

직물 마찰음에 대한 심리생리적 반응

Psychophysiological Responses to the Sound of Fabric Friction

조자영* · 이은주* · 손진훈** · 조길수*

Ja-Young Cho, Eun-Jou Yi, Jin-Hun Sohn, Gil-Soo Cho

Abstract : The objectives of this study were to investigate the relationship of sound parameters with subjective sensation and physiological responses, and to figure out the interrelationship between the subjective sensation and physiological responses. Sound parameters calculated were LPT, ΔL , Δf , loudness[Z], and sharpness[Z]. Subjective sensation was evaluated in 7 aspects(soft-hard, loud-quiet, pleasant-unpleasant, sharp-dull, clear-obscure, rough-smooth, high-low) by thirty participants. We acquired physiological responses when each fabric sound was presented to 10 participants. Physiological signals obtained in this study were electroencephalogram(EEG), pulse volume(PV), skin conductance level(SCL), and LF/HF of heart rate variability. The larger the values of loudness[Z] and LPT, the louder and the rougher the subjective sensation of the perceived fabric sound. Also, the larger the values of loudness[Z] and LPT, the harder, the duller, and the less pleasant. As LPT increased, PV decreased. Loudness[Z] increased in proportion to SCL and so did sharpness[Z] to LF/HF. As the sound perceived to be quieter and clearer, the relative power of slow alpha rose. As the sound perceived to be more pleasant and smoother, PV rose.

요 약 : 본 연구는 청각적 감성을 만족시키는 의류소재의 개발을 위해 직물 마찰음에 따른 생리반응 측정 및 심리적·주관적 평가를 통해 감성을 측정하여 이들이 음향특성과 갖는 관련성을 밝히고, 또한 심리생리적 반응 간의 상호 관련성을 파악하고자 하였다. 이를 위해 직물 마찰음의 음향특성으로서 LPT, ΔL , Δf , loudness[Z], sharpness[Z]를 계산하였고, 직물 마찰음에 대한 감각·감성 표현어(부드러움, 시끄러움, 유쾌함, 날카로움, 맑음, 거침, 높음)를 이용하여 주관적 평가를 실시하였으며, 생리적 반응으로서 뇌파, 혈류량, 심박변화율, 피부전도수준 등을 측정하였다. 주관적 감각·감성은 대부분 직물소리의 크기와 관련이 깊은 것으로 나타나, loudness(Z)와 총음압 LPT가 증가할수록 시끄럽고 거칠며 딱딱하고 불쾌하며 탁하다고 지각하였다. 또한 LPT는 혈류량의 감소에, loudness(Z)는 피부전도수준의 증가에 각각 영향을 미치며, sharpness(Z)가 높고 ΔL 이 작을수록 LF/HF는 증가하는 것으로 나타났다. 심리생리적 반응간의 관련성은 부드럽고 조용하며 맑다고 지각할수록 slow alpha파가 증가하였고, 유쾌하고 매끄럽다고 평가할수록 혈류량은 증가하였다. 또한, 높다고 지각하는 소리에 대해 LF/HF는 증가하였다. 따라서, 직물 마찰음의 특성에 따라 심리생리적 반응에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

1. 서 론

최근 의류산업에서는 신체적·심리적으로 즐거움을 줄 수 있는 감성적 제품개발을 지향하고 있으며, 이를 위해 의류제품의 사용에 있어서 인간이 느끼는 다양

한 감성과 심리정보를 객관화하고 데이터베이스화하기 위한 연구가 진행되고 있다[1].

의류제품에 있어서의 감각적 기능성은 직물의 태, 온열생리적 쾌적감을 위주로 연구되어 왔으며, 섬유제품의 음향적 측면은 일상생활이나 특수용도에서의

* 연세대학교 의류환경학과(Tel : 02-2123-3104/E-mail : gscho@yonsei.ac.kr)

** 충남대학교 심리학과(E-mail : jhsohn@cnu.ac.kr)

중요성에 비해 간과되어 왔다. 그러나 직물이 서로 스치면서 나는 소리는 실제로 용도와 상황에 따라 착용자의 심리적 쾌적성에 큰 영향을 미치므로 의류제품에 있어서 음향적 성능은 간과될 수 없다. 뿐만 아니라, 청각적 쾌적감을 부여한 고부가가치 직물의 개발은 의류제품의 총체적 감각성능의 충족이라는 관점에서 중요한 의미를 갖는다.

직물의 청각적 감각성능을 평가하고 이를 제조과정에 적용하기 위해서는 청각적 의류제품 평가 시스템의 설계와 구축이 필요하다. 이 시스템의 구축에 필요한 연구로서, 우선 직물 마찰음에 대한 사용자의 감성을 객관적으로 측정·평가하고 직물의 물리적 특성이나 음향요소와의 관련성 등을 다각적으로 탐색하는 연구가 필수적이다.

최근 직물의 스치는 소리로부터 음색을 추출, 이를 정량화하고[9, 10], 마찰음에 대한 주관적 반응 및 직물의 객관적 측정치와의 연관성을 조사한 연구[3, 4, 11]들이 진행되면서 청각적 감성의류 소재를 개발하기 위한 연구가 본격화되었다. 그러나 인간의 감성을 측정함에 있어서 언어를 이용한 주관적 평가방법은 추상적인 감성 이미지가 한정된 형용사로 표현되어야 하고, 주관적 정서경험을 표현하는 언어는 사람에 따라 이해에 차이가 있을 수 있어 신뢰성에 한계점을 안고 있다. 따라서, 감성의 측정에 있어서 주관적 평가에만 의존하기보다는 한 개인에게서 높은 일관성을 가지며 의도적으로 변화시키기 어려운 생리신호의 측정을 병행함으로써 감성평가 방법을 더욱 객관화할 필요가 있다.

이에 본 연구는 직물 마찰음에 대한 인간의 주관적 평가와 생리적 반응을 분석하여 마찰음의 음향특성과 각각 비교하고, 생리심리적 변인 간의 상호 관련성을 규명하고자 하였다.

2. 실 험

2.1 시료

시판되고 있는 의류용 직물 9종을 시료로 선정하였으며, 그 종류는 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of specimens

시료	조성	섬유	직물명	두께 (mm)	무게 (mg/cm ²)
1	silk	warp-spun weft-filament	satin	0.18	9.00
2		filament	organza	0.16	3.33
3		filament	damask	0.18	9.38
4		filament	brocade	0.27	14.17
5	polyester	filament	satin	0.27	11.89
6		filament	habutae	0.09	6.46
7	nylon	filament	taffeta	0.20	10.18
8*		filament	taffeta	0.14	10.61
9	acetate/polyester	spun	crepe	0.60	23.63

* polyurethane coated

2.2 직물 마찰음 녹음

직물의 마찰음을 객관적으로 재현하기 위해 직물소리 발생장치[9]를 사용하여 마찰음을 발생시켰다. 녹음은 잔향이 발생하지 않는 무향실에서 실시하고, 고성능 마이크로폰과 DAT Recorder(TEAC RD-145T)를 이용하여 녹음하였다.

2.3 직물 마찰음 분석

녹음된 소리를 FFT 분석하여 얻은 스펙트럼을 기초로 LPT(Level Pressure of Total Sound, dB)[6]와 음색요인[9]인 ΔL (Level Range, dB), Δf (Frequency Difference, Hz)를 계산하고자 주파수 범위를 16~20,000 Hz으로 한정하였다. 그리고, Zwicker[12]의 음향모델로부터 심리음향학적 요인으로 의미 있을 것으로 기대되는 loudness[Z]와 sharpness[Z]를 선정하고 이를 계산하였다.

2.4 주관적 감각·감성 평가

직물 마찰음에 대한 감각·감성 평가를 위해 선행 연구[3, 4, 11]에서 사용한 7개 형용사쌍을 이용하였다 (Table 2). 대학생 30명(남녀 각 15명)에게 9개의 직물 마찰소리를 무작위 순으로 들려 주면서 의미분별 척도(SDS)를 이용하여 -3에서 +3까지의 척도로 답하게 하였다.

Table 2. Descriptors for sound sensation

-3	.....	+3
딱딱한(Hard)	.....	부드러운(Soft)
조용한(Quiet)	.....	시끄러운(Loud)
불쾌한(Unpleasant)	.....	유쾌한(Pleasant)
둔한(Dull)	.....	날카로운(Sharp)
탁한(Obscure)	.....	맑은(Clear)
매끄러운(Smooth)	.....	거친(Rough)
낮은(Low)	.....	높은(High)

2.5 생리적 반응측정

실험 자극물에 대한 선입견 통제를 위해 선행된 주관적 평가경험이 없는 정상청력의 오른손잡이 여학생(18~26세) 10명을 생리적 반응실험의 참여자로 선정하였다.

생리적 반응측정 실험은 소음 및 전기적 잡음을 차단한 방음실에서 실시되었으며, 외부의 실험자와 통신이 가능하도록 인터폰을 설치하였다. 뇌파와 자율신경계의 측정장치로 Neurodata Acquisition System (Model 12, Grass Co., U.S.A)과 Biopac Amplifier (Biopac System Inc., U.S.A)를 사용하였다. 두피의 여섯 지점(F3, F4, T3, T4, O1, O2)에 전극을 부착하여 단극유도법으로 뇌파를 측정하였고, 자율신경계 반응으로는 광혈량도(PPG : photoplethysmogram)를 이용한 혈류량(PV : pulse volume)과 심박(HR : heart rate) 및 피부전도수준(SCL : skin conductance level)을 각각 측정하였다[2].

실험 참여자는 전극을 부착한 상태에서 실험실의 안락의자에 앉아 10분간의 적응시간을 가졌다. 매 자극제시 전 안정상태(baseline)의 생리적 활동을 60초간 기록하고, 이어서 직물 마찰음을 2m 전방의 라우드스피커(4312C, JBL)를 통해 제시하면서 60초간 생리신호를 측정하였다. 매 자극이 끝난 후 90초간 휴식하도록 하였다.

2.6 통계분석

음향특성과 주관적 감각·감성 평가 및 생리적 반응 간의 상호 관련성을 분석하기 위해 stepwise 방식의 회귀분석법을 이용하였다.

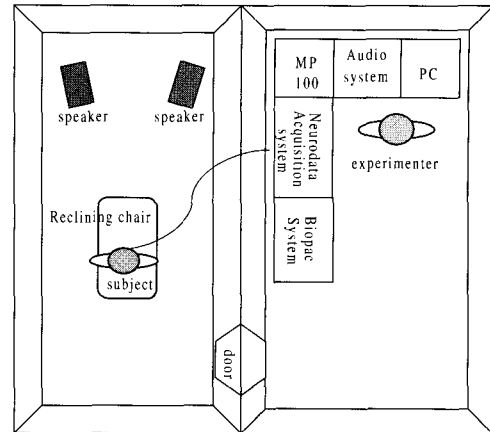


Fig. 1. Experimental chamber

3. 결과 및 논의

3.1 직물 마찰음의 음향특성

9개 직물 마찰음의 음향특성은 Table 3과 같다. LPT가 가장 작은 직물은 실크 새틴(1)이고 가장 큰 직물은 실크 브로케이드(4)였는데, 실크 브로케이드(4)의 LPT는 64.84dB로 일상적인 대화정도(60dB)에 근접하는 수준이었다기.

Table 3. Sound characteristics of fabrics

시료	LPT (dB)	음색요인		심리음향적 요인	
		ΔL (dB)	Δf (Hz)	Loudness(Z) (sone)	Sharpness(Z) (acum)
1	36.62	37.65	-9,024	0.68	3.70
2	42.84	38.47	-19,616	0.40	3.72
3	53.80	53.59	-19,904	0.69	2.38
4	64.84	27.42	-7,360	3.76	3.69
5	37.74	37.20	-7,488	0.22	3.70
6	42.74	37.75	-8,752	0.30	3.71
7	56.39	19.11	-2,944	2.40	4.52
8	60.56	31.10	-5,184	2.54	3.60
9	53.80	25.05	-5,104	1.26	5.21

Bold letters mean maximum and minimum values.

음색요인인 ΔL 은 19.11dB(나일론 타프타(7))~53.59dB(실크 다마스크(3))의 분포를 보였고, Δf 는

-19,904Hz(실크 다마스크(3))~-2,944Hz(나일론 타프타(7))의 값을 나타내었다. Δf 는 음향 스펙트럼상에서 최고 음압지점의 주파수값과 최저 음압점의 주파수값의 차이로, 음향 스펙트럼 커브가 모두 저주파 대역에서 최고 음압을 나타냈기 때문에 모든 시료의 Δf 값은 음의 값을 가졌다.

심리음향학적 요인인 loudness[Z]에 있어서는 폴리에스터 새틴(5)이 0.22sone으로 가장 작았는데, 이는 나뭇잎이 살랑거리는 소리(0.2sone)와 비슷하였고, 실크 브로케이드(4)(3.76sone)와 나일론 타프타 2종(7, 8)(2.4sone, 2.54sone)의 loudness[Z]는 나머지 대화소리 정도에 해당하였다[8]. Sharpness[Z]는 실크 다마스크(3)가 2.36acum으로 가장 작고 크레이프(9)가 5.21acum으로 가장 커서 크레이프(9)의 소리가 가장 날카롭게 인지될 것으로 판단되었다. 보통 목관악기의 날카로움이 0.5~2.0acum 정도인 것과 비교할 때 [5], 직물의 마찰음은 이보다 훨씬 더 날카롭게 느껴질 것으로 보였다.

3.2 직물 마찰음에 대한 주관적 감각·감성

각 직물 마찰음에 대한 주관적 감각·감성 평가결과는 Table 4와 같다. 실크 새틴(1)의 소리가 가장 조용하고 유쾌하며 매끄러운 것으로 지각되었고, 이와 대조적으로 실크 브로케이드(4)의 소리는 가장 시끄럽고 탁하며 거칠다고 평가되었다. 한편, 실크 오간자(3)는 가장 부드럽고 맑은 소리로, 그리고 나일론 타프타(8)는 가장 딱딱하고 불쾌하며 둔하다고 인지하였을 뿐만 아니라 실크 브로케이드(4)와 함께 가장 탁하고 거친 것으로 평가되어서 나일론 타프타(8)는 청각적 쾌적성이 좋지 않은 것으로 판단할 수 있다.

주관적 감각·감성 평가치 간의 상호 관련성을 알아 보기 위해 상관관계 분석을 실시한 결과, Table 5와 같이 '부드러움'은 '시끄러움'과 '거침'에 대해 각각 부적 관련성이 높아서 직물의 마찰음이 부드러울수록 조용하고 매끄러운 것으로 인지하였다. '시끄러움'은 '맑음'과는 부적 관련이, 또한 '거침'과는 정적 관련이 있어서 시끄러울수록 탁하고 거칠다고 인지하는 것으로 나타났다. 또한 '맑음'과 '거침' 간에 부적 관련을 보여서 맑을수록 매끄럽다고 지각하였다.

Table 4. Subjective sensation induced by sound of fabric friction

시료	주관적 감각						
	부드러움	시끄러움	유쾌함	날카로움	맑음	거침	높음
1	1.33	-2.67	2.00	0.00	1.00	-2.67	-0.33
2	-1.00	-1.67	1.33	1.33	-1.00	-1.67	-2.67
3	2.33	-1.67	-0.33	0.00	2.67	-1.67	-2.00
4	-2.33	2.67	-1.00	-0.67	-3.00	2.67	1.33
5	2.33	-2.00	0.33	0.67	1.00	-2.00	-2.00
6	0.67	-1.33	0.33	-0.67	1.00	-1.33	-2.67
7	-2.00	1.00	-1.67	2.00	-1.67	1.33	-0.33
8	-3.00	2.00	-2.33	-1.00	-3.00	2.67	-1.33
9	-0.67	-1.33	-2.00	1.00	0.00	1.00	1.67

Bold letters mean maximum and minimum values.

Table 5. Intercorrelation among subjective sensations(n=9)

	부드러움	시끄러움	유쾌함	날카로움	맑음	거침
시끄러움	-0.84*					
유쾌함	0.28	-0.55				
날카로움	0.02	-0.28	0.05			
맑음	0.95*	-0.86*	0.26	0.08		
거침	-0.87*	0.93*	-0.59	-0.17	-0.84*	
높음	-0.41	0.40	-0.01	0.06	-0.39	0.58

* p<0.01

3.3 직물 마찰음에 따른 생리적 반응

각 직물의 마찰음을 제시하면서 측정된 생리적 반응인 뇌파(EEG), 심박변화율(HRV)의 LF/HF, 혈류량(PV), 피부전도수준(SCL)의 변화량을 Table 6에 나타내었다. Slow alpha파는 모든 직물의 마찰음에 대해 출현량이 감소하는 경향이 있었으며, 특히 실크 브로케이드(4)와 나일론 타프타(7, 8)의 소리에 대해서는 출현량이 두드러지게 감소하였다. 이들은 모두 주관적 감각·감성 평가에서 가장 거칠다고 평가된 직물이었다. LF/HF는 실크 브로케이드(4)와 나일론 타프타(7, 8), 크레이프(9) 직물의 마찰음에 대해 증가하고, 나머지 직물의 마찰음에 대해서는 감소를 보였다.

Table 6. Changes of physiological responses induced by sound of fabric friction

시료	생리적 반응			
	뇌파 (EEG)	심박변화율 (HRV)	혈류량 (PV)	피부전기반응 (GSR)
	slow alpha (%)	LF/HF* (-)	PPG** (%)	SCL*** (μS)
1	-0,813	-0,015	0,019	-1,147
2	-0,415	-0,037	-0,002	-1,270
3	-0,515	-0,067	-0,022	-0,925
4	-1,750	0,135	-0,048	0,129
5	-0,188	-0,090	0,144	-1,019
6	-0,430	-0,102	-0,029	-1,242
7	-1,143	0,160	-0,016	-0,828
8	-1,145	0,177	-0,054	-0,686
9	-0,512	0,470	-0,024	-0,494

* low frequency/high frequency of heart rate variability
 ** photoplethysmogram
 *** skin conductance level
 Bold letters mean maximum and minimum values.

혈류량 PV는 폴리에스터 새틴(5)에 대해 가장 크게 증가하였으며, 이와 동일조직인 실크 새틴(1)에 대해서도 약간 증가하였는데, 이 두 직물은 모두 주관적 평가에서 마찰음이 가장 부드럽다고 지각된 직물이었다. 그리고, 피부전도수준 SCL은 실크 브로케이드(4)의 마찰음에 대해서만 증가하였으며, 이 직물의 소리는 앞서 주관적으로도 가장 시끄럽다고 지각되었을 뿐만 아니라 slow alpha파의 출현량을 가장 많이 감소시켰다.

3.4 마찰음의 음향특성에 의한 주관적 감각·감성 예측

직물 마찰음의 음향특성이 주관적 감각·감성과 어떠한 상관성을 갖는지 확인하기 위해 회귀분석을 실시한 결과, Table 7과 같은 회귀식이 도출되었다.

Loudness[Z], LPT와 같은 소리의 크기요인이 마찰음에 대한 주관적 감각·감성을 주로 결정하는 것으로 나타났고, loudness[Z]와 LPT 값이 증가할수록 딱딱하고 불쾌하며 탁하고 시끄럽고 거칠다고 인지하였다. 회귀식에 의하면 loudness[Z] 값이 1.6sone을 넘으면서부터 직물 마찰소리를 시끄럽다고 지각하기 시작하며, LPT가 47dB를 넘어서면 불쾌하다고 지각할

것으로 예측되었다. 한편, ‘날카로움’과 ‘높음’에 대해서는 회귀식이 성립하지 않아 직물 마찰음의 날카로움과 높이에 대한 감각을 더욱 잘 예측할 수 있는 음향특성의 고찰이 필요한 것으로 나타났다.

Table 7. Relationship of sound characteristics with subjective sensations(n=9)

Y	Regression Model	Adjusted R ²
부드러움	Y = -1,28×Loudness[Z]+0,48	0,58
시끄러움	Y = 1,45×Loudness[Z]-2,35	0,88
유쾌함	Y = -0,12×LPT+5,73	0,64
날카로움	No variable met the 0,05 significance level for entry into the model	.
맑음	Y = -1,30×Loudness[Z]+1,43	0,63
거칠	Y = 1,53×Loudness[Z]-2,26	0,80
높음	No variable met the 0,05 significance level for entry into the model	.

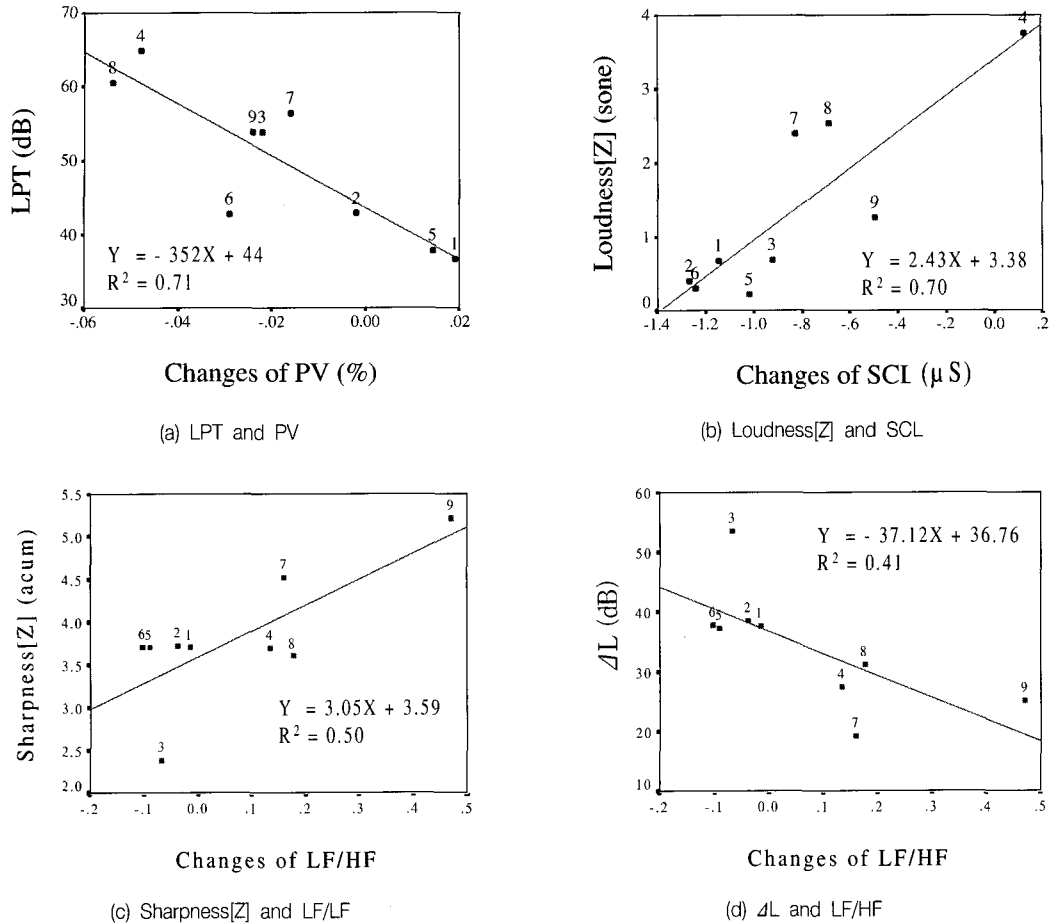
3.5 직물 마찰음의 음향특성과 생리적 반응의 관계

직물 마찰음의 음향특성과 이에 따른 생리적 반응의 관계를 분석하고자 회귀분석을 실시하였으며, 도출된 회귀식은 Table 8과 같다. 이에 따르면 혈류량 PV는 마찰음의 LPT가 증가함에 따라 감소하였으며, 피부전도수준 SCL은 loudness[Z] 값이 클수록 증가하여 피부전기 활동을 증가시켰다. 음향특성 중 sharpness[Z]와 ΔL은 심박률의 LF/HF와 각각 높은 관련을 가져서 마찰음이 날카롭고 ΔL 값이 작아질수록 LF/HF가 증가하였다.

Table 8. Relationship of sound characteristics with physiological responses(n=9)

Y	Regression Model	Adjusted R ²
LPT	Y = -352×PV+44	0,71
Loudness[Z]	Y = 2,43×SCL+3,38	0,70
Sharpness[Z]	Y = 3,05×LF/HF+3,59	0,50
ΔL	Y = -37,12×LF/HF+36,76	0,41
df	No variable met the 0,05 significance level for entry into the model	.

Fig.2 (a)에서와 같이 혈류량과 LPT는 부적 관계를 가져 실크 브로케이드(4)나 나일론 타프타(8)처럼 마



- | | | |
|------------------|-----------------------|------------------------------|
| 1 : silk satin | 4 : silk brocade | 7 : nylon taffeta |
| 2 : silk organza | 5 : polyester satin | 8 : nylon taffeta(pu-coated) |
| 3 : silk damask | 6 : polyester habutae | 9 : acetate/polyester crepe |

Fig. 2. Relationship of sound characteristics with physiological responses

찰음의 LPT가 큰 경우 혈류량의 감소가 많았다. 회귀식에 의하면 LPT가 약 44dB보다 클 때 혈류량이 감소하기 시작하였다.

Fig.2 (b)에서 SCL은 loudness[Z] 값이 커짐에 따라 증가하였으며, 실크 브로케이드(4)를 제외한 다른 직물의 마찰음에 대해서는 SCL이 감소하였고, 특히 실크 새틴(1), 실크 오간자(2), 폴리에스터 하브타에(6) 등의 마찰음에 대해서는 SCL이 오히려 안정 상태시보다 많이 감소하였으며, loudness[Z] 값도 1sone을 넘지 않았다. 회귀식에 따르면 loudness[Z]가 약 3.4sone을 넘으면서부터 SCL이 안정 상태시보다 증가하면서 교감

신경계의 활성화를 반영하였다.

Fig.2 (c)는 LF/HF와 sharpness[Z]의 정적 관계를 보여 주고 있는데, 위 회귀식에 의해 sharpness[Z]가 3.6 acum을 넘으면 LF/HF가 안정 상태시보다 증가하기 시작하였다. 특히 크레이프(9)의 마찰음과 같이 날카로운 소리는 LF/HF를 매우 상승시키므로 청각적 쾌적감을 방해하지 않도록 sharpness(Z)를 통제할 필요가 있다.

Fig.2 (d)는 음색요인인 ΔL과 LF/HF의 부적 관련성을 나타내고 있다. ΔL 값은 마찰음을 FFT 분석한 음향 스펙트럼상에서 최대 음압과 최소 음압 간의 차이에 해당하는 변인으로서 음색에 영향을 미쳐 LF/HF의

감소를 유도하는 것으로 예측된다. 본 연구에서는 ΔL 과 관련이 있는 주관적 감각·감성을 추출하지 못하였으나, 다른 연구(3)에서는 ΔL 이 조용함이나 유쾌함과 정적 관련이 있고 날카로움, 시끄러움과 부적 관련이 있다고 보고된 바 있다. 이와 같이 ΔL 은 대체적으로 안정되고 자극적이지 않은 소리의 특징을 반영하는 것으로 여겨지며, 이러한 특징이 생리적 변인 중에서 LF/HF를 통해 나타난 것으로 판단된다.

3.6 생리적 반응을 이용한 직물 마찰음의 주관적 감각·감성 예측

직물 마찰음에 대한 주관적 평가결과를 생리적 변화량과 비교함으로써 상호간의 관련성을 확인하고, 주관적 감각·감성을 예측할 수 있는 생리적 지표를 탐색하고자 회귀분석을 실시하였다(Table 9). 그 결과 ‘날카로움’을 제외한 6가지 감각·감성에 대해 생리적 반응에 의한 예측식이 성립하였다.

Table 9. Relationship of subjective sensations with physiological responses(n=9)

Y	Regression Model	Adjusted R ²
부드러움	$Y = 2.95 \times \text{slow alpha} + 2.01$	0.46
시끄러움	$Y = -2.35 \times \text{slow alpha} - 34.09 \times \text{PV} - 2.98$	0.84
유쾌함	$Y = 44.82 \times \text{PV} + 0.43$	0.50
날카로움	No variable met the 0.05 significance level for entry into the model	.
맑음	$Y = 3.03 \times \text{slow alpha} + 2.0$	0.52
거침	$Y = -69.02 \times \text{PV} - 1.42$	0.64
높음	$Y = 7.04 \times \text{LF/HF} - 1.42$	0.60

Slow alpha파는 앞서 직물 마찰음 모두에 대해서 안정 상태시보다 감소함을 보였는데, 위 회귀식에 따르면 특히 딱딱하고 시끄러우며 탁하다고 평가할수록 slow alpha파의 감소량은 더욱 컸다. 혈류량 PV의 반응량은 유쾌하고 매끄럽다고 지각할수록 증가하였으며, 마찰음이 높다고 지각할수록 LF/HF는 증가하였다. 또한, 앞에서 언급한 마찰음의 특성과 주관적 평가 간의 관계를 통해 loudness(Z)에 의해 예측되었던 ‘부드러움’, ‘맑음’, ‘시끄러움’, ‘거침’ 가운데에서 ‘거

침’만이 혈류량에 의해 예측되었고, 나머지 감각·감성은 slow alpha파 변화량에 의해 모두 설명되었다. 이러한 결과를 통해 생리적 반응 중 slow alpha파와 혈류량이 직물 마찰음에 대한 감성에 대해 관련이 있는 것으로 추측되었다.

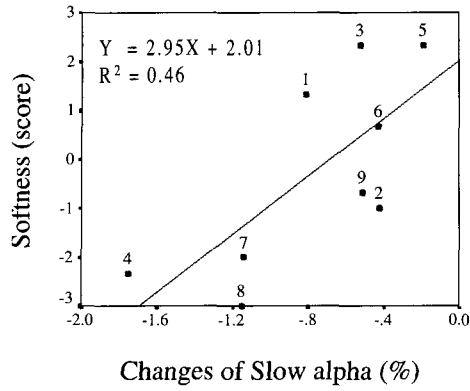
Fig.3 (a)의 회귀 그래프에 의하면 slow alpha파의 상대적 출현량이 약 0.7% 가량 감소하면서부터 ‘부드러움’에 대해 0 이하로 평가하여 마찰음이 거칠다고 느끼는 것으로 나타났다.

Fig.3 (b)의 회귀 그래프에 의하면 직물 마찰음이 시끄럽다고 지각할수록 slow alpha파가 더 크게 감소하였으며, slow alpha파의 출현량이 약 1% 가량 감소하면서 직물 마찰음을 시끄럽다고 지각하기 시작하는 것으로 예측되었다. 특히 실크 브로케이드(4)의 경우, slow alpha파의 감소가 가장 심하게 일어나고 마찰음 또한 가장 시끄럽다고 지각되므로 물리적 성질의 변화를 통한 마찰음의 조절이 요구되었다.

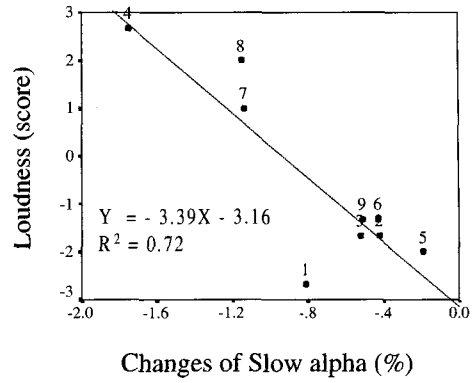
Fig.3 (c)에서는 혈류량 PV가 증가함에 따라 유쾌함이 증가하는 경향을 보이고 있으며, 실크 새틴(1)의 마찰음을 가장 유쾌하게, 실크 브로케이드(4)의 마찰음을 가장 불쾌하게 인지하는 것으로 나타났다. 혈류량 감소가 0.01%를 넘어서면서 마찰음이 불쾌하다고 느끼는 것으로 설명될 수 있다.

Fig.3 (d)는 slow alpha파 출현량이 증가함에 따라 더욱 직물의 마찰음을 맑다고 지각하는 양상을 보이고 있다. 특히, 실크 브로케이드(4), 나일론 타프타(7, 8)와 같이 탁하다고 평정한 소리에 대해서는 slow alpha파의 감소가 더욱 심하였으며, slow alpha파의 감소량이 0.7%를 넘어서면서 직물 마찰음이 탁하다고 지각하는 것으로 판단되었다.

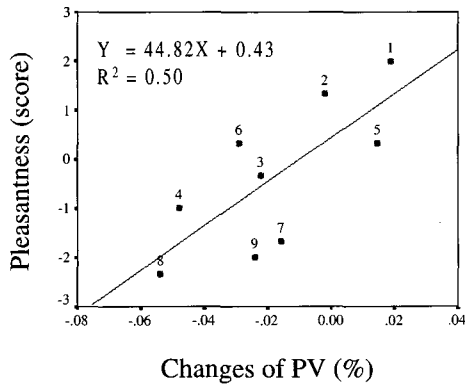
Fig.3 (e)는 혈류량 PV가 감소함에 따라 직물소리가 거칠다고 지각하는 경향을 보인다. 특히, 실크 새틴(1)과 폴리에스터 새틴(5)의 마찰음에 대해서 혈류량은 안정 상태시보다 증가하고 주관적으로 매끄럽다고 지각하였으나, 실크 브로케이드(4)와 나일론 타프타(8)의 마찰음에 대해서는 혈류량이 가장 많이 감소하고 주관적 감각 또한 거칠다고 지각하였다. 회귀식에 의하면 혈류량이 0.02% 가량 감소하면서부터 거칠다고 지각하기 시작하는 것으로 예측된다.



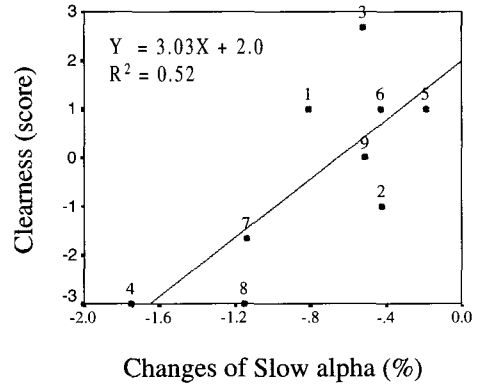
(a) Softness and Slow alpha



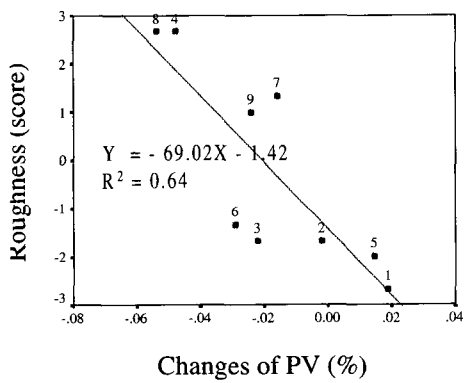
(b) Loudness and Slow alpha



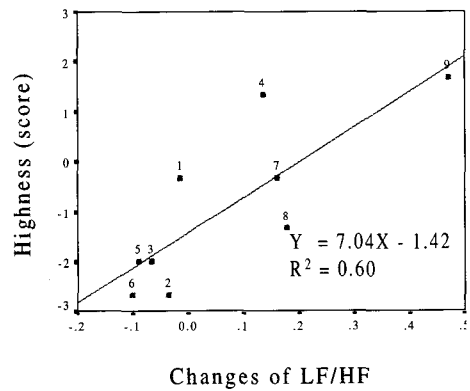
(c) Pleasantness and PV



(d) Cleanness and Slow alpha



(e) Roughness and PV



(f) Highness and LF/HF

- | | | |
|------------------|-----------------------|------------------------------|
| 1 : silk satin | 4 : silk brocade | 7 : nylon taffeta |
| 2 : silk organza | 5 : polyester satin | 8 : nylon taffeta(pu-coated) |
| 3 : silk damask | 6 : polyester habutae | 9 : acetate/polyester crepe |

Fig. 3. Relationship of subjective sensations with physiological responses

Fig.3 (f)에서는 직물 마찰음이 높다고 지각함에 따라 LF/HF가 증가하고 있음을 볼 수 있다. 크레이프(9) 직물의 마찰음에 대해 LF/HF가 가장 두드러지게 증가하였으며, 이 직물의 소리를 가장 높다고 평정하고 있다. 즉, 직물 마찰음이 높을수록 교감신경계의 활동이 더욱 우세해지며, LF/HF가 0.2를 넘어서면서부터 주관적으로 높다고 지각하기 시작하였음을 회귀식을 통해 예측할 수 있다.

이와 같이 생리적 반응과 주관적 감성·감각 간의 관련성을 살펴봄으로써 직물의 마찰음에 의해 유발되는 여러 가지 감성을 예측할 수 있는 생리반응 지표를 얻을 수 있었다.

4. 결 론

본 연구는 직물 마찰음에 반응하여 일어나는 감성의 객관적 분석을 위해 주관적 평가와 생리신호 측정을 병행함으로써 직물 마찰음의 특징이 감성에 미치는 영향력을 정량적으로 파악하였다. 요약 및 결론은 다음과 같다.

1. 직물 마찰음에 대한 주관적 감각 또는 감성은 LPT와 loudness[Z]에 의해 크게 영향 받았으며, LPT와 loudness[Z]가 증가할수록 주관적으로 딱딱하고 불쾌하며 탁하고 시끄럽고 거칠다고 인지하였다. 특히, 직물소리에 대한 유쾌함을 유지하기 위해서는 총 음압 LPT가 약 47dB를 넘지 않는 수준이어야 할 것으로 판단되었다.
2. 직물의 마찰음과 생리적 반응 간의 관계를 보면 LPT가 44dB를 넘으면서 혈류량이 감소하며, loudness[Z]가 3.5sone보다 커지면서부터 SCL이 증가하였다. 한편, sharpness[Z]는 주관적 감각 중 ‘높음’을 설명하는 변인이었던 LF/HF를 상승시키는 변인으로 나타났으며, 3.6acum을 넘으면서 LF/HF가 증가하기 시작하였다.
3. 직물 마찰음에 대한 주관적 평가치를 생리적 반응과 비교한 결과, slow alpha파가 증가할수록 ‘부드러움’과 ‘조용함’, ‘맑음’을 더 높게 인지하였다. 혈류량 PV는 ‘유쾌함’과 ‘매끄러움’을, LF/HF는 ‘높음’

을 각각 반영하는 것으로 나타나서 ‘날카로움’을 제외한 6가지 감각·감성을 각각 예측할 수 있는 생리지표를 도출하였다.

Slow alpha파는 0.7% 가량 감소하면서부터 직물의 마찰음을 거칠고 탁하다고 인지하였으며, 1% 감소하면서 ‘시끄러움’에 대해서도 지각하였다. 혈류량이 0.01% 감소하면서 불쾌함을, 감소량이 0.02%에 이르면서 거칠다고 지각하였다. LF/HF는 안정 상태시보다 0.2 상승하면서부터 높다고 지각하였다.

이상과 같이 본 연구는 인간의 주관적 감성이 생리적 반응을 통해 어떻게 반영되는지를 파악함으로써 직물의 청각적 측면에 대한 감성지표로써 생리적 반응을 사용할 수 있음을 시사하고 있으며, 마찰음의 음향적 특성과 감성 간의 관련성에 대한 본 연구의 결과는 총체적인 의류제품 평가법 구축에 있어서 청각적 측면에 대한 데이터로 활용될과 동시에 소비자의 청각적 욕구를 충족시키기 위한 직물품질 개선에 이용될 수 있다.

참고문헌

- [1] 김정화, Shimizu, Y.(1998), 미래사회에서의 감성공학, 섬유기술과 산업, 2(4), 470-478.
- [2] 손진훈, 이임갑, 최상섭, Sokahadze, E.(1998), 청각감성 측정기술 및 DB개발에 관한 연구, 과학기술부 특정연구개발사업 연구보고서.
- [3] 조길수·이은주·조자영(2000), 직물의 소리와 촉감이 주관적 감각에 미치는 영향—한·미 문화간 비교, 감성과학, 3(1), 41-52.
- [4] Cho, G. and Casali, J. G.(1999), Sensory Evaluation of Fabric Sound and Touch by Free Modulus Magnitude Estimation, the 5th Proceedings of Asian Textile Conferences, 307-310.
- [5] Goad, P.(1991), Sharpness Measurements for Musical Instrument Timbers, Journal of Acoustic society of America, 60, 1270-1277.
- [6] Kroemer, K. H. E., Kroemer, H. B., and Kroemer, K. E.(1994), Ergonomics: How to

- Design for Ease & Efficiency, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.
- [7] Rossing, T. D.(1982), The Science of Sound, in Addison-Wesley Series in Physics, Addison-Wesley, Inc..
- [8] Schiffman, H. R.(1976), Sensation and Perception : An Integrated Approach, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [9] Yi, E. and Cho, G.(2000), Fabric Sound Parameters and Their Relationship with Mechanical Properties, *Textile Res. J.*, 70(9), 828—836.
- [10] Yi, E. and Cho, G.(2000), Fabric Sound Classification by Autoregressive Parameters, *J. Text. Inst.*, 91, Part 1, No. 2.
- [11] Yi, E. and Cho, G.(2000), Relationship between Fabric Sound Parameters and Subjective Sensation, *Proceedings of International Sensibility Ergonomics Symposium*, 138—143.
- [12] Zwicker, E. and Fastl, H.(1999), *Psychoacoustics—Facts and models*, 2nd edition, Springer-Verlag.