Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)

バイオメカニズム学会誌, Vol. 8, No. 3 (1984)

解　説

# 振動の人体に及ぼす影響

大島正光*

## 1. はじめに

振動が問題になって来たのは機械文明になってからであり、それも回転体によるものとしては発電機があげられ、上下振動体としてはバネをとりつけた乗物があげられる。これらの振動が人体にどのような影響を与えるものであるかについては種々の面からの検討が必要である。しかしながら振動の属性としての振幅と振動数とを両軸にとって種々の乗物の振動条件を整理をしてみると、人体の有感限界(感受限界ともいう)の線の右方にならんだ処に位置していることがわかる。もちろんこの線に近い程振動条件としては軽く、離れる程重いことになろうが、技術的にも振動条件を軽くすることは人体への影響だけではなく、種々の乗物の破壊にもつながるので、ある程度の制約条件があることになり、人間と機械との条件に類似性のあることを思わせるものである。

## 2. 振動感

人間は振動にさらされると振動感を持つことになる。この振動感には一定の部位の特性のあることがうかがわれる。いま自動車に乗ったときに身体部位に振動を感ずるのかについてアンケートの結果をみると表1に示すように、どの部位も一様に振動を感ずるものではなく、部位によって異なることがわかる。もちろんこれは身体部位による受容器の分布密度の差によることを考える必要があるがその身体部位がどのように振動しているのかという振動条件による要素もあることを考慮しなければならない。特に直接振動体にふれているかそうでないかということも振動条件に入ることである。

いま実験的に坐位の場合における振動を振動台によって人体に与えた場合の身体各部の振動感を、振幅 0.4 mm, 1.4 mm, 2.6 m の場合についてみると図2のようである。これでみると振幅が大きくなる程振動数の小さい処で振動感が生ずるといえるが比例はしないようである。

この結果をみると人体に与える振動の問題をすっきりするのには身体各部の振動をみることが必要であることを示唆している。

さて、全身的な振動感覚についてとりあげてみると図3のようになる。すなわち全身の振動感覚は振動速度に比例することになる。この場合には特定の部位の振動感覚とは別のものとみなければならない。

## 3. 振動の人体における伝播

振動が人体に加えられた場合にはその振動は人体に伝播されてゆく。この伝播については図4に示されるようなシミュレーションを提案している人もいる。このように2つの要因すなわち弾性体と粘性減衰器との両者の役割を人体の関節部や組織がはたすことになる。

いま坐位の場合の胸部の振動を実験してみた場合を振幅が0.56 mmと0.90 mmの場合について示すと図5, 図6のようになる。すなわち振動数7 Hzあたりにピークを生ずる。すなわち、これは胸部がこの振動に共鳴することを示しており、固有振動数 $f_0$ は

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{D_0}{M}}$$

なる式で示すことができる。但しMは物体の質量を示し、$D_0$ は弾性係数を示す。この場合に胸部の固有振動数が7 Hzであり、$D_0$ は臀部の弾性係数を示すことになり、Mは胸部の重量を示す。したがって $f_0$ は振幅に関係なく一定である。事実振幅が0.56 mmの場合と0.90 mmの場合とで $f_0$ には変化のないことが図5, 図6で示されている。したがってこの場合には $f_0$ がわかったので、M=30 kg とすると $D_0 = 57918\,Hz^2 \times kg$ となる。

さて次に頭部の振動をみると図7のようである。これと前の胸部の振幅とを比較してみると第2のピークが振動数9 Hz あたりにあり、前の振動数

昭和59年6月7日受付

* (財)医療情報システム開発センター
〒107 港区赤坂2－3－4



NII-Electronic Library Service

Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)



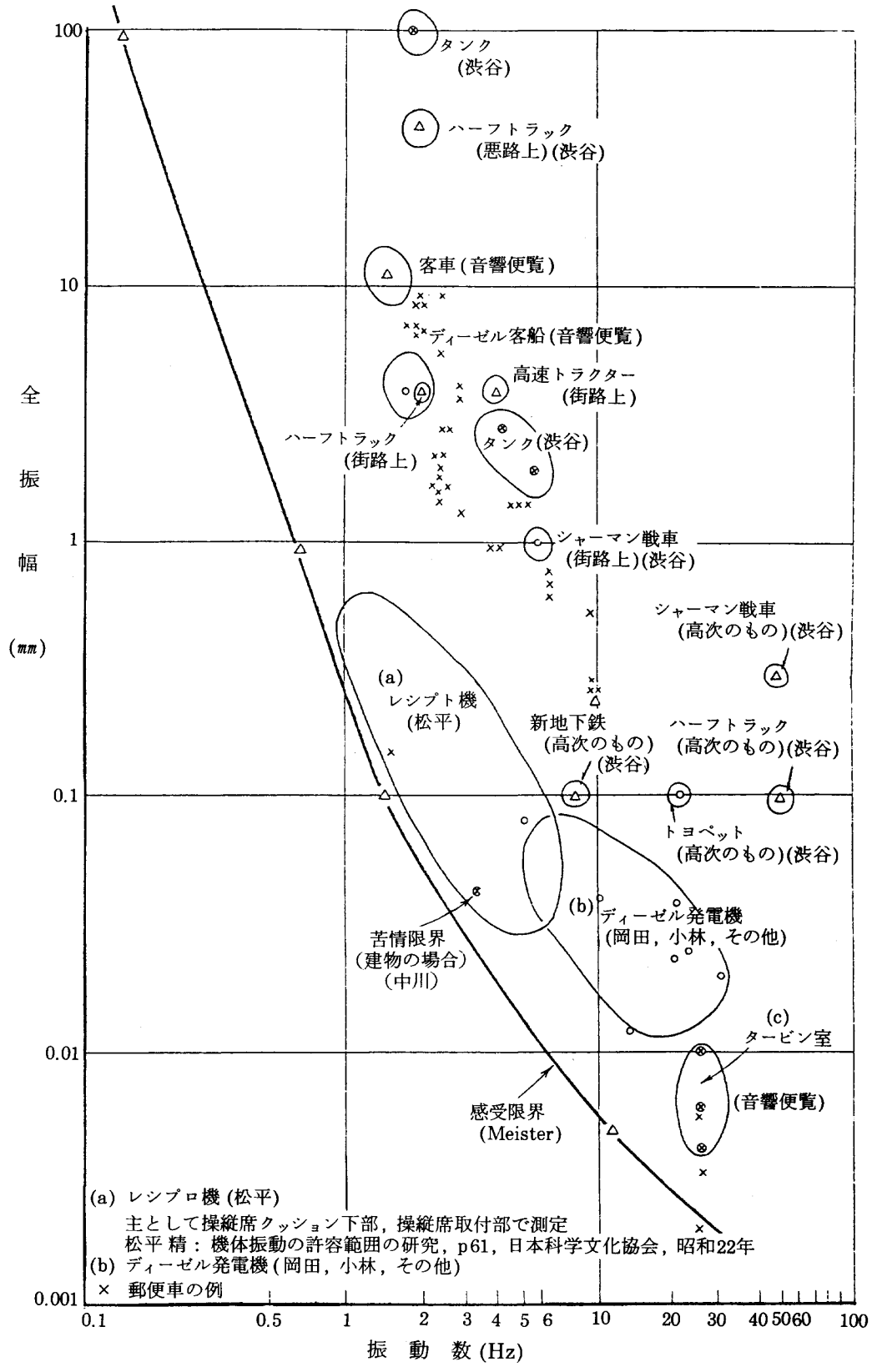


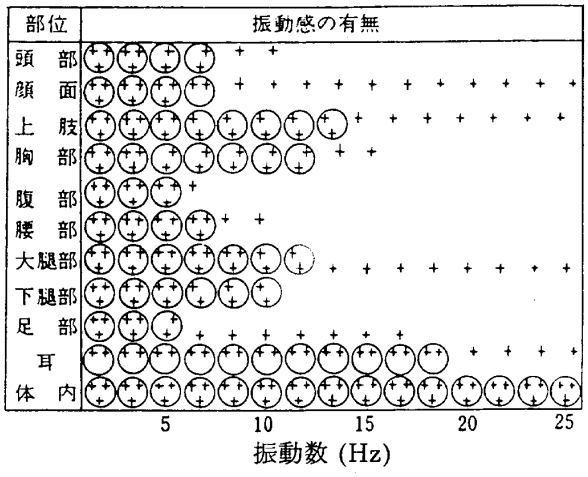

図1　種々の乗物その他の振動の実態 (大島整理)



NII-Electronic Library Service

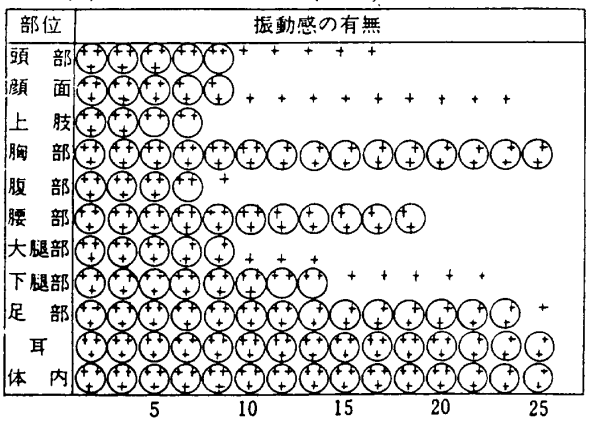
Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)





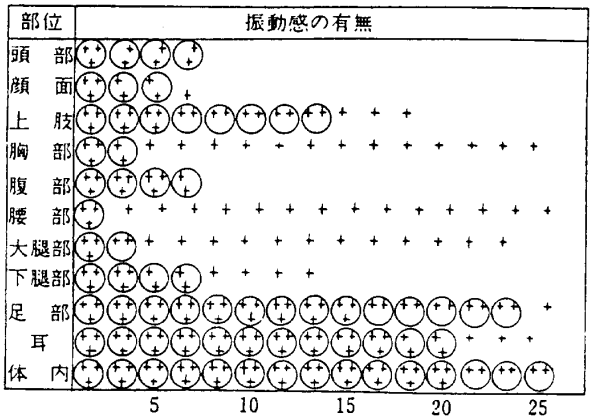

○ 3名中2名まで感ずる振動数

(a) 振幅0.4㎜の場合 (大島)




○ 3名中2名まで感ずる振動数

(b) 振幅1.4㎜の場合 (大島)




○ 3名中2名まで感ずる振動数

(c) 振幅2.6㎜の場合 (大島)

図2　身体の部位別の振動感の有無

表1　自動車運転の場合の振動を感じる身体部位（大島正光，他：高速道路調査報告，名神高速道路山科地区自動車走行試験報告書，第3部（人間工学的測定），高速道路調査会，自動車研究部会，1962.）

| 身体部位 | 例数 | 身体部位 | 例数 |
|---|---|---|---|
| 全身 | 4 | 腹部 | 0 |
| 手 | 6 | 歯牙 | 0 |
| 前膊 | 3 | 大腿 | 3 |
| 上膊 | 0 | 下腿 | 4 |
| 頭部 | 0 | 足 | 4 |
| 胸部 | 0 | その他（耳） | 1 |
| 背部 | 3 | 計 | 28 |

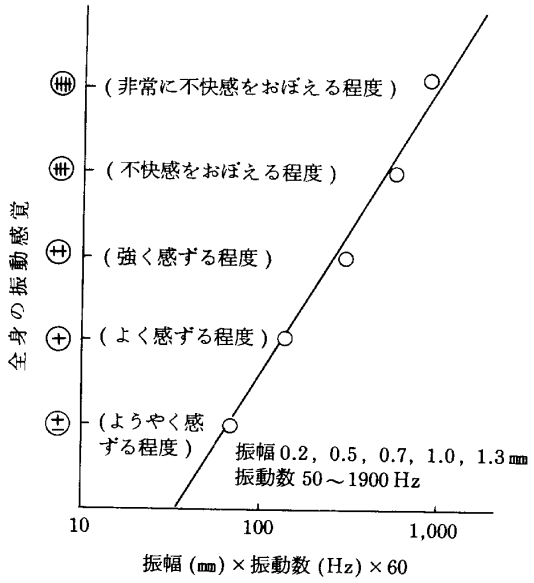



図3　全身の振動感覚と振動の速度との関係（被検者男子20名）(大島)

3Hzの山と2つの山が描かれていることがわかる。第1のピークはMの大きな躯幹部の振動に依存し、第2のピークは躯幹部の振動による頭部の共振によって生じたものであると考えなければならない。

### 4. 坐位と立位の場合の胸部の振動

坐位の場合と立位の場合とについて、振動が負荷された場合に胸部の振動がどうなるのかをみると図8のようである。すなわち立位の場合の方が共振点が振動数の高い方にずれていることがわかる。坐位の場合には弾性体は腎部であるのに対して、立位の場合には両下肢が弾性体として作用す



NII-Electronic Library Service

Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)



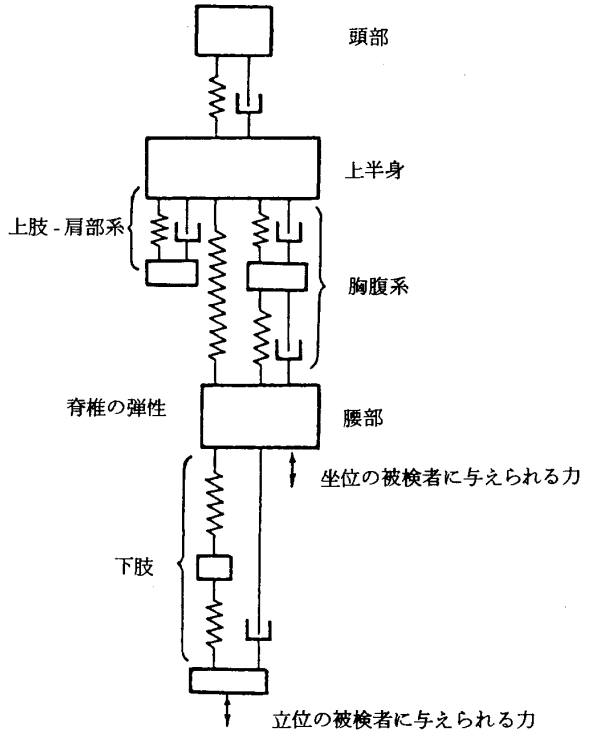



図4 人体の機械的シミュレーション
(Goldman : Handbook of Noise Control, Chapter Ⅱ, McGraw-Hill, New York)

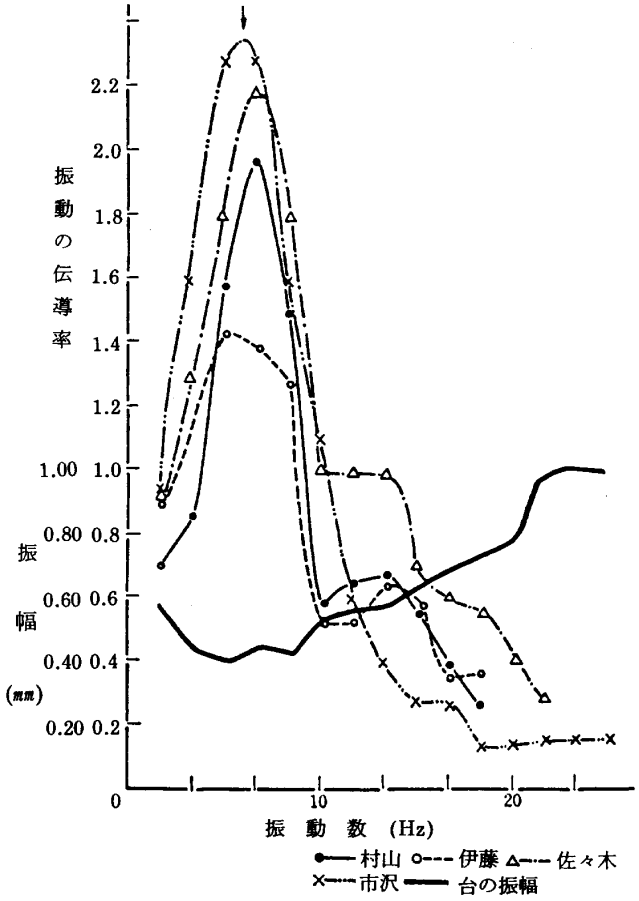



図5 坐位の場合の胸部の振動の伝導率
(始めの台の振幅0.56mm)

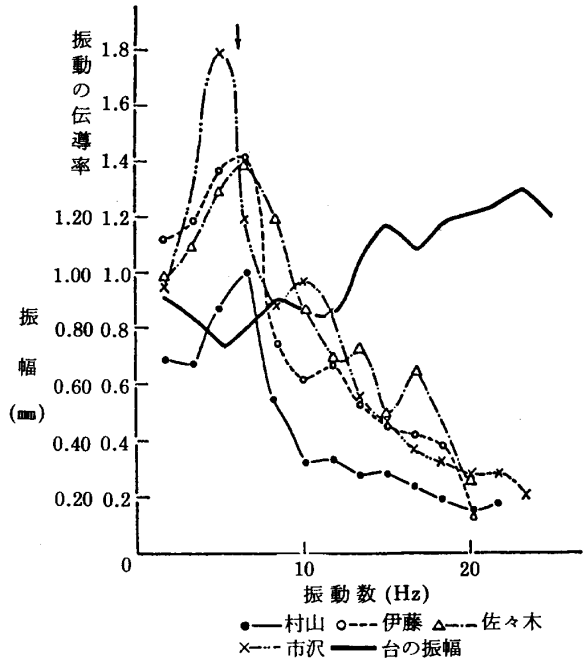



図6 坐位の場合の胸部の振動の伝導率
(始めの台の振幅 0.90mm)

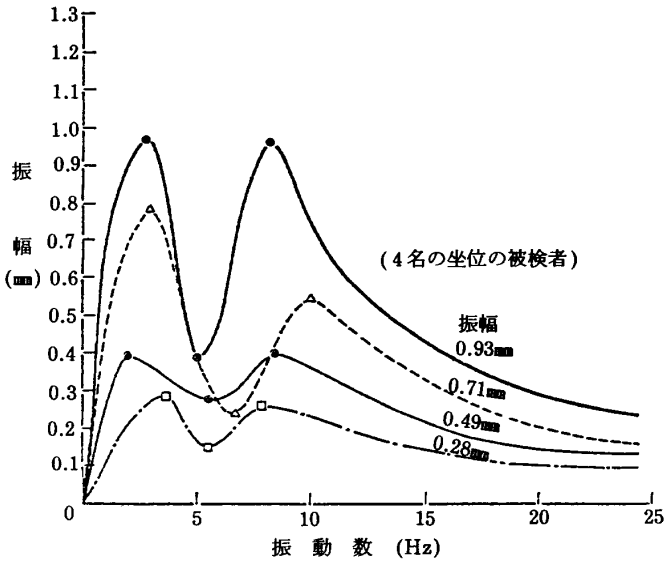



図7 頭部の振動



NII-Electronic Library Service

Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)



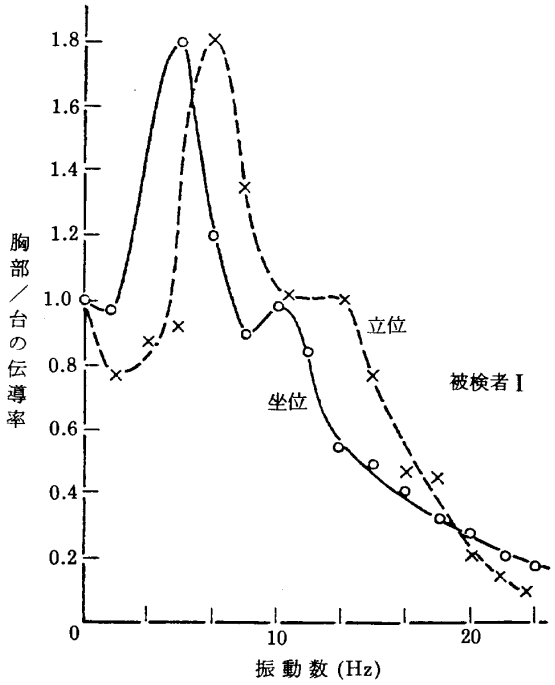
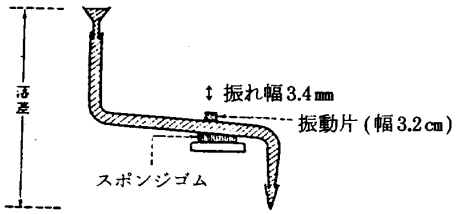
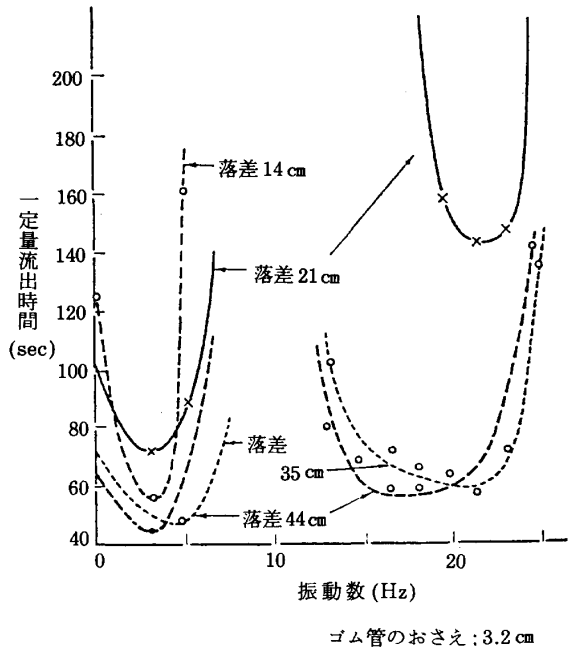



図 8　立位，坐位の胸部/台の伝導率
(台の振幅 0.92 mm)




ゴム管のおさえ：3.2 cm

図 10　流速に及ぼす振動の影響

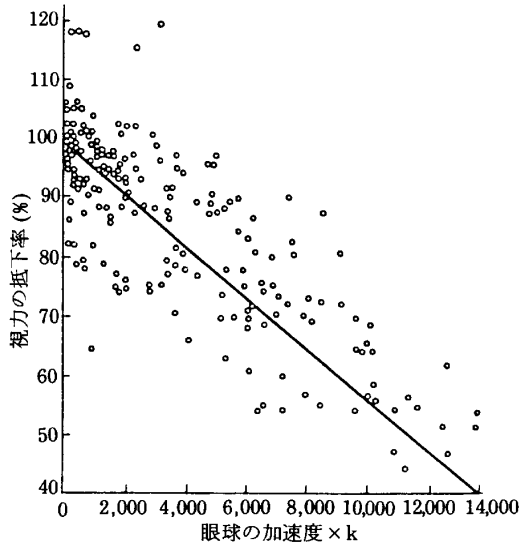



図 9　振動の視力に及ぼす影響 (大島)

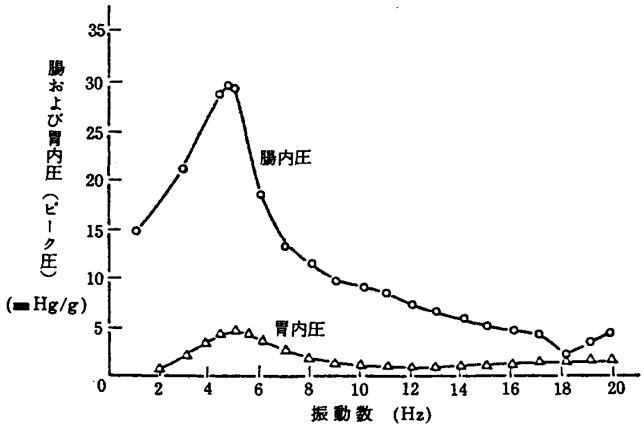



図 11　猿を固定し椅坐位にした場合の腸内圧
および胃内圧 (R. R. Coermann, 他)

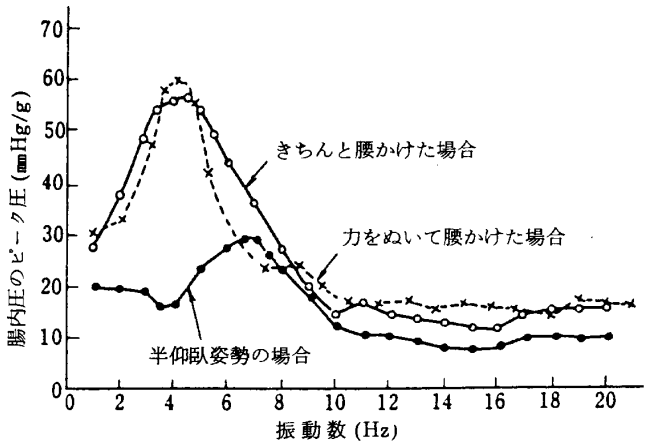



図 12　振動と腸内圧との関係
(R.R.Coermann,他)



NII-Electronic Library Service

Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)



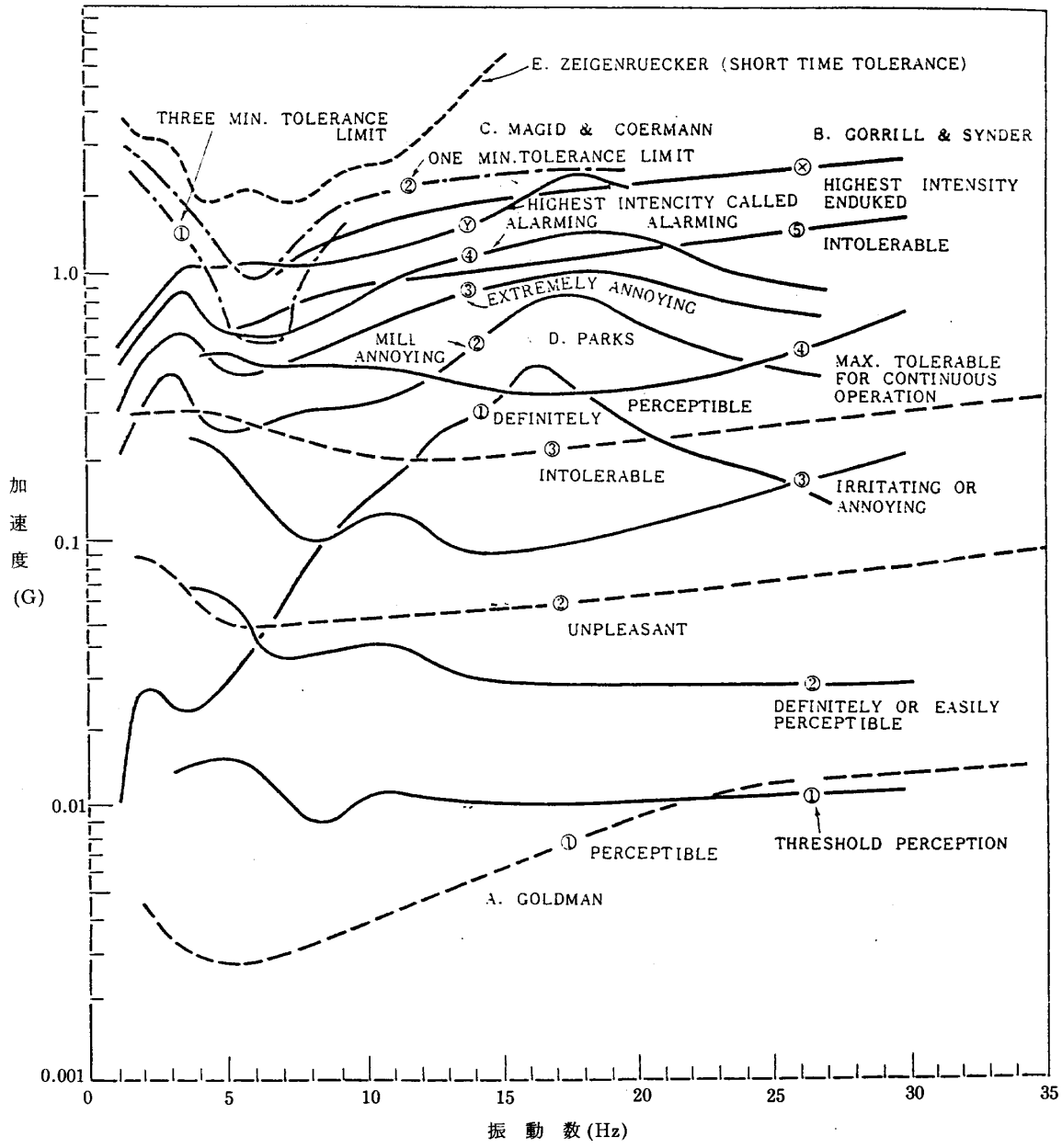



図 13 振動の判定のための資料を示す (D.L. Parks)

る。$f_0 = (1/2\pi)\sqrt{D_0/M}$ なる式においてMは躯幹部と頭部で一定とすると $f_0$ が大きくなることは $D_0$ が大きくなることを意味する。そしてなおここで大きなピークを示す曲線の右側に小さな山が存在する。これは前者が躯幹部の共振点であるとすると、右側の小さなピークは頭部(躯幹部より 重量が軽い)によるものではないかと考えられる。いづれにしても $D_0$ が大きくなることによる $f_0$ の増大と考えると立位の場合の両下肢の弾性係数と腎部の弾性係数の差がこのような2つの共振曲線の差として表れたものとみることができよう。

### 5. 振動の視力に及ぼす影響

眼球はその周辺の軟部組織に支えられているものであり、したがって振動を与えられるとある振動数の処で共振を引き起こすものであることは、他の人体部分と原則的に同じく

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{D_0}{M}}$$



NII-Electronic Library Service

Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)



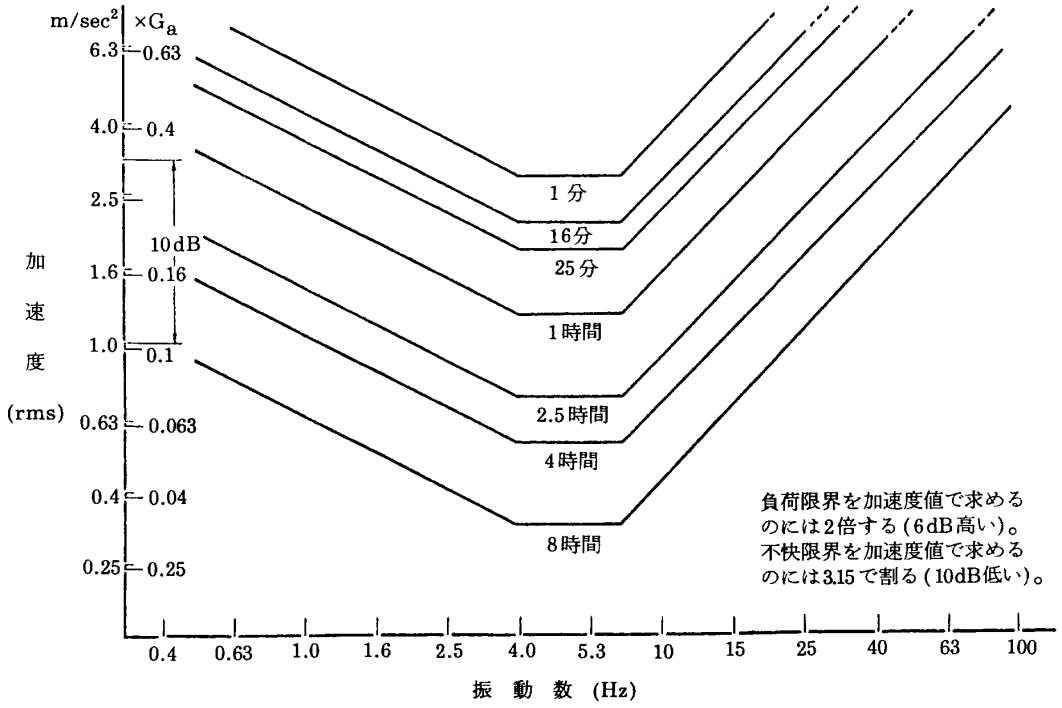



図 14 振動数の関数としてみた振動の恕限度
— 疲労, 能率低下の限界 —

なる式であらわされるものである。

いま視力の低下度を振動数, 振幅, そして振動の速度、加速度(力)などの属性との関係でみると、図9に示すように視力の低下度は振動の加速度すなわち 振幅 × 振動数² に関係して低下するものであることがわかる。すなわち

視力の低下率(%) = 100 − 0.89 [眼球の振幅(mm) × {振動数(Hz × 60)}²]

であらわされる。すなわち振動の力の大きさによって視力が比例して低下するものであることがわかる。しかしこれを個人別にみると、振動の力が低いときにはかえって視力が上昇する場合もあり、これは低い振動の力が一種の覚醒刺激となるのではないかと考えられる。

## 6. 振動と血流との関係について

振動によって血流がどうなるのかという問題は白蝋病の成因を考える場合にも必要なことである。ここでは血管の血流がどうなるかを模型実験を行なってみた。ゴム管に水を流し振動片が最も低い位置になった場合には水流は完全にとまるようにしてある。この結果は図10に示してあるように落差による差もみられるが、振動数4Hz, あたりでは一定量流出時間が極小になり、10Hz あたりで一定量流出時間が極大となり、15～20Hz のあたりで極小点が再びあることになる。これで想像できることは、人体の場合にもこれに似た現象がみられ、血流不全の現象が生ずることを推定させる。すなわち白蝋病もこのような血流不全が恒久化して起こるものではないかと思われる。もちろんそれには血管支配の自律神経も関係することは考えられる処であって、対策もその辺を考慮して立てる必要があろう。

## 7. 振動に対する人間の behavior について

人間が振動をうける場合には、人間は人体への影響すなわち人体の振動を抑制しようとする。これは一種の防禦反応であると思われるがそれをどのような形でみることができるのかという点については、いろいろの模索が必要と思われるが、R. R. Coermann はそれを胃内圧と腸内圧とについてみている。図11は躯幹部が共振しているときに腸内圧および胃内圧が高まって、躯幹部が大きく振動するときに腹部内の臓器の振動をおさえよう



NII-Electronic Library Service

Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)



としていることを示している。そしてさらにこのことをきちんと腰かけた場合、力をぬいて腰かけた場合、半仰臥姿勢の場合についてみて、半仰臥等の場合にはピークが高い振動数の方にずれて、振動数の7Hzの処にピークがあり坐位の場合の4Hzよりずれている。これは半仰臥姿勢の場合に共振が7Hzの処で生じていることを示唆しており、人間の振動に対する反応が共振時の振幅を小さくするように働らいていることがわかる。

## 8. 振動の恕限度

振動と人体との関係、人体に及ぼす影響などを考えた場合に、振動には恕限度のあることが考えられる。従来多くの人がこの問題にも取り組んでいるが、恕限度が有感限界外にあることは当然のことゝいわなければならない。図13は種々の研究者の振動と人体との関係を示したものであるが、一例をあげるとB. GorrillとSynderはthreshold perception, definitely or easily perceptible, irritating or annoying , maximum telerable for continuous operation, intolerable highest intensity enduredに区分している。そしてこれは振動数と加速度(G)とを両軸とする図上に区分したものである。

なお作業時間別に恕限度を求めたものではISO/TC 108のWorking Groupの7の提唱するもの(図14)もある。いづれにしても機械文明の処産としての振動問題も社会的に公害条件として考えられているものであって、恕限度内に抑制することは必要なことである。

## 9. おわりに

以上振動の人体に及ぼす影響について述べて来たが、振動と人体とのかかわりについては振動工学の立場からも興味の持てる分野であり、工学的立場から振動と人体とのかかわりをみたときに生体そのものの特性がどのような形で生ずるものかというあたりについてはなお研究の余地があるように思われるので興味を持って研究する研究者の表われるのを期待したいと思う。

## 文　献

1) 大島正光：生体振動論，東京大学出版会，1969.
2) 岩田弘敏：振動症候群，近代出版，1978.
3) 岡田　晃，中村円生：　騒音，振動，衝撃の影響と対策，医歯薬出版，1970.
4) McElhaney J. H. et al.: Handbook of Human Tolerance, 日本自動車研究所，1976.



NII-Electronic Library Service