

チェーンソーの木材鋸断振動 (II)

伏見 知道*・紫垣 英道**

On the Vibration of the Chainsaw in Cross Cutting Timber

Tomomichi FUSHIMI and Hidemichi SHIGAKI

Summary : In the former report, the author clarified the variation in vibration level and property of 'Echo CS 60' chainsaw, both with fixed type handle bar and with vibration isolating handle bar, when cross cutting timber. This report deals with the study on the variation of the vibration of 'Stihl 041AV' chainsaw with anti-vibration and shock-absorbing handle system and 'McCulloch CP 70' chainsaw with cushioned power system.

At the upper part of handle bar and grip, over all level of vibration acceleration decrease from that of vibration at the bottom of body. Spectra are simplified, any harmonic wave except the fundamental wave scarcely over 1000 gal and the high frequency component which over 1000 Hz are scarcely contained. But, it will be apt to apply vibration level of handle system of the chainsaw which we obtained out of this experiment in racing at rubber band suspension to conventional standards about the local vibration caused by the portable vibration tools, because the so-called 'white finger disease' from which the chainsaw operator suffer is a disorder caused by the vibration of the chainsaw. As shown Fig. 1. and Fig. 2., the vibration of the chainsaw used in this experiment exceed the under limit (in a broken line) on this experimental condition.

The vibration level in racing while holding the chainsaw manually (Table 2.) decrease from the above mentioned value and some value not exceed the under limit, because the vibration energy of handle system is absorbed through elastic support of hands. The difference of the level between in cross cutting timber and in racing while holding machine manually amounte to 2000 gal, and the variation of vibration level depending on the change of experimental condition with timber will be within range of 1000 gal or thereabouts. Each component level of spectra in cross cutting timber nearly always show a higher value than in racing (held by hands), moreover, it is confirmed, following the preceding result, the low frequency component arround 50 Hz or the subharmonic is remarkably increased at the vibration isolating handle system in cross cutting timber.

要 旨 前報に続き、ハンドルバーとグリップを一体とした防振構造を持ったチェーンソーの振動の様相を分析し、木材鋸断に伴う変化の実態を明らかにしようとした。低い総合レベルおよび基本波以外に1Gを越える成分が少なく、しかも1000Hz以上の成分がほとんどないなど、防振構造によるハンドル部への振動伝達抑制効果が大きい。局所振動に対する許容限界を考慮すると、なお工夫の余地がある。手持空転時は、手腕の弾性支持による吸収の結果ゴム吊時より減衰し、S型機ではほぼ三浦の下限内にある。木材鋸断では最大2000galの変化、木材条件の違いによる変化は1000gal前後と推定される。鋸断時振動加速度の周波数構成は、基本波と高調波の変化の外に、防振型では、50Hzを中心とした基本波より低い周波数成分の増大が著しい点を、本結果においても確かめられた。

* 森林工学講座 助教授 ** 森林工学講座 助手

ま え が き

先に Echo CS60 型チェンソーの振動を測定し、木材鋸断時のチェンソー各部の振動の変化を木材の種々の状態において検討した結果につき報告¹⁾した。同時に、振動障害の発生が指摘されるに伴って工夫開発された防振形ハンドルバーによる、振動伝達抑制状況についても触れ、ハンドルグリップに対する振動伝播抑制に関し、何ら考慮されていなかった実状について注意²⁾をうながした。当時、既にハンドルバーとハンドルグリップとが一体となった防振構造が、スチール・ライトニング型チェンソー用特殊ハンドルシステムとして試作提供されていたが、いまだ限られた存在であった。

防振形ハンドルバーは防振ゴムの軟らかさのために、実作業操作の不確かさに基づく不安感があり、作業者への振動伝播抑制に効を示したとしても、反って災害の発生を促すおそれがあるのではないかという心配を関係者に与えた。

その後、ハンドルバーとグリップを一体とし、振動伝播抑制効果を発揮するとともに、作業の安全確実性が高いところの防振型チェンソーが開発使用されるに至った。そこで、これらチェンソーの振動の実態を知るとともに、実作業時の変化についていくつかの検討を試みたので報告する。実験にあたり、宇水泰三郎君・多田正典君および高田晏男君・坂井重明君の協力をえた事を記し感謝する。

実 験 方 法

供試機は、スチール 041AV 型（西独，本機重量 5.5kg，排気量 61cc，固有振動数は本体 40Hz，ハンドルバー上部 80Hz，グリップ上部 87Hz）とマツカラー CP70 型（米国，本機重量 6.1 kg，排気量 70cc，固有振動数は本体 50Hz，ハンドルバー上部 65Hz，グリップ 77Hz）で、いずれも新品である。なお本文中では、それぞれ S 型機・M 型機と略称する。

チェンソーの保持方法は、チェンソー正立で空転時ゴム吊りと手持ち、木材鋸断時は、水平保持玉切りである。

測定部位は、空転時ハンドルバー上部、グリップ上部および本体底部であるが、木材鋸断時は本体底部の測定は略した。

測定方向は、ピストン方向を前後（Y）方向とし、これに直角な左右（X）方向と上下（Z）方向の三方向である。（図-2.参照）

測定成分は振動加速度と振幅変位である。

測定法は、チェンソー各部位の取り付け台に固定した 3 ケのチタン酸バリウム型ピックアップで、三方向の成分を同時に検出し、振動計（VM-4203）で計測後、データレコーダ（R-400）に記録、後刻各方向別に反復再生し、分析器（SM-2200）により精密分析した。

実験は、まず各機種ごとに、ゴム吊りの状態で、空転時機関回転数の変化に伴う各部位の振動値の変化を測定し、さらに、空転手持時の各部位の振動値を測定した後、海岸松（丸太直径 35.0cm，含水率 56.5%）水平玉切り（フルスロットルから鋸断中 6000rpm）の際の振動値を測定記録し分析した。

結 果 と 考 察

供試チェンソーの測定各部位に適合したピックアップ取っけ用金具を作製し、3ケのピックアップを取りつけ、三方向成分を同時に測定分析した。

1) 空転時振動レベル

S 型機のゴム吊空転時、機関回転数の変化に伴う各部位の振動レベルの変化を図-1. に、M 型機のそれを図-2. に示す。図中の実線と破線は、三浦³⁾の手持圧縮空気振動工具による人体局所に与えられる振動に対する仮の許容限度と呼ばれるもので、作業者が使用する工具の振幅を測定するとともに、質問調査などから、局所振動により生ずる障害であるレイノー現象を示すような訴えなどが全くみられぬ水準（破線）と、50%以上の作業者にレイノー現象の訴えがあるか、医師により、実際に発症が認められている限界（実線）である。その他は外国で提案された許容基準である。

本体底部の振動レベルは、S 型機は 6000rpm で 11000~18000gal，M 型機で 6000rpm で 4700~16000gal であ

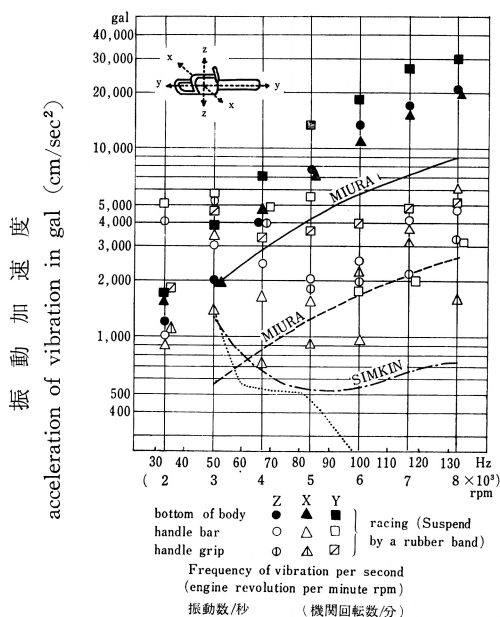


図-1. スチール 041AV 型チェーンソーの振動と仮の許容限界

Fig.1. Relation between the vibration of the chainsaw (Stihl 041AV) and the tentative tolerance limit values of the portable vibrating tools

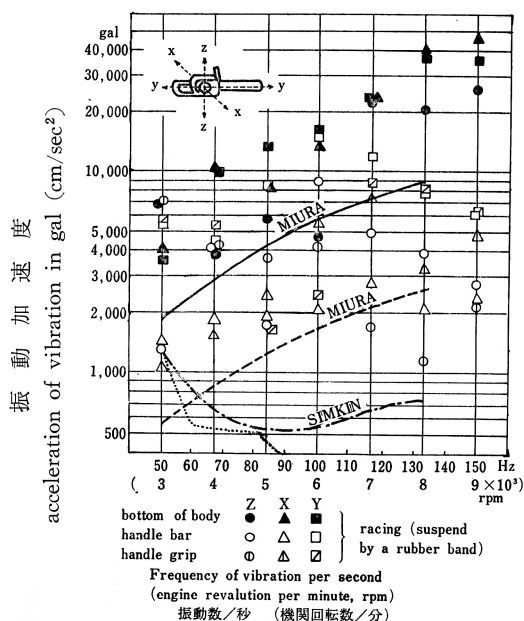


図-2. マックラー CP 70 型チェーンソーの振動と仮の許容限界

Fig.2. Relation between the vibration of the chainsaw (McCulloch CP 70) and the tentative tolerance limit values of the portable vibrating tools

るが、機関回転数の上昇にほぼ比例して増大している。5000~7000rpmにおいては、いずれの成分も両機種、ほぼ類似の範囲内の値を示し、4000rpm以下および8000rpm以上では、ある成分によっては、M型機のレベルの方がS型機のそれより高いが、かならずしも排気量の大きいM型機が、S型機より高い振動レベルを示さなかった。

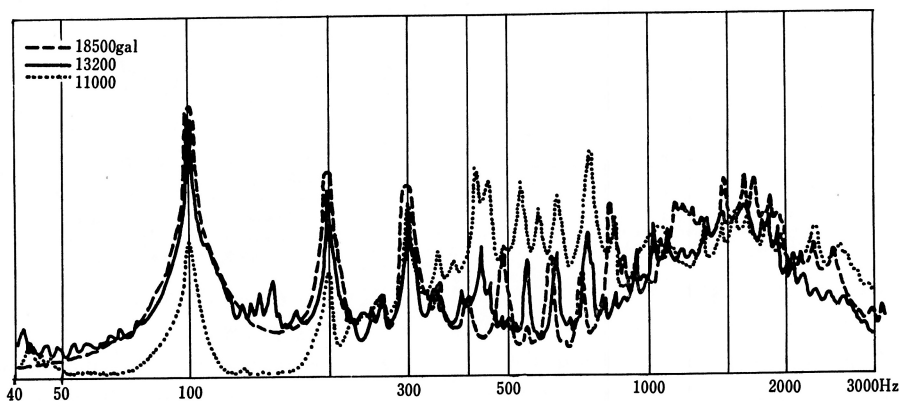
S型機のハンドルバー上部では、前後方向（ピストン方向）成分が5000rpmまでいくぶん大きいですが、三方向成分をあわせ考えると、常用回転数6000rpm付近で比較的低い値を示している。またグリップ部においてもハンドルバー上部と類似の様相を示すが、5000rpm以上では、前後方向の値が大きく、これはグリップのエンジン本体に対する機構的位置および形状からみて、ピストンの往復動の影響を強く受けている結果と考えられる。

S型機では、きわめて簡単な鋳造物を介してハンドルバーとグリップとが一体をなし、三個の防振ゴム接点により、エンジン本体と結合され防振ハンドルシステムを形成しているのであるが、この構造による、本体振動のハンドル各部への伝播抑制効果は著しい。図で明らかなように、4000rpmから、ハンドル部の振動レベルは、本体のそれより低い値を示しはじめ、高回転に至るに従い明らかな差を示す。6000rpm以上では全測定値が、三浦の作業者にレイノー現象の訴えがあるか、実際に医師により発症が認められている限界（図中実線）以下にあり、この防振構造がきわめて好結果を示すことを証している。しかし、この実験条件下における諸測定値の大部分は、なお両限界（実線と破線）の中間に位置し、レイノー現象の発生が全くないとする限界内にある値は限られる。これらの振動レベルは、当初、池田⁴⁾関⁵⁾により開発された型の防振ハンドルバーの示した値と類似のものであるが、S型機ではハンドルバーとグリップが一体となった簡潔構造で防振効果を実現し、しかも、実作業の確実安全度が高く、実作業にあたり作業者の訴える疲労感が非常に少ない点、きわめてすぐれている。

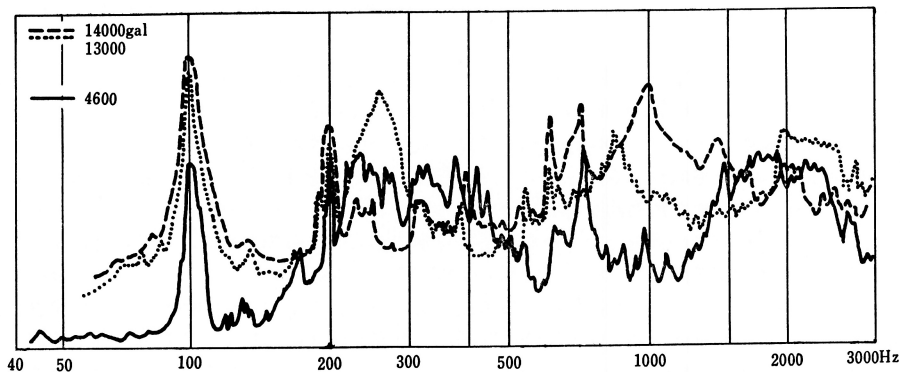
M型機のハンドルバーおよびグリップでは、図-2.に明らかなように、各方向によって著しい差を示しながら変化している。その値は3000rpm付近から、本体の振動レベルより低い値を示すのであるが、6000rpmまでは、ある成分で本体底部と類似の値を示しながら推移し、7000rpm以上では、各方向間の変動をとどめながら

も、明らかにすぐれた振動伝播抑制効果を示している。ハンドルバーおよびグリップとも前後方向成分がやや大きく、これはS型機同様横型エンジン機種の特徴であるが、変化の様相は機種によりやや趣を異にした。

この実験条件下における、M型機のすべての成分値が、三浦の上限界（実線）以下になるのは8000rpm以上であるが、下限内の値も少ない点はS型機同様で、ハンドルバーおよびグリップを一体とした防振構造による振動伝播抑制効果が著しく、しかも作業性の確保にすぐれた点が認められる。三浦の上限以内となるのがやや高回転数に寄っているが、M型のフルスロットル最高回転数が12000rpmに達し、実作業時8000~9000rpmが多いものとするならば、S型機との違いは少ないともいえる。しかし、実作業時の振動レベルの増加を考慮すると、このチェンソーが、五個のゴムマウントにより、エンジンの振動がハンドルバーおよびグリップのみならず、燃料およびキャブレターにも伝わらないよう工夫された所に特長を持つにもかかわらず、振動伝播の軽減を意図した工夫が、期待した効果を十分に示したとはいいいにくい。



a) Stihl 041AV chainsaw



b) Mc Culloch CP 70 chainsaw

- 上下方向、Z direction
- 左右方向、X direction
- - - 前後方向、Y direction

図-3. 本体底部における振動加速度（空転6000rpm）分析結果

Fig.3. Comparison of spectra of acceleration (in racing 6000rpm) at the bottom of the body

1) 空転時振動の周波数分析

センサー本体の空転6000rpmにおける振動加速度の周波数分析結果を図-3. に示す。両機種とも、基本波の他に数次の高調波が明らかに認められ、その間に多数の振動波が存在し、1000Hz以上2000Hz前後に大きな波を形成するが50Hz以下でほとんど波形がみられない点で類似する。M型機では200~500Hzの間に山形波が広がり、1000Hz前後では三方向成分の間に大きな差がある点など、S型機と特徴を異にする。

S型機のハンドルバーおよびグリップの振動加速度分析結果のうち、上下方向を図-4. に示す。いずれもピストンの往復動に対応した基本波とその高調波を主とし、ハンドルバーでは、基本波と2次の高調波が1000galを越えるが、その他の周波数成分はすべて1000gal以下で、特に1000Hz以上ではきわめて弱い。6000rpmでは2次と3次の高調波が目立つが、9000rpmでは基本波と2次および3次の高調波が大きく、その他の高い周波数域の波形は6000rpmのそれに類似する。6000および9000rpmでは、基本波に対する低調波のほか50Hz以下の周

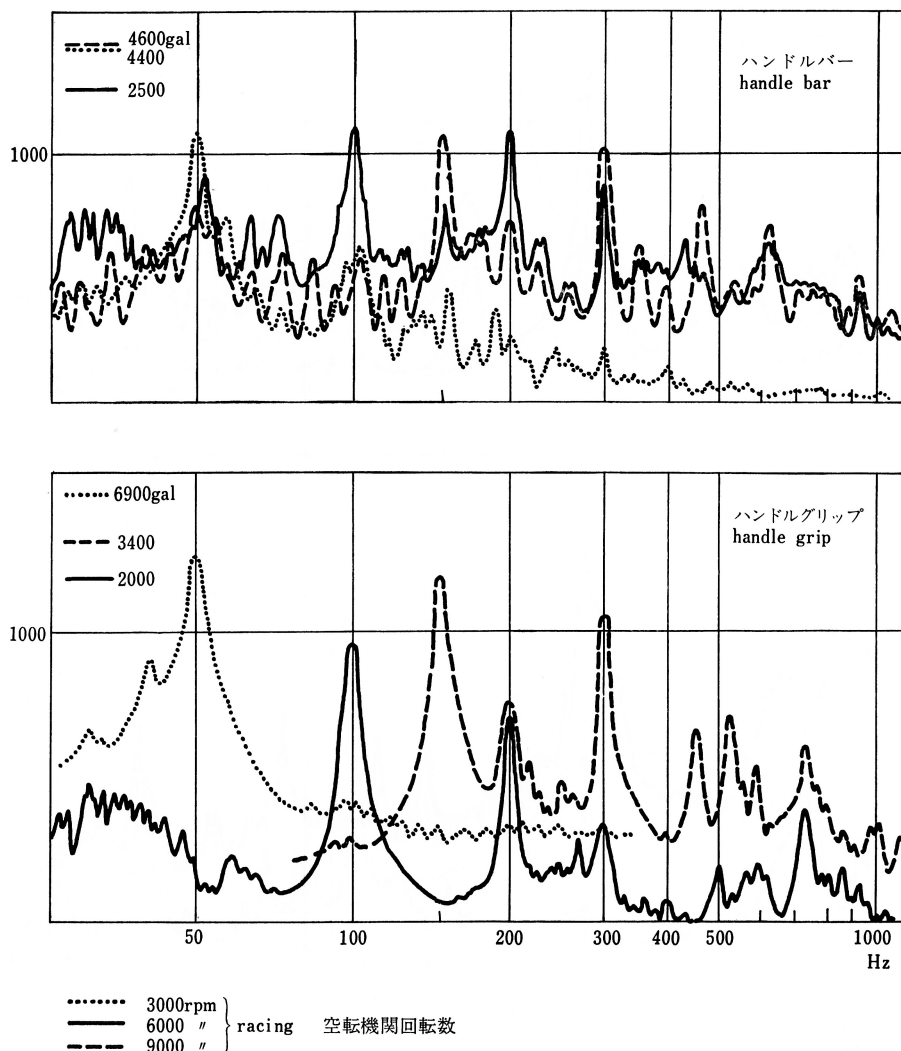


図-4. スチール 041 AV 型 センサーのハンドルバーおよびグリップ上部における振動加速度 (Z方向) 分析結果

Fig.4. Comparison of spectra of acceleration (Z direction) at the upper part of the handle bar and grip of 'Stihl 041AV' chainsaw

波数成分がかなり認められる。ハンドルバーの前後方向と左右方向の分析結果でも 6000 と 9000rpm において 50 Hz を中心とした低周波数域にかなりの波形成分がみられた。グリップ部の周波数成分は、基本構成がハンドルバーとほぼ等しく、6000~9000rpm では 7~8 次までの高調波が明らかでハンドルバーのそれより幾分簡明である。また 6000rpm で 50Hz 以下の成分がかなりみられる点、ハンドルバーと同様である。このような成分は、グリップの前後および左右方向の 6000~9000rpm でもみられるが、いずれも前後方向 6000rpm の値より弱い。

M 型機のハンドルバーおよびグリップにおける振動加速度分析結果のうち、上下方向を図-5. に示す。基本波と数次の高調波を中心とする点 S 型機と同様である。ハンドルバー 6000rpm では、4 次の高調波が明らかである外、高調波は弱い。基本波より低い周波数成分では、8000rpm でかなりの波形がみられるが、6000rpm ではきわめて弱い点、S 型機のそれと異なる。他方向成分でも、類似の様相を示すが、前後方向は基本波が支配的

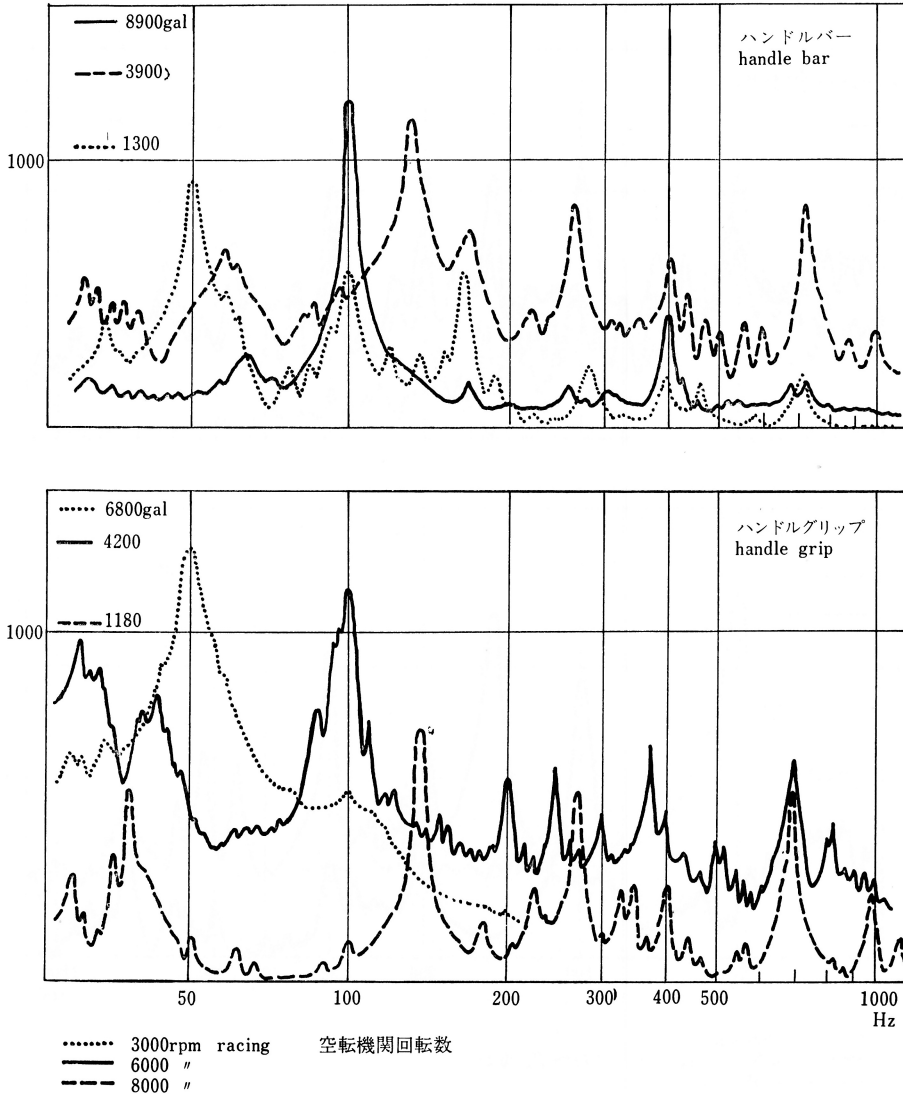


図-5. マッカラー CP 70 型チェーンソーのハンドルバーおよびグリップ上部における振動加速度 (Z 方向) 分析結果

Fig.5. Comparison of spectra of acceleration (Z direction) at the upper part of the handle bar and grip of 'McCulloch CP 70' chainsaw

で、高調波その他成分は弱く、50Hz以下の成分は左右方向の各回転数においてみられる。グリップ部では6000～8000rpmで数次の高調波が明らかであるが、6000rpmでは400Hz付近と700Hz付近にやや大きい波があるほかは基本波が支配的である。8000rpmでは2次波がやや大きく、700Hzに6000rpmの結果と共通した大きな波がみられる点の特徴で、この波はハンドルバーのそれと対応する。

3) 木材鋸断時の振動レベル

空転手持6000rpmと海岸松丸太鋸断（フルスロットルで木材に圧着し、鋸断中6000rpm）時のハンドルバーおよびグリップ振動加速度値の変化を表-1.に示す。空転手持時の振動レベルは、一般にゴム吊時の値より低い値を示すが、これは手による把握の結果、手腕の筋肉による弾性支持により、振動の抑制あるいは伝播吸収が生じ減衰するためと考えられる。S型機のレベルは、グリップの上下方向を除きほぼ2000gal以下で、ほとんど三浦の安全限度内にあるが、M型機では、手持時も成分によっては4000galを越えるものがある。

表-1. 防振型チェーンソーの木材鋸断振動レベル

Table 1. The level of acceleration of vibration of chainsaw with vibration isolating handle system in cross cutting timber

| 測定部位 part | 方向 direction of vibration | 振動レベル (gal) level of vibration in gal | | | |
|---|---------------------------------|--|--------|--|--------|
| | | 空転手持 racing (held by hands) | | 海岸松鋸断 in cross cutting maritime pine | |
| Stihl 041 AV | | | | | |
| ハンドルバー上部 upper part of handle bar | X | 1300 | (1350) | 2000 | (2050) |
| | Y | 900 | (1000) | 1000 | (1100) |
| | Z | 1600 | (1700) | 1700 | (1800) |
| ハンドलगリップ上部 handle grip | X | 1000 | (1100) | 1800 | (2000) |
| | Y | 1100 | (1200) | 1100 | (1300) |
| | Z | 2200 | (2300) | 2300 | (2500) |
| McCulloch CP 70 | | | | | |
| ハンドルバー上部 upper part of handle bar | X | 950 | (1000) | 2400 | (2700) |
| | Y | 4200 | (4900) | 4500 | (5000) |
| | Z | 3100 | (3200) | 3500 | (3800) |
| ハンドलगリップ上部 handle grip | X | 2600 | (2800) | 2700 | (2900) |
| | Y | 2600 | (2900) | 3400 | (3700) |
| | Z | 1900 | (2000) | 2800 | (3000) |

() 平均的値 : mean value

表-2. 防振形ハンドルバーの木材鋸断振動レベル

Table 2. The level of acceleration of vibration of the vibration isolating handle bar (Echo CS 60 chainsaw)

| 方向 direction of vibration | case I | | | case II | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|---|-------|--------------------------------------|--|-----------|
| | 空転手持 racing (held by hands) | ケヤキ鋸断 (含水率) cross cutting zelkova square wood(moisture content) | | 空転手持 racing (held by hands) | 木材鋸断 cross cutting timber (tree species) | |
| | | (43%) | (62%) | | cryptomeria | beechtree |
| 左右 (X) | 3000 | 3500 | 3300 | 2800 | 2700 | 4000 |
| 前後 (Y) | 1200 | 2400 | 2000 | 780 | 3600 | 4800 |
| 上下 (Z) | 850 | 1500 | 1800 | 1400 | 1400 | 2700 |

海岸松を水平切りした場合、鋸断により振動レベルが増すのが一般である。S型機ではハンドルバーおよびグリップとも、左右方向で最大 2000gal を越え50%以上の増加であるが、前後と上下方向では、増加の様相がうかがわれるが、空転手持時と大差がない。グリップの前後方向が他方向に比し小さい値であるのが目立つ。M型機でも、ハンドルバーの前後方向は絶対値が大きいが増加の割合は小さく、上下方向での増加は18%強、左右方向では空転手持時の倍以上であるが、絶対値は2700gal でそれほど大きくはない。グリップでは、4000gal 以内で、左右方向は変化が少ないのに対し、上下方向は、3000gal で40%強の増、前後方向では3700gal で27%増である。

初期の防振形ハンドルバーによる木材鋸断時振動レベルの変化を表-2. に示す。この防振形ハンドルバーは固定形ハンドルバーを取りはずして着用し、グリップ部とは独立した形式のものである。空転手持時の値は左右方向で最も大きく3000gal に達するが、固定形バーの例よりかなり低い。しかし、ハンドルバー単独の防振である点と、ゴムの軟らかさのため、既述のように作業の不確実性が心配されたものである。さらに木材鋸断による振動レベル値は最大4800gal を示すが、材質や含水率の多少に基づく切削抵抗の変化に影響される点は前報¹⁾のとおりである。スギとブナの鋸断時レベルの差は最大 1300gal であり、前報¹⁾の固定形ハンドルバーおよびグリ

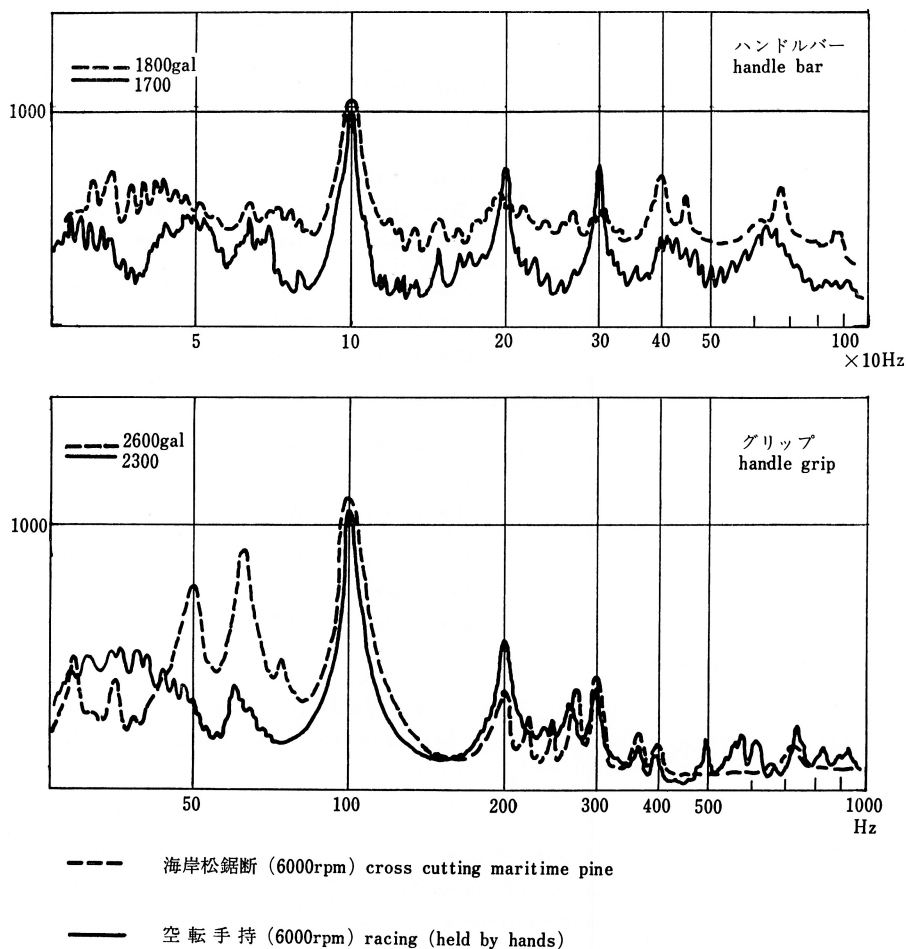


図-6. スチール 041AV 型センサーの木材鋸断時振動加速度（上下方向）分析結果
Fig.6. Comparison of spectra of acceleration (Z direction) at the upper part of handle bar and grip of 'Stihl 041AV' chainsaw depending on the difference between in racing and in cross cutting timber

ップの例では、スギとブナの鋸断レベルの差は500~1000galであった。したがって、前記諸例と本結果から、海岸松以外の材質の木材鋸断時振動レベルについても、おおよその推定が可能である。

4) 木材鋸断時振動の分析

S型機の海岸松鋸断時振動加速度（上下方向）の分析結果を図-6. に示す。ハンドルバーの空転手持時の結果では、ゴム吊時のそれとほぼ同様の波形構成であるが、基本波に対する比較では、150Hz前後、2次波および低調波とそれ以下の波形成分がやや弱くなっている。鋸断時の波形は、総合レベルの増加に伴い、全体に手持空転時より増大するが、2次と3次の高調波は空転時ほど明らかな波を形成せず、4次波および600~700Hz 付近の波形は空転手持時と対応し、50Hz以下の成分では、空転時より一般に増加している。

グリップの手持空転時波形は、ゴム吊り空転時のそれとほぼ一致するが、2次高調波と700Hz 付近の波形がやや弱い点異なる。また鋸断による波形の増大は、主として、基本波とそれより低い周波数成分にみられ、特に大きな低調波が注目される。2次の高調波は、空転時より小さく、3次と4次波は微弱ながら空転時よりややまさる様相を示す。

M型機の海岸松鋸断時振動加速度（上下方向）の分析結果を図-7. に示す。ハンドルバーの空転手持時の

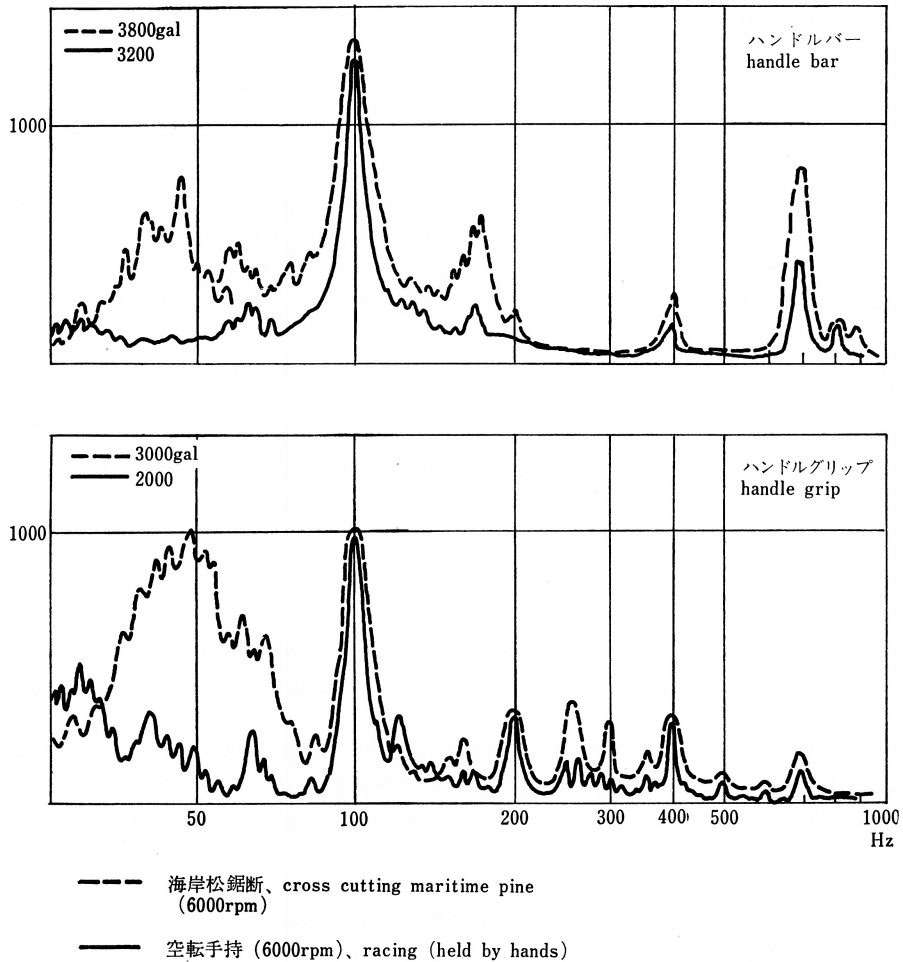


図-7. マッカラー CP70型チェーンソーの木材鋸断時振動加速度（上下方向）分析結果

Fig.7. Comparison of spectra of acceleration (Z direction) at the upper part of handle bar and grip of 'McCulloch CP70' chainsaw depending on the difference between in racing and in cross cutting timber

結果は、ゴム吊時のそれとほとんど変わらないが、4次と6次の波が僅かな違いを示す。鋸断時も空転手持時とほぼ同様の構成で、ややレベルが増し、基本波以外では、160~170Hzおよび700Hz付近の波形増大が目立つほか、100Hz以下50Hzを中心とした波形の存在が特徴である。グリップの空転手持時波形は、ゴム吊時とほぼ対応し、4次と7次の高調波および50Hz以下の波形がやや弱くなっている。また鋸断時は空転手持時の波形に沿い、ほぼ一様にレベルが増大するが、特に50Hzを中心として40~70Hzにわたる大きな波形があらわれている点が特色である。

以上の結果では、空転手持時と木材鋸断時の違いは、全体波形の概括的レベル増大のほかに、基本波以下の50Hzを中心とした振動加速度成分が増大する点にある。前報の結果¹⁾では、基本波以下の低周波域の波は、丸太の廻し切りで現われませんが、水平切りで固定形および防振形ハンドルバーのいずれにも現われる。また角材水平鋸断実験では、固定形ハンドルバー²⁾でもいくらかみられたが、防振形ハンドルバーではすべての条件でかなり現われている。防振形ハンドルバーの他の方向の例(未発表)においても低周波域に波形があらわれている。供試機の他の方向の結果でも、ハンドルバーでS型機の前方向に明らかであり、M型機も上下方向より弱いが、明らかな波がみられる。またグリップでは両機種³⁾の全方向に30~70Hz以上にわたる波があり、特にS型機では30~50および60Hzにピークを持っている。このように、基本波より低い50Hzを中心とした波形の違いが、木材鋸断時振動加速度の周波数構成における特徴といえよう。

結 び

ハンドルバーとグリップを一体とした防振ハンドル構造を持つチェーンソーの空転時振動の測定分析に基づき、木材鋸断時の変化を検討した。

空転ゴム吊時の結果では、ハンドルバー・グリップとも本体に比し総合レベルが著しく低い。周波数構成では、基本波と数次の高調波およびいくらかの低周波成分を主体とするが、基本波を除くと1000galを越える成分は少なく、ほとんどの成分が微弱である。したがって、供試機が、独特の防振構造を工夫し、ハンドル部へ伝播する振動の抑制に著しい効果をあげたことを実証したが、局所振動に対する許容限界を考慮すると、なお検討の余地を残すといえよう。

空転手持時のレベルは、ゴム吊時より低く、三浦の安全限度(下限)内にある値も多いが、これは、手腕による把握と弾性的支持による振動の抑制吸収などに基づく減衰結果と考えられる。

木材鋸断時は、このレベルより一般に増大し、その増加量は最大2000galに及び、樹種その他木材条件の違いによる差は1000gal内外と推定された。周波数構成の変化は、基本波とその高調波を主体とする範囲で少なく、低周波域で50Hzを中心とするかなりの波形で著しい。前報の結果とあわせて、防振型ハンドルの木材鋸断時振動の特徴がこの点において強調されることを確かめた。

文 献

- 1) Toshitake ARAMAKI and Tomomichi FUSHIMI: On the Vibration of the Chainsaw in Cross Cutting Timber. *Memoirs of the College of Agriculture, Ehime University*, Vol. 13, No. 2, 327~351, 1969.
- 2) 伏見知道: 伐木造材作業におけるチェーンソーの振動によって作業者に生ずる職業性レイノー現象様症状(白ろう病)とチェーンソーの振動レベル。愛媛大学農学部演習林報告, 6号, 19~30, 1969.
- 2) Toyohiko MIURA: On the Occupational Hazards by Vibration Tools (Rep. IV). *The Report of the Institute for Science of Labour* No. 52, 12~23, 1957.
- 4) 池田充興: チェーンソーの緩衝装置について。機械化林業, No. 144, 18~19, 1965.
- 5) 北見営林局生田原営林署事業課: チェーンソーの振動防止装置。機械化林業, No. 144, 15~17, 1965.
- 6) 伏見知道・荒牧利武・山田藤吾: チェーンソーの木材鋸断振動。日林講演集, No 79, 252~254, 1968.
(1970年12月11日受理)