

チェーンソーの木材鋸断振動 (VII)

回転機械型機(圧縮空気駆動機)

伏見 知道*・青野 忠勝**

On the Vibration of the Chainsaw in Timber Cross Cutting (VII)

The air-powered chainsaw

Tomomichi FUSHIMI and Tadakatsu AONO

Summary: This study deals with the vibration of an air-powered chainsaw with a rotary machine. The vibration of an air-powered chainsaw is mainly composed of the fundamental vibration wave corresponding to the rotational frequency of sprocket, the high harmonic waves several times and the high frequency component greater than 1k Hz in racing. Characteristics are common both on the gear driven type and on the direct driven type of this air-powered chainsaw. At the anti-vibration handle system, the vibration isolation effect by the rubber vibration isolators is remarkable, and especially on the handle-bar, the high frequency component greater than 800 Hz gradually diminishes. In the seasoned timber cutting, the acceleration values of the frequency component from 40 Hz to 100 Hz of the 1/3 O. B. midfrequency become larger than those in racing, as the result on the other type of chainsaw shows. The operator, therefore, is only permitted of continuous exposure about 90 minutes per day, based on the ISO criterion and the standard of USSR, when the operator's hands are exposed to the vibration of the chainsaw with an air motor in timber cutting. But the exposure time is not controlled in racing. In comparison between the vibration in the ordinary cutting without pressure by hands and the vibration in cutting with spike of the seasoned timber, the overall value of the former is larger than that of the latter in up and down direction or in forward and backward direction, but in right and left direction the value of the former is slightly smaller than that of latter. The allowable exposed time of the vibration in timber cutting with spike, therefore, becomes slightly longer than that in other cutting mode.

This type of chainsaw likes to the electric chainsaw as regards the aspect of vibration and the necessity of a generator for the driving force, but it is profitable to the operator in point of the light weight and the cutting ability.

* 森林工学研究室 Laboratory of Forest Engineering

** 農学部附属農業高等学校 Attached Senior Agricultural High School, College of Agriculture

要 旨 回転機械を原動機とするチェーンソーの一種である、圧縮空気駆動チェーンソーハンドル部の振動を分析した。ダイレクト・ドライブ型およびギヤ・ドライブ型とも、スプロケット軸回転数に対応する基本振動波と、その他の優勢な高周波振動成分が認められる。防振形ハンドル機構によって、各周波数別振動成分は、著しく減衰されているが、木材切削時には、他の型式機におけると同様に、40Hz帯～100Hz帯の値が増大し、許容暴露時間が制約される。自重降下水平切りは、スパイク使用廻し切りに比べ、上下方向および前後方向で総合値が大きく、左右方向ではわずかに小さいため、許容暴露時間がやや短くなる。

本型式チェーンソーは、振動値および附属設備を必要とする点では、電動チェーンソーと類似し、使用場所が制約されるけれども、軽重量で切削操作も容易であり、作業者の負担を軽減できる点で勝っている。

I ま え が き

圧縮空気駆動チェーンソーは、コンプレッサーから圧送される高圧空気によって回転されるエアモーターにより駆動される。電動チェーンソーや油圧モーター付チェーンソーとともに、回転機械型チェーンソーの一種であり、いずれも運転には附属の設備を必要とする。前報¹⁾に続き、圧縮空気駆動チェーンソーの実用化試験機等のハンドル部振動の解析に基づく、作業性について、二三の考察を加えた。

II 実 験 方 法

供試機：愛林式試作3号機および4号機、ともに上下2本づつのヨークに、上方1点と下方2点で防振ゴムを介して、チェーンソー本体を支持している。ヨークの前端にハンドルバー部を、後端にはスロットルバルブ装置を内蔵したハンドルグリップ部を取付けている。排気口は本体前方の案内板取付部下方に開き、消音器は使用しない。ダイレクト・ドライブ型で、回転数は空転時8500rpm、常用約4800rpm、本体重量8.2kgおよび6.8kgである。

測定：受振器(VM-4200)をL型固定具²⁾によりハンドル上部に取付け、上下方向(x)、前後方向(y)および左右方向(z)の三直角方向の振動加速度成分を同時に検出し、振動計(VM-4203)で測定後、データレコーダ(R-400)に同時記録した後、反復再生しSA-35でスペクトル分析するほか、SA-56Aで3分の1オクターブ分析も行ない、高速度レベルレコーダ(LR-03)に、それぞれ記録した。測定時のチェーンソー支持³⁾は、空転時ハンドルバー懸架(Rs支持)、木材切削は、手持M₁支持による自重降下切りと、スパイク使用の廻し切りで、材はアカマツ気乾材(挽幅17cm、含水率11%)である。

III 結 果 と 考 察

1) ハンドル部における振動

ハンドル部における振動加速度の総合値を表-1に示す。空転時は、ハンドルバー上部で大体1G以下であるが、

Table 1 The level of vibration of the chainsaw with a pneumatic motor

chainsaw	No. 3 with guide bar 24"			No. 4 with guide bar 32"		
	up and down side (X)	forward and backward (Y)	right and left side (Z)	(X)	(Y)	(Z)
handle-bar racing cutting	0.56~0.99G 1.00~1.10	0.74~1.21G 1.38~1.80	0.41~0.72G 1.30~1.70	0.33~0.34G 0.34~0.47	0.33~0.40G 1.10~1.45	0.46~0.47G 0.90~1.45
handle grip racing cutting	1.45 1.60~2.00	1.32 1.45~1.64	1.58 2.10~2.20	1.60 1.78~1.92	1.40 1.45~1.55	1.90 1.85~1.95

cutting timber: Japanese red pine, moisture content 11%

ハンドルグリップ上部は1Gを越える。気乾材の自重降下切削時は、両ハンドル部とも1Gを越え、測定方向によっては2Gに達する例や、空転時の2倍以上の値に達する例もある。

ハンドル部の基本的振動を見るため、両ハンドル部の振動加速度分析結果を図-1に示す。空転時の両ハンドル部では、空気モーターの回転軸に直結されたスプロケット軸の回転数に対応する成分が、基本振動波を構成し、そ

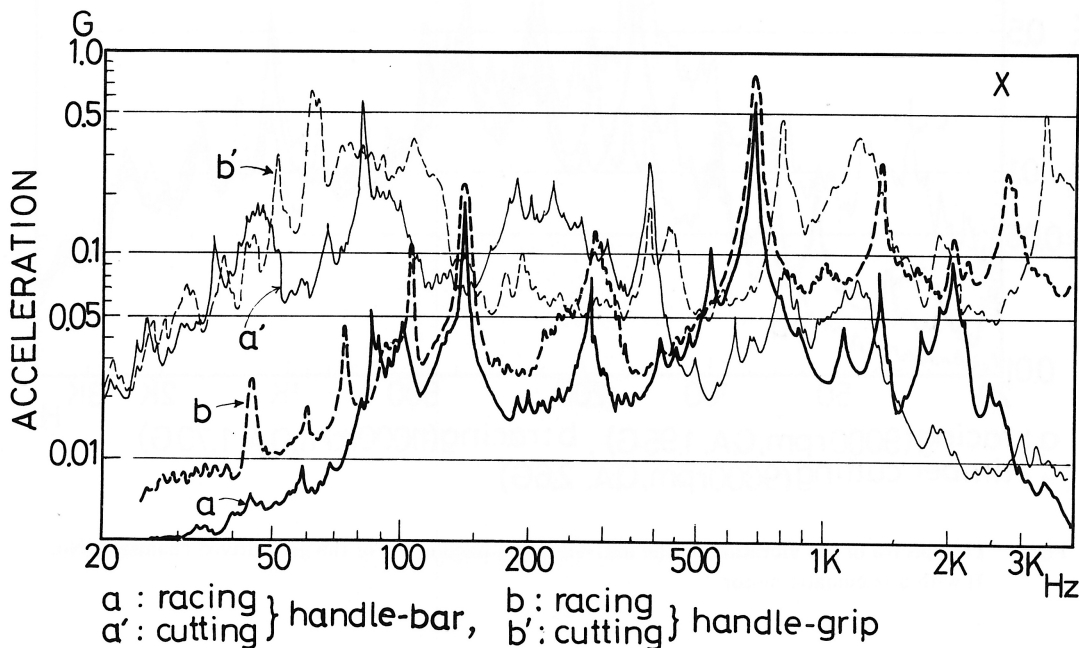


Fig. 1 The spectra of the vibration on the anti-vibration handle system of the direct driven chainsaw (No. 3) with a pneumatic motor

の第2および第5高調波等が、比較的明らかに認められる。空気モーター自体に生ずる振動は、高周波数成分を主体とするものであって、高圧空気量調節用のスロットル・バルブ装置を内蔵するハンドルグリップ上部では、高周波数成分がかなり有勢にあらわれ、また、基本波の2分の1および3分の1の低調波や、その中間周波数成分も、明らかに認められる。一方、ハンドルバー上部では、防振ゴムを介して振動が伝播されるのであるが、基本波より低い周波数域では、ハンドルグリップ部の場合のような突出成分を除けば、ほぼ同様の傾向を示すのに対し、1 KHz 周辺ではハンドルグリップ部に比べ、かなり値が低く、2KHz 以上の高周波数域では0.02G 以下へ急激に減衰している。ハンドルバーにおける、このような高周波数成分の減衰は、電動チェンソー（ギャ・ドライブ型）の防振形ハンドルバーにおける結果⁴⁾と同様である。

しかし、電動チェンソーでは、モーター回転数に対応するかなり高い周波数成分が、スプロケット軸回転数成分より優勢で、基本振動波を形成しているのに対し、供試機では、防振ゴムによる減衰後の振動スペクトルにおいても、スプロケット軸回転数に対応する周波数成分が、基本振動波を形成し、全振動に対する支配的位置を占めている点で異なる。この点について、さらにギャ・ドライブ型（増速比2:1）圧縮空気駆動チェンソーのハンドル部の振動加速度分析結果（図-2）によって考察すると次のとおりである。空転9000rpmでは、150Hzに有力な成分があり、その2分の1の周波数75Hzの成分の値より著しく大きい。また、空転11000rpmでは、180Hz近くに有勢な成分がみられ、その2分の1の周波数90Hz付近の値はかなり小さい。さらに、木材切削時も、スプロケット軸回転数対応の周波数成分が最も有勢である。このように、圧縮空気駆動チェンソーでは、ギャ・ドライブ型であっても、空気モーター回転数に対応する成分よりも、スプロケット軸回転数に対応する成分の値が大きく、基本振動成

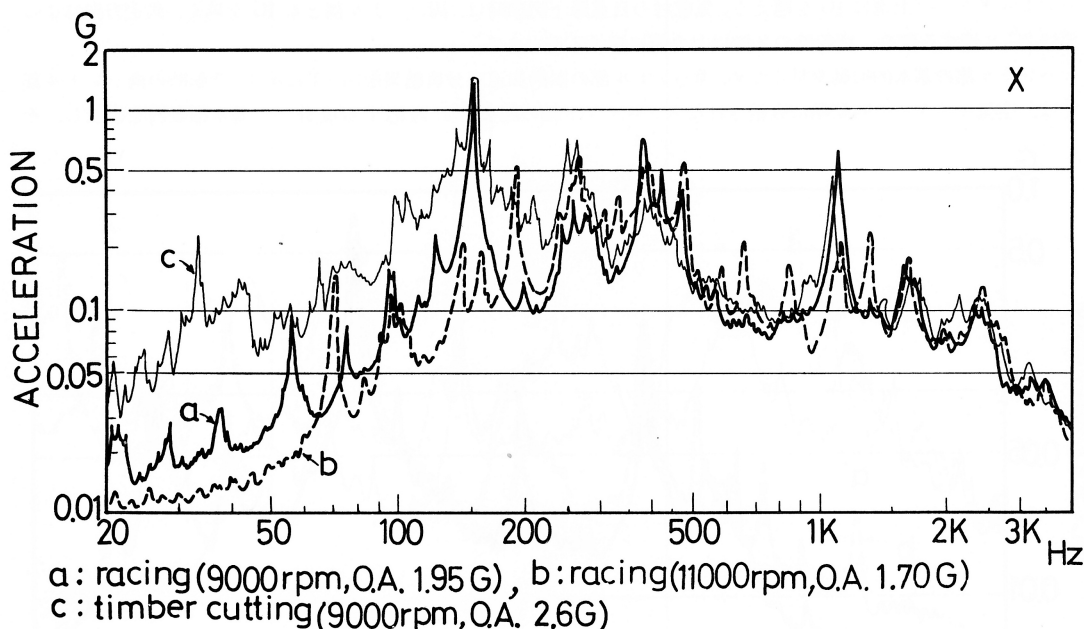


Fig. 2 The spectra of the vibration on the anti-vibration handle-bar of the gear driven chainsaw (No. 1) with a pneumatic motor

分を構成している。このような波形構成は、ダイレクト・ドライブ型往復動型機の防振形ハンドルバー部に一般に認められる結果に、類似するものであるが、供試機では、その値が比較的小さく、したがって、総合値もかなり小さくなっている点に特色が見られる。

次に、マツ気乾材の自重降下削時における、振動加速度分析結果を図-1 で見てみる。両ハンドル部とも、総合値は空転時より大きく、それに対応して周波数成分の値も増大している。基本振動数は切削抵抗に起因する回転数の低下に対応して減少しているが、その加速度値は、第2および第3高調波や、低周波数成分の値とともに、空転時の値に比べ、かなり大きくなっている。また、木材切削時のハンドルバー上部では、ハンドルグリップ上部に比べ、空転時におけるよりも広い高周波数域（500Hz 付近から上）で、各成分の値が減少している。この結果が、低周波数域での値の増加にもかかわらず、空転時同様に、木材切削時にも両ハンドル部の総合値に差を生じた原因となっていると考えられる。

2) 振動の評価と作業規制

手腕に関する振動暴露限界によって、ハンドル部の振動を検討するため、振動加速度の3分の1オクターブ分析結果を図-3 に示す。両ハンドル部の空転時および気乾材切削時とも、すべての成分が3G 限界より低い。

ISO の手の振動に対する許容基準に対しては、空転時はハンドルグリップ部の三方向測定値とも、1日8時間労働中全く規制を受けない範囲にあるが、ハンドルバー部では前後方向の100Hz および500Hz の成分の値がやや大きく、0.5G を越えるため、1日8時間の連続暴露は許されない。木材切削時は、全帯域の値が増加する中で、特に基本振動波帯域の100Hz から40Hz 帯域にかけての木材切削時上昇成分の値の増加が著しく、1G 前後に達する成分があるため、ISO の手の振動の許容基準に抵触するに至る。すなわち、ハンドルバー上部の前後方向および左右方向において、また、ハンドルグリップ上部の上下方向および左右方向において、1日1.5時間以内連続暴露が許される限界を越える。したがって、気乾材切削という本実験条件下では、1日8時間労働中40分~60分程度の連続暴露が許されるにすぎない。ソビエトの衛生基準規則に照らした場合は、ハンドルバー部では前後方向および左右方向

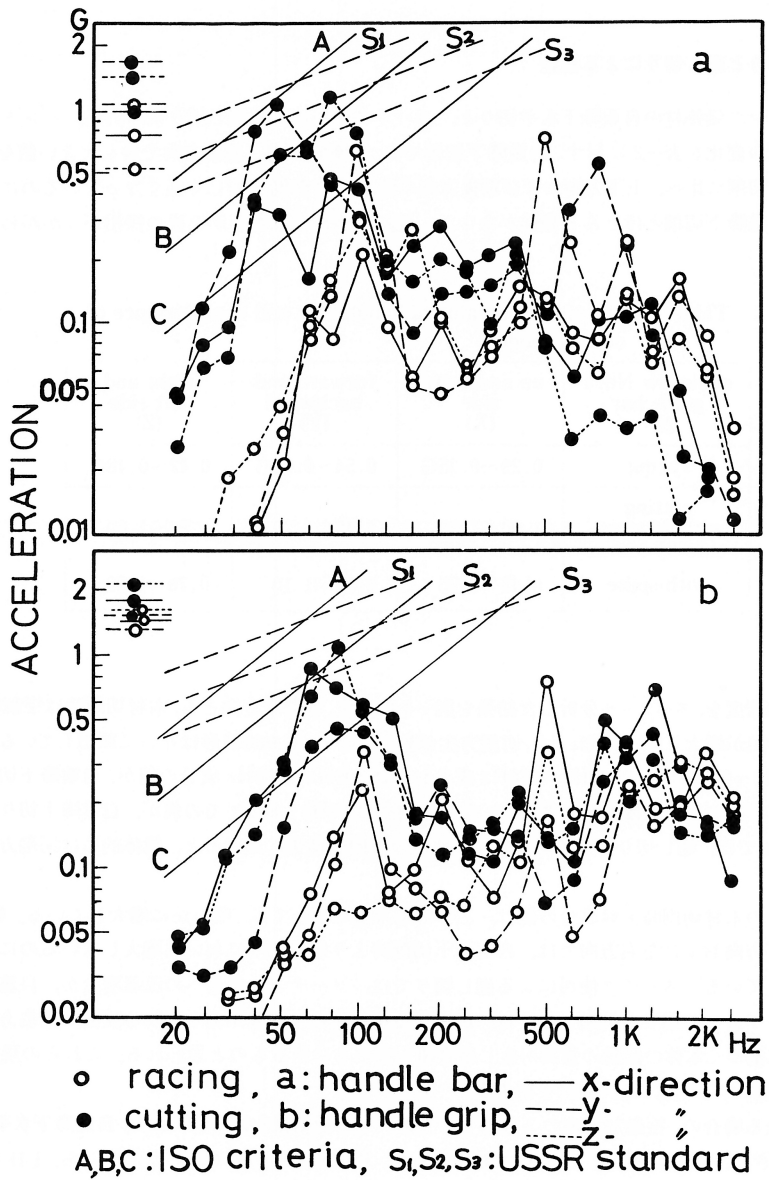


Fig. 3 The evaluation of the vibration on the handle of the chainsaw (No. 3) with a pneumatic motor by the allowable standard

の成分が制約を受け40分、ハンドルグリップ部では上下方向および左右方向の成分が制約を受け80分の連続暴露が許される。しかし、実際作業においては、木材含水率が供試気乾材よりかなり高い場合が多いはずであるから、飽水材切削時の振動値の気乾材切削時に比した低下³⁾を考慮すると、連続暴露に対する規制限界もいく分緩和されるであろう。

3) 自重降下切りと廻し切りによる振動

供試機による、マツ気乾材の自重降下水平切りと、スパイク使用による廻し切りにおける、ハンドルバー上部の振動加速度総合値の変化を表—2に示す。自重降下切削では、空転時同様、前後方向で最も大きい値を示す。廻し切りでは、自重降下切削に比べ、上下方向および前後方向の値が、約60%と著しく低くなっているのに対し、左右方向の値は高く、自重降下切削とほとんど相違がないか、逆にわずかではあるが上昇の様相がうかがわれる。

Table 2 The vibration value of handle-bar and the difference of cutting mode

chainsaw No. 4 guide bar 20"	up and down side (X)	forward and backward (Y)	right and left side (Z)
racing	0.29~0.35G	0.54~0.62G	0.42~0.48G
cutting without pres- sure by hands	1.00~1.20	1.45~1.70	0.80~1.60
with spike	0.45~0.95	0.55~1.10	0.70~1.90

これらの振動加速度を、スペクトル分析した結果を図—4に示す。各測定方向とも、木材切削時は空転時に比べ、総体に各周波数成分の値が増大しているけれども、切削方法が異なっても、基本的波形は互いに類似している。ただし、廻し切りにおける60Hz~90Hz成分、160Hz~170Hz成分および300Hz~400Hz成分の値が、自重降下切りでの値より減少し、特に上下方向および前後方向で著しい。左右方向では60Hz~80Hzでの値が、自重降下切りでやや大きい。90Hz~150Hzでは、廻し切りでの値が大きく、他の二方向の結果に比べると、総体的には切削方法の違いによる差異が少ない。

基本振動数以下の木材切削時上昇成分の値は、どの切削方法においても、明らかに増大している。特に、40Hz周波の値は、上下方向および左右方向では、自重降下切削時より廻し切りにおいて増大しているのに対し、前後方向では逆に減少している。スパイク使用による廻し切りでは、ソーチェンの材への圧着度合が、自重降下切削時より強くなり、ソーチェンの踊りが抑制され、材へ伝播する振動量の増加等があらわれる反面、左右方向ではチェンソーの揺動性³⁾に基づく本体の揺動の強調が生じ総合値を高めるに至るものと思われる。これらの現象と前記振動量の変化との関連については、なお検討を要する。

切削方法が異なる場合の、振動加速度の3分の1オクターブ分析結果を図—5に示す。自重降下水平切りでは、80Hz帯域の値が大きく、特に前後方向では1Gを越えるため、ISOの手の振動の許容基準のうち、1日90分以内連続暴露限界に抵触するに至る。これに対し、廻し切りでは、上下方向および前後方向ではすべての帯域で0.6G以下であるけれども、左右方向では80Hzおよび100Hz帯域で1Gに達するため、ISOの手の振動の許容基準の1日8時間連続暴露限界に抵触し、1日90分以内連続暴露が許される。

さらに、ソビエトの衛生基準規則に対しては、自重降下水平切りでは前後方向および左右方向が、また、廻し切りでは左右方向が、図—5のS₃限界を越えるため、両切削方法とも、1日総暴露時間80分以上、160分以下が許される限度内に入っている。

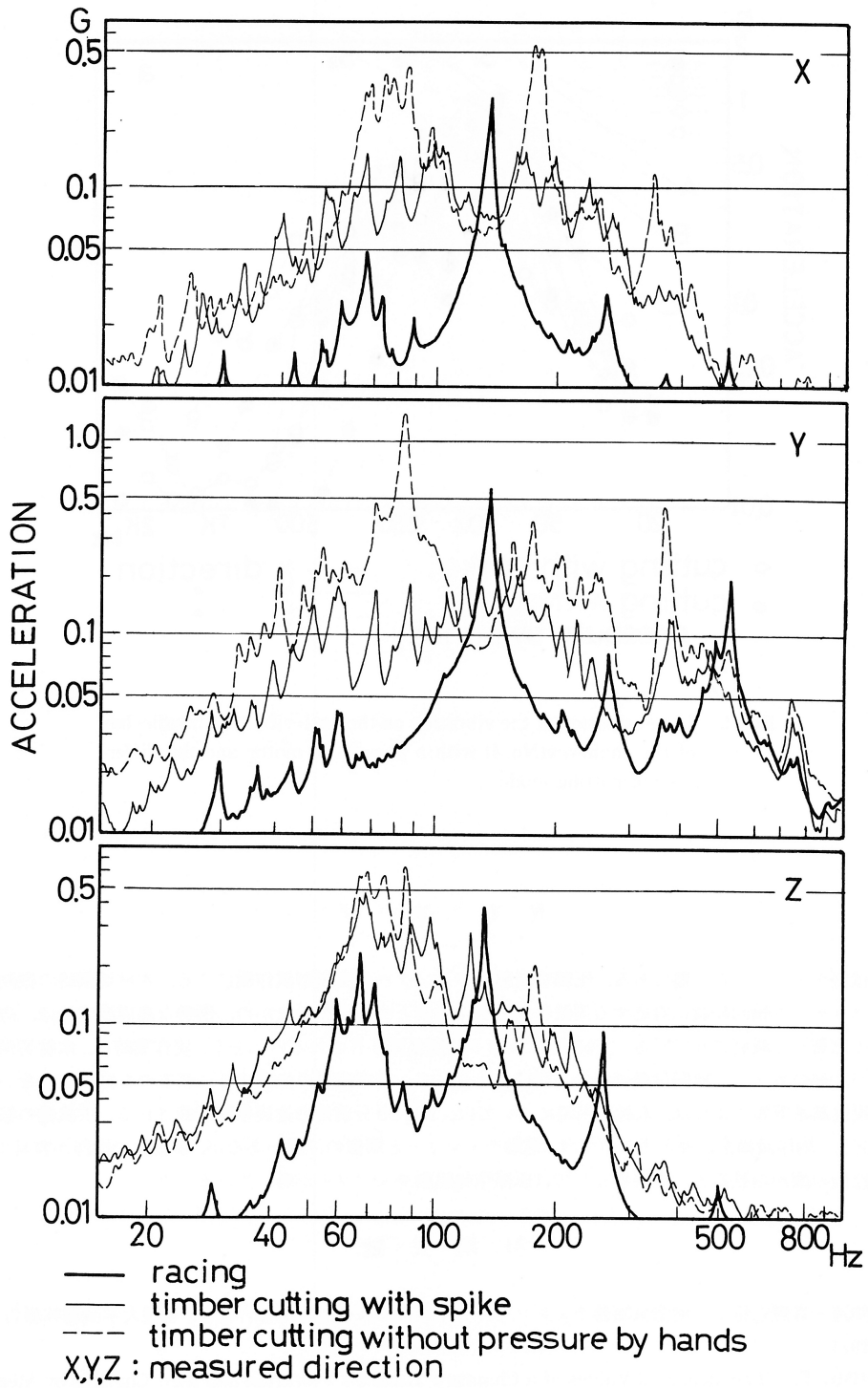


Fig. 4 The spectra of the vibration on the anti-vibration handle-bar of the chainsaw (No.4) with a pneumatic motor and the difference of cutting mode

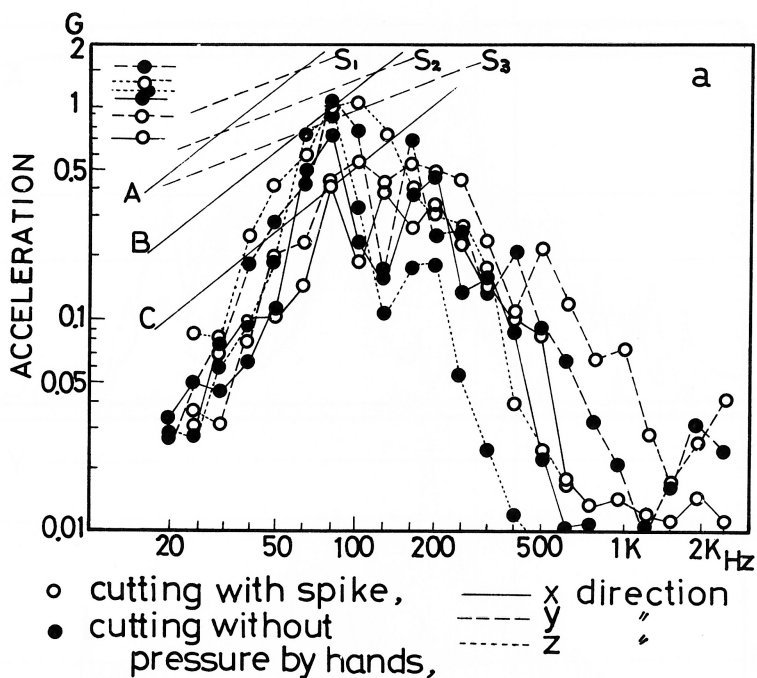


Fig. 5 The evaluation of the vibration on the anti-vibration handle-bar of the chainsaw(No. 4) with a pneumatic motor and the difference of cutting mode

IV む す び

回転機械型チェンソーの一種である、圧縮空気駆動チェンソーの実用型試作機による、木材切削時の振動を検討した。スプロケット軸回転数に対応する周波数成分を基本波とする振動のなかの、優勢な高周波成分は、防振ハンドル部では著しく減衰されている。空転時は、1日8時間暴露が許されるけれども、実作業時は、木材切削時振動成分の値が、他のガソリン機関付機の場合と同様に上昇して、許容限界に抵触するに至るのを抑止できない。したがって、現規制基準等によれば、木材切削時については、1日90分前後の連続暴露が許される。供試機の振動値が低いけれども、附属設備を必要とする点では、電動チェンソーと類似の位置があるが、軽重量で操作が容易であり、また切削性能の面から見ると、携帯型としては圧縮空気駆動チェンソーが勝っている。

引用文献

- 1) 伏見知道・青野忠勝：圧縮空気駆動チェンソーハンドル部の振動測定値と作業性。愛媛大学演習林報告 11: 37~41, 1974
- 2) FUSHIMI, T. : The measured Values of a Chainsaw Handle's Vibration and their Changes by Measuring Conditions. Memoirs of the College of Agriculture, Ehime Univ. 16 (2): 125~138, 1972
- 3) 伏見知道：チェンソー作業における作業規制に関する研究。愛媛大学演習林報告 13: 1~117, 1976

(1977年8月27日受理)