

지류문화재 보존수리에 있어서 한지의 섬유 배향성 분석 연구

한윤희, 송정주

동경대 사료편찬소, 고창 문화재보존연구소

The Study of Hanji and Washi Fiber Orientation using Image analysis

Yoon-Hee Han, Jeong-ju Song

*Historiographical Institutes of The University of Tokyo Conservation Institutes of cultural
properties*

ABSTRACT

This work aims to clarify the character and selection of repair papers, based on fibre orientation information of paper cultural properties under restoration; using nondestructive image analysis applied to micrographs of paper surfaces. Image analysis using fast Fourier transform with suitable modifications was demonstrated to be an effective means to determine angle and intensity of fiber orientation as a nondestructive method.

In the case of contemporary repair papers, the Japanese handmade paper exhibited a high anisotropy value, while the Korean handmade papers exhibited low anisotropy values. Korea and Japanese traditional hand making papers were well distinguished. Korea and Japanese papers made in the traditional ways showed its own characteristic orientation behavior in accordance with the motion of a bamboo wire.

1. 서론

종이는 정보 전달을 위해 오랜 역사 속에 이용된 다양한 재료(금속, 돌, 토기, 목간, 죽책) 등과 비교하여, 인간의 문화와 역사를 함께 걸어 왔으며, 미래에까지 정보와 문화를 가장 잘 전달할 수 있는 재료라고 할 수 있다. 종이 중에서는 근대에서 현재의 정보 매체가 洋紙라고 한다면 고대에서 현재에 이르러 미래에까지 문화를 유구하게 이어 나가야 할 것은 보존의 측면에서 볼 때 한지라고 할 수 있다.

본 연구에서 주목한 것은 지류 문화재를 보존수리하기 위해서, 원래 지류문화재와 되도록이면 같은 지질의 종이를 사용하여 보존 수리하는 것이 원칙이라고 할 수 있다. 그러므로 종이 지질을 우선 파악하고, 종이 초지법을 파악하여 보존수리 용 한지를 제작하여 보존수리에 활용하게 된다. 여기에서 한지의 섬유 배향성은 종이의 강도, 종이의 늘어남, 표면 형태 등에 영향을 준다. 여기에서 지류 문화재의 보존수리, 보존과 관련하여 종이 배향성의 중요성에 주목하고, 이를 비파괴적, 과학적으로 분석할 수 있는 시스템을 처음으로 개발하였다. [1-6]

1. 지류문화재 보존수리에 있어 종이의 선택

지류 문화재 자체가 한지에 의해서 탄생된 것이므로 그 보존수리에 있어서도 한지가 없으면 이루어질 수가 없다. 보존수리에 있어 한지가 특히 필요한 과정은 다음의 두 가지로 설명할 수 있다. 표구의 가장 기본 과정인 배접과, 중요한 수리과정 중의 하나인 결손부 메움 등이다.

간단히 말하면 배접은 죽자나 두루마리처럼 말고 펴기를 반복하여야 하므로 유연성을 가진 지질의 한지가 필요하고, 병풍의 틀을 제작할 경우는 강도 있는 종이가 사용된다.

이 모든 종이는 닥이라는 동일 원료를 사용하여 만든 한지지만 그 초지법에 따라 조금씩 다른 성질의 종이를 얻을 수 있다. 그 작은 차이를 활용하여 지류문화재의 보존수리 기법이 발달하고 있다.

위에서 언급한 배접지와 결손부 메움 한지를 제작할 때 고려하여야 할 사항은 특히 한지의 두께, 종이 섬유의 배향성, 표면의 평활도 등이 관리되어야 하며

이를 위하여 초지 전과정이 고려되어야 하지만, 종이섬유의 고해정도, 초지 발의 축수(1치 안의 발축의 수, 1치=3.03cm), 흘림뜨기, 가둠뜨기의 초지법, 초지 후의 가공(도침) 등이 관리되고 있다.

2. 재료 및 방법

한국과 일본의 전통적인 방법으로 만들어진 종이를 중심으로 살펴보기 위하여 다음의 대표적인 산지의 시료들로 실험을 실시하였다. 화지는 기후현 미농의 하세가와씨가 뜬 미농지(시료 H), 한지는 경기도 가평과 경상남도 의령에서 뜬 한지(각각 G와 U)의 시료를 가지고 비교 분석하였다. 평량은 H가 61.2g/m², G가 56.9g/m², U는 51.7g/m²이었다. 두께는 H가 0.143mm, G가 0.158mm, U는 0.141mm이었다.

Digital Microscope DG-2(Scholar Co. Ltd)를 사용하여, 초지 초기의 상태의 종이 한 장 중에서 8군데씩을 정하여, 각 앞, 뒷면에 있어서 100배 배율의 현미경 렌즈로 촬영을 실시하였다. 그리고 1024×1024의 영상수를 가진 표면사진에 動的閾値에 의한 2値化를 실시하여 Free변환을 한 뒤, 각 각도에 Free변환 계수를 계산하여 섬유배향의 각도, 배향강도를 특정하였다.

Fig. 1 Fiber orientation distribution by Fourier transform

$$F(k_x, k_y) = \sum_{y=0}^{y=N-1} \sum_{x=0}^{x=N-1} f(x, y) \exp\left\{-i \frac{2\pi}{N} (k_x x + k_y y)\right\}$$

$$(k_x = 0, 1, \dots, N-1 \quad k_y = 0, 1, \dots, N-1)$$

3. 결과와 고찰

Fig. 2는 시료 G의 섬유 배향 분포를 얻기 위한 푸리에 변환(Fourier transform)을 이용한 Image analysis의 예이다.

가장 오른쪽의 사진(a)은 한지 시료의 현미경 사진으로 영상 분열법에 의한 동적인 2치화처리 영상(b)을 통해 푸리에 변환 후 파워 스펙트럼의 도면(c)이 된다. 최후의 각도(극좌표의 편각)에 평균 진폭을 계산한다. 다음은 동일 시료 동일 면내에서 다른 위치 8군데에 대해서도 각각 평균 진폭을 적산한 뒤 그 면의 적산에 대한 섬유배향 분포도(d)를 얻는다.

이러한 배향 분포도는 그 면의 전체적(평균적)인 섬유 배향 특성을 나타낸다. 현미경 사진(a)은 전체적인 섬유 배향의 강도와 각도 중에서 가장 근접했던 영상을 한 예로 선택하였다.

한지의 경우 섬유배향 분포도가 타원에 가까운 형이며, 어떤 방향에서도 섬유배향성이 없다. 섬유 배향 강도는 1.02로 상당히 낮다. 섬유 배향 각도를 보면 약 2°(x축의 정방향을 0°방향으로서 반시계 방향으로 돌린다)로 피크가 있다. 이것은 2°방향과

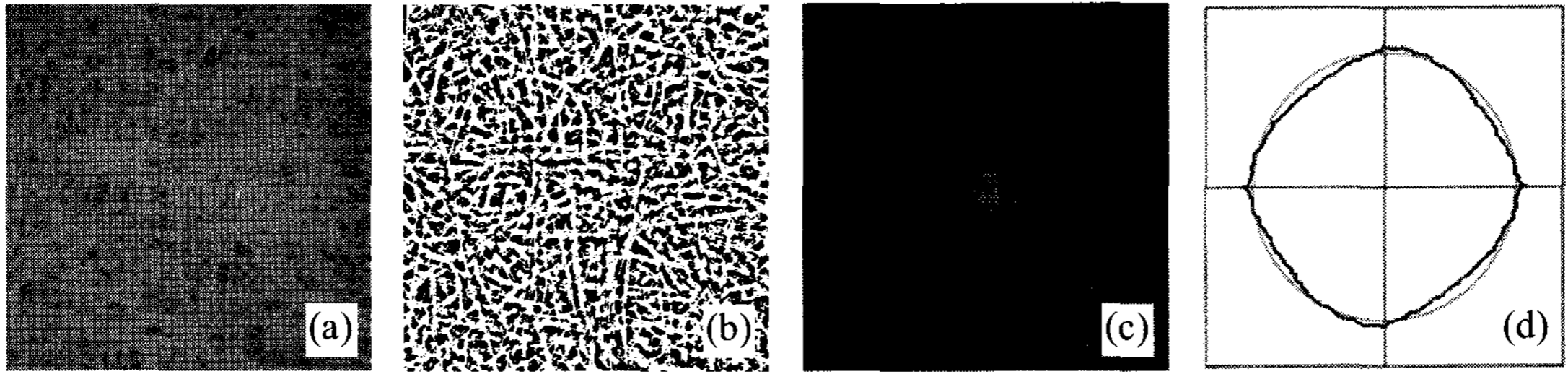


Fig. 2 Micrograph of backside of Hanji G with digital optical microscope (a), binary image (b), FFT spectrum (c), distribution diagram of overall fiber orientation (d).

직교하는 92°에 섬유가 배향하고 있다는 것을 표시하나, 섬유배향 강도가 상당히 낮기 때문에 이 경우는 무배향으로 보는 것이 바람직하다. 계산상에서 섬유배향 각도가 반드시 얻어지지만, 이 각도는 특별히 의미가 없다. 단 섬유 배향이 1.10이상이면 강한 배향, 1.05이하이면 무배향이라고 볼 수 있다.

Fig. 3을 통해 볼때 한지 G의 경우, 섬유 배향 강도가 낮았으며 거의 1에 가까웠다. 이는 앞물질 후에 옆물질을 하는 한지의 흘림 뜨기 전통 기술의 특성이 그대로 드러난 결과이다. 특히 이러한 독특한 무배향성은 한지 도구의 발틀이 일본 발틀과는 다른 막힘이 없는 평면형이므로 사방에 단이 있는 갓힌 형태의 틀로 만든 일본 화지에 비해 지물의 이동이 매우 자유로운 요인도 그 원인 중의 하나라고 사료된다.

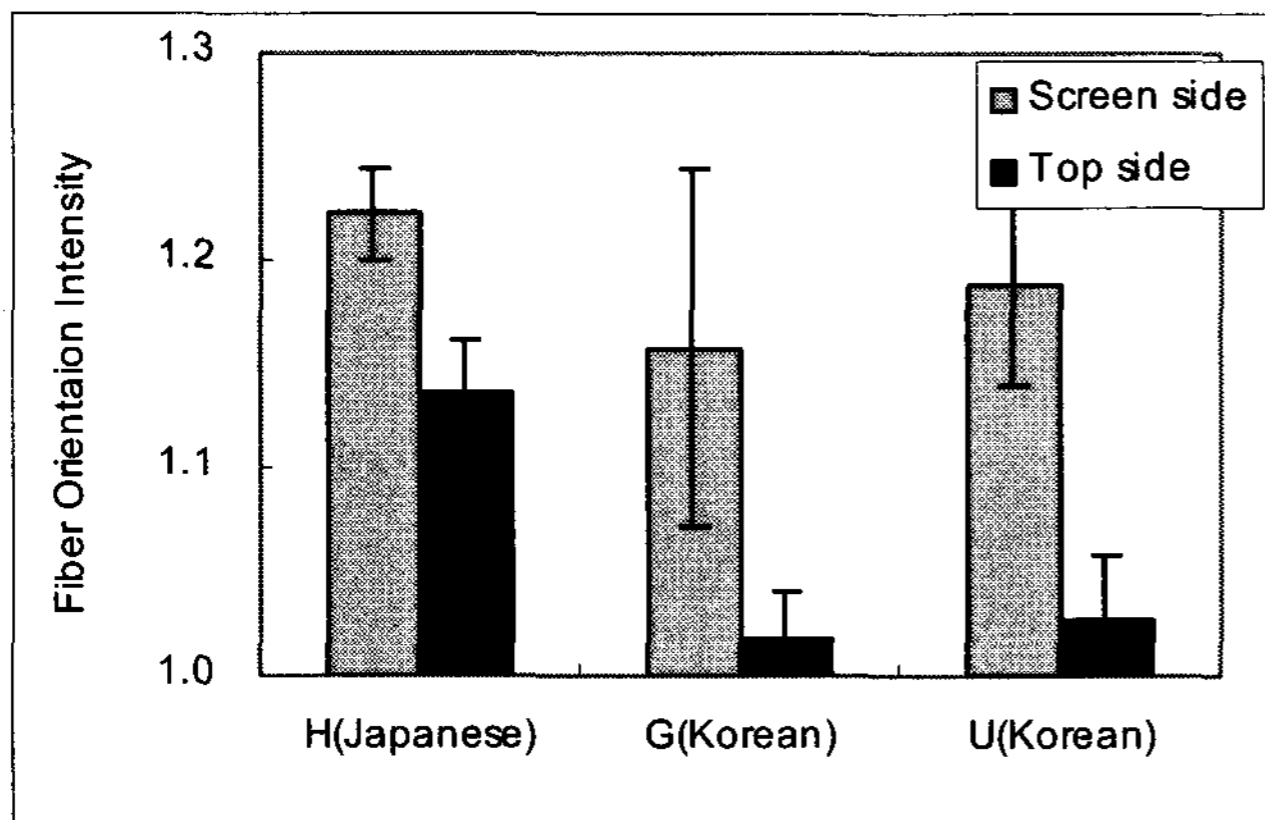


Fig. 3 Screen side and Top side by Fiber orientation intensity

4. 결론

지류 문화재를 보존 수리와 관련하여 지류 문화재의 보존 수리란 무엇인가, 보존 수

리를 위해 무엇이 필요한 요인인가에 대해 살펴보았다. 그러한 맥락에서 종이 선택에 있어 가장 중요한 섬유 배향성의 의의와 분석방법에 대해 살펴 보았다.

동경대학교 제지연구실에서 개발한 Image analysis 분석법을 통하여 보존수리용 한지의 초지기술의 분석이 가능하였다. 본 연구는 한지에 대한 연구에 있어서 문헌사적 연구의 한계를 넘어서 과학적인 분석 연구 대상으로 한지를 바라보았으며, 그 가능성에 대해 타진해 보았다. 화지와 비교를 통하여 본 영상 처리 분석을 통해 고대 제지 기술의 차이를 밝혀낸 결과 장인의 전통적인 기술적 특징을 잡아낼 수 있었다. 앞으로 문화재를 통한 꾸준한 연구를 통하여 데이터의 축적과 함께 시대적, 지역적 특성에 관해 연구해 나갈 예정이다.

감사의 말씀

본 연구는 재단법인 마쯔시타 재단(Panasonic)의 연구 기금으로 연구가 진행되었으며, 연구를 위해 종이를 만들어 주신 한국 가평의 장지방, 의령의 신현세, 일본 미농의 하세가와씨께 감사드립니다. 무엇보다도 일본 동경대학교 제지연구실 이소가이 선생님과 에노마에 선생님께 감사의 말씀 올립니다.

인용 논문

1. Niskanen, K. Kajanto, I. and Pakarinen, P., "Paper structure" (Chapter 1), "Paper Physics", Vol 16 of the Papermaking Sci. and Tech. Series, TAPPI press, Atlanta (2001).
2. Niskanen, K.J. and Sadowski, J.W., "Evaluation of some fibre orientation measurements", J. Pulp and Paper Sci. 15(6): 220-224 (1989).
3. Yang C.F., Crosby C.M., Eusufzai A.R.K. and Mark R.E., "Determination of paper sheet fiber orientation distributions by a laser optical diffraction method", J. Applied Polymer Sci. 34(3) 1145-1157 (1987).
4. Han, Y.-H., Enomae, T., Isogai, A. and Yamamoto, H., "Estimate of Hand-Making Processes of Asian Traditional Papers, Hanji and Washi, by Fiber Orientation Analysis", Studies in Conservation
5. Enomae, T., Han, Y.-H. and Isogai, A., "Nondestructive Determination of Fiber Orientation Distribution of Paper Surface by Image Analysis", Nordic Pulp and Paper Research Journal
6. Abe Y., Todoroki, H., Takeuti, N., and Sakamoto, A.(1995) : "Measurement method of fiber orientation on paper surface", Japan Tappi J. 49(5), 849.