



Title	チェーンソーの振動におよぼす切削条件の影響
Author(s)	金内, 忠彦; Kanauchi, Tadahiko; 山下, 良雄 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 104, 13-21
Issue Date	1981-05-30
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/41674">https://hdl.handle.net/2115/41674</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	104_13-22.pdf



## チェーンソーの振動におよぼす切削条件の影響

金内忠彦\* 山下良雄\*  
大島正裕\* 田沢成元\*\*

(昭和55年12月27日受理)

### Effects of Cutting Conditions on the Vibration of the Chain Saw

Tadahiko KANAUCHI, Yoshio YAMASHITA,  
Masahiro OHSHIMA, Shigemoto TAZAWA

(Received December 27, 1980)

#### Abstract

In felling timber, the chain saw has been widely adopted. Operators of chain saws, have experienced physical disability in hands and arms, due to the vibration and the transmissive force of the saw.

The present investigation was carried out as a first step to determine clearly how to reduce excessive vibration and transmissive force and to render the chain saw safe as a hand tool.

This paper describes preliminary experiments on the acceleration and transmissive force to the arms and gripping force to the handles under various cutting velocities.

Although a higher acceleration occurs with higher cutting velocity, increase of the velocity appears to have no consistent effect on transmissive force.

Tighter gripping of the handle reduces the acceleration of vibration, yet, at the same time the transmissive force to the arms increases.

Under low velocity, high values of transmissive force are measured in the vertical direction, due to the unstable rotation of the engine.

Cutting force increases the acceleration under relatively low revolutions, however, decreases under high revolutions.

There is a linear relation between the transmissive force and the feed per one cutting tooth of the saw.

#### 1. 結 言

チェーンソーは木材の切断に広く使用され、林業、木材工業の発展に大きな役割をなしてきたが、一方、その振動などに起因すると考えられる障害、特に「白ろう病」の発症が多数の作業者に認められ、大きな社会問題になっている。しかし、チェーンソーの振動などの現象が複雑であり、その解析も容易でないこと、工学、医学などの分野から多面的に探究しなければならないことのため、付随する未解決の課題は少なくない。それらのなかで工学的な課題についてみて、

\* 機械工学科 機械工作学講座

\*\* 住友金属工業株式会社

チェーンソー自体のみの振動に関してはある程度の研究が行なわれているが、木材切削との関連や腕をも含めた機械-人間系としての解析はあまり行なわれていないのが実情である。

また、チェーンソーの問題は、人手を要する半自動的な機械工具の代表例として、他の類似機種にも共通しており、振動と同様、腕に伝達する力の解析も重要と考えられる。本報告においては、現在多用されている西独スチール社製のチェーンソーを人手をモデル化した実験装置に保持させ、空転、切削時における振動加速度、伝達力、エンジン・シリンダ内圧力を種々の運動条件、切削条件において測定し、相互の関係を求め、さらに、ハンドルを握る力の影響について検討を行なった。

## 2. 実験装置

### 2.1 供試チェーンソー

使用したチェーンソーは、現在多用されている代表的な型式の西独スチール社製「ニューアイドル031」である。これは空冷二サイクル単筒ガソリンエンジンにより駆動され、総排気量48 cc、バーの長さ500 mm、チェーンピッチ9.5 mm、刃ピッチ38 mm、本体重量5.5 kgf、全装備重量7.1 kgfである。図1に刃型を示すが、慣用されている角度の名称を用いると、上刃切削角Aは $60^\circ$ 、上刃目立て角Bは $30^\circ$ 、上刃逃げ角Cは $5^\circ$ 、横刃目立て角Dは $90^\circ$ 、刃長は9.0 mmである。正確な回転数およびシリンダ内圧力を求めるために、シリンダに孔を開け、圧電型圧力ピックアップ（日本特殊陶業製UES-7）を取付けた。

### 2.2 チェーンソー保持装置

図2に装置の概略を示す。①はチェーンソーのエンジン部、②はソーチェーン、③は水平方向加速度測定用変換器、④は垂直方向加速度測定用変換器、⑤はハンドル握り用リングで、図3に拡大して示す

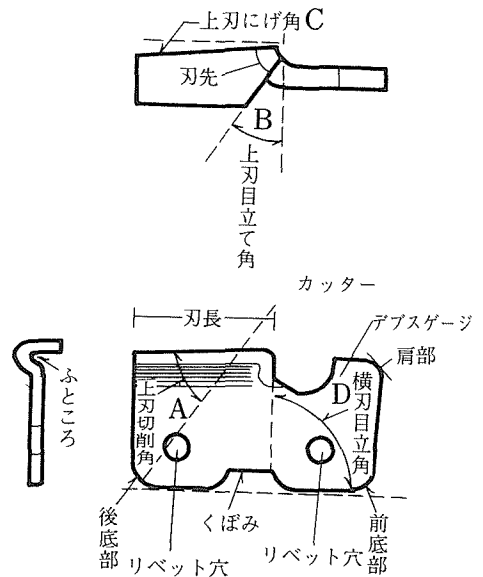


図1 ソーチェーン刃型

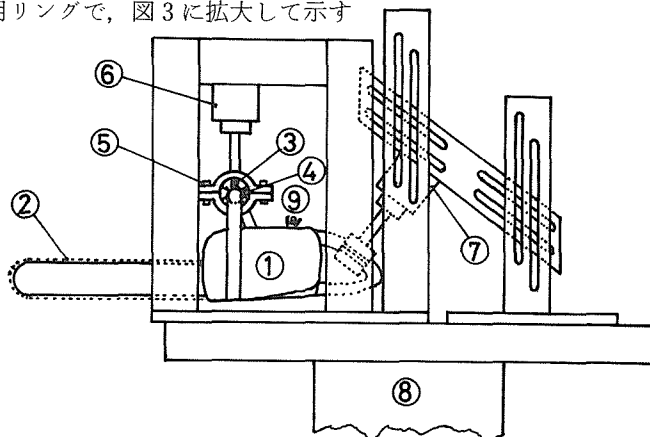


図2 チェーンソー保持装置

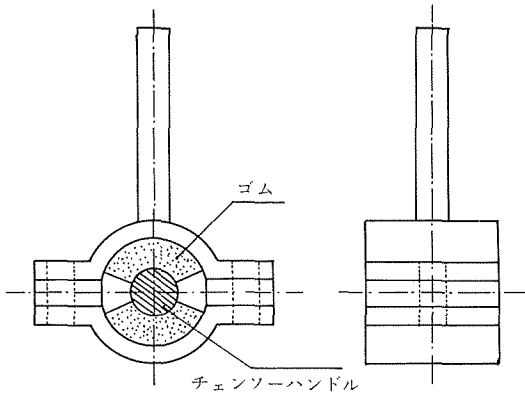


図 3 a ハンドル握り用リング

ように、チェーンハンドルをゴムを介して締め、人手による握りをモデル化した。締め付けボルトに締め付け力測定用ゲージを貼付してある。ハンドル握り用リングの上部は腕をモデル化したロッドに接続し、前ハンドルからのロッドは⑥の工具動力計を介し、後ハンドルからのロッドは⑦の工具動力計を介して、保持装置に取付けられる。前後のロッドの相対位置は⑦を自在に動かすことにより変えることができる。チェーンソー保持装置をフライス盤⑧に固定し、フライス盤の上下送り装置を利用して、チェーンソーの切込み速度を変化させる。⑨はエンジン・シリンダ内圧力測定用の圧電型圧力ピックアップである。

このチェーンソーは重心のほぼ真上に前ハンドルがあるために、前方のハンドルに保持力の大部分が作用する構造になっているので、前、後ハンドルに取付けた加速度変換器（共和電業製 AS-50 B）のうち、前ハンドルの手で握る個所のものから計測した。腕に伝わる伝達力についても前方用の工具動力計（共和電業製 TD-500 KA）から測定した。

### 2.3 切削抵抗測定装置

切削抵抗の主分力、背分力を測定するため、図 4 に示す装置に被削材を取付け切削を行なった。 $a_1 \sim a_4$  が主分力測定用、 $b_1 \sim b_4$  が背分力測定用の抵抗線ひずみゲージで、 $a_1$  と  $a_2$ 、 $a_3$  と  $a_4$ 、 $b_1$  と  $b_2$ 、 $b_3$  と  $b_4$  はそれぞれ直列に接続してある。

## 3. 実験方法

市販されているチェーンソーは 6000 r. p. m. 近くでクラッチシューとスプロケットが完全に密着し、エンジン回転数とソーチェーンの回転数が同一になるが、切削中に作用力が急激に増大した場合には、両者の回転数に差異を生ずる可能性がある。本実験では低回転の場合も含め、回転数を正確にするために、チェーンソーのクラッチシューとスプロケットを一体にし、エンジン

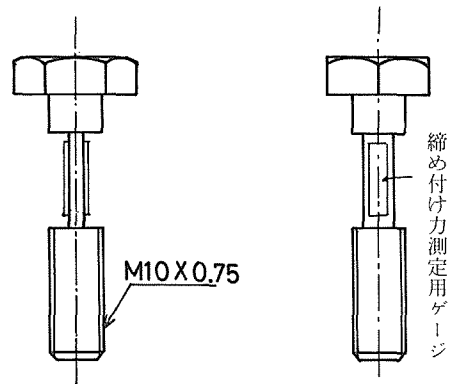


図 3 b 締め付けボルト

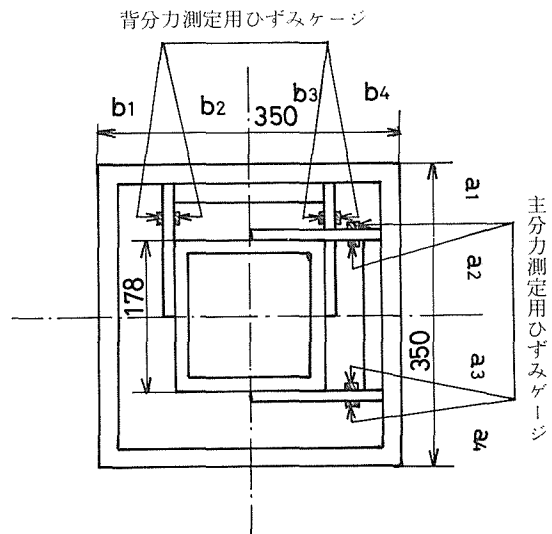


図 4 切削抵抗測定装置

のクランク軸とソーチェーンの回転数が同一になるようにした。なお、1000 r. p. m. は切削速度 76 m/min に相当する。

実験装置にチェーンソーを装着し、ハンドル締め付け力を 10, 20, 30 kgf に変え、空転時におけるチェーンソーハンドルの水平方向、垂直方向の振動加速度、腕に伝わる水平方向、垂直方向の伝達力を回転数 3000~8000 r. p. m. において測定した。さらに、硬質材のナラ材(約 150 mm角、含水率 13%)を供試材として、回転数 4000~8000 r. p. m.、切込み速度を 2.5~42.3 cm/min に変え、切削抵抗、振動加速度、伝達力を測定した。切削時における前ハンドルの締め付け力は 20 kgf とし、後ハンドルの締め付け力は空転、切削時共に支える程度に少なくし、チェーンソーの重量が前ハンドルのみにより保持され、後ハンドルには重量が極力かからないように調整した。振動加速度、伝達力、切削抵抗、エンジン・シリンダ内圧力の記録、測定または観察には、データレコーダ、トランジェントメモリ、ラピコーダ、シンクロスコープを使用した。

#### 4. 実験結果と考察

##### 4.1 空転時における振動加速度

締め付け力 10, 20, 30 kgf における空転時の振動加速度と回転数との関係を図 5 に示す。

水平方向の振動加速度  $a_h$  は 8000 r. p. m. 付近で極大値を持つ傾向にあるが、ハンドル部に水平方向に衝撃を加えると、8000 r. p. m. 付近に固有振動数の存在することが認められるので、それによるものと考えられる。締め付け力が大きい程、振動加速度が減少する傾向がある。

垂直方向の振動加速度  $a_v$  も 8000 r. p. m. 付近で極大値を持ち、締め付け力が増すと振動加速度が減少し、高回転数では、その差が大きく約 2 g にも及んでいる。5000~6000 r. p. m. では振動加速度(垂直方向)にあまり差は認められない他は、水平、垂直方向共に回転数の増加に伴い振動加速度は増大し、特に 6000~7000 r. p. m. では回転数の影響が大きくあらわれており、この付近の回転数で使用されることも多いので、注意が必要である。

許容値として 3 g 程度を目安とする考えもあり、周波数分析による差を考慮するとしても、締め付け力による影響のみにより、許容値の過半の差が生ずる場合のあることは大きな問題である。連続長時間使用の場合や体調の悪い状態での使用の場合には、締め付け力に相当するハンドル握り力が変わることも想像される。

なお、この実験装置では、特に垂直方向に締め付け力が強く働く構造になっているので、締め付け力による影響は垂直方向により大きくなっている。

##### 4.2 空転時における伝達力

腕(モデル化したロッド)に伝わる水平方向の伝達力  $T_h$  と回転数との関係を図 6 に示す。7000 r. p. m. 付近に極大値を持ち、振動加速度の極大値に対応する回転数より若干低い回転数になって

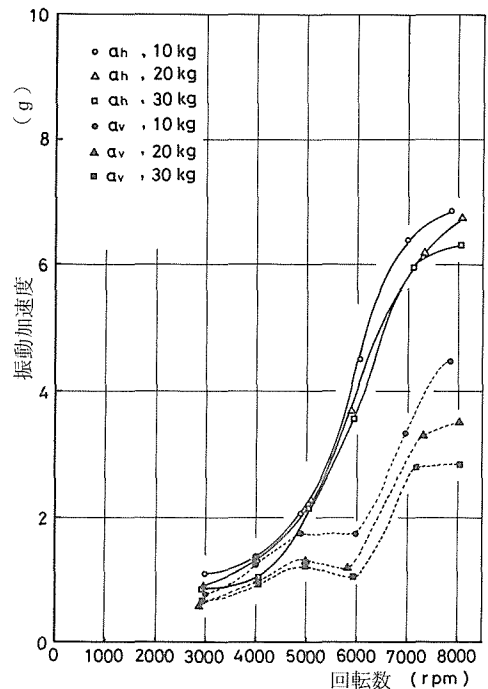


図 5 振動加速度と回転数との関係(空転)

いる。締め付け力が強い程、腕に伝わる伝達力は大きくなっているが、これは振動加速度と逆の傾向である。図7は腕への垂直方向の伝達力  $T_v$  と回転数との関係を示すが、ハンドルの垂直方向の振動加速度の変化とはかなり異なり、特に低回転数での伝達力は大きくなっている。

締め付け力の影響は、6000 r. p. m. 以上では、締め付け力が強い程、伝達力は大きくなっているが、低回転数では締め付け力が弱いほうが、伝達力が大きくなる傾向を示している。

伝達力の測定データでは、垂直方向について低回転数で約 10 Hz の低い周波数の大きな振幅の上に回転数に対応する振動数の波がのっており、回転数の増加に伴ない回転数に対応する波の振幅は増大しているが、低い周波数の波は次第になくなる。一方、水平方向については回転数に対応する振動数の波が主成分である。シリンダ内最高圧力の変動率を  $SP_{max}/\bar{P}_{max}$  として求める。ただし、 $SP_{max}$  はシリンダ内最高圧力の標準偏差、 $\bar{P}_{max}$  はシリンダ内最高圧力の平均値である。それぞれの回転数について 100 個ずつ無作為に抽出して計算した結果、回転数の増加に伴ない変動率は減少しており、0.14~0.10 の値を示している。最高圧力の場合と同様に、各回転数において 100 個の波形を無作為に抽出し、各 1 回転に要する時間をミリ秒単位で読み取り、回転速度変動率を  $SN/\bar{N}$  として求め、回転数との関係を示したのが図8である。

ただし、 $SN$  は回転数の標準偏差、 $\bar{N}$  は回転数の平均値である。回転速度変動率は高回転に比較して低回転ではかなり大となっており、操作中に感覚としても認められる。これらのために、低回転における垂直方向の伝達力が増大し、振動加速度が低回転で減少しない場合があるものと考えられる。

#### 4.3 切削時における振動加速度

切込み速度 5.8, 9.2 cm/min における切削時の振動加速度と回転数との関係を図9, 10 に示す。

比較のために空転時（ハンドル締め付け力 20 kgf）の振動加速度も記す。図9は水平方向についてのものであるが、回転数の増加に伴ない振動加速度は増大し、切込み速度の大きいほうが振動加速度も大きい。低回転数では空転時と切削時における振動加速度の差は大きい、高回転になるとその差は小となり、切込み速度 5.8 cm/min の場合、7000 r. p. m. 以上で空転時より振動加速度が小である。すなわち現象的には防振効果を示している。

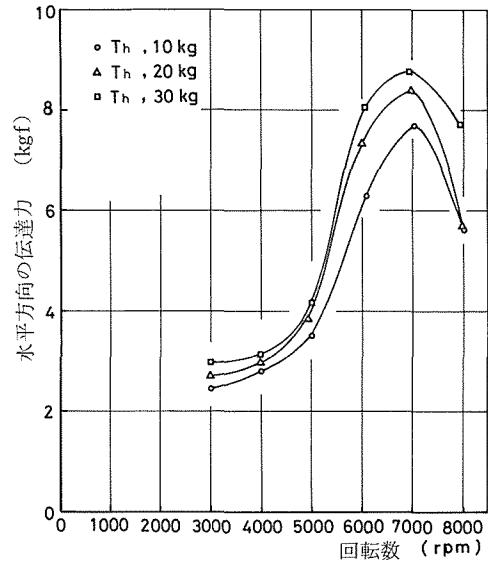


図6 水平方向の伝達力と回転数との関係（空転）

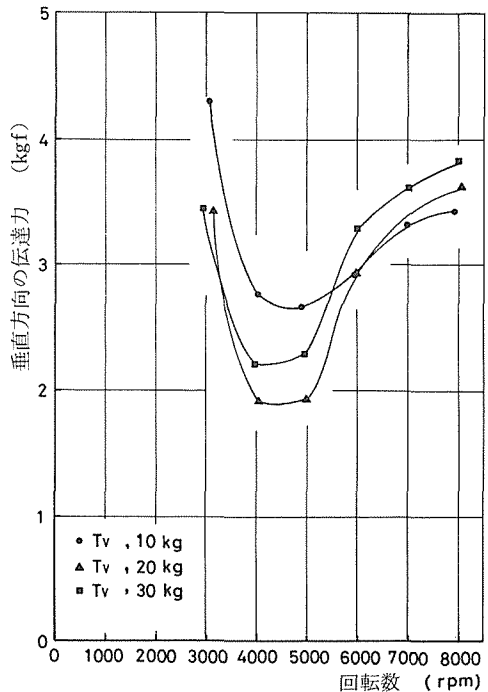


図7 垂直方向の伝達力と回転数との関係（空転）

図 10 に垂直方向について示すが、傾向としては水平方向と同様である。しかし、回転数の増加による振動加速度の増大の率は、水平方向よりはるかに小であるのは、エンジン・ピストンの運動方向、切削方向の影響のためと考えられる。

切削抵抗の主分力、背分力と回転数との関係を、切込み速度 5.8, 9.2 cm/min について示したのが図 11 である。切削は切削速度、すなわち回転数、切込み速度に大きく影響されることが、種々の工具、被削材の組合せで確認されている。チェーンソーによる切削においても同様の結果となり、回転数が大である程、同一切込み速度では切削抵抗が減じ、ある範囲より回転数が増すと、切削抵抗はあまり変化せず、増減も僅かである。切込み速度は大であるほうが切削抵抗は大であるが（主分力/背分力）の値は切込み速度によって変化している。

エンジンに起因する振動加速度は、回転数の増加により増大するが、切削抵抗は低回転において大きな値となるので、切削時における振動加速度はその複合されたものとして、図 9, 10 に示すように、回転数と切込み速度の与え方によっては、空転時のそれよりも減少する場合があります、実際の作業においても切削時のほうが肉体的に疲れないとの報告もされている。

したがって、チェーンソーの使用にあたっては、適正な切削条件の設定が重要である。

#### 4.4 切削時における伝達力

図 12, 13 に水平方向、垂直方向の伝達力と回転数の関係を、切込み速度 5.8, 9.2 cm/min と空転時について示す。水平、垂直方向共に、切削時における伝達力は空転時と類似の傾向を示しているが、伝達力の大きさは増し、切込み速度の大きいほうが伝達力は大である。垂直方向については、空転時、切削時共に低回転において伝達力の増大が示されているが、水平方向については、空転時にみられなかった低回転における伝達力の増大が、切削時においてみられた。この現象は、切込み速度を一定とし回転数を下げる場合、一刃あたりの切込みが増し切削抵抗が増大すること、エンジンの回転数に対する特性が切削時における負荷によって影響を受けることなど

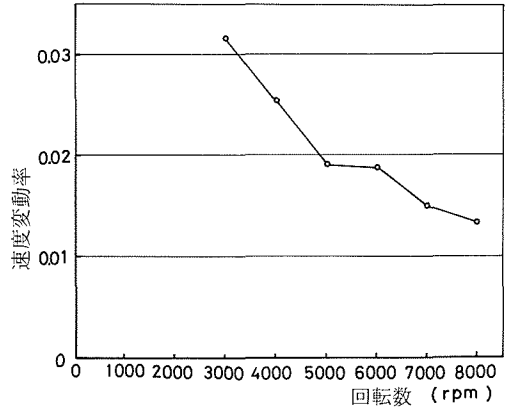


図 8 回転数による速度変動率の変化

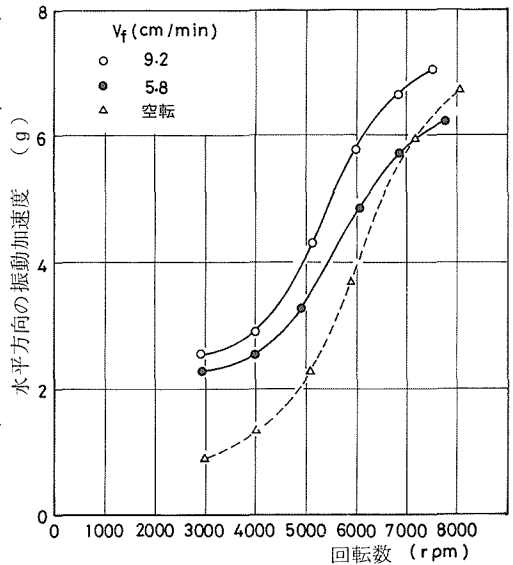


図 9 水平方向の振動加速度と回転数との関係

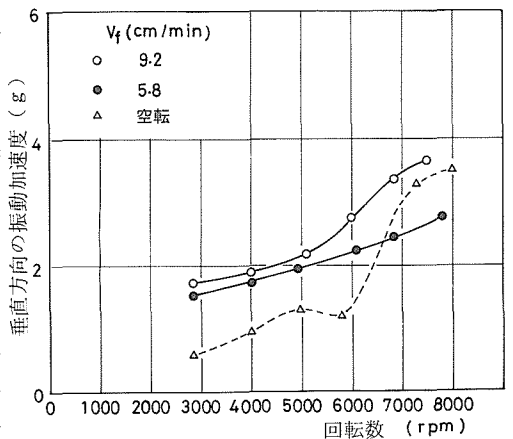


図 10 垂直方向の振動加速度と回転数との関係

に起因するものと考えられる。伝達力から言えば、6000~7000 r. p. m. での使用は望ましくないことになり、適正な回転数が必要である。切削には、所要切削速度の範囲があるので、スプロケットの歯数の設定にも留意されなければならない。

ソーチェーンの切削性は、切削速度  $V_f$  と切込み速度  $V_f$  に関係するので、1刃あたりの切込み  $F_z$  (mm/tooth) を計算し整理する。 $F_z = Fr/Z = V_f / z \cdot N$  とあらわされる。

ただし、 $Fr$  はソーチェーン1回転あたりの切込み (mm/rev)、 $Z$  はソーチェーンの刃数である。図14は腕に伝わる伝達力のうち、切削の影響によると考えられる平均伝達力と1刃あたりの切込みとの関係を示す。両者の間には比例関係、または直線関係に近い傾向が認められる。1刃あたりの切込みが同一の場合には、回転数の高いほうが、平均伝達力が少なくなっている。従来、単純な刃での実験において、切削抵抗と回転数の間で同様な傾向が認められており、かなり複雑なソーチェーンにおいても、切削の影響による平均伝達力と回転数との関係が定性的に合致することは興味がある。以上のことから、回転数(切削速度)の増大によって切削性は向上するので、空転時と切削時における振動加速度、伝達力に及ぼす回転数の影響には差があり、切削時においても切込み速度により回転数の影響の程度が異なることが認められる。

切削能率を向上させるために、切込み速度のみを対象にして増加すると、1刃あたりの切込みが増して切削抵抗、伝達力は確実に増大し、エンジンの負荷の増加によって回転数が変動し、設定の回転数は減じ、さらに1刃あたりの切込みが増し、振動加速度も空転時には低回転のほうが有利であったのが、切削時には大きく傾向が変わる結果となり、ハンドル握り力の変化も加わって人体に対する悪影響も増すことが憂慮される。切込み速度を増すには、それに見合う回転数(切削速度)を保つ必要があり、それらの関係を、それぞれのソーチェーンで求めておくことが望ましい。しかし、必要以上の回転数を与えても切削性は向上することにはならず、エンジンに起因する振動が増大して不利な状態になると考えられる。

従来、チェーンソー使用による人体への障害としては、ハンドル握り部分の振動が主体に考えられてきたが、腕への伝達力も無視できず、それら

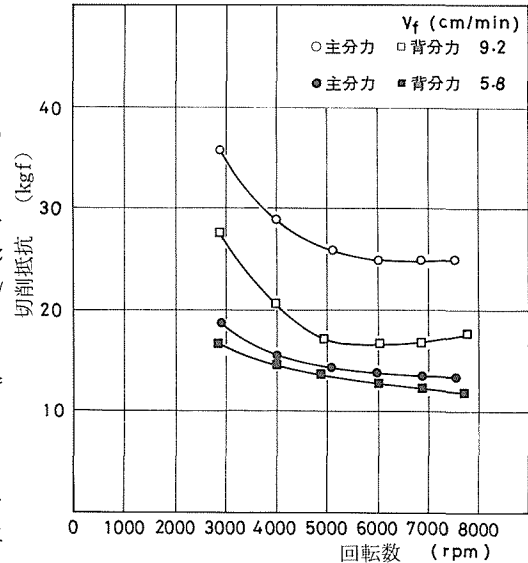


図 11 切削抵抗と回転数との関係

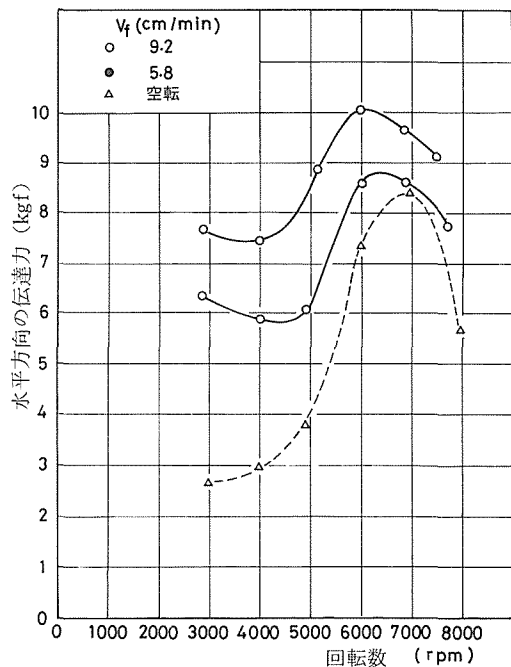


図 12 水平方向の伝達力と回転数との関係



の大きいほうが大である。垂直方向の伝達力は、空転時、切削時共に低回転において増しているが、水平方向については、空転時にみられなかった低回転における伝達力の増大が、切削時にみられた。

- (7) 切削の影響によると考えられる平均伝達力と1刃あたりの切込みとは、比例関係、または直線関係に近い傾向を示す。

従来、チェーンソー使用による障害として、ハンドル握り部分の振動が主に考えられてきたが、腕への伝達力も無視できず、それらを合せて考慮されなければならない。エンジン部分からの振動の軽減、構造全体についての防振設計と同時に、ハンドル握り力（締め付け力）などチェーンソー使用に対する検討、ソーチェーン研削などによる切削性の向上に努力を払うことが重要と考えられる。

### 参 考 文 献

- 1) 金内忠彦, 山下良雄, 中堤康方: 日本機械学会講演論文集 No. 762-1 (昭51) p. 49~51
- 2) 金内忠彦, 山下良雄, 栃内信男, 中堤康方: 日本機械学会講演論文集 No. 772-1 (昭52) p. 114~116
- 3) 金内忠彦, 田沢成元: 日本機械学会講演論文集 No. 782-1 (昭53) p. 105~107
- 4) 金内忠彦, 山下良雄, 田沢成元: 日本機械学会講演論文集 No. 800-15 (昭55) p. 152~154