

令和 3 年 6 月 24 日現在

機関番号：34407

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2020

課題番号：16K01088

研究課題名（和文）文化財の表装修復の技・コツ・みきわめ：裏打ち作業における教授システムの構築

研究課題名（英文）Construction of Teaching System for Traditional Back-Lining Process: Technique, Knack, Judgment for Japanese Scrolls of Cultural Properties

研究代表者

後藤 彰彦（GOTO, Akihiko）

大阪産業大学・デザイン工学部・教授

研究者番号：50257888

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：文化財修復の基本は、古い裏打ち紙を取り除き、裏打ち紙を打ち直す作業である。裏打ち紙は本紙と呼ばれる作品の裏に複数の層にわたって施される。裏打ち作業を対象として、各作業における熟練者の工程分析、3次元動作解析や眼球運動解析を含め定量的分析を行なった。さらに熟練者のヒアリングにより、定性的分析を行なった。これらのデータをもとに非熟練者に教授し、習熟度を判定した。その結果、非熟練者は作業における気付きとその解決策について、心得られており、対応できるようになっていることが明らかとなった。以上のことより、熟練者の技術を定量的に可視化し、作業現場での技術向上のための教授システムの妥当性が明確化された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

文化財修復において、すべての工程ができるようになるまでに、約10年が必要と言われている。マニュアルのようなものは存在せず、現代でもほとんどの作業が「見て覚え、体得する」という方法で伝承されている。文化財修復における熟練者の技が解明されることは、修理修復技術の継承と発展において大変重要である。このため、裏打ち作業における教授システムは、非熟練者に対する的確な技術習得に対して貢献できるものと考えられる。そこで、これらの技術への広い理解が深まるとともに、文化財の修理修復に対する社会的な意義が高まると考えられる。さらに、海外に対しても、大きなアドバンテージを得ることができると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The foundation of repairing cultural properties is the process of re-pounding a new back-lining paper after taking away the old paper on Japanese scroll. The back-lining procedures carry out several layers on the back of a product. It was performed quantitative analysis including three-dimensional motion analysis, eye movement analysis and process analysis of an expert on the each process. Furthermore, it was performed qualitative analysis by the hearing of the expert. A non-expert was taught it based on these data and judged degree of achievement. As a result, the non-expert was understood about with awareness and the solution in the work, and it was clear that the non-expert was able to cope with a problem. From the above, the validity of the teaching system that the technique of the expert was visualized quantitatively was clarified.

研究分野：人間情報学

キーワード：技の定量化 動作解析 眼球運動解析 教授システム

## 1. 研究開始当初の背景

和紙を使用した美術工芸品は多く残されており、作品を後世に受け継ぐためには、表装（掛軸、襖、屏風）の修復が欠かせない。昭和 20 年以降、生活様式の欧米化が進み、表装の仕事は珍しいものとなってしまった。職人の数が減少することは、競争相手の減少を生み、業界全体の技術の低下を招く。表装技術においても、例外なく同様のことが起こっていると言える。現在、表装文化財の修復を行う職人は全国に 140 人しかおらず、平均年齢は約 30 歳である。文化財修復の世界では、修復の全ての工程ができるようになるまで、約 10 年が必要と言われている。かつては中学校を卒業後に職人の道に進むことが一般的であり、師匠の作業を見て技術を習得する、いわゆる「見て覚える」という教授法で十分に技術の伝承が可能であった。しかし、現代の修学状況から鑑みると、10 年という修行期間は、あまりにも長い期間と言わざるを得ない。修業期間の短縮は文化財修復において急務となっている。また、文化財修復においてマニュアルのようなものは存在せず、現代でもほとんどの作業が「見て覚え、体得する」という方法で伝承されている。しかし、「見て覚え、体得する」という教授方法は非熟練者の習熟に時間がかかるだけでなく、将来の指導者としての質も担保できない。文化財修復は、日本のみならず、世界規模でも貴重な作品を後世に伝える仕事であり、その技術を絶やすこと、衰退させることは許されない。このため、文化財修復の適切な教授システムの確立が望まれている。

## 2. 研究の目的

表装（掛軸、襖、屏風）に代表される和紙製品の国宝・文化財修復は、日本の国宝・文化財を後世に伝えるためになくてはならない技術である。しかし、日常に表装製品が減少したことから、これまでのような「見て覚える」技術の習得方法では、技術の維持や技術の伝承が困難になってきている。そこで本研究では、表装文化財修復の裏打ち作業に着目し、熟練職人の技の定量化を行い、若手職人がより短い期間で技術の習得を行うための教授システムの構築を目的とする。

## 3. 研究の方法

(1) 熟練者の三次元動作、眼球運動の測定を行い、技の定量化を行う。

(2) 熟練者へ(1)の測定結果を開示し、熟練者の有する暗黙知をヒアリングより明らかにする。同時に最適な教授方法についてヒアリングを行う。

(3) 教授前後の非熟練者の習熟度を、三次元動作、眼球運動の測定結果から判定し、教授内容の妥当性を検証する。

## 4. 研究成果

(1) 裏打ちにおける糊付け作業の技

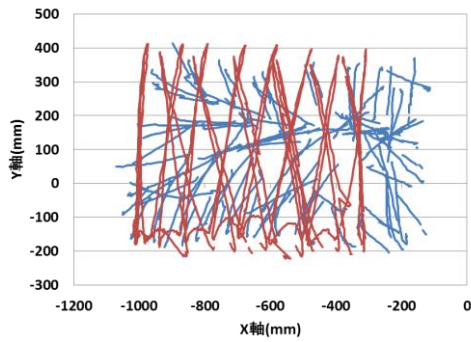
掛軸の本紙の裏面に接着される 4 層の和紙の 1 つである肌裏紙に着目し、肌裏紙を接着する肌裏打ち作業の工程分析を行ない、各工程における熟練技術者の 3 次元動作解析および眼球運動解析に取り組んだ。被験者は、熟練者、非熟練者と初心者の計 3 名とした。熟練者は経験年数 19 年、非熟練者は 7 年であり、初心者は未経験者であった。肌裏打ち作業は、大小の大きさが異なる 2 枚の薄美農紙を用いて作業を行った。

工程分析は、被験者の作業状況をビデオ撮影し、作業の各工程を細分化した。動作解析では、各工程における作業中の被験者の動きの特徴および注視場所を明らかとした。肌裏打ち作業の工程は 14 段階に分割された。図 1 に実験風景を示し、図 2 に各被験者の刷毛の軌跡を示す。刷毛で糊を配り、ならず際に、熟練者は前後方向に対して、やや斜めに刷毛を動かしていることが明らかとなった。また、非熟練者は、和紙の端部に対して平行に刷毛を動かしていた。初心者はならず作業を実施していなかった。

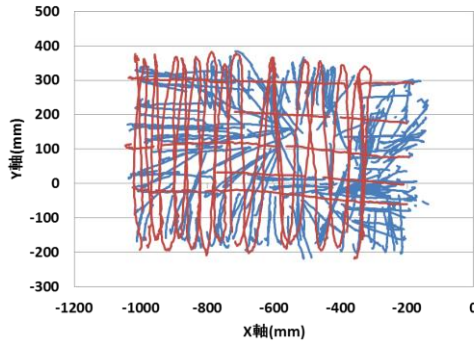
また、熟練者の刷毛の取り扱い方に特徴を見出した。図 3 に糊の塗回数を示す。熟練者は 89 回であった。一方、非熟練者は 202 回、初心者は 219 回であり、熟練者の 2 倍以上多く塗っていることが明らかとなった。図 4 に刷毛の 1 塗の平均距離を示す。熟練者は、糊を含ませた刷毛を立てて、1 回に塗布する距離を長くしていることが明らかとなった。熟練者は 213mm、非



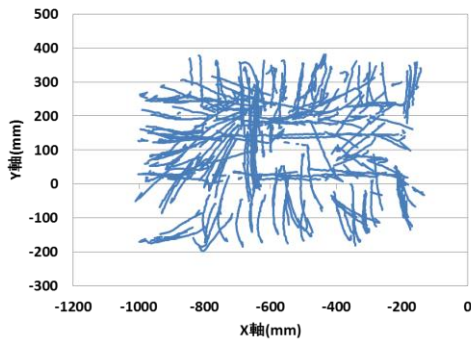
図 1 実験風景



(a) 熟練者



(b) 非熟練者



(c) 初心者

図2 刷毛の軌跡

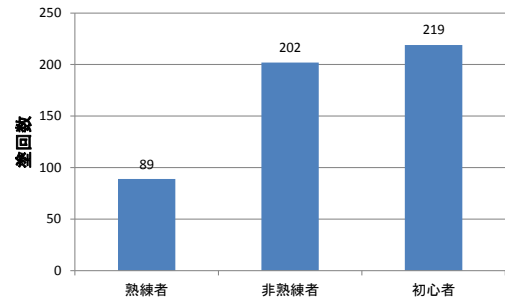


図3 塗回数

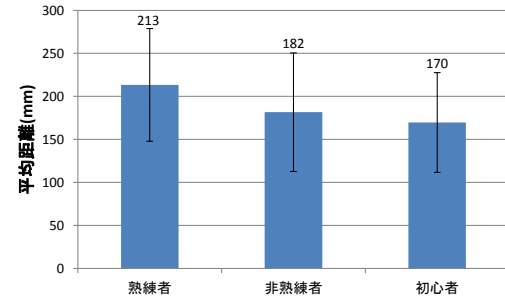


図4 刷毛の一塗の平均距離

熟練者は 182mm、初心者は 170mm であった。熟練者に対して、非熟練者、未経験者は 1 回に塗る距離が短いため、塗回数も多くなっていると考えられる。

これらの解析結果を被験者に見てもらい、各作業についてヒアリングを行った。その結果、非熟練者は、刷毛を傾けてしまうことにより、刷毛に力が入らず塗りこぼしができ、さらに、刷毛に含ませた糊が少ないため、1 回に塗る距離が短く、塗り回数を増やすことにつながるということが明らかとなった。

## (2) 裏打ちにおける和紙の設置の技

肌裏打ち作業の工程において、「薄美濃紙のしごき」工程、「薄美濃紙を本紙に設置」工程に着目し熟練者の動作や道具の扱い方の解析に取り組んだ。両者の工程において、工程分析を実施した。そこで、「薄美濃紙のしごき」工程においては、刷毛の角度推移を明らかとした。一方、「薄美濃紙を本紙に設置」工程においては、ひっかけと呼ばれる薄美濃紙と本紙を密着させるために用いる道具の角度推移を明確化した。

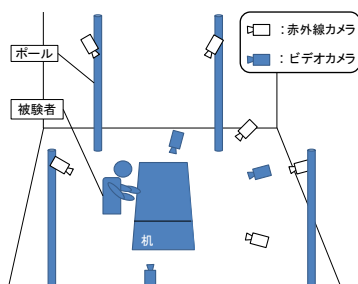


図5 計測現場の模式図

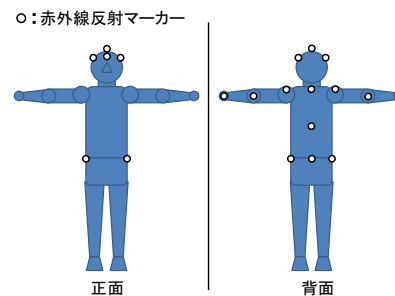


図6 被験者に設置した赤外線反射マーカ位置

図5に計測現場の模式図を示す。図6および図7に赤外線反射マーカの設置位置を示す。

前者のしごき工程において、熟練者の刷毛の角度は、作業開始時点において、約20度であった。しかしながら作業開始から約0.5秒で、角度は10度以内となり、その後の角度推移は、15度以内に収まっていた。非熟練者は刷毛をねかせた状態で作業を進めており、徐々に、刷毛を立てるように作業を進めていた。図8に各被験者におけるしごき作業の刷毛の角度を示す。

後者の工程において、4つのフェーズに分割して解析を実施した。そこで、熟練者のひっかけの傾きを操作することを数値的に明確化した。

熟練者のヒアリングにより、上記工程について、つぎのようなコツを得た。「薄美濃紙のしごき」工程において、糊の取れる分量は、刷毛の傾け方に依存する。刷毛を傾けることにより、多くの糊をしごくことができる。そこで、刷毛は、可能な限り傾けずに動かすことにより、糊の取る分量を均一にする。これにより、薄美濃紙の表面に凹凸がないように糊を塗布することができる。さらに、「薄美濃紙を本紙に設置」工程において、本紙と和紙の間の空気は薄美濃紙を設置するための道具であるひっかけの傾きに依存する。このひっかけの傾きを操作することにより空気を抜いていく。図9に和紙を本紙に設置する際、被験者が注視している状態を動作解析によるスティックピクチャーを示す。これより、熟練者は、本紙の端部に頭部があり、真上より、和紙の設置場所を注視して確認していることが明らかとなった。一方、非熟練者は、本紙の端部を越えた位置に頭部があり、斜め方向から和紙の設置場所を注視して確認していることが明確化された。

### (3) 熟練者から非熟練者への教授

これまでに得られた分析結果をもとに熟練者から非熟練者への教授を遂行してきた。そこで、教授直後および教授してからの非熟練者の動作や眼球運動を測定して、教授内容について検証する予定であった。熟練者の動作計測の際に実施したヒアリング内容を精査して、意思決定の状況と道具の取り扱いの妥当性について検証を行なった。ヒアリング内容から、熟練者のコツとしてつぎのような項目が挙げられた。第一に、刷毛の扱い方については、糊の取れる分量は、刷毛を傾けることにより多くなる。第二に、刷毛は可能な限り傾けず、糊の取る分量を均一にすることにより、薄美濃紙の表面に凹凸ができないようにする。第三に、ひっかけの扱い方については、ひっかけの傾きを操作することにより、薄美濃紙と本紙の間の空気を抜いていく。そこで、まず、熟練者の刷毛の取り扱い方のコツである「糊の取る分量を均一にするため、刷毛は可能な限り傾けない」という事項について、「薄美濃紙のしごき」工程での熟練者の刷毛の角度推移とともに、検証を行なった。また、熟練者のひっかけの取り扱い方のコツである「薄美濃紙と本紙の間の空気を抜くため、ひっかけの傾きを操作する」という事項について、「薄美濃紙を本紙に設置」工程での熟練者のひっかけの角度推移とともに、検証を行なった。

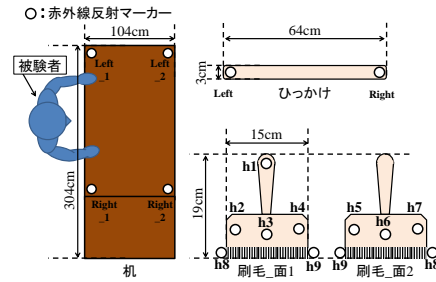
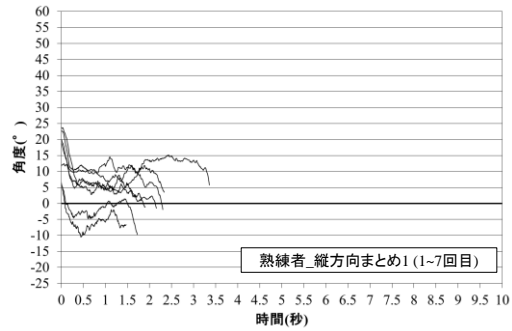
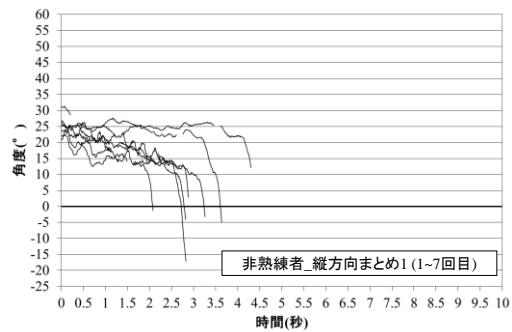


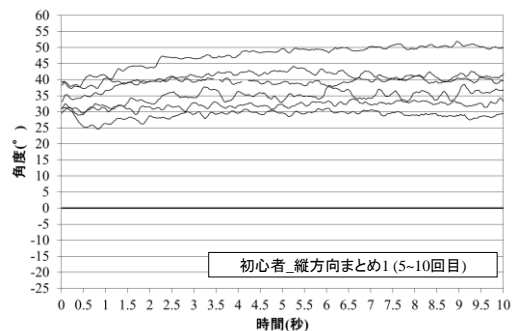
図7 使用道具に設置した赤外線反射マーカ位置



(a) 熟練者



(b) 非熟練者



(c) 初心者

図8 各被験者におけるしごき作業の刷毛の角度

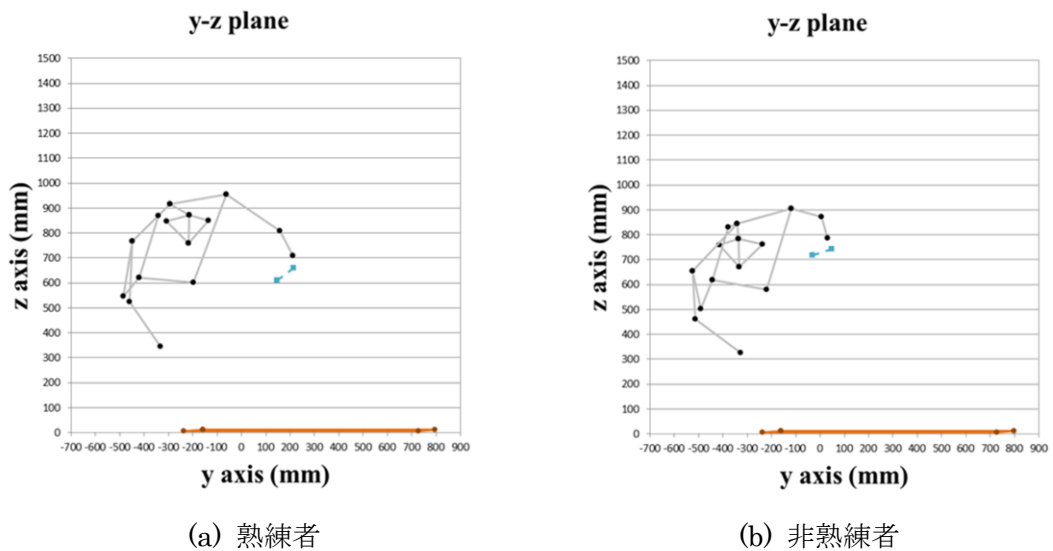


図9 和紙を本紙に設置する工程におけるスティックピクチャー

#### (4) 教授システムの妥当性

形式知化された熟練者の技の教授による妥当性についての検証を行なった。さらに、熟練者や非熟練者に対して専門的な知見に関するヒアリングを実施した。作業現場において、非熟練者を中心として、肌裏打ち作業を実施した。その際、正面方向からと横方向からビデオ撮影を行なった。これらの動画を閲覧しながら、現場の代表者と意見交換を実施するとともに、非熟練者および熟練者へのヒアリング内容について検討を行なった。そこで、非熟練者における各工程での動きは、飛躍的に上達されていた。また、作業中に発せられた言葉の中に、対象としている和紙に塗布した古糊の状況を的確に捉えて、作業を進められる内容が含まれていた。これにより、非熟練者は作業における気付きとその解決策について、心得られており、対応できるようになっていることが明らかとなった。ヒアリングの主な項目については、現場の代表者に事前連絡しておき、非熟練者、熟練者および代表者に協力いただいた。形式知を得たことにより、非熟練者の作業に対する気付きや着眼点の変化について検証した。また、非熟練者の考えに対して、熟練者は、どのようにコメントなされるのか、ということに着目した。非熟練者への質問項目は、作業前に心掛けた事項等である。熟練者への質問項目は、非熟練者の全体の作業に対するコメントなどである。そこで、非熟練者は、すべてのことに気を配り、作業を進めるよう心掛けておられるとのことであり、さらに、経験を重ねたことにより、非熟練者自身の中で、「問題解決の手続き」が成立されているとのことであった。一方、熟練者は、非熟練者に対して、上達されているとのことを伝えられていた。以上のことから、熟練者の技術を定量的に可視化し、作業現場での技術向上のための教授システムの妥当性が明確化された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Akihiko Goto, Oka Iwataro, Yuka Takai
2. 発表標題 Educational Effects by Formalizing of Traditional Backing Techniques in Japan
3. 学会等名 International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡岩太郎、後藤彰彦、高井由佳、清井信吾
2. 発表標題 肌裏打ち作業における三次元動作解析を利用した道具の軌跡検証
3. 学会等名 文化財保存修復学会 第41回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡岩太郎、後藤彰彦、高井由佳
2. 発表標題 Formalization of Backing Technique and Education Effort with Using 3D Motion Analysis
3. 学会等名 東アジア文化遺産保存国際シンポジウム (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡岩太郎、後藤彰彦、高井由佳、山代和明
2. 発表標題 肌裏打ち作業の動作解析
3. 学会等名 文化財保存修復学会 第40回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡泰央、高井由佳、後藤彰彦、山代和明
2. 発表標題 肌裏打ち作業における工程分析と眼球運動解析
3. 学会等名 文化財保存修復学会 第39回大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	高井 由佳  (Takai Yuka)  (90626368)	大阪産業大学・デザイン工学部・講師   (34407)	
研究分担者	黒田 孝二  (Kuroda Koji)  (90780859)	京都工芸繊維大学・伝統みらい教育研究センター・シニア・フェロー   (14303)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------