

## チェーンソーの木材鋸断振動 (Ⅲ)

伏見知道\*・江崎次夫\*\*・青野忠勝\*\*\*

### On the Vibration of the Chainsaw in Timber Cross Cutting (Ⅲ)

Tomomichi FUSHIMI, Tsugio EZAKI and  
Tadakatsu AONO

**Summary:** In the former report, the author clarified the variation of vibration levels and the properties of some chainsaws with anti-vibration and shock-absorbing handle system in timber cross cutting. This report deals with the study on the variation of the handle's vibration of the gasoline engine chainsaw by the change of the conditions in timber cross cutting.

The variation of vibration in timber cutting is in direct proportion to the hardness of timber and to the moisture content. Then the difference of the histology of the cutting timber, the inner stress of timber and the number of revolution of chainsaw engine are considered to have great influence upon the measured values. The vibration levels, therefore, always varied during the timber cutting.

1) The over all levels of chainsaw's vibration go down or rise corresponding to the change from the number of revolution in racing to that in timber cutting. While, the composition of frequencies and the level of each frequency change with the change of number of revolution. During the cutting the fundamental wave and the frequency components with the timber cutting, namely lower waves than the fundamental wave, are raised to higher level than their levels at the same number of revolution in racing.

2) The vibration of chainsaw's handle with the anti vibration system even shows the considerable high levels of the frequency components in timber cutting. And the levels situate above the level of ISO exposure criterion, hence, the operator is only permitted about a half hour per a day on the operation of chainsaw.

3) At the handles of chainsaw the vibration value changes very intricate and a wide range with the change of the sawchain's tension, and then in timber cutting the vibration value generally becomes large with the rise of sawchain's tensiety.

4) The vibration value of anti-vibration handle in timber cutting becomes large with the increase of the number of revolution of chainsaw in cutting and the increase of vibration become large with the rise of sawchain's tensiety.

5) To reduce the exposure of vibration per a unit area cutting, it needs to pertinently reduce the sawchain's tension and cut down by the weight of chainsaw itself from the number of revolution, 7000-8000rpm, in racing, at manual suspension (M) of chainsaw.

---

\* 森林工学講座助教授  
\*\* 附属演習林助手  
\*\*\* 附属農業高等学校教諭

**要 旨** チェンソーの各部の木材切削時振動レベルは、木材組織構造の差、硬さ、内部圧力の影響、含水率等の不均整および、チェンソーの回転数や支持状態の変動の影響を受け、常に微妙な変動をしている。

1) チェンソーの空転時一定回転数は、木材切削により低下し、切削終了とともに上昇し、一定回転数に戻る。したがって、チェンソーの振動の木材切削による基本的変化は、回転数の変化に対応する周波数構成および総合レベルの変化と、木材切削に基づく各周波数レベルの変化、特に基本振動数より低い周波数域のレベル(木材切削時成分)が著しく上昇する点にある。

2) 防振効果が高いハンドル部でも基本振動波を含む木材切削時成分のレベルが相対的に高く残り、ISO暴露限度に照らすと連続1時間程度が許されるにすぎない。

3) ガソリンエンジン機ハンドル部の振動値の、ソーチェン緊張度の違いによる変化は複雑でかなり大きい。木材切削時の振動値を一層小さくするためには、ソーチェン緊張度を適切に保つ必要がある。

4) 防振形ハンドル部においても、木材切削中回転数が高い程、振動値も大きく、ソーチェン緊張度が大きくなるとその差が強調されてくる。

5) 結局、単位面積切削時振動暴露量  $V_e = G_w \times S_v$  を小さくするためには、ソーチェン緊張度を適切に緩め、チェンソー空転時回転数 7000~8000 rpm 一定として、自重降下切削することが有効である。

## は し め に

チェンソーの木材切削時振動は、切削抵抗の変化に影響されるが、空転時の振動からはほぼ推定し得るものである。チェンソーの切削抵抗は、木材の条件とチェンソー側の条件により影響される。前者には、切削幅、材の比重、含水率、硬さなどがある。材の硬さは容積密度数を以て一つの指標とすることができるが、材の組織構造の違いによって、また材の部位によって差がある。木材の容積密度の早材の値に対する晩材の値の比は樹種によってかなり違うが、およそ 1.5~3.0 の値<sup>1)</sup>を取っている。この比が大きいほど早材と晩材の差が明確で材質の変動が大きい。ケヤキやブナのような広葉樹材は、針葉樹に比べるとこの比がかなり小さく、材質の変動もかなり小さい。又、繊維方向に直角に切削する時は、早晚材のために切削抵抗の変化が周期的となるが、晩材率(年輪幅の中に占める晩材幅の割合)が大きくて年輪密度も大きい木材では、切削抵抗の変化の周期が短かく、切削時の切削刃による衝撃的影響の交互出現の頻度が高くなるため、それによって生ずる振動の変動も比較的平坦となるであろう。しかし、晩材率が小さくて、年輪密度も小さい木材では、切削抵抗の大きい晩材と切削抵抗の小さい早材部が、比較的長い周期をもって交互にあらわれることになり、強い衝撃力と明らかに弱い衝撃力との交互作用も顕著に受けることになるため、年輪幅が大きく、しかも、早晚材の容積密度数の差が大きいスギ材などでは平均的硬さが小さい割には、振動の変動幅が大きく、平均的振動レベルが比較的高くなりがちになるわけである。

ここにチェンソー振動の木材切削に伴ない顕出する成分の実態を明らかにするとともに、木材切削時振動に影響する二三の因子について検討したうえ、許容限度に照らした評価を進め、作業者に対する振動暴露量を最低にする条件についても検討したので報告する。

## 実 験 方 法

チェンソーハンドル部の振動を振動計 VM-4203 で三方向同時に測定した後、データレコーダ R-400 に記録し、後刻反復再生しスペクトル分析器 S M-2200 および 3 分 1 オクターブ分析器 S A 56 A で周波数分析した(木材の切断所要時間はストップウォッチで計測)。

供試チェンソーは、ハスクバーナ 65 型およびマッカラー 2-10 型で、受振器固定具は、L 型を、木材切削時は M<sub>1</sub> 支持によった<sup>2)</sup>。ソーチェン緊張度は、案内板の有効長に対する、有効長中央において、3

Table 1. The sawchain's tension of the chainsaws

chainsaw \ Tension	t <sub>0</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>
Hg. 65(F.H.) S	14.2 mm	12.9 mm	11.5 mm	9.0 mm	7.4 mm
ℓ = 46cm S <sub>ℓ</sub> × 100	3.1 %	2.8 %	2.5 %	2.0 %	1.6 %
chainsaw \ Tension	t <sub>0</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>		
Hg. 65(V. I. H.) S	12.8 mm	10.5 mm	7.2 mm		
ℓ = 42cm S <sub>ℓ</sub> × 100	3.0 %	2.5 %	1.75 %		
chainsaw \ Tension	t <sub>0</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	
MAC. 2-10 S	18.6 mm	15.9 mm	10.6 mm	7.9 mm	
ℓ = 47cm S <sub>ℓ</sub> × 100	3.3 %	2.7 %	2.1 %	1.6 %	

kg牽引によって生ずる間隙の割合を百分率で示した値により、表-1のように分類している。

## 結果と考察

### (1) ハンドル部振動の木材切削に伴う基本的変化

#### (a) 総合レベルの連続的变化

チェーンソーの空転時一定回転数(フルロットル時回転数を任意一定回転数に固定すればよい)から、木材を切削し始め鋸断終了までの、ハンドルバー上部の振動加速度レベルの連続的变化の例を図-1に示す。木材切削抵抗により、チェーンソー回転数は空転時一定回転数より減少し、一般に振動加速度レベルも低下し、切削中その状態を保つが、切削終了とともに再び回転数が上昇するため振動加速度レベルも上昇する。木材切削中の振動レベルは、木材の組織構造の差・硬さ・内部圧力の影響、含水率等の不均質性およびチェーンソーの支持状態や回転数の変動を繰り返している。特に心材部切削時は、内部圧力のために締めつけが働いて切削むらが強まり振動レベルの変動が増す場合がある。

#### (b) スペクトルレベルの変化

木材切削時振動レベルの連続的变化を、3分1オクターブ帯域周波数成分別に分析記録した例を図-2に示す。空転時レベルから木材切削中2秒毎のレベルの変化を示しているが、各帯域のレベルも切削中、常に微妙な変動を繰り返している。

空転時一定回転数に固定して木材を切削し始めると、木材の切削抵抗のため、機関回転数が低下し、それだけ基本振動数が小さくなる。従って、空転時基本振動波のレベルが低下し、切削中の機関回転数に対応した振動数のレベルが上昇し、切削時振動の基本振動波を形成する。そして、切削時基本振動波(本例 80 Hz)より低い周波数帯域のすべてのレベルが著しく上昇する。これに対し、基本振動数より高い周波数帯域では、第2高調波帯域(図中、160 Hz)で、空転時のレベルより著しく上昇

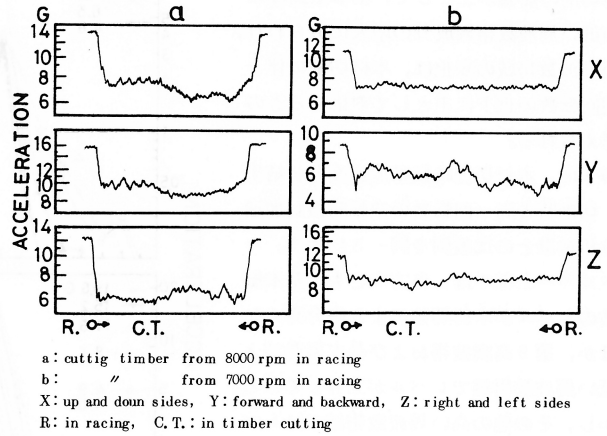


Fig.1 The change of vibrational acceleration at upperpart of the chainsaw handlebar in timber cutting.

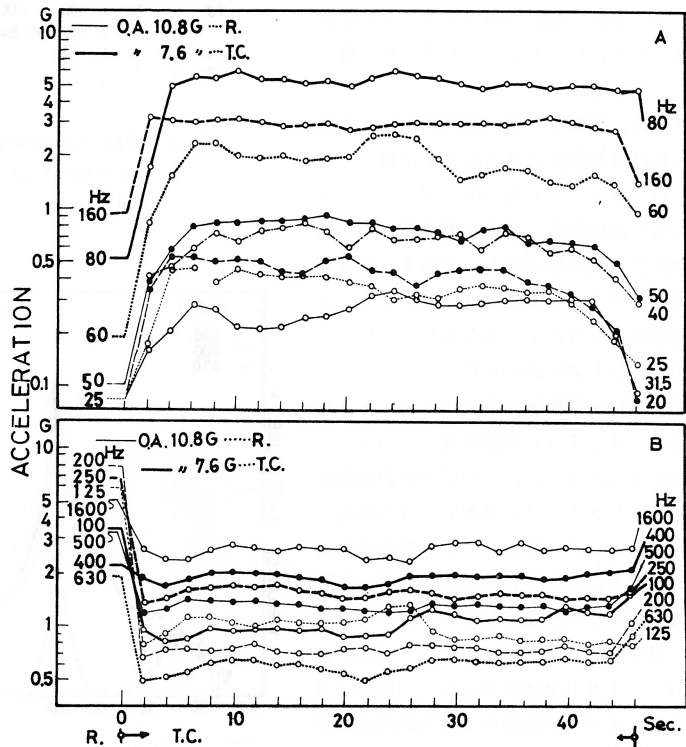


Fig.2 The continued variation of the level of  $\frac{1}{3}$  octave band midfrequency with the timber cutting from the chainsaw revolution 7000 rpm in racing (at upper part of handlebar, X-direction).

するが、その他のすべての帯域のレベルが空転時より低下している。これらの結果は、木材切削の影響が主として、基本振動波以下の低い周波数帯域成分の増大にあらわれ、高い周波数帯域の変化は、木材切削に伴う機関回転数の低下に主として対応するものと考えられる。

つぎに、木材切削時振動加速度分析結果と、切削時と同一回転数の空転時振動加速度分析結果との比較例を図-3に示す。ハンドルバー上部では、各方向とも、基本振動波のレベルが木材切削により幾分高くなるほか、第2高調波帯および基本振動波より低い周波数帯域でレベルが上昇している。しかし、その他の高い周波数帯域ではレベルの上昇割合が一樣でなく、変化の様相は複雑である。ハンドルグリップ上部の例では、基本振動波および第2高調波のレベルが、木材切削時に上昇している。基本振動数より低い周波数帯域のレベルは、木材切削時に上下および左右方向で、明らかに上昇しているが、前後方向では全くその様相がみられず、ハンドルバー上部とやや趣を異にしている。

さらに、空転時と木材切削時の同一回転数における振動変位分析結果を比較してみる。ハンドルバー上部の例(図-4)では、固定形と防振形のいずれの場合でも、木材切削により基本振動波および第2、第3高調波のレベルが上昇するばかりでなく、基本振動数の2分の1の周波数を中心にレベルの著しい上昇が認められる。

(c) 木材切削振動加速度のスペクトル成分のレベルとISO暴露限度(1974)

先に述べたように、木材切削時の振動加速度のスペクトルは、基本的には空転時のスペクトルレベルに対し、基本振動波およびそれより低い、いわゆる木材切削時周波数成分のレベルが高くなる。ガソリンエンジン付チェンソーでは基本波のレベルが高いので、ISO暴露限界に照して評価する場合は、まず、空転時の基本振動波および低周波域成分のレベルがどの程度の低さにあるかが問題になる。それは木材切削時のレベルについては、空転時のレベルから大体の推定評価が可能だからである。

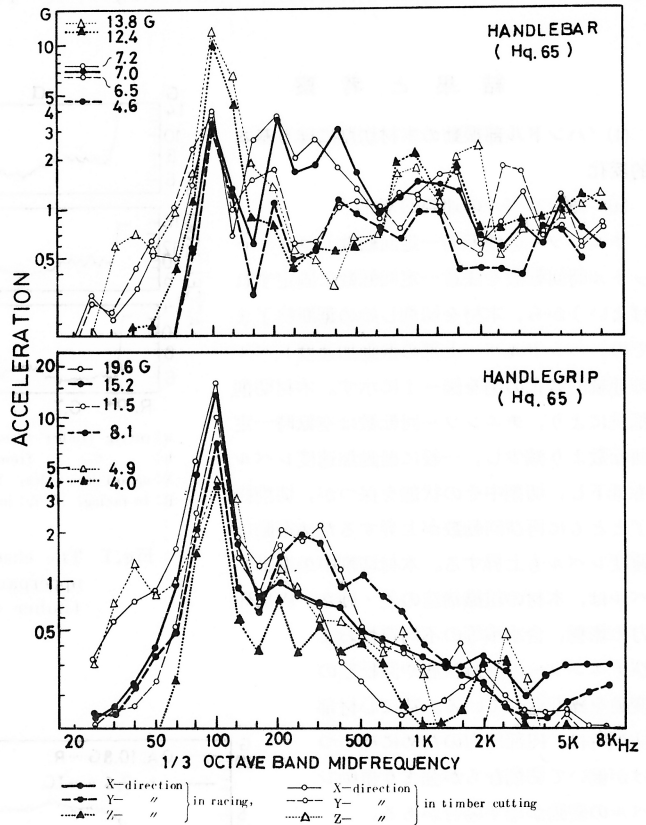


Fig.3 The frequency analysis of the vibrational acceleration of chainsaw handles in timber cutting

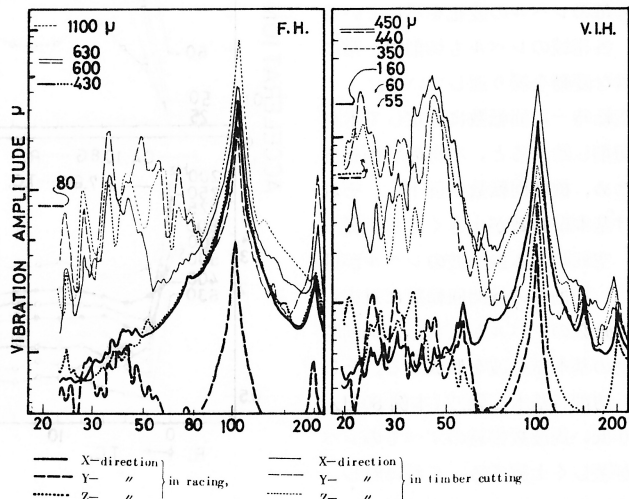


Fig.4 The frequency analysis of vibration amplitude of chainsaw in timber cutting



チェーンソーの防振構造の防振効果が相当高い場合であっても、図-5に示すように気乾材で木材切削抵抗がかなり大きい例では、木材切削時成分がかなり高いレベルにあらわれ、その空転時レベルに対する上昇範囲は、防振構造の良否にあまり左右されず、1日1時間30分程度の連続暴露が許される限度に達する。したがって、ISO暴露限度('74)による評価を左右するものは、基本振動波のレベルを支配するところの原動機の基本的形式と回転数および木材の切削抵抗を左右する諸条件のいかんが、重要な条件因子となっている。

(2) ソーチェーン緊張度の違いと木材切削時振動の変化

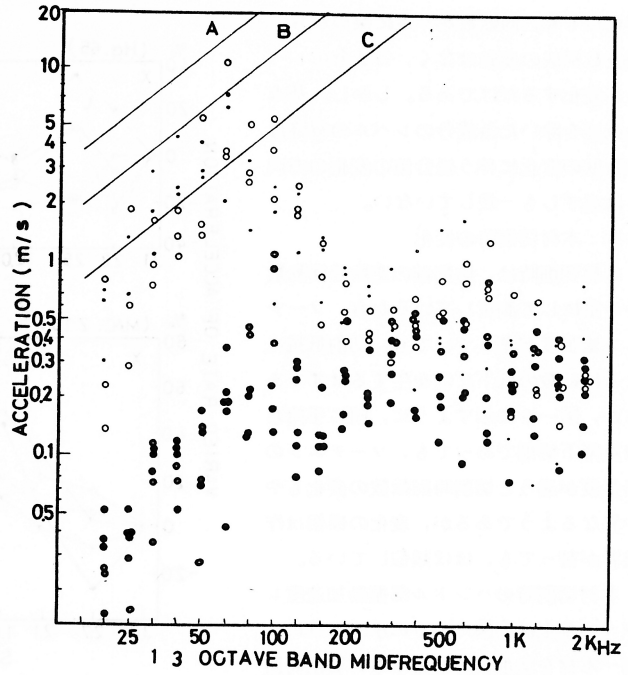
ガソリンエンジン機において、ソーチェーン緊張度の違いが、木材切削時のハンドル部振動加速度に及ぼす影響を観察した。

(a) 空転時における変化

まず、チェーンソー空転時の緊張度  $t_0$  状態における振動加速度の変化は、図-6のとおりであり、 $t_0$  状態における測定値に対する各緊張度における測定値の増減を変動率として、その変化を図-7に示す。また、各測定値の分散分析結果を表-2に示す。

固定形ハンドルバーおよびハンドलगリップの例(Hq.65)と防振形ハンドルバーの例(Hq.65)では、測定値の変動はかなり大きく、かつ複雑で、ソーチェーン緊張度の増加に伴ない減衰する例が多いが、一定の変化の様相をうかがうことはむづかしく、測定値間の差には、ほとんど有意性がみとめられない。一方、かなり使い古されたチェーンソーの固定形ハンドルバーの例(M.2-10)では、上下および左右方向の  $t_1$  状態で値が低く、以後緊張度が増すにつれ、測定値が増加する傾向を示す。しかし、前後方向では、変化の様相がやや複雑で、 $t_1$  状態で上昇する例が多く、ソーチェーン緊張度が増大しても振動値はかならずしも増大していない。これらの値を分散分析した結果、上下および左右方向の測定値間に有意差が認められ、 $t_4$  状態での値が明らかに大きいことを示した。

つぎ、固定形ハンドルバーにおける上記振動レベルの変化を分析結果で示すと、図-8のようである。緊張度が



○, ○ : in seasoned timber cutting handlebar, handle grip  
●, ● : in racing handlebar, handle grip; A.B.C. : ISO limits.

Fig.5 The distribution of the acceleration levels at handles of a chainsaw with rotary machine

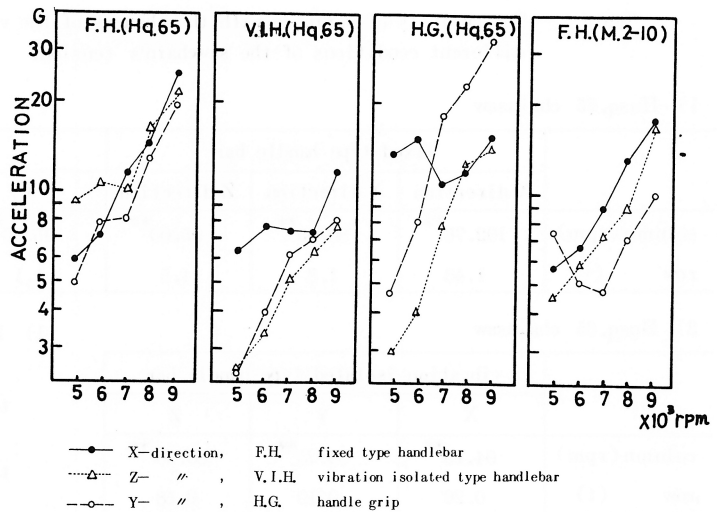


Fig.6 The change of acceleration values of chainsaw handles in  $t_0$  state of sawchain's tension.

変化しても、回転数を一定に保つから、周波数構成の変動はなく、各成分のレベルが変化しただけである。しかし、基本振動波を除いた各成分のレベルの昇降は、緊張度の変化に伴う総合値の変化の方向とは必ずしも一致していない。

(b) 木材切削時の変化

木材切削時は、切削前の空転時回転数を一定にして測定しているから、ソーチェン緊張度が違っていても、切削抵抗による回転数の低下だけを生ずるはずであるが、図-9に示すように、同じ持ち手自重降下切削であっても、ソーチェンの緊張度が違うと切削時回転数の変化もやや異なるようであるが、変化の様相は作業者が替っても、ほぼ類似している。

木材切削時のハンドル部振動加速度レベルの変化は、図-10に示すように、同一木材を切削した場合でも、切削時回転数あるいは、ソーチェン緊張度の変化によって、複雑な変動を示している。木材切削前空転時回転数8000rpmでは、ソーチェンが最もゆるい  $t_0$  状態で振動

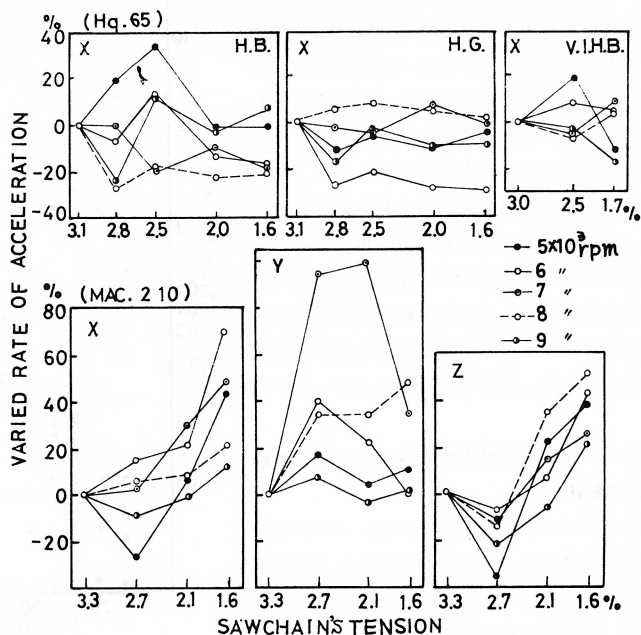


Fig. 7 The varied rate of the acceleration of chainsaw handle's vibration with the change of sawchain's tension.

Table 2 The analysis of variance with the changes of the vibrational acceleration by the different conditions of the sawchain's tension.

1) Husq.65 chainsaw

	fixed type handle bar			handle grip		
	X direction	Y direction	Z direction	X	Y	Z
column (rpm)	102.76**	80.45**	95.00**	95.50**	156.40**	122.90**
row (t)	1.46	1.8	4.5	1.1	1.4	2.1

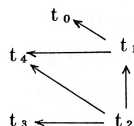
2) Husq.65 chainsaw

	vibration isolated type handle bar		
	X	Y	Z
column (rpm)	64.15**	54.73**	33.90**
row (t)	0.26	0.10	0.58

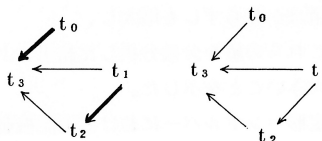
3) MAC2-10 chainsaw

	fixed type handle bar		
	X	Y	Z
column (rpm)	170.60**	28.20**	67.60**
row (t)	16.30**	3.00**	9.90

1) Z direction



3) X direction Z direction



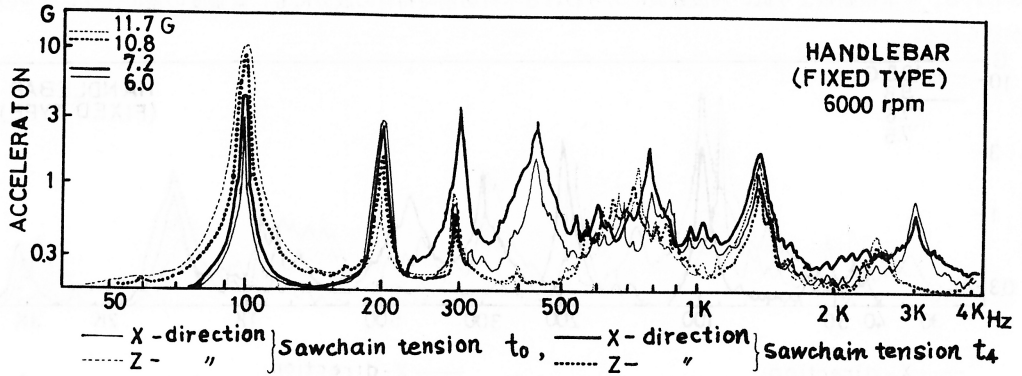


Fig. 8 The frequency analysis of acceleration with the change of sawchain's tension in racing.

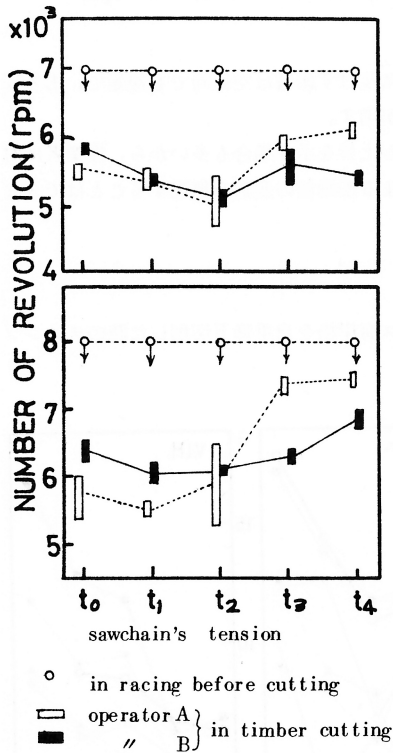


Fig. 9 The number of revolution of chainsaw in timber cutting that cut away by the weight of chainsaw itself

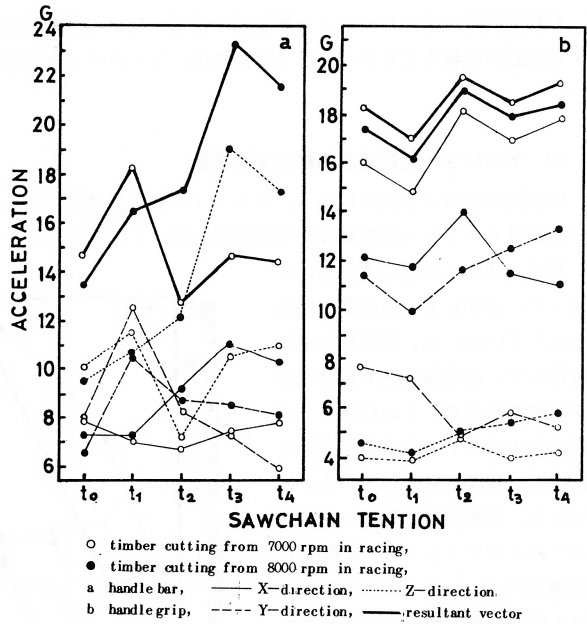


Fig. 10 The change of acceleration at the chainsaw handles with the change of sawchain's tension in timber cutting.

加速度レベルが小さい例が多い。これをさらに、三直角方向のベクトル合成値についてみると、ソーチェーン緊張度の増加とともに、漸増の様相を示す場合が多い。

木材切削中の振動加速度に対する、ソーチェーン緊張度の変化の影響を分析結果で示すと図-11 のようである。この例では、ソーチェーン緊張度  $t_0$  状態に比べて、 $t_4$  状態での木材切削による回転数の低下がやや少なく、基本振動数がやや大きい。高周波域での周波数構成は、空転時とほとんど変わらないが、レベルの変動がわずかにう

かがわれる。基本振動数より低い周波数域にあらわれる木材切削時特有の成分にも、緊張度の差に伴うレベルの変化が見られる。

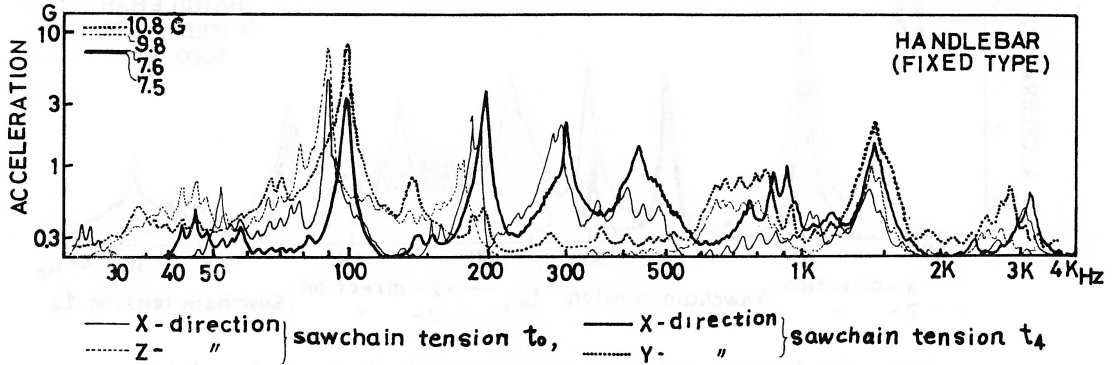


Fig.11 The frequency analysis of acceleration with the change of sawchain's tension in timber cutting. (cut away by the weight of chainsaw itself from the 7000 rpm in racing, at M<sub>r</sub>-suspension)

以上のようにソーチェン緊張度の変化が、ハンドル部の振動加速度値に及ぼす影響は空転時でも複雑で、ある程度使用された案内板やソーチェンを組み合わせた場合は、有意差を示す例が増す。

木材切削時には、ソーチェン緊張度の増加につれて振動加速度レベルが上昇を示す場合も多いから、作業者に対する振動の影響をより少なくするためには、ソーチェン緊張度の変化による振動値の変動を無視することはできない。

### (3) チェンソー回転数と木材切削時振動

切削前空転時一定回転数から、チェンソーを手持M<sub>1</sub>支持し、フランス海岸松を自重降下切削した時のチェンソー回転数とハンドル部振動加速度の関係を図-12に示す。

測定方向および緊張度の違いによって、必ずしも一樣の変化傾向を示していないが、回転数の増加に伴って、振動加速度もほぼ増加する様相を示す。この点は、三方向成分のベクトル合成値の変化を見ると一層はっきりしている。すなわち、振動値は固定形ハンドルバーおよびグリップで、緊張度  $t_0$  状態 8000 rpm から切削する時に最も低い値を示すが、防振形ハンドルバーを含むすべての結果において、ほぼ切削時回転数の増加とともに、振動加速度値が増大している。

一般に、非防振型チェンソー各部の振動加速度値は、空転時回転数の上昇に伴って増大する。また、木材切削時の振動値は、切削中回転数と同回転数における空転時の振動値よりやや高い値を示すの

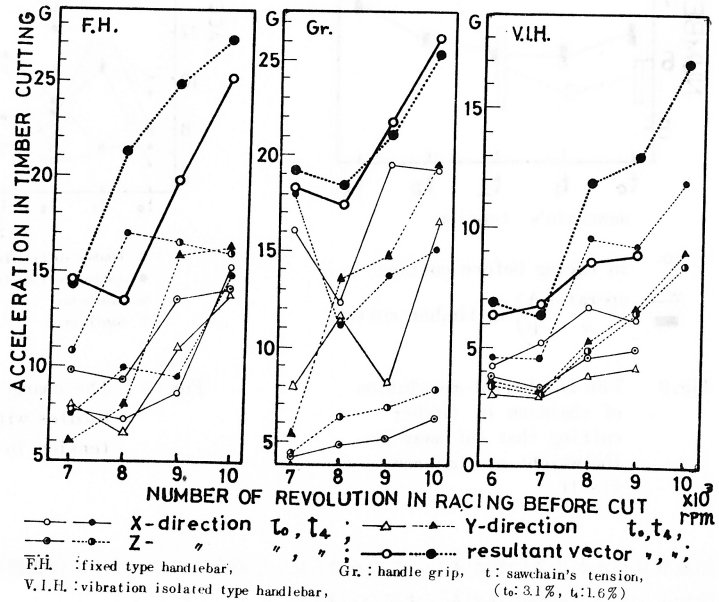


Fig.12 The variation of vibration acceleration of chainsaw in timber cutting with the change of number of revolution (rpm).

が普通で、防振型チェーンソーでも、吸振効果によって違うが、ほぼ同様の傾向を示すことに変わりない。したがって、木材をチェーンソーの自重により降下切削する時は、切削前空転時回転数が高いほど、切削中回転数も高いから、上記の結果は、初めのチェーンソーの木材切削振動試験結果から推定し得たものと一致する。

以上の結果に、ソーチェーン緊張度の違いを合せ考察すると次のようになる。すなわち、ハンドルバーにおける振動値はソーチェーン緊張度が大きいほど、回転数の上昇に伴う振動加速度値が大きい。防振形ハンドルバーの高回転数において、緊張度の違いによる差が大きく、固定形ハンドルバーにおけると同様の増加量を示した。これは、ソーチェーン緊張度が増すと振動量の増加が大きいため、防振ゴムの振動抑制効果にもかかわらず、固定形ハンドルバーにおける変化傾向と同様の傾向を示すに至ると考えられる。

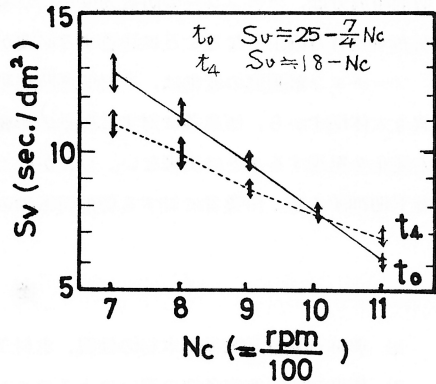
ハンドルグリップ部では、ソーチェーン緊張度の違いによる振動レベルの差は少ないが、振動値は、高回転数で、緊張度の大きい場合の方が低い値を示している。

この例から、空転時チェーンソー回転数を7000～8000rpmに保って自重降下切削すると、チェーンソーハンドル部における、木材切削時振動値を低くすることができることを示している。

#### (4) 振動暴露量を最低にする木材切削

前項の実験に際し、チェーンソー回転数とチェーンソーの自重降下による木材切削所要時間を計測した結果から単位切削面積あたり振動暴露時間を求め、切削前空転時に一定に固定した回転数との関係を図-13に示す。回転数の増加とともに切削速度は上昇するから、単位切削面積あたりの切削所要時間、すなわち振動暴露時間は減少する。その変化はほぼ一次直線的で、回転数の変化に対し反比例的関係が認められる。

一方、図-12に示したように、回転数の上昇とともに木材切削時振動加速度レベルは上昇する。したがって、木材切削時振動加速度(Gw)と単位切削面積あたり振動暴露時間(Sv)の相乗積を単位切削時振動暴露量(Ve)と考え、 $Ve = Gw \times Sv$  ( $G \times \frac{\text{sec}}{\text{dm}^2} = \frac{9.8}{\text{cm sec}}$ ) が最も小さくなるような回転数で、木材の切削を行うのが、作業者の振動暴露量を規制するのに有効なことを示している。



$N_c$  : Number of revolution chainsaw in racing before cut

$S_v$  : time exposed hands to vibration per a unit area cutting

Fig.13 The relation between the time exposed hands to chainsaw vibration in timber cutting and number of revolution in racing before cut.

Table 3 The exposed value of vibration per a unit area cutting.

situation and sawchain's tension		rpm. in racing before cut			
		7000 rpm	8000 rpm	9000 rpm	10000 rpm
Fixed type handle bar	$t_0$	190	151	189	189
	$t_4$	158	214	214	204
Handle grip	$t_0$	237	196	209	192
	$t_4$	212	184	181	192
Vibration isolated type handle bar	$t_0$	89	99	86	—
	$t_4$	69	120	112	131

ここにあげた例によって、 $V_e$  を計算してみると表-3のようになる。

固定形ハンドルバーとハンドルグリップを一体として考えると、8000 rpm に、また、防振形ハンドルバーとハンドルグリップの組合せの場合は8000ないし9000 rpm に、空転時フルスロットルの回転数を調節し、ソーチェン緊張度  $t_0$  状態で自重切削降下する場合に、振動暴露総量を最も少なくすることが出来ることになる。これ以外の回転数では、単位切削時振動暴露量 ( $V_e$ ) が大きくなるので適切でない。したがって、各種チェンソーについて、このように ( $V_e$ ) を検討し、適切な回転数をもって、そのチェンソーの空転時フルスロットル回転数とするのが望ましい。

## 結 び

チェンソー振動の木材切削による基本的変化は次の点にある。すなわち、切削に伴うチェンソーの機関回転数の変化に対応した周波数構成の変化と、基本振動波およびそれより低い周波数成分のレベルが著しく上昇する。この切削時成分は、チェンソーの防振効果が高い場合でも、高いレベルであらわれ、許容限度に照らした場合の評価を左右する有力因子となることに注意する必要がある。

ソーチェン緊張度の変化は、木材切削時振動値にも複雑に影響し、また、切削中チェンソー回転数が増すと振動値も大体増すから、作業者に対する振動の影響をより少なくするためには、ソーチェン緊張度の変化に伴う振動値の変化を無視することは出来ない。したがって、緊張度を緩め、空転時機関回転数7000～8000 rpm から自重降下切削する時、作業者に対する切削時振動の暴露量を最も少なくすることが出来る。

## 参 考 文 献

- 1) 農林省林業試験場：木材の性質、木材工業ハンドブック、107～110、1973
- 2) 伏見知道：測定条件の違いによるチェンソーハンドルの振動測定値の変化(英文)、愛媛大学農学部紀要、16:2、125～138、1972

(1975年7月28日受理)