

木材の平面切削に関する研究 I

— 平かな切削作業の技能について —

技術科木材加工研究室 佐藤 英雄
工学部機械製作学研究室 大島 郁也

(昭和48年10月27日受理)

1. 緒言

木材は身近な材料で、一般的に加工し易いと受けとられており、古くから生活の中に取り入れられてきた。しかし、加工し易いというのは概念として言えることで、切削の問題として本質的に追求した場合、いろいろの問題があり、その解明が容易でなく、多くの実験研究が進められてきている。これは主として木材自身が有する異方性あるいは不均一性という組織上の特性によるものである。¹⁾

木材の切削加工は工業的には機械化がめざましいが、教育の場においては、切削のしくみの理解のし易さという点から、かんなが中心的に取り扱われている。技術教育は、現代の産業技術にかかわる労働手段の知識体系とそれを駆使する労働力(技能)とを一体として教える教育であり、²⁾³⁾ いいかえると生徒が「理論」と「実践」を通して、つまり「頭脳」と「身体」を使って基礎的技術を習得するのであり、知識と共に「技能」の重要性が指摘されている。中学校指導書技術・家庭編によると、かんなの使用についてつぎのように記されている。「かんなを適切に使い、板材、角材のかんな削りができること。⁵⁾」となっている。切削加工は被削材に対する刃物の条件の適否に深い関係があるが、実践的な面からの作業の巧拙によっても、結果に大きな影響を及ぼす。特に切削作業については、従来職人まかせ的な考え方が強く、長い年月による経験の積重ねによって得られた「技能」とみなされていたので、その解明がなされていない。

切削作業について教科書では、「かんなの持ち方と、動作については左足を前にし、一樣な力で真直ぐに引く。⁶⁾」となっており、関連文献によると上記の外に「からだ全体を動かして引き、引き終りは台尻を下げぬようにし、かんなの頭部を板の末端に止めるようにする。⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾」という解説がなされている。しかし、実際的には指導者のアドバイスと相当な反復訓練によらなければ、切削作業の

技術の上達は得られない。

このような観点から、経験の積重ねにたよっていた切削作業を科学的に解明する必要が生じてくる。作業分析の方法としては種々あるが、¹¹⁾ 著者等は平かな切削作業の技能について検討を加えるために、経験の度合いに差のある者を被測定者を選び、切測力、体重移動および切削作業動作姿勢などについて、実験的に研究を行ってきた。¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾

本報は本実験のため試作した装置により切削作業の定量的な表示に役立つ可能性を見出し、その結果を切削作業動作と関連させ、経験の積重ねによって得られた技能を明らかにしようとしたものである。

2. 実験装置および実験方法

(1) 実験装置

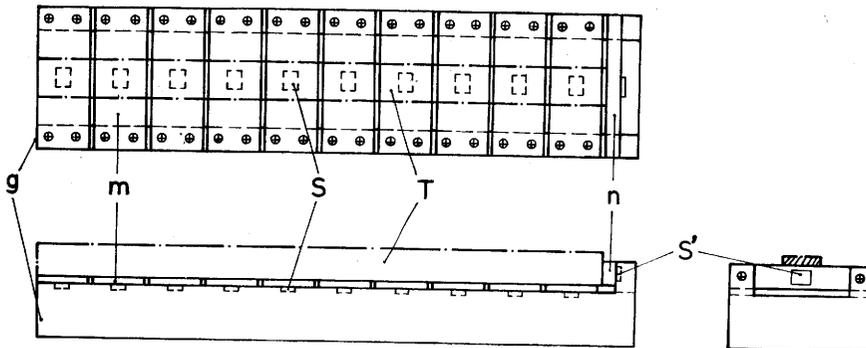
平かな切削作業における切削力を測定するための装置や方法についてはいろいろ考えられるが、本研究の目的を満足させるためには、平かなを通常の切削作業状態と同一にして測定する必要がある。Fig.1 に試作した切削力測定装置を示す。これは両端固定梁の原理を応用し、鋼板の裏面にストレインゲージをはり、表面中央部に被削材を置き、被削材を通してかんなに加わる力を測定する方法である。平かな作業は両手で押しながらいち切削するが、その切削力は押す力と引く力にわけられる。以下押す力を垂直分力、引く力を水平分力という。垂直分力は10枚の鋼板により測定した。すなわち鋼板にかかる曲げモーメントによるひずみを、鋼板の裏面に接着してあるストレインゲージの電気抵抗変化として取り出し、その変化を増幅し記録した。水平分力は上記と同様な原理で、被削材の木口を測定点として連続的に測定した。

体重移動測定は片足づつ別々に乗る踏み台を作り、上記と同様な原理で測定した。試作した測定装置の写真を

Fig.2 に示す。

ストレインゲージは2ゲージ法で接着してある。測定回路、機器については Fig. 3 に示した。なお、切削力

や荷重はあらかじめ既知の静的荷重をかけ、荷重に対するひずみ量を検定しておき、修正曲線を作り、これにより切削作業中の荷重を求めた。



n : P_H の荷重を受ける荷重板 m : P_V の荷重を受ける荷重板
S : 垂直分力用ストレインゲージ T : 被削材 g : 台座
S' : 水平分力用ストレインゲージ

Fig. 1 切削力測定装置

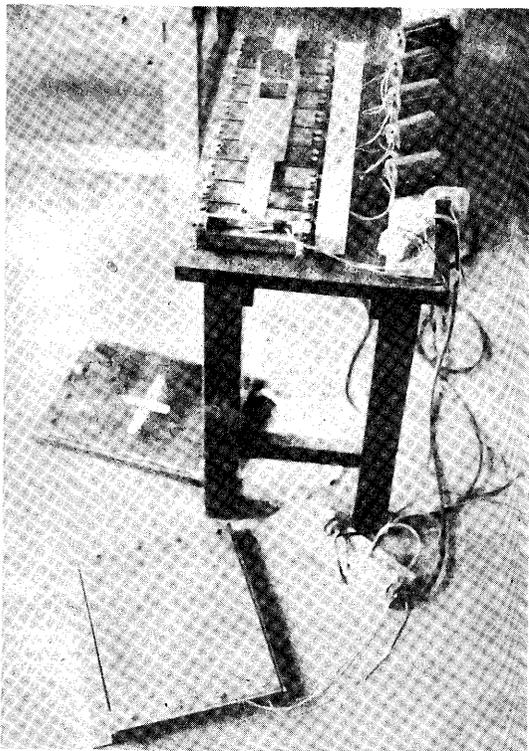


Fig. 2 切削力・体重移動測定装置写真

(2) 平かな

かなは一般に木工用として用いられている二枚刃平かな（合わせかな）で、刃幅50mm、切削角 40° のものを使用した。かな台は仕上げ用として正確に調整したものを用い、かな身は刃物角 25° に研磨し、特に刃先の鋭利さは、切削力に直接影響を及ぼすので充分に研磨し、工具顕微鏡により検定して使用した。かな刃のセット条件の詳細については Fig. 4 に示す。

(3) 被削材

木材はそれ自身が有する異方性あるいは不均一性という組織に由来する特性に支配されて、同一樹種内であっても、その被削性が著しい変化を示していることがある。¹⁶⁾ 本実験においては、被測定者として初心者を測定する必要があるため、通常一般的に使用されている木材のうちから切削加工性の良い材料として、スギ材の柾目材を選び、フリッチ（スギ材、心材）の同一部位から長さ600mm、削切幅40mm、厚さ35mmの被削材を採取した。この際、切削方向が繊維に対して平行で、切削面が柾目面となる縦切削用被削材とした。スギ材の平均年輪幅は1.9mm、気乾含水率15%、気乾比重0.32である。

(4) 被測定者

被測定者には、本研究の目的のために、経験年数に差

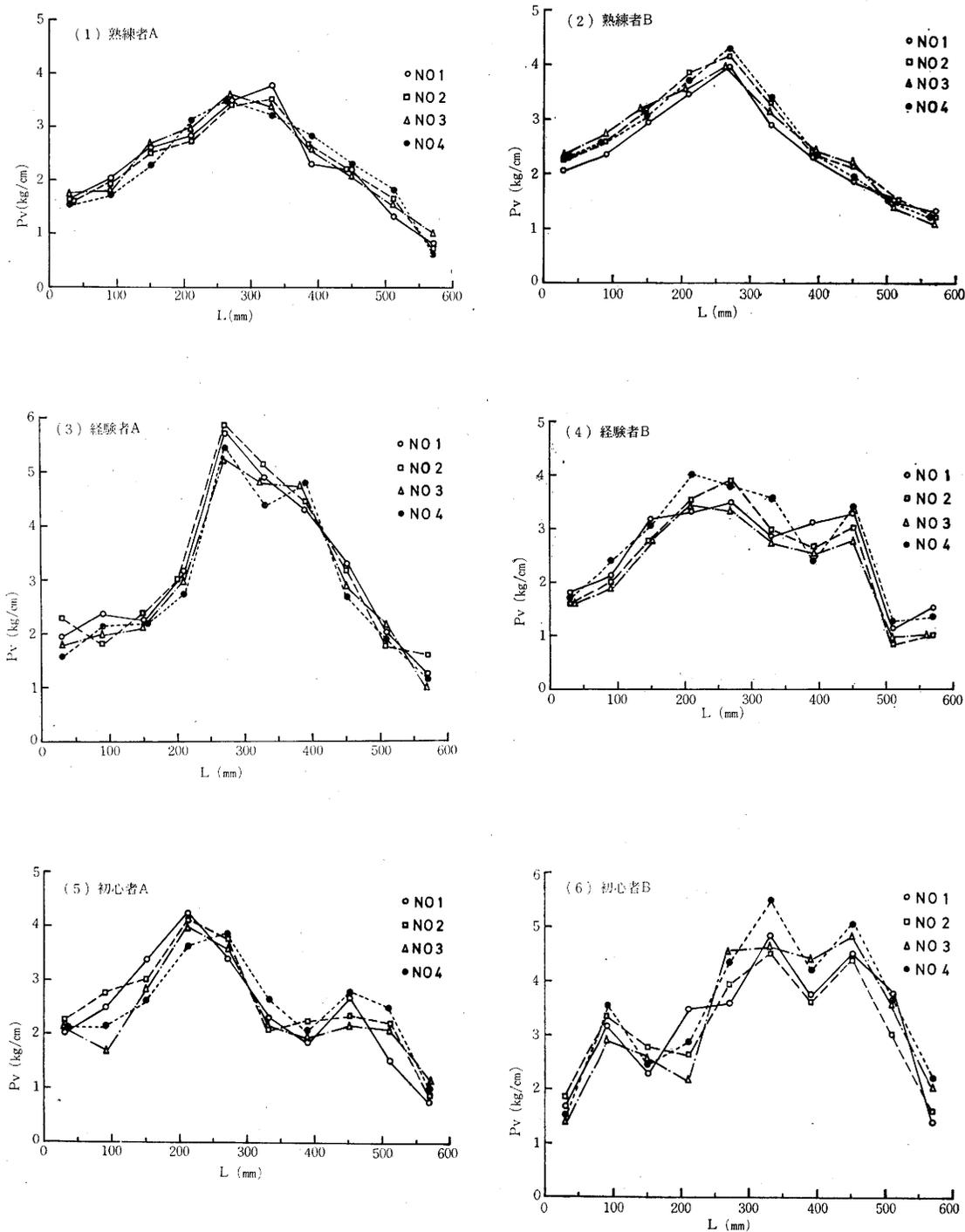


Fig. 5 長さ 600mm の被削材を切削するときの垂直分力の変化

Pv : 垂直分力 L : 測定位置 NO : 繰返しの順位

3. 実験結果および考察

A. 経験の度合による垂直分力の変化

Fig.5 は熟練者, 経験者, 初心者の平かな切削作業における垂直分力の測定結果の例である。縦軸は単位切削幅あたりの垂直分力荷重 P_v (kg/cm) で, 横軸は被削材長さ $L=600$ mm である。曲線は被測定者の切削作業の繰返しのうちから, 連続して4回を取り出したものである。

(1)(2)は熟練者の例である。両者ともに毎回ほぼ同じ力のかけ方で切削しており, 力のバラツキは少ない。(1)(2)ともに切削開始時は2 kg/cm 前後であり, 切削が進むにつれて増加し, 被削材長さの中間で最高値の3.5~4 kg/cm を示し, 切削終了に近づくに従い減少し, 切削終了時は約1 kg/cm 前後となる放物線型を示している。両者とも同傾向の曲線の繰返しを示しているところから連続して安定した切削作業をするには, 被削材の中央部で垂直分力が最高となるような力の配分が望ましいのではないかと考えられる。

(3)(4)の経験者の例では熟練者と同様に被削材の中央部で大きな値を示しているが, (3)は中央部で急に大きな力を加え, その後は熟練者と同様に減少し, 切削終了時は約1 kg/cm となる。(4)は中央部までは熟練者と同様な力の配分を示すが, 中央部を過ぎて一度力を抜いてしまい, その後更に力を加えてから減少して切削が終了している。この結果から経験者における垂直方向の力のかけ方は熟練者に比べ不安定であるということができよう。

(5)(6)は初心者の例である。どちらも各回ごとの曲線のバラツキが多く, 全く安定性のない切削作業を行なっていることを示している。初心者の場合, 平かな切削作業の経験は, ほとんどの者は中学校で技術科の木工実習で行なった程度しかないと思われるが, 測定した垂直分力の変化曲線を見ると, 一連の曲線におけるバラツキはあるが, 毎回同様な傾向を示していることは興味ある事実である。これは慣れないながらも他人の作業の見聞などにより, 各人個有の作業動作をしているのではないかとと思われる。ここに例示していないが, 女子学生の初心者の中には, この様な傾向を示さず, 各回とも異なった曲線を示す者もいた。

B. 経験の度合による水平分力と体重移動

Fig.6 は平かな切削作業における水平分力と体重移動時の各足の荷重を横軸の切削時間 t との関係で示した例である。結果は Fig. 5 と同様に繰返し連続作業から4回取り出したものである。

(1)(2)の熟練者の水平分力は毎回ほとんど同じ傾向の力の入れ方を示している。切削始めに多少の差が認められるが, 両者とも切削を進めるに従い増加して行き, 切削終了間際にほぼ最高値(約2 kg/cm)を示しており, また平均切削速度は両者とも約1 m/sec である。切削終了後荷重が残っているのは, かなな刃が被削材の末端を通過した後, 台頭が続いて通過するためのものである。体重移動も左足から右足へ大変スムーズに行なわれており, 垂直分力, 水平分力とも合わせ見てみると, 身体全体を使って大変リズムカルに流れるような作業をしていることがわかる。非常に安定した作業動作である。なお, 切削終了後右足へ体重が最高にかかるのは, 次の動作に移る(左足へ体重を移す)ための反動である。

(3)(4)は経験者の例である。切削の過程における水平分力の変化があり, 毎回の力のかけ方および切削速度のバラツキも目立つ。これは左右の手にかける力の配分のしかたに微妙な変動が生じているためではないかと思われる。つまり, かななに安定した力をかけていないためだろうと思われる。体重移動のしかたも同様に熟練者のようなスムーズさがなく, 曲線のバラツキが目立つ。(3)は左足の体重が減少しているにもかかわらず, それに伴って右足へ体重が移動していないで, 切削終了に近くなって急激に右足へ体重が移動している。これは左足から減少した体重をかなの方へ, つまり, 腕の方へ移してしまっているのではないかと思われる。

(5)(6)は初心者の例である。水平分力では1回の曲線も各回ごとを見ても非常にバラツキが大きくなっている。垂直分力ではある程度の個人的な傾向が見られたが, 水平分力ではそのような見方もできない。体重移動にもスムーズさがなく, 切削過程において左足から右足へ移動した体重を再び移し戻すというところも見られ, 不安定な動作で切削しているのがわかる。両者とも切削中における体重移動があまり行なわれてないところから考えると, 腕だけによって切削作業が行なわれていることがわかる。

C. 経験の度合による切削作業動作

Fig.7 は切削作業動作についての写真である。(1)は熟練者の切削作業の終了点をとらえた姿勢である。(2)~(9)はストロボ撮影による切削開始から切削終了までの一連の作業動作写真である。(2)(3)は熟練者を前後の二方向から撮影した写真である。熟練者は上体の移動, 腰の移動などから見て身体全体で切削作業を行なっているのが明らかにわかる。また削り終りには必要以上にかんなを移動させないでななを水平に保ち, 台頭を被削材の末端

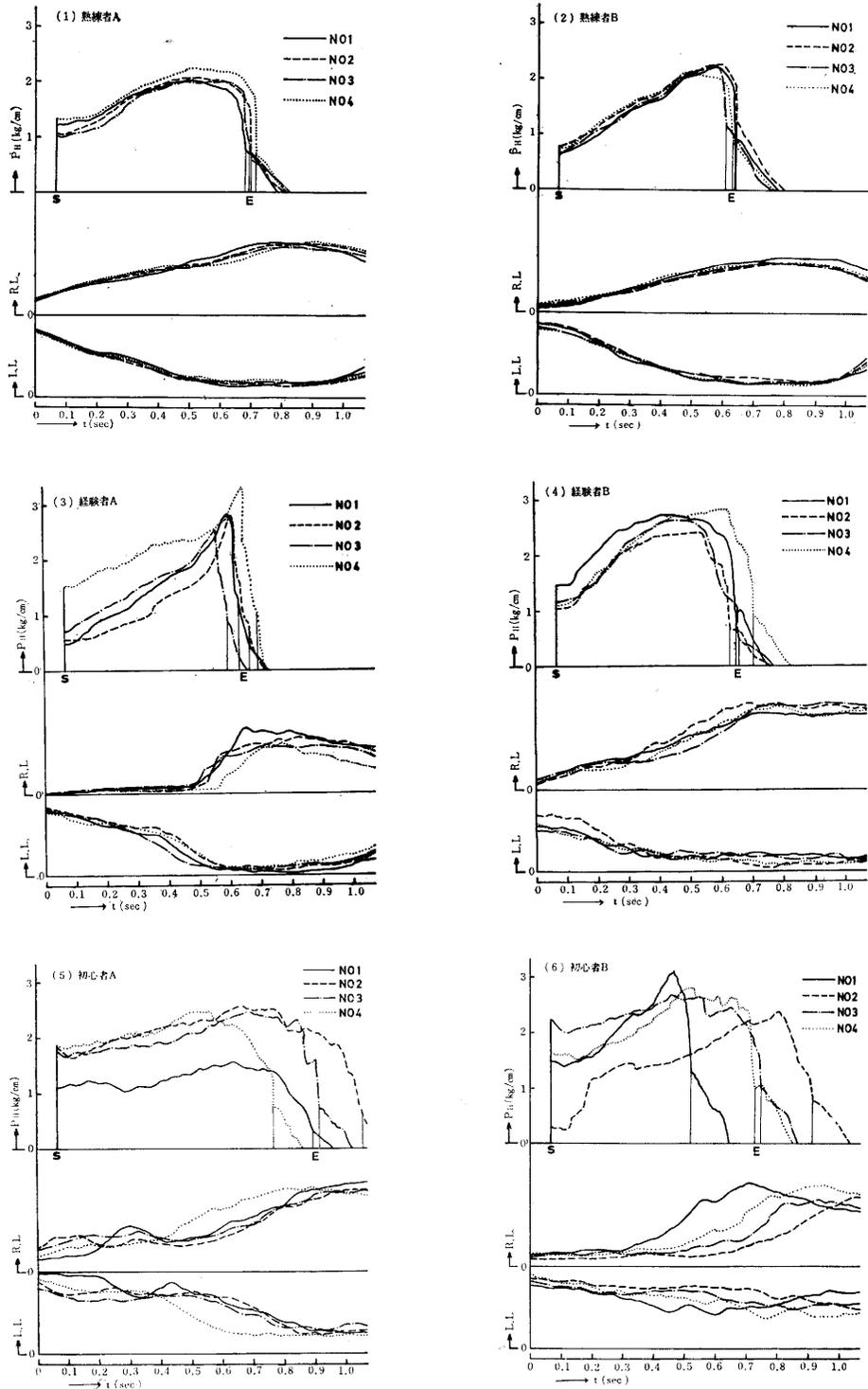


Fig. 6 水平分力と体重移動の変化

P_H : 水平分力 R.L: 右足の体重移動 L.L: 左足の体重移動
 S: 切削開始点 E: 切削終了点 t: 時間 NO: 繰返しの順位

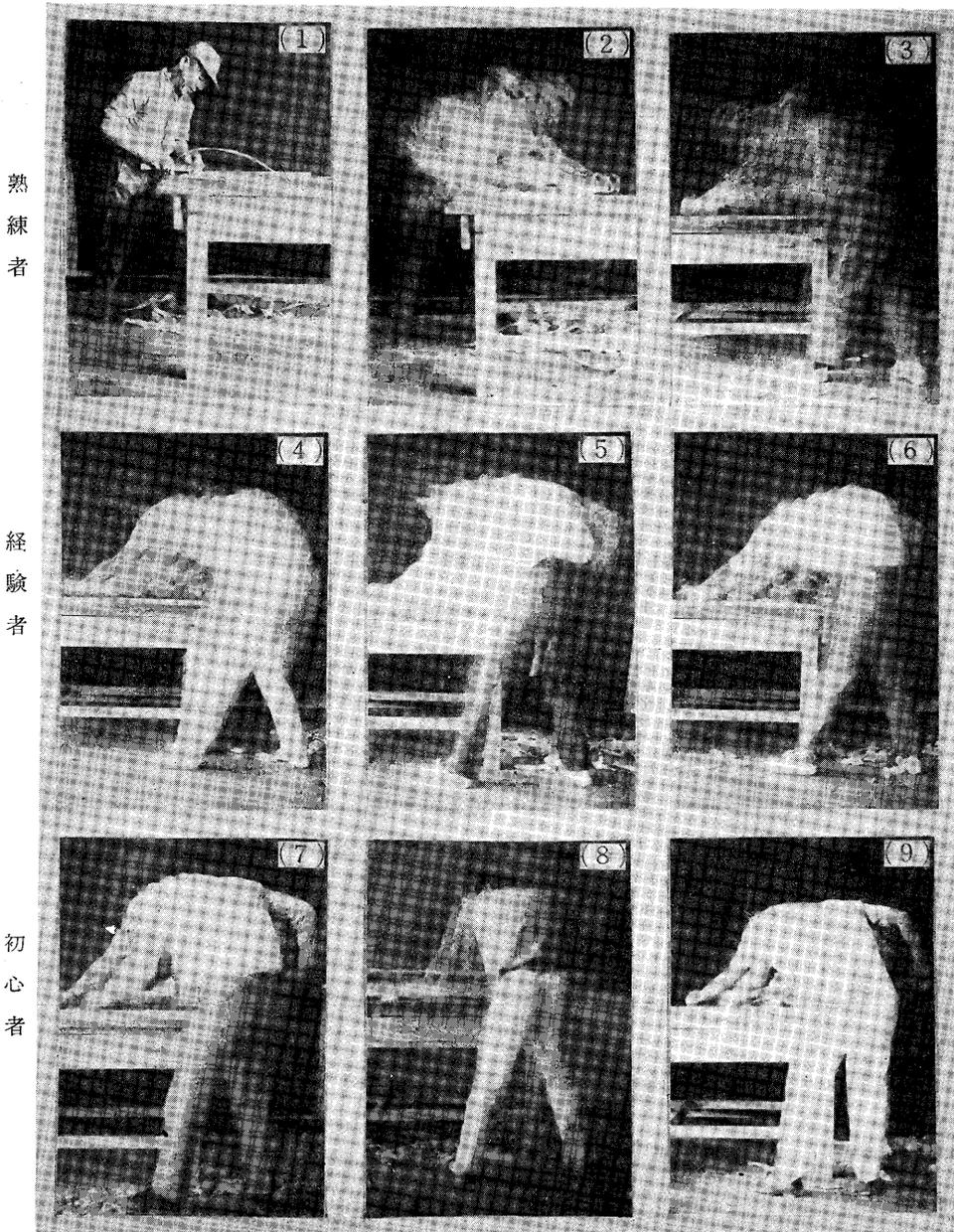


Fig. 7 切削作業動作 (ストロボ写真)

に付けた状態で終了している。(1)の写真を見るとこの状態が良くわかる。このように被削材に対しかんなが平行状態にして削り終ることは被削材の末端を削り過ぎないで、平らに切削するために重要な動作の一つとすることができよう。上体の動きは切り始からだんだん低くなり、中央部で一番低く、削り終りは最初よりやや高めになっている。これは前述した垂直分力の変化曲線で中央部が

最高値を示していることと関連性があるのではないかと考えられる。

(4)～(6)は経験者の例である。身長に対して作業台の高さがやや低いような感じに見受けられるが、すでに木材加工実習において利用しており使い慣れた台で、作業のしにくさは無いとの事であった。前にも述べたように切削終了時には被削材に対しかんなが平行状態になってい

るのが望ましい。したがって台の高さに応じた動作で切削をしなければならない。そこで、身体全体を使ってかんなを水平に引くためには腰の移動が大切になってくる。(4)(5)は削り終りに右ひざが曲った状態になっている。このような状態は身体全体を使ってかんなを被削材に対し平行に引き終るための動作として、切削作業に慣れてくると当然にできてくる姿勢と考えられる。上体の移動も、腰の移動も熟練者に似ており、かなり上達した動作と見て良いだろう。しかし、欠点としては切削終了時に右ひざが上がり気味であり、(5)は(4)に比べそれが強過ぎる。つまり、右ひざが上がるという動作は、切削終了時にかんなを被削材に対して平行に保つ事がむずかしい動作になるからである。(6)は(4)(5)に比べ切削始めの顔の向きも悪く、頭の動きを見るとわかるように急に上昇しているところから見て、身体全体でかんなを引いているように見え難い。

(7)~(9)は初心者例である。いずれも上体の移動があまりなく、腰の移動も少なく、腕だけで切削作業をしていることがわかる。Fig.6において初心者の切削中における体重移動が少なかったのはこのような動作によるものであろう。また切削終了時においては、右腰を振り上げており、かんなが被削材から離れ、傾斜した状態になっている。(9)は上体を振り回して切削しているようである。これは足の向きに原因があると思われる。右足が被削材の方向、つまり、切削方向に対して右側に90°以上開いている。このような足の開きはどうしても上体を振り回すような動作になりがちである。熟練者の右足の向きを見るとわかるように右足は切削方向に対して右側に90°以内であり、左足は切削方向に対しわずかに内側(右側)を向いている。このように見てくると、腰の移動を十分にし、身体全体を用いて切削作業をするには足の向きも重要なポイントになると思われる。

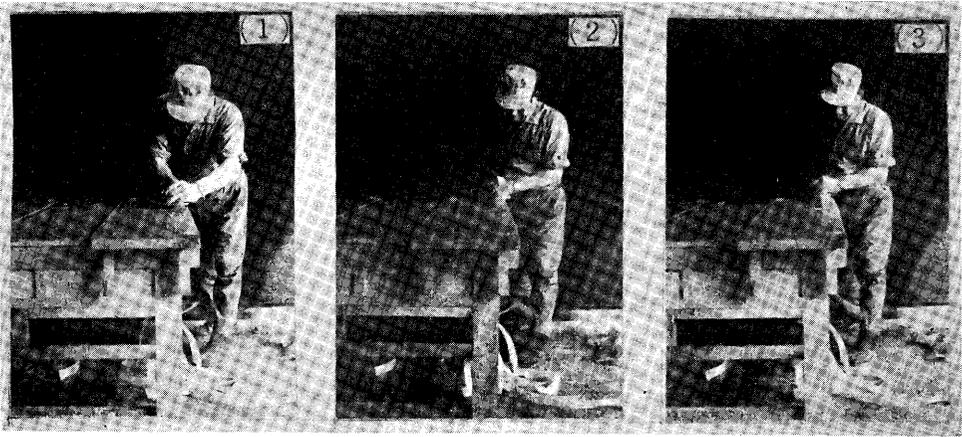


Fig. 8 熟練者の切削作業

Fig.8は熟練者の切削作業動作を前部から撮影した写真である。切削始めから切削終りまで身体の向きを変えないで、また顔は切削方向を向いて切削していることがわかる。さらに切削終了時には両腕のひじを体側につけるような姿勢で終わっている。ひじをこのように体側につけるようにすることは、かんなを必要以上に後へ引かないで、しかも被削材に対して平行状態に停止させるために必要な動作になるものと思われる。このように平かなの切削作業においては身体の向きを一定にして、さらに切削終了時にはひじを体側に付けるようにすることが安定した姿勢で、安定した切削力で作業をするための条件として重要な姿勢になると言うことができる。

平かなによる切削作業は一般に被削材の先端から末端まで同じような力を加えて引くと言われているが、測定結果では垂直分力は放物線型になった。このような力の配分になることについて考えてみると、まず切り始めは被削材にかんな刃を容易に切り込むことができるし、また、姿勢も腕を伸ばした状態になるため小さな垂直分力になるのではないと思われる。しかし、中央部になるにしたがい切り屑を分断させまいとする力が自然に働くようになり、大きな垂直分力になるのだろう。さらに削り終りに近くなるにしたがい被削材の末端から台尻を下げないで平行を保つような状態で削り終ろうとするため、垂直分力が小さな値になり、全体として放物線型の

曲線になるのではないかと思われる。また一連の動作には当然リズムカルな動きというものが必要になり，被削材の先端から末端まで同じような力をかけるという動作にはならないものと思われる。

4. 結 言

木材加工における平かな切削作業の技能を解明するために，経験の度合いによる切削力と体重移動および切削作業動作の比較検討を行なった。

1. 切削作業における切削力は毎回同一傾向の力の配分を示し，そのバラツキがなく安定しているのが良いと思われる。
2. 垂直分力の変化は被削材長さの中間において最高値を示す放物線型を示すのが良いと思われる。
3. 水平分力の変化は，切削始めより次第に増加して行き切削終了間際に最高値を示すのが良いと思われる。
4. 以上のような切削作業をするための動作としてつぎのようなことが言えよう。
 - (1) 平かなは身体全体を用いて引くようにし，その時の体重移動は左足（前足）から右足（後足）へスムーズに行なわれるようにするのが良い。
 - (2) 左足（前足）は切削方向よりわずかに内側に向け，右足（後足）の開きは切削方向に対して右側に 90° 以内にし，上体の向きは被削材の長手方向に向けた状態で終了するのが良い。
 - (3) 切削終了においては両ひじを体側につけるようにし，かんなを被削材に対して平行にし，台頭を被削材の末端につけた状態にするのが良い。

この種の実験は多くの分野にわたって測定し，総合的に判定をしなければならぬ。今後さらに継続実験をし，確実なものにする必要があり，それを実現したい所存である。

終りに，本研究に協力して下さった被験者の皆さん，ならびに実験に協力された本学部技官佐藤源太郎氏に感謝の意を表す。なおこの論文は日本産業技術教育学会（1971.8.25. 於北海道教育大学函館分校 第1報，1972.7.15. 於愛媛大学，第2報）において，「平かな切削作業の技能に関する研究」と題し講演発表し，その一部は同学会誌第14号，第15号に掲載した。

参 考 文 献

- 1) 北原覚一：木材物理 森北出版 1966
- 2) 清原道寿：技術教育の原理と方法 国土社 1968
- 3) 清原道寿，松崎巖：技術教育の学習心理 国土社 1966
- 4) 清原道寿，北沢競：中学校技術教育法 国土社 1971
- 5) 文部省：中学校指導書技術・家庭編 1970
- 6) 技術・家庭 男子1年 実教出版株式会社 1971
技術・家庭 男子1・2 開隆堂 1972
- 7) 阿妻知幸：木工の技術 誠文堂新光社 1961
- 8) 佐藤庄五郎：図解木工技術 共立出版株式会社 1963
- 9) 労働省職業訓練部：木工 雇用問題研究会 1960
- 10) 橋本喜代太他：木材加工 コロナ社 1965
- 11) 人間工学ハンドブック編集委員会編：人間工学ハンドブック 金原出版株式会社 1966
- 12) 佐藤英雄，大島郁也：日本産業技術教育学会誌 第14号 1972
- 13) 佐藤英雄，大島郁也：日本産業技術教育学会誌 第15号 1973
- 14) 佐藤英雄，山寺昭二：第16回日本産業技術教育学会講演要旨 1973
- 15) 枝松信之，森稔：製材と木工 森北出版 1963
- 16) 林業試験場編：新版木材工業ハンドブック 丸善 1973

Studies on Planing Surface of Woodworking I
Technique for Planing Operations

Hideo SATO .

Faculty of Education, Ibaraki University

Ikuya OHSHIMA

Faculty of Engineering, Ibaraki University

Abstract

In order to investigate the technique for planing operations of woodworking, experimental studies have been made by comparing the technique of beginners, experienced workers, and well experienced workers, and the following conclusions have been drawn:

- (1) In the case of well experienced workers, the pressing force (Vertical component of the force) was found to change parabolically with a maximum at the about middle point of the length being planed and the pulling force (Horizontal component of the force) was found to increase with the distance from the leading edge of the test piece.
- (2) It is desirable that the body weight is transferred smoothly with the plane movement from the foot placed forward to that placed backward.
- (3) It is desirable that the direction of the body does not change during operation.
- (4) It is desirable that at the end of the operation, the plane is kept to be parallel and tangent to the surface, and at the same time the elbow should be contacted with the body side.