

特集 = 文化遺産を読み解く

繊維の並びが解き明かす古文書和紙の素性と書状の習慣

江前敏晴

東京大学 大学院農学生命科学研究科 (製紙科学)

はじめに

古代中国(後漢)の蔡倫は製紙法の完成者として知られているが、紙の起源は蔡倫の時代よりもさらに古く、紀元前 150 年頃の前漢時代の紙が今のところ最古の紙として知られている。中国を起源とする製紙法はシルクロードを通過して中東、ヨーロッパへ伝わり、東へは朝鮮半島を経由して日本に伝わった。日本書紀の記述によれば高句麗の僧である曇徴が 610 年に仏教と共に日本に伝えたとされる。製紙法の伝播や技術の進展は古今東西宗教と関連が深く、写経や聖書の複製には紙が欠かせない材料だったわけである。

和紙抄紙技術の歴史的進展

製紙法の技術的革新は、産業革命期又は日本の場合明治時代以降の近代製紙技術の進展にまで時代を下る必要はない。製紙法が日本に伝来した頃、現代にも通ずる技術が開発された。原料として常用されていた大麻は繊維が長く、絡み合って凝集塊を作り紙が不均一となるため、繊維の切断作業を必要とした。しかしこれは大変な重労働であったため、やがてコウゾやガンピ、ミツマタ等の他の短い靱皮繊維に移行した。また繊維同士の反発力を高め、紙料(ネリなどの添加剤を加えて漉ける状態になった繊維分散液)の粘度を上げることによって脱水速度を下げる、ウロン酸を主成分とする製紙万能薬“ネリ”が導入された。さらに、繊維が絡みあって凝集する前に簀(す、繊維を漉き取るために竹ひごを並べて結わえた一種の網)を傾けて余剰の紙料を排出する流し漉きが、日本で発達した。これら 3 つのいずれもがムラのない均一な紙を漉くための画期的技術なのである。

紙の中での繊維の配向

一般的な流し漉き法は、まず簀桁(すげた、簀を木枠にはめ込んで枳形の状態になったもの)で少量の紙料をすくい取り、簀に満遍なく広げると同時に簀桁の前方を下げて余剰紙料を捨てる。この第 1 層の上にさらに紙料をすくい取り、よく簀桁を揺する。目的とする厚みに紙層が形成されたら同様にして余剰紙料を排出する。これで全層の完成となる。流し漉きでは、脱水させながら簀桁を傾けて紙料を流すために、繊維の一端が簀に接地したあと、流れとともに他端が引っ張られるように伸ばされるため流れの方向に並ぶ構造を導く。これを、“繊維が配向する”と言う。繊維が配向した方向に紙が堅くなる性質があるため、例えば新聞を読むときに繊維が配向している方向を縦にして持つと新聞紙をピンと立

たせて支えることができる。実際にその方向に印刷されている。

繊維配向を非破壊で測定する方法

文化財である古文書の料紙にどのような繊維配向があるかを調べるために非破壊で測定する方法を開発した。紙表面のデジタル顕微鏡写真を撮影し、画像処理により 2 値化後フーリエ変換を行い、フーリエ係数の振幅を中心からの方向ごとに積算し、平均値を極座標で表示する。図 1 は美濃で生産された現代の和紙を例にとって一連の画像を示したもので、繊維配向図(d)にある近似楕円の短軸は、繊維がもっとも強く配向する方向を示している。この方向は写真(a)で繊維が最も数多く並んでいる方向と一致していることがお分かり頂けると思う。また長軸長さの短軸長さに対する比は繊維配向の度合いを示しており、繊維がどの程度集中的に一定方向に揃っているかを意味する。

簀の動きと繊維配向[1]

簀の動きと紙表面の繊維配向の基本的な因果関係を調べることにした。溜め漉きと流し漉き及びその両方を組み合わせてコウゾの繊維を原料に用いて自ら調製した和紙に適用した。図 2 に繊維配向の度合いを示す。1.10 以上なら強い配向、1.05 以下なら特定の向きがないランダム配向であると大まかに判断できる。溜め抄きでは表裏とも繊維配向がなく、流し抄き + 溜め抄きでは、簀に当たっていた側の“簀肌面(すはだめん)”がやや強く配向し、紙料を排出する側の“捨水面(すてみずめん)”は配向がなかった。流し抄きでは、両面とも非常に強く配向していた。配向がある場合、簀肌面の配向が必ず強くなるという規則性が見られたが、これは、2 層目は紙層が厚くなって脱水が遅いため、流れの中で配向した繊維の大部分が、引っ掛かりがなくそのまま捨て水として排出されてしまうため、捨水面では繊維配向の度合いが弱くなると考えられた。この結果、繊維配向の度合いを利用して古文書料紙の簀肌面 / 捨水面の判別が可能であることがわかった。一方、配向の角度はいずれも 90 度(漉き手から見て前後方向)であり、簀を傾けたときに繊維が流れる方向に一致した。非破壊画像解析である繊維配向分析によって簀桁の動かし方を推定し、料紙が制作されたときの抄紙技法を明らかにできることがこのモデル実験からわかった。

包紙(つつみがみ)の繊維配向特性

この分析法をまず、東京大学史料編纂所が保管する薩摩藩の島津家文書に応用した。島津家が江戸幕府の徳川家から受け取った書状には“檀紙”と呼ばれる皺付けされた厚手の高級な料紙が使われている。表 1 はこれらの紙の繊維配向の度合いと角度を示す。書記面の方が必ず配向の度合いが大きいことから、全て簀肌面に筆記したことになる。簀肌面は、通常乾燥工程で板に接触させるので平滑性が高くなり筆記に適しているが、檀紙の場合は皺の凹凸がない平滑面を書記面とするのは当然のことである。また、配向角度を見ると、1 点を除くとどの書状も約 90 度であり、漉き手が前後方向に紙料を流し、その方向に、縦に

筆記したことになる。1752 B-1)だけがなぜ1度という配向角度を示すのであろうか。実際の紙に残っている簀の目と呼ばれる竹ひごの並ぶ跡の向きから判断すると、この例外的な配向角度は紙を90度回転させて使っていたことがわかり、このような紙の使い方を“縦紙(たてがみ)”と呼ぶ。実はこの紙は書状本紙の包紙として使われた一種の封筒である。包紙は立てて使う習慣があったことが知られており、繊維配向の結果からもこの習慣が裏付けられた。

重紙の繊維配向特性

書状の習慣として本紙が1枚で足りた場合でも白紙のもう1枚を重ねて出すのが礼儀とよく言われる。かつての書状は2枚の紙を重ねた状態で手に持って筆記する習慣があり、このような書状の形態を“重紙(かさねがみ)”と呼ぶ。書きやすいように紙をピンと立てるには1枚よりも2枚重ねた方が楽だからであろう。重紙は、同じ面を揃えた紙のストックから2枚まとめて取る(二枚取)のが普通で、平滑な“板目面(いためめん)”から書き始め、2枚目の裏紙に移るときは重ねたままひっくり返すので、裏紙では粗い方の“刷毛目面(はけめめん)”が書記面になる。板目面とは紙を乾燥させるときに干し板に接触していた面で年輪の跡が残り、その反対側に紙をなでつけた刷毛の跡が残るので、それらの痕跡があれば面の判別ができる。京都大徳寺文書のなかで、板目及び刷毛目が観察された重紙書状の重ね方を調べた結果、“二枚取”が141点で、背中合わせとなる“逆取”は13点という割合であった[2]。これらの重紙書状から無作為に18点を選び本紙及び裏紙の書記面及び非書記面の繊維配向の度合いを調べた。二枚取の重紙の本紙で、書記面の繊維配向度合いの方が非書記面より小さいものが14点中4点見つかった。これは、通常とは逆に捨水面が板目面となるように張り付けて乾燥したためである。このような裏返しの方の例は18点中6点で見られた。料紙の物理的な表裏として定量的な測定とそれに基づいた判別ができるのは高繊維配向を示す簀肌面/低繊維配向を示す捨水面だけである。板目や刷毛目は目視で見つからないことが多いので書き手が書記面を選択する場合の習慣を考慮する上で繊維配向測定することは意義がある。

古文書再生紙の繊維配向特性

大徳寺文書で料紙表裏の繊維配向の度合いを紙の種類別(美濃、鎌倉杉原など)に分類し直したところ、書記面が全て簀肌面となっているか又は簀肌面と捨水面半分程度ずつになっている種類の紙が多かった。しかしその傾向に反し、再生紙を意味する“宿紙(しゅくし)”だけは、必ず繊維配向度合いの小さい捨水面を書記面としていた。古紙を離解した紙料の中に浮遊する墨の粒子が簀の竹ひご間に集中して黒い線の目立つ簀肌面となるためにあえて筆記を避けたものと考えられる。黒い線の目立つ面が簀肌面かどうかの判別に繊維配向測定が一役買ったわけである。

まとめ

以上、歴史的な書状を構成する料紙について表裏の繊維配向を調べることにより、抄紙工程及び書状の紙づかひの習慣について従来から言われていた説に科学的な根拠を与えることができた。和紙の製造工程に関する歴史的な研究は、古文書に残る紙漉きに関する記述の整理が主流であったが、最近では料紙そのものが持つ特徴から製造履歴を推定する手法が展開されており、本研究もその一つである。

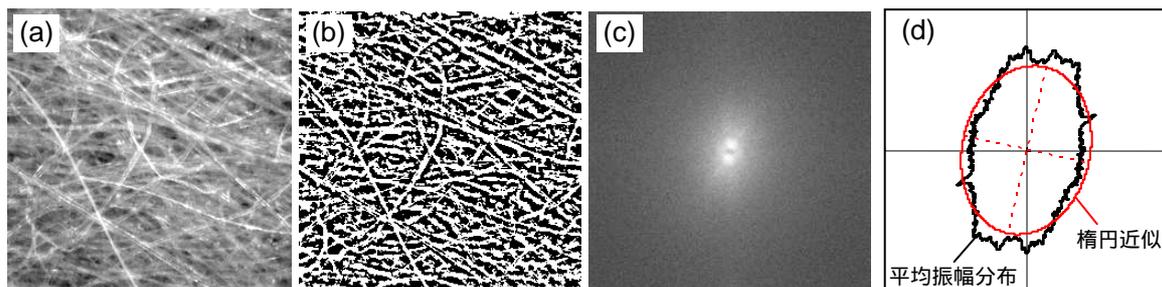


図 1 和紙表面のデジタル顕微鏡写真(a)、2 値化画像(b)、フーリエ変換(c)、繊維配向図(d)。(d)近似した楕円の長軸長さ / 短軸長さの値は、繊維配向の度合いを示す。また短軸方向が繊維配向の角度（方向）を示す。

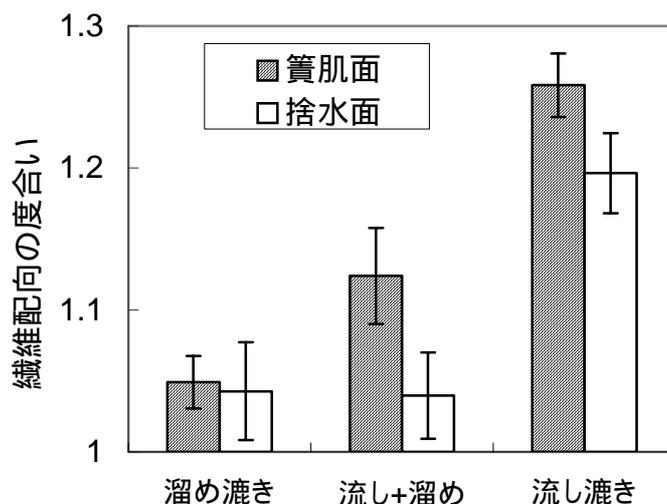


図2 実験室で漉いた溜め漉き及び流し漉き和紙の繊維配向の度合い。紙料を流した面だけが配向の度合いが大きくなる。同一の紙では、簀肌面の方が取り液面より配向の度合いが必ず大きくなる規則性が見られた。

表1 島津家文書料紙の繊維配向。徳川幕府から島津家への書状に使われた料紙は全て書記面が簀肌面になっている。繊維配向の角度が1度となる例外は包紙の習慣である縦紙のためである。

西暦年	繊維配向の度合い		繊維配向の角度(度)	
	書記面	非書記面	書記面	非書記面
1606	1.26	1.10	88	92
1647	1.09	1.07	101	91
1706	1.19	1.17	91	91
1752 A-1)	1.14	1.11	93	90
1752 A-2)	1.15	1.05	93	-
1752 A-3)	1.14	1.11	92	93
1752 B-1)	1.11	1.02	1	-
1752 B-2)	1.21	1.09	91	93
1807	1.22	1.15	94	89
1859	1.26	1.11	88	87

-
- (1) 韓允熙, 江前敏晴, 磯貝明, 第 55 回日本木材学会大会(京都)研究発表要旨集, 114(2005)
 - (2) 保立道久, 韓允熙: 2002 ~ 2004 年度科学研究費補助金研究成果報告書(2005), pp.161-164