

직물의 소리가 주관적 감각에 미치는 영향

조길수¹ · John G. Casali²

¹ 연세대학교 생활과학대학 의류환경학과, 서울 서대문구 신촌동 134

² Dept. of Industrial and Systems Engineering, Virginia Tech, Blacksburg, VA.

Effect of Fabric Sound on Subjective Sensation

Gilsoo Cho¹ · John G. Casali²

¹Dept. of Clothing & Textiles, Yonsei University,

134 Shinchon-Dong, Sudaemun-Gu, Seoul, Korea

E-mail : gscho@bubble.yonsei.ac.kr, jgcasali@vt.edu

ABSTRACT

This study was carried out to evaluate human subjective sensation for fabric rustling sounds and predict the sensation with quantified sound color measurements and mechanical properties of fabrics. Thirty subjects at Virginia Tech were asked to evaluate seven sound sensation descriptors by semantic differential scale after hearing eight different fabric sounds. Sound measurements were quantified by calculating total sound pressure(LPT), level range(ΔL), and frequency difference (Δf). Mechanical properties of fabrics were measured by KES-FB. Subjective sensation for fabric sound showed significant differences among fabrics except clearness sensation. Subjective sensation predicted by sound measurements showed well fitted regression equation with ΔL and LPT. Sharpness, clearness, and highness were significantly related with mechanical properties of fabrics. All sensation was found to be predicted with sound measurements LPT and Δf and mechanical properties such as LT, 2HG5, WC, T, and W.

1. 서 론

직물의 감성적 품질을 객관적 측정 도구를 이용하여 예측하고 제품생산에 활용하는 일은 섬유 및 의류 분야에서 지난 몇 십년간

중요한 과제로 주목받아왔다. FOM (Fabric Objective Measurement) 즉 직물의 감성 특성 및 품질을 예측하기 위하여 직물을 객관적으로 측정하는 일은 직물과 의복의 품질 인식에 기여하는 물리적 성질들을 정량적으로 측정, 평가하는 데에 그 궁극적 목표가 있다[1].

시각과 촉각을 중심으로 하는 직물의 태평가는 KES-FB[2]를 비롯하여 여러 측정 도구들이 개발되어 많은 연구 성과를 얻었다. 그러나 청각을 만족시키는 소리는 직물의 품질 평가에 기여할 수 있음에도 불구하고 연구가 이루어지지 못했다. 직물의 소리는 직물을 보지 못하는 상황에서 직물의 품질을 예측하는 데에 결정적인 역할을 할 수 있다. 또한 착용 상황과 의복의 최종 용도에 따라 직물 소리의 특성은 그 착용자 및 주변인들의 감각적 쾌적성에 영향을 미칠 수 있다. 직물의 감각적 특성은 직물의 물리적 자극치에 의해 결정되므로 직물소리에 대한 주관적 평가가 직물의 물리적 성질에 의해 어떻게 결정되는지 파악하는 것이 필요하다. 또한 소리에 대한 주관적 감각은 소리의 크기, 높이뿐 아니라 음색에 의해 결정[3]되므로 이들을 직물소리에 대한 주관적 감각을 예측하는 시스템 구축에 물리적 변인으로 함께 고려하는 것이 필요하다.

이에 본 연구에서는 의류용 직물을 대상으로 이들 직물의 소리를 녹음한 후, 소리자극에 대한 인간의 주관적 감각평가를 실시하여 정량화 된 직물 소리의 요인과 직물의 물리적 성질로부터 주관적 감각을 예측하는 회귀식을 제시하고자 하였다.

II. 실험

1. 피험자

미국 Virginia Tech에 재학 중인 남녀 대학생 30명을 대상으로 하였으며, 연령 범위는 18~26세 이었다.

2. 직물 소리 자극

직물 8종의 소리를 자극물로 사용하였다. 사용된 직물의 특성은 Table 1과 같다.

직물의 소리는 직물의 스치는 소리를 객관적으로 재현하기 위하여 선행연구[4]에서 제작한 직물소리 발생장치를 사용하여 녹음한 후 자극물로 사용하였다.

3. 직물소리에 대한 주관적 평가

3-1. Screening Test

Screening Test는 청력평가와 귀의 건강상태 조사로 구성하였다. 청력평가는 무향실에 헤드폰을 착용한 피험자를 앉게 한 후 Audiometer를 이용하여 매우 낮은 강도의 순음들을 들려 주는 방식으로 진행되었다. 무향실 밖에서 피험자의 역치(threshold)를 확인한 후 20dB 이상의 역치를 가지는 피험자는 대상에서 제외시켰다. 건강상태는 autoscope를 사용하여 피험자의 양 귀를 육안으로 확인하여 이상 유무를 가려내었다.

3-2. 실험 절차

Screening Test를 통과한 피험자를 대상으로 8종의 소리를 computer를 녹음된 이용하여 들려주고 설문지에 응답하도록 하였다. 소리의 크기, 재연시간 등은 동일하게 통제하였다. 설문지의 문항은 소리의 감각과 관련된 7 항목 (Table 2)에 대하여 의미분별척도의 형식으로 구성하여 서로 반대 의미의 형용사 쌍에 -3에서 +3까지의 스케일에 답하도록 하였다. 직물소리는 난수표를 이용하여 각 피험자마다 다른 순서로 제시되었다.

4. 직물 음색 정량화

FFT analyser(Model 35670A, HP)로 주파수물 소리 요인을 다음과 같이 계산하였다.

(1) Level Range(ΔL), dB :

$$\text{max. amplitude(dB2)} - \text{min. amplitude(dB1)}$$

(2) Frequency Difference(Δf), Hz :

frequency at max. amplitude

- frequency at min. amplitude,

(3) Total Sound Pressure(LPT), dB :

$$10 \log 10 \frac{BL_1}{10} + \dots + \frac{BL_n}{10}$$

BL : Broadband Level

Table 1. Characteristics of Fabrics

Fabric Number	Fiber Content	Yarn Type	Fabric Construction/ Name	End-use
F1	Wool	Staple	Plain/Worsted	Suit
F2	Wool	Staple	Plain/Woolen	Suit
F3	Polyester	Staple	Twill/Ultra-suede	Suit
F4	Polyester	Staple	Leno/Leno	Suit
F5	Silk	Filament	Satin/Satin	Blouse
F6	Polyester	Filament	Twill/Surah	Sportswear
F7	Polyester	Filament	Plain/Taffeta	Sportswear
F8	Flax	Staple	Plain/Beaten	Upholstery

Table 2. Adjective Descriptors for Semantic Differential Scale

adjective descriptors	
-3	+3
harsh	soft
quiet	loud
unpleasant	pleasant
dull	sharp
obscure	clear
smooth	rough
low	high

5. 직물의 물리적 성질 측정

직물의 물리적 성질은 KES-FB[2]를 이용하여 인장, 굽힘, 전단, 압축, 표면특성과 두께 및 중량의 17개 특성을 측정하였다.

6. 통계분석

각 직물별 주관적 감각의 차이를 검정하기 위하여 ANOVA와 Duncan's multiple range test를 실시하였다. 직물소리의 요인과 직물의 물리적 성질로부터 주관적 감각을 예측하기 위해 단계적 회귀분석(Stepwise Regression)을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 직물 소리

직물의 소리요인을 계산한 결과 Table 3과 같다. 방수방풍직물인 폴리에스터 태피터 직물이 가장 높은 LPT값 (62.10 dB)을 보였으며, 폴리에스터 울트라스웨이드 직물인 F3가 가장 낮은 LPT값 (37.41 dB)을 보였다. ΔL 값은 실크직물인 F5가 가장 높아서 최고 음압과 최저 음압 간의 차이가 가장 큰 것으로 나타났으며, 폴리에스터 레노 직물인 F4가 가장 낮았다. Δf 값은 F4 직물(-912 Hz)과 F7직물(-14,144 Hz)이 음의 값을 보여서 스펙트럼의 커브 경사가 왼쪽으로 내려가는 형태임을 알 수 있으며, 방모 직물 F2와 마직물 F8이 가장 높은 양의 값을 보여서 커브 경사가 오른쪽으로 내려감을 알 수 있었다.

Table 3. Parameters for Sound Quantification

Fabrics	LPT (dB)	ΔL (dB)	Δf (Hz)
F1	54.77	20.63	4,688
F2	52.64	20.98	19,808
F3	37.41	33.10	5,696
F4	51.20	9.78	-912
F5	49.27	50.35	7,408
F6	59.69	41.41	19,172
F7	62.10	13.78	-14,144
F8	46.81	30.44	19,808

2. 직물의 물리적 성질

KES-FB로 측정한 각 직물의 물리적 성질 값은 Table 4와 같다. 실크 필라멘트 직물인 F5는 가장 얇고 가벼우며 전단방향으로의 변형이 용이했다. F2는 가장 두껍고 무거우며 전단 방향으로의 변형이 어려웠다.

Table 4. Mechanical Properties by KES Measurements

Fabric Number	EM (%)	LT	WT (gf.cm/cm ²)	RT (%)	G (gf/cm.deg)	2HG (gf/cm)	2HG5 (gf/cm)	WC (gf.cm/cm ²)	T (mm)	W (mg/cm ²)
F1	6.46	0.63	10.07	60.06	0.56	0.81	1.50	0.20	0.46	23.24
F2	8.82	0.58	13.13	56.07	0.94	2.19	3.16	1.82	0.68	40.52
F3	3.81	0.76	9.11	58.29	0.39	0.73	1.49	0.12	0.30	14.28
F4	10.82	0.71	19.11	45.43	0.32	0.45	0.89	0.24	0.58	22.34
F5	13.07	0.48	15.61	50.65	0.21	0.05	0.22	0.08	0.18	6.51
F6	3.44	0.73	6.25	55.90	0.31	0.51	1.19	0.11	0.25	12.91
F7	4.00	0.65	6.45	64.52	0.87	1.59	2.54	0.07	0.28	16.35
F8	2.20	0.80	4.34	43.50	0.59	0.65	2.93	0.18	0.40	15.95

3. 주관적 감각

3-1. 주관적 감각 평가

의미분별 척도에 의해 평가한 각 직물의 소리감각 평균점수의 차이를 검정한 결과를 Table 5에 각각 제시하였다. 7개 소리감각 항목 중 clearness를 제외한 모든 항목에 있어서 각 직물별로 의미있는 차이가 나타났다 ($p < .01$). 모직물인 F1과 F2는 제조공정이 다름에도 불구하고 모든 감각에서 매우 유사한 점수를 나타내었다. 그러나 네가지 폴리에스터 직물들(F3, F4, F6, F7)은 유사성을 보이지 않았다. softness에서 F3은 다른 세 직물에 비해 1.60의 높은 점수를 보였다. loudness는 F3가 -1.87의 낮은 점수를 받은 반면, 다른 세 직물은 1.13~1.87의 높은 점수를 받았다. pleasantness에서 울트라스웨이드는 가장 높은 점수를 얻었으며, 태피터 직물은 가장 낮은 점수를 얻었다. 이들 4종의 폴리에스터 직물들은 sharpness와 clearness에서 각각 비슷한 점수를 나타내었으나, roughness와 highness에서는 울트라스웨이드가 각각 -0.50와 -1.30으로 점수가 가장 낮았으며, highness 항목에 있어서 수리가 가장 높은 양의 점수를 보였다.

4. 직물소리 요인과 주관적 감각간의 관계

직물소리의 요인으로 직물 소리에 대한 주관적 감각을 예측하고자 단계적 회귀분석을 실시한 결과는 Table 6과 같다. 모든 주관적 감각에 있어서 직물 소리 요인 level range (ΔL)와 total sound pressure(LPT)가 의미 있는 예측 변인으로 포함되었다($p < .05$). 항목별 경향을 살펴보면, ΔL 은 softness와 pleasantness에는 정적 영향을, loudness와 roughness, sharpness에는 부정 영향을 미칠 수 있었다. 즉 스펙트럼의 커브가 깊

III. 결과 및 고찰

1. 직물 소리

직물의 소리요인을 계산한 결과 Table 3과 같다. 방수방풍직물인 폴리에스터 태피터 직물이 가장 높은 LPT값 (62.10 dB)을 보였으며, 폴리에스터 울트라스웨이드 직물인 F3가 가장 낮은 LPT값 (37.41 dB)을 보였다. ΔL값은 실크직물인 F5가 가장 높아서 최고 음압과 최저 음압 간의 차이가 가장 큰 것으로 나타났으며, 폴리에스터 레노 직물인 F4가 가장 낮았다. Δf값은 F4 직물(-912 Hz)과 F7직물(-14,144 Hz)이 음의 값을 보여서 스펙트럼의 커브 경사가 왼쪽으로 내려가는 형태임을 알 수 있으며, 방모 직물 F2와 마직물 F8이 가장 높은 양의 값을 보여서 커브 경사가 오른쪽으로 내려감을 알 수 있었다.

Table 3. Parameters for Sound Quantification

Fabrics	LPT (dB)	ΔL (dB)	Δf (Hz)
F1	54.77	20.63	4,688
F2	52.64	20.98	19,808
F3	37.41	33.10	5,696
F4	51.20	9.78	-912
F5	49.27	50.35	7,408
F6	59.69	41.41	19,172
F7	62.10	13.78	-14,144
F8	46.81	30.44	19,808

2. 직물의 물리적 성질

KES-FB로 측정한 각 직물의 물리적 성질 값은 Table 4와 같다. 실크 필라멘트 직물인 F5는 가장 얇고 가벼우며 전단방향으로의 변형이 용이했다. F2는 가장 두껍고 무거우며 전단 방향으로의 변형이 어려웠다.

Table 4. Mechanical Properties by KES Measurements

Fabric Number	EM (%)	LT	WT (gf.cm/cm ²)	RT (%)	G (gf/cm.deg)	2HG (gf/cm)	2HG5 (gf/cm)	WC (gf.cm/cm ²)	T (mm)	W (mg/cm ²)
F1	6.46	0.63	10.07	60.06	0.56	0.81	1.50	0.20	0.46	23.24
F2	8.82	0.58	13.13	56.07	0.94	2.19	3.16	1.82	0.68	40.52
F3	3.81	0.76	9.11	58.29	0.39	0.73	1.49	0.12	0.30	14.28
F4	10.82	0.71	19.11	45.43	0.32	0.45	0.89	0.24	0.58	22.34
F5	13.07	0.48	15.61	50.65	0.21	0.05	0.22	0.08	0.18	6.51
F6	3.44	0.73	6.25	55.90	0.31	0.51	1.19	0.11	0.25	12.91
F7	4.00	0.65	6.45	64.52	0.87	1.59	2.54	0.07	0.28	16.35
F8	2.20	0.80	4.34	43.50	0.59	0.65	2.93	0.18	0.40	15.95

3. 주관적 감각

3-1. 주관적 감각 평가

의미분별 척도에 의해 평가한 각 직물의 소리감각 평균점수의 차이를 검정한 결과를 Table 5에 각각 제시하였다. 7개 소리감각 항목 중 clearness를 제외한 모든 항목에 있어서 각 직물별로 의미있는 차이가 나타났다 (p<.01). 모직물인 F1과 F2는 제조공정이 다름에도 불구하고 모든 감각에서 매우 유사한 점수를 나타내었다. 그러나 네가지 폴리에스터 직물들(F3, F4, F6, F7)은 유사성을 보이지 않았다. softness에서 F3은 다른 세 직물에 비해 1.60의 높은 점수를 보였다. loudness는 F3가 -1.87의 낮은 점수를 받은 반면, 다른 세 직물은 1.13~1.87의 높은 점수를 받았다. pleasantness에서 울트라스웨이드는 가장 높은 점수를 얻었으며, 태피터 직물은 가장 낮은 점수를 얻었다. 이들 4종의 폴리에스터 직물들은 sharpness와 clearness에서 각각 비슷한 점수를 나타내었으나, roughness와 highness에서는 울트라스웨이드가 각각 -0.50와 -1.30으로 점수가 가장 낮았으며, highness 항목에 있어서 수려가 가장 높은 양의 점수를 보였다.

4. 직물소리 요인과 주관적 감각간의 관계

직물소리의 요인으로 직물 소리에 대한 주관적 감각을 예측하고자 단계적 회귀분석을 실시한 결과는 Table 6과 같다. 모든 주관적 감각에 있어서 직물 소리 요인 level range (ΔL)와 total sound pressure(LPT)가 의미 있는 예측 변인으로 포함되었다(p<.05). 항목별 경향을 살펴보면, ΔL은 softness와 pleasantness에는 정적 영향을, loudness와 roughness, sharpness에는 부정 영향을 미칠 수 있었다. 즉 스펙트럼의 커브가 깊

(T)가 의미있는 예측 변인으로 나타났다. pleasantness는 직물 소리의 LPT와 직물 물성인 인장 선형성(LT), 두께(T)에 의해 예측될 수 있음을 알 수 있었다. sharpness는 직물소리의 LPT와 직물 물성인 압축에너지(WC) 및 두께(T)에 의해 예측될 수 있는 것으로 나타났다. clearness는 직물소리의 Δf 와 LPT, 직물 물성인 인장선형성(LT), 전단이력(2HG5), 압축에너지(WC), 두께(T)에 의해 예측되는 것으로 나타났는데, R^2 가 1로서 예측력이 매우 높음을 알 수 있었다. roughness와 highness는 모두 직물소리의 LPT와 직물의 두께(T)에 의해 예측되는 것으로 나타났다.

이상과 같은 결과를 종합해보면, 대부분의 주관적 감각에 대하여 직물소리의 요인으로 소리의 크기를 나타내는 LPT가 예측변인으로 포함되었으며, 직물 물성으로는 인장선형성과 두께, 무게, 압축에너지, 전단이력이 예측변인으로 나타났다.

IV. 결론

1. 각 직물의 세가지 소리요인을 분석한 결과 태피터 직물인 F7이 가장 소리가 크고 직물이며, 울트라스웨이드 직물인 F3의 소리가 가장 작은 것으로 나타났다.
2. 소리의 주관적 감각은 clearness를 제외한 모든 항목에 있어서 각 직물별로 의미있는 차이가 나타났다($p < .01$).
3. 직물소리의 주관적 감각과 소리요인과의 관계에서 LPT와 ΔL 에 의해 주관적 감각이 예측될 수 있는 것으로 나타났다. 이때 ΔL 은 softness와 pleasantness에 정적 영향을, loudness와 roughness, sharpness에 부정 영향을 미치는 것으로 나타났다. LPT는 softness와 pleasantness에는 부적 영향을, loudness와 roughness, sharpness에 정적 영향을 미치는 것으로 나타났다.
4. 직물소리에 대한 주관적 감각치와 직물의 물리적 성질간의 회귀분석에서 sharpness에는 직물의 두께(T)가 의미있는 예측변인으로서, clearness에서는 직물의 인장 선형성(LT)과 두께(T), highness에서는 직물의 압축에너지(WC)와 무게(W)가 의미있는 예측 변인으로 나타났다.
5. 직물의 물리적 성질 및 소리요인과 주관적 감각간의 관계에서 softness는 직물소리의 LPT와 직물 물성 중 두께(T) 및 무게

Table 8. Regression Equations for Sound Sensations with Sound Mechanical-Property Measurement

Sensation	Regression Equation	p-value	R ²
Softness	$Y = 8.069 - 0.145 \cdot LPT - 6.585 \cdot T + 0.056 \cdot W$	0.0001, 0.004, 0.037,	0.988
Loudness	$Y = -8.807 + 0.147 \cdot LPT - 0.512 \cdot WC + 5.586 \cdot T$	0.0001, 0.054, 0.0001	0.988
Pleasantness	$Y = 3.316 - 0.088 \cdot LPT + 0.922 \cdot LT - 1.716 \cdot T$	0.0003, 0.075, 0.004	0.994
Sharpness	$Y = -4.534 + 0.063 \cdot LPT - 0.398 \cdot WC + 0.369 \cdot T$	0.0001, 0.009, 0.0001	0.992
Clearness	$Y = -1.236 - 0.000008 \cdot \Delta f - 0.009 \cdot LPT + 1.388 \cdot LT - 0.056 \cdot 2HG5 + 0.164 \cdot WC + 0.988 \cdot T$	0.006, 0.004, 0.004, 0.022, 0.014, 0.003	1
Roughness	$Y = -4.120 + 0.089 \cdot LPT + 1.886 \cdot T$	0.002, 0.033	0.901
Highness	$Y = -5.609 + 0.083 \cdot LPT + 3.613 \cdot T$	0.001, 0.001	0.949

(W)로 예측할 수 있었으며, loudness는 직물 소리의 LPT와 직물 압축에너지(WC), 두께(T)로 예측할 수 있었다. pleasantness에서는 직물 소리의 LPT와 직물 물성인 인장 선형성(LT), 두께(T)가 의미있는 예측 변인으로 나타났다. sharpness는 직물소리의 LPT와 직물 물성인 압축에너지(WC) 및 두께(T)에 의해 예측될 수 있는 것으로 나타났다. clearness에서는 직물소리의 Δf 와 LPT, 직물 물성인 인장선형성(LT), 전단이력(2HG5), 압축에너지(WC), 두께(T)가 의미있는 예측 변인으로 나타났다. roughness와 highness는 모두 직물소리의 LPT와 직물의 두께(T)에 의해 예측되는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. D. P. Bishop, Fabrics: Sensory and Mechanical Properties, *Textile Progress*, 26, pp.1-57, 1996.
2. S. Kawabata, The Standardization and Analysis of Hand Evaluation, Textile Machinery Society of Japan, Osaka, Japan, 2nd ed., 1980.
3. W. Slawson, "Sound Color", University of California Press, California, 19853.
4. E. Yi, and G. Cho, Relationship between Fabric Sound and Physical Properties, *Text. Res. J.*, in progress.