

## 旗金具製作における熟練者の打刻と視線の特徴

仁科 雅晴 (京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科, masaharu@nishina.com)

久米 雅 (京都文教短期大学 食物栄養学科, kume@po.kbu.ac.jp)

高井 由佳 (大阪産業大学 デザイン工学部, takai@ise.osaka-sandai.ac.jp)

後藤 彰彦 (大阪産業大学 デザイン工学部, gotoh@ise.osaka-sandai.ac.jp)

濱田 泰以 (京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科, hhamada@kit.ac.jp)

### Features of gaze and chasing of expert in metal-fittings-of-flag

Masaharu Nishina (Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology, Japan)

Masashi Kume (Department of Food and Nutrition, Kyoto Bunkyo Junior College, Japan)

Yuka Takai (Department of Information System Engineering, Osaka Sangyo University, Japan)

Akihiko Goto (Department of Information System Engineering, Osaka Sangyo University, Japan)

Hiroyuki Hamada (Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology, Japan)

#### 要約

旗金具とは、旗と旗竿を紐で繋ぐための用具として用いる旗棒金具、旗に印された様々なシンボルマークが彫刻され、またそれを象った物などが竿先に取り付けられた旗頭などの総称のことである。旗金具のそれぞれの部位には金属加工技術が多用されているが、これらの技術を駆使し、旗頭を製作できる職人は現在日本では数名である。また、旗頭はその製品の性質上、形状や寸法がすべて異なるため、単品製作が基本となっている。したがって機械化による対費用効果は望めず、職人による手作業が工程の大多数を占めている。しかし、旗金具の加工工程における作業内容は職人によって異なり、かつその詳細については明らかにされていない。旗金具の製造工程において、特に多くの時間を占める作業に、紋章などをマーキングする打刻がある。打刻は、旗金具の製造工程において、シンボルマークを旗頭に描くために、金属板表面に彫り込むのではなく、金鋸と鑿の打出しによって生じる伸展による歪をうまく凹凸を利用してマーキングを行う作業である。この打刻作業は非常に難易度の高い作業であり、修得に多くの時間を費やす。本論文では彫金作業の一つである打刻作業時における熟練者と非熟練者の動作と眼球運動を比較することによって、熟練者の特徴を明らかにすることを目的とした。被験者には、年齢66歳、身長171 cm、体重71.5 kg、職歴50年、右利きの旗金具職人1名の熟練者と非熟練者である健康な男子大学生4名の、計5名を対象とした。結果として、打刻作業中に熟練者は手関節の尺屈・橈屈で打刻をしており、非熟練者は肘の屈曲・伸展で打刻を行っていたことが明らかになった。また、熟練者の打刻は1打目で打刻位置を決め、2打目から強く打刻をする傾向があり、3打目から連続的に打刻していたが、非熟練者には同様の傾向が見られなかった。眼球運動の特徴としては、熟練者は打刻前、打刻作業中、打刻後も鑿の下部および板の周辺を集中的に注視していた。一方、非熟練者は鑿の上部および下部を広範囲に見ていた。

#### キーワード

旗金具, 彫金, 動作解析, 眼球動作, 金属工芸

#### 1. 緒言

旗金具とは、旗と旗竿を紐で繋ぐための用具として用いる旗棒金具、旗に印された様々なシンボルマークが彫刻され、またそれを象った物などが竿先に取り付けられた旗頭などの総称のことである。旗金具のそれぞれの部位には金属加工技術が多用されている。校旗、社旗などの会旗を構成する金属部材としての例を図1に示す。

これらの技術を駆使し旗頭を製作できる職人は現在、日本では数名である。また、旗頭はその製品の性質上、形状や寸法がすべて異なるため、単品製作が基本となっている。したがって機械化による対費用効果は望めず、職人による手作業が工程の大多数を占めている。しかし、旗金具の加工工程における作業内容は職人によって異なり、かつその詳細については明らかにされていない。また、同じ伝統的な金属工芸に関する研究としては高岡銅器(鳥田, 2005)や東京銀器(日比野, 1983) 肥後象眼(堀 一夫, 1986)に代表される伝統的工芸品に属する金属製品に関する研究は行われているが、それに属し

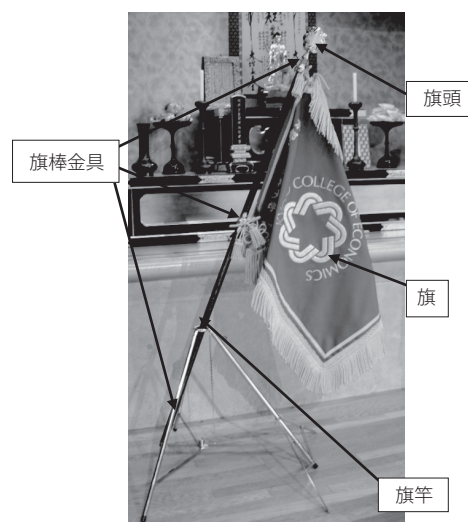


図1：校旗

ない旗金具を対象とした研究は行われていない。

旗金具の製造工程において、特に多くの時間を占める作業に、紋章などをマーキングする打刻がある。旗金具の製造工

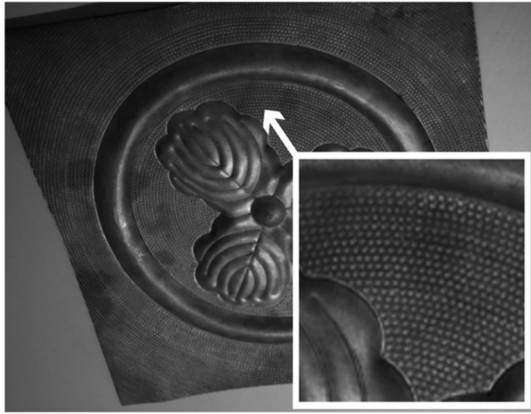


図2：打刻例

程において、シンボルマークを旗頭に描くために、金属板表面に彫り込むのではなく、金鋸と鑿の打出しによって生じる伸展による歪をうまく凹凸に利用してマークキングを行う作業である。図2に打刻された製品例を示す。

この打刻作業は単純作業ではあるが、非常に難易度が高く、修得が容易ではない。これまで、打刻の修得方法はひたすらに反復作業を繰り返すのみであり、修得には多くの時間を要してきたが、熟練者の数が減少している現状において、後継者育成の観点から、この問題を早期的に解決する必要がある。しかし、現状としては熟練者の打刻動作に関する研究はされていない。そのため、本論文ではまず、打刻作業時における熟練者と非熟練者の動作および眼球運動の比較を行い、熟練者の特徴を明らかにすることを目的とした。

## 2. 実験方法

### 2.1 被験者

被験者として、年齢66歳、身長171 cm、体重71.5 kg、職歴50年、右利きの旗金具職人1名の熟練者と非熟練者である健康な男子大学生4名の計5名を対象とした。被験者にはヘルシンキ宣言に基づき実験の内容を十分に説明し、同意を得た上で実験への協力を依頼した。また実験の実施については安全面について十分に注意して実施した。

### 2.2 測定環境およびマーカーセット

各被験者には測定開始1時間前に実験室に来室させ、測定の準備を行わせた。測定環境は図3に示す様に、熟練者の日常の作業環境と同じ環境を再現するために、熟練者が使用している金鋸、鑿(たがね)、金床、作業台を持参させた。

測定環境の準備が整ったところで、動作解析に必要な各関節にマーカーを貼付し、その後に眼球運動測定装置を装着し、測定環境に慣れてもらうために座位で30分間の安静をとらせた。測定時に打刻する銅板および真鍮板は図4に示す。

全ての被験者が同様の規格の真鍮板および銅板を使用した。板のサイズは縦120 mm、横120 mm、厚さ0.6 mm、0.8 mmの真鍮材1種C2600Pと銅材C1100Pの金属片を使用した。熟練者には0.6 mm真鍮、0.6 mm銅、0.8 mm真鍮、0.8 mm銅をそれぞれ5枚ずつ打刻するように指示し、非熟練者には、それぞれ1枚ずつ打刻するように指示した。図4に示す様に、

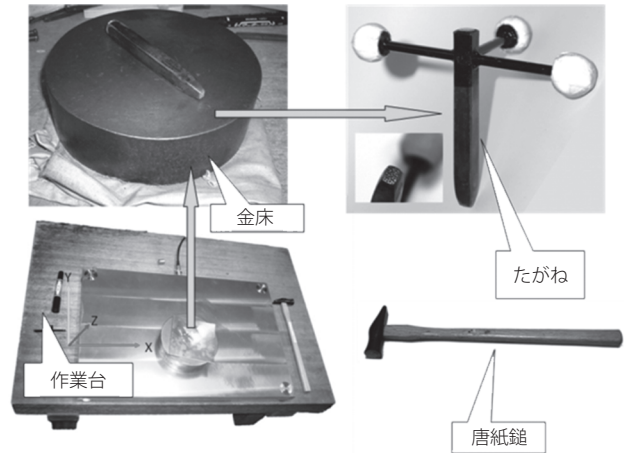


図3：実験に用いた打刻道具

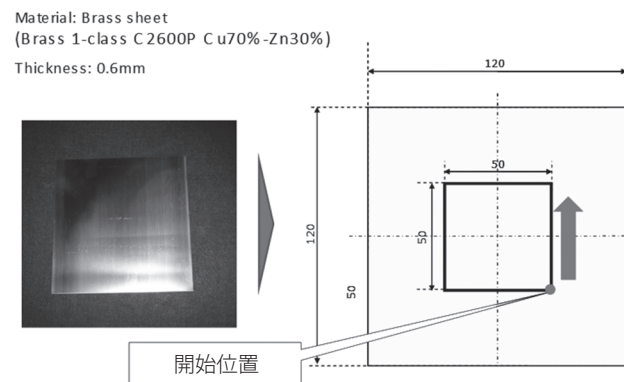


図4：試験片および打刻条件

打刻の開始位置は真鍮板および銅板共に統一した。被験者には開始位置から50 mmの打刻を行わせ、その時の動作を解析対象とした。なお、非熟練者に対しては、打刻技術に関する教示は一切行わなかった。3次元動作解析装置はMotion Analysis社製のMac3Dsystemを用いて、6台のカメラ(HAWKを1台、HAWKiを5台)を同期して測定を行った。金鋸は図3に示す様に唐紙鋸を使用し、金鋸の上部、下部にマーカーを貼付した。また、鑿(たがね)は石目鑿を使用し、マーカーを3か所に貼付けした。金床は一般構造用圧延鋼材SS400を使用した。そして、被験者の頭部(左右側頭部、頭頂部)、左右の肩関節(肩峰)、肘関節(肘頭)、手関節の計14箇所にもマーカーを貼付した。

## 3. 結果および考察

### 3.1 打刻作業中における熟練者と非熟練者の動作解析

表1に熟練者、表2に非熟練者A～Dにおける鉛直方向(Z成分)の右肩、右肘、右手関節、金鋸の振上げ幅における平均値と最高値を示す。

まず、熟練者および非熟練者の全体の傾向として、右肩から遠位に向かうにしたがって、変位が大きくなる傾向が示された。これは肩関節を支点に肘関節、手関節、金鋸の先端へと力を伝達し、金鋸が鑿を打つ時に大きな力を発揮できるように動作した結果と考えられる。小嶋らは釘打ちの動作解析

表1：鉛直方向の右肩、右肘、右手関節、金鋸の振上げ幅における平均値と最高値(熟練者)

	右肩振上げ幅平均(mm)	右肘振上げ幅平均(mm)	右肩最高値(mm)	右肘最高値(mm)
0.6 mm真鍮	0.7	11.1	356.7	165.5
0.6 mm銅	0.8	17.5	360.4	200.3
0.8 mm真鍮	0.8	17.7	361.5	211.2
0.8 mm銅	0.8	19.8	364.2	201.5
	右手首振上げ幅平均(mm)	金鋸 振上げ幅平均(mm)	右手首最高値(mm)	金鋸最高値(mm)
0.6 mm真鍮	11.0	129.6	230.6	365.5
0.6 mm銅	13.5	163.1	241.7	402.9
0.8 mm真鍮	12.2	166.5	236.6	410.3
0.8 mm銅	13.7	179.7	239.6	439.3

を行い、金鋸が釘に当たる直前に、肘関節の伸展を止めようとするにより手関節が減速し、その結果、金鋸の先端の速度が大きくなると報告している(小嶋, 1996)。上記の動作を運動連鎖と呼ぶが、本実験の被験者に関してもこの様な動作をしていたことが推察される。熟練者は0.6～0.8 mmの真鍮板および銅板に共通して、右肩(1 mm以下)、右肘(10～20 mm)、右手関節(10～14 mm)の振上げ幅であった。特徴的なのは右肩、肘、手関節までは多くても数十mmの変位しか見られないにもかかわらず、金鋸は130～180 mmの変位を示していたことである。一方、非熟練者においても右肩(1 mm程度)、肘(10～20 mm)、金鋸(110～180 mm)の変位は同様の傾向を示したが、手関節に関しては熟練者と比較して最大で5倍近く大きい変位を示した。生島らは熟練した大工と金鋸を全く使用したことがない初心者の動作を写真で比較しているが、その結果として、初心者が上手く釘を打てない理由として「手関節のスナップを使えない」ことと、「肘を上手く利用できない」ことを挙げている(生島他, 1999)。本実験の結果を見ると、熟練者は肩、肘、手関節の変位は小さいにもかかわらず、金鋸の変位が大きいという傾向を示した。この動作を考察すると、肩関節を支点として、肘の屈曲・伸展を最小限にし、手関節の尺屈・橈屈を上手く利用して金鋸を振りおろしていると考えられる。一方、非熟練者は手関節の変位が熟練者と比べて大きかったことから、肘の屈曲・伸展が金鋸を振り下ろす主要因となっていると考えられる。そこで真鍮板(0.6 mm、0.8 mm)と銅板(0.6 mm、0.8 mm)の打刻時における金鋸振上げ幅を比較した結果、熟練者とは金鋸振上げ幅平均値は板の厚さが増すと高くなる傾向が見られた。しかし、非熟練者には一定の傾向が見られなかった。ここから熟練者は、板の厚さによって金鋸を振り上げる高さを変えることで、鋳に伝える力を調節していたことが推察される。

次に熟練者と非熟練者の各試験片の打刻時における金鋸、右肩、右肘、右手関節における鉛直方向(Z成分)の経時変化を見ると、熟練者は1打目の変位が小さく、2打目からの変位が大きくなる傾向が見られた。また、3打目以降の打刻については、同じ高さで2～3回金鋸を振り上げ、最後に1～2回大きく金鋸を振り上げていた。この傾向は右腕が体幹に近づくにつれて見られなくなった。それに対し、非熟練者は

打刻を1度行くと、一定の時間間隔で定期的に打刻を行っているものの、熟練者の様な変位の大小は見られなかった。非熟練者の動画を詳細に検討したところ、非熟練者の特徴として、まず初めに鋳の位置を決めてから打刻動作を行う傾向が見られた。つまり、打刻前に一度鋳(たがね)の上部と金鋸を合わせて位置決めをし、打刻を行っているということになる。

次に熟練者と非熟練者の各試験片打刻作業中における肘関節角度を算出した。熟練者の傾向として、金鋸を振り上げる時の経時変化とは逆に、肘関節角度は1打目、2打目が10°程度の変化を示していたが、その後は5°以下の変化であった。この傾向はどの試験片においても見られた。一方、非熟練者に関しては、打刻時の肘の屈曲・伸展動作を一定の時間間隔で行っていたが、熟練者の様な傾向は見られなかった。肘関節の屈曲・伸展動作を詳細に解析するために、金鋸の1ストローク(金鋸を振り始める時から振り終わるまで)中の打刻開始時、金鋸最高位置、打刻終了時の角度を算出した。図5から8にその結果を示す。

結果として、熟練者は各試験片において肘の屈曲・伸展をあまり使用しない傾向にあった。非熟練者においても同様の傾向が見られた。非熟練者は手関節の変位が熟練者と比べて大きかったことから、肘の屈曲・伸展が金鋸を振り下ろす主要因となっていると考えられる、と先に述べたが、肘関節角度から見ると非熟練者は肘の屈曲・伸展を使用せずに、肩を支点に上肢全体を動作させていることが示された。これらのことから、打刻作業中の熟練者の右肩、右肘、右手関節の動作には大きな変化が見られず、熟練者は手関節の尺屈・橈屈で打刻していたが、非熟練者は肘の屈曲・伸展で打刻を行っていたということが明らかになった。

図9に熟練者と非熟練者A、Bの打刻を行った試験片を示す。

試験片を観察した結果、熟練者は打刻跡に鋳を少し重ねて打刻を行っていたため、打刻跡がはっきりと確認できた。一方、非熟練者は位置調整と金鋸の振り下ろしが不規則だったため、打刻跡と打刻跡の間に隙間があり、打刻跡もはっきりと確認できなかった。これらの打刻痕の違いは上述の動作の違いによって生じたものと考えられる。

### 3.2 打刻作業中における熟練者と非熟練者の眼球運動解析

上述の動作中における熟練者および非熟練者の視線の動き

表2：鉛直方向の右肩、右肘、右手関節、金錠の振上げ幅における平均値と最高値

非熟練者A

	右肩振上げ幅平均(mm)	右肘振上げ幅平均(mm)	右肩最高値(mm)	右肘最高値(mm)
0.6 mm真鍮	1.1	8.8	308.3	100.5
0.6 mm銅	1.0	5.6	315.6	133.2
0.8 mm真鍮	1.1	5.3	325.1	134.7
0.8 mm銅	1.1	6.3	324.5	137.6
	右手首振上げ幅平均(mm)	金錠 振上げ幅平均(mm)	右手首最高値(mm)	金錠最高値(mm)
0.6 mm真鍮	3.8	162.6	205.7	399.4
0.6 mm銅	22.9	170.3	222.0	370.7
0.8 mm真鍮	25.5	194.0	218.0	373.7
0.8 mm銅	37.0	210.9	214.0	387.7

非熟練者B

	右肩振上げ幅平均(mm)	右肘振上げ幅平均(mm)	右肩最高値(mm)	右肘最高値(mm)
0.6 mm真鍮	1.4	9.9	293.2	155.9
0.6 mm銅	1.7	13.8	292.0	133.1
0.8 mm真鍮	1.5	19.2	303.6	145.1
0.8 mm銅	1.4	18.5	302.1	169.2
	右手首振上げ幅平均(mm)	金錠 振上げ幅平均(mm)	右手首最高値(mm)	金錠最高値(mm)
0.6 mm真鍮	26.6	109.5	231.7	331.3
0.6 mm銅	21.7	107.0	228.0	316.0
0.8 mm真鍮	48.0	151.8	249.8	330.9
0.8 mm銅	42.4	139.3	245.6	336.1

非熟練者C

	右肩振上げ幅平均(mm)	右肘振上げ幅平均(mm)	右肩最高値(mm)	右肘最高値(mm)
0.6 mm真鍮	0.4	2.8	342.2	115.2
0.6 mm銅	0.3	1.5	350.4	119.3
0.8 mm真鍮	0.5	3.7	356.3	132.0
0.8 mm銅	0.5	2.9	354.5	122.7
	右手首振上げ幅平均(mm)	金錠 振上げ幅平均(mm)	右手首最高値(mm)	金錠最高値(mm)
0.6 mm真鍮	31.1	142.4	232.1	330.6
0.6 mm銅	26.7	143.6	218.5	313.6
0.8 mm真鍮	51.1	182.9	246.8	367.6
0.8 mm銅	39.1	158.1	231.7	336.0

非熟練者D

	右肩振上げ幅平均(mm)	右肘振上げ幅平均(mm)	右肩最高値(mm)	右肘最高値(mm)
0.6 mm真鍮	1.6	2.0	313.0	94.9
0.6 mm銅	0.8	2.4	309.0	94.3
0.8 mm真鍮	1.1	4.1	315.8	112.2
0.8 mm銅	1.3	4.3	309.9	107.3
	右手首振上げ幅平均(mm)	金錠 振上げ幅平均(mm)	右手首最高値(mm)	金錠最高値(mm)
0.6 mm真鍮	14.7	108.9	201.2	296.7
0.6 mm銅	15.7	110.0	191.8	307.3
0.8 mm真鍮	23.8	120.8	205.1	328.0
0.8 mm銅	28.0	117.6	212.5	314.0

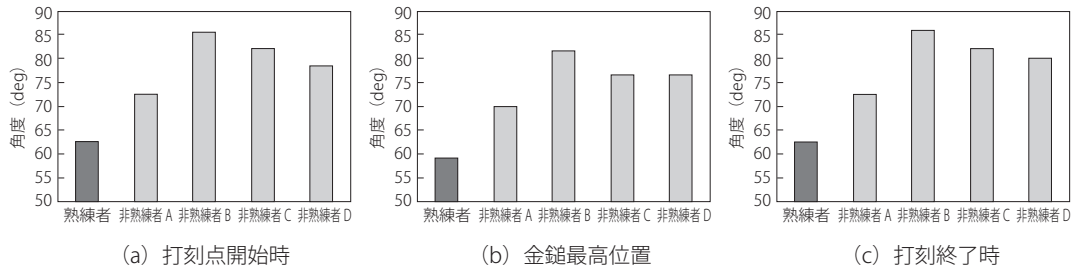


図5：肘関節角度(0.6 mm真鍮板)

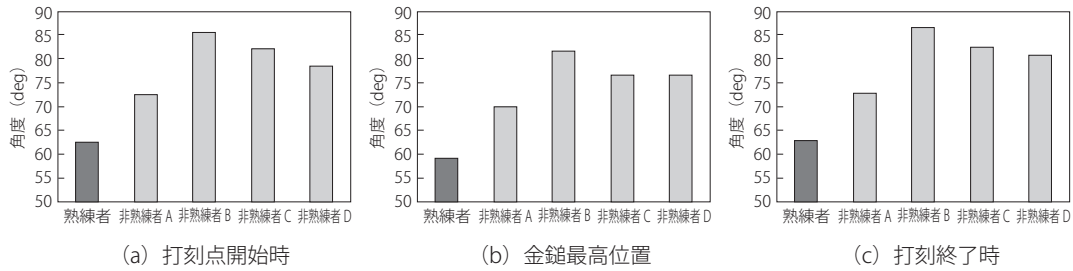


図6：肘関節角度(0.6 mm銅板)

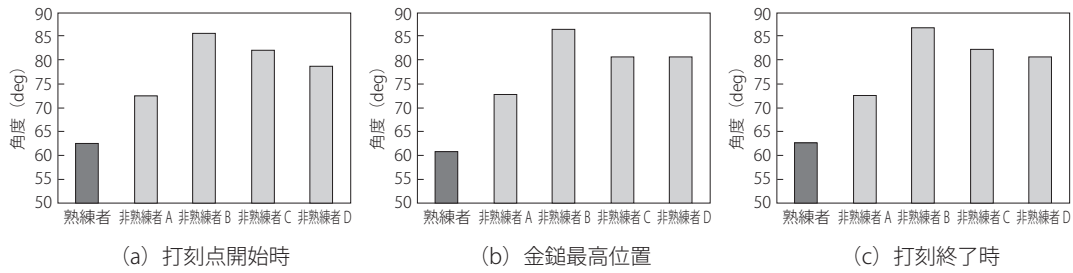


図7：肘関節角度(0.8 mm真鍮板)

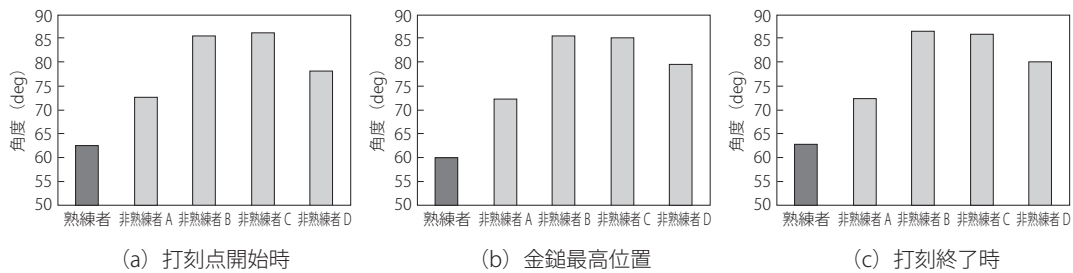


図8：肘関節角度(0.8 mm銅板)

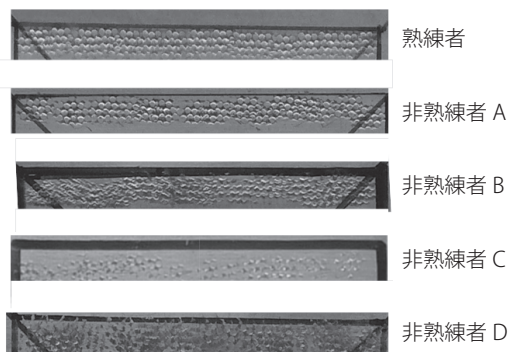


図9：熟練者と非熟練者の打刻痕

を明らかにするためにTalk eye II (竹井機器製)を用いて眼球運動の測定を行った。本実験は3次元動作測定と同時にを行ったが、データ解析を行うにあたり、動作測定のサンプリングレート100 Hzと眼球運動測定のサンプリングレート30 Hzの同期を取るためにMATLAB ver.7.5.0.342 R2007b (Math Works社製)にて、スプライン補間を用いて眼球運動測定のデータ数を、3次元動作測定のデータ数にあわせた。

ゴーグル検出器の映像と眼球測定装置より得た眼球の角度X、Yを使用し、注視点の散布図を作成した。その一例として図10に熟練者、図11に非熟練者Bの注視点の散布図を示す。まず、熟練者は打刻前、打刻作業中、打刻後も鑿の下部および板の周辺を集中的に注視していた。一方、非熟練者Bは鑿

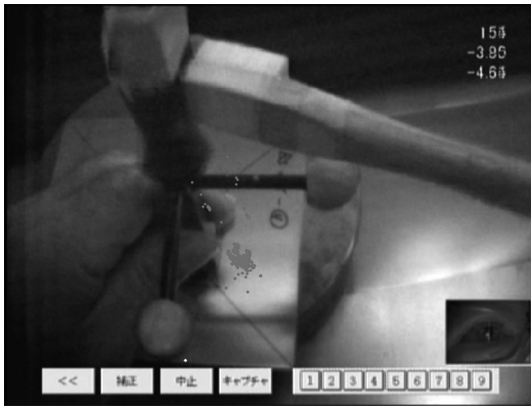


図10：打刻中の注視点(熟練者)



図11：打刻中の注視点(非熟練者B)

上部および下部を広範囲に見ており、視線が大きく動く傾向があった。

#### 引用文献

- 日比野香(1983). 東京銀器(東京都)(伝統的技術・技法紹介). 工業技術, Vol. 24, No. 7, 75-78.
- 堀一夫(1986). 肥後象眼について. 金属表面技術, Vol. 37, No. 6, 289-294.
- 生島昌弘・大道等(1999). 金鍮による釘打ち動作の技術分析. 日本体育学会大会号, Vol. 50, 449.
- 小嶋武次(1996). 釘打ち動作の分析. 日本体育学会大会号, Vol. 47, 64.
- 鳥田宗吾(2005). 高岡銅器の彫金技法. 高岡短期大学紀要, Vol. 20, 257-272.

(受稿：2013年12月19日 受理：2014年1月20日)

の上部および下部を広範囲に見ており、視線が大きく動いていた。非熟練者Bの注視点を動画とリアルタイムに検討したところ、打刻痕を確認していることも確認された。この傾向は他の非熟練者においても同様に確認された。非熟練者の視線が大きく動いていた理由として、非熟練者は打刻前の打刻位置がすぐに定まらず、打刻後の試験片に対して打刻痕を確認している動作があったため、それが視線の動きに影響したと考えられる。ここから、熟練者と非熟練者の視線の動きには大きな差異があることが示された。

#### 4. 結言

本研究を通じて明らかになった熟練者の打刻作業時における特徴を以下に記す。

- ・ 熟練者は手関節の尺屈・橈屈で打刻していた。一方、非熟練者は肩を支点に上肢全体で打刻を行っていた。
- ・ 熟練者は、1打目が位置を決めるように打刻し、2打目は強く打刻をする傾向があり、3打目から連続的に打刻していた。非熟練者は打刻前に一度鑿(たがね)の上部と金鍮に合わせ位置決めをしてから打刻を行っていた。
- ・ 熟練者は打刻作業を通じて鑿の下部および板の周辺を集中的に注視していた。一方、非熟練者は打刻前後に板の打刻点と鑿の上部を交互に確認していたことから、鑿の