

Silicone/Pu 처리한 폴리에스테르/면 교직물 표면특성의 측정기법 비교

이선영¹, 홍경희¹, 박연규², 강대임²

¹충남대학교 의류학과, 대전시 유성구 궁동 220

²한국표준과학연구원 역학표준부, 대전시 유성구 도룡동 1번지

COMPARISON OF MEASURING TECHNIQUES FOR SURFACE PROPERTIES OF SILICONE/PU TREATED PET/COTTON FABRICS

Sun-Young Lee¹, Kyung-Hi Hong¹, Yon-Kyu Park², Dae-Im Kang²

¹Department of Clothing and Textiles College of Home Economics, Chungnam National University, 220 Goong-Dong, Yusong, Taejon

²Division of Mechanical Metrology, KRISS, P.O.Box 102, Yusong, Taejon

Abstract

본연구에서는 표면처리를 달리한 폴리에스테르/면 교직물에 대한 표면특성의 측정기법을 비교·검토하였다. 시료로는 미처리 직물과 silicone 처리 직물, pu 코팅 직물, silicone/pu 처리 직물을 이용하였다. 측정 기법은 비접촉식 방법으로 위치에 따른 직물 표면잔털의 grey scale을 FFT하여 그 대수값의 관계식의 기울기값을 결정하였다. 또한, 레이저 변위센서를 이용한 촉각 측정 장치에 의해 표면 거칠기와 표면마찰계수를 측정하였다. 접촉식 방법으로는 평판과 직물을 접촉시켜 영상처리에 의해 접촉면적을 정량하고 fractal 차원을 도출하였다. KES-FB system에 의해 표면특성을 측정하였다. 주관적 접촉감각 평가는 표준환경에서 20명의 여성을 대상으로 실시하였고 분석에 ANOVA와 상관분석을 이용하였다.

측정기법에 따른 표면특성치와 주관적 감각평가치의 상관분석 결과, 접촉식 방법인 KES-FB에 의한 방법보다 다른 접촉식 방법인 영상처리에 의한 접촉면적, fractal 차원과 비접촉식 방법인 FFT분석에 의한 기울기 및 레이저 변위센서에 의한 표면거칠기 결과가 주관적 접촉감각과 더욱 밀접한 관련이 있는 것으로 나타나 접촉감각을 객관화하는데 보다 타당한 것으로 나타났다.

1. 서론

섬유산업의 경쟁력 확보를 위해 섬유제품에 대한 접촉감성이 중요하게 대두되었다 [1-10]. 감성적인 섬유제품의 개발을 위해서는 직물의 접촉감각에 대한 체계적인 연구가 필요하며 이를 위해 접촉감각을 유발하는 물성 파라미터를 객관적으로 측정하고 정량화하는 방법이 선행되어야 한다.

주관적인 접촉감과 물성파라미터간 상관성을 연구하기 위해 각종 연구방법론이 제기되었는데 1980년대 Kawabata와 Postle[11]은 직물에 대한 접촉감 평가를 위해 KES-FB 시스템에 의해 역학적 특성을 측정하여 촉감과 관계를 나타내었다. 그런데, KES-FB 시스템에 의한 측정은 비용과 시간 등의 단점이 있으며, 표면특성치인 MIU, MMD, SMD는 주관적인 접촉감각에 대한 예측력이 굵힘 특성이나 전단특성에 비하여 낮으며, 특히 얇은 직물에서의 KES-FB 시스템에 의한 태평가는 미흡한 것으로 보고되어 있다.[12]

이러한 문제를 해결하려는 의도에서 여러 가지 측정 시스템이 개발되고 있다. 박동[13]은 촉감·질감을 기술할 수 있는 물리량으로, 표면 거칠기, 표면 마찰 계수와 컴플라이언스를 도입하고, 이를 측정할 수 있는 장치를 레이저 변위센서와 힘센서를 이용하여 설계하여 직물에의 적용가능성을 실험하였다.

Table 1. Characteristics of fabrics

WARP				WEFT				WEAVE 5 Sateen (1/4)
Fiber	Fineness (denier)	No. of Filaments	Density (picks/ cm)	Fiber	Fineness (s)	No. of Filaments	Density (picks/ cm)	
PET MGR	170	48	60	Cotton	20	60	30	

한편, 직물의 접촉감각에 직물과 피부면이 실제 접촉되는 현상을 고려할 때 직물의 표면접촉특성이 중요하다. 이를 다룬 연구로는 탄소그을음 코팅 글라이드글래스를 이용해 pantyhose의 압력에 따른 접촉면적 및 접촉점의 분포를 분석한 Morooka[14] 연구와, 영상처리를 이용한 직물의 접촉면적과 형상을 정량한 이와 흥[15]의 연구가 있다. 또한, 三宅[16]은 power spectrum의 logarithm과 어떤 인자의 주파수의 logarithm과의 관계를 나타내어 그 기울기를 구할 수 있고 이 값이 -1에 근접할 때 쾌적감을 느낀다고 보고하였다. 소리 등에 적용되었던 이러한 Fourier transform (FT)기법과 이론은 시각적 자료인 직물에도 적용될 수 있는 가능성이 있다. 직물의 표면잔털을 영상처리에 의해 FT기법을 적용하면 직물을 접촉하지 않은 상태로 직물의 표면특성을 정량화할 수 있다.

지금까지 표면특성을 정량화하는 방법들이 개발되어 왔지만, 측정기법간 심층 비교는 아직 이루어지지 않은 실정이다. 특히, 전술한 KES-FB에 의한 측정과 평판과 직물의 접촉면 가시화 및 영상처리에 의한 표면접촉특성이 직물과 접촉하여 측정되는 접촉식 방법이라면, 레이저를 이용한 촉각측정장치나 영상처리와 FT기법에 의한 측정은 비접촉식 방법이라 할 수 있는데 어떠한 측정 방법에 의한 결과가 주관적 접촉감각과의 관련성이 높은지 충분히 규명되어 있지 않다. 따라서, 본 연구에서는 직물의 표면특성을 측정할 수 있도록 고안된 여러 가지 측정기법을 이용하여 실제로 표면처리를 달리한 스웨이드조 직물을 가지고 측정한 결과를 비교·검토하며, 주관적 평가도 행하여 여러 기법에 의한 객관적인 측정결과와 상관성을 규명하고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1. 시료와 시약

표면처리를 위한 기본 직물인 직물(삼양사)의 특성은 Table 1에 제시하였다. 시약으로는 dimethyl-polysiloxanane (반도유화상사, R-3388), Polyurethane resin (보광화학, Hyrex NR-P(05))를 사용하였다.

2.2. 표면처리

정련, 예비 열고정, 감광처리, 중간 열고정, 기모와 최종 열고정한 직물을 미처리직물로 하였다. Silicone 유연제 처리는 최종 열고정 전에 silicone 농도 3 g/l에서 Net-Dryer에서 120 °C, 1분간 처리하고 Tenter에서 150 °C, 30초간 처리하였다. Pu 코팅은 농도 20%(owf)로 위와 같은 방법으로 처리하였고 silicone/pu 코팅 직물은 silicone 처리와 폴리우레탄 코팅을 모두 행하였다.

2.3. 표면접촉특성측정

영상처리 및 FFT분석 : 직물을 경·위 방향에 대해 각각 접어 그 접은 선으로부터 표면잔털 영상을 일정한 크기로 받았다. 사람이 손으로 직물을 접촉할 때 지조직보다는 표면잔털을 주로 접촉하게 되는 것을 고려하여 최상단에서 표면잔털 길이의 1/3되는 지점에서 일정한 수평선을 취해 line profile을 얻었다. 위치에 따른 표면잔털의 grey scale을 가지고 FFT를 수행하였다. 위치와 power spectral density의 각각 대수값의 plot을 작성하여 그 기울기를 결정하였다.

레이저 변위센서와 힘센서에 의한 측정 : 직물 표면에서 표면거칠기, 표면마찰계수를 측정하였다. 표면 거칠기를 측정하기 위해서 레이저 변위센서를 이용하였으며, 마찰계수의 측정을 위하여 다축 힘센서를 사용하였다. 변위 센서는 측정 범위는 5 mm이며, 분해능은 1 μm이다.

영상처리에 의한 표면접촉특성 측정 : 선행 연구[16]와 같이 표준환경에서 iso-propyl alcohol의 그을음 코팅된 슬라이드글래스를 시료와 0.14psi로 20초간 접촉시켰다. 접촉면의 영상을 받아 Global lab image로 thresholding에 의해 총접촉면적을 결정하였다. Fractal 차원은 선행연구[16]와 같이 box-counting 방법에 따라 계산하였다.

KES-FB system에 의한 측정 : MIU(마찰계수), MMD(마찰계수의 평균편차)와 SMD(기하학적 표면 거칠기) 등을 구하였다.

2.4. 주관적 평가

평가행동 : 표준환경(20±1 °C, 65±3% RH), 무풍 상태에서 피험자 20명을 10분간 안정하게 한 후 표면특성용어는 표면만을 문지르게 하여 9점 척도에 따라 평가하게 하였다. 평가용어는 이[17]의 연구에서 사용된 '폭신하다,' '두껍다,' '무겁다,' '따뜻하다,' '눅눅하다,' '표면이 부드럽다,' '뻣뻣하다,' '유연하다,' '촉감이 좋다,' '구매시 선호한다' 였다.

분석방법 : SPSS-통계 package로 분산분석과 상관분석을 하였다.

3. 결과 및 분석

3.1. 비접촉식 방법

(1) 영상처리와 FFT분석에 의한 측정방법

표면잔털을 정량화하기 위해 비접촉식의 방법으로 Fast Fourier Transformation(FFT)기법과 영상처리를 적용하였다. 우선, 직물을 경·위 방향에 대해 각각 접었고 그 선으로부터 돌출된 표면잔털의 영상을 일정한 크기(512×60)로 받았다. 직물 표면잔털 영상의 일정한 점에서 수평선을 취해 line profile을 얻었으며 이를 Fig. 1(a)에 제시하였다. 위치에 따른 표면잔털의 grey scale을 가지고 FFT를 수행하였다.(Fig. 1(b)) 이렇게 하여 얻어진 위치와 power spectral density에 대해 각각 대수값을 취해 plot하였

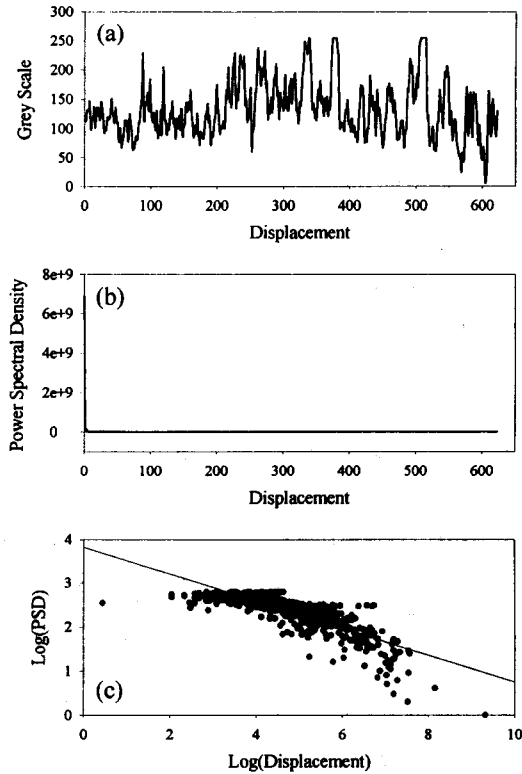


Fig. 1 Vision analysis of surface property: (a) Line profile of surface hair from fabric; (b) Power spectral density; (c) Log-log plot of power spectral density.

으며 이를 Fig. 1(c)에 나타내었다. 이 직선의 기울기값을 결정하였다. 경·위 방향에

대해 얻은 기울기를 평균하여 직물의 대표적인 기울기값으로 취하였다. 표면처리를 달리한 직물에 대해 결정된 기울기를 Table 2에 나타내었다.

기울기값의 ANOVA 분석결과, p= 0.05수

Table 2. The slopes of log-log plot of power spectral density against the displacement in various treated fabrics

Fabrics	Untreated	Silicone-treated	Pu-coated	Silicone/pu treated
Slope	-0.544 ^a	-0.596 ^c	-0.583 ^b	-0.614 ^c

준에서 직물별로 유의차가 있었으며, silicone/pu 처리 \geq silicone 처리 $>$ pu 코팅 $>$ 미처리 직물 순으로 감소하는 것으로

나타났다. Duncan 다중범위검정결과 세 집단으로 나타났다. 본 시료 직물은 기울기가 $-0.614 \sim -0.544$ 로서 1/f-fluctuation 범위에 속하는 것으로 나타났다. Silicone/pu처리 직물의 경우, 기울기가 -1 에 보다 가까우므로 더 향상된 쾌적성을 제공할 가능성이 있다고 보여진다.

(2) 레이저 변위센서를 이용한 측정방법

표면 거칠기의 측정을 $\pm x$, $\pm y$ 의 4 방향에 대하여 측정하였으며, 이의 정량적 표현

으로 중심선 평균 거칠기 R_a 를 사용하였다.

Table 3에 직물에 따른 중심선 평균 표면 거칠기를 나타내었다. 이 때, $\pm x$, $\pm y$ 는 측정 방향을 나타낸다. 직물의 대표거칠기 R_a 는 x방향에 대한 거칠기 $R_a(x)$ 와 y 방향에 대한 거칠기 $R_a(y)$ 의 평균으로 표현되었다. Duncan의 다중범위검정 결과를 Table 3에 표시하였다. ANOVA 분석 결과, $p = 0.05$ 수준에서 $\pm y$ 방향에서의 표면거칠기는 직물에 따라 유의한 차이가 있었으나, $\pm x$ 방향에서는 직물에 따른 차이가 유의하지 않은 것으로 나타났다. 대표거칠기는 직물에 따라 유의한 것으로 나타났다.

직물에 따른 x, y방향으로의 표면거칠기는 x 방향에서는 silicone 처리 $>$ silicone/pu

Table 3. Surface roughness of various treated fabrics by laser sensor (unit : μm)

Roughness	Untreated	Silicone-treated	Pu-coated	Silicone/Pu treated
$R_a(+x)$	20.8304 ^{ab}	24.8065 ^b	18.8062 ^a	23.1462 ^{ab}
$R_a(-x)$	20.6364 ^{ab}	24.3510 ^b	18.9602 ^a	22.3945 ^{ab}
$R_a(x)$	20.7334 ^{ab}	24.5788 ^b	18.8832 ^a	22.7703 ^{ab}
$R_a(+y)$	19.2223 ^a	24.5813 ^b	24.6758 ^b	17.1755 ^a
$R_a(-y)$	19.2315 ^a	25.2412 ^b	24.8233 ^b	16.4828 ^a
$R_a(y)$	19.2269 ^a	24.9113 ^b	24.7495 ^b	16.8291 ^a
R_a	19.9802 ^a	24.7450 ^b	21.8164 ^{ab}	19.7998 ^a

Table 4. Surface friction coefficients of various treated fabrics

Friction coefficients	Untreated	Silicone-treated	Pu-coated	Silicone/Pu treated
$\mu(+x)$	.2328 ^b	.1705 ^a	.1956 ^a	.1871 ^a
$\mu(-x)$	.2345 ^b	.1735 ^a	.2029 ^{ab}	.1654 ^a
$\mu(x)$	.2337 ^b	.1720 ^a	.1993 ^{ab}	.1762 ^a
$\mu(+y)$	.2459 ^c	.1999 ^{ab}	.2280 ^{bc}	.1864 ^a
$\mu(-y)$	.2356 ^c	.1592 ^a	.2152 ^{bc}	.1974 ^b
$\mu(y)$	.2408 ^c	.1796 ^a	.2216 ^{bc}	.1919 ^{ab}
μ	.2372 ^b	.1758 ^a	.2104 ^{ab}	.1841 ^a

Table 6. The surface properties of various fabrics measured by KES-FB system

Fabrics parameter	Unit	Untreated	Silicone-treated	Pu-coated	Silicone/Pu treated
MMD	-	.010	.010	.012	.011
MIU	-	.299	.334	.386	.346
SMD	Micron	2.223	2.278	2.045	1.988

처리 > 미처리 > pu 코팅 직물 순으로, y 방향에서는 silicone 처리 > pu코팅 > 미처리 > silicone/pu 처리 직물 순으로 나타나 측정방향에 따라 직물에 대한 표면거칠기의 경향이 다르게 나타났다. 대표 표면거칠기는 y방향에서의 결과와 유사한 경향으로 나타났는데 silicone 처리 > pu 코팅 > 미처리 ≥ silicone/pu 처리 직물순으로 감소하였다. silicone 처리는 표면거칠기를 가장 크게 증가시켰는데 이는 silicone으로 인해 표면잔털을 일으켰기 때문으로 생각된다.

표면 마찰 계수는 상대운동에 대한 수직력과 운동방향으로의 힘 사이의 비로 정의된다. Table 4에 네 가지 직물에 대한 표면 마찰 계수를 나타내었다. 이를 ANOVA분석한 결과, p= 0.05 수준에서 ±x, ±y방향으로 측정된 마찰계수 모두 직물에 따라 유의한 차이가 인정되었다. 전반적으로, 미처리 > pu 코팅 > silicone/pu 처리 ≥ silicone 처리 직물 순으로 감소하였다. Duncan의 다중범위검정 결과를 Table 4에 표시하였다.

직물에 따라 총접촉면적과 fractal 차원 등 표면접촉특성을 이와 홍[16]의 방법에 따라 측정하였고 그 결과를 Table 5에 제시하였다. 총접촉면적을 보면, p=0.005에서 직물별 유의차가 인정되었으며, silicone 처리 > pu 코팅 > silicone/pu 처리 > 미처리 직물 순으로 감소되었다. Duncan의 다중범위검정 결과, 미처리, silicone/pu 처리, pu coating 직물이 같은 집단으로, silicone 처리 직물은 다른 집단에 속하였다. 총접촉면적은 직물에 의 표면처리로 인해 증가되었으며, 처리직물 간을 비교하면, silicone 처리 직물 > pu 코팅 직물 > silicone/pu 처리 직물 순으로 감소되었다. Silicone 처리 직물의 접촉면적이 가장 큰 것은 silicone에 의해 벌키해진 잔털 부분이 접촉시 가한 압력에 의해 직물면에 수평으로 기울어져 표면을 덮었기 때문으로 생각된다.

Fractal dimension은 silicone 처리 > pu 코팅 > silicone/pu 처리 > 미처리 직물로 감소하는 것으로 나타났고, Duncan 다중범

Table 5. Mean separation of the surface contacting properties of various fabrics

	Unit	Untreated	Silicone-treated	Pu-coated	Silicone/Pu treated
Contact area	%	13.70 ^a	23.66 ^b	16.62 ^a	14.85 ^a
Real Contact Area	mm ²	36.52 ^a	63.93 ^b	44.87 ^a	39.59 ^a
Fractal dimension	-	0.7521 ^a	1.0108 ^b	0.7974 ^a	0.7760 ^a

Silicone의 처리로 인해 표면거칠기는 증가하는 반면, 마찰계수가 감소함을 알 수 있으며, 이러한 현상은 silicone에 의해 표면잔털의 벌키해지는 형태적 변화보다는 silicone 처리에 의한 직물의 윤활작용이 더 크게 기여하기 때문이라고 생각된다.

3.2. 접촉식 방법

(1) 표면접촉실험에 의한 측정방법

위검정결과, silicone 처리 직물은 pu 코팅, silicone/pu 처리, 미처리 직물과 다른 집단으로 나타났다. 이는 총접촉면적의 경향과 일치하는 결과였다.

(2) KES-FB system에 의한 측정방법

KES-FB system에 의해 표면특성을 측정 한 결과를 Table 6에 나타내었다. 이를 보면, MMD와 MIU는 pu 코팅 > silicone /pu

Table 7. Pearson's correlation coefficients between data of surface properties by various measuring techniques

	Slope	Ra	μ	Area	Ax. Ratio	Radius	Roundness	Fractal dim.	MIU	MMD	SMD
Slope											
Ra	-.236										
μ	.916	-.551									
Area	-.371	.979	-.686								
Ax. Ratio	-.338	.050	-.106	-.042							
Radius	.076	.936	-.303	.898	-.217						
Roundness	.162	-.825	.543	-.886	.500	-.880					
Fractal dim.	-.328	.961	-.666	.993	-.158	.912	-.934				
MIU	-.531	.187	-.335	.130	.972	-.124	.339	-.016			
MMD	-.616	-.109	-.321	-.121	.915	.938	.531	-.226	.938		
SMD	.496	.577	.543	.543	-.654	-.636	-.776	.613	-.636	-.860	
Softness	-.756	.765	-.288	.871	.000	.579	-.753	.862	.221	.120	.180
Sensation	-.746	.755	-.350	.858	.068	.548	-.710	.840	.294	.189	.122

처리 > silicone 처리 > 미처리 직물 순으로 감소되었다. SMD는 silicone 처리 > 미처리 > pu 코팅 > silicone/pu 처리 직물 순으로 감소되었다. silicone 처리는 표면잔털이 일

방법인 영상처리와 FFT분석에 의한 기울기 값과 레이저에 의한 표면거칠기 결과가 주관적 감각인 '표면이 부드럽다'와 '촉감이 좋다'의 평가치와 더욱 높은 상관성이 있는 것으로 나타났다.

어나 표면거칠기가 증가되나, pu 코팅으로 표면이 smooth해지므로 표면 거칠기는 감소하였다.

3.3. 주관적 평가치와 물성간 상관분석

주관적 감각 평가를 실시하여 얻어진 감각 평정치와 여러 측정기법에 의해 측정된 표면 특성치간 상관계수(Pearson's correlation coefficient)를 Table 7에 나타내었다. 상관분석 결과를 보면, '표면이 부드럽다'와 '촉감이 좋다'는 총접촉면적과 fractal차원, FFT 분석에 의한 기울기값, 레이저 변위센서에 의한 표면거칠기 및 표면마찰계수와는 상관계수 0.76이상의 높은 상관을 나타내었으나, KES-FB에 의해 측정된 표면특성 파라미터인 MMD, MIU, SMD와는 상관계수 0.29이하의 낮은 상관을 나타내었다.

따라서, 접촉식 방법인 KES-FB에 의한 방법보다는 접촉식인 방법 중 접촉면적 및 fractal 차원 등의 표면 접촉특성과 비접촉식

4. 결론

Silicone/pu로 표면처리를 달리한 PET/면 교직물에 대한 표면특성의 측정기법에 따른 결과를 비교·검토하고자 하였다. 비접촉식 방법으로 FFT분석과 레이저 변위센서에 의한 측정을, 접촉식으로는 KES-FB system에 의한 측정과 영상처리에 의한 표면접촉특성 측정을 하였다. 주관적 접촉감각평가도 실시하였고, 분석에 ANOVA와 상관분석을 이용하였다.

측정기법에 따른 표면특성치와 주관적 감각평가치의 상관분석 결과, 접촉식 방법인 KES-FB에 의한 방법보다 다른 접촉식 방법인 영상처리에 의한 접촉면적, fractal 차원과 비접촉식 방법인 FFT분석에 의한 기울기 및 레이저 변위센서에 의한 표면거칠기 결과가 주관적 접촉감각과 더욱 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다.

향후 과제로는 직물과 접촉할 때 가해지는

압력에 따른 표면특성을 고려해야 할 것이다.

참고 문헌

- (1) Sweeney, M. et als., *Text. Res. J.*, **60**, pp.447-452, 1990.
- (2) 섬유기술진흥, **10(1)**, pp.29-32, 1996.
- (3) 後德樹, 신합섬과 그 후의 기술개발 Trend, '95 후가공 기술 세미나, 1995.
- (4) K. H. Hong als., *J. Kor. Soc. Cloth. Text.*, **18**, pp.327-338, 1994.
- (5) J. J. Kim and Baker R. L., *J. Kor. Soc. Cloth. Text.*, **32**, pp.89-94, 1995.
- (6) Sukigara, S. et als., *J. Jap. Fib. Soc.*, **49**, pp.294-306, 1993.
- (7) K. H. Hong and S. K. Jung, "Proceeding on Int. Conf. on Environ. Ergo." Maastricht, Netherland, 1992.
- (8) Gwosdow, A. R. et als., *Text. Res. J.*, **56**, pp.574-580, 1986.
- (9) Scheurell, D. M. et als., *Text. Res. J.*, **55**, pp.394-399, 1985.
- (10) S. A. Kang. and E. A. Kim, *J. Kor. Soc. Cloth. Text.*, **17**, pp.151-161, 1993.
- (11) S. Kawabata, "The Standardization and Analysis of Hand Evaluation." 2nd ed. The Hand Evaluation and Standardization Commitee, Japan.
- (12) K. H. Hong, J. S. Kim, C. S. Park, G. S. Park, Y. S. Lee and J. I. Kim, *J. Kor. Soc. Cloth. Text.*, **18(3)**, pp.327-338, 1994.
- (13) Y. K. Park, D. I. Kang and H. K. Song, *KSME*, **23(30)**, pp.357-366, 1999.
- (14) H. Morooka, T. Seto and H. Morooka, *Text. Res. J.*, **66(2)**, pp.73-82, 1996.
- (15) H. Y. Lee and K. H. Hong, *J. Kor. Fib. Soc.*, **35(5)**, pp.294-300, 1998.
- (16) 三宅番司, "快適工學", 日本 泉文堂, 1994.
- (17) S. Y. Lee and K. H. Hong, processing, *J. Kor. Fib. Soc.*

이선영, 구연, 1. 감성측정 및 평가; 2. 감성 응용, 042-821-7804, 042-822-8283, leesy@hanbat.chungnam.ac.kr