

チェーン・ソーの振動について (予報)

桜井敏夫 (木材加工学研究室)

Toshio SAKURAI

On the Mechanical Vibration of Chain saws.

I はじめに

さく岩機・鋸打機やある種のハンマー等手持振動工具類の作動による振動は、作業能率を左右するのみならず、人体にも生理的障害を与えると指摘されている。

この障害の発生は、機械振動時の振動数と振巾に密接な関係があって、一般にはレイノー現象と称されている職業性疾患であり一種の神経炎、関節炎的なものであると言われている。これは間隔的に手指が蒼白になったり感覚がにぶくなる……時には関節や骨に変化がおこると報告されている。今日一部ではあるが伐木造材者間に発生している類似の職業性の疾患も、Chain Sawの振動に基づくものであると考えられている。しかるに現在使用されているChain Sawの振動の実態が未だ一般に計測されていないので、その対策を考えるための資料を得ることを目的としてこの実験を計画した。

本研究に貴重な資料をくださった秋田営林局、Chain Sawを使用させてくださった島根県林業研修所・木材研究所および測定に協力された中村正樹専門普及員ならびに福田総一郎君等に感謝する。

II 実験条件

a) Chain Saw

現に使用されているガソリン駆動式の4機 (A~D) と電動式の1機 (E) を加えた5機である。

大略の仕様を Table 1 に示す。

Table 1 測定した Chain Saw

Chain Saw	A	B	C	D	E(電動)
HP (標記)	7	—	5	4	2
Cycl. の傾斜角	水平	水平	直立	直立	—
Saw Speed (m/s)	—	16.9	6.1	14.5	3,250 r/m
排気量 (cc)	87	87	77	81	—
使用期間	20ヵ月	6ヵ月	1ヵ月	2ヵ月	6ヵ月

b) 計器

振動の加速度 g 、振動数 f c/s、振巾 a mm は次の3機器を併用することによって記録し算定した。

◦非接着抵抗線型加速度変換器 3個

(本器の容量決定に当っては、予備実験から $\pm 5 g \cdot \pm 10 g$ 2個の計る個を使用した。)

◦動的歪測定器

(3点同時測定可能、較正值の記録はその出力電圧を基準にしておこなう、ダブル・ブリッジ方式)

◦電磁オシロスコープ

(無現像方式のもので、いわゆる Print out Process と称される。刻時は $\frac{1}{400} S$ まで可能)

c) 測定方法

加速度変換器の左・右ハンドル部位への取付は、パイプ止金具を利用し、小ボルトで X・Y・Z 方向に固定した。その方向を Fig. 1 に示す。

Saw Chain 最高走行時における Chain Saw 自体の振動計測は、各加速度計方位の安定をはかるために強固な台の上において駆動させた。

加速度計の設置例を Fig. 2 に示す。

記録波形よりの加速度 g 、振巾 a 等の算出はすべて既定の方式によったので本報では省略する。

III 測定結果

a) Saw Chain 走行時の振動

振動加速度を歪量として比例的に記録させた波形例を Fig. 3 に示す。本図において振動数 f は刻時と対比して直接算出できるが、波形の振巾は振動変位 a mm を直接示していない。

A~D 4機 (Eは電動式であるから省略) の各波形よりの計算結果を Fig. 4 に示す。

本図の中の㊸曲線以下は、手持振動工具について一応安全領域であるといわれており、㊹曲線以上は同様危険であると報告されているので参考までに記入した。しかしまた D・DIECKMANによる研究報告では、これらの曲線はやや下方にずれるのではないかとも思われる等研究者によって開きが認められる。

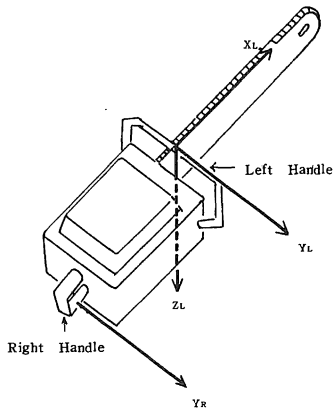


Fig. 1 Measuring positions and direction lines of chainsaw's vibration

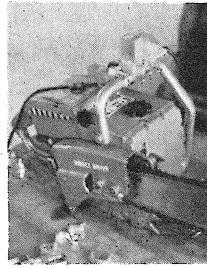
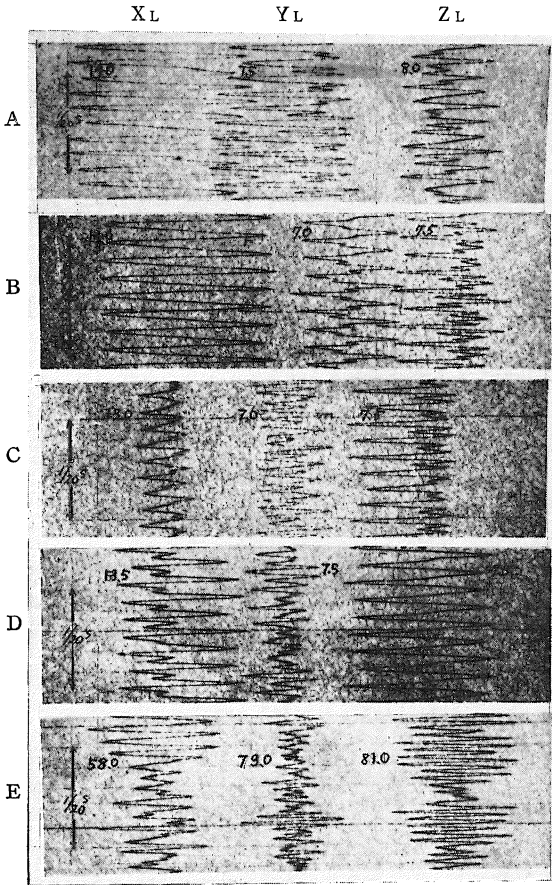


Fig. 2 Chain saw equipped with transducers



図中の数字=較正值
0 10 20 30 40 50 mm

Fig. 3 Example of the waves recorded with Oscilloscope (A~D · Gasoline, E · Electric Chain saw)

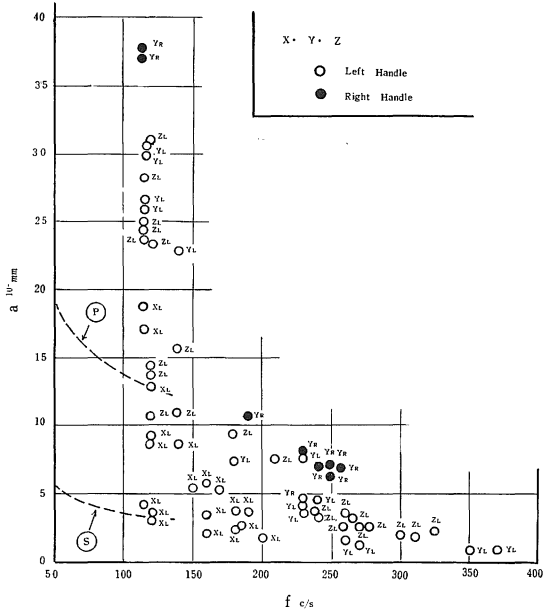


Fig. 4 Vibration at the driving time under no load (A~D)

本結果から、一般に a は X 軸が最小であり、 $Y \cdot Z$ は機械によって異なるが何れも大であった。また前後のハンドルでの相異は、 Y 軸に関するかぎり、後ハンドルの方が大きい。 f もまた同傾向であると認めた。なお、後ハンドルの他の2方向の計測は加速度計の取付が難かしいので測定できなかった。

次に各軸の加速度 ($g = 4\pi^2 \times a \times f^2$) を Table 2 に示す。

Table 2 駆動中の加速度 g

Chain Saw	A	B	C	D	E	
前	X_L	6.7	7.3~9.8	2.0~2.1	3.0~7.4	0.3~0.6
	Y_L	17.6	13.5~13.8	9.3~10.2	17.1~17.3	0.3~0.4
	Z_L	9.2	11.6~14.7	12.1~13.3	6.7~8.2	0.7~1.0
後	Y_R	17.7	19.3~19.6	14.9~16.9	6.6~7.3	—

本結果から電動式の E を除き、 $X \cdot Y \cdot Z$ のうち 10g 以上の振動加速度を示す方向が少くも一方向以上あり、15g を超過する機械もある。

b) 挽材による影響

赤松材を用いて挽巾 15 cm と 25 cm を鋸断する場合の変化を検した。使用したのは B 機である。挽材中の機械水準はできるだけ台上のときと変わらないように努めた。

測定結果を Fig. 5 に示す。

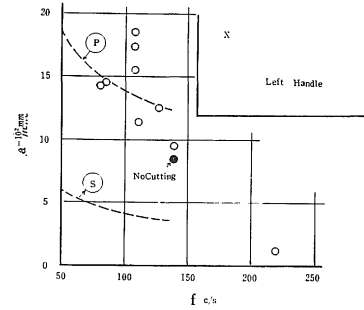
本結果によると鋸断前後の変化の傾向は、ほぼ次のようになる。

X_L $a \rightarrow$ 増 $f \rightarrow$ 減
 Y_L $a \rightarrow$ 減 $f \rightarrow$ 増
 Z_L 判定やや困難

次に木材を鋸断する前の駆動中の X_L の加速度 g を基準にして、各 g の変化を比率で示すと Table 3 のようになる。

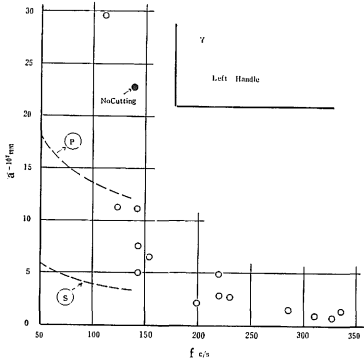
本結果から、木材の切削抵抗等によって生ずる g の変化の傾向は、ほぼ次のようになる。

$X_L \rightarrow$ 増 $Y_L \rightarrow$ 減 $Z_L \rightarrow$ 減



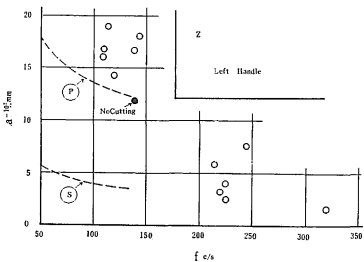
即ち、鋸断中の g は X 方向即ち前後のみ増大する傾向を示し、左右・上下は低下するものと考える。

c) Saw Chain 停止時の振動 Engine のみを



駆動させ、Chain の走行を停止させた時の変化を Fig. 6 に示す。

本結果から、 f は Chain の走行時と変わらないが、 a はほぼ $3/10$ 以下に低下する。



d) 振動の伝達 i) 防振ゴム帯の効果

A 機において、左ハンドル(前)の Pipe に取付けられている厚さ 5 mm のゴム帯上と、その近接 Pipe 上との差異を同時測定した。振動方

Fig. 5 Vibration at the cutting wood (A~D)

Table 3 木材鋸断による加速度の変化率 (%)

方向 \ 条件	鋸断前	赤松	
		15 cm	25 cm
X_L	100	86~124	112~124
Y_L	260	139~216	46~92
Z_L	137	119~191	73~161

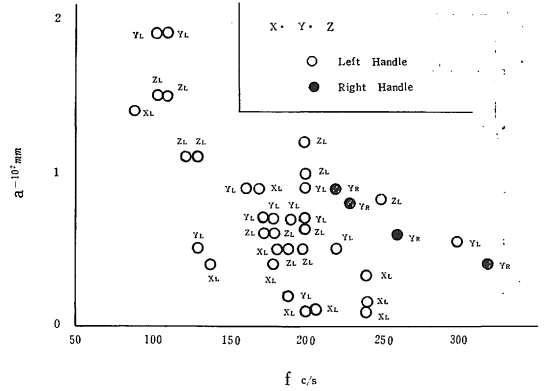
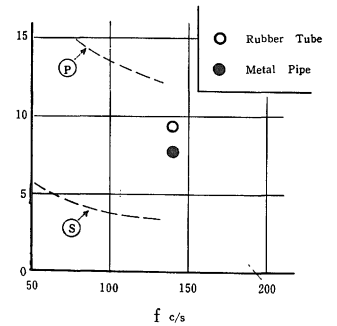


Fig. 6 Vibration at the driving time of saw chain stop.

向は Z 向のみである。

その結果を Fig. 7 に示す。

本結果から f は変わらないが、 a は带上の方が大であった。したがって、本測定結果のみによって判定すれば、防振的な効果は認められ難いと考えた。



ii) 手首および肘への伝達

振動測定時の状態 振動測定時の状態

Fig. 7 Effect of rubber tube on the left handle (Z)

例を Fig. 8 に示し、

その結果を Fig. 9 に示す。なお振動方向は X 軸である。

本結果から、手首において記録された振動は、殆んど S 曲線またはそれ以下となり安全圏に近いと推定した。したがって肘部は当然安全圏にある。

以上 i) ii) の結果を g で示せば Table 4 の通りである。

本結果によれば、右手首 > 左手首で右が大であり右手首では、なお $2g$ 近い数値を示す。

しかし、以上の 2 実験では加速度計のその部位への取付方法が問題であるように考えられるので今後の追試によってこれらの問題を明確にしたい。

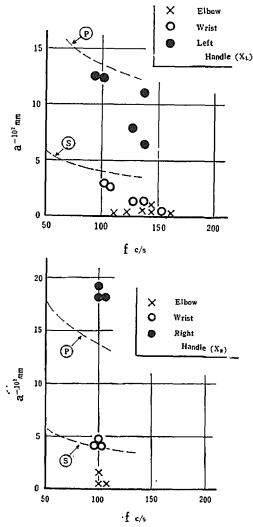


Fig. 9 Transmission to the worker's arm

Table 4 ゴム帯の防振効果と人体への伝達

区 分	防 振		伝 達					
	金属 Z _L	ゴム Z _L	左 腕 X _L			右 腕 X _R		
			ハンド ドル	手首	肘	ハンド ドル	手首	肘
加速度 g	5.9	7.1	5.1	0.8	0.2	7.1	1.7	0.2

IV 考 察

以上の結果は、われわれが所有する数少ない文献、その他の資料から試験前に予想した数値よりも相当大であった。また、人体の生理への影響についての判定は D・DIECKMAN や他の報告との間にもある程度の相違がある。したがって、本結果からただちにその影響力を云々することはできない。一般に生理に対する影響は、振動数の増大とともに次第に振巾の大きが大きく影響すると考えられている。また機械自体の振動量による選別は、現段階では一応各軸の加速度の自乗の和の平方根で比較できるのではないかと考えている。

例えばその係数を G と仮定し、A~E 5 機について、G 値を計算すると駆動時の振動 (Ⅲの a) は Table 5 のようになる。

Table 5 駆動時の係数 G

Chain Saw	A	B	C	D	E
$G = \sqrt{g_x^2 + g_y^2 + g_z^2}$	20.9	19.2 ~ 22.4	15.4 ~ 16.9	18.6 ~ 20.5	0.8 ~ 1.2

但し、g_x、y、z は各方向の加速度

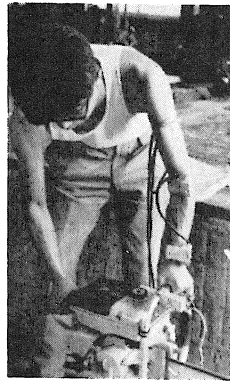


Fig. 8 Measuring apparatus to the worker's arm

上表から電動式の E を除外し、その順位を係数値から判定すれば。

C < D < A または B

になる。また G の大小は各機の出力型式等々とも大いに関係すると考えられるが、ここでは論及しない。

また b) の実験についての係数 G 値は、

鋸断前 20.9

挽材中 15cm.....17.9 25cm.....12.2

となって明らかに挽材中は低下することが分った。

したがって、手持した機械はできるだけ空転させないようにすることがよいと考えられる。

c) の結果と Saw Chain 走行時との両者の関係は、Chain の緊張度・重量・形状また案内板等の諸条件と重なって、難しい問題と考えられるので追試中である。

d) の防振効果については、その材料が効果的に作用するには Chain Saw 自体の f と、防振材料と物体との系の固有振動数 fn との間の比の数値如何によってその材料が効果的に働くかどうかを示すことになる。したがって実際の場合には Chain Saw の取扱条件によっても防振材料の条件が異なってくるが予相される。

したがって、本実験のように加速度変換器をゴム帯上に固定し、Chain Saw を台上において駆動させた時の金属 Pipe 上とゴム帯上の測定値では、実際的な効果を判定することはできないが参考までにあげた。

また、これと関連して腕の各部位に伝達する振動の測定方法もさらに、検討を加えなければならないと考える。

V 結 語

本実験の目的は、今日常用されている Chain Saw 自体の振動の実態を巨視的につかむ目的でおこなった。

次に本測定方法ならびに条件下で知り得た事項を例記すれば次の通りである。

I 験動中の X・Y・Z 方向の加速度は、前後 (X) が小 (5~7g) で、左右 (Y)・上下 (Z) は (10~20g) であり、Y・Z の差は機械により異なる。

II 左・右ハンドルの振動量は Y 軸に関しては右(後) > 左(前) の傾向が認められる。

III 駆動中の振動数 f はほぼ 115~140 c/s、振巾 a は 0.1~0.25 mm である、

木材鋸断時は、

X : a → 増 f → 減

Y : a → 減 f → 増

等の変化の傾向を示し、g は X 軸のみ増加する。

IV Saw Chain の走行開始によって、a は急増するが、f は変化しないと認めた。

- V 防振ゴム帯の効果は、あまり期待できない。
- VI 人体への伝達はハンドルの振動を 100%とすると、手首で25%、肘で5%以下に減少する。
- VII 電動式は振動量僅少 ($g < 1$) で殆んど生理的に問題はないと考えた。
- VIII 個々の Chain Saw の振動量による分類は、一応次式の数値 G で選別することができるのではないかと考えた。

$$G = \sqrt{g_x^2 + g_y^2 + g_z^2}$$

(但し、 $g_x \cdot g_y \cdot g_z$ は左ハンドル部位における各3方向の加速度。)

以上であるが、実験当初文献 (加藤・大里氏 東大演習林報告・15号等) により予想した振動量と実際に計測した今回の結果との間には相当な開きがあることが分かった。即ち、今日常用されている Chain Saw の機械的振動量は各機によって相当異なると同時に何れも大きいと考えなければならない。

Summary

This experimental reserch reports on the mechanical vibration of chain saws examined from the standpoint of physical influence to the worker.

Five kinds of gasoline engine (A · B · C · D) and electric chain saw (E) were driven for the tests and unbonded gage type tranceducers, dynamic strain amplifier and oscilloscope (rapicorder) were used for the measuring apparatuses.

Results of the tests are:

1) Reration between f c/s (Frequency) and a mm (Amplitude), and g (Acceleration) of vibrate's directions (X · Y · Z) are shown in Fig. 4 and Table 2. From these results, it is considered that the vibration of x was less than Y and Z, and one of the left handle was not so greater as the right.

2) The vibration at the cutting timber (Red-pine) are as follows. (Fig. 5).

XL a mm \rightarrow increase f c/s \rightarrow decrease

YL a mm \rightarrow decrease f c/s \rightarrow increase

3) The vibration at the driving under saw chain stop are shown in Fig. 6. From these results, f c/s was not variable but a mm was much smoller than the results of Fig. 4.

4) The vibration decresetd by the rubber belt on the handle was not so greater. (Fig. 7).

5) The vibration transmitted to the worker's arm were as follows. (Fig. 9).

Chain Saw's Vibration.....	100 %
Worker's elbow	fall below 25 %
Worker's Wist	" 5 %