

# 中学生における効果的なのみ加工技能習得因子

橘田紘洋

技術教育講座

## Effective Chiselling Factor of Junior High School Student

Koyo KITSUTA

Department of Technology Education

### 1. はじめに

中学校技術教育における木材加工で用いられる道具のなかで、かな、のこぎり、げんのうについては効果的な使い方に関する資料や研究成果は豊富にある。しかしながら「のみ」については日曜大工用の手引き書にその使い方が載っている程度で、科学的な研究成果としては山下等によるのみ加工の動作分析の他は、ほとんど報告が見られない<sup>1)</sup>。のみもまた典型的な木材加工工具であり、質の高い製作学習をするに当たっては欠かすことの出来ない道具である。中学生における木材加工学習は、製作学習の最終段階に入っているものと見なせるので、でき得る限り質の高い製作学習を展開させたいものであり、中学生に対するのみ加工の指導方法などについても研究を要するところである。

一般的に子どもの技能習得には発達に伴う順序性が見られる<sup>2)</sup>。子どもの技能習得が空間認知等の認知の発達と関わって進むとするなら、基本的な技能動作は一次元動作(例.鉛筆削り)→二次元動作(例.鋸挽き)→三次元動作(例.釘接合)の順で習得されるものと思われる<sup>3)</sup>。のみ加工は三次元動作に属し、しかものみとげんのうという二種類の道具を同時に操るという点で難度が高いことになる。1986年時点での中学1年生のみ加工技能の調査結果によると、実用的なレベルに達している者は40人のうち16人であり<sup>4)</sup>、技能習得状態にあるとは言い難い。1974年に手労研調査部が行った小中学生の手の動きに関する意識調査においても、のみで木に穴を開けることが上手に出来ると思っている子の割合は、中学1年生では約40%に止まっている。しかし、のみ加工が上手にできると思うようになる子は小学6年生頃から急増している<sup>5)</sup>。興味深いことは、ハンダとコテを同時に操る必要のあるハンダづけが上手に使えると思えるようになる子も小学6年生頃から急増している。この年齢は、運動の概念や空間概念が一般化できるようになっている時期であり<sup>3)</sup>、二つの道具の動きをイメージでき、なおか

つ操れる状況に至っているものと思われる。従って、中学生段階に至ってはのみ加工技能も習得し得る能力が備わっているものと推察される。しかしまた、中学生段階になると反復練習を敬遠する傾向が出てくる<sup>6)</sup>。そこで、組み継ぎ加工を想定したのみによる欠き取り技能を中学生が効果的に習得できることを目的として、有効なのみ加工因子を探り出すこととした。

なお、本実験の実施時期は1986年であるが、子どもの成長に伴う技能発達には不易的な側面が強いこと、のみ加工に関する成果報告が極めて少ないことから、研究の一助になることを願って公表することとした。

### 2. 実験方法

中学生を対象とし、のみ加工未学習状態(以下pre状態と表示)と習得状態(post状態)の姿勢・動作を調べると共に、加工精度、加工効率を調べた。効果的な加工動作を探るために、のみ加工習熟者(大学生)の姿勢・動作及び筋肉の動きなども測定した。

①被験者:のみ加工未経験の中学1年生の男女各6名の合計12名を対象とし、比較対象としてののみ加工を経験した大学生14名とした。

#### ②のみ加工技能の状態

a. 未学習状態(pre):のみ加工を経験したことのない子どもの多くは道具としてののみの取り扱いが出来ないため、習熟者による加工動作を説明を加えずに見せてのみ加工の概略を知らせた後、のみの裏刃面を垂直に立ててげんのうで打ち込み・はつりを材料の表裏両面について行うことを指示した。のみ打ち動作は被験者に任された。

b. 習得状態(post):のみの欠き取り順序(粗取り-垂直打ち・はつり、仕上げ)と、それぞれの動作を示範しながら説明した後、補正指導を受けながら2回の欠き取り練習をした状態

指導方法:ア)説明・示範(所要時間7分)-子ども達を指導者の周りに集め、プリント内容に沿って説

明しながら示範した後、各自の作業場所に戻し、指導者の再度の説明に従って体勢取りの練習をする。

イ) 練習・補正 (所用時間11分) - 各自2回の欠き取り練習を行っている間に期間巡視しながら個々人の未習得部分を補正指導する。

③使用工具：刃幅21mmの追い入れのみ、重さ300gの教材用げんのう

④材料：気乾比重0.52のラワン材 (12×110×370mm)

⑤欠き取り操作：図1に示されるように、木口縁端部を幅21mm深さ12mmに欠き取る行為を2回行う。

\*加工姿勢は椅子に腰掛けて左肘で材料を押さえる姿勢を設定した。

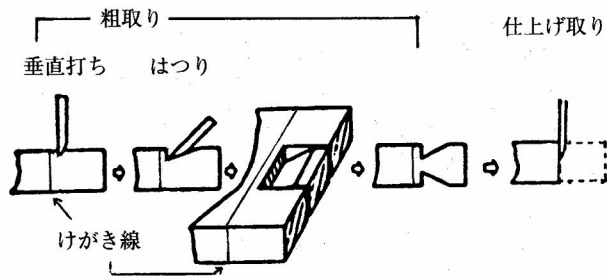


図1. のみ欠き取り順序

⑥加工面精度：けがき線からのずれ、欠き取り部の垂直度

⑦加工効率：げんのうの打撃回数

⑧筋放電測定

中学生に見られた種々の動作形態の特徴を、筋肉の活動特性から調べる際には、加工技能に習熟している大学生によって再演し、その際の筋肉の動き測定した。

a. 測定対象：右前腕屈筋群、右前腕伸筋群、右短母子屈筋群、右小指手根屈筋群、左前腕屈筋群、左前腕伸筋群

b. 測定機器：ポリグラフシステム (日本光電工業株式会社製)

⑨動作測定

a. 動作測定：一定位置から撮影したVTR画像から、目、右肩、右肘、右手首、右人差し指、腰に着目し、各部位の位置関係と動きを追跡した。

b. 使用機器：ハイスピードビデオデータ解析システム200 A E H (ナック社製)

### 3. 結果と考察

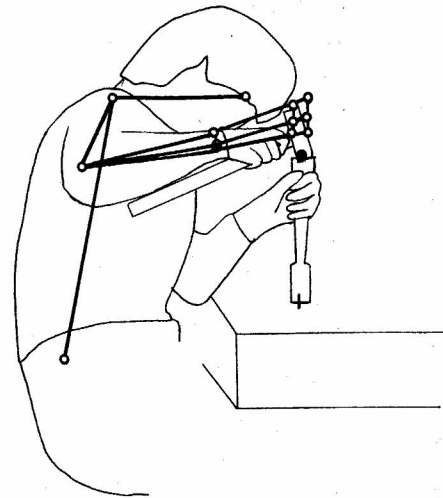
#### 3-1. のみ加工技能未学習状態 (pre 状態) における加工動作の特徴

##### (1) 外見に現れる特徴

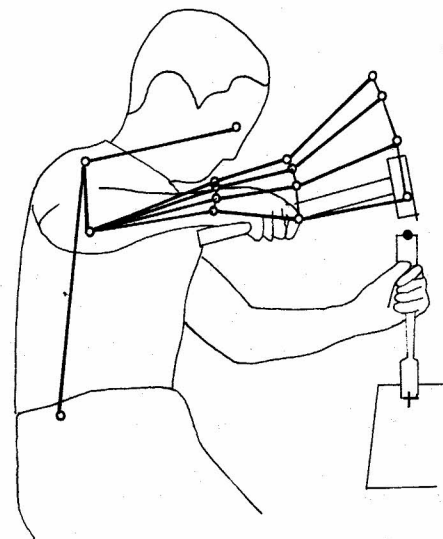
対象となった中学生は、習熟者 (大学生) の動作を見ているのだが、実際に試行してみると様々な動作が

取られた。特に、のみやげんのうの握り方や体勢どり及び視点の当て方などに多様な形態が見られると共に、粗取り動作と仕上げ取り動作がほとんど同じであった。初心者によく見られた典型的な例を図2に示す。

Aタイプは最も多く見られた形である。上半身は材料に対して正面向きとなり、左腕は肘で材料を固定することをせず空間に浮かし、のみをしっかり握っている。動作中は図のように強い前傾姿勢となって目が加工部に近づいている。げんのうの握りも鷲掴み型が多く、振りもスナップを効かせない小さな振りとなっている。Bタイプも多くみられた形であるが、Aタイプとは異なって比較的背筋を伸ばして姿勢を起している。げんのうの振りもAタイプより比較的大きくなっている。しかし、体はさばかずに正面を向き、のみを身体の正面に据えて釘打ち動作の要領でげんのうを打ち振っていた。



Aタイプ



Bタイプ

図2. 未学習者に見られる典型的なのみ加工動作

初心者は、上記のような特徴的な体勢に加えて、加工時の視線が加工部位と打撃部位に頻繁に交互に向けられており目線が一定していない。また、ストロークが総じて小さく、仕上げ取り時にはさらに動作が萎縮する傾向が見られた。

(2) 筋放電の特徴

未学習者に見られた特徴的な動作を大学生によって再演し、その際の筋肉の動きを測定することによって未学習者の筋肉の使い方の特徴を検討した。図3にそれぞれの動作の筋放電の特徴を示した。検討に当たっては、のみ加工習熟者に見られる筋放電特性(図5)と比較しながら進められた。

多くの場合、未学習者は肘を空間に浮かしている(材料につけていない)。この状態での打撃時の筋放電の特徴的な変化は左前腕屈筋群に現れ、当該筋の放電が大きい傾向が見られる。これは、左肘が空間に浮い

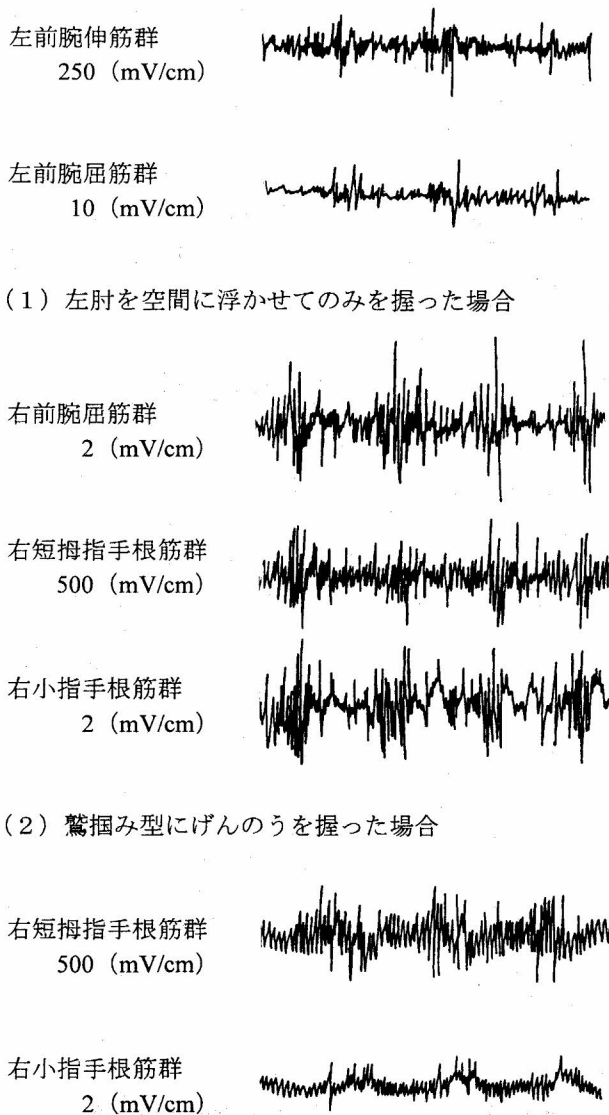


図3. のみ加工未学習者に見られた特徴的な動作における打撃時筋放電特性

ているために不安定になっており、打撃時に腕力でのみを垂直に維持しようとする動作が働いているものと思われる。左肘を浮かしている者は、多くの場合肘を脇に締める動きが見られていることから、肘の不安定さが気になっているものと見られる。

げんのを鷲掴みで握った場合の打撃時の筋放電を見ると、右小指手根屈筋群の放電が大きい。右短拇指手根屈筋群、右前腕屈筋群の放電が打撃の前後においても比較的長時間に亘って続いている。このことは、鷲掴み型は小指による握りの負担が大きく、右手に常時力が入っていることとなるため、疲労しやすいものと考えられる。また、右前腕伸筋群の放電が小さいことは、打撃時の腕の伸びが弱いことを意味している。これは、鷲掴み型の多くの者が打撃時にスナップの効きが悪く、ストローク量も小さい傾向のあることを裏付けていることとなる。

人差し指をげんのを柄に添わせて伸ばして握る者もいた。この握り方での筋放電を見ると、打撃時の右短拇指手根屈筋群と右小指手根屈筋群の放電が小さい。このことは打撃の瞬間にげんのを握りしめる力が弱いことを意味しており、打撃によるエネルギーがのみ側に十分に伝達されていないものと思われる。

以上のような多様な形態で行われた未学習者ののみ加工における加工精度は、図8、図9に見られるように、垂直度、けがき線からのずれ幅共に被験者によるばらつきが大きかった。また、加工効率に関連する打撃回数を見ると、粗取りについては男子が100 - 150回で女子は100 - 330回、仕上げ時は男女共に5 - 85回であった。技能未学習者は、打撃回数が全体的に多く、回数のばらつきも大きかった。

3-2. のみ加工技能習熟者の動作

のみ加工技能習熟者における加工動作を、粗取り - 垂直打ち、粗取り - はつり、仕上げ取りに分けて観察した。図4には、粗取り - 垂直打ちと仕上げ取りにおける動作の軌跡を示した。また、それぞれの加工動作時における筋放電の様子を図5に示した。

(1) 粗取り - 垂直打ち

上体は左肘で材料を押さえ、右腕側(利き腕側)を開いて「さばき」の体勢をとっている。背筋を伸ばして顔と加工部との間に距離をとり、加工部と打撃部を視界に入れている。左腕は肘で材料を固定しながらのみのかつらに近い部位を握っている。握り方は親指をゆるめ気味にして小指で握っている。材料を押さええている肘、のみの桂の握り部分、材料に接しているのみ刃先の三点で直角三角形の構造を作っている。筋電図を見ると、打撃と打撃の間においても左前腕伸筋群が常時僅かに放電しているところから、のみ刃先部に向けて常に弱い力を加えることによってのみを安定化させていることがうかがえる。

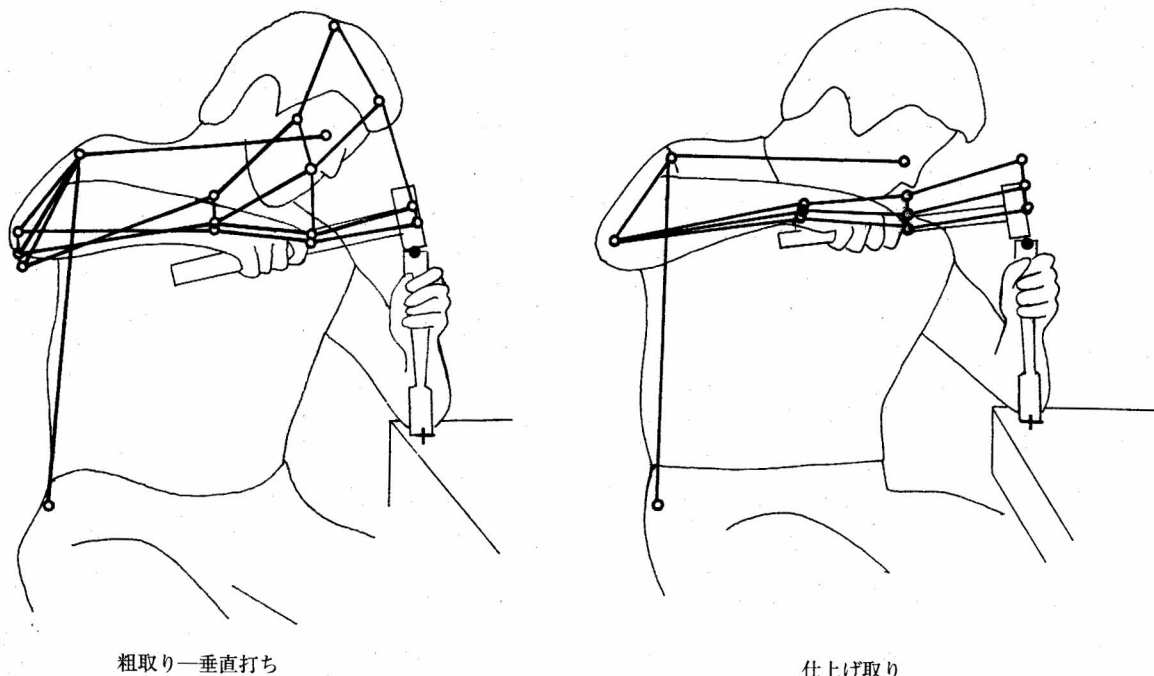


図4. のみ加工習熟者の動作軌跡

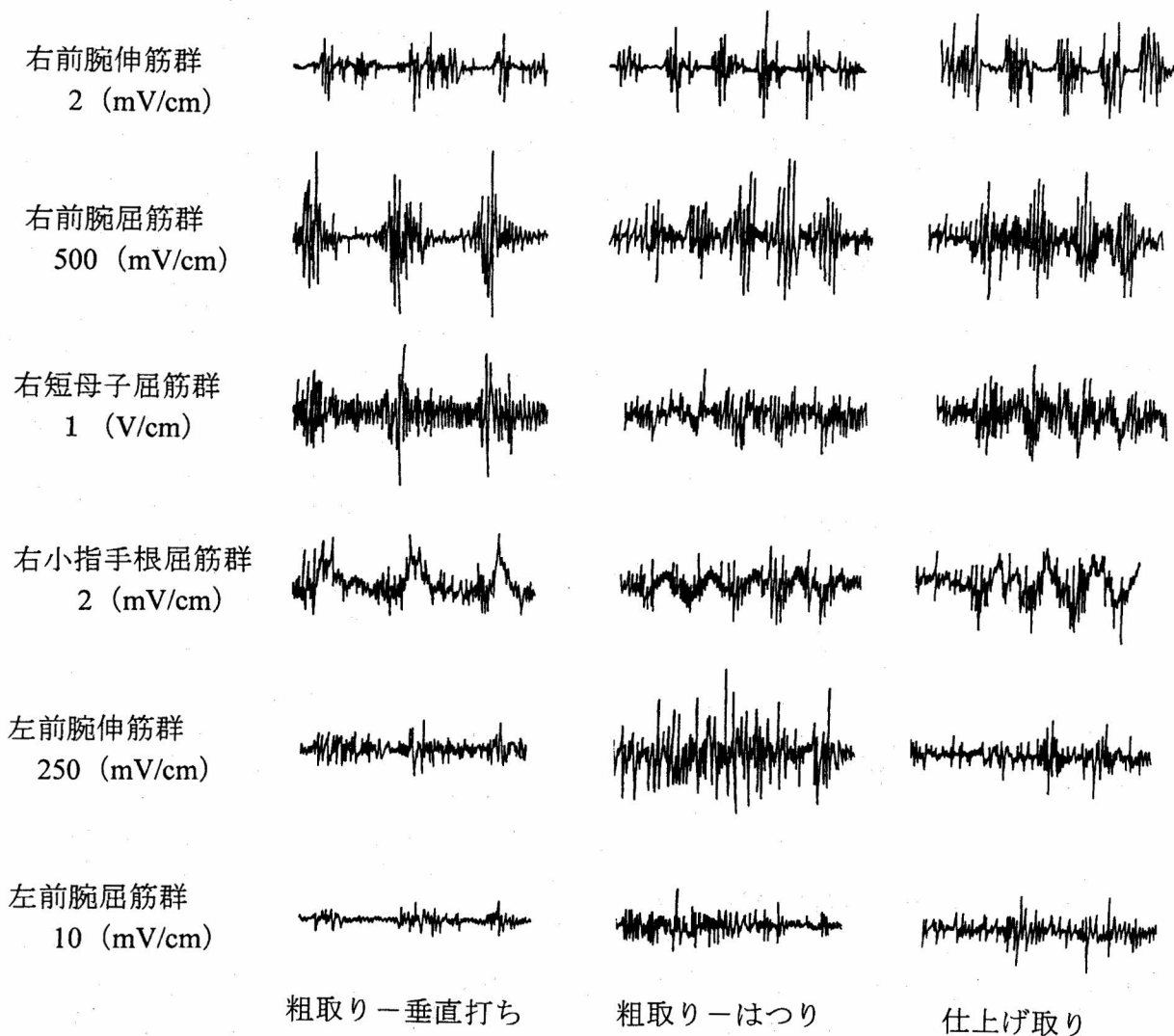


図5. のみ加工習熟者の筋放電特性

一方、左前腕屈筋群は打撃と打撃の間ではほとんど放電が起きていないことから、刃先の安定化行為は腕部全体に不必要な力みを入れない効果をも発揮しているものと思われる。げんのうは親指と人差し指でつまんで小指で締める握りとなっており、振りもスナップをよく効かせた大きな振りとなっている。さらに、動作中の視線は常に加工部に注がれている。打撃時の筋放電状態を見ると、右前腕屈筋群及び伸筋群、右短母指手根屈筋群、右小指手根屈筋群に瞬間的に大きな放電が見られる。いずれの筋群も打撃の瞬間に大きく放電した後は小さな放電となり、筋肉がリズムカルに緊張-弛緩を繰り返していることが分かる。

(2) 粗取り-はつり

のみを傾けるため、打点が垂直時より下がっている。それに合わせて目、肩、肘の位置が若干下がるが、背筋を伸ばして視界の中に加工部と打撃部が入るように顔の位置を確保し、目線は加工部に入っている。すなわち体勢は垂直打ちの時と大きな違いはない。打撃時の腕の振りはやはり肘が支点となっている。筋電図から見る打撃時の筋肉の使い方は垂直打ちと類似しており、リズムカルな緊張-緩和の繰り返しが見られる。左前腕伸筋群が強く放電しており、また左前腕屈筋群の放電も目立っている。この筋放電がはつりの特徴であり、はつり行為では左腕でのみを微妙にコントロールしていることがうかがえる。

(3) 仕上げ取り

仕上げ取り動作は、粗取りに比して顔が加工部に近づいており、げんのうの振りも小刻みになっている。筋電図をも交えて詳細に見ると、右短母指手根屈筋群、右前腕屈筋群、右小指手根屈筋群の放電が粗取り時とは異なって比較的長時間続いていることから手首を使った打撃になると共に、動作中常にげんのうをコント

ロールしていることが分かる。左前腕屈筋群の放電が粗取り時より大きくなっているところから、のみの軌道をコントロールしていることがうかがえる。

3-3.のみ加工動作因子

のみ加工動作は粗取り時の垂直打ちとはつり、仕上げ取りの3種類に分けられるが、粗取り時の垂直打ちとはつりの動作はほとんど類似と見なせる。また、仕上げ取りは粗取り時より顔が加工部に近づき、左腕がのみを微妙にコントロールしているが、これらの動作・姿勢はのみ加工の意図が理解されていれば必然的に生じるものと思われる。従って、のみ加工技能の学習で最も重要な点は粗取り時の垂直打ち技能を習得することであると考えた。そこで、初心者と習熟者の欠き取り動作を細かく比較しながら粗取り垂直打ちに関わる因子を整理した結果、次の16因子を取り上げることができた。すなわち、右利きの者を対象とした場合、「げんのうの握り方」「げんのうの握り位置」「のみの握り方」「のみの握り位置」「材料と上体の相対位置」「姿勢」「体の開き」「目の位置」「目と刃先の距離」「視点」「左肘の位置」「右肘の位置」「右腕の動きやすさ」「振りの支点」「スナップの効き」「ストローク量」である。それぞれの因子の具体的な内容は表1の通りである。これらの因子は互いに関わっているが因子によっては他の因子によって従属的に定まるものもある。そこで、動作の始めに定める必要のある因子と、それによって従属的に規定されてくる因子とに分け、前者を主要因子、後者を従属因子とした。

各因子相互の繋がりの様子をKJ法によって検討した結果、図6に示されるように整理された。図中、点線枠内に主要因子としてまとめた因子群は、動作の最初において規定されるべき因子で、これらが定まると矢

表1. 粗取り-垂直打ち因子とその内容

動作因子	内容
左肘の位置	材料を固定できる位置
のみの握り位置	かつらの近く
右肘の位置	げんのうとのみを打ち合わせた状態で肩と水平になる高さ
げんのうの握り方	親指と人差し指で摘み、小指で締める。
げんのうの握り位置	げんのうの中程
のみの握り方	親指は緩くし、小指で締める。
材料と上体の相対位置	のみを垂直に立てた状態で左肘を材の上につける位置
姿勢	背筋を伸ばし、重心を下腹に置く。
体の開き	右体側を開いた半身姿勢(さばき)
目の位置	のみ裏刃が垂直に立っていることを確認できる位置
目と刃先の距離	のみの打撃部と加工部とが視界に入る距離
視点	のみ刃先の加工部
右腕の動きやすさ	肘を支点としたヒンジ運動が自由にできる。
振りの支点	右肘
スナップの効き	手首をしなやかに振り、打撃の瞬間に親指と人差し指による摘みと小指の締めを効かせる。
ストローク	肘を支点とするヒンジ運動を大きくする。

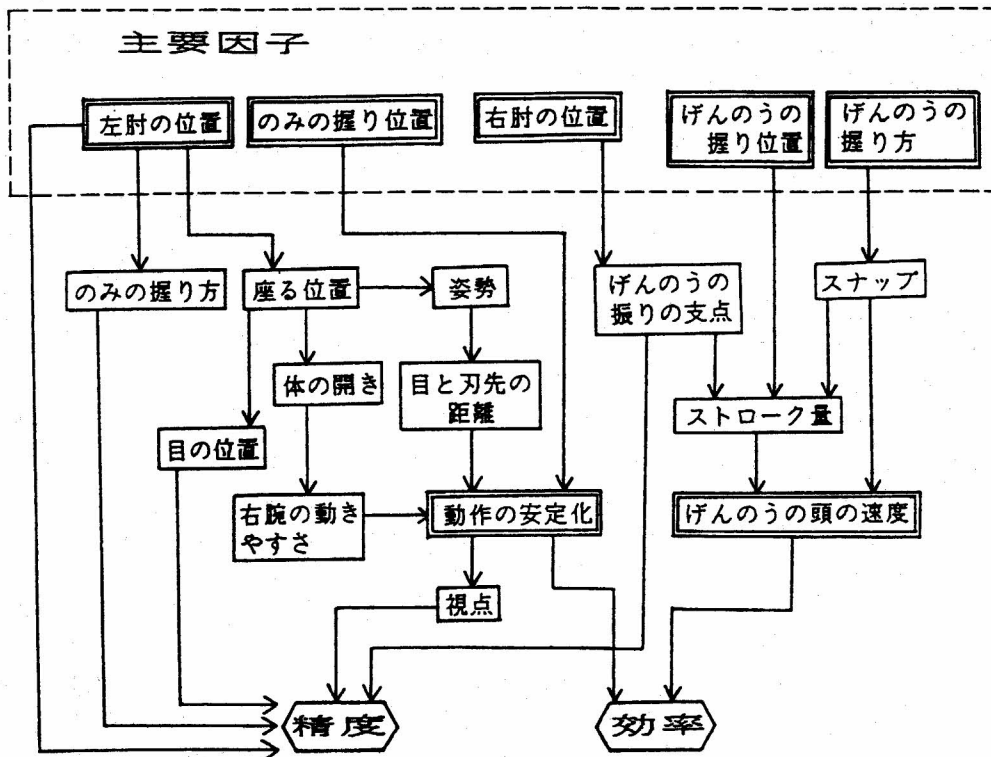


図6. のみ加工動作因子の系統図

印で示した順序で他の因子も規定されることとなる。すなわち、「左肘の位置」「のみの握り位置」「右肘の位置」という3つの主要因子が定まることによって矢印の順序で各従属因子が定まり、姿勢の安定化が図られる。姿勢を安定にすることによって視線を加工部に集中させることが出来、げんのうの軌道の安定化やげんのうの振りの連続動作が可能となるので、これ等の因子は精度と効率に影響するものと考えられる。「げんのうの握り位置」「げんのうの握り方」はげんのうの速度に集約され、効率に影響する。

以上のごとく、各因子の設定条件は姿勢・動作の安定化とげんのうの速度を高めることに向けられている。

### 3-4. 中学生におけるのみ加工技能の習得

前節で整理されたのみ加工に関わる16種の因子を中学生に指導することによって、のみ加工技能の向上の様子を探った。

指導は、①げんのう・のみの握り方、②体勢取り、③粗取り-垂直打ち、④粗取り-はつり、⑤仕上げ取りに分け、番号の順を追って行われた。姿勢・動作の指示内容は表1に準じたが、各加工段階では、以下の追加説明事項を加えた。

粗取り-垂直打ち：のみ刃先をけがき線より3mm外側に立てる。

粗取り-はつり：打ち込んだ位置より5mm外側から斜めに欠き取る。

仕上げ取り：のみ刃先をけがき線上に立てる。

仕上げ取り時は、げんのう柄の首部を握り、手で小刻みに打ち振る。

粗取り・仕上げ取り共に、材料の中程まで欠き取ったら材料を裏返して同様に行う。

技能習得は、一般的に練習回数が多いほど質の高い内容が身に付くこととなるが、本研究では初歩的な加工技能を効率よく身につけさせることを主眼としているので、一連ののみ加工行為を自立してできるようになった状態が技能習得状態と考えた。具体的には実験方法に記載されているように、7分間の説明・示範と2回の欠き取り練習を終えた時点とした。

図7に粗取り時の打ち込み回数の頻度分布を示した。post状態における粗取り時の打ち込み回数は男女共にpre状態に比して少なくなっており、ばらつきも小さくなっている。その傾向は特に女子に顕著であった。

加工面の精度のうち、けがき線からのずれの分布特性は図8のようであった。図中負の数値は、けがき線より母材側に入った量(欠き取り過ぎた量)で、正の数値は欠き取り残した量を意味する。pre状態では大きくばらついていたずれ量が、post状態になると男女共にけがき線周辺に集まっている。post状態では男女共に欠き取り過ぎる傾向が見られたが、この原因は今後の検討に委ねる。

切断面の垂直度評価に当たっては、接合部に見える隙間の最大距離とした。図9に隙間の分布の様子を示



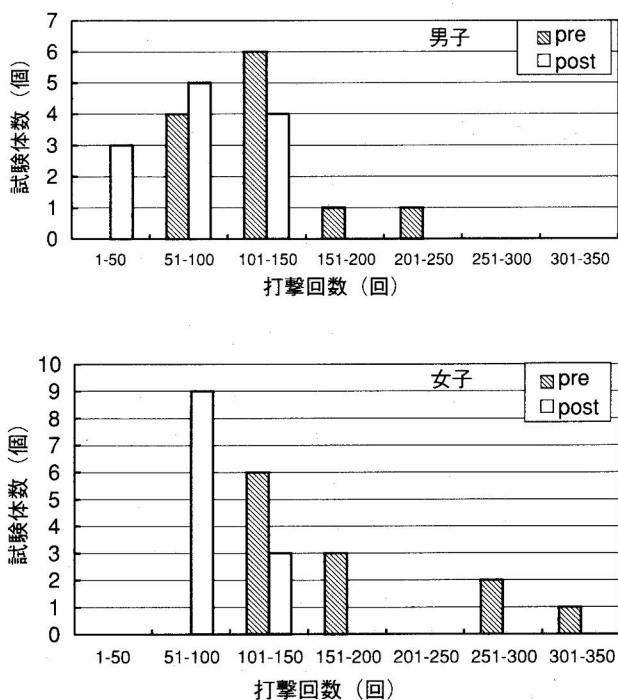


図7. 中学生における粗取り垂直打ちに要する打撃回数

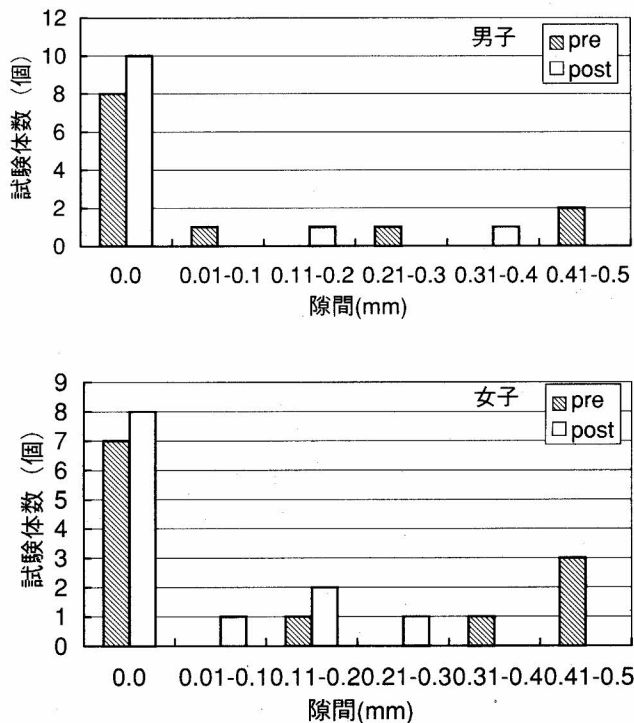


図9. 中学生における欠き取り切断面の隙間量

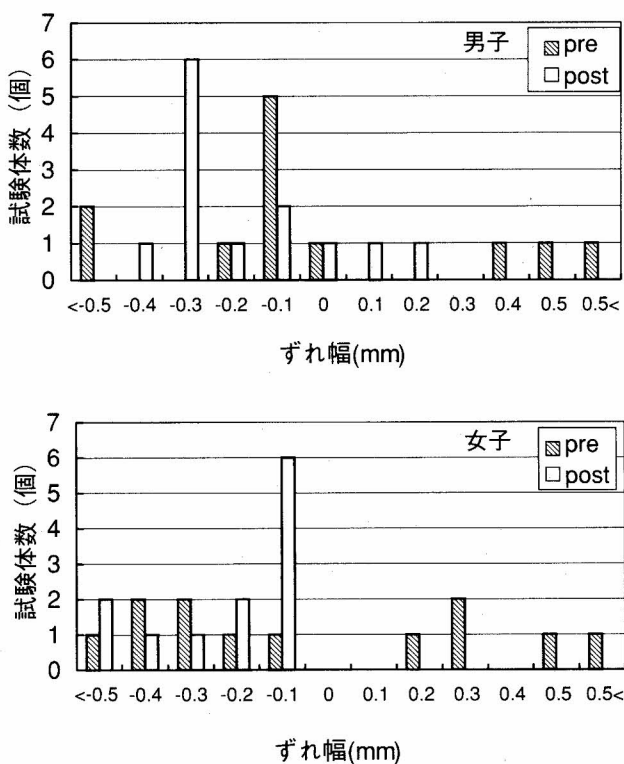


図8. 中学生におけるけがき線からのずれ幅

す。実用上は接合部に隙間のないことが好ましいので、欠き取り部が直角な面とV型の溝状になっている面も成功と見なした。従って、図中「0」とは隙間がないあるいは見えないことを意味している。切断面の垂直度においても post 状態では隙間ゼロの者が男女共に増えており、ばらつきの程度も小さくなっている

post 状態における精度の実用上の有効性を検討す

るため、のみ加工を経験した大学生の数値と比較することとした。のみ加工を経験した大学生14人について同様な欠き取りを行ったところ、13人がけがき線からの最大ずれ幅が $\pm 0.3\text{mm}$ 以内であり、垂直度は $0.3\text{mm}$ 以内であった。そこで、これらの数値を一般人の実用上の値とし、ずれ幅、垂直度の両方がこの数値内にあるものを実用上有効な加工技能を満たしているものと仮定した。

上記のように設定した条件に対し、pre 状態における中学生の12体の試験体についてけがき線からのずれと垂直度の精度を個々に見ると、けがき線からのずれにおいては男女共に50%が大学生の水準に達しており、垂直度においては男子83%、女子67%が大学生の精度内に入っている。しかし、個々の精度が比較的高い数値を示しているにもかかわらず、両方の精度が一定の範囲内に達していなければ実用上有効な技能とは言えない。そこで、両精度共に実用上の値に入っている試験体の割合を見ると33% (男子25%、女子42%) に過ぎなかった。一方、post 状態になると、けがき線からのずれでは男子92%、女子67%が実用上の数値に達しており、垂直度では男子82%、女子においては100%が実用上の数値に達していた。両精度を満たす実用上有効な技能を備えている試験体は72%に達していることが分かった。男女比で見ると、男子75%、女子67%であった。この数値は、男子は6人中5人が、女子は6人中4人が大学生並みの技能レベルに達していることになる。

以上の結果、対象とした中学生ののみ加工技能は、

設定された加工動作ポイントを身につけることによって、たった2回の欠き取り練習をただけで加工効率、加工精度共に顕著に向上し、大学生の技能レベルに達することが分かった。

#### 4. まとめ

中学生における効果的なのみ加工技能の因子を分析・整理すると共に、得られた動作因子を中学生に適用した際の技能習得効果を調べた。結果を以下に整理する。

- ①のみ加工動作因子は主要因子5点、従属因子11点の合計16因子に整理された。
- ②得られた因子を中学生に指導したところ、男子は6人中5人が、女子は6人中4人が大学生並みの技能レベルに達することが分かった。
- ③対象とした中学生は、比較的短時間でのみ加工技能を習得する十分な能力を持っていることが分かった。

#### 謝辞

本実験の実施に当たっては、石黒和雄、松田庄平両氏に負うところが大きであった。ここに謝意を表す。

#### 文献

- 1) 山下晃功：平成3年科学研究費補助金研究成果報告書「木工作業におけるバイオメカニクスの解説」(1992)
- 2) 牛島義友，他：児童の心性と能力検査，巖松堂書店(1949)
- 3) 橋田紘洋：普通教育における木材加工教育の役割と教育適時性について，愛教大研報，No39，85-96(1990)
- 4) 橋田紘洋，他：研究室資料(1986)
- 5) 手労研調査部：「小中学生の手の働きと意欲」調査集計資料，子どもの遊びと手の労働研究(1976)
- 6) 木村誠：中学生の技能習得意欲に関する一考察，産技教育学会誌，34巻，43-48(1992)

(平成17年9月20日受理)