

슈트용 직물의 스치는 소리와 물성간의 관계

조길수 · 이은주

연세대학교 생활과학대학 의류환경학과
서울 서대문구 신촌동 134

Relationship between Rustling Sounds and Physical Properties of Suiting Fabrics

Gilsoo Cho, Eunjou Yi

Dept. of Clothing & Textiles, College of Human Ecology,
Yonsei University, 134 Shinchon-Dong, Sudaemun-Gu, Seoul, Korea
E-mail : gscho@bubble.yonsei.ac.kr

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the relationship between sound color and physical properties of suiting fabrics. Rustling sounds of 23 suiting fabrics by sound generator developed for this study were recorded and analysed through FFT analysis. Three sound color factor (ΔL , Δf , LPT) were obtained.

Physical properties of specimens were measured by KES-FB. Level range (L) showed significant correlation with tensile resilience (RT) and thickness (T). Frequency difference (Δf) showed significant correlation with tensile linearity (LT), shear properties (G, 2HG, 2HG5), compressional energy (WC), and weight (W). Total sound pressure (LPT) showed significant correlation with elongation at maximum load (EM), tensile linearity (LY), and tensile energy (WT). By stepwise regression LPT was found to be explained by EM, MIU, RC, LT significantly.

1. 서론

의류소재로서 감성 소재란 인간의 오감, 즉 시

각과 후각, 촉각, 청각을 만족시켜 기존의 신체적 안전성과 생리적 쾌적성 외에 심리적·감각적 쾌적성을 갖춘 소재를 말한다[1]. 이중직물의 촉감과 시각에 대해서 가장 활발히 연구되어 왔으나, 청각과 관련한 속성은 그다지 주목받아지지 못하였다. David 등[2]은 용도별로 직물을 분류하는 데에 직물 소리의 강도가 직물 평가시의 미있는 변인이 될 수 있다고 지적하였다. 나아가 직물의 청각 속성은 감각적 쾌적 소재의 개발에 한 요소가 될 수 있다. 직물의 감성특성은 주로 직물의 물리적 성질에 의존하며, 직물 소리의 특성은 직물 표면의 마찰성, 거칠기, 및 전단강성과 굽힘강성 등의 물리적 성질과 관련되는 것으로 보고되고 있다[3]. 그러나 직물 소리의 특성과 물리적 성질 간의 관계를 정량적으로 고찰한 연구는 찾아볼 수 없다.

일반적으로 소리의 주관적 특성으로 크기 (loudness)와 높이 (pitch), 음색 (sound color)을 논하고 있다[4]. 직물이 서로 스치는 소리는 착용자의 청각에 호소하는 일종의 감성적 요인이므로, 직물 소리의 음색에 주목해야 할 필요가 있다. 음색이란 듣는 사람이 똑같은 높이와 크기로 제시된 두 개의 소리를 같지 않다고 판단할 수 있는 청각적 특성이다[5]. 직물로부터 발생하는 음색은 음향의 파형과 주파수 위치, 음압의 분포 등에 의하여 영향을 받으나 이를 측정하는 단일 방법은 존재하지 않는 것으로 보고된다[6]. 단 음향 파형의 기본 형태들을 바탕으로 음색을 대변할 수 있는 여러 요인들이 모색되고 있다[7].

슈트는 공식적인 상황에서 주로 착용되며, 착

용자의 슈트로부터 인지될 수 있는 감성적 속성은 착용자뿐 아니라 주변 사람들의 심리적 쾌감 및 불쾌감에 영향을 미칠 수 있다. 이에 본 연구에서는 슈트용 직물을 대상으로 직물이 스치는 소리를 재현하여 이를 녹음하고, FFT 분석으로 얻은 음향 스펙트럼을 기초로 음색을 정량화할 수 있는 요인을 모색하여, 음색 요인과 KES system에 의해 측정된 직물의 물리적 성질 간의 관계를 고찰하고자 한다.

II. 실험

1. 시료

시판 쇼트용 직물 23종을 시료로 하였다. 각 시료의 특성은 Table 1과 같다.

2. 소리 녹음

Figure 1과 같이 직물 소리 발생 장치를 제작하여 각 시료가 스치는 소리를 발생하게 하였다. 동일한 종류의 직물 2장을 시료로 하여 이동 피이프(G)에 연결된 시료(A)가 하중(F)에 의해 오른쪽 방향으로 이동시 원통에 감긴 시료(B)와 마찰하면서 소리가 발생한다. 이때 에어 실린더 안의 오일의 흐름에 의하여 시료(A)의 가속 이동을 억제하고 정속(1.2m/min)이동을 유지시키게 된다. 직물의 소리는 무향실(loudness of background noise = 10dB, cutoff frequency = 63Hz)에서 고성능 마이크로폰(Type 4145, B&K)을 통하여 DAT Recorder(TEAC RD-145T)로 녹음하였다. 녹음된 소리는 FFT analyser(Model 35670A, HP)를 이용하여 $\Delta f = 16\text{Hz}$, $f_{\text{max}} = 25,600\text{Hz}$ 의 조건으로 주파수 분석을 실시하였다.

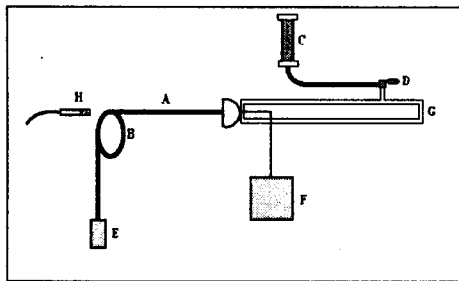


Figure 1. Diagram of Sound Generator

3. 음색의 정량화

본 연구에서는 Figure 2에 제시된 와 같이 직물 소리의 스펙트럼을 바탕으로 세가지 음색 요인

Table 1. Characteristics of Specimens

Specimen	Fiber Component	Yarn Type	Construction	Thickness (mm)	Weight (g/m ²)	Fabric Name
1	wool 100%	staple	twill	0.44	192.4	Worsted
2	wool 100%	staple	plain	0.46	232.4	Saxony
3	wool 75% rayon 21% polyester 5%	staple	plain	0.65	217.6	Herringbone twill
4	wool 92% silk 8%	staple	twill	0.27	149.5	Serge
5	wool 100%	staple	plain	0.68	405.2	Doeskin
6	wool 100%	staple	twill	0.53	232.0	Flannel
7	wool 100%	staple	twill	0.62	244.3	Gabardine
8	wool 100%	staple	plain	0.28	154.6	Tropical
9	wool 100%	staple	plain	0.37	203.4	Hairline
10	acetate 53% polyester 47%	staple	plain	0.60	236.3	Crepe fabric
11	polyester 100%	filament	twill	0.57	235.8	//
12	polyester 78% rayon 22%	staple	plain	0.49	190.7	//
13	polyester 52% acetate 48%	staple	plain	0.64	242.0	//
14	acetate 53% polyester 47%	staple	twill	0.48	210.2	Satin
15	acetate 58% polyester 41% rayon 1%	filament	plain	0.47	220.4	Stripe fabric
16	acetate 71% polyester 29%	staple	twill	0.55	202.0	Crepe fabric
17	polyester 100%	filament	twill	0.27	123.2	Peach skin
18	polyester 100%	staple	twill	0.30	142.8	Peach skin
19	polyester 97% polyurethane 3%	filament	twill	0.63	273.0	Satin
20	rayon 59% polyester 41%	filament	plain	0.47	142.4	Crepe fabric
21	polyester 100%	filament	plain	0.58	223.4	//
22	polyester 100%	staple	plain	0.48	141.1	//
23	polyester 100%	staple	twill	0.43	261.7	Peach skin

A: Specimen A
B: Specimen B
C: Air Cylinder
D: Valve
E: Load(500g)
F: Load(5kg)
G: Movable Pipe
H: Microphone

의 정량화를 시도하였다.

(1) ΔL : max. amplitude(dB₂) - min. amplitude(dB₁)

스펙트럼에 나타난 전체 파형에서 최고 음압과 최저 음압 간의 차이. (단위 dB)

(2) Δf : frequency at max. amplitude

- frequency at min. amplitude,
최고 음압과 최저 음압에 각각 해당하는 두 주파수 간의 차이. (단위 Hz)

(3) LPT : Level Pressure of Total Sound
(단위 dB)

$$LPT = 10 \log_{10} \frac{BL_1}{10} + \dots + \frac{BL_n}{10}$$

BL : Broadband Level

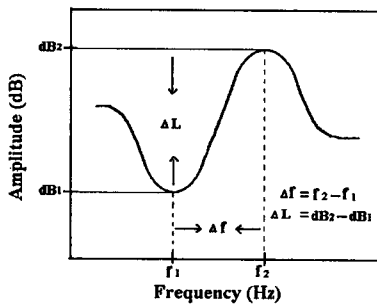


Figure 2. Sound Color Factors

4. KES 물성 평가

시료의 역학적 성질은 KES-FB system(Kato Tech, Ltd.Co)[8]을 사용하여, 표준계측조건하에서 인장, 굽힘, 전단, 압축, 표면특성 및 두께와 중량의 6항목에 대해 17개 특성을 측정하였다.

5. 통계분석

음색 요인과 KES 물리적 성질 간의 관계를 파악하기 위하여 상관관계(Pearson's Correlation)분석과 단계적 회귀(Stepwise Regression)분석을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 슈트용 직물의 음향 스펙트럼

FFT 분석을 통하여 얻은 각 시료의 음향 스펙트럼을 Figure 3에 제시하였다. 슈트용 직물의 소리는 약 0~20,000Hz의 주파수 범위와 약 -5~45dB의 음압 범위를 보였다.

2. 슈트용 직물의 음색 요인

슈트용 직물 23종의 소리로부터 정량화한 세가지 음색 요인의 값을 Table 2에 제시하였다. ΔL는 9.78~33.10dB의

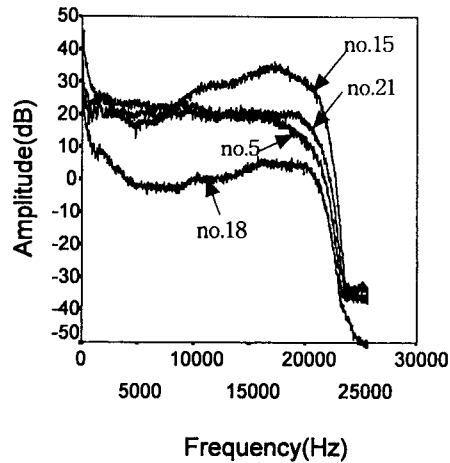


Figure 3. Sound Spectrum of Selected Specimens

범위를 나타내었다. ΔL이 가장 작은 시료 no.21은 Figure 3에서도 알 수 있듯이 스펙트럼의 형태가 완만함을 알 수 있다. 시료 no.18은 ΔL 값이 가장 높는데, 이는

Table 2. Three Sound Color Factors

Specimen No.	ΔL (dB)	Δf (Hz)	LPT (dB)
1	31.54	5936	52.57
2	20.63	4688	54.77
3	16.20	4416	47.36
4	26.89	5920	55.58
5	20.98	19808	52.64
6	19.75	4032	54.10
7	21.31	4576	48.24
8	31.35	6816	48.13
9	26.32	4992	53.31
10	23.82	4960	53.53
11	29.67	4672	50.91
12	24.51	4448	44.45
13	21.61	4624	55.69
14	27.58	4496	42.97
15	33.08	4608	60.73
16	23.05	4512	51.09
17	24.81	6432	49.05
18	33.10	5696	37.41
19	26.73	4672	57.09
20	20.68	4528	45.95
21	9.78	-912	51.20
22	25.00	4288	46.74
23	19.66	3856	45.86

Table 3. Physical Properties of Specimens

Physical Properties Specimen No.	Tensile Properties				Bending Properties		Shear Properties			Compressional Properties			Surface Properties			Thickness	Weight
	EM (%)	LT	WT (gfc/cm ²)	RT (%)	B (gfc/cm ² /m)	2HB (gfc/cm ² /m)	G (gt/cm, degree)	2HG (gt/cm)	2HG5 (gt/cm)	LC	WC (gfc/cm ²)	RC (%)	MIU	MMD	SMD (micron)	T (mm)	W (mg/cm ²)
1	6.95	0.64	11.01	62.33	0.08	0.03	0.54	0.81	1.50	0.37	0.20	53.43	0.40	0.006	0.94	0.44	19.24
2	6.46	0.63	10.07	60.06	0.09	0.03	0.56	0.54	1.31	0.34	0.17	62.21	0.30	0.003	0.56	0.46	23.24
3	18.60	0.73	35.74	37.61	0.06	0.02	0.32	0.37	0.66	0.46	0.23	65.25	0.51	0.007	2.11	0.65	21.76
4	8.69	0.64	13.77	63.67	0.04	0.01	0.53	0.35	1.16	0.34	0.09	61.46	0.25	0.003	0.54	0.27	14.95
5	9.55	0.58	13.60	51.65	M	M	0.94	2.19	3.16	0.51	1.82	46.81	0.54	0.003	0.93	0.68	40.52
6	10.84	0.69	18.43	49.02	0.09	0.05	0.71	1.11	1.81	0.35	0.36	60.61	0.28	0.003	0.64	0.53	23.20
7	7.72	0.69	13.11	54.39	0.10	0.04	0.40	0.58	1.00	0.38	0.22	60.45	0.33	0.003	1.37	0.62	24.43
8	5.38	0.75	9.92	67.15	0.06	0.02	0.96	0.56	1.99	0.35	0.07	61.76	0.27	0.004	1.35	0.28	15.46
9	10.64	0.67	17.72	51.97	0.06	0.02	0.49	0.67	1.23	0.36	0.13	58.39	0.30	0.004	1.15	0.37	20.34
10	9.82	0.70	17.13	44.60	0.11	0.06	0.35	0.55	1.08	0.50	0.13	45.38	0.44	0.013	0.99	0.60	23.63
11	5.54	0.65	8.97	51.78	0.07	0.04	0.41	0.68	1.47	0.47	0.21	42.40	0.49	0.012	2.62	0.57	23.58
12	8.16	0.78	15.73	47.47	0.04	0.03	0.47	0.60	1.25	0.51	0.12	53.60	0.37	0.012	1.85	0.49	19.07
13	9.42	0.77	17.95	44.89	0.14	0.08	0.36	0.59	1.15	0.53	0.13	46.92	0.36	0.008	0.75	0.64	24.20
14	5.29	0.68	9.09	50.00	0.06	0.03	0.40	0.63	1.47	0.52	0.11	43.48	0.48	0.004	0.70	0.48	21.02
15	15.97	0.72	27.91	41.99	0.05	0.03	0.75	1.19	2.71	0.51	0.09	43.96	0.32	0.003	0.50	0.47	22.04
16	9.18	0.71	16.05	47.61	0.05	0.02	0.30	0.44	0.80	0.52	0.12	53.28	0.39	0.005	1.79	0.55	20.20
17	4.18	0.76	7.50	56.80	0.09	0.05	0.74	1.31	3.11	0.40	0.15	44.23	0.44	0.003	0.24	0.27	12.32
18	3.81	0.76	7.11	58.29	0.07	0.05	0.39	0.73	1.49	0.42	0.12	41.80	0.57	0.004	0.26	0.30	14.28
19	26.33	0.60	35.62	50.33	0.06	0.04	0.59	0.89	1.92	0.81	0.25	66.67	0.55	0.006	1.39	0.63	27.30
20	7.87	0.68	13.31	44.60	0.05	0.02	0.35	0.52	0.96	0.50	0.17	52.94	0.52	0.008	2.56	0.47	14.24
21	10.82	0.71	19.11	45.43	0.04	0.01	0.32	0.45	0.89	0.55	0.24	53.85	0.47	0.010	2.15	0.58	22.34
22	4.88	0.70	8.43	52.66	0.05	0.01	0.35	0.48	0.96	0.51	0.11	49.53	0.34	0.005	1.17	0.48	14.11
23	2.93	0.71	5.19	53.75	0.11	0.09	0.78	2.19	4.22	0.35	0.17	42.26	0.41	0.003	0.31	0.43	26.17

M means missing values due to excessive thickness

저주파대의 음압은 30~40dB까지 위치 하나 고주파수대에서는 0dB에 가까운 낮은 음압을 보여서 최고 음압과 최저 음압 간의 차이가 커지는데에 기인하다. 시료들의 Δf 값은 -912~19808Hz의 범위를 보였다. 이중 대부분의 시료가 4,000Hz 안팎의 값을 보이는 반면 시료 no.5는 19808Hz로 가장 높은 Δf 값을 나타내었는데, 이는 음향 스펙트럼에서 가장 높은 음압은 5000Hz 이하의 저주파수대에서, 가장 낮은 음압은 20,000Hz 부근의 고주파수대에서 나타나기 때문이다. 시료 no.21번의 Δf 값은 -912로 음의 값을 보이는데, 이는 시료 no.21 이 다른 시료와 달리 최고 음압이 고주파수대에, 최저 음압이 저주파수대에 위치하고 있는 특성을 지니고 있기 때문이다. 총음압 LPT의 값은 37.41~60.73dB의 분포를 보이고 있다. 총음압이 가장 큰 시료는 no.15로서

Figure 3에서 알 수 있듯이 다른 시료에 비해 저주파수대뿐 아니라 고주파수대에서도 비교적 높은 음압을 유지하고 있음을 알 수 있다. LPT 값이 가장 낮은 시료는 no. 18로서 저주파수대를 제외한 전 주파수대에 걸쳐 다른 시료들보다 매우 낮은 음압 분포를 나타내고 있다.

3. 슈트용 직물의 음색과 물리적 성질간의 관계

KES system에 의해 측정된 시료의 물성치를 Table 3에 제시하였다. 시료의 17개 물리적 성질과 3가지 음색 요인 간의 상관관계를 분석한 결과는 Table 4와 같다. ΔL은 인장회복성(RT)와 유의적인 정적 상관관계를, 두께(T)와 유의적인 부적 상관관계를 보이는 것으로 나타났다.

Table 4. Correlation Coefficients between Sound Color Factors and Physical Properties

	ΔL	Δf	LPT
EM			
LT	-0.133	-0.076	0.534**
WT	0.011	-0.443*	
RT	-0.199	-0.144	-0.414*
B	0.454*	0.195	0.482*
2HB	-0.118	0.171	-0.117
G	-0.014	0.119	0.127
2HG	0.240	0.556**	-0.021
2HG5	-0.023	0.564**	0.241
LC	0.147	0.417*	0.064
WC	-0.072	0.067	0.121
RC	-0.220	-0.036	0.283
MIU	-0.254	0.863**	-0.388
MMD	-0.105	0.195	0.088
SMD	-0.226	-0.274	-0.106
T	-0.307	-0.218	0.262
W	-0.499*	0.100	0.363
	-0.309	0.526**	

* means $p < .05$ ** means $p < .01$

이는 인장 변형 후 회복력이 클수록 음압의 차이가 큼을 의미하는데, 직물이 서로 마찰되면서 다소의 인장변형이 일어날 때 이에 대한 회복력이 큰 직물일수록 주파수별 음압의 차이가 크게 생기는 것으로 해석할 수 있다. Δf 는 전단강성(G)와 전단이력(2HG, 2HG5), 압축에너지(WC), 무게(W)와 각각 유의적인 정적 상관관계를 나타내었다. 이는 전단방향으로의 변형에 대한 저항이 크고 회복되는 정도가 작으며, 부피감이 큰 직물일수록 Δf 가 커

짐을 의미한다. LPT는 최대 하중시 신장성(EM)과 인장에너지(WT)와는 유의적인 정적 상관관계를, 인장 성형성(LT)과

는 유의적인 부적 상관관계를 나타내었다. 그러나 이들 상관관계는 그다지 높게 나타나지 않은 것으로 보다 분석적인 관계 분석이 요구된다. ΔL 과 Δf , LPT와 17개 물리적 성질 간의 관계를 단계별 회귀(Stepwise Regression) 분석분석법에 의해 고찰하였다(Table 5). ΔL 에 대해서는 압축에너지(WC)만이 회귀식에 선택되는 것으로 나타났다($R^2=0.252$, $p < .05$). Δf 에 대해서는 두께(T)만이 회귀식에 선택되는 것으로 나타났다($R^2=0.263$, $p < .05$). ΔL 와 Δf 에 대하여 직물의 물리적 성질의 설명력이 그다지 높지 않은 것으로 보아 KES system에 의한 물성 외에 ΔL 와 Δf 를 설명할 수 있는 물리적 성질을 규명해야할 것으로 보인다. LPT에 대해서는 최대하중시 신장성(EM)과 표면의 마찰계수(MIU), 압축회복성(RC), 인장선형성(LT)가 최종적으로 회귀식에 포함되는 것으로 나타났다($R^2=0.786$, $p < .01$). 세가지 음색 요인 중 LPT에 대한 직물 물성의 설명력이 $R^2=0.786$ 으로 가장 높음을 알 수 있다. 직물의 소리에 대한 총음압 LPT는 직물 물성 EM과 MIU, RC, LT에 대해 주로 설명될 수 있으며, 이중 표면의 마찰계수(MIU)의 영향력이 가장 큰 것으로 해석할 수 있다.

IV. 결론

1. 슈트 직물의 음향 스펙트럼은 0~20,000Hz의 주파수범위와 -5~45dB의 음압 분포를 나타내었다.

2. ΔL 은 직물의 인장 회복력과 두께와 유의적인 상관관계를, Δf 는 직물의 인장

Table 5. Stepwise Regression Analysis Results

Dependent Variables	Predictor Variables (in order entered)	R	B	F	R ²	Regression Equation
ΔL	WC	0.502	-41.796	6.743*	0.252	$\Delta L = -41.796WC + 31.236$
Δf	T	0.513	-6119.590	7.143*	0.263	$\Delta f = -6119.590T + 7590.966$
LPT	EM MIU RC LT	0.887	0.840 -42.404 -0.335 -40.215	15.619**	0.786	$LPT = 0.840EM - 42.404MIU - 0.335RC - 40.215LT$

* means $p < .05$ ** means $p < .01$

선형성과 전단성질, 압축에너지, 무게와 유의적인 상관관계를 보이며, LPT는 최대하중시 신장성, 인장 선형성, 인장 에너지와 유의적인 상관관계를 보이는 것으로 나타났다.

3. 세 가지 음색 요인과 직물의 물리적 성질 간의 단계별 회귀관계에서 LPT가 물리적 성질(EM, MIU, RC, LT)에 의해 가장 잘 설명되는 것으로 나타나서 직물의 물리적 성질에 의해 직물 소리의 LPT 값을 예측할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 한국섬유기술연구소, "쾌적·건강, 특수가공 및 감성소재", 1994.
- [2] H. G. David, A. E. Steam, and E. F. Denby, "The Subjective Assessment of Handle", in 'Proceedings of Third Japan-Australia Symposium on Objective Measurement: Applications to Product Design and Process Control, Kyoto, 1985', edited by Kawabata, S., Postle, R., and Niwa, M., Textile Machinery Society of Japan, Osaka, Japan, 1986.
- [3] D. P. Bishop, "Fabrics: Sensory and Mechanical Properties", Textile Progress, Vol.26, No.3, The Textile Institute, 1996.
- [4] T. D. Rossing, "The Science of Sound", in Addison-Wesley Series in Physics, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1982.
- [5] David M. Howard, and James Angus, "Acoustics and Psychoacoustics", Focal Press, Oxford, BK, 1996.
- [6] John H. Pierce, "The Science of Musical Sound", in Scientific American Books, W. H. Freeman and Company, New York, 1983.
- [7] Wayne Slawson, "Sound Color", University of California Press, California, 1985.
- [8] S. Kawabata, "The Standardization and Analysis of Hand Evaluation", The Textile Machinery Society of Japan, Osaka, Tiger Printing Co. Ltd., Japan, 1980.