

騒音測定技術と評価法

騒音障害防止研究会
2016年5月24日

リオン株式会社
開発部 音響振動計測器開発課
尾崎 徹哉

 RION CO., LTD.



題目

1. 騒音計の変遷と技術革新
2. 騒音計と注意点
3. 周波数分析とは
4. 測定器と測定ツールの紹介
5. 近年の騒音計の使われ方

騒音障害防止研究会

2



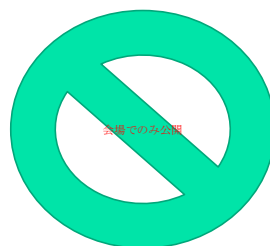
1. 騒音計の変遷と技術革新

騒音障害防止研究会

3



各社騒音計



各社HPより

騒音障害防止研究会

4



騒音計の変遷1(聴取式騒音測定)



騒音の測定値が数字で示されるようになったのは1920年代の後半

騒音障害防止研究会

5



騒音計の変遷2(リオンの騒音計)



N-1101:1950年代



NA-07:1960年代



NA-09:1970年代

騒音障害防止研究会

6



騒音計の変遷3(リオンの騒音計)

真の実効値計算

L_{Aeq} 計算

メモリーカードへの記録



NA-20:1970年代後期



NL-01:1980年代前期



NL-04:1990年代前期

騒音障害防止研究会

7



騒音計の変遷4(リオンの騒音計)

実効値のデジタル計算

CFカード大容量記録

レンジ切替不要



NL-05:1993年～



NL-06:1997年～



NA-26:1999年～

騒音障害防止研究会

8



騒音計の変遷5(リオンの騒音計)

EMC性能の向上

実音記録機能・PCとの親和性、
プログラムカード対応



NL-20/21/22:2001年～



NA-28:2006年～



NL-27:2009年～

騒音障害防止研究会

9



騒音計の変遷6(リオンの騒音計)

1 Hz~20 kHz

防水



NL-42/52/62:2011年～



? : 20XX年～

騒音障害防止研究会

10



近年の主な技術革新

- 1レンジ
- A特性・C特性同時測定
- 長時間測定
- 1 Hz~20 kHz
- 波形記録機能
- 周波数分析機能
- PCとの親和性
- カラー液晶
- 日本語対応
- 防水機能
- ニッケル水素充電電池対応

騒音障害防止研究会

11



2. 騒音計と注意点

騒音障害防止研究会

12

サウンドレベルメータ(騒音計)



マイクロホン
プリアンプ
表示部

マイクロホン・プリアンプ・表示部で
サウンドレベルメータ(騒音計)は構
成される。

音の大きさと日常生活

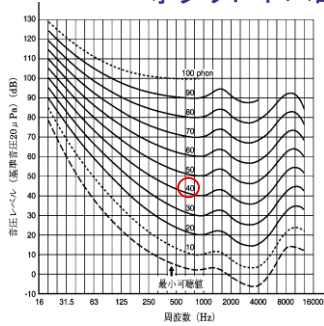
音の大きさ 0 dB ~ 120 dB
 ・最小可聴値 (0 dB)
 聞こえるか聞こえないかの境界
 ・痛域 (120 dB)
 これ以上聞いてられない
 ・言葉の大きさ (1 m の距離)
 40 dB (小さな声)
 65 dB (普通の声)
 80 dB (大きな声)

デシベルを使用する理由

・対象とする音圧範囲が 10^7 にも及ぶため、対数にすると表示が簡単になり、扱いやすい。
 ・人間の感覚は対数尺度に対応している。



等ラウドネス曲線



1 kHz の音と同レベルに聞こえる各周波数レベルを結んだものが等ラウドネス曲線

(例) 40 phon の曲線
 1 kHz で 40 dB の音と同じくらい聞こえる音について、
 125 Hz では 62 dB、20 Hz では 100 dB

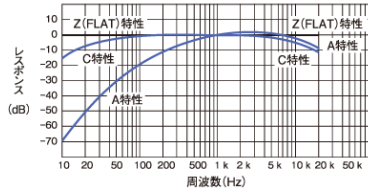
同じ大きさの音でも周波数が異なると人間に聞こえる感覚が異なる

4 kHz が最も感度が良い
 低い音は聞こえにくい

純音に対する等ラウドネス曲線 (ISO 226:2003)

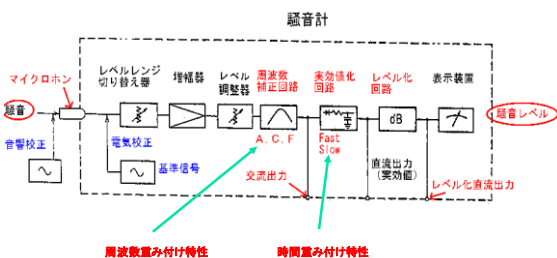
周波数重み付け特性

A特性: 人間の耳の特性に合わせた特性
C特性: 平坦に近い特性
Z特性: 10 Hz ~ 20 kHz の周波数範囲で平坦な特性



騒音レベル: 音圧レベルをA特性で重み付けしたもの
音圧レベル: 物理的な音のレベル (C, FLAT, Z特性)

サウンドレベルメータ(騒音計の構造)



周波数重み付け特性

時間重み付け特性

騒音計の規格

- JIS C 1509-1: 2005 サウンドレベルメータ(騒音計)
性能によってクラス1及びクラス2の二つを規定する
- JIS C 1516: 2014 騒音計-取引又は証明用
性能によってクラス1及びクラス2の二つを規定する
- 計量法
証明取引行為には検定合格品を使用
検定制度: 5年間有効
[参考] JIS C 1516に基づく検定は2015年11月1日施行(型式承認受付開始)
- JIS Z 8731 環境騒音の表示・測定方法

計量法 検定

■ 特定計量器

取引若しくは証明における計量に使用され、又は主として一般消費者の生活の用に供される計量器のうち、適正な計量の実施を確保するためにその構造又は器差に係る基準を定める必要があるものとして政令で定めるもの。

■ 使用の制限

取引証明行為に使用する際には、検定合格品の騒音計を使用する

■ 型式承認

メーカー等から提出された騒音計の構造、性能などについて検査し、計量法検定検査規則の基準に適合している場合、その型式について承認すること。検定に際し、器差検定を主とする項目のみの検定となり、構造・性能を主とする検定は省略できる。

■ 検定制度

個別に性能検査を行う。

騒音計の検定の有効期限:5年

普通騒音計／精密騒音計

■ 普通騒音計 (JIS C 1516:2014 クラス2)

環境騒音測定を主な目的とした騒音計

■ 精密騒音計 (JIS C 1516:2014 クラス1)

幅広い測定周波数と、より小さい器差で、さまざまな分野の騒音計測、音響計測に対応できる騒音計

計量法 普通騒音計、精密騒音計 器差、周波数範囲

	普通騒音計	精密騒音計
器差(1kHz)	1.0 dB	0.7 dB
周波数範囲	20 Hz ~ 8 kHz	16 Hz ~ 16 kHz

環境騒音の表示・測定方法 (JIS Z 8731: 1999)

- 校正
- 風の影響
- 暗騒音の影響
- 反射音の影響
- 測定点の選択
- 記録事項

校正

- 測定の前後に現場で検査を行う
- 音響校正器の使用が望ましい
- レベルレコーダ等にも校正信号を記録する

音響校正器

音響校正器の性能は、JIS C 1515(音響校正器)に規定されている

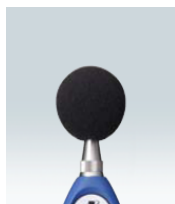


ピストンホン NC-72A



スピーカ方式校正器 NC-74

風の影響



WS-10

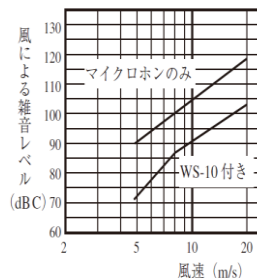
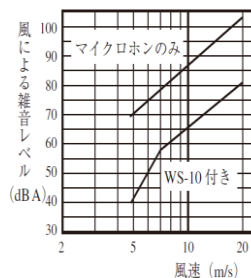
ウインドスクリーン

- 風による雑音の影響を低減
- マイクロホンの保護

ウインドスクリーンの効果

A特性: 約25 dB

C特性: 約15 dB



反射音の影響

反射音によって測定値が大きくなってしまふ

特に建物内における騒音の伝播

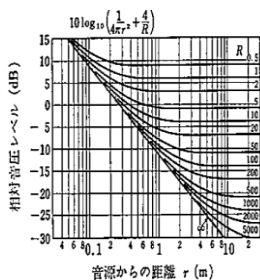
室定数: $R = \alpha S / (1 - \alpha)$

α : 吸音率、 S : 室表面積

室定数が大きいほど
反射音の影響が少ない

$R = \infty$ の場合 $\Rightarrow$ 直接音領域
逆二乗則が成立...無響室

$R = 0$ の場合 $\Rightarrow$ 拡散音領域
反射音の影響大...残響室

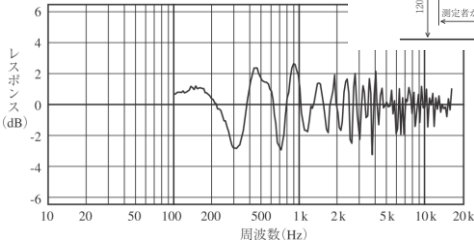


騒音障害防止研究会

25

測定者の音響的影響(代表値)

測定者の音響的影響(測定者からの距離約40 cm)



騒音障害防止研究会

26

測定点の選択

反射音の影響が少ない場所を測定点にする

- 屋外
位置: 地面以外の反射物から3.5 m以上離れた位置
高さ: 地上1.2 m~1.5 m
- 建物の周囲
位置: 騒音の影響を受けている外壁面から1 m~2 m離れた位置
高さ: 建物の床レベルから1.2 m~1.5 m
- 建物の内部
位置: 壁、その他の反射面から1 m以上離れた位置
窓などの開口部から約1.5 m離れた位置
高さ: 床上1.2 m~1.5 m

騒音障害防止研究会

27

A特性時間平均サウンドレベル 等価騒音レベル($L_{AeqT} = L_{AT}$)とは

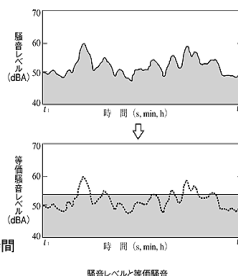
ある時間内の騒音レベルのエネルギー
を同じ時間内の定常騒音のエネルギー
に置き換えたもの



エネルギー平均

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

T : 時刻 t_1 に始まり時刻 t_2 に終わる実測時間
 $p_A(t)$: A特性音圧
 p_0 : 基準音圧 (20 μ Pa)



騒音障害防止研究会

28

測定上の注意点とQ&A

- OVERが表示されると再測定(適切なレンジ設定)
- 反射物の近くで測定しない
- なぜ高さ1.2 m~1.5 mで測定するの?
- マイクロホンを上に向けるのか?
- 三脚を使用した方がよいのか?

騒音障害防止研究会

29

保守・管理

- 音響校正器を使用して、機器を確認
- 検定は5年に1回
- 年1回点検校正を行うことを推奨

騒音障害防止研究会

30

取り扱い上の注意

- 落としたり、振動・衝撃を加えない
- マイクロホンの振動膜面は絶対に触れない
- マイクロホンやプリアンプを銘板に記載された番号以外のものと取り替えない
- 水や埃のかかる場所では保管しない
- 雨が降ってきた場合は、測定を中断して、本体が雨に濡れないようにする
- 水に濡れた場合は、乾いた布で水分をふき取り、風通しの良い場所で乾燥させる
- 長期管使用せず、保管する場合は電池を取り出す（液漏防止）
- 分解・改造しない（検定外品になります）

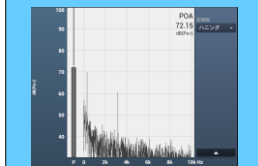
3. 周波数分析とは

周波数分析

- 騒音評価、音質評価、防音対策、防振対策、機械振動の分析には、周波数分析が不可欠
- 音や振動の周波数分析は主に2種類あり、目的により使い分ける

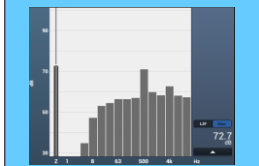
FFT分析

主に物理的評価を中心に周波数分析する場合に使用される。



オクターブバンド分析

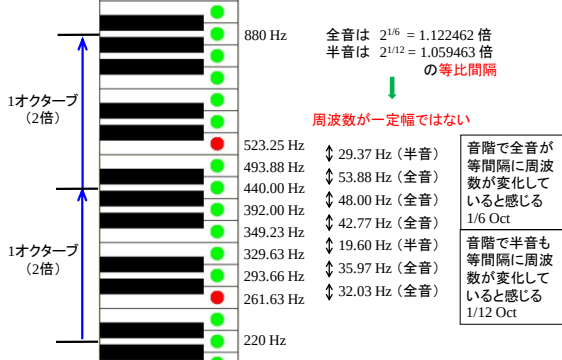
主に感覚量評価を中心とした周波数分析に使用される。



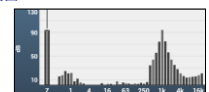
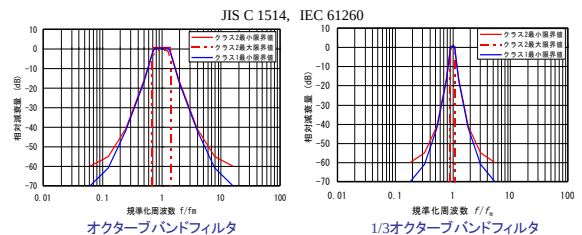
オクターブバンド分析

- オクターブ、1/3 オクターブバンドフィルタ群による周波数分析
- フィルタの形状（中心周波数、通過帯域、減衰特性）が規格化されている → データの互換性がある
オクターブ及び1/3オクターブバンド分析器：JIS C 1513
オクターブ及び1/3オクターブバンドフィルタ：JIS C 1514、IEC 61260
- 感覚量の評価に適する
 - 中心周波数と通過帯域幅は一定比になっている
 - 連続的な分析ができる
 - 騒音計と同様の時間重み付け特性（速いF、遅いS）を使用しての平均化が行える
- ほとんどの音の評価方法はオクターブ、または1/3オクターブバンド分析で規定されている
適音性能の評価、NC値など

周波数の変化に関する人間の感覚

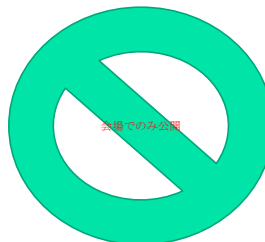


フィルタの相対減衰量



4. 測定器と測定ツールの紹介

騒音計アプリ



騒音レベル測定

騒音計 スマホアプリ スマホアプリ



騒音の許容基準

VI. 騒音の許容基準

1. 許容基準

常習的な騒音に対する騒音の許容基準を、聴力保護の立場から次のように定める。

- 国又は表Ⅵ-1に示す値を許容基準とする。この基準以下であれば、1日8時間以内の騒音が常習的に10年以上続いた場合にも、騒音性永久閾値移動 (NIPTS noise-induced permanent threshold shift) を1 kHz以下の騒音時間が8時間を超える場合の許容騒音レベルは、2交換等によって、1日の騒音時間がやむを得ず8時間を超える場合の参考値である。

2. 適用

広帯域騒音および狭帯域騒音 (帯域幅が1/3オクターブ以下の騒音) に対して適用する。ただし、純音は狭帯域騒音とみなして暫定的にこの基準を適用する。また、衝撃騒音に対しては除外する。

- 1日の騒音が連続的に行われる場合には、各騒音時間に対して与えられている国又は表Ⅵ-1の数値を用いる。

- 1日の騒音が断続的に行われる場合には、騒音の実効休止時間を除いた騒音時間の合計を連続騒音の場合と等価な騒音時間とみなして、国又は表Ⅵ-1の数値を用いる。ただし、実効休止時間とは騒音レベルが

下の周波数で10 dB以下、2 kHz以下で15 dB以下、3 kHz以上の周波数で20 dB以下にとめることが期待できる。

- 騒音レベル (A特性音圧レベル) による許容基準。この許容基準では騒音の周波数分析を行うことを要するが、騒音計のA特性で測定した値を用いる場合には、表Ⅵ-2に示す値を許容基準とする。ただし、1日80 dB未満にとどまっている時間をいう。

- 対象としている騒音をオクターブバンドフィルターを用いて分析した場合には、国又は表Ⅵ-1の数値あるいは表Ⅵ-1の数値を用い、1/3オクターブあるいはより狭い帯域幅をもつフィルターで分析した場合には、国又は表Ⅵ-1の数値あるいは表Ⅵ-1の数値から3を引いた値を用いる。

3. 測定方法
等価騒音レベルを測定する。[JIS 28731:1999 環境騒音の表示・測定方法] により、[JIS C1509:2005 電気音響—サウンドレベルメータ (騒音計)] の規格に適合した騒音計を用いる。

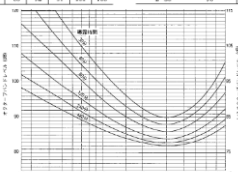
4. 調査年度

1969年、騒音レベル (A特性音圧レベル) による許容基準については1982年、産業衛生学雑誌57巻、2015より

騒音の許容基準

表Ⅵ-1. 騒音の許容基準

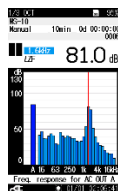
中心周波数 (Hz)	各騒音時間に対する許容オクターブバンドレベル (dB)			
	480分	240分	60分	30分
250	98	102	108	112
500	92	95	100	105
1000	86	88	92	96
2000	83	84	88	90
3000	82	83	86	88
4000	82	83	87	89
5000	82	83	87	89



オクターブバンド分析

騒音計(オプション)

スマホアプリ



衝撃騒音の許容基準

Ⅶ-1. 衝撃騒音の許容基準

1. 許容基準

作業場における衝撃騒音の許容基準を、聴力保護の立場から次のように定める。

1労働日の衝撃騒音の総曝露回数が100回以下の場合、図Ⅶ-1に示す衝撃騒音の持続時間（後述の3.測定方法の項を参照）に対応するピークレベルを許容基準とする。

1労働日の衝撃騒音の総曝露回数が100回をこえる場合は、図Ⅶ-2に示す衝撃騒音の曝露回数の相違に対する補正値を、図Ⅶ-1から求めたピークレベルに加算したものを許容基準とする。これらの基準以下であれば、曝露が10年以上常習的に続いた場合にも、騒音性永久閾値移動（NIPTS）を、1 kHz以下の周波数で10 dB以下、2 kHzで15 dB以下、3 kHz以上の周波数で20 dB以下にとどめることが期待できる。

2. 適用

衝撃騒音に対してのみ適用する。衝撃騒音と定常騒音との複合した場合には、この許容基準とⅥ.騒音

の許容基準のいずれをも満足すべきこととする。

3. 測定方法

衝撃騒音の測定には、オシロスコープを使用し、その波形によって、図Ⅶ-3の(A)、(B)に示すこと。これを2種に大別する。図Ⅶ-3の(A)の場合では、持続時間として T_0 から T_0 までの時間を取り、これをA持続時間（A duration）とよぶ。図Ⅶ-3の(B)の場合では、反射音がない場合には T_0 から T_0 までの時間を取り、反射音がある場合には、 T_0 から T_0 までの時間と、 T_0 から T_0 までの時間の和をとって持続時間とし、これらをB持続時間（B duration）とよぶ。(B)の場合には、音圧の変化を示す波形の包絡線（envelope）が、ピークの音圧よりも20 dB低い値を示す線と交わる点 T_0 あるいは T_0 を与える。反射音が2個以上の場合も同様に取り扱う。

4. 提案年度

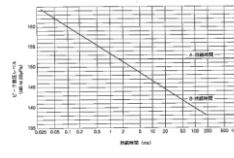
1974年。

産業衛生学雑誌57巻、2015より

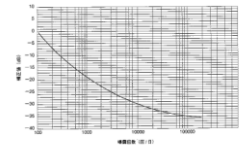
騒音障害防止研究会

43

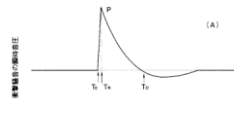
衝撃騒音の許容基準



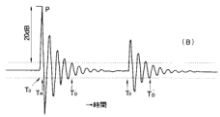
図Ⅶ-1. 衝撃騒音の許容基準



図Ⅶ-2. 1労働日における衝撃騒音の曝露回数に対する補正値



図Ⅶ-3. 衝撃騒音の測定



産業衛生学雑誌57巻、2015より

騒音障害防止研究会

44

衝撃音の確認

PCソフト

スマホアプリ

オシロスコープ



騒音障害防止研究会

45

FFT分析

騒音計(オプション)

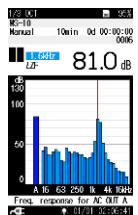
スマホアプリ



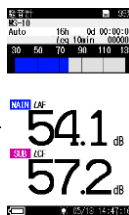
騒音障害防止研究会

46

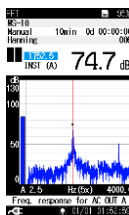
騒音計での切り替え



1/3 オクターブバンド分析



騒音計



FFT分析



騒音障害防止研究会

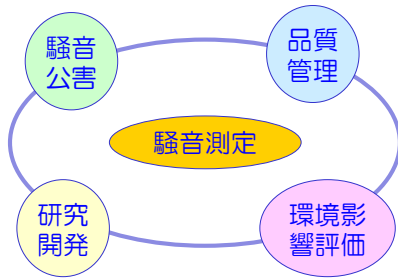
47

5. 近年の騒音計の使われ方

騒音障害防止研究会

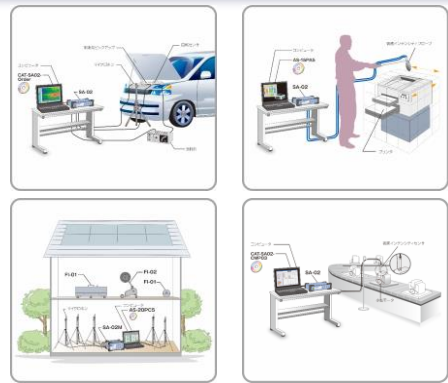
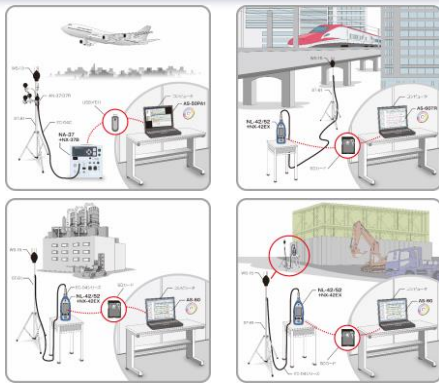
48

騒音測定



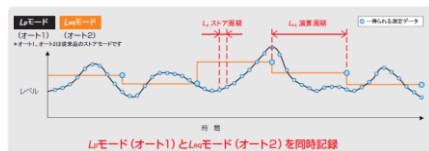
騒音に関する法令・規制

- 環境基準
 - 騒音に係る環境基準
 - 航空機騒音に係る環境基準
 - 新幹線騒音に係る環境基準
- 騒音規制法
 - 工場騒音
 - 建設作業騒音
 - 道路交通騒音



オートストア

- 測定開始ボタンを押下すると自動的に測定データや波形信号が記録媒体に記録がされる。



データ処理の一例

