

手びきのこぎりびきに関する研究

平 田 晴 路

# 手びきのこぎりびきに関する研究

平 田 晴 路

# 目 次

序 章	頁
1. はじめに	4
2. のこ歯にあさを有するまでのわが国の手びきのこぎりの歴史	5
3. わが国の手びきのこぎりの各部の特徴	5
4. 一般的な手びきのこぎりびき方法	6
5. 本研究における検討課題	8
5. 1 手びきのこぎりの品質	8
① 切れ味	
② あさりの出のこの身の左右での偏りとこの歯が原因のひき曲がり	
5. 2 手びきのこぎりびきの改良	9
① 片手びきでも疲労が小さいのこぎりびき	
② ひき方が原因のひき曲がりを防ぐのこぎりびき	
5. 3 単一横びき歯にかかる切削抵抗とひき曲がり	10
① 単一横びき歯による切削とひき溝	
② 単一横びき歯にかかる切削抵抗の理論的予測	
第 1 章 手びきのこぎりの切れ味とその耐久性について	
1. 緒 言	11
2. 切れ味とその耐久性の検査方法	11
3. 結 果	14
4. 考 察	17
5. 結 論	22
第 2 章 手びきのこぎりのこの身厚、あさりの出の偏り、ひき曲がりに ついて	
1. 緒 言	24
2. 実験方法	24
3. 結 果	31

4. 考 察	38
5. 結 論	43
第 3 章 垂直柄によるのこぎりびき	
1. 緒 言	44
2. 垂直柄の両刃のこぎりの開発	44
3. のこぎりびき検査	46
4. 結果と考察	46
5. 結 論	54
第 4 章 横びき用定規を用いたのこぎりびき	
1. 緒 言	55
2. 押し当て式定規とはさみ式定規の開発	55
3. 横びき用定規を用いたのこぎりびきの検査	56
3. 1 検査方法	56
3. 2 結果と考察	57
4. 結 論	63
第 5 章 単一モデル歯による逐次切削	
1. 緒 言	64
2. 実 験	64
3. 結果と考察	70
4. 結 論	79
第 6 章 単一モデル歯にかかるパラフィンの切削抵抗とその理論的解析	
1. 緒 言	80
2. 実 験	80
3. 結果と考察	83
4. 結 論	93
第 7 章 ま と め	94
文 献	96



本論文で用いた特殊と思われるテクニカルターム	100
------------------------	-----

発表履歴	101
------	-----

謝 辞	102
-----	-----

## 序 章

### 1. はじめに

一般に、木工具の使用方法を教育課程の一つとして指導する場合、単に使用方法に限定するのではなく、その木工具の歴史、構造、各部の名称と役目、木材へ作用する機構、使い方、安全の保持と管理の仕方などの広い範囲について指導できるように、文献的に、理論的に、そして経験的に十分検討しておくのがよい。

日本工業規格「手引きのこぎり」<sup>1)</sup>（以下「JIS」とする。）は、1996年11月20日付けで廃止されたが、手伸びのこぎり、手曲りのこぎり、両刃のこぎり、片刃のこぎり、どうつきのこぎり、船匠のこぎり、先丸のこぎり（穴引きのこぎり）、枝引きのこぎり、まわし引きのこぎり、洋形両手引きのこぎり、洋形ハンドソーの11種類の手びきのこぎりを規定していた。11種類の内、現在最も普及しているのは、明治時代に生まれた両刃のこぎりである。

ところで、JISの中の「5. 品質」<sup>2)</sup>には、切れ味とあさりについて、「切れ味は、良好でなければならない。」、「あさは、交互に均一なものとする。」と記述されていた。切れ味とあさは、手びきのこぎりの重要な品質であるが、記述が抽象的な表現に留まっていた。その原因は、両品質を数値で定めようとしても、その一般的な方法が存在せず、不可能であったためと思われる。この両品質を規定する方法は現在も存在しないままであるが、これは、手びきのこぎりについての科学的検討がほとんどなされていないことの証であると思われる。木工具全般についてもいえるが、手びきのこぎりは、機械のこぎりに比べて産業活動に直接的には寄与しにくいと、客観的な検討がなされにくい面がある。それが原因で、JISの廃止という結果にも至ったと考えられる。

木材は、異方性で不均一であるなどの原因により、切削条件による切削抵抗の変動が金属やプラスチックに比べて大きく、複雑である。また、のこぎりびき指導に関する研究<sup>3), 4)</sup>が存在するように、手びきのこぎりでけがき線に沿って的確にのこぎりびき<sup>5)</sup>することは必ずしも容易とはいえない。その上、人間と木材の接点に位置して両者の仲立ちをしつつ木材に作用するのこぎり自体に不明なことが多くあると、のこぎりびき指導を行う際には、科学的な根拠に基づいた説明が行いにくくなり、のこぎりびき、ひいては木材加工は、今ひとつ理解しにくい、慣れや勘が重要という認識を持たれる恐れがあると思われる。

木工具の形状と構造は、長年の知恵と経験の成果により、簡単であるが機能的かつ合理

的である。その点に、木工具のすばらしさがあると思われる。しかし、木工具をより客観的に理解・評価し、より使いやすくなるように改良し、そして、木材加工の発展へ寄与するという見識に立つならば、木工具の構造、作用過程および使用方法などの科学的検討が不可欠であると思われる。

以上の考えに基づいて本研究では、横びき手びきのこぎりびきについて、その一端ではあるが検討を行う。

## 2. のこ歯にあさを有するまでのわが国の手びきのこぎりの歴史

吉川によれば、わが国には、最も古くは紀元前1万年前後～紀元前5・4世紀の縄文時代における石のこぎり<sup>6)</sup>が発見されているが、最古の金属製のこぎりは、鉄製であり、4世紀の古墳<sup>7)</sup>(岡山県上道郡幡多村の金蔵山古墳、大阪府泉北郡信太村の黄金塚古墳、栃木県那須郡小川町的那須八幡塚古墳など)から出土している。世界的に最古の金属製のこぎりは、エジプトにおいて発見された約3,500年前のものであるが、材質が青銅<sup>8)</sup>であることが異なる。出土したわが国最古の金属製のこぎりののこ歯は、二等辺三角形の形状であるが、あさを有しない。こののこ歯から、当時のこぎりは、木材を切削したのではなくて、例えば、鹿の角や貝殻、珧石などを切削したと考えられている。のこ身の長さが14cm程度から30cm程度で、その両端に木製の取っ手を有していたので、1人が両手で保持し、押しききして使用したと思われる。

5世紀の堂山古墳出土のこぎり<sup>9)</sup>(静岡県磐田市)ののこ歯は、二等辺三角形の形状であるが、すくい面と歯裏のなす角度を鋭角にした切れ刃をはじめて有した。しかし、まだ、あさは存在しなかった。

6世紀になると、のこ歯のすくい面は切削方向に対して傾斜してなくあさりもないが、のこ歯の形状は明確にひいて切るためのものであり、柄がのこ身のひく側のみに設けられたのこぎり(兵庫県川辺郡園田村の園田大塚山古墳出土のこぎり<sup>10)</sup>)が現れた。その後、わが国のこぎりは、ひいて切る形態で進歩した。

7世紀の金蔵山古墳出土のこぎり<sup>11)</sup>(長野県下高井郡日野村)には、すくい面と歯裏のなす角度を鋭角にした切れ刃と、あさりと両方がはじめて認められる。あさを有するこのこぎりにおいて、木材切削用としての基盤がようやく整ったと考えられ、以後の進歩・発達が得られ、今日の形態に至った。

## 3. わが国の手びきのこぎりの各部の特徴

前節で述べたように、わが国の手びきのこぎりは、ひいて切る形態で発達した。この原因はわからないが、西洋や中国の手びきのこぎりが押して切る形態であるのと異なる。の

こ歯の切り込み深さを得やすくするために、小規模な木材の切削用を除いてひいて切るのこぎりは、押して切るのこぎりとは逆に、のこ身の先の幅を元より大きくするのが一般的である。また、ひいて切る場合ののこ身は、押して切るのこぎりのように厚くする必要がないので、製作に要する鉄が少量で済み、軽量にもなる。

手びきのこぎりののこ歯は、小さく、のこ身に多数設置されている。このため、切削に関与する歯は複数となるので、1歯当たりの切り込み深さ、切削抵抗とも小さくなり、円滑な切削が可能となる。また、多数ののこ歯が設置されているので、のこぎりをひく回数に対する切削量を大きくし、切削を速く進行させることができる。

木材は繊維が方向性を有して並んでいる。そのため、のこびきする力に限度がある手びきのこぎりでは、繊維に沿って繊維を分離する縦びきと、繊維を分断する横びきとで、それぞれに適切な形状ののこ歯を用いると、効率よく楽に切削できる。縦びきでは、繊維をのみのように掻き取る方式での切削が可能であり、縦びき歯の形状は単純であり製作しやすい。一方、横びきでは繊維を分断する必要があるため、横びき歯は、すくい面を切削方向に対して傾斜させ、すくい面と歯裏のなす角度を鋭角にする。また、横びき歯は、分断した繊維を除去することも行う必要がある。前述したように1枚ののこ歯は小さいので、のこ歯の強度を保つためにも、横びき歯の形状は、縦びき歯に比べて複雑にならざるを得ない。現在最もポピュラーな両刃のこぎりの横びき歯は、江戸目と呼ばれ、世界的に見ても独特で巧妙な形状である。日本人の器用さが感じられ、研究対象としても興味深い。

あざりは、のこ歯の先を広げ、ひき道幅をのこ身厚より大きくすることであり、木材を切削するには欠くことができない技術である。もし、あざりが無いのこぎりで木材を切削すると、のこ身はひき肌によって圧迫されるので、通常の力では、のこぎりをひけなくなる。のこ身とひき肌間にすきまがないので、のこくずが排出しにくくなることも、切削抵抗を大きくする要因となる。無理して大きな力でひくと、摩擦熱によって煙が出るほどのこ身の温度は高くなり、歯先は、硬さが小さくなり磨減してしまう。

わが国の手びきのこぎりの柄は棒状であり、西洋ののこぎり<sup>12-15)</sup>に見られる保持しやすくなるように加工された柄とは異なる。前述した4世紀ののこや、大鋸<sup>16)</sup>、台切鋸<sup>16)</sup>のように2人でひくのこは、のこ身の両端に柄が取り付けられている。また、現在の1人でひくのこには、当然のことながらのこ身のひく側に柄が取り付けられている。いずれの柄も、単純な形状であり製作も行いやすい。このことは、両刃のこぎりの横びき歯が工夫された形状であるのとは対照的である。

#### 4. 一般的な手びきのこぎりびき方法

最もポピュラーな両刃のこぎりを使用したのこぎりびきについて述べる。

両刃のこぎりでは、縦びきのときは縦びき用の刃を用い、横びきのときは横びき用の刃

を用いる。

被削材は、のこぎりびきの際中に動かないようにしっかりと固定する必要がある。もしのこぎりびきによって被削材が動けば、その動きはのこ身の左右方向の成分を含むのが通常であるので、のこ身は、被削材によって挟まれて左右に動く。そのため、切削抵抗が大きくなり、のこぎりびきは、不快になる。また、切削後のひき肌も平滑でなくなる。したがって、被削材の固定は基礎的で重要な事項といえる。しかし、被削材の固定は意外に配慮されない面があり、のこぎりびきに不慣れな人は、それを確実に行うだけでのこぎりびきがより楽に行える場合が多いと思われる。

のこぎりびきには、柄を片手で保持してひく片手びきと、柄を両手で保持してひく両手びきとがある。片手びきは、利き手のみでひくので疲れやすいという欠点があるが、もう一方の手を被削材の固定に使えるなどの利点があり、手軽に行える方法といえる。両手びきは、両方の手で柄を保持してひくので疲れにくいという利点があるが、被削材は手以外、例えば足、木工用万力などによって固定されていなければならない。

両手びきでは、利き手によって柄尻側を保持し利き手でない方の手によって柄頭側を保持する方法と、利き手によって柄頭側を保持し利き手でない方の手によって柄尻側を保持する方法とがある。前者の方法は、のこぎりの柄を体の側面の位置までひけるので、のこぎりをひく距離を大きくする場合に都合がよく、大きな木材の切削に適しているが、けがき線に正確に沿ったひき道を得るには不利である。後者の方法では、のこぎりを体の正面に位置させ、けがき線に対するのこぎりの位置を確認しながらひくのに都合がよい。また、利き手で柄頭側を保持しているので、のこぎりのコントロールが容易である。そのため、正確な切削が要求されるときに向いている。しかし、柄の移動が体で妨げられて小さいことが大きな木材の切削には不利になる。

一般に、のこぎりのひき込み角度は、硬い木材・厚い木材のときには大きくし、軟らかい木材・薄い木材のときには小さくする。具体的な角度は、切削する木材、使用するのこぎりによって異なるので、心地よくのこぎりびきできる角度を保つのがよい。

のこぎりには、あきりがあり、あきり幅内の木材はきりくず（のこくず）となる。そのため、けがき線の幅の中心を切断面とするためには、のこ歯の先端がけがき線の幅の中心に位置するように保ってのこぎりびきしなくてはならない。

以上、両刃のこぎりを用いたときの一般的なのこぎりびき方法について述べた。手びきののこぎりびきに関する研究では、片手びきにおける手と手関節が動ける最大範囲を調べた例<sup>17)</sup>、のこ身にかかる切削抵抗の主分力と垂直分力を10msごとの時間経過に対して測定し、のこびきする人間の力配分の特徴を求めた報告<sup>18)</sup>がある。しかし、姿勢・腕の動かし方およびのこぎりびきの角度などのひき方と、切削量およびひき曲がりとの関係はまだ検討されていない。



## 5. 本研究における検討課題

本研究では、手びきのこざり自体とひき方に関して、その一端ではあるが以下の各課題について検討を行う。

### 5.1 手びきのこざりの品質

#### ① 切れ味

前述のJISにおいては、手びきのこざりの品質として、外観、結合部、寸法、切れ味、あさり、すきけずり、目立て、かたさ、曲げ、の9項目が設けられていた。その内、切れ味は、のこぎりびき作業が快適にできるか否かに直接関わる重要な事項と思われる。ある文献においても、「然らば其のいはゆる良い鋸とは如何なるものであるか、それは切れ味が良いこと、(二) 其の切れ味を長時間持続すること、(三) 鋸体が狂ひ又は毀損し易くないことの三拍子を比較的高い程度に具へたものに外ならないのである」<sup>19)</sup>と、切れ味がよくその耐久性がよいことがよいのこざりの条件3つの内の2つであることを述べている。しかし、刃物の切れ味を測定することを試みた報告<sup>20)・22)</sup>は見られるが、前述したように、手びきのこざりの切れ味を示す客観的で一般的な方法が存在しないためか、市販されている各手びきのこざりがどの程度の切れ味なのか、また、市販手びきのこざりの種類や銘柄によって切れ味に違いがあるのかどうか、を示すものはないのが実状である。

#### ② あさりの出ののこ身の左右での偏りとのこ歯が原因のひき曲がり

手びきのこざりの品質の内、あさりについて、JISにおいては前述したように「あさは、交互に均一なものとする。」と規定されていた。交互に均一なものとする規定していた理由には、「もしあさが不均一で、あさりの出が飛び抜けて大きい歯があると、その歯には大きな切削抵抗がかかり、その歯は欠損する恐れがあること」、「あさが不均一だとひき肌が平滑でなくなること」、さらには、「のこぎりは、のこ身の左右であさりの出が偏っていると、あさりの出が偏っている方向にひき曲がりが生じる<sup>23)・30)</sup>といわれていること」、などが考えられる。そのため、市販されている手びきのこざりのあさは、当然のこ身の左右とも均一でなければならないが、市販手びきのこざりのあさはどの程度均一なのかを調べたものは存在しない。

また、あさが交互に均一でなくてはならない理由の内、あさりの出がのこ身の左右で偏っているとひき曲がりが生じることについては、帯のこ歯のあさりの偏りについて調査しひき曲がりへの影響を調べた例<sup>31)・32)</sup>はある。しかし、帯のことはこの歯の形状とのこ身の支持方法が異なる手びきのこざりにおいて、あさが左右で偏っているとひき曲がりとはどの程度生じるかを示すものは存在しない。

ひき曲がり起きる原因をのこぎりのひき方に求める以前に、のこぎり自体が原因でひき曲がり生じることについての検討がされる必要があろう。

## 5.2 手びきのこぎりびきの改良

### ① 片手びきでも疲労が小さいのこぎりびき

たとえよい切れ味の手びきのこぎりをいいたとしても、大きな木材を切削することは容易なことではない。前述したように現在最も普及している手びきのこぎりは両刃のこぎりである。しかし、両刃のこぎりは横びき歯と縦びき歯の両方を備えて便利ではあるが、両刃のこぎりで比較的大きな木材を切断することは容易ではない。

比較的大きな材の切断には、JISに記述されていた手曲りのこぎり<sup>1)</sup>や木びき職人<sup>3,3)</sup>が用いる前挽大鋸<sup>16, 33-35)</sup>が適している。しかし、なぜ、手曲りのこぎりや前挽大鋸が大きな材の切断に適するかという根拠は、一般的には明らかでないがその一つには、各歯が大きいので、被削材の切削に関与する歯数が少なくなり、1歯当たりの切削力を大きくでき切り込み深さを大きくしやすいたことが考えられる。しかし、本研究では、切削に関与する歯数について検討するのではなく、手曲りのこぎりや前挽大鋸の柄が、両刃のこぎりの柄とは異なり、のこ身の長さ方向に対して平行ではなくある程度の角度を有していることに着目する。

木工具の各部位の内、柄は人間との接点を担っているため、柄の形状、向き、位置、材質などは、その木工具が使いやすいかどうかに関わると思われる。わが国の手びきのこぎりの柄の形状は、前述したように棒状でほとんど同一であるが、のこぎりの種類によってのこ身に対する柄の角度が異なることは興味深い。

### ② ひき方が原因のひき曲がりを防ぐのこぎりびき

手びきのこぎりびきを行い、ひき曲がりが生じたときは、一般にひき方に問題があったと考えるのが普通である。中学校技術・家庭科の木材加工領域においてのこぎりびきは基本的作業の一つであるが、かんによる木口の修正は割れが生じやすいので、特に横びきは、けがき線に正確に行うことが必要となる。しかし、中学生などのこぎりびきに不慣れな者がけがき線に正確に切削することは容易ではなく、正確な横びきの実現は大きな課題であると思われる。

そこで、中学生のけがき線に沿った横びきに役立てるため、あて木<sup>38-39)</sup>やあて定規<sup>40-42)</sup>が技術・家庭科の教科書に掲載され、補助教具<sup>43)</sup>が研究されている。これらの構造は簡単で取り扱いも容易であるが、簡単な木製品<sup>44, 45)</sup>の製作に必要なと思われる幅200mm程度の大きな板材の横びきには適さない。

また、ひき肌は、ひき道が曲がったりのこ身が左右に振れたりすると、当然平滑でなくなる。ひき肌をよくするために、のこ歯の側面研磨の効果<sup>46)</sup>、歯の厚さをのこ身厚より大きくしたのこぎり<sup>47)</sup>、ゴム磁石を利用した横振動防止用治具の開発<sup>48)</sup>についての報告がある。ゴム磁石を利用した横振動防止用治具は、のこ身を磁石に接した状態で切削を行うものであり、のこ切断定規<sup>49)</sup>として、幅が75mmと210mmの2種類が市販されている。これ



らのゴム磁石を利用した横振動防止用治具は、前述のあて木、あて定規などに比べると、けがき線に沿った正確なのごぎりびきも行いやすいが、この歯によってゴム磁石が傷つきやすく、耐久性が小さいという欠点がある。

### 5.3 単一横びき歯にかかる切削抵抗とひき曲がり

あさりの出のこの身の左右での偏りが原因でひき曲がりが生じることを「5.1」節において述べたが、その機構は明らかでない。その機構を理解するには、単一歯にかかる切削抵抗を求めて解析し、特に横分力について検討する必要があると思われる。

#### ① 単一横びき歯による切削とひき溝

のごぎりびきでは、この身を中心として面对称の形状のこの歯が交互に切削に関与して切りくずを生じさせながら進行する。前述したように、手びきのごぎりびきの際のこの身にかかる切削抵抗を測定した報告<sup>18)</sup>は見られるが、単一横びき歯にかかる切削抵抗を求めたものは存在しない。

単一歯の切削抵抗は、帯のこのばちあさり歯や振り分けあさり歯について、マカンバやスギ心材などを被削材として測定されている<sup>32, 50-52)</sup>。しかし、これら帯のこのばちあさり歯や振り分けあさり歯についての測定結果から、歯先形状が異なることによる切削機構の差異を考慮して、手びきのごぎりの単一歯にかかる切削抵抗を推定することは困難である。

また、横びき歯による切削について、小刀で繊維を切断しながら切削が進むことを述べ、ひき溝の底の形状を図で示したものの<sup>53-55)</sup>がある。しかしこれらのひき溝には、この歯の形状通りのあとが残っており、実際とは異なっているように思われる。この原因は、単一歯で切削し切りくずが生じた後のひき溝を写真撮影するなどの配慮に欠けるためと思われる。

#### ② 単一横びき歯にかかる切削抵抗の理論的予測

両刃のごぎりの横びき歯の切削が理論的に解明されて、切削抵抗が予測できると、この歯が原因のひき曲がりやその他様々な課題に役立つことであろう。しかし、両刃のごぎりの横びき歯は複雑で特殊な形状をしており、横びき歯による切削は、3次元切削でも特殊<sup>56)</sup>な部類に属し、理論的解明は容易でない。また、被削材となる木材は、繊維を有し異方性であり、粘弾性であり、さらに不均一である。これらを考慮すると、横びき歯による切削の理論的解明は困難を極めるように思われる。そのため、現在のところ、両刃のごぎりの単一横びき歯の切削機構を解明し、切削抵抗を予測したものは存在しない。

## 第1章 手びきのこぎりの切れ味とその耐久性について

### 1. 緒 言

中学校技術・家庭科の木材加工領域において、のこぎりは、かんたと並んで重点的に取り上げられる<sup>5,7)</sup>木工具である。のこぎりの切れ味の良否は、ひき手が中学生の場合は非力であるので、特に大きな問題である。授業において、のこぎりを生徒の個人持ちにできない場合は、学校に備え付けののこぎりの使用頻度は特に大きくなり、切れ味の劣化も激しいと思われる。これから、授業で使用されるのこぎりは、よい切れ味とその切れ味がどれだけ持続できるかという耐久性とが特に求められるといえる。しかし、切れ味とその耐久性を検査して検討したものは見あたらないので、両者を客観的に評価することができない。そのため、手びきのこぎりの選択は、教師の経験、カタログ、販売価格などによって決められるのが実状である。

江戸時代の中期以降に製作された名作のこぎりのあご、くび、こみの形状、のこ身のすきむら・厚さ・硬さなどを調べた報告<sup>5,8)</sup>、のこぎりのひき角の影響を検討した報告<sup>5,9)</sup>、市販のこぎりについてのこ身の推進力・圧力・切り込み深さ、のこ身厚とあさり幅、ひき肌の状態を調べた報告<sup>6,10)</sup>がある。また、のこぎりの選択について、のこ身を曲げてその曲がり具合を調べる方法<sup>5,4, 6(1-6,3)</sup>が以前から知られている。しかし、手びきのこぎりの切れ味とその耐久性を検査して検討した研究は見あたらない。

そこで、本章では、授業で使用するのこぎりを選択する際の判断資料を得る目的で、市販手びきのこぎりを対象にして切れ味とその耐久性を検査し、両者の関係を検討した。

### 2. 切れ味とその耐久性の検査方法

中学校技術・家庭科の授業において使用頻度の大きいのは横びき歯であるため、本章では、横びき切削に限定して検査を行った。検査は、実験装置を用いた方法と中学生の手びきによる方法との2通りで行った。

#### 2.1 切削実験装置を用いた検査

Fig. 1-1は、切削実験装置の模式図である。同図の装置では、電動機の回転運動をスライダクランク機構によりのこぎりの往復運動に変換して、被削材を切削している。

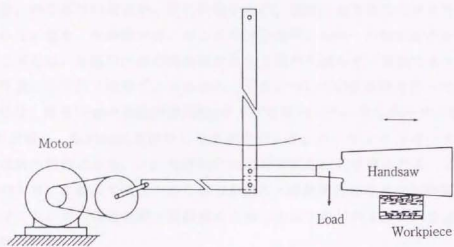


Fig. 1-1. Schematic diagram of the cutting device.

Table 1-1. Length of toothed edge and density of teeth.

handsaw	Length of toothed edge (mm)	Number of teeth/30mm
A	210	20
B	210	16
C	210	20
D	210	21
E	265	17
F	210	17
G	210	18

Note: Only E is a single-edged handsaw, others are double tooth saws.

のこぎりは、刃渡りの中央から前後50mmずつの計100mmの変位となるように往復させた。のこぎりの往復速度は、一般的なのこぎりびきの速度を考慮して決定したが、毎秒1.5往復し、最大速度は0.47m/sである。のこぎりの動きは、無負荷状態のときに、機構上、単振動になる。のこぎりの首の中心部に荷重をかけ、切削圧を刃渡りの中央で1kgとなるように調節した。なお、本実験では、のこぎりの往復時とも同一の切削圧がかかる。

供試のこぎりは、全国的規模の教材販売会社2社から選んだ7種類であり、Table 1-1に示す。同表に示した1種類ごと4本ののこぎりについて切削実験を行った。

被削材には、厚さ20mmの素地研磨200Jタイプ普通パーティクルボード（密度=0.70 g/cm<sup>3</sup>）を使用し、幅40mmに木取りしたものをを用いた。パーティクルボードを被削材に使用したのは次の理由による。1）材質的にはほぼ均質な材料が得られる。2）接着剤を含有し一般の木材に比較して硬く、のこぎりの歯先の摩耗進行が早く切削時間を短縮できる。

被削材は、のこぎりの歯先線と被削材の上面とのなす角が約5度になるようにジグを用いて位置決めした。

## 2.2 中学生の手びきによる官能検査

切削実験装置による検査で、たとえ、のこぎりによって切れ味の違いがあることが明らかになっても、中学生がのこぎりびきしてのこぎりによって切れ味の違いがあることに気づかなければ、切れ味のよいのこぎりを授業で使用するの意義は小さい。そこで、中学生に新品ののこぎりを使用させ、切れ味のよいのこぎりの順位を問う官能検査を行い、切削実験装置による検査結果と官能検査結果とを比較して、中学生ののこぎりの切れ味を判別する能力を調べた。

供試のこぎりの数は、切れ味の違いの順位を指摘しやすいよう3種1本ずつに絞り、練習効果<sup>6,4)</sup>が検査結果に影響しないように、3本ののこぎりは順列組み合わせの順序で検査に供することにした。

被削材は、技術・家庭科の木材加工で使われる場合が多いアガチス材（*Agathis sp.*、密度=0.48g/cm<sup>3</sup>、気乾含水率）を厚さ12mm、幅100mmの大きさに加工して使用した。

検査日は昭和59年2月である。被験者は、広島大学附属中学校の第1学年の生徒60名（男子30名、女子30名）、第3学年の男子生徒21名の合計81名である。対象とした生徒全員は、「木材加工1」の領域においてのこぎりびきについての学習を終え、のこぎりびきも経験済みである。なお、授業で使用したのこぎりは、検査で用いたものとは別の種類である。

検査は、被験者が各のこぎり間の切れ味の違いを判別するまで行った。

### 3. 結 果

#### 3.1 切削実験装置を用いた検査

切削実験は、のこぎりの切れ味が劣化し極めて切削が困難となり、1回の切断 (Cut off) にのこぎりの4000回以上の往復回数 (Number of strokes)が必要となるまで行った。その時点を、便宜上、本検査におけるのこぎりの寿命 (Lifetime) と見なした。なお、切削実験後に各のこぎりの歯先の摩耗状況を調べたが、歯先の欠損は1例も見られなかった。

実験した全のこぎりについて、寿命までの切断回数 (Number of cutting off lumbers) と累積往復回数 (Total number of strokes) の関係をFig. 1-2 a・bに示す。

#### 3.2 中学生の手びきによる検査

供試のこぎりは、すべて同一メーカーのものであり、切削実験装置による比較実験結果により切れ味とその耐久性が比較的上位に属すると判断された、A、D、Eである。大部分の生徒は、被削材を1～2回切断することによって、各のこぎり間の切れ味の違いを判別できた。Table 1-2は、その結果を示す。

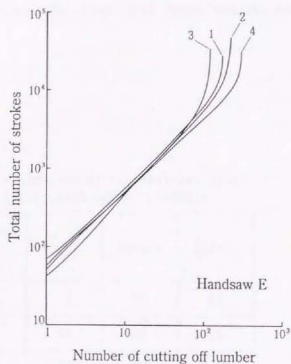
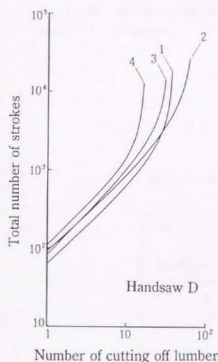
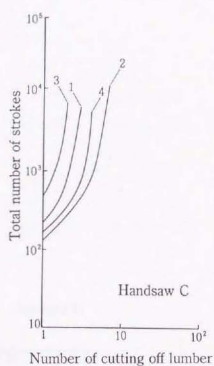
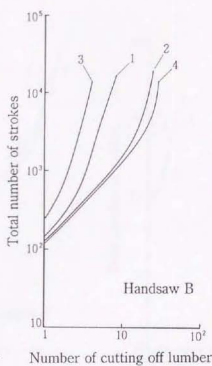
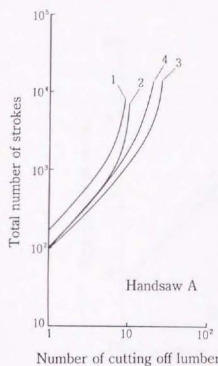


Fig. 1-2a. Relationships between number of cutting off lumber\* and total number of strokes.  
 Note : \* : 20X40mm.



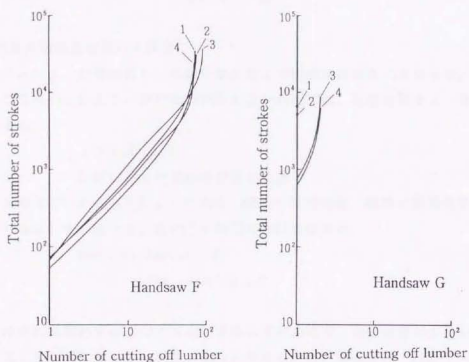


Fig. 1-2b. Relationships between number of cutting off lumber\* and total number of strokes.  
Note : \* : 20×40mm.

Table 1-2. Estimation of the handsaws by 81 junior high school students.

Sharpness Handsaw	First	Second	Third
A	7	25	49
D	14	41	26
E	60	15	6



#### 4. 考 察

##### 4.1 切削実験装置を用いた検査

本実験において、切断回数と、累積往復回数の比例関係が保たれるならば、切れ味は一定で劣化しないといえる。切れ味が劣化しない状態では、切断回数を $X$ 、累積往復回数を $Y$ とすると、

$$Y = kX \quad (1)$$

ただし、 $k$  = 切れ味を表す定数

の関係が成り立つ。Fig. 1-2 a・b では、横軸の切断回数、縦軸の累積往復回数は、ともに対数で表示しているのので、式(1)の両辺の対数を取ると、

$$\begin{aligned} \log_{10} Y &= \log_{10} (kX) \\ &= \log_{10} k + \log_{10} X \end{aligned} \quad (2)$$

となる。

実際には切れ味はわずかずつでも劣化するはずであるが、切断回数が少ない段階では、切れ味がほとんど劣化してない状態があると考えられる。そのため、Fig. 1-2 a・b では、切断回数が1回目の累積往復回数は、初期の切れ味 $k$ を表すと思われる。また、同図では、もし、切断回数が2回目以上においても切断回数 $X$ 、累積往復回数 $Y$ の両者に比例関係が成り立つときは、両者の関係は横軸から45°の直線上に位置することになる。

Fig. 1-2 a・b では、切断回数が増えても累積往復回数が横軸からほぼ45°の直線上にあり、切れ味が劣化しにくいと判断されるのこぎりもあれば、逆に、切断回数が増えるとも累積往復回数がその直線上から直ちにはずれて急勾配の曲線を描き、切れ味が急激に劣化するのこぎりも見られる。

そこで、各のこぎりの切れ味とその耐久性の関係を分析するために、Fig. 1-2 a・b の実験結果を、次の3つの時点に関して検討した。

##### ① 1回目の切断の時点

前記したように、1回目の切断の時点での累積往復回数 $Y_1$ は初期の切れ味を表し、その値が小さいほど切れ味がよいことを示す。

##### ② 1回の切断に、1回目の切断に要した往復回数の2倍の往復回数を初めて要した時点

切削実験では、切断回数が大きくなっても1回の切断に必要な往復回数が必ず大きくなるとは限らなかった。この主な原因は、被削材の不均質にあると思われる。そこで、1回目の切断の時点と寿命の時点との間に、ある程度切れ味が劣化して1回の切断に、1回目の切断に要した往復回数の2倍以上の往復回数を初めて要した時点、という基準を設けて検討する。なお、このときの切断回数を $X_0$ 、累積往復回数を $Y_0$ とすると、

$Y_0/X_0$ は、この時点までの平均的切れ味を表し、その値が小さいほど切れ味がよいことを示す。

### ③ 寿命の時点

寿命の時点での切回数  $X_L$  と累積往復回数  $Y_L$  は、ともに切れ味の耐久性を表すと考えられ、両者とも値が大きいほど耐久性がよいことを示す。また、この時点での  $Y_L/X_L$  は、寿命の時点までの平均的切れ味を表すといえる。

上記の3つの時点に関する数値をTable 1-3に示す。

Table 1-3に示した項目  $Y_1$ 、 $Y_0/X_0$ 、 $Y_L/X_L$ 、 $X_L$ 、 $Y_L$ の相関行列をTable 1-4に示す。Table 1-4では、切れ味を表す全項目間に1%水準の有意ある相関が認められ、初期の切れ味がその後の切れ味にまで関係することがわかる。このことは、初期の切れ味によって、その後の切れ味を推測できることを意味する。

切れ味の耐久性を表す項目  $X_L$ 、 $Y_L$ 間には、当然のことながら1%水準の有意ある相関が認められる。

切れ味とその耐久性を表す項目間では、 $Y_0/X_0$ と $X_L$ 、 $Y_0/X_0$ と $Y_L$ 、 $Y_L/X_L$ と $X_L$ 、 $Y_L/X_L$ と $Y_L$ の間に1%水準の有意ある相関が認められる。この内、 $Y_0/X_0$ と $X_L$ 、 $Y_L$ 間の両者に相関があることは、切れ味が1/2に劣化した時点までの平均的切れ味で、寿命の長短を予測できることを意味する。また、最も実験的に求めやすい1回目の切回の時点での切れ味  $Y_1$  と $X_L$ 、 $Y_L$ 間には、両者ともスピアマンの順位相関係数において1%水準の有意ある相関が認められる。従って、初期の切れ味の良否によって、そののこぎりの寿命の長短も推測し得るといえる。

このように、この歯の欠損が生じない状態において、初期の切れ味の良否が寿命の長短に関係するということは、切れ味とその耐久性のよさにはこの歯の歯先の硬さが影響し、歯先が摩耗しにくいかが関係するということを推測させる。

手びきののこぎりのこ身は、炭素工具鋼鋼材に焼き入れと焼き戻しを行って製作する。歯先のみに特別な熱処理を行わない場合、歯先の硬さはこの身と同じになるが、JISの中の「5. 品質」<sup>2)</sup>においては、「この身のかたさはH、530以上とし、洋形はH、450以上とする。」との規定があった。しかし、硬さに関するそれ以上細かな規定は存在しなかったの、この歯の硬さにはこのこぎりによって違いがあり、その硬さの違いが切れ味とその耐久性の違いに影響する要因になっていると思われる。

のこぎりを銘柄別に、前記した、1回目の切回の時点、1回の切断に1回目の切断に要した往復回数の2倍の往復回数を初めて要した時点、寿命の時点の3つ時点、及び販売価格について検討した。各銘柄別に平均値を求めて、各銘柄の代表値としてFig. 1-3に示す。

Table 1-3. Numerical values of the handsaws at three stages of the sharpness

Hand-saw	Initial sharpness*	Half-life of sharpness**				Lifetime of sharpness***		
	Number of strokes	Number of cutting off lumber	Total number of strokes	$Y_D/X_D$	Number of cutting off lumber	Total number of strokes	$Y_L/X_L$	
	$Y_i$	$X_D$	$Y_D$	$Y_D/X_D$	$X_L$	$Y_L$	$Y_L/X_L$	
A-1	167	6	1645	274.2	9	7972	885.8	
A-2	100	7	1064	152.0	10	6954	695.4	
A-3	95	12	1508	125.7	26	14253	548.2	
A-4	101	8	1193	149.1	20	13573	678.7	
B-1	144	3	698	232.7	8	16631	2078.9	
B-2	127	11	1864	169.5	24	19839	826.6	
B-3	236	2	977	488.5	4	13711	3427.8	
B-4	119	17	2755	162.1	28	14374	513.4	
C-1	223	2	837	418.5	3	6865	2288.3	
C-2	131	4	709	177.3	7	11795	1685.0	
C-3	479	2	7946	3973.0	2	7946	3973.0	
C-4	169	3	719	239.7	4	5776	1444.0	
D-1	64	20	1617	80.9	36	18508	514.1	
D-2	90	33	4044	122.5	61	27202	445.9	
D-3	82	15	1725	115.0	31	20143	649.8	
D-4	107	9	1255	139.4	16	12681	792.6	
E-1	68	145	10418	71.8	167	27315	163.6	
E-2	51	156	10154	65.1	219	48129	219.8	
E-3	42	57	2863	50.2	119	34085	286.4	
E-4	56	277	14030	50.6	297	30595	103.0	
F-1	74	45	4968	110.4	75	35043	467.2	
F-2	53	31	2067	66.7	77	31470	408.7	
F-3	67	28	3495	124.8	92	36799	400.0	
F-4	72	57	5047	88.5	70	23463	335.2	
G-1	6546	-	-	-	1	6546	6546.0	
G-2	5182	-	-	-	1	5182	5182.0	
G-3	763	2	8721	4360.5	2	8721	4360.5	
G-4	640	2	6377	3188.5	2	6377	3188.5	

Note : \* : The first cut off.

\*\* : When it took strokes at initial sharpness twice to cut off lumber.

\*\*\* : When it required more than 4,000 strokes.

Table 1-4. Correlation matrix for sharpness and durability items.

	Sharpness items			Durability items	
	$Y_i$	$Y_D/X_D$	$Y_L/X_L$	$X_L$	$Y_L$
$Y_i$	1.000	0.974*	0.784*	-0.237 (0.962*)	-0.355 (0.870*)
$Y_D/X_D$		1.000	0.921*	-0.561*	-0.605*
$Y_L/X_L$			1.000	-0.495*	-0.609*
$X_L$				1.000	0.785*

Notes: \* are significant at 1 % level.

( ) shows Spearman's rank correlation coefficient.

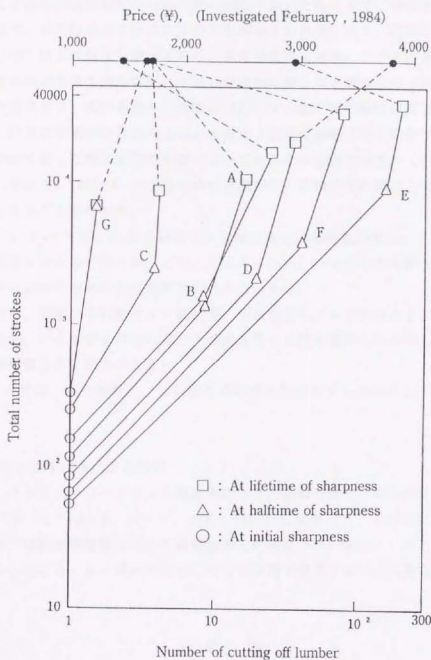


Fig. 1-3. Relationship among number of cutting off lumber, total number of strokes and price of the handsaws.

Fig. 1-3では、銘柄E, F, D, A, Bは、1回目の切断から1回目の切断に要した往復回数2倍の往復回数を1回の切断に初めて要した時点まで、ほぼ横軸から45°の線上にあるので、その時点までの切れ味の劣化が小さいと思われる。銘柄C, Gは、横軸から明らかに45°以上の角度を描いており、劣化が急激である。すべての銘柄について、1回目の切断の時点から1回の切断に1回目の切断に要した往復回数2倍の往復回数を初めて要した時点まで、両者を結んだ直線は交わらず、切れ味の順位は変化しない。このことから、1回目の切断の時点から1回の切断に1回目の切断に要した往復回数2倍の往復回数を初めて要した時点までの中途においても、その順位が保たれているものと考えられる。これらから、Table 1-4からの考察と同様に、初期の切れ味によってその後の切れ味が予測できることがわかる。

また、Fig. 1-3では、寿命の時点での切断回数と累積往復回数も、1回目の切断での切れ味の順位とほとんど等しい。このことから、Table 1-4からの考察と同様に、初期の切れ味でその銘柄の寿命の長短が推測できるといえる。

これらから、初期の切れ味のよい銘柄が、切断を重ねても切れ味がよく、寿命も長いといえる。なお、のこぎりEは切れ味、その耐久性とも最も優れているが、同のこぎりの歯先は特殊熱処理されて硬さが大きい。

Fig. 1-3では、販売価格は、切れ味とその耐久性に必ずしも対応していないことがわかる。

#### 4.2 中学生の手びきによる検査

Table 1-2から、フリードマンの検定を行うと、各のこぎりの切れ味の順位間に有意差が認められる( $\chi^2=59.6$ ,  $df=2$ ,  $p<0.01$ )。したがって、手びきによる検査を行った中学生は、切削実験装置を用いた検査結果と同様に「切れ味のよいのこぎりの順位」を指摘したことになり、よい切れ味ののこぎりを授業で使用することは教育的効果大きいといえる。

### 5. 結 論

パーティクルボードを被削材とし切削実験装置を用いて、市販のこぎりの切れ味とその切れ味がどれだけ持続できるかという耐久性とを検査した結果、次のことがわかった。

- (1) 切れ味とその耐久性は、のこぎりの銘柄によって著しい違いがある。
- (2) のこぎりの初期の切れ味と寿命までの切れ味とは、相関が認められる。また、のこぎりの初期の切れ味と寿命の長さには、順位相関が認められる。従って、のこぎりの初期の切れ味は、寿命までの切れ味とその耐久性を推測するための手がかりとなる。
- (3) 切れ味とその耐久性をのこぎりの銘柄別に平均値を求めて比較すると、初期の切れ



味のよい銘柄は、切断を重ねた後も切れ味がよく、寿命も長い。

(4) 販売価格は、切れ味とその耐久性に必ずしも対応しない。

アガチスを被削材とした中学生の手びきによる官能検査結果では、中学生は新品ののこぎりの切れ味の良否の順位を切削実験装置による場合と同様に指摘できた。

切れ味とその耐久性のよいのこぎりを選択することは、教師にとって工具管理の面で都合がよいのみならず、生徒にとっても困難な実習となりやすいのこぎりびき作業を、容易にするといえる。したがって、切れ味とその耐久性のよいのこぎりの使用は、生徒にうまく実習ができたという成就感を与え、技術・家庭科のよい授業<sup>6,8)</sup>の成立にも寄与すると思われる。



## 第2章 手びきのこぎりののこ身厚、あさりの出の偏り、ひき曲がりについて

### 1. 緒 言

「けがき線に沿って、的確にのこぎりびきができるように指示する。」<sup>5)</sup>とされた技術・家庭科の授業で使用するのこぎりのあさは、JIS<sup>1)</sup>で規定されていたように交互に均一な必要がある。本章では、市販手びきのこぎりについて、のこ身厚、あさり幅、文献で1.3~1.8倍<sup>2), 2), 2)</sup>が適当とされるのこ身厚に対するあさり幅の比率<sup>6)</sup>、あさりの出の不均一の有無、あさりの出ののこ身の左右での偏りの有無、のこ歯が原因のひき曲がり求めて考察し、あさりの出の偏りとのこ歯が原因のひき曲がりとの関係を検討する。

### 2. 実験方法

#### 2.1 のこ身厚、あさりの出、あさり幅、のこ身厚に対するあさり幅の比率、あさりの出の比率

##### 2.1.1 のこ身厚とあさりの出との測定、あさり幅の算出

Table 2-1 は、のこ身厚とあさりの出を測定した市販手びきのこぎりを示す。測定は、A~Cの銘柄は5本ののこぎり、他の銘柄は3本ののこぎりの横びき歯について行った。

JIS<sup>1)</sup>では、すきけずりとして「のこ身の厚さは、刃部から背部に向かうにしたがい、また、のこ身の先端に向かうにしたがって薄くし、のこ身の先端の背部において最も薄くする。両刃のこぎりの場合は、刃部から中に向かうにしたがって薄くする。」<sup>6)</sup>と規定されていた。そのほかの文献でも、両刃のこぎりののこ身は、「中央部が薄くなるように形成されている。」<sup>7)</sup>、「元は厚く末にいくにしたがって、次第に薄くなっている。」<sup>8)</sup>とされている。片刃のこぎりののこ身も、「元から末に次第に薄く作られているし、歯の根本より背にかけても次第に薄くつくられている。」<sup>2)</sup>、「のこ身の元が厚く、末になるにつれて摩擦を少なくするため薄くしてある。」<sup>2)</sup>とされている。また、中谷らが製作した著名な両刃のこぎりと片刃のこぎりののこ身厚の分布曲線<sup>9)</sup>を示すものもある。したがって、のこ身厚は一定とはいえないので、のこ身のどの部分の厚みを測定するのかを定めておく必要があるが、それを示す文献は見あたらない。本研究では、基準とするのこ身厚をFig. 2-1に示す歯の根本部分とし、ポイントマイクロメータ(三豊CPM15-25)によって測定した。

Table 2-1. Inspected handsaws\*

Handsaw	Classes	Length of toothed edge (mm)	Maximum width of saw blade (mm)	Number of teeth /30mm	Notes
A	Double tooth saw	240	100	16	
B	Double tooth saw	240	96	18	
C	Double tooth saw	210	78	20	Exchangeable blade type
D	Single-edged handsaw	265	61	17	Exchangeable blade type
E	Single-edged handsaw	210	63	18	Exchangeable blade type
F	Back-reinforced handsaw	225	61	20	Exchangeable blade type
G	Back-reinforced handsaw	150	47	22	Exchangeable blade type
H	Back-reinforced handsaw	210	62	18	Exchangeable blade type

Note: \*:commercially available

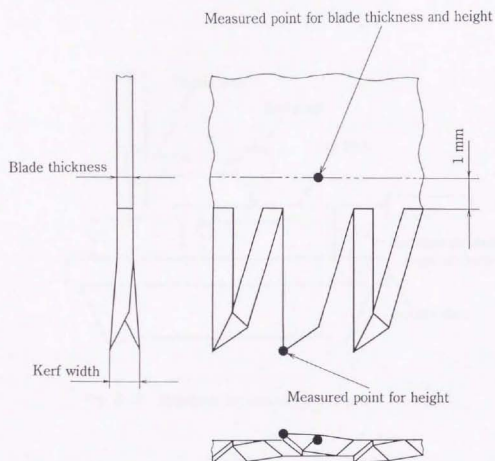


Fig. 2-1. Measured points of the saw.

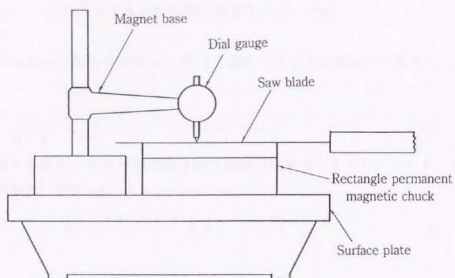


Fig. 2-2. Apparatus for measurment of set.

Fig. 2-2は、あさりの出の測定方法を示す。あさりの出の測定は、定盤（大菱計器BSA-3030；ブラウンシャープ型，A級）の上に設置した角形永磁チャック（カネツ—KMTW-713A）にFig. 2-1に示すように歯の付け根が角形永磁チャックの端から1mm外に出るようにのこ身を水平に固定して行った。Fig. 2-1に示すのこ身厚を測定した場所におけるのこ身の高さ（歯先の高さ）とをダイヤルゲージ（三豊2113E-10；目量は0.001mm，測定子は直径0.45mmの円柱型）で測定し，両者の差をあさりの出とした。

あさり幅は、一对ののこ歯間隔であり、隣り合った2つの歯のあさりの出とのこ身厚の和で表される。従って、元からk番目のあさり幅を $w_k$ とすると、

$$w_k = \frac{t_k + t_{k+1}}{2} + s_k + s_{k+1} \quad (\text{mm}) \quad (1)$$

ただし、 $t_k$  = 元からk番目の歯の根本ののこ身厚 (mm)

$t_{k+1}$  = 元からk+1番目の歯の根本ののこ身厚 (mm)

$s_k$  = 元からk番目の歯のあさりの出 (mm)

$s_{k+1}$  = 元からk+1番目の歯のあさりの出 (mm)

また、刃渡りの元からp番目の歯からq番目の歯までのあさり幅の平均を $w_{(p-q)}$ とすると、

$$w_{(p-q)} = \frac{1}{q-p} \sum_{k=p}^{q-1} \left( \frac{t_k + t_{k+1}}{2} + s_k + s_{k+1} \right) \quad (2)$$

で表される。刃渡りの元から先まで全体のあさり幅の平均を $w$ とすると、 $p=1$ ,  $q=n$  (ただし、 $n$  = 全歯数) を式(2)に代入し、

$$w = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^{n-1} \left( \frac{t_k + t_{k+1}}{2} + s_k + s_{k+1} \right) \quad (3)$$

で求まる。

なお、刃渡りの元から先まで全体についての、のこ身厚の平均を $T$ 、のこ身の左面のあさりの出の平均を $S_L$ 、のこ身の右面のあさりの出の平均を $S_R$ とすると、これから、刃渡りの元から先まで全体についてのあさり幅の平均 $W$ を求めることができる。すなわち、

$$W = T + S_L + S_R \quad (\text{mm}) \quad (4)$$

ここで求められる $W$ は、全歯数 $n$ が大きいとき、式(3)で求められる $w$ にほとんど等しいと思われる。

## 2. 1. 2 のこ身厚に対するあさり幅の比率の算出

のこ身厚に対するあさり幅の比率の求め方を示すものは見あたらない。そこで本研究では、次の方法で算出した。

のこ身厚に対するあさり幅の比率を表すにはのこ身のどの部分の厚みを基準とするのかを決めておく必要がある。元からk番目とk+1番目との隣り合った一对の歯による元からk番目ののこ身厚に対するあさり幅の比率を $w_{ik}$ とする。 $w_{ik}$ は、隣り合った一对の歯で構成されるあさり幅 $w_k$ をその2枚の歯の根本ののこ身厚の平均で除して求める。すなわち、 $w_{ik}$ は、

$$w_{ik} = \frac{2 w_k}{t_k + t_{k+1}} = 1 + \frac{2 (s_k + s_{k+1})}{t_k + t_{k+1}} \quad (5)$$

刃渡りの元から p 番目の歯から q 番目の歯までの、この身厚に対するあさり幅の比率の平均を  $w_{(p-q)}$  とすると、

$$w_{(p-q)} = \frac{1}{q-p} \sum_{k=p}^{q-1} \left( 1 + \frac{2(s_k + s_{k+1})}{t_k + t_{k+1}} \right) \quad (6)$$

刃渡りの元から先まで全体の、この身厚に対するあさり幅の比率の平均を  $w_1$  とすると、 $w_1$  は、式 (6) に  $p=1$ ,  $q=n$  (ただし、 $n$ =全歯数) を代入し、

$$w_1 = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^{n-1} \left( 1 + \frac{2(s_k + s_{k+1})}{t_k + t_{k+1}} \right) \quad (7)$$

で表される。

なお、刃渡りの元から先まで全体の、この身厚の平均を  $T$ 、この身の左面のあさりの出の平均を  $S_L$ 、この身の右面のあさりの出の平均を  $S_R$  とすると、これから、刃渡りの元から先まで全体のこの身厚に対するあさり幅の比率の平均  $W_T$  を求めることができる。すなわち、

$$W_T = 1 + \frac{S_L + S_R}{T} \quad (8)$$

ここで求められる  $W_T$  は、全歯数  $n$  が大きいとき、式 (7) で求められる  $w_1$  にほとんど等しいと思われる。

### 2.1.3 この身の左右でのあさりの出の偏り率の算出

元から 1 番目のあさりの出  $s_1$  が右であるとし、あさりの出の偏り率を以下の方法で求める。ここで求めるあさりの出の偏り率は、正であれば右への偏り、負であれば左への偏りを意味する。

元から  $k$  番目と  $k+1$  番目との隣り合った一対の歯のあさりの出の偏り率を  $b_k$  とすると、 $b_k$  は次式で表される。

$$b_k = (-1)^{k+1} \cdot \frac{2(s_k - s_{k+1})}{t_k + t_{k+1}} \times 100 \quad (\%) \quad (9)$$

ただし、 $s_1$  が左であるのこぎりでは上式の  $s_{k+1}$  を  $s_k$  に、 $s_k$  を  $s_{k+1}$  にして計算する。

刃渡りの元から p 番目の歯から q 番目の歯までの、あさりの出の偏り率の平均を  $b_{(p-q)}$  とすると、

$$b_{(p-q)} = \frac{1}{p-q} \sum_{k=p}^{q-1} (-1)^{k+1} \frac{2(s_k - s_{k+1})}{t_k + t_{k+1}} \times 100 \quad (\%) \quad (10)$$

ただし、 $s_1$  が左であるのこぎりでは上式の  $s_{k+1}$  を  $s_k$  に、 $s_k$  を  $s_{k+1}$  にして計算する。

刃渡りの元から先まで全体のこの身厚に対するあさりの出の偏り率の平均を  $b$  とすると、

$s_1$ が右である場合、 $b$ は次式で求まる。

$$b = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^{n-1} (-1)^{k+1} \frac{2(s_k - s_{k+1})}{t_k + t_{k+1}} \times 100 \quad (\%) \quad (11)$$

ただし、 $n$ ＝全歯数（枚）、 $s_1$ が左であるのこぎりでは上式の $s_{k+1}$ を $s_k$ に、 $s_k$ を $s_{k+1}$ にして計算する。

なお、刃渡りの元から先まで全体の、のこ身厚の平均を $T$ 、のこ身の左面のあさりの出の平均を $S_L$ 、のこ身の右面のあさりの出の平均を $S_R$ とすると、これから、刃渡りの元から先まで全体のあさりの出の偏り率の平均 $B$ を求めることができる。

$$B = \frac{S_R - S_L}{T} \times 100 \quad (\%) \quad (12)$$

ここで求められる $B$ は、全歯数 $n$ が大きいとき、式(11)で求められる $b$ とほとんど等しいと思われる。

## 2.2 あさりの出の偏りを含む歯の形状の偏りが作用するひき曲がり

歯の形状に原因するひき曲がりを検出するためFig. 2-3に示す切削実験装置を製作した。この装置では、のこ身は固定具で一直線にはさまれる。固定具は、のこ身をはさんだ状態で案内板の間を通して前後方向のみに動くことができる。被削材取付台に固定された被削材は、切り始めの点を中心として鉛直方向の軸の回りに回転できる仕組みになっている。したがって、この装置では、ひき曲がりが被削材の回転となって現れる。

実験に用いたのこぎりは、Table 2-1に示すのこぎりの内、固定具でのこ身をはさむことのできる両刃のこぎり3銘柄15本である。また実験は、あさりの出の測定をした横びき歯について行った。

被削材は、その種類によってひき曲がりに影響が及ぶことも考えられるので、合板（コンクリート型わく用・2種、15mm厚7プライ、密度＝0.47g/cm<sup>3</sup>）、アガチス（*Agathis* sp., 12mm厚、密度＝0.46g/cm<sup>3</sup>）、ラワン（*Shorea* sp., 12mm厚、密度＝0.53g/cm<sup>3</sup>）の3種類を採用した。合板は材質がほぼ均一であること、アガチスとラワンは技術・家庭科の授業で使用される場合が多いことから、それぞれ選定された。被削材の繊維方向（合板については心板の繊維方向）がのこ身に対して直角になるように木取りし取付台に固定した。

実験でのこぎりをひく際には、のこ身固定具の端を持ち、のこぎりびきの角度が約20度になるようにのこぎりを傾け、刃渡り全体を使用し、速度は毎秒1往復、切削圧は刃渡りの中央で約1.3kgf（のこ身固定具及び供試のこぎりの重さの合計）とし、これらが一定になるように注意した。また、被削材には繊維や比重の不均一が考えられるので、各被削材について3回実験を行い、ひき曲がりの値はその3回の平均値を採用した。



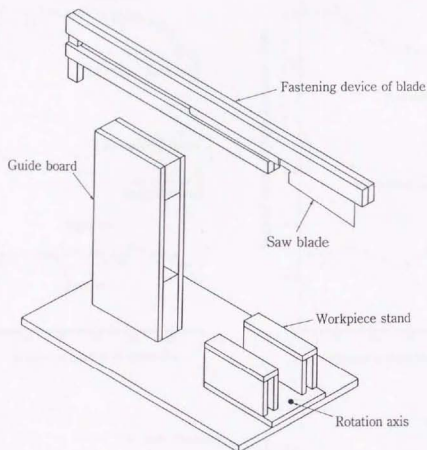


Fig. 2-3. Device for sawing which enables a workpiece to rotate.

### 3. 結 果

3.1 このこ身厚、あさりの出、あさり幅、のこ身厚に対するあさり幅の比率、あさりの出の偏り率

Fig. 2-4 は、各銘柄ののこぎりについて、測定したのこ身厚とのこ身の左右でのあさりの出、算出したあさり幅の例を示す。同図では、のこぎりをひく側からみて、右側をのこ身の右面、左側をのこ身の左面としている。また、Fig. 2-5 は算出した各のこぎりびきのこ身厚に対するあさり幅の比率  $w_l$ 、 $w_r$  を示し、Fig. 2-6 は算出した各のこぎりのあさりの出の偏り率  $b$ 、 $B$  を示す。

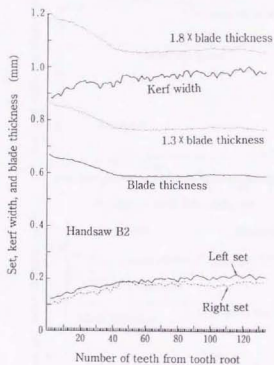
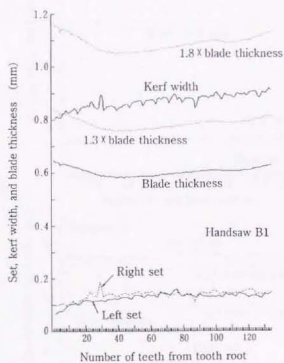
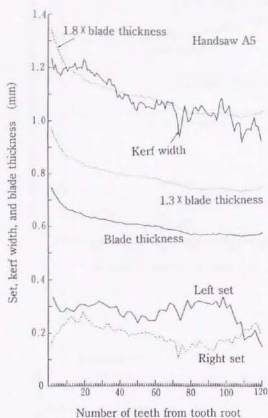
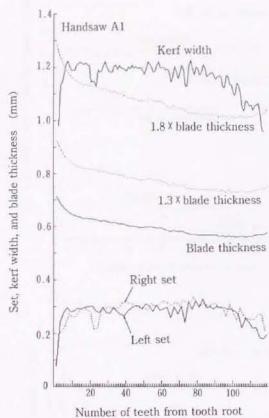


Fig. 2-4a. Set, kerf width, and blade thickness of handsaw.

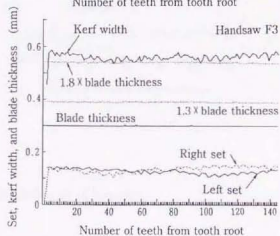
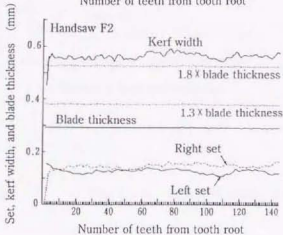
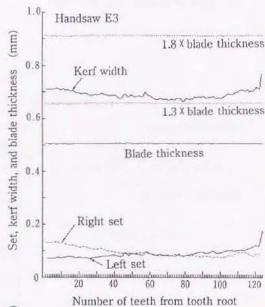
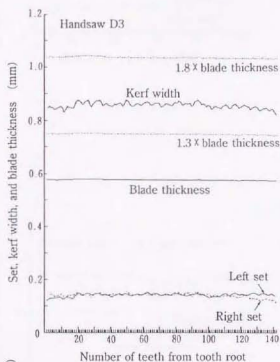
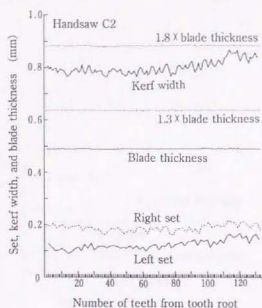
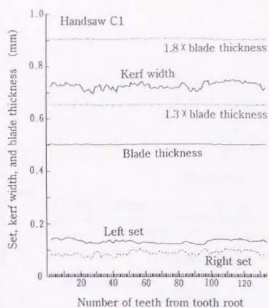


Fig. 2-4b. Set, kerf width, and blade thickness of handsaw.

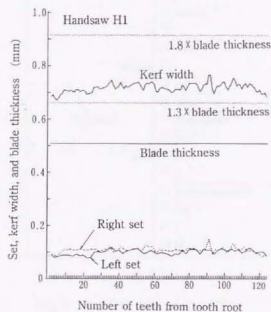
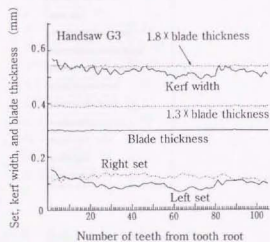
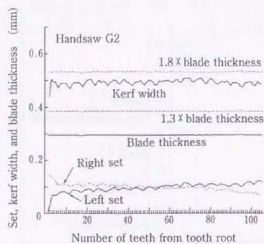
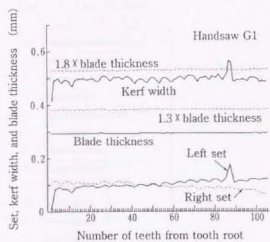


Fig. 2-4c. Set, kerf width, and blade thickness of handsaw.

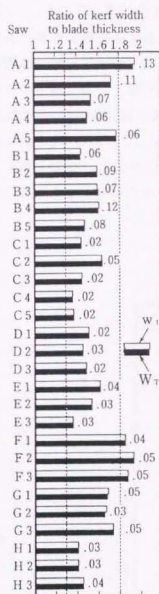


Fig. 2-5. Ratio of kerf width to saw blade thickness.

Note : Numerical values are standard deviations of  $w_1$ .

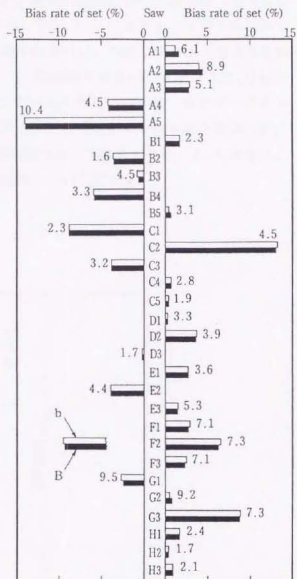


Fig. 2-6. Bias rate of the set.

Note : Numerical values are standard deviations of bias rate of set b.

### 3.2 あさりの出の偏りを含む歯の形状の偏りが作用するひき曲がり

ひき曲がりとは、被削材の表面と深さ方向の2通りで求めた。被削材が左右に回転できる Fig. 2-3 に示した切削実験装置の仕組みゆえに、被削材表面に引いた基準線（切り始めのこの身の位置を示す線）からのひき道のずれは、Fig. 2-7 に示すように切り始めからの距離に伴って大きくなる。一方、深さ方向のひき曲がりとは、同図に示すように切り始めからの距離によってほとんど変化しない。そこで、被削材の表面のひき曲がり  $D_s$  は切り始めから140mmの位置におけるひき道と基準線とのずれを測定して求め、被削材の深さ方向のひき曲がり  $D_b$  は、切り始めから50mmの位置における切削面の表側の辺と裏側の辺とのずれを測定して求めた。 $D_s$ 、 $D_b$ とも工具顕微鏡によって測定したが、 $D_b$ の測定は、のこぎりをひく側からみて、ひき道の左側の被削材について行った。

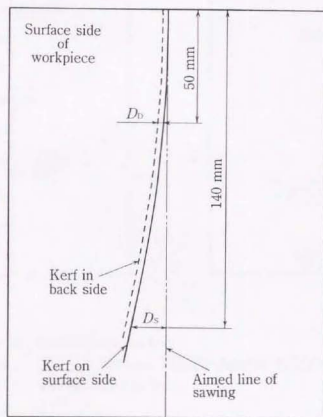


Fig. 2-7. Evaluation of deviation of the kerf.

Note :  $D_s$ : Deviation on surface side at 140 mm from edge.

$D_b$ : Deviation in depth at 50 mm from edge.



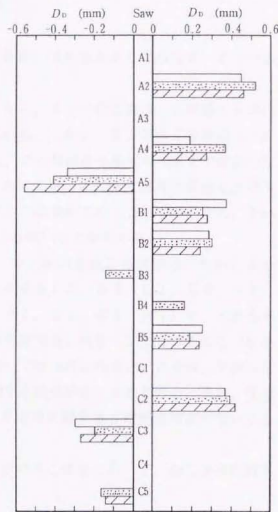
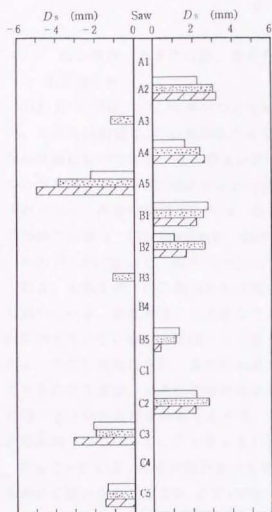





Fig. 2-8. Deviations of the kerf.

Legend :  : Plywood,  : Agathis,  : Lauan

$D_s$ ;  $D_\delta$ : see Fig. 2-7.

Fig. 2-8 は、被削材の表面のひき曲がり  $D_s$  が生じたと判断した測定値 1mm 以上の例と、被削材の深さ方向のひき曲がり  $D_D$  が生じたと判断した測定値 0.1mm 以上の例を示す。なお、同図のひき曲がり量は、右方向へのものを正、左方向へのものを負としている。

#### 4. 考 察

##### 4.1 この身厚、あさりの出、あさり幅、この身厚に対するあさり幅の比率、あさりの出の偏り率

Fig. 2-4 では、この身厚については、A1, A5, B2 のこの身は、元が厚く末が薄い。これらは前述の JIS の規程などにはほぼ合っている。しかし、B1 のこの身厚は元と末が中央部に比べて厚い。また替え刃式のこぎりでは、その製法からか元から末までは一定のこの身厚である。JIS 規定などとは異なる厚さのこの身はのこぎりびきに影響を及ぼすのかどうか、今後の課題としたい。なお、銘柄 F, G は胴付きのこぎりであるため、それらのこの身厚は、約 0.3mm であり、他ののこぎりより薄いことがわかる。

Fig. 2-4 において、あさりの出に関しては、この身の左右ともほぼ均一なのこぎり (D3) もあるが、この身の左右で明らかに偏りがあるのこ (A5, C1, C2, G3) も認められる。また突出したあさりのあるのこ (B1, E3, G1, H1) や、元から末にかけてあさりの出の右面は小さくなっているが左面は逆に大きくなっているのこ (E3, G1, G2) も認められ、あさりの出が交互に均一でないものも多い。この内、突出したあさりのこの歯は、大きな切削抵抗がかかり欠損する恐れがあると思われる。また、交互に均一でないあさがりが存在するのは、JIS にあさりの出に関する客観的な規定がないことが原因の一つになっていると考えられる。

Fig. 2-5 では、歯の枚数が多いため、ほとんどののこぎりにおいて、この身厚に対するあさり幅の比率である  $w_i$  と  $W_T$  が同一である。

Fig. 2-4, 5 より、あさり幅は、ほとんどののこぎりにおいてこの身厚の 1.3~1.8 倍の範囲にあるが、A1 と銘柄 F においては 1.8 倍以上認められる。あさり幅はこの身厚の 1.3~1.8 倍が適切といわれている根拠は、この歯の構造、切削抵抗等を検討して、今後明らかにする必要がある。

Fig. 2-6 より、あさりの出の偏り率  $b$  と  $B$  については、Fig. 2-5 の  $w_i$  と  $W_T$  はほぼ一致していないがほとんど同様な値である。A5, C1, C2, F2, G3 の  $b$ ,  $B$  はともに 5% 以上あり、Fig. 2-4 での状態を示している。Fig. 2-6 で G1, G2 の  $b$ ,  $B$  はともに 5% 以下であるが、標準偏差が大きい。標準偏差の大きいこのぎりは、Fig. 2-4 によると部分的には偏りが認められる。

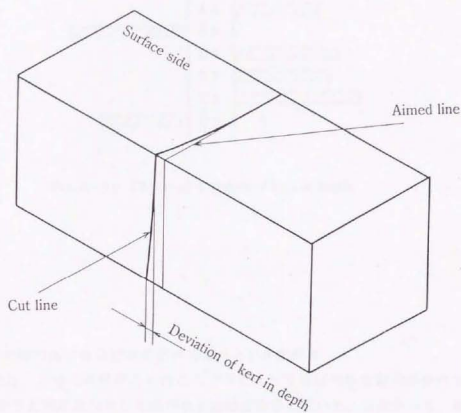


Fig. 2-9. Deviation of kerf in depth.

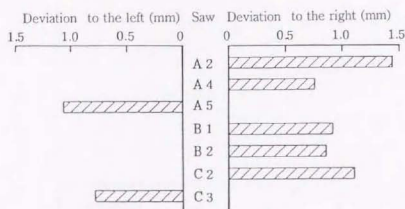


Fig. 2-10. Observed deviation of kerf in depth.

#### 4.2 あさりの出の偏りを含む歯の形状の偏りとひき曲がり

Fig. 2-8 では、3種の被削材とも各のこぎりによってほぼ同様な傾向が現れており、表面のひき曲がりと深さ方向のひき曲がりとはほぼ対応している。したがって、本実験によって歯の形状の偏りに原因するひき曲がりが出検できたと考えられ、そのひき曲がりには被削材の表面だけでなく深さ方向にも生じるといえる。

被削材を一片40mmの角材（材質：ラワン、密度=0.52g/cm<sup>3</sup>）として、Fig. 2-8においてひき曲がり顕著に認められるのこぎりをい前述と同様の方法で切削実験した。

Fig. 2-9はその結果の例を示す。Fig. 2-9より、深さ方向のひき曲がり量は被削材の厚みに応じて大きくなること、切削面は被削材表面のひき曲がりと深さ方向のひき曲がりによって曲面になること、がわかる。

Fig. 2-10は、Fig. 2-9で示された一片40mmの角材における深さ方向のひき曲がり量をのこぎり別に示す。

Fig. 2-8～Fig. 2-10のようにひき曲がるには、のこ自身が被削材の深さ方向にも曲げられる必要があるので、ひき曲がりを生じさせる力の大きいことがわかる。また、このひき曲がりを生じさせる力の、実際ののこぎりびきにおける影響が予想される。

Fig. 2-11は、各のこぎりについて、被削材の表面のひき曲がり $D_s$ と深さ方向のひき曲がり $D_o$ との関係を示す。被削材表面のひき曲がり $D_s$ 及び深さ方向のひき曲がり $D_o$ は、

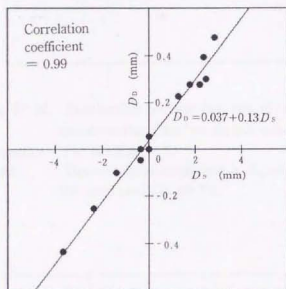


Fig. 2-11. Linear relationship between deviation of kerf on surface side  $D_s$  and deviation of kerf in depth  $D_h$ .

Legend :  $D_s$ ;  $D_h$ : see Fig. 2-7.

Note : The correlation coefficient is significant at 1% level ( $t=25.3$ ,  $df=13$ ).

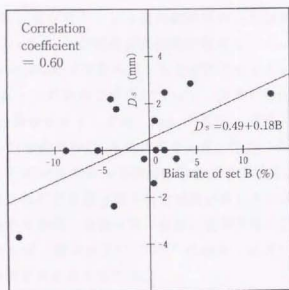


Fig. 2-12. Relationship between bias rate of set B and deviation of kerf on surface side  $D_s$ .

Legend :  $D_s$ : see Fig. 2-7.

Note : The correlation coefficient is significant at 5% level ( $t=2.70$ ,  $df=13$ ).

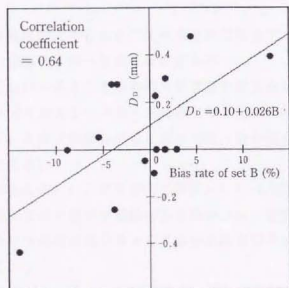


Fig. 2-13. Relationship between bias rate of set B and deviation of kerf in depth  $D_d$ .

Legend :  $D_d$ : see Fig. 2-7.

Note : The correlation coefficient is significant at 5% level ( $t=3.00$ ,  $df=13$ ).



Fig. 2-8に示した各のこぎりについて3種の被削材のひき曲がり量を平均して求めた。また、Fig. 2-11は、 $D_s$ と $D_D$ との相関係数の検定結果と、 $D_D$ の $D_s$ への回帰直線も併せて示す。同図より、 $D_s$ と $D_D$ とは有意水準1%で相関があるといえる。

Fig. 2-12は、銘柄A～Cの各のこぎりについて、あさりの出の偏り率Bと被削材の表面のひき曲がり $D_s$ との関係を示す。また、Fig. 2-13は、それらのあさりの出の偏り率Bと被削材の深さ方向のひき曲がり $D_D$ との関係を示す。なお、Fig. 2-12、2-13には、相関係数の検定結果とひき曲がりのBへの回帰直線も併せて示す。Fig. 2-12、2-13より、Bと $D_s$ 、Bと $D_D$ にはそれぞれ有意水準5%で相関があるといえる。しかし、Bが小さいとプロットしたひき曲がりが第2象限や第4象限に位置するのこぎりもあるので、歯の形状に原因するひき曲がりは、歯の高さ<sup>25, 26, 29)</sup>の偏り、あさりの逃げ角の偏りなどを含めてさらに検討する必要があると思われる。

## 5. 結 論

市販教育用手びきのこぎりののこ身厚、あさりの出を測定し、あさり幅を求めた。また、あさりの出の偏りを含むのこ歯が原因のひき曲がりを製作した切削実験装置によって測定したところ、以下の結果が得られた。

- (1) のこ身厚については、両刃のこぎりでは、元が厚く末が薄いものもあるが元と末が厚く中央部が薄いものもある。替え刃式のこぎりでは、元から末までほぼ一定の厚みである。
- (2) あさりの出が刃渡りの元から先までの平均の約2倍まで大きく突出したのこ歯を有するなど、あさりの出の不均一なのこぎりがある。
- (3) のこ身の左右におけるあさりの出の偏りの程度を表すあさりの出の偏り率を、あさりの出の偏り率 = (右のあさりの出 - 左のあさりの出) × 100 / のこ身厚 [%] なる式によって定義した。本章で検討したのこぎりでは、最も偏りの大きいあさりの出の偏り率は約14%である。
- (4) あさり幅は、ほとんどののこぎりがのこ身厚の1.3～1.8倍の範囲にある。
- (5) のこ身の左右ののこ歯の偏りが原因のひき曲がりは、被削材の表面だけでなく深さ方向にも生じ、あさりの出の偏り率とのこ歯が原因のひき曲がりとは、5%水準の相関が認められる。

以上から、あさりの出がのこ身の左右で偏り、ひき曲がりが生じるのこぎりは、正確なのこぎりびきに支障をきたすので、のこぎりびき指導では、あさりの不均一がひき曲がりに影響することを再認識する必要があるといえる。

### 第3章 垂直柄によるのこぎりびき

#### 1. 緒言

中学校第1学年の生徒が技術・家庭科の授業において木製品を製作するのに必要なのこぎりびきを行うことは、容易でないと思われる。本章では、技術・家庭科の授業において片手びきで比較的大きな材を切断するのに役立つ目的で、柄がのこぎりびき方向に対して垂直に位置する両刃のこぎり（以下「垂直柄両刃のこぎり」という。）を開発した。開発した垂直柄両刃のこぎりの効果を調べるため、被検者を中学校第1学年の生徒として、普通の柄（以下「普通柄」という。）の両刃のこぎり（以下「普通柄両刃のこぎり」という。）を用いたのこぎりびきと垂直柄両刃のこぎりを用いたのこぎりびきとを実験により比較した。

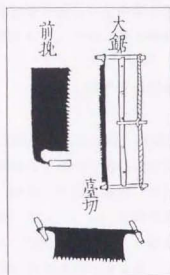
両刃のこぎりののこ身の厚さ、首の長さ、歯数、のこ身の形状等を改良して細工用のこぎりを開発した例<sup>70, 71)</sup>があるが、柄を検討して、比較的大きな木材を切削するのに都合よくした例は見られない。

#### 2. 垂直柄の両刃のこぎりの開発

わが国の手びきのこぎりの歴史を調べると、江戸時代の図入り百科事典、「和漢三才図会」には、Fig. 3-1のa<sup>16)</sup>に示す、大鋸、台切大鋸および前挽大鋸が記載されている。これらはいずれも製材用の縦びきのこぎりであり、大鋸、台切大鋸は2人でひくが、前挽大鋸は1人でひき、その柄はのこぎりびき方向に対して垂直に位置している。また、江戸時代の寺子屋などで、今日いう教科書に用いられた<sup>72)</sup>「庭訓往来」には、Fig. 3-1のb<sup>73)</sup>に示す、葛飾北斎が描いた横びきで材木伐採用の手曲がりのこぎりが記載されている。この手曲がりのこぎりの柄は、現在のものとは異なるが、のこぎりびき方向に対して垂直に位置している柄（以下「垂直柄」という。）が採用されていることから、垂直柄ののこぎりは、大きな材を切るのに適するのではと推測される。

また、Panel handsaw<sup>12)</sup>、Backsaw<sup>12-14)</sup>、Dovetail saw<sup>12, 18)</sup>という西洋の手びきのこぎりは、日本の手びきのこぎりとは異なり押して切る方式ではあるが、それらのハンドルは保持しやすい形状である。

本研究では、Fig. 3-1に示す前挽大鋸や手曲がりのこぎりの垂直柄と、西洋の手びきのこぎりの柄とを参考に、片手びきにおいて比較的大きな材でも楽にのこぎりびきでき、



(a)



(b)

Fig. 3-1. "Saw" in "Wakan sansai zue" and "Saw" in "Teikin ourai".

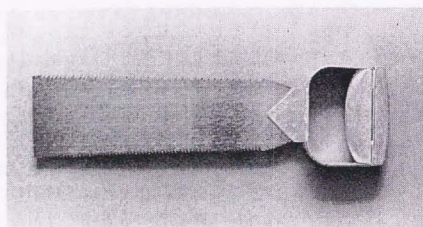


Fig. 3-2. Developed handsaw with a vertical handle.

保持しやすい両刃のこぎりを開発した。Fig. 3-2は、その両刃のこぎりを示すが、垂直柄の形状は、両刃のこぎりに適するよう横びき歯側と縦びき歯側とで対称にした。

垂直柄両刃のこぎりの製作では、技術・家庭科の教材会社A社が販売する刃渡り210mmの替刃式のこ身の首の部分除去し、そののこ身に厚さ1mm、幅20mmの炭素鋼板を用いて作った柄杓をスポット溶接した。なお、握り手の材質は木材とした。

### 3. のこぎりびき検査

検査したのこぎりびきは、K社の技術・家庭科の教科書に掲載されている図<sup>7,4)</sup>に従った、被験者の左手で被削材を工作台の溝に固定した状態での右手による片手びきの横びきである。検査の項目は、普通柄の保持場所、のこぎりの歯先線と被削材表面との角度（以下「のこぎりびきの角度」という。）、切断に要した時間と切削回数、ひき道のけがき線からのひき曲がりと深さ方向のひき曲がり、および官能検査である。

検査期日は、平成3年11月および12月であり、被験者は、鳥取市立北中学校の第1学年の男子48名と女子43名である。被験者は、全員右利きであるが、技術・家庭科の授業でののこぎりびきは未経験であるため、検査前に、基本的なのこぎりびき方法を説明する再生時間210秒のビデオテープを見せて、のこぎりびきの指導を行った。また、けがき線の幅の中心が切削面となるように切り始めること、のこぎりびきの角度はひきやすい角度にすること、そして、普通柄はひきやすい場所を保持することを指導した。普通柄両刃のこぎりは、垂直柄両刃のこぎりに用いられたのこ身と同じ銘柄ののこ身に長さ270mmの普通柄が取り付けられている。いずれののこ身にも、曲がりや左右でのあさりの出の偏りがないことを確認しておいた。

被削材には厚さ12mm幅200mmのラワン（*Shorea sp.*、密度=0.48g/cm<sup>3</sup>）を用い、その長さは工作台上に確実に固定しやすくするため300mmから1000mmとした。けがき線は被削材の木口面から30mmの位置に引き、けがき線の位置から工作台の端までの距離が数cm以下となるよう被削材を固定させた。

普通柄両刃のこぎり及び垂直柄両刃のこぎりを用いて、それぞれ、2回ずつ切断させた。練習効果が結果に影響しないように、両方ののこぎりを使用する順序は、被験者ごとに交互にした。なお、のこぎりびきの模様は、被験者の右側でのこ身に垂直な方向から、ビデオカメラで録画し、各測定に役立てた。

## 4. 結果と考察

### 4.1 普通柄の保持場所、のこぎりびきの角度

普通柄の保持場所、のこぎりびきの角度は、被験者が行ったのこぎりびきの状態を把握

するための基礎データとして測定した。両者は、切削中に変化することが考えられるので、被削材の切り始めから100mmの場所すなわち切断の中間点、被削材の切り初めから195mmの位置すなわち切断直前の2箇所について調べた。

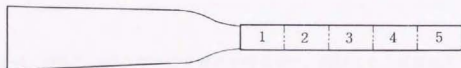
Table 3-1 は、普通柄の保持場所を平均値で示す。同表は、被検者の手の平の中心が、注に示す、5等分した柄のどの場所に位置していたか測定して求めた。保持場所1、3、5は、それぞれ柄頭、柄の中央、柄尻に相当する。

Table 3-1 より、普通柄の保持場所は、1回目の切断及び2回目の切断とも、また切断の中間点、切断直前とも柄の中央よりやや柄頭に近いことがわかる。男女を比較すると、男子の方がやや柄頭に近い場所を保持している。

Table 3-1. Gripped positions of normal handle.

	The first cut off		The second cut off	
	The middle point of cut off	Immediately before cut off	The middle point of cut off	Immediately before cut off
Average of 48 boys (Standard deviation)	2.4 (0.8)	2.4 (0.9)	2.4 (0.9)	2.4 (0.8)
Average of 43 girls (Standard deviation)	2.6 (0.8)	2.6 (0.9)	2.6 (0.9)	2.6 (0.9)

Note: Values of gripped positions correspond the figure below.



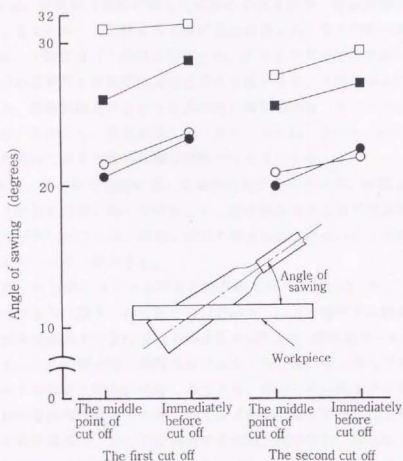


Fig. 3-3. Angle of sawing.

Legend : ● : Normal handle · 48 boys, ○ : Normal handle · 43 girls  
 ■ : Vertical handle · 48 boys, □ : Vertical handle · 43 girls

Fig. 3-3 は、測定したのこぎりの角度の平均を示す。同図より、普通柄両刃のこぎりおよび垂直柄両刃のこぎりともに次のことがいえる。のこぎりびきの角度は、1 回目の切断より 2 回目の切断の方が小さくなる傾向がある。また、1 回目及び 2 回目の切断とも、切断の中間点より切断直前の方が大きい。切断直前の角度が大きくなる原因は、切削が進むにしたがって、切削箇所が身体に近づくためと思われる。

のこぎりびきの角度を普通柄両刃のこぎりと垂直柄両刃のこぎりとで比較すると、垂直柄両刃のこぎりの方が大きい。



#### 4.2 切断に要した時間と切削回数

Fig. 3-4 は、被削材の切断に要した時間の平均を示す。普通柄両刃のこぎりおよび垂直柄両刃のこぎりとも、1 回目より 2 回目の方が速くのこぎりびきでき、練習効果が現れたと思われる。1 回目及び 2 回目の切断とも、男子より女子の方が長い時間を要している。

普通柄両刃のこぎりと垂直柄両刃のこぎりを比べると、1 回目および 2 回目の切断において男女とも、垂直柄両刃のこぎりの方が短い時間で切断できているが、特に 2 回目の切断においては、男女とも、有意水準 1% (男子:  $t=3.81$ ,  $df=47$ , 女子:  $t=4.08$ ,  $df=42$ ) で、垂直柄両刃のこぎりが短い時間で切断できるといえる。

Fig. 3-5 は、被削材の切断に要した切削回数の平均を示す。同図より切削回数は、1 回目および 2 回目の切断において男女とも、垂直柄両刃のこぎりの方が少ないことが分かる。切削回数が少ないことは、切削 1 回当りの切削量が大きいことであり、のこ歯の切り込み深さが大きいことを意味する。

そこで、柄とのこ歯の切り込み深さとの関係を調べるために、Fig. 3-6 に示すのこ身を下に押し当てる力 (以下「押し当て力」という。)  $F$  を測定する検査を行った。被験者を鳥取大学教育学部の大学生 15 名 (平均身長=170.0cm, 標準偏差=4.6cm) として、のこぎりびきすときの姿勢と柄の保持方法により、10 s 間、のこ身をできる限り大きな力で動力計 (床からの高さ: 82cm) に押し当てさせ、その力の平均を押し当て力  $F$  とした。普通柄では、柄の保持場所によって押し当て力  $F$  が異なると予想されるので、Table 3-1 の注に示す柄の保持場所 1, 3, 5 に相当する柄頭、柄の中央、柄尻の 3箇所別々に持たせて検査した。普通柄の 3箇所、垂直柄ともそれぞれ 3 回ずつ検査し、3 回の平均を各被験者の値とした。

Fig. 3-7 は、普通柄の柄頭の端からの距離  $l$  で表した柄の保持場所と押し当て力  $F$  の平均との関係を示す。同図の横軸における柄頭、柄の中央、柄尻の位置は、柄の保持場所 1, 3, 5 の中央としている。また、垂直柄の位置は柄枠ののこぎりびき方向に垂直で握り手を取り付けた部分の位置とし、普通柄の柄頭の端相当位置からの距離で表している。なお、同図には最小自乗法で求めた、柄頭の端からの距離  $l$  で普通柄での押し当て力  $F$  を推測する回帰式も表す。押し当て力  $F$  の平均値の差の検定を行うと、垂直柄-普通柄の柄頭間、普通柄の柄頭-普通柄の中央間、普通柄の中央-普通柄の柄尻間には、それぞれ 1% 水準 ( $t=1.93$ ,  $df=14$ )、1% 水準 ( $t=4.36$ ,  $df=14$ )、5% 水準 ( $t=2.67$ ,  $df=14$ ) の有意差が認められる。従って、押し当て力  $F$  の大きさは、垂直柄、普通柄の柄頭、普通柄の中央、普通柄の柄尻の順になるといえる。

以上より、垂直柄は普通柄より押し当て力を大きくすることができるといえ、そのため、垂直柄両刃のこぎりは、のこ歯の切り込み深さが大きくなり切削力も増大し、切断に要する時間が短くなると思われる。なお、垂直柄において押し当て力を大きくできるのは、普通柄では、手首が伸びきった状態で柄を保持するため、手首の力を押し当て力に利用する

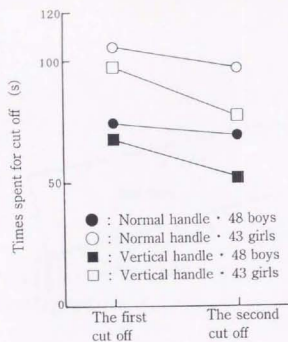


Fig. 3-4. Times spent for cutting.

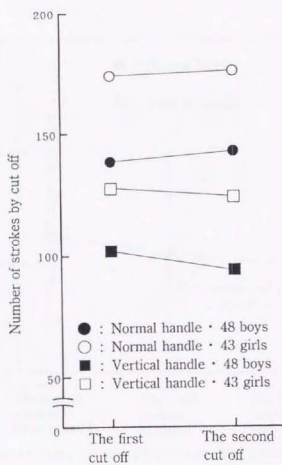


Fig. 3-5. Number of strokes by cut off.

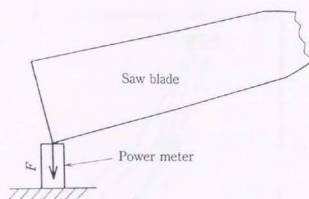


Fig. 3-6. Measurement of pushing force  $F$ .

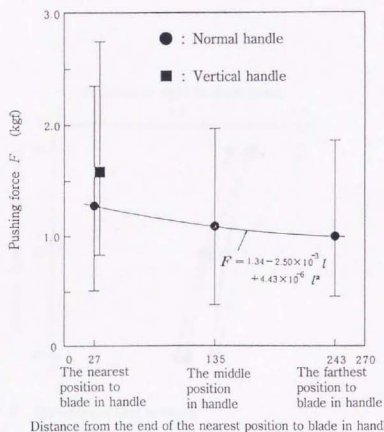


Fig. 3-7. Relationship between gripped position in handle and pushing force  $F$ .

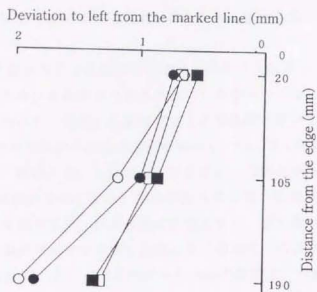


Fig. 3-8. Deviation of kerf from the marked line.

Legend : ● : Normal handle · 48 boys, ○ : Normal handle · 43 girls,  
 ■ : Vertical handle · 48 boys, □ : Vertical handle · 43 girls.

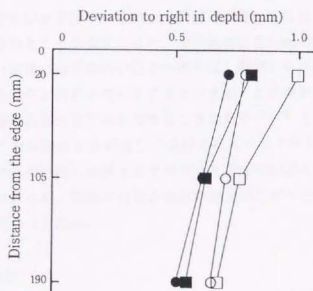


Fig. 3-9. Deviation of kerf in depth.

Legend : ● : Normal handle · 48 boys, ○ : Normal handle · 43 girls,  
 ■ : Vertical handle · 48 boys, □ : Vertical handle · 43 girls.

ことは容易でないが、垂直柄では、手首を明確に曲げた状態で柄を保持するため、手首を伸ばそうとする力を押し当て力に容易に利用できるためと思われる。

#### 4.3 ひき道のけがき線からのひき曲がりと深さ方向のひき曲がり

ひき道のけがき線からのひき曲がりとは、切り始めから20mm、105mm、190mmの位置において、切断した被削材を工具顕微鏡を用いて測定<sup>75, 76)</sup>した。Fig. 3-8はひき道のけがき線からのひき曲がりを示し、Fig. 3-9は、ひき道の深さ方向のひき曲がりを示すが、両図とも、1回目および2回目の切断の平均値で表す。

Fig. 3-8より、普通柄両刃のこぎり、垂直柄両刃のこぎりに共通して次のことがいえる。けがき線からのひき曲がりとは、けがき線の左側に生じ、切り始めからの距離に応じて大きくなる。このひき曲がりとは、けがき線の左側に生じるのは、のこぎりを右手でひいたことに関係があると思われる。また、切り始めから20mmの位置で、けがき線から約0.7mmのひき曲がりが生じている。このことは、切り始めて、切削面がけがき線の中心から左にずれたことを推測させ、のこぎりびきの授業では、切り始めでのこ身の位置について入念な指導が必要と考える。Fig. 3-8で普通柄両刃のこぎりと垂直柄両刃のこぎりを比較すると、切り始めからの距離が大きくなると、ひき道のけがき線からのひき曲がりとは、垂直柄両刃のこぎりの方が小さくなる。

Fig. 3-9より、普通柄両刃のこぎり、垂直柄両刃のこぎりに共通して次のことがいえる。深さ方向のひき曲がりとは右側に生じるが、切削が進むにしたがって小さくなる。深さ方向のひき曲がりとは切り始めから20mmの位置で右側に生じることは、被験者がのこ身を左に傾けて切り始めたことを示す。また、切り始めから20mmの位置でのひき曲がりを基準にした場合、それ以後の深さ方向のひき曲がりとは、左側に生じると見なせ、ひき道のけがき線からのひき曲がりと同じ方向に生じるといえる。この現象は、のこ身の左右でのあさりの偏りを含む歯の形状の偏りが作用するひき曲がり<sup>75, 76)</sup>と同様であるが、今後、被験者のひき方とのこ身の動きとを解析して検討されるべきと考える。なお、Fig. 3-9では、切り始めから20mmの位置における女子が用いた垂直柄両刃のこぎりにけがき線からの大きいひき曲がりがあるが、切削が進むと普通柄両刃のこぎりとは垂直柄両刃のこぎりとは、ほとんど差は認められない。

#### 4.4 官能検査

Table 3-2は、のこぎりびきの検査直後に行った、普通柄両刃のこぎりと垂直柄両刃のこぎりのどちらがのこぎりびきしやすいかを問うた、官能検査結果を示す。男女とも「垂直柄両刃のこぎり」と回答した生徒が多いことがわかる。また、「どちらともいえない」と回答した男子2名、女子1名を除き男女を合わせた88名のうちで、「普通柄両刃のこぎり」と回答した31名と、「垂直柄両刃のこぎり」と回答した87名とについて、二つの比の

Table 3-2. Sensory evaluation result.

Which is easier sawing ?	45 boys (%)	43 girls (%)
Handsaw with a normal handle	31.3	37.2
Handsaw with a vertical handle	64.6	60.5
It cannot be said either.	4.1	2.3

差<sup>27)</sup>の有意検定を行うと臨界比=2.67となり、1%水準で垂直柄両刃のこぎりの方がのこぎりびきしやすいと回答する生徒の比率が多いといえる。この結果の要因には、のこぎりを保持しやすいこと、短時間でのこぎりびきできることがあると思われる。

## 5. 結 論

柄がのこぎりびき方向に対して垂直に位置する両刃のこぎりを開発し、普通の両刃のこぎりと比較するため、被削材を厚さ12mm幅200mmのラワンとして、中学校第1学年の右利きの生徒による片手びきの横びきについて検査した。その結果、垂直柄両刃のこぎりをを用いたのこぎりびきは、普通柄両刃のこぎりをを用いたのこぎりびきに比べて次のことで優れることが明らかになった。

- (1) 切断に要する時間が短い。この原因は、垂直柄では普通柄の片手びきより、のこ身を被削材に押し当てる力を大きくすることができ、そのため、のこ歯の切り込み深さが大きくなり、のこぎりの切削力も増大するためと考えられる。
- (2) 切削が進むと、ひき道のけがき線からのひき曲がり、普通の両刃のこぎりに比べて小さくなる。
- (3) のこぎりびき直後の官能検査では、のこぎりびきしやすと感じる生徒が多い。



## 第4章 横びき用定規を用いたのこぎりびき

### 1. 緒言

中学校技術・家庭科の木材加工領域での授業において、教科書に掲載されたあて木、あて定規や、市販されているのこ切断定規では、比較的小さな材を的確に横びきするには効果があるが、比較的大きな板材を横びきする場合ののこぎりびきには、効果が小さいと思われる。

そこで、本章では、中学生が幅200mm程度の板材の横びきを的確かつ容易に行えるようにすることを目的に、押し当て式定規とはさみ式定規との2つの手びきのこぎりの横びき用定規を開発した。また、両定規を中学生に使用させ、両定規の効果を検討した。

### 2. 押し当て式定規とはさみ式定規の開発

Fig. 4-1は、開発した押し当て式の手びきのこぎりの横びき定規（以下、「押し当て式定規」と略称する。）および押し当て式定規を用いたのこぎりびきを示す。またFig. 4-2は、開発したはさみ式の手びきのこぎりの横びき定規（以下、「はさみ式定規」と略称する。）およびはさみ式定規を用いたのこぎりびきを示す。

両定規が共通して持つ特徴を次に示す。

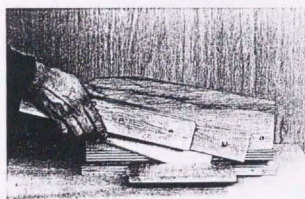
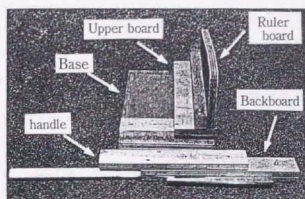
#### ① 板材は、台と上板にはさんで固定する。

切削中に被削材が動くとの確な切削が困難になるが、中学生にはのこぎりびきする際に板材を自力で確実に固定しておくことが容易でないと思われる。そこで、確実に板材が固定できることを求め、板材を台と上板の間にはさみ、上板をちょうナットで締め付ける方式を採用した。また、台には研磨紙を張り付け、摩擦によって固定をより確実にした。

#### ② のこ身には背板を取り付ける。

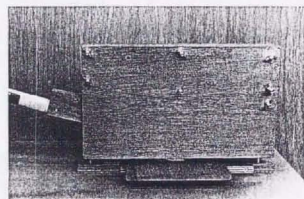
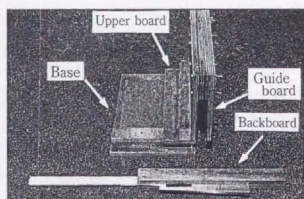
ほぞ組みや組みつぎなどの切削に用いられる日本の胴つきのこぎりやアメリカ合衆国の Backsaw<sup>1,2-14)</sup>、Dovetail saw<sup>12, 15)</sup>には、背金に取り付けられている。背金は、のこ身が曲がるのを防ぎ、正確な切削にも寄与する。また、Backsawを使用するMiter box<sup>7,8, 79)</sup>、Miter machine<sup>79)</sup>に見られるように、背金にのこ身が動く位置を限定させる役目を持たせることもできる。本研究での定規では、これら背金の利点を取り入れるため、15mm厚の合板でのこ身をはさみ背板とし背金の代わりをさせる。

次は、各定規固有の特徴を示す。



Sawing with push type ruler

Fig. 4-1. Push type ruler.



Sawing with insert type ruler

Fig. 4-2. Insert type ruler.

押し当て式定規は、背板を定規板に押し当ててのこぎりびきを行う。のこぎりびきしやすいよう、背板には把手を取り付けてある。はさみ式定規は、背板を定規板と案内板との間に通してのこぎりびきする。のこぎりが横振れしない、円滑なのこぎりびきを実現させるには、定規板と案内板との間隔を調整することが必要である。

なお両定規とも、定規板と上板は20mm厚の合板とし強固な構造にした。

### 3. 横びき用定規を用いたのこぎりびきの検査

#### 3.1 検査方法

開発した両定規の効果を調べるため、被験者に、A「横びき用定規を使用しない。(普通ののこぎりびき)」、B「押し当て式定規を使用する。」、C「はさみ式定規を使用する。」の3通りの方法によって、板材を切断させた。

被験者は、鳥取大学付属中学校第1学年B・D組の男子生徒43人、鳥取県鴨川中学校第1学年A組男子生徒20人の合計63人である。検査期日は、鳥取大学附属中学校の生徒については1988年1月、鳥取県鴨川中学校の生徒については1989年2月である。検査期日には、被験者は、すでに授業でのこぎりびきを経験済みである。3通りの方法別に別個の両刃のこぎりをを用いたが、使用した両刃のこぎりは刃渡りが210mmの同一銘柄であり、その横びき歯は、のこ身の左右であさりの出の偏りの認められないものである。

板材は、幅210mm、長さ900mm、厚さ12mmのアガチス材 (*Agathis* sp., 密度=0.48g/cm<sup>3</sup>) とした。アガチス材を被削材に選んだのは、中学校技術・家庭科で使用される頻度が大きいという理由からである。

切削のためのけがき線は、板材に向かって右側の木口から30mm間隔に引いた。また、ひき道の曲がりとはき道のけがき線からのずれとを測定するために必要な基準線を、切削のためのけがき線から左に15mmの位置に引いた。切断は右端のけがき線について行われた。板材を固定するため、ある程度の長さの板材が必要であるので、板材の長さが250mm以下になったらより長い板材に交換した。

各被験者には、各方法によって1回ずつ切断させた。各方法の順序は、被験者ごとに各方法の全組み合わせの順序に従って異ならせ、練習効果が検査結果に影響しないよう配慮した。

検査は、板材の固定とのこぎりびきに関する官能検査、板材の切断に要した時間、ひき道とけがき線とのずれ、ひき道の曲がり、ひき肌の良否について行った。

### 3.2 結果と考察

#### 3.2.1 板材の固定に関する官能検査

板材の固定に関して、「a. 固定は簡単だった」、「b. のこぎりびきのとき板材が動きにくかった」、「c. 固定に手間がかかった」、「d. 固定に手が疲れた」、「e. のこぎりびきのとき板材が動きやすかった」、「f. その他」の6つの選択肢を設けて、各方法ごとに2つまで答えさせた。Table 4-1は、その回答結果を示す。

Table 4-1から、方法Aでは「e. のこぎりびきのとき板材が動きやすかった」が最も多く、以下「d. 固定に手が疲れた」、「a. 固定は簡単だった」の順に多い。また方法Bでは「a. 固定は簡単だった」、「b. のこぎりびきのとき板材が動きにくかった」が多い。そして方法Cでは、「b. のこぎりびきのとき板材が動きにくかった」が他の方法に比べて最も多い。また「a. 固定は簡単だった」も多いが「c. 固定に手間がかかった」も少なくない。

以上より、生徒は、横びき用定規を使用すると板材の固定が確実になると感じているが、方法Cでは固定が面倒という感想を持つことがわかる。方法Cのはさみ式定規は、案内板があるため、けがき線を切断される位置に合わせるのが面倒だったと思われる。

Table 4-1. Number of answers by junior high school students.

Options	Method A	Method B	Method C
a. Fixation is easy.	26	41	34
b. Board is not easy to move in sawing.	7	40	54
c. Fixation needs troubles.	8	14	18
d. Hands are tired by fixation.	30	12	3
e. Board is easy to move in sawing.	49	3	1
f. Others.	3	5	5
Total	123	115	115

Note: A boy gave one or two answer in each method.

Method A : With no ruler (Normal sawing).

Method B : With push type ruler.

Method C : With insert type ruler.

Table 4-2. Impression on sawing.

Options	Method A	Method B	Method C
a. It is possible to cut along the marked line.	6	34	41
b. Big power is not necessary in sawing.	12	20	40
c. It is not easy to cut along the marked line.	51	9	1
d. Big power is necessary in sawing.	44	27	0
e. It is not lucid where to cut the board.	4	24	40
f. Others.	3	5	0
Total	123	119	122

Note: A boy gave one or two answer in each method.

Method A : With no ruler (Normal sawing).

Method B : With push type ruler.

Method C : With insert type ruler.

### 3. 2. 2 のこぎりびきに関する官能検査

のこぎりびきに関して、「a. けがき線の通りに切断できた」、「b. のこぎりをひくのにあまり力が必要でなかった」、「c. けがき線の通りに切断しにくかった」、「d. のこぎりをひくのに特に力が必要だった」、「e. 板材をどこまで切っているのかわかりにくかった」、「f. その他」の6つの選択肢を設け、各方法ごとに2つまで答えさせた。Table 4-2は、その回答結果を示す。またTable 4-3は、のこぎりびきが易しかった順位を質問した結果を示す。

Table 4-2から、方法Aでは、「c. けがき線の通りに切断しにくかった」、「d. のこぎりをひくのに特に力が必要だった」の回答が多いことがわかる。方法Bでは、「a. けがき線の通りに切断できた」が最も多いが、「d. のこぎりをひくのに特に力が必要だった」が次に多い。方法Cでは、「a. けがき線の通りに切断できた」、「b. のこぎりをひくのにあまり力が必要でなかった」、「e. 板材をどこまで切っているのかわかりにくかった」が多い。

以上より、生徒は横びき用定規を使用するとけがき線に沿って的確にのこぎりびきでき、特にはさみ定規では楽にのこぎりびきできると感じていることがわかる。しかし、押し当て式定規は力が意外に必要なこと、はさみ式定規は切断されている場所が見えにくいなどの欠点も感じていることもわかる。押し当て式定規で力が必要だったとする生徒が多いのは、背板を定規板に密着させてのこぎりびきすることの困難さを示していると思われる。

Table 4-3についてフリードマンの検定を行うと、方法間に1%水準の有意差が認められ( $\chi^2=42.5$ ,  $df=2$ )、方法C, B, Aの順にのこぎりびきが易しいといえる。

Table 4-3. Evaluation of sawing.

Method	First	Second	Third
A	11	16	36
B	8	30	25
C	44	17	2

Note : Figure represents students.



### 3.2.3 板材の切断に要した時間

本検査は、前記の鳥取県鴨川中学校第1学年の男子生徒20人について行った。

板材の切断に要した時間は、板材の固定に要した時間と板材ののこぎりびきに要した時間に分けて測定した。Table 4-4に、その結果を示す。

Table 4-4では、方法Cの板材の固定に要する時間は、方法Bのそれより長い。この理由は、はさみ式定規には案内板があるので、切断される位置にけがき線をあわせるのに時間を要すると思われる。方法Bののこぎりびきに要する時間は、方法Aのそれと同程度であり、方法Cのそれより長い。この理由は、押し当て式定規では背板を定規板に密着してのこぎりびきするのに苦勞するためと思われる。また板材の固定とのこぎりびきとの合計時間を比べると、板材の固定時間のない方法Aが最も短時間であり、定規を使用する方法B、Cは長時間となる。はさみ式定規は、板材の固定時間が長いので、のこぎりびき時間が最も短いという利点が生かされていない。

Table 4-4. Average of times for cutting.

Method	Times for fixing a board (s)	Times for sawing (s)	Total (s)
A	—	50 (18.9)	50 (18.9)
B	24 (6.8)	58 (30.2)	82 (34.3)
C	37 (15.1)	36 (13.3)	73 (20.1)

Notes : ( ) shows standard deviations.

The results of tests of hypothesis concerning mean.  
(Each degrees of freedom is 19.)

(1) Times for fixing a board

Difference between B and C :  $t=3.70$ ,  $p<0.01$

(2) Times for sawing

Difference between A and B :  $t=1.08$ ,  $p>0.05$

Difference between B and C :  $t=3.35$ ,  $p<0.01$

Difference between A and C :  $t=4.41$ ,  $p<0.01$

(3) Total times

Difference between A and B :  $t=4.12$ ,  $p<0.01$

Difference between B and C :  $t=1.09$ ,  $p>0.05$

Difference between A and C :  $t=5.82$ ,  $p<0.01$



### 3. 2. 4 切り終わりの箇所でのけがき線とひき道とのずれ

本検査は、前記の鳥取大学附属中学校第1学年の男子生徒43人について行った。

けがき線とひき道とのずれは、切り終わりの箇所ですぐ顕微鏡を用いて測定した。

Table 4-5は、その結果を示す。

Table 4-5の方法A-B間と方法B-C間には、1%水準の有意差が認められる(それぞれ  $t=4.74$ ,  $t=6.39$ , 両者とも  $df=42$ ) が、方法A-C間には有意差が認められない ( $t=0.94$ ,  $df=42$ ,  $p>0.05$ )。

同表より、方法Bのずれは最も大きいことがわかる。方法Aの普通ののこぎりびきが方法Bの押し当て式定規よりよい結果となったのは、方法Aでは被験者がけがき線を見ながらひき道の修正を行えるためと思われる。なおBのひき道だけがけがき線の外側にずれていることが注目される。

Table 4-5. Deviation from the marked line at the edge of cut off.

Method	Average (mm)
A	-0.42 (1.17)
B	0.65 (0.93)
C	-0.23 (0.61)

Notes : ( ) is standard deviation.  
Positive value means deviation to right.  
Negative values mean deviation to left.

Table 4-6. Deviations of kerf.

Method	Average (mm)
A	1.60 (0.73)
B	0.82 (0.62)
C	0.37 (0.14)

Note : ( ) is standard deviation.

### 3. 2. 5 ひき道の曲がり

本検査は、前記の鳥取大学附属中学校第1学年の男子生徒43人について行った。

ひき道の曲がりは、どれだけ直線に近くのがりをひくことができたかを表すが、ひき道と基準線との最小の間隔と、ひき道と基準線との最大の間隔とを工具顕微鏡でそれぞれ測定しその差で表した。Table 4-6は、その結果を示す。

Table 4-6から、普通の方法での曲がり量が最も大きくはさみ式の定規でのそれが最も

小さいことがわかるが、各方法間には1%水準の有意さが認められる(A-B間： $t=0.56$ , B-C間： $t=4.61$ , A-C間： $t=11.01$ , いずれも $df=42$ )。押し当て式定規での曲がり量は、はさみ式定規のそれより大きく、背板を定規板に押し当てるだけではこの身の位置を制御することが不十分と思われる。はさみ式定規では、その構造からひき道の曲がりは生じないはずであるが、背板と案内板とのすき間の調整不良、使用したのこぎりのこの身の左右での歯の高さと目立ての偏り、などで生じたと考えられる。背板と案内板とのすき間調整が適切にできるよう改善したい。

### 3.2.6 ひき肌の良い否

各方法によるひき肌を代表する例をFig. 4-3に示す。

Fig. 4-3では、ひき肌の粗さは、方法A、方法B、方法Cの順に大きいことがわかる。普通ののこぎりびきをした方法Aと、押し当て式定規を使用した方法Bとでは、のこぎり歯の軌跡が目立つが、はさみ式定規を使用した方法Cでは、平滑なひき肌となっており、その構造による特長が現れている。

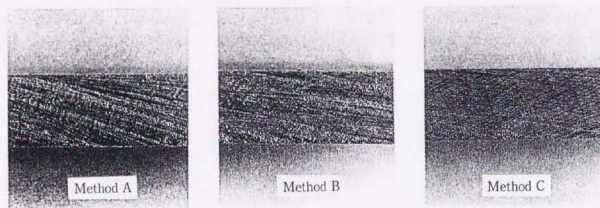


Fig. 4-3. Surface quality of cross sections by three different ways.

#### 4. 結 論

中学生が横びきをけがき線に沿ってひき曲がらずに行えるようにすることを目的として、押し当て式定規とはさみ式定規とを開発し、両定規の効果を検査し比較した。その結果、両定規を使用すると板材の固定が確実になるほか、次に示す特徴があることがわかった。

- (1) 押し当て式定規では、のこぎりびきに予想以上の力と時間を必要とし、ひき道とけがき線とのずれも大きい。背板を定規板に押し当てることによって、のこ身を横方向に動かないようにしてのこぎりびきすることは、容易でないと思われる。
- (2) はさみ式定規では、案内板の働きによつてのこぎりびきが簡単であり、ひき道とけがき線とのずれやひき曲がりは小さく、そしてひき肌も平滑である。しかし、案内板の存在は、けがき線を切斷される位置に合わせて固定するのを面倒にし、のこぎりびきしている箇所を見にくくする。また、板材の固定に要する時間を多く必要とするため、のこぎりびき時間が短い利点が生かされない。

両定規によつて的確な横びきを簡便に行えるようにするには、押し当て式定規では背板と定規板との密着にゴム磁石を利用する、はさみ式定規では案内板を透明な材料に変更する、などの改良が必要であると思われる。

## 第5章 単一モデル歯による逐次切削

### 1. 緒 言

の歯そのものが原因となって生ずるひき曲がりに関する実験的検討<sup>75, 76)</sup>では、の歯の左右でのあさりの出の偏りとひき曲がりとの間に相関関係が認められたが、中にはあさりの出の小さい方向へのひき曲がりを示す場合も少なからずあった。この実験的検討から、手びきのこぎりのの歯に起因するひき曲がりの機構を明らかにするには、単一歯にかかる切削抵抗の検討が不可欠であろうと考えた。

本章では、被削材として比較的均一な木材を使用し、の歯の左右の歯による交互の切削という実際のの歯の過程を想定して対称形状の2枚の単一モデル歯を用い、次に述べる逐次切削実験を行う。すなわち、最初に、平面の被削材を一つのモデル歯で切削し、モデル歯にかかる切削抵抗を解析する。次に、もう一方のモデル歯によって、いくらかのあさり幅を設けて2回目の切削を行い、そのモデル歯にかかる切削抵抗を解析する。その上で、のこぎりびきの切り始めにおけるひき曲がりに影響を及ぼすと思われる、対の歯にかかる横分力を両切削から合成して解析する。

### 2. 実 験

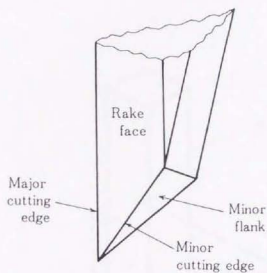
#### 2.1 材料

アガチス (*Agathis* sp.) 気乾材が被削材として使用された。その密度は、 $0.64\text{g/cm}^3$ である。切削方向の被削材の長さは21mmである。

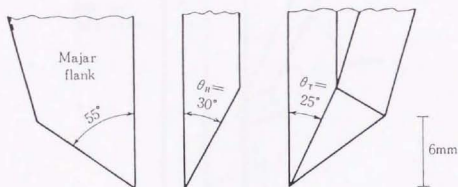
#### 2.2 モデル歯と切削方法

Fig. 5-1は、本研究で使用された2枚の単一モデル歯の内の一つである、モデル歯Aの形状を示す。モデル歯Bと呼ぶもう一方のモデル歯は、モデル歯Aとは対称形状である。両モデル歯は、実物のの歯のように左側と右側とに振り分けられた。同図では、本研究で使用したいくつかの語句もまた定義している。モデル歯の材質は高速度鋼 (SKH51) であり、歯は研磨直後の状態に維持した。

次の実験では、Fig. 5-2に示すように、モデル歯の一つをホルダーに取り付けた。フライス盤の主軸にホルダーの柱を取り付けて切削した。被削材は、フライス盤のテーブルに取り付けた動力計 (ASTタイプ、佐藤工機製) に固定した。その動力計によって切削力



Isometric drawing.



Orthographic drawing.

Fig. 5-1. The shape of model Tooth A's tip and definitions of terms used here.  
Note : The model Tooth B has symmetrical shape to the model Tooth A.

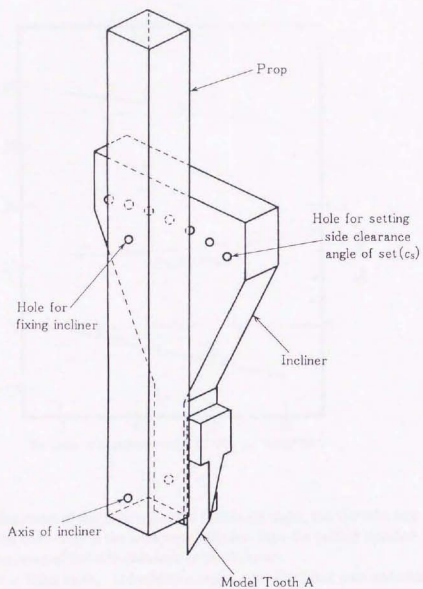


Fig. 5-2. The holder of the model tooth.



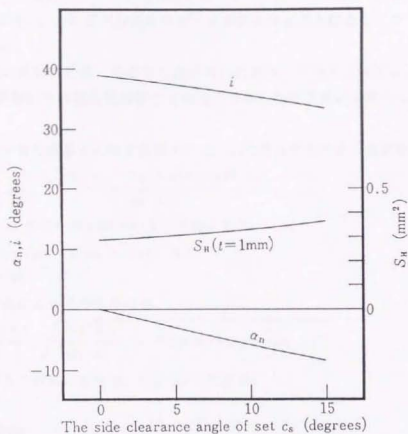


Fig. 5-3. Variations of the rake angle, the inclination angle, and the rake face area embedded in the workpiece and seen from the cutting direction with increases of the side clearance angle of the set.

Legend :  $\alpha_n$ : Rake angle,  $i$ : Inclination angle,  $S_n$ : Rake face area embedded in the workpiece and seen from the cutting direction.

を測定した。0-90型切削を、フライス盤のテーブルをモデル歯の歯裏に平行に35mm/sの速度で動かして行った。そのため、歯裏逃げ角(機械のこ歯における側面逃げ角)は0°の一定値に固定された。

予備研究によると、あさりの逃げ角 $c_s^{89, 811}$ が、いくつかの実際の手びきのこぎりにおいて2°から7°に変化していることが確かめられた。あさりの逃げ角 $c_s$ の効果を明確に知るため、 $c_s$ はFig. 5-2に示されるホルダーを傾斜させることによって0°, 5°, 10°, 15°に変化させた。

後の切削結果の検討のため、あさりの逃げ角 $c_s$ に伴う、下刃すくい角 $\alpha_n$ 、下刃傾斜角 $i^{823}$ 、および被削材中の刃先端部分で切削方向から見た下刃の面積の $S_n$ の変化を求める。

被削材面での下刃と歯裏とのなす角度 $\theta^{11}$ は、 $c_s$ に伴って次のように変化する。

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{\cos c_s \cdot \tan(\theta_n + c_s) - \sin c_s}{\tan \theta_r} \right) \quad (1)$$

$\alpha_n$ と $i^{11}$ は、それぞれ次の数式によって得られる。

$$\alpha_n = -\tan^{-1} (\tan c_s \cdot \cos \theta) \quad (2)$$

$$i = 90^\circ - \theta \quad (3)$$

$S_n$ は、次に数式によって与えられる。

$$S_n = \frac{t^2 \sin \theta}{2} \sqrt{\frac{\tan^2 \theta_r}{\cos^2 c_s} + (\tan(\theta_n + c_s) - \tan c_s)^2} \quad (4)$$

$c_s$ の増加に伴うこれらの変化は、Fig. 5-3に示す。

## 2.3 1回目切削

後の検討において2枚の対称形状のモデル歯から得られる切削抵抗を合成するため、各モデル歯にかかる切削抵抗を知ることが必要である。

モデル歯Aを用いた1回目切削は、Fig. 5-4に示すように平面の被削材を切削して行った。同図では、次の5通りの切り込み深さが用いられた。: 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 mm。以後、接尾辞1は1回目切削を示し、接尾辞2は2回目切削を示す。

## 2.4 2回目切削

あさりの逃げ角 $c_{s1}$ を0°, 切り込み深さを0.2mmとして行ったモデル歯Bによる1回目切削の後に、モデル歯Bをホルダーから取り外しモデル歯Aに取り替えた。Fig. 5-5に示すように、いくつかの切り込み深さ $t_2$ とあさり幅 $a$ で、モデル歯Aで2回目切削を行った。2枚のモデル歯の微少な違いによって生ずる影響を避けるため、モデル歯Aを2回目切削でも用いた。

$t_2$ の値を $t_1$ に等しいかより大きくしたのは、最初の歯の切削より2回目の歯の切削の方

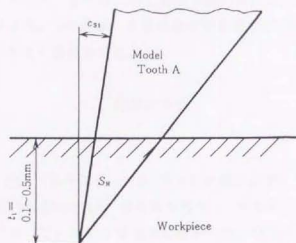


Fig. 5-4. Schematic diagram of the first cutting (Front view).

Legend :  $t_1$ : the depth of cut in the first cutting,  $c_{s1}$ : the side clearance angle of the set in the first cutting,  $S_H$ : see Fig. 5-3.

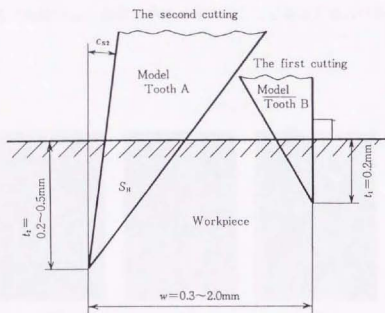


Fig. 5-5. Schematic diagram of the sequential cutting by two symmetrical teeth (Front view).

Legend :  $t_2$ : the depth of cut in the second cutting,  $c_{s2}$ : the side clearance angle of the set in the second cutting,  $w$ : the kerf width,  $t_1$ : see Fig. 5-4.,  $S_H$ : see Fig. 5-3.

が切り込み深さが大きいという。または、のこ歯が不揃いの高さである場合の、のこぎりびきの特性に模すためである。 $\sigma$ の値は、2枚の歯が切削過程において微少な影響を及ぼさない範囲を知るため、大きく変化させた。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 1回目切削

Fig. 5-6は、1回目切削における $c_{s1}=0^\circ$ でのひき溝を示す。下刃が押すことによって生ずる繊維方向での大きな裂け目は、切り込み深さ $t_1$ が大きくなりひき溝が大きくなると現れる。この実験において、切りくずは生じなかった。切りくずが生じなかった原因は、木材の裂け目が繊維方向に生ずるので、切りくずが被削材から連続的に離脱できないことにあると思われる。

Fig. 5-7は、あさりの逃げ角 $c_{s1}$ が $0^\circ$ における切り込み深さ $t_1$ に伴う切削抵抗の変化を示す。主分力 $F_{11}$ 、垂直分力 $F_{12}$ 、横分力 $F_{13}$ の全分力は、 $t_1$ の増大に伴って増加する。同図から、横分力 $F_{13}$ は、下刃から歯裏へ方向に生じることが理解できる。

正の横分力 $F_{13}$ が生じた原因は、下刃に接触する繊維が切りくずとして離れないので、下刃が歯先の前方の繊維により歯裏方向に押されることにあると思われる。

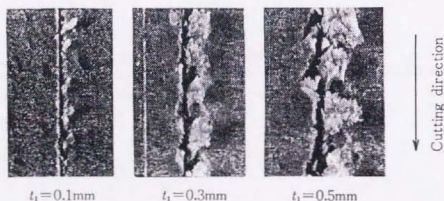


Fig. 5-6. Cutting grooves obtained by model Tooth A in the first cutting.

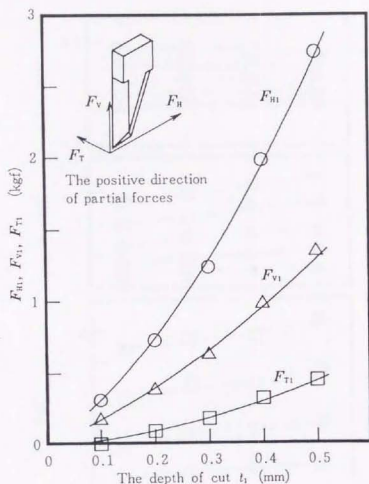


Fig. 5-7. The cutting resistances in the first cutting.

Legend:  $F_H$ : principal force,  $F_V$ : vertical force,  $F_T$ : lateral force.

Note: The side clearance angle of set  $c_{s1}$  is 0 degrees.

あさりの逃げ角  $c_{s1}$  と各分力との関係は Fig. 5-8 に示す。  $c_{s1}$  の増大に伴って、  $F_H$  と  $F_V$  は大きくなるが、  $F_T$  はほとんど変化しない。  $F_H$  と  $F_V$  との増大は、被削材中の下刃の面積  $S_{H1}$  の増大とすくい角  $\alpha_{n1}$  が負になることにより説明される。  $F_T$  の値がほとんど一定なのは、  $S_{H1}$  と  $\alpha_{n1}$  の影響を補って、下刃傾斜角  $i_1$  が  $c_{s1}$  の増大に伴って減少するためと思われる。

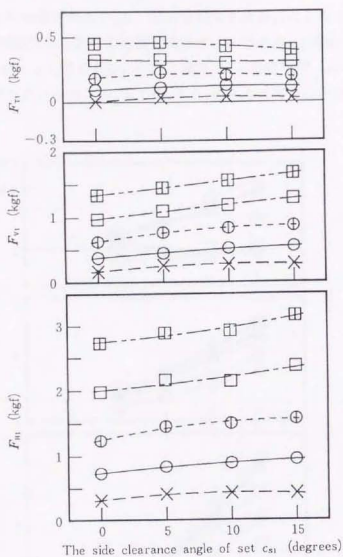


Fig. 5-8. Relationships between the side clearance angles of sets and cutting resistances in the first cutting.

Legend:  $\times$ :  $t_1 = 0.1$ mm,  $\circ$ :  $t_1 = 0.2$ mm,  $\oplus$ :  $t_1 = 0.3$ mm,  $\square$ :  $t_1 = 0.4$ mm,  $\boxplus$ :  $t_1 = 0.5$ mm,  $F_{11}$ ;  $F_{v1}$ ;  $F_{m1}$ : see Fig. 5-6.



### 3.2 2回目切削

#### 3.2.1 切り込み深さとあさり幅の影響

Fig. 5-9は、あさりの逃げ角 $c_{v2}$ が $0^\circ$ のときのモデル歯Aによる2回目切削における切り込み深さ $t_2$ と切削抵抗の各分力との関係を示す。主分力 $F_{02}$ と垂直分力 $F_{v2}$ とも切り込み深さ $t_2$ の増加にともなって増大する。一方、横分力 $F_{r2}$ の変化は、 $\phi$ の値によって2つの型に分けられる。 $\phi$ が大きいとき、 $F_{r2}$ は、 $F_{02}$ と $F_{v2}$ のように切り込み深さ $t_2$ の値に従って

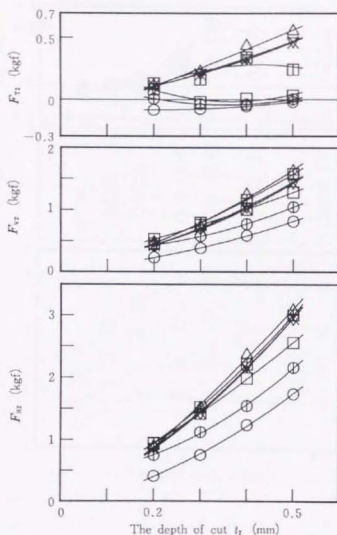


Fig. 5-9. Relationships between the depths of cuts and the cutting resistances in the second cutting.

Legend:  $\bigcirc$ :  $w=0.3\text{mm}$ ,  $\odot$ :  $w=0.5\text{mm}$ ,  $\square$ :  $w=0.7\text{mm}$ ,  $\boxplus$ :  $w=1.0\text{mm}$ ,  $\triangle$ :  $w=1.2\text{mm}$ ,  $\nabla$ :  $w=1.5\text{mm}$ ,  $\times$ :  $w=2.0\text{mm}$ ,  $F_{02}$ : principal force,  $F_{v2}$ : vertical force,  $F_{r2}$ : lateral force.

増大する。しかしながら、 $w$ が小さいとき、 $F_{T2}$ は、 $t_2$ の値が何であれほぼ0 kgfで一定である。

あさり幅 $w$ と各分力との関係は、Fig. 5-10に示す。各分力とも、 $w$ の増加とともに増大し、最大値を有する曲線を示して、一定値に到達する。 $w$ が0.3mmから0.7mmの間では、 $F_{T2}$ がほとんど0 kgfであることが注目される。

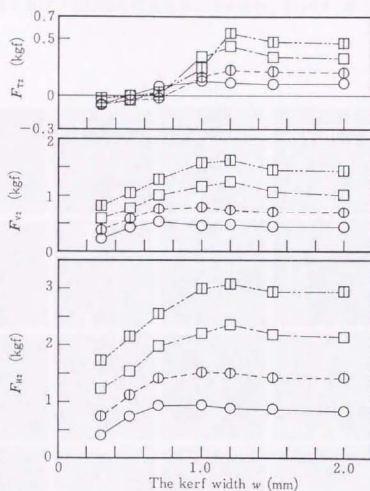


Fig. 5-10. Relationships between the kerf widths and the cutting resistances in the second cutting where depths of cuts are parameters.

Legend :  $\bigcirc$ :  $t_2 = 0.2$ mm,  $\bigodot$ :  $t_2 = 0.3$ mm,  $\square$ :  $t_2 = 0.4$ mm,  $\square\cdot$ :  $t_2 = 0.5$ mm,  
 $F_{H2}$ ;  $F_{V2}$ ;  $F_{T2}$ : see Fig. 5-9.

Note :  $c_{s1} = c_{s2} = 0$  degrees,  $t_1 = 0.2$  mm.

Fig. 5-11は、 $c_{s2}=0^\circ$ の2回目切削で得られるひき溝の例を示す。 $w$ が小さく $t_2$ が大きいとき切りくずが発生するが、 $w$ が大きく $t_2$ が小さいとき切りくずは発生しないことがわかる。Fig. 5-11をFig. 5-9, 10とともに考察すると、次のことがいえる。

切りくずが発生するとき、横分力 $F_{T2}$ はほとんど0 kgfである。この結果は、繊維が切りくずとして離れるので歯裏方向に押す繊維がなく、 $F_{T2}$ が小さくなるということから説明できると思われる。

$w$ が大きく切りくずが発生しないとき、2回目切削過程は1回目切削に似ており、2枚の歯は、影響を及ぼさないように見える。そのため、 $F_{T2}$ は3.1節で論じたように生じると思われる。

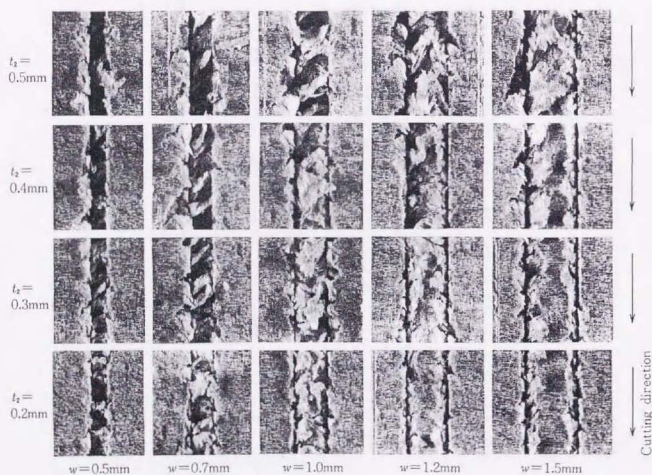


Fig. 5-11. Cutting grooves obtained by the sequential cutting.

Notes :  $c_{s1}=c_{s2}=0$  degrees,  $t_1=0.2$  mm, Right groove : the first cutting,  
Left groove : the second cutting.

### 3.2.2 あさりの逃げ角の影響

Fig. 5-12は、切り込み深さ $t_2$ が0.4mmにおいて、あさりの逃げ角 $c_{s2}$ が変化したときのあさり幅 $w$ と各分力との関係を示す。 $F_{T2}$ の値は $c_{s2}$ によって変化しないことがわかる。

$w$ が大きいとき、 $F_{H2}$ と $F_{V2}$ については違いがあるが、 $w$ が小さいときにはこの違いは大きくない。大きい $w$ の範囲では、切りくずが発生しないので、 $F_{H2}$ と $F_{V2}$ については1回目切削におけるような論理が成り立つ。

$w$ が小さいとき、 $F_{H2}$ と $F_{V2}$ における $c_{s2}$ の変化の影響は、切りくずの発生によって小さくなると思われる。

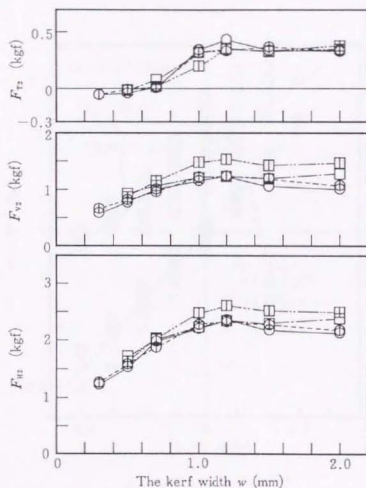


Fig. 5-12. Relationships between the kerf widths and the cutting resistances in the second cutting where side clearance angles of sets are parameters.

Legend:  $\bigcirc$ :  $c_{s2} = 0^\circ$ ,  $\bigcirc$ :  $c_{s2} = 5^\circ$ ,  $\square$ :  $c_{s2} = 10^\circ$ ,  $\square$ :  $c_{s2} = 15^\circ$ .

$F_{H2}$ ;  $F_{V2}$ ;  $F_{T2}$ : see Fig. 5-9.

Note:  $c_{s1} = 0$  degrees,  $t_1 = 0.2$  mm,  $t_2 = 0.4$  mm.

### 3. 2. 1 対歯にかかる横分力の合成

ひき曲がりとは、右側と左側の歯との横分力 $F_T$ の不平衡により起きると思われるので、対のモデル歯にかかる合成した横分力、 $F_{T1}-F_{T2}$ を検討した。 $F_{T1}-F_{T2}$ は、のこぎりびきの切り始めの過程におけるひき曲がりへの影響があると思われる。

Fig. 5-13は、 $c_{s1}=c_{s2}=5^\circ$  のときの $t_1-t_2$ と $F_{T1}-F_{T2}$ との関係を示す。同図の結果は、2グループに分けることができる。

$w$ が1.0mmより大きい場合では、その関係は原点を通る直線により回帰される。このことは、切りくずが発生しない場合では、対歯にかかる横分力は、小さい切り込み深さ側から大きい切り込み深さ側に、その切り込み深さの違いに比例して、向かうことを意味する。

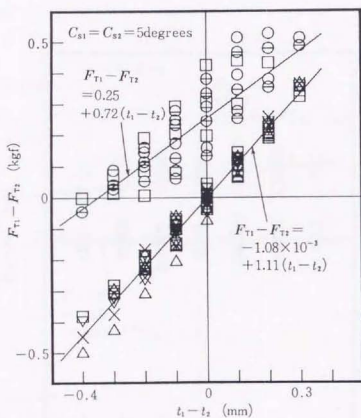


Fig. 5-13. Lateral force differences of a pair of model teeth vs. differences of the depths of cuts between the first and the second cutting.

Legend:  $\bigcirc$ :  $w=0.3\text{mm}$ ,  $\ominus$ :  $w=0.5\text{mm}$ ,  $\square$ :  $w=0.7\text{mm}$ ,  $\boxminus$ :  $w=1.0\text{mm}$ ,  
 $\triangle$ :  $w=1.2\text{mm}$ ,  $\nabla$ :  $w=1.5\text{mm}$ ,  $\times$ :  $w=2.0\text{mm}$ .

一方、 $w$ が0.7mmより小さい範囲では、 $F_{T1}-F_{T2}$ は、ほとんど正となり前記した原点を通る直線より大きい値を示す線に回帰される。このグループでは、切りくずの生成がほとんどすべての場合に見られる。2回目切削の横分力 $F_{T2}$ がほとんど0であるので、 $F_{T1}-F_{T2}$ の値は最初の切削の横分力 $F_{T1}$ を反映する。モデル歯を用いたこの実験は、まっすぐにのこぎりびきするのが困難である。実際の手びき横びきのこによるのこぎりの切り始めの過程を模すと思われる。

Fig. 5-14は、 $t_1$ と $t_2$ が0.3mmの場合の、 $c_{s1}-c_{s2}$ と $F_{T1}-F_{T2}$ との関係を示す。同図では、またも、切りくずが発生しない場合と発生する場合とのそれぞれ対応する、 $w \geq 1.0$ mmのグループともう一方の $w \leq 0.7$ mmのグループとに、2つの回帰線が引ける。あさりの逃げ角の違いは、両回帰線とも、横分力にはほとんど影響しないと思われる。

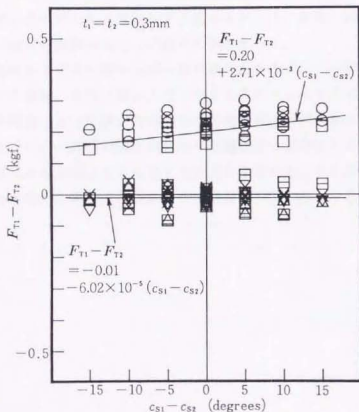


Fig. 5-14. Lateral force differences of a pair of model teeth vs. differences of the side clearance angles of sets between the first and the second cutting.

Legend: ○:  $w=0.3$ mm, ⊖:  $w=0.5$ mm, □:  $w=0.7$ mm, ▣:  $w=1.0$ mm, △:  $w=1.2$ mm, ▽:  $w=1.5$ mm, ×:  $w=2.0$ mm.



#### 4. 結 論

横びき手びきのこぎりの対称形状である2枚の単一モデル歯でアガチスを切削し、切削抵抗と切りくず発生の有無とを検討すると、次の結論が得られた。

- (1) 一方のモデル歯で平面の被削材を切削した1回目切削では、切りくずは発生せず、横分力は、下刃から歯裏に向かって生じた。このとき、各分力とも切り込み深さの増大に伴って増加した。
- (2) 1回目切削の後にもう一方のモデル歯を用いあさり幅を設けて行った2回目切削では、あさり幅が大きいとき切りくずは発生せず、得られた結果は、1回目切削とほとんど同様であった。
- (3) 2回目切削であさり幅が小さいときには、切りくずは発生し、のこぎりびきでの切削状態が得られた。このとき、主分力と垂直分力は切り込み深さの増大に伴って増加したが、横分力はほとんど変化せず大変小さかった。また、あさりの逃げ角の変化が切削抵抗に及ぼす影響はほとんど認められなかった。
- (4) 1回目切削と2回目切削から得られた横分力を合成し、一対の歯にかかる横分力として解析した結果、あさり幅が大きく切りくずが生じないときには、切り込み深さの左右での不均衡によって横分力の発生と方向が定まるが、あさり幅が小さく切りくずが生じるときには1回目切削に用いられた歯によって発生した横分力がほとんどそのまま一対歯にかかる横分力となることが見い出された。この最後の事実は、手びきのこぎりのひき初めにおけるひき曲がりの機構の一つになりうると思われた。

## 第6章 単一モデル歯にかかるパラフィンの切削抵抗とその理論的予測

### 1. 緒 言

切削の理論的解析は、被削材の性質が単純である金属、プラスチックにおいては行いがすが、被削材が木材の場合では、繊維を有すること、異方性、粘弾性、不均一などの問題があり、行いにくいといえる。被削材が繊維強化プラスチック (FRP; Fiber Reinforced Plastic) の場合では、1方向繊維強化のGFRP (Glass Fiber Reinforced Plastic) の2次元切削に関するもの<sup>\*)</sup>が見られる。しかし、両刃のこぎりの横びき歯の形状は特殊であり、その切削は3次元切削になるなど、木材を横びき歯で切削する場合の理論的解明は、大変複雑になるとと思われる。

そこで、本研究では、被削材はパラフィンとした。パラフィンの切りくず生成機構は、木材の場合とは異なることが容易に予想されるが、今回は、横びき歯による切削機構の理論的解析を手がける第1歩として、あえて解析しやすいよう簡略化を行った。横びき歯のすくい面は3角形であり砥粒形状に似ている。横びき歯のすくい面を砥粒に見立てると、金属を被削材とした砥粒切削に関する既往の研究手法が適用できると思われる。

なお、アガチスを切削した前章では、1回目切削を行ったあとの2回目切削での切り込み深さとあさり幅の関係で、切りくず(のこくず)が生じるときと生じないときがあり、切りくずが生じる、生じないが切削抵抗の横分力に大きく影響した。しかし、これらも、後の研究への課題として、今回は、平面の被削材を単一歯で切削したときのみにして解析することにした。

以上の考えから、単一のモデル歯を製作し、切り込み深さ、下刃傾斜角及び歯裏逃げ角と切削抵抗との関係を求めた上で、解析を行い、切削抵抗の理論的予測を行った。

### 2. 実 験

#### 2.1 モデル歯

モデル歯は、材質にアルミニウムを用い、ある市販両刃のこぎりの横びき歯の約10倍の大きさに製作した。Fig. 6-1に、正投影法の第3角法で表したモデル歯の歯先を示す。同図より、横びき歯による切削では、切削方向に対して傾斜角を有する下刃 (rake face) がすくい面となり、主切れ刃 (major cutting edge) と副切れ刃 (minor cutting edge) が同時に切削する3次元切削になるといえる。なお、両切れ刃のなす角度  $\phi_{12}$  は、図中の

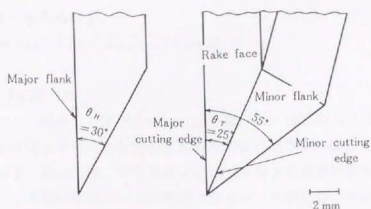


Fig. 6-1. The point of the model tooth.

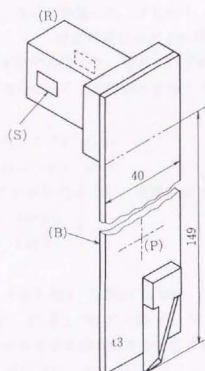


Fig. 6-2. Schematic diagram of the model tooth on a brass plate (B) fixed on a square rod (R) with strain gauges (S).

Note : (P) : Installation position of the detection head of the eddy-current instrument for measuring displacement.

記号を用いて次式で与えられる。

$$\theta_{12} = \tan^{-1} \sqrt{\tan^2 \theta_{11} + \tan^2 \theta_{17}} = 36.6^\circ \quad (1)$$

## 2.2 被削材及び切削方法

被削材には、「1. 緒言」に述べた理由により融点58~60℃のパラフィンを使用した。モデル歯で、平面に仕上げられた被削材の表面を所定の切り込み深さ $t$ で切削した。なお、実際のこぎりびきにおいては、のこ身を中心に対になった歯が材面を切削するという作用が繰り返され、ひき溝の断面の形状が複雑になるが、本研究は、平面の被削材に歯先が食いつくときに限定した現象の解析を行う。

切削は、横フライス盤の主軸部にモデル歯を取り付けた逆L字型の治具 (Fig. 6-2 参照) を固定し、被削材を送りテーブルで送って行った。下刃の傾斜角は送りテーブルの送り方向を変えることによって制御した。切り込み深さ $t$ は、送りテーブルの高さを変えることによって制御した。切削抵抗の水平分力 $F$ は、歯裏 (major flank) に平行な分力 $F_{11}$ と垂直な分力 $F_{17}$ とに分けて測定した。すなわち、 $F_{11}$ はFig. 6-2に示したロットに張り付けた歪ゲージで、 $F_{17}$ は曲げ剛性の大きい黄銅板の変位から求めた。黄銅板の変位は渦電流型非接触変位計で測定した。なお、いずれもあらかじめ作成しておいた較正曲線から算出した。2つの分力から切削抵抗の主分力 $F_{11}$ 、横分力 $F_{17}$ は次式で求めることができる。

$$\begin{aligned} F_{11} &= F_{11}' \cos c + F_{17}' \sin c \\ F_{17} &= F_{17}' \cos c - F_{11}' \sin c \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、 $c$ は、Fig. 6-3に示したように、歯裏の逃げ角である。なお、同図の $\theta$ は、

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{\tan \theta_{11}}{\tan \theta_{17}} \right) = 51.1^\circ$$

で求まる。

被削材への切り込み深さ $t$ は0.5mm, 1.0mm, 1.5mm, 2.0mmの4通りとした。Fig. 6-3に示す下刃傾斜角 $i$ は23.9°, 27.9°, 30.9°, 33.9°, 36.9°, 37.9°, 38.9°の7通りとして切削した。切削方向に対するモデル歯の向きを変化させることになるため、歯裏逃げ角 $c$ は、下刃傾斜角 $i$ の順に15°, 11°, 8°, 5°, 2°, 1°, 0°となる。なお、切削速度は35mm/sとした。

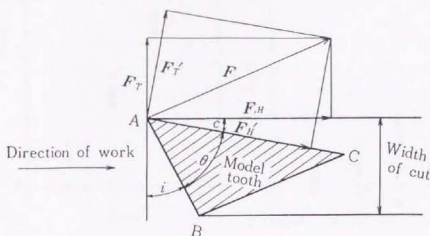


Fig. 6-3. Sectional view of the model tooth at the work's surface.

### 3. 結果と考察

#### 3.1 切り込み深さ, 下刃傾斜角と主分力, 横分力

Fig. 6-4 は, 下刃傾斜角  $i$  をパラメータとして, 切り込み深さ  $t$  と切削抵抗の主分力  $F_H$ , 横分力  $F_T$  との関係を示す。被削材がパラフィンなので, 主分力  $F_H$ , 横分力  $F_T$  ともに原点を通るはずであり,  $i = 38.9^\circ$  の横分力  $F_T$  を除いて, 切り込み深さが増すにつれ指数関数的に増加している。また, 主分力, 横分力ともにその増加の割合は下刃傾斜角  $i$  によって異なっている。しかし,  $i = 38.9^\circ$  での横分力  $F_T$  は負であり, 切り込み深さが大きくなるほど絶対値が大きくなっている。この現象は下刃傾斜角  $i$  によるものでなく, 歯裏の逃げ角  $c$  が  $0^\circ$  であるために歯裏が被削材から力を受けることによって生じると, 容易に想像できる。実際に,  $i = 38.9^\circ$  以外では  $F_T'$  は切削開始直後に一定の安定した値を示したが,  $i = 38.9^\circ$  では  $F_T'$  は不安定な値を示したので, その平均値を採用した。そこで, 切り込み深さ  $t$  をパラメータとして, 下刃傾斜角  $i$  と主分力  $F_H$ , 横分力  $F_T$  との

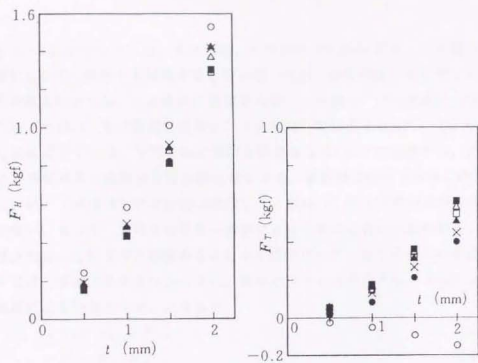


Fig. 6-4. Cutting resistance versus depth of cut in the two principal directions.  
 Legend :  $\times$  :  $i = 23.9^\circ$ ,  $\blacktriangle$  :  $i = 27.9^\circ$ ,  $\triangle$  :  $i = 30.9^\circ$ ,  $\blacksquare$  :  $i = 33.9^\circ$ ,  $\square$  :  $i = 36.9^\circ$ ,  
 $\bullet$  :  $i = 37.9^\circ$ ,  $\circ$  :  $i = 38.9^\circ$ .

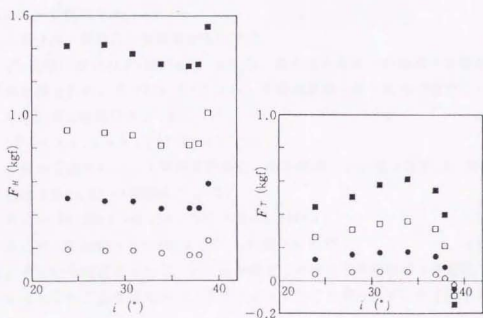


Fig. 6-5. Cutting resistance versus inclination angle of rake face in the two principal directions.  
 Legend :  $\circ$  :  $t = 0.5$  mm,  $\bullet$  :  $t = 1.0$  mm,  $\square$  :  $t = 1.5$  mm,  $\blacksquare$  :  $t = 2.0$  mm.



関係をFig. 6-5にプロットした。主分力は、いずれの  $t$  においても、 $i = 38.9^\circ$  を除けば、 $i$  の増大とともに減少する傾向を示している。一方、横分力はいずれの  $t$  においても、下刃傾斜角の増大にともなって直線的に増加するが、 $i = 36.9^\circ$  では直線からはずれ、 $c = 0^\circ$  になる  $i = 38.9^\circ$  まで急激に減少し、 $i = 38.9^\circ$  では負になっている。いま被削材が理想的な流体だとすれば、下刃の面に垂直な抵抗成分は  $\cos i$  に比例する。従って、実験範囲での下刃傾斜角では横分力は単調に減少する。被削材は流体ではないので  $\cos i$  には比例しないが、 $i$  が  $38.9^\circ$  で主分力が増加し、 $i$  が  $36.9^\circ$  以上で横分力が減少する理由は見いだせない。従って、これらの現象は歯裏によって生じたものと思われる。従って、主分力、横分力はともに下刃と歯裏の2成分から成り立っていると考えるのが妥当である。そこで以下では、下刃による主分力を  $F_{ni}$ 、歯裏による主分力を  $F_{nc}$ 、下刃による横分力を  $F_{\tau i}$ 、歯裏による横分力を  $F_{\tau c}$  とすると

$$F_n = F_{ni} + F_{nc} \quad (3)$$

$$F_\tau = F_{\tau i} + F_{\tau c} \quad (4)$$

の関係が成り立つと仮定する。

### 3.2 下刃による切削抵抗

前節で切削抵抗には歯裏による成分が含まれていることが推定されたが、次にそれらの成分 ( $F_{nc}$ ,  $F_{\tau c}$ ) の影響のない領域、すなわち主分力では歯裏の逃げ角が  $1^\circ$  以上、横分力では歯裏の逃げ角が  $5^\circ$  以上で、主分力、横分力が単調にそれぞれ増、減する場合の切削抵抗について検討する。

#### 3.2.1 主分力、横分力の実験値からの予測

主分力  $F_n$  並びに横分力  $F_\tau$  はFig. 6-4 から、切り込み深さ  $t$  のほぼべき乗式で表せるような結果が得られた。またFig. 6-5 から、下刃傾斜角  $i$  の一次式で表せそうである。そこで下刃による切削抵抗を  $F_i$  とし、

$$F_i = (a_1 t + a_2 t^2) (b_0 + b_1 i)$$

において、最小二乗法によって係数を決めた。その結果、 $F_{ni}$  は  $i \leq 37.9^\circ$  の実験値  $F_n$  から、 $F_{\tau i}$  は  $i \leq 33.9^\circ$  の実験値  $F_\tau$  から、

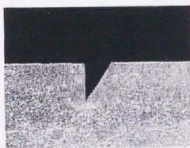
$$F_{ni} = (0.200 t + 0.150 t^2) (1.676 - 0.0102 i) \quad (5)$$

$$F_{\tau i} = (0.0867 t + 0.207 t^2) (-0.0139 + 0.0189 i) \quad (6)$$

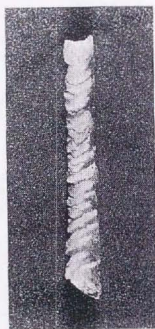
と表せた。すなわち両式によって、切り込み深さ  $t$  並びに下刃傾斜角  $i$  を変化させた場合の、下刃によって生じる主分力  $F_{ni}$ 、下刃によって生じる横分力  $F_{\tau i}$  を予測することができる。

#### 3.2.2 主分力、横分力の理論的算出

モデル歯で木材を切削した場合の理論的解析は、著しい複雑さや困難さが予想されるが、本研究では被削材をパラフィンとしているので、理論的解析には、3次元切削に関する既



Cutting groove



Chip

Fig. 6-6. Cutting groove and a chip of paraffin in the shear type.

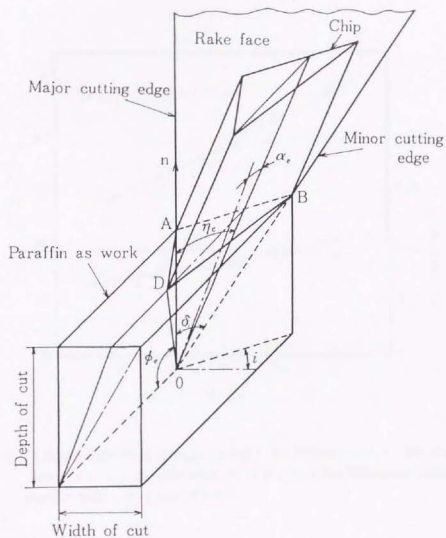


Fig. 6-7. Schematic diagram of a chip formation from paraffin by the rake face.  
 Note :  $n$  : normal direction to the surface of the work.

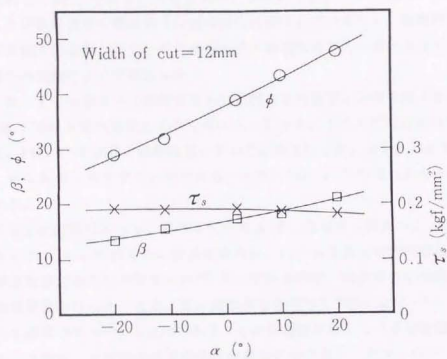


Fig. 6-8. Linear relationships of shearing angle  $\phi$ , friction angle  $\beta$ , and shearing stress  $\tau_s$  versus rake angle  $\alpha$  obtained by the orthogonal cutting of paraffin with a thickness of 1 mm.

往の研究手法が適用できる。白井らは、被削材を剛塑性体と仮定した上で、2つの切れ刃が同時に切削を行う基本的な3次元切削を、有効すくい角 $\alpha_e$ 、有効せん断角 $\phi_e$ が同一で切削厚さのみが位置によって異なる2次元切削状態が積み重なったものとして扱い、2次元切削における実験データが既知であればエネルギー解法を利用して、任意の刃形、切削条件における切りくず生成状態、切削抵抗3分力が計算のみで求められることを示した<sup>84)</sup>。さらに、白井らは、単一すくい面をもつ砥粒の切削模型を想定し、実際に近い塑性流れの状態と切削抵抗を予測<sup>85)</sup>できることも示した。本研究では、モデル歯の下刃の形状が白井らの想定した切削模型での砥粒すくい面の形状に類似していること、被削材面がその切削模型と同じ平面であることから、モデル歯の下刃を砥粒のすくい面に見立て、下刃の切削抵抗を白井らの理論によって算出した。

白井らは、単一すくい面をもつ砥粒について数種の切削模型と計算方法を示しているが、Fig. 6-6に示す切削みぞの形状と切りくずの形状とから、切りくずは完全なものが生じると判断して、Fig. 6-7に示す切削模型において計算を行った。なお、Fig. 6-6に示す切りくずは、せん断型とみなすことができる。また、Fig. 6-7の切れ刃角 $\delta$ は、モデル歯の $\theta_{12}$ である。

まず、2次元切削実験によって、有効すくい角 $\alpha_e$ と、有効せん断角 $\phi_e$ 、摩擦角 $\beta$ 、せん断面せん断応力 $\tau_s$ とのそれぞれの関係を求めた。白井は2次元切削実験は切れ刃各部の平均切削厚さ程度で行うのが望ましい<sup>86)</sup>としているので、本研究では切削厚さが1mmでの2次元切削実験を行った。なお、その際に生じた切りくずはFig. 6-6に示す切りくずと同様にせん断型であった。Fig. 6-8は、2次元切削実験における切削幅、工具すくい角 $\alpha$ 、切りくず厚さ、切削抵抗の主分力と垂直分力の各値から算出した<sup>87)</sup>工具すくい角 $\alpha_e$ と、せん断角 $\phi$ 、摩擦角 $\beta$ 、せん断面せん断応力 $\tau_s$ との関係を示す。また、同図の2次元切削データは、最小2乗法によって次式に表される。

$$\begin{aligned}\phi &= 38 + 0.48\alpha + 9.45 \times 10^{-4}\alpha^2 \\ \beta &= 17 + 0.18\alpha + 1.12 \times 10^{-3}\alpha^2 \\ \tau_s &= 0.19 - 2.19 \times 10^{-4}\alpha - 9.72 \times 10^{-6}\alpha^2\end{aligned}\quad (7)$$

次に、エネルギー解法によって、全切削エネルギー $U$ の値を極小にする切りくず流出角 $\eta_c$ の値を定める。計算の結果、下刃傾斜角 $i$ が23.9°, 27.9°, 30.9°, 33.9°, 36.9°, 37.9°, 38.9°の場合、切りくず流出角 $\eta_c$ はそれぞれ21.5°, 24.0°, 26.0°, 28.0°, 30.0°, 30.5°, 31.0°であった。 $\eta_c$ は、実験においても、変動はするがほぼ同程度であることが撮影された写真により確認されるので、白井らの理論の適用が妥当とわかる。

切りくず流出角 $\eta_c$ が定まると有効すくい角 $\alpha_e$ が決まり、下刃にかかる切削抵抗の主分力 $F_{un}$ は、

$$F_{un} = \frac{\tau_s \cos \alpha_e}{\cos(\phi_e - \alpha_e)} \left\{ (A_1 + A_2) + \frac{b t \sin \beta}{2 \cos(\phi_e + \beta - \alpha_e) \cos i \cos \alpha_n} \right\} \quad (8)$$

となる。

ここに、 $\alpha_n$ は、垂直すくい角であり、本研究の切削条件では $0^\circ$ である。 $A_1$ 、 $A_2$ は、Fig. 7におけるそれぞれ、せん断面 $\triangle OAD$ の面積、せん断面 $\triangle OBD$ の面積である。 $b$ は、切削幅 (width of cut) であり、 $AB$ と $i$ によって次式で与えられる。

$$b = AB \cos i \quad (9)$$

切削抵抗の横分力の計算値を $F_{UT}$ とすると、 $F_{UT}$ は、

$$F_{UT} = (F_{UN} - f \sin \alpha_n) \tan i - f \sin \eta_c \cos i + f \cos \eta_c \sin \alpha_n \sin i \quad (10)$$

で求まる。

ただし、 $f$ は、すくい面の摩擦係数であり、次式で与えられる。

$$f = \frac{b t \tau_n \sin \beta \cos \alpha_n}{2 \sin \phi_c \cos (\phi_c + \beta - \alpha_n) \cos i \cos \alpha_n} \quad (11)$$

Fig. 6-9、6-10は、式(8)、(10)による計算結果を示す。また、Fig. 6-10には、Fig. 6-4、6-5に表した実験値の主分力 $F_N$ 、横分力 $F_T$ をプロットした。Fig. 6-10の計算結果では、主分力 $F_{UN}$ 、横分力 $F_{UT}$ はともに全実験範囲内で下刃傾斜角 $i$ の変化に従って直線的に変化しており、歯先にかかる切削抵抗が下刃による切削抵抗だけでは説明できないことが確認される。Fig. 6-9、6-10より、主分力 $F_{UN}$ は $23.9^\circ \leq i \leq 37.9^\circ$ の範囲において、横分力 $F_{UT}$ は $23.9^\circ \leq i \leq 33.9^\circ$ の範囲において、実験値の傾向をほぼ再現していることがわかる。切れ刃各部の平均切削厚さが2次元切削データを得た切削厚さ1mmになる切り込み深さ $t = 2\text{mm}$ において、主分力 $F_N$ は計算値 $F_{UN}$ の約0.9倍であり、横分力 $F_T$ は計算値 $F_{UT}$ の約0.7倍である。主分力はよい一致を示し、横分力は相違が目立つが、この計算値と実験値との関係から、歯裏による切削抵抗の影響のない領域における主分力 $F_N$ 、横分力 $F_T$ を算出できることになる。



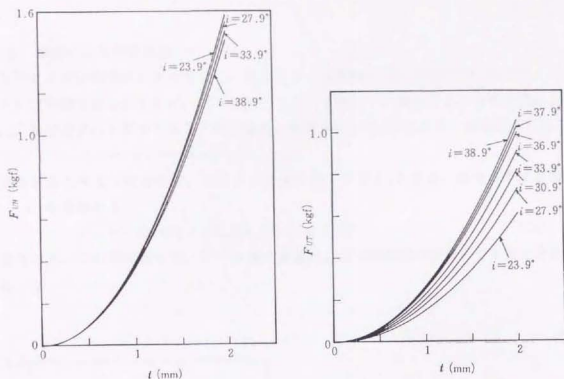


Fig. 6-9. Relationships between depths of cuts and the calculated values of cutting resistance in the two directions.

Note:  $F_{vH}$  at  $i = 37.9^\circ, 36.9^\circ, 30.9^\circ$  is omitted.

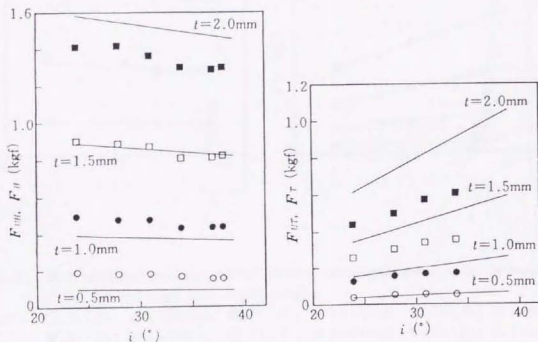


Fig. 6-10. Linear relationships between inclination angles of rake face and the calculated values of cutting resistances in the two directions, compared with the experimental results.

Legend: —:  $F_{vH}, F_{vT}$ ,  $\circ$ :  $F_{vH}, F_r$  at  $t = 0.5\text{mm}$ ,  $\bullet$ :  $F_{vH}, F_r$  at  $t = 1.0\text{mm}$ ,  
 $\square$ :  $F_{vH}, F_r$  at  $t = 1.5\text{mm}$ ,  $\blacksquare$ :  $F_{vH}, F_r$  at  $t = 2.0\text{mm}$ .

### 3.3 歯裏による切削抵抗

下刃による切削抵抗の主成分  $F_{ni}$ , 横成分  $F_{\tau i}$  が実験した下刃傾斜角の全域で式 (5), (6) で予測できるとすれば, 式 (3), (4) を用いて, 歯裏による切削抵抗の主成分  $F_{nc}$ , 横成分  $F_{\tau c}$  を算出することができる。結果を Fig. 6-11 に示す。同図の  $F_{\tau c}$  は,

$$F_{\tau c} = (a_1 t + a_2 t^2) (c - c_0)^2$$

で表されると考えられるので,  $c$  と  $F_{\tau c}$  の値を代入して  $c_0$  を決め, 最小二乗法を用いて  $a_1$ ,  $a_2$  を求めると,

$$F_{\tau c} = -(0.011 t + 0.014 t^2) (c - 2.3)^2 \quad (12)$$

と表される。この式によって, モデル歯の歯裏による切削抵抗の横成分を予測できるようになった。

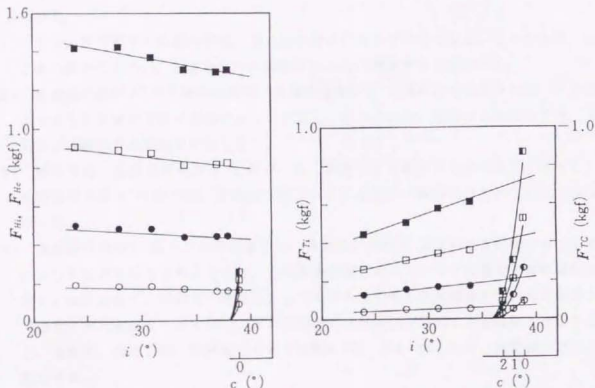


Fig. 6-11. Both calculated and experimental values of cutting resistances versus inclination angle of rake face and major flank clearance angle.

Legend :  $\bigcirc$ :  $F_{ni}$ ,  $F_{\tau i}$  at  $t=0.5\text{mm}$ ,  $\bullet$ :  $F_{ni}$ ,  $F_{\tau i}$  at  $t=1.0\text{mm}$ ,  $\square$ :  $F_{ni}$ ,  $F_{\tau i}$  at  $t=1.5\text{mm}$ ,  
 $\blacksquare$ :  $F_{ni}$ ,  $F_{\tau i}$  at  $t=2.0\text{mm}$ ,  $\bigcirc$ :  $F_{nc}$ ,  $F_{\tau c}$  at  $t=0.5\text{mm}$ ,  $\bullet$ :  $F_{nc}$ ,  $F_{\tau c}$  at  $t=1.0\text{mm}$ ,  
 $\square$ :  $F_{nc}$ ,  $F_{\tau c}$  at  $t=1.5\text{mm}$ ,  $\blacksquare$ :  $F_{nc}$ ,  $F_{\tau c}$  at  $t=2.0\text{mm}$ .

以上の結果を総合し、式(6)、(12)を式(4)に代入し歯裏逃げ角  $c$  を下刃傾斜角  $i$  で表すと

$$F_T = (0.0867 t + 0.207 t^2) (-0.0139 + 0.0189 i) - (0.011 t + 0.014 t^2) (36.6 - i)^2 \quad (13)$$

となり、Fig. 6-5 の  $36.9^\circ \leq i \leq 38.9^\circ$  における横分力  $F_T$  を求める回帰式が得られたことになる。

#### 4. 結 論

両刃のこぎりの単一のモデル横びき歯でパラフィンを切削し、切り込み深さ、下刃傾斜角、及び歯裏逃げ角と切削抵抗の主分力、横分力との関係を求めた。そして、モデル歯の下刃を砥粒すくい面に見立て、切削機構を解析し切削抵抗の理論的予測を試みた。結果は以下に示す。

- (1) 主分力及び横分力の絶対値は、切り込み深さに応じて大きくなる。このことは、のこ歯の高さの大小が、ひき曲がりに影響することに関係すると思われる。
- (2) 歯裏逃げ角が  $0^\circ$  のときの主分力、歯裏逃げ角が  $5'$  未満のときの横分力は、下刃によって生じるだけでなく歯裏によっても生じ、相加される。歯裏による横分力は、下刃による横分力の逆向きに生じる。
- (3) 横分力は、歯裏逃げ角が  $0^\circ$  に近づくとき、歯裏による寄与が大きくなる。従って、歯裏逃げ角が  $0^\circ$  付近では、歯裏逃げ角のわずかな変化が横分力の大きな変化につながった。
- (4) 歯裏逃げ角が  $1^\circ$  以上のときの主分力、歯裏逃げ角が  $5'$  以上のときの横分力は下刃によってのみ生じると考えられる。この実験範囲において、モデル歯の下刃を砥粒のすくい面に見立て、臼井らの理論によってモデル歯の切り込み深さの平均の切削厚さで得た2次元切削データを用い、下刃にかかる切削抵抗を算出して実験値と比較すると、主分力、横分力は、計算値のそれぞれ約0.9倍、約0.7倍となり、実験値がほぼ予測できる。

## 第7章 ま と め

手びきのこざりびきに関して行った本研究によって得られた主な成果を次に示す。

- (1) 手びきのこざりの切れ味とその耐久性は、銘柄によって大きな違いがあった。しかし、切れ味とその耐久性には相関が認められ、初期の切れ味は、寿命までの切れ味の良否と寿命の長短とを推測する手がかりとなり得る<sup>8\*)</sup>。
- (2) 手びきのこざりには、あさりの出の不均一やのこ身の左右で偏りがあるものがある。この歯の偏りが原因と思われるひき曲がり、被削材表面だけでなく深さ方向にも生じ、製作した切削実験装置により検出できる。また、のこ身の左右でのあさりの出の差とのこ身厚とからあさりの出の偏り率を定義したが、あさりの出の偏り率と、この歯の偏りが原因のひき曲がりとは、5%水準の相関が認められた<sup>7\*)</sup>。
- (3) わが国の前挽大鋸と手曲りのこざり、西洋のPanel handsaw, Backsawなどの柄を参考にして、比較的大きな材を短時間かつ楽に切削できる、柄がのこ身に対して垂直に位置する両刃のこざりを開発した<sup>9\*)</sup>。柄が垂直に位置する両刃のこざりを用いたのこざりびきは、被験者を中学生とした切削実験における、切断に要した時間、官能検査などで、普通の両刃のこざりを用いたのこざりびきより優れるという結果が得られた。この結果の原因には、垂直柄ののこざりでは、のこ身を被削材に押し当てる力を大きくしやすいことがあると思われた。
- (4) 幅が200mm程度の板材の横びきがひき曲がらず、けがき線に沿って的確にできることを目的に、押し当て式定規、はさみ式定規<sup>9\*)</sup>と名づけた2種類の横びき用定規を開発した。中学生を被験者として、開発した2種類の横びき用定規の効果を、のこざりびきのしやすさ、切削に要する時間、ひき道のけがき線からのひき曲がり、ひき肌の粗さ等において検査し、両定規の効果を検討した。
- (5) のこ身の左右に位置するように面対称の関係にある2枚の単一モデル歯で、アガチス気乾材を切削した。平面の被削材を一方のモデル歯で切削したときは、切りくずは発生せず横分力は下刃から歯裏に向かって生じた。その後にもう一方のモデル歯で、あさり幅を設けて切削したとき、あさり幅が小さい場合には、切りくずが発生し横分力は非常に小さかった。切削後のひき溝の状態は写真撮影によって明らかになった。また、一方のモデル歯のみの切削と、あさり幅を設けたもう一方のモデル歯の切削と、において生じた横分力を合成して、手びきのこざりで平面の被削材をひき始めるときのひき曲がりの機構<sup>9\*)</sup>を検討できた。
- (6) 横びき歯による切削理論を解析するため、単一のモデル歯でパラフィンを切削した。

実験では、すべての切削条件下で切りくずが生じたが、歯裏逃げ角が $0^\circ$ 付近の小さいとき、横分力は、下刃だけでなく歯裏によっても生じ、下刃による横分力とは逆向きに生じた。そのため、歯裏逃げ角が $0^\circ$ 付近では、歯裏の逃げ角のわずかな変化が横分力の大きな変化につながった。切削理論は、モデル歯の下刃を砥粒のすくい面に見立てると、歯裏逃げ角が小さくないときにおいて、臼井らの理論を適用できた。この理論の適用によって、歯先にかかる切削抵抗をほぼ推測できた<sup>8,2)</sup>。

以上から、手びきのこざりびきに関して科学的な検討を行うことによって、一端ではあるが理解を深めることができ、より容易で的確なこざりびきの実現にいくらかではあるが貢献できたと思う。

なお、今後の研究課題としては、この歯が原因でひき曲がり起きる場合で切削が進行したときの機構の解明、この歯が原因でひき曲がり起きるときのこの身の状態の解明、のこぎりをひく動作が原因のひき曲がりの解明、横びき歯のより実際に近い切削理論的解析、縦びき手びきのこざりについての検討などがあると思われる。

# 文 献

- 1) 日本工業標準調査会審議: "手引きのこぎり(JIS B 4804)", 日本規格協会, 1982, p. 1-10.
- 2) 日本工業標準調査会審議: 前掲書, p. 8-10.
- 3) 向山玉雄, 林俊郎: 日本産業技術教育学会誌, 29(3), 57-64 (1987).
- 4) 村田昭治, 橘田紘洋: 日本産業技術教育学会誌, 30(1), 23-27 (1988).
- 5) 文部省: "中学校指導書技術・家庭編", 開隆堂, 1978, p. 13.
- 6) 吉川金次: "鋸", 法政大学出版局, 1986, p. 2.
- 7) 吉川金次: 前掲書, p. 4-16.
- 8) 吉川金次: 前掲書, p. 1.
- 9) 吉川金次: 前掲書, p. 19-20.
- 10) 吉川金次: 前掲書, p. 22-26.
- 11) 吉川金次: 前掲書, p. 31-33.
- 12) Groneman, C. H.: "General woodworking", McGraw-hill book company, 1971, p. 43-44.
- 13) Reader's Digest ed.: "Complete do-it-yourself manual", The Reader's Digest Association, Inc., 1978, p. 16.
- 14) Reader's Digest ed.: "Fix-it-yourself manual", The Reader's Digest Association, Inc., 1979, p. 54.
- 15) Mitchell, G.: "Carpentry and Joinery", Cassell Ltd., 1993, p. 31.
- 16) 寺島良案, 島田勇雄, 竹島淳夫, 樋口元巳: "和漢三才図会 5", 平凡社, 1986, p. 32.
- 17) 平澤一雄: "産業文化史鋸", クオリ, 1980, p. 239-247.
- 18) 宮崎顯道, 長松正康: 手びきのこによる切削抵抗の測定方法について, 日本産業技術教育学会誌, 32(1), 11-18 (1990).
- 19) 湊賢治: 林学会雑誌, 10(4), 218 (1928).
- 20) 小林純, 林大九郎: 木材工業, 36(4), 173-175 (1981).
- 21) 上田邦夫, 長松正康: 日本産業技術教育学会誌, 31(1), 61-66 (1989).
- 22) 加藤忠太郎, 佐藤秀雄: 日本産業技術教育学会誌, 38(2), 125-129 (1996).
- 23) 渡辺鶴松: "工具の種類とその取り扱い方", 東洋館出版社, 1957, p. 81.



- 24) 橋本喜代太ほか：“木材加工”，コロナ社，1965，p. 92.
- 25) 小原二郎：“木材加工”，開隆堂，1973，p. 139.
- 26) 佐藤庄五郎：“図解木工技術第2版”，共立出版，1980，p. 63, 64.
- 27) 日本材料学会木質材料部門委員会編：“木材工学辞典”，工業出版，1982，p. 392.
- 28) 山田雅三ほか：“技術・家庭教育講座木材加工”，開隆堂，1983，p. 99.
- 29) 雇用促進事業団職業訓練研究センター編：“木工工作法”，職業訓練教材研究会，1987，p. 71.
- 30) 山下晃功ほか：“木材の性質と加工”，開隆堂，1994，p. 119.
- 31) 藤井義久，服部順昭，野口昌巳：京都大学農学部演習林報告，No. 59，292-300 (1987).
- 32) 藤井義久，野口昌巳：木材工業，45(4)，163-167(1990).
- 33) 林以一：“木を読む”，小学館，1997，p. 27-64.
- 34) 秋岡芳夫：“日本の手道具”，1986，p. 14-16.
- 35) 中村雄三：“道具と日本人”，1983，p. 153-156.
- 36) 鈴木寿雄ほか編：“技術・家庭上”，開隆堂，1989，p. 31.
- 37) 鈴木寿雄ほか編：“技術・家庭上”，開隆堂，1997，p. 39, 45.
- 38) 馬場信雄ほか：“新編新しい技術・家庭(上)”，東京書籍，1990，p. 22.
- 39) 石田晴久ほか：“新編新しい技術・家庭上”，東京書籍，1997，p. 84.
- 40) 鈴木寿雄ほか編：前掲書，1989，p. 52.
- 41) 馬場信雄ほか：前掲書，1990，p. 48.
- 42) 石田晴久ほか：前掲書，1997，p. 89.
- 43) 宇都宮重臣，間田泰弘：第30回日本産業技術教育学会全国大会講演論文集，28 (1987).
- 44) 文部省：“中学校学習指導要領”，大蔵省印刷局，1977，p. 81
- 45) 文部省：“中学校学習指導要領”，大蔵省印刷局，1989，p. 85
- 46) 河原淳夫，上田邦夫：日本産業技術教育学会誌，30(2)，163-167 (1988).
- 47) 間田泰弘，南良良治，出張宣明：日本産業技術教育学会誌，30(4)，311-317 (1988).
- 48) 上田邦夫，永松正康，岡村吉永：日本産業技術教育学会誌，30(4)，305-310 (1988).
- 49) 岡田金属株式会社：“技術・家庭科総合カタログ”，No. 128，1997，p. 23.
- 50) 雨宮礼一，青山経雄，栃木紀郎：木材学会誌，27(4)，290-295 (1981).
- 51) 雨宮礼一，青山経雄，栃木紀郎：木材学会誌，34(2)，112-119 (1988).
- 52) 雨宮礼一，青山経雄：木材学会誌，28(1)，31-38 (1982).
- 53) 湊賢治：林学会雑誌，10(2)，97 (1928).
- 54) 佐藤庄五郎：前掲書，p. 18.
- 55) 吉見 誠：“木工工具・使用法—機能・種類・仕立て・使い方—”，創元社，1983.

p. 42.

- 56) 白井英治: "切削・研削加工学 上", 共立出版, 1985, p. 112.
- 57) 文部省: "中学校指導書技術・家庭編", 開隆堂, 1989, 17.
- 58) 平澤一雄: 農学集報, 20(1), 81-108 (1975).
- 59) 林大九郎, 鈴木章太郎: 木材学会誌, 2(5), 177-178 (1956).
- 60) 宮崎擴道: 日本産業技術教育学会誌, 25(1), 101-108 (1983).
- 61) 海老原敬吉監修: "技術科工作実習図解大事典", 全国教育図書, 1962, p. 174.
- 62) 上田康太郎: "家庭工作ハンドブック", 山海堂, 1961, p. 24-25.
- 63) 秋岡芳夫ほか編: "木工と道具", 三麗社, 1981, p. 84.
- 64) 依田新監修: "新・教育心理学事典", 金子書房, 1979, p. 792.
- 65) 平田晴路, 池本洋一: 日本産業技術教育学会誌, 26(1), 1-6 (1984).
- 66) 日本工業標準調査会審議: 前掲書, p. 9.
- 67) 山田雅三ほか: 前掲書, p. 97.
- 68) 村田昭治ほか: "技・家の科学的な指導木材加工・金属加工編", 開隆堂, 1982,

p. 51.

- 69) 平澤一雄: 前掲書, p. 133-162.
- 70) 平澤一雄: 前掲書, p. 247-266.
- 71) 平澤一雄: 農学集報, 21(1), 111-119 (1977).
- 72) 吉田瑛二: "浮世絵事典中巻", 画文堂, 1990, p. 209.
- 73) 吉川金次: 前掲書, p. 109.
- 74) 鈴木寿雄ほか編: "技術・家庭上巻", 開隆堂, 1989, p. 31.
- 75) 平田晴路: 日本産業技術教育学会誌, 32(2), 127-133 (1990).
- 76) 平田晴路, 高橋尚郎: 鳥取大学教育学部研究報告, 32(2), 263-274 (1990).
- 77) 岩原信九郎: "教育と心理のための推計学", 日本文化科学社, 1983, p. 166.
- 78) Groneman, C. H.: Ibid., p. 97.
- 79) Reader's Digest ed.: "Complete do-it-yourself manual", The Reader's Digest Association, Inc., 1978, p. 17, 102.
- 80) 日本材料学会木質材料部門委員会編: 前掲書, p. 4-5.
- 81) 木材切削加工用語辞典編集委員会編: "木材切削加工用語辞典", 文永堂出版, 1993, p. 3.
- 82) 平田晴路, 岡野 健・太田正光: 木材学会誌, 39(7), 763-769 (1993).
- 83) 白井英治: "現代切削理論-コンピュータ解析と予測システム-", 共立出版, 1990, p. 358-364.
- 84) 白井英治, 益子正巳: 機械学会論文集 (第3部), 38(316), 3255-3263 (1972).
- 85) 白井英治, 井上 誠: 精密機械, 44(8), 988-994 (1978).

- 86) 臼井英治: "現代切削理論-コンピュータ解析と予測システム-", 共立出版, 1990, p.111.
- 87) Merchant, M. E. : J. App. Phys., 16(5), 267-275 (1945).
- 88) 宮崎擴道, 平田晴路: 日本産業技術教育学会誌, 27(3), 45-50 (1985).
- 89) 平田晴路, 河原淳夫: 日本産業技術教育学会誌, 35(2), 121-127 (1993).
- 90) 平田晴路: 鳥取大学教育学部研究報告 (教育), 32(2), 255-261 (1990).
- 91) Hirata, S ; Okano, T ; Ohta, M : *Mokuzai Gakkaishi*, 42(10), 944-952 (1996).

本文中で用いた特殊と思われるテクニカルターム

aimed line of sawing	のこぎりびきの目標とする線
back-reinforced handsaw	どうつきのこぎり
bias rate of set	あさりの偏り率
blade	のこ身
blade thickness	のこ身厚
double tooth saw	両刃のこぎり
exchangeable blade type	のこ身交換型
fixation	固定
incliner	傾斜器
kerf width	あさり幅
left set	左のあさりの出
length of toothed edge	刃渡り
major cutting edge	主切れ刃
major flank	歯裏
major flank clearance angle	歯裏逃げ角；側面逃げ角
marked line	けがき線
minor cutting edge	副切れ刃
minor flank	上目
prop	支柱
rake face	下刃；すくい面
right set	右のあさりの出
saw blade	のこ身
side clearance angle	歯裏逃げ角；側面逃げ角
side clearance angle of set	あさりの逃げ角
single-edged handsaw	片刃のこぎり
the farthest position to blade in handle	柄尻
the nearest position to blade in handle	柄頭
tooth root	元歯

## 発 表 履 歴

本研究に関してこれまでに発表した論文を以下に示す。

1. 教育用工具に関する研究(2)―教材用のこぎりの切れ味とその耐久性について―  
共著, 日本産業技術教育学会誌, 27(3), 45-50(1985.10)
2. 市販教育用のこぎりのあさりの偏りとひき曲がり  
単著, 日本産業技術教育学会誌, 32(2), 127-133, (1990.7)
3. 教育用のこぎりののこ身厚, あさり, ひき曲がりについて  
共著, 鳥取大学教育学部研究報告(教育), 32(2), 263-274(1990.12)
4. 手びきのこぎりの横びき用定規の試作とその効果  
単著, 鳥取大学教育学部研究報告(教育), 32(2), 255-261(1990.12)
5. 両刃のこぎりの柄の改良について  
共著, 日本産業技術教育学会誌, 35(2), 121-127(1993.6)
6. 手びきのこぎりのひき曲がりに関する研究(第1報)単一のモデル歯にかかるバラフ  
インの切削抵抗  
共著, 木材学会誌, 39(7), 763-769(1993.7)
7. Deviations of Kerf by Handsaws II. Sequential cutting by two model teeth of  
symmetrical shapes.  
In collaboration, *Mokuzaï Gakkaishi*, 42(10), 944-952(1996.10)

謝 辞

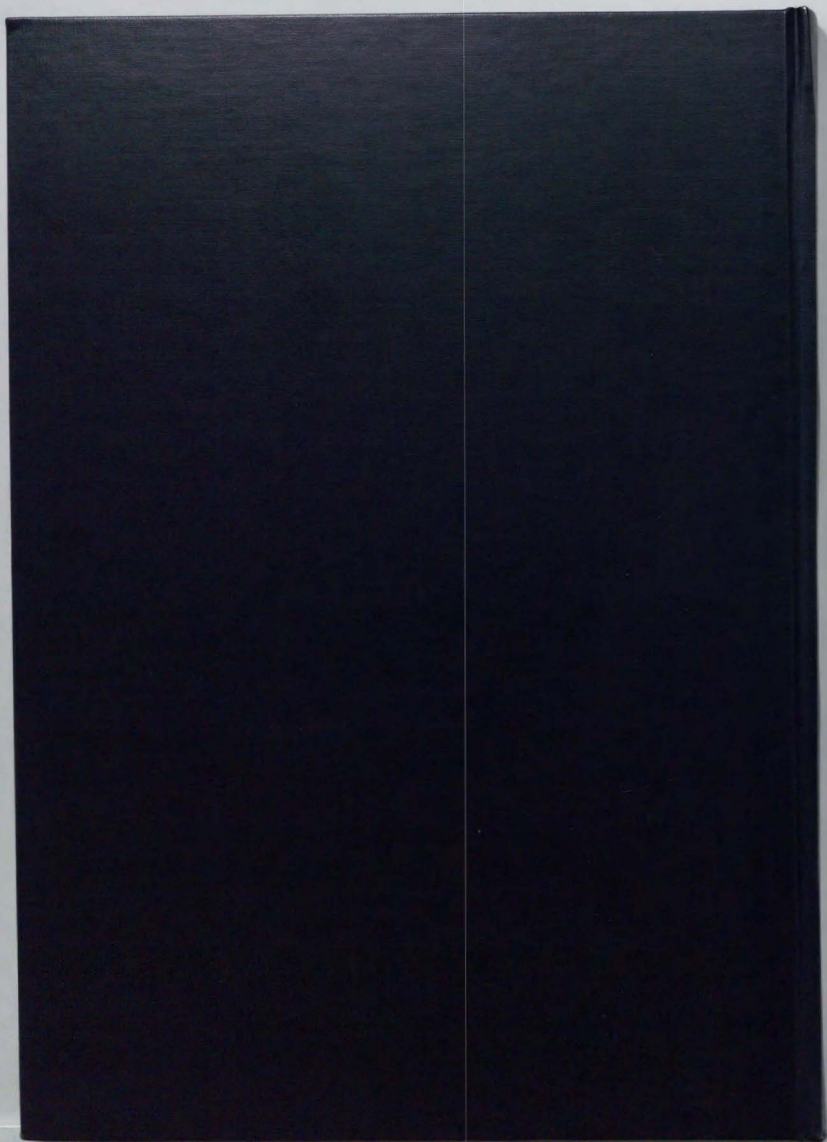
本研究を行いまとめるのに当たり、終始、懇切丁寧で暖かなご指導とご助言を下さいました東京大学岡野健教授、太田正光教授には、心より深甚なる謝意を表し御礼申し上げます。

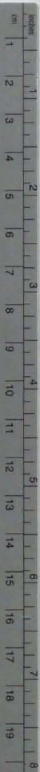
また、東京大学農学部林産学科木材物理学教室に内地研修中には、三城昭義先生、杉山淳司先生、吉原浩先生、土屋欣也先生、同林産学科のそのほかの先生方、および同林産学科木材物理学教室の学生の皆様には、大変お世話になり、ご援助いただいたことに深く御礼申し上げます。

1998年（平成10年）3月

平 田 晴 路







# Kodak Color Control Patches

© Kodak 2007 TM Kodak

Blue

Cyan

Green

Yellow

Red

Magenta

White

3/Color

Black



## Kodak Gray Scale



© Kodak 2007 TM Kodak

A

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

B

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12