簀の目の測定法の開発および応用例

○加藤 雅人[1]、正司 哲朗[2]、村山 健二[2]、岡田 至弘[2]、江南 和幸[2]、池田 和彦[3]、坂田 雅之[3]
1.龍谷大学古典籍デジタルアーカイブ研究センター、2.龍谷大学大学院理工学研究科、3.(有)坂田墨珠堂

1. 緒言

紙すきに使用する簾状の道具の跡が紙に残った「簀の目」は、多くの場合、人が定規を使用して計測している。しかし、この手法では簀の目の判別がつき易い数ヶ所のみの計測を行うことになり、また標準となる測定方法もないことから客観性・再現性に欠ける。さらに、年代・用途などをもとにして簀の目を統計的に解析するためには、多試料・多個所で測定を行うことが必要であるが、現在の手法では多大なる手間と時間を要する。そこで本研究では、パーソナルコンピュータ(PC)とスキャナを用いて紙の画像を取り込み、画像周波数解析を行うことにより、簡便かつ正確に簀の目を測定する手法を検討した。

1.1. 地合評価法の応用

シートにおける繊維の分布の均一さの度合を示す地合は、一般には肉眼で判定するが、近年洋紙業界では周波数解析など用いた機械的手法が検討されてきた。道具により繊維の分布に不均一さが生じた結果である簀の目もこの評価法が適用できると考えた。特にPCとスキャナを用いた手法は特殊な装置を必要としないために比較的廉価であり、ノートPCなどを用いれば現場に装置を持ち込んで測定することも可能であることから、文化財を扱う分野に適している。

2. 測定法の検討

2.1 画像の取り込み

画像の取り込みは市販のPCとスキャナを用いたが、PCは特に高性能である必要はなかった。また、画像の取り込み解像度は50-150dpiが最適であることが分かっている[1]。

簀の目は、目視であっても透過光を用いた方が明瞭に見えることから、当グループでも当初は光透過画像を解析していた[1]。しかし、書籍、特に和書のように袋とじになっている場合にはこの手法を適用できなかった。そこで本研究では光反射画像で解析を行うための画像取り込み法を検討した。簀の目の測定では、紙1枚のみの情報を得ることが必要であるので、2枚目以降の紙との間に遮蔽物が存在していれば基本的には良い。しかし、白色厚紙では解析に適した画像が得られなかった。そこで、金属製の鏡面反射板あるいは黒色厚紙を用いて画像を取り込んだところ、良好な画像が得られた。反射板を用いた場合には、光が紙の表から裏へ透過して反射板で反射し、裏から表へ透過して検出されることから、擬似的な光透過画像が得られたと考えられる。一方、黒色厚紙を使用した場合には、黒の透過具合、つまり黒色厚紙に吸収される以前に反射した光のみの反射画像が得られたと考えられる。ただし、実際の測定に用いることを考慮すると、試料にダメージを与える可能性が少なく、携帯性がよく、大きさの調整が容易である黒色厚紙が望ましいと考える。

2.2 画像の補正

画像の取り込みをする際、スキャナは文字や写真などを明瞭に取り込むことを目的に最適化された輝度調整を自動で行うことが多い。そのため、図1に示すように、簀の目を表現するために使用されている階調が少ない画像となり、簀の目を解析する画像としては最適ではない。そこで画像の階調を、以下の2手法のいずれか、あるいはそれらの併用で調整した。(調整法：①取り込む際にスキャナの設定を手動で調整する。②取り込んだ画像を画像処理ソフトウェアで調整する。) 取り込んだ画像を調整する場合には、8bit=256階調で取り込んだ画像を調整しても効果がなかった。そのため、画像取り込みの際に高階調 (16bit=65536階調など)で取り込み、輝度の調整後に8bitに変換する必要があった。

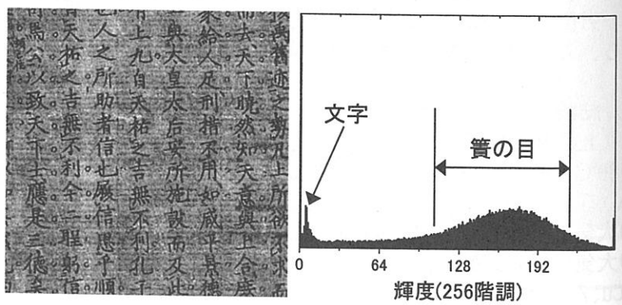


図 1　和書を取り込んだ画像(左)とその輝度分布(右)

また、絵、文字などは解析結果に影響があった。特に罫線のような直線は解析を困難することも稀にあったが、画像処理ソフトウェアを用いて、簀の目を表現している諧調に近い輝度で描画物を塗りつぶすことにより問題は解決できた。

2.3 画像周波数解析

取り込んだ画像は画像解析ソフトウェアを用いて高速フーリエ変換(FFT)を行い、パワースペクトルとして結果を表した。パワースペクトルには、画像中の周期的な変化の、繰り返しの方向、波長(繰り返しの周期)、変化の強度が、ピークと呼ばれる点の集合で示される。得られたパワースペクトルからソフト上で波長を画素数として読み取り、その後、実際の簀の目の間隔あるいは1寸あたりの簀の目の数(目数)を算出した。

3. プログラムの開発

現在、有償、無償を問わず様々な画像解析ソフトウェアが存在している。しかし多くの画像解析ソフトウェアでは、その後に他のソフトウェアを併用しなければ最終的な簀の目の値が得られなかったり、多機能ゆえに使い勝手が悪かったりという問題点があった。そこで新たに簀の目の測定ソフトウェアを開発した(開発環境: Visual Basic .NET、PC: Intel Celeron 733MHz、256MB RAM、Windows 2000)。このソフトウェアでは①取り込んだ画像の文字・罫線などを塗りつぶす、②諧調を調整する、③FFTの結果をパワースペクトルで表す、④ピークの位置を計測して平均値を求める、⑤簀の目の間隔、目数を計算する、と言った作業が可能である。ソフトウェアの作業の例を図2に示す。これは現段階での様子であり、今後も改訂していく。

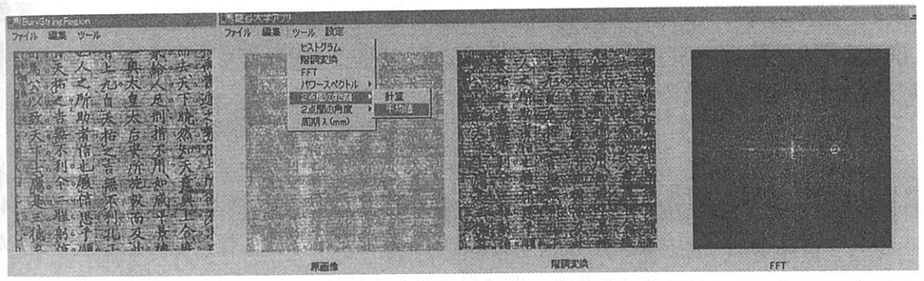


図 2　開発したソフトウェアの作業例。左から、取り込んだ画像、文字を塗りつぶした画像、輝度の調整を行った画像、フーリエ変換を行って得られたパワースペクトル。

4. 文化財試料の測定

現在までに当研究グループは、龍谷大学所蔵の李柏尺讀稿、百万塔陀羅尼経などをはじめとする様々な文化財試料の簀の目の測定を行ってきた。その結果、統計解析を行い指標を作ることにより、ある試料においてはその書籍内において、異なる簀を使用して作製された紙を使用した可能性が高いことが確認できた。また、古代中国の紙は、和紙と比べてピークがブロードに現われることから、簀の目の角度、周期の変動が大きいことが明らかになった。

この手法を使用することにより、目数がある面積の平均値として得られた。また、簀の目の角度や目数の変動なども含めて、簀の目を解析することが可能となった。

4.1 測定する上での注意点

この手法では、スキャナを用いることから対象となる文化財が光に暴露されることになる。測定に要する時間は数秒から十数秒程度である(解像度と装置の性能による)が、スキャナの光源によっては紫外線を放射していることもあるので、紫外線吸収剤などを使用することが望ましい。

また、この手法は、定規など長さの基準となるものを対象試料とともに撮影した写真にも応用可能であるが、その際には画像補正法などを検討しなおす必要がある。

参考文献
1 加藤ら、日本文化財科学会 第19回大会 要旨集、pp.48-49、東京(2002)