

音環境の測定

1. 建築における音環境と騒音

建築音響

- └─ 騒音制御 = 「“望まれない”音をいかに防止するかを考える」
- └─ 室内音響 = 「どのようにすれば良い音が響く室内空間が得られるかを考える」

騒音 = 「聞いた人が好ましくないと思う音」（物理的要素だけでなく、主観的・心理的な要因も関係する）

- └─ 外部騒音 = 「航空機、交通機関、工場、工事現場などのように建物外部から侵入してくる騒音」
- └─ 内部騒音 = 「設備、工場の機械、人声など建物内部で発生する騒音」

騒音の構成に着目した分類

- └─ 総合騒音：ある場所における、ある時刻の総合的な騒音
- └─ 特定騒音：総合騒音の中で音響的に明確に識別できる騒音で、騒音源が特定できることが多い
- └─ 暗騒音：ある特定の騒音に着目したとき、それ以外のすべての騒音
- └─ 残留騒音：ある場所における、ある時刻の総合騒音のうち、すべての特定騒音を除いた残りの騒音

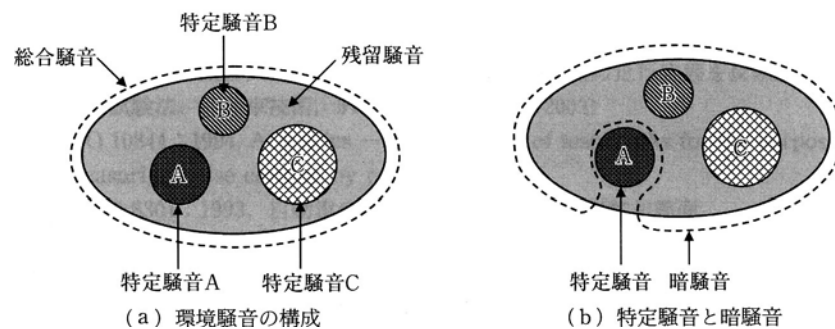


図 騒音の構成に着目した騒音の分類（出典：参考文献 [1], p. 60）

時間変動特性による騒音の分類

- ┆— 定常騒音：レベル変化が小さく，ほぼ一定とみなされる騒音
- ┆— 変動騒音：レベルが不規則かつ連続的にかなりの範囲にわたって変化する騒音
- ┆— 間欠騒音：間欠的に発生し，1回の継続時間が数秒以上の騒音
- ┆— 衝撃騒音：継続時間がきわめて短い騒音

注1) 音と騒音に関する基本事項は，教科書 pp. 110～114 と pp. 131～133 を参照。

注2) 「教科書」と「実験用教材」は，以下の本のこと。

教科書：『図説 やさしい建築環境』（今村仁美・田中美都，学芸出版社，2009年11月，¥2,800
+税，ISBN：978-4-7615-2476-0）

実験用教材：『建築環境工学実験用教材 第2版』（日本建築学会編，日本建築学会，2011年3月，
¥1,900+税，ISBN：978-4-8189-2225-9）

2. 実験のポイント

1) 道路騒音の測定方法を学ぶ。

熊本県立大学前の国体道路の（自動車による）騒音は，どのように評価されるであろうか。日本赤十字病院と大学が隣接して建っているが，問題はないであろうか。

そのためには，何をどのように測定し，何を基準に評価すればよいのだろうか。

→測定計画は，各班の中で，もしくは班同士で相談して決める。

→→音の距離による減衰（教科書 pp. 117～118）が，実際におこっているかどうかを確認しても良いかもしれない。

2) 室内騒音の測定方法を学ぶ。

室内騒音を測定するための室内として，例えば，熊本県立大学内の居住情報実習室（サーバの音が気になる）などのような室内（本学のキャンパス内）を取り上げる。それらの騒音は，どのように評価されるであろうか。どのような特徴があるであろうか。どのような周波数の騒音レベルが大きいであろうか。

どのような室内を対象にすればよいのであろうか。さらに，何をどのように測定し，何を基準に評価すればよいのだろうか。

→測定計画は，各班の中で，もしくは班同士で相談して決める。

→→許可が必要と思われる場所の測定を希望する場合は，事前に相談する。

→→余力がある班は，「遮音の測定」（実験用教材 pp. 12～20 を参照）もあわせて行くと，面白い結果がでるかもしれない。

3. 測定計画

以下のように測定を行う予定。13日が雨天の場合は、20日に順延の可能性あり。

10月06日（金）、10月09日（月） 1回目 測定概要の説明，機器の取扱いの説明

10月13日（金） 2回目 3時限目 国体道路の道路騒音の測定
4時限目 居住情報実習室などの室内騒音の測定
持っている人は、関数電卓を持参のこと

10月20日（金） 3回目 補足説明とレポート作成
※この時までには、データの整理を終えていることが望ましい。
→レポートの締め切りは10月23日（月）

4. 道路交通騒音の測定

実験用教材 pp. 1～5を参照。参考URL [2] も参照。

- 1) 電気信号による較正（校正）（配付資料の16ページ（出典：参考文献 [2]，p.32）を参照。）を行う。
 - 2) 騒音計直読による測定方法（実験用教材 p. 4の4.3.1を参照。）とする。周波数重み付け特性はA，時間重み付け特性はF（速い）とする（「測定設定」の画面で設定。配付資料の17ページ（出典：参考文献 [2]，pp.64～65）を参照）。50回のサンプリングを行う。読み上げる声で、測定値が変わるので、素早く読み上げる。
 - 3) 50%時間率騒音レベル L_{50} を計算する（実験用教材 p. 2の表1.1.3を参照。）。
 - 4) 等価騒音レベル L_{eq} を計算する（実験用教材 p. 2の(1.1.9)式を参照）。
 - 5) 等価騒音レベル L_{eq} の評価には、環境省の「騒音に係わる環境基準について」（参考URL [3]を参照（『平成24年3月30日環告54』により一部改正されているので注意。）。教科書 p.133の「騒音に係る環境基準」も同様。）などを用いる。
- L_{50} は昔から利用されてきたが、過小評価の傾向があり、人間の感覚と合わない場合が多かったため、現在では L_{eq} の方が多く用いられる。

【レポート作成の際のヒント】

- ・等価騒音レベルと50%時間率騒音レベルは、それぞれどのような意味を持っているのだろうか？両者にはどのような違いがあるのであるだろうか。

5. 室内騒音の測定

実験用教材 p. 5 を参照。

- 1) プログラムカード NX-42RT をインストールする（配付資料の 18～19 ページ（出典：参考文献 [3], pp.1～7）を参照。）。
- 2) 電気信号による較正（校正）（配付資料の 16 ページ（出典：参考文献 [2], p.32）を参照。）を行う。
- 3) 周波数重み付け特性は Z（Z 特性，平坦特性），時間重み付け特性は F（速い）とする（「測定設定」の画面で設定。配付資料の 17 ページ（出典：参考文献 [2], pp.64～65）を参照。）。
- 4) 1/1oct バンドフィルターを用いて，16, 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000Hz の各バンドの音圧レベルを測定する（配付資料の 20 ページ（出典：参考文献 [4], pp.14～15）と 21 ページの 3～6を参照。）。
また，騒音レベル（A 特性），音圧レベル（Z 特性，平坦特性）もあわせて測定する。
- 5) 道路交通騒音の測定と同様に，騒音計直読による測定方法とする。ただし，各バンドで，5 秒おきの 10 回のサンプリングを行う。読み上げる声で，測定値が変わるので，素早く読み上げる。
- 6) 測定結果を NC 曲線上にプロットする。NC 曲線の使い方などは，教科書 p.132 を参照。また，NC 曲線は各種ホームページからダウンロード可能。
- 7) 教科書 p.132 の「室内騒音の許容値」や配付資料の 21 ページの表-1.2.6 などを用いて，評価を行う。

補足 1)

- ・周波数補正回路（配布資料の 22 ページ（出典：参考文献 [7], p.8）を参照。）
 - A 特性 → 人間の聴覚にあわせて，低周波を受け入れる能力が低くなるよう補正
 - C 特性 → 各周波数が物理的にほぼ等しい感度で受音されるように補正
 - Z 特性，平坦特性 → 周波数特性が平坦（補正なし）

補足 2)

- ・楽器の音域や話し声の周波数については，配布資料の 23 ページを参照。

補足 3)

- ・より詳細な測定方法については，参考文献 [1]などを参照。

▽騒音計の較正（校正）

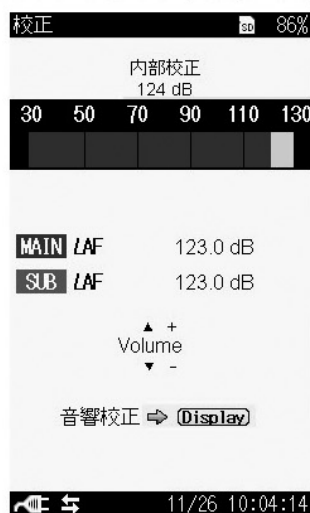
校 正

測定を始める前に騒音計を校正します。電気信号による校正と音響校正器による校正の2種類があります。

内部校正（電気信号による校正）

本器は内蔵発振器（1 kHz、正弦波）による校正を行うことができます。

1. CAL キーを押します。下図のような校正画面が表示されます。



画面上部に「内部校正」と表示されていることを確認してください。「音響校正」と表示されていたら、DISPLAY キーを押してください。「内部校正」に切り替わります。

2. 校正値表示が 124 dB で点灯表示されていることを確認してください。
バーグラフの目盛上限が 130 dB 以外の場合は、校正値表示がバーグラフの目盛上限値 -6 dB の数値で点滅表示します。
3. Δ/∇ キーでレベル表示を校正値表示の値 (124.0 dB) にします。
4. 124.0 dB に校正できたら、CAL キーを押して、測定画面に戻ります。

ノート

バーグラフの目盛上限が 130 dB 以外の場合は、レベル表示をバーグラフの目盛上限値 -6 dB に合わせてください。

▽騒音計の測定方法

サウンドレベル (L_p) の測定

サウンドレベル測定の手順は次のようになります。

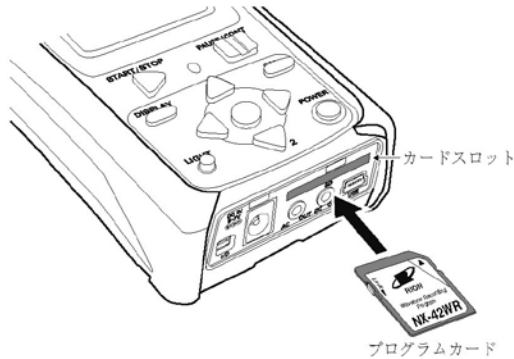
「準備」の章が済んだものとして説明します。

1. POWER キーを押して、電源を ON にします。
電源投入時の画面を表示後に測定画面が表示されます。
測定画面の測定条件は本器が前回電源を切ったときの条件となるため、毎回同じ表示になるとは限りません。
2. MENU/ENTER キーを押し、メニューリスト画面でタッチパネルを用いて周波数重み付け特性を設定します。通常サウンドレベルを測定するときは A (A 特性) にします。
設定を Z (Z 特性) にすると 10 Hz～20 kHz まで周波数特性が平坦なサウンドレベルが測定できます。
設定を C (C 特性) にすると 31.5 Hz～8 kHz まで周波数特性が平坦なサウンドレベルが測定できます。
周波数重み付け特性はメニューリスト画面内の「測定設定」でも設定できます。
サブチャンネルの周波数重み付け特性はメニューリスト画面内の「測定設定」で設定します。
3. メニューリスト画面でタッチパネルを用いて時間重み付け特性を設定します。通常 F (速い) にします。
JIS などの規格に従って測定する場合は、その規格に従って、周波数重み付け特性、時間重み付け特性を設定します。
時間重み付け特性はメニューリスト画面内の「測定設定」でも設定できます。
サブチャンネルの時間重み付け特性はメニューリスト画面内の「測定設定」で設定します。
4. メニューリスト画面内の[表示]を選択して、表示・フルスケール、バーグラフ下限を設定します。バーグラフの表示が中央付近を指示するように設定してください。
OUTPUT OVER がたびたび表示されるようであればバーグラフのレンジを設定し直してください。
5. レベル表示の読み値がサウンドレベルとなります。
レベル表示は 1 秒ごとに更新されます。
PAUSE/CONT キーを押すことにより、レベル表示の一時停止と更新を行うことができます。バーグラフ表示は中断中でも更新されます。中断時は中断中を示すマーク (II) が表示されます。中断中はインジケータランプが青色で点滅します。

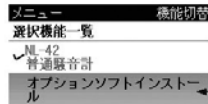
▽騒音計へのプログラムカードのインストールとアンインストール

騒音計にオプションプログラムをインストールするときは下記に示す手順に従ってください。

1. 騒音計の底面カバーを開けて、プログラムカードを装着します。



2. POWER キーを押して電源を入れます。
3. MENU/ENTER キーを押します(メニューリスト画面が表示されます)。
4. メニューリストの[機能切替]を選択して、MENU/ENTER キーを押します(機能切替画面が表示されます)。
5. [オプションソフトインストール]を選択して、MENU/ENTER キーを押します。インストールおよびインストール済みオプション画面が表示されます。



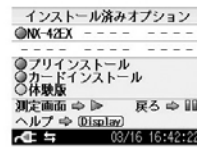
オプションソフトインストールを選択してMENU/ENTERキーを押すとインストールおよびインストール済みオプション画面が表示される



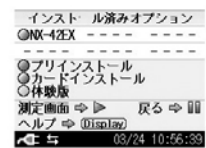
機能切替画面

※手順6はなし

7. (NL-62は不要) [インストール済みオプション]にNX-42EXがプリインストールされている(頭に緑色の○印)か、または、カードインストールされていること(頭に青色の○印)を確認してください。



インストールおよびインストール済みオプション画面 (NX-42EX プリインストール済み)



インストールおよびインストール済みオプション画面 (NX-42EX カードインストール済み)

確認ができれば引き続き手順8を行ってください。

8. MENU/ENTER キーを押すと、インストールの確認画面が表示されます。「はい」を選択し、MENU/ENTER キーを押すと、騒音計が自動的に再起動します。再起動が終了したら、インストール完了です。



インストールの確認画面

重要
インストールは、電池の残量表示が3個以上ある状態、または、ACアダプタを接続した状態で行ってください。
NL-42、NL-52はNX-42EXがプリインストール、または、カードインストールされていないと、それ以外のオプションプログラムはインストールできません。

ノート
オプションプログラムは1台の騒音計にインストールすると他の騒音計にはインストールできません。他の騒音計にオプションプログラムをインストールするにはインストールした騒音計からオプションプログラムをアンインストールする必要があります。ただし、NX-42EXおよびプリインストールされたオプションプログラムはアンインストールできません。
インストールに使用したプログラムカードは、インストール後にデータ保存用のメモリカードとして使用できます。

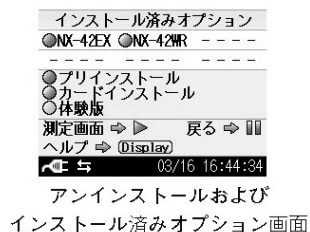
プログラムカードを取り出すときは、挿入時と同方向にカードを押すと、カードスロットから出てきます。

オプションプログラムのアンインストール

重 要
カードを装着する前に騒音計の電源が切れていることを確認してください。
オプションプログラムのアンインストール中は絶対にカードを抜かないでください。故障の原因となります。
一度インストールした機能拡張プログラム NX-42EX はアンインストールできません。
プリインストールされたオプションプログラムはアンインストールできません。

騒音計よりオプションプログラムをアンインストールするときは下記に示す手順に従ってください。

1. 底面カバーを開けて、インストール済みのプログラムカードを装着します。
2. POWER キーを押して電源を入れます。
3. MENU/ENTER キーを押します(メニューリスト画面が表示されます)。
4. メニューリストの[機能切替]を選択して、MENU/ENTER キーを押します(機能切替画面が表示されます)。
5. [オプションソフトインストール]を選択して、MENU/ENTER キーを押します(アンインストールおよびインストール済みオプション画面が表示されます)。[オプションソフトインストール]が表示されない場合、画面上、NL-42、NL-52、NL-62のいずれかを選択して、MENU/ENTER キーを押し、手順3からやり直してください。



6. MENU/ENTER キーを押すと、アンインストールの確認画面が表示されま

す。「はい」を選択し、MENU/ENTER キーを押すと、騒音計が自動的に再起動します。再起動が終了したら、アンインストール完了です。



アンインストールの確認画面

重 要
アンインストールは、電池の残量表示が3個以上ある状態、または、ACアダプタを接続した状態で行ってください。

プログラムカードを取り出すときは、挿入時と同方向にカードを押すと、カードスロットから出てきます。

▽オクターブフィルターを用いた音圧レベルの測定

測定の手順

1. POWER キーを押して、電源を ON にします。
起動画面を表示後に測定画面を表示します。
測定画面の測定条件は本器が前回電源を切ったときの条件となるため、毎回同じ表示になるとは限りません。
 2. 分析モードを設定します。MENU/ENTER キーを押し、メニューリスト画面でタッチパネルを用いて「オクターブ分析」、「1/3 オクターブ分析」を選択します。分析モードはメニューリスト画面内の「測定設定」でも設定できます。
 3. 測定時の表示画面を設定します。メニューリスト画面でタッチパネルを用いて「グラフ表示」、「数値一覧表示」を選択します。表示画面はメニューリスト画面内の「表示」でも設定できます。
 4. メニューリスト画面内の「表示」で、表示・フルスケール、バークラフ下限を設定します（グラフ表示の場合）。棒グラフの表示が中央付近を指示するよう設定してください。
 5. メニューリスト画面内の「測定設定」で必要な項目を設定します。
 6. メニューリスト画面内の「表示」で、サウンドレベル以外で画面に表示させたい測定量について表示設定を ON にします。また、必要であればグラフの重ね合わせや NC 曲線の表示設定も行います。
 7. メニューリスト画面内の「ストア」でストアモードと測定条件を設定します。
 8. 測定画面に戻り、START/STOP キーを押して、測定を開始します。
このとき前回の測定値はクリアされます。
測定中は測定中であることを示す▶マークが点滅し、経過時間も表示します。
また、インジケータランプが赤色で点滅します。
設定した測定時間が経過すると自動的に測定が終了します。
設定した時間以前に終了したい場合は再度 START/STOP キーを押します。
測定中は PAUSE/CONT キーで測定の中断と再開ができます（ストアモード MANUAL 時のみ）。中断時は中断中を示すマーク (II) を表示し、インジケータランプが青色で点滅します。
- 測定中、測定終了後の表示画面で DISPLAY キーを押すたびに、表示する測定値が以下の順で切り替わります。

$L_p \rightarrow L_{eq} \rightarrow L_E \rightarrow L_{max} \rightarrow L_{min} \rightarrow L_5 \rightarrow L_{10} \rightarrow L_{50} \rightarrow L_{90} \rightarrow L_{95} \rightarrow$
付加演算→時間-レベル→ L_p

メニューリストの「表示」画面で OFF にした測定値 (L_p 以外) はスキップします。

- 測定中、測定終了後のグラフ表示画面において、中心周波数を示すカーソルは </> キーで切り替えます。カーソルのある周波数バンドとその読み値を画面上部に数値表示します。
バンドレベルの棒グラフが示す中心周波数は下記のとおりです。

オクターブ分析の場合

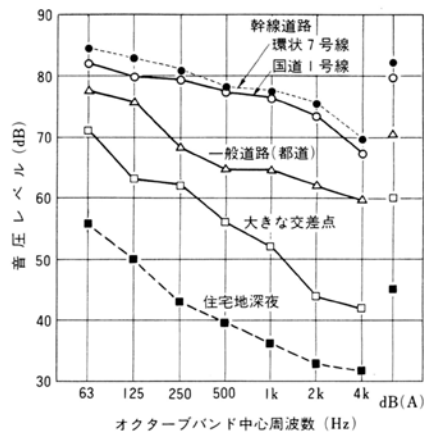
左から 16 Hz、31.5 Hz、63 Hz、・・・、16 kHz

1/3 オクターブ分析の場合

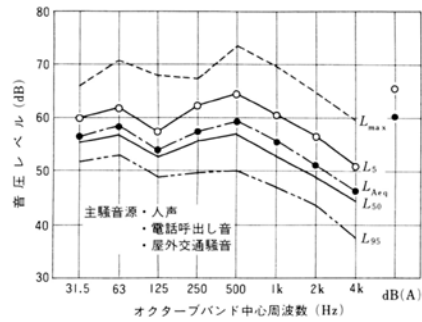
左から 12.5 Hz、16 Hz、20 Hz、・・・、20 kHz

- 測定終了後、メニューリスト画面またはメニューリスト画面内の「表示」で、グラフ表示と数値一覧表示を切り替えられます。
- 測定を行っていない状態で PAUSE/CONT キーを押すと、キーを押した時点でのサウンドレベルで表示を固定できます。もう一度 PAUSE/CONT キーを押すと固定は解除されます。

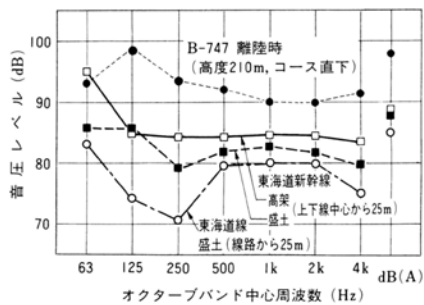
▽いろいろな騒音のオクターブバンドによる音圧の違い（出典：参考文献 [5], p. 27）



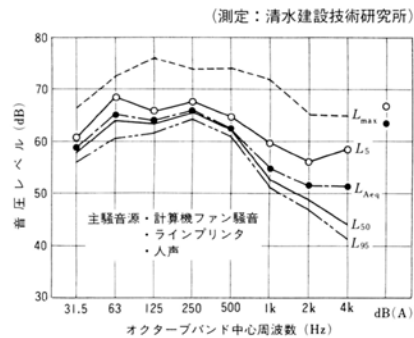
③ 道路交通騒音の実例（測定：東大生研）



⑤ 室内騒音の実例(1)
(営業オフィス)



④ 鉄道・航空機騒音の実例*1



⑥ 室内騒音の実例(2)（計算機室）

▽各種室に対するNCの推奨許容値（出典：参考文献 [6], p. 46）

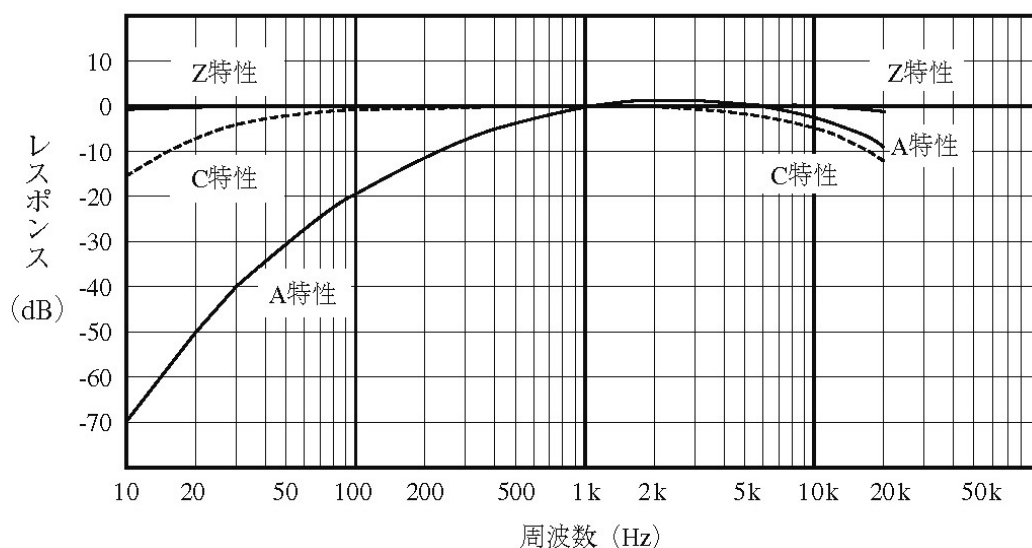
表-1.2.6 各種室に対するNCの推奨許容値
(Beranek)

室の種類	NC値
放送スタジオ	NC 15~20
音楽堂	NC 15~20
劇場(500席, 拡声装置なし)	NC 20~25
音楽室	NC 25
教室(拡声装置なし)	NC 25
テレビスタジオ	NC 25
アパート, ホテル	NC 25~30
会議場(拡声装置付)	NC 25~30
家庭(寝室)	NC 25~30
映画館	NC 30
病院	NC 30
教会	NC 30
裁判所	NC 30
図書館	NC 30
料理店	NC 45
運動競技場(拡声装置付)	NC 50

▽周波数補正回路

周波数重み付け回路

騒音計の周波数に対する重み付けの特性はA、CおよびZの周波数重み付け回路により実現されています。周波数重み付け回路の電気特性は下図のようになります。



周波数重み付け回路の特性

音の大きさの感覚量は音圧レベルだけでは定まりません。例えば、同じ音圧レベルの音でも低音域と高音域では感覚的な音の大きさに差があります。A特性で測定した値は音の大きさの感覚に比較的近いことがわかっており、騒音などの評価（騒音レベルの測定）には日本だけでなく国際的にもA特性が使われています。

Z特性は周波数特性が平坦なので、音圧レベルの測定や騒音計の出力を周波数分析する場合などに利用します。

C特性もほぼ平坦な特性ですが、Z特性と比べると31.5 Hz以下の低い周波数成分と8 kHz以上の高い周波数成分の影響を小さくした測定ができます。そこで、不要な低い周波数成分や高い周波数成分の多い音の音圧レベルの測定にはC特性を使用します。

▽いろいろな音の周波数

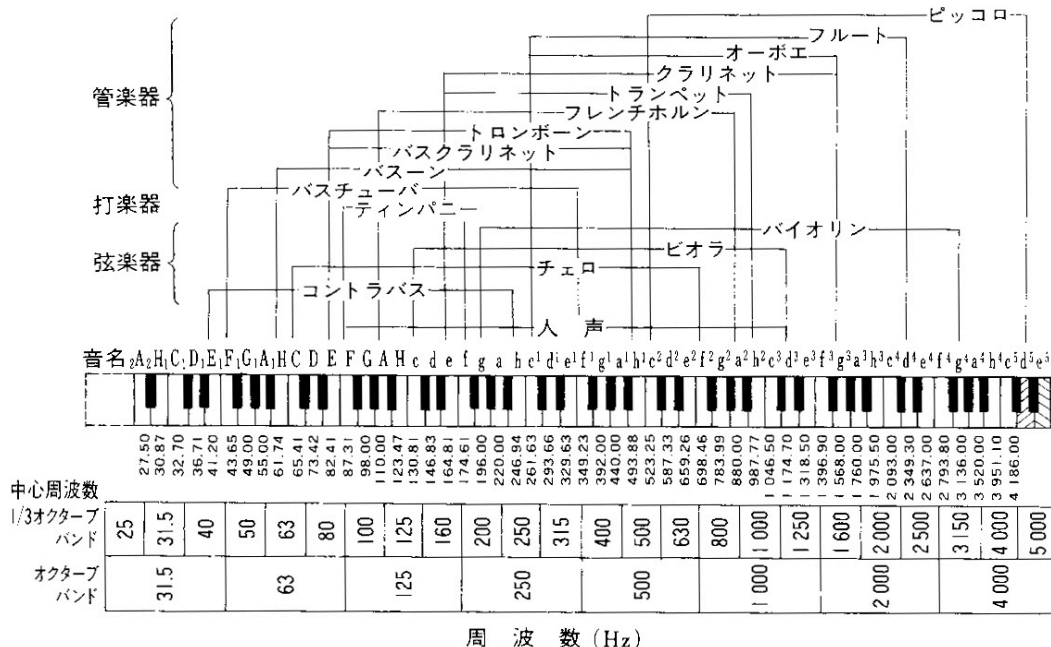


図 楽器の音域とオクターブ、1/3オクターブバンド（出典：参考文献 [8], p.6）

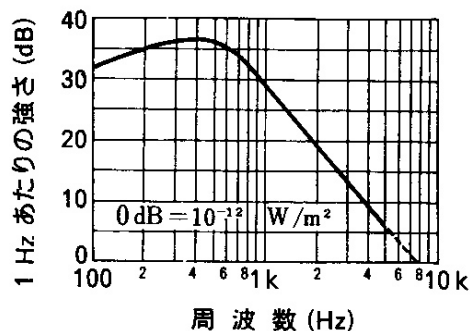


図 話声の長時間平均スペクトル（出典：参考文献 [9], p.21）

6. 参考文献 ([] 内は、熊本県立大学学術メディア情報センター図書館所蔵情報)

- [1] 『音響テクノロジーシリーズ8 環境騒音・建築音響の測定』（日本音響学会編，橘秀樹・矢野博夫共著，コロナ社，2004年3月，¥3,000+税，ISBN: 4-339-01108-8）〔和書（2F），501.22||Ta 13, 0000291590〕
- [2] 『取扱説明書 普通騒音計 NL-42 精密騒音計 NL-52 操作編 No.55524』（リオン株式会社，発行年月不明，非売品）〔所蔵なし〕

- [3] 『取扱説明書 オプションプログラムインストール方法 No.56062』（リオン株式会社，発行年月不明，非売品）〔所蔵なし〕
- [4] 『取扱説明書 オクターブ・1/3オクターブ実時間分析プログラムNX-42RT No.56741』（リオン株式会社，発行年月不明，非売品）〔所蔵なし〕
- [5] 『建築環境工学用教材 環境編 第4版』（日本建築学会編，日本建築学会（丸善），2011年3月，¥1,900+税，ISBN:978-4-8189-2223-5）〔和書（2F），525.1||N77,0000346944〕
- [6] 『騒音・振動対策ハンドブック』（日本音響材料協会編，技報堂出版，1982年1月，¥18,000+税，ISBN:4-7655-2353-5）〔参考（2F），519.6||So48,0000249682〕
- [7] 『取扱説明書 普通騒音計NL-42 精密騒音計NL-52 技術解説編 No.55524』（リオン株式会社，発行年月不明，非売品）〔所蔵なし〕
- [8] 『建築環境工学用教材 環境編 第3版』（日本建築学会編，日本建築学会（丸善），1995年2月，¥1,845+税，ISBN:4-8189-0442-2）〔和書（2F），525.1||N77,0000236338〕
- [9] 『建築・環境音響学（第2版）』（前川純一・森本正之・阪上公博，共立出版社，2000年9月，¥3,500+税，ISBN:4-320-07655-9）〔和書（2F），524.96||Ma27,0000248125〕
→第3版もあり（2011年9月，¥3,700+税，ISBN:978-4-320-07707-2）〔和書（2F），524.96||Ma27,0000345470〕

7. 参考 URL

- [1] 講義資料のダウンロード

<http://www.pu-kumamoto.ac.jp/~m-tsuji/kougi.html/jikkenn.html/kyojikkenn.html>

- [2] 『騒音に係る環境基準の評価マニュアル』（平成27年10月版）（環境省環境管理局のホームページより）

<http://www.env.go.jp/air/noise/manual/index.html>

- [3] 『騒音に係る環境基準について』（環境省のホームページより）

<http://www.env.go.jp/kijun/oto1-1.html>

質問・レポートの提出先は，

辻原（環境共生学部西棟（旧棟）4階南西角）まで

（電話：096-321-6706，または383-2929（内線492），e-mail:m-tsuji@pu-kumamoto.ac.jp）

もしくは，

岡本（環境共生学部西棟（旧棟）3階南西角・田中研究室／4階中央・岡本助手室）まで

（電話：096-383-2929（内線475（田中研）／482），e-mail:okamoto@pu-kumamoto.ac.jp）