

웨이블릿 변환을 이용한 모직물의 표면섬유 분석과 주관적 감각 평가

Analysis of Surface Fibers by Wavelet Transform and Subjective Evaluation of Wool Fabrics

김동옥* · 김은애* · 유신정*

Dong-Ock Kim, Shin-Jung Yoo, Eun-Ae Kim

Abstract : The surface fibers on the fabric is one of decisive factors which affects human sensory evaluation as well as heat and moisture transfer characteristics. In this study the length and distribution of surface fibers that are extruded from the fabric surface of the wool/wool blend fabrics (14 wool fabrics and 10 wool blend fabrics) and its contribution to subjective sensory evaluation were investigated. In order to quantify the length and distribution of surface fibers, image analysis and wavelet transform technique were introduced. Instant warm-cool feeling of touch, Q_{max} , and contact area were also measured and related to the quantified surface fibers. To figure out the effect of surface characteristics on sensory evaluation, human sensory responses to three adjectives which represent surface characteristics and warm-cool feeling of touch were obtained and analyzed. The relationship between the quantified surface fibers assessed by wavelet energy and both warm-cool feeling of touch, Q_{max} , and human sensory response were discussed.

Key word : surface fibers, warm-cool feeling of touch, contact area, human sensory evaluation, wavelet transform, wool fabric

1. 서론

섬유제품을 구매할 때 가치와 품질 평가를 위해서는 눈으로 보는 것 이외에 손으로 만져보며 느끼는 촉감이 사용된다. 따라서 소재 개발 단계에서 소재 자체의 물성과 함께 최종 제품이 어떤 감성을 일으키게 하는 지를 알아보기 위해서는 제품에 대한 태가 고려되어야 한다[1]. 태란 넓은 의미로 촉각과 시각에 의해 관능적으로 판단되는 직물의 감각적 성능을 말하며, 좁은 의미로는 직물을 손으로 만졌을 때 느껴지는 감각을 말한다[2]. 직물의 태에는 역학적 성능 및 표면 특성의 물리적 성능뿐 아니라 촉각과 시각을 통한 종합적 품위나 품질에 대한 감각적 성능이 포함되기 때문에 그 연구 방법도 다양하다[3].

촉감은 소비자의 의복 구매와 착용시의 의복 평가에 매우 큰 영향을 미치며 의복 쾌적감과도 직접 연

관되는 중요한 요소이다. 이는 직물의 여러 가지 물리적 특성뿐 아니라 표면특성으로부터 많은 영향을 받는다. 직물의 표면특성은 직물 밀도, 실의 꼬임, 직조 방법, 구성섬유, 가공 종류, 표면섬유 등에 의해 결정되며 인체가 의복을 착용했을 때 가장 먼저 감지되는 특성이다[4].

표면섬유의 길이 분포는 직물의 촉감을 좌우하는 주요한 요인 중 하나이며 직물과 피부의 접촉시의 감각을 결정하고 열과 수분 전달 메커니즘에 영향을 미치므로 직물의 제작이나 가공에서 적절히 조절되어야 한다. 직물의 표면특성의 정량적 평가는 표면마찰, 표면 거칠기 등의 측정[5, 6]을 통해 이루어져 왔으며 Kawabata[7]가 고안한 태평가 기구 중 하나인 표면특성 측정기구(KES-FB4)가 가장 대표적인 측정 방법으로, 직물의 평균 마찰계수(MIU)와 마찰계수의 평균편차(MMD), 표면요철(SMD)을 측정한다. 그러나,

*연세대학교 의류환경학과

이들 측정기법은 실 및 직물의 구조에 의해 직물 표면에 나타나는 요철을 측정하므로 직물의 표면섬유에 대한 정량적인 정보를 제공하기 어려운 한계가 있다. 표면섬유를 측정하는 방법은 크게 접촉식과 비접촉식으로 나뉘며 그 중에서도 압력에 민감한 표면섬유를 효율적으로 측정하기 위해 이미지 분석과 레이저 등을 이용한 비접촉식 측정 방법이 주로 사용되고 있다[8].

이미지 분석기술은 인간의 시각과 같은 기능을 컴퓨터에 부여함으로써 사진이나 그림과 같은 이미지로부터 필요로 하는 여러 가지 정보를 추출하고 이용 가능하도록 가공하는 기술[9]로 부직포의 구조[10], 직물 표면의 필링[11], 필라멘트 크립프 분석[12], 직물의 구조 분석[13], 스케일의 높이 분석[14] 등에 사용되고

있다. 웨이블릿 변환 기법은 1980년대 들어와 활발하게 연구되기 시작한 이론으로 영상압축, 경계선 및 특징 추출, 텍스처 분석 등에 대한 효율적인 방법으로 인식되고 있다[15].

본 연구에서는 모직물 및 모 혼방 직물을 대상으로 이미지 분석 기술과 경계선 추출에 효율적인 웨이블릿 변환을 사용하여 표면섬유의 양을 정량화하고 주관적으로 느끼는 직물의 촉감, 접촉 온냉감과의 상관성을 분석하여 직물의 표면섬유가 감각적 성능 평가에 미치는 영향을 살펴보고자 한다. 이를 위해서 직물의 표면섬유 영상을 웨이블릿 변환하여 수평, 수직, 대각선 방향의 신호 정보를 담은 웨이블릿 에너지로부터 섬유의 양을 정량화하고자 하였다.

표 1. 시료의 특성

시료	섬유조성	실의 종류	조직	중량(g/yd)	두께(mm)	직물 밀도(5X5cm ²)
1	모100%	방모사	평직	282	0.46	122x122
2	모100%	방모사	평직	356	0.56	54x64
3	모100%	방모사	평직	295	0.98	76x78
4	모100%	방모사	평직	290	0.45	146x84
5	모100%	방모사	능직	222	0.64	60x60
6	모100%	방모사	능직	188	0.44	160x160
7	모100%	소모사	평직	183	0.50	114x114
8	모100%	소모사	평직	198	0.23	142x148
9	모100%	소모사	평직	193	0.23	164x132
10	모100%	소모사	평직	200	0.28	182x168
11	모100%	소모사	수자직	272	0.33	372x164
12	모100%	소모사	능직	280	0.36	119x119
13	모100%	소모사	능직	186	0.49	160x160
14	모100%	소모사	능직	208	0.44	114x114
15	모혼방	방모사	수자직	248	0.95	76X50
16	모혼방	방모사	능직	196	0.45	122X160
17	모/견 85/15	방모사	능직	200	0.39	128x128
18	모/린넨 80/20	방모사	능직	249	0.66	96x96
19	모혼방	방모사	능직	301	0.95	106X66
20	모/견 60/40	소모사	도비	168	0.37	128x128
21	모/견 85/15	소모사	평직	198	0.24	124x242
22	모/ PET 50/50	소모사	평직	253	0.29	114x114
23	모/나일론 85/15	소모사	능직	218	0.59	288X140
24	모/견 80/20	소모사	능직	242	0.73	116x116

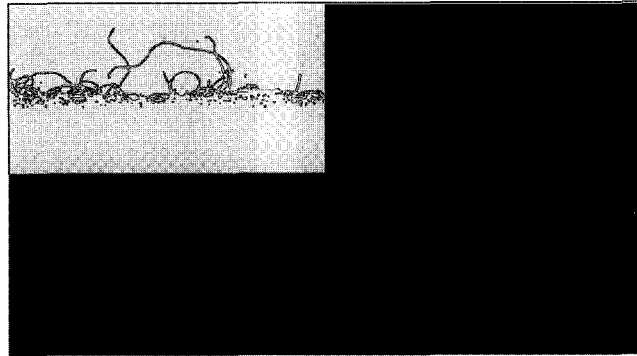


그림 1. 1단계 웨이블릿 변환된 표면섬유 이미지

2. 연구 방법

2.1 시료

다양한 표면섬유를 가진 14종의 순모직물과 10종의 모혼방직물이 연구에 사용되었다. 사용된 시료는 여성용 가을/겨울 시즌 슈트 및 코트 직물로 특성은 표 1과 같다.

2.2 표면섬유 측정

표면섬유의 분석을 위하여 Stereomicroscope(SZ-Olympus, Japan), CCD 카메라(IK-642K, Toshiba Corp, Japan) 및 이미지 분석 소프트웨어(Global Lab Image-SP550, Data Translation, Inc.)를 사용하여 모직물과 모 혼방직물의 표면섬유 이미지를 얻었다. 투명한 아크릴 판위에 접은 상태의 시료를 놓은 후 아크릴 판의 밑으로부터 광원(Fiber Optic Illuminator FOL-200, Hanra Precision Eng Co., Ltd, Korea)을 비추어 나타난 표면섬유의 이미지를 사용하였다. 얻어진 이미지는 프레임 그래버(DT 3851 Data Translation Inc.)에 저장하고 화상의 노이즈를 제거한 후 흑백이미지로 전환하여 C언어로 작성한 프로그램을 이용하여 분석하였다. 얻어진 이미지에서 그레이 레벨을 기준으로 일정한 값(threshold value)에 기초하여 표면섬유의 윤곽선을 얻어낸 후 노이즈를 제거하였다. 기준되는 값(threshold)은 각 이미지별로 표면섬유를 가장 잘 나타낼 수 있다고 판단되는 값으로 하였으며 동일 조도상에서 흑백촬영한 이미지를 사용하였기 때문에 전체 그레이 레벨이 0에서 255라고 할

때, 편차값이 5를 넘지 않아 시료간 큰 차이는 없었다. 이미지 전환 및 노이즈 제거가 끝난 화상은 표면섬유의 평균 길이를 측정하고 그림 1과 같이 1차 웨이블릿 변환(Wavelet Transform)하여 돌출된 표면섬유의 수직, 수평, 대각선 방향의 정보를 담은 웨이블릿 에너지를 측정하여 분석에 사용하였다.

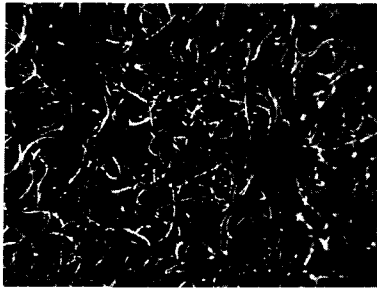
2.3 접촉 온냉감 및 접촉 면적

직물의 접촉 온냉감은 직물의 순간적 열흡수량의 초기 열유속 최대치(Q_{max})값을 과도적 열전도 측정장치인 KES-F7, Thermolabo II(Kato Thechemical Co., Ltd.)를 사용하여 측정하였다.

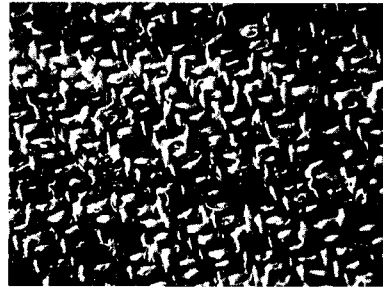
피부 표면과 직물간 접촉 면적이 접촉 온냉감에 미치는 영향을 규명하기 위해 일정량의 염료를 직물 표면에 도포한 후 24 cm^2 면적의 아크릴 판을 사용하여 30 g/cm^2 의 압력으로 직물을 누른 후 그림 2와 같이 염료에 의해 착색된 부분의 이미지를 촬영하여 염료가 묻은 부분의 면적비를 산출하여 접촉 면적을 계산하였다.

2.4 주관적인 감각

표면섬유가 주관적인 감각 평가에 미치는 영향을 알아보기 위한 감성 평가값은 2000년 9월부터 2003년 8월에 걸쳐 수행중인 직물의 태 표준화와 DB 구축을 위한 공동연구[16] 결과의 일부를 사용하였다. 언어추출을 위한 1차, 2차 예비조사로 패션 디자이너, 의류 및 직물 머천다이어, 직물 컨버터, 디스플레이어, 의류 관련 대학원생 등으로 구성된 180명의 전문가를



(a) woolen(specimen No,03)



(b) worsted(specimen No,13)

그림 2. 접촉 면적 측정을 위해 촬영된 이미지

대상으로 24개의 직물에 대하여 설문 조사를 실시하였다. 이를 토대로 작성한 측정도구로 행한 본 조사에서는 1300명씩의 전문가와 비전문가를 대상으로 각각 9점 척도와 7점 척도를 사용하여 감각평가 및 선호도를 표시하게 하였다. 직물의 감각적인 특성을 표현하는 20쌍의 형용사로 이루어진 의미분별 척도 중에서 표면특성을 나타내는 3개의 형용사와 온냉감을 나타내는 1개의 형용사, 그리고, 표면섬유 및 온냉감과 관련이 있다고 판단되는 2개의 형용사를 선택하여 이에 대한 주관적인 평가값을 분석에 사용하였다.

표 2. 표면특성과 온냉감을 나타내는 형용사

표면 특성	온냉감
거칠다/거칠지 않다	따뜻하다/따뜻하지 않다
매끄럽다/ 매끄럽지 않다	두껍다/두껍지 않다
기모가 느껴진다/기모가 느껴지지 않는다	폭신하다/폭신하지 않다

2.5 통계 분석

모직물의 표면섬유가 주관적 평가값에 미치는 영향을 고찰하기 위해 표면섬유의 정보를 담은 웨이블릿 에너지와 주관적 감각값간의 상관분석을 실시하였고,

표면섬유와 접촉 면적, 접촉 온냉감간의 관계고찰을 위해 이들 간에 상관성을 살펴보았다.

3. 결과 및 토의

3.1 표면섬유의 정량화

모직물의 표면섬유의 길이와 양을 정량화하기 위하여 24가지 순모직물 및 모 혼방 시료의 표면섬유 이미지를 웨이블릿 변환하여 얻어진 웨이블릿 에너지값과 섬유의 평균 길이와 개수와의 상관성을 알아보았다. 이를 위하여 측정된 섬유의 평균 길이 및 개수를 이용하여 수평, 수직, 대각선 방향의 웨이블릿 에너지를 예측하는 회귀식을 도출하였다(표 3). 방향에 따라 R² 값에서 현저한 차이를 보이고 있지는 않으나 본 연구에서 사용된 모직물 시료의 경우 수평 방향의 디테일 정보를 담은 웨이블릿 에너지가 섬유의 평균길이 및 개수를 통해 가장 잘 예측되는 것으로 나타났다.

그림 3에 두 종류의 모직물로부터 얻은 이미지와, 그로부터 예측된 웨이블릿 에너지값과 실측 웨이블릿 에너지 값을 비교하였다. (a)와 (b) 시료를 비교하면, 섬유의 평균 높이와 섬유 개수로 예측된 값은 각각

표 3. 표면섬유의 길이 및 개수에 의한 웨이블릿 에너지의 예측식

디테일 정보를 담은 웨이블릿 에너지의 방향	섬유의 길이 및 개수에 의한 예측식 (x ₁ : 섬유의 평균 높이, x ₂ : 섬유의 개수)	R ²
수평 방향	-22,307+241,062x ₁ +2,044x ₂	0.848
수직방향	61,190+872,773x ₁ +8,442x ₂	0.784
대각선 방향	-50,490 +667,900x ₁ +4,632x ₂	0.811
평균 정보	-42,190+1307,890x ₁ +17,174x ₂	0.761

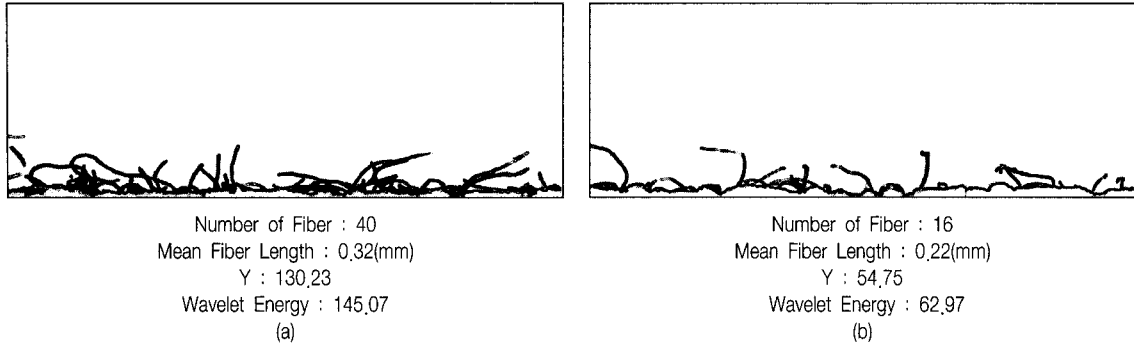


그림 3. 표면섬유의 길이 및 분포가 다른 두 모직물의 이미지와 웨이블릿 에너지 값

130.23, 54.75였으며 측정된 웨이블릿 에너지의 값은 145.07과 62.97로 웨이블릿 에너지 값이 섬유 길이와 개수를 정량화하는 방법으로 사용될 수 있음을 알 수 있다.

3.2 표면섬유와 접촉 온냉감

객관적으로 측정된 초기 열유속 최대치 Q_{max} 와 '따뜻하다/따뜻하지 않다'에 대한 주관적 감각 평가값 사이의 상관관계를 분석한 결과 $r = -0.829$ 의 상관관계를 나타내었으며 이는 Q_{max} 값이 증가할수록 따뜻하지 않다고 느끼는 경향을 잘 나타내고 있다. 표면섬유가 접촉 온냉감에 미치는 영향을 알아보기 위해 수평방향 웨이블릿 에너지 값과 직물의 초기 열유속 최대치 (Q_{max})간의 상관관계와 직물의 접촉 면적과 이들 간의 상관관계를 분석하였다. 표 4와 같이 Q_{max} 와 접촉 면적 모두 웨이블릿 에너지와 부적인 상관관계를 보인다. 이중 접촉온냉감(Q_{max})이 좀 더 높은 상관을 보이고 있으며 접촉 면적과 Q_{max} 간에는 서로 정적인 상관관계를 나타냈다. 이러한 결과는 피부와의 접촉면적이 클수록 열전달이 빨리 이루어져 더욱 서늘한 느낌을 주며 직물에 분포된 표면섬유가 직물 표면과 피부

표 4. 초기 열유속 최대치(Q_{max}), 접촉 면적, 웨이블릿 에너지 사이의 상관관계

	수평방향 웨이블릿 에너지	접촉 면적
Q_{max}	-0.870	0.729
접촉 면적	-0.628	-

*significant at 0.05 level, **significant at 0.01 level

사이의 접촉 면적을 감소시키는 역할을 하고 있음을 나타낸다. 그러므로 표면섬유가 많은 직물인 경우 접촉 면적이 감소하여 피험자가 직물에 접촉했을 때 더 따뜻하게 느끼도록 한다는 것을 알 수 있다.

3.3 주관적 감각 평가와 표면섬유와의 관계

주관적 감각 평가값과 직물의 표면섬유 간의 관계를 규명하기 위해 상관 분석을 실시하였다. 표 5에 상관분석 결과를 요약하였다.

표 5. 주관적 감각 평가값과 직물의 수평방향 웨이블릿 에너지의 상관관계

	수평방향 웨이블릿 에너지
거칠다/거칠지 않다	0.502*
기모가 느껴진다/기모가 느껴지지 않는다	0.806**
매끄럽다/매끄럽지 않다	-0.514*
따뜻하다/따뜻하지 않다	0.749**
폭신하다/폭신하지 않다	0.735**
두껍다/두껍지 않다	0.711**

*significant at 0.05 level, **significant at 0.01 level

웨이블릿 에너지는 '거칠다/거칠지 않다' '기모가 느껴진다/기모가 느껴지지 않는다'와 정적인 상관관계를 나타내었다. 이는 사용된 모직물의 표면섬유가 많을수록 피험자가 더 거칠고, 덜 매끄럽게 느낀다는 것을 뜻한다. '거칠다(rough)'는 감각은 직물 표면을 빠르게 마찰함으로써 느껴질 수 있는 감각으로 손가락과 같은

감각기가 직물 표면 위를 이동할 때, 직물의 조직점이 나 직물의 표면과 피부 사이에 존재하는 표면섬유와의 마찰에 의해 지각된다. 따라서 표면의 거칠기는 기하학적 구조뿐 아니라 표면섬유의 굵기와 뺏뺏한 정도(stiffness)에 따라 크게 영향을 받을 수 있다. 본 연구에 사용된 직물의 경우 캐시미어와 같이 부드럽고 가는 모우가 아닌 비교적 거칠고 굵은 모우가 주를 이루었으므로 표면섬유가 많을 경우 거칠게 지각되었던 것이라 판단되며 직물의 구성하는 실의 마찰계수와 구성 섬유의 굵기 등을 통제한다면 주관적 촉감과 표면섬유와의 관계를 더욱 효율적으로 규명할 수 있을 것이라 생각된다.

온열감을 나타내는 '따뜻하다/따뜻하지 않다'와 온냉감 및 표면섬유 관련 형용사인 '폭신하다/폭신하지 않다', '두껍다/두껍지 않다'에 대한 주관적 감각 평가 값과 웨이블릿 에너지 사이에는 강한 정적 상관관계가 나타났다. 이는 위에서 언급한 바와 같이 표면섬유가 많은 직물의 경우 접촉면적이 줄어들어 피험자가 더 따뜻하고 더 폭신하게 느낀다는 경향을 잘 나타내는 결과로, 웨이블릿 에너지가 표면섬유를 효과적으로 정량화하고 있음을 알 수 있게 해 준다. 또한 웨이블릿 에너지가 큰 직물, 즉 표면섬유가 많은 직물의 경우 두껍게 지각되었는데 이것은 표면섬유에 의한 부품성(bulkiness)뿐 아니라 실험에 사용된 시료 중 표면섬유가 많은 방모직이 소모직물 보다 일반적으로 두꺼운 경향이 결합되어 나타난 것으로 보여진다.

4. 결론

모직물 및 모혼방 직물에 대하여 직물의 표면섬유가 주관적 감각에 미치는 영향을 고찰하였다. 표면섬유의 정량화를 위해 이미지 분석 기법과 웨이블릿 변환을 사용하였으며, 이로부터 얻어진 직물의 표면섬유가 주관적 감각에 미치는 영향을 알아보았다.

1. 직물의 표면섬유는 피험자가 직물을 만질 때 촉감에 많은 영향을 미치며 피부와 직물 표면 사이의 표면섬유가 많을수록 평가자는 더 거칠고 더 따뜻하게 느끼는 것으로 나타남으로써 직물 표면의 기하학

적 거칠기 뿐 아니라 표면섬유 특성이 주관적인 접촉 감각을 예측할 때 고려되어야 하는 중요한 요인임을 알 수 있었다.

2. 웨이블릿 분석과 이미지 분석에 의한 표면섬유의 길이 및 개수간의 관계 분석 결과 직물의 수평 방향 웨이블릿 에너지가 직물의 표면섬유 길이 및 개수와 가장 큰 연관을 가지는 것으로 나타났으며 본 연구에 사용된 시료의 경우 수평방향 웨이블릿 에너지가 표면섬유 양을 나타내는 효과적인 지표로 사용될 수 있음을 확인하였다. 섬유의 개수와 높이를 분리하여 예측식을 도출하는 방법을 사용한다면 웨이블릿 변환이 가지는 장점을 더욱 잘 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

3. 웨이블릿 에너지로 나타나는 표면섬유의 양과 주관적 감각간의 관계를 알아본 결과 '거칠다/거칠지 않다', '기모가 느껴진다/기모가 느껴지지 않는다', '따뜻하다/따뜻하지 않다', '폭신하다/폭신하지 않다', '두껍다/두껍지 않다'와 정적인 상관관계가 나타났고 '매끄럽다/매끄럽지 않다'와 부적인 상관관계를 나타냈다. 이로써 연구에 사용된 모직물시료의 경우 표면섬유가 많을수록 더 거칠게 느껴지며 인체와 직물과의 접촉면적을 감소시킴으로써 더 따뜻하게 지각된다는 것을 알 수 있었으며 표면섬유의 길이와 개수뿐 아니라 굵기 및 강연도(stiffness)를 고려한다면 더욱 체계적인 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] Kawabata, S., and Niwa, M.(1980). J. Tex. Machin. Soc. Jpn., 26, T113.
- [2] Pourdeyhimi, B., Dent, R., and Davis, H.(1996). Measuring fiber orientation in nonwovens, Part I: Simulation, Textile Research Journal, 66(11), 813-722.
- [3] Steenlandt, W. V., Collet, D., Sette, S., and Bernard, P.(1996). Automatic assessment of carpet wear using image analysis and natural networks, Textile Research Journal, 66(9), 555-561.

- [4] 김태훈, 전병익, 송민규(1997). 직물의 물리적 특성에 따른 쾌적성 연구(II)-직물의 표면특성과 기공특성 변화를 중심으로-, 한국섬유공학회지, 34(10), 701-710.
- [5] Ramgulum, R. B., Amirbayat, J. and Rorat, I.(1993). Measurement of Fabric Roughness by a Non-contact Method, Journal of Textile Institute, 84(1).
- [6] Amirbayat, J and Cooke, W. D.(1989). Change in Surface Properties of Fabrics during Wear, Textile Research Journal, 59, 469-477.
- [7] Kawabata, S., HESC(1980). The Standardization and Analysis of Hand Evaluation, The Textile Machinery Society of Japan, 1975:2nd edition.
- [8] 권영하(2000). 직물의 잔털량과 잔털수의 측정과 비접촉 표면 거칠기 분석, 대한 감성과학회지, 3(2), 9-15.
- [9] 전봉수, 김민(1999). 신경망을 이용한 직물조직의 인식에 관한 연구, 한국섬유공학회지, 36(1).
- [10] 나영주(1996). 이미지 분석을 이용한 아라미드와 시물레이션 부직포의 기공형태 측정, 한국의류학회지, 33(7), 939-946.
- [11] His, C.H., Bresee, R. R., and Annis, P.A. (1998). Characterizing Fabric Pilling by Using Image-Analysis Techniques, Part I: Pill Detection and Description, Journal of Textile Institute, 89(1), 80-95.
- [12] Kang, T.J. and Lee, J.Y.(2001). Filament Crimp in Three Dimensions Measured by Image Analysis and Fractal Geometry.
- [13] Kang, T.J., Choi, S.H., and Kim, S.M.(2001). Automatic Structure Analysis and Objective Evaluation of Woven Fabric Using Image Analysis, Textile Research Journal, 71(3), 261-270.
- [14] Robson, D.(2000). Animal Fiber Analysis Using Image Techniques Part II: addition of Scale Height Data, Textile Research Journal, 70(2), 116-120.
- [15] Burrus, C.S., Gopinath, R.A., and Guo, H. (1998). Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms: A Primer, Prentice-Hall.
- [16] 김은애, 유효선, 김종준, 이미식, 오경화(2001). 의류소재의 태 표준화, 분류 및 DB 구축, 한국과학재단 특정기초 연구보고서.

감사의 글 : 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2000-00397)지원에 의하여 수행된 연구이며 이에 감사드립니다.