

中学生における効果的な かな削動作に関する研究

—かな台の握り位置が削動作に及ぼす影響について—

橋田紘洋* 近藤文彦** 白井博成***
Koyo KITSUTA Humihiko KONDOU Hironari SHIRAI

*技術教育講座

**愛知教育大学附属養護学校

***豊川市立豊川南部中学校

1. はじめに

中学校技術・家庭科のものづくり分野においては各種の手工具を用いて制作学習を展開することとなるが、その際の手工具の活用能力の低さがしばしば指摘される場所である。現代の子どもの不器用さが指摘されて久しいが、1985年の文部省調査によるとかな削の技能達成度は10%程度と極めて悪い¹⁾。達成度は20年近くを経た今日においても改善された様子は見られない。中学生にとって、かなを使いこなす上で問題点は大きく分けて二つあり、かな身の調整技術と削技術である。かな身の調整に関する研究は田中²⁾、永富³⁾、加藤⁴⁾等による多数の報告が出されている。また、かな削動作研究も盛んであり、山下や土井は熟練者の技能特性を整理している^{5),6)}。さらに学習指導面からの研究も盛んに行われており^{7),8),9)}かな削に関しては種々様々な研究が行われている。しかしながら、かなの握りに関する研究報告はほとんど見当たらない。かなの握りに関する記述は日曜大工書も含め、ほとんどの書物が片方の手で台頭を握り、もう一方の手で台の中央部を握ることとしている。これは職人さんの一般的な握り方であるが、職人の世界では精度と共に効率を重視するため、かなを被削材に押さえつけながら引き削るといった、異なる方向の力を同時にバランスさせる方法になっている。そのためには台の中央部を握ることが好ましいこととなる。しかし、こうした握り方はそのまま中学生にも適用され得るものであろうか、疑問とするところである。そこで、本報告では、かな台の握り位置の違いがかな削に及ぼす影響を明らかにすることとした。

2. 実験方法

本実験では中学生の初期におけるかな削学習を想定し、検討対象をかなの握り位置に絞っているため、かな削に関わる種々の因子を出来得る限り整理しよう心掛けた。すなわち、削動作は被削材の長さによって種々異なるので^{10),11)}、被削材の長さは1

回の削動作で材先端から終端まで到達出来る長さとした。また、幅についても、かなを安定的に据えられ、且つ1回ないしは2回で削りきれぬ寸法にした。かな身刃先の出は予め調整済みとし、削動作についても一定の指示事項を設け、出来得る限り特殊な因子の影響を排除した。

①かな：予め刃先の出を 0.06 ± 0.01 mmに調整済みの中学校で一般に使われているいわゆる教材用かな(35×73×256mm, 850g)を用いた。

②被削材：形状が35×300×32mmのヒノキを用い、柀目面(35×300mm面)を削対象面とした。

③かなの握り方(右利き例)

台尻握り：右手はかなの台尻部を握り、左手は台頭に添える。

台中部握り：右手はかな台のほぼ中央部を握り、左手は台頭に添える。

④削：台尻握り、台中部握り共に、被削材を三回削する。

⑤削時の共通指示事項

a. 削時の体の位置：前足が被削材と平行になるようにして被削材の末端部に立ち、後足を一步退く。

b. かな削動作：

・かな身を被削材の先に出す。

・腰を据え、初速を大きくして引いて削る。その際、体の重心は前足側から後足側に移動させる。

・かなを引き終わりまで水平に動かすため、引き終わりには右肘を脇に引きつける。

⑥被験者：かな削未経験の中学1年生男女各10名ずつ、合計20名。他に、削技能に習熟した大学生1名を削動作分析モデルとした。

⑦削面の精度

a. 傷：かな削された木材表面は、生来の細胞形状による凹凸に加え、かな身の刃先の曲面によるうねり波形、加工の稚拙による引っ掛けなど種々の要因によって複雑な凹凸を呈する。従って、粗さ計による単純計測では削による傷を探り難いので、木材加工熟練者に傷と称する箇所を選び出してもら

い、計測した。その結果、溝幅が50 μ m以上で溝幅の3倍の深さを持つ形状溝が実用的な傷と定義された。

- b. かな削りくずの厚さ：削り層の中間部をマイクロメータで3ヶ所測定し、その平均値とした。
- c. 削り残し面積：切削面を10 \times 10mmの升目に区切り、削り残し部分の含まれるマス目の合計とした。
- d. 平均切削速度：切削動作をビデオ収録し、1切削に要したコマ数から切削所要時間を割り出し、切削距離を除いた。但し、切削途中で一端止まり、再度切削開始した場合は動作休止期は省いた。

⑧筋放電測定

- a. 測定対象：
 - 上肢—上腕屈筋群，上腕伸筋群，前腕屈筋群，前腕伸筋群
 - 下肢—大腿直筋，外側広筋，前頸骨筋，腓腹筋
 - 背部—固有背筋群
- 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）

3. 実験結果

(1) 平均切削速度

図1は、かな切削における平均切削速度の分布を示している。台中部を握った場合は台尻部より平均切削速度のばらつきが大きくなる傾向が見られた。男女間を比較すると、台尻握りでは性差が見られなかったが、台中部握りの場合は、女子は平均切削速度が小さくなる傾向を示し、男子は反対に大きくなる傾向を示した。

(2) 切削面の精度

- a. 傷出現数：図2に示されるように、台尻握りの場合は傷出現数は少なく、半数以上の者が傷をつくっていなかった。また、傷を生じても比較的少なく、且つばらつきも小さかった。台中部握りの場合は台尻握りに比して傷出現数が多く、またばらつきも大きい傾向を示した。その傾向は男子に顕著であった。
- b. 削り屑厚さ：削りくずの厚さは、図3に示される

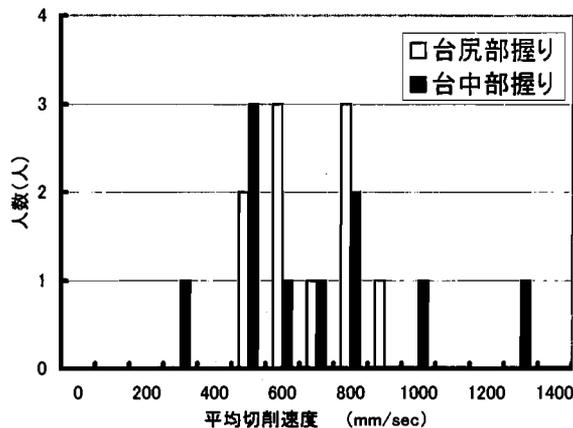


図1. 握り位置による平均削速度の分布

ように台中部握りの方が厚い傾向を示していた。また、男女間を比較すると、男子では握り位置の違いによる差異は見られなかったが、女子では台中部握りの方が厚くなる傾向を示していた。

c. 削り残し面積：削り残しは握り位置の違いにかかわらず、男子より女子に比較的多く見られた。握り位置の違いが削り残し面積に及ぼす影響について

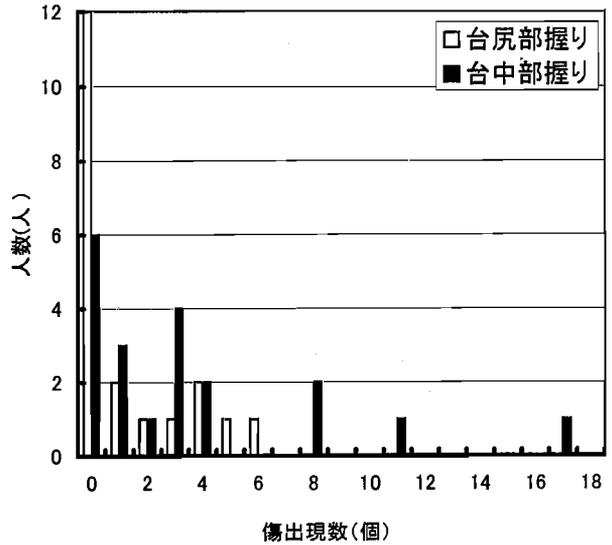


図2. 握り位置の違いによる傷出現数の分布

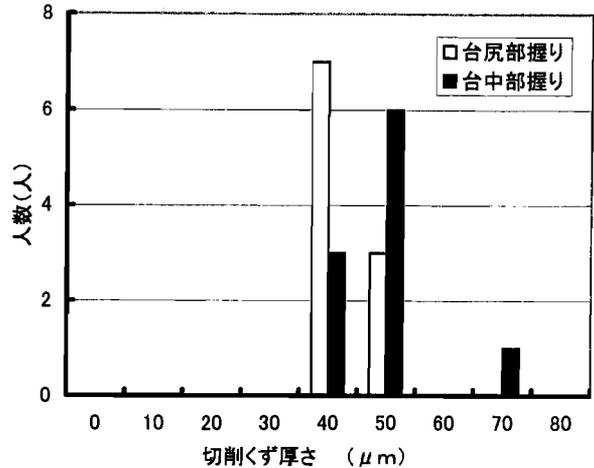


図3. 握り位置による削りくず厚さの分布

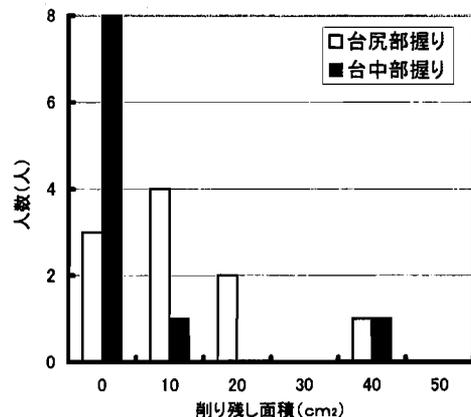


図4. 握り位置による削り残し面積分布

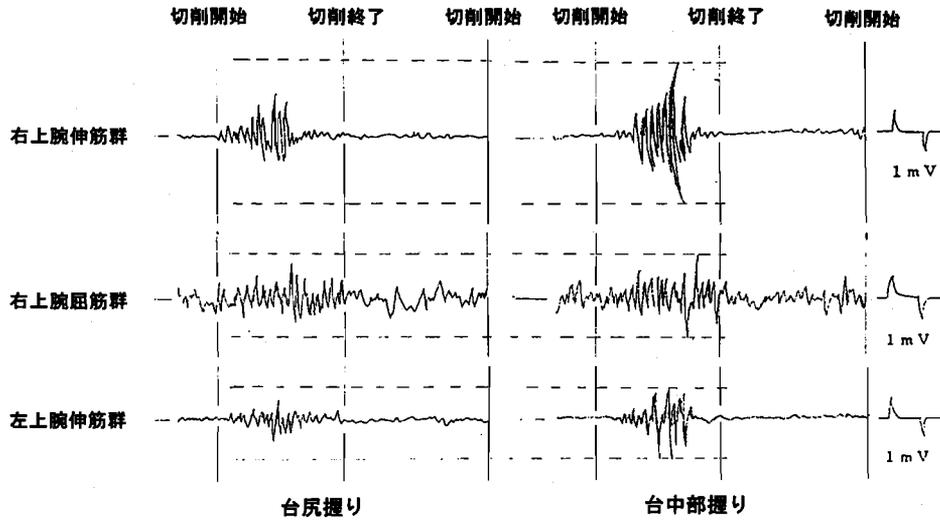


図5-1. 握り位置の違いによる筋放電比較—上肢

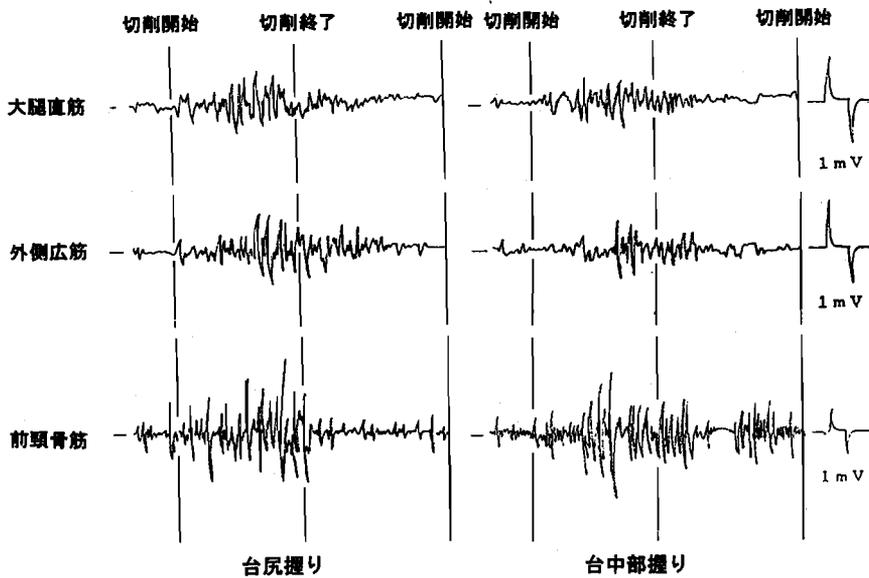


図5-2. 握り位置の違いによる筋放電比較—右下肢

は、図4に示されるように、面積分布については顕著な差は見られないが、削り残し面が無くなっている者は台中部握りの方に多かった。しかしながら、台尻握りにおいても10人中9人の者が被削面の8割以上を削っているところから、台尻握りは極端に切削効率が高いとは認められなかった。

(3) 筋電図分布

中学生の切削動作を観察すると、台尻握りの場合は、削り始めから終了までを一息に連続した動作で行われるが、台中部握りでは切削終了間際に切削動作が中断してしまい、再度腰を落として削り終わる現象がしばしば見られた。そこで、技能習熟状態にある大学生を被験者として、かな台の握り位置の違いによる切削動作時の筋肉の反応を調べた。その結果、握り位置によって筋放電の様子が異なっていることが明らかとなった(図5-1, 図5-2参照)。すなわち、台中部握りの場合は右上腕伸筋群, 右前腕屈筋群, 左上腕伸

筋群に台尻握りより大きな放電が見られる他、左右の固有背筋群も台尻握りに比して大きな放電が起きていた。一方、下肢の筋肉群(大腿直筋, 外側広筋, 前頸骨筋)は台尻握りの場合の方が切削時に大きく放電していた。台中部握りの場合の右前頸骨筋は、図に示されているように1回目の切削を終えて次の切削動作に入る前段階から放電が起きていた。

4. 考 察

(3)の筋放電特性から、かなの握り位置の違いが切削動作を以下のように特徴付けていると考えることが出来る。台中部握りの場合の切削は、右上腕及び左右の固有背筋群の放電が大きいところから、右手でかな台を被削材に押しえつながら上体を利用して切削動作をとっていることが伺える。そのため、下肢を踏ん張った切削動作は台尻握りよりも弱くなるため、下肢の放電が小さいことが理解される。さらに、前頸

骨筋が切削前から放電していることは切削開始時に上体を効かすための準備動作と考えることが出来る。一方、台尻握りによる切削動作は下肢を綱引きの要領で踏ん張って切削していると解釈出来る。そのため、下肢の放電が大きく、逆に上肢はかんなを押さえつける力が弱くなり引くことが主となるために筋放電が小さくなるものと考えられる。

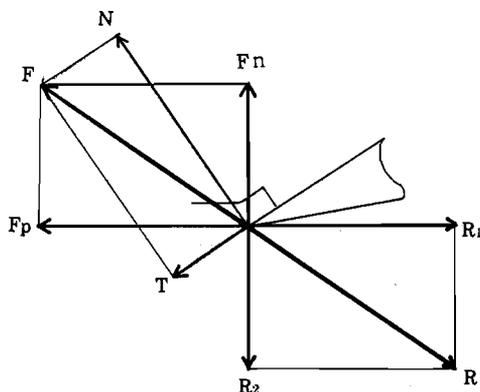
かんなの握り位置によって、切削動作に以上のような違いが生じているとするなら、前記した平均切削速度や切削精度の相違を説明することが出来る。すなわち台中部握りでは、かんなを押さえつけながら引いているので、台尻握りより切り屑は厚くなる。その結果、切削面積が広がるために削り残し面積が少なくなる。しかし、押さえつけながら引く動作は中学生にとっては困難な動作でもあり、体力の無い者では最後まで引き切ることが出来ずに、途中で体勢を立て直さざるを得なくなると思われる。その結果、平均切削速度にばらつきが生じると共に、かんな枕などの傷が増えることとなる。一方、台尻握りでは切削当初の木材の抵抗力に見合った切削力を体重を利用してかんなを引く力によって発揮することになる。この方法は体力のない者でも切削動作が取りやすい。また、その後の切削に要する力は削り始めほど大きくはないので、そのまま体重を掛けて引き切ることができ、スムーズな連続動作を維持しやすいものと思われる。従って、平均切削速度にばらつきが少ないことと共に、かんな枕などの傷の発生が起きにくいものと考えられる。しかしながら、かんなを押さえつける力を要しないことは削りくずの厚さを薄くし、所定の回数では削り残し部分が生じることとなる。

木材は細胞組織の不均質に加え、強度異方性が強く、完全な弾性体ではないなどの諸点のためにその切削機構は複雑である^{12),13)}。しかしながら、基本原理については図6のように説明が付いている。すなわち、二次元切削において、刃先が被削材に切り込み、切り屑

がすくい面に沿って上ろうとする時、刃物にはすくい面に直角方向の圧縮力(N)とすくい面に平行方向の摩擦力(T)の合力としての切削力(F)が生じていることになる。一方被削材側からの切削力に対する抵抗は変形抵抗、分離抵抗、摩擦抵抗の合力として切削力と同じ大ききで180度方向を変えて生じることとなる(R)。切削抵抗を主分力(R₁)と背分力(R₂)に分解して各分力の性質を見ると、主分力は切削方向と反対の方向に働くが、背分力は臨界切削角を境にして方向を転じて働いてくる。教材用かんなのように切削角が臨界切削角より小さい場合は背分力が概念図のように下方に向くことになる。すなわち被削材は刃先を自身の内部に押さえつけるようにして抵抗することとなる。良く研磨調整されたかんなを被削材の上に乗せ、かんなを押さえつけずに台尻部を摘んで引くだけで削れるのは、抵抗成分の背分力が下方に働き、被削材自体がかんなを材中に吸い付けていることに他ならない。

前述したように、職人の世界では精度と共に効率を重視するため、かんなを被削材に押さえつけながら引き削るといった、異なる方向の力を同時にバランスさせる方法になっている。しかし、本実験結果を踏まえると、この方法は非力な中学生には比較的困難な動作といえる。切削原理を踏まえると、切削時にかんなを被削材に押さえつけることは必要条件ではない訳であり、切削学習に当たってはこうした原理を踏まえることが肝要であると考えられる。すなわち、かんな切削学習の初期においては切削原理に基づき、かんなを押さえつけることより引くことの方を優先させた指導が適正であるとみなせる。そのためには、かんなを握る位置を台尻部とすることで、主要な解決が図られるものと考えられる。

本実験を行うに当たり、かんなの適正な大きさについても若干の検討を加えた。かんなの重さの違いによる影響については、河原によって調べられており¹⁴⁾、重いかんなの方が削りやすいことが明らかにされている。しかしながら、河原等は教育用かんなに統一し、重さだけを変化させて調べており、かんなの大きさについては触れていない。切削未経験者は握り幅が小さく持ちやすいかんなを好ましく思う傾向があるので、小型かんな(32×58×212mm, 550g)と教材用かんなを用いて試行切削をおこない、官能検査をしたところ、10人中9人の生徒が、教育用かんなの方が使いやすさとの結論を得た。切削面の精度検査の結果は両かんな共に顕著な違いはないところから、小型かんなは軽いために空削りが起きやすく、また身幅が狭いために切削効率が劣ることが不評の根拠のようであった。



F: 切削力. N: 圧縮力. T: 摩擦力. Fp: 水平分力
Fn: 垂直分力. R: 切削抵抗. R₁: 主分力. R₂: 背分力

図6. 二次元切削の基本概念

5. ま と め

かんなの握り位置の違いが、切削動作及び切削精度

にどのような影響を及ぼすものであるのか、検討を加えた結果、下記の知見を得た。

- 1) 平均切削速度は、台中部握りの方が台尻握りに比して広く分布した。
- 2) 切削面の傷の出現数は、台尻握りの方が少なかった。台中部握りでは総じて傷出現数が多く、且つ個人によるばらつきが目立った。
- 3) 平均切削速度、切削面精度を中心に男女間の違いを探った結果、台中部握りの場合は性差が見られたが、台尻握りの場合には性差は見られなかった。
- 4) 上肢の筋放電は、台尻握りより台中部握りの方が大きかった。下肢の筋放電は、台中握りより台尻握りの方が大きかった。

以上の知見を踏まえ、中学生におけるかな切削は台尻握りが好ましいとの判断を得た。

文 献

- 1) 文部省初等中等教育局：教育課程実施状況に関する総合的調査研究報告書—中学校—, 353(1985)
- 2) 田中通義：上越教育大学研究紀要 vol.13, 19-27(1994)
- 3) 日本産業技術教育学会誌 vol.39, 131-137(1997)
- 4) 加藤忠太郎他, 1名：日本産業技術教育学会誌 vol.38, 125-129(1996)
- 5) 陳廣元, 他3名：木材学会誌 vol.48, 80-88(2002)
- 6) 土井康作：日本産業技術教育学会誌, vol.28, 65-69(1986)
- 7) 近藤義美：日本産業技術教育学会 vol.18, 123-127(1976)
- 8) 寺田盛紀, 他2名：金沢大学教育学部教科教育研究 No25, 57-65(1988)
- 9) 榎田博文, 他1名：愛知技術教育学会誌 No.25, 39-47(1988)
- 10) 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析」(1992)
- 11) 佐藤秀雄, 他1名：日本産業技術教育学会誌 vol.14, 27-29(1973)
- 12) 土肥修, 他1名：機械学会論文集, vol.42, 1937-1945(1976)
- 13) 加藤幸一：群大教育学部紀要, vol.18, 9-22(1982)
- 14) 河原淳夫, 他2名：日本産業技術教育学会誌, vol.24, 127-133(1982)

(平成14年9月10日受理)