

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：12604

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K13142

研究課題名（和文）掛軸日本画の科学的劣化予測に基づいた予防的保存技術の確立

研究課題名（英文）Establishment of preventive preservation technology based on scientific deterioration prediction of Japanese hanging scrolls

研究代表者

李 ガン（LEE, KANG）

東京学芸大学・教育学部・講師

研究者番号：00807547

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）：紙の経年劣化による脆弱な状態は掛軸を製作し、使用し、そして修理する中で様々な方向にかかる引張ひずみによって起きる形状変形を誘発する。従って、掛軸を長期保存するためには劣化箇所とその挙動を正確に把握する必要がある。しかし、肉眼観察では本紙の変化が認知されるまで時間がかかり、本紙におけるひずみ分布は繊維の配向や地合の影響により不均一であるため、その挙動を予測することが難しい。本研究では、紙の劣化状態に関しては短波赤外分光分析法、紙の物理的変形に関しては面内の歪み分布に着目して画像相関法を用いることで目に見えにくいレベルで紙における劣化状態を非破壊的に細かく分類し、変化挙動を予測することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

非破壊的な分析手法を用いることにより、目に見えにくいレベルでの劣化状態を細かく分類し、挙動を予測する手法を確立することができた。その成果を用いて今後の修復処置の内容や保管環境改善の計画を提案でき、不可逆的な損傷の拡大を抑制できると期待している。

研究成果の概要（英文）：A weak state due to aging of the paper induces shape deformation caused by tensile strain applied in various directions during creating, using, and repairing the hanging scroll. Therefore, in order to preserve the hanging scroll for a long period of time, it is necessary to accurately grasp the deteriorated part and its behavior. However, it takes time for visual observation to recognize changes in the painting paper, and the strain distribution in the painting paper is uneven due to the orientation and the influence of the fiber, so it is difficult to predict its behavior. In this study, the deterioration state of the paper was classified non-destructively at an invisible level and predicted the change behavior by using the short-wave infrared spectroscopy method for the chemical deterioration of the paper and digital imaging correlation method focusing on the in-plane distortion distribution for the physical deformation of paper.

研究分野：保存科学

キーワード：装こう文化財 掛軸 画像相関法 短波赤外分光分析法 非破壊分析 歪み 応力

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

装幀文化財は、「本紙」と呼ばれる基底材そのものとそれを保護し装飾する「装丁」によって構成され、掛軸などの形態をとり鑑賞や保管にも優れる。そして日本画では本紙の上に滲み止めである罨砂(明罨+膠)溶液を引き、絵具を使って彩色を表現する。さらに本紙を支えるためにその裏面に小麦澱粉から調製した糊を用いて3~4種類の裏打ち紙を順次貼るが、直接接着しているという点では肌裏紙が本紙の耐久性に最も大きな影響を与える。しかし、掛軸の製作や修理作業の不手際、使用する材料の劣化、保管環境の変動、利用頻度などによって外観上の劣化問題として、本紙の変色のみならず、皺や折れなどの形状変形が顕著に生じ、緩くなった顔料が剥落して掛軸の寿命が低下する(図1)。実際、掛軸の劣化が激しくなるのを待って本格的な解体修理を行うことが一般的であるが、劣化箇所とその状態の正確な把握を誤ると、致命的で不可逆的な損傷へ拡大し、必要以上の処置を施すことは本紙に物理的な負担を与えてしまい、さらなる破壊につながり、修理コストも大きくなる。そこで、予防的保存という考え方が提唱されているが、これは、様々な要因で起こる文化財の劣化を事前に予測することで、問題が起こってから対処するのではなく、モニタリングしながら被害を未然に防止し、問題が生じた部分を処置するところに重点を置く。しかし、装幀文化財の劣化状態の診断において文化財の原型を保存するという原則のもとで試料採取は許されず、可視光を用いた肉眼観察や触診に頼っている。従って、文化財の予防的保存の考え方のもとで、掛軸の形状変形の進行状況を非破壊的、客観的に診断し、定量的に評価する方法を確立することは、劣化挙動を予測して損傷の拡大を抑制し、作品にとって安全で、かつ精密な保存方法を導くために不可欠である。

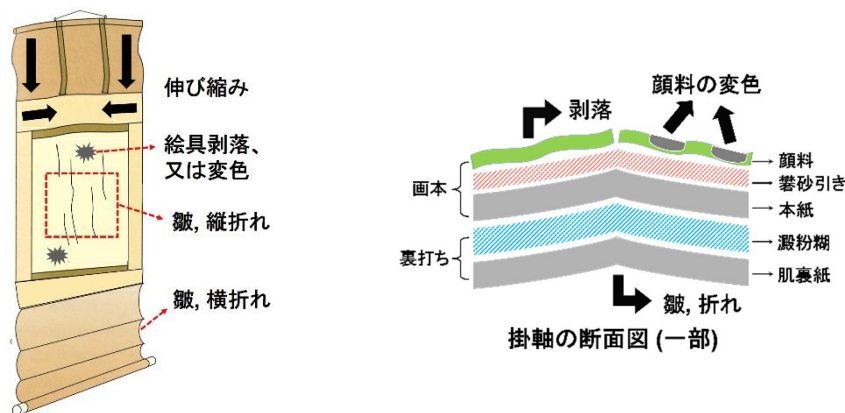


図1 掛軸日本画の構造と劣化の例

2. 研究の目的

掛軸日本画において寿命低下の指標となる物理的変形の状態とその挙動について非破壊画像診断手法を用いて目に見えないレベルで細かく分類し、定量的に評価することにより掛軸の不可逆的な損傷の拡大を抑制し、精密な処置に対応できる予防的保存技術を確立する。

3. 研究の方法

掛軸は、製作、使用、保管、修復を行う中で様々な方向にかかる応力によって形状変形を誘発するが、掛軸が経年劣化され、物理化学的に劣化していき、脆弱な状態になるほどその傾向は強いと予想される。従って、掛軸の長期保存を図るためには形状変形を発生する箇所とその挙動を正確に把握する必要がある。しかし、従来の目視観察ではその挙動を予測できないため、画像相関法を用いることで、本紙の面内と面外におけるひずみ分布について、目に見えないレベルで細かく分類し、挙動を予測することを考えた。

1) 掛軸の製作時の裏打ちと修理時の解体に伴う本紙のひずみ分布の評価

掛軸の製作における肌裏打ち作業では、本紙の厚みや劣化状態を鑑みて澱粉糊水溶液の濃度を決め、均一に塗布して本紙と肌裏紙を接着させることで掛軸全体の寸法安定性に寄与するが、失敗すると、本紙を過剰に収縮させ、肌裏紙が部分的に浮き、湿度変動によっては同じ作品の中でも伸縮程度が異なってくるため、形状変形が生じる。そこで、糊の濃度と糊の塗布方法を変え、また湿度を循環した時の本紙と肌裏紙の複合体試料における形状変形の挙動を画像相関法により評価した。また、掛軸の修復を想定し、上記の複合体を加速劣化させ、脆くなった本紙から肌裏紙を張り替えることでそれまで存在していたひずみ分布がどれだけ改善されるかを評価し、掛軸の制作と修復時の形状変形を抑制するための方法を確立する。

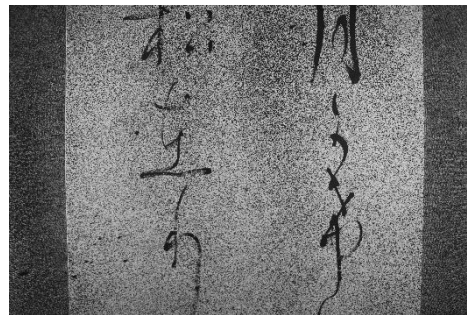
2) 掛軸の使用と取り扱い方による本紙のひずみ分布の評価

掛軸は鑑賞時には平面で、収納時には巻き取って保管する。経年により掛軸の裏打ちに使用された糊層は分子量が低下して硬化し、巻き解きやよじれの繰り返しによって本紙に応力が集中し、本紙の表面に皺や折れなどの形状変形が不均一に生じる。また、季節による湿度の変動によりそれが促進される。そこで、掛軸のモデル試料を製作し、巻き戻しやよじれを繰り返し再現させた時に画像相関法によりひずみ分布を観察し、劣化挙動を予測する方法を確立する。

4. 研究成果

掛軸日本画を想定して製作した本紙と肌裏紙の複合体に対して劣化状態や湿度条件及び裏打ち工程を想定し、画像相関法によって紙試料の表面において可視的な破壊が起きる時の歪みを検出し、面内変形のパターンを計測できた。紙試料の巻き戻しを繰り返した時に複合体試料の硬さに関わる本紙の劣化程度や糊の濃度、裏打ちに用いられる澱粉糊層の不均一な分布、紙の繊維配向性などの因子が歪みの位置とその後の形状変形の挙動に影響を及ぼした。また、本紙に顔料を使った絵具層を塗布したモデル試料を製作し、引張力を加えた時の顔料層に生じた微細なクラックが本紙に面内変形が発生することで検出でき、その後、クラック部分を中心に絵具層の剥離が発生し、変形していく傾向を確認した。

相対湿度の循環(20~80%RH)を繰り返す環境の中で、経年劣化した掛軸とそのモデル試料に発生する歪みの位置とその後の形状変形を画像相関法により評価し、製作に使用される材料や技術による寸法安定性の違いを確認した。試料に存在していた応力の程度は面内の位置によって異なるため、湿度循環による面内変形のパターンも変わっていった。しかし、新規の裏打ちを行うことにより本紙の形状変形が緩和され、糊の濃度や裏打ち方法、及び劣化期間によるパターンの違いも検出できた。経年劣化した掛軸の場合、本紙の広範囲な部分において微細な皺が多数発生していることが検出され、また、本紙と装丁(中廻し部分)における織物に個別に付着した裏打ち紙の湿度変動に対する伸び縮みの程度が異なるため、その境界において作品表面の形状変形が拡大し、保存処置が必要であることが読み取れる(図2)。



(掛軸資料)

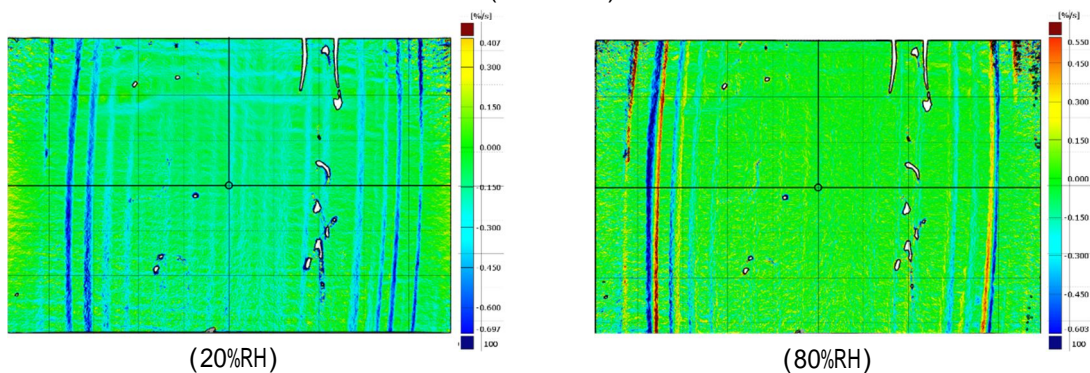


図2 画像相関法による掛軸における物理的な歪みの観察例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Kang Lee, Toshiharu Enomae, Michel Sablier, Masamitsu Inaba
2. 発表標題 Exploring the Deterioration of Japanese Hanging Scrolls Focusing on the Painting and Lining Papers
3. 学会等名 Gordon research conference (国際学会)
4. 発表年 2024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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------