

슈트용 직물의 스치는 소리와 물성간의 관계 Relationship between Rustling Sounds and Physical Properties of Suiting Fabrics

조길수* 이은주*
Gilsoo Cho, Eunjou Yi

요약 슈트용 직물을 대상으로 직물이 스치는 소리를 재현하여 이를 녹음하고 FFT 분석을 통하여 얻은 음향 스펙트럼을 기초로 음색을 정량화할 수 있는 요인을 개발하여, 음색 요인과 KES system에 의해 측정된 직물의 물리적 성질 간의 관계를 고찰하고자 하였다. 직물 소리의 음향 스펙트럼을 기초로 하여 최고 음압과 최저 음압의 차이인 ΔL 과 최고와 최저 음압에 해당하는 주파수 간 차이인 Δf , 총음압 LPT의 세가지 요인을 음색 요인으로 정하여 각 직물의 음색 요인 값을 추출하였고, KES를 이용하여 각 직물의 17개 물리적 성질의 수치를 구하였다. 세 가지 음색 요인과 직물의 물리적 성질 간의 상관관계에서 ΔL 은 직물의 인장 회복력과 두께와 유의적인 상관관계를, Δf 는 직물의 인장 선형성과 전단성질, 압축에너지, 무게와 유의적인 상관관계를 보이며, LPT는 최대하중시 신장성, 인장 선형성, 인장 에너지와 유의적인 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. 세 가지 음색 요인과 직물의 물리적 성질 간의 단계별 회귀관계에서는 LPT가 직물의 물리적 성질(EM, MIU, RC, LT)에 의해 가장 잘 설명되는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과를 바탕으로 본 연구에서 시도한 정량화된 음색은 직물의 물리적 성질과 유의한 관계를 가짐을 확인하였다.

I. 서 론

21세기 소비자 특성에 호응하기 위한 산업의 주된 방향은 인간의 감성을 만족시키는 제품의 개발이다. 이는 소비자의 감성욕구(1) 추구에 호응하기 위함이며, 의류 제품 또한 지금까지의 일차적인 기능성 부여에서 벗어나, 신체적·심리적 즐거움을 부여할 수 있는 제품 개발이 서둘러지고 있다. 특히 1980년대부터 일본을 중심으로 고기능성과 부드러운 촉감을 함께 갖춘 신타입(Shingosen)의 생산이 활발해지면서, 이러한 감성소재의 개발은 국내외 의류소재 연구의 필수 조건이 되고 있다.

감성(Sensibility in English, Kansei in Japanese pronunciation)이란 외부세계로부터 유용한 정보를 추출하여, 우리 환경에 응용, 또는 전환시

키는 능력을 말하는데(2), 기술의 발달과 생활수준의 향상으로 인하여 모든 제품에 있어서 인간의 감성을 만족시키는 제품이 요구되기 시작하였다. 이러한 소비자의 욕구에 의해 감성공학이 등장하게 되었는데, 감성공학이란 인간의 감성에 대한 정보를 이용하여 모든 사람의 편안하고 쾌적하며 만족스러운 삶을 위한 제품이나 환경을 개발해가는 전 과정(3)이라고 할 수 있다.

의류소재로서 감성 소재란 인간의 오감, 즉 시각과 후각, 촉각, 청각을 만족시켜 기존의 신체적 안전성과 생리적 쾌적성 외에 심리적·감각적 쾌적성을 갖춘 소재를 말한다(4). 이중 의류소재인 직물의 촉감과 시각에 대해서 가장 활발히 연구되어 왔는데, Kawabata(5)를 중심으로 하여 직물의 시각적, 촉각적 관능량인 태(Hand)를 객관적으로 수량화할 수 있는 체계인 KES(Kawabata Evaluation System)가 제안되어 수많은 보고(6,7,8)를 통해 직물 용도에 따른 태의 특성 및 직물의 역학 특성이 직물의 태에 미치는 영향

* 연세대학교 의류환경학과
E-mail : gscho@bubble.yonsei.ac.kr

에 대해 고찰된 바가 대표적인 예이다.

지금까지 직물의 감성적 기능 중 청각과 관련한 속성은 그다지 주목받아오지 못하였다. 직물이 서로 스치며 발생하는 소리는 의복의 외관 측면에서 중요한 문제가 되지 않을 수도 있으나, 의복소재를 종합적으로 평가할 때 중요한 역할을 할 수 있다. David 등(9)은 직물 평가 용어의 개발을 위한 연구에서 용도별로 직물을 분류하는 데에 직물의 청각적 요소, 즉 직물이 서로 스쳐서 나는 소리의 강도가 의미있는 변인이 될 수 있다고 지적하였다. 실제로 실크와 같은 여성 드레스용 직물을 평가할 때에는 직물이 내는 소리의 질이 비중있는 요소가 되며, 야전용 군복과 같은 특수 용도에서는 직물이 내는 소리가 치명적인 단점이 될 수 있다(10). 따라서 직물의 소리는 의류 소재의 감성적 기능 개발이라는 측면에서 연구되어야 할 중요한 특성이다.

Fukuhara(11)와 Fujimoto(12)는 천연 견직물과 유사 견직물이 스치는 소리를 각각 녹음하여 이들의 음향 파형을 비교하였는데, 두 직물의 음향 파형이 비슷한 형태를 보이는 것은 두 직물의 구성 섬유가 모두 삼각단면(trilobal)을 지니고 있기 때문이라고 보고하였다.

직물의 감성특성은 직물의 물리적 또는 역학적 성질에 의존하는 것으로 알려져 있으며, 직물로부터 발생하는 소리의 특성은 직물표면의 마찰성, 거칠기, 및 전단강성과 굽힘강성 등의 역학적 성질과 관련되는 것으로 보고되고 있다(10). 청각적 기능성을 부여한 섬유제품의 개발을 위해서는 이러한 직물의 역학적 성질들과 직물로부터 발생하는 소리 간의 관계를 체계적으로 파악하는 것이 필요하다. 그러나 직물 소리의 특성과 직물물성 간의 관계를 정량적으로 고찰한 연구는 찾아볼 수 없다.

일반적으로 소리의 주관적 특성으로 소리의 크기(loudness)와 높이(pitch), 음색(sound color)을 논하고 있다(12). 이들 특성들은 측정가능한 몇몇 물리적 요인들에 의해 좌우된다고 보고(13)되는데, 소리의 크기는 음압(amplitude)에, 소리의 높이는 주파수(frequency)에 의해 각각 좌우된다. 소리의 음압과 주파수의 분포는 FFT(Fast Fourier Transform) 분석을 통하여 얻을 수 있는 음향 스펙트럼을 바탕으로 고찰할 수 있다. 선행연구(14)에서는 직물들이 스치는 소리로부터 얻은 음향 스펙트럼을 특성화할 수 있는 통계적 파라미터를 추출하여 이들 특성 파라미터와 직물물성과의 관계를 살펴보고자 하였다. 그러나 이들 파라미터는 소리의 크기와 높이를 주로 설명하는 것으로 보여졌다. 이에 청각적 효과를 부여하여 감각적 쾌적성을

지닌 섬유제품을 개발하기 위해서는 직물 소리의 음색 특성을 규명할 필요가 있다.

음색(sound color)이란 듣는 사람이 똑같은 높이와 크기로 제시된 두 개의 소리를 같지 않다고 판단해 낼 수 있는 청각적 특성이다(15). 직물이 서로 스치는 소리는 착용자의 청각에 호소하는 일종의 감성적 요인이므로, 직물의 소리로부터 얻을 수 있는 음색(sound color)에 주목해야 할 필요가 있다. 직물로부터 발생하는 음색은 음향의 파형과 주파수 위치, 음압의 분포 등에 의하여 영향을 받으나 이를 측정하는 단일 방법은 존재하지 않는 것으로 보고된다(16). 단 음향 파형의 기본 형태들을 바탕으로 음색을 대변할 수 있는 여러 요인들을 모색하고 이를 수치화하려는 시도가 있었다(17).

직물 소리의 음색은 특히 직물의 최종 용도에 따라 그 특성을 파악할 필요가 있다. 슈트는 공식적인 상황에서 주로 착용되며, 착용자의 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 분석을 통하여 얻은 음향 스펙트럼을 기초로 음색을 정량화할 수 있는 요인을 개발하여, 음색 요인과 KES에 의해 측정된 직물의 물리적 성질 간의 관계를 고찰하고자 한다.

II. 실험

1. 시료

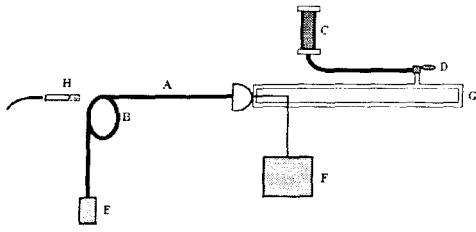
시판 슈트용 직물 23종을 시료로 하였다. 각 시료의 특성은 Table 1과 같다.

2. 소리 녹음

선행 연구(14)에서 사용한 직물 소리 발생 장치를 이용하여 각 시료가 스치는 소리를 발생하게 하였다. 직물 소리 발생 장치의 도식은 Figure 1에 제시하였다. 동일한 종류의 직물 A와 B를, 각각 A는 이동 파이프(G)에 연결시켰으며, B는 원통의 둘레에 감아 고정시켰다. 이때 두 직물의 걸면과 걸면이 서로 스치게 하였으며 시료의 크기는 A가 15×75cm, B가 15×20cm로 하였다. 이동 파이프는 에어실린더(C)의 작용에 의해 수평이동할 수 있으며, 파이프의 이동에 의하여 직물 A와 B가 서로 마찰되면서 스치는 소리가 발생한다. 각 하중(E, F)은 파이프 이동시 가속을 억제하여 정속(1.2m/min)을 유지시키기 위해 부여하였다.

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



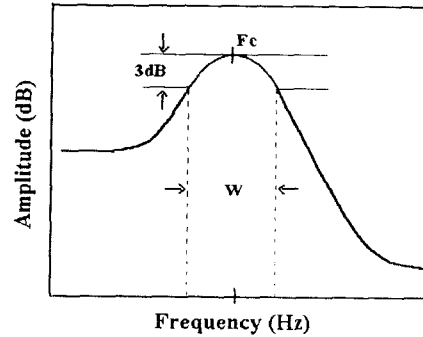
- A: Specimen A
- B: Specimen B
- C: Air Cylinder
- D: Valve
- E: Load(500g)
- F: Load(5kg)
- G: Movable Pipe
- H: Microphone

Figure 1. Diagram of Sound Generator¹⁴⁾

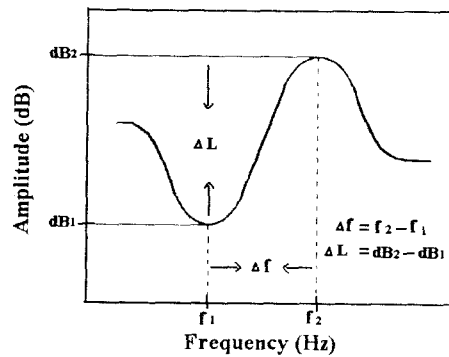
소리 녹음은 무향실(loudness of background noise = 10dB, cutoff frequency = 63Hz)에서 실시하였다. 두 직물이 스치는 지점으로부터 1.5cm 떨어진 위치에 고성능 마이크로폰(Type 4145, B&K)을 설치하였다. 마찰음을 마이크로폰을 통하여 DAT Recorder(TEAC RD-145T)로 녹음하였다. 녹음전 113.6dB and 1KHz의 수준에서 Calibration data를 얻었다. 녹음된 소리는 FFT analyzer(Model 35670A, HP)를 이용하여 $\Delta f = 16\text{Hz}$, $f_{\text{max}} = 25,600\text{Hz}$ 의 조건으로 주파수 분석을 실시하였다.

3. 음색의 정량화

Figure 2(a)에 제시된 바와 같이 Slawson [17]은 단순 공진자의 음향 스펙트럼의 음색을 정량화하고자 하였다. 음색은 F_c 와 W 의 두가지 정량화된 요인으로 설명되는데, F_c 는 음향 스펙트럼의 가장 높은 음압(amplitude)에 해당되는 주파수(frequency)의 값이며, W 는 그 음압으로부터 3dB 낮은 음압에 해당되는 양쪽 주파수 간의 차이이다. 본 연구에서는 이를 바탕으로 각 시료로부터 얻은 음향 스펙트럼에서 100~20,000Hz 범위의 영역에 한하여, Figure 2(b)와 같은 방법에 의하여 3가지 요인으로 직물 소리의 정량화를 시도하였다.



(a) F_c and W in simple resonator¹⁷⁾



(b) ΔL and Δf in sound spectrum

Figure 2. Sound Color Factors

- (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

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

BL : Broadband Level

Table 2. Physical Parameters of KES-FB

Blocked Properties	Symbols	Characteristics Value	Unit	System
Tensile Properties	EM LT WT RT	Elongation at Maximum Load Tensile linearity Tensile energy Resilience	% - gf cm/cm ² %	KES-FB1
Bending Properties	B 2HB	Bending rigidity Hysteresis of bending moment	gf cm ² /cm gf cm ² /cm	KES-FB2
Shearing Properties	G 2HG 2HG5	Shear stiffness Hysteresis of shear force at $\phi=0.5^\circ$ Hysteresis of shear force at $\phi=5^\circ$	gf/ cmdegree gf / cm gf / cm	KES-FB1
Compressional Properties	LC WC RC	Linearity of compression Compressional energy Compressional resilience	- gf cm/cm ² %	KES-FB3
Surface Properties	MIU MMD SMD	Coefficient of friction Mean deviation of MIU Geometrical roughness	- - micron	KES-FB4
Weight & Thickness	W T	Weight per unit area Thickness at 0.5 gf/cm ²	mg/ cm ² mm	Balance. KES-FB3

4. KES 물성 평가

시료의 역학적 성질은 KES-FB (Kato Tech. Ltd.Co)[14]를 사용하여 표준계측조건에서 계측하여, Table 2에 제시된 바와 같이 인장, 굽힘, 전단, 압축, 표면특성 및 두께와 중량의 6항목에 대해 17개 특성을 측정하였다.

5. 통계분석

시료의 음향 스펙트럼으로부터 산출한 음색 요인과 KES로 측정된 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

23종의 슈트용 직물이 스치는 소리를 녹음한 후 FFT 분석을 통하여 얻은 음향 스펙트럼을 Figure 3~8에 제시하였다. 슈트용 직물의 소리는 약 0~20,000Hz의 주파수 범위를 보이며, 각 주파수에 따른 음압은 약 -5~45dB의 범위를 나타내었다. 시료 모두 1,000Hz 이하의 주파수 영역에서 더 높은 음압의 분포를 보이며, 음압의 기록이 다소 나타남을 알 수 있었다.

2. 슈트용 직물의 음색 요인

슈트용 직물 23종의 소리로부터 정량화한 세가지 음색 요인의 값을 Table 3에 제시하였다. 최고 음압과 최저 음압 간의 차이인 ΔL 는 9.78~33.10dB의 범위를 나타내었다. ΔL 이 가장 작은 시료 no.21은 Figure 8에서도 알 수 있듯이 스펙트럼의 형태가 가장 기록이 덜하고 평탄함을 알 수 있다. 시료 no.18은 ΔL 값이 가장 높는데, 이는 Figure 7에서 알 수 있듯이 약

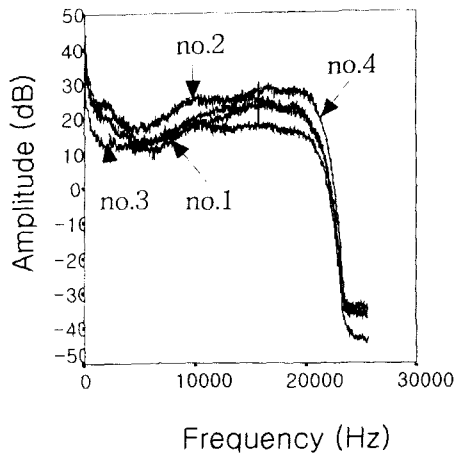


Figure 3. Sound Spectra of Specimen no.1~4

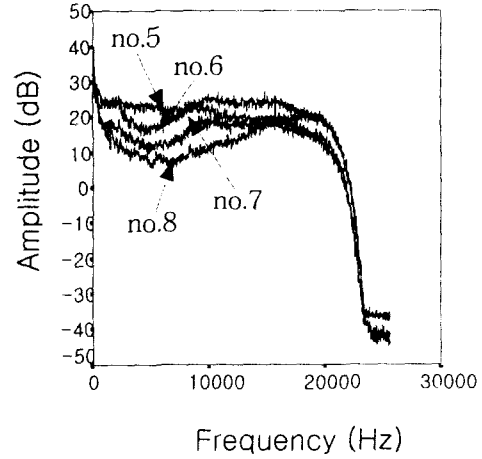


Figure 4. Sound Spectra of Specimen no.5~8

Table 3. Three Sound Color Factors of Specimens

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

5,000Hz 이하의 저주파대의 음압은 30~40dB까지

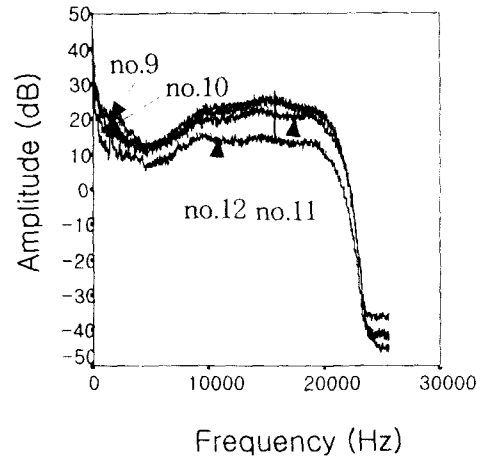


Figure 5. Sound Spectra of Specimen no.9~12

위치하나 10,000Hz 이상의 주파수대에서는 0dB에 가까운 낮은 음압을 보여서 최고 음압과 최저 음압간의 차이가 커지는데에 기인하다.

최고음압과 최저 음압이 위치하는 양 주파수 간의 차이인 Δf 값은 -912~19808Hz의 범위를 보이는 것을 알 수 있다. 이중 대부분의 시료가 4,000Hz 안팎의 값을 보이는 반면 시료 no.5는 19808Hz로 가장 높은 Δf

Table 4. Physical Properties of Specimens

Physical Properties Specimen No.	Tensile Properties				Bending Properties		Shear Properties			Compressional Properties			Surface Properties			Thickness	Weight
	EM	LT	WT	RT	B	2HB	G	2HG	2HG5	LC	WC	RC	MTU	MMD	SMD	T	W
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	0.36	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	0.05	0.35	0.55	1.08	0.50	0.13	45.38	0.44	0.003	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	0.002	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	0.002	1.85	0.49	19.07
13	9.42	0.77	17.95	44.89	0.14	0.08	0.36	0.39	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	0.38	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 data due to excessive fabric thickness

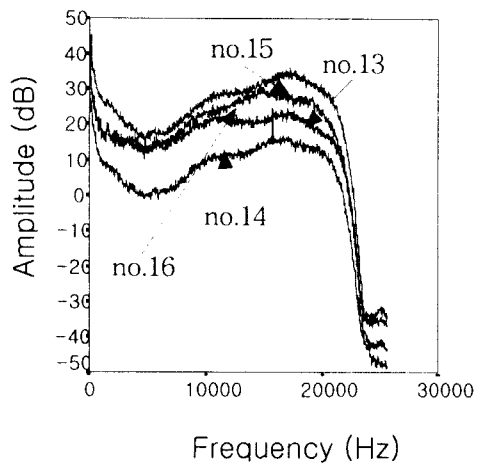


Figure 6. Sound Spectra of Specimen no.13~16

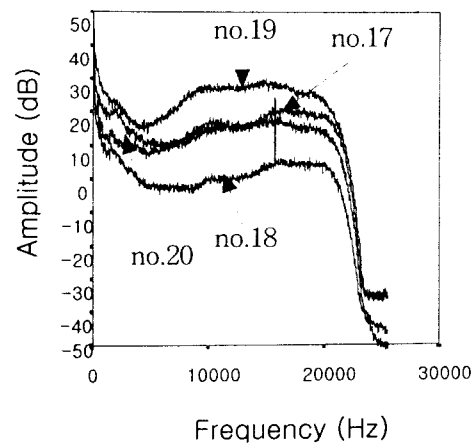


Figure 7. Sound Spectra of Specimen no.17~20

Table 5. Correlation Coefficients between Sound Color Factors and Physical Properties

	ΔL	Δf	LPT
EM	-0.133	-0.076	0.534**
LT	0.011	-0.443*	-0.414*
WT	-0.199	-0.144	0.482*
RT	0.454*	0.195	
B	-0.118	0.171	-0.117
2HB	-0.014	0.119	0.127
G	0.240	0.556**	-0.021
2HG	-0.023	0.564**	0.241
2HG5	0.147	0.417*	0.064
LC	-0.072	-0.036	0.067
WC	-0.220	0.863**	0.160
RC	-0.254	-0.140	0.121
MIU	-0.105	0.195	0.283
MMD	-0.226	-0.274	-0.388
SMD	-0.307	-0.218	0.088
T	-0.499*	0.100	-0.106
W	-0.309	0.526**	0.262
			0.363

* means $p < .05$

** means $p < .01$

값을 나타내었는데, 이는 Figure 4에 제시되었듯이 시료 no.5의 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 Figure 8에서 알 수 있듯이 시료 no.21 이 다른 시료와 달리 음압의 분포가 고르고 평탄하고 최고 음압이 고주파수대에, 최저 음압이 저주파수대에 위치하고 있기 때문이다.

총음압 LPT의 값은 37.41~60.73dB의 분포를 보이고 있다. 이는 실내에서의 대화소리에 해당하는 소리의 크기[13]로서 직물로부터 발생하는 소리가 인간의 감성에 미치는 영향을 간과할 수 없을 의미하고 있다. 총음압이 가장 큰 시료는 no.15로서 Figure 6에서 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

KES에 의해 측정된 시료의 물성치를 Table 4에 제

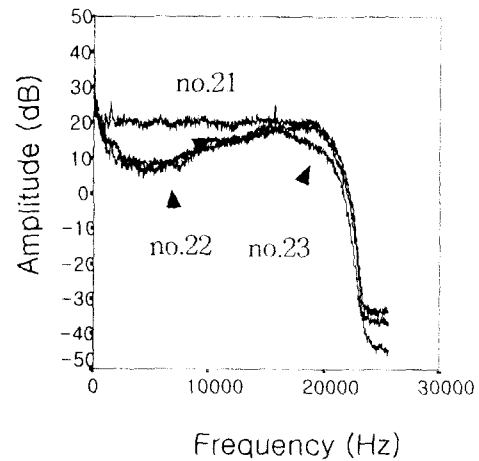


Figure 8. Sound Spectra of Specimen no.21~23

시하였다. 시료의 17개 물리적 성질과 3가지 음색 요인간의 상관관계를 분석한 결과는 Table 5와 같다. ΔL 은 인장회복성(RT)와 유의적인 정적 상관관계를, 두께(T)와 유의적인 부정 상관관계를 보이는 것으로 나타

Table 6. 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	ΔL = -41.796WC + 31.236
Δf	T	0.513	-6119.590	7.143*	0.263	Δf = -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

났다. RT는 인장 변형에 대한 직물의 회복성으로서 RT가 클수록 ΔL값이 큼을 알 수 있다. 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.

Δf는 전단강성(G)와 전단이력(2HG, 2HG5), 압축 에너지(WC), 무게(W)와 각각 유의적인 정적 상관관계를 나타내었다. 이는 전단방향으로의 변형에 대한 저항이 크고 회복되는 정도가 작으며, 부피감이 큰 직물일수록 Δf가 커짐을 의미하는데, 즉 저주파수대의 높은 음압에 비하여 최저 음압의 주파수는 훨씬 높음을 알 수 있다.

LPT는 최대 하중시 신장성(EM)과 인장에너지(WT)와는 유의적인 정적 상관관계를, 인장 성형성(LT)과는 유의적인 부적 상관관계를 나타내었다. 이는 직물의 인장변형이 용이할수록 직물 소리의 전체적인 크기가 커짐을 의미한다.

ΔL과 Δf, LPT와 17개 물리적 성질 간의 관계를 단계별 회귀(Stepwise Regression) 분석법에 의해 고찰하였다. ΔL에 대해서는 압축에너지(WC)만이 회귀식에 선택되는 것으로 나타났다(R²=0.252, p<.05). Δf에 대해서는 무게(T)만이 회귀식에 선택되는 것으로 나타났다(R²=0.263, p<.05). ΔL와 Δf에 대하여 직물의 물리적 성질의 설명력이 그다지 높지 않은 것으로 보아 KES system에 의한 물성 외에 ΔL와 Δf를 설명할 수 있는 물리적 성질을 규명해야할 것으로 보인다.

LPT에 대해서는 최대하중시 신장성(EM)과 표면의 마찰계수(MIU), 압축회복성(RC), 인장 선형성(LT)가 최종적으로 회귀식에 포함되는 것으로 나타났다(R²=0.786, p<.01). 세가지 음색 요인 중 LPT에 대한 직물 물성의 설명력이 R²=0.786으로 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

본 연구에서는 슈트용 직물을 대상으로 직물이 스치는 소리를 녹음하여 얻은 음향 스펙트럼에 기초한 직물 소리의 음색 3가지 요인을 정량화를 시도하고, 음색 요인과 KES에 의해 측정된 직물의 물리적 성질 간의 관계를 고찰하고자 하였다.

1. 슈트 직물의 음향 스펙트럼은 0~20,000Hz의 주파수범위와 -5~45dB의 음압 분포를 보이며, 대체로 저주파수대의 음압이 높고 기복이 있으며, 고주파수대의 음압은 낮고 기복이 완만한 경향을 나타내었다.
2. 세 가지 음색 요인과 직물의 물리적 성질 간의 상관관계에서 ΔL은 직물의 인장 회복력과 무게와 유의적인 상관관계를, Δf는 직물의 인장 선형성과 전단성질, 압축에너지, 무게와 유의적인 상관관계를 보이며, LPT는 최대하중시 신장성, 인장 선형

성, 인장 에너지와 유의적인 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. 특히 상관관계의 유의성이 높은 Δf 와 물리적 성질 간의 관계에서 전단방향으로의 변형에 대한 저항이 크고 회복되는 정도가 작으며, 부피감이 큰 직물일수록 Δf 가 커져서 전체적인 음색에 변화를 보일 것으로 기대된다.

3. 세 가지 음색 요인과 직물의 물리적 성질 간의 단계별 회귀관계에서 LPT가 물리적 성질에 의해 가장 잘 설명되는 것으로 나타나서 직물의 물리적 성질에 의해 직물 소리의 LPT 값을 예측할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 직물이 스치는 소리의 특성 중 음색에 대하여 정량화를 시도하고 직물 소리의 음색과 직물 물성 간의 관계를 고찰하여 직물 물성과 음색간의 관계에 대한 기초 데이터를 제공한 데에 의의가 있다. 이를 바탕으로 직물 물성의 조절을 통하여 직물 소리의 음색을 설계하고 나아가 청각적 효과를 지닌 감성적 의류 제품 개발에 도움이 될 것으로 기대된다. 앞으로는 KES 물성 외에 음색을 설명할 수 있는 보다 많은 물성을 규명하고 이를 다른 용도의 직물로 확대 적용시키는 연구가 필요하다. 또한 주관적 실험을 병행하여, 정량화된 음색요인과 주관적 음색 지각 간의 관계를 규명해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 이구형, "감성공학과 감성공학을 응용한 섬유제품 개발", 섬유기술과 산업, 한국섬유공학회, Vol.1, No.3, 1997.
- [2] Yoshio Shimizu, "Kansei and Kansei Engineering", in Sense-Receptive Design and Its Application to Textiles, Textile Research Center, KITECH, 1996.
- [3] Koo-Hyoung Lee, "Sensibility Ergonomics and Its Application for Developing High-Culture Products", in Sense-Receptive Design and Its Application to Textiles, Textile Research Center, KITECH, 1996.
- [4] 한국섬유기술연구소, "쾌적·건강, 특수가공 및 감성소재", 1994.
- [5] S. Kawabata, "The Standadization and Analysis of Hand Evaluation", The Textile Machinery Society of Japan, Osaka, Tiger Printing Co. Ltd., Japan, 1980.
- [6] M. Matsudaira, "Measurement of Mechanical Properties of Thin-Dress Fabrics for Hand Evaluation", Journal of the Textile Machinery Society of Japan, Vol.31, No.3, 1985.
- [7] A. E. Stearn, "A Statistical Analysis of Subjective and Objective Methods of Evaluating Fabric Handle : Part 1 : Analysis of Subjective Assessments", Journal of the Textile Machinery Society of Japan, Vol.34, No.1, 1988.
- [8] P. R. Lord, "Assessment of the Tactile Properties of Woven Fabrics Made from Various Types of Staple-fibre Yarn", Journal of Textile Institute, No.1, 1988.
- [9] 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.
- [10] D. P. Bishop, "Fabrics: Sensory and Mechanical Properties", Textile Progress, Vol.26, No.3, The Textile Institute, 1996.
- [11] Mototada Fukuhara, "Innovation in Polyester Fibers: From Silk-Like to New Polyester", Textile Research Journal, Vol. 63, pp.387-391, 1993.
- [12] M. Fujimoto, "Measurement of Rustling Sounds of Silk and Polyester Fabrics", Sen-i Kikai Gakkaishi, Vol. 39, pp.371-377, 1986.
- [13] T. D. Rossing, "The Science of Sound", in Addison-Wesley Series in Physics, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1982.
- [14] 이은주, 조길수, "직물이 스치는 소리의 특징 파라미터 직물의 역학적 성질간의 관계", 한국섬유공학회사, Vol. 36, No. 5, 1999.

- [15] David M. Howard, and James Angus, "Acoustics and Psychoacoustics", Focal Press, Oxford, BK, 1996.
- [16] John H. Pierce, "The Science of Musical Sound", in Scientific American Books, W. H. Freeman and Company, New York, 1983.
- [17] Wayne Slawson, "Sound Color", University of California Press, California, 1985.

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, Sudeamun-Ku, Seoul, 120-749, Korea

Abstract This study was carried out to quantify the sound color of rustling sound of suiting fabrics and investigate the relationship between sound color factors and physical properties of suiting fabrics. 23 fabrics for suiting selected as specimens. Fabric sounds generated by sound generator designed for this study were recorded and analysed through FFT analysis into sound spectrum. Three sound color factors, ΔL , Δf , LPT were calculated from forms of sound spectrum of each fabric. Physical properties of fabrics were measured by KES system. Relationship between sound color factors and physical properties of fabrics analysed by use of correlation coefficients and stepwise regression. Δf showed mainly significant correlation with physical properties(LT, G, 2HG, 2HG5, WC,W) and LPT were revealed to be explained by EM, MIU, RC, LT.