

Chain Sawの機械的振動について (I)

桜井敏夫^{※1}・中村正樹^{※2}・高橋徹^{※1}

Toshio SAKURAI, Seiki NAKAMURA and Akira TAKAHASHI

On the Mechanical Vibration of Chain Saw

I. はじめに

本題については、本誌第14号で報告したが、さらに引続いて実験し、3~4の結果をえたので取りまとめて報告する。したがって、測定機器・測定方法は前報とほぼ同一であり、実験協力者は田中義則・田中一字両君であった。

II. 実験条件

a) 供試機械

使用した chain saw は、次の形式のものである。

() 内は出力を示す。

- McCulloch 4-30A (4.0) ・ 1-72 (7.0) ・ 1-50 (4.5) の3機
- Homelite 707D (7.7) ・ C-51 (5.0) ・ Zip (5.0) ・ 5-63-21D (5.0) ・ directdrive (9.0) の5機
- Kyoritsu Echo CSL-80 (4.0)
- Clinton D-65 (6.0)
- Remington super 770 (7.0) の各1機

測定位置は、すべて前ハンドル、X・Y・Z方向（前報参照）のみに限定して測定した。

b) 計器

測定装置のつなぎ合せ方法は Fig. 1 の通りである。

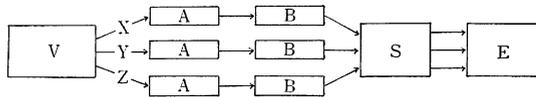


Fig. 1 測定装置 (Experimentl aparatus)

V : Vibration center, A : Accelerometer,
B : Brige box, S : Dynamic strain amplifier,
E : Electro magnetic oscillograph

※ 1. 木材加工学研究室
※ 2. 鳥根県木材研究所

• Accelerometer の主要諸元

精 度	定格値の±1%	固有振動数	420 C/S
非直線性	〃 ±1%	最大入力電圧	5 V
解析能力	〃 0.1%より良好	感 度	0.5mV/g
使用温度範囲	-10~+65°C	寸 法	約33×64×30mm ³
容 量	±20g		

これは機械的振動を加速度で検出する transducer の一種で、1g (重力加速度) 当りの strain は次の通りである。

$$X \dots\dots 137 \times 10^{-6}$$

$$Y \dots\dots 127 \times 10^{-6}$$

$$Z \dots\dots 139 \times 10^{-6}$$

• Dynamic strain amplifier の主要諸元

感度調整範囲	入力100×10 ⁻⁶ 歪, 減衰器1の状態における出力
低 Impedance	1.5mA~6 mA範囲以上
高 Impedance	3.3V±0.6Vの½~2倍の範囲以上
搬送周波数	5,000C/S±5%以内
較正用標準歪	±100, 300, 1000, 3000×10 ⁻⁶ 精度2%以内
感度調整	Range切換によって 1~0の間で6段階

Accelerometer によって電流量に変換された量を増かさせる装置で、6点同時測定も可能である。応答周波数は0~1,000%, 2×10⁻⁶歪を最大30mmまで電磁オシロで記録できる。brige box はリード線の容量変化による非平衡を最小にすると同時に外部からの誘導電流を避けるために使用した。

• Electro magnetic oscillograph の主要諸元

記録速度	8段 (0.5~100cm/sec)
記録チャンネル数	6
光 源	タングステンランプ
ガルバノメーター	6
固有振動数	400C/S, 1,000 C/S
感 度	720, 249 mm/mA/m

記録紙は Lino-Writ 3½×100 (Dupont 社製) を使用した。

c) 記録波形の解析

複雑な波形も単弦振動波形の集合と考えられ、単弦振動によって振動が判別できると云われている。

即ち、x を変位 t を時間とすれば、simple harmonic vibration の運動は

$x = x_m \sin wt$ (w : 角速度又は振動率) によって表わされる。 x_m 及び w は定数。1 往復運動に要する時間 T を周期とすれば $wt = 0$ より $wt = 2\pi$ に至る時間に相当するから

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{w} \quad (f : \text{振動数})$$

x を t で微分すれば、 $dx/dt = x_m w \cos wt$ は運動の速度、さらに微分すれば、加速度

$$d^2x/dt^2 = -x_m w^2 \sin wt$$

が得られる。これは、正弦運動の加速度もまた同じ周期を持った一つの simple harmonic vibration であることを示す。この場合の振幅は $x_m w^2$ (加速度振幅) である。

以上から、加速度 = -(変位) $\times w^2$

しかるに $w = 2\pi f$ であるから

$$\text{加速度} = -(\text{変位}) \times (2\pi f)^2$$

よって加速度、変位、 f の何れか 2 つが分れば、他の 1 つは求められる理である。

本実験では Transducer によって、加速度 (g で求められるから、CGS 単位即ち mGal に換算する必要がある) の大きさを求め、 f は記録紙から直接算出し、上式の関係式から変位即ち振幅を求めた。 g の大きさは、測定時の条件から次のようにして求める。すなわち等価標準ひずみを得るための切換設定器 (Cal.) の操作によって、きめられた較正值および波形の平均の高さを、零レベルを基準に記録波形を実測する。

いま、較正值 E_c が h_1 mm、波形の高さ E_w が h_2 mm であったとすれば

$$\frac{E_c}{E_w} \cdot \frac{Z}{K_s} = \frac{h_1}{h_2}$$

但し、 Z : 標準歪の gauge factor で、本実験の場合 $Z = 2.00$

K_s : 使用 gauge の gauge factor で、本実験の場合 $K_s = 2.04$

の関係から

$$E_w = E_c \times \frac{h_2}{h_1} \times \frac{2.00}{2.04}$$

E_c の記録にあたって採用された使用 rng が例えば $3,000 \times 10^{-6}$ であるとすれば、上式は

$$E_w = 3,000 \times 10^{-6} \times \frac{h_2}{h_1} \times \frac{2.00}{2.04}$$

となり、平均的歪量 E_w が算出される。

次に使用加速度 Transducer の $1g$ の既知ひずみ量 E_g とから、 E_w/E_g によって g の大きさがきまる。

この場合の g は 勿論重力加速度の大きさ (≈ 9800 mGal) である。

また、 f は記録紙上の刻時線 ($1/100$ sec が ≈ 5 mm) を主として用いた) と関連させて $f\%$ を直読で求め、上式から振幅 a を計算した。

参考までに、chain saw を対象とした $g-f-a$ の相関関係図を Fig. 2 にかゝげる。

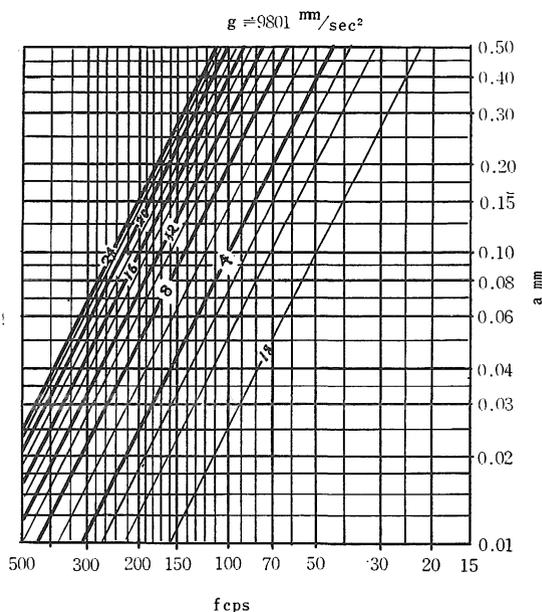


Fig. 2 加速度 g , 振動数 f (c/s), 振幅 a (mm) の関係 (Acceleration—frequency—amplitude relations of the mechanical vibration)

III. 結 果

1) 無負荷高速回転時の振動

実用されている chain saw 10機を選んで計測した。10機の特性を Table 1 に示す。

本表において、rpm \cdot m/s \cdot cc は何れもメーカーの仕様書に示された値である。

2) Chain の緊張度による影響

緊張度は、林試報告第160号 (山脇氏他 3 氏) が定めた方法によって示す。したがって、 s/l の数値の小なるほど緊張度が高い。

M.72 によって s/l と G との関係を検した結果を Table 2 に示す。

緊張度 3.7% は相当強く、4.5% は比較的ゆるい状態である。したがって、緊張度の加速度 level におよぼす影響は無視できるように思われる。しかし、chain を取除いた場合は極端に大きな強さを示した。

Table 1 高速回転時の振動
Vibration level at the highest running speed of saw-chain (no load)

Chain Saw				g (≒9800mGal)				f %			amm (-10 ²)		
spe.	rpm	m/s	cc	X	Y	Z	G	X	Y	Z	X	Y	Z
M30	6,500	3.3	87	7.8	8.3	7.8	13.8	150	173	171	9	7	7
H07	7,500	18.0	91	4.2	8.5	10.1	13.9	153	102	145	5	20	12
M72	8,500	8.4	87	8.4	3.8	12.5	15.5	128	225	150	13	2	14
H51	6,000	14.4	77	2.1	9.7	13.1	16.4	131	224	160	3	5	13
HZ	7,000	18.0	77	15.6	4.5	7.1	17.7	130	220	143	23	2	9
M50	7,500	18.0	87	7.3	13.5	12.6	19.8	115	131	169	14	19	11
K80	5,500	14.5	81	7.3	17.3	8.0	20.5	180	120	160	7	30	7
H21	7,000	16.0	77	10.7	9.2	16.8	21.9	143	185	130	13	7	25
L70	9,000	—	89	10.7	13.9	19.2	26.0	165	205	158	9	11	19
HDD	6,500	14.4	77	10.3	18.0	18.6	27.9	138	238	145	14	6	23

$$(G = \sqrt{X_g^2 + Y_g^2 + Z_g^2})$$

Table 2 緊張度と G との関係
The relation-ship between the chain tencity and G

緊張度 (%) (tencity)	3.7	4.1	4.5	no chain
G	15.6	16.5	15.8	37.6

3) 鋸断抵抗による影響

樹令60年、径級25cmのブナ材を供試し、鋸断中のengineの回転数rpmとGとの関係を検した。rpmの計測は、Sony engine tachometerにより約2.5sec間隔に直読記録し、その時点におけるGを記録波形から求めてFig.3に示す。

4) Chain speed との関係

無負荷時において、種々に速度を変えた場合の変化を実験した。

chain speedの計測は次の方法でおこなった。すなわち当該chain sawの一連の全歯中から一つを選び、金属製の細線(銅または鉛合金等)を用い、この歯に小突起を作った。この突起部はchain 1回転ごとに案内板に取付けられたstrain gageを接着した小金属薄片に接触するようにし、その接触によって、その薄片に生じたひずみを機械の振動波形と同時に記録させた。その1例をFig.5に示し、結果をFig.4に示す。なおchainの長さはEho 151.2cm, McC 163.4cmであった。また図中のT.M.は接触時に生じた波形である。(記録波形はfreehandによってcontrastを強めた。)

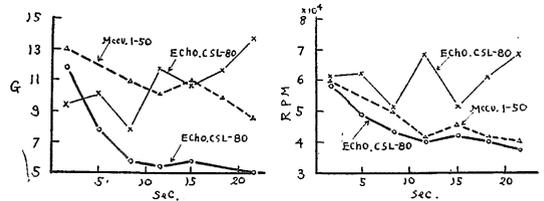


Fig. 3 鋸断中の G と engine の回転数 rpm との関係
Level (G)-revolution of engine (rpm) relations in cutting log (BUNA)

IV. 考 察

1) 測定の対称に選んだ10機の形式はいずれも旧式であるが、測定結果によれば、いずれも予想以上に強い振動 level を示すことがわかった。一般的に云って、今日使用されている chain saw の殆んどは未だ改良進歩の過程にあると考えられる。したがって、出力機構・精度・バランスなどの諸難問が逐次解決されてよりよい機種型式の機械の出現を待つ以外当面の振動問題の解決は不可能に近いのではないかと考えた。

2) Chain の緊張度が振動レベルに影響する程度を検したが、その結果は Table 2 のように差程大きな関連性は認められなかった。試みに chain を取除いた場合を計測したが、この場合は、ほぼ2倍以上の強い振動レベルを示した。したがって、このことから案内板を含めて、chain の長さ、大きさ等と振動量との間には、密接な関係があるのではないかと考えた。

3) 鋸断抵抗による g の変化は、前報2で報じたが、今回は engine の回転数と対比して、その相関関係をしらべた。その結果は Fig.3 で示されるようにこの両

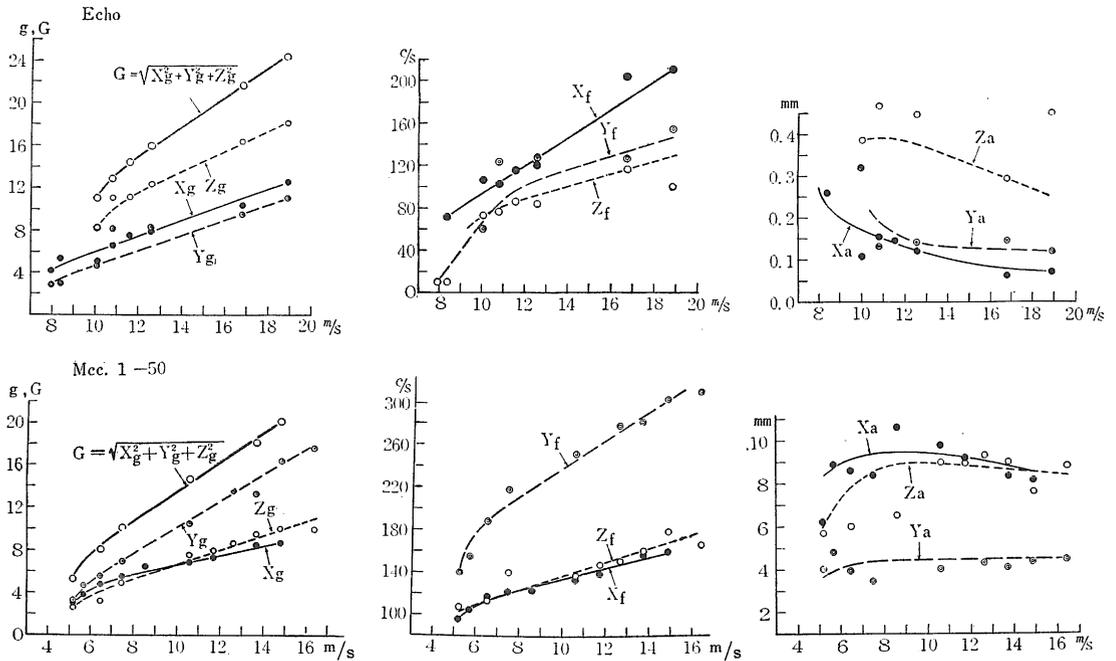


Fig.4 . Saw chain の走行速度 (V s/m) と振動 level (g, f, a) との関係

The relations between the running speed of chain and level (g, f, a...)

者間には非常に密接な関係がある。しかし、鋸断抵抗そのものの影響については、本実験からはわしく分からなかった。

4) Engine の始動から始め最高速度に至るまでの両者の関係は

$$\text{Hcho } G = 1.43V - 2.2$$

$$\text{McC. } G = 1.47V - 0.9$$

$$\text{但し } G = \sqrt{Xg^2 + Yg^2 + Zg^2}$$

V : 鋸速度

の直線式で示される。

これは、鋸速度が2倍になれば振動の強さはほゞ3倍になることを示している。また f については、V とほゞ同様の傾向をとり、振幅 a は逆に小となると考えられる。

V. 結 語

Chain saw 10機を供試して、これらの振動の強さ、chain の緊張度および鋸断抵抗による振動量への影響、また、chain speed とその変化の傾向等を検して、つぎのようなことが分った。

1. 現在使用されている chain saw の無負荷最高回転時の振動加速度はほゞ次の範囲内にある。

g (≒9800mGal)

X : 2.1~15.6, Y : 3.8~18.0, Z : 7.1~19.2

f %

X : 115~180, Y : 102~238, Z : 143~169

a mm

X : 0.03~0.14, Y : 0.02~0.30, Z : 0.07~0.25

2. Chain の緊張度の影響は僅少であるが、chain を取除いた場合には、ほゞ2倍以上の大きさを示す。

3. 鋸断抵抗による影響の最大因子は、engine の回転数の低下に基づく。

4. Chain speed と $G = \sqrt{Xg^2 + Yg^2 + Zg^2}$ との間には、低速時を除き、ほゞ直線の関係が認められる。すなわち速度が2倍になれば、Gはほゞ3倍となる。その原因は f% は増大によるが、a は逆に低下することに原因する。

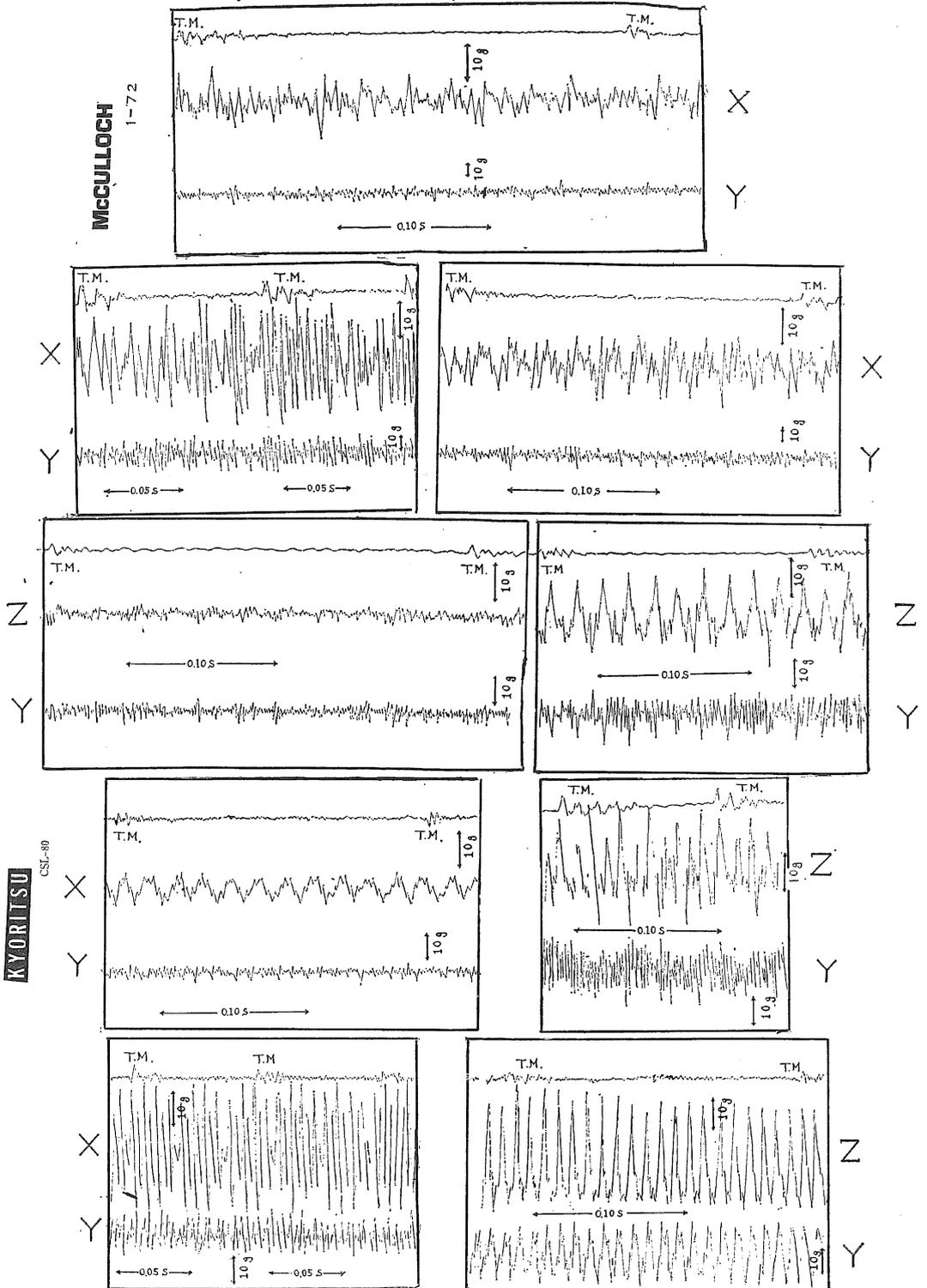


Fig. 5 記録波形の例

Examples of the recording waves with E. M. Oscillograph

Summary

The main purpose of this experiment was to find out the vibration level of one-man gasoline chain saw widely using for forest operations in this country.

Measuring equipments used for the test were a dynamic strain amplifier, a electro-magnetic oscillograph and three accelometers utlizing the principle of wire resistance strain gage & so on. (Fig. 1)

The results of these tests are considered as follows :

1. Ten chain saws were examined at the highest running speed of saw chain and vibrate acceleration ($g \doteq 9800$ mGal), frequeny (c/s) and amplitude (mm) were determined. These results are shown in Table 1.
2. Relations between the tensity of saw chain and the vibration level in their running were tested with two chain saws. From the results, it is not too much to say that the tensity of saw chain has nothing to do with the level (G). (Table 2)
3. The variations of level (G) in cutting log are nearly proportional to the revolution of engine (rpm). (Fig. 3).
4. Relation between the level (G) and the running speed of saw chain is expressed by the following formular

$$G = \alpha V - \beta$$

where α , β are constants depending upon the various kinds of chain saw. (Fig.4, Fig.5)