

ソーチェーン緊張度の違いによる電動チェーンソー
ハンドル部振動測定値の変化

The Measured Values of a Electro-motor Chainsaw
Handle's Vibration and their Changes by Conditions
of the sawchain's tension

伏見 知道*・紫垣 英道**

Tomomichi FUSHIMI and Hidemichi SHIGAKI

Summary : This report dealt with the relation between the measured values of a electro-motor chainsaw handle's vibration and the changes of the sawchain's tension increased from t_0 -state to t_4 -state.

The vibration of the electro-motor chainsaw consists mainly of the high frequency components that derived from the rotary motion of the electro-motor, and the rotary motion of both the reduction gear and the sprocket with the sawchain running influence to it in racing. Then, the vibration that occurred by the cutter of sawchain is added to that in timber cutting

The impression given from the electro-motor chainsaw's vibration is an unlikely softness in comparison with that given from the gasoline engine chainsaw's vibration. But the vibration level of the electro-motor chainsaw is not so small as the impression.

The number of revolution of the electro-motor decreases with the increase of the sawchain's tension or the increase of the resistance by the timber cutting, and the frequency of the fundamental wave decreases.

The overall levels of the vibration increase on the handlebar and decrease on the handlegrip with the increase of the sawchain's tension in racing. When a timber is cut down by the weight of the chainsaw itself without pressure of the operator's arm, the overall levels of the vibration increase on the handlebar and on the handlegrip.

The operator, therefore, must moderately loosen the tension of sawchain to propagate less vibration in timber cutting.

*森林工学講座 助教授 **同 助手

要 旨 電動チェーンソーのソーチェーン緊張度の違いが、ハンドル部の振動測定値に及ぼす変化を調べた。電動チェーンソーの振動は、電動モーターの回転により生ずる高周波成分と減速歯車やソーチェーンとスプロケットによって生ずる振動その他からなる。ソーチェーン緊張度が増すと、振動値は、空転時にハンドルバーで増しグリップで減少するのに対し、木材切削時は両者とも著しく増した。周波数特性では、緊張度の増加あるいは木材切削時に回転数が低下するため、基本波およびソーチェーン走行周波数が減少する。しかし、各周波数成分は、一般に振動値の増加に応じてそのレベルが高くなる。したがって、木材切削時ハンドル部から作業者に伝達される振動を減らすためには、ソーチェーン緊張度を適度にゆるくする必要がある。

はじめに

チェーンソー空転時の振動値はかなり大きく、これに対する木材切削による振動値の増加も無視できないが、その周波数特性は空転時のそれからはほぼ推定しうるものである。したがって、ハンドル部への防振対策として、根本的にはガソリンエンジン自体の振動の軽減が考えられた。しかし、これには一応限界がある現状で、もっぱらエンジンからハンドル部へ伝達される振動を防振ゴムによって絶縁する方法が色々工夫されてきている。木材鋸断による振動の空転時の値に対する増加率は、固定形ハンドル系りで3~60%、防振形ハンドル系りで10~100%以上に達することがある。鋸断中のソーチェーンから受ける振動は、ソーチェーンの刃形・ピッチおよびスピード、スプロケットの構造、クランク軸トルクの大きさ、カッター刃の切削力(目立条件が影響)、鋸断材の硬さ・含水率・鋸き幅・材の組織構造の特徴など切削抵抗に関する因子に影響される。このことは、チェーンソーの使命である木材切削性能に関係する因子が、同時に作業者に伝達される振動値の大きさおよび受振時間に影響するものであることを意味し、チェーンソーの取扱・整備要領が重視される理由も、ここにあるわけである。

チェーンソー整備にあたり、基本的であるソーチェーンの張りについて、鋸断トルクと一定の関係²⁾があり、鋸断面積速度を左右するものである点、経験的判断と一致することが示されている。一般にソーチェーンをゆるく張れば鋸断速度も早く、振動値も小さいと言われるが、この点の測定例が少ない。そこで、電動チェーンソーにつき、ソーチェーン緊張度と振動測定値の変化の関係を検討した。実験に協力してくれた本学学生西脇定信君に感謝する。

実験方法

供試機：新大和電動チェーンソーA303：モーター(100V, 600W)，歯車減速比8：49，案内板40cm

ソーチェーン緊張度：次のうち主として $t_1 \sim t_4$ 状態で測定検討した。

	自然垂下量	3kg牽引間隙量(率)
t_0 ;	6.5mm	11.1mm (3.17%)
t_1 ;	6.0"	10.7" (3.09%)
t_2 ;	3.5"	9.0" (2.56%)
t_3 ;	0	6.4" (1.84%)
t_4 ;	0	5.2" (1.48%)

チェーンソー支持：M1 支持³⁾ (手の掌をひろげてハンドルバーを受けた状態)

木材鋸断方法：M1 支持したチェーンソーが自重により切削降下するようにして鋸断

受振器の固定：ハンドルバーにL型定具³⁾ グリップにF型，モーター表面ではW型により固定。

測定方向：モーター回転軸方向を左右(Z)方向とし、これに直角で案内板と平行な方向を前後(Y)方向とし、両方向に直角な方向を上下(X)方向とした。

実験では、電動チェーンソーを定電圧装置を介して駆動し、その振動をチタン酸バリウム型受振器で3方向同時に検出し、加速度値を振動計VM-4203で計測するとともに、データレコーダR-400に記録し、後刻再生し自動周波分析装置SM-2200で分析した。また、供試木にはアカマツ丸太(20~24cm ϕ)を用いたが、上下部をさけた断面の中間三分の二位、鋸き幅の変化の少ない部分を切削する時の測定値をとり、節等による異状値は区別した。

結果と考察

(1) 電動チェーンソーの振動

まず、電動チェーンソーの振動を簡単に見てみる。図-1にモーター部表面における振動加速度の周波数分析結果を示す。モーターの回転と減速歯車のかみ合せによって生ずる340Hz付近の基本振動波と、その第2次高調波が明確であるほか、2000~6000Hzの高周波成分が大きく認められる。これに対し、基本振動波より低い周波数成分は無視しうる程微弱である。ソーチェーンが走行する時、チェーン案内刃とスプロケット歯がかみ合って生ずる周波数成分があらわれるが、全体的には著しい変化はない。

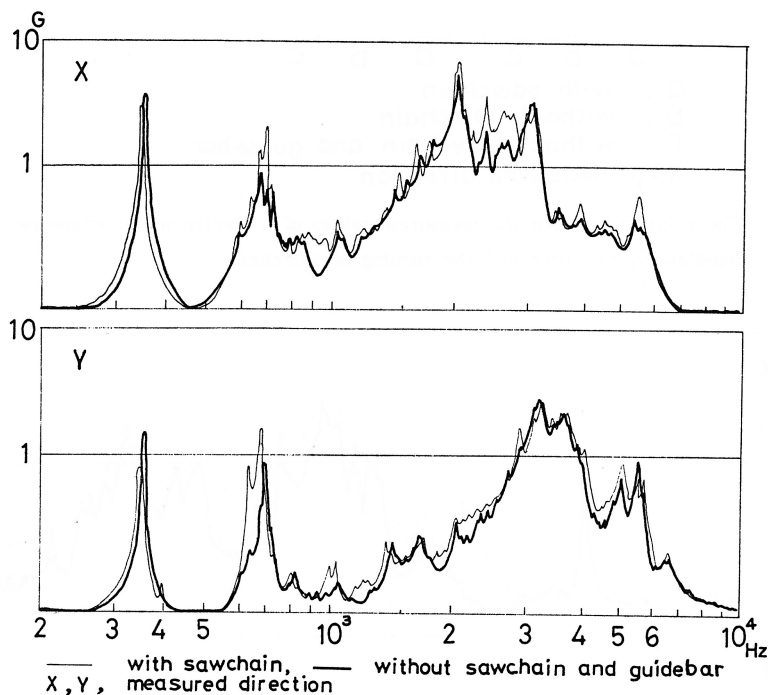


Fig. 1 The spectra of a electro-motor chainsaw vibration on surface of the electro-motor on M₁-suspension in racing

ガソリンエンジン付チェーンソーの加速度分析結果¹⁾をみると、エンジン回転数に対応した基本振動波とその高調波など100~800Hz成分が、1000Hz以上の高周波成分と同じように大きいけれども、ハンドル部に伝達された時は、高周波成分がかなり減衰され、800Hz以下の成分が主となる。これに対し、電動チェーンソーでは、後述のように、ハンドル部でも1000Hz以上の高周波成分が主体で、図-1に明らかなように、モーターの振動に起因する成分が支配的な点、ガソリンエンジン付チェーンソーのハンドル部振動値と著しく異なる。したがって、作業者に与える振動感覚も異質の柔和なものとなっている。

次にソーチェーンの走行による振動を見てみる。ソーチェーンを取りはずした時と、装着走行している時のハンドルバー上部の振動値を図-2に示す。ソーチェーン走行により、上下・前後方向とも1.5G以上加速度値の増加がみられる。ガイドバーはハンドルバーの前後におけるチェーン自体のバランスに関係し、ハンドルバーの上下方向振動の抑制に影響を持つようである。これらソーチェーンの有無による変化を周波数分析図でみると図-3のようである。ソーチェーン走行時には、370Hz付近に波形が認められ、特に前後方向で明らかである。

いま、スプロケット歯数を n 、スプロケット軸回転数を $N(\text{rpm})$ とすると、ソーチェーン走行振動数 f_1 は次のようになる。

$$f_1 = \frac{n \times N}{60} \quad (\text{Hz})$$

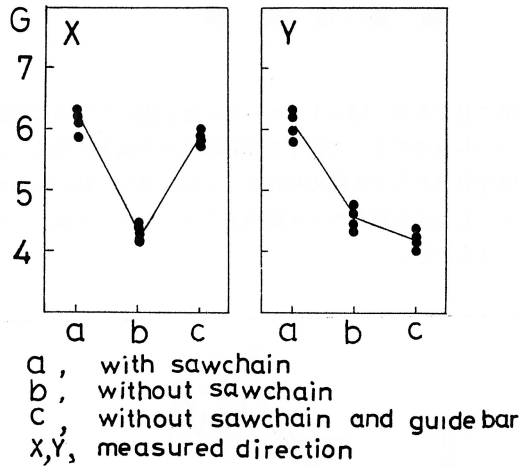


Fig. 2 The relation between the measured values of a electro-motor chainsaw handlebar's vibration and the running of sawchain

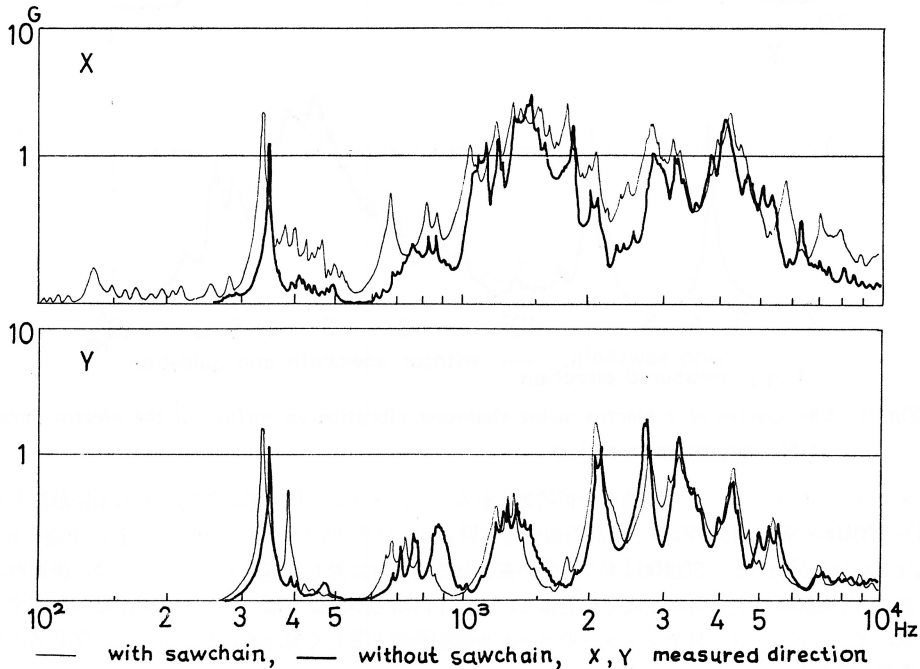


Fig. 3 The spectra of the handlebar's vibration with the sawchain running of a electro-motor chainsaw in racing

これは、ソーチェーン案内歯とスプロケット歯とのかみ合せにより生ずる振動数を意味し、本結果では $n = 7$ 、 $N = 3200$ で $f_1 = 370$ となり、上記の振動波に相当する。

グリップの分析図では、この波形がハンドルバー上部よりやや弱く、グリップ位置がスプロケットからはなれ、しかも振動源であるモーターが介在することおよびその質量等の影響を受ける結果と思われる。

スプロケット軸回転数は、モーターの電源電圧が一定であれば一定となる。しかし、チェーンを駆動するとき、ソーチェーン走行のための抵抗が負荷し、回転数が低下する。さらに、ソーチェーン緊張度が増した場合および木

材鋸断による切削抵抗が負荷する場合は、当然回転数の低下が著しくなるはずである。実験条件に示したソーチェーン緊張度における空転および木材鋸断時のスプロケット軸回転数の変化は表一の通りである。ソーチェーンの走行

Table 1. The change of sprocket revolution number with the increase of sawchain's tension

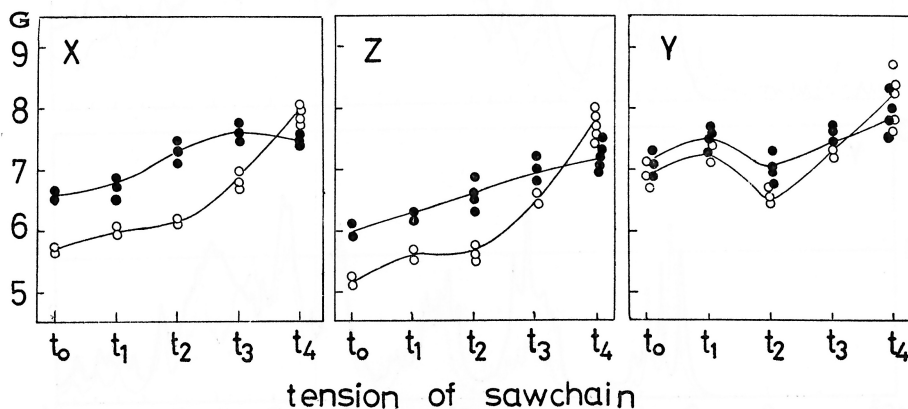
Tension of sawchain	Revolution number of sprocket (rpm)	
	in racing	in timber cutting (P. densiflora)
t ₀	3 3 0 0	2 8 0 0 ~ 2 8 5 0
t ₁	3 3 0 0	2 8 0 0 ~ 2 8 5 0
t ₂	3 2 0 0	2 9 0 0 ~ 2 9 5 0
t ₃	3 1 6 0	2 8 0 0 ~ 2 8 5 0
t ₄	3 0 0 0	2 6 0 0 ~ 2 7 0 0
without sawchain	3 4 0 0	—

抵抗は、給油の良否により変わるが、十分注油した場合の測定値を表示している。油がきれると約50rpm、回転数が低下した、緊張度の増加による回転数の低下はt₂状態から認められ、t₄状態で約10%に達する。したがって基本振動数も約8%低下している。木材の自重降下切削時は、回転数が鋸き幅の増加に比例して減少するが、ある定まった鋸き幅に対しては、ほぼ一定する。切削時回転数の低下率は、空転時の値に対し10~15%であるが、t₂およびt₃状態ではいくらか小さいようであった。

(II) ソーチェーン緊張度と振動値の変化

(1) 空転時ハンドルバー上部

ソーチェーン緊張度の違いによる空転手持(M₁支持)における、ハンドルバーの振動加速度の変化を図一4に見る。t₀状態からt₂状態の間では、平均値で上下方向は6.0G位、左右方向5G強で変化は少ない。しかし、t₃からt₄状態になると、上下方向6.9G、左右方向7.7Gに達し、両方向成分とも、ソーチェーン緊張度の増大に伴い加速度値が、ほぼ放物線状に増加する傾向を示している。これに対し、前後方向では、t₀状態の6.9Gから、t₁あるいはt₂状態で増減し、t₄状態で8.2Gに達するところの三次曲線様の変化の様相がうかがわれる。



• in timber cutting, ○ in racing,
X, Y, Z, measured direction

Fig. 4 The relation between the measured values of a electro-motor chainsaw handlebar's vibration and the tension of sawchain

これら緊張度の変化に伴う振動値の t_1 状態の値に対する増加割合を図-5に示す。増加率は、上下および左右方向ではほぼ類似し、 t_4 状態では36%以上に達する。前後方向では趣を異にし、 t_4 状態で12%の増加率にすぎない。

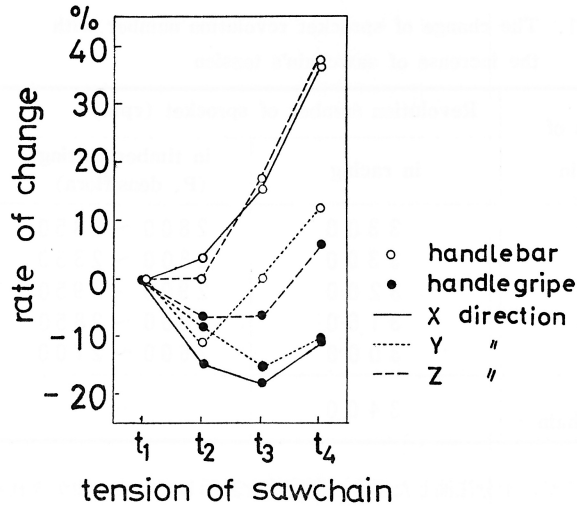


Fig. 5 The changed rate of a electro-motor chainsaw handle's vibration with the increase of sawchain's tension in racing

これらの結果のうち t_1 状態と t_4 状態とを周波数分析により比較すると、図-6のようである。ソーチェン緊張度が増すと、基本振動数およびソーチェン走行振動数が減少する。上下および前後方向では t_4 状態になると、基本振動波のレベルはやや低くなるが、ソーチェン走行振動波のレベルは増大し、特に前後方向でその第2次波を中心とする700~800Hz成分が著しくなっている。また、その他の周波数成分も、一般にややレベルが高くなっている。

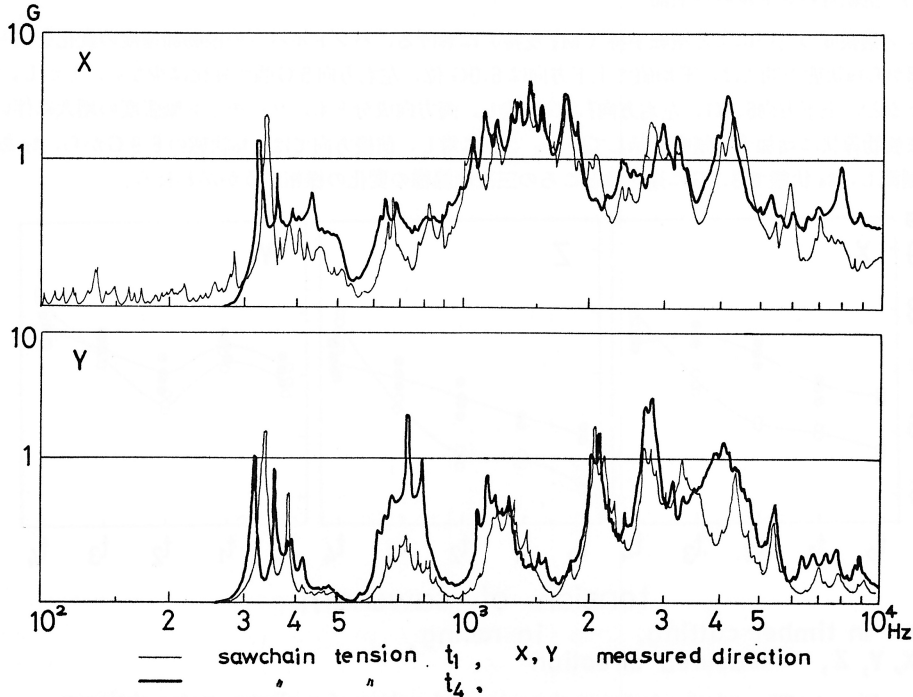


Fig. 6 The spectra of a electro-motor chainsaw handlebar's vibration with the increase of sawchain's tension in racing

(2) 木材鋸断時ハンドルバー上部

チェーンソー M₁ 支持・自重切削降下によりアカマツ丸太を鋸断する時の、ソーチェーン緊張度と振動加速度値の変化を図一四に見る。各方向とも、ソーチェーン緊張度の増加とともに、加速度値は空転時類似の増加傾向を示し、その増加率は、緊張度の増加に対し漸減的で、 t_4 状態では、空転手持時の値に類似するかわずかに減少している。これは t_4 状態での切削時の回転数の低下が大きく、空転時に対する増加が目立たぬことおよび緊張度の増加により走行抵抗が増大することに起因する振動が、切削時には木材のために抑制される面がある結果と思われる。

これら木材鋸断時振動の空転時の値に対する変化量を空転時の値と比較した結果を図一七に示す。木材切削による平均的増加率は、ソーチェーンのゆるい状態で大きく、上下および左右方向で15%内外、前後方向ではいくぶん小さく8%以下である。緊張度が増すと増加率は各方向とも10%以下となり t_4 状態では-5%内外を示した。

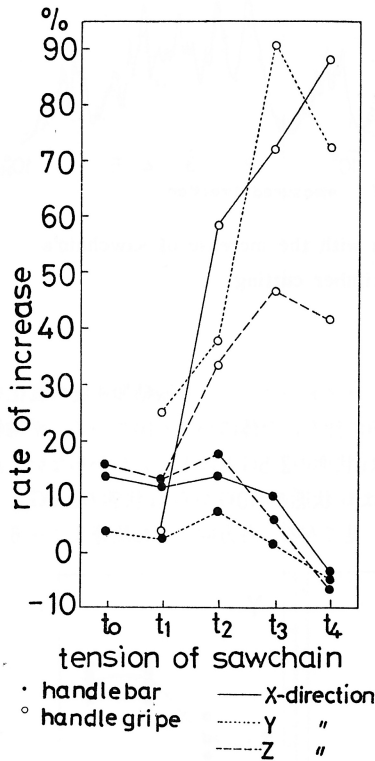


Fig. 7 The increased rate of the vibration value in timber cutting in comparison with that in racing

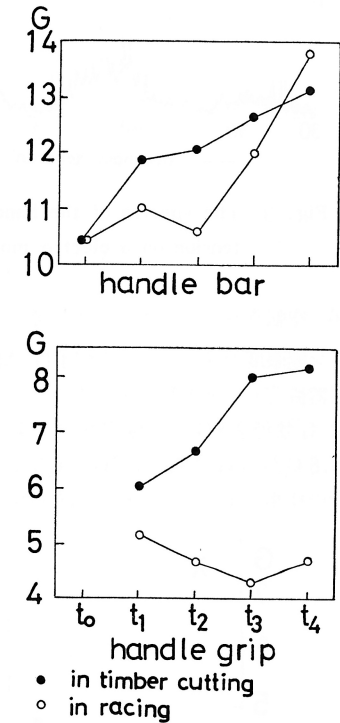


Fig. 8 The composed value of three directional components on the chainsaw handle's vibration

鋸断時三方向成分の合成値は、図一八に示すように、 t_0 状態で10.4Gで空転時と差がなく、 t_1 および t_2 状態では12G内外で類似するが、 t_3 および t_4 状態では漸増し13Gに達する。

ソーチェーン緊張度の違いによる木材鋸断時加速度の周波数分析例を図一九に示す。木材の切削抵抗のためモーター回転数がやや低下し、基本振動数が減少するばかりでなく、空転時の基本波のレベルより低くなっている。基本振動数より高い周波数成分は、空転時に比べ一般にレベルがやや高い程度である。基本振動数より低い周波数成分は、空転時きわめて微弱で認めにくかったが、木材切削時は著しく増大し、特に上下方向の150Hzを中心とした成分、前後方向の120Hzを中心とした成分が特徴的である。木材切削時、ソーチェーン緊張度が t_1 から t_4 に増大した場合、基本振動数が切削によるソーチェーン走行抵抗の増大のためいくらか減少し、そのレベルもやや低くなっている。しかしその他の高周波成分および切削によって生ずる低周波成分の各レベルは、一般に増大している。この様相は前後方向の高周波成分で特に目立つ。

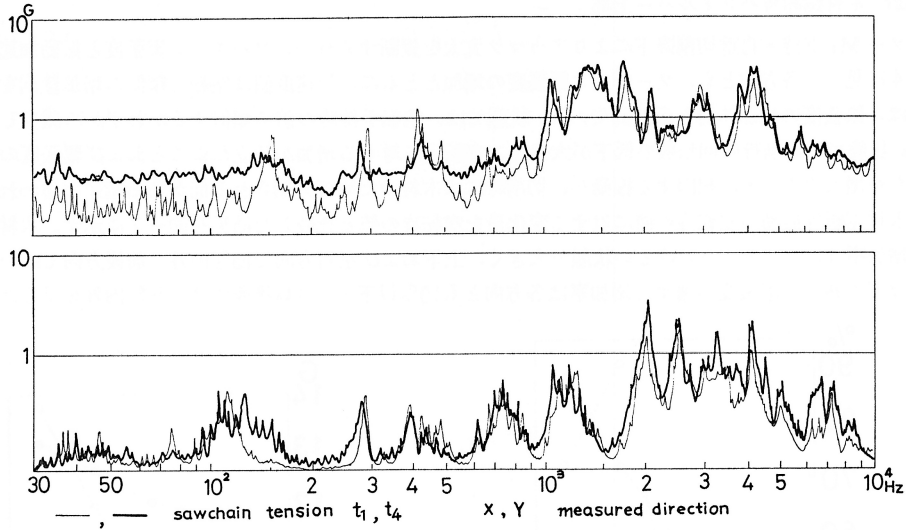


Fig. 9 The spectra of the handlebar's vibration with the increase of sawchain's tension on a electro-motor chainsaw in timber cutting

(3) 空転時ハンドルグリップ上部

ソーチェーン緊張度の違いによる空転手持(M1支持)における、ハンドルグリップの振動加速度の変化を図-10に示す。受振器固定具にF型³⁾を用いるのでハンドルバーの測定値に比し、全体に小さく出ている。平均値でみると上下方向は t_1 状態2.8Gから t_2 状態の2.4Gに低下し、以後 t_4 状態の2.5Gとほとんどかわらない。左右方向は t_1 状態の1.6Gから t_4 状態の1.7Gと変化が少ない。前後方向は t_1 状態の4.0Gから t_4 状態の3.6Gと上下方向と類似の減少の様相を示した。これらの値の変化の割合を図-5に見てみる。各方向とも t_3 状態まで-6~18%の

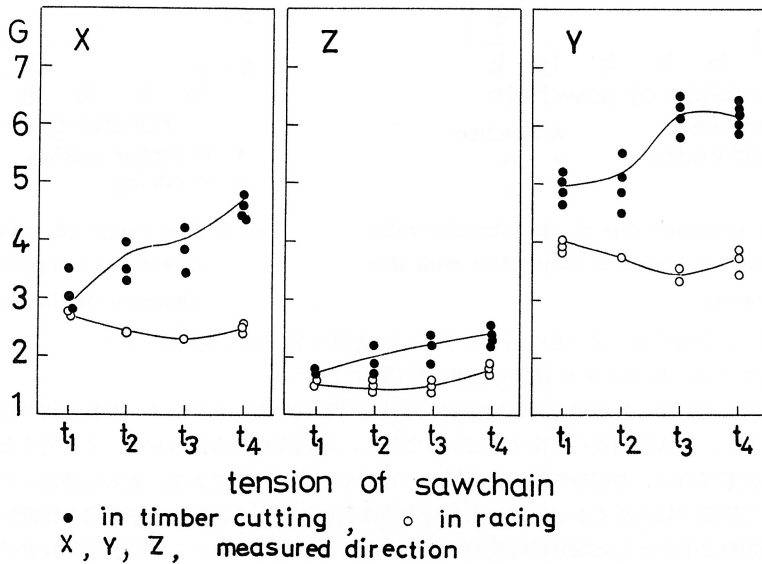


Fig. 10 The relation between the measured values of a electro-motor chainsaw handle grip's vibration and the tension of sawchain

変化, t_4 状態では上下および前後方向で-10%前後とやや減少率が小さくなり, 左右方向では6%の増加に転じている。いづれも, ソーチェーン緊張度の増加に対する変化が少なく, ハンドルバーでの様子と著しく異なる。

ハンドルグリップにおける変化を周波数分析結果でみると図-11の通りである。上下方向は t_1 状態で, 基本振動

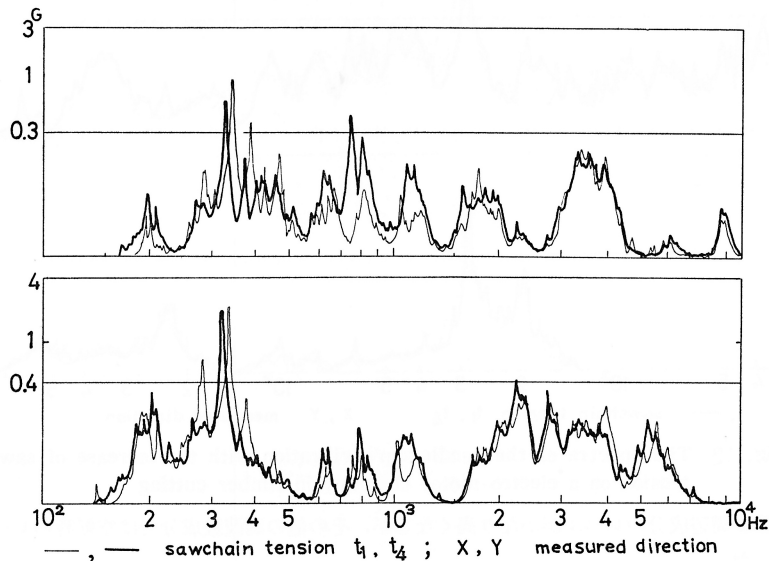


Fig. 11 The spectra of the handlegrip's vibration with the increase of sawchain's tension on a electro-motor chainsaw in racing

波, チェーン走行振動波およびそれぞれの第2次調波のほか, 1500~2000Hz および 3000~4000Hz の成分がみられる。 t_4 状態では t_1 状態に比し基本振動波を中心とした成分の周波数およびレベルが低下し, 第2次調波を中心とした成分が増大している。しかし, 1000~2000Hz および 3000~4000Hz の成分はあまり変化がない。前後方向では基本振動波のほか, 200Hz周辺, 800Hz, 1000Hz, 2000Hz 以上の成分が認められるが, 上下方向のそれよりかなり弱い。 t_1 状態と t_4 状態との差は, 基本振動波およびチェーン走行振動波のほかは, 比較的少ない。

(4) 木材鋸断時ハンドルグリップ上部

チェーンソー M1 支持・自重切削降下によりアカマツ丸太を鋸断する時のソーチェーン緊張度と振動加速度値の変化を図-10に示す。上下方向は t_1 状態の 2.9G から t_4 状態の 4.7G へ, 左右方向は t_1 状態の 1.8 G から t_4 状態の 2.4 G へ, また前後方向は t_1 状態の 5.0G から t_4 状態の 6.2G へ, 各方向でソーチェーン緊張度の増加とともに, 加速度値がほぼ直線的に増し, 空転時と様相が著しく異なる。このことはこのチェーンソーのハンドルグリップ部がハンドルバー部に比し, 木材切削による振動の影響を受けやすい状態にあることを示している。

これら鋸断時振動の空転時の値に対する変化量の空転時の値に対する増加率を, ソーチェーン緊張度に照してみると図-7 のようである。 t_1 状態では 3.6~25% の増であるが, 緊張度が増すとともに急増し, 左右および前後方向では, t_3 状態では 46.6% および 90.9% とそれぞれ最大の増加率となるが, t_4 状態では増加率がいく分小さくなっている。これらに対し, 上下方向では t_4 状態では最大値 88% に達している。

鋸断時三方向成分の合成値を図-8 にみる。 t_1 および t_2 状態で 6.0~6.5G であるが, t_3 状態から著しく増大し 8 G 以上に達している。切削時は, ハンドルグリップ部で, ソーチェーン緊張度の増加に対する振動値の増加が, ハンドルバー部より急激であることがわかる。

ソーチェーン緊張度の違いによる木材鋸断時加速度の周波数分析例を図-12 に示す。木材切削時, 空転時に比し上下方向で基本振動数およびチェーン走行振動数がやや減少するが, それらのレベルは基本振動波でわずかに増し, ソーチェーン走行振動波でやや低下する。400~600Hz の間の成分はレベルが高くなるものが多い。基本振動波より低い周波数域では, 200Hz, 100Hz, 70Hz, 40Hz およびより低い周波数をそれぞれ中心としたかなり大きな波形群が認められ, 切削時の特徴をなしている。また, 前後方向では, 木材切削時, 基本振動数の減少に対し, そのレベル,

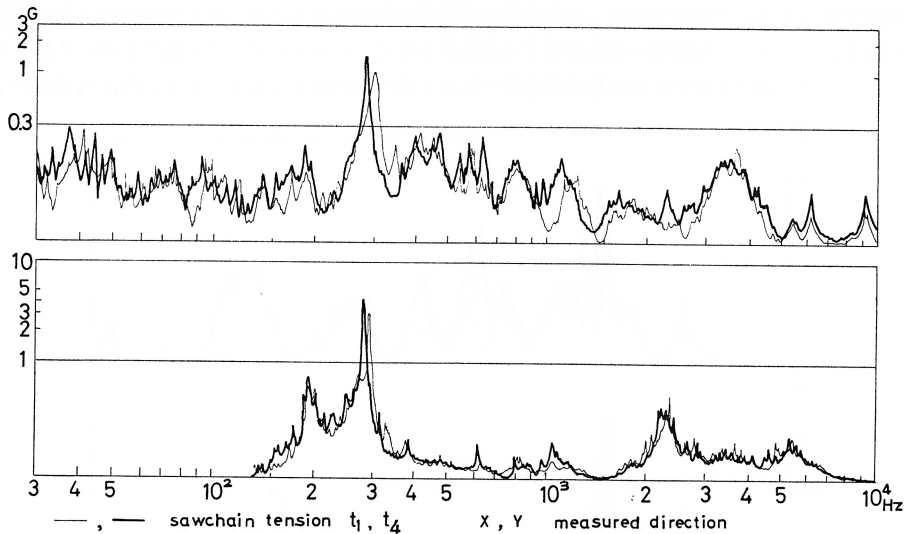


Fig. 12 The spectra of the handlegrip's vibration with the increase of sawchain's tension on a electro-motor chainsaw in timber cutting

200Hzおよび600Hz周辺成分のレベルがかなり高くなるが、その他の周波数成分では空転時のレベルと大きな違いは認められなかった。

次に、木材切削時振動の、ソーチェン緊張度の違いによる変化を周波数分析図でみる。緊張度の増加とともに基本振動数が減るが、そのレベルは高くなっている。この点がハンドルバー部に比べた、ハンドルグリップ部の木材鋸断時の特徴といえよう。その他周波数成分の増大は、上下方向で前後方向より大きく、総合値の変化割合に対応している。

む す び

電動チェーンソーのソーチェン緊張度の違いが、ハンドル部振動値におよぼす変化を見た。電動チェーンソーの振動の様相は、モーターの振動に支配される高周波成分と、減速歯車およびスプロケットとソーチェンによる振動、さらにこれらに影響される本体の振動からなることを示す。木材切削時はソーチェンカッタ刃の切削による振動が加わる。したがって、ハンドル部の振動感は、ガソリンエンジン付チェーンソーと異り、著しく柔和であるが、振動値はそれに対応する程小さくない。

ソーチェン緊張度の増加あるいは木材の切削は、ソーチェン走行抵抗を増し、モーター自体の回転数も減少し、ハンドル部に伝達される振動値が変化する。ソーチェン緊張度の増加に伴う手持(M1支持)空転時振動値の変化は、ハンドルバーで増すのに対し、グリップで減少した。しかし、チェーンソーM1支持・自重切削降下による木材鋸断時の例では、ハンドルバーおよびグリップとも、ソーチェン緊張度の増大とともに振動値が増大し、特にグリップ部での増加割合が著しい。木材切削時は、低周波成分が明らかにあらわれ、ソーチェン緊張度の増加にとともに、高周波成分とともに、これら低い周波数成分もレベルが高くなる。

したがって、木材切削時ハンドル各部から作業者に伝達される振動を軽くするために、ソーチェン緊張度をゆるめることが必要である。

文 献

- 1) 伏見知道・紫垣英道：チェーンソーの木材鋸断振動(Ⅱ)。愛媛大学農学部演習林報告，8号，33～42，1971
- 2) 山脇三平・他3名：チェーンソーの性能試験，林業試験場研究報告，第160号，89～92，1963
- 3) T.FUSHIMI：The Measured Values of a Chainsaw Handle's Vibration and their Changes by Measuring Conditions. Memoirs of the College of Agriculture, Ehime University, Vol.16, No.2, 125～138, 1972

(1972年11月10日受理)