

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：14403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25381191

研究課題名(和文)技術科教育での加工学習を支援する加工音を活用した指導方法の確立

研究課題名(英文)Teaching method using a handsaw sound to support the woodworking learning in technology education

研究代表者

永富 一之(NAGATOMI, KAZUYUKI)

大阪教育大学・教育学部・教授

研究者番号：00228040

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、中学校技術・家庭科技術分野における生徒の加工技能の上達を支援する加工音を活用した指導方法の確立を目的として、まず、のこぎりびき作業時の加工音特性と適切な加工動作との関係を明らかにし、これを踏まえ、加工音を活用した指導方法の有効性を比較実験授業により検証した。その結果、のこぎりびき技能習得における加工音を用いた指導法は、加工精度として切断面粗さの向上に効果的である。この切断面の粗さの向上は、理想的な音の強弱やリズムを意識させることで、のこぎりを引くときに加える力が弱まることに起因していると考えられることから、加工音は、引き返し時の力の入れ方の指導に利用できると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to examine the effectiveness of a teaching method using a handsaw sound to support the woodworking learning in technology education. At first, the relationship between the characteristic of handsaw sound and the good sawing motion were examined. Then, the effectiveness of the teaching method using the good example of a handsaw sound was examined in the junior high school class.

As for the wave pattern of the handsaw sound for junior high school students, a big sound generated in the pull stroke and a small sound generated in the push stroke are repeated at a constant cycle. This cycle of the sound is about one round stroke per second. The teaching method using a handsaw sound is effective for improvement of the surface roughness of cutting plane. However, it is not effective for the improvement of the skill to cut straight and the skill to cut in a right angle.

研究分野：木材加工教育

キーワード：加工音 のこぎりびき 技術科教育 教材

1. 研究開始当初の背景

中学校学習指導要領(平成20年3月)の改訂より、技術・家庭科技術分野の4つの内容が必修化され、改定前での選択内容も含まれることになった。一方、技術・家庭科に割り当てられた授業時数は増加せず改定前と同じとなっており、技術の授業では、これまで以上に基礎的・基本的知識及び技能を効率良く確実に習得させることが求められている現状にある。

特に、内容A「材料と加工に関する技術」における「ものづくり」は、ものを設計・製作するプロセスにおいて総合的な知識と技能を結集し、様々な技術的問題の解決をはかりながら製品の完成へと導く実践的な教育内容である。しかし、限られた指導時間の中で、工作体験の不足した生徒の設計・製作する作品が本来の機能・性能を満たすには、生徒一人一人の加工技能の習得状況に応じ、技能の上達を積極的に支援する指導方法の開発が必要と考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、技術・家庭科技術分野内容A「材料と加工に関する技術」における基礎的な加工技能として「のこぎりびき」をとりあげ、作業状態と加工音との対応を解明して、従来からの姿勢、動作などの指導項目に加えて、加工作業時に発生する音を聴かせることにより、生徒の加工技能の上達を積極的に支援する指導方法の確立を目的とする。

3. 研究の方法

(1) のこぎりびきの作業状態と加工音特性

実験装置および計測システムを図1に示す。のこぎりびきの作業映像は、被験者の正面と側面に設置した2台のビデオカメラで録画し、切断力は作業台に固定した動力計(八角弾性リング)で、水平方向と垂直方向の2分力(測定周波数10Hz以下)を検出し、動ひずみ計を介してデータレコーダに信号を保存した。のこぎりびき音は切断面から45°の角度で1m離れた位置に設置したマイクロホン(測定周波数20kHz以下)で検出し、この信号をデータレコーダに保存した。

のこぎりには、替刃式両刃のこぎり(刃渡り:210mm,ピッチ:1.5mm,あさり幅:0.7mm)を使用した。切断用材には、長さ260mm,厚さ12mm,幅70mmのヒノキ板目材を用いた。のこぎりびきは、片手びきによる横びき作業とした。

実験では、適切な作業状態と不適切な作業状態とを合わせて合計13種類の作業条件で実施した。まず、熟練者(一級家具製作技能士)による適切なのこぎりびきの加工音を測定した。さらに、中学1年生ののこぎりびき作業の観察結果に基づき、中学生が行いがちな不適切な作業状態を真似た条件として、「力の入れ具合」、「引き込み角度」及び「引き返し周期」を取り上げ、準熟練者(木材加

工実習履修済みの教員養成系大学生)を作業者としてのこぎりびきの加工音を測定した。

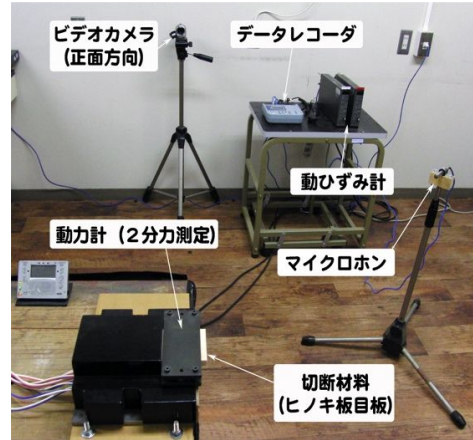


図1 実験装置および計測システム

(2) 中学生(初級者)に適したのこぎりの引き返し周期

中学生の場合、目標とする加工音は、熟練者の行う高効率での作業中(引き返し周期:約130往復/分)の加工音ではなく、もっと遅い引き返し周期で精度を意識した作業中の音が適切と考え、初級者19名(中学校技術・家庭科におけるのこぎりびき学習前で且つ小学校等で数回程度経験のある中学1年生)と中級者19名(中学校技術科教員免許に関わる科目「木材加工実習」を履修済みの大学生)を被験者として実験を行った。

まず、のこぎりびき練習を切断線からのずれ幅 ± 2.0 mm以内の加工精度で2回連続して達成するまで繰り返し、その後、引き返し周期を30~195往復/分の間で15往復ステップ、合計12段階の範囲内で変化させてメトロノームの周期音にあわせて切断させた。その時の加工精度の測定と共に、各周期での作業感覚を「切りやすい」、「やや切りにくい」、「とても切りにくい」の3段階で自己評価させた。

(3) のこぎりびきの加工音に関する指導用教材の制作

この教材では、前述の実験(1),(2)で得られた理想的な加工音や中学生が行いがちな不適切な加工音のこぎりびき作業時の加工音を、各作業映像と切削力波形データを活用し、パワーポイントを用いた指導者による提示型の教材を制作した。

(4) のこぎりびきの加工音を活用した指導方法の有効性

従来からの指導方法によるのこぎりびき練習を行ったグループと、従来の指導方法に加え加工音を聴かせたグループの加工精度を比較し、のこぎりびき技能習得に及ぼす加工音を活用した指導方法の効果について検討した。

比較実験授業では、大阪教育大学附属平野中学校に在籍する第1学年89人(男子43人,女子46人)を対象に、従来通りの授業組(以

下,従来組)44人と加工音を活用した授業組(以下,加工音組)45人に分けて実施した。のこぎりびきは,替刃式両刃のこぎり(刃渡り210mm,目数20/30mm,アサリ幅0.7mm)を使用し,厚さ12mm,幅70mmのヒノキ乾材を切断した。切断材料の表面には間隔20mmごとに切断線が描かれており,切り始め部分には約1mmの引き溝が付けられているものを用いた。なお,作業は専用固定治具で被削材を固定し,片手による横びきで行った。

比較実験授業の流れを表1に示す。のこぎりびき練習は,授業において6回繰り返して行った。このうち4回目までは加工音組と従来組共に同じ内容で実施した。切断練習5回目以降,加工音組は,5回目練習前に2種類の音(理想的な音と強い力で速く動かしている場合の不適切な音)を聴かせ,6回目練習前に,理想的な音のみを再度聴かせた。一方,従来組は,のこぎりびき時の注意点の確認をさせて6回目まで繰り返し練習させた。

加工音を活用した指導方法の効果として,のこぎりびき技能習得レベルの評価は,加工精度の観点から直進度(幅方向における左右の最大ずれ幅),直角度(厚さ方向における最大ずれ幅),切断面粗さ(目視による5段階区分)の3項目で行った。さらに必要に応じて,切断面から引き込み角度を確認し評価に用いた。

表1 比較実験授業の流れ

加工音組	従来組
説明 (目標・固定方法・使用刃・持ち方)	
1回目の練習	
説明 (切断中・切り終わり・引き込み角) + 示範2回	
2回目の練習	
説明 (姿勢・動作・目の位置)	
3回目の練習	
説明 (力の入れ方・刃渡りの使い方)	
4回目の練習	
説明 (理想的な加工音と不適切な加工音)	説明 (まとめ)
5回目の練習	5回目の練習
説明 (まとめ・理想的な加工音)	説明 (まとめ)
6回目の練習	6回目の練習

4. 研究成果

(1) のこぎりびきの作業状態と加工音特性
適切な作業状態の加工音として,準熟練者によるのこぎりびきの加工音の時間波形を図2に示す。この加工音の特徴は,引き込み時に大きな音が発生して引き返し時に小さな音となる安定した音の強弱が,一定の周期でリズム良く繰り返される。ただし,熟練者と準熟練者を比較すると時間波形の特徴は共通しているが,熟練者の方が引き返し周期が短く,切断効率がよい。

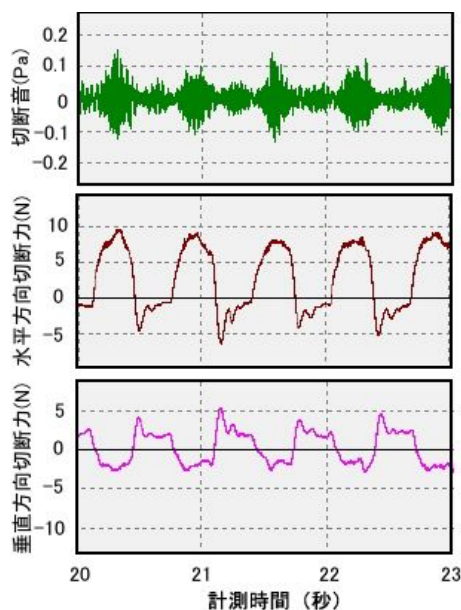


図2 のこぎりびきの加工音と切断力(準熟練者の波形例)

常に強すぎる力で切断した場合,切削面は粗いが,切断に要する時間は短い作業となる。このときの加工音の時間波形の特徴は,全体的に大きな振幅波形となり,その繰り返しの中に,さらに突発的なピーク信号が,引き始めやその途中で複数認められる。

常に軽い力で切削した場合,切削面は良好であるが,切断に要する時間は長くなる。このときの加工音の時間波形の特徴は,引くときと返すときの波形がほぼ同じで,音圧レベルが小さい。

(2) 中学生(初級者)に適したのこぎりの引き返し周期

のこぎりびきの技能習得レベルに応じた目標とするべき引き返し周期を検討した結果,初級者の加工精度が最も良い周期は,19名全員が切断線からのずれ幅が ± 2.0 mm以内である60往復/分と75往復/分であり,且つ自己評価で「切りやすい」との回答が最も多い周期60往復/分もこの範囲に含まれる。なお,中級者の加工精度が最も良い周期で且つ「切りやすい」との回答が最も多い周期は,両者とも90往復/分である。

以上の結果,のこぎりびき学習時に目標とすべき中学生(初級者)に適した加工音(図

3) の引き返し周期は、およそ 60 往復/分が
良いと考えられる。

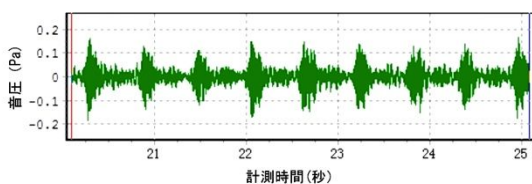


図 3 中学生（初級者）用のこぎりびき音の
時間波形（引き返し周期：60 往復/分）

(3) のこぎりびきの加工音に関する指導用
教材の制作

のこぎりびきの加工音に関する指導用パ
ワーポイント教材には、理想的な加工音や中
学生が行いがちな不適切なのこぎりびき作
業時の加工音を含む全 13 種の加工状態につ
いて収録している。この教材のフロントペ
ージには、各加工状態の選択ボタンを配置し
、その下層に、選択された加工状態の解説とそ
の加工音および切断時の力の時間波形を表
示するページ（図 4）で構成している。さら
に、表示されている写真をクリックすること
で、加工動作を拡大表示する写真または動画
を加工音の時間波形と共に視聴（図 5）で
きる構成としている。

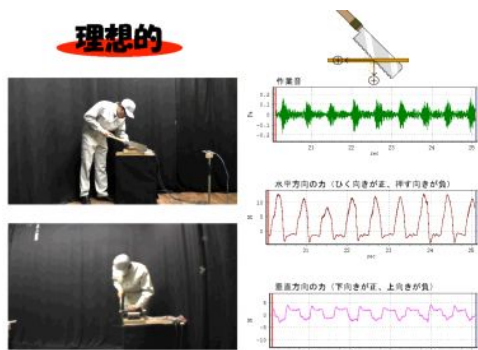


図 4 理想的なのこぎり音の解説画面

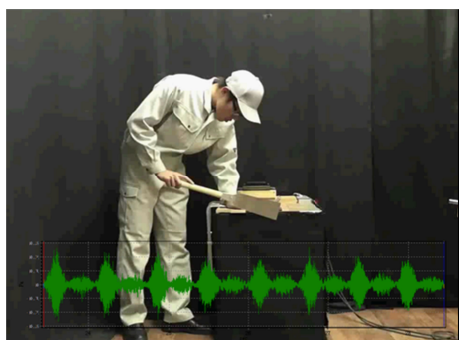


図 5 理想的なのこぎりびきの音と加工動作
の視聴画面

(4) のこぎりびきの加工音を活用した指導
方法の有効性

練習 1 回目から練習 4 回目までの加工精度
の変化

練習 1 回目から練習 4 回目までの共通指導
部分の加工精度（直進度、直角度及び切断面

粗さ）の中央値を表 2 に示す。加工精度の中
央値については、練習 1 回目と比較して、練
習 4 回目の中央値の値がすべて小さくなって
いる。特に切断面粗さについては、大きく向
上している（図 6）

表 2 切断練習 1 回目から 4 回目までの
加工精度の中央値

	直進度 (mm)	直角度 (mm)	切断面 粗さ
1 回目	2.1	0.8	3.0
2 回目	2.0	0.8	2.0
3 回目	1.8	0.6	2.0
4 回目	1.8	0.7	2.0

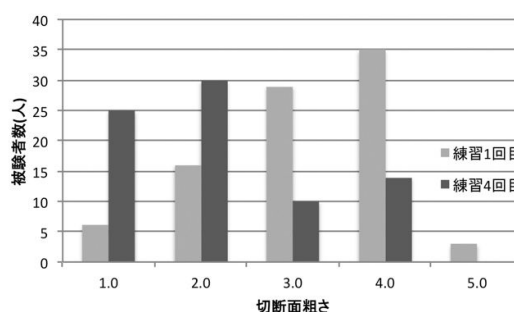


図 6 練習 1 回目と練習 4 回目の切断面粗
さの分布

のこぎりびき技能習得に及ぼす加工音の
効果

のこぎりびき技能習得に及ぼす加工音の
効果について検討する上で、まず、切断練習
4 回目を終えた時点での被験者の技能習得レ
ベルに応じたグループ分けを、Ward 法による
クラスター分析により、以下の A~D の 4 グ
ループに分けている。

- A：直進度，直角度，切断面粗さのすべて
が良いグループ（22 人）；
- B：直進度の悪いグループ（39 人）
- C：直角度の悪いグループ（7 人）
- D：切断面粗さの悪いグループ（21 人）

加工音組と従来組の練習 6 回目の加工精度
の比較として、中央値および中央値間の差の
検定結果を各グループ別に表 3 に示す。

加工音組と従来組間で加工精度の中央値
を比較した場合、D グループにおける切断面
粗さのみ両者間に有意水準 1%で有意差が認
められる。その他は加工精度において、両者
間に有意差が認められない。

したがって、のこぎりびきの加工精度にお
いて、従来からの指導方法と比較して、加工
音を聴かせることの効果は、切断面粗さが悪
い被験者の加工精度を向上させることにつ
いてのみ有効と言える。

ところで、切断面粗さに及ぼす切断条件の
主要な因子としては、同じのこぎり刃を使用
した場合、一刃あたりの切り込み量の影響が
想定される。一刃あたりの切り込み量は、の
こぎりびきにおける引くときに加える押さ
える力の大きさと、材料に接触している刃数

すなわち引き込み角度に左右される。そこで、Dグループに属する被験者の木片の切断面から、練習4回目と練習6回目の引き込み角を測定し、引き込み角と切断面粗さの関係について加工音組と従来組に分けて図7に示す。なお、図中の矢印は、個々の被験者の4回目から6回目の値の変化を示している。

まず、加工音組Dグループ(11人)の練習4回目と練習6回目の切断面粗さの変化を1人ずつ確認してみると、練習4回目については3点4人と4点が8人であり、この時の引き込み角度は、22°から35°の範囲となっている。練習6回目での切断面粗さは、1点5人、2点5人、3点1人になることから、矢印はすべて左方向に向いている。且つ、練習6回目の引き込み角の変化については、練習4回目と練習6回目を比較して約10度小さくなる被験者が1人認められるが、他の10人の被験者に関しては、変化に差はあるものの10度以内となっており、左横方向への矢印となっている。一方、従来組Dグループ(10人)では、練習4回目と練習6回目の切断面粗さの各被験者の変化は、練習4回目時の切断面粗さ3点4人、4点6人から、練習6回目の切断面粗さ1点1人、2点2人、3点4人、4点3人となり、その中で、切断面粗さの向上しているのは10人中4人である。引き込み角は、切断面粗さが向上した4人中3人の引き込み角に10度以上小さくなる変化が認められ、切断面粗さが向上しなかった被験者に関しては、引き込み角の大きな変化は認められない。

したがって、のこぎりびき加工音を聴かせ、その引き返し周期と音の強弱に注意を向けさせる加工音組の指導方法において、引き込み角度がほとんど変化していないにも関わらず、切断面粗さが全員向上している事実は、被験者の引くときに加える押さえる力の大きさが弱まったと考えることができる。一方、従来組の場合は、適切な引き込み角度に気がつき、修正できた被験者も認められるが、力の入れ具合においては修正することができず、切断面粗さの向上に至ってないと考えられる。

表3 加工音組と従来組の練習6回目の加工精度の比較

Aグループ	直進度(mm)		直角度(mm)		切断面粗さ	
6回目(加工音組)	1.70	0.771	0.58	0.690	2.0	0.532
	(4.20-1.10)		(1.20-0.20)		(4.0-1.0)	
6回目(従来組)	1.65	0.771	0.60	0.690	2.0	0.532
	(2.80-1.00)		(1.00-0.50)		(4.0-1.0)	
Bグループ	直進度(mm)		直角度(mm)		切断面粗さ	
6回目(加工音組)	2.10	0.196	0.60	0.540	1.5	0.541
	(6.20-1.00)		(1.20-0.30)		(3.0-1.0)	
6回目(従来組)	1.95	0.196	0.70	0.540	1.0	0.541
	(3.70-1.20)		(1.90-0.30)		(2.0-1.0)	
Cグループ	直進度(mm)		直角度(mm)		切断面粗さ	
6回目(加工音組)	2.40	0.771	1.30	0.690	2.0	0.532
	(2.80-2.00)		(1.50-1.10)		(2.0)	
6回目(従来組)	1.80	0.771	1.20	0.690	2.0	0.532
	(2.80-1.60)		(1.60-0.80)		(2.0-1.0)	
Dグループ	直進度(mm)		直角度(mm)		切断面粗さ	
6回目(加工音組)	1.50	0.502	0.60	0.695	2.0	0.006**
	(3.60-1.20)		(1.00-0.30)		(3.0-1.0)	
6回目(従来組)	1.35	0.502	0.53	0.695	3.0	0.006**
	(3.00-0.90)		(1.00-0.30)		(4.0-1.0)	

()内：最大値と最小値 **：有意水準1%

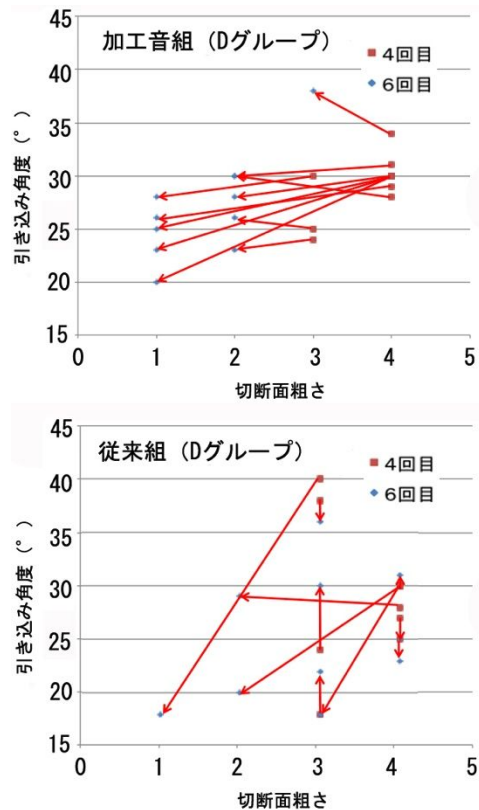


図7 加工音組と従来組におけるDグループ(切断面粗さの悪いグループ)の練習4回目と練習6回目の引き込み角と切断面粗さの関係

以上のことから、のこぎりびき技能習得に及ぼす加工音を活用した指導方法において、直進度や直角度の精度の向上は認められないが、切断面粗さに関しては、切断面の粗さが悪い被験者に対して効果が認められる。この効果は、理想的な音の強弱やその周期を意識させることで、引くときに加える力が弱まり適切な切断状態に変化することに起因していると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 1件)

遠山洋平, 永富一之: 技術科教育におけるのこぎりびきの加工音を活用した指導方法の開発, 日本産業技術教育学会近畿支部第31回研究発表会, 2014.11.30, 滋賀大学教育学部(滋賀県)

〔その他〕

加工音を活用したのこぎりびき指導用教材掲載 Web ページ

http://www.osaka-kyoiku.ac.jp/~nagatomi/subcommittee_wood/

6. 研究組織

(1) 研究代表者

永富 一之 (NAGATOMI, Kazuyuki)

大阪教育大学・教育学部・教授

研究者番号: 00228040