

技術科教育でのものづくり学習を支援する
作業音を利用した指導方法の開発

課題番号 14580304

平成14年度～平成15年度科学研究費補助金

基盤研究(C)(2)

研究成果報告書

平成16年 3月

研究代表者 永 富 一 之

(宮崎大学教育文化学部助教授)

研究組織

研究代表者：永富一之（宮崎大学教育文化学部助教授）

交付決定額（配分額）

（金額単位：千円）

	直接経費	間接経費	合計
平成 14 年度	1600	0	1600
平成 15 年度	1100	0	1100
総 計	2700	0	2700

研究発表

(2) 口頭発表

永富一之・後藤なみ:のこぎりびき作業における発生音特性と技能レベル,

日本産業技術教育学会第 45 回全国大会講演要旨集, p 13, 2001 年 8 月

目 次

	頁
緒 言	1
1. のこぎり引き作業における発生音特性と技能レベル	3
1-1 実験方法	3
1-1-1 実験装置	3
1-1-2 測定方法	11
1-2 結果と考察	14
1-2-1 示範者による各種のこぎりびき作業時の発生音特性	14
1-2-2 のこぎりびき技能の向上に伴うのこぎりびき音の変化	23
1-3 結論	28
2. 中学生ののこぎりびき精度と発生音特性	30
2-1 全国木工スキルコンテストの概要	30
2-2 分析方法	31
2-2-1 競技種目「のこぎりびき」の概要	31
2-2-2 作業映像および切断面の分析内容	32
2-2-3 切断音の分析方法	35

2-3	結果と考察	35
2-4	結論	42
3.	まとめ	43
4.	参考文献	44

緒 言

「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り、技術・家庭科や「総合的な学習の時間」を中心に多様な教育活動において実践されると考えられる。しかし、限られた指導時間の中で、工作体験の不足した子供たちの製作品が本来の性能を満たすには、子供たち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の必要がある。

加工学習における技能の習得過程やその指導方法に関連する既往の研究は、熟練者の作業要素分析を行う研究に始まり、近年では技能の初期段階の習得過程を認知科学的な手法を用い解明し指導方法に適用した研究があげられる^{1~6)}。

筆者は、「ものづくり」で使用される基本的な工具（例えば、のこぎり、げんごうなど）の加工動作の特徴として、技能の上達に伴い、個々の加工動作が連結してリズムカルな繰り返し運動となることに着目し、従来から指摘されている加工動作を分解した個々の指導項目に、個々の加工動作の連結を積極的に支援するリズムカルな運動を重視した指導項目を加えることで、加工技能の学習に関する指導方法の充実に寄与できると考えている。

そこで、本研究では、中学校技術・家庭科におけるものづくりに関わる基本的な加工動作である「のこぎりびき」の技能を研究対象として、のこぎりを使用した加工作業時に発生する音の時間波形および周波数特性の解析を行い、加工動作（姿勢、切削力、工具の動かし方）との対応を明らかにした。さらに、これらの結果をもとに、「全国木工スキルコンテスト」応募者の作業記録ビデオテープ（248名）より、中学生ののこぎりびきの加工精度との対応を検討した。

以上のデータ解析結果をもとに、のこぎりびき技能の習得を支援する加工作業時に発生する音を利用した新たな指導方法について考察した。

1. のこぎり引き作業における発生音特性と技能レベル

熟練者の作業動作には、一定のリズミカルな動きが認められ、そこでは、安定した作業音が発生する。このことは、作業動作の指導項目としてあげられる姿勢、目の位置、工具の持ち方、力の配分など、個々の加工動作のなめらかな連結がもたらすと考えられる。

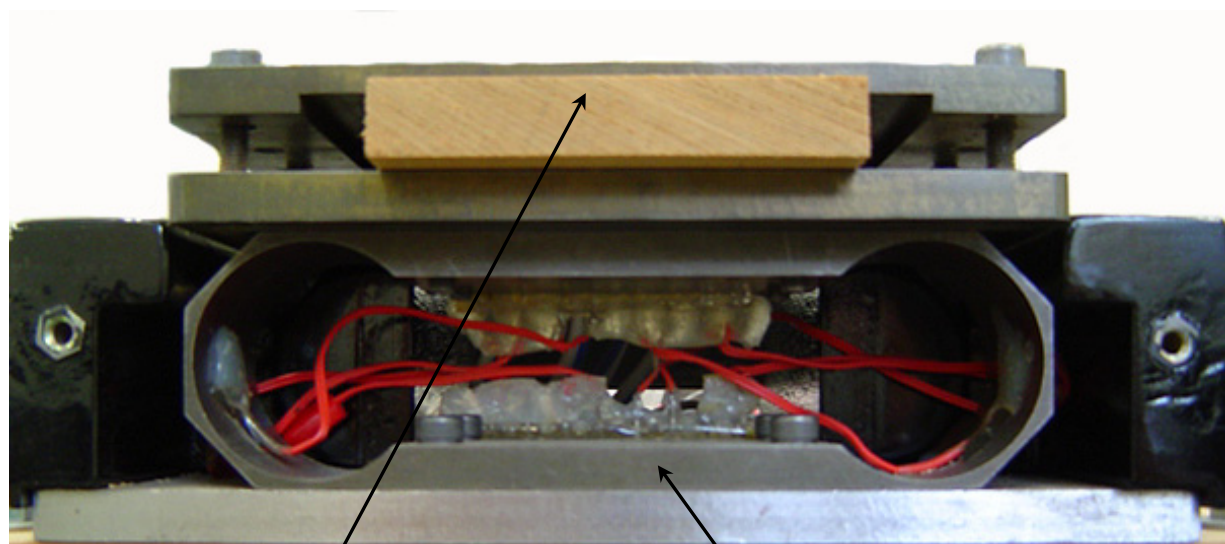
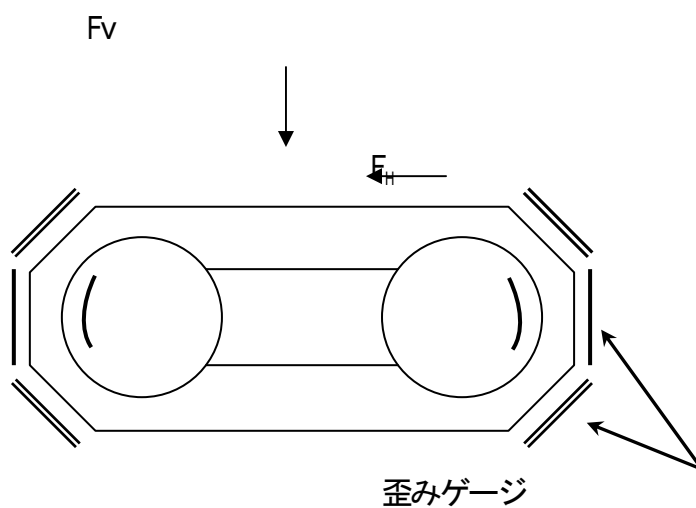
そこで、まず初めに、熟練者と初心者ののこぎり引き作業時における発生音の特徴を明らかにして、技能レベルとの対応を検討した。そして、従来からの視覚により作業動作を判定して指導する方法に加え、リズミカルな作業音を擬音で表現するための聴覚的な指導方法についての基礎資料を得た。

1-1 実験方法

1-1-1 実験装置

切削時に加えられる力の大きさを測定するために図1に示す八角弾性リング（高さ 68mm 幅 45mm 長さ 152mm の軟鋼製）に歪みゲージを貼りブリッジ回路を組んだ動力計を製作した⁷⁾。この装置は、4ゲージ法によるブリッジ回路を組み、 F_v 方向の力（のこぎり引き時に材料を上方向から押さえる垂直方向の力）が作用すると図中に示された太線で示された4箇所の歪みゲージにひずみが発

生し、 F_H 方向の力（のこぎりびき時に材料を引く水平方向の力）が作用すると二重線で示された4枚の歪みゲージにひずみが発生し、4倍の出力を得るようにした。



切断材料（アガチス材）

動力計（八角弾性リング）

図1 製作した動力計

この動力計の感度および F_H と F_V 干渉度を調べるために、動力計に水平方向および垂直方向の力を加えて動ひずみ計を介してFFTアナライザーに入力し、波形として検出する実験を行った。 F_H 方向荷重における出力電圧および F_V 方向への干渉電圧を図2に示す。また、 F_V 方向荷重における出力電圧および F_H 方向への干渉電圧を図3に示す。さらに、上記の結果から下記の干渉補正の計算式を得た。

【 F_H 方向】

$$\text{出力電圧 (mV)} = 43.42 \times R_1 (\text{F}_H \text{方向荷重: N}) \quad (R^2=0.83)$$

$$\text{F}_V \text{方向干渉電圧 (mV)} = -3.71 \times R_1 (\text{F}_H \text{方向荷重: N}) \quad (R^2=0.81)$$

【 F_V 方向】

$$\text{出力電圧 (mV)} = 31.82 \times R_2 (\text{F}_V \text{方向荷重: N}) \quad (R^2=0.99)$$

$$\text{F}_H \text{方向干渉電圧 (mV)} = 0.258 \times R_2 (\text{F}_V \text{方向荷重: N}) \quad (R^2=0.50)$$

【干渉補正の計算式】

$$F_H \text{ (N)} = 1.008R_1 + 0.086R_2$$

$$F_V \text{ (N)} = 0.999R_2 - 0.008R_1$$

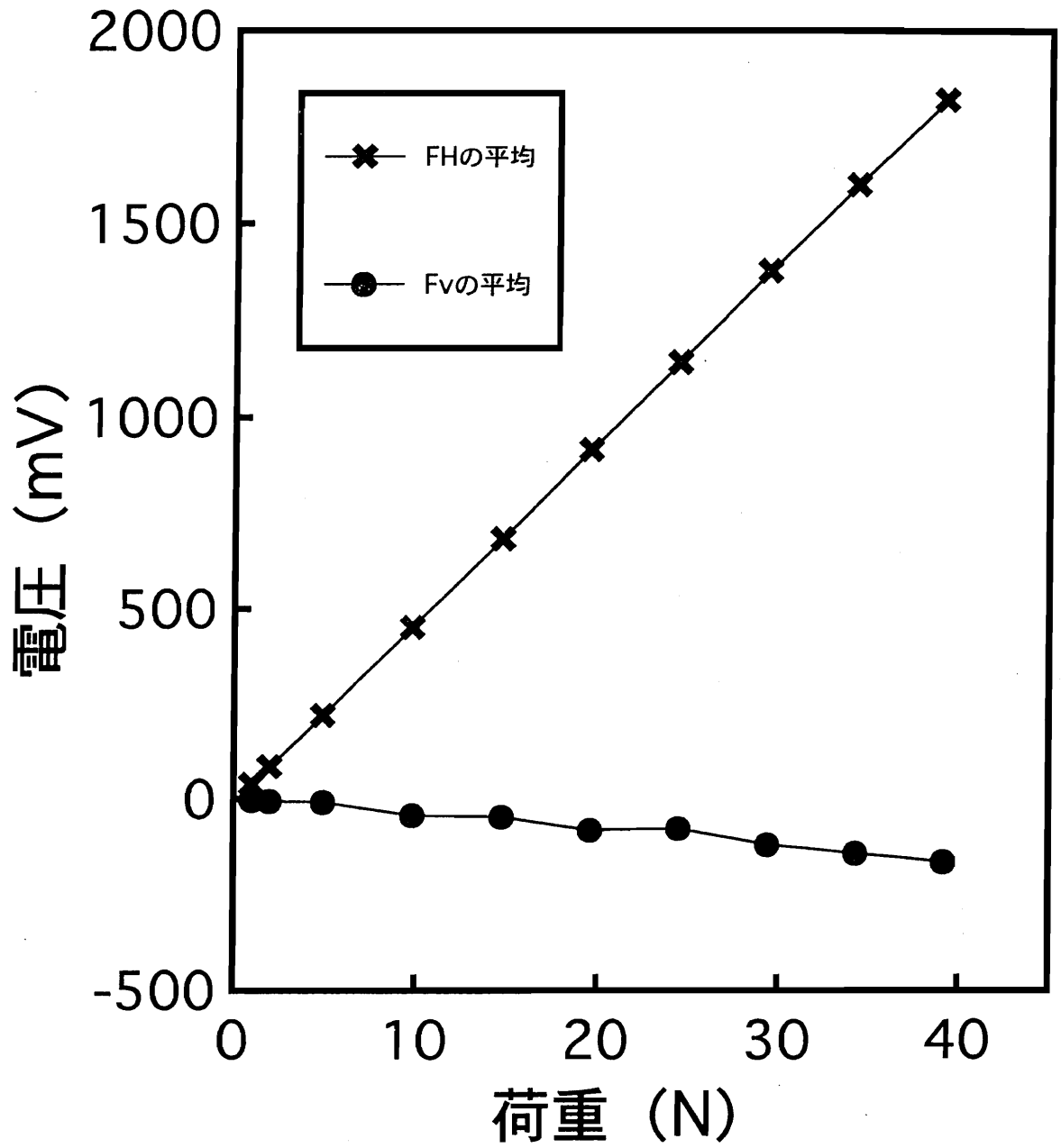


図2 F_H 方向荷重における出力電圧および F_V 方向への干渉電圧

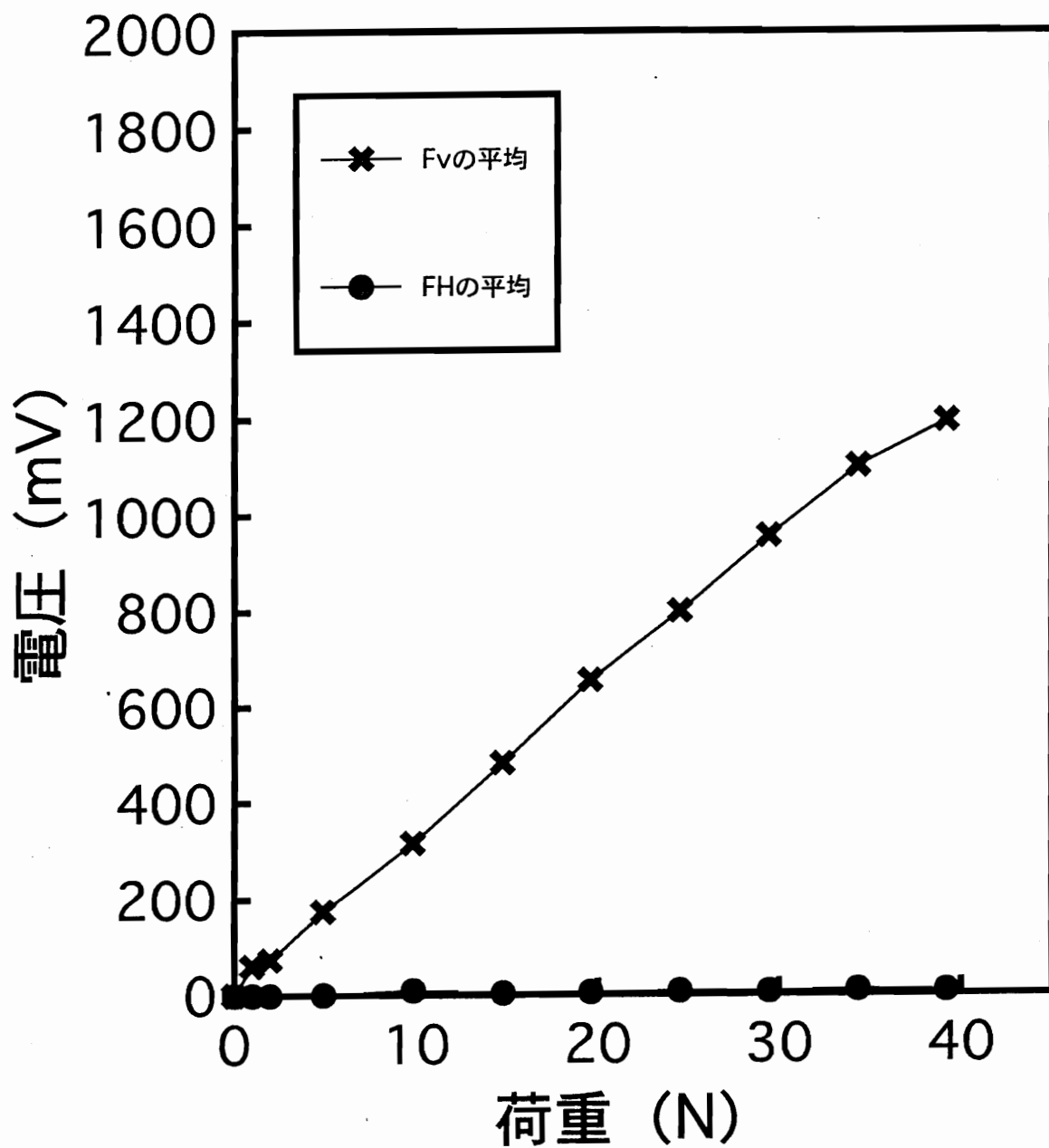


図3 F_v 方向荷重における出力電圧および F_H 方向への干渉電圧

実験の計測システムを図3に示す。作業映像は、被験者の正面と側面に設置したビデオカメラで録画し、切削力は作業台に固定した動力計で検出し動ひずみ計を介してデータレコーダに記録した。のこぎりびき音は切削面から 45° の角度で 1mの位置に設置した騒音計を直接データレコーダに取り込んだ。また、解析時にトリガー用の信号として用いるために、切削開始直後にパルス信号を発生させ、データレコーダへ取り込んだ。なお、データレコーダに記録した信号は、実験終了後 FFT アナライザーを使用して解析を行うと共に、のこぎりびきの精度（直線度、直角度、切断面の粗さ）の測定、作業動作の映像の検討を行った。

のこぎりびき作業条件を表1に示す。のこぎりびきは、片手びきによる横びき作業として、のこぎりは長さ 210mm の替刃式両刃のこを使用した。試験材は長さ 260mm、厚さ 12mm、幅 75mm のアガチス材を用い、20mm 毎に切断面および直角方向にけがき線をけがいた。なお、切断時は、通常の片手びき作業と同様の体勢となるように、動力計上部の材料固定部分をカバーで覆い、その部分に片手が置けるようにした（図4）。

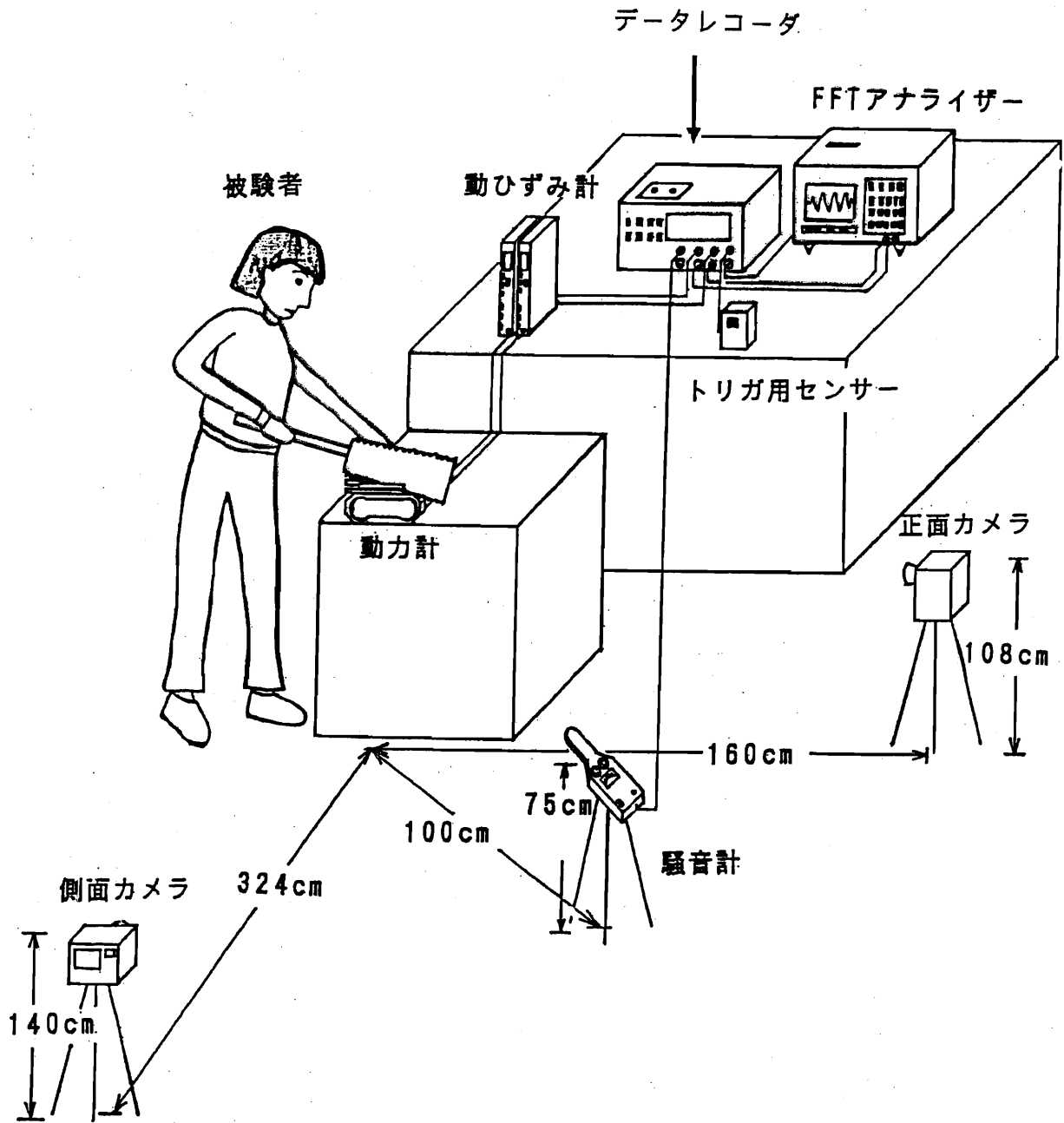


図3 計測システムの概要

表1 のこぎりびき作業条件

使用工具	両刃のこぎり (刃渡り 210mm 歯数 20/30mm あさり幅 0.7mm)
切削方法	片手による横びき
被削材	アガチス材 柾目板 (長さ 260mm 幅 75mm 厚さ 12mm)
切削長	75mm

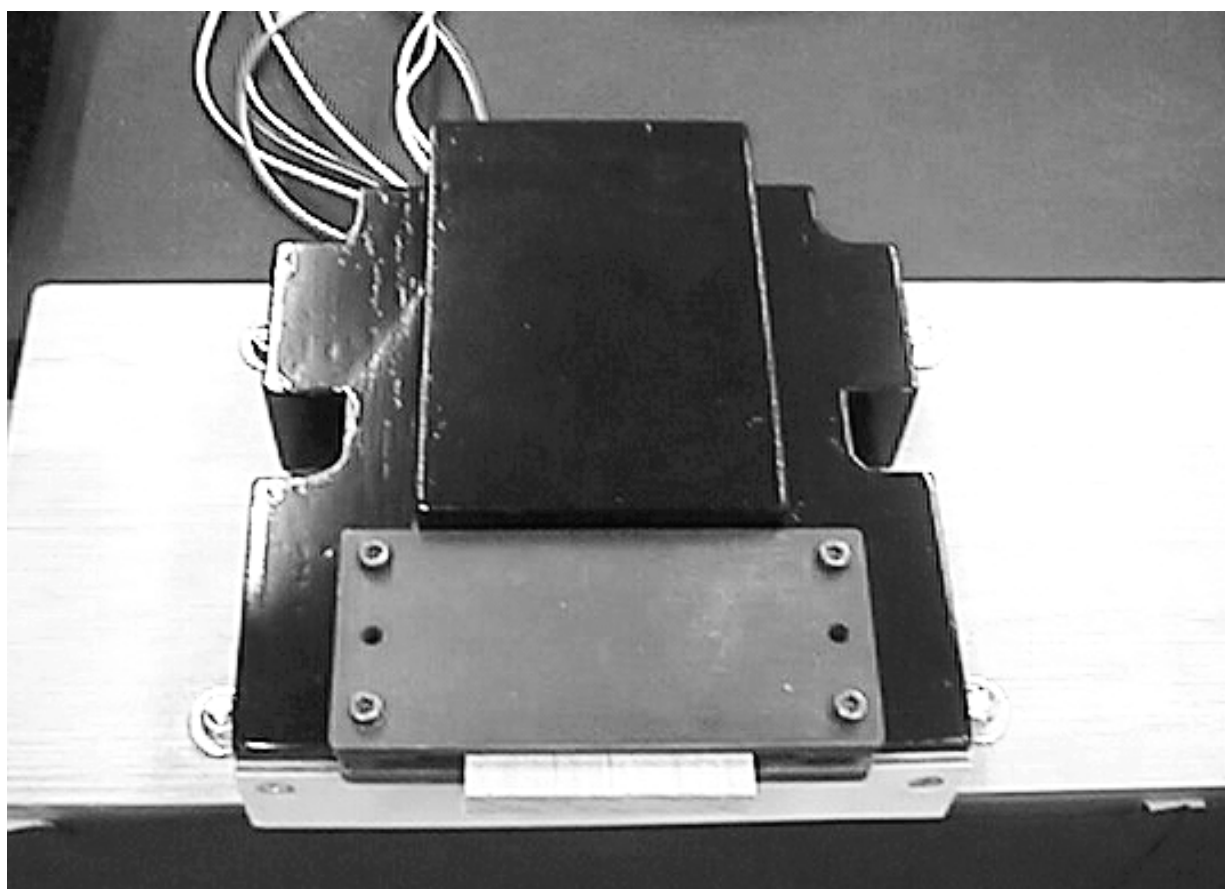


図4 材料固定部

1-1-2 測定方法

実験を行う前に、のこぎりびき作業時のサンプル音を収集するために示範者によるのこぎりびき実験を行った。この実験では、以下に示す5種類の条件時の音を測定した。なお、示範者は、のこぎりびき技能を十分に体得した大学生である。

適切なのこぎりびき作業音

常に強い力で切削したときの作業音

常に弱い力で切削したときの作業音

押すときに力をいれて切削したときの作業音

引き込み角度を大きくして切削したときの作業音

本実験では、初心者が作業の繰り返しによりのこぎりびき技能の習得する過程における作業音の変化を明らかにするために、図5に示すのこぎりびき学習の流れ図にしたがって実験を実施し、図6に示す記録用紙に感想や作業状態を記録した。被験者は、中学1年生以来、のこぎりびきをしたことのない女子大学生4名である。

被験者には、予め目標「直線、直角で切断面がきれいになるように切断する」を知らせ、固定の仕方、使用刃（横びき用）についてのみ説明し、1回目の切削を行ってもらった。その後、その切削の仕方に対する感想と目標の達成度の評価を聞いた。次に手本となるのこぎりびきをみてもらい、2回目どのように

引こうと思ったか聞き，その点に注意しながら被験者に切削してもらい，2回目の評価を聞いた。この後から，姿勢や持ち方，目の位置，力の配分など必要に応じた指導を行い，再び切削，という繰り返しを行って，一連の動作が自然にできるようになった時点でリズムよくひくことを指導に加え，10回以上繰り返し，ある程度目標が達成された時点で終了とした。

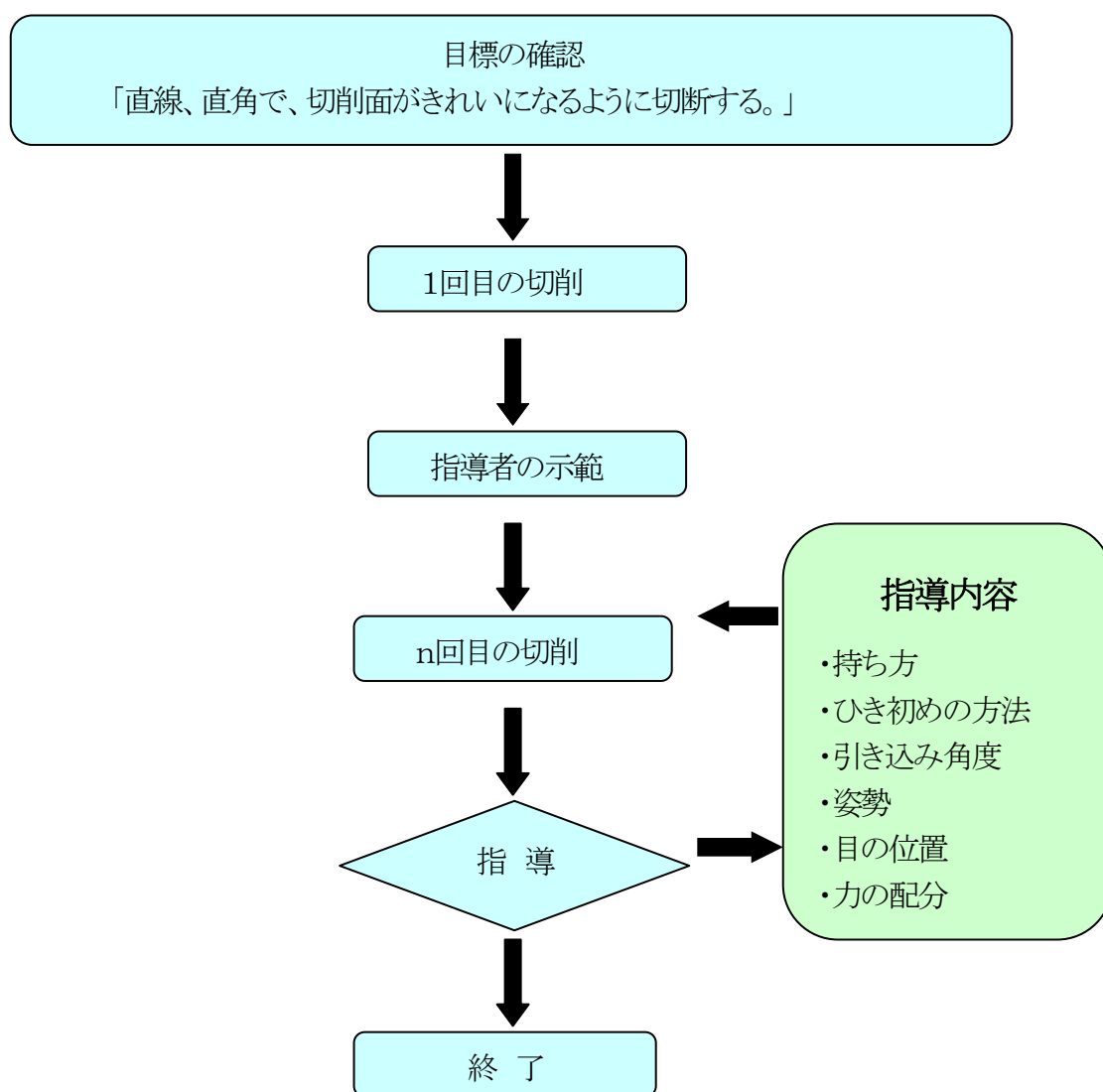


図5 のこぎりびき作業の流れ図

<作業記録>

被験者名 ()

1回目ひいて、
うまくできなかったと思う点

なぜ、うまくできなかったか。

手本を見て、
次にどうやってひこうと思うか。

2回目以降の自己評価と指導内容

回数	自己評価	指導内容	作業中の気付き
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

図6 作業状態記録用紙

測定項目は、切削力、作業音、作業映像とした。実験終了後、データレコーダに記録した切削力と作業音の信号を、FFT アナライザーを使用して解析を行うと共に、のこぎりびきの精度（直線度、直角度、切断面粗さ）の測定、映像による作業動作の分析を行った。なお、動ひずみ計から検出された切削力の信号はサンプリング点数 1024 点、周波数レンジ 20Hz に設定し、騒音計（周波数 20Hz～8kHz）から検出された切削音の信号はサンプリング点数 8192 点、周波数レンジ 10kHz に設定した FFT アナライザーでそれぞれ周波数解析を行った。のこぎりびき精度については、直線度は、けがき線からの最大ずれ幅をノギスで測定し、直角度は、厚さ方向に直角定規を当て、その最大すき間をノギスで測定した。切断面粗さは触針式表面粗さ測定器でカットオフ値 2.5mm 基準長さ 2.5mm、評価長さ 12.5mm、測定値は最大高さ（JIS B 0601-1994）に設定して測定を行った。

1-2 結果と考察

1-2-1 示範者による各種のこぎりびき作業時の発生音特性

この実験では、示範者による適切なのこぎりびき作業時の測定の他に、初心者によくみられる特徴的な切削の仕方を想定して、指導上外見からは認識し難いと考えられる力の配分を変えた 3 種類および引き込み角度を付けた異なる 5 条件での測定を各 4 回繰り返し行った。こののこぎりびき作業について、のこ

ぎりびき精度として変化の著しかった切断面精度，切断時間，往復回数についての平均値を表2に示す。

表2 示範者によるのこぎりびき実験の測定結果の平均値

のこぎりびきの方法	切断時間 (秒)	往復回数 (回)	切断面粗さ (μm)
適切な切削	40	65	41.3
常に強い力で切削	22	23	70.1
常に弱い力で切削	95	144	36.1
押すときに力を入れて切削	120	125	47.2
引き込み角度を大きくした切削	27	39	63.0

(n=4)

適切な切削方法と比較すると，他の常に強い力での切削時と引き込み角度を大きくした切削時において切断時間および往復回数の値は小さくなる。一方，切断面粗さは大きくなる。常に弱い力での切削時と押すときに力を入れての切削時では，切断面粗さが同等であるが，切断時間が長く作業効率が悪くなっている。

切削力と作業音の測定波形の一例として，適切な切削時の切削開始から切削終了までの全波形とその一部を拡大した波形を図7と図8に示す。

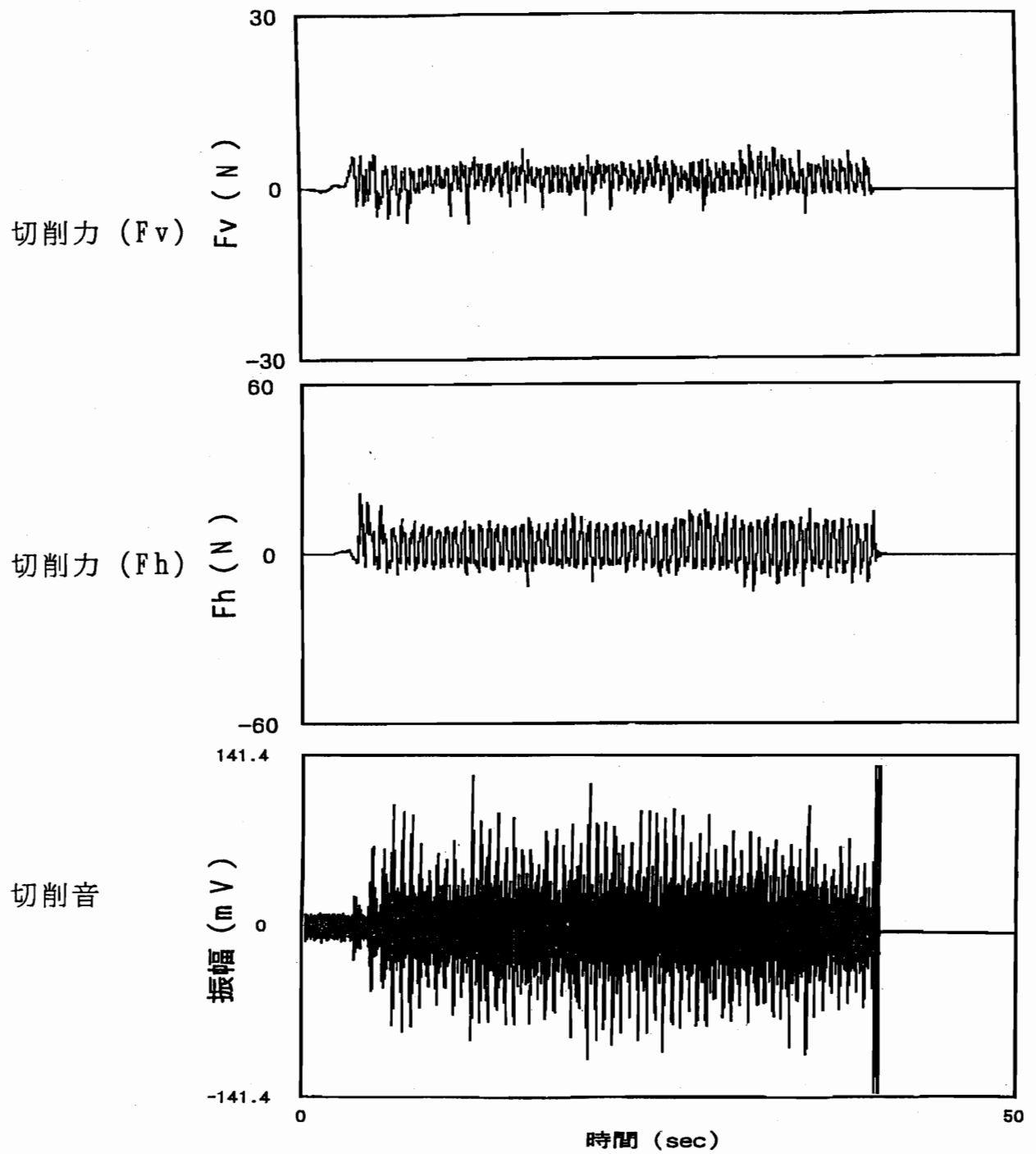


図7 適切な切削時の切削力 (F_v , F_h) と切削音の測定波形の一例

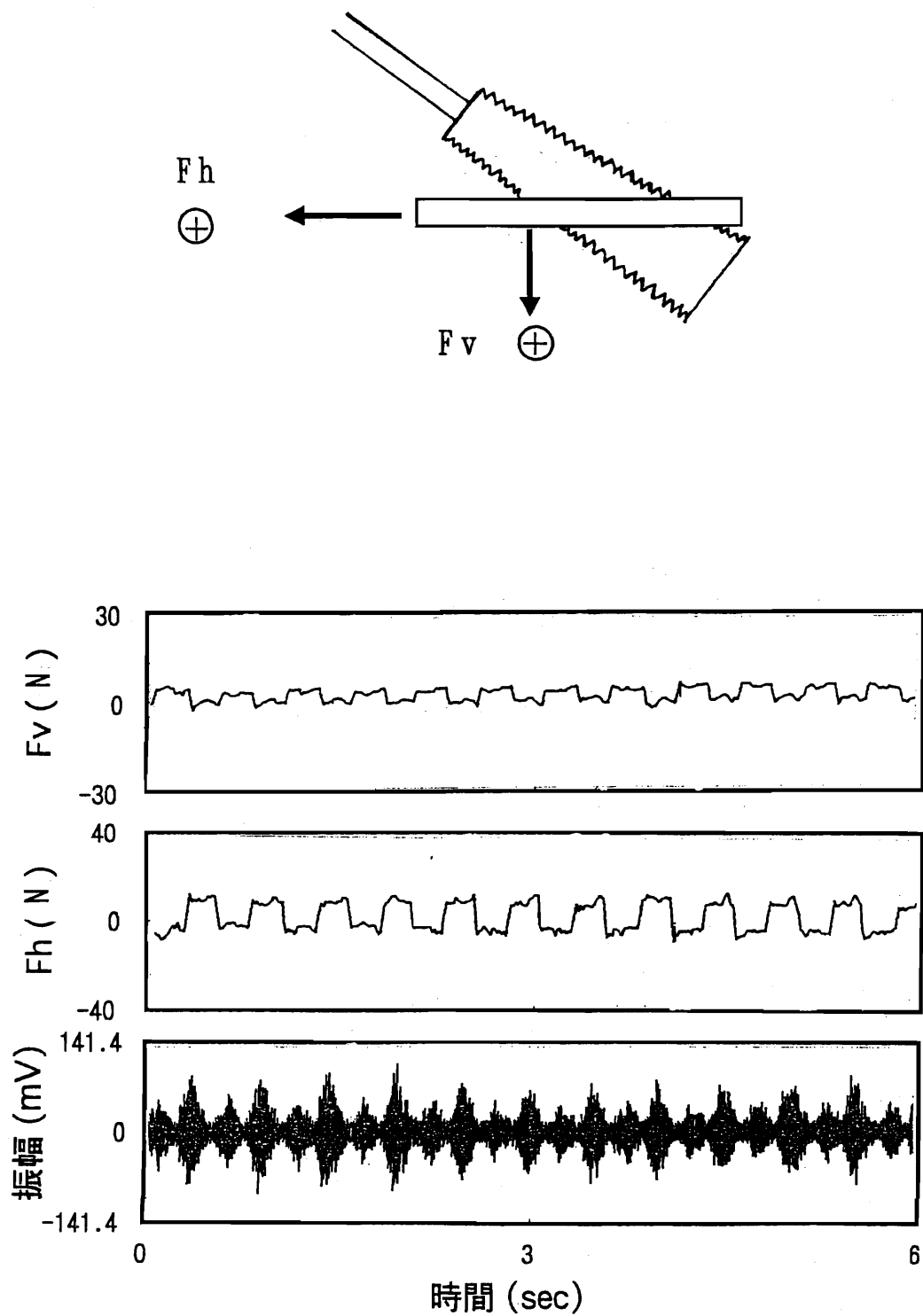


図8 適切な切削時の切削力 (F_v , F_h) と切削音の部分拡大波形の一例

図8より、のこぎりを引くとき、 F_h が+側に振れ、引き終わるまでほぼ一定値となり、 F_v は-側でほぼ一定値となる。引き戻しになると、 F_h が-側に振れ、引き終わるまでほぼ一定値となり、 F_v は反対に+側でほぼ一定値となる。その時の作業音は、引くとき大きな振幅の信号が検出され、引き戻しのときに小さな信号が検出されることが分かる。

図9に切削力の拡大波形および図10にのこぎりびき作業音の拡大波形を各切削別に示す。

【適切な切削の場合】

切削力の波形はほぼ一定のリズムで値も安定している。このときの作業音は引き込み時に大きな音が発生して戻す時に小さな音となる安定した音が一定の周期で繰り返されている。

【常に強い力で切削した場合】

切削力は全体的に常に大きい、特に戻し終わりからひき始めにかけて大きな力が加わる傾向にある。作業音についても全体的に大きな振幅波形が出力され、その繰り返しのうちにさらに突発的なピーク信号が、ひき始めやその途中に複数認められる。このとき切削時の材料への食い込みが大きいため切削面が粗くなる。

【常に軽い力で切削した場合】

切削力が小さいために材料への食い込みが小さく切削面は良好であるが、

時間がかかり効率の悪い作業となる。このときの作業音は、引くときと戻すときの波形がほとんど変わらず、適切な切削時と比較して音のレベルが小さい。

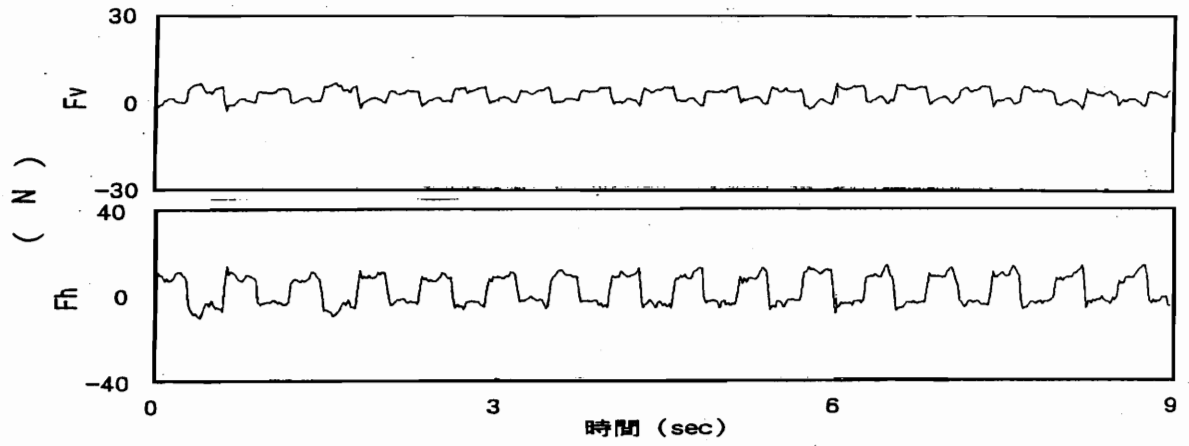
【押す時に力を入れて切削した場合】

引くときに力を入れていないので材料への食い込みが小さく作業音は軽い力で切削した場合と似ているがレベルは大きい。また、切断に時間がかかる。切削力は、 F_h 、 F_v 共に安定することがなく、他の切削方法と全く異なった波形が出力される。

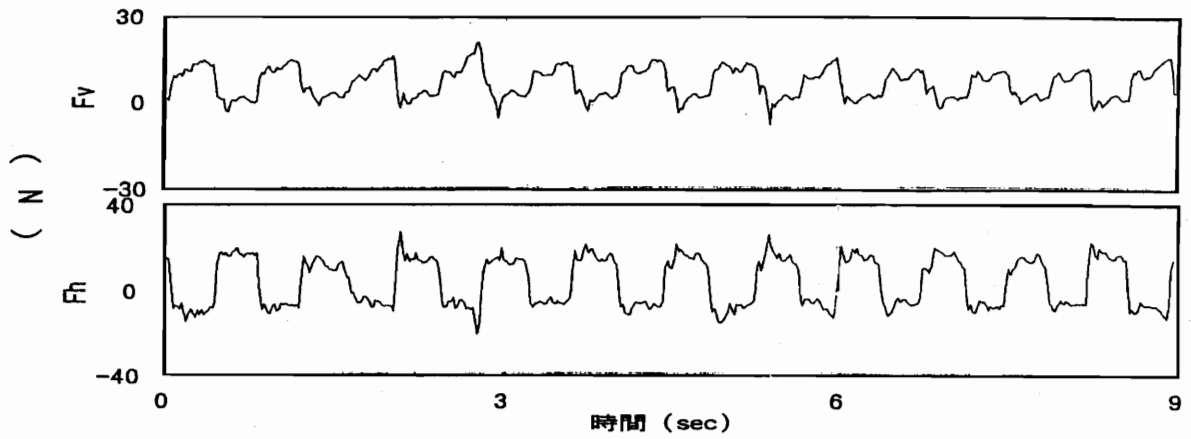
【引き込み角度を大きくした切削の場合】

材料への食い込みが大きいため、切断面は粗いが早く切断できる。切削力は、特に引くときに大きな力が入っており波形に乱れが見られる。このとき作業音には、特に引き込み開始時に突発的な大きな音が検出される。

適切な切削



常に強い力で切削



常に軽い力で切削

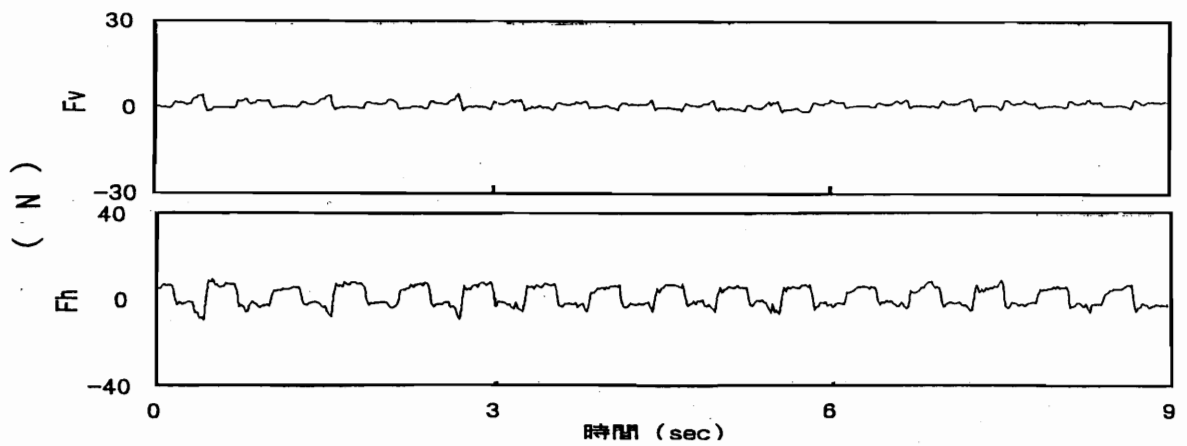
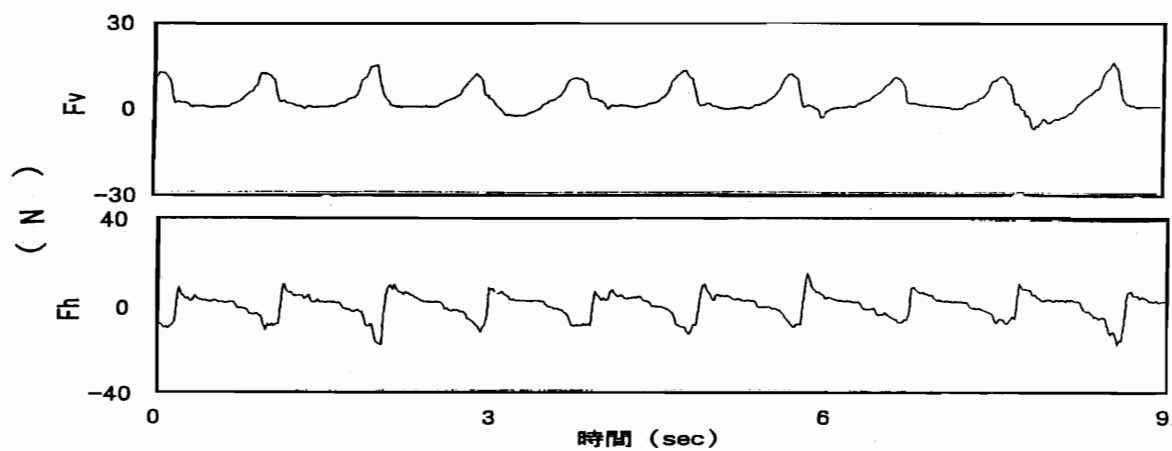


図9-1 のこぎりびきの各方法での切削力 (F_h , F_v) の拡大波形

押す時に力を入れて切削



引き込み角度を大きくした切削

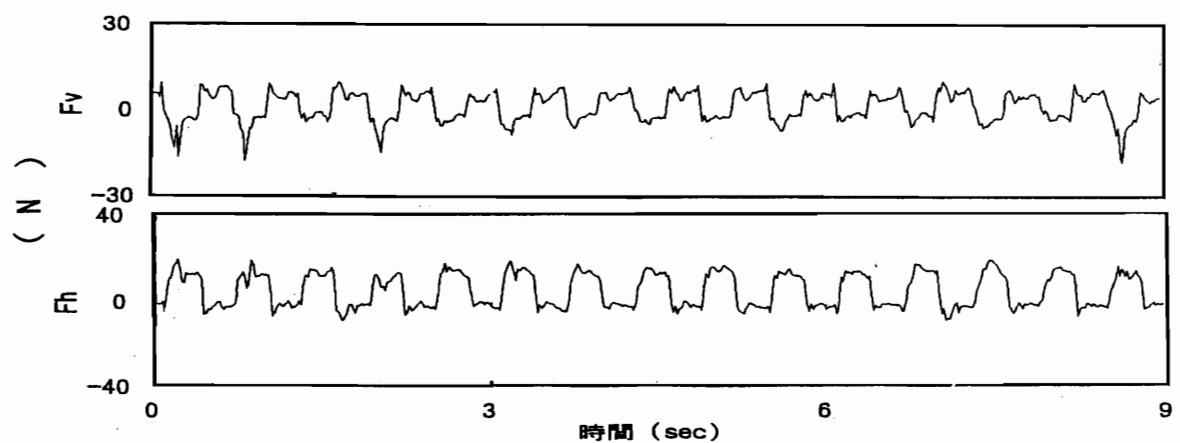
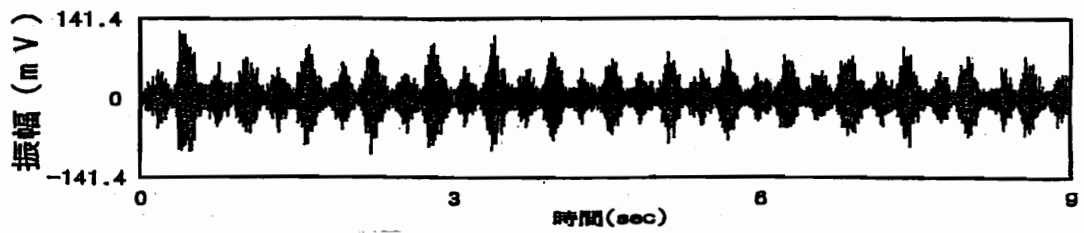


図9-2 のこぎりびきの各方法での切削力 (F_h , F_v) の拡大波形

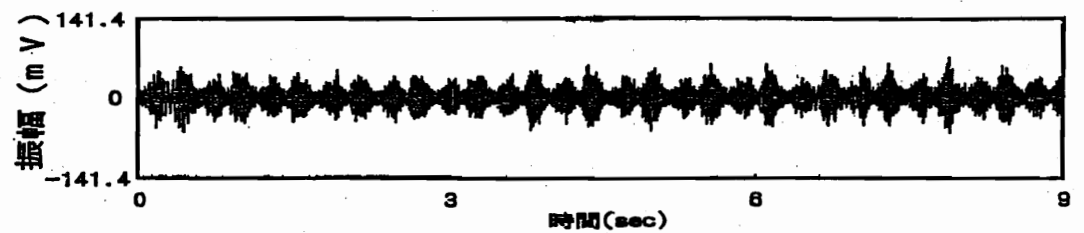
適切な切削



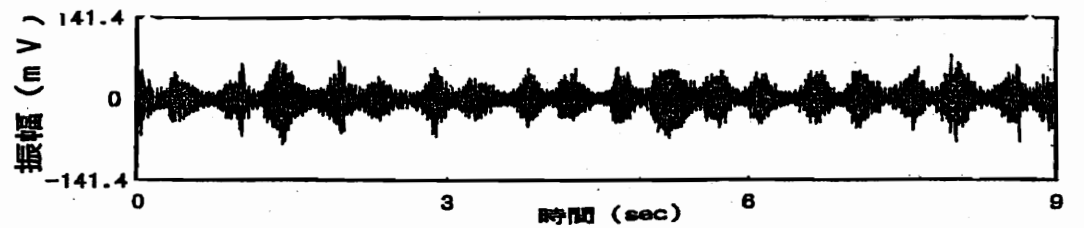
常に強い力で切削



常に軽い力で切削



押す時に力を入れて切削



引き込み角度を大きくした切削

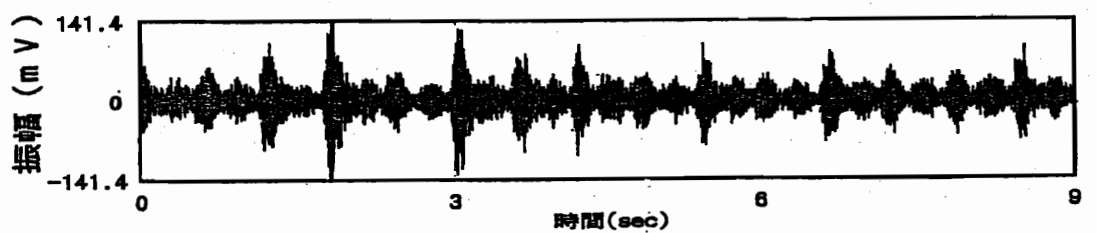


図10 のこぎりびきの各方法での作業音の拡大波形

1-2-2 のこぎりびき技能の向上に伴うのこぎりびき音の変化

初心者ののこぎりびき練習過程における切断までののこ身の往復回数および切断時間の変化を図11に、また、のこぎりびき精度の変化を図12に示す。さらに、のこぎりびき練習過程における作業音の時間波形の一例を図13に示す。

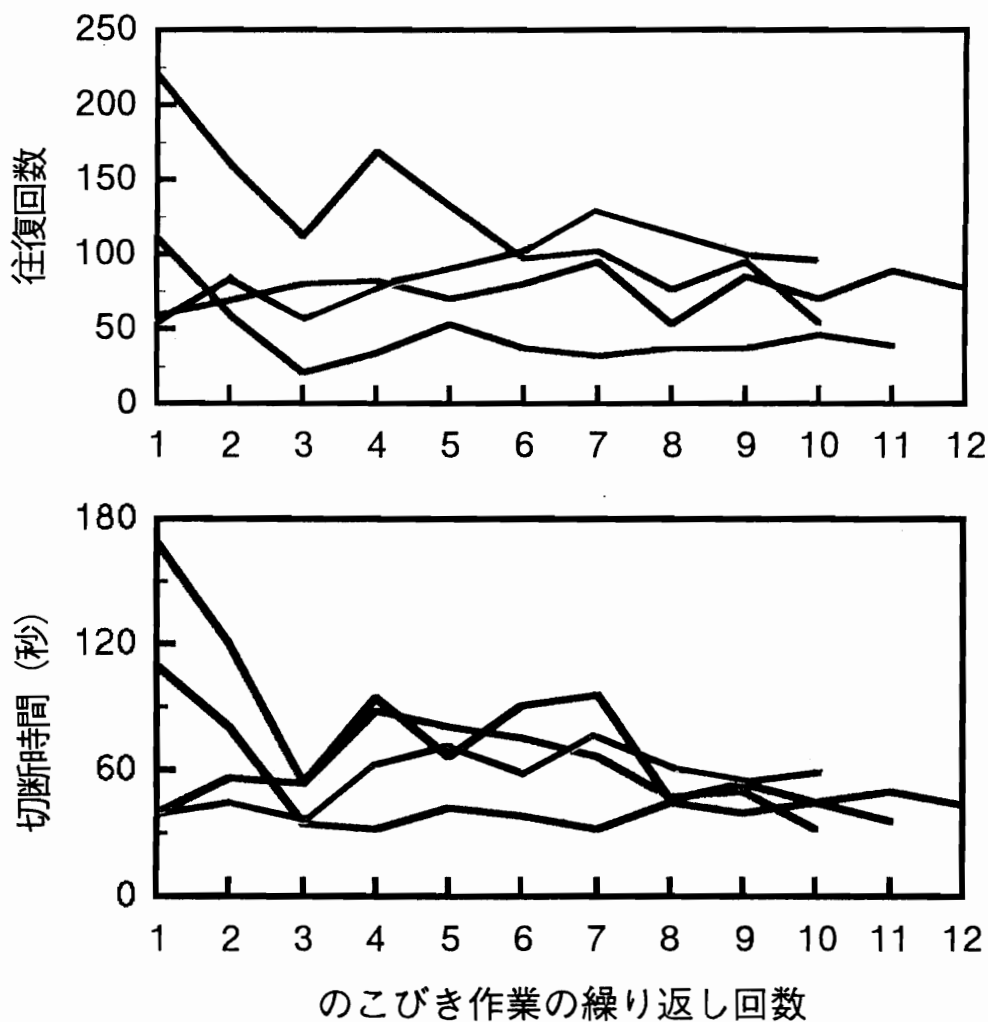


図11 のこぎりびき作業の繰り返し回数と往復回数および切断時間の関係

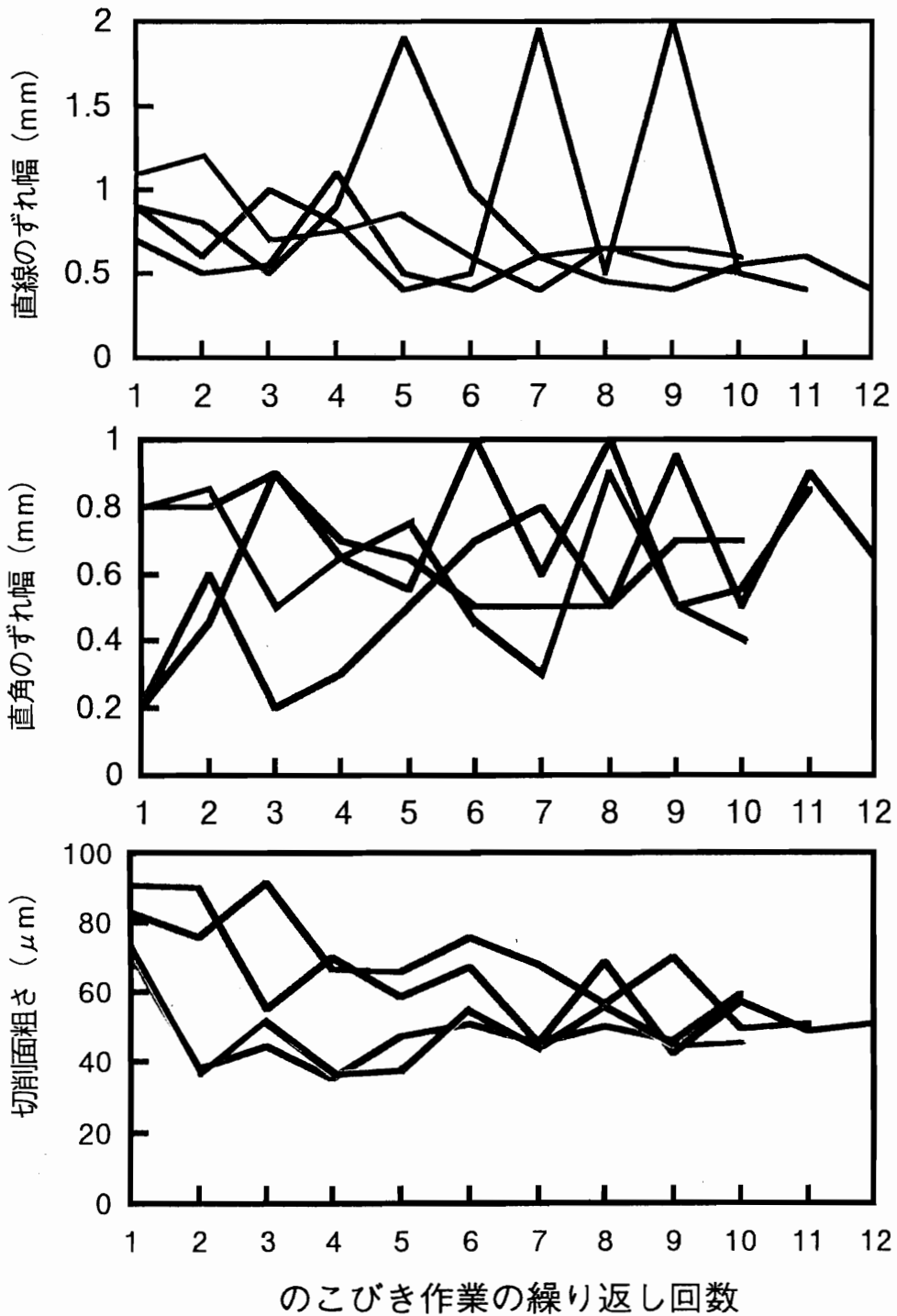
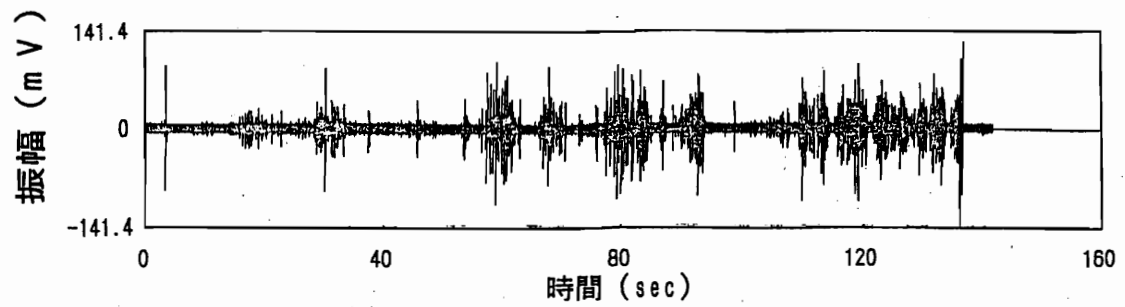
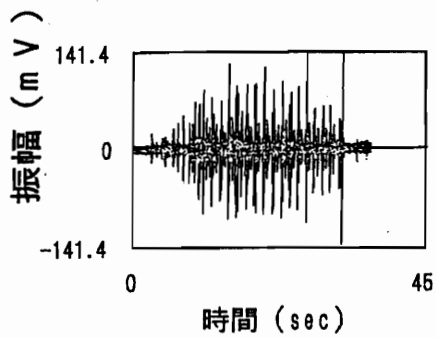


図12 のこぎりびき作業の繰り返し回数と切断精度の関係

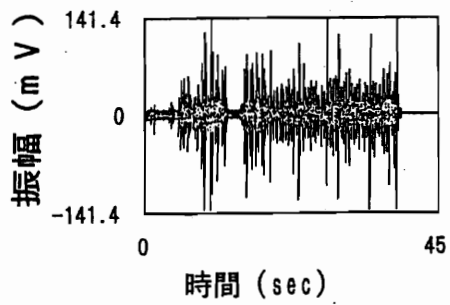
・1回目



・3回目



・6回目



・11回目

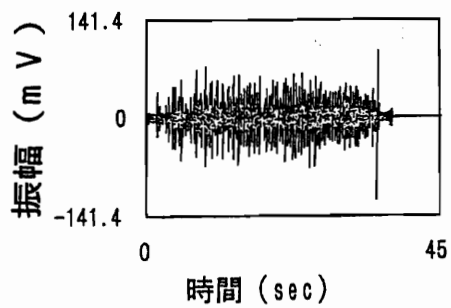


図13 のこぎりびき練習過程における作業音の時間波形の一例

初心者4名を被験者として、のこぎりびき練習を行った結果、切断時間は、10回程度の繰り返しを行うと30秒から60秒の間となり、熟練者の切断時間に近い値となる。また、切断長さ75mmを終えるまでのこの身の往復回数は、一人を除き、50回から100回の間となり、これも熟練者の値に近くなる。切断精度は、直線のずれ幅および切削面粗さが、繰り返し回数の増加に伴って減少する傾向を示しているが、直角のずれ幅については大きな変化は認められない。

時間波形からは、1回目の切削では、切削力が大きいため、音のレベルにばらつきが認められる。また、被験者の2名は、切削時間が長く、その原因は、この身を前後に往復運動させることができず、途切れながらの切削であったり、刃先だけを使用しての切断作業による(図13 1回目)。しかし、これらの被験者においても示範を見せると姿勢や持ち方が変わり、音のレベルにばらつきは見られるが切削時間は短くなる(図13 3回目)。しかし、その後、さらに姿勢等の指導を加えると、そのことを強く意識するためか、往復運動が途切れ、結果的に切断時間が多くかかったり、直線のずれ幅が大きくなるなど、切断効率、切断精度の直線度と直角度が、悪くなる傾向が認められる(図13 6回目)。のこぎりびきの一連の動作がスムーズになってきた時点でリズムよくひくことを指導に加えると、音のレベルにばらつきが少なくなり、短い時間で切削できるようになった。(図13 11回目)。

繰り返し回数3回目と11回目の作業音の時間波形を図14に示す。技能が未

未熟な繰り返し回数3回目の時点では、力の入れ方が大きすぎ、大きな振幅が計測されている。技能が身に付いてきた11回目の時間波形では、一定の間隔で音が検出されており、示範者の適切な切削での発生音に近くなっているが、引くときと戻すときの強弱は明確ではない。

なお、被験者の一人には、のこぎりびきの一連の動作がスムーズになってきた時点でリズムよくひくことを指導に加えると同時に2度目の示範を見せた。すると、終了時の作業音の振幅波形が、他の被験者と比較すると、より示範者の適切な切削での発生音に近い波形が見られた。

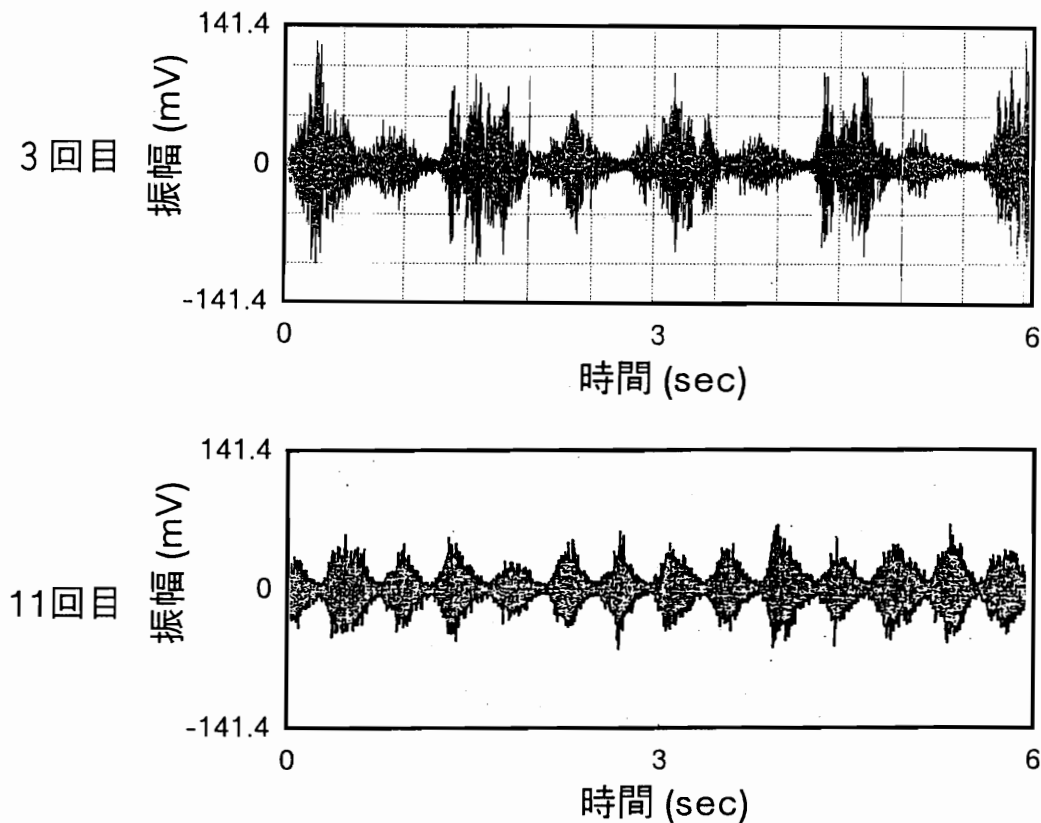


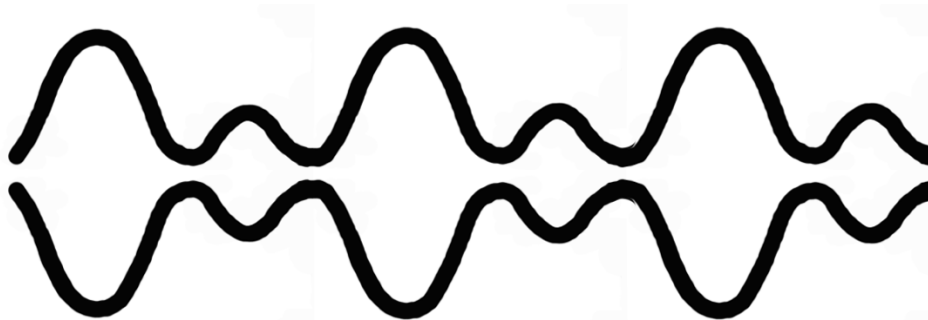
図14 繰り返し回数3回目と11回目の作業音の時間波形

1-3 結論

熟練者による適切なのこぎりびき作業時の発生音および力の配分や引き込み角度を変えたのこぎりびき音の測定，さらには初心者なのこぎりびき技能の向上に伴うのこぎりびき音の変化を測定した結果，以下のことが明らかとなった。

- 1) 熟練者の切削音は，のこぎりを引くときの音のレベルが戻るときと比較して大きくきれいなヒョウタン型の波形が一定のリズムで連続する。擬音で例えるならば

「 シャー -カア シャー -カア シャー -カア 」



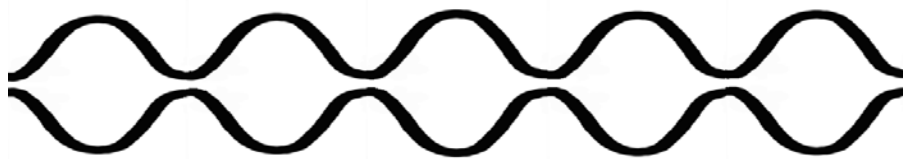
- 2) 強い力で切削を行うと，切削面の粗さが増加する。このときの切削音は引くときの音に，突発的な大きな音が複数又は引き始めに発生する。また，繰り返し動作の周期が遅くなる傾向にある。擬音で例えるならば，

「 ガー -ゴウ ガー -ゴウ ガー -ゴウ 」



- 3) 弱い力で切削を行うと，切削面の粗さは減少する。このときの切削音は，のこぎりを引くときの音と戻すときの音のレベルがほぼ同レベルとなり，強弱のない音として聞こえる。擬音で例えるならば，

「 シャカ シャカ シャカ シャカ シャカ」



- 4) のこぎりびきの指導方法としては，学習の初期段階で示範を行い，その後加工動作，姿勢，力の配分などを必要に応じて指導する。その一連の動作が自然にできるようになった時点で，力の配分を含めた加工動作のリズムに注目させて，もう一度示範を行う方法がよいと予想される。

2. 中学生ののこぎりびき精度と発生音特性

のこぎりびきの加工動作の特徴として、技能の上達に伴い、個々の加工動作が連結してリズムカルな繰り返し運動となることに着目し、前章ではこのときの音のパターンの違いを明らかにした。引き続き本章では、全国木工スキルコンテスト（1999年開催）の競技種目「のこぎりびき」に応募した中学生の作業映像と切断材料の分析を行い、のこぎりびきにおける従来からの指導項目として記述されている固定、姿勢、引き込み角度など基本的な内容と加工精度との関係を明らかにする。さらにのこぎりびき時の発生音と技能レベルとの関連もあわせて検討した。

2-1 全国木工スキルコンテストの概要

我が国における技術教育の振興を図ることを目的として、ものづくり技術に関する能力を尊重する社会的気運が醸成されることを願い、学校で学習したり、生活の中で体験したものづくりの技（木工技術）の競技を実施するものである。競技部門は、中学生、高校生それぞれ個人の部、団体の部（4名1グループ）がある。競技種目は、かなげずり、のこぎりびき、くぎ打ち、きりもみである。審査は、作業映像を撮影したビデオテープ、かなげずりをした材料、か

んなくず、のこぎりびきをした材料、くぎを打ち込んだ材料、きりで穴を開けた材料で行われる。

なお、1999年に開催された全国木工スキルコンテストには、中学校 80 校 (371 名)、高等学校 17 校 (99 名) が参加した。

2-2 分析方法

2-2-1 競技種目「のこぎりびき」の概要

全国木工スキルコンテストの競技種目「のこぎりびき」の規定では、両刃のこぎりを使用した片手による横びき、のこぎりの大きさは自由。切断材料の寸法は、L430mm以内×W150mm×D12mm。切断材料の樹種は自由。のこぎりびきの位置は、図15に示すように a, b の2カ所が指定され、けがき線上を切断することとされている。作業映像の撮影は、作業者の利き手側側面方向に指定されている。

本研究の分析対象は、のこぎりびき a : 材料の一端から 100mm の位置での作業で、切り始め及び切り終わりを除く、安定したの部分とした。なお、有効な作業映像及び切断材料が整っていたのは、応募者 265 名のうち 248 名で、切断材料の樹種は、アガチスが最も多く 75%を占め、次いでラワン類の9%、スギの8%、ヒノキの7%、その他（スプルース、セン）1%であった。

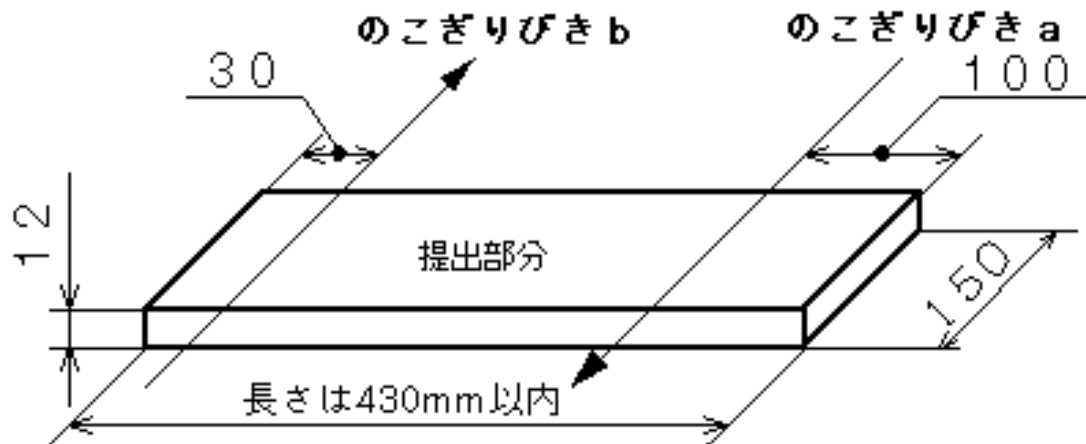


図15 のこぎりびき材料の形状と切断位置

2-2-2 作業映像および切断面の分析方法

作業映像および切断面の評価項目を表3に示す。評価項目は、(1) 固定、姿勢、動作に関する基本的な項目、(2) 繰り返し動作の安定性に関する項目、(3) 切断時間と引き込み回数の切断効率に関する項目、(4) 直線度、直角度、面粗さの切断精度に関する項目に分類できる。(1)、(2)の各項目は、良い3点、ふつう2点、悪い1点または良い3点、悪い1点として点数化した。(3)の各項目は、映像から測定し、得られた切断時間と引き込み回数から、引き込み周期も併せて求めた。(4)の各項目は、直線度と直角度についてはずれ幅をノギスで測定し、この数値を5領域に区分して評価した。また、面粗さについては、目視による判断で5段階評価とした。

表3 作業映像および切断面の評価項目

[1]	基本的な指導項目	固定	3. 良い	2. 少し動く	1. 悪い		
		柄を持つ位置	3. 柄じり	2. 中央	1. 柄頭		
		足の開き方	3. 良い	2. やや開いていい	1. 悪い		
		頭の位置	3. 良い	1. 遠いまたは近い			
		台の高さ	3. 良い	1. 高いまたは低い			
		引き込みの長さ	3. 刃渡りいっぱい	2. 半分程度	1. 3分の1程度		
		引き込み角度	3. 良い	1. 大きい(40度以上)または小さい(10度未満)			
		[2]	動作の安定性	腕の動き	3. まっすぐ	2. 少しバラつく	1. バラつく
				繰り返しの安定性	3. 安定	2. やや安定	1. 不安定
		[3]	切断効率	引き込み回数			
切断時間							
[4]	切断精度	直線度					
		直角度					
		切断面粗さ					

各評価項目及びその評価内容についての詳細を以下に説明する。

基本的な指導項目において、「固定」は、しっかりと固定されていて動かないものを3点、1～2回動くものを2点、それ以上動くものを1点とした。「柄を持つ位置」は、柄じりを持ってのこぎりびきをしているものを3点、柄の中央を持っているものを2点、柄頭を持っているものを1点とした。「足の開き方」は、利き腕側の足を後に引いて体側を開いているものを3点、やや開いているものを2点、閉じているものを1点とした。「頭の位置」は、適切な角度（30～40°）にあるものを3点、近すぎたり、遠すぎるものを1点とした。「引き込みの長さ」は、刃渡りいっぱい使って切断しているものを3点、半分程度で切断しているものを2点、3分の1程度で切断しているものを1点とした。「引き込み角度」は、材料から引き込み角度を測り、10度以上40度未満のものを3点、それ以外のものを1点とした。

動作の安定性において、「腕の動き」は、切断しているときに腕が一直線上をまっすぐ動かしているものを3点、少しばらつきが見られるものを2点、ばらついているものを1点とした。「繰り返しの安定性」は、のこぎりの押し引きの繰り返しが調子よく安定しているものを3点、やや安定しているものを2点、不安定なものを1点とした。

切断効率においては、ビデオ映像から「引き込み回数」及び「切断時間」を計測した。その際、引き始めと引き終わりの動作がゆっくりなる部分は除いた。

切断精度において、「直線度」及び「直角度」は計測用のジグを製作し、直線からのずれ幅（mm）を計測した。なお、直角度は直角からのずれ幅（mm）を計測し、角度に換算した。

2-2-3 切断音の分析方法

ビデオ映像をデジタルビデオテープにダビングし、この信号をパソコンに取り込み、波形編集ソフトによって切断時の発生音の時間波形を得た。

2-3 結果と考察

のこぎりびきにおける基本的な指導項目と加工精度との関係を明らかにするために、まず、のこぎりびき時の基本的な項目である表3（1）の7項目と（2）腕の動きの1項目の得点を合計した全248名の得点分布を図16に示す。同図に示す全員の得点分布は、分析対象がコンテストへの応募者であることから、得点の分布は、24点満点で、最低得点11点から最高得点24点の範囲となっており、比較的高得点に集中している。

そこで、この得点分布中に含まれる「基本的項目がすべて良い生徒」：全8項目2点以上を得点している生徒を「基本的項目がすべて良い生徒」、8項目中1項目でも1点を得点している生徒を「基本的項目ができていない生徒」として区別して図17に示す。

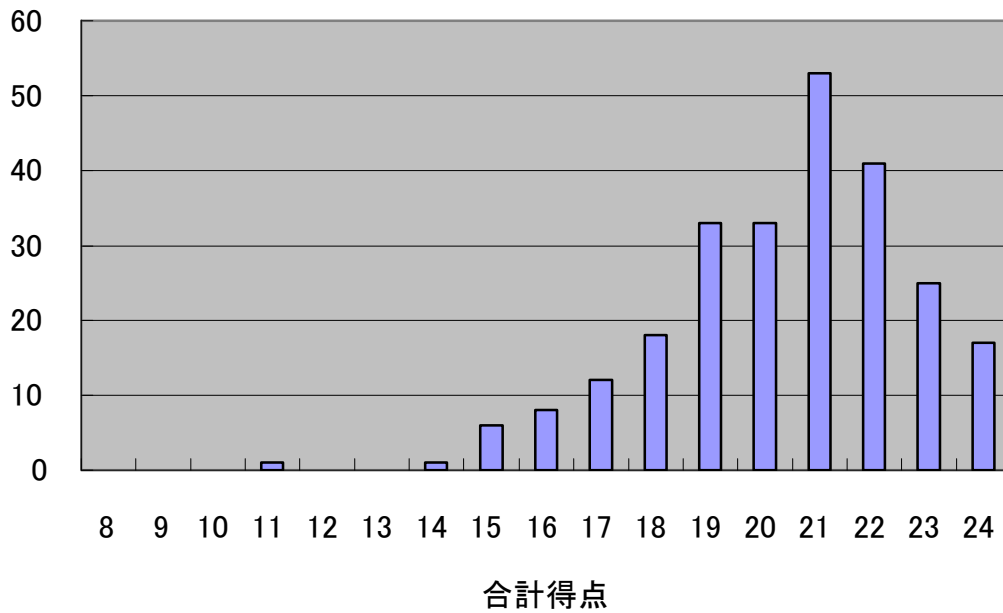


図16 基本的な指導項目における合計得点分布

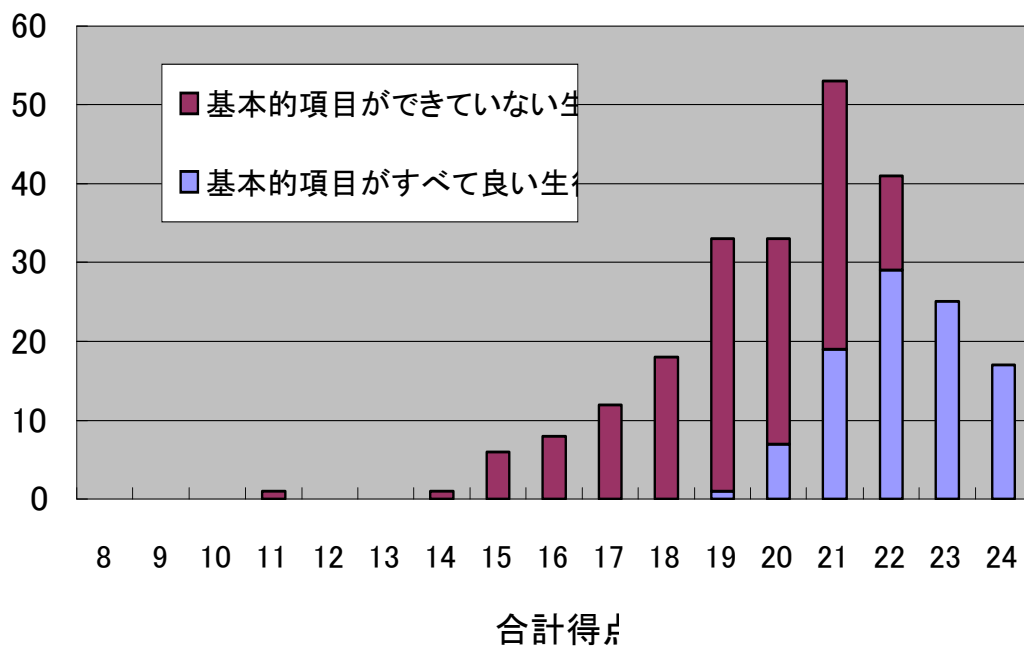


図17 基本的な指導項目の合計得点分布における「基本的項目がすべて良い生徒」と「基本的項目ができていない生徒」の分布

図17より、23点以上の得点者には、「基本的項目ができていない生徒」は含まれていないが、19点以22点以下の高得点者であっても何らかの項目で基本的な項目ができていない生徒がいることがわかった。また、「基本的項目がすべて良い生徒」は98名で全体の約40%に留まっている。

そこで、切断精度（直線度，直角度，切断面粗さ）の測定結果を，図17と同様に248名の分布とその中に含まれる「基本的項目がすべて良い生徒」と「基本的項目ができていない生徒」を区分して，直線度，直角度，切断面粗さについて，それぞれ図18-1，図18-2，図18-3に示す。

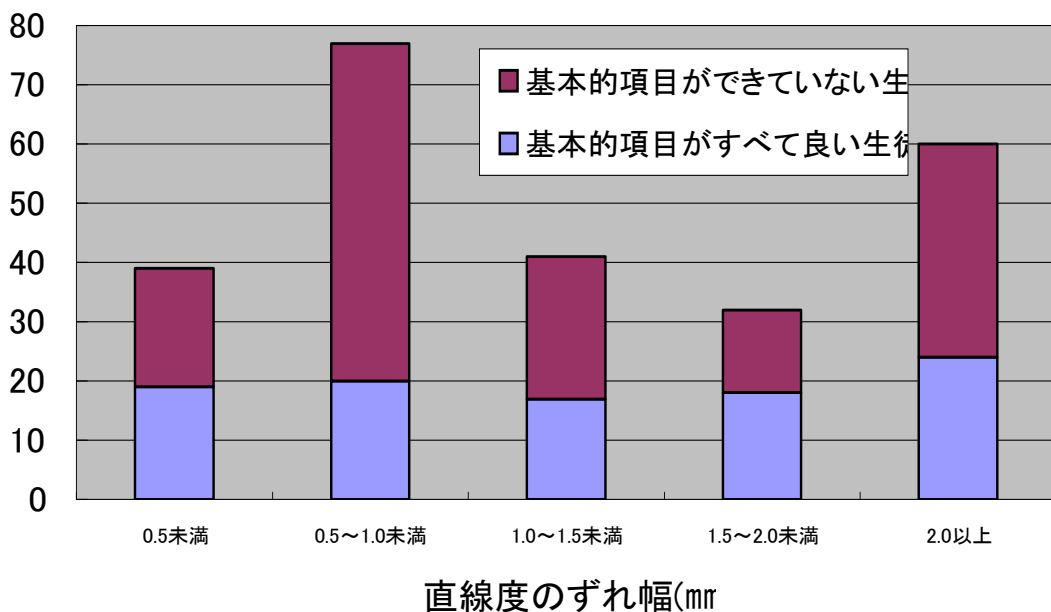


図18-1 切断精度（直線度）の分布

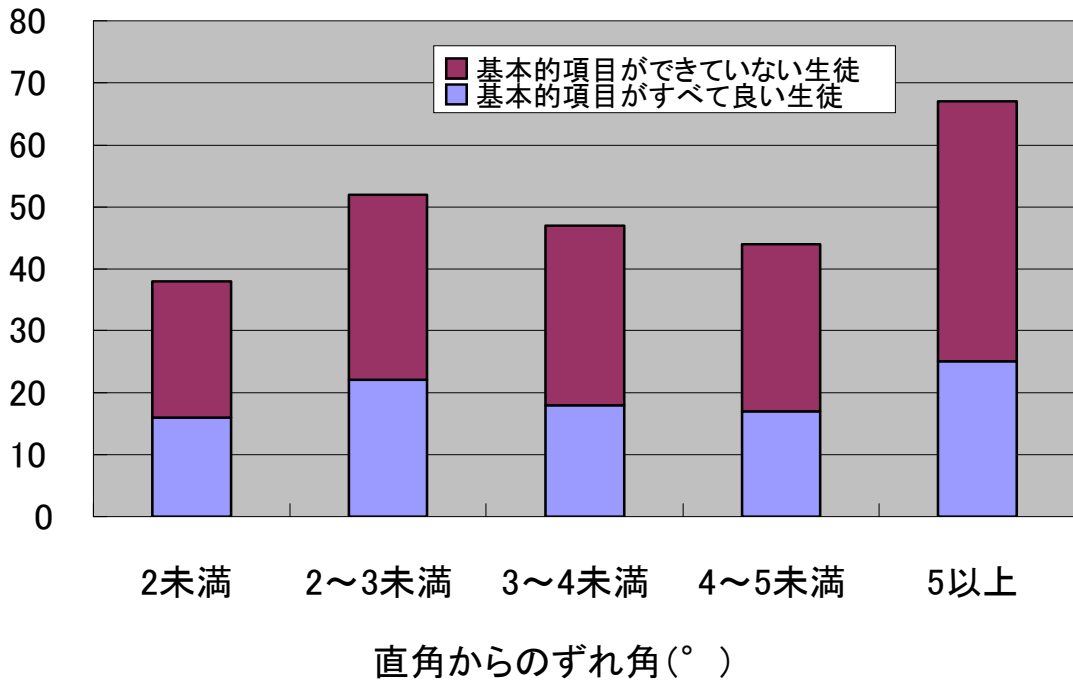


図18-2 切断精度（直角度）の分布

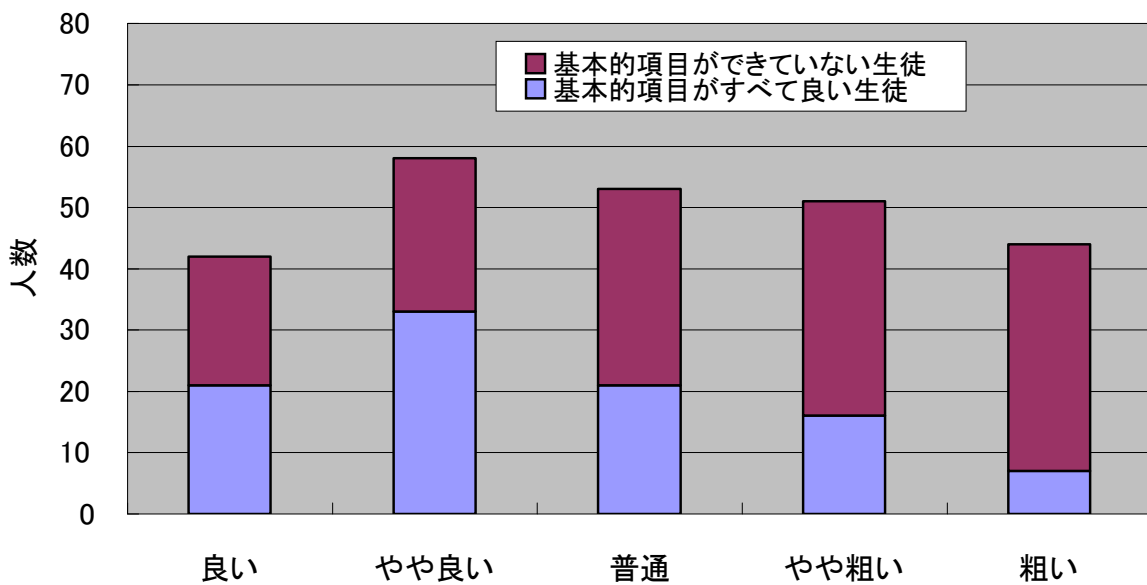


図18-3 切断精度（切断面粗さ）の分布

ここで、図18-1、図18-2、図18-3より「基本的項目がすべて良い生徒」98名の切断精度の分布を全体の分布と比較すると、「基本的項目がすべて良い生徒」の分布は、切断面粗さの分布を除き、直線度、直角度共に全体の分布傾向とほとんど変化ない結果で、「基本的項目がすべて良い生徒」が必ずしも精度の高いのこぎりびきをしている傾向は認められなかった。このことは、表3における基本的な8項目の指導を行っても、のこぎりびきの切断精度の向上は不十分であり、切断精度に影響する指導項目がまだ他に存在することを示唆している。

そこで、「基本的項目がすべて良い生徒」98名を、「切断精度の良いグループ」（直線のずれ幅1.0mm未満かつ直角からのずれ角3度未満かつ切断面粗さが「やや良い」「良い」の生徒）と「切断精度の悪いグループ」（直線のずれ幅1.5mm以上かつ直角からのずれ角4度以上かつ切断面粗さが「やや悪い」「悪い」の生徒）に分類して、それぞれの特徴を比較することにした。なお、「基本的項目がすべて良い生徒」98名中、切断精度の良いグループは15名で、切断精度の悪いグループは7名であった。

両グループについて切断時間と引き込み周期との関係を図19に示す。この競技種目「のこぎりびき」における適切な切断時間は30秒～70秒程度で、引き込み周期は1回/秒～2回/秒程度と考えられる。切断精度の良いグループは、適切な切断時間と引き込み周期の近くに多くが分布しているが、切断精度の悪

いグループは、引き込み周期の早い生徒が多い傾向が認められた。しかも表3の評価項目における「繰り返しの安定性」の項目に不安定と評価される生徒も多かった。

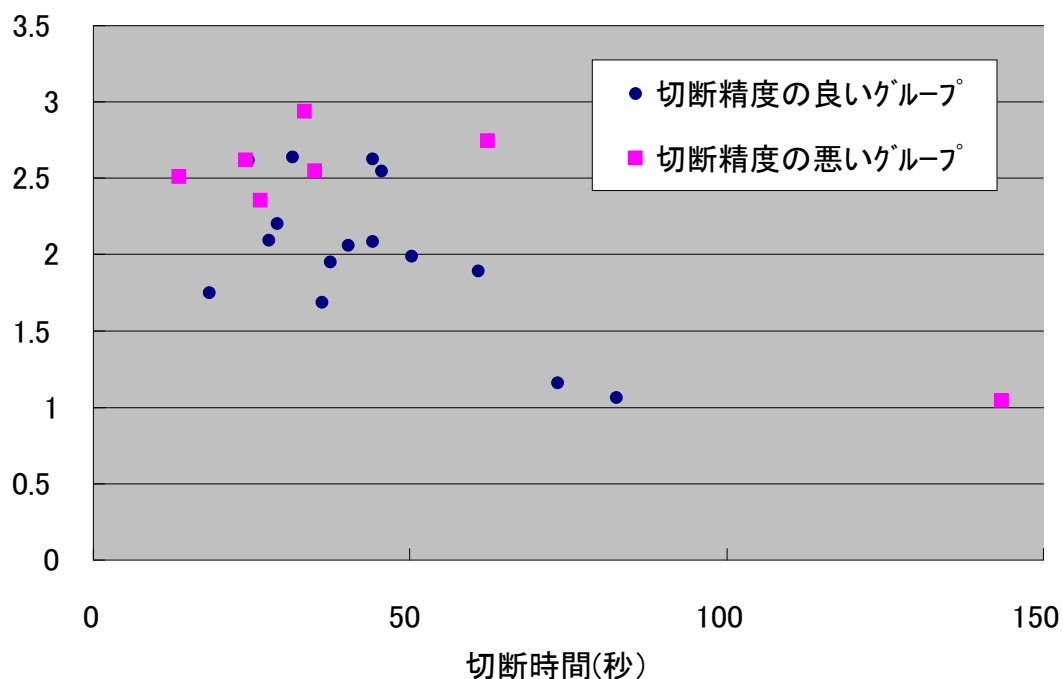
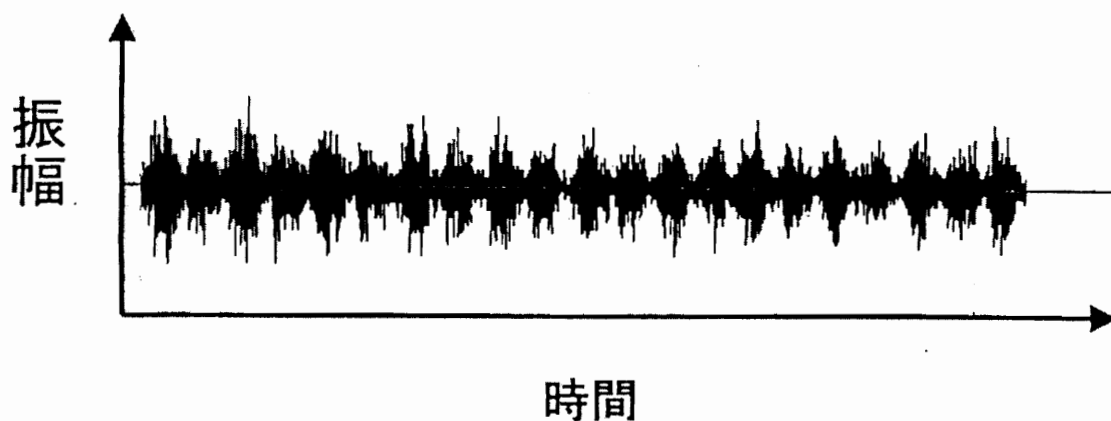


図19 「切断精度の良いグループ」と「切断精度の悪いグループ」の切断時間と引き込み周期の関係

ここで、「切断精度の良いグループ」と「切断精度の悪いグループ」の切断音の時間波形の一例を図20に示す。切断精度の良いグループのほとんどは、きれいなヒョウタン型の波形が一定のリズムで連続する理想的な音の強弱と一致する。また、切断精度の悪いグループにおける引き込み周期が早い生徒は、テ

テンポが乱れ、音の強弱の調子も少ない傾向にあり、力の入れすぎによる音のパターンに一致する。

「切断精度の良いグループ」の切断音の一例



「切断精度の悪いグループ」の切断音の一例

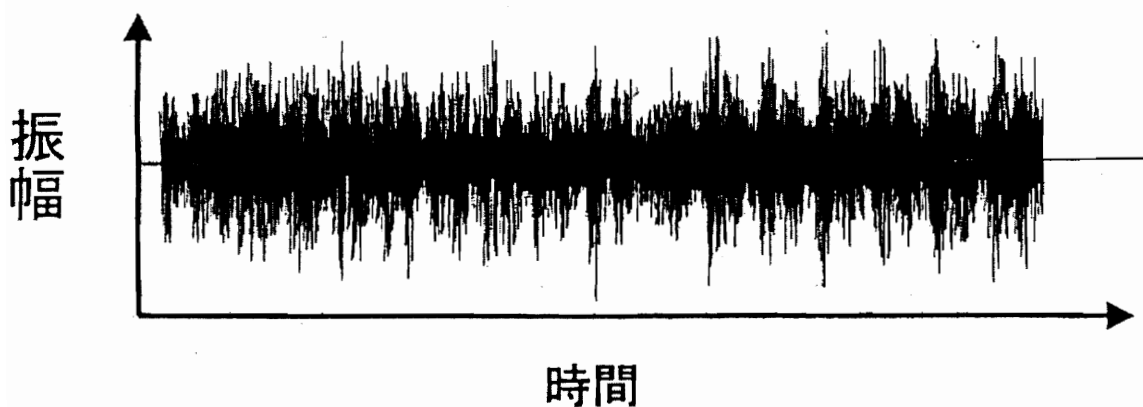


図20 「切断精度の良いグループ」と「切断精度の悪いグループ」の切断音の時間波形一例

したがって、のこぎり引き作業が精度良く効率的にできるようになるためには、姿勢などの基本的項目を指導した上で、安定した適度な調子で切断することを意識させる指導が必要と思われる。

2-4 結論

全国木工スキルコンテストの競技種目「のこぎりびき」に応募した中学生の作業映像と切断材料の分析を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 固定、姿勢、引き込み角度など基本的な項目ができていても、切断精度の十分な向上は期待出来ない。
- 2) 切断精度の向上には、少なくとも基本的な項目を指導した上で、切断時間と引き込み周期を意識させ、適度な力の入れ具合と安定した繰り返し動作まで指導する必要がある。
- 3) 理想的な音のパターン（強弱とその周期）を意識させた指導方法は、精度の高い効率的なのこぎりびき技能の習得に役立つと思われる。

3 まとめ

本研究では、中学校技術・家庭科「ものづくり」における基本的な加工技能である「のこぎりびき」を取り上げ、のこぎりびき技能の習得を支援する新たな指導方法を検討した。

まず、熟練者による力の配分を変えたのこぎりびき音の測定および初心者ののこぎりびき技能の向上に伴う、発生音等の変化を測定した結果、1) 熟練者の発生音は、のこぎりを引くときの音のレベルが戻すときと比較して大きく、きれいなヒョウタン型の波形が連続する。2) 強い力で切削を行うと、切削面の粗さが増加する。このときの発生音は、引くときの音に、突発的な大振幅音が複数又は引き始めに発生する。なお、繰り返し動作の周期は遅くなる傾向にある。

3) 弱い力で切削を行うと、切削面の粗さは減少する。このときの発生音は、のこぎりを引くときの音と戻すときの音のレベルがほぼ同レベルとなり、強弱のない音として聞こえる。4) のこぎりびきの指導方法としては、学習の初期段階で示範を行い、その後加工動作、姿勢、力の配分などを必要に応じて指導する。その後、力の配分を含めた加工動作のリズムに注目させて、もう一度を示範を行う方法がよいと予想される。

さらに、全国木工スキルコンテストの競技種目「のこぎりびき」に応募した中学生の作業映像と切断材料の分析を行った結果、のこぎりびき時の固定、姿

勢，引き込み角度など基本的な項目ができていても，切断精度は不十分な場合が多く，その要因として，適度な力の入れ具合と安定した繰り返し動作を指導する必要があることが明らかとなった。また，この指導には理想的なのこぎりびき音の，音の強弱とその周期を意識させる指導方法が役立つ可能性があると思われる。

参考文献

- 1) 村田昭治，橘田紘洋：巧緻性の発達と技術教育の方法（2）-のこぎりについて-，日本産業技術教育学会誌，第30巻，第1号，pp23-27，1988
- 2) 向山玉雄，林俊郎：ノコギリ引き作業における技能の習得過程，日本産業技術教育学会誌，第29巻，第3号，pp57-64，1987
- 3) 上田邦夫，長松正康，岡村吉永：のこ歯の側面研磨が切断面の滑らかさ及び耐久性に及ぼす影響について，日本産業技術教育学会誌，第32巻，第1号，pp49-53，1990
- 4) 宮崎壘道：教育用工具に関する研究 I -手びきのこぎりの基礎的実験-，日本産業技術教育学会誌，第25巻，第1号，pp101-108，1983
- 5) 平田晴路，河原淳夫：両刃のこぎりの柄の改良について，日本産業技術教育学会誌，第35巻，第2号，pp121-127，1993

6) 平田晴路：市販教育用のこぎりのあさりの偏りとひき曲がり，日本産業技術教育学会誌，第32巻，第2号，pp127-133，1990

7) 宮崎壙道，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，第32巻，第1号，pp11-18，1990