

〔報文〕 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*²・後藤 彰彦*²

1. はじめに

日本には絵画や書跡を鑑賞、保存する方法として掛軸や卷子、屏風、冊子といった様々な形態の表具がある。その中でも収納時には巻き上げて箱に入れ、鑑賞する時にだけそれを解いて展開するという機能を有しているのが掛軸や卷子である。折れることなくしなやかに巻き上げられ、且つ、ひろげられた際には大きな波うちや反りを生ずることなく展開できるという機能を可能にするためには、数枚の和紙と澱粉糊による裏打ち加工が必要である。そして、この裏打ち技術の習得は、絵画や書跡文化財の修理をおこなっている、所謂、装潢分野において極めて重要なものとされている。数層ある裏打ちに用いる和紙の種類と接着に用いる糊の種類は単一ではなく、その接着方法も単一ではない。本研究では、絵画や書跡の裏面に接着する数枚の裏打ち作業のうちで、2層目の和紙の接着である、「増裏打ち」と呼ばれる工程に注目する。そこで用いられる材料と、それを用いておこなう接着作業の熟練度についての評価を様々なサンプルによる剥離試験によっておこない、材料と技術の効果を検証する。

また、作業現場では打刷毛を用いた叩打によって美栖紙の表面に細かな孔があき、下層の裏打ち紙の繊維と絡み合わせることができると言われてきている。その状態を検証し、熟練度によって異なる接着促進の効果を確認するために、接着面の様子について、走査型電子顕微鏡を用いて観察をする。

2. 増裏打ち作業に用いられる材料と接着の技術

2-1. 材料

掛軸は、図1に示す通り、本紙と呼ばれる絵画や書跡の裏から順に肌裏紙、増裏紙、中裏紙、総裏紙と呼ばれる4層の裏打ち紙が小麦を原料とした澱粉糊で接着されているのが一般的である。裏打ち紙を接着する作業のことを統一的に「打つ」と言い、それぞれの層の接着作業のことを「肌裏打ち」、「増裏打ち」、「中裏打ち」、「総裏打ち」と呼んでいる。肌裏打ちには美濃紙、増裏打ちと中裏打ちには美栖紙、総裏打ちには宇陀紙と呼ばれる抄紙方法などの異なった和紙が選択される。本研究にて着目している増裏打ちに用いられる美栖紙は奈良県の吉野地方でのみ生産されている和紙で、楮を原料とし、填料に胡粉が用いられている。抄紙後の脱水に独特の方法があり、他の層に用いられる美濃紙や宇陀紙と比較して、薄く柔らかいという特徴を有している。

本紙と肌裏紙の接着には小麦澱粉を加熱して糊化させた後に熱をゆっくり冷却した接着剤を用いる。これを新糊と呼ぶ。また、増裏打ち以降の作業には、小麦澱粉糊を約10年間、冷暗所にて熟成させた古糊と呼ばれる接着剤が用いられる。古糊は澱粉が長期保管により老化し、かつ微生物の代謝する酵素で分子量が著しく低下したもので、通常の澱粉糊に比して、接着力が

*岡墨光堂 *²大阪産業大学

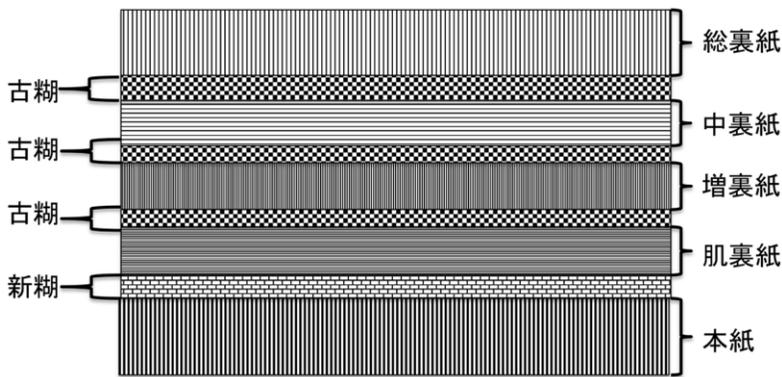


図1 裏打ちの略図

低い。

2-2. 接着の技術

古糊は通常、作業者がその都度、水にて希釈して用いる。分子量が著しく低下している上に、水で希釈されるため、指で触った程度では、その粘着性はほぼ感じる事ができない。

掛軸は巻き解きを何度も繰り返すので、しなやかさが求められるが、同時に、巻き解きにより裏打ち紙が剥離してしまうことは望ましくない。接着力が極めて低い古糊による増裏紙の接着工程は、既述の通り、増裏打ちと呼ばれており、美栖紙に希釈した古糊を塗布し、皺がよらないように適切な場所へ配する。その後、撫刷毛と呼ばれる毛足にコシのある刷毛で接着面を撫でつける。しかし、これだけでは十分な接着ができていないと考えられていない。そこで、打刷毛と呼ばれる、棕櫚製の毛先を有した特殊な刷毛を用いて接着された増裏紙の表面を叩いて接着を促進する。その様子を図2に示す。この叩く作業のことを本研究では叩打と呼ぶ。この増裏打ちにおける、一連の作業は、装演分野において極めて重要な技術であり、その習得は難しく、何年もかかるといわれている。

希釈した糊を塗布し過ぎることは、薄くて柔らかい美栖紙を乾燥後に硬くしてしまうことと



図2 増裏打ち作業の様子

なる。また、美栖紙やその下層にある肌裏紙と本紙そのものなどに孔をあけてしまわないようにとの意識が強すぎて、叩打をする力が不十分となれば、望まれるような接着の促進をすることはできない。このような状況からも、その適切な技術習得は難易度が高く、文化財修理の装潢分野においては、特にこの技術への正確な理解が求められているところである。他の多くの文化財修理や伝統工芸分野の技術と同様に、「見て盗む」という技術の習得方法が中心となっており、様々な角度からその技術を数値化した事例は極めて少なく、近年では早川らによる古糊の物性に関する研究や、打刷毛の接着効果についての考察があるのみである²⁻⁴⁾。

本研究では、増裏打ち作業における打刷毛を叩打する技術についての解明を目的に、接着方法と接着剤を変えた試料を用意し、その剝離試験と、走査型電子顕微鏡による断面観察をおこなった。

3. 実験方法

3-1. 剝離試験

縦1尺5寸、横1尺3寸(約455mm×約395mm)の無地平絹を本紙に見立て、肌裏紙を新糊にて接着したあと、十分に仮張りにて乾燥させたものを用意した。それに増裏打ちをおこなったものを剝離試験に用いるサンプルとした。このサンプルの寸法は、一行書を念頭に1尺2寸程度の幅を有する本紙を想定している。このような本紙の寸法は、表装技術の習得をする際などに高い頻度で選択されている。

サンプルについては、経験年数22年の熟練者が下記の4点を作製した。

1. 古糊を接着剤として用い打刷毛による叩打を施したもの
2. 古糊を接着剤として用い叩打をせずに撫刷毛で接着後に撫ぜつけただけのもの
3. 古糊の代わりに水を接着媒体として用い、その後に打刷毛による叩打を施したもの
4. 古糊の代わりに水を接着媒体として用い、叩打をせずに撫刷毛で接着後に撫ぜつけただけのもの

また、叩打技術の熟練度による接着促進の効果の差異について検証するために、上記の1と同様のものを経験年数6年の非熟練者Aと経験年数1年未満の非熟練者Bとが作製した。表1に今回の実験に供される6種類のサンプルの一覧を示す。これよりは、各サンプルの呼称を表中の通りとする。

表1 剝離試験サンプル一覧

		打刷毛による叩打あり			撫刷毛のみで叩打なし
		熟練者	非熟練者A	非熟練者B	熟練者
接着剤	古糊	熟打+古糊	非A打+古糊	非B打+古糊	熟撫+古糊
	水	熟打+水			熟撫+水

非熟練者Aについては技術的な指導をする際に、強く叩打をしすぎるという注意を受ける傾向にあった。つまり、増裏紙の下層にある肌裏紙、さらには本紙を傷める危険性があるので、まだ実作業に参加するには満たない技術力である。非熟練者Bについては、叩打作業の経験が極めて少なく、被験者としてサンプルを供するために、通常以上に丁寧に熟練者が刷毛の持ち方や叩打の際のコツのようなものを指導した。

なお、今回は接着促進のための叩打の技術についての研究に焦点を絞り、糊付け作業の熟練度にばらつきが出ることを防ぐために、非熟練者AおよびBの作製するサンプルについても、

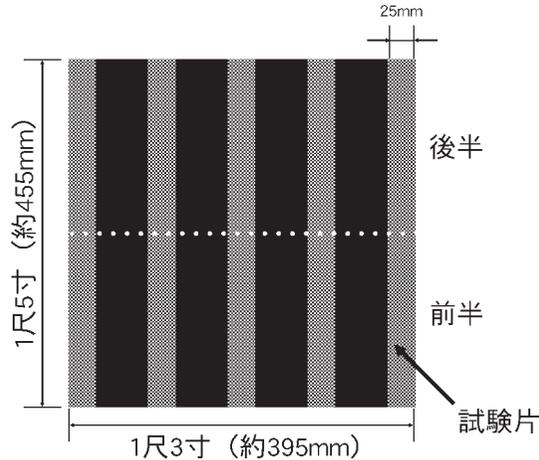


図3 試験片の切り出し法

希釈した古糊の塗布、適切な場所への美栖紙の配置等、叩打以外の作業は全て熟練者がおこなった。作業に用いるために熟練者が希釈した古糊の濃度は3.83%であった。

全てのサンプルは十分に乾燥させた後、サンプルの端から均等に25mm幅で帯状に切断して試験片として剥離試験に供した。各試験片の大きさは図3の略図に示す通り、1尺5寸(約455mm)×25mmである。

試験片は剥離作業の前に湿度100%のデシケーター内に24時間以上の保管をした。その後、温度23℃、湿度80%に設定した恒温恒湿庫内にて剥離試験を実施した。剥離試験にはSHIMAZU AUTOGRAPH AGS-Xを用い、剥離試験速度を10mm/min、剥離長さを200mmとした。剥離試験の略図を図4に示す。また、剥離試験中に試験片が伸びることを防ぐため、試験片の両面へ剥離試験の直前に粘着テープ(NICHIBAN セロテープ)を添付して補強後、試験に供した。なお、粘着テープの有する粘着剤は剥離の対象となる接着層へ浸透することはないため、粘着テープの有する粘着性がこの剥離試験に影響することはない。

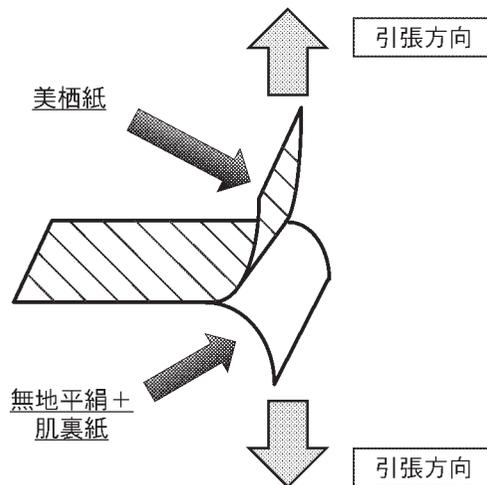


図4 剥離試験方法の略図

試験片は約455mmの長さを有するが、測定後半の200mmについては作用点までの距離が長いため、測定誤差を生じやすい。そのため、前半200mmの剝離測定後、改めて、剝離箇所の直近の部分にチャッキングの位置を付け替え、試験片後半の200mmの剝離試験をおこなった。そのため、図2に示すように、前半200mmと後半200mmの2回の測定をおこなった。ここでは、作業者の体に近い側を前半、遠い側を後半とした。

3-2. 電子顕微鏡による観察

「熟打+古糊」と「熟撫+古糊」のサンプルから得た試験片について、剝離試験後の試験片の未剝離部分を利用して、日本電子株式会社製の走査型電子顕微鏡 (SEM) JSM-5200で観察し、叩打が接着面にどのような影響を及ぼしているのかを画像から確認した。また、非熟練者が作製した「非A打+古糊」および「非B打+古糊」のサンプルより得た試験片についても同様に観察をおこなった。

4. 結果

4-1. 剝離試験の結果

熟練者作製による5種類のサンプルより得た各5本ずつの試験片についての剝離試験の結果を図5, 6, 7, 8に示す。さらに図9と10にて非熟練者によるサンプルから得た試験片の結果を示す。なお、ここで示しているものはすべての試験片の前半200mmの剝離荷重結果である。

熟練者による古糊+打刷毛

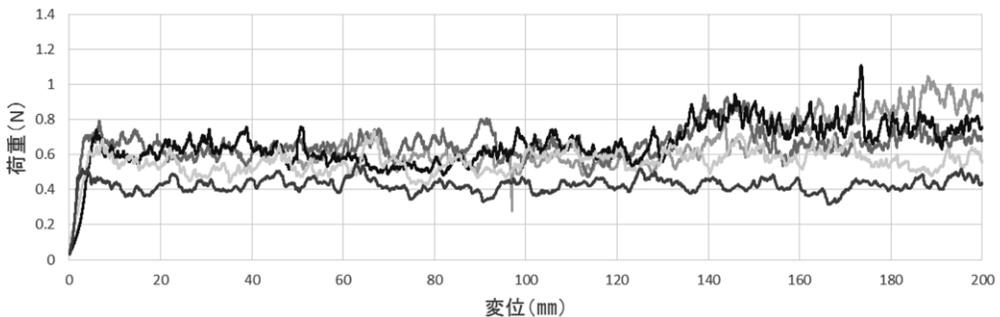


図5 サンプル「熟打+古糊」前半200mmにおける剝離荷重と時間の関係

熟練者による古糊+撫刷毛

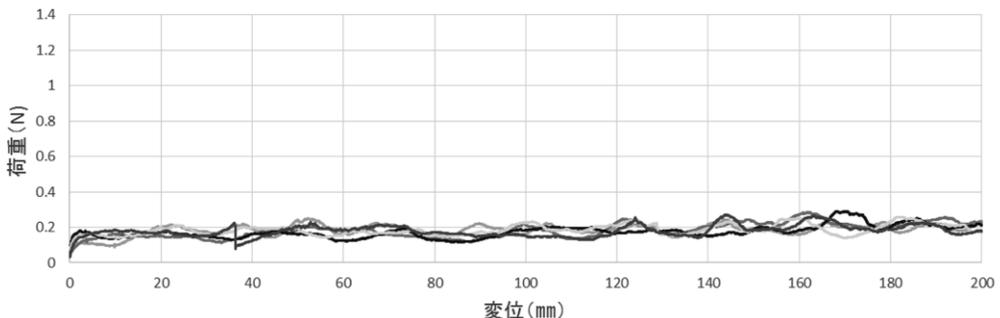


図6 サンプル「熟撫+古糊」前半200mmにおける剝離荷重と時間の関係

熟練者による水+打刷毛

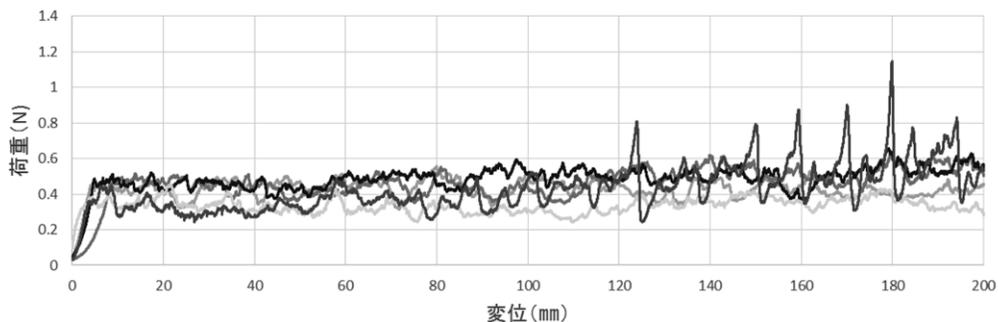


図7 サンプル「熟打+水」前半200mmにおける剝離荷重と時間の関係

熟練者による水+撫刷毛

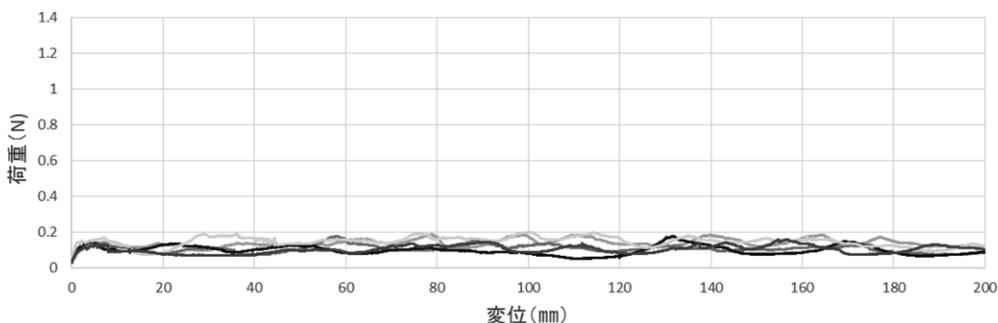


図8 サンプル「熟撫+水」前半200mmにおける剝離荷重と時間の関係

非熟練者A

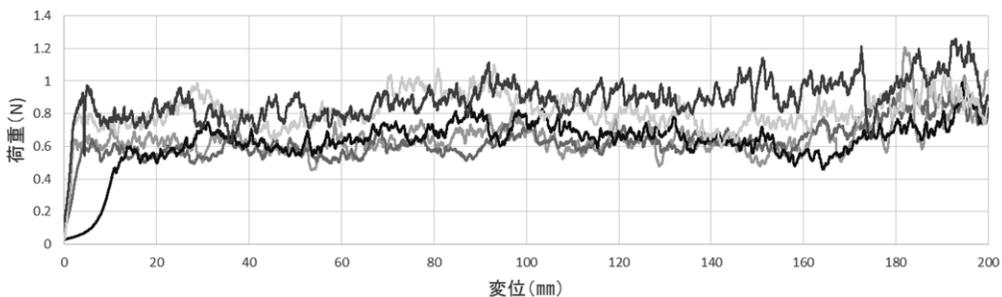


図9 サンプル「非A打+古糊」前半200mmにおける剝離荷重と時間の関係

る。

さらに、その結果に基づいて算出した試験片の前半と後半の平均剝離荷重と標準偏差を表2に示す。古糊を用いており、打刷毛による叩打の有無に違いのあるサンプル「熟打+古糊」とサンプル「熟撫+古糊」を比較すると約3倍の剝離荷重を打刷毛によって得たことがわかる。水にて美栖紙を貼り付けて叩打の有無を比較できるサンプル「熟打+水」とサンプル「熟撫+水」を比較すると前半では約3倍、後半では約5倍の接着効果を叩打によって得ている。このことから、打刷毛による叩打の接着促進効果が確認された。

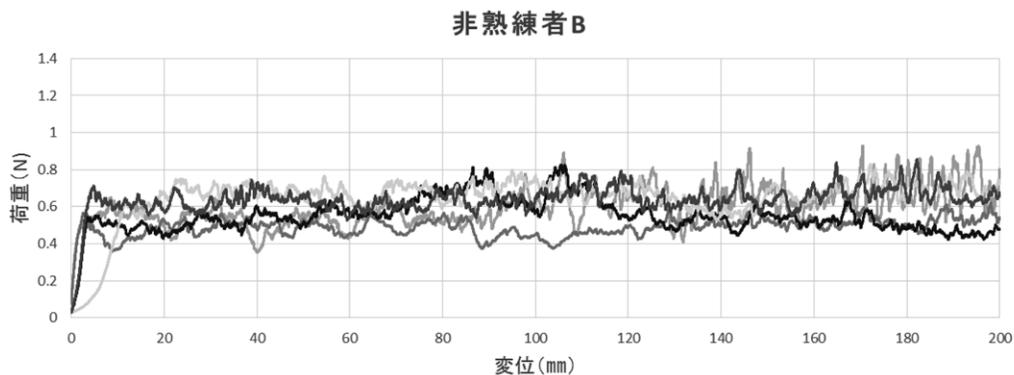


図 10 サンプル「非B打+古糊」前半200mmにおける剥離荷重と時間の関係

表 2 熟練者による各サンプルから得た平均剥離荷重と標準偏差

	前半剥離荷重 (N)		後半剥離荷重 (N)	
	mean	SD	mean	SD
熟打+古糊	0.591	0.091	0.699	0.111
熟撫+古糊	0.181	0.004	0.238	0.021
熟打+水	0.427	0.051	0.544	0.072
熟撫+水	0.117	0.020	0.104	0.024

一方、古糊の接着力について比較をする。叩打による接着促進効果の影響を受けないサンプル「熟撫+古糊」とサンプル「熟撫+水」を比較すると、前半で約1.5倍、後半では約2.3倍の剥離荷重を示した。

希釈された古糊は人間の手で触れても大きな粘着性は感じられないが、剥離荷重の平均を比較すると、ある一定の接着効果があることがこれによって明らかとなった⁴⁾。

次に、サンプル「熟打+古糊」、「非A打+古糊」、「非B打+古糊」の試験片の前半と後半の平均剥離荷重と標準偏差を表3に示す。表3と併せて図9を参照すると、熟練者に比して非熟練者Aは前半、後半共に大きな剥離荷重を示しており、先にも触れている通り、叩打の力が強すぎると指摘を受ける傾向にあるということが具体的に示されている。非熟練者Bについては、熟練者に近い剥離荷重を示している。また、熟練者、非熟練者共に、前半より後半の方が、剥離荷重が大きくなることがわかった。標準偏差を比較してみると、熟練者に比べて非熟練者の剥離荷重には前半と後半にばらつきがあることがわかった。

表 3 サンプル「熟打+古糊」、「非A打+古糊」、「非B打+古糊」から得た平均剥離荷重と標準偏差

	前半剥離荷重 (N)		後半剥離荷重 (N)	
	mean	SD	mean	SD
熟打+古糊	0.591	0.091	0.699	0.111
非A打+古糊	0.861	0.108	0.999	0.059
非B打+古糊	0.586	0.059	0.753	0.159

4-2. 電子顕微鏡による観察の結果

サンプル「熟打+古糊」および「熟撫+古糊」から得た試験片の剝離小口の観察画像を図11および図12に示す。図11に示した打刷毛にて叩打された美栖紙とその下層の美濃紙は、図12の叩打していないものと比較すると、接着面に凹凸が生じていることが確認できた。叩打することにより、接着面に凹凸が生じて接着面積が大きくなり、撫刷毛によって擦っただけの図12の試験片よりも接着の促進がおこなわれていることが、この両者の比較によって明らかになった。

非熟練者AおよびBによるサンプル「非A打+古糊」と「非B打+古糊」から得た試験片の剝離面を同様に観察した。サンプル「非A打+古糊」より得た画像を図13、サンプル「非B打+古糊」より得た画像を図14に示す。両者ともに熟練者による試験片の剝離箇所を観察した図9の画像と比較すると接着面に見られる凹凸が少ないことが指摘できる。

5. 考察

5-1. 剝離試験の考察

剝離試験の結果、美栖紙に塗布される希釈された古糊には水よりも接着力があり、打刷毛による叩打には接着促進の効果があることが図5, 6, 7, 8と表2に示す通り、明らかとなった。水で貼り付けたのちに叩打をしたものについても一定の接着促進効果が認められたが、この古糊と叩打の両者が相まって掛軸に求められる巻き解きの機能を可能にし、必要に応じて一定量の水分を与えることで美栖紙そのものを除去できるようになっているのではないかと考える。

叩打の熟練度について比較した結果、非熟練者Aは叩打の力が強すぎるという指摘を熟練者

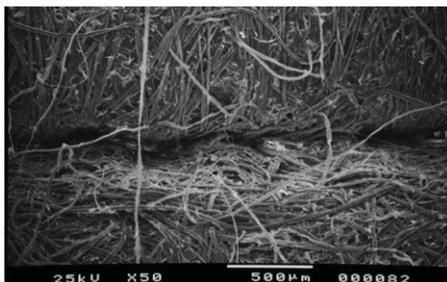


図 11 サンプル「熟打+古糊」剝離試験後の顕微鏡画像

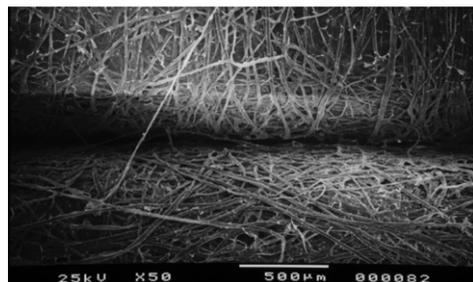


図 12 サンプル「熟撫+古糊」剝離試験後の顕微鏡画像

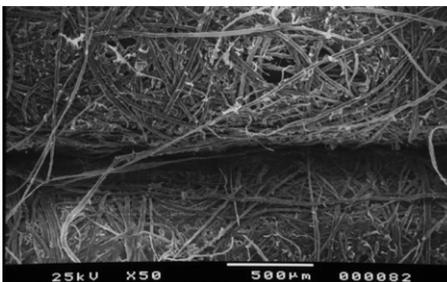


図 13 サンプル「非A打+古糊」剝離試験後の顕微鏡画像

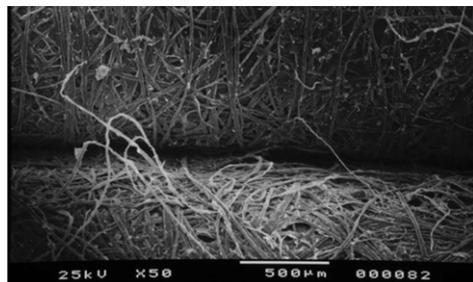


図 14 サンプル「非B打+古糊」剝離試験後の顕微鏡画像

より受ける傾向にあり、そのことが表3に示した平均剝離荷重に如実に表れている。一方、非熟練者Bによる平均剝離荷重は、熟練者の示す平均剝離荷重に近い。既述のように、経験年数が極めて浅いことから、熟練者がサンプル作製のために幾つかの助言をした。このことが剝離試験の結果に影響した可能性がある。具体的にどのような指導を熟練者が非熟練者Bに対しておこない、それがどのような効果を産むのかという点について、教育工学の分野からの詳しい検証が必要である。教育工学はスポーツや音楽の分野において教育、技術の効果的な習得をめざして、技術の数値化をおこなっている分野である。本研究における技術についても、教育工学の分野における研究手法での解析が期待できる。

また、熟練者も非熟練者も前半よりも後半の方が剝離荷重は大きくなる傾向にある。叩打の位置が体から離れてゆくにしがって、作業に力が入っていることに起因するということが可能性として考えられるが、そのみならず、古糊を塗布する作業がこれに影響している可能性があり、さらなる検証が必要である。

次に表3に示す標準偏差の結果から、叩打の熟練度によって約455mm×約395mmのサンプルの接着促進作業の仕上がりについて技術者間では違いがあり、熟練者は非熟練者に比較してばらつきが少なく、均一な接着促進ができていているということが明らかとなった。剝離荷重の平均ではなく、言わば品質という視点から考える標準偏差によるばらつきを評価することで、叩打の技術の熟練度が具体的に仕上がりに影響するという事を示すことができた。さらに多面的に叩打の動作について検討を重ねることで、熟練度による仕上りのばらつきについての検討が可能になると考える。

5-2. 電子顕微鏡観察の考察

電子顕微鏡による観察にて、打刷毛による叩打の接着促進効果を視覚的に捉えることができた。サンプル1に確認された凹凸と接着との促進の関連性は次のように考えられる。希釈された古糊の水分を吸収することで柔軟性が向上した紙境界面の楮繊維同士を打刷毛によって微小な単位で圧力をかけて密着することによって、総接着面積を増加させている。

なお、打刷毛の毛先の太さは、50本をランダムに選んで計測したところ、平均値は0.27mmであった。一方、楮の植物繊維は0.027mm⁵⁾である。つまり、楮繊維の約10倍の太さの棕栲を毛先に用いている打刷毛によって紙の表面を叩打することにより凹凸を生じさせて接着促進をさせていることが明らかとなった。早川らは美栖紙と宇陀紙の接着を古糊と打刷毛の組み合わせで実施した剝離試験において、本研究と同様にSEMによる剝離箇所を観察をおこなっており、このような状態を「繊維同士の『圧着』であった。」と指摘している²⁾。

一方、剝離試験の結果、表3にある通り、強い剝離荷重を示していた非熟練者Aは、図13にて確認できるように、接着面に凹凸が見えない。この事は、熟練者が打刷毛によって生じさせた凹凸による接着面の増大だけが接着荷重の増加を促しているわけではないことを示している。剝離試験によって希釈された古糊も接着力向上に寄与していることが明らかになっている。また、希釈された古糊によって濡れた状態となった接着面の繊維を打刷毛で叩打すると、局所的に大きな圧力でプレスしたことになり、その後の乾燥にともなって繊維間の水素結合箇所が増加すると考えられる。

剝離試験の結果から、叩打されることで、接着媒体が水であっても、それが乾燥することにより繊維間の水素結合が増加して接着効果は得られるが、古糊の有している接着力や微細な粘性によって得られる効果についてはより詳細な検証が必要であろう。

熟練者は的確に刷毛の毛先を、狙った箇所に落とし込んで叩打をすることによって点状での

接着促進が可能になっている。一方で、非熟練者Aは、強く叩打しすぎることによって刷毛の毛先を活かすことができず、点状ではなく面で接着促進をおこなっていることが観察され、叩打の熟練度によって接着促進そのものの質を変えてしまっていると考えられる。そのことが、電子顕微鏡による観察の図11と図13において示唆された。技術の熟練の程度が影響すると思われる接着の質の違いについてはさらなる検証が必要である。

6. おわりに

本研究では掛軸の作製工程のなかの増裏打ち作業に用いられる材料である古糊の使用効果と、その接着促進に有効であると考えられてきた打刷毛による叩打の効果について検証をした。剝離試験においては、打刷毛で叩打することによって接着の促進がなされているということが明らかにできた。また、古糊にも接着の効果があることが分かった。このことから、増裏打ちの作業には、古糊と、接着を促進する打刷毛による叩打が必要であることを確認ができた。さらには、剝離試験により、裏打ちの接着の均一性が評価可能であり、接着の均一性は叩打の熟練度に大きな影響を受けることが明らかとなった。叩打の均一性は作品を掛けた時に反りや波打ちが大きく出ないという仕上がりの質に影響する要素のひとつであると考えられる。

また、剝離箇所についての電子顕微鏡による観察の結果、叩打によって接着面積を増加させることにより、接着促進がおこなわれているということを明らかにすることができた。

剝離試験と電子顕微鏡による剝離面の状態観察によって、古糊と打刷毛の双方に増裏打ち作業における接着促進の効果があり、熟練者は刷毛による叩打を巧みにおこなうことによってばらつきの少ない、非熟練者とは異なった接着作業をおこなっていることが示唆された。

謝辞 数多くのサンプルの剝離試験については佐藤田香氏（東京文化財研究所保存科学センター研究補佐員）には大変にお世話になった。また、打刷毛によって叩打された美濃紙と美栖紙の接着の状況の解説については、加藤雅人氏（東京文化財研究所）に丁寧なコメントを頂戴し、本文中に反映させた。ここに感謝の意を記する。

参考文献

- 1) 早川典子・木川りか・川野辺渉・樋口恒・岡泰央・岡岩太郎：古糊の物性と化学組成に関する基礎的研究，保存科学，41，15-28（2002）
- 2) 早川典子・君嶋隆幸・楠京子・岡泰央：装潢における打ち刷毛の効果—接着力を中心に—，保存科学，43，9-16（2004）
- 3) 西浦忠輝：打ち刷毛による接着促進効果：表具の科学，99-107（1997）
- 4) Noriko Hayakawa, Rika Kigawa, Tomoyuki Nishimoto, Kurara Sakamoto, Shigeharu Fukuda, Takayuki Kimishima, Yasuhiro Oka and Wataru Kawanobe : Characterization of Furunori (Aged Paste) and Preparation of a Polysaccharide Similar to Furunori, Studies in Conservation, Volume 52, Number 3, 221-232 (2007)
- 5) 稲葉政満：文化財のための保存科学入門第2章第4節「紙」，63（2002）

キーワード：打刷毛 (pounding brush)；SEM；和紙 (Japanese paper)；熟練者 (expert)；非熟練者 (non-expert)

Research of the Adhesive Effect Enhanced by the Use of Beating Brush and Aged Paste on Second Lining Pounding Procedure for Mounting

Yasuhiro OKA*, Noriko HAYAKAWA, Yuka TAKAI*² and Akihiko GOTO*²

Hanging scrolls are a traditional Japanese ornamental art which allow paintings and calligraphy to be unrolled and hung on a wall or in an alcove for display and rolled up and stored in a box. Hanging scrolls should hang straight when unrolled and roll smoothly for proper storage without damaging the artwork beneath. For this purpose, scrolls are lined with several layers of Japanese paper and adhered together with weak, aged paste made from wheat starch, which gives the paper the flexibility required when the scrolls are rolled up for storage. While this old paste facilitates rolling a scroll because it does not become hard even when dried, it does not have sufficient adhesive effect to grip Japanese paper. In order to increase the adhesive power of this aged paste, craftsmen employ a traditional technique of pounding the paper with a special “beating brush.”

This pounding technique is an important part of the fabrication process of hanging scrolls, but it is a difficult task for each generation to pass down properly to successors. The present study is intended to verify the effects of the pounding technique on aged paste and Japanese paper. We prepared samples having been made with the pounding technique and investigated their adhesive properties by peel test. In order to verify the importance of this traditional technique and the traditional materials, we compared and analyzed the differences in adhesion depending on the skills of the craftsmen and the types of adhesive used. We also investigated the condition of the surface of the adhered papers by using an electron microscope.

Judging from all the results in this research, it may be said that using the beating brush and aged paste for the second lining procedure is effective.

*Oka Bokkodo Co.,Ltd

*²Osaka Sangyo University