

氏名	おか やすひろ <b>岡 泰央</b>
学位(専攻分野)	博士(学術)
学位記番号	博甲第816号
学位授与の日付	平成28年9月26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>装演修理技術における打刷毛叩打の工学的研究</b>
審査委員	(主査)教授 濱田泰以 教授 桑原教彰 教授 並木誠士 准教授 来田宣幸 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

## 論文内容の要旨

文化財的価値を見出された書画の修理分野を装演修理技術と呼ぶ。装演修理技術には、様々な工程がある。その中でも、仕上がりの品質に影響をおよぼす工程に打刷毛叩打がある。打刷毛叩打の技術は、書画を掛軸に仕立てる際に必要不可欠である。一般的に掛軸は、本紙と呼ばれる書画の裏面に、4層の和紙が澱粉糊によって接着されている。このような和紙の接着作業を、装演修理技術では裏打ちと呼ぶ。この本紙を支える和紙の裏打ちによる積層構造が、掛軸の円滑な巻き解きを可能にしている。円滑な巻き解きを担保するためには、乾燥後にも柔軟性を保つことのできる、古糊と呼ばれる接着剤が必要である。古糊は小麦澱粉を原材料とする。小麦澱粉を水に溶いて加熱して糊化させた後、甕に入れて密封する。約10年の熟成期間を経て、小麦澱粉は微生物により分解されて低分子化し、古糊となる。古糊は乾燥後の柔軟性を保つが、接着力は低い。そこで、裏打ちされた和紙の表面を打刷毛で叩いて接着促進をする。これが本論文の研究対象とした打刷毛叩打の技術である。連続的に打刷毛を振り上げ、振り下ろす叩打は、単純な動作に見える。しかし、叩打の力が強すぎると和紙を傷めることになり、弱すぎると接着促進ができない。また、和紙の表面を均一に叩打できないとムラが生じ、仕上がり後の掛軸に皺やなみうちが生じてしまう。本論文は、熟練者の暗黙知とされている、この打刷毛叩打の技術を、形式知化することを目的としている。さらに、形式知化した結果から、非熟練者への教授法を提唱している。本論文は、第1章の序論から第8章の結論までの8章構成であり、以下に第2章以降の内容について簡潔に記述する。

第2章では、工程分析と眼球運動解析を行なった。裏打ち作業の工程を理解し、熟練者と非熟練者が注視している点について把握することを目的とした。工程分析によって、熟練者は非熟練者よりも作業を短時間で終えたが、仕上がりに関わる工程については、非熟練者よりも時間をかけていることが明らかとなった。また、眼球運動解析により、熟練者は非熟練者よりも広い視野を保って作業を行なっていることが分かった。

第3章では3次元動作解析を行なった。打刷毛の振り上げと振り下ろしの打刷毛の動きの解析、叩打作業時の姿勢の解析について、熟練者と非熟練者の差異を明らかにした。熟練者は、非熟練者よりも、刷毛を振り上げる高さや振り下ろす角度を一定に保ちながら叩打作業を進めていた。また、叩打中の熟練者は、非熟練者よりも安定した姿勢を保っていたことが明らかとなった。

第 4 章では、熟練者と非熟練者の動作の違いを筋活動計測によって見出した。被験者が刷毛を把持する右上肢の筋活動を計測するとともに、叩打作業によって生じる筋疲労についての検討を行なった。熟練者は非熟練者よりも軽く刷毛を把持していた。熟練者は手首の伸展によって、煽る動作を打刷毛の上下動に加えていたのである。また、打刷毛を把持する右上肢の筋活動については、全般的に熟練者の方が低かった。叩打作業の序盤と終盤の筋活動を比較すると、熟練者は非熟練者よりも疲労が少ないことも明らかとなった。

第 5 章では、叩打作業中の熟練者と非熟練者が把持する打刷毛の動きに着目した。被験者の打刷毛と、それを把持する手の動きを高速度カメラで撮影し、その差異を明確にした。また、圧力測定フィルムを用いて、打刷毛が 1 回の叩打で荷重を与えることのできる面積や、その圧力分布を計測し、熟練者と非熟練者の差異を検証した。さらに、圧力測定フィルム全体を叩打することで、叩打のムラがどの程度生じるのかを計測した。熟練者は非熟練者よりも大きな上下動で、打刷毛を操作していた。熟練者は非熟練者よりも 1 回の叩打で広い面積を叩打できるように刷毛を操作しており、ムラのない叩打をフィルム全体に出来ることが分かった。

第 6 章では、打刷毛叩打を行なった試験材料に対して、剥離試験を実施した。剥離試験によって、熟練者と非熟練者が行なう叩打作業による接着促進効果を比較した。また、古糊と叩打の接着効果について検討した。併せて、古糊と叩打による接着の仮説モデルを提案した。剥離試験により古糊の接着力と叩打による接着促進を検証できた。さらに、熟練者は非熟練者よりもムラのなく接着促進をしていることが、剥離試験によって証明できた。また、毛管力（キャピラリーフォース）による古糊と打刷毛叩打の接着モデルを構築できた。

第 7 章では、第 2 章から第 6 章までの研究結果から、未経験者に対する打刷毛叩打に関する教授内容を検討した。打刷毛の把持方法や、叩打中の姿勢などの教授内容を、熟練者が未経験者に口頭で教授した。剥離試験によって教授前後の剥離荷重の変化を評価し、教授効果を検討した。さらに教授前後の映像から、打刷毛の把持方法や叩打作業中の姿勢の変化を比較し、未経験者への叩打作業の教授法を提唱した。その結果、未経験者への叩打技術の習熟効果が確認できた。

第 8 章では、第 2 章から第 7 章で得られた知見をまとめ、結論を述べた。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、装飾修理技術における打刷毛叩打技術を工程分析、眼球運動解析、動作解析、筋活動計測、圧力測定フィルム計測、剥離荷重計測といった様々な手法により解析することで、熟練者が有する技術の暗黙知を形式知化することに成功している。装飾修理技術は長年、文化財保存分野において高分子化学の知見を基に材料の研究が進められてきたが、その材料や道具を使いこなす“技術”についての研究は皆無に等しい。本論文の研究成果により、装飾修理技術に新たな方向性を示したことは、研究の拡充と非熟練者の打刷毛叩打技術習得に貢献しうるものであり、評価に値する。

さらに、古糊を接着剤とした打刷毛叩打による接着促進については、叩打された和紙の植物繊維同士が絡み合うという長年にわたって装飾修理技術の現場に流布していた仮説を否定し、毛管力（キャピラリーフォース）に基づく接着モデルを構築した。これは装飾師の打刷毛叩打に対する認識を改めるものであり、装飾師と呼ばれる装飾修理技術の専門家が負う技術的説明責任に与える影響は多大である。また、伝統の技から導き出されたこの接着モデルは、現代産業における新たな接着技術として

の可能性を秘め、大変興味深い。

暗黙知を形式知化した結果から導き出された打刷毛叩打技術に関する教授法の提案は、装飾師の養成に有効であることが示された。これは装飾修理技術においてはもちろんのこと、技術の教授法が確立されていない他の伝統産業、職人技術を要する現代の製造業における技術の継承に役立つものである。

本論文の成果は、装飾修理技術の正しい理解と継承に寄与するものであり、我が国の貴重な文化財を後世に伝えるという社会的責務を果たす上で極めて意義深い。

本論文の内容は次の 8 報に報告されている。

1. **Motion Analysis of the Pounding Technique Used for the Second Lining in the Fabrication of Traditional Japanese Hanging Scrolls**  
Yasuhiro Oka, Akihiko Goto, Yuka Takai, Chieko Narita, and Hiroyuki Hamada  
*Digital Human Modeling Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management, Lecture Notes in Computer Science Volume 8529, pp.55-65, 2014*
2. **Research of Adhesive Effect Enhanced by Pounding Brush on Second Lining Pounding Procedure for Japanese Scrolls**  
Yasuhiro Oka and Akihiko Goto  
*PROCEEDINGS of the ASME 2014 International Mechanical Engineering Congress & Exposition, Paper No. IMECE2014-37886, pp.1-5, 2014*
3. **増裏打ち作業における古糊と打刷毛の接着効果について**  
岡泰央, 早川典子, 高井由佳, 後藤彰彦  
*保存科学, 第 54 号, pp.15-25, 2015*
4. **Electromyography Measurement of Workers at the Second Lining Pounding Process for Hanging Scrolls**  
Yasuhiro Oka, Yuka Takai, Akihiko Goto, Hisanori Yuminaga, and Kozo Oka  
*Digital Human Modeling Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management: Ergonomics and Health, Lecture Notes in Computer Science Volume 9185, pp.205-215, 2015*
5. **増裏打ち作業における工程分析と眼球運動解析**  
岡泰央, 高井由佳, 後藤彰彦, 岡興造  
*文化財保存修復学会誌, 第 59 号, pp.9-18, 2016*
6. **The Load Measurement of the Beating Brush in the Second Lining Procedure**  
Yasuhiro Oka, Yuka Takai, Akihiko Goto, and Kozo Oka  
*Digital Human Modeling Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management, Lecture Notes in Computer Science Volume 9745, pp.484-493, 2016.*
7. **打刷毛による叩打作業時の筋活動計測**  
岡泰央, 弓永久, 高井由佳, 後藤彰彦  
*科学・技術研究 (Studies in Science and Technology), 第 5 巻, 第 2 号 (掲載予定)*
8. **叩打作業における打刷毛の 3 次元挙動の解明**  
岡泰央, 高井由佳, 後藤彰彦, 岡興造  
*文化財保存修復学会誌, 第 60 号 (掲載予定)*

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。