島根大学教育学部紀要（教育科学）第５巻　293―302頁　昭和46年12月

技術教育における木材加工（Ⅰ）

―木材加工における二次元切削―

山　下　晃　功

Akinori YAMASHITA :

Wood Working in Technological Education (Ⅰ)
―Orthogonal Cutting in Wood Working―

ABSTRACT

Up to this time, the wood working in technological education has been trend to the study of the production.
On the other side, they have been said "The theoretical experimental study is important."
But, it has not been practiced.
As the merit of the wood working in technical education is the production and it includes educational significations, the theoretical, experimental study is necessary to keep pace with the productional study.
On this case, I take the orthogonal cutting that is the most basic wood cutting in wood engineering and show it's theory.
Also I show the experimental equipment of the orthogonal cuttting and oscill ograms of the cutting resistance.
We can observe the cutting type, the cutting resistance, the cutting mchanism and so on through the oscillogram.

1．製作実習に生かされる理論の必要性

製作実習においては，とかく作品を作ることに主眼が置かれ過ぎる傾向にある。この様な状態においては論理性の乏しい経験的技術として成立し，これが固定化し，形のもつ規範性に依存し，人間の自由な思考行動が拘束される。この様な経験的技術、又は，技能を柔軟性のある幅を持った創造的思考とするためにも理論が必要である。

鉋における二次元切削を例にとれば、逃げ角，すくい角の存在意義，刃口の切削における意義，裏金の作用等，最も根本的なところから，この技術を分析し，次の新しい進歩の礎となる必要がある。しかし，これはあくまで帰納的研究法であるが，今後，この帰納法に依って得たものから，さらに演繹的研究法へ発展しなくては創造とならない。普通教育の手段として木材加工を扱う以上、この様な製作中心の風潮には厳しい態度で臨まなくてはならない。製作実習

の或る一面の創造性はデザイン的、機能的，強度的に発揮され，日常生活に役立ち，潤を与えてくれる。このことは自然科学の実証主義における行動の表現である。しかも，生活に役立つという広い現実的応用に展開されたものとして，大いに評価されるものである。しかし，木材加工を通して，思考の過程を考慮するならば，基礎的科学知識と，それに基づいた合理的，客観的思考が必要である。では，木材加工における基礎的科学知識とは何か，製作実習に有機的に結合させるべきものとして次の様なものが考えられる。

木材の構造：肉眼的レベルから顕微鏡下における微細構造。

木材の物性：物理的性質，機械的性質。

木材の加工：切削，研削，乾燥，接着。

木質材料：合板，パーティクルボード，ファィバーボード，その他の複合材料。

木材の構造においては，木材も“材料”のひとつであるとの見地に立って肉眼領域から光学顕微鏡下，そして，ミセル領域における材料科学的な物の見方が必要である。肉眼領域においては縦方向の木材組織と，これに直交する放射組織との一種の立体的な網状構造であり，不均質な異方性という特殊性を有し，光学顕微鏡下においては細胞を構成単位とする有機材料で，細胞内腔，細胞間隙等の空隙を有する軽量構造である。ミセル領域の微細構造においては木材は天然高分子材料のひとつであり，合成高分子も分子構造の上からは天然高分子と同様の共通，普遍性を有し，また木材はセルロースとリグニンによる複合材料的な思考もできる。木質材料である合板，パーティクルボード，ファィバーボード，ＷＰＣも複合材料と考えることができる。これらの新しい材料としての発想法の特殊性，普遍性を考えていくことも今後の技術科としての新しい方法ではないかと思われる。これは今後の理論学習のいち方向である。

木材は歴史的に見ても実生活との密着度も高く，種々の機械的，物理的現象に接する機会もあり，生活の中の生かされた木材加工の科学的知識，技術を観察し，また，他の合成高分子材料，金属材料，無機質材料等の加工と比較がなされるべきである。そこで，それぞれにおける相対的事実の積み重ねから将来を予測，類推して新しく生まれる材料，加工法に対する創造性を培うことが必要である。

現代の教育趨勢の批判として科学の教育が科学的知識の教授にのみ集中される点があげられている。これを是正するためにも材料科学的見地から，以上に述べた科学する方法の教育へと進展して，科学の知恵を育成する様に努めるべきである。科学する方法の伴なわない製作偏重による教育は人間の単純労働化にすぎない。これを内面的に見れば論理的思考法の欠如である。知識偏重，製作偏重のいずれにしても教育の点から見れば全面的調和のとれた効果は望めない。しかし，現代の知識偏重教科の多い学校教育をながめてみると，製作実習は特異な存在であり，その存在価値は充分認められるべきである。製作実習には普通一般の教壇の上からの隔たりのある対話でなく，一対一で身近に教官を感じながら膚の触れ合う教育があることを見逃すわけにはいかない。

また，科学する方法の試みとして，計測実験，観察実験があげられる。例えば，切削抵抗測定，それに伴う切屑の排出形態，切削形態観察がある。それぞれの実験において得られたデーターを基に考察して普遍的事実を認識し，それらの事実に立脚した木材加工の製作実習の裏付けとなる実験が必要であると思われる。この事は中学校の現場においてはもちろんであるが，しかし，早急にこの様な実験観察が必要であると思われるのは大学技術科の教員養成においてである。中学校の現場ではこの様な考え方は必要であるが，現実の問題として種々の困難を含んでいるので，手段として別の方法を考慮せねばならない。

木材加工では自然科学としての思考過程が不足している。しかし，一方では最終的にこれが製作という現実的応用の場に反映されなければならないという一面があるので，技術科としては製作された作品が精確であることを要求される。精確な加工ができるためには，やはり，工具，工作機械や材料特性について充分な考察がなされなければならない。この様にして理論と実践的行動である製作実習が材料の面ではミクロ的な見方から現実のマクロな材料として，実際に手に触れて切削加工，旋削加工，研削加工等の加工をする。その加工においてもミクロからマクロ，マクロからミクロとフィード・バックして有機的に結合して，はじめて技術科としての他の教科では会得できない特異な存在価値が認められる。

2.　二次元切削における木材切削論と木材切削の特殊性

木材は切削加工が非常に容易である。それだけに多種多様な製作品を作り上げることが可能であり，加工学習における木材加工の意義はより高いものとなる。しかし，切削加工が容易であるだけに，とかく“切削できれば良い”という様な安易な考えにもなりかねない。この様な考え方の基では科学的思考は望めない。木材切削における科学的思考をするためにも基礎的な二次元切削における木材切削理論が必要となる。

技術科として切削を考えてみると金属切削もあり，中には木材切削と重複している点もある。しかし，木材切削と金属切削における根本的な相異は次の点にあると思われる。木材切削において切削の進行は刃物の刃先に応力集中が生じ，それが被削材に伝わり，その伝わった点の近傍の組織的に最も弱い点から切削が開始される事にある。以上からも理解できる様に，木材切削においては木材という不均一質な，異方性の繊維の集合体である有機材料による切削に特徴があり，その様な木材の組織を無視した切削は考えられない。製作実習の切削加工に木材である被削材のもつ性質が影響する要因に次のものがあげられる。

樹種：針葉樹，広葉樹。

木理：放射組織，繊維斜行，交錯木理，波状木理，杢等。

比重

含水率

年輪幅

節

これらの要因によって切削抵抗，切屑，切削面，工具の寿命に変化を生じる。これを木材切

削論を中心に Fig. 1 に示すことができる。

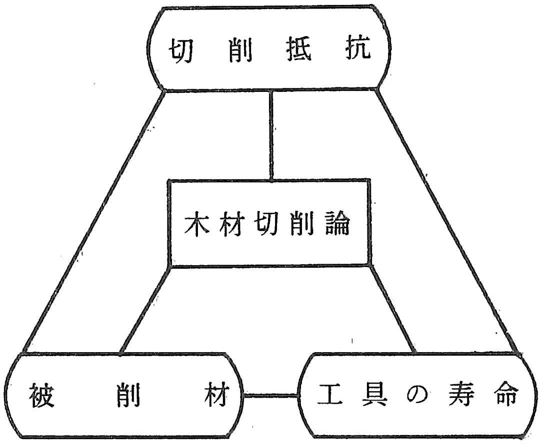


Fig. 1　木材切削理論とその要因

切削抵抗，被削材，工具の寿命がこれから述べる各種因子によって如何に変化するかを明らかにし，その理由を，その根本原理を求めようと探究する分野が木材切削理論である。この様に探究の為，実験，観察，思考し実証しようとする科学的方法は現在の教員養成大学技術科木材加工において必要であると思われる。

次に切削抵抗に影響をおよぼす因子と切削抵抗の観察方法を示す。

切削抵抗

切削抵抗に影響をおよぼす因子。

工具条件　工具の材質。
　　　　　工具のセット状態。
　　　　　工具の形状寸法。
　　　　　刃物の研磨条件。

切削条件　切削速度。
　　　　　切削面積（切込量・切削幅。）
　　　　　切削方向（縦切削，横切削，木口切削等。）

被削材の性質　樹種
　　　　　　　木理
　　　　　　　比重
　　　　　　　含水率
　　　　　　　年輪幅
　　　　　　　節

切削抵抗の観察方法

切削抵抗の定量的観察

切削抵抗値

比切削抵抗値

切削抵抗の定性的観察

変動値

分散

切削機構―切削抵抗の解析

水平分力，垂直分力，横分力

3分力を構成する変形力，分離力，摩擦力，排出力

被削材

被削材のもつ性質

樹種

木理

比重

含水率

年輪幅

節

観察方法

切屑の観察

流れ型，折れ型，せん断型，むしれ型，表割れ，裏割れ，切屑の厚さむら

切削面の観察

切削面粗さ

先割れ

次に工具の寿命について示す。

工具の寿命

工具の寿命に影響をおよぼす因子

工具の材質

工具のセット状態

工具の形状寸法

刃物の研磨条件

工具の寿命の観察方法

刃物の磨耗状態

刃欠けの状態

切削抵抗の変化

切削面の粗さ変化
仕上げ寸法の精度の低下

3．木材切削実験装置の必要性

平削り，二次元切削は木材加工の中でも最も基本となるものである。鉋，のみの使用においてはそのほとんどが二次元切削であり，三次元切削も二次元切削から発展したものである。しかし，現在の教員養成大学技術科木材加工におけるこの様な実験装置は極めて少なく，二次元切削における先割れによる逆目切削の状態，その防止に使用される裏金の作用，切削抵抗の定量的，定性的観察，刃口の状態等の基本的な事項も実際の観察として不可能であった。この様な状態で製作実習の場における二次元切削の理論的学習を望む事は困難である。現在の中学校技術科の教科書においても鉋の切削機構，裏金の作用の説明に不充分な点や誤謬が認められる。そのひとつが逆目防止に関して刃口距離の作用の記述が不充分であったり，裏金の作用についても或る教科書においては「裏金をつけると，すくい角が小さくなり，したがって，切削角が大きくなるから，切れ味は わるくなるが，先われが少なく，さか目を 防ぐことができる。」という様な誤謬がある。切削機構をより正確に把握し，研究する為にも切削実験装置が必要であると思われる。

この様な切削実験装置により，先割れ発生，切削抵抗の定量的，定性的観察，切屑発生の定性的観察ができ，それぞれの記録，写真撮影も可能であり，教材研究としても大いに利用できる。木材切削実験装置は合成樹脂材料の切削実験としても使用できる。著者らはそのひとつとして接着層切削実験を試みた。[2)]

4．木材切削実験装置

木材切削の実験を遂行していくのに必要な実験装置を述べる。その基本的な測定方法は動ひずみ測定である。Fig. 2 にその一例を示す。

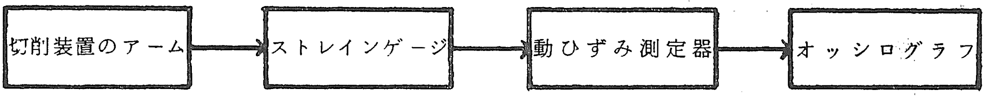


Fig. 2　測定方法

切削実験装置の本体は金属用フライス盤に写真に示される様にナイフ・ホールダー用のアームを取付け，そのアームにストレインゲージを貼付して，ナイフに生じる応力をアームの歪としてストレインゲージを通し電気的に測定して切削抵抗に換算する。この場合，あらかじめキャリブレーションが必要である。アームにそれぞれストレインゲージを貼付することによりWheatstone Bridge Circuit を形成し，被削材の送り方向に対して垂直方向と水平方向の2方向の切削抵抗の測定が可能である。被削材はフライス盤テーブルのバイス・ベンチに固定させ，テーブルの送り速度により切削速度を決める。切込量はテーブルの上に備えたダイヤルゲ

ージにより設定する。側面からはナイフの刃先に生じる木材切削特有の先割れ現象を顕微鏡に依って観察が可能である。ナイフの取りはずしが容易であり，工具の寿命の観察もできる。この実験装置により切削現象の定量的，定性的観察ができ，現在の教育系大学技術科木材加工において不足している実験実習の一端を担うことができると思われる。実験装置を Fig. 3～Fig. 5 に示す。

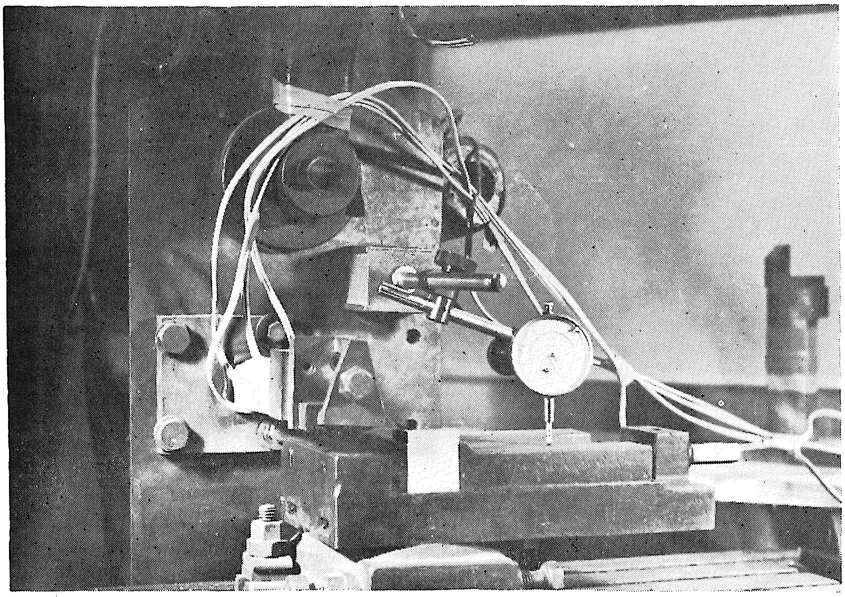


Fig. 3　切込量設定用ダイヤルゲールを備えた装置

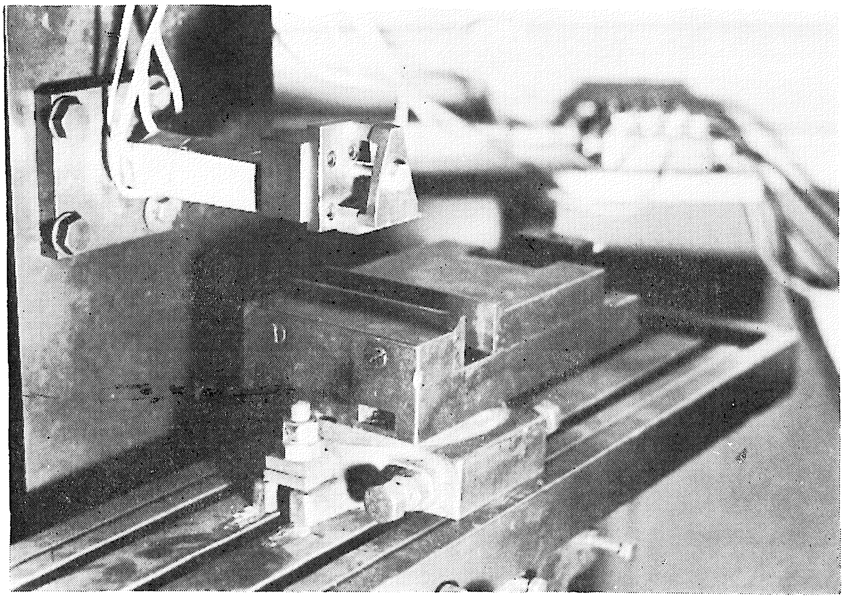


Fig. 4　ストレインゲージを貼付したアームとバイス・ベンテ

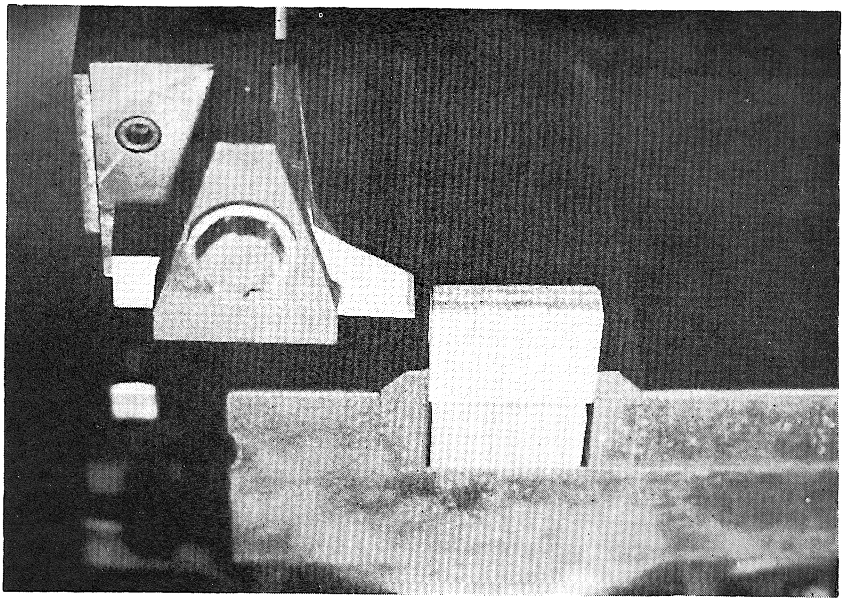
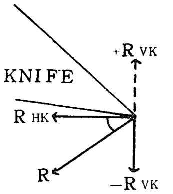


Fig. 5 ナイフとナイフ・ホールダーと試験片

5. 切削抵抗の解析

この実験装置によって測定された水平分力と垂直分力の切削抵抗のオッシログラムを Fig. 7 に示すが，これより測定できる項目は次の通りである。



RHK 水平分力
RVK 垂直分力
R 合 力
$R=\sqrt{(RHK)^2+(RVK)^2}$
RVK／RHK 合力の方向

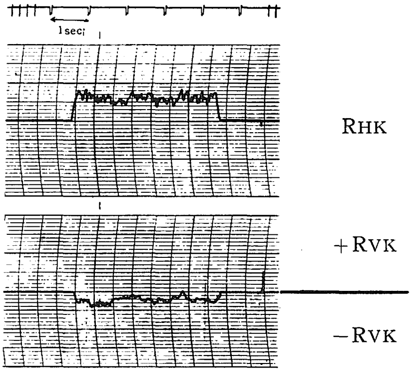


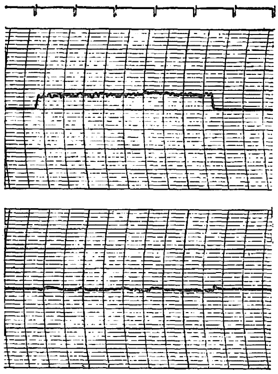
Fig 6 ナイフにかかる切削抵抗とオッシログラムの関係

1. 水平分力としての切削抵抗値。
2. 垂直分力としての切削抵抗値。
3. 水平分力，垂直分力の合力としての切削抵抗値
4. 水平分力，垂直分力，合力の比切削抵抗値。
5. 合力の方向。
6. 水平分力，垂直分力としての切削抵抗の変動値。
7. 水平分力，垂直分力としての切削抵抗の分散値。

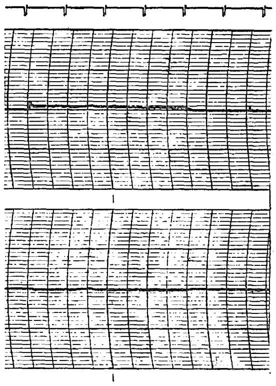
以上1から7までを大きく2つに分類すると1から4は切削抵抗の定量的観察であり，5から7は切削機構の究明，切削の形態等の定性的観察ができる。

ナイフにかかる切削抵抗とオッシログラムに表われる切削抵抗の関係を Fig. 6 に示す。

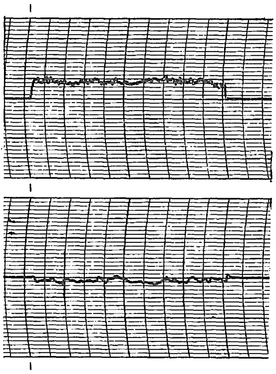
Fig. 7 の示す切削抵抗の被削材は気乾比重0.54，含水率9.5%の Red Lauan である。



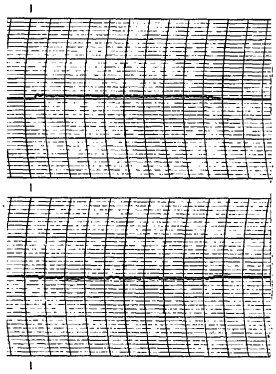
木口切削
刃物角23°
逃げ角2°
切込量0.2mm



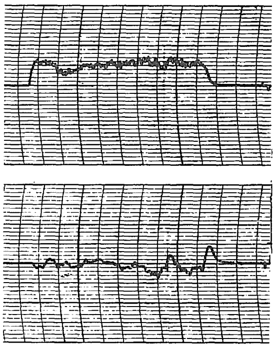
柾目面の縦切削
刃物角23°
逃げ角2°
切込量0.2mm



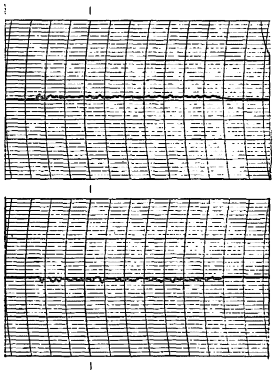
木口切削
刃物角23°
逃げ角2°
切込量0.4mm



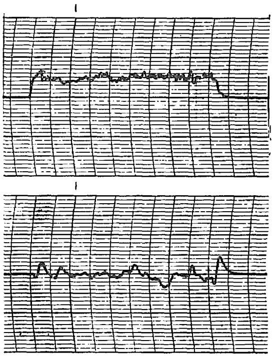
柾目面の縦切削
刃物角23°
逃げ角2°
切込量0.4mm



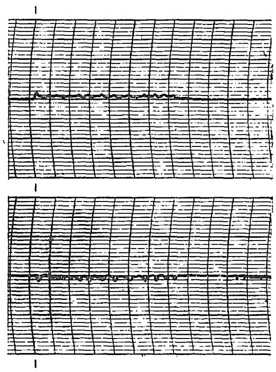
木口切削
刃物角23°
逃げ角2°
切込量0.6mm



柾目面の縦切削
刃物角23°
逃げ角2°
切込量0.6mm



木口切削
刃物角23°
逃げ角2°
切込量0.8mm



柾目面の縦切削
刃物角23°
逃げ角2°
切込量0.8mm

Fig 7　オッシログラム

参　考　文　献

1) 枝松信之・森稔；製材と木工，森北出版，1965，p189〜223.
2) 林大九郎・栃木紀郎・山下晃功；切削抵抗におよぼす接着層の影響（第2報）一二次元切削による数種の接着剤の接着層切削抵抗一，木材工業，vol.25, 9, No.282，1970.
3) 林大九郎・栃木紀郎・井上裕之；横切削における切削面の微視的観察（第1報)一放射組織斜行角の影響による切削抵抗とU型切断率について一，木材工業，vol.26，7，No.292，1971.
4) 林大九郎・栃木紀郎・井上裕之；横切削における切削面の微視的観察（第2報)一放射組織斜行角の影響による先割れ，裏割れと切削面状態について一，木材工業，vol.26，8，No.293，1971.
5) 林大九郎・栃木紀郎；単板切削に関する研究一ノーズバーの形状およびナイフ・マイクロベベルの効果一，東京教育大学農学部紀要，No.17，1971.
6) Laszlo P. Futó; Qualitative und quantitative Ermittlung der Mikrozugeigenschaften von Holz, Holz als Roh- und Werkstoff, 27, Jg. Heft 5, Mai, 1969.
7) Richard E. Mark; Cell wall mechanics of tracheids, YALE UNIVERSITY PRESS, 1967.
8) SCIENTIFIC AMERICAN編 黒田晴雄訳；材料の科学，共立出版，p85〜109.
9) 山下晃功；職業訓練についての一考察，技能と技術，vol.6，2，1971，p8〜11.
10) 山下晃功；木材加工における平削りの理論と実践，第14回日本産業技術教育学会研究発表論文要旨，1971.