

## 견직물의 스치는 소리로부터 변환된 색채의 물리량과 감성

### Physical Properties and Sensibility on the Transformed Colors from the Rustling Sounds of Fabrics

김춘정\* · 최계연\* · 김수아\* · 조길수\*

Chun-Jeong Kim, Kye-Youn Choi, Su-Ah Kim, Gil-Soo Cho

**Abstract :** This paper aimed to identify the sensation and the sensibility of transformed colors from the rustling sound of silk fabrics and to visualize the relationship between sensibilities and fabrics by two-dimensional model. The rustling sounds of 7 silk fabrics were recorded and then the recorded sounds were transformed into colors by the program of sound to color transformation. The sensation and the sensibility of transformed colors were evaluated by 30 participants with Likert scale and the physical properties of each specimen were obtained with red portion (*RP*), green portion (*GP*), blue portion (*BP*), and sum of color count (*CC*) by means of new equation.

The adjectives of sensibility were grouped into three groups: Elegant, Active, and Tough. Elegant was related with *RP* positively and *CC* negatively. On the other hand, Active was related with *GP* and *CC* positively. Also Tough was highly related with *RP*. Furthermore, the fabrics that were estimated the high purchase preference showed high *CC*, *RP* and *GP*. Also two dimensional model of relation of the sensation and the sensibility could help to understand those relation.

**Key words :** Fabric Sound, Transformed Color, Color Count, Sensibility

**요 약 :** 본 연구에서는 7가지 실크직물의 스치는 소리를 녹음한 후, 색채로 변환시켜 변환색채에 대한 감각과 감성을 평가하고, 2차원 모형을 제시하여 감각/감성과 직물의 관계를 시각화하였다. 피험자 30명을 대상으로 변환색채에 대한 감각과 감성을 평가하도록 하였으며 색채의 물리량은 홍색비율(*RP*), 녹색비율(*GP*), 청색비율(*BP*)과 색채 빈도수(*CC*)를 계산하였다.

감성차원에 대하여 활동감, 우아함, 티프함의 세 요인이 도출되었다. 활동감 차원은 *GP*, *CC*와는 정적인 상관을 보였으며 능직물과 견방사의 교직물을 가장 활동적이라고 평가하였다. 우아함 차원은 *RP*와는 정적상관을, *CC*와는 부적상관을 보였으며 수자직물과 평직물이 가장 우아하다고 평가되었다. 티프함 차원은 *RP*와 높은 정적상관을 가졌다. 능직물과 같이 색채 빈도수가 많고 홍색비율과 녹색비율이 많은 변환색채를 선호하였다.

**주요어 :** 직물소리, 변환색채, 총 음압, 색채빈도, 감성

## 1. 서 론

인간이 지각하는 외부의 자극 중 시각이 전체 비중의 70%를, 그 다음은 청각이 차지하고 있다[6]. 이처럼 인간은 시각과 청각자극으로부터 가장 많은 정보

를 수용한다. 이러한 소리와 색채는 사람들이 오랫동안 동질감을 느껴 온 물리적 자극으로서 중세부터 이들의 접목이 시도되어 왔다. 이로부터 생겨난 음악과 미술은 같은 감정을 표현하는 예술로서 표현방법만 다를 뿐 둘 다 우뇌를 사용하며 직관력을 필요로 한

\* 연세대학교 의류환경학과

Corresponding Author : 조길수(gscho@yonsei.ac.kr)

다는 점에서 같다고 볼 수 있다. Kandinsky는 회화에 있어서 음악적 요소를 주된 표현수단으로 사용한 대표적인 화가로서 청각을 통해서 뇌에 전달되는 음악을 정신의 영역에서 감지하고 이를 추상의 방법을 사용하여 가시화하였다[2]. 또한, Bach를 비롯한 바로크 시대의 음악가들은 회화에서 보여지는 인상을 그대로 음악에 적용해 보려는 노력을 하였다[5]. 지금까지 소리와 색채를 접목시키려는 정성적인 시도는 많았지만 소리와 색채 간의 물리량을 이용한 정량적 분석은 미흡하였기 때문에 이것들은 주관적으로 해석될 수밖에 없었다.

기본적으로 소리와 색은 물리적으로 공진하며 증폭되거나 간섭, 상쇄하는 파동의 속성을 공유하고 있다. 음의 경우 한 옥타브 안에서 파장이 제일 긴 것은 으뜸음인 도이며, 색의 경우 가시광선 내에서 최장파는 빨강이다. 스펙트럼 상에서 도와 빨강을 같은 기준점으로 놓고 파장 간 비율별로 각각 해당되는 색채와 음을 대응시킨 후 음악의 화성법을 색의 파장영역에 적용하면, 가장 듣기 좋은 화음인 도미솔은 빨초파(RGB)의 파장간격과 정확히 일치한다. 즉, 으뜸화음인 도미솔을 색으로 변환시키면 가장 이상적인 색의 배합이 될 수 있다. 이와 같이 소리의 높이나 크기, 음색, 음원의 위치 등 각 음원의 주파수 특성을 변환 공식에 의해 대응되는 빛으로 전환시킴으로써 음악이나 모든 소리를 시각화할 수 있다[11].

국내에서는 음악의 화성법을 이용하여 소리와 빛을 상호대응시켜 변환하고 음악뿐만 아니라 어떠한 종류의 소리도 디스플레이 장치를 이용하여 영상으로 출력력이 가능한 Sound2vision이라는 소리의 시각화 장치

가 개발되었다. 또한, 미국 NASA에서는 항공기 소음 가시화 기술[12]을 개발하여 항공기의 착륙장치에 의해 발생하는 바람의 소음을 컴퓨터 이미지로 선명하게 보여 줌으로써 항공기 비행소음의 근원을 찾아 소음을 방지할 수 있게 하였다.

이와 같이 소리를 색채로 변환시키려는 시도는 텍스타일 분야에서도 이루어지고 있다. Okamoto와 Mori의 연구[8]에서는 FFT 분석을 이용하여 자연의 소리와 클래식 음악을 색채로 변환하여 제시함으로써 기분 좋은 소리를 감성적 색채 디자인에 적용한 새로운 패러다임을 제안하였다. 하지만 이 연구에서 소리를 색채로 변환시킨 것은 단순히 소리의 주파수를 제시된 색채 테이블에 대응시킨 것이며, 각 색채가 어떤 감성을 유발하는지에 대한 구체적인 연구는 이루어지지 않았다.

따라서, 본 연구에서는 직물의 소리의 변환색채에 대한 감성을 분석하고 그것들을 시각화할 수 있는 2차원 모형을 제시하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1 시료

시료는 동일밀도로 제작한 7종의 100% 견직물을 사용하였다. 이 직물들은 모두 속사로 제작된 것으로서 평직, 능직(3매, 16매), 수자직 등의 기본조직으로 구성된 4개의 직물과 견방사, 강연사, 노일사와의 교직물이 포함되어 있다. 시료의 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of specimens

Specimen	Yarn Type	Fabric Structure	Fabric count (ends/inch×picks/inch)	Weight (mg/cm <sup>2</sup> )	Thickness (mm)
PLN	84d/filament	plain	276×93	0.79	0.23
TWL3	84d/filament	1/2 twill	276×93	0.75	0.22
TWL16	84d/filament	8/8 twill	276×93	0.78	0.30
STN8	84d/filament	8-end satin	276×93	0.73	0.29
STN8-S	120d/spun	8-end satin	276×93	1.06	0.36
STN8-H	120d/hard twist	8-end satin	276×93	1.07	0.84
STN16-N	200d/noil	16-end satin	276×93	2.59	1.28

### 2.2 직물소리의 측정 및 물리량

직물의 소리는 선행연구에서 개발된 직물소리 발생 장치[9]를 이용하여 직물이 서로 스치는 소리를 발생 시키고 고성능 마이크로폰(Type 4190, B&K)과 Sound Quality System(Type 7698, B&K)을 이용하여 녹음하였다.

0~18750Hz의 주파수 범위에서 FFT 분석으로 얻은 스펙트럼을 기초로 LPT(Level Pressure of Total Sound)와 Level Range( $\Delta L$ ), Frequency difference ( $\Delta f$ )[9], 그리고 AR 파라미터 중에서 ARC(Auto Regression Constant)[10]를 계산하여 음색을 정량화 하였다.

### 2.3 직물소리의 색채변환과 물리량

Okamoto와 Mori의 연구[8]에서 개발된 프로그램을 사용하여 직물의 소리를 색채로 변환시켰다. 이 프로그램에서는 다음과 같은 FFT 변환식을 사용하여 소리 신호를 주파수 성분으로 분석하였다.

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} X_n W_n^{k_n}$$

- $k_n = 1, 2, N - 1$
- $X_k = (\text{light}) \text{ frequency}$
- $x_n = (\text{sound}) \text{ sampling data}$
- $W_n = e^{-j2\pi f N}$
- $N = \text{Sampling data (power of 2)}$

그리고 다음과 같은 공식에 의하여 변환된 주파수 성분을 400가지 색채 테이블에 대응시켜 색채 데이터로 변환하였다.

$$cin\ x = 400 - 400 \frac{(f - \min.f)}{(\max.f - \min.f)}$$

$cin\ x$  : index form color table  
 $f$  : frequency  
 $\min.f$  : minimum frequency  
 $\max.f$  : maximum frequency

직물색채의 물리량은 Photoshop(v.5.0)을 이용하여 RGB(Red Green Blue)값과 색채의 너비( $W$ )를 기초로 아래의 식을 이용하여 홍색비율(RP), 녹색비율(GP)과

청색비율(BP)을 계산하였다.

$$RP = \left[ \sum_{i=1}^n \frac{R_i \times W_i}{R_i \times W_i + G_i \times W_i + B_i \times W_i} \right] \times 100$$

$$GP = \left[ \sum_{i=1}^n \frac{G_i \times W_i}{R_i \times W_i + G_i \times W_i + B_i \times W_i} \right] \times 100$$

$$BP = \left[ \sum_{i=1}^n \frac{B_i \times W_i}{R_i \times W_i + G_i \times W_i + B_i \times W_i} \right] \times 100$$

- RP : Portion of red
- GP : Portion of green
- BP : Portion of blue
- R, G, B : Physical color value
- W : Size of total same color

또한, 각 시료의 색채 빈도수(CC)는 아래와 같이 계산하여 색채를 정량화하였다.

$$CC = \sum_{i=1}^n (C_i)$$

- CC : Sum of color count
- C : Count of each color

### 2.4 변환색채에 대한 주관적 감성측정

설문지는 Likert 7점 척도를 사용하여 색채에 대한 감각 형용사 12문항과 감성 형용사 20문항으로 구성하고 '구매시 선호'에 대한 1문항을 추가하였다. 감각과 감성 형용사는 선행연구[1, 3]에서 사용된 형용사들을 1차 선별한 후에 pretest를 통하여 선정하였다.

본 연구는 남녀 대학생을 대상으로 William Rushton (1964)이 개발한 망막 밀집도 측정기법[4]을 이용한 색맹 테스트로 선별실험을 실시하여 시력의 상태가 정상인 대학생 30명을 최종 피험자로 선정하였다. 소리에서 변환된 색채 자극물은 Photoshop(v.5.0)을 이용하여 하나의 모니터에서 제시하였다. 난수표를 이용하여 자극물을 제시함으로써 실험에 영향을 미칠 수 있는 변인을 통제하였다.

### 2.5 통계분석

SPSS 통계 패키지를 이용하여 요인분석, 피어슨 상관분석, ANOVA, 다차원 척도법을 실시하였다.

### 3. 결과 및 분석

#### 3.1 견직물 소리와 변환색채

각 시료의 소리를 FFT 분석을 통하여 얻은 스펙트럼과 이 소리를 색채로 변환한 결과는 Fig. 1과 같다. 기본 조직물은 4000Hz 이상의 주파수 대역에서 일정한 스펙트럼을 나타내며(Fig. 1a) 홍색계열의 컬러가 주를 이루었고 음압이 높은 TWL3과 TWL16은 색채 빈도수가 많이 나타났다. 견방사, 강연사, 노일사와의 교직물은 기본 조직물에 비해 다양한 스펙트럼을 보여 주고 있으며(Fig. 1b) 기본 조직물보다 다양한 색채를 나타냈다.

#### 3.2 변환된 색채의 물리량

변환된 색채의 물리량은 Table 2에 나타나 있다.

TWL3은 GP와 CC의 값이 커서 색채 변환시 색채 빈도수가 많으며 녹색비율이 크게 나타났다. STN8과 PLN의 경우에는 RP값이 커서 홍색비율이 가장 많았으며, CC가 적어 단조로운 색상의 띠를 보였다. 저주파에서 낮고 고주파에서 높은 커브의 형태를 갖는 STN8-S는 RP, BP, CC가 높아 홍색비율, 청색비율과 색채 빈도수가 많이 나타났다. 저주파에서 높고 고주파에서 낮은 커브의 형태를 갖는 STN16-N은 BP가 가장 높아 청색비율이 다른 직물에 비해 많이 나타났다. 이와 같이 전체적으로 일정한 스펙트럼의 형태를 갖는 직물의 소리는 주로 홍색계열의 색채로 변환되었으며, 저주파와 고주파대의 커브형태의 차이가 큰 스펙트럼을 갖는 직물의 소리는 저주파가 높으면 청색계열이 많이 나타나고, 고주파가 높으면 홍색계열과 색채의 빈도수도 증가하였다.

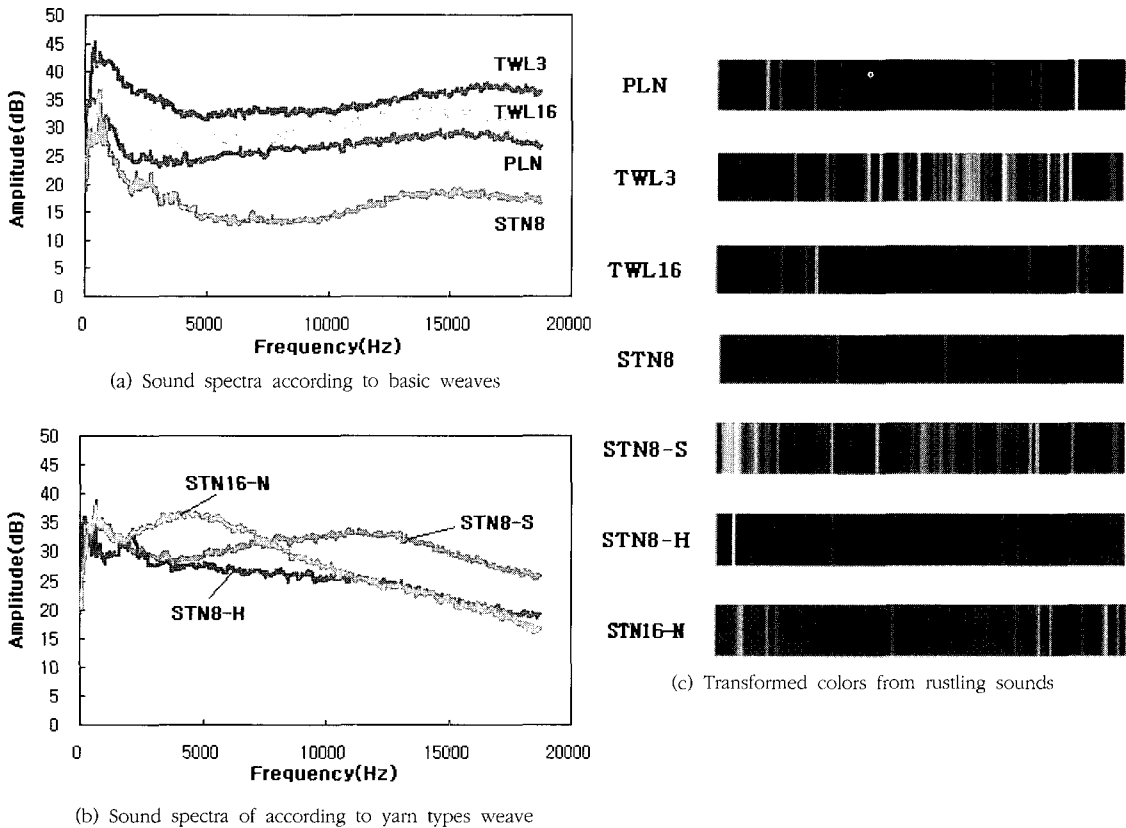


Fig. 1. Spectra by FFT analysis and transformed color from the rustling sound of silk fabrics

**Table 2.** Physical properties of sound and color

	RP(%)	GP(%)	BP(%)	CC(-)
PLN	97	3	0	26
TWL3	87	10	3	71
TWL16	83	1	16	46
STN8	99	1	0	11
STN8-S	57	8	36	79
STN8-H	82	1	17	35
STN16-N	45	2	53	43

**3.3 직물소리와 변환색채의 관계분석**

소리와 변환색채에 대한 관계를 분석하기 위한 소리와 변환색채 물리량에 대한 상관분석 결과는 Table 3과 같다. LPT는 CC, GP와는 정적상관( $p < 0.1$  이하)을, RP와는 부적상관( $p < 0.1$ )을 나타내어 소리가 클수록 색채 빈도수와 녹색계열이 증가하고 홍색계열은 감소하였다.  $\Delta L$ 는 GP와 정적상관( $p < 0.1$ )을 보여  $\Delta f$ 가 증가할수록 녹색계열이 증가하였다. ARC는 CC, BP와는 정적상관( $p < 0.05$ )을, RP와는 부적상관( $p < 0.05$ )을 보여 ARC가 클수록 색채 빈도수와 청색계열이 증가하는 반면 홍색계열은 감소하였다.

**Table 3.** Correlation coefficients between physical stimuli of sound and their transformed color

	RP	GP	BP	CC
LPT	-0.58*	0.62*	0.47	0.88***
$\Delta L$	-0.17	0.13	0.15	-0.09
$\Delta f$	0.3	0.58*	-0.43	0.35
ARC	-0.75**	0.40	0.69**	0.76**

\*  $p < 0.1$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$

**3.4 변환색채에 대한 감성분석**

색채에 대한 감성 형용사로부터 요인을 추출하기 위하여 요인분석을 실시한 결과, Table 4와 같이 3개의 요인이 도출되었다. 이 때 요인의 수는 고유값 1을 기준으로 Scree-test를 사용하여 결정하였으며, Varimax 직교회전을 실시하였다.

요인 1은 ‘개성적인’, ‘명량한’, ‘동적인’ 등의 활동적 이미지의 형용사들로 활동감(Activity)이라고 명명하였

으며 전체 변량의 40.3%를 설명하였다. 요인 2는 ‘편안한’, ‘조화로운’, ‘고급스러운’ 등의 우아한 이미지의 특성을 나타내는 형용사들로 우아함(Elegance)이라고 명명하였고 전체 변량의 20.7%를 설명하고 있다. 요인 3은 ‘투박한’과 ‘무거운’의 형용사로서 티프함(Toughness)이라고 명명하였으며 전체 변량의 5.3%를 설명하였다. 이 세 요인에 대한 전체 변량의 설명력은 66%로 전체 변량을 비교적 잘 설명하고 있다.

**Table 4.** Factor analysis results of sensibility adjectives

Activity	Elegance		Toughness		
개성적인	0.858	편안한	0.816	투박한	0.829
명량한	0.823	조화로운	0.808	무거운	0.717
동적인	0.807	깔끔한	0.797		
자유로운	0.804	고급스러운	0.791		
캐주얼한	0.777	살은	-0.691		
단조로운	-0.740	은은한	0.663		
유쾌한	0.740	온화한	0.610		
자극적인	0.672	클래식한	0.604		
치분한	-0.586	인위적인	-0.445		
Eigenvalue	8.1		4.1		1.1
Proportion(%)	40.3		20.7		5.3
Cum.Pct.(%)	40.3		61.0		66.3

**3.5 색채 물리량과 감성분석**

색채의 물리량과 감성차원 간의 관계를 분석하기 위하여 상관관계를 분석한 결과는 Table 5와 같다. 활동감 차원은 GP, CC와 정적상관( $p < 0.05$  이하)을 보여 녹색비율과 색채 빈도수가 많을수록 더 활동적으로 평가하였으며, 우아함 차원은 CC와 부적상관( $p < 0.01$ )을 보여 색채 빈도수가 적을수록 우아하다고 평가하였다. 티프함 차원은 RP와는 정적상관( $p < 0.05$ )

**Table 5.** Correlation coefficients between sensibility and physical stimuli of color

	Activity	Elegance	Toughness
RP	-0.61	0.60	0.85*
GP	0.77*	-0.36	-0.55
BP	0.48	-0.54	-0.76*
CC	0.89**	-0.92**	-0.56

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$

을, BP와는 부적상관( $p < 0.05$ )을 보여 흥색비율이 많고 청색비율이 적을수록 더뜨하다고 평가하였다.

### 3.6 시료별 감성평가

시료에 따른 감성차이를 파악하기 위하여 분산분석과 Duncan-test를 실시한 결과는 Table 6과 같다. TWL3, STN8-S를 가장 활동적으로, STN8과 PLN을 가장 우아하다고 평가하였다. 견직물의 소리특성에 관한 선행연구[7]와 비교시 직물소리의 크기(Loudness)가 크면(TWL3, 6.65 sone) 변환색채도 활동적으로, 직물소리의 크기가 작으면(STN8, 3.86sone) 변환색채도 우아하게 평가되어 소리의 색채변환 메커니즘은 소리의 크기인 Loudness와 관련이 있음을 알 수 있다.

활동감 차원과 우아함 차원은 직물 간 유의한 차이가 나타났지만( $p < 0.001$ ) 터프함 차원에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 변환된 소리의 색채가 다양하지 않고 한정되어 나타났기 때문이라고 사료된다.

Table 6. Difference of sensibility among specimens

	Activity	Elegance	Toughness
PLN	-0.64 B	0.47 B	0.19
TWL3	0.90 E	-0.21 A	0.15
TWL16	-0.25 C	-0.30 A	0.08
STN8	-1.15 A	0.65 B	-0.34
STN8-S	0.86 E	-0.28 A	-0.23
STN8-H	0.03 C D	-0.19 A	0.22
STN16-N	0.26 D	-0.13 A	0.22
F-value	31.45*	5.00*	1.65

\*  $p < 0.001$

### 3.7 색채 선호도 분석

7개의 시료 중 색채의 선호도가 가장 높은 TWL3과 가장 낮은 TWL16의 색채 물리량에 대한 값을 표준화한 결과는 Fig. 2와 같다. RP, GP가 높고 CC가 많을수록 색채에 대한 선호도가 증가하고 GP가 낮을수록 직물의 선호도가 낮아짐을 알 수 있다. 즉, 색채 빈도수가 많고 흥색비율과 녹색비율이 많이 나타나는 색채를 선호하였다.

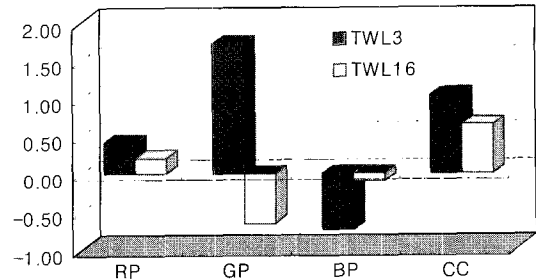


Fig. 2. Color properties according to preference of color

### 3.8 직물, 감각, 감성의 2차원 모형

감각/감성과 직물별 관계에 대한 2차원적 모형을 구축하기 위하여 다차원 척도법을 실시하였다. 감각과 감성 형용사로 실시한 결과, Stress값은 0.14이고 결정계수는 0.90이었다. 또한 직물별로 실시한 결과, Stress값은 0.06이고 결정계수는 0.98로서 이 모형이 적합함을 나타내 주고 있다. 이 감각, 감성 형용사들과 직물을 동일공간에 표현한 결과는 Fig. 3과 같다.

형용사의 위치가 가까울수록 유사하고 비슷한 성향을 보이는 것으로 '선명한', '밝은', '컬러풀한' 등의 감각이 '자유로운', '캐주얼한' 등 활동감 차원의 감성을 나타내며, '모노톤의' 등과 같은 감각은 '클래식한', '차분한' 등 우아함 차원의 감성을 나타냄을 보여 준다. '흐릿한'의 감각은 '투박한'의 터프함 차원의 감성을 나타내 주고 있다. 이처럼 감각과 감성 형용사 분포는 앞의 요인분석 및 시료별 감성평가의 결과와 비교적 일치함을 보여 준다. 이와 같은 색채에 대한 감각과 감성 형용사에 시료를 대응시켜 2차원으로 시각화함으로써 각 시료별 색채에 대한 감각과 감성을 구체적으로 파악할 수 있으며, 소재 기획시 유용한 자료로 활용될 것으로 사료된다.

## 4. 결 론

본 연구는 견직물의 스치는 소리의 변환색채에 대한 감각과 감성을 분석하기 위하여 동일밀도의 기본 조직물과 견방사, 노일사, 강연사와의 교직물을 제작하여 직물소리의 변환색채에 대한 물리량을 구하고 감성과의 상관관계를 살펴보았다. 소리와 색채를 평가하기 위한 감성차원은 활동감, 우아함, 터프함의 3

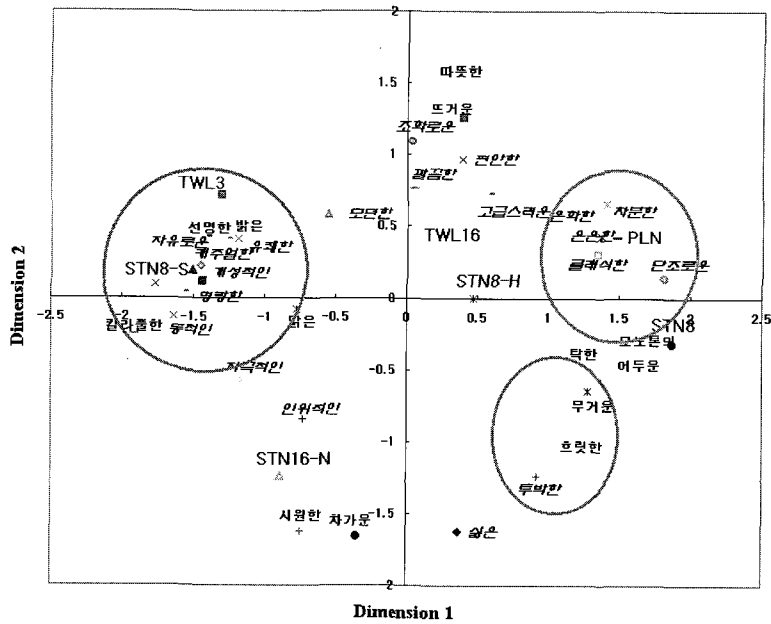


Fig. 3. 2D model of fabrics, sensation and sensibility

가지의 요인으로 도출되었다. 색채의 빈도수가 적을 수록 우아하다고 평가하였으며 수차적으로 제작된 STN8과 평직으로 제작된 PLN의 변환색채가 우아한 경향을 보였다. 반면 활동감 차원은 CC, GP와 정적상관을 보여 색채 빈도수와 녹색계열이 많았으며, 견방사로 제작된 STN8-S과 능직의 TWL3의 변환색채가 활동적으로 평가되었다. 또한, 터프함 차원은 BP와 정적상관을 보여 청색계열이 많았으며 노일사와의 교직으로 인해 거친 표면특성을 지닌 STN16-N이 터프하게 평가되었다.

직물별 색채에 대한 선호도를 살펴보면, STN8과 PLN, TWL3을 가장 선호하였다. 이는 직물의 소리가 작고 부드러워 고급스러운 감성을 유발하거나 소리는 크지만 이로부터 변환되는 다양한 색채로 인해 유쾌한 감성을 유발하기 때문으로 사료된다. 또한, 색채에 대한 감각과 감성을 시각화한 2차원의 모형은 시료별 감각과 감성을 파악하는 데 도움을 줄 것이다.

이와 같이 본 연구는 직물의 소리로부터 변환된 색채에서 유쾌한 감성을 유발할 수 있는 직물을 디자인하는 데 유용할 것이다. 하지만 본 연구에서는 실크의 소리만을 가지고 색채로 변환하였기 때문에 색채가

제한되어 나타나 모든 직물에 적용시키는 데는 한계가 있다고 본다. 또한, 소리의 컬러변환 프로그램이 색상만을 고려하여 변환되었으므로 명도나 채도뿐만 아니라 텍스타일 컬러를 적용하여 소리변환 시뮬레이션의 개발도 필요하다고 사료된다.

### 참고문헌

- [1] 이윤주(1999), 색채 이미지에 기반한 패션색채 계획 도구의 개발, 연세대 의류환경학과 박사학위논문.
- [2] 임영방(1985), 현대미술의 이해, 서울대학교 출판부.
- [3] 최윤희(2000), 유행 예측색의 색명과 색채특성, 연세대 의류환경학과 박사학위논문.
- [4] Goldstein, E.(1999), Sensation and Perception, Brooks/Cole Pub.
- [5] Karl Geiringer(1955), Symbolism in the music of Bach, the Whittal Pavilion of the Library of Congress.
- [6] Karl Kroemer and Henrike Kroemer(1994), Ergonomics: how to design for ease and efficiency, Prentice Hall.

- [7] Kim, C., Na, Y., and Cho, G.(2002), Effects of Basic Weave Differences in Silk Fabric and Yarn Type Variations in Satin Weave on the Sound Parameters, Textile Research Journal, 72(6), 555-560.
- [8] Miyoshi Okamoto and Akira Mori(2000), Research on Kansei Color Design by Pleasant Sound, Spring conference of KOSES & international sensibility ergonomics symposium, 144-148.
- [9] Yi, E. and Cho, G.(2000), Fabric Sound Parameters and Their Relationship with Mechanical Properties, Textile Research Journal, 70(9), 828-836.
- [10] Yi, E. and Cho, G.(2000), Fabric Sound Classification by Autoregressive Parameters, Journal of Textile Institute, 91(2), 1-16.
- [11] <http://harmonicolor.co.kr>
- [12] <http://hq.nasa.gov/pub/pao/pressrel/2000/00-189-txt>