

公害用振動計の標準化並びに振動の人体 感覚について

望月 富雄 高山 孝

1 はじめに

都内においては工場、事業場の作業、道路交通機関あるいは建設工事等に伴って発する振動が随所で問題を提起している。振動公害は騒音を伴う場合が多いが騒音と異なる媒体、すなわち地質等伝播機構が非常に複雑であり、説明が困難である。

被害実態として生体に及ぼす影響も単一物量でなく振動数により速度、加速度、振幅等に関係する。加えてこれらの要素に対応する測定も未だ標準化されておらず、一般行政部門でもまちまちな測定法、測定器が使用されている現状である。

したがって、振動公害に対する許容値の検討、ならびにこれに対応する測定器の標準化の検討が必要である。そこでこの標準化をはかるべく、東京都では昭和44年度より日本音響学会へ本題に関する研究委託を実施した。音響学会では本研究のために振動分科会の中に委員会（委員長、東大宇宙研五十嵐寿一教授）を設置し研究討議を進めている。44年度は振動計の標準化と試作研究を行ない、45年度では振動測定方法と振動計の較正方法について引き続き研究を進めている。本稿は昭和44年度に実施した委託研究報告の概要である。

2 研究の概要

公害振動の測定器としては、指示騒音計同様、人間の振動に対する感覚を考慮した計器で指示直読できることが便利である。振動感覚については最近研究がすすみ、国際標準化機構（ISO）において振動感覚曲線の提案を行なっている。この中に委員の1人である三輪俊輔氏の研究結果が採用されていることもあり、委員会としては、ISO提案に準拠して“振動レベル計”の規格を立案することになった。

一方、振動レベル計の試作研究については委員のうち振動計の委員が担当した。試作の段階において、計器の

動特性の決定、温度効果、リード線の振動による障害等の問題が提起され、それぞれの委員が分担して研究を行なった。今年度3台の振動レベル計を試作完成することができたが、試作されたものに対する校正の実施、試作振動レベル計による実際の公害振動の実測等を実施した。

振動レベル計の試験方法、振動レベル計を用いた振動測定法については、まだ検討すべき問題が残されており、今後、研究を進めて行くつもりである。

3 振動レベル計規格

(1) 適用範囲

この規格は人体の全身を対象とする振動の振動レベルを測定する振動レベル計について規定する。

備考：振動レベルは振動感覚補正回路を用いて測定し振動レベルdBで表示する。振動加速度レベルは平坦な周波数特性をもつ回路を用いて測定し、加速度レベルdBで表示する。

例：振動レベル20dB

加速度レベル30dB

(2) 用語の意味

この規格で用いる用語の意味はつぎによる。

① 基準レベル；基準レベルは周波数5Hzの加速度実効値 1 cm/s^2 の加速度レベルをいい、dBとする。

② 有効目盛範囲；有効目盛範囲とは1dBごとの目盛の間隔が1mm以上の範囲をいう。

③ 垂直振動；垂直振動とは鉛直方向の振動をいう。

④ 水平振動；水平振動とは水平方向の振動をいう。

(3) 定 格

① 測定レベル範囲 測定レベル範囲は原則として0～60dBとする。

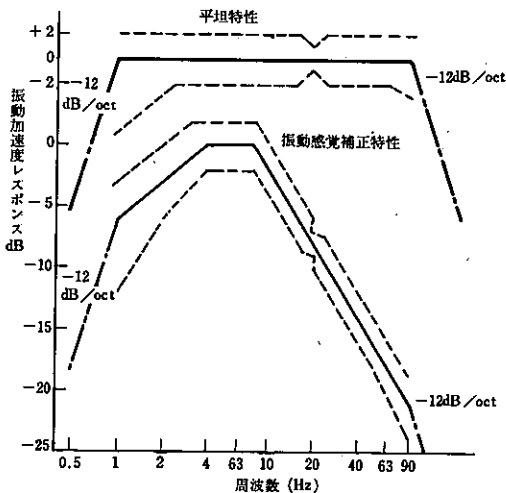
② 周波数範囲 周波数範囲は1～90Hzとする。

(4) 構 造

表1 周波数レスポンスの許容範囲

周波数 Hz	振動感覚補正特性		平坦特性	
	標準特性	許容偏差	標準特性	許容偏差
1	-6	+3 -6	0	+2 -6
2	-3	±3	0	+2 -3
4	0	±2	0	±2
6.3	0	±2	0	±2
8	0	±2	0	±2
10	-2	±2	0	±2
20	-8	±1	0	±1
40	-14	±2	0	±2
63	-18	±2	0	±2
90	-21	+2 -3	0	+2 -3

図1 相対周波数レスポンス



ア 構造一般 振動レベル計は取扱いが容易で、風、温度、湿度、騒音、電気および磁気の影響を受けないような構造でなければならない。

イ 構成 振動レベル計の構成はつぎによる。

(ア) 振動ピックアップ

振動ピックアップは地面または床面に設置できる構造で、垂直および水平方向の振動が測定できなければならない。

(イ) 振動感覚補正回路

振動レベル計には原則として表1に示す相対周波数レスポンスをもつ振動感覚補正回路、および平坦な周波数特性をもつ回路を備えることとする。(図1)

(ウ) 指示計器および減衰器

指示計器は2乗特性で、その有効目盛範囲は15dB以上とし、1dBごとに目盛らなければならない。有効目盛範囲が30dB未満のときは、減衰器は10dB 間隔でなければならない。

(5) 性能

ア 総合周波数レスポンス

(ア) 振動ピックアップの軸方向レスポンス

振動ピックアップの軸方向のレスポンスは、表1の許容差内でなければならない。

(イ) 振動ピックアップの横方向レスポンス

振動ピックアップの軸方向とそれに直角な方向のレスポンス(横方向レスポンス)は周波数1~90Hzの範囲において軸方向レスポンスより15dB以上小さくなければならない。

イ 増幅器の特性

(ア) 減衰器の切替誤差

減衰器の切替誤差は、通常45dBの目盛の位置を基準点として、入力を10dBずつ変化させた時、振動感覚補正特性、平坦特性のいずれの特性によっても周波数20Hzで±0.5dB以内、2Hzおよび、63Hzで±1.0dB以内でなければならない。また、一定入力における最大目盛の指示の状態から減衰器を切替えることによって生じる指示値の差は減衰器の切替誤差と指示計器の目盛誤差を含めて±1.0dB 以内でなければならない。

(イ) 自己雑音

自己雑音は振動ピックアップと等価なインピーダンスを入力端子に接続したとき、振動感覚補正特性、平坦特性いずれの特性においても測定できる最低レベルより10dB以上低くなければならない。

(ウ) 安定度

安定度は交流式については電源を投入してから5分後と1時間後に、電池式については、1分後と10分後との間における指示の変化であらわし、その値は±0.5dB 以内でなければならない。ただし、使用開始時間について指定のある場合はその指定による。

(ク) 過負荷特性

過負荷特性は増幅器の出力端子に高インピーダンス交流電圧計を接続し、入力端子から指示が最大目盛になる正弦波を加え、その入力を15dB増加したときの出力の増加は10dB以上でなければならない。

ウ 指示特性

(ア) 目盛誤差

指示計器の目盛誤差は通常45dBの目盛の位置を基準点として、振動感覚補正特性、平坦特性、いずれの特性においても、周波数2, 20, 63Hzにおいて ± 0.5 dB以内でなければならない。ただし、レベルの低い方から5dBまでの目盛については2 Hz, および63Hzでは ± 1 dB以内でなければならない。

(イ) 指示計器の動特性

指示計器の動特性はつぎに示すものでなければならない。この動特性は速、緩、またはFast, Slowなどの表示で区別し、両者を切替えることによって生ずる誤差は連続正弦振動に対して0.1dB以内でなければならない。

① 速い動特性

周波数20Hz, 継続時間0.2秒の正弦波入力を加えたときの最大指示は、その周波数で、振幅が等しい定常入力による指示に対して -1.0 ± 0.5 dBでなければならない。

また周波数10~80Hzの間の任意の周波数で一定振幅の正弦入力を急に加えたときの指示計器の最大指示はその周波数で振幅が等しい定常入力による指示に対して ± 1 dB以内でなければならない。

② 遅い動特性

周波数20Hz, 継続時間1秒の正弦波入力を加えたときの最大指示は、その周波数で振幅が等しい定常入力による指示に対して -1.0 ± 0.5 dBでなければならない。

エ 複合振動特性

指示計器の指示が同じになる二つの振動を同時に入力に加えたときの指示は単一振動の指示より3 dB大きくなければならない。その許容差は、単一振動が最大目盛から7 dB低いレベルでは ± 0.25 dB, 3 dB低いレベルでは ± 0.5 dBとする。

なお、この二つの振動は、互いにビートによる障害を生じない正弦振動を用いる。

オ その他

通常の使用状態において振動ピックアップのリード線

の振れによる出力、また振動ピックアップが圧電形のものについては、風などによる周囲温度変化による出力が測定レベル範囲に入らないように必要な処置をしなければならない。

測定周波数範囲外の周波数レスポンスは振動感覚補正回路および平坦な特性をもつ回路いずれにおいても1Hz以下および90Hz以上では -12 dB/octave以下にしなければならない。(図1)

(6) 試験

試験方法は別に定める。

(7) 表示

振動レベル計には少なくともつぎの事項を表示しなければならない。

- ① 品名
- ② 製造業者名またはその略号
- ③ 振動ピックアップの形式および番号
- (8) 取扱説明書

振動レベル計には少なくともつぎの事項を記載した説明書などをつけなければならない。

- ① 品名および製造番号, 振動ピックアップの形式および番号
- ② 使用できる電源、電圧の範囲
- ③ 使用できる温度および湿度範囲
- ④ 振動感覚補正特性および平坦特性の適用レベル範囲
- ⑤ 振動ピックアップの軸方向の周波数レスポンス曲線
- ⑥ 振動ピックアップの横方向の周波数レスポンス曲線
- ⑦ 通常の手扱い方と使用方法およびその際の注意事項
- ⑧ 周囲の温度変化に対する使用上の注意

4 振動の評価法について(解説)

(三輪委員提出)

(1) 概説

近年振動計測法が進歩して、種々の方面で振動が測定されるようになった。この場合、振動の物理的レベルのみでなく、振動感覚との対応が問題になることが多い。振動公害、乗り心地等がこの例である。これらの目的の

計測器は人間の振動感覚を考慮したうえで製作される必要がある。たとえば、振動感覚回路の荷重函数をどうきめるか。ダイナミックレンジをどの程度までとるか。垂直、水平振動の基準レベルの設定をどうすべきか、指示部の動特性はどう選べばよいか。これらの点は主として感覚実験から決められるべき問題であろう。

更にどのような波形に対して、計測器はどの程度感覚と対応した値が得られるのであろうか。とくに、衝撃波、ランダム波振動に対して、感覚回路をもつ計器でのメータ指示値と感覚との対応は今後検討する必要がある問題である。

また、公害、乗り心地の基準をきめるにあたり、この様な計測器のどの値をもって、公害、乗り心地等の許容規準とするかは、振動感覚と暴露時間との関連に於てとらえなければならない。長時間暴露の実験は被検者を長時間振動台に拘束すれば、それだけで、結果に影響を与える。この目的のためには順応性を考慮した周到な計画の下でのアンケート調査と、振動計測を並行的に実施することになる。

従来、種々の振動感覚実験が実施されてきたが、これ等の計測上の観点からのデータは今まで殆んど見られなかった。

(2) 人体の振動受容器

振動感覚は聴覚と異なり、分布感覚器官系を構成し、未分化である。このため振動の周波数および振動のレベルで受容器が異なっている。また、受容器は人体の各部位に埋蔵されているため、その部位の機械的特質(機械インピーダンス、加振面積)をも含めた特性を示す。

受容器は、平衡感覚、皮膚感覚(触、圧覚)と深部覚(筋、腱、関節の感覚を支配する)である。後2者の受容器に振動が印加されると受容器の細胞膜の透過性が特異的に増し、ナトリウムイオン Na^+ が膜の中に入るために電位変化を生ずる。これが原因となってインパルスが発生する。このインパルスは神経繊維により後根から脊髄に入り、種々の中継点を經由して、大脳皮質体性感覚領に投影され、感覚として認知される。現在までに、身体どの受容器から大脳皮質感覚領のどの部位に投影されるかは解明されているが、どのような機構によって情緒(快、不快)として発現するかは不明である。

また、受容器で振動感覚を生ずる機構として、つぎの

2説が考えられている。特殊感覚エネルギー説(Miller-Frey); 受容器のマイネル小体(触)、メルケル触板(触)ゴルジ、マツオニ小体(触、圧)、パチニ小体(圧)、自由神経末端等で振動を受けると、この受容と感覚とは一対一に対応しているとする説である。一方、パターン説(Weddel; Miller)では一つの受容器は触、圧、振動等、種々の刺激に感ずるか、神経繊維中に生ずるインパルス系列のパターンに差があり、大脳はその差を識別して振動感覚を生ずる。この両者は周波数、レベルによって異なるのかも知れない。

刺激の強さ S と発生するインパルスの数 N とは $N = K S^N$ で理解される。これは感覚の強さ R と刺激の強さの間に $S \cdot S \cdot \text{Stevens}$ の式 $R = K S^N$ があることと一致している。

現在、振動感覚生起の研究も未開の分野に属している。

(3) 従来の振動感覚実験

1930年代にReiherとMeisterが振動感覚を測定してこの部分に先鞭をつけた。その後、この部門には多くの研究者が輩出している。彼等の仕事は大別して次の3種に分類しうる。

① 一般振動感覚実験、振動感覚の周波数およびレベル特性をしらべて、レベルと周波数の関係を求める。これをもとにしてPal尺度(Zeller)K値(Dieckmann)が提唱されている。図2-1、図2-2にこの尺度を示した。縦軸は振動加速度(VAL)、横軸は周波数である。

$$\text{VAL} = 20 \log_{10} \frac{a}{a_{\text{ref}}} \dots \dots \dots (1)$$

a : rms 振動加速度レベル、(cm/s²),

a_{ref} : 1 cm/s²

ただ、これ等の実験は音響心理学で言う意味での等感度曲線とも異なり、規準周波数が不明確である。また主として機械振動台が使用されたため、閾値が正確に求められていない。振動感覚閾値は計測器のダイナミックレンジをきめる時に、また、基準の振動数は後にratio scale(音の場合のsonescale)を導く時に必要である。

K値はDIN(独)の規準やInternational Organization for standardization(I S O)の原案を作る時参考にされている。

② 乗り心地実験

図2-1 Pal 尺度

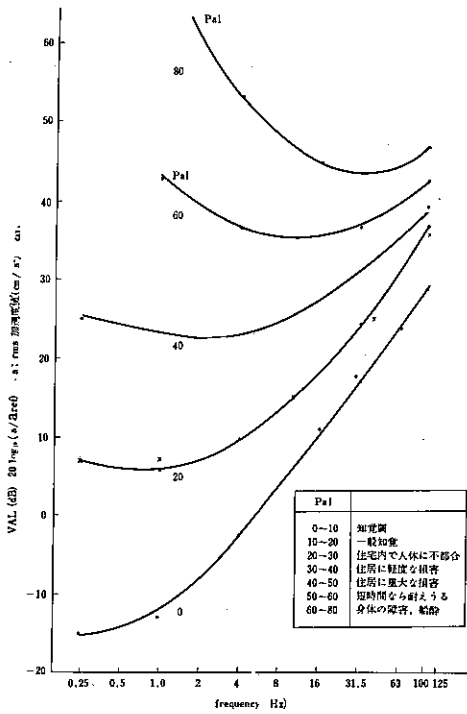
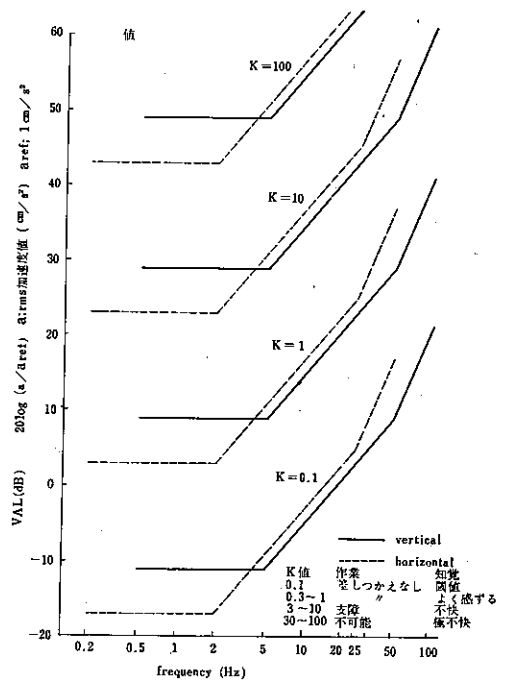


図2-2 K値



Janeway, Helberg - Sperling Mauzin - Sperling 等の実験は現在も使用されている。

暴露時間に対するMauzin-Sperlingの考え方は疲労時間として、

$$\left. \begin{aligned} \text{水平振動では} \\ \text{(horizontal)} \quad t_f = \frac{280}{a_h - 8} - 0.71 \\ \text{垂直振動では} \\ \text{(vertical)} \quad t_f = \frac{280}{a_v \sqrt{2} - 8} - 0.71 \end{aligned} \right\} \dots(2)$$

で推定する。

0.01~0.3 g の a (加速度振幅) の場合に適用できる。これは 1.4Hz でのみ定められた。また、振動レベルが変化する時は a_i の発生時間が t_i であったならば、上式より疲労時間 t_f をきめて、全疲労時間を (3) 式で計算する。

$$T = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + \dots}{t_1 / t_{f1} + t_2 / t_{f2} + \dots} \quad (3)$$

走行速度が一定の時、試験区間で各加速度の表われる距離 l₁, l₂..... とすれば

$$T = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + \dots}{l_1 / t_{f1} + l_2 / t_{f2} + \dots} \quad (4)$$

1.4Hz 以外の周波数では、彼等の作った等感度曲線によって 1.4Hz に換算する。

この考えは、ヨーロッパの鉄道で使用され、ISO の原案にも採用されているようである。

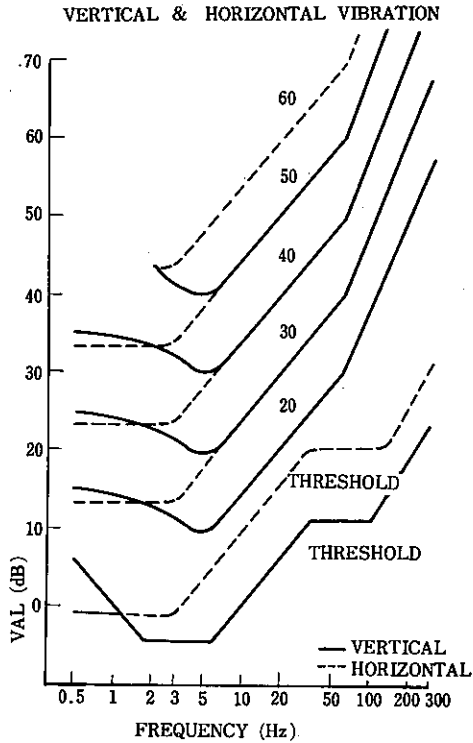
③ 許容基準

短時間暴露の人体の許容限界は多くの研究者により研究が進められ、近年宇宙飛行士の問題と関連して、多く探究されるようになった。

以上の3者について共通に言えることは、その目的(船舶、車輛、自動車等)により周波数、レベルの範囲がまちまちで結果が広がっている。このため上述の種々の実験結果を整理しただけでは、一般性のある結果を導くことは不可能である。また、正弦振動は多く研究されているが、他の波形に対する配慮がない。さらに § 1 で述べた計測の問題解明のための実験は未だ行なわれていない。

一方、聴覚については、音響心理学で系統的な考えで実験が行なわれ、感覚、計測、許容規準に多くの有用な

図3 正弦振動と等感度曲線



結論がもためられている。

以上の理由により、振動感覚に於ても、系統的な振動感覚実験が必要になる。

(4) 振動の感覚実験およびその結果と応用

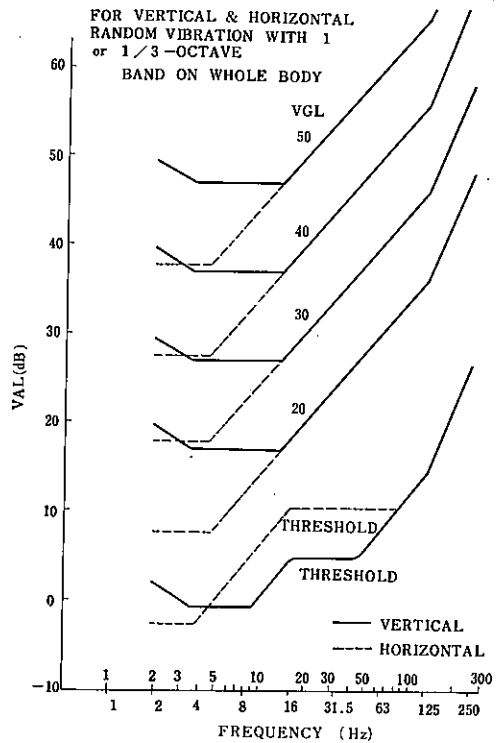
振動の感覚実験の実施にあたっては、主要な問題は人体加振用の振動台である。振動感覚用動電式垂直水平振動台を開発し、音響心理技術を採用して、以下の心理実験を行なった。

垂直振動台は、空気バネ、曲り板バネ、強力磁界の利用により、人体の静荷重、重心の源動によるrocking motion、人体個有の振動(呼吸、心臓の運動)等の問題点を解決した。また、OTL、トランジスター、水冷式の電力増幅器の使用によって、0.5~300Hzの周波数範囲の掃引を可能にすると共に、衝撃振動、ランダム振動に対する実験をも併せて行なった。ランダム振動の場合は等化器を併用する。

ア 正弦振動の閾値および等感度曲線の測定

20Hzの正弦振動を20Hzの振動に感覚的に等価して

図4 ランダム振動閾値と等感度曲線



曲線を書いたものを等感度曲線とよぶ。振動が丁度感じられた最小の値を閾値とよぶ。この結果を図3に示した。縦軸は正弦振動のVAL、横軸は周波数Hzを示す。実験が垂直振動、点線が水平振動である。但し両線は便宜的重ね合わせただけである。感覚的には後に記述する様に異なってくる。此の図より“振動の大きさのレベル”(VGL)を定義することにする。VGLは20HzではVAL値と一致するものとする。

イ ランダム振動の閾値および等感度曲線

1~1/3オクターブバンドランダム振動と20Hzの正弦振動を比較して等感度曲線を測定し、閾値をも求めた。図4にその結果を示す。

今、図3、4の2つの図に於て、垂直振動または水平振動の両者を比較すると、高周波数側ではランダム振動が強く、低周波数側では正弦振動が強く感ずる事が認められる。高周波数側での相違は、バンドの低い方の遮断周波数附近の成分はそのバンドの中心周波数の振動より感度が高い事から説明ができるが16Hz以下での相違は物

理的に明白ではない。しかし、低周波数成分を持つランダム振動の場合図4で評価せねば感覚との対応が悪い事が実験的にたしかめられた。

いずれにせよ、振動感覚の周波数特性は印加振動波形振動方向、姿勢で多少異なるが、大体図3、4のようになる。即ち、感覚補正回路の荷重函数は以上の図から選択してきめればよいであろう。

ウ 衝撃正弦振動のレスポンス

振動計指示部の動特性をきめる目的には、つぎの感覚実験が必要になる。すなわち、衝撃正弦振動を振動台で発生させて、それに対する感覚レスポンスをしらべる。この際、衝撃は1ヶまたはくり返し数ヶを印加しても、1秒以上各衝撃間に休止期間をとれば、人体では単一または、くり返し衝撃間の結果の相違は認められない。この際、次の量を実験的に求めた。(VAL_{mes}-VAL_i)、但しVAL_{mes}; 衝撃正弦振動と同じpeak-peak値、同じ基本周波数をもつ連続正弦振動のVAL値、VAL_i; 衝撃正弦波と感覚的に等価と判断された同じ基本周波数の連続正弦振動のVAL値である。衝撃正弦振動の継続時間をtとすれば実験の結果

$$VAL_{mes} - VAL_i = 7 \log \frac{T_o}{t} \quad (5)$$

となる。

Toはcritical time limitとよばれるもので、To=2秒(5~60Hz) To=0.8sec(60~200Hz)と考えられる。

この事実より計器の動特性を1秒程度にする事が妥当であろうと思われる。これは聴覚のTo=250msecよりはるかにレスポンスが遅い事を意味している。周波数領域によるToの相違は振動の受容器の相違によるものと解釈される。

エ 垂直振動の感覚差

等感度曲線は図3、4に示すものであるがこの感覚補正回路をもつメーターの指示に際して両振動で基準レベルの決め方がつぎの問題となる。

そこで、正弦振動とオクターブランダム振動について垂直、水平振動を感覚的に比較してみた。実験の結果は10Hz以上では10dB程度、10Hz以下では周波数と共に差が減少し始め1Hzで感覚差が0になる。即ち、等感度曲線について、10Hz以上ではあるレベルの垂直振動はそれより10dB以上の水平等感度曲線に一致していると

思われる。立位では座位より3dB差が増加すると思われるが、これは考慮するには及ばないであろう。

オ “振動の大きさ”と周波数成分のレベルの加算法ききに求めた“振動の大きさのレベル”(GAL)はinterval scaleで加算はできない。そこで加算のできるratio scaleを実験的に求めた。この尺度を“振動の大きさ”と呼び単位をVGとする。1VG=40VGLにえらぶと次式になる。

$$\begin{aligned} \log VG &= 0.030VGL - 1.201VG \text{以下} \\ \log VG &= 0.023VGL - 0.921VG \text{以上} \end{aligned} \quad (6)$$

さて1~1/3オクターブバンドパスフィルターによる分析値(VAL)を図3又は図4でVGLを求め(6)式でVGに変換すれば各バンドのVG値がきまる。ところでこれ等各バンドのVG値を唯加算しても正しい感覚値とは対応しない。なぜならば、振動は印加点又は大脳の感覚領で微小面積で感じられているのではなく、ある広がりのある面積で受容されている。そこで周波数が近接してくると、その面積間でover lapを生じ、ただ加算しただけでは過大評価になってしまう。この事は聴覚についてもまったく同じ事があり、音響心理学では種々の荷重加算法が考察されている。振動についても音響のS.S.Stevens法を応用してみると感覚値と±3dB以内で対応することが判明した。

$$\begin{aligned} VG_T &= VG_{M,1} + 0.3((\Sigma VG_{i,1}) - VG_{M,1}) \\ VG_T &= VG_{M,1/3} + 0.13((\Sigma VG_{i,1/3}) - VG_{M,1/3}) \end{aligned} \quad (7)$$

但しVG_T:予測値, VG_M:各周波数バンドのVG_i中の最大値, 1, 1/3は周波数分析に使用した周波数バンド幅, 上式よりのVG_TをVGL_Tに変換すれば“ランダム振動の大きさのレベル”が求められる。

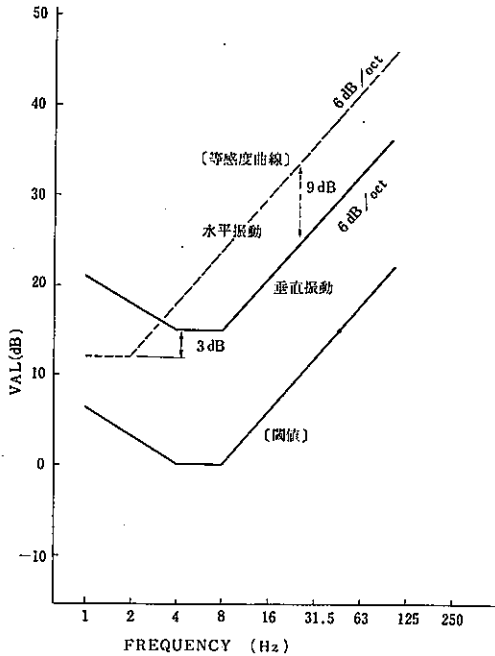
このようにしてメーターで読んだ感覚値を振動レベル(VL), 周波数分析して, (6), (7)式より荷重加算した感覚値を“振動の大きさのレベル”(VGL)と呼んで区別することにする。

(5) ISOの提案およびその批判

ISO TC108/WG7は振動感覚について図5に示す感覚曲線を提案している。実線は垂直、点線は水平振動で両曲線が感覚的に等価する事をも意味している。低周波で3dBの差をつけた事はMauzin-Sperlingのdataに準拠している。

複合正弦振動又はrandom振動については、その各周波

図5 I S Oの閾値と感度曲線



数成分の各々について振動許容値を考えることにする。また、1オクターブバンドの中に入る周波数成分はその中心周波数の許容値を用いる。衝撃振動はドイツの提案があるだけで未だ審議は行なわれていない。

また、暴露時間と情緒反応との関係（許容値）およびレベルが変動する時の計算法はさきの Mauzin - Sperling のdata を参照して図6-1、図6-2および次の計算式を提案している。今、 A_i の振動レベルが t_i に続いたとすると許容値の曲線から A_i の許容時間 t_i がきまる。また最大の A_i 以内の任意の値 A' をえらび図3より許容時間がきまる。effective timeを $t'i = \text{effective time}$ を $t'i = t_i \cdot \frac{A_i}{A'}$ と定義し、 A_i 値について $t'i$ を加算すれば、 $T' = \sum t'i = \sum t_i \frac{A_i}{A'}$ T' は A' での equivalent total exposure time と名づけられる。 $T' \geq T$ ならば許容される。

ここで疑問に思われる点は長時間曝露と情緒反応との関係が例えば公害にも同じ函数になるだろうかと言う点である。しかし、現在、使用可能な曝露時間のdataは、I S O案以外にないので、今後の研究課題になると思われる。

図6-1 I S Oの暴露時間とレベルの関係、(4時間, 8時間, 暴露のみを示した), (不快レベル)

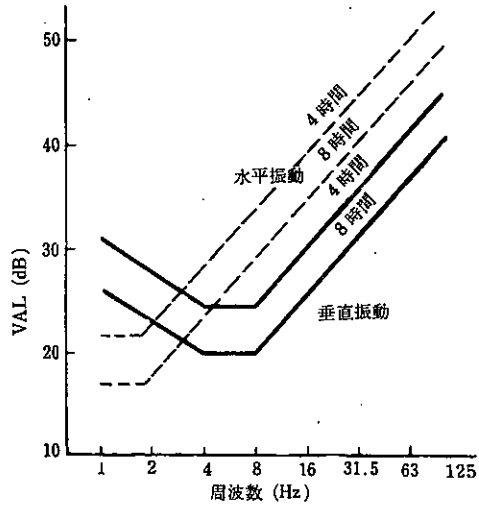
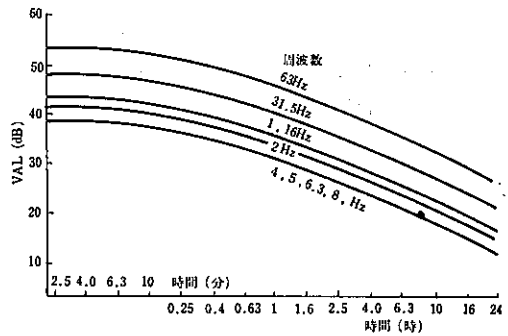


図6-2 不快を目標にした垂直振動許容値(正弦振動)



またこれ等の結果は心理実験のみから得られた結論なので、生理学的反応との対応に疑問が提起されるが、生理反応は複雑でとらえ難く、これも今後の課題である。更にI S Oの許容レベルは不快レベルを採用しているので、公害基準としてはレベルが高すぎると考える。

以上、種々の実験データを参照して、人間の感覚を基礎とした振動計測法及び振動の規準の問題を検討した訳であるが、さらにつぎの点が問題点として残される。公害振動としては建物の中でしかも椅子、寝台、マットレス等の防振材上に坐位、臥位にある状態で問題となる。すなわち防振材と人体間の振動を計測することが必要で

ある。

第二に、長時間暴露における情緒反応の時間的変化および適応の問題をどの様な方法で解明するか、これはさらに困難な問題である。一つの便法は新しい心理学技術を応用したアンケート調査を公害、船舶、鉄道車輛、自動車等種々な振動環境で、振動実測と関連しつつ、施行して、相互の関連から暴露時間の問題を検討しなければならない。各分野だけのアンケートでは、その各目的のためのバイアスがかかり、また解析できない複雑な要因の交絡がおこるのであろう。

第三に感覚的振動レベル(VL)をメーターによって直読する場合、実際に遭遇する振動波形について、これが感覚値と、どの程度対応しているかという問題がある。これは実際の振動を振動台で再現して感覚実験と対比すれば可能な問題であろう。

最後に、今までの実験で求められている種々の結果は大凡に20VAL附近以上の実際に20VALと閾値の間の実験が行われていない。これは結果がばらつくため困難な問題であるが、公害振動は主としてこの範囲のレベルが多いと考えられるので、このような状態について、さらに詳しい心理実験を行うことが必要である。しかし、振動感覚については聴覚のような鋭い解像力は望めないであろう。

表2 動電形 振動レベル計の試験結果

出力電圧	600Ω負荷	0 dBm
	開放時	1.4Vrms
感度変化	1分後	0 dB
	1時間後	0.1dB以内
	3時間後	0.1dB以内
安定時間	電源ON以後	25秒0.1dB以内
S N 比	最大感度 (フルスケールより) 加速度レベル	47dB
	振動レベル	52dB
時定数	9%立上り1sec	1.1sec
	0.2 sec	約0.2sec
A T T誤差	1 Hz 10Hz 100Hz	1 Hz 10Hz 100Hz
	-10dB	0 dB 0 0
	0dB	0 0 0
	10dB	0 0 0
	20dB	0 0 0
	30dB	0 0 0
	40dB	0 0 0
	50dB	0 0 0
		(0.1dB以内)
消費電力	振動レベル	4.7mA
	加速度レベル	
	cal	6.7mA
連続使用時間	cal の状態	24時間以内
コード雑音 パイロ電気	最大感度 フルスケールの	-50dB 以下 -50dB 以下
目盛	最小目盛 -4~-5dB間	1.5mm
使用湿度	湿度 100%	OK
使用温度	温度	
目盛誤差	2 Hz 5 63Hz -10, -5, 0, 5, 10dB	±0.2dB 以内
複合音特性		

表3 圧電形振動レベル計の試験結果

項目	条件	
出力電圧	600 Ω 負荷時 開放時	0 dBm (0.78 Vrms) 1.5 Vrms
感度変化	1分後 3時間後 20時間後	0 dB 0.1 dB 以内 0.5 dB 以内
安定時間	電源ON以後	1.5秒 0.1 dB 以内
S N 比	最大感度 (フルスケールより) 加速度レベル 振動レベル	45 dB 50 dB
時定数	90%立上り0.2秒 100 Hz による1秒	-1 dB +0.2 dB -1 dB -0.1 dB
ATT誤差		1 Hz 10 Hz 100 Hz
	0 dB	0 0 0
	+10 dB	0 0 0
	20 dB	0 0 0
	30 dB	0 0 0
	40 dB	0 0 0
	50 dB	-0.1 -0.1 -0.1
消費電流	振動レベル及び 加速度レベル	5 mA
	Cal	6.9 mA
連続使用時間	Cal の状態	24時間以上
コード雑音 パイロ電気	最大感度 フルスケールの	-50 dB 以下 (VLE)
目盛	最小目盛 -4 ~ -5 dB 間	15 mm
使用湿度	湿度 100%	O K
使用温度	温度 -10℃ +50℃	
目盛誤差	2 Hz 5 Hz 63 Hz	±0.2 dB
	-10, -5, 0, 5, 10 dB	(フレの中心をみる)
複合音特性		

表4 圧電型振動レベル計の試験結果

1. 周波数特性 別図参照
2. 指示計レンジ切替器 (規格: 誤差±0.5 dB 以内)

レンジ	誤差 dB		
	2 Hz	20 Hz	80 Hz
50 10 cm/s	0	0	+0.4
40 3	0	0	+0.1
30 1	0	0	0
20 0.3	0	0	-0.1
10 0.1	0	0	-0.1
0 0.03	-0.1	0	0

3. 指示計目盛 (規格: 誤差±0.5 dB 以内)

目盛	誤差 dB		
	2 Hz	20 Hz	80 Hz
10 dB	0	0	0
8	+0.1	+0.1	+0.1
5	+0.1	+0.1	+0.1
0	+0.2	+0.2	+0.2
0	+0.4	+0.4	+0.4

目盛	誤差 dB	
	2 Hz	20 Hz
10 cm/s	0	0
8	+0.1	+0.1
6	+0.1	+0.1
4	+0.2	+0.2
2	+0.3	+0.3

目盛	誤差 dB	
	2 Hz	20 Hz
3 cm/s	0	0
2.5	0	0
2	+0.1	0
1.5	+0.1	+0.1
1	+0.2	+0.2
0.5	+0.4	+0.4

4. 内部雑音 振動レベル -10 dB 以下
(規格: -10 dB 以下)
振動加速度 -10 dH 以下
(規格: -10 dB 以下)
振動速度 0.005 cm/sec 以下
(規格: 0.005 cm/s 以下)
5. 出力電圧 指示計最大指示、負荷抵抗 1
Ω の時 1.4 vrms (規格: 1.0 rms 以上)
6. 校正用発振器 周波数 31.9 Hz

図7-1

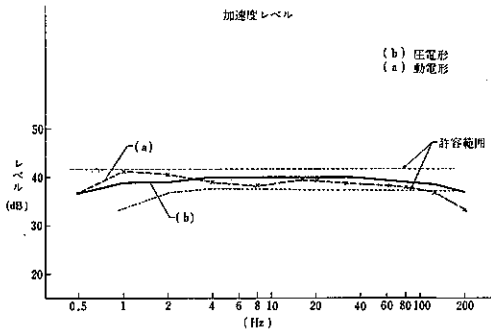


図7-2

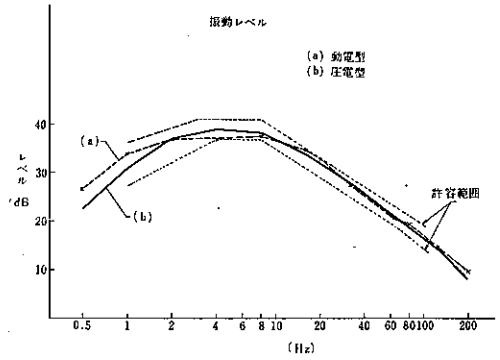
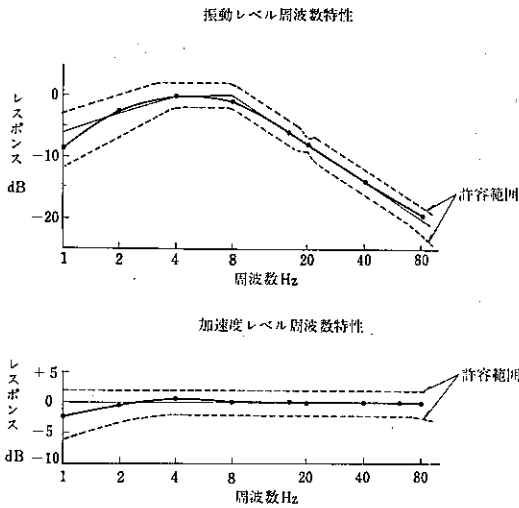


図8 労働衛生研究所測定総合特性



5 振動レベル計の試作結果

前記規格に基づいて振動レベル計3台を試作した。試作振動レベル計の試験結果では、問題となる振動感覚補正特性における周波数レスポンスが設定許容範囲内で製作可能であり、十分実用し得る見透しがついた。今後ピックアップ等更に改良を加え公管用振動計の標準化を確立する。

試作計器3台の試験結果は下記の通りである。

- ① 動電形振動レベル計の試験結果 A 社
表2, 図7-1, 図7-2
- ② 圧電形振動レベル計の試験結果 A 社
表3, 図7-1, 図7-2
B 社
表4, 図8