

氏 名	にしな まさはる <b>仁科 雅晴</b>
学位(専攻分野)	博 士 (学 術)
学 位 記 番 号	博 甲 第 7 1 3 号
学位授与の日付	平成 26 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科 ・ 専 攻	工芸科学研究科 先端ファイブ科学専攻
学 位 論 文 題 目	<b>旗金具の彫金および組立工程における職人の技と評価に関する研究</b>
審 査 委 員	(主査)教授 濱田泰以 教授 西村寛之 准教授 桑原教彰 大阪産業大学デザイン工学部情報システム学科教授 *後藤彰彦 准教授 来田宣幸

## 論文内容の要旨

旗金具は日本において金属工芸と呼ばれる伝統的な金属加工技術を用いた製作物の 1 つである。校旗、社旗などの会旗を構成する金属部材として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、それぞれの部位に金属加工技術が多用されている。

これらの技術を駆使し旗金具を製作できる熟練者と呼ばれる職人は現在、日本では数名である。特に、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に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、旗金具の加工工程での作業内容は各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。これらは、“師匠の背中を見てワザを盗んで、覚えろ”という伝統産業に多く見られる技能伝承の形態によるものである。これらは通常、暗黙知と呼ばれる言葉にできない知識データである。暗黙知のままでは、技能の伝承に多くの時間を要し、またその優れた技能を他の分野に応用するという試みには困難を伴う。そのためには、暗黙知を、誰が見ても理解できる知識ベースである形式知に変換する必要がある。そこで本論文では、旗金具の製作過程の中で最も重要かつ製作に時間を要する 2 つの作業に焦点を絞り、暗黙知である熟練者の技の特徴と製品の評価基準を明らかにし、形式知化することを目的とした。本論文は第 1 章の緒論から第 6 章の結論までの 6 章構成である。以下に 2 章以降の目的と内容について簡潔に記述する。

第 2 章では、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。この結果、動作の特徴として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。また熟練者は、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。一方、非熟練者は打刻前に一度、鑿の上部と金鎚に合わせ位置決めをしてから打刻を行っていた。熟練者と非熟練者とで、運動エネルギーを比較すると熟練者の運動エネルギーは、非熟練者より大きく、熟練者は単位時間あたりに、より多くのエネルギーを素材に与えていることが示唆された。眼球運動においては、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。

第3章では、熟練者による三方剣のはんだ付作業における、組み立て工程の分割を行い、その時の熟練者の動作と眼球運動の協応性を測定した。この結果、三方剣のはんだ付作業における工程は、4段階、11フェーズに分けられていることが明らかになった。製品は仮組段階において仕上がり形状の正確さが決められており、組立段階では熟練者がはんだのヌレを視認し、はんだごとの温度管理を行っていたことが示唆された。全製作時間に対する所要時間が最大であったフェーズ9（三角錐先端より底部に向かってはんだ付を行う動作）の刃面1辺目の動作を詳細に分析すると、熟練者は知覚痕跡の学習により、身体が反射的な予測であるフィードフォワード制御の後、フィードバック制御による誤差解消を交互に行っていることが明らかになった。これらのことにより熟練者の効率のよい動きと確実な確認作業の繰り返しが品質の高いものづくりに結びつくことが示唆された。

第4章では、職人が目分量で作業をしているはんだ付試験片の接合部物性をEPMA（電子線プロブマイクロアナライザ）や引張試験により評価した。これらを行うことで旗金具職人による加工の特性を明確にでき、そして目分量で行われているはんだ付の技術の特徴を明らかにした。また母材においてははんだ付時に発生する熱ひずみについて検討を行った。この結果、熟練者が行うはんだ付は、対象物の状態によって一度に使用するはんだ量を変え、冷却方法を変えることによって接合強度の確保とひずみ発生の低減を図っていることが明らかになった。また、母材の圧延方向とひずみ発生の大きさの違いが明らかになった。また本章においては、現在、金属工芸に多く使用されているにもかかわらず、薄板と呼ばれる1mm以下の厚さの大判サイズが入手困難になりつつある黄銅1種材(C2600P)を使用せず、黄銅1種板に比べ加工性の劣る黄銅3種材を使用した。そのため、このひずみ発生と圧延方向の関係を考慮し、黄銅1種材に比べ加工性の劣る黄銅3種材の薄板を加工すると、より仕上がり度合いの良い製品を作ることができると考えられる。

第5章では、テクスチャ打刻に対する職人の評価基準を明らかにするために、経験年数の異なる5人の旗金具職人に、打刻による彫金テクスチャの仕上がり度合いの主観評価を行わせ、それぞれの評価基準について比較検討を行った。その結果、旗金具職人は決められた面積、枠内への打刻、枠線に沿った打刻、打刻痕の偏り、打刻陰影の強弱や打刻痕の重なり具合のない均等な打刻痕など、共通の評価基準を持っていた。また、経験年数の長い職人ほど、修理できる製品の幅が広いということが示唆された。さらに旗金具職人は打刻間の距離を、より重視して製品の判断を行っていることなどが明らかとなった。

第6章では、本研究で得られた知見をまとめた。

## 論文審査の結果の要旨

本論文では、伝統的な金属加工技術を有する旗金具に着目し、打刻作業とはんだ付作業を対象として、動作および眼球運動を解析している。これにより、職人の技の特徴と職人の製品の評価基準を明らかにしている。技の特徴において、打刻作業では、熟練者と非熟練者の動作の違いを定量的に示し、鑿と金鎚の位置決め手順および作業時における注視場所および視線の動きについて明確化した。一方、はんだ付作業では、熟練者は動作と眼球運動の協応作業により、効率良く

確実な確認作業を繰り返ししていることを示した。熟練者のはんだ付作業において、はんだ量や冷却方法を変化させることにより、ひずみの発生を低減させ、接合強度を確保することが示唆された。さらに、経験年数の異なる旗金具職人を対象として、打刻に対するそれぞれの評価基準があることを示した。その上で、経験年数と製品の修理可能な範囲においては、相関があることを明確化した。

これらのことは、現在国内で、このような技術を駆使して旗金具を作製できる数名の職人のさらなる技術向上だけでなく、後継者育成に役立ち、品質の高いものづくりにつながり、今後の発展に活かされることは意義深い。

本論文の内容は次の 7 報に報告されている。

1. **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, 久米 雅, 高井由佳, 後藤彰彦, 濱田泰以  
*科学・技術研究第3巻1号(掲載予定, 2014)*
2. **MOTION ANALYSIS IN CLOCKING ON OPERATION TO COPPER ALLOY**  
Yoshihiro DEKI, Masaharu NISHINA, Masashi KUME, Mio ARAI, Tetsuya YOSHIDA, Akihiko GOTO  
*Proceedings of 11th JAPAN INTERNATIONAL SAMPE SYMPOSIUM & EXHIBITION (JISSE-11) (2009)*
3. **Manufacturing Process of Japanese “Hatakanagu” Flag Ornament Based on Human Movement Analysis**  
Masaharu Nishina, Akihiko Goto and Hiroyuki Hamada  
*Proceedings of 12th Japan International SAMPE Symposium & Exhibition (JISSE-12) (2011)*
4. **旗金具製作における熟練者のはんだ付作業の工程分割および動作と眼球運動の協応性**  
仁科雅晴, 久米 雅, 芳田哲也, 高井由佳, 後藤彰彦  
*労働科学, 89 巻1 号, pp.175-184 (2013)*
5. **Thermal Strain of the Soldering Product in Traditional Metalwork**  
Masaharu NISHINA, Gen SASAKI, Tetsushi KOSHINO, Takashi YOSHIKAWA, Yuka TAKAI, Akihiko GOTO and Hiroyuki HAMADA  
*Proceedings of The 6th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics (6th ISEM '11-Sendai/Kansai) (2011)*
6. **Mechanical Properties of Solder Welded Products by Traditional Metal Forming Process**  
Masaharu Nishina, Gen Sasaki, Yuka Takai, Akihiko Goto and Hiroyuki Hamada  
*Proceedings of 12th Japan International SAMPE Symposium & Exhibition (JISSE-12) (2011)*
7. **Subjective Evaluation for Beauty of Texture on Metal Surface with Chasing Operation**  
Masaharu NISHINA, Gen SASAKI, Yuka TAKAI, Akihiko GOTO, Hiroyuki HAMADA  
*Advances in Ergonomics in Manufacturing, CRC Press, pp.187-194 (2013)*

以上の結果より、本論文の内容は十分な新規性と独創性、さらに工業的な意義があり、博士論文として優秀であると審査員全員が認めた。