

# 직물의 잔털량과 잔털수의 측정과 비접촉 표면 거칠기 분석

## Measurement of Hairiness and Analysis of Surface Roughness by Using Non-contact Method for Fabrics

권영하\*

Young Ha Kwon\*

요 약 직물 표면을 문지를 때 느끼는 촉감은 여러 가지 기계적인 자극이 손 끝에 전달되어 느끼게 되므로, 직물의 표면의 특성을 분석하는 것은 매우 중요하다. 그러므로 표면을 덮고 있는 잔털의 양과 숫자를 측정하는 방법을 개발하고 촉감해석에 사용할 수 있도록 하였다. 표면의 거칠기는 비접촉으로 측정하여 잔털의 성질까지 포함된 스펙트럼을 얻었으며 FFT 분석을 통해 직물의 표면 구조의 특징과 상관되는 결과를 확인하였다. KES-F System에서 측정한 Hand Value와 비교 분석한 결과, 표면 거칠기와 잔털량과 잔털수는 객관적인 촉감해석에 중요한 요소로 사용할 수 있었다.

### 1. 서 론

직물의 가치를 판단하는 여러 요소 중에서 피부와 접촉되어 인간이 느끼는 질감은 매우 중요한 것이다. 직물은 매우 다양한 소재를 사용한 실을 서로 엮어 구성되는 복잡한 구조를 갖고 있으며, 표면의 형태와 성질은 질감과 직접적인 관계를 가지고 있다. 그림 1은 직물의 표면을 보여주는 대표적인 사진이다. 표면은 작고 부드러운 잔털로 덮여 있으며, 실은 일정한 방법으로 엮어진 3차원 형태를 갖고 있다. 이와 같이 복잡한 표면의 구조는 직물의 기계적 성질과 함께 질감을 유발시키는 중요한 역할을 하고 있다[1].

직물의 객관적인 질감해석을 위한 측정장치 및 해석 방법은 KES-F system이 가장 일반적으로 보급되어 있다[2]. 이 방법은 직물의 물리적, 역학적 성질을 측정하여 주관적인 표현 data를 수집하고 상호 상관 관계를 분석함으로써 객관화된 직물의 촉감을 표현할 수

있도록 하였다. KES-F system에서 표면의 거칠기 측정은 접촉식 방법으로 피아노 wire를 이용하여 표면을 일정한 압력으로 누른 상태에서 직물을 이동시켜 표면 거칠기를 측정하는 방법이다[3]. 이 때 측정된 표면 거칠기는 잔털이 눌러진 상태로서 사용된 실의 밀도, 굵기, 직물의 조직 등을 나타내는 자료가 된다.

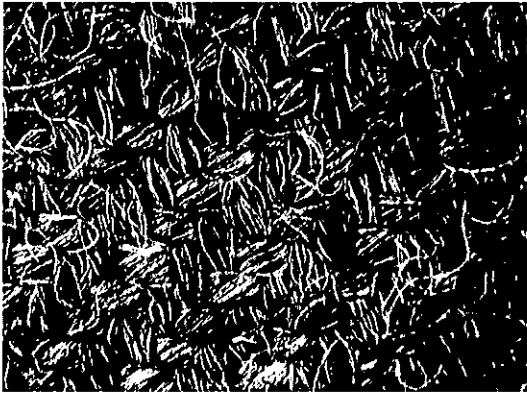
인간의 촉감은 피부를 스치는 미소한 진동, 압력, 마찰력 등에 따라 느끼는 감각이다[4,5,6]. 직물의 표면은 잔털이 일정한 높이와 밀도를 가지고 나와 있으며 잔털 아래쪽에 실이 놓여지게 된다. 즉, 인간이 느끼는 촉감은 직물표면에 존재하는 잔털의 역학적 성질에 따라 매우 다양하므로 직물의 표면 거칠기를 KES-F system과는 다르게 잔털이 눌러지지 않은 상태에서 측정할 수 있도록 laser를 이용한 비접촉 방식을 사용하여 한층 객관적인 촉감 표현에 이용할 수 있도록 하는 것은 중요하다. 측정된 자료는 일정한 주파수가 포함된 스펙트럼 형태를 갖추고 있어 FFT를 이용하여 분석하였다. 더욱이 임의의 직물에서 실을 추출하여 잔털량과 잔털수를 측정하여 촉감의 객관적인 측정 요소로서 사용할 수 있도록 하였다.

\* 본 연구비는 과학기술부 G7 감성공학과의 연구비 지원을 받아 수행되었음.

\* 경희대학교 기계·산업시스템공학부  
Tel : 031-201-2580  
E-mail : yhkwon@khu.ac.kr

## 2. 실험

직물의 표면에 존재하는 잔털과 표면 거칠기를 측정하기 위하여 남성용 겨울 양복지를 sample로 사용하였다. Sample 은 wool로 구성되어 있으며 실의 밀도는 cm당 약 29~45이었다.



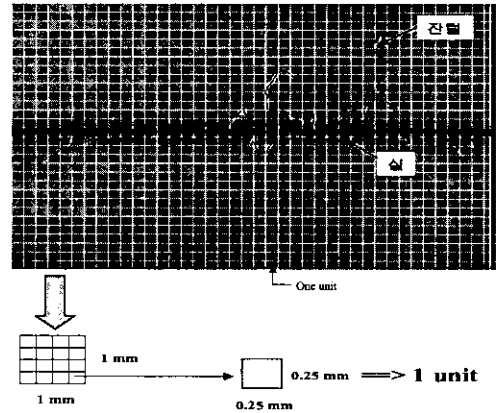
(그림 1) 잔털과 실로 엮어진 3차원 형태의 직물표면

### 2.1 잔털량과 잔털수의 측정

잔털은 소재의 종류 및 특성과 실의 형성과정, 직물의 구조, 염색 가공공정에 따라 매우 다양하게 나타나며 직물의 질감에 매우 많은 영향을 미치게 된다. 잔털의 측정은 주로 실 상태에서 이루어지며 위치에 따라 많은 변화를 나타내므로 통계적인 방법을 많이 사용하고 있다. 기본적인 측정 방법은 실에 광선을 보내어 그림자를 형성시킨 후 그림자의 면적, 개수, 굵기 등을 측정하여 잔털의 양과 수를 파악하고 있다[7].

본 연구에서는 실의 표면에 돌출되어 있는 잔털을 현미경과 영상처리 장치를 이용하여 정량적으로 측정하였다. 시료직물을 이루고 있는 실을 추출하여 일정한 장력을 가한 상태에서 현미경을 통해 확대된 상을  $640 \times 480$ 의 소자를 갖추고 있는 CCD카메라와 연결된 컴퓨터를 이용하여 영상처리를 하였다. 그림 2는 실과 잔털의 형태를 나타내고 있는 확대된 영상으로 중앙에 장력이 가해진 실이 있으며 잔털이 돌출되어 있음을 알 수 있다. 단위 실의 길이당 (10 mm)잔털의 양과 숫자를 측정하기 위하여 영상처리되어 확대된 실의 영상 위에  $0.25 \text{ mm} \times 0.25 \text{ mm}$ 크기의 unit로 구성된 grid를 합성시켜 그림 2와 같은 영상을 얻었다. 잔털이 포함된 unit의 개수를 육안으로 측정하여 잔털량으로 정의하였으며 잔털수는 얻어진 영상에 존재하는 잔털의 숫자로 정의하였다. 즉 잔털량, 잔털수

는 실 1 cm에 존재하는 잔털을 포함하는 unit의 숫자와 잔털 개수를 의미하고 있다. 실의 위치에 따라 잔털량과 잔털수는 변화하게 되므로 각 직물에서 10개의 실을 채취하여 측정된 후 평균값을 사용하였다.

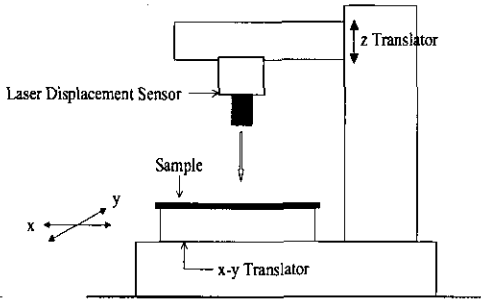


(그림 2) 실과 잔털의 확대된 상과 1 unit의 개념

### 2.2 표면 거칠기 측정

표면 거칠기의 측정 방법은 접촉식 대신에 비접촉식 방법을 사용하여 직물 표면의 높임과 미끄러짐과 같은 변화를 주지 않도록 하였다. 비접촉식 표면 거칠기 측정 방법은 잔털의 변형이 없어 직물의 촉감을 객관적으로 나타내는 중요한 요소가 될 수 있다.

비접촉식 표면 거칠기 측정장치는 그림 3과 같이 laser길이 측정센서, 고정밀 3축 이동장치로 구성되어 있으며 이동 오차를 줄이기 위하여 수평과 수직을 유지하도록 하였다. laser길이 측정 센서는 분해능이  $1 \mu\text{m}$ 이고 최대 5 mm까지 측정 가능하며 z축 이동장치에 의해 상하 적당한 위치를 조절할 수 있도록 하였다. 직물 sample은 x-y이동장치 위에 고정되어 있는 고정판에 올려놓도록 설계하였다. 이 때 고정판 위에 놓여진 직물이 구겨지거나 움직임이 있을 경우 오차의 요인으로 나타나기 때문에, 직물의 양끝에 일정한 무게의 추를 달아 장력이 작용하도록 하였다. 측정을 할 때에는 laser 길이 측정 센서는 고정시킨 상태에서 x-y 이동장치 위의 직물이 움직이며 경사방향, 위사 방향의 표면 거칠기를 측정하였다. 직물의 이동 속도는  $1 \text{ mm/sec}$ 이며 초당 75개의 data를 얻어 저장하도록 하였다.



(그림 3) 표면 거칠기 측정장치의 개념도

### 3. 결과 및 분석

직물의 객관적인 해석을 위하여 KES-F system을 이용한 Hand Value(HV)와 Total Hand Value(THV)를 측정하여 객관적인 자료로 사용하였다.

표 1은 측정된 잔털량과 잔털수를 나타내고 있으며, 직물의 Hand Value인 KOSHI, NUMERI, FUKURAMI 와 THV를 함께 나타내고 있다. 잔털량은 약 40~150으로, 잔털수는 16~50으로 다양하게 분포됨을 알 수 있었다. 잔털수의 증가는 대체적으로 잔털량의 증가를 보여주고 있다.

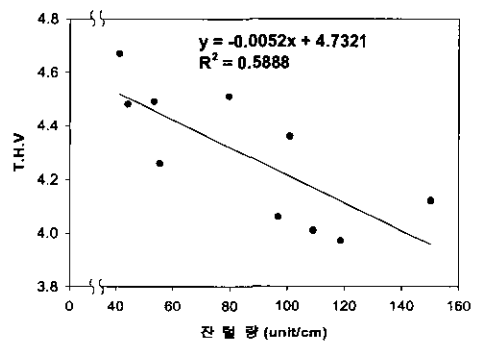
그림 4 와 그림 5는 잔털량과 잔털수 변화에 따른 THV와 NUMERI 값의 상관관계를 나타내는 그래프이다. 잔털량이 증가할수록 THV값이 감소하고 있으며, 잔털수의 감소는 NUMERI값의 증가를 보여주고 있다. 표 2는 잔털량과 잔털수와 HV, THV와의 상관의 의미하는 결정계수 (R<sup>2</sup>)을 나타내고 있다.

<표 1> 직물의 잔털량과 잔털수, Hand Value, THV

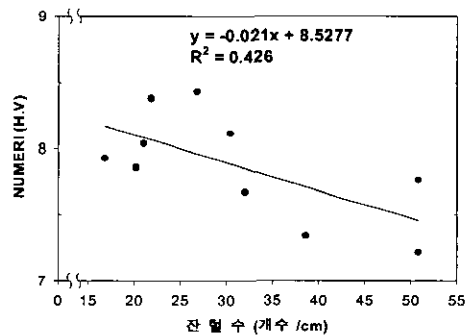
직물 번호	잔털량 (unit/cm)	잔털수 (개수/cm)	KOSHI	NUMERI	FUKURAMI	THV
1	44.2	16.8	3.25	7.93	5.87	4.48
2	100.8	32	3.4	7.68	6.18	4.36
3	118.6	50.8	3.24	7.22	5.25	3.97
4	53.4	21	3.12	8.04	5.51	4.49
5	55.4	20.2	2.79	7.86	5.57	4.26
6	79.6	26.8	2.28	8.43	5.91	4.51
7	150.2	50.8	2.5	7.77	5.88	4.12
8	109	30.4	1.65	8.12	6.87	4.01
9	96.8	38.6	3.38	7.34	5.1	4.06
10	41.2	21.8	3	8.38	5.19	4.67

<표 2> 잔털량과 잔털수에 따른 HV와 THV와의 결정계수

	KOSHI	NUMERI	FUKURAMI	THV
잔털량	0.0737	0.248	0.0801	0.5888
잔털수	0.0001	0.426	0.0083	0.54621



(그림 4) 잔털량과 THV와의 관계



(그림 5) 잔털수와 NUMERI와의 관계

잔털량과 잔털수는 NUMERI, THV와는 비교적 높은 상관관계를 나타내고 있으나, KOSHI와 FUKURAMI와는 상관성이 없음을 보여주고 있다. KOSHI는 직물의 굽힘성과 관계가 많으며 FUKURAMI는 부피감을 나타내고 있으므로 표면의 성질에 크게 영향을 미치는 잔털과는 상관성이 없음을 나타내고 있다. 그러나 직물의 매끄러움을 의미하는 NUMERI는 잔털과 비교적 높은 상관관계를 유지하고 있다.

그림 6과 그림 7은 비접촉식 표면 거칠기 측정장치로 측정된 1번과 5번 sample의 표면 거칠기를 보여주고 있다. 가로축은 laser길이 측정센서의 이동 거리로서 1 mm/sec이므로 시간을 직물의 길이로 나타내고 있으며 세로축은 표면의 거칠기 변화를 보여주고 있다. 초기 laser길이 측정센서의 위치가 sample에 따라 약간 변하여 직물의 두께가 서로 다르기 때문에 두 그림의 y축 눈금의 크기를 다르게 하였다.

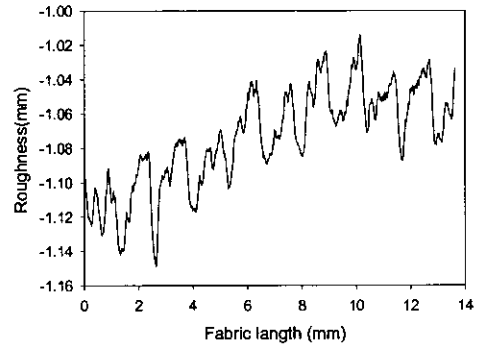
직물의 표면 거칠기는 조직의 구성, 실의 성질, 경사 밀도, 위사 밀도, 잔털 등에 따라 복합적인 형태를 갖게 된다. 그림 6과 그림 7과 같이 여러 종류의 요소가 혼합된 스펙트럼은 FFT(Fast Fourier Transform) 해석을 통하여 서로 다른 주기의 파로 분해할 수 있으며 표면 거칠기에 영향을 주는 요소들을 구별할 수 있다(8). FFT는 시간함수로 나타나는 스펙트럼을 주기 함수로 변환시켜 중첩된 반복 주기들을 분리하는 방법으로 MATLAB 프로그램을 사용하여 분석하였다(9).

그림 8과 그림 9는 그림 6 과 그림 7을 FFT해석하여 얻어진 결과이다. 그림에서 나타나는 peak는 혼합된 파로부터 반복된 파의 주기를 의미하고 있다. 측정된 표면 거칠기는 스펙트럼에 포함된 일정한 주기를 갖는 표면의 형태를 찾아낼 수 있다.

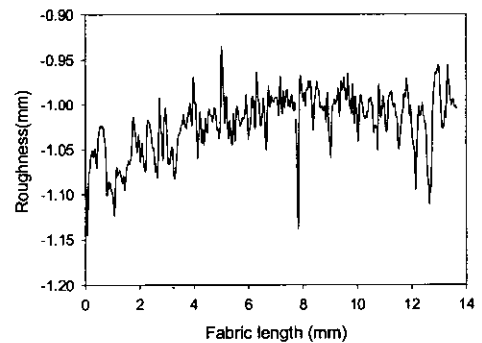
그림 8에서 첫 번째 peak는 0.85 Hz를, 두 번째 peak는 1.8 Hz, 세 번째 peak는 3.65 Hz의 주기를 갖는 파를 의미하며 이 파들은 직물 표면의 거칠기를 이루는 파들을 나타내고 있다. 그림 1은 1 번 sample의 표면을 60배 확대한 영상으로 표면 거칠기는 그림 6의 스펙트럼 형태를 보여주고 있다. 그림 1에서와 같이 직물은 경사와 위사가 서로 엮여지고 있으며, 반복된 단위 주기를 갖는 조직으로 구성되어진다. 이 sample의 경사밀도, 위사밀도는 1 cm길 이당 36.6과 30이다. 그림 6의 스펙트럼은 1 mm/sec의 속도로 움직이며 위사 방향으로 측정된 것이므로 1 sec에 위사는 3.66개 경사는 3개를 통과 하게 된다. 즉 그림 8의 3번째 peak가 3.65 Hz를 의미하므로 직물의 표면의 굴곡을 이루는 경사의 통과 개수를 나타내고 있으며, 두 번째 peak는 실 3가닥 단위의 능적을 의미하고 있다. 첫 번째 peak는 실 4 매 단위의 조직을 나타내고 있음을 보여준다. 이와 같이 직물의 조직과 측정된 표면 거칠기의 FFT분석 결과를 표 3에 보여주고 있다.

그림 10과 그림 11은 경사 밀도와 위사 방향의 표면 거칠기를 FFT분석한 결과의 상관관계를 나타내고 있다. 세 번째 peak가 첫 번째 peak보다 위사 밀도

와의 상관관계가 낮은 이유는 직물의 표면에 존재하는 잔털이 영향을 미치기 때문이다.



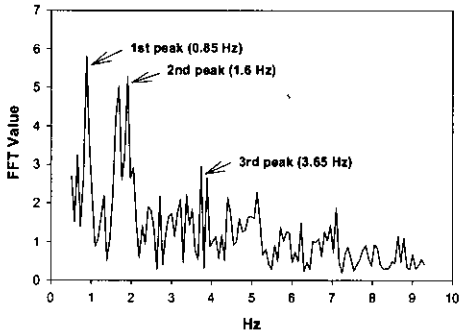
(그림 6) 직물 1번의 표면 거칠기



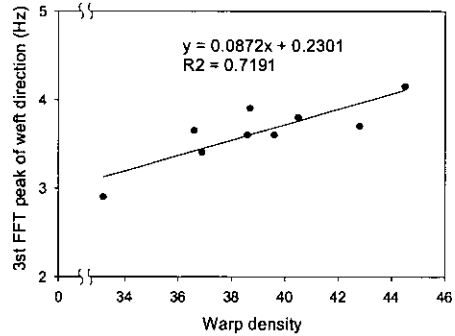
(그림 7) 직물 5번의 표면 거칠기

〈표 3〉 경사밀도, 위사밀도와 FFT해석 결과

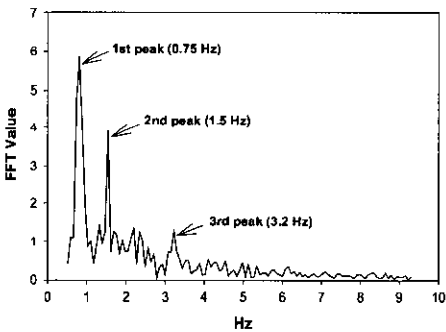
직물 번호	경사밀도 (/cm)	위사밀도 (/cm)	FFT Peak (Hz) 경사방향			FFT Peak (Hz) 위사방향		
			1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	36.6	30	0.75	1.5	3	0.85	1.6	3.65
2	33.2	29.7	0.8	1.3	3	0.8	1.6	2.9
3	40.5	29.8	0.7	1.6	2.6	1	1.8	3.8
4	38.7	29.6	0.7	1.5	2.8	0.95	1.8	3.9
5	39.6	29.8	0.75	1.5	3.2	0.95	1.9	3.6
6			0.6	1.45	2.4	0.55	1.1	2.2
7	38.6	30.8	0.8	1.45	3	0.9	1.8	3.6
8	44.5	34.3	0.85	1.75	3.4	1.1	2	4.15
9	36.9	32.1	0.8	1.75	3.2	0.9	1.75	3.4
10	42.8	36.2	0.9	1.9	3.4	1.1	2.1	3.7



(그림 8) 1번 직물 표면 거칠기의 FFT분석 결과



(그림 11) 위사 방향의 표면 거칠기 FFT결과 (세번째 peak)와 경사 밀도와의 관계

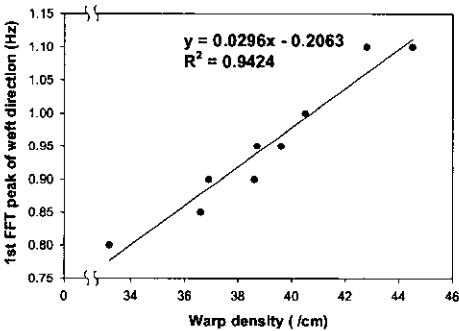


(그림 9) 5번 직물 표면 거칠기의 FFT분석 결과

#### 4. 결론

직물 표면의 잔털량과 잔털수는 촉감해석을 위한 중요한 요소로서 사용될 수 있고, 특히 표면의 매끄러움을 표현하는 촉감과는 높은 상관이 있음을 확인하였다. 영상처리를 사용하여 임의의 임의의 직물에서 추출한 실의 잔털량과 잔털수를 측정하는 간단한 방법을 제시하였다.

비접촉식 표면 거칠기 측정장치를 이용하여 잔털과 실의 구성까지 포함된 스펙트럼을 얻을 수 있었으며 FFT분석을 통하여 촉감해석에 사용할 수 있는 정량적인 값을 계산하였다.



(그림 10) 위사 방향의 표면 거칠기 FFT결과 (첫 번째 peak)와 경사 밀도와의 관계

#### 참고 문헌

- [1] J. W. S. Hearle (1969), "Structural Mechanics of Fibers, Yarns, and Fabrics" Vol. 1
- [2] P. W. Harrison (1996), "Fabric : Sensory and Mechanical Properties", Textile Progress 26, (3)
- [3] Sueo Kawabata (1980), "The Standardization and Anlysys of Hand Evaluation", The Textile Machinery Society of Japan

- 
- [4] John L (1995). "Andreassi. Psychophysiology : Human Behavior and Physiological Response", Third edition. Lawrence Erlbaum Associates. Publishers
- [5] Lawrence Kruger (1996), "Pain and Touch", Academic Press
- [6] R Andrew Russell (1990), "Robot Tactile Sensing", Prentice Hall
- [7] B.P. Saville (1999) "Physical Testing of Textiles", Woodhead Publishing Limited
- [8] K.E. Atkinson (1989), "An Introduction To Numerical Analysis", John Wiley and Sons
- [9] Delors M. Etter (1997), "Engineering Problem Solving with MATLAB", Prentice Hall Inc. p260-262.

## Measurement of Hairiness and Analysis of Surface Roughness by Using Non-contact Method for Fabrics

Young Ha Kwon\*

\* College of Mechanical and Industrial System Eng., Kyung Hee Univ., Korea

**Abstract** Since the mechanical stimuli to the skin of fingerpad rubbing on the surface of fabrics are causes for tactile perception, it is very important to analyze the characteristics of the surface of fabrics. The measurement technique for hairiness of the fabrics is developed and used to analyze the objective expression of tactile feeling. Surface roughness of the surface of fabrics are measured by the non-contact method. The spectrum of the information of the haired surface roughness is analyzed by the FFT. The hand value and total hand value measured by KES-F system are used to compare with the our result. Finally we can conclude that the hairiness and surface roughness information of the surface of fabrics are important factors for tactile feeling.