

中学校技術科の学習指導における技能分析

第1報 金切り鋏による切断

上田 篤* 木村 進** 伊藤 貢*

近年学習指導においてVTRによる分析が、種々応用されている。筆者等は動作分析の立場から、VTR等の映像を利用して、中学校技術科の学習指導における技能面分野について動作分析を行った。本報は、これらの中での金切り鋏によるブリキ板の切断技能について、初心者と考えられる1年生を対象に行った結果である。

又、この結果を基としての具体的な指導法について引きつづき研究中である。また作品の判定法につき目下検討中である。

キーワード 教育工学, 技術科教育, 金属加工, 映像計測, 動作分析

1. はじめに

技術科教育には大別して2つの面がある。即ち精神労働を主とした知的教育と肉体労働を主とした技能教育の両面である。そして一般の認識では知育面を重視し、技能面を軽視する風潮がみられる。しかし技術科教育に於てはこの2つは車の両輪の如きものでありいづれか一方を軽視しても成り立たず、共に連繫して発達させなければならない。

「手は外部の脳髄」と云われるように、人間にとって非常に大切な機関である。一見なんでもない様に見える指や手の動きが、実は知識の中心の脳の発達と密接な関係にあることが、アメリカの神経外科医学者ペンフィールドによって示されている。彼の研究による、運動をつかさどる脳の皮質の割合を示す模式図(図1)を見れば手の運動野の広さが、顔・頭群と胴以下の足指までに匹敵する広さで全運動野の3分の1を占めている。なかでも母指の運動野は大腿部から足先までの足全体と同じ位の広さを示している。身体の中で必要に応じてこの運動野の広さが決められているので、手に対する評価がいかに高いかがうかがえる¹⁾。



図1 ペンフィールドの図

又、ペスタロッチは「勤勞させることによって、そして手を働かせることによって、どれだけ理解力がつけられ、心の感じ方にどれだけ遅しさが与えられるか。又、どれだけ材生の能力に致命的な障害を与える理性的弛緩から子供を守って居るか、計り知れないものがある²⁾」と手の持つ教育的意義を強調している。このように子供達の人間としての種々の能力を健全に発達させるためには、自分の手を使って物に働きかけ、対象の変化をみるという経験は非常に重要な事である。

* 岐阜大学教育学部技術・職業学科

** 岐阜大学教育学部附属中学校

そこで人間の生長期に合わせて何でも十分に時間を懸けて経験を積むことが出来れば最も望ましい事であるが、現実の問題として十分な時間を取り得ないとすれば、短時間の内に効率よく経験を積ませなければならない事になる。その為には指導法をより良く改善し、効果を上げなければならないのである。

ここにおいて、筆者等は中学校技術科教育に於ける技能分野の分析を行いこれを学習指導法に導入するべく研究を行った。本報告は第1段階として、金切り鋏によるブリキ板の切断作業についての研究したものである。

2. 研究目標及び目的

本研究の目標は、技術科領域の技能教育に於ける個々の技能及び現場の現状を分析し、指導法の改善に役立たせること。及び技能評価の方法を考案し、指導法の改善効果を判定することをねらいとしたもので、金切り鋏の使用法の指導の要点を解明しようとするものである。

3. 切断の理論的背景

1) 直刃金切り鋏の構造

金切り鋏は、テコの原理を応用して人の力で板金を切断する道具であり、切断する板金の厚さによって小型のテコ比の小さなものから、職人の使うテコ比の大きなものまである。又直線に切るとき用いる直刃のものと、曲線に切するための刃先のカーブしたやなぎ刃などがある。

写真1及び図2で今回の実験に用いた直刃金切り鋏の構造、各部名称と寸法を示した。

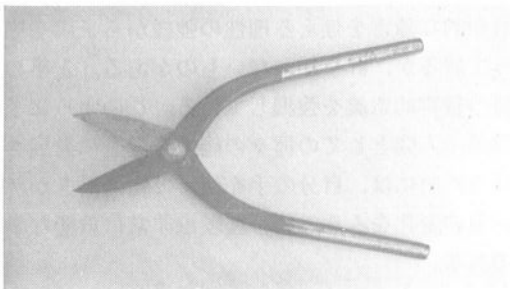


写真1 小型直刃金切り鋏

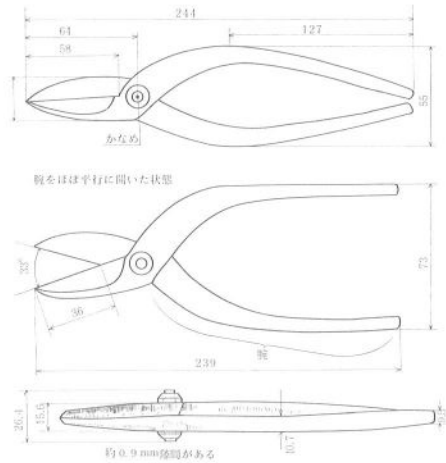


図2 小型直刃金切り鋏の構造と寸法

2) 直刃金切り鋏の切断理論の概要

金切り鋏の切断に於ては、ポンチによる打抜きのような所謂二次剪断は起こらない。なぜなら、切断と同時に材料は自由に左右に別れる事が出来るからである。³⁾

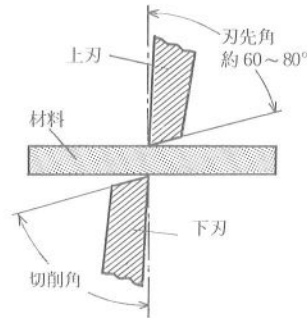


図3(a) せん断

図3(a)は金切り鋏の上下2枚の刃で板金を狭んだ瞬間を示したものである。

金切り鋏の刃先は鋭角ではあるが丈夫な様に直角に近い刃先角(60~80°)である。

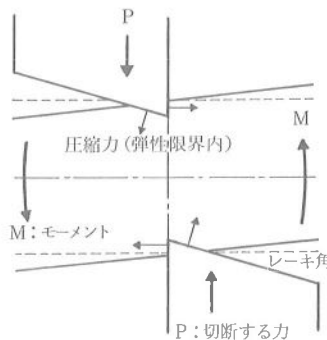


図3(b) 刃先と薄板との関係

図3(b)は切断動作が始まり刃先が材料の弾性限界内でくい込んだ様子を示す。この時は、刃の中心軸がしっかりして居れば上刃と下刃との圧

縮力が適当な角度で釣り合う迄板材が傾くことになる。

上刃の下面は側面と直角ではなく図の如く或る角度をなす。この直角方向から成す角を「レーキ」と云い、材料の曲りの程度を少なくするのに役立つ。

材料の曲りの減少量は大体レーキ角の $\frac{1}{2}$ 程度と云われている。

この様な時には、上下の刃が互いに横方向に反力を受けるから、刃先が自然と離れようとするので、この時鋏の使い方によって（この反力を打ち消す力を与えないと）働かせた力の作用線が開き、刃先に加えられた力Pは有効な剪断力とならず、当然ながら切断面は汚なく、力Pも大きい必要がある。図4にそれを示す。

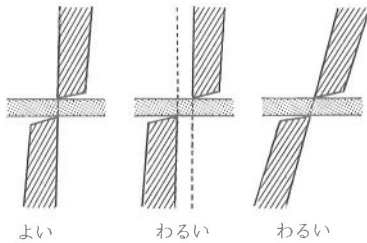


図4 金切り鋏の刃のあて方

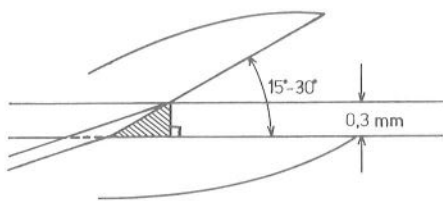


図5 刃先の開度（15°～30°）

金切り鋏の2枚の刃は互いに傾き（図5）、これは切断時の最大圧力を減少させるのに役立つ。しかし図5の如く加工物が曲がる欠点が生ずる。

刃先が鋭い程くい込み易いが刃先の強度が弱くなる。

切断のために刃先に必要な（切断）力Pは、材料の最大剪断応力 τ と影響を受けて居る断面

積A（正確な値は不明であるが）とから

$$P = \tau \times A$$

図5より影響のある面積は刃がくい込んで作る材料の三角形の断面部分のみと限定し、両刃先の作る角は15°～30°であるので、面積の広い15°とする。材量の応力は軟銅が34～62kg/mm²位なので50kg/mm²と仮定すれば

$$A = \frac{0.3^{\text{mm}} \times 0.3^{\text{mm}} \times \tan 75^\circ}{2} = 0.168 \approx 0.2 \text{ mm}^2$$

$$P = 50 \text{ kg/mm}^2 \times 0.2 \text{ mm}^2 = 10 \text{ kg}$$

鋏のテコ作用でこのPの $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ 位が手にかゝる力Fとなる。

$$F = 3.3 \sim 5 \text{ kg}$$

このFが切断のみに必要な手の握力である。

3) 金切り鋏の使用方法

理論的考察から金切り鋏の使用方法として注意すべき点は、

- ① 支点に近い刃先で切断し、手は支点より遠い処を握ると小さい力で切ることが出来る。特に生徒に大人用の道具を使わせるので重要なポイントである。
- ② 鋏は板材に直角に支持して切断を行うことと板材の成るがままにして切断を行うと、鋏の支点の支持軸にスラスト方向の力が大きく加わり、切断しにくくなる。
- ③ 鋏が板材に直角でも前述の如く、レーキ角の $\frac{1}{2}$ の角度までは回そうとするモーメントが作用するので、手と指の握り方によって之を打ち消すように鋏を使わなければならない。この点が、紙や布用の鋏の使用方法と金切り鋏の使用法の大きな違いである。
- ④ 以上のことから、板材の少なくとも片方は固定し、材料の回転を止める工夫をし、下刃は余り動かさず、上刃が上から降りて押切りの如く切断するのが望ましい。

4. 分析準備

- 1) 映像計測による動作分析

動作分析を映像で行う方法は、多くの人々が手懸けて来て居り、定評のある処である。私達も16%映画及びVTRを用いた動作分析を幾つか手懸けて来て居る。その一部が参考文献4)5)であり、又、東大教授石井威望先生他と上田との共同研究である「共同利用型病院情報システムの技術評価」^{6)~10)}に関する一連の報告書である。

時代の移り変わりによって、研究に用いられる映像媒体も16%フィルムからより簡便な家庭用VTRを利用しての動作分析システムへと移項して来た。今回もこのVTRを用いた分析を行っている。之等の有効性及び精度等については前記資料^{4)~10)}に発表して居るので今回は省略する。

2) 人間工学と動作分析

表記の事についても資料等に再度のべて居るが、一言で言えば、「動作分析を行う対象人物の心理的、物理的外乱とならない様に映像を撮る」事である。実際には人権問題等もあり隠し撮り等は好ましくないので、完全に外乱を除く事は困難であるが、出来る限りの努力をして、より正確なデータを採集する様に行動しなければならない。

3) 統計処理について

人を含んだ系での現象を理論解析するのは至難の技である。各人各人の異なる心理的要素が入り、之が非常に大きな影響を与えて各人の行動が行われて居る事は衆知の事実である。この様な時に現象の特徴を見出すには、検体数を増し統計的手法を用いて大勢をつかむのが良いからである。

4) 研究手順

岐阜大学附属中学校1年生(昭和56年4月入学)男子87名に練習として、後述のテストピースを切断した後、授業を行い、その両者間の切断の作品を分析したデータをコンピュータ(当研究センター所有の)を用いて統計処理を行っ

た〔方法A〕とその時の生徒の動作をVTRシステム(1/100タイマの入るもの)でビデオ撮りし、之をビデオアナライザ(後述)等を駆使して動作分析を行う〔方法B〕を行い、その結果を比較検討した。これを図示すると図6となる。

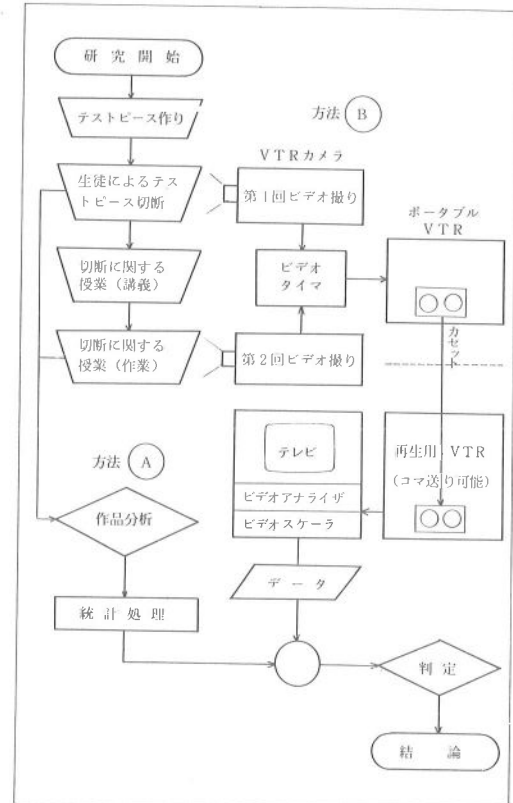


図6 実験手順

5) 分析データ収集のための道具

① 切断材料

金切り鋏で切断するための材料はDAIDOエバグリップ0.3mm厚Z18の亜鉛鉄板で定尺(1800×900mm)を切断機で(300×900mm)に切断して用いた。1人分はこの板の縦300mm横30mmであり、この内巾約10mmを生徒に金切り鋏で切り取ってもらい、残りの約20mmを押し切りで切り取って、生徒の切断した両方の切断面を資料として解析する。

以上のために必要なケガキ線は前もってケガ

いておいた。(図7)

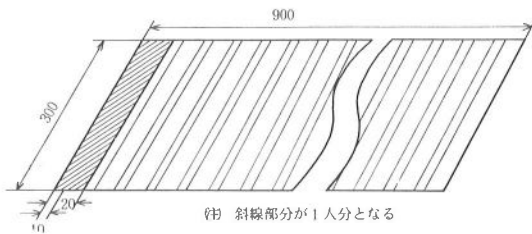


図7 材料の寸法

② 金切り鋏

テコの原理からは無理であるが、大人より手が小さく、非力な中学1年生では大きな鋏は持てない者が多いので、授業に使用して居る小ぶりのもの(写真1)を外注で研いで使用した。

③ 録画用品

ビデオカメラ (ソニー DXC-1740)
 // ファインダ (ソニー HVF-1100A)
 // レコーダ (ソニー SL-3100, β II用)
 // タイマ (朋栄 VTG-22, $\frac{1}{100}$ sec用)
 モニタテレビ (ソニー KV-13A5)
 ACアダプタ (ソニー AC-310C)
 平面鏡 (250×370mm)

三脚

録画用テープ (ソニーカセットテープL-500)

照明 (写真電球デライト用フラット 100V
 500W×2ケ, ランプホルダ共)

④ その他の実験器具

工作台

テストピース固定用シャコ万2ケ

テストピースを浮かすための台

押し切り

整理のためのNo. 札

背景用グラフ黒板

6) テストピース切断実験の環境

実験は本学部附属中学校技術科教室で行った。テストピース切断時の機器の配置を図8に示しその時の状態を写真2及び写真3に示す。

TVカメラを複数台使用すると見易い画面が得られるが、その反面、解析に台数倍以上の手

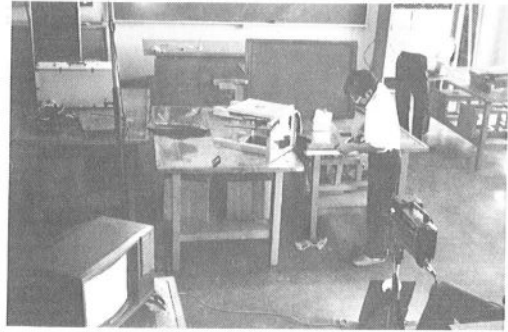


写真2 実験風景1 (遠景)

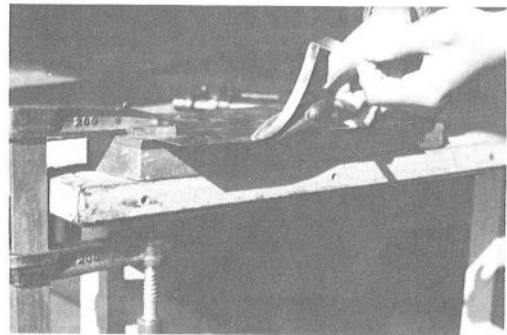


写真3 実験風景2 (近景)

間と時間がかかり、その上同時刻の動作位置を合致させるのが困難なので、今迄の経験より補助方向には平面鏡を使用して1台のVTRに2方向の画面を入れて解析した。この方法であればVTRシステムも1組で良く、平面鏡とその保持具を増すだけでいくらかでも記録する方向を増加させることが出来る。

7) 授業作品について

授業に用いた材料のケガキ寸法は図9に示す。これはバインダボックスである。

授業に於て、生徒に切断する場所と順序を指定し(図9中で1~3番がそれである)、順番に従って作業を行い、各行程後に測定を行い授業作品の分析データとした。

材料は各自が持って作業を行い固定は行わず動作分析も多数で困難であり省略した。

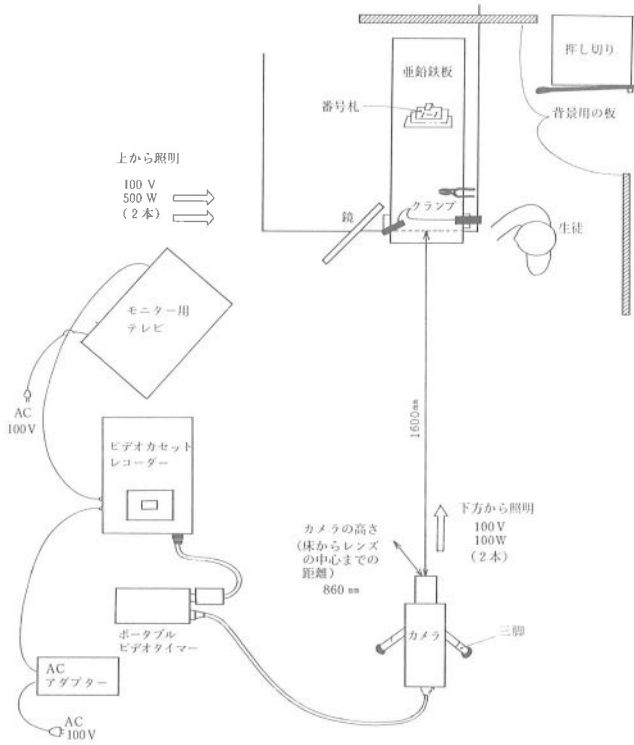


図8 実験機器配置図

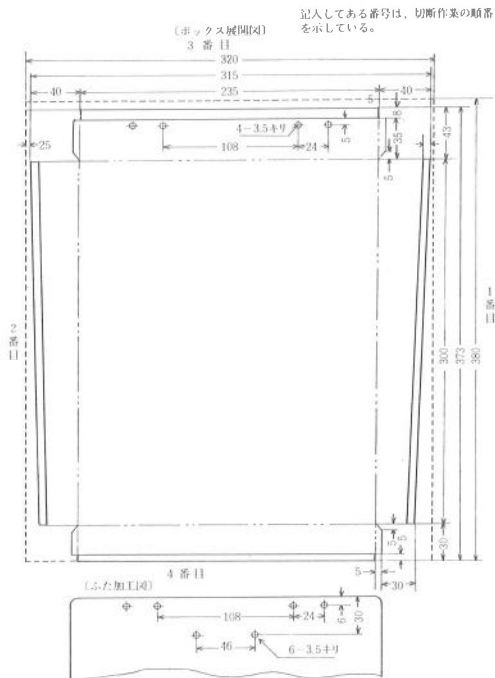


図9 授業時の材料寸法

5. 分析方法

1) 資料の分析方法

収集された切断片の形状をそれぞれ、次の如く名づけた。

- 好ましくない形状
 - 割れ
 - ささくれ
 - ばり
 - たて波
 - よこ波

それぞれの項目について後述の如く定義し、その測定法を定め、数値化してデータを取る。

このデータを本研究開発センターのコンピュータを用いて統計的処理を行った。

授業作品についても、毎回の切断についてデータを積み同様の処理を行った。

2) VTRによる分析

撮影したVTRを再生し、一定長さ(300mm)の切断回数、切断所要時間、欠の動き、握り方等を分析し、資料分析の結果と相互に比較検討を行った。

資料に表われる形状の原因究明を映像によって行い、映像に表われる動作が作品にどの様に影響するかを解明した。

6. 各形状の解析

切断片に表われた前述の様々な形状について、私達の定義、その分析法、結果、考察等について、VTR解析も考慮に入れて項目ごとに述べる。

1) 割れ

① 割れの定義 (図10. 写真4.5参照)

亜鉛鉄板の切断面にある切断方向と直角に入っている亀裂を割れと定義した。亀裂が入る手前の段階のひびが入っているものもこれを含める。

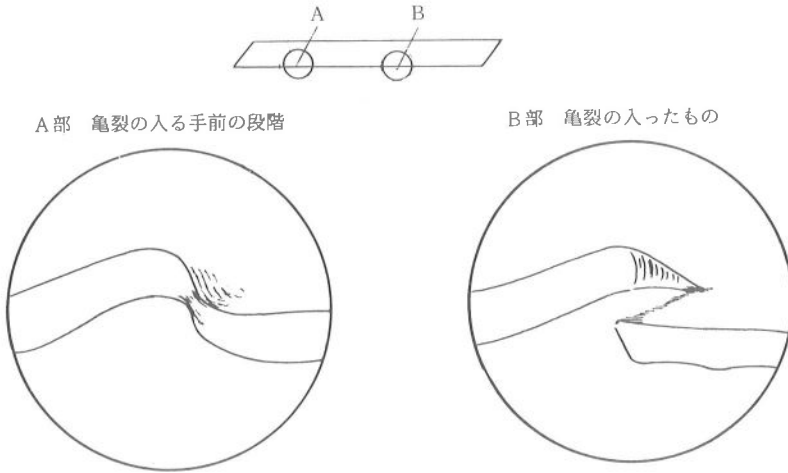


図10 割れの説明図

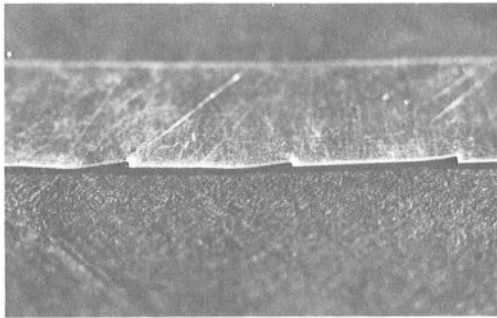


写真4 割れの(拡大)写真

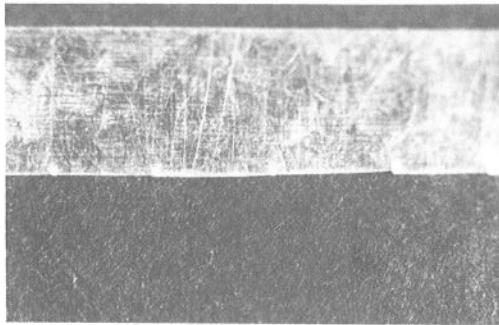


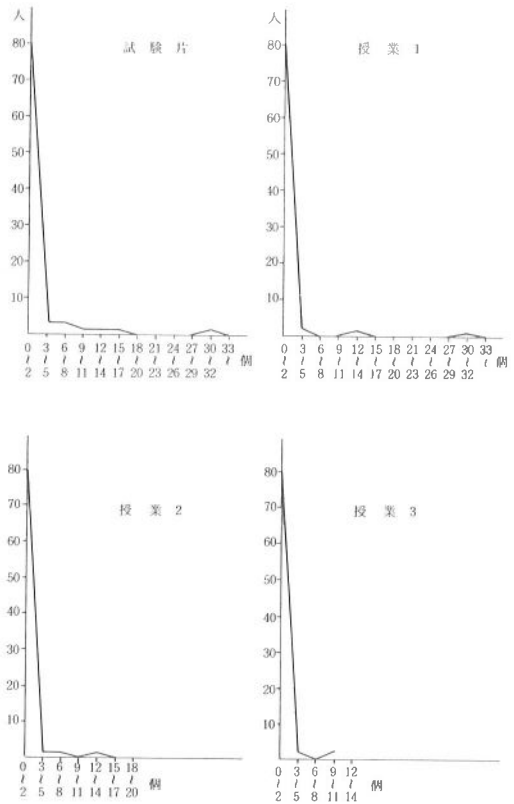
写真5 割れを真上から写したもの

② 測定方法とデータ

切断面にある割れの個数をデータとする。

③ データと処理結果

データは省略(以後の項目も同じ)し、グラフと統計結果を次に示す。



グラフ1 割れの数と人数分布

表1 割れ

	練習	授業1	授業2	授業3
平均	1.5	0.8	0.4	0.4
標準偏差	4.3	3.7	1.6	1.6
最大値	32	31	13	10
最小値	0	0	0	0
人数	87	86	86	84

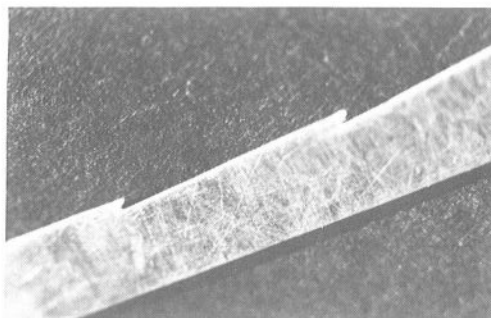


写真6 ささくれ

④ 結果と考察

測定結果とグラフから、割れの個数の平均値は1.40個で、練習・授業共に0～2個の生徒は全体のおよそ90%であり、中でも0個の生徒が一番多かった。

グラフを比べて見ると、経験による効果が良くわかる。しかし、個人のデータを見ると同一生徒が幾つも割れを作って居る（個数は減っては行くが）のも事実である。

割れはVTRの調査からも、鋸の最先端で切断した時に発生して居る。之は刃の大部分の切断が2次元的であるのに対し、刃先は先端が材料にくい込むので3次的に力が働き、集中応力も強くなるので割れが簡単に入るものと理解出来る。故に授業に於て先端を材料にくい込まさない様な適切な指導が初心者には必要であり、重要なことである。

2) ささくれ

① ささくれの定義 (図11. 写真6参照)

鋸で切断した後に出来た「ばらの刺」の様なものをささくれと定義する。刺の先端から板に降ろした垂線の長さ h をささくれの大きさとする。

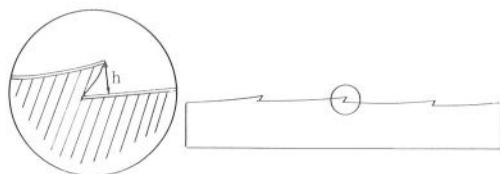
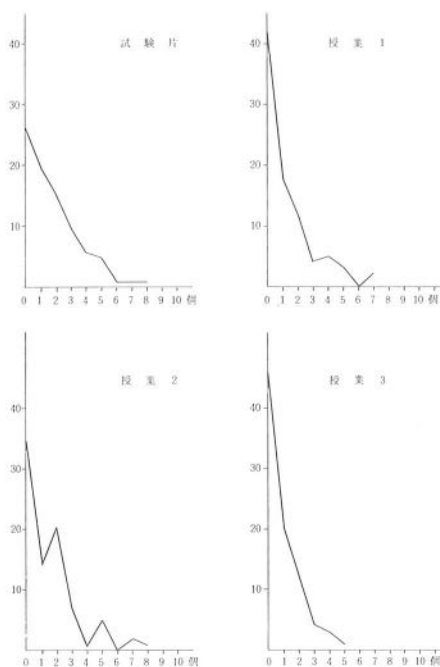


図11 ささくれ説明図

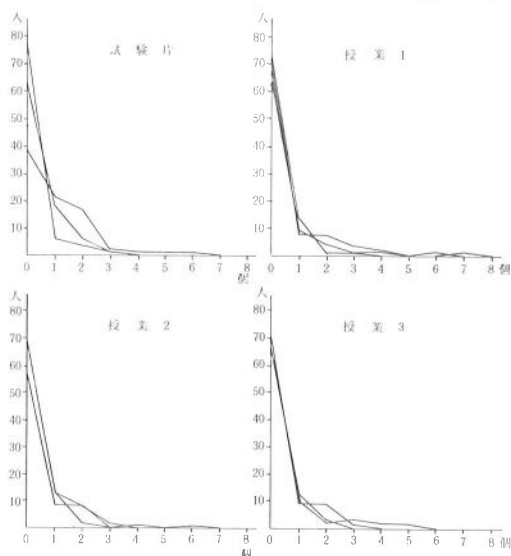
② 測定方法

ささくれの大きさを測定し、 $h > 1$ (mm) を、大 (3点)、 $1 > h > 0.5$ (mm) を中 (2点)、 $h < 0.5$ (mm) を小 (1点) としてそれぞれの個数及び点数をデータとして解析を試みた。

③ 処理結果 (グラフ2～3. 表2. 3参照)



グラフ2 ささくれの数と人数分布



グラフ 3 ささくれの大きさと人数分布

表 2 ささくれの数〔ケ数〕

	練習	授業 1	授業 2	授業 3
平均	1.7	1.2	1.5	0.9
標準偏差	1.8	1.6	1.8	1.2
最大値	8	7	8	5
最小値	0	0	0	0
人数	87	87	87	86

表 3 ささくれの点数〔点〕

	練習	授業 1	授業 2	授業 3
平均	2.4	2.6	2.7	1.7
標準偏差	2.9	4.0	3.0	2.3
最大値	11	21	12	9
最小値	0	0	0	0
人数	87	87	87	85

④ 結果と考察

表 2、3 に於て授業 3 の平均値が小さいのは、切断距離が他に比べて短い (図 9 参照) からである。又、両方の表からささくれの絶対数は練習時の素材を台に固定した時の方が多いが、大きなささくれは授業時の手持ちで切断した時の方が多くなって居ることがわかる。これは手持ちの場合には鋏との相対位置が不安定になるために、ささくれの出来た時には大きく広がるものと思われる。しかしこの事は反面、鋏も素材も自由度が多くなるため、ささくれの出来るチャ

ンスは幾分少なくなることがわかる。

こゝでささくれの出来るメカニズムを考えて見ると、前回の切断が修了し、鋏を開きながら素材が刃元に来る様にする。即ち鋏を前進させるか、素材を引き寄せるか、その両方の動作が行われ、次の切断が始まる。この時、鋏の刃面が前回の切断面と同一面内にあると切断が行われたならばささくれは発生しない。しかし鋏の開度は刃元と刃先に近い方で少し異なり、刃元の方が少し広い、故に前回切断されなかった端の断面の鋭く薄くなって居る処に硬い刃が当たるためにすぐい込んで次の切断が始まる。(図 12 参照) 即ち刃を閉じる瞬間の鋏の位置が重要なポイントとなる。ささくれに対しては 1 個の切断長さを長くして、ささくれの出来るチャンスを少なくした方が良いのか、又は鋏の刃の一部を使用して上下両刃の作る角度の変化を少なくした方が良いのか、今回の研究では結論が出なかった。

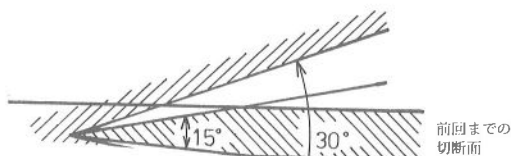


図 12 ささくれのキッカケ (横式図)

3) ばり

① ばりの定義 (図 13. 写真 7 参照)

鋏で切断した後、切断口に板に対し直角に近い角度で塑性変形をした部分が出来たものをばりと定義した。

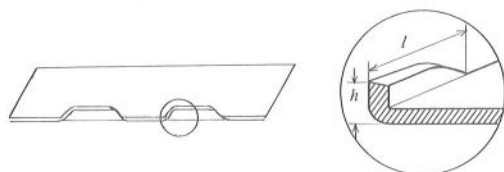


図 13 ばりの説明

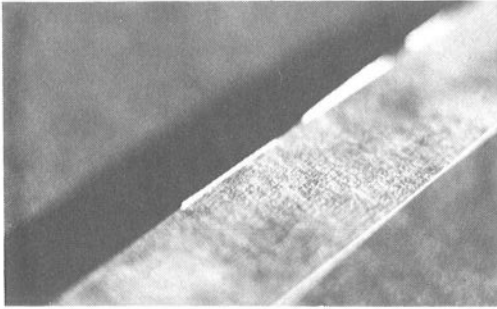
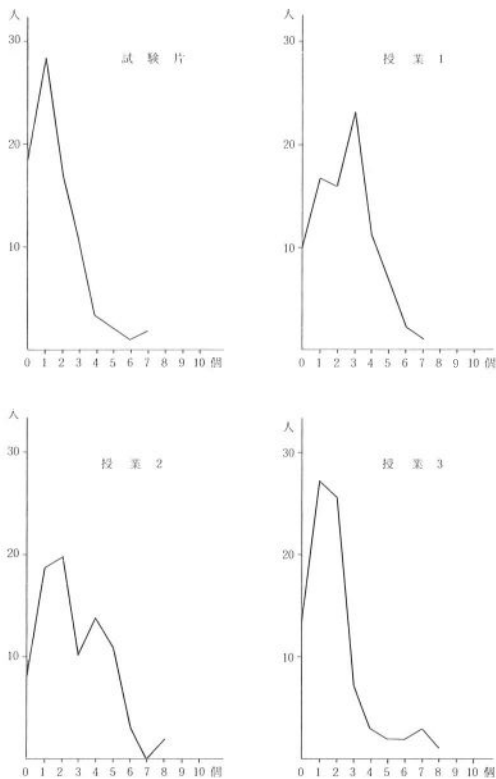


写真 ばり

② 測定方法

ばりの数と長さ l を測定する。尚、余り数が多過ぎるので測定したばりは、高さ $h > 0.2$ mmで、 $l > 5$ mmのものに限った。

③ 処理結果



グラフ 4 ばりの数を人数

表 4 ばりの合計と個数

		練習	授業 1	授業 2	授業 3
ばりの合計	平均	44.1 (14.7)	72.0 (24.0)	69.2 (23.1)	54.3 (23.1)
	標準偏差	37.4	70.2	58.0	56.2
	最大値	164	300	270	239
	最小値	0	0	0	0
	人数	87	87	86	85
ばりの個数	平均	1.7 (0.6)	2.5 (0.8)	2.7 (0.9)	1.9 (0.8)
	標準偏差	1.5	1.6	1.8	1.7
	最大値	7	7	8	8
	最小値	0	0	0	0
	人数	87	87	86	85

④ 結果と考察

ばりは銼の上下の刃がうまくすり合わない状態で切断される時に出来るもので、前述の切断のメカニズムに述べてある。当然ながら素材と銼が直角でない場合にはすり合わせが難しくなり、ばりが発生し易くなる。

練習では、ばりの無かった生徒は87人中19名しかなかった。残りは大なり小なりばりが発生して居る。ばりの平均は長さで44.1 mm、個数で1.7個であった。

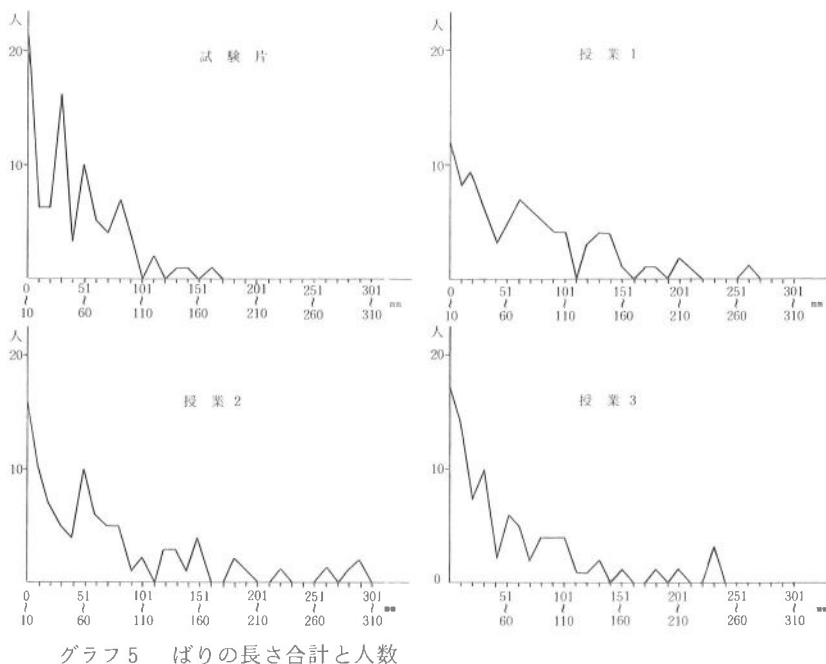
授業でばりの無い生徒は授業1で87人中10名、2で86人中7名、3で85人中13名であり、1.2.3回全てでばりの無い者は87人中2名しか居なかった。1.2回目ばりが無かったが、3回目に1つだけ大きなばり($l = 25$ mm)を作った生徒も居る。

ばり1個の長さはその時の状態で長くも短くも成り得る。ばりを調査すると、ばりの曲り方が大きい程、なかなか元に戻りにくく、ばりも長くなる。

練習より授業の方がばりは多くなって居るが、之は練習時には、台に素材を固定して居たので銼を直角に保ち易かったが、授業では素材を手持ちで切断したのでふらつき易く、結果的にばりが沢山発生したものである。故にばりに関し

ては明らかに素材を固定して切断した方が有利であることがわかる。

授業での3回の切断結果を見る限りでは、回を追うにしたがってばりが無くなると云う結果は得られなかった。即ち、ばりの長さがグラフ5に見られる様に、経験を積んだ割に減少して居ないのである。故にこの点に関しては、各回の授業（指導は教生が行った）の効果が無かったと判断される。



4) たて波——うねり

① 定義 (写真8参照)

平面の素材が切断後平面に直角方向に波の様に曲がったものをたて波と定義した。



写真8 たて波

② 測定方法

資料に残って居る欠による切断歪み以外の歪みを除くために、1辺25mmの角柱2本の間にはさみ軽くシャコ万で固定する。そして、ノギスでたて波の高さが1mm以上の箇所を測定する。

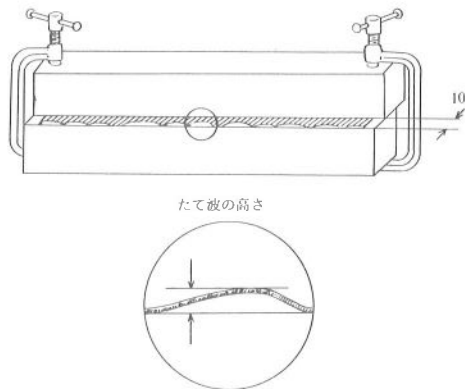


図14 たて波の測定法

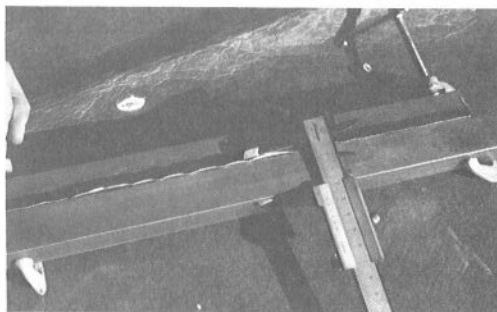
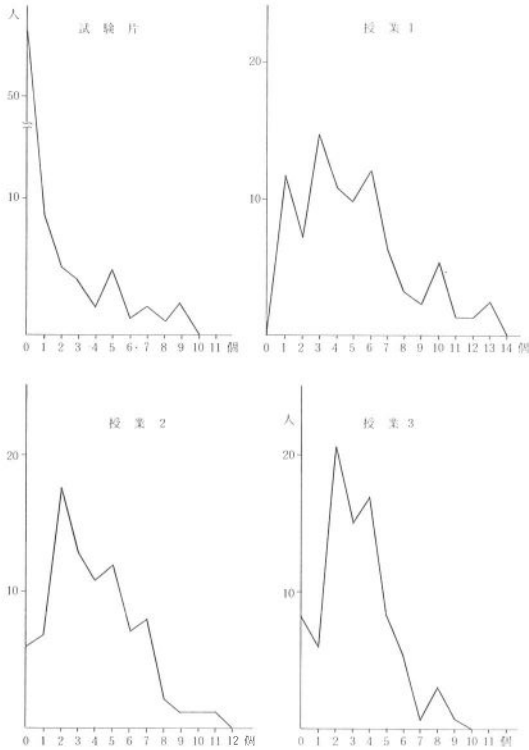


写真9 たて波の測定中



グラフ6 たて波の数と人数

表5 たて波

		練習	授業1	授業2	授業3
たて波の高さ	平均	0.7	1.7	1.8	1.5
	標準偏差	10.1	7.6	9.3	8.1
	最大値	3.4	4.2	5.3	4.3
	最小値	0	0	0	0
	人数	87	87	87	85
たて波の数	平均	1.3	4.8	3.8	3.1
		(0.4)	(1.6)	(1.3)	(1.3)
	標準偏差	2.3	3.0	2.4	2.0
	最大値	9	13	11	9
	人数	87	87	87	85

④ 結果と考察

たて波が出来るのは切断する時に鋏が板に対して上下に動くからである。

たて波の多い生徒及び波の大きい生徒をVTRで調査すると、一回切断するごとに鋏の要が

板に対して動いているのがよく分かる。

グラフ6を見ても分かる様に、練習時と授業時では、たて波の数も高さも共に差がある。練習時の波の平均個数が0.4個/100mmであるのに対し、授業では、1は1.6個/100mm、2は1.3個/100mm、3は1.3個/100mmとなり、3倍以上発生している。

波の高さでは、練習時0.7mmが授業時には、1で1.7mm、2で1.8mm、3で1.5mmで2倍以上もある。

平均値にこのような大きな違いが生じたのは、練習時は素材は台に固定されて居たので、鋏の保持にのみ全力を集中出来たのに対し、授業時には、素材も手持ちであったため、そのいづれかが動いても波が出来たものと思われる。又、切り取られる巾が練習時と授業時では異なるのでこれも原因の一つと考えられる。即ち切り取られる巾が狭いので鋏が板に対して動き易い状態になるから、初心者は鋏を使い易くするために動かしてしまうものと思われる。

5) よこ波

① 定義 (図15. 写真10参照)

ケガキ線からずれた切断面

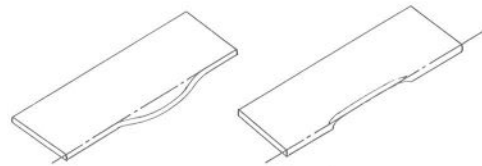


図15 よこ波の説明

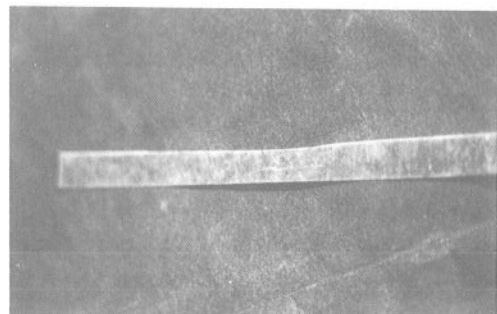


写真10 よこ波

② 測定方法 (図 16. 写真 11. 12 参照)

○HPに1mm方眼シートをのせ固定し、方眼上の基準線上に透明な直定規を固定する。定規に切断面をそわせて、両者のすきまをスクリーン上に拡大し、波の数とすきまの最大値を方眼の眼で測定する。今回はすきまの値が0.5mm未満のものは測定から除外して大きなもののみとした。又、半分の波は0.5個とした。

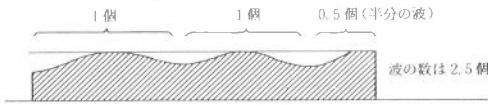


図16 波の数え方

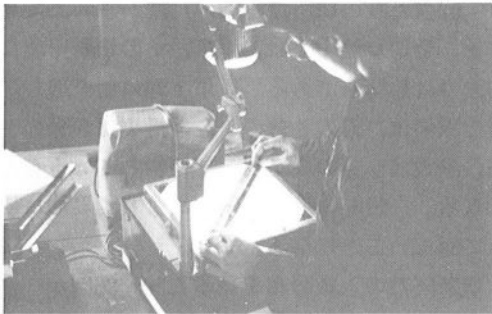


写真11 よこ波測定中

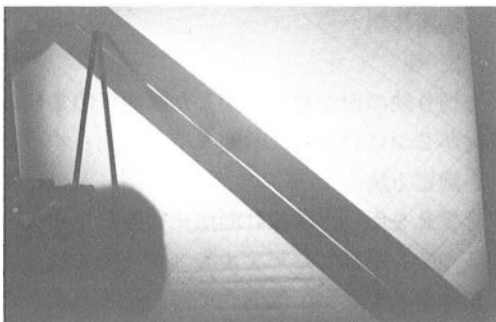
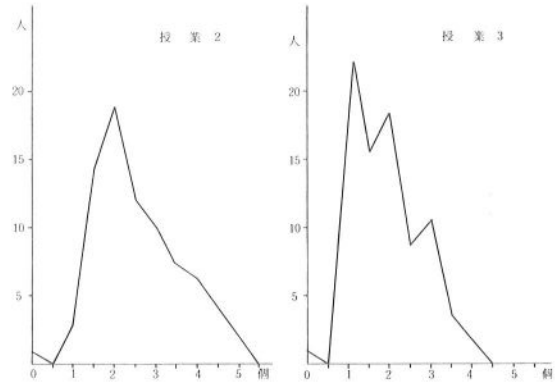
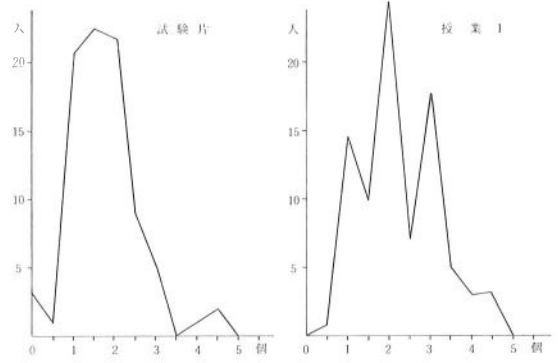
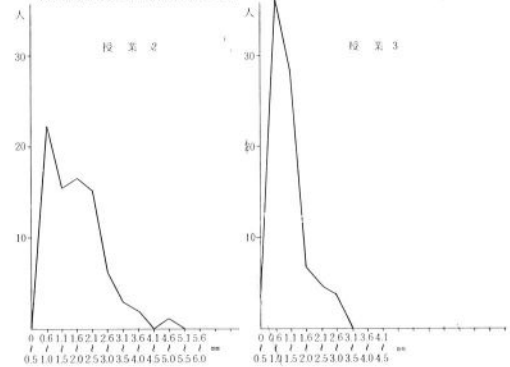
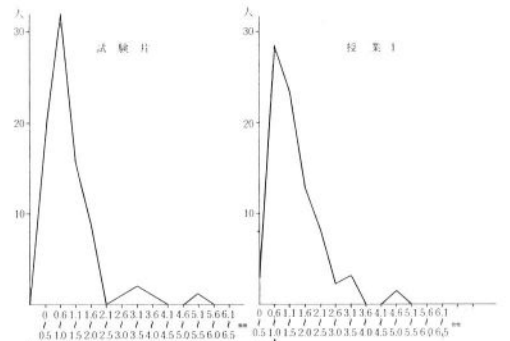


写真12 スクリーン上のよこ波



グラフ7 よこ波の数と人数



グラフ8 よこ波の中と人数

表6 よこ波

		練習	授業1	授業2	授業3
よこ波の数	平均	1.8 (0.6)	2.3 (0.77)	2.7 (0.9)	1.9 (0.8)
	標準偏差	8.0	9.3	12.3	8.4
	最大値	4.5	4.5	8.5	4.0
	最小値	0	0.5	0	0
	人数	87	87	87	85
よこ波の中	平均	1.6	1.5	1.8	1.3
	標準偏差	8.4	6.5	8.4	5.6
	最大値	6.0	3.2	5.4	3.0
	最小値	6.3	0.5	0.4	0.3
	人数	87	87	87	85

④ 結果と考察

よこ波の中は、練習時の平均値は1.6mmで、グラフ8では0～2.5mmに約94%の生徒が集中している。授業時の分布も似て居るがやゝ悪い方に片向いている。授業2では特にその傾向が見えるが、之は切断の始めを切り取り中の狭い(2.5mm)方から行うので、鋏で切り込みにくかったためと考えられる。授業3は切り取り中が一定であった事が、練習時と同一条件となり良い結果となって居る。

よこ波の数は練習では1～3個に集中し平均1.75個である。授業は1～4個に一応集中はしているが、分布の形は似て居ない。やはり手持ちの影響がこゝにも出て来て居るものと思われる。

6) 切断回数

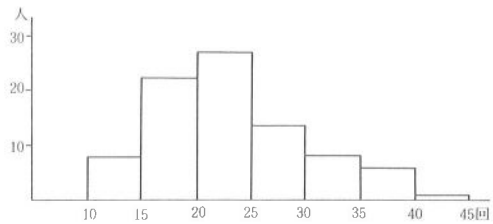
① 定義

資料を切断するのに必要とした、鋏を動かした回数で、切断を始めた鋏が切断を止め、開き出す直前までを1回とする。

② 測定方法

切断作業を撮影記録したVTRを再生し、切断回数を数えた。VTR等を用い映像計測による動作分析の方法についての詳細は、参考文献4)～10)等に述べられて居る通りである。

③ 処理結果



グラフ9 切断回数と人数

表7 切断回数

平均	標準偏差	最大値	最小値	人数
22.7回	6.6	40回	13回	87%

④ 結果と考察

切断回数の平均22.7回、最大40回、最小13回である。これから1回当たりの切断量を算出すると、平均13mm/回、最小(回数は最大)7.5mm/回、最大(同じく最小)23mm/回となり、生徒によってかなりの差があることが分かる。

1回当たりの切断量を別の角度から考えて見ると、金切り鋏を開いた場合、その切断可能な刃渡りは約36mmである。故に1回に切り進む距離の平均は、刃の3分の1を、最小は5分の1を、最大は5分の3を使って切断していることになる。一般的に云えば鋏をあまり効果的に使っていないことになる。

切断回数の人数分布を見ると20～25回が一番多く30%近くを占めて居る。次いで15～20回が約25%、25～30回が約15%となって居る。

7) 切断時間

① 定義

金切り鋏の刃が素材に接した瞬間に始まり、素材が2つに分かれた瞬間までの時間とする。

② 測定方法

VTRを用いた映像計測法により測定する。切断作業を撮影したビデオをスロー再生及びコマ送り再生を行い、画面内に写し込まれたタイマにより時間を割り出す。

③ 処理結果

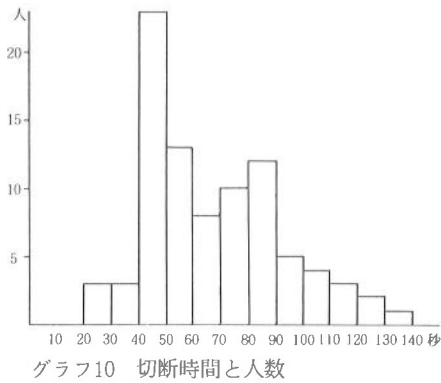


表8 切断所要時間

平均	標準偏差	最大値	最小値	人数
67.0秒	24.6	130秒	26秒	87名

④ 結果と考察

切断時間の分布は、平均の67秒を極小として半々に2つの山が出来ている。早く切断できるグループと遅いグループに分かれたと云っても良いであろう。所要時間の最高は130秒で、2分強の作業時間があればほぼ全員が300mmを切断し終わる事が出来る。半分の時間で約半分の生徒が作業を終了している。この早いグループと遅いグループの差をVTRを用いて調査してみると、鋏が素材を切断して居る時間はほとんど変わらないが、前の切断を終えて次の切断が始まるまでの時間が長い。その理由として、第1に鋏の握り直し、両手で切る、鋏を開くのが遅い等が上げられる。

第2に、切断の途中で鋏が止まり遅くなる。原因はばりの発生であることが多い。

第3に、切り始めと切り終わりは材料が曲がり易く、それを曲がったままで、力づくで切断してしまおうとするために時間が懸って居る。

8) 手の握力、手の大きさ

① 定義

手の握力とは、手で物を握りしめる時の力。

手の大きさとは、手を横に一杯広げた時の親指の先から子指の先までの距離。

② 測定方法

握力は、市販の握力計を用い、鋏を握る方の握力を数回計り、最大値をデータとする。

大きさは、同じ手を、机上に置いた物差の上で広げて、親指先から子指先までの距離を測定する。

③ 処理結果 (グラフ 11. 12 表9参照)

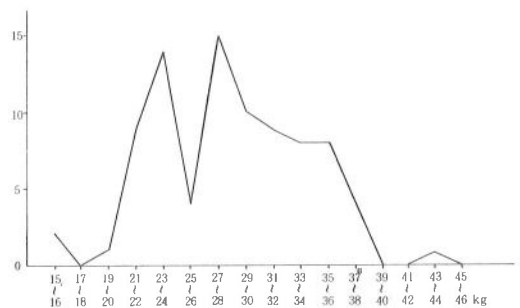
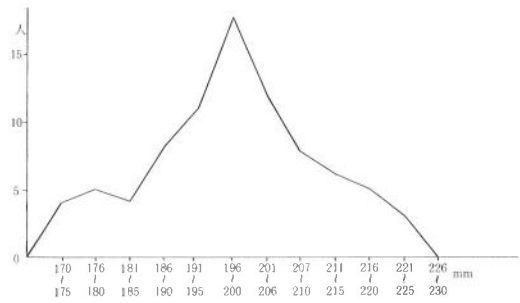


表9 手の握力、大きさ

	平均	標準偏差	最大値	最小値	人数
握力	28.4kg	5.4	43 kg	15 kg	86
大きさ	198.8mm	12.2	223 mm	170 mm	85

④ 結果と考察

握力は90%近くの生徒が21~36kgの間であり、最小値でも15kgである。

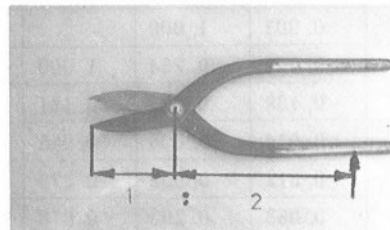


写真13 鋏のてこ比

今、切断に必要な力を概算して見ることにする。まづ計算を簡単にするために写真13の如く仮定する。即ち、板厚0.3mm、軟鋼の弾性最大応力34~62kg/mm(機械工学便覧¹⁾より)故にやゝ大きめの50kg/mmと仮定、鋏のてこ比1:2~3より小さい1:2を用いる。刃先の狭み角は、15°~30°であるから切断面積の大きくなる15°を用いることにする。

こゝで切断力に関係する断面積Aは、鋏の上下の刃に挟まれた板の断面積のみと仮定し、それ以外の部分の塑性変形部分については省略することにすると、

$$A = \frac{(0.3 \text{ mm})^2 \times \tan(90^\circ - 15^\circ)}{2} = 0.168 \text{ mm}^2 < 0.2 \text{ mm}^2$$

即ち、 $A = 0.168 \text{ mm}^2$ なる故、前述の省略分を見込んで $A = 0.2 \text{ mm}^2$ として切断に必要な刃先の力 f は

$$f = 50 \text{ kg/mm}^2 \times 0.2 \text{ mm}^2 = 10 \text{ kg}$$

故に手の握力 F はてこ比1:2として

$$F = \frac{f}{2} = 5 \text{ kg}$$

即ち、 $F = 5 \text{ kg}$ 以上あれば理論的には切断可能であり、それ以上の握力は余裕となるはずである。処で之と生徒の握力と比べると最低の生徒で3倍、最高の生徒では8倍以上、平均では5倍以上の握力を持って居ることになるから、上手に鋏を使えば切断が不可能であると云う様なことは無い。しかし、握力の弱い生徒にとって

は、余り余力が無いのも事実である。

手の大きさについては、最小170mm、最大223mm、186~210mmの間に約70%の生徒が居る。金切り鋏の刃先の開度30°で柄の端の開きは70mm前後であり、之より握り込めば、全員の生徒が充分切断可能である。

しかし、生徒の鋏の持ち方をVTRで観察すると、“てこ”の原理を無視し、“要”に近い方を握って切断して居るのが目立つ。之は鋏を持つ時、端より重心に近い方がバランスが良いのでそこを持ち、そのまゝの手の位置で握り直して切断を始めてしまうからである。之では握力の考察で述べた“てこ比”2倍位で利用して居るに過ぎず、握力に余裕が少なくなる。もし端を握る様な指導を行えば、“てこ比”は3倍位になり、切断に用する握力は $10 \text{ kg}/3 = 3.3 \text{ kg}$ 程度となり、握力の小さい15kgの生徒でも切断力よりも4.5倍も大きな力を出し得ることになり、楽に切断出来るはずである。

7. 各項の相関関係

1) 練習時と授業作品の相関関係

表10 割れの相関行列表(個数)

	練習	授業1	授業2	授業3
練習	1.000			
授業1	0.726	1.000		
授業2	0.005	0.319	1.000	
授業3	0.551	0.862	0.554	1.000

表11 ささくれの相関行列表

		個数				得点			
		練習	授業1	授業2	授業3	練習	授業1	授業2	授業3
個 数	練習	1.000							
	授業1	-0.003	1.000						
	授業2	-0.003	0.254	1.000					
	授業3	0.138	0.273	0.141	1.000				
得 点	練習	0.914	0.006	-0.055	0.085	1.000			
	授業1	0.012	0.902	0.278	0.259	0.056	1.000		
	授業2	0.053	0.293	0.878	0.259	0.022	0.370	1.000	
	授業3	0.134	0.340	0.206	0.868	0.081	0.389	0.367	1.000

表12 ばりの相関行列表

		個 数				得 点			
		練 習	授 業 1	授 業 2	授 業 3	練 習	授 業 1	授 業 2	授 業 3
個 数	練 習	1.000							
	授 業 1	0.192	1.000						
	授 業 2	-0.045	0.144	1.000					
	授 業 3	0.035	-0.001	0.350	1.000				
得 点	練 習	0.761	0.002	0.051	-0.012	1.000			
	授 業 1	-0.111	0.483	0.185	0.115	-0.108	1.000		
	授 業 2	0.057	0.160	0.529	0.127	-0.016	0.328	1.000	
	授 業 3	-0.064	0.053	0.223	0.335	-0.105	0.553	0.200	1.000

表13 たて波の相関行列表

		個 数				高 さ			
		練 習	授 業 1	授 業 2	授 業 3	練 習	授 業 1	授 業 2	授 業 3
個 数	練 習	1.000							
	授 業 1	0.140	1.000						
	授 業 2	0.133	0.473	1.000					
	授 業 3	0.168	0.479	0.486	1.000				
高 さ	練 習	0.816	0.183	0.143	0.304	1.000			
	授 業 1	0.233	0.540	0.440	0.398	0.246	1.000		
	授 業 2	0.108	0.557	0.459	0.393	0.109	0.586	1.000	
	授 業 3	0.159	0.479	0.364	0.542	0.212	0.529	0.642	1.000

表14 よこ波の相関行列表

		個 数				巾			
		練 習	授 業 1	授 業 2	授 業 3	練 習	授 業 1	授 業 2	授 業 3
個 数	練 習	1.000							
	授 業 1	0.340	1.000						
	授 業 2	0.337	0.421	1.000					
	授 業 3	0.245	0.316	0.200	1.000				
巾	練 習	0.409	0.327	0.269	0.264	1.000			
	授 業 1	0.271	0.524	0.330	0.306	0.240	1.000		
	授 業 2	0.141	0.479	0.371	0.308	0.197	0.452	1.000	
	授 業 3	0.259	0.330	0.377	0.466	0.170	0.311	0.530	1.000

2) 各項に於ける相関に関する考察

① 割 れ

練習と授業作品間に正の相関関係が強い。練習時に割れを作って居る生徒は、授業でも割れを作って居り、又授業作品間でも相関が強いと云える。

② さ さ くれ

練習と授業作品間に正の相関関係があるが、それ程強いものではない。授業作品間での相関についても同様である。

③ ば り

練習と授業作品間には、ほとんど相関がない。

又、授業作品間にも相関は少ない。

ばりは、同じ生徒が何度でも作るというよりも、誰にでも出来易く、一度出来たから次は出来ないということも云えない。

ところが、練習と授業作品の相関値の方は小さい。之は、素材を固定した時（練習）と手持ちの時（授業作品）の違いによるためと考えられる。

④ たて波

たて波の個数と高さの関係をみてみると、練習、授業作品共に相関が高く、個数が多いほど、たて波も高いものが出来ている。

⑤ よこ波

個数と巾については、練習、授業作品共に相関が高い。練習と授業作品間の相関はたて波のそれに比べると比較的高くなって居る。

8. 切断作業内の相関関係について

表15 切断作業内の相関関係について

		手の		割れの個数	ささくれ		ばり		たて波		よこ波		切断	
		握力	大きさ		個数	得点	個数	長さ合計	個数	高さ	個数	巾	回数	所要時間
手の	握力	1.000												
	大きさ	0.842	1.000											
割れの個数		0.176	0.121	1.000										
ささくれ	個数	0.231	0.210	-0.162	1.000									
	得点	0.167	0.137	-0.182	0.964	1.000								
ばり	個数	0.210	0.261	0.029	-0.075	-0.144	1.000							
	長さ合計	0.185	0.255	-0.014	0.008	-0.041	0.761	1.000						
たて波	個数	0.172	0.172	0.038	0.122	0.062	0.103	0.099	1.000					
	高さ	0.162	0.168	0.101	0.106	0.089	0.123	0.110	0.816	1.000				
よこ波	個数	0.286	0.230	0.003	0.319	0.341	0.152	0.071	0.236	0.172	1.000			
	巾	0.194	0.217	-0.042	0.247	0.285	0.288	0.212	0.310	0.388	0.409	1.000		
切断	回数	0.095	0.171	0.165	0.044	0.038	0.209	0.145	0.117	0.213	0.276	0.357	1.000	
	所要時間	0.108	0.211	0.098	-0.199	-0.122	0.334	0.103	-0.063	0.012	0.159	0.251	0.533	1.000

表16 授業1の相関行列表

		手の		割れの個数	ささくれ		ばり		たて波		よこ波	
		握力	大きさ		個数	得点	個数	長さ合計	個数	高さ	個数	巾
手の	握力	1.000										
	大きさ	0.842	1.000									
割れの個数		0.135	0.097	1.000								
ささくれ	個数	-0.031	-0.004	-0.044	1.000							
	得点	-0.128	-0.159	-0.097	0.902	1.000						
ばり	個数	0.236	0.260	0.176	0.063	0.023	1.000					
	長さ合計	0.060	0.123	-0.099	-0.134	-0.124	0.504	1.000				
たて波	個数	0.303	0.200	-0.141	0.196	0.227	0.173	0.240	1.000			
	高さ	0.348	0.394	-0.140	0.150	0.125	0.244	0.404	0.540	1.000		
よこ波	個数	0.244	0.261	0.034	0.278	0.277	0.218	0.037	0.297	0.386	1.000	
	巾	0.257	0.220	0.188	0.057	0.112	0.353	0.306	0.392	0.527	0.524	1.000

1) 手の握力及び大きさその他の項目

握力や手の大きさは切断作業に大きな影響を及ぼすと想像して居たが、それ程大きな影響はみられないが、全ての項目にわたって正の相関がある。

切断が上手に出来るか、出来ないかは、握力が大きいから、手が大きいから、と云うことで決まるものでは無いと云える。授業を考える際、個々の握力・手の大きさの違いは極端な場合、（缺が握れない程小さな手や握力）を除いて、考慮する必要は無い。

2) 割れとその他の項目

割れに関する相関値をみると、どの項目とも相関が少ない。又、ばりやささくれに関しては負の相関関係（一方が増えると他方が減る）を示している。いずれにしろ他項との相関が少ないということは、割れの出来る原因は他項より独立した事象であることを示して居る。

割れがばりとささくれに対し負の相関を示すことから、割れの出来る時には缺の上下の刃が充分すり合って切断して居ることがうかがえる。

即ち切断中は良いが、前述した様に割れは、

表17 授業2の相関行列表

		手の		割れの 個数	ささくれ		ばり		たて波		よこ波	
		握力	大きさ		個数	得点	個数	長さ合計	個数	高さ	個数	巾
手の	握力	1.000										
	大きさ	0.842	1.000									
割れの個数		0.102	0.642	1.000								
ささくれ	個数	0.042	0.033	0.036	1.000							
	得点	0.021	-0.063	0.095	0.878	1.000						
ばり	個数	0.164	0.134	0.096	0.144	0.241	1.000					
	長さ合計	0.119	0.121	0.078	0.047	0.102	0.512	1.000				
たて波	個数	0.256	0.214	0.122	0.204	0.189	0.170	0.309	1.000			
	高さ	0.199	0.227	0.064	0.338	0.180	0.247	0.403	0.459	1.000		
よこ波	個数	0.149	0.133	-0.086	0.146	0.105	0.258	0.182	0.163	0.373	1.000	
	巾	0.102	0.133	0.033	0.332	0.316	0.192	0.278	0.312	0.586	0.371	1.000

表18 授業3の相関行列表

		手の		割れの 個数	ささくれ		ばり		たて波		よこ波	
		握力	大きさ		個数	得点	個数	長さ合計	個数	高さ	個数	巾
手の	握力	1.000										
	大きさ	0.842	1.000									
割れの個数		0.117	0.091	1.000								
ささくれ	個数	0.115	0.115	0.025	1.000							
	得点	-0.079	-0.139	-0.023	0.868	1.000						
ばり	個数	-0.035	-0.054	-0.090	0.153	0.193	1.000					
	長さ合計	0.094	0.179	-0.050	0.021	-0.000	0.355	1.000				
たて波	個数	0.232	0.240	-0.032	0.006	0.009	0.062	0.254	1.000			
	高さ	0.175	0.229	0.067	-0.022	0.016	0.009	0.254	0.542	1.000		
よこ波	個数	0.085	0.134	-0.128	0.266	0.279	0.217	0.122	0.313	0.197	1.000	
	巾	0.109	0.188	0.092	0.228	0.144	0.118	0.259	0.368	0.633	0.466	1.000

銕の最先端で切った時起こり、結果は好ましくないものになってしまうので、先端を使わない様に指導する必要がある。

3) ささくれとその他の項目

ささくれは、割れ、ばり、切断時間との間に負の相関関係がある。

ささくれも一種の切断線からずれることによって生じるものであるから、よこ波とは正の相関関係がある。又、ささくれをして居る生徒はたて波が少なく、よこ波が多い傾向がある。

4) ばりとその他の項目

ばりが多くなるに従い、よこ波の中が大きくなる傾向がある。又、切断時間との関係では、ばりの長さが長くなるよりも、ばりの数が多くなるに従って時間がかかることが分かる。ばりが出る切断をしている時とばりが出来ない切断をしている時とで切断速度はそれ程変わらないが、ばりが発生し出す直前、即ちばりのある切断に移る時にスムーズに切れないので時間がかかることがVTR等により観察される。

5) たて波とその他の項目

たて波とよこ波の相関は、たて波の個数・高さ共、よこ波の個よりも巾の方に相関が高い傾向がある。

6) よこ波とその他の項目

よこ波に於ては、個数よりも巾の方が比較的其他の項目と相関が高い。よこ波の巾は、単にケガキ線からはずれるだけでは無く、ばりやたて波によっても巾が広がるということがわかる。

7) 切断回数とその他の項目

たて波やよこ波が多い生徒は、切断回数が多くなる傾向がある。

しかし経験者の切断を観察して見ると結構小さきぎみに回数を多くして切断して居る事が有一概に切断回数が多いのは悪いとは云えないが

初心者では或る程度(20~30mm)は1回の握りで切断させた方が良いのかも知れない。

8) 切断所要時間とその他の項目

ささくれやたて波とは負の相関関係があり、ささくれやたて波がある生徒の方が切断時間が短い傾向がある。

このことは、ささくれやたて波の原因が切断時間には無関係であり、それよりも生徒の性格、ケガキ線を忠実に切ろうとする注意力等のファクタの方がきいてくるものと思われる。

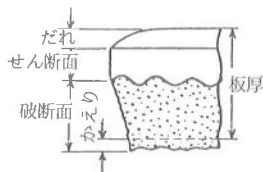
勿論切断回数との相関は大きい。

9. 結論

これまでに考察して来たことをまとめ、更に新しい観点から全体を見てみることにする。

金切り銕による切断は、金属板材の一部に局部的にせん断応力を集中して与え、局部を弾性変形からせん断破壊に至らしめ、之を順次目的の方向(ケガキ線等)に連続して行うものである。

ここでせん断機構について考えて見ると、機械工学便覧によると、一般にせん断加工した切口面は図16に示す如く、だれ、せん断面(平滑面)、破断面、かえりの4部分からなっている。



刃が材料内にくい込む際材料自由面を押し下げてだれを作り、くい込みとともに刃の側面が材料をバニシして平滑なせん断面部分を形成する。ついで、刃先からき裂が成長し、上下の刃から生じたき裂が会合して切断が終わる。き裂が発生し、成長する方向は、刃先の進行方向に対しわずかな角度だけ傾いているため、すきまが大きすぎると、き裂がうまく会合せず切口面がきたなくなる。(図17) 又、すきまが小さすぎると、き裂がすれ違いを生じ、後で会合する。このとき、刃先面より突出した材料部分が刃先でもう一度せん断さ

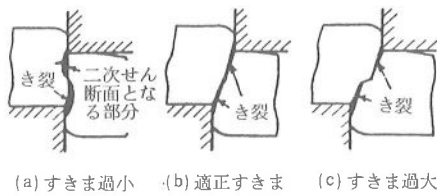


図17 すきまとき裂の成長の相違

れ、二次せん断面とよぶ平滑面を生ずる (図17 (a))。このき裂によって作られる面が破断面であり、かえり、き裂の発生位置が刃角から側面寄りにあることによって生ずる。

即ち、金切り鋏の切断に於て、意識的に適正すきまとして切断することは困難であるが、上下の刃をすり合わせることによって、すきまを過小にすることは可能である。よって切断が、過小な状態から適正状態の間で行われれば切断面は綺麗に仕上ることになる。

せん断時の標準すきまは板厚に対し、%で示すと表19の如くである。

表19 せん断時の標準すきま(板材に対する%)

材 料	軟鋼	Cu	黄銅	りん青銅	Al	非 金 属
すきま	6~9	6~10	6~10	6~10	5~8	なるべく小

0.3mmのブリキ板では $0.3\text{mm} \times \frac{6}{100} (\sim \frac{9}{100}) = 0.018 \sim 0.027\text{mm}$ であるから、0~0.027mm までのすきまであれば綺麗に切断が可能であることになる。

この様に板厚と材質によって著しく切断されるすきまが異なる為に金切り鋏の要は自由にすきまが作れる様にガタを持って居るので、指導の時にはこの点を切断技術でカバー出来る様に説明してやる必要がある。この点が普通の布や紙を切る鋏と大きく異なる点である。

切断作業の測定項目を考えてみると、

割れは、刃をすり合わせる事が出来て始めて出来る形状で、せん断は上手に出来ている。しかし、鋏を最後まで握りきるために、前述の如く刃の先端によって先割れが出来る。従って、割れの出来る生徒は、握りきらない様に気を付けさせれば割れは無くなる。

ささくれは、割れと同様にせん断の出来て居る生徒が作る。ささくれを作る生徒の切断所要時間が短いことを考えると、落ちついてケガキ線に沿って切断させれば、ささくれは少なくとも考えられる。

ばりはいわゆるせん断が上手に出来ないで、前述のすきまが大き過ぎる生徒に生じるもので、ほとんどの生徒が多かれ少なかれ作って居り、形状としては最も注意して指導しなければならないものである。

たて波は、練習では金切り鋏が上下に動くために生じた。授業とは相関も少なかったが、之は授業では手持ちのため、鋏の動きになじみ易かった者、その他の事情で支持して居た手が動く者等、が考えられる。

よこ波は、ささくれと同じく、ケガキ線からずれて切断してしまうために出来るものである。

せん断が出来ていずれて行くというよりも、ばりやささくれやたて波と云った項目に関係して生じる。他の項目が出来ない様になることによって無くなって来るものと考えられる。

握力、手の大きさは、こと授業時のせん断にはそれ程大きな影響を与えてはいない。

10. あとがき

本研究では中学校で初めて金属加工技術を学習する生徒の金切り鋏による切断の技能の実態を明らかにし、今後の授業の指導に生かすための資料を得るために行って来た。

何分にも初めての研究であり、資料収集や測定法に於ても、試行錯誤の連続であり、失敗の連続でもあった。従って、この研究のテーマであった、生徒の技能の実態の把握というのも充分資料が集められなくて残念に思う。後は皆様の御努力により多くのデータを収集し、実態をより明らかにする事を望んで止まない。

生徒の技能の実態を客観的に判断することの難しさ、授業では、生徒の全体像とその上で個々の生徒の把握を行い、いかに指導をして行くか、等が問題として残る。

最後に本研究の資料作成に御協力下さった、当時岐阜大学教育学部学生山田和弘君、鷺見貴彦君、西谷忠則君に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 谷田見公昭：鉛筆が削れない，公文文化センター（1980），P.146・147
- 2) 桶 覚勝：手—その知恵と性格，減信書房（1976），P.159
- 3) E・Hクレーン著，渡辺英夫訳：金属の塑性変形と薄板加工，機械製作資料社
- 4) 上田 篤：映像による計測第3報病院処方オーダーシステムの動作分析，岐阜大学教育学部研究報告—自然科学第6巻5号（1981-10）P.732～757
- 5) 上田 篤：映像による計測第4報VTRによる動作分析，岐阜大学教育学部研究報告—自然科学第7巻（1982-11），（投稿中）
- 6) 石井威望：共同利用型病院情報システムの評価 昭和51年度医療情報システム研究開発報告書（1977-3），P.14～50
- 7) 石井威望：共同利用型病院情報システムにおける技術評価，昭和52年度医療情報システム研究開発報告書（1978-3），P.24～60
- 8) 石井威望：SHISの技術評価，昭和53年度医療情報システム研究開発報告書（1979-3），P.274～292
- 9) 石井威望：SHISプログラム群I（医事会計）における技術評価，昭和54年度医療情報システム研究開発報告書（1980-3），P.256～273
- 10) 石井威望：SHIS用端末の改善仕様の作成，昭和55年度医療情報システム研究開発報告書（1981-3），P.459～492
- 11) 日本機械学会編：機械工学便覧，改訂第6版，第4分冊材料力学