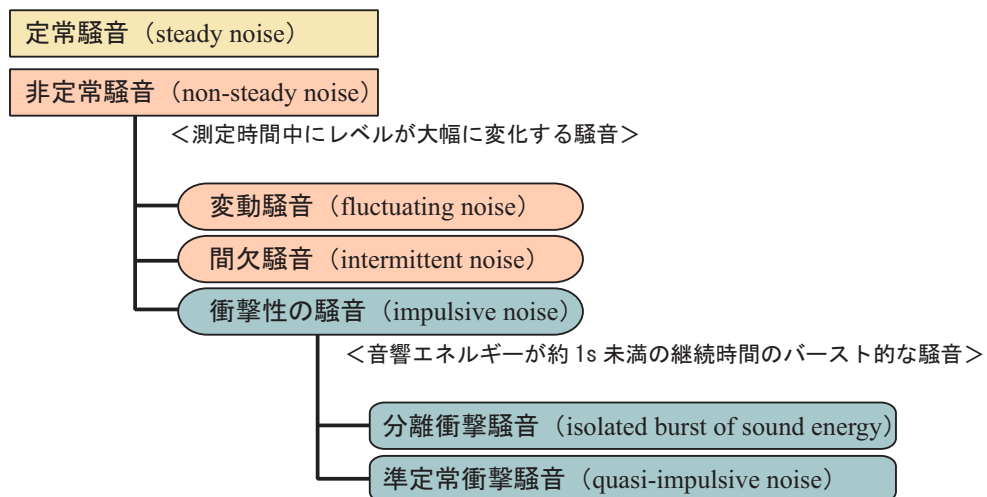
騒音の変化には、大きく分けて「レベルの時間軸上における変動」と、「周波数軸上におけるスペクトル成分の違い」があり、これを基に騒音を分類することができます。

(注意)

この章は、JIS Z 8733:2000 附属書 F (参考)「騒音のスペクトル及びレベルの時間変動による分類」を引用しております。

3-1 レベルの時間変動による分類

騒音は、レベルの時間変動という観点から、下記のように分類されます。



各タイプの特徴と典型的な時間軸波形は次の通りです。

● 定常騒音 (steady noise)

測定点において、ほぼ一定レベルの騒音が連続しており、騒音計の指示値に変動が無いか、または多少変動しても変動が僅かである騒音を定常騒音といいます。

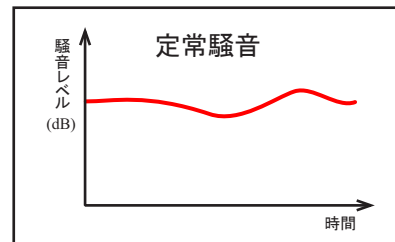


図 3-1

● 変動騒音 (fluctuating noise)

測定点において、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動する騒音を変動騒音といいます。例えば、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は、ほとんどの場合変動騒音です。

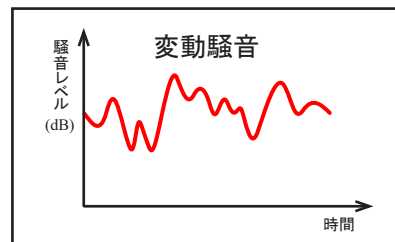


図 3-2

● 間欠騒音 (intermittent noise)

ある時間間隔において間欠的に発生する騒音の内、発生時毎の継続時間が数秒以上の騒音を間欠騒音といいます。一つの発生から次の発生までの時間間隔は、ほぼ一定の場合もあれば、列車や航空機の通過のように不規則な場合も有ります。

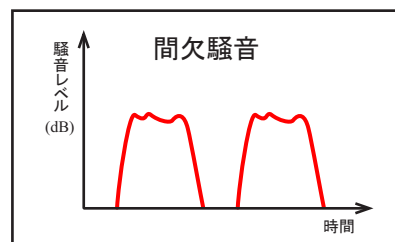


図 3-3

● 分離衝撃騒音 (an isolated burst of sound energy)

例えば、パイルハンマが杭を打つときの音のように、個々の騒音が分離できる衝撃騒音を分離衝撃騒音といいます。分離衝撃騒音は、単発の場合もあり、間欠的に発生する場合も有ります。また、発生毎のレベルがほぼ一定の場合や、かなりの範囲にわたって変化する場合があります。通常はバーストの間隔が 0.2 s 以上のものを言います。

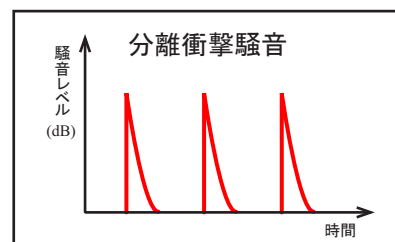


図 3-4

● 準定常衝撃騒音 (quasi-steady impulsive noise)

例えば、ベルや削岩機のように、ほぼ一定レベルの衝撃音が極めて短い時間間隔（約 0.2 s 未満）で繰り返して発生する騒音を準定常衝撃騒音といいます。このような騒音は、感覚的には定常騒音として受け取られることが少なくありません。

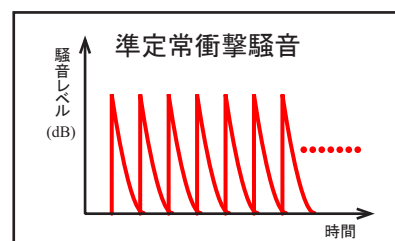


図 3-5

3-2 周波数スペクトル形状による分類

騒音は、周波数軸上におけるスペクトル形状という観点から、下記のように3つのタイプに分類されます。

広帯域騒音 (broad-band noise)
狭帯域騒音 (narrow-band noise)
離散騒音 (discrete noise)

各タイプの特徴と典型的なスペクトル波形は次の通りです。

● 広帯域騒音 (broad-band noise)

音響エネルギーが比較的広い周波数範囲に分布するスペクトルを有する騒音です。

例：滝の音、エアコン送風路からの排気音、高速道路騒音など。

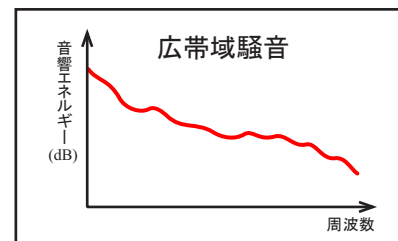


図 3-6

● 狭帯域騒音 (narrow-band noise)

音響エネルギーが比較的狭い周波数範囲 (1/3 オクターブバンド以内) に集中するスペクトルを有してかつ離散的な音を含まない騒音です。

例：遠雷の音 (低周波)、草原や溪谷を吹き抜ける風の音 (中程度の周波数)、自動車のタイヤの空気が抜ける音 (高周波) など。

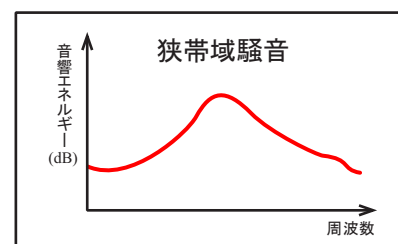


図 3-7

● 離散純音 (discrete tone)

ピッチの感覚をもたらす周期的な音圧変動を持ち、周波数的にはラインスペクトルを有する騒音です。

例：ファンのハム音、デジタル機器からのビープ音、楽器音など。

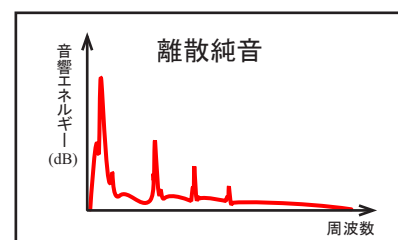


図 3-8

4. 騒音の計測単位—なぜdBという対数尺度を使用するか

4-1 dBという対数尺度

人間が感じることができる音（可聴音）の周波数帯域は、およそ 20 Hz ～ 20 kHz であり、音圧の範囲は $20 \mu\text{Pa} \sim 20 \text{Pa}$ で、最も小さな音と最も大きな音との音圧の比は「 10^6 」にも及ぶことを 1 章でお話しました。一般に広範囲の変化量を効率的に表わす尺度として対数尺度が用いられますが、変化の範囲が非常に広いということから、音圧や騒音の大きさを表わす場合にも、この対数尺度が使用されます。さらに、“人間の感覚量は刺激量の対数に比例する”というウェーバ・フェヒナーの法則があり、聴覚も感覚量の一つであることから対数尺度が用いられています。

対数尺度の単位としては、アメリカのアレクサンダー・グラハム・ベル（Alexander Graham Bell）が電話における電力の伝送減衰を表わすのに最初に用いたことから、ベル（B）が使用されています。なお、ベル（B）そのものでは値が大きすぎるため、その 10 分の 1 であるデシベル（deci Bel = dB）が実際には使用されています。すなわち、1 B が 10dB の値に等しくなります。

（注意）

1. d（デシ）は、SI 単位（国際単位系）で 10^{-1} を表す接頭語です。
2. 放射音圧レベルにおける dB と明確に区別するために、A 特性音響パワーレベルの表示値に B（ベル）を使う例があります（JIS X 7778:2001 情報技術機器の表示騒音放射値）。

なお、電気・通信分野で、デシベル（dB）が多用されるのは、上記の理由に加え、多段接続された増幅器や減衰器などのゲインが加算や減算で簡単に計算できるからです。

先に述べたように、デシベル（dB）は電力（パワー）の伝送減衰（比率）を表わすために使用されたもので、その定義式は次のようになります。

$$10 \log_{10} \frac{E}{E_0} \dots\dots\dots \text{（式 4-1）}$$

E ：測定された電力

E_0 ：基準となる電力

上記の式 4-1 からわかるように、デシベル（dB）とは、電力比を常用対数で表現する相対値であり、基準となる数値（例えば上記の E_0 ）が明確に規定されていれば、絶対数値として取り扱うことが可能となります。それ故、デシベルで重要なことは、常に“基準値が何か”ということに注意しなければなりません。

音響分野では、音圧の 2 乗が音の強さに比例するため、例えば騒音計を使用して測定する際の表示値の一つである音圧レベル L_p (dB) は次の式で与えられます。

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log_{10} \frac{p}{p_0} \quad \dots\dots\dots \text{(式 4-2)}$$

p : 測定された (瞬時) 音圧の実効値

p_0 : 基準となる音圧の実効値 ($20 \mu\text{Pa}$) (Pa はパスカルという圧力単位)

さらに、人の聴覚に対応した周波数重みである A 特性 (詳しくは、8 章 3 節「周波数補正回路」を参照) で重み付けした音圧 p_A から騒音レベル L_A (A 特性音圧レベル) (dB) を求める式は次のようになります。

$$L_A = 10 \log_{10} \frac{p_A^2}{p_0^2} = 20 \log_{10} \frac{p_A}{p_0} \quad \dots\dots\dots \text{(式 4-3)}$$

p_A : 測定された周波数重み A 付きの (瞬時) 音圧の実効値

p_0 : 基準となる音圧の実効値 ($20 \mu\text{Pa}$) (Pa はパスカルという圧力単位)

音 (振動) の世界では、その大きさ (強さ) を表わす言葉として「レベル (実用単位として dB)」を使用して、「音の大きさ」とはいわないで「音 (圧) のレベル」は「何 dB」のように表現されます。さらに、上記の定義にもあるように、dB の絶対規準値の音圧が p_0 ($20 \mu\text{Pa}$) と明確に決められていますので、例えば「100 dB の音圧レベル」の音圧実効値は、何パスカルであるかは、一義的に決まります。この例では、100 dB は、2 パスカルに相当します。なお、デシベルの計算方法などは、後述します。

(注意) 「dB SPL について」

音圧レベルは Sound Pressure Level (SPL) なので、特に音圧レベルの単位である dB (デシベル) を明示的に表現するために、以前は “dB SPL” と表記する場合があります。しかし、最近の JIS 規格や計量法などの法律なども、単に dB と表記するのが正しい単位表記となっています。

4-2 計量単位「dB」と「ホン」について

旧計量法では“ホン”という計量単位が使用されておりましたが、1993年（平成5年）の新計量法の施行に伴い、国際規格であるISO規格に合わせてSI単位である“dB”に移行し、非SI単位である“ホン”は完全に使用を禁止されています。また、平成9年9月30日迄の猶予期間において、“ホン”と“dB”の併用が認められておりましたが、平成9年10月1日以降は“dB”単位に完全に統一されましたのでご注意ください。なお、“ホン”は“dB”に相当する騒音レベルを表す単位で、両者は、単位名は違うものの同じ量を表します（例えば、90ホンと90dBは、同じ騒音レベルを表します）。

（注意）

騒音レベル（A特性音圧レベル）の単位は、分かりやすく表記するため、dBAまたはdB（A）が多用されてきましたが、現在の国内外の規格（JISやIEC）あるいは計量法では、音圧レベルも騒音レベルも、使用して良い単位は“dB”ですので、正式表記の場合は、ご注意ください。基本的な考え方として、「すべてのレベルの単位は“dB”とする。量の種類は、 L_p （音圧レベル）、 L_A （騒音レベル）などを明記する」とするのが実用的です。

5. 音の物理尺度

5-1 音圧レベル (sound pressure level)

ある音の瞬時音圧の実効値を p (Pa)、基準となる音圧を p_0 (Pa) としたとき、“音圧レベル” L_p (dB) は；

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{p^2}{p_0^2} \dots\dots\dots \text{(式 5-1)}$$

；で与えられます。基準音圧 p_0 は空気中の音の場合 $20 \mu\text{Pa}$ であり、ほぼ正常の聴覚を有する人間の 1 kHz の純音に対する最小可聴値となります。下図 5-1 は、音圧 p (Pa) と音圧レベル L_p (dB) の関係を示したもので、音圧 $20 \mu\text{Pa}$ は音圧レベル 0 dB 、 1 Pa は 94 dB 、 20 Pa は 120 dB になります。なお、可聴音ではありませんが、圧力の変動が 0.1 気圧（おおよそ $100 \text{ hPa} = 10^4 \text{ Pa}$ ）あったとすると、音圧レベルは 174 dB となります。

音の強さ [W/m ²]	音圧比	エネルギー比	dB (音圧レベル) (強さのレベル)	音圧 (実効値) [Pa]
1	10^6	10^{12}	130 120	20
10^{-2}	10^5	10^{10}	100 94 dB (1 Pa)	2 1
10^{-4}	10^4	10^8	80	0.2
10^{-6}	10^3	10^6	60	0.02
10^{-8}	10^2	10^4	40	0.002
10^{-10}	10	10^2	20 10	0.0002
10^{-12}	1	1	0	2×10^{-5}

図 5-1 音圧 p と音圧レベル L_p の関係

5-2 音の強さのレベル (sound intensity level)

空間を伝搬している音圧の実効値を p (Pa)、音波によって振動している媒質粒子の粒子速度を u (m/s) とすれば、音波の進行方向に垂直な単位面積を単位時間に通過する音のエネルギー I (W/m²) は；

$$I = p u \quad \dots\dots\dots \text{(式 5-2)}$$

；で与えられます。この量を“音の強さ (サウンドインテンシティ)” I (W/m²) と呼びます。

音波が平面波 (波面が波の伝搬方向に垂直な平面である波) であれば、媒質の体積密度を ρ (kg/m³)、媒質中の音速を c (m/s) として；

$$u = \frac{p}{\rho c} \quad \dots\dots\dots \text{(式 5-3)}$$

；が成り立ちます。上式を式 5-2 に代入すれば、音の強さ I は；

$$I = \frac{p^2}{\rho c} \quad \dots\dots\dots \text{(式 5-4)}$$

；となります。例えば、温度 20℃ の時、空気の体積密度 ρ_0 は 1.205 kg/m³、音速 c_0 は 343 m/s ですので、空气中を伝搬する音波 (ただし、平面波) に関して、音圧の基準値 $p_0 = 2 \times 10^{-5}$ Pa に相当する音の強さ I は；

$$I = \frac{p_0^2}{\rho_0 c_0} = \frac{(2 \times 10^{-5})^2}{1.205 \times 343} = 0.968 \times 10^{-12} \text{ (W / m}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots \text{(式 5-5)}$$

；となります。この値は、 10^{-12} W/m² にきわめて近く、音圧の基準値 p_0 に対応する音の強さの基準値 I_0 として、この値 (10^{-12} W/m²) を用いることが、国際的に取り決められています。

音圧レベルの場合と同様に、“音の強さのレベル” L_I (dB) は上述の I_0 を基準の音の強さにとり；

$$L_I = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0} \quad \dots\dots\dots \text{(式 5-6)}$$

；で定義されます。

音の強さの基準値 I_0 は、平面音波について求められた値でしたが、音の強さのレベルの式 5-6 は、一般の音波の場合にも用いられます。また、平面音波については、式 5-4 が成り立ちますので、温度 20℃における音の強さのレベルは；

$$L_I \approx 10 \log_{10} \frac{\frac{p^2}{\rho_0 c_0}}{\frac{p_0^2}{\rho_0 c_0}} = 10 \log_{10} \frac{p^2}{p_0^2} = L_p \quad \dots\dots\dots (式 5-7)$$

；となり、音圧レベルにほぼ一致します。ただし、空気の体積密度と音速は温度の関数ですから、温度が 20℃以外の場合には、音圧レベルと音の強さのレベルは一致せず、0.2 ～ 0.3 dB 程度の違いが生じます。また、音源の近傍などでは、音波が平面波と見なせなくなるため、音圧から単純に音の強さのレベルを求めることはできません。

5-3 音響パワーレベル (sound power level)

媒質中を伝搬する音波は、エネルギーの流れであると考えことができ、このエネルギーを音響エネルギーといいます。そこで、この音響エネルギーの大きさを表す量として、ある指定された面を単位時間に通過する音響エネルギーを考え、これを”音響パワー” P (W) と呼びます。

音波が平面波であれば、音の伝搬方向に垂直な平面を通る音響パワー P は、音圧の実効値を p (Pa)、媒質の体積密度を ρ (kg/m³)、音速を c (m/s)、平面の面積を S (m²) として；

$$P = I S = \frac{p^2}{\rho c} S \quad \dots\dots\dots (式 5-8)$$

；で与えられます。また、音響パワー P をある基準値 P_0 に対するレベルとして表した量を“音響パワーレベル” L_W (dB) といい；

$$L_W = 10 \log_{10} \frac{P}{P_0} \quad \dots\dots\dots (式 5-9)$$

；で定義されます。音響パワーレベルの基準値 P_0 は 10⁻¹² W であり、音の強さのレベル L_I における基準値 I_0 (10⁻¹² W/m²) に単位面積を掛けた値となっています。音響パワーは、主として音源から放射される音響エネルギーの大きさを表すために用いられ、ある指定された周波数帯域内において、単位時間に音源が放射する全音響エネルギーを“音響出力 (音源の音響パワー)” P (W) といい、その音響パワーレベルを“音響出力レベル (音源の音響パワーレベル)” L_W (dB) といいします。

5-4 オクターブバンドレベル (octave band level)、 1/3 オクターブバンドレベル (1/3 octave band level)

音の物理的な性質を捉えようとするとき、その音の全体的な音圧レベルや音の強さのレベルだけでは十分でなく、周波数毎の音圧レベルや音の強さのレベルを求めること（周波数分析）が必要となってきます。

音を周波数分析する場合には、オクターブバンドや1/3 オクターブバンドなどの定周波数比フィルタを用いた分析が広く行われています。これらの分析器は、IC化されたアクティブフィルタなどの電子回路技術によって小型化・低価格化がなされ、計測精度の向上や使いやすさにも大きく貢献しています。なお、オクターブバンドフィルタの詳細は、11章で説明します。

6. 音の感覚尺度

6-1 音の大きさ (loudness)

音の大きさは、音の強さに関する感覚量で、音の高さと音色に並ぶ音の知覚に関するもっとも基本的な性質の1つです。単位として、sone（ソーン）を用い、純音（1 kHz）の音圧レベルが 40 dB を 1 sone とする比率尺度で表現されます。例えば、正常な聴力を持つ人が、1 sone の純音の 2 倍の大きさと判定する音の大きさは、2 sone です。

下図 6-1 は、音圧レベル (dB) と音の大きさ (sone) の関係をオクターブバンド毎に求めたもので、1 kHz の場合をみると、音圧レベルが 10 dB 増加すると、音の大きさは 2 sone すなわち 2 倍になることが分かります。また、他の周波数帯域でも、1 kHz の場合と多少異なりますが、音圧レベルが 10 dB 増加すると、音の大きさはほぼ 2 倍となる関係は同じとなります。このように音の大きさは主に音の強さに依存するとともに、周波数にも依存します。さらに、音の持続時間にも依存し、持続時間が 150 ～ 300 ms の間で定常状態と感じます。

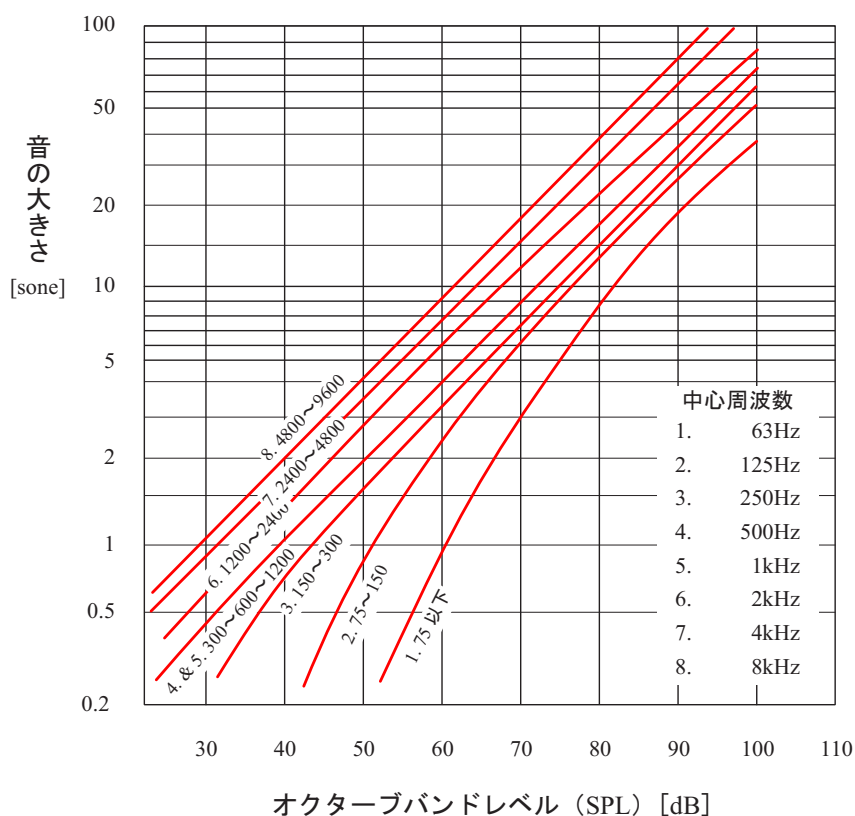


図 6-1 音圧レベルと音の大きさの関係

6-2 音の高さ（pitch）

音の高さは、先に述べたように音の周波数に関する聴覚上の性質のため、音の強さが一定の純音に対しては、周波数と高さは1対1に対応します。すなわち、周波数の高い音は高く、周波数の低い音は低く感じます。単位としては、mel（メル）を使用し、周波数1 kHz、音圧レベル40 dBの純音を1000 melとする比率尺度で表現されます。

このように、音の高さは、主として音の周波数によって決定されますが、複合音の高さについては周波数成分の組み合わせ等により、一意的に決まらないことがあります。また、音の強さや、先行音、後続音の有無によっても影響を受けます。

6-3 音色（timbre）

同じ大きさで同じ高さの音を発していても、我々は楽器の種類を区別することができますが、このように、2つの音の大きさがともに等しくても、その2音が異なった感じを与えるときその相違に対応する性質を音色といいます。

音色の研究は古くから行われてきていますが、現在でも十分には解明されておりません。最近の研究によれば、音色は美的因子、金属性因子、迫力因子の3つによって決定されているとされています。

6-4 音の大きさのレベル（loudness level）

先に述べたように、音の大きさは主として音の強さに依存しますが、その周波数や持続時間にも依存し、持続時間が150 ～ 300 msの間で定常状態と感じます。

そこで、定常音について、正常な聴力を持つ人が、その音と同じ大きさに聞こえると判断した1 kHzの純音の音圧レベルの値を、“音の大きさのレベル” P （phon、フォン）と定義します。周波数による人間の聴感の変化に関する測定は、フレッチャー・マンソン（Fletcher-Munson）に始まり、1957年にロビンソン（Robinson, F）らによって再測定がなされました。以下図6-2は、ロビンソンらが測定した正当な聴覚を持つ人が等しい大きさを感じる純音の音圧レベルと周波数の関係を示した曲線で、等ラウドネス曲線あるいは等感度曲線と呼ばれています。なお、ロビンソンらが測定した等ラウドネス曲線には大きな誤差が含まれていることが分かり、2003年に新しい等ラウドネス曲線がISO226として国際規格化されています。図では旧等ラウドネス曲線を青色で、新ラウドネス曲線を赤色で示し対比させています。

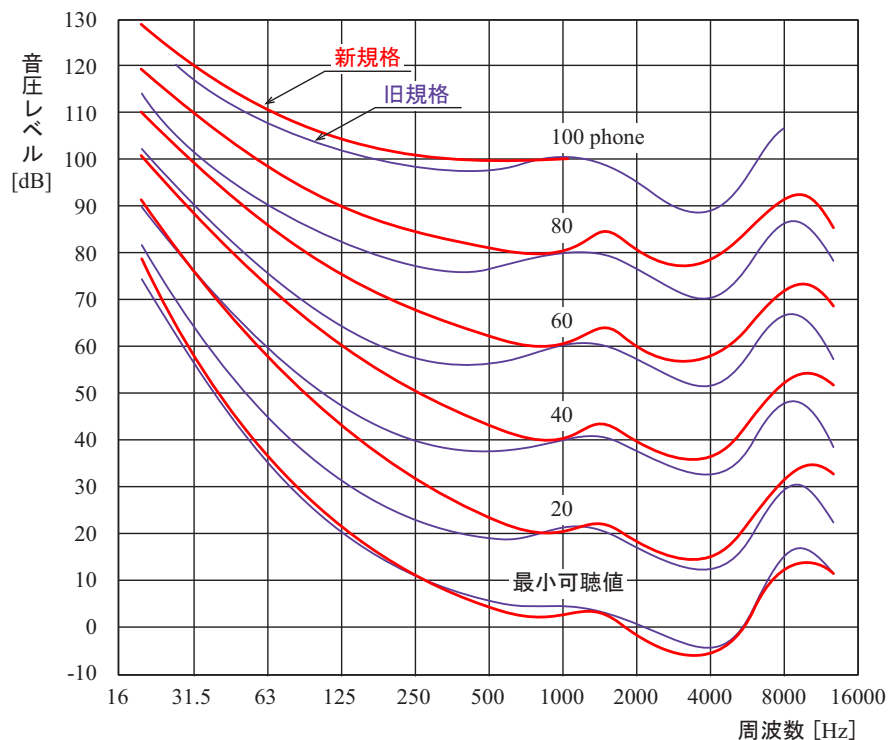


図 6-2 純音の等ラウドネス曲線（新旧比較）

この図より、人間の聴覚には次のような特徴があることが分かります。

- (1) 低い周波数では、耳の感度は非常に悪くなります。例えば、音の大きさのレベルが 40 phon の曲線を例にとれば、音圧レベル 40 dB で周波数 1 kHz の純音に対して、250 Hz では約 10 dB、63 Hz では約 35 dB も強い音で無いと同じ大きさに聞こえません。
- (2) 周波数 4 kHz 近傍で耳の感度は最も鋭くなり、1 kHz に比べて数 dB 良くなります。
- (3) 4 kHz 以上の高い周波数では、耳の感度は周波数の増加にともなって一様に変化するのではなく、波を描くように増減しながら全体的に感度が悪くなっていきます。
- (4) 人間が音として感じることができる周波数の範囲は、音の強さによっても変わりますが、低域の周波数限界（最低可聴限）は 15 ～ 20 Hz、高域の周波数限界（最高可聴限）は約 20 kHz となります。

この等ラウドネス曲線は、多数の青年の平均値として考えて良いのですが、実際にはかなり個人差があり、20 才をすぎると老化現象が表れて、最高可聴限が年齢の増加とともに低下してゆきます。

以上のように、純音の大きさのレベルは、等ラウドネス曲線により求めることができますが、複合音についても、その音圧から音の大きさのレベルを予測する方法が 1937 年フレッチャー・マンソン以来いくつか提案されています。現在、国際基準（ISO 532）では、スティーブンス（Stevens, S.S）の方法とツビッカー（Zwicker, E）の方法が採用されています。

6-5 騒音レベル（A-weighted sound pressure level）

騒音とは、人間にとって望ましくない音のことで、いかなる音であっても、聞き手にとって不快な音、じゃまな音と受け止められると、その音は騒音と見なされます。すなわち、騒音は人間の聴感に基づいた感覚量であるため、その大きさを表すためには、音の物理的な大きさではなく人間の聴感に基づいた量を用いなければなりません。そこで、騒音の音圧レベルに、前の 6 章 4 節で述べた等ラウドネス曲線に従った周波数重み付け（A 特性）をした音圧レベルを騒音の大きさを表す量として用い、“騒音レベル” L_A （単位：dB）と呼びます。

騒音レベルを測定するためには、騒音計を使用します。騒音計は、マイクロホン（通常コンデンサーマイクロホン）によって、音圧に比例した電気信号を発生し、周波数補正回路により、A 特性の周波数重み付けをした音圧レベルを表示します。

（注意）

“騒音レベル”という用語は我が国独特の言葉で、上記の説明にあるように“A 特性音圧レベル（A-weighted sound pressure level）”と同義語として使われています。さらに、新 JIS（JIS C 1509）では、周波数重み付きの音圧レベルに対して新用語“サウンドレベル（sound level）”を定義しており、それによれば、“A 特性時間重み付きサウンドレベル（A weighted and time-weighted sound level）”に相当します。

7. 騒音計の概要

7-1 騒音計とは

騒音計は騒音レベル (L_A) 及び音圧レベル (L_p) を測定する計測器であり、計量法にて特定計量器として指定されています。また、測定精度の違いから、JIS C 1509-1 Class1 (計量法での「精密騒音計」に相当) 及び、JIS C 1509-1 Class2 (計量法での「普通騒音計」に相当) に仕様などが定められています。更にそれぞれ統計量としての時間率騒音レベル (L_x) や、等価騒音レベル (L_{Aeq})、単発騒音暴露レベル (L_{AE}) などの積分量を測定する機能を持った積分平均形騒音計があります。

(注意)

騒音計の新規格であるサウンドレベルメータ (騒音計) JIS C 1509-1:2005 では、性能の等級をクラス 1 とクラス 2 とに分けており、性能的にはクラス 1 は旧 JIS C 1505 (精密騒音計) に、クラス 2 は旧 JIS C 1502 (普通騒音計) にほぼ相当しています。また現行の計量法における特定計量器検定検査規則 (第 814 条) には、騒音計の種類として、「精密騒音計」と「普通騒音計」が明記されています。これ以降は、クラス 1 は精密級、クラス 2 は普通級とほぼ同機能として話を進めていきます。

なお、騒音の種類 (環境騒音、作業環境騒音、工場・交通騒音、新幹線騒音、航空騒音等) によって測定の評価方法が法律によって定められています。騒音測定は、環境評価の重要な測定項目となっています。

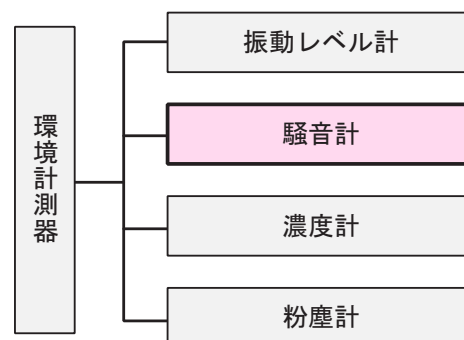


図 7-1 特定計量器に指定されている主な環境計測器

7-2 普通騒音計（クラス2）と精密騒音計（クラス1）の違いについて

普通騒音計は、屋外、工場、事務所などの環境騒音測定を目的とした騒音計で、現場での計測を低価格で簡単に行なうことを目的としています。それに対して、精密騒音計は、様々な分野の騒音研究、あるいは機械装置の騒音評価を行うユーザのあらゆる計測条件にも対応できることを目的としています。両騒音計とも、その基本仕様は計量法、JISに基づいており、その主な違いは下表のようになります。

○ 計量法

表 7-1 普通級と精密級との違い（計量法）

	普通騒音計	精密騒音計
器差 (dB)	±1.5	±0.7
目盛誤差 (dB) (基準レベルに対して±10dB の範囲)	±0.3	±0.2
目盛誤差 (dB) (上記以外)	±0.6	±0.4
レンジ切替誤差 (dB)	0.7	0.5
周波数範囲 (Hz)	20 ～ 8 kHz	20 ～ 12.5 kHz

○ JIS 規格

表 7-2 クラスによる性能の違い（JIS 規格）

	クラス 2（普通級）	クラス 1（精密級）
レベル直線性誤差 (dB) (入力レベルの 10dB 以内の変化に対して)	±0.5 (±0.8)	±0.3 (±0.6)
レベル直線性誤差 (dB) (上記以外)	±1.1 (±1.4)	±0.8 (±1.1)
周波数範囲 (Hz)	20 ～ 8 kHz	16 ～ 16 kHz

(注意)

1. カッコ内の数値は測定の拡張不確かさ（JIS 規格に規定する最大許容値）を含んだ場合。
2. 計量法では、計量範囲最小値と自己ノイズとの差は今まで通り、以下の数値と決められています。

■普通騒音計：+6dB ■精密騒音計：+8dB

7-3 校正について

マイクロホンも含めた騒音計の校正をするためには、JIS C 1515 (IEC 60942) に規定されたサウンドキャリブレータ (音響校正器) が使われます。

サウンドキャリブレータには、ピストンホンといわれている一定周期の機械振動により基準音圧を発生させる音響校正器と、圧電セラミックを振動音源とした簡易音響校正器があり、弊社ではそれぞれ SC-3120 (JIS C 1515 Class 1/C)、SC-2120A (JIS C 1515 Class 2) を用意しています。SC-3120 は 114 dB (250 Hz)、SC-2120A は 94 dB (1 kHz)、です。測定を始める前に、サウンドキャリブレータの基準音圧を入力し、騒音計の周波数重みを FLAT または C 特性に設定して、指示値が基準音圧と同じかどうか確認します。指示に差があるときは、一致するように調整用ボリュームで合わせます。差が 2 dB 以上あるときは何らかの異常の可能性がありますのでメーカーでの点検を受けることをお勧めします。



SC-3120



SC-2120A

図 7-2 代表的なサウンドキャリブレータ

また、騒音計には CAL ボタンがあります。これは騒音計のレベルレンジをフルスケール (100%) としてフルスケールの $1/2 = -6$ dB に当たる 1000 Hz の安定した校正信号を内部で発生し、電気回路部分の動作確認を行なう機能です。日常の簡単なチェック用に、またレベルレコーダや FFT アナライザなど外部接続機器のキャリブレーション信号として利用されています。

(注意)

1. 新 JIS (JIS C 1509-1) では、騒音計の校正や点検 (調整) の手段として JIS C 1515 に適合した音響校正器を使用した音響的な調整しか認めておりませんのでご注意ください。内部の電気信号 (1 kHz 正弦波 CAL 信号) を使った校正は、あくまで簡便な校正と理解下さい。
2. マイクロホンには高い静電圧を掛けていますので湿気による静電気の火花でマイクロホンの膜に穴を開ける危険があります。

7-4 型式承認と検定について

スーパーなどで商品に何 g と表示されていますが、この重さを計った秤は検定を受けたもので測定されています。取引または証明に使用する計量器については公的に担保することが求められ、計量法では「適正な計量の実施のため、計量法上の規制を課すことが必要」として「特定計量器」を指定しています。

騒音計も特定計量器に指定されており、騒音レベルの値を取引や証明に用いる場合には、検定に合格し有効期限内の騒音計を用いて測定しなければなりません。この検定制度では個々の検定を簡単に行なえるようにするため、型式承認の制度が設けられています。特定の型式の騒音計に対して、基本的に重要な事項について厳密な試験をあらかじめ行なっておき、これに合格した型式については型式承認番号が与えられ、器差検査を主とする簡単な試験で検定の合否を決める制度です。弊社の LA シリーズ騒音計は型式承認を取得していますのでこの検定を受けることができます。騒音計の検定は財団法人 日本品質保証機構（JQA）で行われており、検定に合格した騒音計には有効期限 5 年（1998 年 4 月より 5 年間に改訂）を記入した合格証が現品に貼付されます。

(注意)

- 特定計量器の型式承認有効期間 : 10 年
- 検定有効期間

騒音計	: 5 年
振動レベル計	: 6 年

計量法には、新品出荷時において、優れた品質管理能力を有する製造業者についてはその製造する特定計量器に対し検定検査規則の基準に基づく自主検査を行ない「基準適合証印」を付することが許可され、「基準適合証印」は検定に代える事ができるという指定製造事業者制度が設けてあります。弊社はその指定を取得していますので、新品出荷品については検定を代行し合格証を貼ることができます。次ページに「基準適合証印」のサンプルを載せます。出荷後の騒音計の検定は、メーカー引取り点検調整後 JQA で検定を受けます。

なお、取引や証明に関係なく使用される社内での実験や研究などでは、弊社騒音計の製造において検定の有無による差はなく性能上まったく同等ですので、無検定であっても安心して使用することができます。

図 7-3 「騒音計基準適合済証」例

騒音計基準適合済証

第 7F-00K0068 号

下記製品は、計量法第 9 0 条により指定された事業所で製造されました。

指定製造事業者 (340601)
株式会社 小野測器

検 査 日	2000 年 06 月 01 日
機 種	普通騒音計
型 式	LA-1250
型 式 承 認 番 号	第 S-54 号
器 物 番 号	04401203
マイクロホン番号	17005
プリアンプ番号	13057
使用周波数範囲	20 Hz から 8000 Hz まで
有効期間の満了年月日	2005 年 06 月 30 日
器 差	- 0.2 dB
備 考	本欄余白

【参考】：「計量法第 71 条の条件に合格した騒音計」とは

騒音関係の規制法令には、「測定は、計量法第 71 条の条件に合格した騒音計を用いて行うものとする。…」の記述があります。計量法第 71 条は次の様になっています。（一部省略）

計量法第 71 条

1. 検定を行った特定計量器が次の各号に適合するときは、合格とする。
 - (1) その構造（性能及び材料の性質を含む）が経済産業省令で定める技術上の基準に適合すること。
 - (2) その器差が経済産業省令で定める検定公差を超えないこと。
2. 前項第 1 号に適合するかどうかは、経済産業省令で定める方法により定めるものとする。ただし、第 84 条（騒音計の型式承認）の表示が付された特定計量器（検定有効期限内の騒音計）は、その検定に際しては、同号の経済産業省令で定める技術上の基準に適合するものとみなす。
3. 第 1 項第 2 号に適合するかどうかは、経済産業省令で定める方法により、第 102 条第 1 項の基準器検査に合格した計量器（基準マイクロフォン）を用いて定めるものとする。

以上の条文からすると「計量法第 71 条に合格した騒音計」とは「検定書付き騒音計」が該当します。「検定なし騒音計」では第 71 条第 1 項 2 の検定公差に適合していることの証明書が無いため注意が必要です。

7-5 騒音計の測定可能範囲（リニアリティレンジ：直線動作範囲）

新 JIS（JIS C 1509）に適合している騒音計のレベル直線性誤差は、各周波数重み特性（A、C、Z 特性）による音圧レベルの各周波数で、下記のように規定されています（測定の拡張不確かさを考慮）。

クラス 1 の騒音計（精密騒音計）	±1.1 dB
クラス 2 の騒音計（普通騒音計）	±1.4 dB

さらに、各レベルレンジの任意の信号レベルで±10 dB 以内の変化に対しては、許容差は以下の数値となっています（測定不確かさ含む）。

クラス 1 の騒音計（精密騒音計）	±0.6 dB
クラス 2 の騒音計（普通騒音計）	±0.8 dB

この直線性誤差の許容範囲を超える信号が騒音計に入力されると、過大レベルまたは過小レベル（Over または Under）が表示され、測定可能範囲外であることを警告します。

騒音計の測定可能範囲（リニアリティレンジ）とは、各周波数重み特性、各レンジ、各周波数において、Over 表示も Under 表示もない動作範囲であるということが出来ます。

カタログ記載の数値は、上記の条件により測定可能範囲が異なるため、通常は 1 kHz における直線動作範囲をリニアリティレンジの代表値として記載しています。また、取扱説明書では、周波数重み特性毎に下記の周波数における上限（Over）と下限（Under）の公称値を表として記載しています。

クラス 1 の騒音計（精密騒音計）	31.5 Hz、1 kHz、4 kHz、8 kHz、12.5 kHz
クラス 2 の騒音計（普通騒音計）	31.5 Hz、1 kHz、4 kHz、8 kHz

7-6 防風スクリーン

7-6-1 防風スクリーンの必要性

防風スクリーンは、風によってマイクロホン近傍で発生する雑音を軽減するために使用されます。理想的な防風スクリーンは、マイクロホンに装着しても音響的に大きな変化を与えず、かつ大幅な風雑音の減少効果を有するものです。

一般的な防風スクリーンは、騒音測定時に容易に着脱でき、マイクロホンのチリやゴミに対する保護と物理的な衝撃の軽減が可能な一般測定用汎用型（ほとんどの場合、球状のウレタンフォーム製）と、航空機騒音や工場騒音等で長期間連続測定に使用する、風雑音の軽減効果が大きく、雨・雪などに対しても耐えられる全天候型とに大別されます。屋外での測定の際には出来るだけ防風スクリーンの装着が望まれます。

7-6-2 一般測定用防風スクリーンの性能

一般測定用防風スクリーンは、ほとんどの場合ハンディタイプの騒音計に装着します。この場合、防風スクリーンは、ある程度の風雑音減少効果を保ちながら、騒音計への着脱が容易で、かつ騒音計とのデザイン上のバランスも必要となります。

防風スクリーンの風雑音減少効果とは、マイクロホンに直接風が当たったとき、その近傍で発生する雑音レベルと、防風スクリーンをマイクロホンに装着したときに発生する雑音レベルの差で表わされます。風雑音減少効果は、防風スクリーンの大きさに左右されることが判っており、スクリーンの直径が2倍になるとほぼ6 dB 効果は上昇します。当社の騒音計には、そのタイプに応じ2種類の防風スクリーンの内の1種類が付属しています。LA-1400 シリーズ/LA-4440、LA-1200 シリーズ並びに LA-1350/LA-4350 にはφ70 mm の、また、LA-2111/LA-5000 シリーズにはφ90 mm の防風スクリーンで、それぞれの性能は次図 7-4 の通りです。屋外の環境騒音（60 dB 以上）を測定するならば、φ70 mm のもので風速 3 m/s、φ90 mm のもので風速 5 m/s ぐらいまでが実用範囲です。

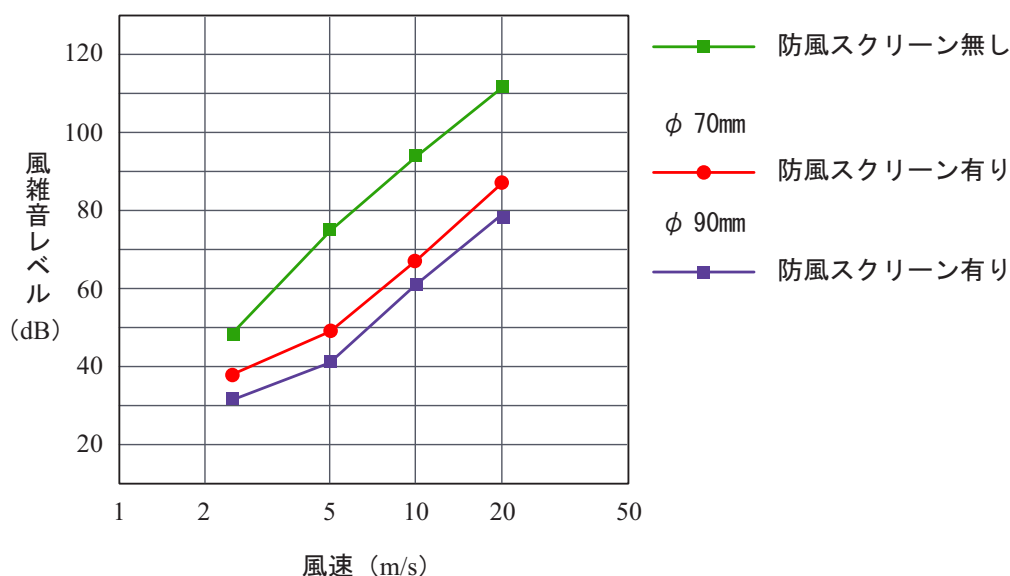


図 7-4 防風スクリーン性能



LA-1410 騒音計

図 7-5 LA-1400 シリーズに装着した防風スクリーン (イメージ)

7-6-3 全天候型防風スクリーンの使用方法

屋外の雪や雨など悪天候時の測定には、全天候型防風スクリーンのご使用をお勧めします。参考として、当社騒音計にオプションで用意されている全天候型防風スクリーンの組み立て図を下に示しました。なお、全天候型防風スクリーンをご使用になる際には、騒音計本体と切り離したマイクロホン部とを接続するための延長ケーブルが別途必要となります。

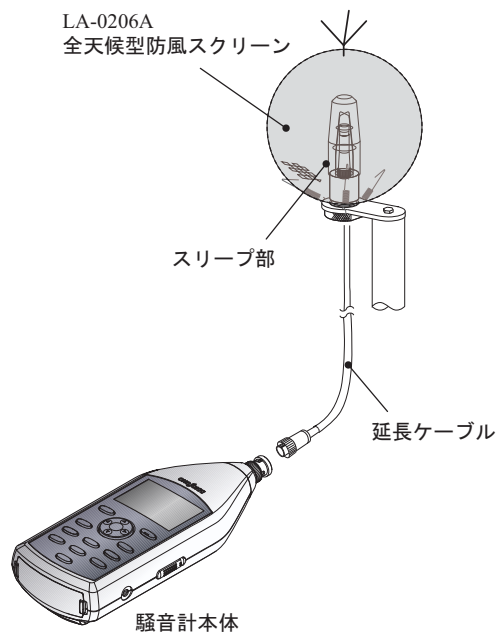


図 7-6 全天候型防風スクリーンの組み立て図

8. 騒音計の構造

8-1 騒音計のブロックダイアグラム

下図 8-1 は、騒音計の電気回路の構造ブロック図を示します。ブロック図中、特に、AC 出力（AC out）、DC 出力（DC out）の位置関係に注意下さい。騒音計を理解し、使いこなしてゆく上でこの 2 つの出力の違いに注目することが重要となります。

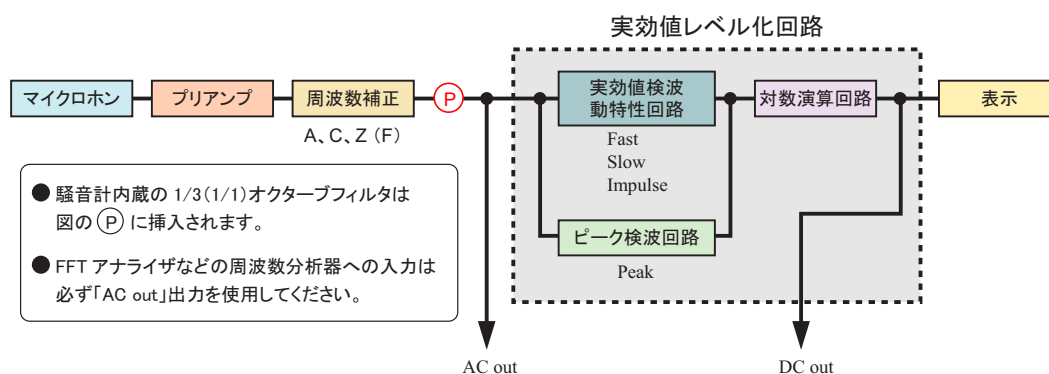


図 8-1 騒音計ブロックダイアグラム

8-2 マイクロホンとプリアンプ

高級ステレオは、小さい音から大きい音、重低音から高音域まで原音を忠実に再生します。原音を忠実に再生するためには、元となる音を正確にキャッチしなければ再生した音は元の音と違ってしまいます。この音を正確にキャッチして、電気信号に変換するのがマイクロホンであり、そのピックアップされた微細な電気信号をあるレベルまで増幅し、インピーダンス変換をするのがプリアンプです。

音は、空気密度の疎密が交互に伝わって行く波動現象であり、騒音計のマイクロホンとプリアンプはこの空気密度の疎密（瞬時音圧）に比例した電気信号に変換するセンサとして、感度の良いもの、周波数特性の良いものが要求されます。

【参考】:

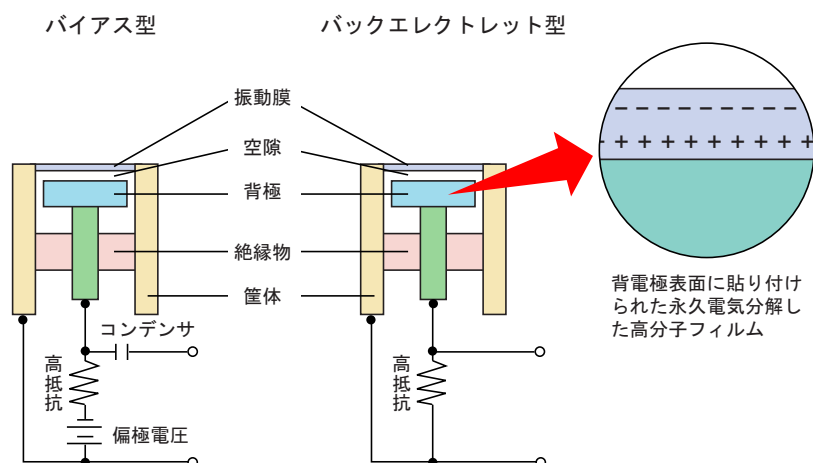


図 8-2 コンデンサ型マイクロホンの構造

マイクロホンのタイプとしては大きく分けてコンデンサ型、ダイナミック型、セラミック型の3種類があります。騒音計には、音響的に有利な直径の小さな形状にできることや、広い周波数帯域に渡ってフラットな周波数特性を持ち、他の形式に比べ安定性が高いことからコンデンサ型が採用されています。コンデンサ型の構造を上図に図示します。なお、コンデンサ型にも、バイアス型とバックエレクトレット型の2種類があり、その違いは主に振動膜に直流電圧を加えているか、電圧を加える代わりに永久電気分極した高分子フィルムを使用するかです。なお、一般的には、バイアス型の方がより高感度であるという特長があります。また、騒音計に用いられるマイクロホンは、自己ノイズや温度安定性も重要な要素となります。

8-3 周波数補正回路（周波数の重み付け）Z（またはFLAT）、A、C特性について

騒音の測定には可聴周波数範囲の音圧レベルの絶対測定が必要ですが、耳の感度は周波数によって異なり、単に音圧の実効値をとっただけでは聴感的な音の大きさを表すことはできません。

周波数により同じ音の大きさに聞こえる音圧レベルを表した曲線として、6章4節の等感曲線（等ラウドネス曲線、ISO 226）があります。次図 8-3 のA特性は小さい音、C特性は大きい音の聴感として近似して作られ、過去においては音の大きさによりこの特性を使い分けて測定されてきました。その後の研究で、この特性は聴覚的な音の大きさを表すものの、騒音のうるさを表すには適しているとはいえず、大きい音でもA特性曲線を使うほうが良いことが明らかにされました。

なお、現在の騒音計には、A特性とC特性、それに加えてより平坦な周波数特性を持つZ（またはFLAT）特性が装備され、特に騒音レベルの測定では常にA特性を使って測定を行ないます。また変動する騒音は1回の測定では正確に測定できないので、後述の長時間のエネルギー平均をとる等価騒音レベル L_{Aeq} や、累積度数分布から求める時間率騒音レベル L_X が用いられます。また、C特性は比較的平坦な周波数特性を持っているので、騒音計のAC出力を記録するときや、衝撃音（周波数帯で見ると幅が広がる）の測定に用いられます。Z（またはFLAT）特性は、C特性より更に広い周波数範囲にわたり平坦な特性を持っていますので、騒音計のAC出力を利用し、周波数特性の保証されたマイクロホン及び増幅器として、騒音計を汎用の音響センサとして使用することができます。

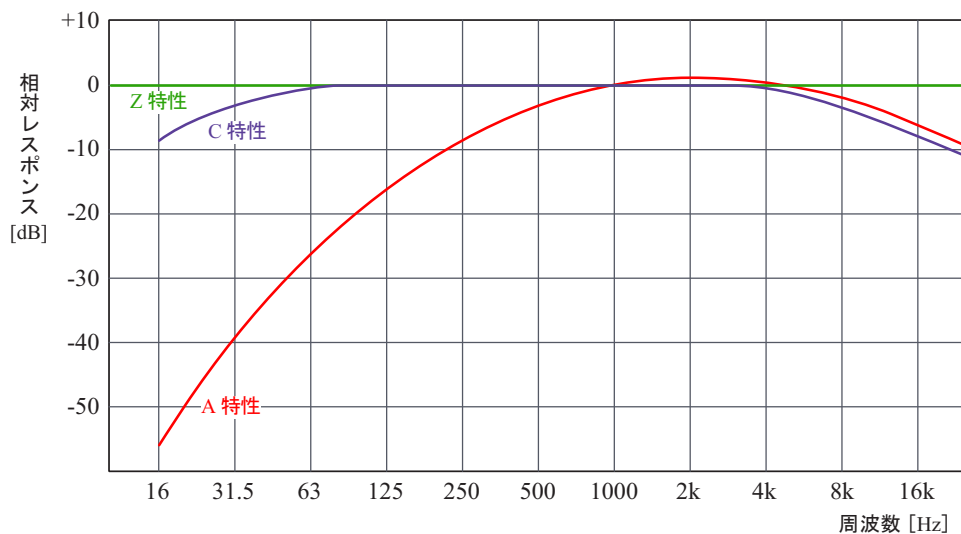


図 8-3 周波数重み特性 (A、C、Z)

【補足】：Z 特性と FLAT 特性について

従来の騒音計では、周波数重み付けしないいわゆる平坦（フラット）な周波数特性を“FLAT 特性”としていましたが、周波数範囲など具体的なその仕様は、製造メーカーに任されていたから市販されている騒音計の FLAT 特性は、実質的には統一的な仕様となっていませんでした。そこで、新規格では、新たに“Z 特性”を定め、その周波数範囲を「10 Hz ～ 20 kHz まで平坦（フラット）」と規定しています。しかし、許容差なども考慮すれば、現実的には、今まで通り、FLAT 特性＝Z 特性と見なしてかまわないと思われます。

8-4 時間重み特性Fast、Slowについて

時間重み特性とは、指示メータ（デジタル表示も含む）の動きに関する規定です。具体的には、図 8-4 実効値検波回路での平均化の時定数に相当します。この動特性（時定数）に関しては JIS C 1509 に細かく記載されています。速い動特性（Fast：125 ms）と遅い動特性（Slow：1 s）があり、Fast 特性は耳の時間応答に近似させたもの、Slow 特性は変動する騒音の平均レベルを指示させるためのものです。通常、騒音の測定には、速い動特性（Fast）が使用されます。更に、Fast を用いても衝撃音の大きさは正しく測定できないため、このような時には時間重み特性 I（Impulse = 35 ms＜立ち上がり＞、1.5 s＜立下り＞）が用意されていますが、この重み特性 I（Impulse）は、最近の研究では「あまり衝撃性の音の評価に適さない」ことがわかっており、IEC（及び JIS）では、規格からはずれていて、JIS C 1509 附属書 C（参考）となっています。それに代わって、衝撃性の騒音評価パラメータには、瞬時音圧のピーク値を採用する傾向にあります。

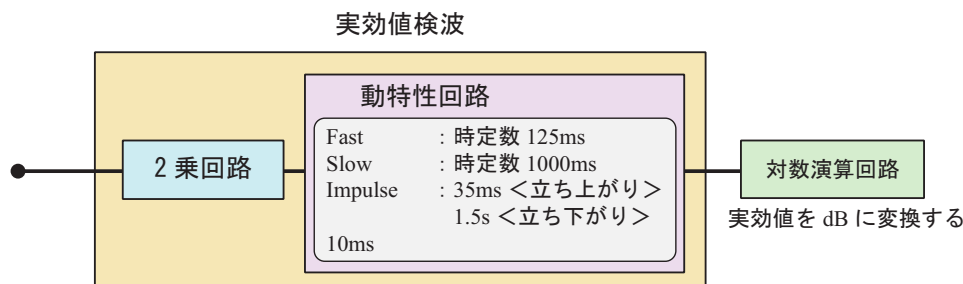


図 8-4 時間重みと実効値検波回路

図 8-5 に時定数 Fast と Slow に 1 kHz のトーンバースト信号 (バースト継続時間 200 ms、繰り返し時間 3 s) を入力したときのレベルの変化を示しました。

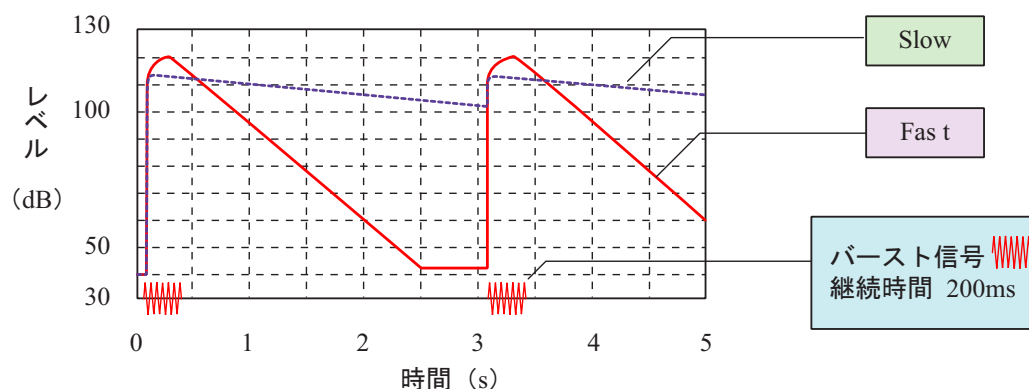


図 8-5 時間重み (Fast と Slow) の過渡特性 (縦軸が対数)

(1) 速い動特性 (Fast)

人間の耳の時間応答に近似させた値で、立ち上がり/立ち下りの時定数は 125 ms の値を持つ。

(2) 遅い動特性 (Slow)

変動する騒音の平均レベルを指示させるためのもので、立ち上がり、立ち下りの時定数は 1 s の値を持つ。

図 8-4 の実効値検波は、瞬時音圧の 2 乗信号を図 8-6 に示す 1 次の RC ローパスフィルタに通すことと等価です。上記の動特性 (Fast と Slow) の時定数は、このローパスフィルタの時定数 ($\tau = RC$) に相当します。この等価回路に図 8-5 と同じようにトーンバースト信号を入力したときの立ち上がりと立ち下りの応答波形を図 8-7 に示します。この図にあるように、定常入力正弦波の実効値を e_i とすると、時定数 τ は；

- 立ち上がりは、 e_i の約 63% となる時間
- 立ち下りは、 e_i の約 37% となる時間

；になります。

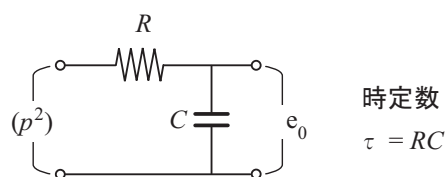


図 8-6 実効値検波回路

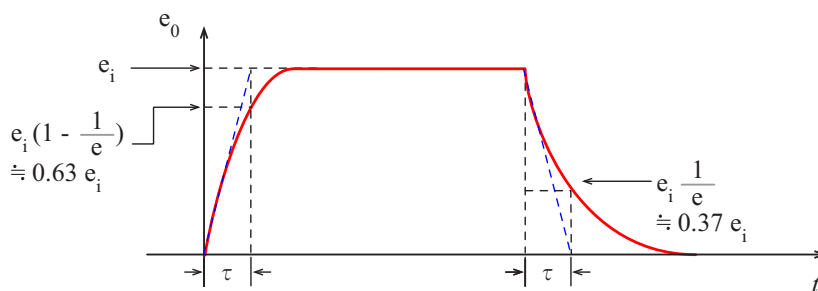


図 8-7 1次ローパスフィルタにトーンバースト信号を入力した時の応答波形
(上記の e はネイピア数 (自然対数の底) で、 $e = 2.71828 \dots$)

なお、図 8-5 は Y 軸を dB 単位にとっているため、図 8-7 と違うように見えますが、同じようにリニアスケールで描くと (図 8-8)、速い動特性 (Fast) と遅い動特性 (Slow) の応答波形の差が良く理解できると思います。

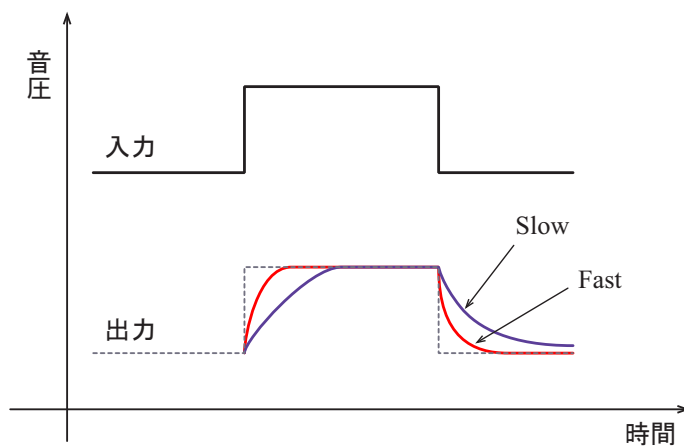


図 8-8 時間重み (Fast と Slow) の過渡特性 (縦軸がリニア)

8-5 AC出力とDC出力

8-5-1 AC 出力 (AC out)

マイクロホンでとらえた空気の圧力変動（すなわち、瞬時音圧）に比例した電気信号を出力します。この電気信号は、音の性質により、交流となります。交流とは、家庭用電源として使用されている 100 VAC（AC 電圧、周波数 50/60 Hz）と同じ性質を持つもので電流の向きが交互に変化します。

この AC 出力は、先の図 8-1 のように、マイクロホンの信号が周波数補正回路（A、C、Z 特性）を通過した信号であり、主に分析機器（FFT アナライザ、オクターブ分析器等）と組み合わせて音の周波数分析を行ったり、レベルレコーダと組み合わせて騒音レベルを記録したりする際に利用されます。

AC 出力は、動特性には無関係ですが、周波数補正に影響された信号であることに注意してください。

（注意）

周波数重み付きの音圧レベルが表示されている場合でも、周波数重みをかけない（Z 特性）AC 出力を出力する機能を持つ騒音計もあります（例、当社 LA-1400/4400 シリーズ騒音計）。

8-5-2 DC 出力 (DC out)

AC 出力を検波・動特性回路、対数演算回路に通して dB 単位に変換した信号で、騒音計の dB 表示値に比例した電圧信号を出力します。

電気用語で表現すると、AC 出力（瞬時音圧）の実効値を Log（対数値）換算した値（レベル化した値）となります（図 8-9 を参照）。

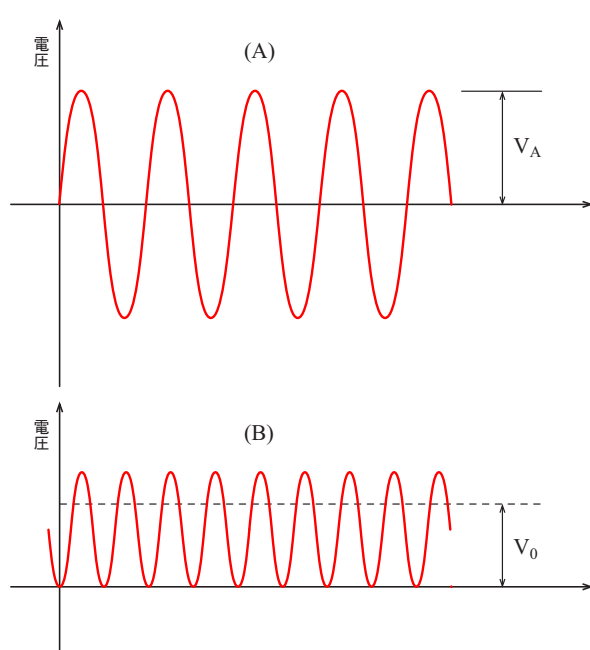


図 8-9 振幅値と実効値

左図 8-9 に示すように、振幅 V_A の時間波形 (A) を実効値検波・動特性回路に通すと、(B) のように一定高さ V_0 を求めることができます。この時に得られた V_0 を (A) の波形の実効値といい、rms の文字を付して表します。

(A) の波形が正弦波の場合、次の関係が成立します。

$$V_0 = \frac{1}{\sqrt{2}} V_A$$

(B) で得られた実効値 V_0 rms を対数演算回路に通すと $10 \log_{10} (V_0 \text{ rms})^2$ に比例した電圧出力 DC out が得られます。(A) 波形の振幅 (V_A) が一定であれば DC 出力も一定値となりますが、時間変動していると、それに対応して DC 出力も時間変動した DC 値となります（時間重みに依存します）。

【参考】:

騒音計の AC 出力・DC 出力電圧は機種によって異なります。

例えば；

AC 出力：0.707 Vrms/フルスケール

DC 出力：2.5 V/フルスケール、0.5 V/10 dB

；と記されていた場合、各値は次の意味を持っています。

- “rms” は実効値を意味しています。
- “フルスケール” は騒音計の測定レンジの最大値を意味し、例えば、30 dB ～ 70 dB の測定レンジを持つ騒音計では、フルスケールは 70 dB となります。
- “0.707 Vrms/フルスケール” は、AC 出力と騒音計表示値との比率を表しています。例えば、50 dB ～ 90 dB の測定レンジでは、次の関係となります。

表示	AC out
90 dB	0.707 Vrms
84 dB	$0.707 \times 10^{(84-90)/20} = 0.354 \text{ Vrms}$
58 dB	$0.707 \times 10^{(58-90)/20} = 0.0178 \text{ Vrms}$

0.707 Vrms は、±1 V の振幅です。騒音計の CAL ボタンを押すと、1 kHz フルスケールの -6 dB に相当する信号を出力します。-6dB (= $20 \log 1/2$) は、フルスケールの 1/2 ですから、CAL の AC 出力をモニターすると、± 0.5V 1kHz の正弦波になっています。

- “0.5 V/10 dB” は、DC out と騒音計の表示値との比率を表わしています。例えば、30 dB ～70 dB の測定レンジでは、次の関係となります。

表示	DC 出力
70 dB	2.5 V
64 dB	2.2 V
60 dB	2.0 V
30 dB	0.5 V

30dB の時には、 $2.5 - 0.5 \times (70 - 30) \div 10 = 0.5 \text{ (V)}$ となります。

リニアリティレンジが広い騒音計では、極めて小さい音のときに出力電圧がマイナスとなることもあります。DC 出力、AC 出力とも、リニアリティレンジを越えた値は正しい値ではありませんのでご注意ください。

AC 出力信号は、音の圧力変動に相当する信号で、様々な周波数成分で合成された複雑な波形をもっています。騒音対策で対象とする騒音がどのような周波数成分から成り立っているかが解ると効果的な対策を施すことができることから、AC 出力はFFT アナライザやリアルタイム（オクターブ）分析器の入力信号として利用されています。

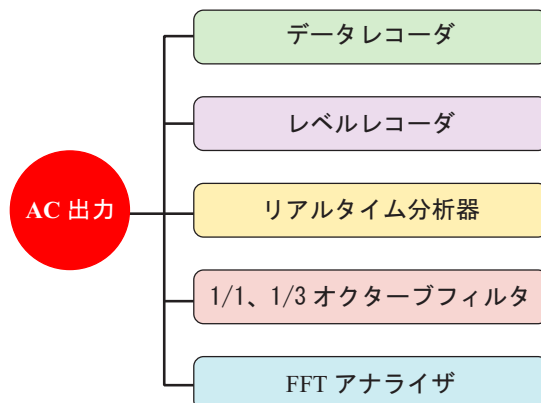


図 8-10 騒音計 AC 出力の接続機器

FFT アナライザやリアルタイム（オクターブ）分析器は、内部の信号処理により、信号を音圧レベルに変換し、周波数毎に分析した音圧レベルを表示します。

なお、AC 出力は瞬時音圧でレベル化されていない信号ですので、AC 出力を使用して音圧レベルとして記録するには実効値レベル化回路を持ったレベルレコーダが必要です。一般のペンレコーダと組み合わせてデータを記録するには、DC 出力に接続して使用する必要があります。また、FFT アナライザでは、実効値化する時定数は、（近似的に）FFT の時間窓長と平均時間に相当します。

8-6 表示部

表示部は、DC 出力信号を騒音計で設定した測定レンジに合わせて音圧レベルとして数値表示します。表示には、針の振れによってレベルを指示するアナログ式のもの、数値で、あるいは数値とバーインジケータによってレベルを示すデジタル式のものがあります。現在ではデジタル方式が主流となってきています。図 8-11 に弊社騒音計のデジタル表示画面を例として示します。

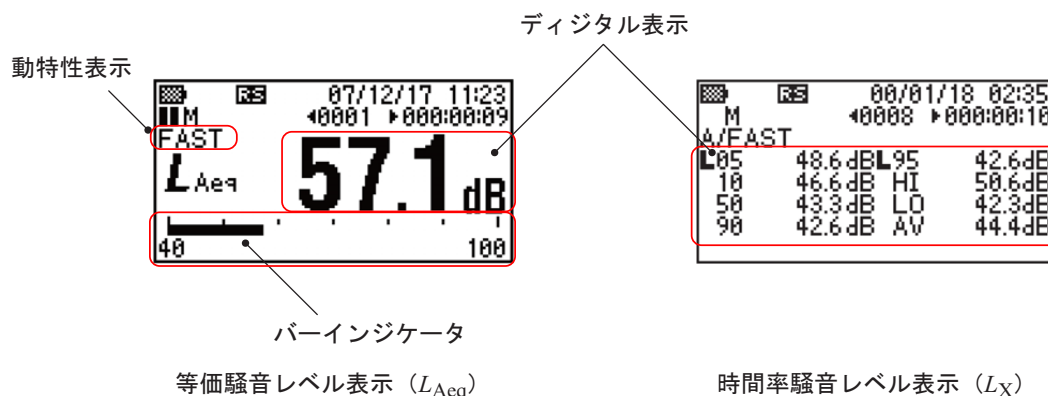


図 8-11 弊社騒音計のデジタル表示画面例

また、図 8-12 にデジタル表示するまでの音響信号の変換の様子を簡略的に図示しましたので参考下さい。

デジタル表示は 1 s 毎のレベルを数値として示し、バーインジケータは 100 ms 毎のレベルをアナログ的に示します。

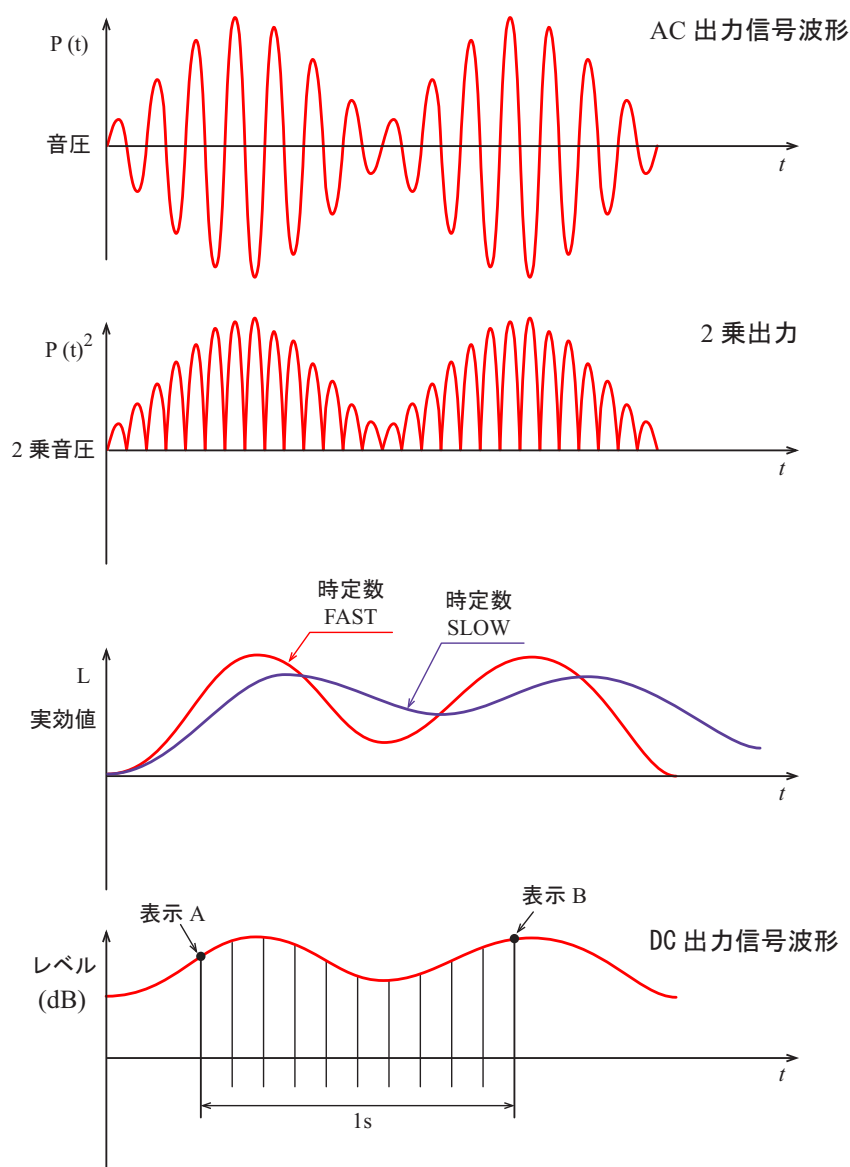


図 8-12 デジタル表示するまでの音響信号の変換の様子

9. 騒音計の表示値

騒音計は音圧レベル (L_p) と騒音レベル (L_A) を測定表示します。また、積分形騒音計ではこの2値の他、等価騒音レベル (L_{Aeq})、単発暴露騒音レベル (L_{AE})、時間率騒音レベル (L_x) を演算表示することができます。ここでは、それぞれの表示値がどのように求められるか説明します。

9-1 音圧レベル <Sound Pressure Level> (L_p) について

騒音の分野においては、音波の強弱（音圧）の物理的な尺度として用いられます。単位は dB（デシベル）で表わします。

音圧レベルの大きい音は強い音、小さい音は弱い音ということが出来ます。音圧レベル 0 ～ 130 dB の範囲が主として対象になります。なお、周波数補正特性は Z（FLAT）が使用されます。

音圧レベルの定義式は、次のように表わされます：

$$\text{音圧レベル } (L_p) = 10 \log_{10} \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log_{10} \frac{p}{p_0} = 20 \log_{10} \frac{p}{2 \times 10^{-5}} \text{ (dB)} \quad \dots\dots\dots \text{(式 9-1)}$$

p (Pa) ・ ・ ・ 測定された音の（瞬時）音圧の実効値

p_0 (Pa) ・ ・ ・ 基準となる音圧 ($p_0 = 20 \mu\text{Pa}$)

ちなみに人間の最小可聴音圧は $20 \mu\text{Pa} = 2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ であり、これが基準音圧 p_0 となります。従って、最小可聴値は：

$$20 \log_{10} \frac{2 \times 10^{-5}}{2 \times 10^{-5}} = 20 \log_{10} 1 = 20 \times 0 = 0 \text{ (dB)} \quad \dots\dots\dots \text{(式 9-2)}$$

9-2 騒音レベル <A-weighted Sound Pressure Level> (L_A) について

音の物理的大きさの尺度である音圧レベルに A 特性の補正を行った量として表したもので、この A 特性音圧レベルを日本では騒音レベルと呼び、これを騒音の大きさの尺度として用いています。記号は通常 L_A を使い、単位は dB (デシベル) です。旧計量法では“ホン”という単位を使用していましたが、dB と同じ量です (改訂により国際規格に合わせ dB となりました)。A 特性補正值としては 40 dB、1 kHz の音圧レベルを基準 (0 dB) として、それと等しい大きさに感じられる等感曲線が用いられています (第 6 章 4 節「音の大きさのレベル (loudness level)」を参照)。

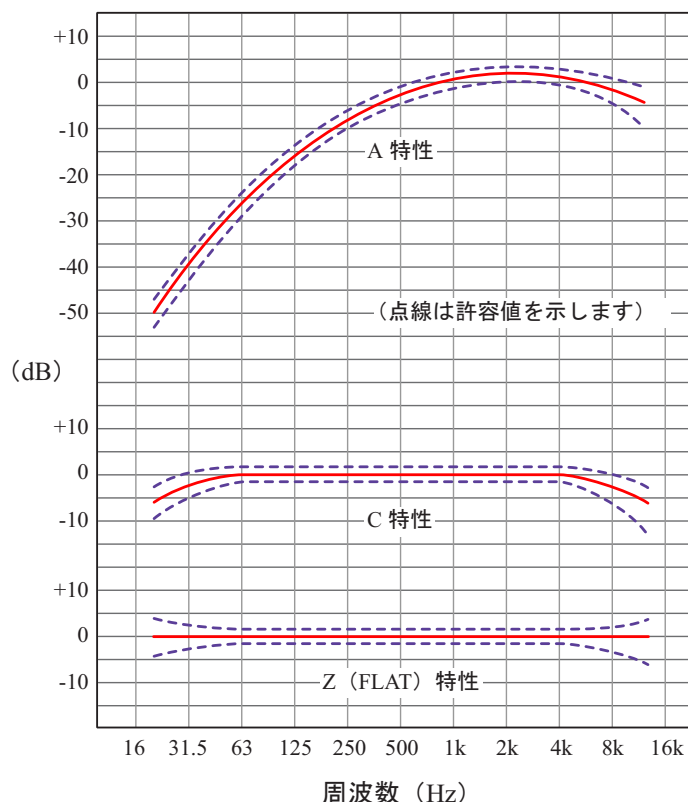


図 9-1 周波数重み特性と許容差

【補足】：サウンドレベルについて

JIS C 1509 サウンドレベルメータ (騒音計) では、ある周波数重み特性で求めた音圧レベルを、“サウンドレベル”と呼び、例えば周波数重みが A 特性の場合は、A 特性サウンドレベルとなります。また、本規格では、大きく以下の 3 つのサウンドレベルを規定しています。

	相当する表示値
① 時間重み付きサウンドレベル	音圧レベル、騒音レベル
② 時間平均サウンドレベル	等価騒音レベル
③ ピークサウンドレベル	(騒音レベルの最大値ではない)

①は騒音計の基本ブロック図（図 8-1）や処理の流れ図（図 8-12）にあるように、瞬時音圧の 2 乗値を時間重み付けしてレベル化したものです。JIS C 1509 から引用して、A 特性時間重み付きサウンドレベルを式で表現すると：

$$L_{A\tau}(t) = 20 \log_{10} \left\{ \left[\frac{1}{\tau} \int_{-\infty}^t p_A^2(\xi) e^{-(t-\xi)/\tau} d\xi \right]^{1/2} / p_0 \right\} \dots\dots\dots (式 9-3)$$

ここで、

τ ：時間重みの時定数（単位：s）で、速い特性（Fast = 0.125 s）または遅い特性（Slow = 1 s）

ξ ： $-\infty$ から現在の観測時刻 t までの積分変数

$p_A(\xi)$ ：時刻 ξ における瞬時 A 特性音圧（AC 出力の信号に相当）

p_0 ：基準音圧（= 20 μ Pa）

式 9-3 は、周波数重み付けした瞬時音圧の実効値をどのように求めるかを表現していて、A 特性時間重み付きサウンドレベルすなわち今までの騒音レベルに相当します。また上式は、観測時刻 t の関数となっており、時間によって変動する（可能性）があるレベルであることを表現しています。定常的な騒音であれば、この騒音レベル値がほぼ一定値となり、時間的に変動する騒音であれば、②の時間平均サウンドレベルを求める必要があります。

9-3 等価騒音レベル <equivalent continuous A-weighted sound pressure level> ($L_{Aeq,T}$) について

変動する騒音をエネルギー平均として表現し、人間がどの程度の騒音にどれくらいの時間暴露されたかを評価する量で、下図 9-2 に示すように、一定時間内の騒音の総エネルギーの時間平均値をレベル表示した値です。最近騒音測定技術の向上や国際的動向を踏まえ、1999 年 4 月に改定施行となった環境基準では、環境騒音評価量として等価騒音レベル ($L_{Aeq,T}$) が採用され、騒音評価の重要な指標となっています。

等価騒音レベルは、変動騒音に対する人間の生理的、心理的反応ともよく対応し、物理的には変動騒音の騒音レベルを実測時間 $T = t_2 - t_1$ 内でそれと等しいエネルギーを持つ定常騒音の騒音レベルで表しています。

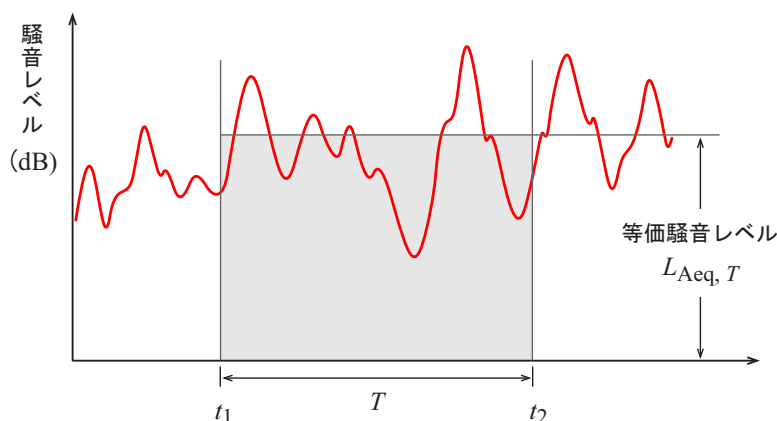


図 9-2 変動する騒音レベルと等価騒音レベル

等価騒音レベルの定義式は：

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right) \dots\dots\dots (式 9-4)$$

$p_A(t)$: A特性で重み付けられた音圧

p_0 : 基準音圧 20 μ Pa

t_1 : 測定開始時間

t_2 : 測定終了時間

T : 積分時間 ($t_2 - t_1$)

(注意)

1. 等価騒音レベルは、正式には $L_{Aeq,T}$ と表記します。
2. JIS C 1509-1 におけるサウンドレベルで表現すると、A 特性時間平均サウンドレベル (A weighted time average sound level) となります。

9-4 単発騒音暴露レベル <sound exposure level> (L_{AE}) について

単発的または間欠的に発生する継続時間の短い騒音を測定する量として規定されています。これは、図 9-3 に示すように、単発的に発生する騒音の全エネルギーと等しいエネルギーを持つ継続時間 1 秒の定常音の騒音レベルに換算した値となります。

電車の通過音やくい打ち音などの間欠的に発生する騒音では、この L_{AE} を測定し、等価騒音レベルに換算するなど、騒音評価の基礎データとして使われます。

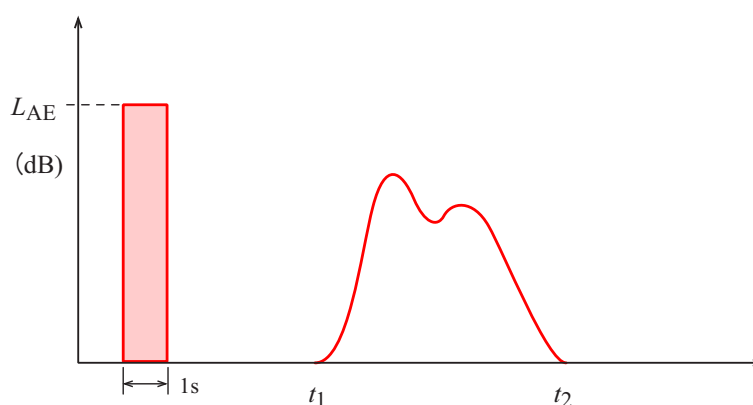


図 9-3 単発騒音暴露レベルの意味合い

単発騒音暴露レベルの定義式は：

$$L_{AE} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right) \dots\dots\dots (式 9-5)$$

T_0 : 1 秒

$p_A(t)$: A特性で重み付けられた音圧

p_0 : 基準音圧 20 μ Pa

t_1 : 測定開始時間

t_2 : 測定終了時間

単発騒音暴露レベルと等価騒音レベルとの関係は：

$$L_{AE} = L_{Aeq,T} + 10 \log_{10} \left(\frac{T}{T_0} \right) \dots\dots\dots (式 9-6)$$

T_0 : 1 秒

t_1 : 測定開始時間

t_2 : 測定終了時間

T : 測定時間（平均時間）($t_2 - t_1$)

(注意)

JIS C 1509-1 では、A 特性音響暴露レベル（A weighted sound exposure level）といい、ある時間で積分した音のエネルギーのレベルに相当します。

9-5 時間率騒音レベル <Percentile Sound Pressure Level> (L_x) について

変動騒音の評価量として古くから使われ、わが国において騒音規制法における騒音の評価量として用いられている量で、不規則にかつ大幅に変動する騒音レベルの分布状況を評価するのに有効です。

下図 9-4 に示すような、ある実測時間内の変動騒音に着目した場合、その騒音レベルがあるレベルを越えている時間の合計が実測時間 $T = t_2 - t_1$ の x % に相当するとき、その騒音レベルを x % 時間率騒音レベルといい、 L_x で表わします。下図 9-5 は、一般的な変動騒音について、時間率騒音レベルを横軸に、パーセント時間率を縦軸に取って、上述の関係を示したものです。

(注意)

JIS Z 8731:1999 では $L_{AN,T}$ と表記するようになりました。

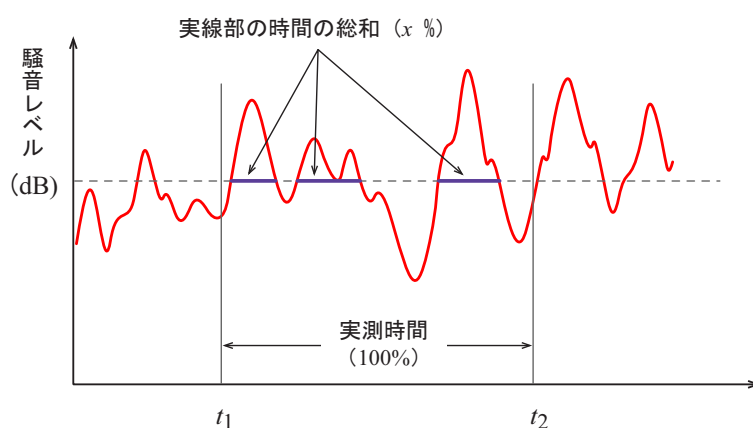


図 9-4 変動する騒音と時間率騒音レベル

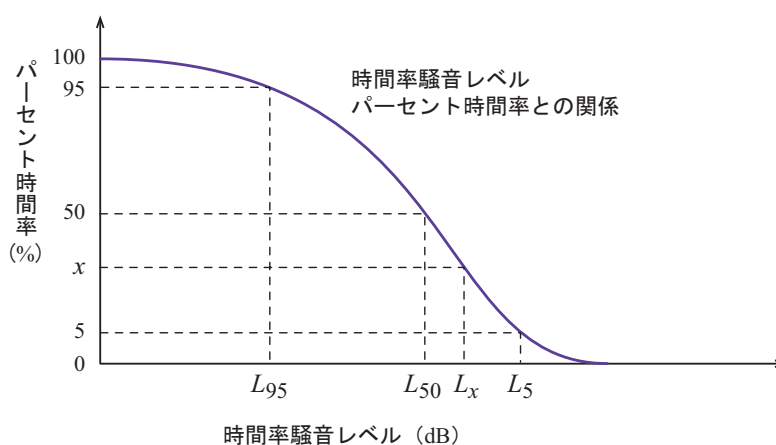


図 9-5 時間率騒音レベルとパーセント時間率との関係

実際に時間率騒音レベルを求める場合、下図 9-6 のように一定時間間隔 Δt ごとに、騒音レベルをサンプリングし、その結果を統計的に処理して所定の時間率騒音レベルを求めます。統計処理の方法としては、サンプリング値から累積度数分布を求め、騒音レベルの累積百分率が $(100 - x) \%$ になる騒音レベルを $x \%$ 時間率騒音レベルとする方法が一般的です。

我が国では、50%時間率騒音レベル L_{50} を騒音レベルの中央値、5%時間率騒音レベル L_5 と 95%時間率騒音レベル L_{95} をそれぞれ 90%レンジ ($95\% - 5\% = 90\%$ レンジ幅) 上端値と下端値、10%時間率騒音レベル L_{10} と 90%時間率騒音レベル L_{90} をそれぞれ 80%レンジの上端値と下端値と呼び、変動騒音の評価量として広く用いられてきました。これら 5 つの値を合わせて慣例的に“5 値”と呼んでいます。

なお、時間率騒音レベルの測定法としては、一般的に 5 秒 (Δt に相当) 50 回法が使用されています。

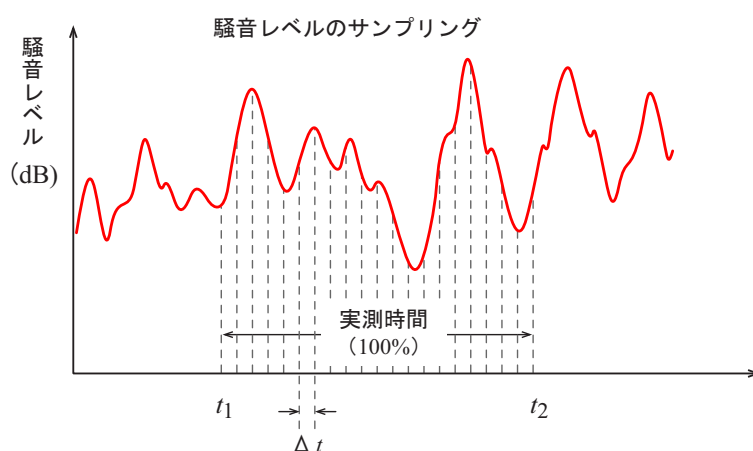


図 9-6 騒音レベルのサンプリングと時間率騒音レベル

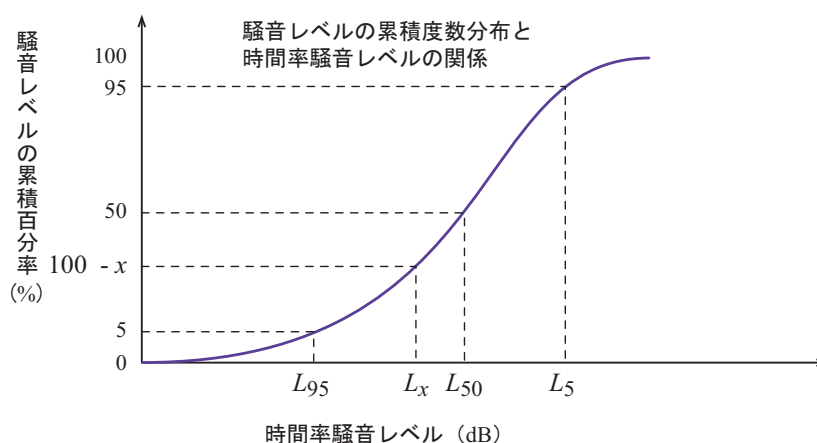


図 9-7 騒音レベルの累積強度分布と時間率騒音レベル

9-6 最大騒音レベル ($L_{\max}$) と最小騒音レベル ($L_{\min}$) について

ある測定時間内における最大の騒音レベルを $L_{\max}$ とし、また最小の騒音レベルを $L_{\min}$ として表します。

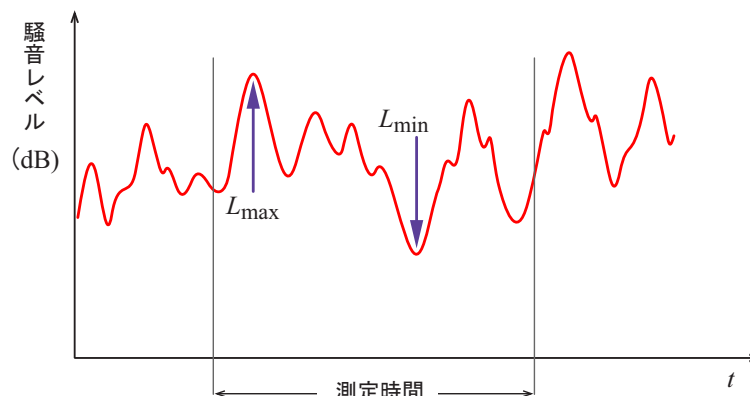


図 9-8 変動する騒音レベルと最大値/最小値

9-7 N秒間の最大値 (Tact max) について

L_p 、 L_A などの瞬時値は、サンプリングデータの中の 1 秒毎の瞬時値を表示しています。これに対し、Tactmax は、1 秒間の高速サンプリングデータの中の最大値を表示します。日本では、騒音レベルとして瞬時値が用いられますが、欧州では、Tactmax 1 秒または 3 秒が一般的に用いられます。

(注意)

騒音計の旧 IEC 規格 (IEC 60651) では、「瞬時音圧レベルの数字表示は 1 秒間毎の最大音圧レベル (すなわち Tactmax 1s) とする」との規定がありました。

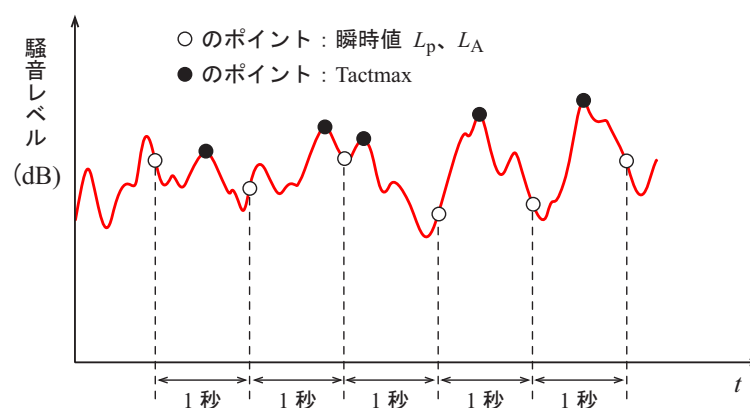


図 9-9 騒音レベルのサンプリングと Tactmax 値 (1 s)

9-8 ピークレベル値 (L_{peak})

ピークレベル値は、ある時間内での瞬時音圧 (AC 出力波形) の絶対値の最大値をレベル化して求めた値です。単発バースト信号の場合は、図 9-11 に示したように L_{peak} と騒音レベルの最大値 (L_{max}) との差がかなりあることが解ります。定常信号の正弦波の場合、 L_{peak} は正弦波の振幅値 (ピーク値) を示し、 L_{max} はその実効値を示すので、差が約 3 dB になります。

L_{peak} は、次の式で求めています。

$$L_{peak} = 20 \times \log_{10} [f_A(t)_{max} / f_0] \quad \dots\dots\dots (式 9-7)$$

ただし、 f_0 は基準となる音圧 (Pa) = 2×10^{-5} の時の AC 出力の値であり、 $f_A(t)_{max}$ は AC 出力 (瞬時音圧) の波形の最大値です。

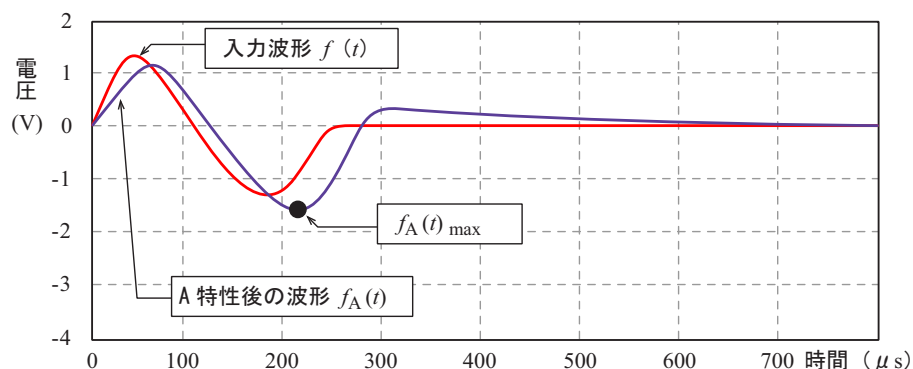


図 9-10 入力信号に対する A 特性後の波形の変化

$f(t)$: 単発バースト信号の入力波形

$f_A(t)$: $f(t)$ の A 特性フィルタを通った AC 出力波形

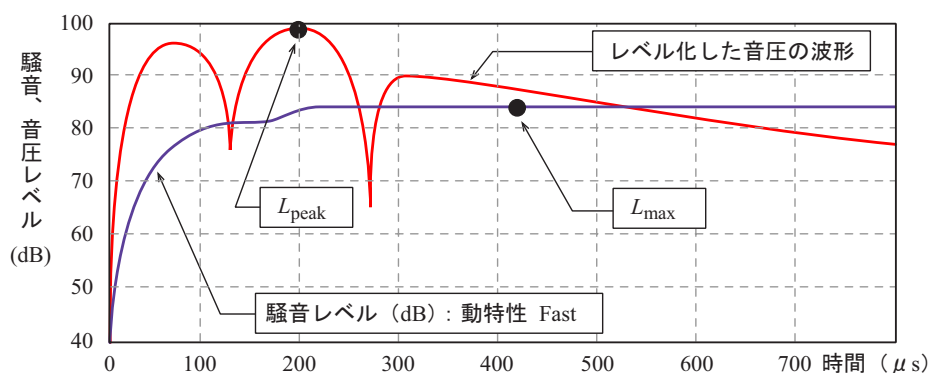


図 9-11 入力信号に対するピーク値「 L_{max} と L_{peak} の違い」

L_{max} : DC out 波形の最大値

L_{peak} : $f_A(t)$ の波形を (絶対値) 対数演算した波形の最大値

(注意)

1. 最大値とピーク値との違い

今までは、9.6 の最大騒音レベル ($L_{\max}$) を騒音レベルのピーク値と呼んでいました。

改めて、その違いを意識してまとめます。

(1) 最大騒音レベル ($L_{\max}$)

ある時間内での瞬時騒音レベル最大値で、図 1-1 の最下段のグラフ (レベルの時間トレンド) の最大値になります。周波数重みと時間重みに依存します。DC 出力値の最大値です。JIS C 1509-1 では、時間重み付きサウンドレベルの最大値と呼ばれます。

(2) ピークレベル (L_{peak})

瞬時音圧 (AC 信号) の最大値をレベル化したもので、図 1-1 の 2 段目のグラフ (瞬時音圧) の絶対値を取り、その最大ピーク値をレベル化したものです。周波数重みだけに依って、時間重みは関係ありません。AC 出力の最大値のレベル化したものです。JIS C 1509-1 では、ピークサウンドレベルと呼ばれます。

もちろん、 $L_{\text{peak}} > L_{\max}$ となります。定常正弦波の信号であれば、約 3 dB の違いとなりますが、通常の衝撃騒音であれば、10 dB 以上の差となります。ピークレベル (L_{peak}) は、時間重み I (インパルス) にかわり、騒音の衝撃性の評価に使われつつあります (JIS Z 8737-1 附属書 A<参考>をご参照ください)。

2. 上記の例では、周波数重み A 特性のフィルタ後の波形の変化を記してありますが、C 特性など他の周波数重みでも同様に考えることができます。
3. 欧州の CE マーキング規制のため、周波数重み “C” での C 特性ピークサウンドレベル L_{Cpeak} を求めることが多いです。
4. 機械騒音の測定方法である JIS Z 8737 シリーズ「作業位置及び他の指定位置における機械騒音の放射音圧レベルの測定方法」には、用語としてピーク放射音圧レベル $L_{p, \text{peak}}$ が規定されています。さらに、基本測定量として、C 特性ピーク音圧レベル $L_{p\text{Cpeak}}$ が規定されています。

10. 等価騒音レベルの測定方法（JIS Z 8731:1999 の概要）

環境騒音についての基本的測定方法は JIS Z 8731 に定められています。JIS Z 8731 は 1957 年（昭和 32 年）9 月 18 日に制定されてから我国における騒音の測定・評価方法の基礎として広く使われてきました。

最近では地球環境保全の高まりから、世界的に評価基準を統一する流れになり、国際規格 ISO との整合性をとるため順次改訂が進められています。1997 年の計量法の改訂ではホンから dB 単位への変更、1999 年の環境アセスメント法の制定、1999 年の環境基本法の L_{50} から L_{Aeq} 基準への改訂などがあります。

JIS Z 8731 についても、1983 年に続き 1999 年に（国際標準化機構）ISO 1996-1/1982、ISO 1996-2/1983 を基礎として改訂されました。その概要についてご説明をします。

10-1 等価騒音レベルについて

環境騒音は、鉄道、自動車、航空機、工場騒音など多数の騒音源からの音の重ねあわせであり、騒音の種類分布は時々刻々と変化します。そこで、JIS Z 8731 では、ある場所における騒音の状態を決定するすべての騒音源からの騒音について、それぞれを単独で扱うことができると同時に全体としても扱えるように騒音の表示及び測定方法を規定しています。それには、騒音の許容限度、騒音環境を管理することができる基本評価量として等価騒音レベルの採用を推奨しています。

等価騒音レベルを採用することにより、JIS Z 8731 の内容が大きく変わりました。また附属書 1 では実在または計画中の騒音源の許容程度を判断するため、環境騒音の観点から、特定の地域に対して「適正な土地利用のための音響データの収集」と騒音レベルの表示方法について規定しています。また附属書 2 では、参考として改正前の JIS Z 8731 : 1983（騒音レベル測定方法）で規定されていた時間率騒音レベルの求め方、特定の間欠騒音や衝撃騒音の表示・測定方法、定常騒音に対する暗騒音補正の方法について示されています。

10-2 用語の定義

用語については9章「騒音計の表示値」の説明で抜けていたもののみ説明します。

(1) 実測時間 (measurement time interval)

騒音の状態が一定とみなせる時間を観測時間 (observation time interval) といい、また観測時間のうち実際に騒音を測定する時間を実測時間 (measurement time interval) といいます。

(2) 基準時間帯 (reference time interval)

一つの等価騒音レベルの値を代表値として適用できる時間帯を基準時間帯といい、測定対象とする地域の居住者の生活態様及び騒音源の稼動状況を考慮して決めます。

例えば、1日を昼間と夜間に区別し昼間は午前6時から午後10時までとすると、その間の16時間が昼間を対象とした基準時間になります。この基準時間帯の等価騒音レベルを求めるには、16時間分の等価騒音レベルを測定すればいいのですが、実用上はサンプリングの概念を適用し、基準時間帯の中でいくつかの時間帯を設定し観測の対象とします。例えば、毎正時から始まる1時間毎に基準時間帯を分割した場合、ここの1時間が観測の対象とする時間で、これを観測時間といいます。この観測時間についてもサンプリングの概念を適用することができます。観測時間のうち限られた時間、例えば毎正時から始まる10分間について実際に騒音を測定することになります。実際に連続的に等価騒音レベルを測定する時間を実測時間といいます。この様にして測定したデータから基準時間帯の等価騒音レベルを算出するにはエネルギー平均によって求める必要があります。また、この概念を1日でなく長い時間に拡張して考えた場合が次の長期基準期間になります。

(3) 長期基準期間 (long-term time interval)

基準時間帯騒音の測定結果が長期的に変動が少ないとみなせる場合、その測定結果を代表値として用いる時、その対象とする期間をいいます。

(4) 長期平均等価騒音レベル (long-term average sound level) ($L_{Aeq, LT}$)

長期基準期間に含まれる一連の基準時間帯の等価騒音レベルを、長期基準期間の全体にわたり平均した値をいいます。

計算式は：

$$L_{Aeq, LT} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{(L_{Aeq, T})_i / 10} \right] \dots\dots\dots (式 10-1)$$

N : 基準時間帯のサンプル数

$(L_{Aeq, T})_i$: i 番目の基準時間帯の等価騒音レベル (dB)

(5) 評価騒音レベル (rating level) ($L_{Ar,T}$)

騒音に対する人間の反応を評価する場合には、その目的に適した基本量とするため、測定値に補正を加えた量を用いることができます。等価騒音レベルに対象騒音に含まれる純音性及び衝撃性に対する補正を加えた値をいいます。

$$(L_{Ar,T})_i = (L_{Aeq,T})_i + K_{1i} + K_{2i} \quad \dots\dots\dots (式 10-2)$$

$(L_{Ar,T})_i$: i 番目の基準時間帯についての等価騒音レベル (dB)

K_{1i} : i 番目の基準時間帯に対する純音補正の値 (dB)

K_{2i} : i 番目の基準時間帯に対する衝撃音補正の値 (dB)

測定された等価騒音レベルに聴感的に純音が含まれていることが明らかで、1/3 オクターブバンド分析でその存在が認められ、隣接するバンドより 5 dB 以上大きい場合に純音補正 K_{1i} を行なって良い。補正値は 5 ～ 6 dB とし、補正した場合にはその値を明記する。

また、ある特定の時間帯において騒音に著しい衝撃性が認められる場合には、その時間帯について測定された等価騒音レベルに補正値を加えて良いとされている。

恒常的な音でなく一時的突発音であれば、その部分を除いて等価騒音レベルを求めるといいでしょう。

(6) 長期平均評価騒音レベル (long-term average rating level) ($L_{Ar,LT}$)

一連の時間帯について算出された評価騒音レベルを長期基準期間にわたって平均した値をいいます。

$$L_{Ar,LT} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{(L_{Ar,T})_i / 10} \right] \quad \dots\dots\dots (式 10-3)$$

N : 基準時間帯のサンプル数

$(L_{Ar,T})_i$: i 番目の基準時間帯の評価騒音レベル (dB)

10-3 騒音の種類

分類方法が大きく変わりました。従来は騒音源に関係なく騒音レベルの時間変化にだけ注目した分類でしたが、今回は複雑な騒音源の構成要素に着目した分類となっています。

(1) 総合騒音 (total noise)

ある地点で観測される騒音は、様々な騒音源からの騒音が重なり合っているため、そのレベルの時間変化は複雑な様相を呈します。このようにある観測点において観測されるあらゆる騒音源からの総合された音を総合騒音といいます。今までは環境騒音といわれていました。

(2) 特定騒音 (specific noise)

総合騒音は一般に複数の騒音源からの騒音で構成されていますが、そのうちのある特定の騒音源に着目したとき、それからの騒音を特定騒音といいます。例えば各種の交通機関からの騒音や生活騒音など混在している都市環境において、騒音源として鉄道に着目すれば鉄道騒音が特定騒音になります。

(3) 暗騒音、残留騒音

総合騒音を構成する騒音のうち、ある特定騒音（複数の場合もある）に着目した場合、それ以外のすべての音を暗騒音（background noise）と言います。例えばある観測点において鉄道騒音に着目した場合、近くの道路からの交通騒音は鉄道騒音よりもレベルが大きくても暗騒音にふくまれます。なお、総合騒音に対して寄与の大きいすべての特定騒音を除いてもなおかつ残っている騒音は、残留騒音（residual noise）とよばれています。

(4) 初期騒音（initial noise）

例えば、新しく道路ができたとか、高層ビルができたなど、ある地域において、何らかの環境の変化がおきた場合、それ以前の状態の総合騒音をいいます。

(5) 時間的に見た騒音の分類

騒音の種類は時間的な変動の状態により、定常騒音、変動騒音、間欠騒音、衝撃騒音（分離衝撃騒音、準定常騒音）に分類されます。改訂前の規格では、それぞれの分類に応じた測定方法が規制されていましたが、改正では定常騒音、変動騒音は等価騒音レベルを測定し、間欠騒音、衝撃騒音はその継続時間と単発暴露騒音レベルから計算で等価騒音レベルを求めることになりました（3章を参照下さい）。

10-4 測定器と校正

測定器は JIS C 1509-1 Class1 精密騒音計に適合するもの、少なくとも JIS C 1509-1 Class2 普通騒音計に適合するものを使用する必要があります。機能として、等価騒音レベル、単発騒音暴露レベル、時間率騒音レベルの測定機能を持った機種が便利です。

測定器の校正は一連の測定の前後に現場で校正を行なう必要があり、一般的には音響校正器が使用されます。7章3節「校正について」を参照下さい。

10-5 測定点

環境騒音の測定を行なう場合、測定に適した測定点を選ぶ必要があります。測定点は、関連の法規が有ればそれに準じて選定し、測定をします。また測定の実施内容、測定現場の条件などによって、個々のケース毎に選定または指定すべきですが、一般的な規則として次のように示されています。

(1) 屋外

一般の環境騒音を測定する場合には、建物などからの反射の影響を避けるため、建物などの反射物からなるべく 3.5 m 以上離れ、地上 1.2 m ～ 1.5 m の高さとしします。ただし、建物などから 3.5 m 以上離れた位置に測定点を選ぶことが不可能な場合には、反射物からできるだけ離れた位置で測定を行なうのが望ましいとされています。やむを得ず建物などの近くで測定を行なう場合には測定条件としてその旨を明記しておく必要があります。従来は「上記のほかに道路交通騒音などを対象として、街頭で騒音を測定する場合には、車道と歩道の区別があるところでは車道寄りの歩道端、区別の無いところでは道路端で、地上より 1.2 m ～ 1.5 m の高さで測定」となっていますが「騒音に関わる環境基準」、「騒音規制法」では騒音を問題としている地点を重視した測定評価となりました。

その他、工場や娯楽場などの特定の騒音源が周囲に及ぼす影響を調べる場合にも、個々の条件または照合すべき法律などの規定によって、適当な測定点を決めるべきですが、常に問題になっている場所で測定するのが原則です。

(2) 建物の周囲における測定

建物に対する外部騒音の影響を調べる場合には、対象となる壁などの反射面の影響を避けるために、建物の外壁などから 1 m ～ 2 m 離れ、建物の問題となる階の床レベルから 1.2 m ～ 1.5 m の高さに測定点を選びます。旧 JIS (JIS Z 8731:1983) によれば、窓の前面における騒音レベルを測定する場合には、窓中心線上で窓から 1 m 離れた点を選ぶこととなっていました。

(3) 建物の内部における測定

建物の内部における騒音レベルを測定する場合は、壁などの反射面から 1 m 以上離れた位置で、また窓などの開口部では 1.5 m 離れた位置で床上 1.2 m ～ 1.5 m の高さに選びます。この場合、室内の音場は一般に極めて複雑になっているので、一点だけでなく数点の位置で測定し、その平均（算術平均またはパワー平均）を求めることが望まれています。

(4) 作業環境における測定

新 JIS (JIS Z 8731:1999) では削除されました。旧 JIS (JIS Z 8731:1983) や安全衛生法では、「工場や事務所などの作業環境における騒音を測定・評価するときの一般的な測定点としては、作業者が定位置で作業することが多い場合には、原則としてその作業者の耳の位置とする」となっています。作業者の位置が特定できない場合には、通路上など作業者の動線上の代表的ないくつかの位置で、床上 1.2 m ～ 1.5 m の高さを測定点とします。また 6 m 毎のマス目に区切りその交点を測定点とします。詳細は、[こちらの「作業環境Q&A集」ページ](#)を参照下さい。

(5) 気象の影響

騒音は気象条件により変化し、その程度は伝搬距離が長いほど影響を受けます。このような影響が問題になる場合は次のいずれかによって測定します。

- (a) 種々の気象条件における測定結果を平均する方法
測定点において種々の気象条件にわたる長期平均等価騒音レベルが得られるよう実測時間を設定する。
- (b) 特定の気象条件において測定する方法
一般に騒音が大きくなる条件、すなわち風の方向が騒音源から測定点方向にふく順風のときに実測時間を設定する。

10-6 騒音の測定方法

環境基本法では評価基準値が時間率騒音レベルの中央値 L_{50} から等価騒音レベルに全面改訂され、また騒音規制法では特定施設では時間率騒音レベル L_5 が評価基準値のままですが、自動車騒音では2000年4月に等価騒音レベルに改訂されました。等価騒音レベル L_{Aeq} と時間率騒音レベル L_{50} の比較を次表に示します。

表 10-1 等価騒音レベル L_{Aeq} と時間率騒音レベル L_{50} の比較

	等価騒音レベル (L_{Aeq})	時間率騒音レベル (L_{50})
基本特性	- 騒音のエネルギー平均値 - 突発的、間欠的な音に影響される。(時間的、空間的安定性は高くない = 感度が高い) - 騒音の変動特性によらず適応でき複合騒音にも適応可能。	- 騒音レベルの中央値 - 突発的、間欠的な音に影響されにくい。(時間的、空間的安定性が高い = 感度が低い) - 騒音の特性が異なる場合や複合騒音の評価が困難。 - 異なる騒音に対する測定結果を相互に比較することが困難。
	両指標により同時に測定した場合、騒音の変動の度合いにより程度は異なるが、通常 L_{Aeq} の方が L_{50} よりも値が大きくなる場合が多い。	
住民反応との関係	間欠的な騒音をはじめ騒音の暴露量が数量的に必ず反映されるため住民反応と比較的よく対応する。	L_{Aeq} と比較すれば、間欠的な騒音が数量的に反映されにくいため、住民反応との相関はあまり良くない。
予測	騒音のエネルギーを時間平均したものであるため、予測地点の騒音分布を再現しなくても騒音のエネルギー平均値を予測すれば足りる点で予測計算が簡略化・明確化される。	騒音分布に左右されるので、厳密には予測地点における騒音分布を再現する必要がある点で、予測計算が行いにくい。(ただし、経験式による予測の実績はある。)
測定	騒音レベルの変動に敏感な指標であるため変動が大きい場合には、ある程度の時間をかけて測定しなければ安定したデータが得られない。(信頼性と実用性の両立が課題。)	比較的短時間の測定で安定したデータを得ることができる。
国際的動向	国際的に多くの国や機関で採用されており、国際的データとの比較が容易。	国際的にほとんど使用されていないので、国際的なデータとの比較が困難。

騒音の変動の状態により程度は異なりますが一般的に L_{50} より等価騒音レベルの方が大きくなりやすいと言われています。関連の規定で定めが無ければ、一般的に次の等価騒音レベルの算出方法を使用します。

レベルレコーダから等間隔にデータを読み取って計算から求めることも可能ですが、現在では騒音計がデジタル化され、等価騒音レベルと時間率騒音レベルを同時に測定できる機能を持ったものが市販されています。これらの騒音計を使用すれば簡単に等価騒音レベルを測定することができます。

(1) 変動騒音

騒音の変動が大きい場合は、積分形騒音計による L_{Aeq} 測定が望ましい。その場合は測定した実時間を必ず記録しておきます。この方法のほかにサンプリングによる方法と騒音レベルの統計分布による方法を用いることができます。

(a) サンプリングによる方法

一定時間 Δt 毎に時刻 t_1 から時刻 t_2 までサンプリングしたデータより、次式により等価騒音レベルを求めます。

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_{pAi}/10} \right] \quad \dots\dots\dots (式 10-4)$$

N : サンプル数 $N = \frac{t_2 - t_1}{\Delta t}$

L_{pAi} : 騒音レベルのサンプル値

この計算で求める場合は、時間重み特性の時定数に比べサンプリング時間間隔 (Δt) が大きいと精度が落ちます。時定数 Fast のときは 0.25 s 以下、時定数 Slow では 2 s 以下とすることが望まれています。

変動が緩やかで実測時間が数分以上にわたる場合は 5 s 程度まで広げることができます。

(b) 騒音レベルの統計分布による方法

一般に騒音レベルのサンプル値を、分割幅 5 dB に取った統計分布から次式により等価騒音レベルを求めます。

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{100} \sum_{i=1}^N f_i \cdot 10^{L_{pAi}/10} \right] \quad \dots\dots\dots (式 10-5)$$

N : レベルの分割数

f_i : 騒音レベルが i 番目の分割クラスに入っている場合の時間の割合 (%)

L_{pAi} : 騒音レベルのサンプル値

(2) 定常騒音

周波数重み特性 A、時定数 Slow を使い、その指示値が 5 dB 以内の場合、定常騒音として扱うことができます。積分形騒音計で等価騒音レベルを求める代わりに、指示値の平均値を読みこの値を採用することができます。

(3) 騒音レベルが段階的に変化する定常騒音

騒音レベルが定常的ではあるが、段階的に変化する、それぞれのレベルが明瞭に区別できる場合は、各段階の騒音レベルを定常騒音として測定し、レベルごとの継続時間を測定しておくことにより次式により等価騒音レベルを計算します。

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T} \sum T_i 10^{L_{pA,i}/10} \right] \dots\dots\dots (式 10-6)$$

$T = \sum T_i$: 全測定時間

T_i : i 番目の定常区間の継続時間

$L_{pA,i}$: i 番目の定常区間における騒音レベル (dB)

(4) 単発的に発生する騒音

環境騒音の中で単発的に発生する騒音が卓越している場合、時間 T の間に発生する騒音の単発騒音暴露レベルから次式により等価騒音レベルを求めます。

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left[\frac{T_0}{T} \sum_{i=1}^N 10^{L_{AE,i}/10} \right] \dots\dots\dots (式 10-7)$$

$L_{AE,i}$: 時間 T (s)の間に生じる n 個の単発的な騒音のうち、
 i 番目の騒音の単発騒音暴露レベル

T_0 : 基準時間 (1 s)

従来では間欠騒音、衝撃騒音それぞれ規定されていましたが、単発暴露騒音レベルから等価騒音レベルを求めることになりました。

10-7 記録事項

音響測定結果に加え、下記項目も記録することが望ましいとされています。

(1) 測定方法

- (a) 測定器の種類、測定方法または計算方法
- (b) 基準時間帯、実測時間及びサンプリングによる方法の場合はそのサンプリング時間間隔、回数など

(2) 測定時の条件

- (a) 大気の状態：風向・風速・雨・地上及びその他の高さにおける気温、大気圧、相対湿度
- (b) 地表の種類及び状態、騒音源の変動性等の性質、特定騒音の有無とその特徴、方向など
- (c) 測定点（位置、高さ）

10-8 附属書 1（規定）適正な土地利用のための音響データの収集

（注意）

JIS Z 8731:1999 の本附属書 1（規定）は、ISO 1996-2:1983 を翻訳したものに相当します。

（1）概要

この規定は特定の地域における環境騒音の表示、現在または将来予想される騒音を考慮した土地利用の適性さの評価としての具体的な測定方法を示しています。環境アセスメント法に適用される規制と考えられます。また長期平均等価騒音レベルまたは長期平均評価騒音レベルがあるレベルの間になっている領域を 5 dB 毎の騒音レベルゾーンとして地域の地図上に色分けして等高線的に表示します。

（2）基礎データの収集

次の基本的データの収集が必要です。

- （a） その地域の地勢情報
- （b） その地域における居住状況及び周辺の情報として、風向、風速、雨量、気温に関して通年の統計情報

（3）音響データ

騒音源及び対象とする地点の特性を考慮しそれぞれの時間帯について、特定の地点における代表値として、評価騒音レベル、長期平均等価騒音レベル、長期平均評価騒音レベルを求めることが目標になります。また、騒音レベルの分布を考慮するため、時間率騒音レベルを求めておくことが望まれています。

（3-1）測定点の位置と数

対象とする環境騒音を記述する上で適当な屋外を、空間分解能を考慮して選定し地図上に明示します。
例として：

- （a） 対象とする地域全体を等間隔な格子状とし、その交点と、音源の近くでは 5 dB 以上の差が出ないように密にして適当な点をとる
- （b） 特定の地域の平均レベルを代表する点を選定する
- （c） 対象とする地域に存在する騒音源が放射する騒音の特性を把握できる地点を選定する

（3-2）マイクロホンの位置

10 章 5 節での屋外、建物の周囲における測定に準じます。高い建物が建てられると予想される地域では、高さ 3 m ～ 11 m とするなど必要に応じ個別に定めます。また 3.5 m 離れられないとき、開放窓では窓から 0.5 m 離れた位置で測定します。また外壁から 1 m ～ 2 m 離れて測定した場合、卓越した帯域音を含んでいない場合は測定値から 3 dB を減じた値を建物がない場合の音圧レベルとみなせます。

(3-3) 時間の設定

(a) 基準時間帯

基準時間帯及び実測時間を適切に設定するため、長時間にわたる予備測定を行なうことが望まれます。基準時間帯は、居住者の典型的な生活態様及び騒音源の種々の稼動条件など考慮してきめます。

(b) 長期基準時間

騒音制御の目的、対象とする地域の特性と居住者の生活態様、騒音源の稼動状況及び、騒音の伝播条件の変化を考慮し、騒音の発生状況の長期的変化を含むように設定します。

(c) 実測時間

対象とする基準時間帯の騒音の種類に応じて等価騒音レベルを求めますが、等価騒音レベルが安定して選ばれるように、また長期平均等価騒音レベル及び長期平均評価騒音レベルが精度よく推定できるよう、騒音の発生、伝搬の変化に応じて設定します。

航空機や電車など通過する音源がある場合には、通過時の単発騒音暴露レベルが測定できるように設定します。また雨や強風を避け、再現性があり安定した騒音の伝搬となる気象条件を選びます。特に卓越した騒音源がある場合は、順風で、地上 3 m ～ 11 m の高さにおける風速が 1 m ～ 5 m/s の範囲で、地表近くに強い気温の逆転が生じていない条件で測定します。

(3-4) 音響データの収集

(a) 連続測定による方法

基準時間帯全体を実測時間とする。強風、豪雨のときや対象とする地域の代表的な騒音以外の騒音の影響が強い場合は、測定誤差が大きくなるので除外する。

(b) 時間サンプリングによる方法

基準時間帯の間にいくつかの離散的な実測時間を設定し、その間の測定結果から等価騒音レベル、評価騒音レベルを求めます。

(4) 騒音のレベルの予測

建設が計画されている工場、道路、航空機、鉄道などの交通施設から放射される騒音の状況を予測する場合、計算または縮尺模型実験によっても良いとされています。

(5) 騒音レベルゾーン及び結果の表示

現状の環境騒音の測定結果、また計画されている事業の騒音の予測結果の報告に、騒音レベルゾーンによる表示が推奨されています。縮尺地図に 5 dB 毎の等高線とそのゾーン毎に色またはハッチングで区別します。また測定点は○、予測地点は×で明記します。

なお、色、ハッチングは騒音レベルゾーンの値により定められています。

また必要とされる記録事項、報告事項として気象条件、騒音源に関する事項、地表の状態、対象地域、予測目的、データなどが定められています。

(注意)

この付属書 1 の内容は、後述の環境アセスメント法に関連しています。当社では、これに対応する[環境予測ソフトウェア「SoundPLAN」](#)を用意しております。

10-9 附属書 2（参考）環境騒音の表示、測定方法に関する補足事項

騒音の時間変動特性を表す場合に用いられる時間率騒音レベルの求め方、特定の間欠騒音や衝撃騒音の表示・測定方法及び定常騒音に対する暗騒音の影響の補正方法について、旧 JIS Z 8731/1983 年（騒音レベル測定方法）で規定されていた内容を取りまとめ、参考として示されています。

時間率騒音レベルについては 9 章 5 節を、騒音の種類については 10 章 3 節をご参照ください。

(1) 特定の間欠騒音、衝撃騒音の表示・測定方法

本編に規定されている、単発騒音暴露レベルの測定の外、次の方法によります。

対象とする間欠騒音または衝撃騒音があるときと、無いときの騒音計の指示値の差が 10 dB 以上であれば暗騒音の影響はほぼ無視できます。その差が 10 dB 未満では、暗騒音の影響を受けますので、(2) に準じた暗騒音補正をおこないます。ただし継続時間が短い場合は、暗騒音補正は適用できません。

(a) 特定の間欠騒音

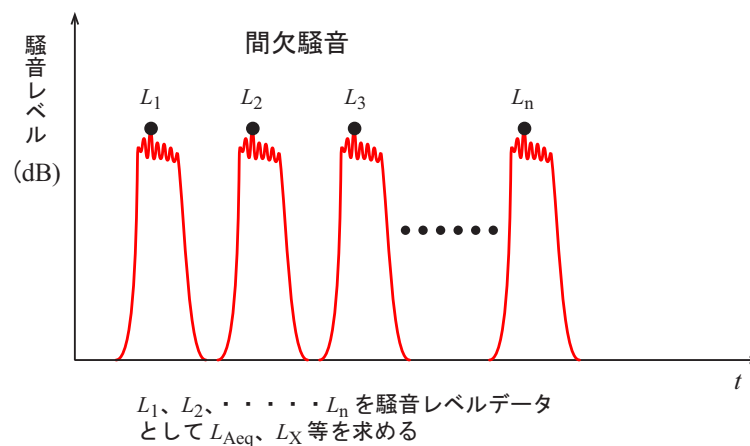


図 10-1 間欠騒音レベルの読み取り

上図 10-1 のように騒音の発生ごとに、騒音計の指示値の最大値を読み取ります。特に定めがある場合を除き騒音計の動特性は Fast を用います。最大値がほぼ一定の場合は数回の平均値で表示します。発生ごとに最大値がかなりの範囲にわたって変化する場合には多数回の測定を行って、測定結果のエネルギー平均、累積度数分布の 90%レンジの上端値 (L_5) などを求めて代表値とします。使用した時間重み特性や騒音の発生頻度、1 回ごとのおおよその継続時間なども記録をしておきます。

(b) 特定の衝撃騒音

- ・ 特定の分離衝撃騒音：(a) の特定の間欠騒音の測定に準じて行います。
- ・ 特定の準定常衝撃騒音：騒音計の Fast 特性による騒音レベルの最大値を読み取ります。

(2) 定常騒音に対する暗騒音の影響の補正

特定の定常騒音の騒音レベルを測定するとき、その騒音があるときと無いときの騒音計の指示値の差が 10 dB 以上あれば暗騒音の影響はほぼ無視できますが、10 dB 未満のときは無視できなくなります。その場合は次表により指示値を補正することにより、定常騒音のみがある時の騒音レベルを推定することができます。

表 10-2 暗騒音の影響に対する騒音計に指示値の差 (単位: dB)

対象音があるときと無いとき指示値の差	4	5	6	7	8	9
補正值	-2		-1			

(注意)

暗騒音の影響による測定誤差を補正する方法は、対象とする特定騒音と暗騒音がともに定常騒音であることを前提にしています。特に暗騒音レベルが対象とする特定騒音レベルに近く、変動している場合には補正の意味が無い場合が多くなります。

【補足】: 暗騒音補正について

JIS Z 8731:1999「環境騒音の表示・測定方法」は、表題の通り、主に一般環境及び作業環境などの騒音測定方法としての内容となりました (ISO 規格と整合させるため) ので、特定の騒音とその他の騒音 (暗騒音) という考え方になじまなくなり、「暗騒音の補正」が規定からはずれています。上記の附属書 2 も旧 JIS (JIS Z 8731:1983、騒音レベル測定方法) から引用されていて、“参考”となっています。

放射音圧レベル測定など機械騒音の測定方法として新たに JIS Z 8737 シリーズが新規作成され、この中に明確に暗騒音補正機能が規定されていて、具体的には暗騒音補正值 K_1 (正の値) が定義されています。

$$K_1 = -10 \log_{10} (1 - 10^{-\Delta L/10}) \quad \dots\dots\dots (式 10-8)$$

ここで、 ΔL は、測定対象機器の作動中の音圧レベルと暗騒音レベルとの差であり、この値がある値以上 (実用級では 6 dB、簡易級では 3 dB) で補正可能で、実測値から K_1 を引くことにより、補正ができます。

なお、式 10-8 は、以下のように求めることができます。

暗騒音を含んだ作動中機械の音圧レベルを L_T 、暗騒音レベルを L_B とすると、指定の機械だけの音圧レベル L_S は、

$$L_S = 10 \log_{10} (10^{L_T/10} - 10^{L_B/10}) \quad \dots\dots\dots (式 10-9)$$

$$\Delta L = L_T - L_B \quad \dots\dots\dots (式 10-10)$$

だから、暗騒音補正值 K_1 は、

$$K_1 = -(L_S - L_T) = -10 \log_{10} \left(\frac{10^{\frac{L_T}{10}} - 10^{\frac{L_B}{10}}}{10^{\frac{L_T}{10}}} \right) = -10 \log_{10} \left(1 - 10^{-\frac{\Delta L}{10}} \right) \dots\dots\dots (式 10-11)$$

式 10-8 のグラフは、図 10-2 となります。

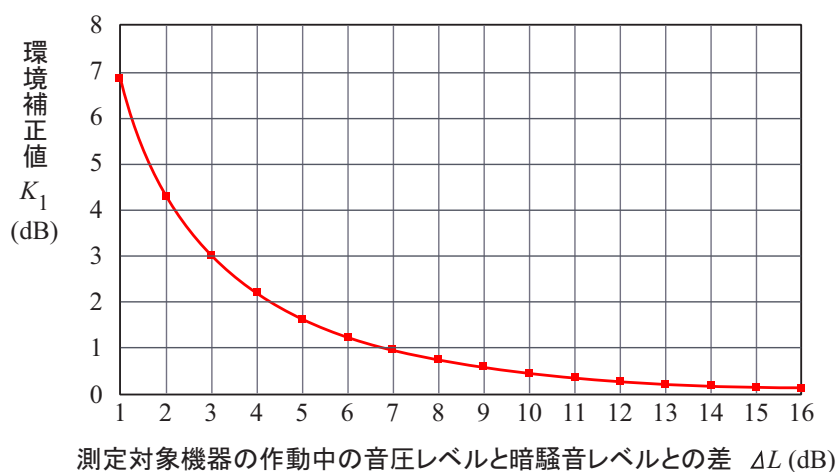


図 10-2 ΔL と環境補正值 K_1 との関係

表 8-3 新旧 JIS の内容の比較と騒音のレベル

	新 JIS (JIS Z 8731:1999)	旧 JIS (JIS Z 8731:1983)
目的適用範囲	(1) 一般の環境における騒音の大きさを表示するための標準的な方法を示す。 (2) 土地利用に関して環境騒音の標準的方法を示す。 (3) 各種規格との整合性を取るため旧 JIS の内容を参考に示す。	一般の環境騒音および作業環境における騒音の測定方法を示す
評価量	A 特性音圧: p_A 音圧レベル: L_p 騒音レベル: L_{pA} 時間率騒音レベル: $L_{AN,T}$ 単発騒音暴露レベル: L_{AE} 等価騒音レベル: $L_{Aeq,T}$ 長期平均等価騒音レベル: $L_{Aeq,LT}$ 評価騒音レベル: $L_{Ar,T}$ 長期平均評価騒音レベル: $L_{Ar,LT}$	A 特性音圧: p_A 騒音レベル: L_A 時間率騒音レベル: L_X 等価騒音レベル: $L_{Aeq,T}$ 単発騒音暴露レベル: L_{AE}
用語	実測時間 基準時間 長期時間	実測時間 観測時間
騒音の種類、分類	・種類 総合騒音、特定騒音、初期騒音 ・時間変化での分類 定常騒音、変動騒音、間欠騒音、衝撃騒音、分離衝撃騒音、準定常衝撃騒音	環境騒音、特定騒音、暗騒音 定常騒音、変動騒音、間欠騒音、衝撃騒音、分離衝撃騒音、準定常衝撃騒音
測定器	JIS C 1509-1 Class 1 (精密騒音計) JIS C 1509-1 Class 2 (普通騒音計) JIS C 1512 (レベルレコーダ) に適合し、等価騒音レベル、単発暴露レベルが測定できるもの	JIS C 1505 (精密騒音計) JIS C 1502 (普通騒音計) JIS C 1512 (レベルレコーダ) または同等以上のもの
測定/評価方法	次の測定で $L_{Aeq,T}$ を求める ・変動騒音: 積分平均、サンプリング法、統計分布による方法のどれか ・定常騒音: Slow 指示値の平均の読取值 ・レベルが段階的に変化する騒音: 各段階の定常騒音とその時間から計算 ・単発的な騒音: L_{AE} から計算	定常騒音: 騒音計指示値の平均 変動騒音: $L_{Aeq,T}$ または L_X 特定の間欠騒音: Fast L_A のピーク値または L_{AE} から $L_{Aeq,T}$ を計算 間欠騒音を含む環境騒音: $L_{Aeq,T}$ 特定の分離衝撃騒音: Fast L_A のピーク値 特定の準定常衝撃騒音: Fast L_A のピーク値 衝撃騒音を含む環境騒音: $L_{Aeq,T}$
測定点	屋外: 反射物から 3.5 m 以上離れ、特に指定がない限り地上 1.2 ~ 1.5 m の点 建物の周囲: 特に指定がない限り建物の外壁から 1 ~ 2 m 離れ、対象とする建物の床から 1.2 ~ 1.5 m の点 建物の内部: 特に指定がない限り壁などの反射面から 1 m 以上、窓などの開口部から 1.5 m 以上離れ、床上 1.2 ~ 1.5 m の点	屋外: 反射物から 3.5 m 以上離れ、地上 1.2 ~ 1.5 m の点。街頭では車道と歩道の区別がある場合は車道側の歩道端、区別の無いところでは歩道端で地上 1.2 ~ 1.5 m の点 建物の周囲: 建物の外壁面から 1 ~ 2 m 離れ、対象とする建物の床から 1.2 ~ 1.5 m の点。窓の前面では窓の中心線上窓から 1 m 離れた点 建物の内部: 壁などの反射面から 1 m 以上、床上 1.2 ~ 1.5 m の点 作業環境: 作業者の耳の位置。または作業者の動線上の代表的な位置で床上 1.2 ~ 1.5 m の点
補正	評価騒音レベル: 純音補正、衝撃音補正	暗騒音補正
校正	測定前に音響校正器による校正が必要	

10-10 測定に影響を与える環境条件

(1) 気象条件、地形、地表面形状

騒音が屋外を伝播する場合に、風や気温などの気象条件や地形あるいは地表面形状などによって、大きく影響を受けることがあります。例えば、風による影響としては、風が無いときに比べ、一般に順風のときには伝播音の大きさは増大し、逆風のときには減少します。また、気温による影響としては、一般に気温の垂直方向の分布が、上空ほど低温で地表面で高温の場合には音が伝播し難く、上空ほど高温で逆転層のある状態のときには伝播し易くなります。地面に沿って音が伝播する場合、一般に田畑や草地などの吸音性の高い地表面上では、舗装面などの反射性地表面上と比べて音の減衰が大きく、遠くまで伝播し難くなります。したがって、騒音測定時の条件として、天気などととも測定点近傍での風向き、風速、温度、相対湿度などの気象条件、及び地形や地表面形状などをできるだけ明確に記録しておくことが必要です。

(2) 風雑音の影響

騒音計のマイクロホンに強い風が当たると、その部分でいわゆる風雑音が発生し、特に測定対象の音が風雑音に比べて相対的に小さいときなどには信号対雑音比が不足して、測定が不可能となります。従って、屋外や風を発生する機械類の近傍などで騒音を測定する場合には、風雑音を低減させるために工夫された防風スクリーンを装着する必要があります。ただし、風速が大きくなると防風スクリーンによる風雑音の低減効果にも限界があるため、強風時の測定は避けるべきです。

(3) その他環境条件の影響

電気機械類の近傍では、強い電界・磁界が形成されていることが多く、そのような場所に騒音計を置くとマイクロホンや騒音計本体の電気回路部分に影響が及び、指示値が不正確になることがあります。マイクロホンケーブルを延長して使用する場合には、延長ケーブルの部分でこれらの影響を受け易くなります。また、各種の機械類などが発生する振動が騒音計本体に伝わり、測定に影響を及ぼすこともあります。さらに、高温や多湿の環境条件下では騒音計などの計器類に支障を来すことが有ります。

以上述べたように、各種の影響があるため、事前にそれらの影響の有無と程度を確かめておくことが必要であり、影響が問題となりそうな場合には、影響の要因毎に適当な遮蔽や防振などの対策を工夫するとともに、測定点の選定に十分注意することが大切です。

10-11 音の伝搬と距離減衰

第1章にも記しましたように、音（音波）は、空気中を約 340 m/s の速度で伝搬して伝わっていきます。その時、特に遮断や吸収などの妨害物がなくても、伝搬した距離によって、その強さ（音圧レベル）は、減衰します。すなわち、音波は四方八方に広がる（発散）ことにより減衰する性質を持っています。この性質を音の距離減衰と呼びます。音波は波動現象ですから、1つの音源から遠くなるにつれて伝搬する面積が広がるために音の強さ（単位面積当たりの音のエネルギー）は、弱くなっていきます。特に、音源が点音源と見なせる場合は、自由空間中を球面上で伝搬すると考えてよくその面積は $4\pi r^2$ （ここで、 r は音源からの距離）ですから、音の強さは距離の2乗に反比例して減衰します。これを逆2乗則といいます。

図 10-3 において、点音源 P からの距離 r_1 、 r_2 における音圧レベルをそれぞれ L_1 、 L_2 とすると；

$$L_2 - L_1 = -20 \log \frac{r_2}{r_1} \quad \dots\dots\dots \text{(式 10-12)}$$

；との関係となります。例えば、距離が2倍になると、6 dB だけ小さくなります。

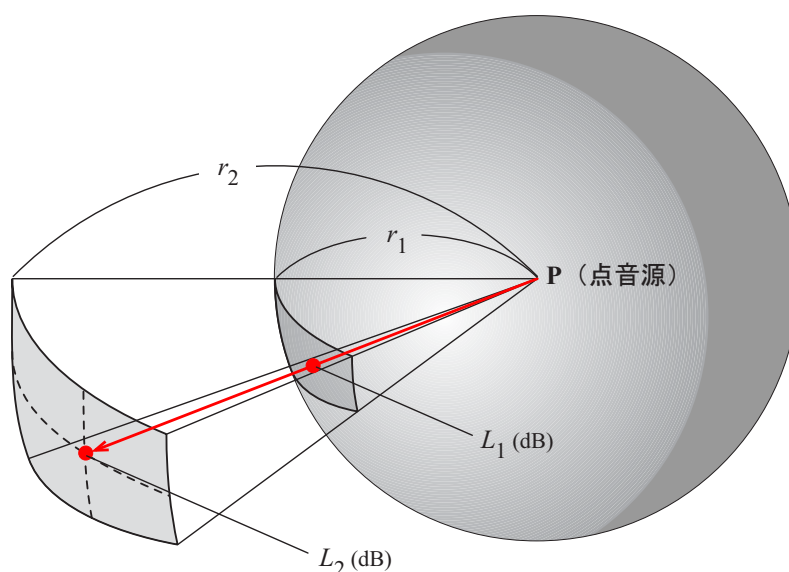


図 10-3 点音源からの拡散と距離減衰

11. オクターブ分析（周波数分析）

音響振動の周波数分析手法は、狭帯域分析（FFT 法）とオクターブ分析の 2 種類あります。

表 11-1 周波数分析の分類

	分析幅	主な用途
FFT 法	定幅分析	物理的な原因の究明と対策
オクターブ分析	定比幅分析	騒音や振動の評価

オクターブ分析は、CPB（Constant Percentage Bandwidth：定比幅）分析とも呼ばれます。ここではオクターブ分析について説明します。

11-1 オクターブ分析について

騒音対策を行うには、騒音分析＝周波数分析が必要です。騒音分析として古くから行われている方法としてオクターブ分析があります。オクターブとは 2 倍の周波数を意味します（下記「オクターブとは」参照）。

耳に感じる周波数特性が等比的なため、オクターブ分析がよく使われています。計測対象とする騒音に対して可聴周波数の周波数範囲において、1/1 オクターブあるいは 1/3 オクターブの規格に定められたバンドパスフィルタを通して各々の帯域毎の音圧レベルを求めます。フィルタの特性などは、JIS C 1514:2002 に規定されていますので、詳しくはそちらをご参照ください。

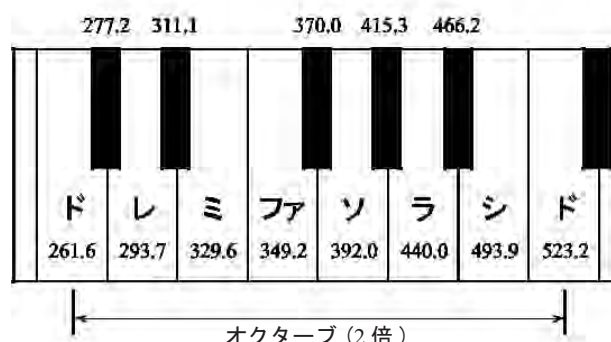
オクターブとは：

オクターブとは、例えばドの音から次の上のドの音との関係のように周波数比が 2 倍となる音程を意味しています。また、オクターブバンドとは、ある周波数を中心にして上限と下限の周波数比が 1 オクターブとなる周波数の帯域（バンド）のことで、その中心の周波数をオクターブバンド中心周波数と呼んでいます。また、オクターブバンドを 1/3 に分割したものを、1/3 オクターブバンドといいます。

右図のように、音楽の平均率音程とは、1 オクターブを定比的に 12 等分した音程で、1/12 オクターブバンドとなっています。

音階（12 平均率）

ピアノ・キーボードは 1/12 オクターブ



黒鍵を含む鍵盤と鍵盤との周波数比率は、 $\sqrt[12]{2}$ (= 1.05946) となっています。なお鍵盤での数値は基本の周波数（単位は Hz）です。

11-2 オクターブフィルタのJIS規格

オクターブフィルタの JIS 規格には、以下の 2 つがあります。

- ①. JIS C 1514:2002 (= IEC 61260:1995) オクターブ及び 1/N オクターブバンドフィルタ
- ②. JIS C 1513:2002 音響・振動用オクターブ及び 1/3 オクターブバンド分析器

①は、IEC 規格の翻訳 JIS (IDT) で、フィルタ特性を規定しており、オクターブと 1/3 オクターブだけでなく、より汎用的に 1/N オクターブフィルタまで規定しています。また、要求する精度の許容差も 3 クラス (0、1、2) まで、規定しています。

②は、音響振動用の分析器として必要十分な仕様を規定しており、オクターブと 1/3 オクターブフィルタのフィルタ特性は①の規格を参照しています。又許容差のクラスも 1 と 2 だけ規定しており、従来の分類であるⅡ形とⅢ形と比較して、急峻な特性となっています。また、数値が小さいほど厳しくなっています。

下表 11-2 にオクターブと 1/3 オクターブフィルタの中心周波数をリストします。なお、この中心周波数の数値は、ISO 266 で規定されている公称中心周波数で、厳密な中心周波数は、①の規格で規定された計算式により求められた値を採用して設計されています。

表 11-2 1/1 オクターブと 1/3 オクターブバンドパスフィルタの中心周波数

中心周波数 (Hz)	1/1 オクターブ	1/3 オクターブ	中心周波数 (Hz)	1/1 オクターブ	1/3 オクターブ	中心周波数 (Hz)	1/1 オクターブ	1/3 オクターブ
0.8		○	25		○	800		○
1	○	○	31.5	○	○	1000	○	○
1.25		○	40		○	1250		○
1.6		○	50		○	1600		○
2	○	○	63	○	○	2000	○	○
2.5		○	80		○	2500		○
3.15		○	100		○	3150		○
4	○	○	125	○	○	4000	○	○
5		○	160		○	5000		○
6.3		○	200		○	6300		○
8	○	○	250	○	○	8000	○	○
10		○	315		○	10000		○
12.5		○	400		○	12500		○
16	○	○	500	○	○	16000	○	○
20		○	630		○	20000		○

11-3 オクターブフィルタのバンド幅と中心周波数

1/1・1/3 オクターブは、ある周波数帯域幅を持った複数のバンドから構成されています。

今、次のように規定すると：

f_1 ：下限遮断周波数

f_2 ：上限遮断周波数

f_m ：中心周波数

各オクターブバンドに対して、次の関係式が成立します。

● 1/1 オクターブバンドフィルタ

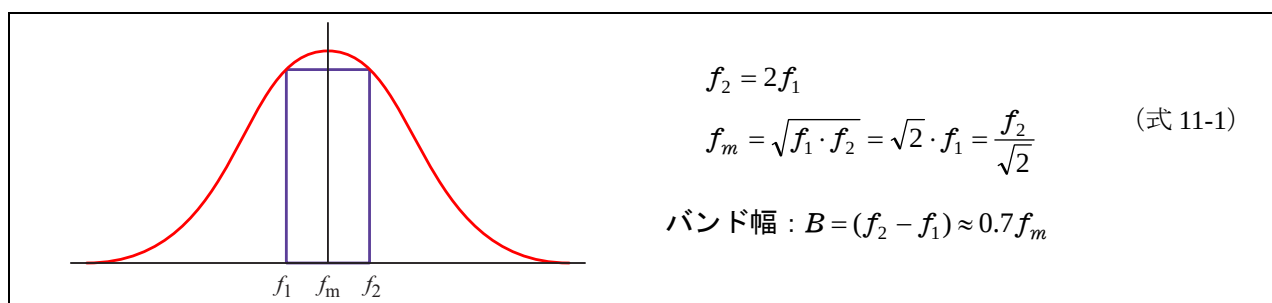


図 11-1 1/1 オクターブバンドにおける中心周波数、上下限周波数とバンド幅

● 1/3 オクターブバンドフィルタ

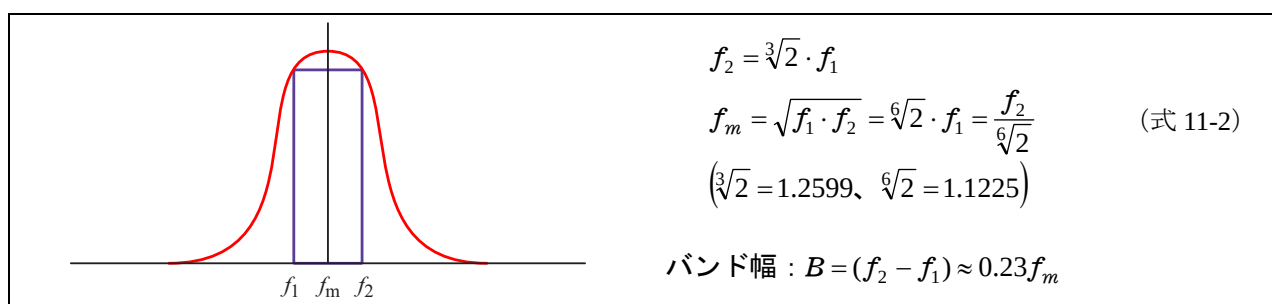


図 11-2 1/3 オクターブバンドにおける中心周波数、上下限周波数とバンド幅

【補足】：中心周波数について

以下、簡単に中心周波数 f_m の決定方法について説明します（JIS C 1514 より引用）。

JIS 規格によると、厳密な中心周波数は、下記の式で計算できます。

- ①. N が奇数の時（例えば、1、3）

$$f_m = (G^{x/N}) f_r \quad \dots\dots\dots \text{（式 11-3）}$$

- ②. N が偶数の時（例えば、6、12、24）

$$f_m = (G^{(2x+1)/(2N)}) f_r \quad \dots\dots\dots \text{（式 11-4）}$$

ここで、

f_r : 基準周波数（1000 Hz）

x : 正、負又はゼロの任意の整数

N : 1/ N オクターブバンドフィルタの分母の数値

（例）オクターブでは $N=1$ 、1/3 オクターブでは $N=3$ 、1/6 オクターブでは $N=6$ など

G : オクターブ比（2:1 の公称周波数比）を表す数値

G の値の決定方法は、以下の 2 種類を認めています。

- ①. 10 のべき乗による系 : $G_{10} = 10^{3/10}$ （式 11-5）

- ②. 2 のべき乗による系 : $G_2 = 2$ （式 11-6）

②は定義より当然ですが、①は、10 オクターブが 3 デケードに約等しい（ $2^{10} \simeq 10^3$ ）事実から、式 11-5 の G_{10} は約 2（1.9953）となり採用されています。①の 10 のべき乗の系が 10 の倍数で繰り返す数値となり、10 進数とも相性が良いため、規格では推奨の系列となっています。

（注意）

1. 式 11-1 や式 11-2 に表現されている“2”も分かりやすいように 2 としましたが、厳密な値では、上記の G となります。
2. 1/ N オクターブフィルタで N が偶数の場合は、式 11-4 から理解できるように、その中心周波数系列には、基準周波数である 1 kHz は存在しないことになります。

以下、JIS C 1513 より引用した 1/1 と 1/3 オクターブバンドフィルタのフィルタ特性の図を示します。

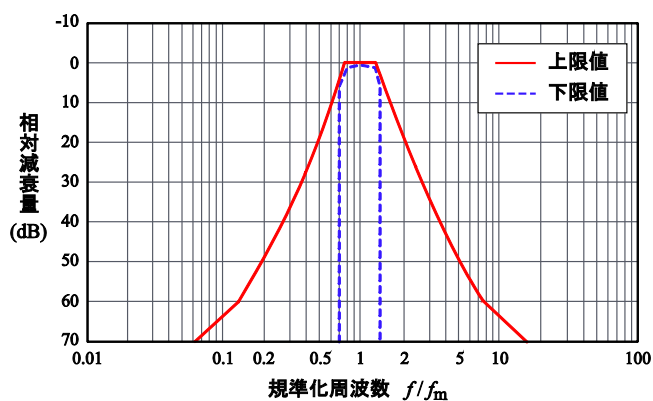


図 11-3 オクターブバンドフィルタ クラス 1 の相対減衰量の限界値

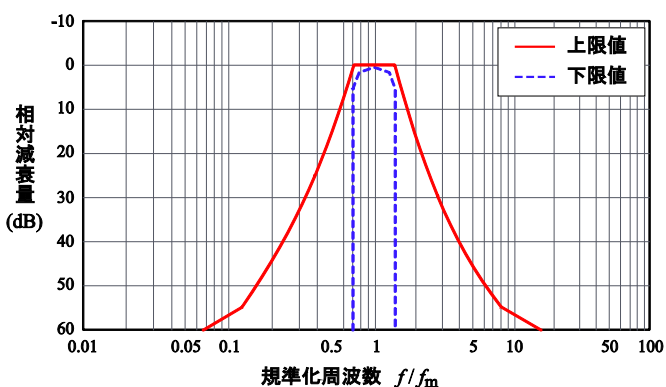


図 11-4 オクターブバンドフィルタ クラス 2 の相対減衰量の限界値

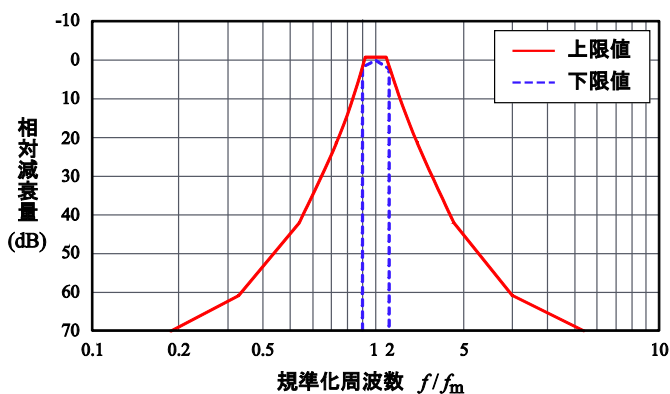


図 11-5 1/3 オクターブバンドフィルタ クラス 1 の相対減衰量の限界値

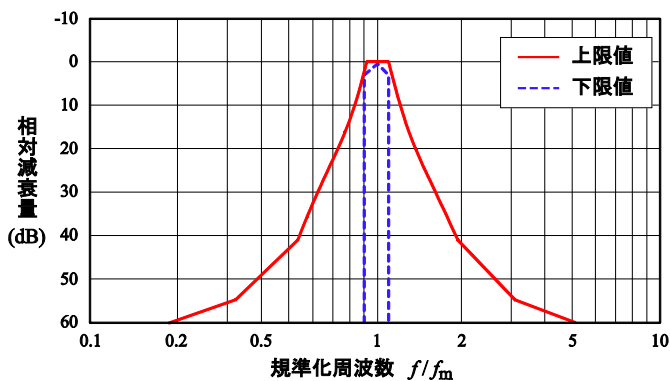


図 11-6 1/3 オクターブバンドフィルタ クラス 2 の相対減衰量の限界値

表 11-3 可聴帯域における 1/3 オクターブバンドの厳密な中心周波数

指数 x	公称中心周波数 (1/3オクターブ) [Hz]	10のべき乗による厳密な中心周波数 $10^{x/10} \times 1000$ [Hz]	2のべき乗による厳密な中心周波数 $2^{x/3} \times 1000$ [Hz]
-16	25	25.119	24.803
-15	31.5	31.623	31.250
-14	40	39.811	39.373
-13	50	50.119	49.606
-12	63	63.096	62.500
-11	80	79.433	78.745
-10	100	100.00	99.213
-9	125	125.89	125.00
-8	160	158.49	157.49
-7	200	199.53	198.43
-6	250	251.19	250.00
-5	315	316.23	314.98
-4	400	398.11	396.85
-3	500	501.19	500.00
-2	630	630.96	629.96
-1	800	794.33	793.70
0	1,000	1,000.0	1,000
1	1,250	1,258.9	1,260
2	1,600	1,584.9	1,587
3	2,000	1,995.3	2,000
4	2,500	2,511.9	2,520
5	3,150	3,162.3	3,175
6	4,000	3,981.1	4,000
7	5,000	5,011.9	5,040
8	6,300	6,309.6	6,350
9	8,000	7,943.3	8,000
10	10,000	10,000	10,079
11	12,500	12,589	12,699
12	16,000	15,849	16,000
13	20,000	19,953	20,159

(注意 1) 公称中心周波数は、ISO 266 による。

(注意 2) は、1/1 オクターブバンドの公称中心周波数でもある。

(注意 3) 10 のべき乗による厳密な中心周波数は、式 11-3 に式 11-5 を適用したものである。

(注意 4) 2 のべき乗による厳密な中心周波数は、式 11-3 に式 11-6 を適用したものである。

【参考】：1/3 オクターブのデータより 1/1 オクターブのデータへの変換

既知の 1/3 オクターブデータの dB 値より対応する 1/1 オクターブバンドデータの dB 値へ変換するには、求めたい 1/1 オクターブバンドに対応する 1/3 オクターブバンドデータの dB 値の和を計算します。

例えば、1/1 オクターブの中心周波数 1000 Hz のバンドデータ値を求める場合、対応する 1/3 オクターブのバンドデータが次のような dB 値であるとき；

800 Hz	73 dB
1000 Hz	77 dB
1250 Hz	75 dB

；中心周波数 1000Hz の 1/1 オクターブバンド値は次の式から求められます。

$$10 \log_{10} \left(10^{\frac{73}{10}} + 10^{\frac{77}{10}} + 10^{\frac{75}{10}} \right) = 80 \text{ (dB)} \quad \dots\dots\dots \text{(式 11-7)}$$

11-4 オーバオールレベルの計算（バンドレベルの合成）

周波数分析を行うと、周波数バンド毎のレベルが表示されます。このバンド毎の騒音レベル（音圧レベル）の総和をとった合成レベルをオーバオールレベルといい、分析機器では、この値も同時に表示されます。

周波数分析では、A 特性補正をかけたり、かけなかったり（FLAT 特性）と、目的によって使い分けていますが、FLAT 特性の周波数分析値から A 特性補正のオーバオールレベルを算出するには各バンド毎の測定値から表 11-3 の補正値を加味した値（例えば、200 Hz で 55.2 dB の補正後の値は、55.2 - 10.9 = 44.3 dB）から求めることができます。今、周波数バンド毎のバンドレベルを L_1 、 L_2 、.....、 L_n (dB) としたとき、オーバオールレベル L (dB) は、次の式により求めることができます（この計算は、12 章 1 節の dB 加算に相当します）。

$$L = 10 \log_{10} \left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n}{10}} \right) \quad \dots\dots\dots \text{(式 11-8)}$$

なお、この手法は防音対策で防音効果の特性表より対策後の予測等に応用され、よく使われています。

表 11-3 周波数重み A の特性表

中心周波数 (Hz)	補正値 (dB)	中心周波数 (HZ)	補正値 (dB)	中心周波数 (HZ)	補正値 (dB)
12.5	-63.4	160	-13.4	2000	+1.2
16	-56.7	200	-10.9	2500	+1.3
20	-50.5	250	-8.6	3150	+1.2
25	-44.7	315	-6.6	4000	+1.0
31.5	-39.4	400	-4.8	5000	+0.5
40	-34.6	500	-3.2	6300	-0.1
50	-30.2	630	-1.9	8000	-1.1
63	-26.2	800	-0.8	10000	-2.5
80	-22.5	1000	0	12500	-4.3
100	-19.1	1250	+0.6	16000	-6.6
125	-16.1	1600	+1.0	20000	-9.3

11-5 オールパスとオーバオールの意味（ALLPASS、OVERALL）

オクターブ分析器によっては、オールパス（ALLPASS）、オーバオール（OVERALL）の表示があります。それぞれの言葉の意味は次のようになります。

（注意）

一般的には“オールパス”と“オーバオール”は同じ意味として使われていることが多いですが、弊社小野測器の周波数分析器では下記のように明確に区別しています。

(1) オールパス

AC 出力（瞬時音圧）信号を周波数分析せずに、直接平均全パワー（実効値）を求めて、レベル化して表示した値です。

(2) オーバオール

AC 出力（瞬時音圧）信号を 1/1、1/3 オクターブ分析し、その 1/1、1/3 オクターブバンドデータと表 11-3 から、式 11-8 でレベル値を求め、表示した値です。

下図 11-7 は通常の騒音を Z（FLAT）特性で 1/3 オクターブ分析した結果ですが、オールパス値とオーバオール値がほぼ等しくなっているのが分かります（上側データ）。下側のデータは上側のデータを表 11-3 と式 11-8 を使って再計算することにより A 特性付オーバオール値を算出した例です。

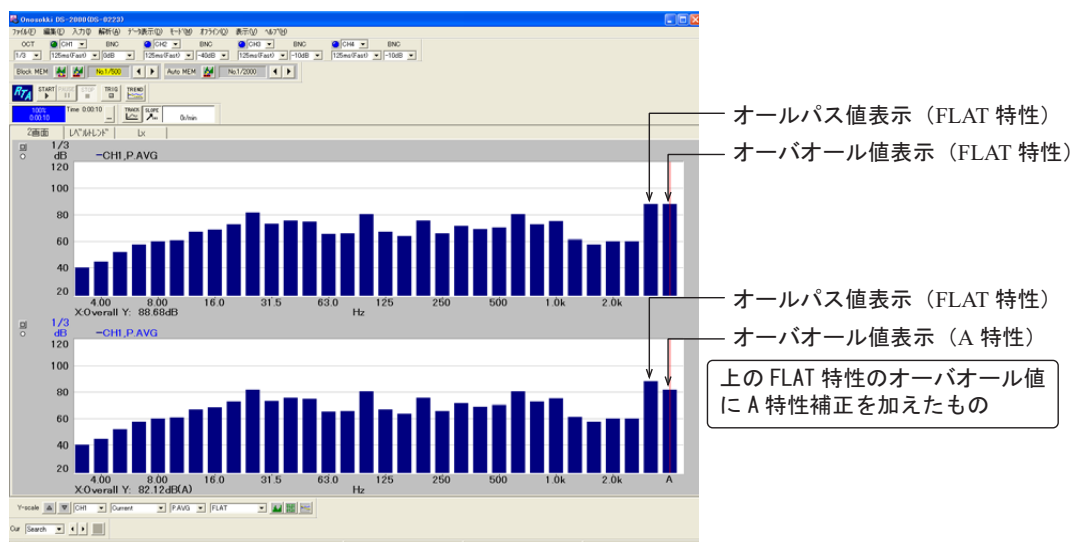
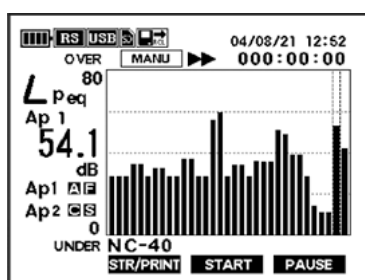


図 11-7 1/3 オクターブバンド分析におけるオールパス値とオーバオール値との比較

(注意)

1. オールパスとオーバオール値に差がでる場合がありますが、それぞれ有効な値ですので、注意してください。過渡的騒音を含まない通常の定常的な騒音データの分析では、両者の値はほぼ等しくなります（違いがでるとしても、0.1 ～ 0.2 dB 程度）。周波数帯域で考えるとオールパスの周波数帯域は、入力信号（例えばマイクロホンの周波数特性 20 Hz ～ 20 kHz）全域となり、オーバオールは、求めた周波数バンド分の帯域となりますので注意が必要です。特殊な例として、20 kHz 付近または以上の帯域の騒音レベルが大きいようなケースでは、オールパス値がより大きくなる場合があります。さらに、最近の騒音計は、騒音計のブロック図（図 8-1）における実効値回路（図の点線の部分）以降はすべてデジタル演算処理をしています。この図では、記載されていませんが、周波数補正回路を通ったアナログ信号を、騒音計のタイプによって固有なサンプリング周波数 f_s （例：64 kHz や 48 kHz）によりデジタル値に A/D 変換する際に、入力信号の最大周波数帯域（サンプリング周波数の 1/2 以内）が制限されます。騒音計のオールパス値はその最大周波数帯域までのパワー値を含みますので、特殊な例として、20kHz 以上の騒音データが存在する場合は、オールパス値どうしの比較においても、機種によって違いがでる場合があります。
2. オクターブ分析が可能な弊社の騒音計（LA-5570/5560/2560）では、オーバオール値の算出機能はなく、周波数重みや時間重みの異なる同時に 2 つのオールパス値を求めることができます。

図 11-8 は、2 つのオールパス値（Ap1、Ap2）を測定表示した例です。



	周波数重み	時間重み
Ap1	A	Fast
Ap2	C	Slow

図 11-8 2 つのオールパス（AP）値表示例

【参考】：低騒音レベルの周波数分析について

低騒音機械の騒音レベルや暗騒音レベルなどの周波数分析においては、オールパス値（あるいはオーバオール値）が正の dB 値でも、バンドレベルが負の dB になることがあります。負の値にあるということは、規準値（20 μ Pa）より小さいパワーということであって、騒音パワー自体が負の値ではありません。ちなみに式 11-8 を使って各バンドのパワーを合計すると、オールパス値（あるいはオーバオール値）に等しくなります。図 11-9 は、弊社のマイクロホンの自己ノイズ特性で OA 値は約 11 dB ですが、各バンド値は 0 dB 付近かそれ以下の負の dB 値となっています。

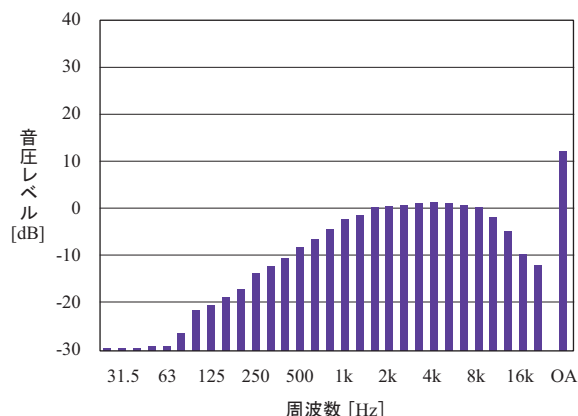


図 11-9 マイクロホンの自己ノイズ特性（A 特性）

11-6 NC (noise criteria)

1957年にアメリカのベラネック（Beranek, L.L.）によって提案された評価量で、空調騒音などの広帯域のスペクトルを持つ定常騒音を対象として、事務室内騒音の大規模な実態調査と、そこで働く職員へのアンケート調査を基にまとめられました。

対象とする騒音について、騒音のオクターブバンド毎の音圧レベルを図 11-10 に示した NC 曲線にプロットし、全てのバンドである基準曲線を下回るとき、その曲線の数値を評価量（NC 数）とします。

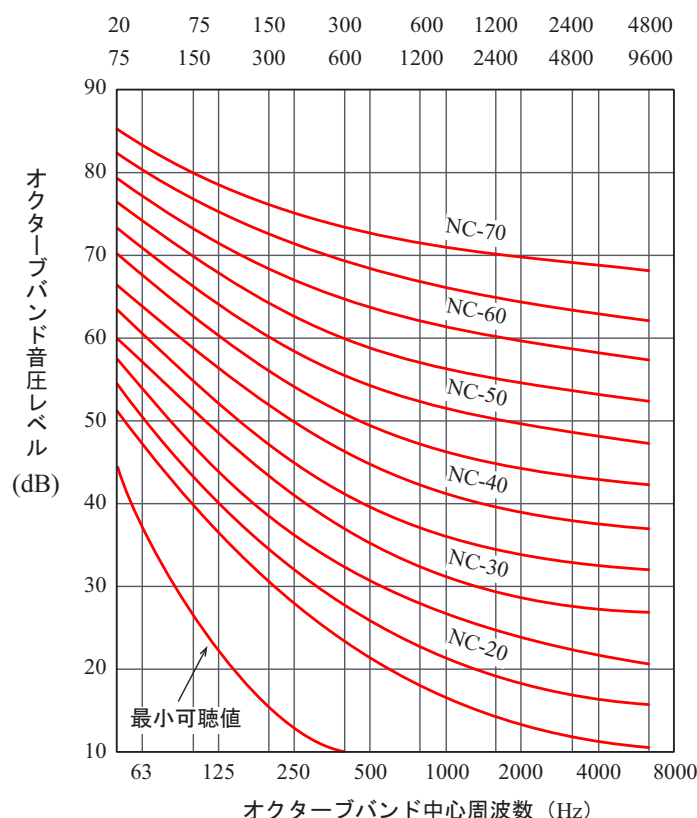


図 11-10 NC 曲線

下図 11-11 に弊社騒音計を使用しての 1/1 オクターブ分析値と NC 値の測定例を示します。なお、この測定の際、周波数特性は Z (FLAT) を使用します。

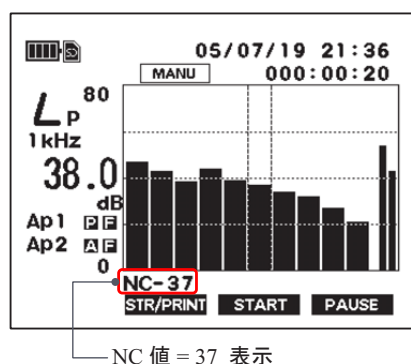


図 11-11 NC 値表示例

11-7 ラウドネス解析（ラウドネス、ラウドネスレベル、シャープネス）

ラウドネスレベルは、従来の騒音レベル（ L_A ）では考慮されなかった聴覚上のマスキング効果を含めた音の評価法で、より人の感覚に近い音の大きさを表します。

最近の家庭電化製品では「従来機に比べ 1/2 に静音」などとカタログ等で PR されていますが、その基になるのがラウドネスの値になります。

当社LA-5000 シリーズ騒音計、DS-2000 シリーズFFTアナライザ等のリアルタイム 1/3 オクターブ分析データからラウドネス解析を行なうことができます。また、「ラウドネス」に加え、心理音響パラメータである「シャープネス」「ラフネス」「変動強度」「AI」「トーンリティ」の6つの物理量で音を定量化・数値化する“[音質評価ソフトウェア](#)”等も用意しております。

(1) ラウドネスとは

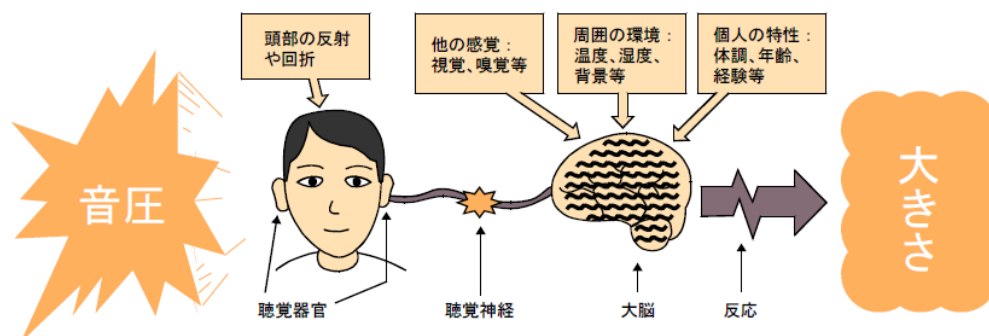


図 11-12 心理音響評価の考え方

人が音を聞くとき、上図 11-12 のような様々な要因を考慮しながら判断をしています。聞きなれた音等は気にならないなど音に関する感じ方は心理的状态により個人差があります。心理的要素を含んだ評価はいろいろなところみられており、弊社では[Oscope Professional音質評価パックシステム](#)で計測をしています。

音質評価を表す諸量のうち音の大きさ（Loudness）にたいする聴覚感覚についてみると、物理的な測定量である音圧レベルに強く依存しており、騒音の評価量として一般的に使用されている騒音レベル（A 特性音圧レベル A-weighted Sound Pressure Level）は聴覚を模倣するため 40 phon の純音ラウドネス特性（等感曲線 ISO R226）を近似した周波数重みづけを施された音圧レベルとして考え出されました。しかし同じ音の大きさで 2 つの純音を聞いたとき周波数が離れていると 2 倍の大きさとして聞こえますが、接近した周波数の音の場合は 2 倍の大きさでなくそれより小さい音として聞こえ、これをマスキング効果といいます。

騒音レベルは純音のラウドネス曲線の重みづけをしてもとめた量を表しているため、通常の騒音のように色々な周波数を含んだ音の場合には、人が感じる音の大きさと一致しません。より聴感にあった音の大きさを求めるためマスキング効果を考慮した方法が考えだされ、定常騒音に関するラウドネスの算出方法として ISO 532 で規格化されました。この規格は Stevens, S.S.の方法 A と Zwicker, E.の方法 B の 2 つがあり弊社では ISO 532B に従って求めています。以下に補足解説をします。

(2) 等感曲線と音の大きさのレベル (phon)、音の大きさ (sone)

次図 11-13 に純音の等ラウドネス曲線 (2003 年 ISO 226 国際規格) を示します。この図は先の 6 章 4 節「音の大きさのレベル (loudness level)」に掲げたものと同じものです。6 章 4 節の解説も参考下さい。

曲線に付してある数値は音の大きさのレベル (Loudness Level) で、1 kHz の純音の音圧レベル (dB) と同じ値を phon (フォン) という単位で表し、1 kHz の純音と同じ大きさに聞こえるそれぞれの周波数の音圧レベルを結んで等感曲線として示しています。40 phon のときの等感曲線を近似し A 特性フィルタとして採用されています。A 特性の重み付けしてエネルギー加算評価した値が騒音レベルになります。しかし音の大きさのレベルは心理量でなく、一般の複雑な騒音では 50 phon の音が 40 phon の 2 倍の大きさに聞こえるわけではなく、また 40 phon の音 2 つを同時に聞いても 50 phon には聞こえません。そこで音の大きさを表す単位として 1 kHz 40 dB (音圧レベル) の音を 1 sone (ソーン) として定義し、これと同じ大きさに聞こえる騒音の大きさを 1 sone、その 2 倍の大きさは 2 sone として表します。

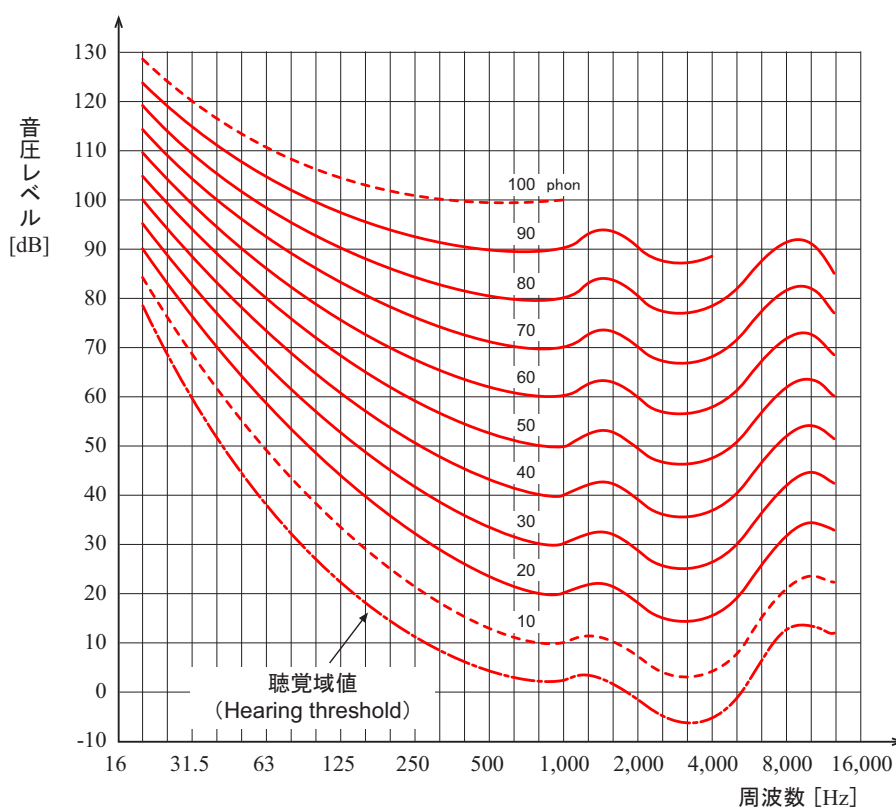


図 11-13 純音の等ラウドネス曲線 (2003 年 ISO 226 国際規格)

また、これを音圧レベル L_p 、騒音レベル L_A が dB として表示されているように音の大きさも同じように dB に変換しその単位を phon として表します。音の大きさのレベル L (phon) と音の大きさ S (sone) の関係は L が 40 ~ 120 phon の範囲では次式で表されます。

$$L = 40 + 10 \log_2 S \quad \left(\text{または } S = 2^{\frac{L-40}{10}} \right) \quad (S \geq 1 \text{ の時}) \quad \dots\dots\dots \text{(式 11-9)}$$

この関係は音の大きさのレベルが 10 phon 増加すると音の大きさが 2 倍変化することを表しています ($S = 2$ sone のとき $L = 50$ phon)。なお、 $S < 1$ の時は、次式で計算されます。

$$L = 40(S + 0.0005)^{0.35} \quad (S < 1 \text{ の時}) \quad \dots\dots\dots \text{(式 11-10)}$$

(3) 臨界帯域とラウドネス (Loudness)

人の耳は、音の周波数によりその音を感じる位置が異なり、あたかも周波数分析をしているようになっています。周波数分析のバンド幅に相当する帯域を臨界帯域といい、この臨界帯域ごとにマスキング効果を持つと考えることができます。例えば、下左図のように 250 Hz と 1 kHz の純音の合成をすると、2 倍の大きさに聞こえますが、250 Hz と 500 Hz の純音の合成は、2 倍に聞こえないのは、臨界帯域が関係し、下右図のように 250 Hz の音が 500 Hz の音を覆い隠すためです。

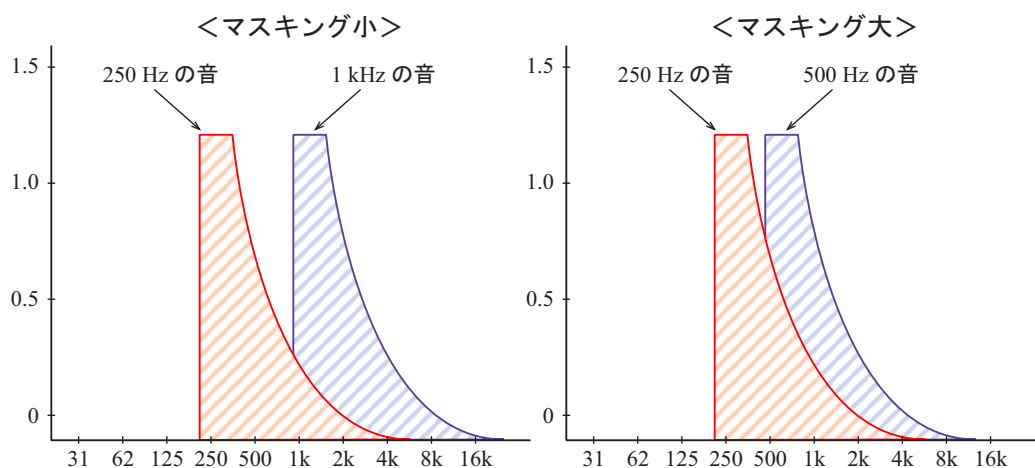


図 11-14 ラウドネスとマスキング

250 Hz の音の大きさは斜線の面積部分にあたり、250 Hz と 500 Hz の音の大きさ (ラウドネス) は上図の斜線部分の面積から求めます。500 Hz の純音が 250 Hz の純音にマスキングされた部分 (重なった面積) は除かれますので、その値は 1 kHz のときに比べ小さい値になりなり、より聴感に近い音の大きさを表します。マスキング効果の特徴は 250 Hz の斜線面積を見るとわかるように、低周波側ではマスキング量は少なく (近似的にマスキング無しとしています)、高周波側に発生する特徴を持ちます。また音が大きいほどマスキングする範囲は裾広がりになります。

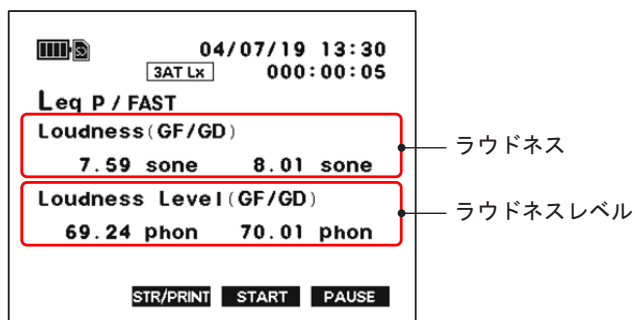
(3) シャープネス

シャープネス (音の鋭さ) とは、音の甲高さを表し、広域を強調したラウドネスと普通のラウドネスとの比として算出され、単位は acum (アキューム) です。一般的にラウドネスは迫力感 (大きい、迫力がある、力強いなど) と、シャープネスは金属製 (かたい、耳障りな、甲高い) との関係があると言われています。

(4) 測定例

マスキング効果を考慮して求めたラウドネス (sone)、それから求めたラウドネスレベル (phon) を簡易的に測定し、表示した例を下図に示します。

●LA-5000 シリーズ騒音計での表示例



GF <自由音場>
音を収集した環境が自由音場と仮定した場合のラウドネス

GD <拡散音場>
音を収集した環境が拡散音場と仮定した場合のラウドネス

図 11-15 騒音計におけるラウドネス計算例

ISO 532B のラウドネス値は、周波数重みは FLAT (平坦特性) の 1/3 オクターブのリアルタイム分析から求めます。

ラウドネスは、測定が無響室や広場など音の反響がない場所で測定する自由音場のときと、体育館、普通の部屋など音の反響がある場所で測定する拡散音場のときと、計算が変わり、それぞれ GF、GD のイニシャルを使ってその値を表示していますので、測定環境に合った方を採用してください。

(注意)

正しく測定できる対象音は連続した定常音で、間欠音や衝撃音には適しませんのでご注意ください。
当社製品 Oscope Professional 音質評価パックでは、間欠音や衝撃音等の変動騒音評価のため、時間変動を考慮したより高度の計算処理を行っています。

12. デシベル (dB) についての計算

2 つの音源があり、それぞれ単独に発音したときの音圧レベルを L_1 (dB)、 L_2 (dB) とすると、同時に 2 つの音源が発音した場合の音圧レベルは、単純な $L_1 + L_2$ の四則演算では求めることができません、これを求めるためには dB の和の計算をする必要があります。ここでは、dB の基本的計算方法について記載します。

12-1 dB の和 (パワー合計値)

複数の音源の合成された音圧レベル L を求めます。今、音源の音圧レベル $L_1, L_2, \dots, L_n$ (dB) に対する音圧を $p_1, p_2, \dots, p_n$ とすると：

$$L_1 = 10 \log_{10} \frac{p_1^2}{p_0^2}, \quad L_2 = 10 \log_{10} \frac{p_2^2}{p_0^2}, \quad \dots, \quad L_n = 10 \log_{10} \frac{p_n^2}{p_0^2} \quad \dots\dots\dots \text{(式 12-1)}$$

ここで、 p_0 は基準値 ($p_0 = 20 \mu\text{pa}$) です。上の式を指数表記で表すと；

$$\frac{p_1^2}{p_0^2} = 10^{\frac{L_1}{10}}, \quad \frac{p_2^2}{p_0^2} = 10^{\frac{L_2}{10}}, \quad \dots, \quad \frac{p_n^2}{p_0^2} = 10^{\frac{L_n}{10}} \quad \dots\dots\dots \text{(式 12-2)}$$

；となり、これらの和の dB 値 L は；

$$L = 10 \log_{10} \left(\frac{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2}{p_0^2} \right) = 10 \log_{10} \left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n}{10}} \right) \quad \dots\dots\dots \text{(式 12-3)}$$

；となり、この L が求める合成音圧レベルとなります。

例えば、80 dB と 70 dB の和は次のように計算されます。

$$\begin{aligned} L &= 10 \log_{10} (10^8 + 10^7) = 10 \log_{10} 10^7 (10 + 1) \\ &= 10 \log_{10} 10^7 + 10 \log_{10} 11 = 70 + 10.4 = 80.4 \text{ (dB)} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots \text{(式 12-4)}$$

なお、このように dB の和を求めることを dB の合成ということがあります。

12-2 dBの平均（パワー平均値）

12-1 項の n 個の和の平均 $\bar{L}$ は、パワーの和を取った値を n で割り、そのdB値を求めることになります。
すなわち；

$$\bar{L} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \frac{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2}{p_0^2} \right) = L - 10 \log_{10} n \quad \dots\dots\dots \text{(式 12-5)}$$

；で計算されます。ここで L は、先の 12-1 項で求めた和です。従って、dB の和から $10 \log_{10} n$ を引けば平均が求まります。例えば、80 dB と 70 dB のパワー平均値は次のように計算されます。

$$\begin{aligned} \bar{L} &= 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{2} (10^8 + 10^7) \right\} = 10 \log_{10} (10^8 + 10^7) - 10 \log_{10} 2 \quad \dots\dots\dots \text{(式 12-6)} \\ &= 80.4 - 3.0 = 77.4 \text{ dB} \end{aligned}$$

12-3 dBの差（パワー差）

L_1 (dB) と L_2 (dB) の差の L' は；

$$L' = 10 \log_{10} \left(\frac{p_1^2 - p_2^2}{p_0^2} \right) = 10 \log_{10} \left(10^{\frac{L_1}{10}} - 10^{\frac{L_2}{10}} \right) \quad \dots\dots\dots \text{(式 12-7)}$$

；で求められます。従って、例えば、80 dB と 70 dB の差は；

$$\begin{aligned} L' &= 10 \log_{10} (10^8 - 10^7) = 10 \log_{10} 10^7 (10 - 1) \quad \dots\dots\dots \text{(式 12-8)} \\ &= 10 \log_{10} 10^7 + 10 \log_{10} 9 = 70 + 10 \times 0.95 = 79.5 \text{ (dB)} \end{aligned}$$

；となります。dB の差の計算は、例えば特定騒音測定における暗騒音補正として使用されます。特定騒音と暗騒音の含まれた測定値を L_1 (dB) とし、特定騒音のない時の測定値（暗騒音）を L_2 (dB) として、その差としての特定騒音のレベルを求めることができます。

12-4 対数計算の公式

デシベル (dB) は、4-1 節にもあるように、規準値に対するある物理量 (パワー) の比の対数の 10 倍ですから、対数計算を理解することが重要です。ここでは、対数に関する基本的な性質について説明します。

【基本性質】

1000 は指数で表すと 10^3 となりますが、この関係を 10 を底とする対数 $\log_{10}$ を用いて表わすと、 $\log_{10} 10^3 = 3$ となります。一般的には；

$$A = 10^L \text{ の時、} \log_{10} A = \log_{10} 10^L = L \quad \dots\dots\dots \text{(式 12-9)}$$

(L : A の対数、 A : L の真数)

；のように表わします。騒音計算でよく使う真数と対数の関係を以下に記載します。

表 12-1 対数計算の基本式と数値例

① $A = 10^L$ $L = \log_{10} A$ (以下、デシベルにて表記します)	⑤ $10 \log_{10} 1 \cong 10 \log_{10} (10^0) = 0$ $10 \log_{10} 2 \cong 10 \log_{10} (10^{0.3}) = 3$ $10 \log_{10} 3 \cong 10 \log_{10} (10^{0.5}) = 5$ $10 \log_{10} 5 \cong 10 \log_{10} (10^{0.7}) = 7$ $10 \log_{10} 10 \cong 10 \log_{10} (10^1) = 10$
② $10 \log_{10} (A \times B) = 10 \log_{10} A + 10 \log_{10} B$	
③ $10 \log_{10} \left(\frac{A}{B} \right) = 10 \log_{10} A - 10 \log_{10} B$	
④ $10 \log_{10} A^n = 10 n \log_{10} A$	

12-5 等価騒音レベルの計算方法

JIS Z 8731 では、一般環境、作業環境などの騒音評価に用いる等価騒音レベルの測定方法を規定しています。等価騒音レベルは、その演算機能を内蔵した積分形騒音計を使用することにより、自動的に求めることができますが、等価騒音レベル演算機能を持たない騒音計であっても、測定された騒音レベル値から次のように dB の平均値計算によって求めることができます。

一定時間間隔で測定した騒音レベルからその測定時間 (実測時間) の等価騒音レベル L_{Aeq} を求める場合は、次式によって計算します。

$$L_{Aeq, T} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \left(10^{\frac{L_{A1}}{10}} + 10^{\frac{L_{A2}}{10}} + \dots\dots\dots + 10^{\frac{L_{An}}{10}} \right) \right] \text{ (dB)} \quad \dots\dots\dots \text{(式 12-10)}$$

ここで、 T は実測時間、 n は測定値の総数、 L_{A1} 、 L_{A2} 、 L_{An} は騒音レベルの測定値 (dB) です。

12-6 時間率騒音レベルの求め方（50 回法）

変動騒音を測定評価する方法として、時間率騒音レベルがあります。時間率騒音レベルを求めるには、初めに、動特性を Fast にして、5 秒毎の測定データを 50 個採取し、採取時間順に表 12-2 の A 欄のように記載します。次に、このデータからレベル毎の個数（度数）を求め、表 12-2 の B の様に個数欄に記入します。

騒音レベルの表示は、通常小数点以下 1 桁まで読みとりますが、評価する分解能により分割レベルを決め個数を求めます。ここでの例では、説明がしやすいように 1 dB 毎に分割しています。さらに、同表 12-2 の B の累計欄に騒音レベルの低い順に加算した累計を記入し累積度数を求めます。ここでの累積度数データを使用して、累計欄の数値、ここでは 1、4、7...を Y 軸に、それぞれに対応した騒音レベル 64.5、65.5、66.5...を X 軸にとって、次ページ図 12-1 の様にプロットし、各値を結んでなめらかな曲線（修正曲線）を描いて、累積度数分布曲線を求めます。この分布曲線より右側の%目盛りからその曲線の 95 %の値を読みとります。この値が 90 %レンジの上端値 L_5 です。同様に、50 %の値が中央値 L_{50} 、5 %の値が 90 %レンジの下端値 L_{95} となります。

表 12-2 時間率騒音レベルを求める 50 回法における数値例

A 50 回の測定値 (dB 値)											B 測定値 1dB 毎の個数と累計							
回	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		64dB	65dB	66dB	67dB	68dB	69dB	
dB	66	65	64	67	68	69	70	71	73	72	個数	1	3	3	7	6	4	
回	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	累計		1	4	7	14	20	24
dB	73	72	74	68	67	69	67	70	78	80		70dB	71dB	72dB	73dB	74dB	75dB	
回	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	個数	5	2	3	4	2	2	
dB	77	76	85	73	66	67	69	70	68	65	累計		29	31	34	38	40	42
回	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		76dB	77dB	78dB	79dB	80dB	81dB	
dB	67	70	71	72	75	68	67	65	77	80	個数	1	2	1	0	2	0	
回	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	累計		43	45	46	46	48	48
dB	74	75	68	66	73	70	82	69	67	68		82dB	83dB	84dB	85dB			
											個数	1	0	0	1			
											累計		49	49	49	50		

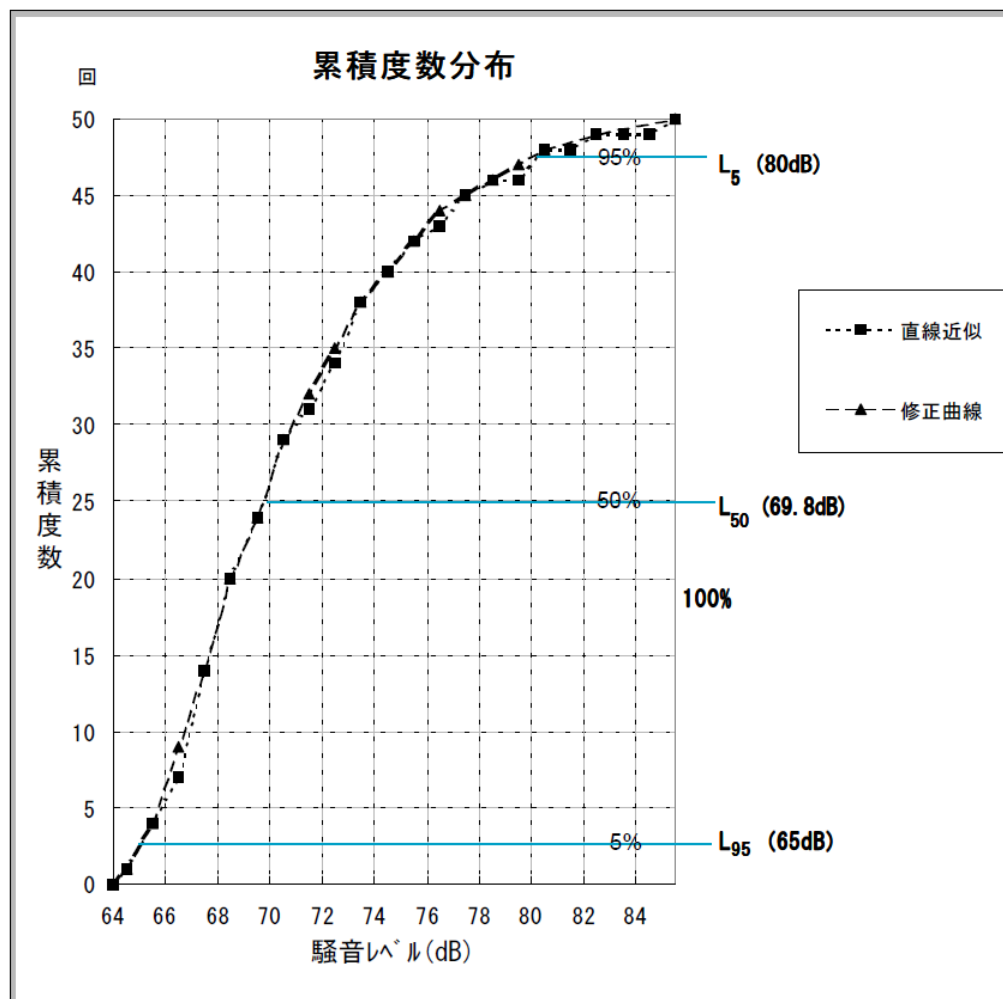


図 12-1 時間率騒音レベルと累積度数分布

13. 騒音に関する法律

騒音に関連する我が国の主な法律とその内容は下記のようになります。これを基にして、政令・条例が定められ、監督官庁がそれぞれ管轄しています。実際には、公害関係は各都道府県、市町村の「公害課」や「環境衛生課」「市民生活課」等の窓口で、企業の労働安全衛生の関係では、各都道府県ならびに国の労働基準監督署が実務を行っています。

● 環境基本法（環境基準）（環境省）

- ・ 環境騒音に関する基準
- ・ 航空機騒音に関する基準
- ・ 新幹線鉄道騒音に関する基準
- ・ 在来線鉄道騒音に関する基準

● 騒音規制法（環境省）

- ・ 特定施設・工場騒音に関する基準
- ・ 特定建設作業騒音に関する基準
- ・ 自動車交通騒音及び自動車騒音に関する基準
- ・ 深夜営業、拡声器などによる騒音に関する事（基準は市町村条例による）

● 環境影響評価法＜環境アセスメント法＞（環境省）

● 消防法施行規則（総務省 消防庁）

- ・ 警報器の音などの基準

● 労働安全衛生規則（厚生労働省）

- ・ 作業環境騒音測定（労働安全衛生規則）に関しては、[こちらの「作業環境Q&A集」ページ](#)を参照下さい。
- ・ 「騒音障害防止のためのガイドライン」（平成4年10月1日付け基発第548号）は[こちらの厚生労働省ページ](#)を参照下さい。

● 大規模小売店舗立地法（経済産業省）

なお、環境基本法は1999年4月に、騒音規制法の一部が2000年4月に改定されました。また、環境アセスメント法は、1999年6月に施行されています。

その他、日本産業衛生学会発行の「許容濃度等の勧告」に、職場における環境要因による労働者の健康障害を予防するための手引きに用いられることを目的として“騒音の許容基準”が定められています。

【参考】:

- ・ 官庁のホームページで法規の概要を見ることが出来ます。
- ・ 環境省のサイト URL は下記になります。環境省のホームページから各官庁にジャンプできます。
環境省：<http://www.env.go.jp/>

13-1 騒音に係る環境基準について（平成 10 年環境庁告示第 64 号）

我が国の環境基本法においては、人の健康の保護及び生活環境の保全のうえで維持されることが望ましい基準として、終局的に、大気、水、土壌、騒音をどの程度に保つことを目標に施策を実施していくのかという目標を定めたものです。

環境基本法第 16 条第 1 項の規定に基づき、騒音に係る環境上の条件について生活環境を保全し、人の健康の保護に資する上で維持されることが望ましい基準として「騒音に関わる環境基準について」告示され、1999 年 4 月 1 日より実施されました。

騒音による環境汚染の改善目標、すなわち騒音防止目標と考えることができます。その他「航空機に係わる環境基準」、「新幹線鉄道に係わる環境基準」、「在来鉄道の新設又は大規模改良に際しての騒音対策の指針」については従来と同じで、変更はありません。

詳細については本法をご覧ください。

（１）環境基準

表 13-1 「道路に面する地域以外の地域」

地域の類型	基準値	
	昼間	夜間
AA	50 デシベル以下	40 デシベル以下
A 及び B	55 デシベル以下	45 デシベル以下
C	60 デシベル以下	50 デシベル以下

- ・ 環境基準は、地域の類型及び時間の区分ごとに次表の基準値の欄に掲げるとおりとし、各類型を当てはめる地域は、都道府県知事が指定する。
- ・ 時間の区分は、昼間を午前 6 時から午後 10 時までの間とし、夜間を午後 10 時から翌日の午前 6 時までの間とする。
- ・ AA を当てはめる地域は、療養施設、社会福祉施設等が集合して設置される地域など特に静穏を要する地域とする。
- ・ A を当てはめる地域は、専ら住居の用に供される地域とする。
- ・ B を当てはめる地域は、主として住居の用に供される地域とする。
- ・ C を当てはめる地域は、相当数の住居と併せて商業、工業等の用に供される地域とする。

表 13-2 「道路に面する地域」

地域の区分	基準値	
	昼間	夜間
A 地域のうち 2 車線以上の車線を有する道路に面する地域	60 デシベル以下	55 デシベル以下
B 地域のうち 2 車線以上の車線を有する道路に面する地域及び C 地域のうち車線を有する道路に面する地域	65 デシベル以下	60 デシベル以下

車線とは、1 縦列の自動車が安全かつ円滑に走行するために必要な一定の幅員を有する帯状の車道部分をいう。

幹線交通を担う道路に近接する空間については、上表にかかわらず、特例として次表の基準値の欄に掲げるとおりとする。

表 13-3 「幹線交通を担う道路に近接する空間」(特例)

基準値	
昼間	夜間
70 デシベル以下	65 デシベル以下
個別の住居等において騒音の影響を受けやすい面の窓を主として閉めた生活が営まれていると認められるときは、屋内へ透過する騒音に係る基準（昼間にあっては 45 デシベル以下、夜間にあっては 40 デシベル以下）によることができる。	

上記環境基準の基準値は、次の方法により評価した場合における値とする。

- (1) 評価は、個別の住居等が影響を受ける騒音レベルによることを基本とし、住居等の用に供される建物の騒音の影響を受けやすい面における騒音レベルによって評価するものとする。この場合において屋内へ透過する騒音に係る基準については、建物の騒音の影響を受けやすい面における騒音レベルから当該建物の防音性能値を差し引いて評価するものとする。
- (2) 騒音の評価手法は、等価騒音レベルによるものとし、時間の区分ごとの全時間を通じた等価騒音レベルによって評価することを原則とする。
- (3) 評価の時期は、騒音が 1 年間を通じて平均的な状況を呈する日を選定するものとする。
- (4) 評価のために測定を行う場合は、原則として JIS Z 8731 に定める騒音レベル測定方法による。当該建物による反射の影響が無視できない場合にはこれを避けうる位置で測定し、これが困難な場合には実測値を補正するなど適切な措置を行うこととする。また、必要な実測時間が確保できない場合等においては、測定に代えて道路交通量等の条件から騒音レベルを推計する方法によることができる。
- (5) なお、著しい騒音を発生する工場及び事業場、建設作業の場所、飛行場並びに鉄道の敷地内並びにこれらに準ずる場所は、測定場所から除外する。
- (6) この環境基準は、航空機騒音、鉄道騒音及び建設作業騒音には適用除外とする。

環境基準の達成状況の地域としての評価は、次の方法により行うものとする。

- (1) 道路に面する地域以外の地域については、原則として一定の地域ごとに当該地域の騒音を代表すると思われる地点を選定して評価するものとする。
- (2) 道路に面する地域については、原則として一定の地域ごとに当該地域内の全ての住居等のうち、(1) の環境基準の基準値を超過する戸数及び超過する割合を把握することにより評価するものとする。

(2) 航空機騒音に関する環境基準

表 13-4 「航空機騒音」

地域の類型	基準値 (WECPNL) dB 以下
I 専ら住居の用に供される地域	70
II I 以外の地域であって通常の生活を保全する必要がある地域	75
1 日当たりの離着陸回数が 10 回以下の飛行場及び離島にある飛行場の周辺域には適用しない。 - 騒音測定方法 ◇ 原則として連続 7 日間測定し、暗騒音より 10 dB 以上大きいピーク騒音レベル及び機数を記録し、次式により 1 日毎の WECPNL を算出し、そのすべての値をパワー平均する。 $WECPNL = \overline{dB} + 10 \log_{10} [N_2 + 3N_3 + 10(N_1 + N_4)] - 27$ $\overline{dB}$: 1 日の全てのピークレベルのパワー平均 N_1 : 午前 0 時から午前 7 時までの間の機数 N_2 : 午前 7 時から午後 7 時までの間の機数 N_3 : 午後 7 時から午後 10 時までの間の機数 N_4 : 午後 10 時から午後 12 時までの間の機数 ◇ 航空機騒音を代表すると認められる地点を選び屋外で行う。 ◇ 航空機の飛行状況及び風向き等の気象条件を考慮して航空機騒音を代表すると認められる時期を選ぶ。 ◇ 騒音計の A 特性、slow を使用。	

なお、航空機騒音に関し、平成 19 年 6 月 29 日に中央環境審議会からの答申を受け、航空機騒音に関する環境基準の一部を改訂し、平成 19 年 12 月 17 日付けで告示しています。

表 13-5 「航空機騒音」(平成 19 年の改正)

地域の類型	基準値 (L_{den}) dB 以下
I 専ら住居の用に供される地域	57
II I 以外の地域であって通常の生活を保全する必要がある地域	62
1 日の平均離着陸回数が 10 回以下の飛行場についても適用対象とする。 - 騒音測定方法 ◇ 夕方の騒音、夜間の騒音に重み付けを行い評価した 1 日の等価騒音レベル。評価については、式 (1) により 1 日ごとの L_{den} を算出し、全測定日の L_{den} について、式 (2) によりパワー平均を算出する。 $10 \log_{10} \left[\frac{T_0}{T} \left(\sum_i 10^{\frac{L_{AE, di}}{10}} + \sum_j 10^{\frac{L_{AE, ej}+5}{10}} + \sum_k 10^{\frac{L_{AE, nk}+10}{10}} \right) \right] \quad \text{式 (1)}$	

ただし、 i 、 j 及び k とは、各時間帯で観測標本の i 番目、 j 番目及び k 番目をいい、 $L_{AE, di}$ とは、午前 7 時から午後 7 時までの時間帯における i 番目の L_{AE} 、 $L_{AE, ej}$ とは、午後 7 時から午後 10 時までの時間帯における j 番目の L_{AE} 、 $L_{AE, nk}$ とは、午前 0 時から午前 7 時まで及び午後 10 時から午後 12 時までの時間帯における k 番目の L_{AE} をいう。また、 T_0 とは、規準化時間（1 秒）をいい、 T とは、観測 1 日の時間（86400 秒）をいう。

$$10 \log_{10} \left(\frac{1}{N} \sum_i 10^{\frac{L_{den,i}}{10}} \right) \quad \text{式 (2)}$$

N とは、測定日数をいい、 $L_{den,i}$ とは、測定日のうち i 日目の測定日の L_{den} をいう。

（参考）

国際的には、 L_{den} は EU 指令において採用されているとともに、フランス、デンマーク等多くの国が採用している。また、等価騒音レベルを基本とした類似の指標については、アメリカ、オーストリア等が採用している。

- ◇ 航空機騒音を代表すると認められる地点を選び屋外で行う。
- ◇ 航空機の飛行状況及び風向き等の気象条件を考慮して航空機騒音を代表すると認められる時期を選ぶ。
- ◇ 騒音計の A 特性、slow を使用。

（３）新幹線鉄道騒音に関する基準

表 13-6 「新幹線鉄道騒音」

地域の類型	基準値 dB 以下
I 主として住居の用に供される地域	70
II 商工業用に供される地域等 I 以外の地域であって 通常的生活を保全する必要がある地域	75
・ 午前 6 時から午後 12 時までの間について適用 ・ 各類型を当てはめる地域は、都道府県知事が指定 ・ 騒音測定方法 ◇ 登り、下りの列車をあわせて、原則として連続して通過する 20 本の列車について、通過列車毎のピークレベルを読みとり、上位半数のものをパワー平均する。 ◇ 新幹線鉄道騒音を代表すると認められる地点の他、新幹線鉄道騒音が問題となる地点を選び、屋外で原則として地上 1.2 m の高さで測定。 ◇ 特殊な気象条件にある時期及び列車速度が通常時より低いと認められる時期をさける。 ◇ 騒音計の A 特性、slow を使用	

13-2 騒音規制法について

工場等の事業活動によって発生する騒音の規制及び自動車騒音の許容限度を定めるため昭和 43 年 6 月 10 日に公布、同年 12 月 1 日に施行されました。

第 1 条ではこの法律の目的は「この法律は、工場及び事業場における事業活動並びに建設工事に伴って発生する相当範囲にわたる騒音について必要な規制を行うとともに、自動車騒音に係る許容限度を定めること等により、生活環境を保全し、国民の健康の保護に資することを目的とする」となっていて、「特定工場等に関する規制」、「特定建設作業に関する規制」、「自動車騒音に係る許容限度等」が規制されています。

「自動車騒音に係る許容限度等」は自動車が発する騒音について「自動車騒音の大きさの許容限度」と、環境騒音に付いて「指定地域内における自動車騒音の限度を定める命令」があり、それぞれ改訂され 2000 年 4 月 1 日から施行されました。以下に騒音規制法の抜粋を掲げましたので参考としてください。なお、詳細については本法ならびに、これに基づいて定められた県、市町村条例など関連法令をご覧ください。

(1) 特定工場などにおいて発生する騒音の規制に関する基準

表 13-7 「特定工場などにおいて発生する騒音」

区域の区分	時間の区分			備考
	昼間	朝・夕	夜間	
	(午前 7、8 時 ～ 午後 6、7、8 時)	(午前 5、6～7、8 時) (午後 6、7、8 ～ 9、10、11 時)	(午後 9、10、11 時 ～ 翌午前 5、6 時)	
(第 1 種区域) 良好な住居の環境を保全するために、特に静穏の保持を必要とする区域	45 ～ 50 dB 以下	40 ～ 45 dB 以下	40 ～ 45 dB	・基準値は工場敷地境界線における騒音レベル ・時間の区分は地域の生活態様に応じて決める
(第 2 種区域) 住居の用に供されているため、静穏の保持を必要とする区域	50 ～ 60	45 ～ 50	40 ～ 50	
(第 3 種区域) 住居のように併せて商業・工業等のように供されている区域であって、その区域内の住民の生活環境を保全するため、騒音の発生を防止する必要がある区域	60 ～ 65	55 ～ 65	50 ～ 55	
(第 4 種区域) 主として工業等の用に供されている区域であって、その区域内の住民の生活環境を悪化させないため、著しい騒音の発生を防止する必要がある区域	65 ～ 70	60 ～ 70	55 ～ 65	

(2) 特定建設作業において発生する騒音の規制に関する基準

表 13-8 「特定建設作業において発生する騒音」

作業の種類		規制基準	条件				備考
			夜間または深夜作業	1日の作業時間	作業期間	日曜日、その他休日	
1.くい打ち機、くい抜き機または、くい打ち、くい抜き機を使用する作業	もんけんを除く。圧入式くい打ち、くい抜き機を除く。くい打ち機をアースオーガーと共用する作業を除く。	85 dB 以下	① の区域 午前 7 時 ~ 翌午前 7 時 ② の区域 午後 10 時 ~ 翌午前 6 時の間 禁止	① の区域 10 時間 ② の区域 14 時間	同一場所で連続 6 日間	禁止	・ ①の区域は、第 1、第 2、第 3 種区域及び学校、保育所、病院、患者を収容する施設を持つ診療所、図書館、特別擁護老人ホームの敷地の周囲おおむね 80 m 以内の区域 ・ ②の区域は、①の区域以外の区域 ・ 条件については、非常事態、危険防止等による適用除外あり
2.びょう打ち機を使用する作業							
3.削岩機を使用する作業	作業地点が連続的に移動する作業にあっては、1 日における当該作業の 2 地点間の最大距離が 50 m を超えない作業に限る						
4.空気圧縮機を使用する作業	電動機以外の原動機を用いるものは、原動機の定格出力が 15 kW 以上のものに限る。 削岩機の動力として使用する作業を除く。						
5.コンクリートプラントまたはアスファルトプラントを設けて行う作業	混練機の混練容量が 0.45m ³ 以上のものに限る。 混練機の混練重量が 200 kg 以上のものに限る。 モルタルを製造するためにコンクリートプラントを設けて行う作業を除く。						
1. 騒音の測定は、計量法第 71 条の条件に合格した騒音計を用いて行うものとする。この場合において、周波数補正回路は A 特性を、動特性は速い動特性（Fast）を用いることとする。 2. 騒音の測定方法は当分の間、日本工業規格 Z 8731（1983 年版、旧 JIS）に定める騒音レベル測定方法によりものとし、騒音の大きさの決定は次の通りとする。 （1） 騒音計の指示値が変動せず、又は変動が少ない場合は、その指示値とする。 （2） 騒音計の指示値が周期的又は間欠的に変動し、その指示値の最大値がおおむね一定の場合は、その変動ごとの指示値の最大値の平均値とする。 （3） 騒音計の指示値が不規則かつ大幅に変動する場合は、測定値の 90 パーセントレンジの上端の数値とする。 （4） 騒音計の指示値が周期的又は間欠的に変動し、その指示値の最大値が一定でない場合は、その変動ごとの指示値の最大値の 90 パーセントレンジの上端の数値とする。							

表 13-8

(3) 自動車騒音に係わる許容限度

基準値が L_{50} から L_{Aeq} に 2000 年 4 月 1 日より変わりました。

表 13-9 自動車騒音に係わる要請限度値
(指定地域内における自動車騒音の限度を定める総理府令)

	区域の区分	時間の区分	
		昼間	夜間
1	a 区域および b 区域のうち 1 車線を有する道路に面する区域	65 dB	55 dB
2	a 区域のうち 2 車線以上の車線を有する道路に面する区域	70 dB	65 dB
3	b 区域のうち 2 車線以上の車線を有する道路に面する区域および c 区域のうち車線を有する道路に面する区域	75 dB	70 dB
上表に掲げる区域のうち幹線交通を担う道路に近接する区域（2 車線以下の車線を有する道路の場合は道路の敷地の境界線から 15 m、2 車線を超える車線を有する道路の場合は道路の敷地の境界線から 20 m までの範囲をいう）に係わる限度は上表にかかわらず昼間においては 75 dB、夜間においては 70 dB とする。 - 学校、病院など特に静穏を必要とする施設が集合している区域などでは都道府県知事、市長および都道府県考案委員会が協議して定めることができる。 - a, b, c 区域とは、それぞれ次に掲げる区域として都道府県知事が定めた区域をいう。 - a 区域：専ら住居の用に供される区域 - b 区域：主として住居の用に供される区域 - c 区域：相当数の住居と併せて商業、工業等の用に供される区域 昼間：午前 6 時～午後 10 時 夜間：午後 10 時～翌日 6 時 - 幹線交通：高速道路、一般国道、自動車専用道路、都道府県道、4 車線以上の市町村道			

<自動車騒音の測定方法>

- 騒音の測定は道路に接して住居、病院、学校等の用に供される住居等が存在している場合には道路の敷地の境界線において行う。道路から距離をおいて住居等が存している場合には住居等に到達する騒音の大きさを測定できる地点において測定する。測定を行う高さは、当該地点の鉛直方向において生活環境の保全上騒音が最も問題となる位置とする。交差点を避ける。
- 測定は連続する 7 日間のうち当該自動車騒音の状況を代表すると認められる 3 日間について等価騒音レベルにより評価する。騒音の大きさは測定した値を時間の区分毎に 3 日間の原則として全時間を通じてエネルギー平均した値とする。
- 騒音の測定は計量法第 71 条の条件に合格した騒音計を用い、JIS Z 8731 に定める騒音レベルの測定方法により建築物による反射の影響を避けうる位置で測定する。影響を避けられないときは、その影響を勘案し実測値を補正する。自動車騒音以外の騒音による影響がある場合はこれらの影響を勘案し実測値を補正する。

(4) 自動車騒音の大きさの許容限度

騒音規制法に基づく「自動車騒音の大きさの許容限度（環境庁告示）」は2000年2月に改正され、以前の値と比較して加速走行騒音で1 dB ～ 3 dB、定常走行騒音で1 dB ～ 6.1 dB、近接排気騒音で5 dB ～ 8 dB 低減されることになります。また、規制強化対象自動車に対する騒音測定方法についても変更されました。詳細は表 13-10 となっています。

表 13-10 自動車騒音の大きさの許容限度値（環境省告示、2000 年）

自動車の種別			自動車騒音の大きさの許容限度		
			定常走行騒音	近接排気騒音	加速走行騒音
普通自動車、小型自動車及び軽自動車（専ら乗用の用に供する乗車定員十人以下の自動車及び二輪自動車を除く。）	車両総重量が 3.5 トンを超え、原動機の最高出力が 150 kW を超えるもの	すべての車輪に動力を伝達できる構造の動力伝達装置を備えたもの、セミトラクタをけん引するけん引自動車及びクレーン作業用自動車	83 dB	99 dB	82 dB
		すべての車輪に動力を伝達できる構造の動力伝達装置を備えたもの、セミトラクタをけん引するけん引自動車及びクレーン作業用自動車以外のもの	82 dB	99 dB	81 dB
	車両総重量が 3.5 トンを超え、原動機の最高出力が 150 kW 以下のもの	すべての車輪に動力を伝達できる構造の動力伝達装置を備えたもの	80 dB	98 dB	81 dB
		すべての車輪に動力を伝達できる構造の動力伝達装置を備えたもの以外のもの	79 dB	98 dB	80 dB
	車両総重量が 3.5 トン以下のもの		74 dB	97 dB	76 dB
専ら乗用の用に供する乗車定員十人以下の普通自動車、小型自動車及び軽自動車（二輪自動車を除く。）	車両の後部に原動機を有するもの		72 dB	100 dB	76 dB
	車両の後部に原動機を有するもの以外のもの		72 dB	96 dB	76 dB
小型自動車（二輪自動車に限る。）			72 dB	94 dB	73 dB
軽自動車（二輪自動車に限る。）			71 dB	94 dB	73 dB
第一種原動機付自転車（規則第一条第二項に規定する第一種原動機付自転車をいう。以下同じ。）			65 dB	84 dB	71 dB
第二種原動機付自転車（規則第一条第二項に規定する第二種原動機付自転車をいう。以下同じ。）			68 dB	90 dB	71 dB

13-3 環境影響評価法の概要

環境影響評価法（環境アセスメント法）は環境基本法を受けて、土地の形状の変更、工作物の新設などの事業を行う事業者がその事業を実施するにあたりあらかじめ環境影響評価を行うことが環境の保全上極めて重要であるとの認識に立ち、国等の責務を明らかにするとともに、環境影響評価が適切かつ円滑に行われるための手続等を定め、環境影響評価の結果を事業の内容に反映させ環境の保全について適正な配慮がなされる措置をとることにより、現在及び将来の国民の健康で文化的な生活の確保に資することを究極的な目的として制定され、1999年6月に施行されました。環境アセスメントは1969年アメリカで制度化され、現在の環境汚染問題の高まりから世界各国で法制化が進んでいます。

環境影響評価とは；

- (1) 事業実施の環境影響についてあらかじめ環境の構成要素の項目ごとに調査、予測及び評価を行う。（スコーピング）
- (2) 事業施行中の過程において事業に係る環境の保全が保たれているか、保たれるための措置及び検討を行う。
- (3) 施行後、及びその措置が講じられた場合における環境影響の総合的な評価、

；という事業者内部において行われる行為を指します。

● スクリーニングとスコーピング

規模が大きく環境に著しい影響を及ぼすおそれがあり、かつ、国が実施し、又は許認可等を行う事業を選定し、必ず環境影響評価をしないといけない一定規模以上の事業（「第一種事業」）を定めるとともに、第一種事業に準ずる規模を有する事業（「第二種事業」）を定め、それぞれの事業や地域の違いを踏まえ環境影響評価の実施の必要性を協議することという仕組み（スクリーニング）を規定しています。

第1種として高速自動車国道・一般国道・大規模林道の新設及び改築の事業、発電用・ダムの新築・堰（せき）の新築及び改築事業、鉄道・空港の建設及び改良事業、一般廃棄物、産業廃棄物の最終処分場の設置や変更事業、水面の埋立て及び干拓事業、土地区画整、工業団地造成、新住宅市街地開発、新都市基盤整備、流通業務団地造成事業などが指定されています。

環境影響評価を実施するにあたり、評価を進めるための効果的な調査項目や手法を決めておく作業（スコーピング）が規定されています。事業計画は広告され広く住民からの意見を受け付けることとなりました。当社では、騒音に対して、[環境騒音予測ソフトウェア「SoundPLAN」](#)を用意しております。

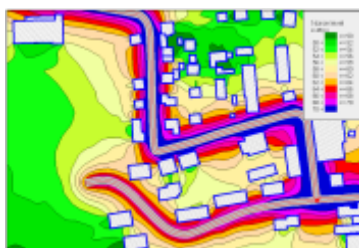


図 13-1

13-4 日本の環境騒音測定における騒音評価量のまとめ

表 13-10 日本の環境騒音測定における騒音評価量のまとめ

種類	評価量	法律	JIS Z 8731 引用
道路交通騒音	等価騒音レベル L_{Aeq}	環境基本法	新
鉄道（新幹線）騒音	L_A （Slow）のピーク値のパワー平均		旧
鉄道（在来線）騒音	L_{AE} より L_{Aeq} を求める		
航空機騒音	WECPNL L_A （Slow）		新
航空機騒音（2013 年 4 月施行）	L_{den} （時間帯補正等価騒音レベル）	騒音規制法	旧
工場・事業場・建設作業騒音	定常騒音の場合 その指示値 L_A （Slow）		
	変動騒音の場合：90%レンジの上端値（ L_5 ）＜ L_A （Fast）より求める＞		
	間欠騒音の場合： ・最大値が一定の場合はその平均値 ・最大値が変動する場合は 90%レンジの上端値（ L_5 ）＜ L_A （Slow）より求める＞		
自動車交通騒音	等価騒音レベル L_{Aeq}	労働安全衛生規則	新
自動車単体騒音	L_A （Fast）		旧
作業環境騒音	L_{Aeq} （Slow）10 分間の等価騒音レベル		

＜参考文献 資料＞

騒音測定及び騒音計に関係する規格・文献を以下に掲げましたので参考として下さい。

日本工業規格 (JIS)

C 1509-1:2005	「サウンドレベルメータ（騒音計）－第 1 部：仕様」
C 1502:1990	「普通騒音計」（旧規格）
C 1505:1988	「精密騒音計」（旧規格）
C 1513:2002	「音響・振動用オクターブ及び 1/3 オクターブ分析器」
C 1514:2002	「オクターブ及び 1/N オクターブバンドフィルタ」
C 1515:2004	「音響校正器」
C 5502-1991	「マイクロホン」
C 5515-1981	「標準コンデンサマイクロホン」
Z 8106:2000	「音響用語」
Z 8731:1999	「環境騒音の表示・測定方法」
Z 8733:2000	「音圧法による騒音源の音響パワーレベル測定方法－反射面上の準自由音場における実用測定方法」
Z 8737-1:2000	「作業位置及び他の指定位置における機械騒音の放射音圧レベルの測定方法－第 1 部：反射面の準自由音場における実用測定方法」
X 7778:2001	「情報技術装置の表示騒音放射値」
X 7779:2001	「情報技術装置から放射される空気伝搬騒音の測定」

国際電気標準会議 (IEC) 規格

60942	"Sound calibrators"（音響校正器）
61043	"Electroacoustics - Instruments for the measurement of sound intensity – Measurements with pairs of pressure sensing microphones"（音響インテンシティ測定器：ペア音圧マイクロホンを用いた測定）
61094-1	"Measurement microphones - Part 1: Specifications for laboratory standard microphones" （計測マイクロホン－第 1 部：実験室標準マイクロホンの仕様）
61260	"Electroacoustics - Octave-band and fractional-octave-band filters" （オクターブ及び 1/N オクターブバンドフィルタ）
61672-1	"Sound level meters – Part 1: Specification"（サウンドレベルメータ－第 1 部：仕様）

参考文献

- 1) 守田 栄：新版・騒音と騒音防止、オーム社
- 2) 実吉純一：電気音響工学、コロナ社
- 3) 日本音響学会編：騒音・振動（上）、コロナ社
- 4) 社団法人産業公害防止協会：公害防止の技術と法規（騒音編）
- 5) L.E. Kinsler and A.R. Frey: Fundamental of acoustics, John Wiley & Sons, Inc.
- 6) P.M. Morse: Vibration and sound, McGraw-Hill Book Co., Inc.
- 7) 小野測器騒音計技術ノート（LA-200 シリーズ、LA-1200 シリーズ、LA-5000 シリーズ）

参考カタログ

[小野測器「音響・振動総合アプリケーションソフトウェア」](#)

[小野測器「音響・振動コンサルティング事例集」](#)

[小野測器「騒音計LA-3260/3560/3570、LA-1400/4400 シリーズ」](#)

[小野測器「DS-2000 シリーズ用DS-0223 1/1、1/3 リアルタイムオクターブ解析ソフトウェア」](#)

[小野測器「リアルタイム音響振動解析システム DS-3000 シリーズ「ESUFEEL」](#)

[小野測器「Sound PLAN」](#)

[小野測器「O-Chart + Oscscopeセクションガイド」](#)

本冊子の著作権は株式会社小野測器に帰属します。個人的な参照以外の用途としてお使いになる場合は、株式会社小野測器の許諾が必要となりますのでご連絡ください。