

装潢における打ち刷毛の効果

- 接着力を中心に -

早川 典子・君嶋 隆幸*・楠 京子**・岡 泰央*

1. はじめに

絵画や書籍を掛け軸や巻物に仕立てる軸装は、日本の伝統的な装潢において主要なものの一つである。軸装を行うには、本紙の状態を踏まえた上で、何種類かの紙や糊をバランスよく組み合わせる必要があるが、その作業を行うにあたり、裏打ちに用いる和紙の接着に打ち刷毛という技術が用いられている。打ち刷毛は、主に増し裏や総裏に用いられ、裏を貼り込んだ後に紙背を刷毛で強く打ち込む技法で、使用されるのは、総裏の場合を除いて美栖や宇陀といった無機物を含んだ比較的繊維の長いやわらかい和紙である。

打ち刷毛の効果としては、少ない糊でしっかりと接着する、紙をやわらかく仕上げる、などの利点が一般的には言われてきている。したがって、打ち刷毛がどのような効果を持つかについては、今までにもいくつか科学的なアプローチが試みられており、撫で刷毛のみで仕上げた場合に比べて接着力が上昇すること¹⁾、そして、紙の厚みが薄くなり繊維間の間隙が小さくなる²⁾ことなどが指摘されている。

しかし、その接着力上昇の理由については、異なる紙の繊維が絡み合うためであると一般的に推定されているにすぎず、この点については不確定のまま現在に至っている。

本報告では、打ち刷毛の持つ接着効果がどのように引き起こされているかに焦点を当て、剥離試験とSEM（走査電子顕微鏡）による観察を行ったのでここに報告する。

2. 試験片作成

試験片は、以下のように作成した。

2 - 1 . 材料

【紙】

- ・パルプ紙 高知県立紙業技術センター製 広葉樹：針葉樹 = 1：1 40g/m²
 - ・美濃紙 岐阜県，太田弥八郎氏（文化財保存選定技術者）製 楮紙
 - ・美栖紙 奈良県，上窪正一氏（文化財保存選定技術者）製 胡粉入り楮紙
 - ・宇陀紙 奈良県，福西弘行氏（文化財保存選定技術者）製 白土入り楮紙
- 以上の紙を約40cm×約30cmに裁断し、サンプル作成に用いた。

【接着剤】

- ・古糊 岡墨光堂製 10年発酵（水替えなし） 乾燥重量 12.93%
- ・新糊 岡墨光堂製 生沈を原料とする 乾燥重量 13.42%

* (株)岡墨光堂 ** 東京芸術大学大学院美術研究科文化財保存学専攻

2 - 2 . 作成方法

【作成者】

君嶋隆幸

【紙の組み合わせ】

以下の3点とした。

- ・ パルプ - パルプ 均質な紙のため、正確な糊の接着強度が予想される
- ・ 美濃 - 美濃 手漉きの楮紙のうち、比較的均質と考えられるため和紙の場合の標準データとしての組み合わせ
- ・ 美栖 - 宇陀 実際に古糊を用いる裏打ちで使用される組み合わせ

それぞれの組み合わせを、上記接着剤原液のまま撫で刷毛にて接着した試験片と、重量比4倍に希釈して使用し（水糊）、撫で刷毛・打ち刷毛により接着してた試験片とを作成した。重量比4倍の濃度は、実際に修復上で使用される濃度とほぼ同濃度である。

3 . 剥離強度試験

作成した試験片の剥離強度を以下のように測定した。

3 - 1 . 測定方法

【測定機器】

(株)島津製作所製オートグラフAGS-G

【測定条件】

25 , RH80%

荷重速度 50mm/min

剥離長さ 100mm

同一の組み合わせについて5サンプル測定

【測定試料】

作成したサンプルを両端を含めず、幅30mm、長さ200mmに裁断し、水を入れたデシケータ一内にて、一晚飽和させて測定に供した。

測定の際には、端から5cmを引き剥がして治具に設定した。

3 - 2 . 結果

得られた値の平均値をTable1に示す。

同じ糊を使用した場合の、紙の種類による差は以下ようになった。

新糊の原液で作成した試験片においてはパルプ紙同士の接着のほうが、大きな剥離強度を持

Table 1 剥離強度試験結果(平均値)

		原液	水糊	
		撫で刷毛(mN)	撫で刷毛(mN)	打ち刷毛(mN)
新糊	パルプパルプ	1906	1517	1352
	美濃美濃	1618	989	1325
	美栖宇陀	-	1057	1587
古糊	パルプパルプ	1764	685	477
	美濃美濃	2234	183	510
	美栖宇陀	-	203	459
水	パルプパルプ		35	103
	美濃美濃		94	249
	美栖宇陀		233	356

っているが、古糊の場合は逆に美濃紙同士の接着のほうが剥離強度が大きい。

また、水糊の場合は、従来指摘されたように¹⁾打ち刷毛にて接着したもののほうが、強い剥離強度を示す傾向があるが、唯一、パルプ紙の接着の場合は打ち刷毛を入れた方が弱い剥離強度を示した。

さらに、美濃紙の接着と美栖 宇陀の結果を各種糊について比較すると、ほとんど場合、美栖 宇陀のほうが強い剥離強度を示しているが、唯一古糊の打ち刷毛の場合のみ、やや弱めの結果となった。この組み合わせは、最も実際の修復現場での組み合わせを反映しているが、美栖や宇陀は紙のムラが多いこともあり、さらに検討を要すると思われる。

水糊で同じ紙の組み合わせの場合の、打ち刷毛の有無による差違は以下ようになった。

新糊の場合は、打ち刷毛によって上昇する剥離強度は撫で刷毛の場合の1.5倍程度であったが、古糊や水だけの接着の場合は、2倍以上の上昇が見られた。ただ、剥離強度自体としては、新糊打ち刷毛 > 新糊撫で刷毛 > 古糊打ち刷毛 > その他（パルプ紙の場合は打ち刷毛と撫で刷毛が逆）という結果が得られており、古糊や水だけの接着における打ち刷毛の効果としては、新糊を使用する以上の強度は示せないことが明らかとなった。

4 . 走査電子顕微鏡（SEM）による観察

作成した試験片をSEMにて観察した。

4 - 1 . 観察方法

【使用機器】

株)TOPCON製sm200

【SEM観察】

試験片を端から数mm引き剥がし、剥離界面を中心に観察を行った。

観察対象は、美栖 宇陀、パルプ同士の組み合わせとし、接着剤は水糊の場合を採用した。

観察物が紙であるため、無蒸着で20Paにて観察した。

4 - 2 . 結果

Photo. 1 ~ 12にSEM写真を示す。美栖 宇陀の写真において白い破片のように観察されるのは、糊ではなく漉き込んだ無機物と思われる。

剥離界面付近では、繊維同士が紙の接着をどのように支持しているかが観察された。従来、打ち刷毛の効果について「繊維のからみあい」という言われ方もされてきていた¹⁾が、今回の観察ではどのサンプルにおいても、繊維同士は「絡み合う」と表現するよりはむしろ「強く圧着されている」と表現される様子が観察された。そこで、この「圧着」のされ方を中心に結果を記していくこととする。

全体的な傾向として、美栖 宇陀の接着の場合は、パルプ紙同士の接着の場合よりも、接着した2枚の紙の繊維が圧着している様子が顕著に見られる。これは紙を構成する繊維長の差異によるものであろう。

また、打ち刷毛を入れた場合と撫で刷毛との比較をすると、パルプ紙接着の場合はあまり差異は見られなかったが、美栖 宇陀接着の場合は、打ち刷毛を入れた方が、繊維の圧着が強く見られる傾向があった。さらに、美栖 宇陀に打ち刷毛を入れた場合でもPhoto. 8 , 10に示すように、古糊の存在によって圧着の状態が異なった。水のみでの接着だけでも、繊維の圧着は十

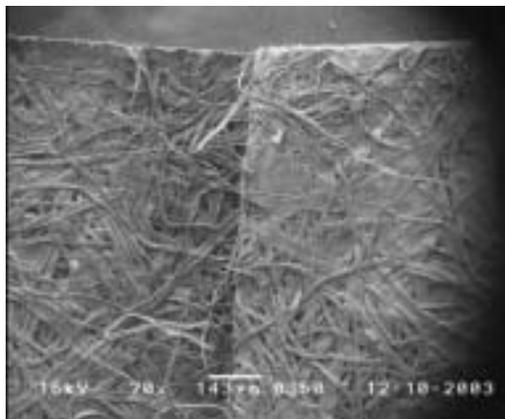


Photo. 1 パルプ - パルプ水のみ 撫で刷毛 (70倍)

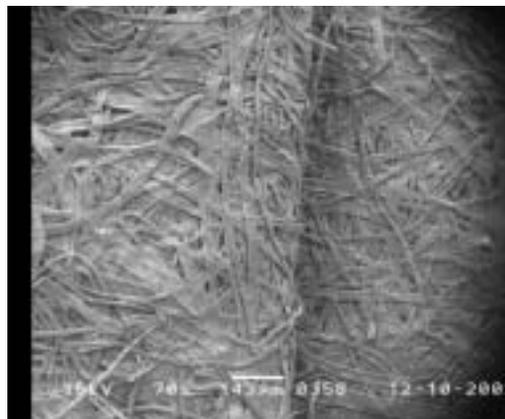


Photo. 2 パルプ - パルプ水のみ 打ち刷毛 (70倍)

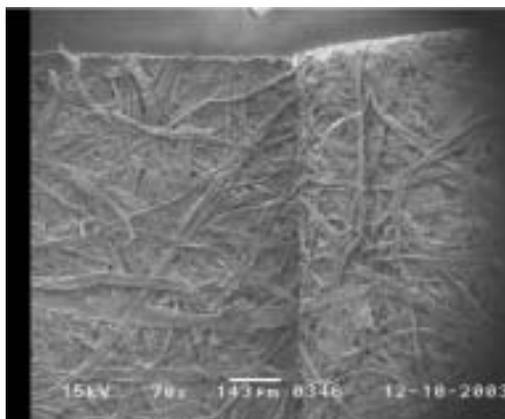


Photo. 3 パルプ - パルプ古糊 撫で刷毛 (70倍)

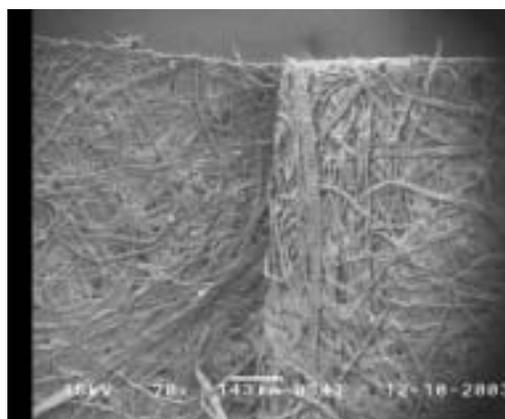


Photo. 4 パルプ - パルプ古糊 打ち刷毛 (70倍)



Photo. 5 パルプ - パルプ新糊 撫で刷毛 (70倍)



Photo. 6 パルプ - パルプ新糊 打ち刷毛 (70倍)

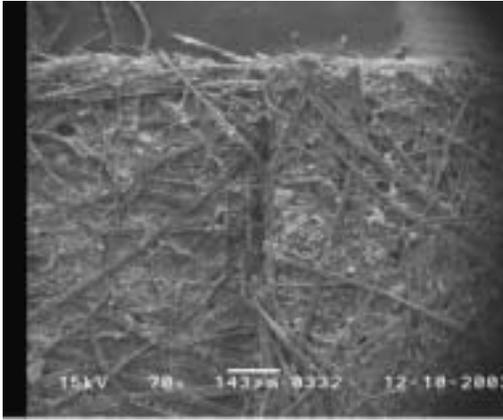


Photo.7 美栖 - 宇陀水のみ 撫で刷毛 (70倍)

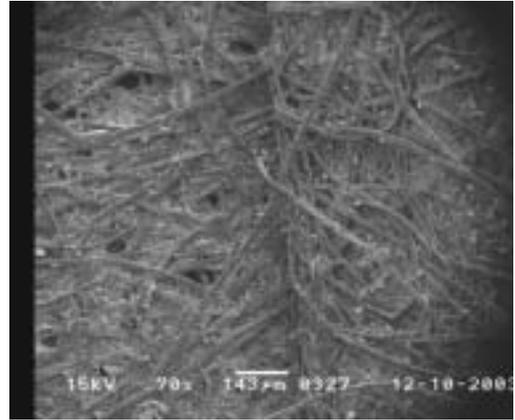


Photo.8 美栖 - 宇陀水のみ 打ち刷毛 (70倍)



Photo.9 美栖 - 宇陀古糊 撫で刷毛 (70倍)



Photo.10 美栖 - 宇陀古糊 打ち刷毛 (70倍)

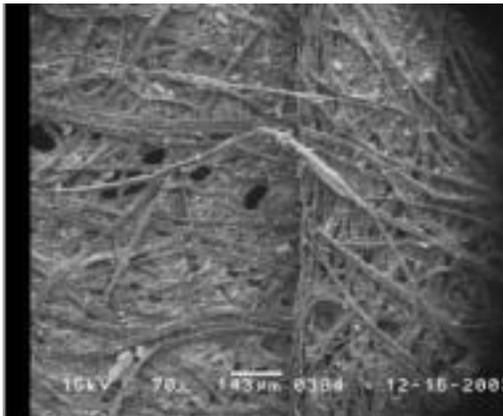


Photo.11 美栖 - 宇陀新糊 撫で刷毛 (70倍)

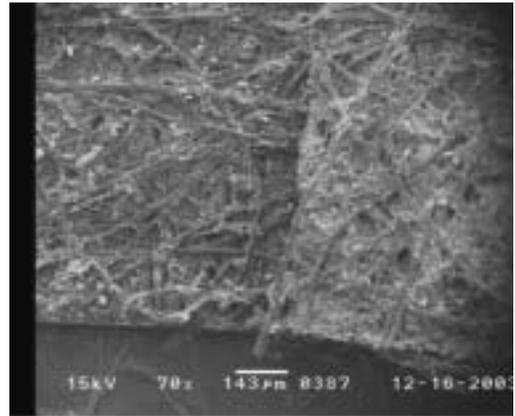


Photo.12 美栖 - 宇陀新糊 打ち刷毛 (70倍)

分に確認されるが、古糊を用いた場合はさらに多数の繊維の圧着が見られた。他のサンプルの観察ではこれほど多くの繊維の圧着は見られず、和紙を古糊で接着し、打ち刷毛を入れる場合が、最も強く繊維の圧着が生じることが示された。

しかし、このような糊の存在による圧着状態の差異は、パルプ紙接着の場合は糊の種類によらず確認できなかった。

また、美禰 宇陀の接着の場合も、新糊を用いた場合は打ち刷毛による繊維圧着の差異はほとんど見られなかった。

従って、紙の繊維の圧着状態について、以下のことがまとめられる。

繊維同士の圧着は、パルプ紙接着より美禰 宇陀接着のほうが顕著であった。

美禰 宇陀接着におけるこの効果は、古糊の存在する場合が最も大きかった。パルプ紙の接着の場合、糊の存在による繊維圧着の変化は大きくは確認されなかった。

5. 考 察

剥離強度試験により、新糊による接着が紙質を問わず最も高いこと、そして打ち刷毛の効果は、パルプ紙ではあまり見られず和紙のほうが大きいこと、が確認された。

また、SEMの観察により、打ち刷毛の効果は「からみあい」でなく「圧着」であること、その効果は、古糊の存在する美禰 宇陀接着の場合が一番大きいこと、また、パルプ紙の接着では「圧着」は強くは観察されなかったこと、が確認された。

以上を踏まえて、装潢における打ち刷毛の効果について考察する。

「打ち刷毛」の効果として一般的にいわれている点は、少ない糊で接着力を向上する、紙をやわらかく仕上げる、などが挙げられるが、前者の接着力向上に寄与する要素として今回確認されたのが繊維同士の「圧着」であった。

この「圧着」が顕著には観察されなかったパルプ紙の場合は、打ち刷毛の効果も低かったが、剥離強度試験結果から見る限り、接着力はそれほど落ちていない。むしろ糊の種類によっては他の紙質よりも大きく出ている場合も多い。

この現象は、紙質によって接着力を構成する要素が異なることにより生じるのではないかと考えられる。

接着とは、一般的に接着界面に分子間力が働くことで、これをさらに水素結合や化学結合がサポートしつつ、さらには接着剤のアンカー効果が存在する場合もある³⁾とされている。したがって接着力がどのように生じているかは被着物と接着剤によって、それぞれ異なっている。

本研究にて確認されたパルプ紙と和紙との相違は、ここに起因するのではないかと考えられる。表面が平滑で、面として密着しやすいパルプ紙は紙同士の分子間力が働きやすく、さらに、紙の繊維密度も高いため糊が表面近くにとどまり水素結合を作りやすい、と推察される。

一方で和紙、特に今回SEM観察した美禰 宇陀は、表面がパルプ紙よりポーラスであり、白土など無機物とともに漉いているため繊維の密度も低い。従って、パルプ紙のような水素結合の働く接着力は出しにくい。その点を補うために、使われているのが「打ち刷毛」であり、紙の繊維が長い点を生かし、繊維同士を物理的に強く圧着することで分子間力を強く生じさせているのであろう。

打ち刷毛の効果は、紙を構成する繊維を少しずつ部分的に圧着することである。西浦¹⁾は、プレスによって紙全体に圧力をかけた場合よりも打ち刷毛のほうが強い剥離強度を得られることを明らかにしている。このことは、打ち刷毛の加圧のほうがプレスよりも大きい、あるいは、部分的に少しずつ圧着していくことで生じる繊維の入り組みが効果的、という二つの可能性を

示唆している。

打ち刷毛による繊維の入り組みは石川も明らかにしており²⁾、これらを考えあわせると、打ち刷毛とは、表面が平滑でなく、かつ繊維の長い紙をなるべく糊を使わずに接着させる手法だと言える。

実際に装演の現場で打ち刷毛を入れる組み合わせである「美栖 宇陀 古糊」のサンプルにおいて、この圧着がもっとも顕著に観察されたことを踏まえると、装演においては打ち刷毛の利用の最も効果的な組み合わせが、長年の経験の中で模索されてきたのだと考えられる。この組み合わせの美栖 宇陀はやわらかな紙で軸装に向いており、さらに、古糊をそれも少量のみ用いることで本紙への張力を軽減しており、仕立て上がり後を考えると、きわめて合理的な組み合わせである。したがって、このような組み合わせを生かすために「打ち刷毛」という技法が使用され、この組み合わせの弱点である接着力の弱さを補ってきたのであろう。

一方で、パルプ紙においては打ち刷毛の効果はほとんどなく、むしろ接着力を減少させるのは、平滑な表面で生じていた分子間力がやや失われるためではないだろうか。

したがって打ち刷毛の効果とは、どのような紙質、糊においても効果を発揮するものではなく、繊維が長く、かつ表面で繊維同士の分子間力が働きにくいような紙質の場合に、補足的に用いられる効果なのだと考えられる。

参考文献

- 1) 西浦忠輝：打ち刷毛による接着促進効果、『表具の科学』東京国立文化財研究所編，99 - 107 (1977)
- 2) 石川陸郎：表具における紙の接着断面の光学顕微鏡による観察、『表具の科学』東京国立文化財研究所編，87 - 90 (1977)
- 3) 竹本喜一，三刀基郷：接着の謎をさぐる、『接着の科学』，講談社 (1997)

キーワード：打ち刷毛 (beating brush) ; SEM，接着力 (adhesive strength) ; 和紙 (Japanese paper)

The Adhesive Effect of *Uchibake* (Beating Brush) in Japanese Paper Conservation

Noriko HAYAKAWA , Takayuki KIMIJIMA * ,
Kyoko KUSUNOKI ** , and Yasuhiro OKA*

Uchibake (beating brush) is one of the restoration techniques used in Japanese paper conservation in which layers of lining paper as well as backing paper are beaten with a brush after they have been adhered with furunori (aged pate). Most Japanese paper restorers say that adhesion between pieces of paper become firm while the adhered pieces of paper themselves become flexible due to *Uchibake* . It is also said that the good adhesiveness caused by *Uchibake* is attributed to the intertwining of the fibers of the lining papers .

In this study , we researched the adhesive effect of *Uchibake* by using Auto-graph and SEM , As a result of adhesive strength test , Japanese papers showed stronger adhesion with *Uchibake* than without , while Western papers showed stronger adhesion without it . SEM observation of test pieces showed that the fibers were not intertwined but strongly pressed against each other , mainly on Japanese paper .

It is confirmed that although *Uchibake* is not necessarily effective for all kinds of paper , it is effective for Japanese paper which is constructed of long fibers and whose surface is not smooth . This difference suggests that forces for adhesion in Japanese paper and Western Paper are not the same .

* OKA BOKKODO Co., LTD.

** Tokyo National University of Fine Arts and Music, Graduate School of Conservation for Cultural Property