

ツインチェーンソーの諸性能について

—振 動—

瀧本 義彦・助永 隆雄・藤井 禧雄
後藤 純一*・佐々木 功

On the characteristics of TWIN-CHAINSAW

—vibration—

Yoshihiko TAKIMOTO, Takao SUKENAGA, Yoshio FUJII
Junichi GOTOU* and Isao SASAKI

要 旨

振動障害防止のために開発された、水平対向2気筒エンジン付チェーンソーの性能について調査したが、今回はそのうちで振動特性について報告する。

対向する2つのシリンダーで同時爆発により、慣性力を相殺し振動を低下させる方式は良く効果を上げており、前ハンドル・後ハンドルでの最大振動加速度値は120 dB 台であった。また同時に振動を測定した、水平単気筒エンジン付チェーンソーと比較すると数 dB～数十 dB 低い振動であった。

レーシング時と鋸断時では、鋸断時の方が振動が大きかったが、これはエンジン本体の振動が小さくなったために、ソーチェーンの切削時の衝撃・ガイドバーの横ぶれなどが加わるのが数字の上で判るためと思われる。一般に同排気量の単気筒エンジンに較べて、2気筒エンジンは重量が少し増加し、出力が少し低下するといわれているが、このチェーンソーの場合実用上その差は感じられなかったし、チェーンソーとしても、十分実用化されていた。

今後は、2気筒エンジン機構の耐久性・振動レベルの推移・チェーンソーとしての操作性を長期間の実用テストにより調査していきたい。

は じ め に

林業におけるチェーンソーによる振動障害は、森林労働者の減少・高齢化と共に森林労働分野で深刻な問題の一つとなっている。労働条件・労働環境の改善、チェーンソーの使用時間規制・振動規制、チェーンソー自身の改良等によりある程度の成果が得られたが、なお一層の努力が求められている。

このようなチェーンソー自身の改良手段としては、防振ハンドル・防振構造の改良を中心とした防振対策がかなり行なわれてきた。しかし、最大の振動源であるエンジン自体の改良は、ロー

* 高知大学農学部 (Kochi Univ. Dep. of Agriculture)

タリーエンジン使用の試みがなされたが定着しなかった。今回わが国で初めて水平対向2気筒空冷2サイクルエンジン付チェーンソー（以下「ツインチェーンソー」と呼ぶ）が開発・試作され実用段階に入った。1983年5月よりこの新しいツインチェーンソーの特性を調査してきたが、今回は振動特性を中心に報告する。

ツインチェーンソーの特徴¹⁾

2個の排気量約30ccのシリンダーがクランク軸を中心に180度の角度で配置されており、キャブレターは1個で両方のシリンダーに混合気を供給し、点火装置は2個のイグニッションコイルと1個のCDIを使った電子点火方式で2個のシリンダーを同時に爆発させている。2個のピストンはほぼ水平に配置されているが、エンジン部の全長を短くするために約15度傾けられている。

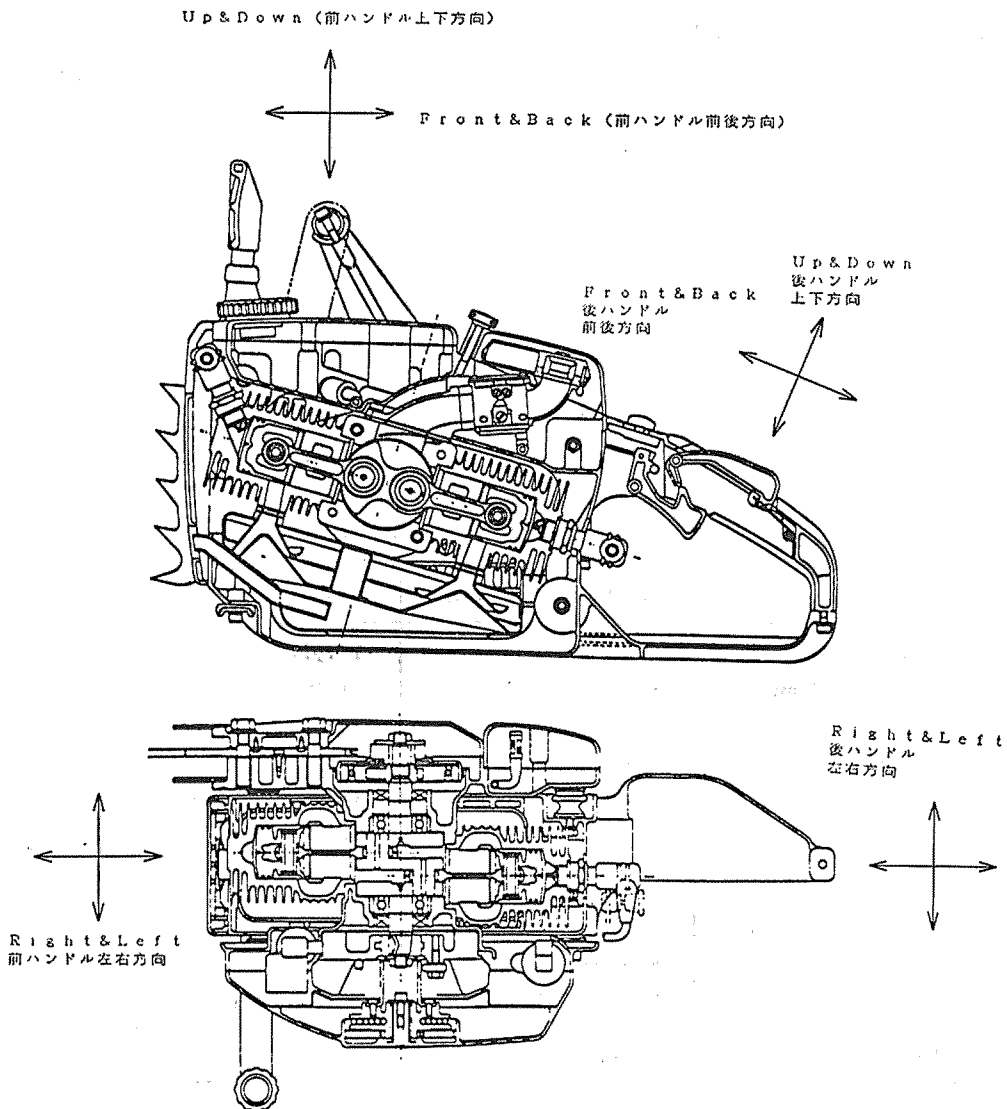


Fig. 1 Side & Up section view of TWIN CHAINSAW (林業機械ハンドブックより)³⁾

また、両シリンダーの中心線は左右にわずか十数 mm 隔っている。従来のチェーンソーの最大振動源であったピストンの往復運動による慣性力が、このような構造により相殺されて著しく減少した。なお同時爆発による 2 個のシリンダーからの排気ガスの干渉は複合マフラーにより防止されており、同時に排気騒音低下に利用されている。(Fig. 1 参照)

振動測定実験

前述のツインチェーンソーの振動特性を次のような方法で測定した。なお比較のために従来の単気筒空冷 2 サイクルガソリンエンジン付チェーンソー（以下「シングルチェーンソー」と呼ぶ）の代表的な機種である、S 社の 041 AVE 型も同じ方法で振動を測定した。各々のチェーンソーの諸元は Table 1. の通りである。

使用した加速度ピックアップ（以下「ピックアップ」と呼ぶ）は、ピエゾタイプでプリアンプ内蔵型のもので、特性は Table 2. の通りである。ピックアップはチェーンソーの前ハンドルと後ハンドルの把持部近くに固く締付けたスチールバンド（巾 12 mm、厚さ 0.6 mm、長さ 130 mm）に 3 方向取付けベース（10×10×12 mm、鉄製）を使って 3 個ずつ、計 6 個を取付けた。3 方向とは、前後方向、上下方向、左右方向であるが、前後それぞれのハンドルの軸方向と合わせてあるので、Fig. 1 で判るように左右方向以外、前ハンドルと後ハンドルとは一致しない。また、ピックアップ 3 個と取付けベースとスチールバンドの重量は合計 35 gf である。ピックアップの信号はデータレコーダに送られ、FM 変調されて記録される。

チェーンソーのエアフィルタ、点火プラグはほぼ新品に近いものを使い、キャブレタのセッティングも規定範囲内で最良と思われる状態に調整した。特に点火プラグは、イグニッションノイズによるピックアップへの影響を防ぐために、抵抗入りプラグに交換した。

ソーチェーンは、セミゼルタイプの新品で初期のびが終る程度までなじんだものを使った。2 種のチェーンソーとも、ピッチ 3/8・上刃目立て角 35°・横刃目立て角 90°・デプス約 0.6 mm

Table 1. Specifications of CHAINSAW

Type	TWIN CHAINSAW	SINGLE CHAINSAW
Engine	2 cylinder	1 cylinder
stroke volume	30.5 cc × 2	61.0 cc
bore	36 mm	44 mm
stroke	30 mm	40 mm
power	3.4 PS / 7500 rpm	3.8 PS / 8000 rpm
fuel/oil ratio	25:1	25:1
ignition system	electronic	electronic
Guide bar & chain		
guide bar	500 mm	500 mm
saw chain	72D × 70 Links	72D × 72 Links
Sprocket	3/8 in	3/8 in
Weight	9.1 kgf	9.4 kgf

であった。ソーチェーンの張り強さは、ガイドバーの中心部でドライブリンクをばねばかりで1~1.2kgfの力で引張った時に、ドライブリンクの足が2個、ガイドバーの上端から離れる位に調整した。ガイドバーは標準で付いているものを使ったが、ツインチェーンソーの場合はノーズローラ付で、長さはいずれも500mmであった。

鋸断に使用した材はスギとブナで、この2種類を選んだ理由は、鋸断する材の硬さの違いで鋸断時のチェーンソーの振動が異なるか否かを確かめるためである。ブナは労働省告示によるチェーンソー規格で試験材として定められており、広葉樹のうちでも比較的硬い材である。スギは日本の林業で対象とする代表的な針葉樹であり、ブナよりは軟らかい材である。

ブナの試験材は幅30cm・厚さ20cmに製材された角材で、本学芦生演習林（京都府北桑田郡美山町）に生育していた樹齢約100年のブナを1983年5月に伐採、同年9月に製材した後、屋内で天然乾燥状態で保存していた。鋸断試験時には、含水率46%、絶乾比重0.75であった。

スギの試験材は直径約30cmの皮付丸太材で、ブナと同様に本学芦生演習林に生育していた樹齢約150年の天然スギで、1984年4月に伐採後、屋内で天然乾燥状態で保存していた。鋸断時には、含水率69%、絶乾比重0.32であった。

測定モードは、レーシング時3000rpm~9000rpmまで1000rpm毎に7種類、鋸断時はスギとブナをそれぞれ3回ずつ玉切りした。レーシング時の回転数調節はオペレーターがチェーンソーの点火プラグから取り出した信号でエンジン回転数を表示する計器を見ながら行ない、記録者がピックアップの信号をFFTアナライザーでモニターして、所定の回転数に達した時のデータ

Table 2. Specifications of Accelerometer (303A03)

Sensitivity	10	mV/g
Resolution	.02	g
Frequency Range	1-10K	Hz
Resonant Frequency	70K	Hz
Range for $\pm 5V$	500	$\pm g$
Size(Hex & Height)	9/32 x .4	in
Connector	Solder	
Weight (Norminal)	1.9	gf

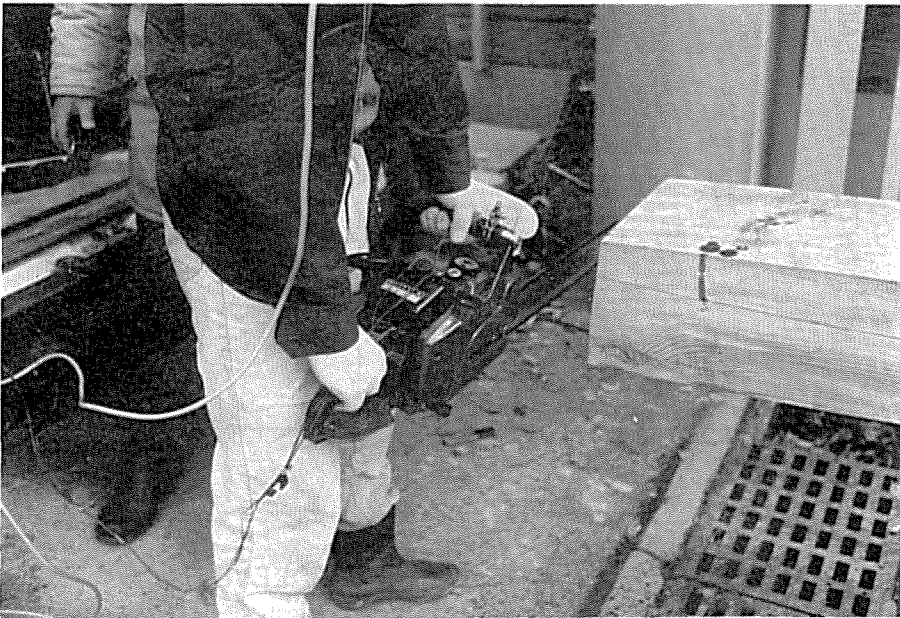


Photo 1 Cutting beech wood with TWIN CHAINSAW for vibration test

をテープに記録した。鋸断時は、オペレータはチェーンソーをほぼ水平にかまえて、最適鋸断状態になるようにスロットルを調節しながら、スパイクは使わずガイドバーの中心に試験材を当てて、真直ぐ下に押し下げながら切った。データは、切始めや切終りの不定常な時をさけて、ブナの場合はガイドバーが半分以上試験材にかくれた時からソーチェーンが試験材の下から顔を出すまで、スギの場合はガイドバーの上端が試験材の中心を通るまでのデータをテープに記録した。試験材は金属製の架台に固定し、鋸断時に不用意に動かないようにした。チェーンソーはあらかじめウォーミングアップを行ない、燃料・チェーンオイルを満タンにしてから実験を開始した。

データの収録時には、レーシング時・鋸断時ともに後でデータレコーダテープの同じ場所を再生出来るように 500 Hz の正弦波をマーカーとして1つのチャンネルに記録した。なお、この実験は高知大学農学部（高知県南国市）で行なった。

結果と考察

収録したデータは、後日1チャンネル毎に再生し、1/3オクターブバンドフィルターを通してFFTアナライザーにより周波数分析をした。各測点モードのデータは約2.3秒間の平均値を測定結果とした。また異なったチャンネルで、いつも同じ時刻のデータを再生するように、記録時にマークした信号をサンプリング用トリガとして使った。最終的には各測点・各測定モードで、8 Hz~1000 Hz の1/3オクターブバンド中心周波数に対応する加速度値22個が得られた。加速度値は dB で表示し、その関係は

$$100 \text{ dB} = 1 \text{ m/sec}^2 \approx 0.1 \text{ G}$$

$$120 \text{ dB} = 10 \text{ m/sec}^2 \approx 1.0 \text{ G}$$

1/3 OCTAVE BAND CENTER FREQUENCY (Hz)

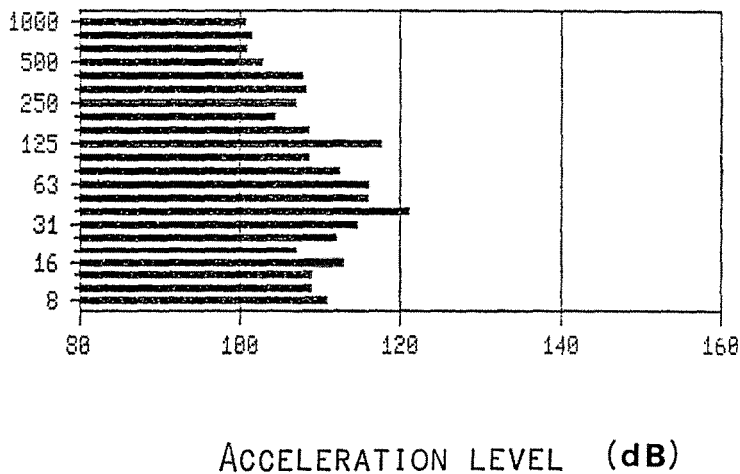


Fig. 2 Vibration of TWIN CHAINSAW at the front handle (Front & Back direction, cutting beech)

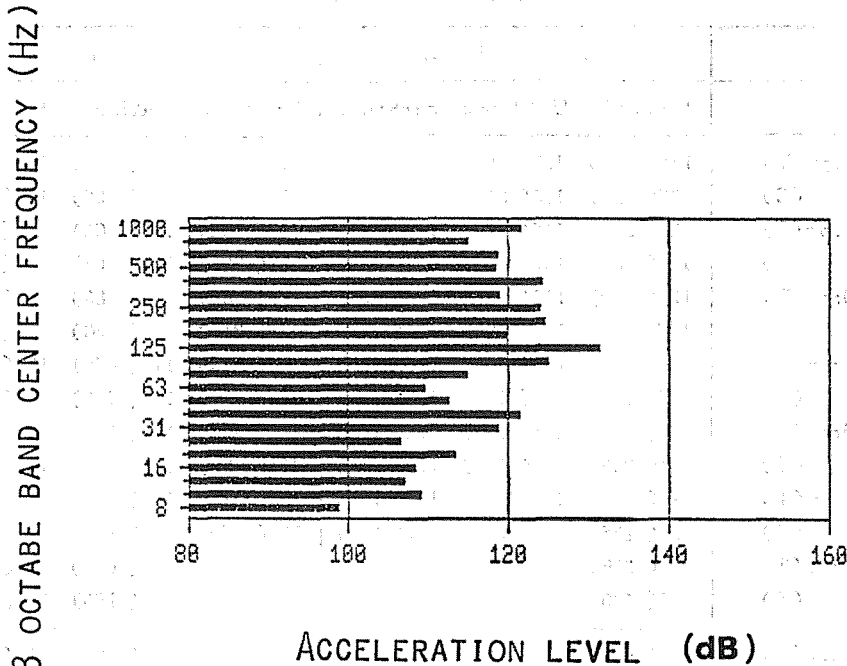


Fig. 3 Vibration of SINGLE CHAINSAW at the front handle (Front & Back direction, cutting beech)

である。

Fig. 2, 3 はツインチェーンソー、シングルチェーンソーによるブナの鋸断時・前ハンドル前後方向の周波数分析結果である。この図や、他の測点・測定モードの結果を見てまず最初に気付くのは、ツインチェーンソーではエンジン回転数に対応する周波数（以下「 f_0 成分」と呼ぶ）に必ずしも最大加速度値が存在せず、 $2f_0 \cdot 3f_0 \cdot 1/2f_0 \cdot 1/3f_0$ などに存在することが多い。今回のシングルチェーンソーの周波数分析結果や、今まで測定したシングルチェーンソーの場合²⁾、各測定モードの最大加速度値と f_0 成分の値が一致していたが、今回は周波数に関係なく、最大加速度を取り出して測定結果の表、図を作成した。(Table 3, Fig. 4~9 参照)

表中の値は最大加速度値で（）内の数字はその加速度値に対応する1/3オクターブバンドフィルター中心周波数である。図は各測点でのレーシング時と鋸断時の加速度値をエンジン回転数に対応させてプロットしてある。レーシング時の回転数は測定時に確認してあるが、鋸断時の回転数はオペレータが鋸断し易いように調節している。そこで、鋸断時の回転数は、周波数分析の際に各測点の分析以外に、1 Hz~200 Hz の範囲でエンジン回転数に対応するピークを探してその周波数から換算した。

それぞれの測定方向について加速度値を検討してみると次のようなことが判った。

<前後方向>

前後方向は今回の実験に使用した2種類のチェーンソーともピストンの運動方向と一致しており、ツインチェーンソーとシングルチェーンソーのエンジン形式の違いがはっきりと現われる。

前ハンドルではレーシング時に 113 dB~122 dB、鋸断時には 118 dB~121 dB であり、すべての測定でシングルチェーンソーより振動が小さく、レーシング時で 4 dB~22 dB 低く、鋸断時で約 10 dB 低い。後ハンドルはレーシング時に 100 dB~113 dB、鋸断時に 121 dB~123 dB

Table 3. Accellration value of 6-points

dB (Hz)

	Front			Handle		
	Front & B	Up & Down	Right & L	Front & B	Up & Down	Right & L
3000rpm(T)	115(8)	113(50)	120(50)	111(50)	113(50)	112(50)
(S)	137(25)	115(315)	112(50)	119(50)	128(50)	116(50)
4000rpm(T)	113(200)	115(63)	110(20)	105(63)	117(63)	109(63)
(S)	127(63)	122(63)	120(63)	121(250)	128(63)	118(63)
5000rpm(T)	123(80)	116(80)	124(80)	110(80)	114(80)	108(80)
(S)	127(80)	129(80)	127(80)	122(315)	129(80)	117(80)
6000rpm(T)	117(315)	110(100)	115(100)	103(315)	114(400)	114(100)
(S)	127(100)	130(100)	131(100)	124(250)	126(100)	118(100)
7000rpm(T)	117(315)	108(125)	116(125)	100(250)	111(125)	112(315)
(S)	134(250)	131(125)	128(125)	124(125)	128(125)	123(250)
8000rpm(T)	118(250)	113(250)	119(125)	109(125)	112(630)	115(250)
(S)	136(125)	132(125)	127(250)	131(250)	133(125)	129(125)
9000rpm(T)	122(315)	115(160)	121(160)	113(160)	112(630)	117(315)
(S)	129(100)	137(160)	128(160)	136(315)	135(160)	132(160)
Cutting(T) S1	120(400)	115(63)	122(63)	121(63)	120(63)	117(250)
(S)	129(100)	128(100)	131(100)	125(200)	124(100)	119(315)
Cutting(T) S2	119(63)	116(8)	120(63)	122(63)	121(63)	116(63)
(S)	131(125)	129(125)	123(315)	127(315)	129(125)	125(125)
Cutting(T) S3	118(315)	116(16)	123(8)	122(50)	116(50)	115(8)
(S)	129(100)	130(100)	131(100)	129(250)	125(1100)	119(400)
Cutting(T) B1	121(250)	115(40)	122(40)	123(40)	122(50)	116(80)
(S)	130(100)	129(100)	127(100)	125(315)	126(100)	119(100)
Cutting(T) B2	120(250)	115(40)	123(8)	122(40)	121(40)	116(250)
(S)	130(100)	129(100)	127(100)	125(315)	126(100)	119(100)
Cutting(T) B3	121(40)	113(315)	122(40)	122(40)	120(50)	116(40)
(S)	132(100)	127(125)	125(100)	128(125)	128(125)	125(125)

S1-S3: Cutting Japanese Cedar
(T): TWIN CHAINSAW

B1-B3: Cutting Beech
(S): SINGLE CHAINSAW

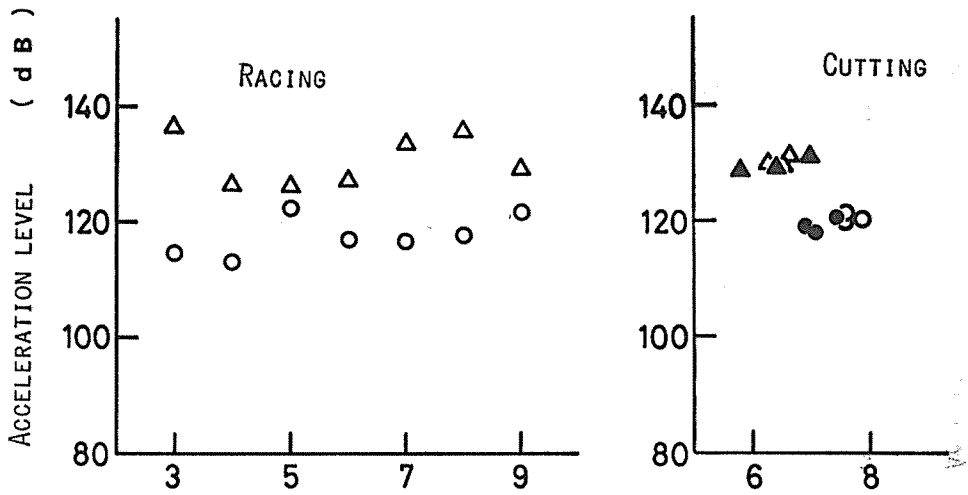
で、鋸断時の方が振動が大きい。前ハンドルと同様にすべての測定でシングルチェーンソーより振動が小さく、レーシング時で 8 dB~24 dB 低く、鋸断時は約 4 dB 低い。

つまり、レーシング時にはエンジンだけが振動源であり、ツインチェーンソーの振動はかなり小さいが、鋸断時にはソーチェーンと材との衝撃などの振動も加わり、後ハンドルでツインチェーンソーの振動が大きくなって、シングルチェーンソーとの差が小さくなったものと思われる。

<上下方向>

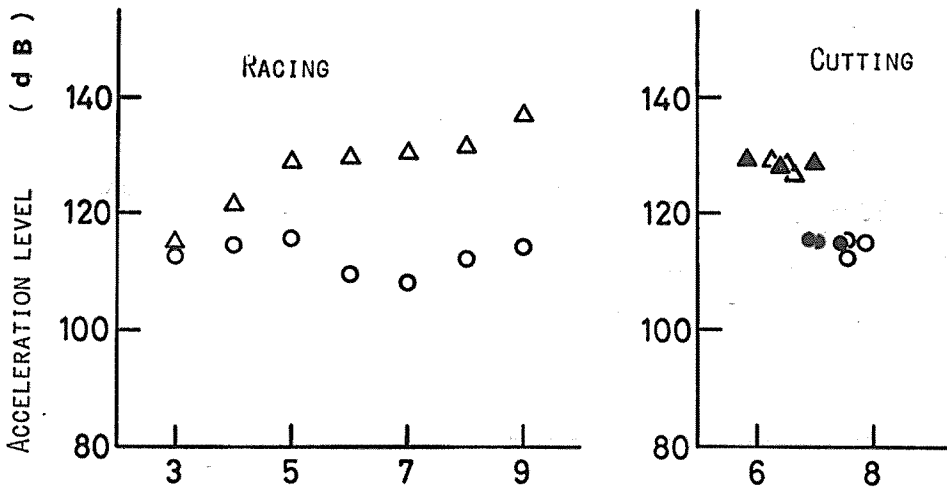
この方向は、ピストンのクランクシャフトの回転する 2 次平面と一致し、鋸断時には材を押し下げる方向と一致する。

前ハンドルではレーシング時に 108 dB~116 dB、鋸断時に 113 dB~116 dB であり、すべての測定でシングルチェーンソーより振動が小さく、レーシング時で 2 dB~23 dB 低く、鋸断時で約 13 dB 低い。後ハンドルではレーシング時に 111 dB~117 dB、鋸断時に 116 dB~122 dB



ENGINE REVOLUTION (1000RPM)

Fig. 4 The maximum value of vibration at the front handle (Front & Back direction). Circle means TWIN CHAINSAW and triangle means SINGLE CHAINSAW. When cutting, white means cutting beech and black means cutting Japanese cedar.



ENGINE REVOLUTION (1000RPM)

Fig. 5 The maximum value of vibration at the front handle (Up & Down direction). Circle means TWIN CHAINSAW and triangle means SINGLE CHAINSAW. When cutting, white means cutting beech and black means cutting Japanese cedar.

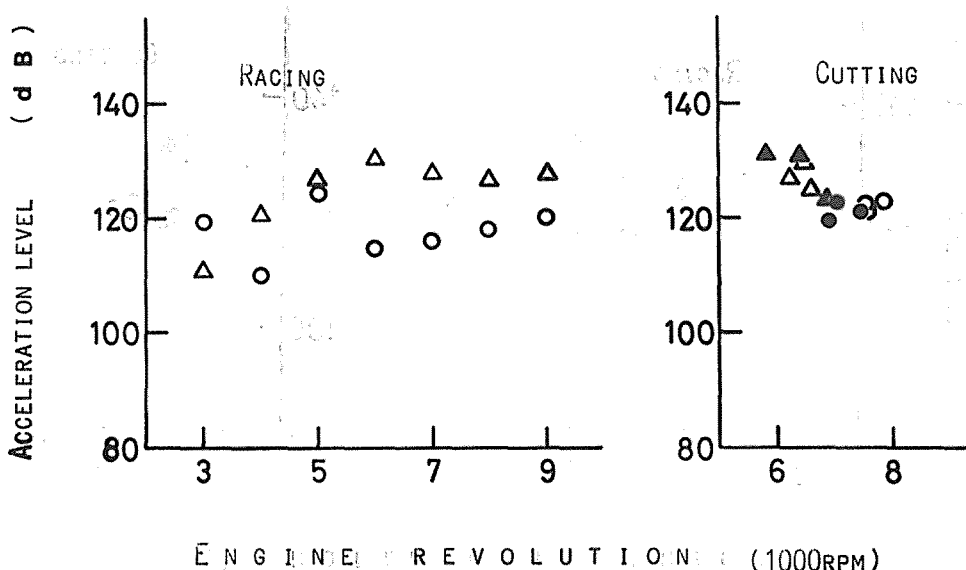


Fig. 6 The maximum value of vibration at the front handle (Right & Left direction). Circle means TWIN CHAINSAW and triangle means SINGLE CHAINSAW. When cutting, white means cutting beech and black means cutting Japanese cedar.

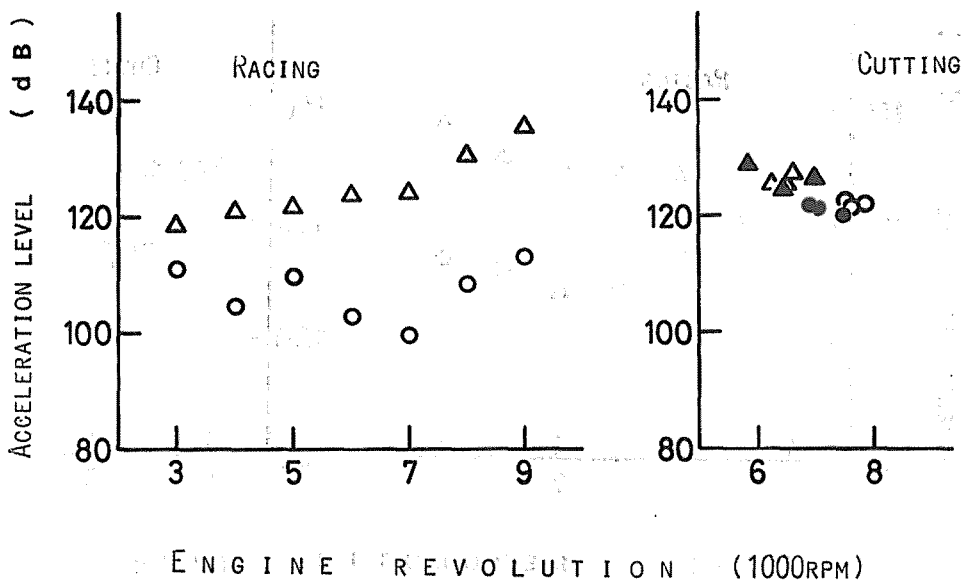


Fig. 7 The maximum value of vibration at the rear handle (Front & Back direction). Circle means TWIN CHAINSAW and triangle means SINGLE CHAINSAW. When cutting, white means cutting beech and black means cutting Japanese cedar.

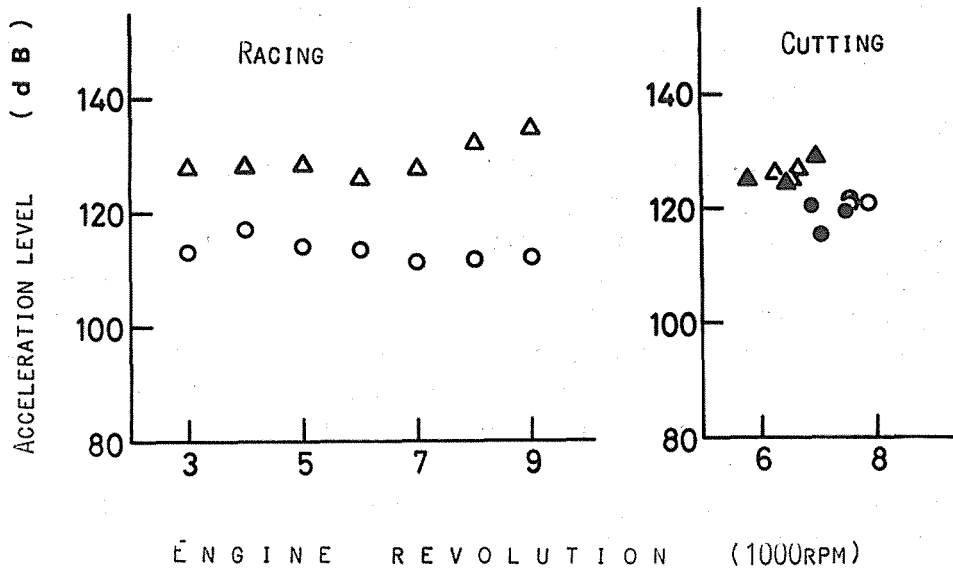


Fig. 8 The maximum value of vibration at the rear handle (Up & Down direction). Circle means TWIN CHAINSAW and triangle means SINGLE CHAINSAW. When cutting, white means cutting beech and black means cutting Japanese cedar.

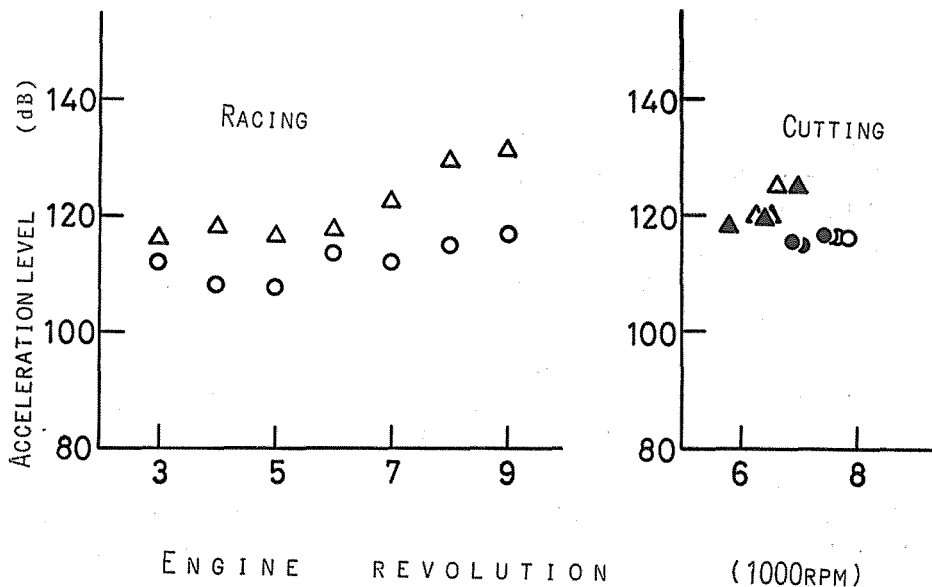


Fig. 9 The maximum value of vibration at the rear handle (Right & Left direction). Circle means TWIN CHAINSAW and triangle means SINGLE CHAINSAW. When cutting, white means cutting beech and black means cutting Japanese cedar.

で、鋸断時の方が振動が大きい。前ハンドルと同様にすべての測定でシングルチェーンソーより振動が小さく、レーシング時で 13 dB~23 dB 低く、鋸断時で約 5 dB 低い。

鋸断時の後ハンドルでツインチェーンソーの振動が大きくなるのは、前後方向と同様に鋸断時の衝撃が加わるためと思われる。

<左右方向>

この方向は従来のチェーンソーでは振動の小さい方向であるが、ツインチェーンソーではシリンダーの中心線のずれによる影響と関連がある。

前ハンドルではレーシング時に 110 dB~124 dB、鋸断時に 120 dB~123 dB であり、3000 rpm を除くすべての測定でシングルチェーンソーより小さい。レーシング時に、3000 rpm では 8 dB 大きくなっているが、他の回転数では 3 dB~16 dB 小さくなっている。後ハンドルではレーシング時に 108 dB~117 dB、鋸断時に 115 dB~117 dB で、すべての測定でシングルチェーンソーより振動が小さい。その差はレーシング時で 4 dB~14 dB、鋸断時で約 5 dB である。

前ハンドルの 3000 rpm でシングルチェーンソーより大きい振動を測定したが、これはツインチェーンソーのエンジン部に残る左右方向のアンバランスによるものであろう。しかし上下方向でも 3000 rpm で前ハンドル部の振動はシングルチェーンソーと 2 dB しか差が無く、この回転数の場合には両者の差が少ないのかもしれない。

測定方向では、前ハンドルでレーシング時、鋸断時とも上下方向の振動が小さく、後ハンドルではレーシング時に前後方向、鋸断時に左右方向の振動が小さかった。

ま と め

今回の実験結果をまとめると次のようになる。

(1) ツインチェーンソーのエンジン部に対向 2 気筒同時爆発タイプを使用することによって振動を低下させる試みは成功しており、理論上同排気量の単気筒エンジンより重量が増加し出力が低下するという欠点は克服出来ていると思われる。

(2) ツインチェーンソーは従来のシングルチェーンソーと違って、 f_0 成分が必ずしも最大加速度値を示さないことが多い。これはエンジンの爆発に起因する振動が小さいことを意味し、これによりツインチェーンソーの振動レベルが下がっているのだから、好ましいことである。

f_0 成分以外で最大加速度値を示す周波数として、今回の測定では f_0 成分より高い所では 315 Hz と 400 Hz、低い所では 63 Hz と 40 Hz などがあった。

315 Hz あるいは 400 Hz と f_0 成分とは 3:1~4:1 の関係にあり、ツインチェーンソーのスプロケットの歯数 7 枚とソーチェーンのドライブリンク 2 枚に 1 枚カッター刃があることから考えて、カッター刃と材との衝撃に起因するものと思われる。

63 Hz と 40 Hz の成分については、今後のくわしい検討を必要とするが、振動加速度値は小さいけれども、同じ加速度値でも周波数の低いほど人体では強く感じることから考えると防振構造のより一層の改良が望まれる。

(3) 測定した 6 ヶ所すべて、また各測定においてもツインチェーンソーはシングルチェーンソーより振動が小さく、その差は数 dB~数十 dB である。ただし、レーシング時 3000 rpm のみ前ハンドル左右方向でシングルチェーンソーの方が小さい値を示している。これは、ツインチェーンソーのエンジン部のアンバランスによるものと思われ、今後の改良が望まれる。

(4) ツインチェーンソーのレーシング時と鋸断時を比較すると、鋸断時の方が大きい加速度値を示した。これは、エンジンの振動が小さくなったため、鋸断時のソーチェーンと材の衝撃、ガ

イドバーの横ぶれによる振動が目立ったものと思われる。

(5) 今回、試験材の硬さと振動の違いも調査目的に入っていたが、測定結果では加速度値ではこれといった傾向は見られなかった。しかし、材の硬さの違いは鋸断時の回転数の違いとして現われていたようだ。これは、鋸断時の回転数はオペレーターの操作し易いようにまかせておいたため、自然に鋸断に適した回転数に調節したことに起因する。

(6) 今後は、上述の問題点に加えてツインチェーンソーの長期間使用による耐久性、振動特性の変動などについて調査して行きたい。

最後に、実験用のツインチェーンソーを提供していただいた株式会社共立の方々、試験材を提供していただいた本学芦生演習林各位の御協力に感謝いたします。

引用文献および参考文献

- 1) 稲賀恒：低振動，低騒音チェーンソーの研究開発，労働衛生工学，p. 36～p. 50，22，1983
 - 2) 瀧本義彦他：チェーンソー用防振ハンドルの試作，京大演報，p. 178～p. 189，54，1982
 - 3) 山脇三平他：林業機械ハンドブック，スリーエム研究会，p. 161，1981
- 助永隆雄：水平対向2気筒エンジン付チェーンソーの性能について，京大農卒論，1984

Résumé

In Japan, vibration disease caused by a CHAINSAW is one of occupational diseases. Last year, a new low-vibration CHAINSAW was developed by a Japanese CHAINSAW manufacturer. This CHAINSAW successfully attained low vibration by use of a two-cylinder two-stroke reciprocating engine in which the cylinders are opposed in a horizontal plane combusting simultaneously by means of an electronic ignitor.

We measured the vibration of this new CHAINSAW by a hand held method. The result is that the vibration level was about 120 dB and was a few or several dBs lower than that of an one-cylinder type CHAINSAW.

In theory this two cylinder type CHAINSAW is slightly less power and heavier than a one-cylinder type CHAINSAW powered by an engine with the same strokevolume; but this was not felt in the testing. Durability of the low vibration characteristics is yet to be studied and reported.