

振動特性と皮膚温の変動

山 本 誠

(農学部林業工学研究室)

An Effect of Mechanical Vibration on the Skin Temperature of Fingers

Makoto YAMAMOTO

Laboratory of Forest Engineering, Faculty of Agriculture

Abstract : It occurred to the author that among various vibrations, there might be some particular kinds which would physiologically influence human organs favorably. The author, therefore, first tried to experiment with a vibration massage equipment, the kind that was believed to cause favorable physiological result on human organs, to determine how the skin temperature would vary with its vibration. For comparison, the similar tests were conducted with chain-saw, electric chain-saw and electric zig-saw, which were known to cause the vibration disease. The skin temperature was taken with the thermistors and recorded during the test cycle of 5 minute rest, 5 minute racing of the vibration massage equipment, and 10 minute rest. The vibration massage equipment caused the skin temperature to rise higher than the other tools. It was deduced then that the vibration characteristics of the vibration massage equipment might be different from those of the other tools. The vibration characteristics of the vibration massage equipment might be different from those of the other tools. The vibration characteristics of the vibration massage equipment is basically of sine curve having its peak vibration at about 300 Hz. The principal part of the vibration is found at a frequency of 98.75 Hz. At a frequency of 2050 Hz or more, there is virtually no constituent vibration. It is concluded that the vibration of the vibration massage equipment is definitely different from that of the other vibration tools in its vibration characteristics or in the way they affect the skin temperature.

緒 言

振動障害と皮膚温変化の関連は血管運動障害の発現に基因する¹⁾。しかしながら振動負荷時の機械的条件、人体に関する各種条件の如何んによって、その反応は複雑に多様化する。したがって、これらに関する既往の研究においても、それぞれのケースについて変化に富んだ結果が報告されている²⁻⁷⁾。すなわち、反応の度合、方向、部位なども振動障害に至るほどのものから影響の発現しないもの、あるいはかえって生体機能が鼓舞され生理的に好結果を与えるもの⁸⁾までである。

振動具のなかに生理的に有利に作用すると考えられるものが在ることに着眼し、以下の実験をした。

本実験における周波数分析は京都大学農学部後藤純一氏に負うところが大きい。また、その際有益な助言も頂戴した。ここに記して謝意を表します。

材 料 お よ び 方 法

生理的に良好な振動なるものが存在するとすれば、それが人体に及ぼす影響、並びにその振動特性を把握せねばならない。その端緒として以下の実験を計画した。

供試機 生理的に良好な振動具として振動式あん摩器を、対照器具としてチェーンソー、ジグソー

を供した。

- ① 強力二段式あん摩器DA-66型, 三洋電機製
- ② 電動ジグソー J-60型, 日立工機製
- ③ 電動チェンソーA205型, 新ダイワ工業製
- ④ チェンソーCP-55型, マッカーラー社製

被験者 林業作業者のなかから被験者を選びたかったが, 本実験では便宜的に実験室周辺で得た健康な学生などを当てた。

- ① 被験者A: 学生, 22才, 身長173cm, 体重62kg, ラグビー選手
- ② 被験者B: 学生, 24才, 身長176cm, 体重65kg
- ③ 被験者C: 学生, 23才, 身長160cm, 体重51kg, 元ソフトボール選手
- ④ 被験者D: 学生, 23才, 身長180cm, 体重85kg, 元野球選手
- ⑤ 被験者E: 公務員, 43才, 身長163cm, 体重61kg, 元庭球選手

実験の方法 実験は瀧本ら⁹⁾の方法に準拠し, いずれも実験室内で外気を暗幕等で遮断し, 室温 $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$ に保つよう空調した。

被験者は測定開始1時間前から飲食, 喫煙を禁じ, もっぱら安静にし体温の安定をはかった。皮膚温の測定は6箇所同時測定が可能なD-111型6チャンネル, デジタル温度計(精度 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$, 表示 0.1°C)宝工業製を使用した。6箇のサーミスタ端子は, それぞれ①左手(加振側)中指爪つけ根部, ②左手の手背(甲), ③右手中指爪つけ根部, ④前額部, ⑤振動具ハンドル, ⑥室温, にわりつけ添付した。

振動具が発する気流などによる影響を防ぐために薄い綿メリヤスの手袋をはめさせた。またチェンソーの排気は簡単なドラフトで吸気して室外に強制排除した。

測定中の被験者は椅子に浅く腰かけ, 左手で振動具を把持する方法をとった。この方法は, それぞれの振動具に対しても同様とし, 操作時の姿勢, 特に振動具を把持している指先から肩までの姿勢については全被験者のそれが相似となるよう留意した。これは姿勢の如何んが皮膚温の変動に差異を生ずるケースが多いことによるからである¹⁰⁾。

振動具の重さの相異によるハンドル—手掌間の接触圧は, 振動伝達の良否として表われ, その影響力が大きい。しかしながらここでは, 現実的な現象をとらえるという視点から, 接触圧の調整はしなかった。

皮膚温の測定は, 振動負荷開始5分前から始め, 次いで振動不荷を5分間または10分間実施した。そして, その後の10分間も皮膚温の回復過程を観察した。この間の皮膚温変動の経過を30秒刻みで計測した。

実 験 結 果

実験は Fig.1(a), (b), (c), (d) に示す結果を得た。

これらの測定結果を概観すると, それぞれの測定値間に大きな変動があり, 被験者の特性の相違を測定した感さえする。しかしながら振動具別にみるとあん摩器は, 一例を除けば予測されたとおり皮膚温が上昇している。しかも生理的二次反応を経て, 加振後約1分30秒で二次反応が表われているのが視認できる。それに比して, 官能的評価では最もチェンソーに近似しているジグソーの振動の結果(標準的皮膚温から測定を開始したグループにおいて)は, 加振後約5分間は直線的に下降し, 後徐々に平衡する傾向を示している。そして加振後の回復があん摩器とは対照的に短時間になされている。この結果からは振動エネルギーの大きいもの, 特に振幅の大きいものほど皮膚温の下降が著しい傾向を示しているといえることができよう。

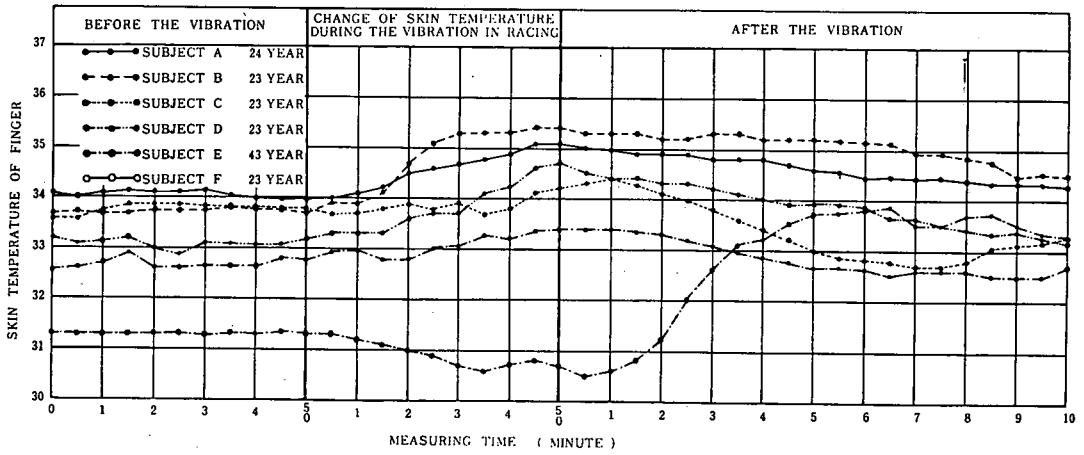


Fig. 1 (a) The change of skin temperature of the finger — before, during and after the application of vibration due to the vibrating massage equipment.

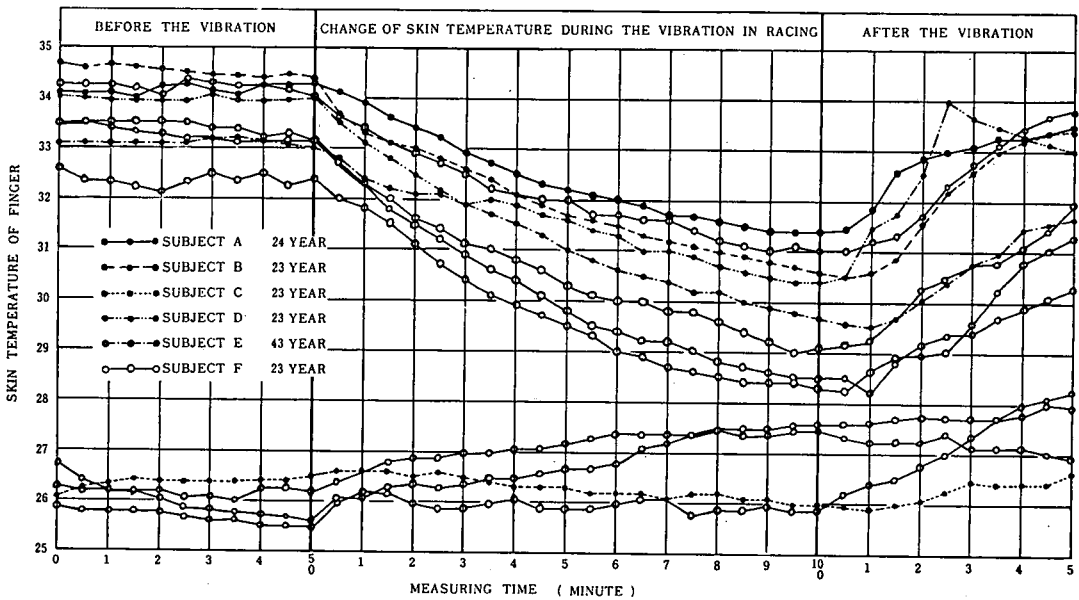


Fig. 1 (b) The change of skin temperature of the finger — before, during and after the application of vibration due to the electric zig-saw.

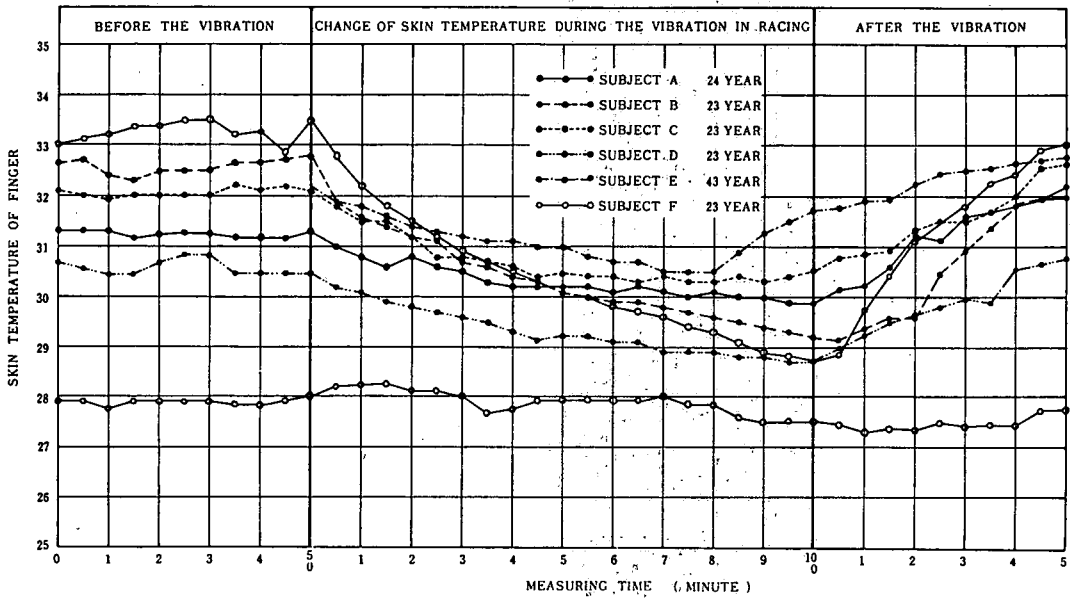


Fig. 1 (c) The change of skin temperature of the finger — before, during and after the application of vibration by the electric chain-saw.

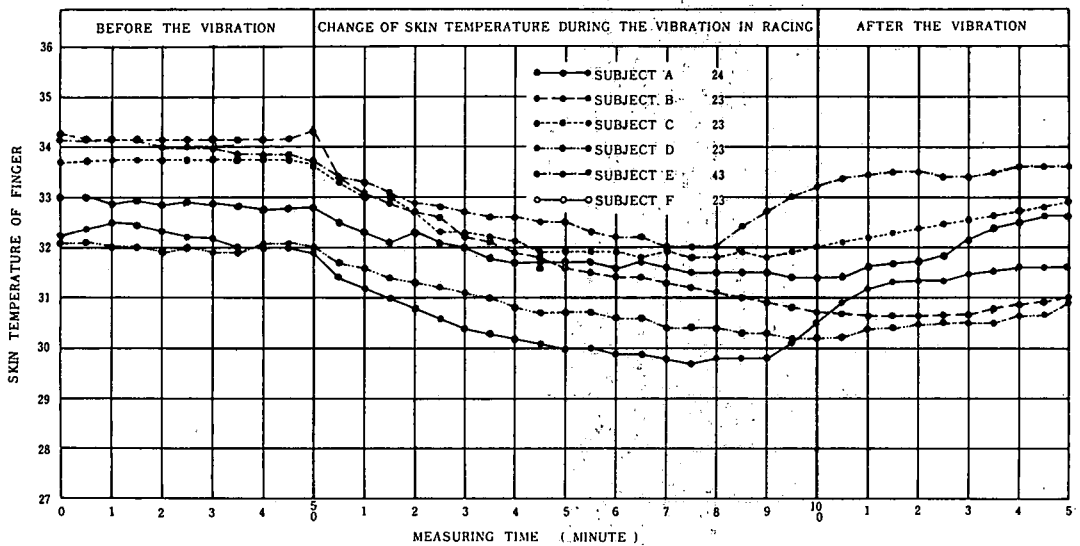


Fig. 1 (d) The change of skin temperature of the finger — before, during and after the application of vibration by the motor chain-saw with anti-vibration handle bar.

チェンソーの測定値にバラツキが大きいのは、生体に対する刺戟の強さによる反応の鋭敏度にもよろうが、むしろ他の振動具に比較して機械本体が大きく、測定時間中同一姿勢によって把持し続けることのむずかしさによるのも一因と推量される。

これら4種の振動具による皮膚温変化と、その振動現象の関連を明確にするため、これらの振動を分析し検討した。

振動分析

振動の分析は前述の4種の振動具について波形、周波数分析をおこなった。

あん摩器：測定の方法は、前述の皮膚温変化の実験時と同様、振動子を手掌に当てた状態でおこなった。あん摩器の機械の軸方向をX軸とすれば、振動子のX軸方向、Y軸方向、Z軸方向のそれぞれについて、その振動エネルギー成分を測定した。

分析の結果は Fig. 2 (a) に示すとおりである。図に見る如く各軸方向間のバラツキは小さく振動の主成分は 98.75Hz あたりにあるが、2倍、3倍の無視できない高周波振動レベルも在る。

これは Fig. 2 (a) に見る如く基本周波数と、その高周波が 600Hz 付近まで徐々に減衰しながらも存在するが $600\text{Hz}\sim 20\text{kHz}$ にかけての高周波成分の振動は極めて小さく振動加速度は人体に影響し得ないだろう。

これらの現象は Fig. 3(a)に見られるように、極めて正弦波に近似した波形からも理解できる。

電気ジグソー：鋸歯の上下方向、ハンドル軸方向、左右方向について測定した。測定方法は、ジグソーを台上に載せた状態で測定した。

測定結果の分析は Fig. 2(b), Fig. 3(b)のとおりである。

あん摩器に比較して $50\text{Hz}\sim 20\text{kHz}$ の周波数分布が相異している。電気ジグソーは $500\text{Hz}\sim 8\text{kHz}$ にかけて広帯域で高周波成分からなっている振動である。特に 1500Hz 付近にピークを持つ。このような高周波成分は機械的な固有振動と大きな関係があり、電動機が鋸歯を動かすシステムのメカニズムに基因する振動を、各部分品の共振からこの成分の振動を決定している¹¹⁾。これはチェンソーの振動メカニズムに似ている。

ジグソーの振動特性とあん摩器のそれとは、振動の成分が対照的である。あん摩器は低周波成分が支配的であり、電気ジグソーは 500Hz 以上の高周波成分が支配的である。

電動チェンソー：電動チェンソーを台上に載せ、振動による移動を防ぐ程度にピストルグリップを把持して、ハンドルバー上で測定した。

測定はソーチェーン走行方向、切断面方向、左右方向について行なった。

分析の結果は Fig. 2(c), Fig. 3(c)のとおりである。実験に供した電動チェンソーは、ジグソーほどの高周波成分を多く含まず、また周波数帯域も狭い。これは振動現象から見れば、あん摩器とジグソーの中間的な存在と言える。

チェンソー：実験に供したチェンソーは防振装置機構開発の初期の型式のものである。

チェンソーは電動チェンソーと同様に台上に載せてハンドルバー上で測定した。エンジンの回転は、ほぼ 9000rpm に固定しておこなった。分析の結果は Fig. 2(d), Fig. 3(d)のとおりである。 97.5Hz 付近に判然とした成分を認めるが $400\text{Hz}\sim 600\text{Hz}$ に顕著な高周波が存在する。これは前述の如くジグソーに近い分布であり、波形もむしろジグソーのそれに近い形と理解できる。

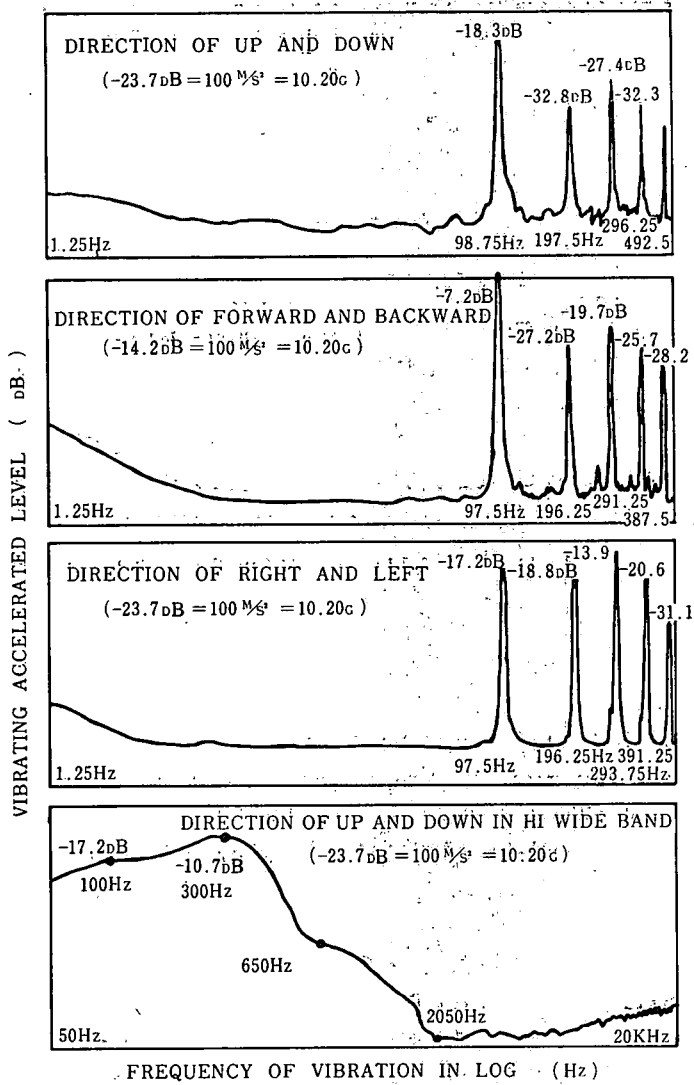


Fig. 2 (a) The spectrogram of the vibration on the vibrating massage equipment.

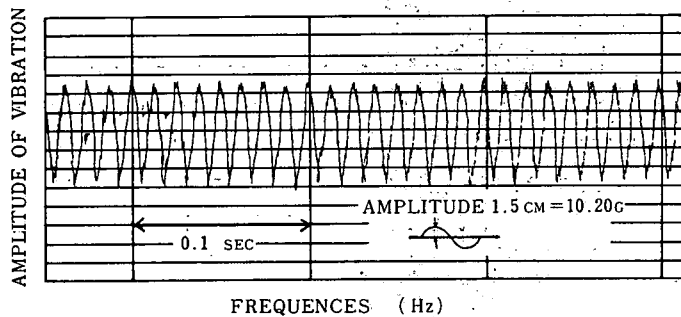


Fig. 3 (a) The vibration of the vibrating massage equipment. This figure was traced from the recorded chart.

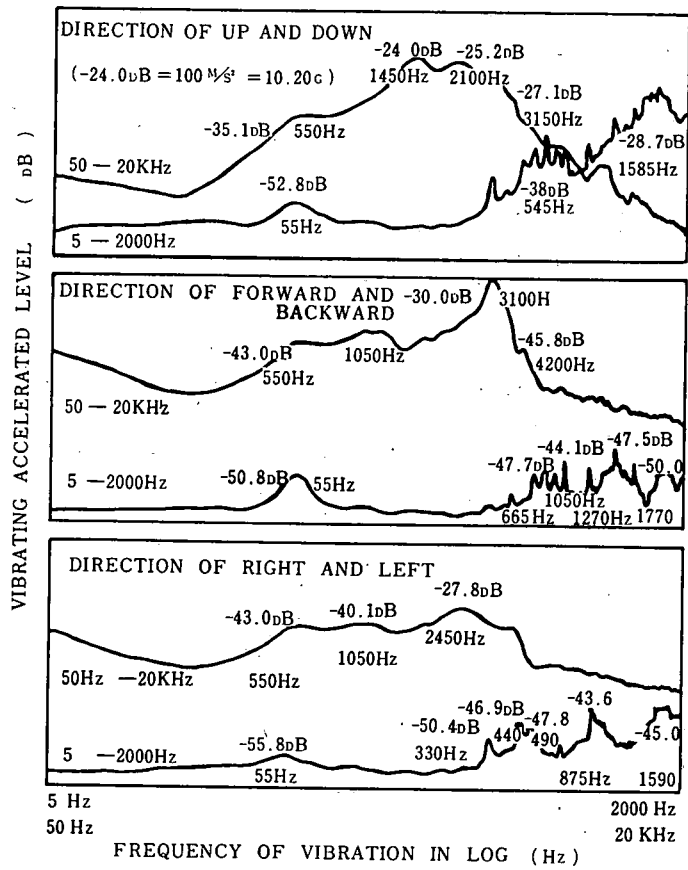


Fig. 2 (b) The spectrogram of the vibration on the electric zig-saw.

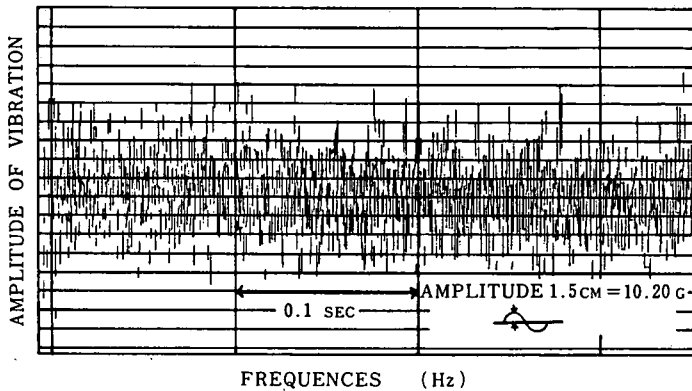


Fig. 3 (b) The vibration on the electric zig-saw.
 This figure was traced from the recorded chart.

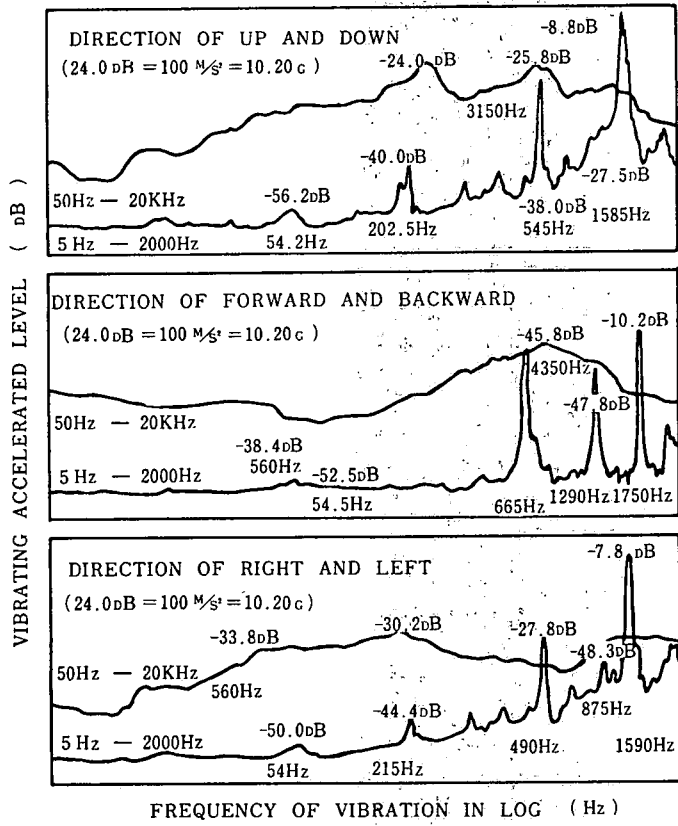


Fig. 2 (c) The spectrogram of the vibration on the electric chain-saw.

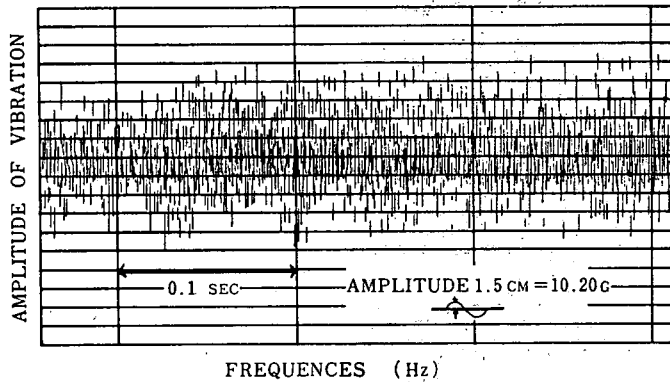


Fig. 3 (c) The vibration on the electric chain-saw.
This figure was traced from the recorded chart.

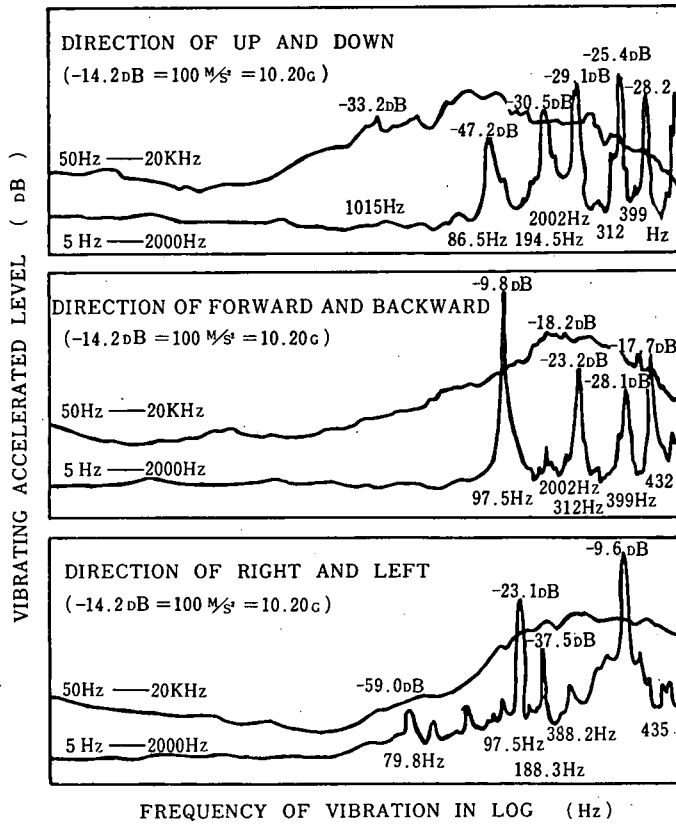


Fig. 2 (d) The spectrogram of the vibration on the motor chain-saw.

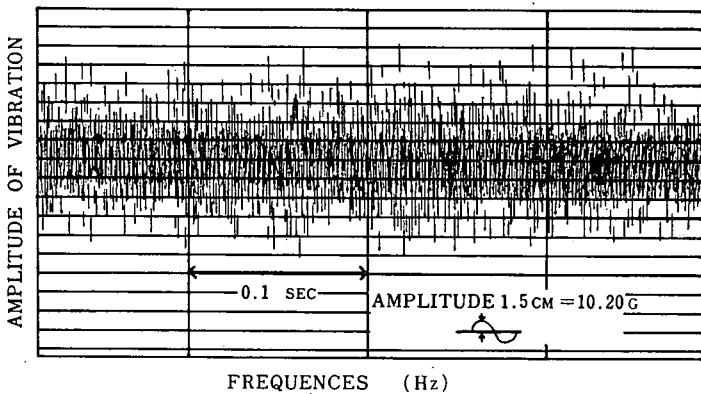


Fig. 3 (d) The vibration on the motor chain-saw.
 This figure was traced from the recorded chart.

考 察

チェンソー作業者の皮膚温低下の現象が振動障害につながるとの仮説に基ずき、振動の種類、特性が皮膚温の変化につながることを実験により仮説を立証する手がかりを得た。しかしながら、この結果は前述のあん摩器による生体機能が鼓舞された結果によるものか、生体表層部位の振動による摩擦熱によるもの^{*}かは判別できない。ただ低周波帯域の振動現象を有するあん摩器において皮膚温の上昇が認められ、他では認められなかった点には留意せねばならない。

他方、これらの現象を起こす振動具の振動特性は、あん摩器が 50Hz~90Hz の単一正弦波に近い振動であるのに対して、チェンソー、ジグソー等では 500Hz~800Hz の高周波帯域にまで成分が分布している。この点が生理現象を相異させる一因と考えることができよう。

本研究は、振動特性の面から考究したものだが、振動障害排除のためには更に作業者の生理的特性の面からも解明に努め、相方の問題点排除によってはじめて総ての解決が期待できよう。

要 約

振動具のなかに、生理的に有利に作用するものと、有害に作用するものが在ると考えられていることから、それを実証すべく比較実験をした。その結果、振動具による皮膚温の変化には有意な差があった。そしてそれらの振動具の周波数分析の結果でも明瞭な差があり、生理的に有利とされている振動具の振動は 50Hz~90Hz の単一の正弦波に近似するものである。生理的に有害と考えられている振動具のそれは、高周波帯域の成分を多く含んでいる特徴をもっている。

引 用 文 献

- 1) Müller, E. A. Die Wirkung von Schwingung auf den Menschen, *Luft. Med. Abh* 3, 37-4 (1939).
- 2) 木村菊二, 阿久津綾子, 三浦豊彦: 振動特性による手背皮膚温の変動, *労働科学*, 38, 268-277 (1962).
- 3) 奥村博俊, 矢守 昭, 振動工具使用者の手指皮膚温について, *名市大医誌*, 12, 88-96 (1960).
- 4) 岩田弘敏, 振動工具使用に伴って生ずるレイノー現象と皮膚温度との関係 (その1), *産業医学*, 8 (6), 14-18 (1966).
- 5) 鈴木継美, 前田和甫, さく岩機使用に伴う障害II, レイノー症状の有無と皮膚温変動について, *日衛生誌*, 14 (8), 988-991 (1959).
- 6) 山田信也, 振動障害の経過, *労働科学*, 24 (8), 17-27 (1969).
- 7) 大野晴雄, 林業用手持機械の生理的影響に関する研究, *高犬農卒論*, (1978).
- 8) 岡田 晃, 全身振動による影響, 障害, *労働科学*, 41, 9-18 (1965).
- 9) 瀧本義彦, 後藤純一, チェンソーの評価法 (I), 振動について (1), *京大演報*, 49, 109-115 (1977).
- 10) 山本 誠, 振動障害発現要因の多変量解析, *高大学研報*, 27 (1978).
- 11) 後藤純一, Chain Saw の評価法, *京大農修士論文*, (1977).
- 12) Goldman D. E., von Gierke, H. E., The effects of shock and vibration on man, *Let., Rev. Ser.* 60 (3), 191-243 (1960).

(昭和53年4月28日受理)

(昭和53年12月7日発行)

^{*} 振動によって体温が上昇するのは死亡した動物でもおこる。これは多分機械的理由によるものであろう⁽¹²⁾。