

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2018.18.3.23>

IIBC 2018-3-4

## 중심와 시각에서 색채 자극의 크기에 따른 컬러 어피어런스 연구

### A study on colour appearance by the size of colour stimulation at foveal vision

홍지영\*

Ji-Young Hong\*

**요약** 차세대 디스플레이는 기존의 TV를 대체하는 디스플레이 장치 환경에서 모바일 환경으로 진화 하고 있는 추세이다. 개인용 디스플레이에 해당하는 모바일 디스플레이의 경우, 홈시어터의 개념과 동일하지만 보다 경량화된 사이즈에 다양한 목적으로 사용되고 있기에 디스플레이 산업에서는 디스플레이의 다양한 제품 응용 및 다양한 크기의 디스플레이 디바이스에서 보다 정확한 색채와 향상된 영상을 재현하기 위해 많은 관심을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 연구에서는 배경의 밝기와 색채 자극의 크기에 따라 인지될 수 있는 색채의 차이가 있을 수 있다는 가정아래, 배경의 밝기를 차등적으로 적용하여 중심와 시각에 해당하는 색채 자극의 크기를 비교하는 정신 물리학적 실험을 진행하였다. 실험 결과 기존 선행 연구에서는 배경의 밝기가 고려되지 않은 상태에서 색채 자극의 크기가 증가함에 따라 더욱 밝고 더욱 선명하게 인지한다는 결과와 달리, 배경의 밝기와 색채 자극의 크기에 따라 색채를 인지하는 특성이 다르다는 연구 결과가 도출되었다. 실험 결과를 바탕으로 향후 대형 화면의 크기에서 모바일 크기의 화면으로 입력 영상이 전환 될 때 발생할 수 있는 색채 변환 오류를 해결 하여 보다 정확한 색채 표현과 향상된 화질 영상 재현이 가능하다.

**Abstract** Next generation displays show a trend of evolving from the display device environment (represented by existing televisions) to the mobile environment. The mobile display corresponding to the personal display is similar to a home theatre; however, they are advantageous because they are small and have a relatively lower weight. Therefore, the display industry has an interest in diverse product applications of displays, reproducing more accurate colours, and offering improved image quality from display devices of various sizes. To address these interests, a psychophysical experiment was conducted in this research. The experiment compared the size of the colour stimulation corresponding to foveal vision by gradually increasing the lightness of the background. This was based on the assumption of possible differences in colours being recognized by the lightness of the background and the size of the colour stimulation. Contrary to the results of previous studies, where the colours are identified more clearly as the size of the colour stimulation increases (assuming that the lightness of the background is not considered) here the results of the experiment showed that the attributes of the identified colours were different depending on the lightness of the background and the size of the colour stimulation. Based on the experimental results, it is possible to resolve errors in colour conversion that can occur when the input image is switched from a large screen size to a mobile size display, and to reproduce the colours more accurately and improve the image quality.

**Key Words** : Human visual perception, Colour, Size effect, Foveal vision, Parafoveal vision, Display

\*정희원, 경민대학교 영상콘텐츠과(교신저자, 주저자)  
접수일자: 2018년 3월 21일, 수정완료: 2018년 4월 21일  
게재확정일자: 2018년 6월 8일

Received: 21 March, 2018 / Revised: 21 April, 2018

Accepted: 8 June, 2018

\*Corresponding Author: placebo\_joan@kyungmin.ac.kr

Department of Visual Contents, Kyung Min University, Korea

## I. 서 론

생활에서 멀티미디어는 인간이 삶을 영위해나가는 데 중요한 요소로서 역할을 수행한다. 정보를 전달하는 멀티미디어를 통해 인간이 인지하는 콘텐츠는 사회가 변모하며 다양한 형태의 정보로 존재하지만 인간에게 1차적 인식 정보는 시각각 기관에 의한 색채 정보이며 이에 의한 정보 인식 의존도가 가장 높다고 알려져 있다.[1] 현 사회에서 멀티미디어의 형태는 모바일 관련기술의 진전과 발전에 힘입어 다양한 형태로 양산되고 있으며 환경과 공간의 조건에 따라 그 형태나 형질도 달라진다. 이 사실은 기존의 TV를 대변하는 디스플레이 장치 환경에서 모바일 환경으로 진화 하면서 인간의 색채 정보에 대한 인지행태도 달라졌음을 의미한다고 할 수 있다. 특히, 문화 콘텐츠 산업은 기술 중심의 하드웨어 흐름을 사용자 중심의 소프트웨어의 흐름으로 바꾸는 중요한 역할을 수행하고 있다. 이러한 사회문화적으로 급속한 변화는 모바일 기기가 휴대성의 특성, 즉 이동성을 가지며 더불어 위치기반의 특성을 가질 수 있기 때문에 실시간으로 디지털 데이터를 상호 교환할 수 있는 능력을 지니고 있는 것에서 기인하며 이러한 기술적 융합은 멀티미디어 환경을 모바일 기기로 확장 할 수 있는 계기가 된 것이라고 할 수 있다.

디스플레이 산업에서는 디스플레이의 다양한 제품 응용 및 다양한 크기의 디스플레이 디바이스에서 보다 정확한 색채와 향상된 영상을 재현하기 위해 많은 관심을 가지고 있다. 이러한 화질 향상 측면에서의 요구를 충족시키기 위해 색채 자극의 크기에 따라 컬러 어피어런스가 어떻게 달라지는가에 대한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 색채 자극의 크기와 관련된 중심과 시각에서의 컬러 어피어런스 관련 연구를 진행하였으며 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 색채 자극의 크기와 관련하여 현재까지 진행된 선행 연구에 대해, 제 3장에서는 본 연구의 구체적인 실험 방법과 제 4장에서는 도출된 실험 결과에 대해 기술하고 끝으로 제5장에서 결론 및 제언에 대해 기술하였다.

## II. 컬러 어피어런스 현상

현재까지 디스플레이를 대상으로 인간의 색채 정보에

대한 인지 관련 실험은 다양한 실험 방법과 연구를 통해 시각적 특성에 대해 규명되어 왔으며, 그 중 대표적인 사례로는 시지각 기반 색순응 현상에 대한 연구라고 할 수 있다.[2] 색 순응 모델이란 서로 다른 시 환경에서 발생하는 인간 시각계의 색순응 현상을 고려하여 동일한 느낌의 색인 대응색을 예측하는 것을 의미한다.[3,4,5,6]시지각 기반 모델로, CIE 국제 조명 위원회에서 표준으로 정립한 표준 관측자 조건을 이용해 구현하고 있으며 CIE 1931 표준 관측자 조건인 2° 관측자 조건과 CIE 1964 10° 관측자 조건으로 분리되어 관측자의 일반적인 시감각을 나타내고자 할 때 사용된다. 이는 색채를 인지하는데 있어서 색채 자극의 크기에 따라 인지되는 색채의 정도가 다름을 나타낼 수 있는 대표적인 사례라고 할 수 있다. 즉, 색채를 인지하는데 있어서 물리적으로 같은 색채임에도 불구하고 색채 자극의 크기나 다양한 환경 조건에 따라 다르게 인지되는 경우를 의미하며 이는 일반적으로 색채를 인지하는 추상채와 빛에 민감한 간상채가 망막에 일정한 밀도로 분포되어 있지 않음으로써 발생 할 수 있다.

위와 같이, 인간 시지각이 다양한 환경조건에 따라 가변적으로 나타나는 사례에 대해 여러 연구가 진행되었는데 그 중 색채 자극의 크기에 따라 시지각에 각기 다른 영향을 줄 수 있다는 가정 아래 맨셀 컬러 칩을 이용하여 자극의 크기에 따른 색채 인지 정도를 실험하거나[7]입체형 색채 자극으로 구성된 배열을 이용하여 색채의 크기와 무게감에 대한 색채 인지 정도를 평가하는 실험[8] 및 컬러 부스를 제작하여 부스내 색채 자극을 설치하고 실험실 안에 전시된 색채 자극과 비교하는 실험[9], CRT 발광용 디스플레이와 PDP 디스플레이간의 색채 자극 크기에 변화를 주어 시지각 반응을 연구한 사례[10]등 다양한 연구들이 진행 되어왔다. 그러나 선행 연구의 경우, 인간의 시지각이 밝기에 가장 민감하다는 특성이 고려되지 않은 채 색채 자극의 크기만을 고려한 실험으로써 배경의 밝기나 색채 자극의 크기와의 상관관계가 고려되지 않았음을 알 수 있다. 따라서 색채 자극의 크기가 증가 혹은 감소함에 따라 색채를 어떻게 인지하는가에 대한 전반적인 경향성은 알 수 있으나, 발광용 디스플레이를 대상으로 배경의 밝기가 고려된 상황에서 자극의 크기에 따라 시각 인지 특성을 설명하기에 선행 연구의 결과가 실질적인 도움을 주기가 어렵다.

본 연구의 목적은 배경의 밝기와 색채 자극의 크기에 따른 경향성을 알아보고자 함에 있다. 즉, 기존의 발광용

디스플레이인 TV에서 모바일 기기로 콘텐츠가 유입됨에 따라 색채 자극의 크기가 달라짐으로 써 색채를 인지하는 정도가 다르게 느껴질 것이라고 가정하고 중심과 시각을 중심으로 배경의 밝기가 색채 자극의 크기에 어떤 영향을 미치는가에 대해 알아보하고자 한다.

### III. 실험 방법

본 연구에서는 배경의 밝기와 색채 자극의 크기에 따라 동일한 색채임에도 불구하고 색채를 다르게 인지한다는 가정 아래 망막을 중심으로 중심외에 해당하는 크기인 2°, 4°, 6°, 8° 그리고 10° 의 색채 자극을 사용하여 실험을 진행하였다. 실험에 사용된 색채 자극은 먼셀(Munsell) 표색계의 색상 중 대표적 10가지 색상인 5.0R, 5.0YR, 5.0Y, 5.0GY, 5.0G, 5.0BG, 5.0B, 5.0PB, 5.0P, 5.0RP로 선정하였다.

총 90 가지의 먼셀 색채를 사용하였으며 사용된 먼셀 색채의 분포는 색상에 해당하는 먼셀 H, 밝기에 해당하는 먼셀 V와 채도에 해당하는 먼셀 C의 분포도를 다양하게 구성하여 실험을 진행하였다. 실험 자극 색채 선정 시, 밝기와 채도의 경우 색채 인지에 어려움을 느낄 수 있는 무채색 계열에 해당하는 데이터는 제외하였으며 먼셀 데이터의 주요 10색상을 모두 포함한 상태의 데이터를 사용하였다. 또한, 먼셀 색채의 특성에 의하면 모든 색상이 각기 다른 채도와 밝기 범주를 갖고 있기 때문에 선정된 먼셀 주요 10색상 각각의 범주 안에서 모두 포함되는 범위의 채도와 밝기가 존재할 수 있도록 선정하였다.

표 1은 먼셀 데이터의 기본 광원으로 사용된 C광원과 표준 광원인 D65광원의 XYZ값을 나타낸다. 즉, 먼셀 데이터 값은 C광원의 값이 반영된 XYZ값이므로 D65 광원이 적용된 XYZ값으로 변환하기 위해 사용된 XYZ 파라미터라고 할 수 있다. 실험에 사용된 디스플레이 배경의 밝기 Y는 가장 어두운 상태에서 0.21, 최대 밝기인 경우 97.74에 해당한다.

디스플레이에서 영상 처리 관련 실험을 하기 위해서는 특정한 표준 환경을 유지하기 위해 주로 암실에서 실험하고 평가하게 된다. 또한 암실에서 실험 시 다양한 변수의 영향을 받지 않고 온전한 디스플레이 자체 내의 실험 결과를 도출할 수 있기 때문에 본 연구에서는 실험 환경을 암실로 선정하고 진행하였다.

표 1. C광원 및 D65광원의 XYZ 파라미터

Table 1. XYZ parameters of illuminant C and illuminant D65.

XYZ	C	D65
$X_{uv}$	98.07	95.04
$Y_{uv}$	100.00	100.00
$Z_{uv}$	118.25	108.88

디스플레이와 피험자간의 시정 거리는 50cm로 고정하였으며 시각 이상 유무 판단을 위해 이시하라 테스트를 진행하여 정상 시각을 갖춘 20명의 피험자(남 10명, 여 10명)를 대상으로 암실에서 실험을 진행 하였다. 실험 시 고정된 눈높이를 제시하여 발생할 수 있는 시각적 오류를 최대한 줄이도록 하였다. 배경으로 사용된 밝기의 경우 배경의 밝기와 색채 자극과의 상관관계를 보다 명확히 알 수 있도록 가장 어두운 값에 해당하는 디지털 값인 0(CIECAM02 J=0)과 가장 밝은 값에 해당하는 255(CIECAM02 J=100)인 두 가지 경우에 대해 실험을 진행하였다.

실험 과정은 다음과 같다. 피험자는 배경의 밝기를 먼저 선택하고 선정된 90개의 먼셀 색채 각각에 대해 H(Hue), S(Saturation), V(Value)에 해당하는 색채 속성에 대해 슬라이드 바를 이용하여 원본 색채 자극과 동일하게 보이도록 목표 색채 자극을 각각 제어하였다.

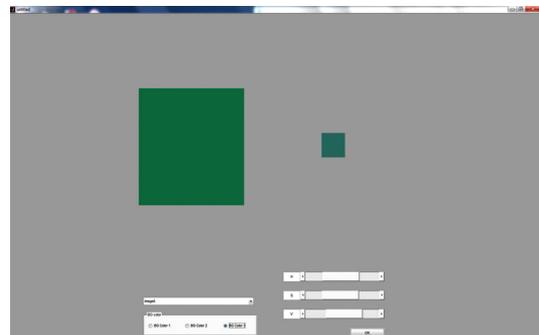


그림 1. MATLAB으로 구현된 실험 환경

Fig. 1. The experiment environment was implemented using MATLAB.

피험자들에 의해 조절된 목표 색채의 R, G, B 값들은 PLCC model 을 사용하여 CIE XYZ 삼자극치 값들로 유추하고 유추된 CIE XYZ 삼자극치 값들을 CIECAM02로 변환하여 색채 인지 속성을 각각 분리한 후 각 속성의

특성을 비교 분석 하였다.

피험자는 충분한 시간을 두고 원본 색채 자극에 대해 목표 색채 자극을 조절할 수 있도록 시간적 여유를 갖게 하였으며 실험 전 암실 환경에 대해 적응 할 수 있도록 충분한 순응이 이루어진 후 실험을 진행 하였다. 배경의 밝기가 변경될 때도 동일하게 순응이 이루어지도록 하여 밝기 변화에 대한 어떤 바이어스를 갖지 않도록 하였다.

#### IV. 실험 결과 분석

실험에 사용된 색공간은 피험자가 직접 색채 속성 각각을 용이하게 조절할 수 있도록 색채 속성이 분리된 HSV 색공간을 사용 하였다. 색상, 명도, 채도가 각각 분리된 색공간 하에서 색채를 제어할 수 있도록 한 후, 실험을 통해 얻어진 데이터는 실험에 사용된 디스플레이 특성이 반영된 XYZ로 변환하여 실험분석에 사용되었다.

입력 색채 자극인 면셀 색채의 원본 데이터는 C광원을 반영한 데이터( $X_{CM}Y_{CM}Z_{CM}$ )이며 이를 표준 광원인 D65가 적용된 XYZ로 변환한 후( $X_{65M}Y_{65M}Z_{65M}$ )교정된 디스플레이의 특성을 반영한 디지털 값인  $R_dG_dB_d$ 로 변환한다. 피험자가 용이하게 색채 속성 각각을 제어할 수 있도록 HSV 색공간으로 변환하여 피험자가 제시된 색채 자극과 동일하다고 인지하는 입력 데이터  $R'_dG'_dB'_d$ 를 출력 값인  $X'_dY'_dZ'_d$ 를 통해 CIECAM02로 변환하여 분석하였다.

실험 분석을 위해 사용된 CIECAM02는 색채 인지에 영향을 주는 외부 요소까지 고려한 색 표현 기준이며 시각적 색채 인지를 수치화 할 수 있는 지표로써 국제 조명 위원회에서 제시하고 있는 시감 특성이 반영된 가장 진보된 표준 색 공간이라 할 수 있다. CIECAM02의 밝기(Lightness, J), 채도(Chroma, C), 그리고 색상(Hue, H)을 계산하기 위해  $y_b$ 는 20, Surround 조건은 Average로 설정하였다.  $y_b$ 는 배경의 상대휘도(Relative luminance of the background)를 나타내며 Surround는 시야체계에서 배경을 제외한 나머지 환경 조건을 의미한다.

표 2 에 표기된 F는 순응정도에 대한 요인이며 c는 주변 환경의 영향, Nc는 색채 유발 계수를 나타낸다. F, c, Nc는 Surround 조건에 따라 기 설정된 값이다.

표 2. CIECAM02에서 사용되는 파라미터

Table 2. Parameters used at CIECAM02

Surround	F	c	Nc
Average	1.00	0.69	1.00
Dim	0.90	0.59	0.95
Dark	0.80	0.53	0.80

실험 결과는 변동계수를 사용하여 실험 데이터의 경향성을 분석하였다. 수식에 사용된  $n$ 은 실험에 사용된 자극의 개수를 의미하며,  $x$ 는 비교하고자 하는 집단,  $\bar{y}$ 는  $y$ 집단의 평균을 나타낸다. 예를 들어 변동계수가 0과 가까우면 두 집단은 완벽하게 일치한다고 볼 수 있다.

$$CV = \frac{100}{y} \left[ \frac{\sum (x_i - y_i)^2 / n}{y} \right]^{1/2} \quad (1)$$

표 3 은 중심와 시각에서 배경의 밝기에 따른 색채 인지 속성 중 색채 자극의 밝기에 해당하는 변동계수를 나타낸 것이다. 중심와 시각에서 밝기의 특성은 배경의 밝기가 어두운 경우 배경의 밝기가 밝은 변동계수보다 현저히 큰 차이를 보였으며 색채 자극의 크기가 커질수록 변동계수가 증가하는 현상을 나타냈다.

표 3. 배경의 밝기와 색채 자극의 크기에 따른 밝기 속성 변동 계수

Table 3. Variation coefficient of lightness based on the lightness of the background and the size of the colour stimulation.

배경 밝기	2° vs 4°	2° vs 6°	2° vs 8°	2° vs 10°
0	12.44	16.80	22.71	28.75
100	13.80	14.76	16.15	18.53

표 4. 배경의 밝기와 색채 자극의 크기에 따른 채도 속성 변동 계수

Table 4. Variation coefficient of chroma based on the lightness of the background and the size of the colour stimulation.

배경 밝기	2° vs 4°	2° vs 6°	2° vs 8°	2° vs 10°
0	11.12	13.43	19.90	30.42
100	14.35	19.23	26.75	35.22

표 4 는 중심와 시각에서 배경의 밝기에 따른 색채 인지 속성 중 색채 자극의 채도에 대한 변동계수를 나타낸다. 채도의 경우 밝기 특성과 상반되는, 즉 배경의 밝기가

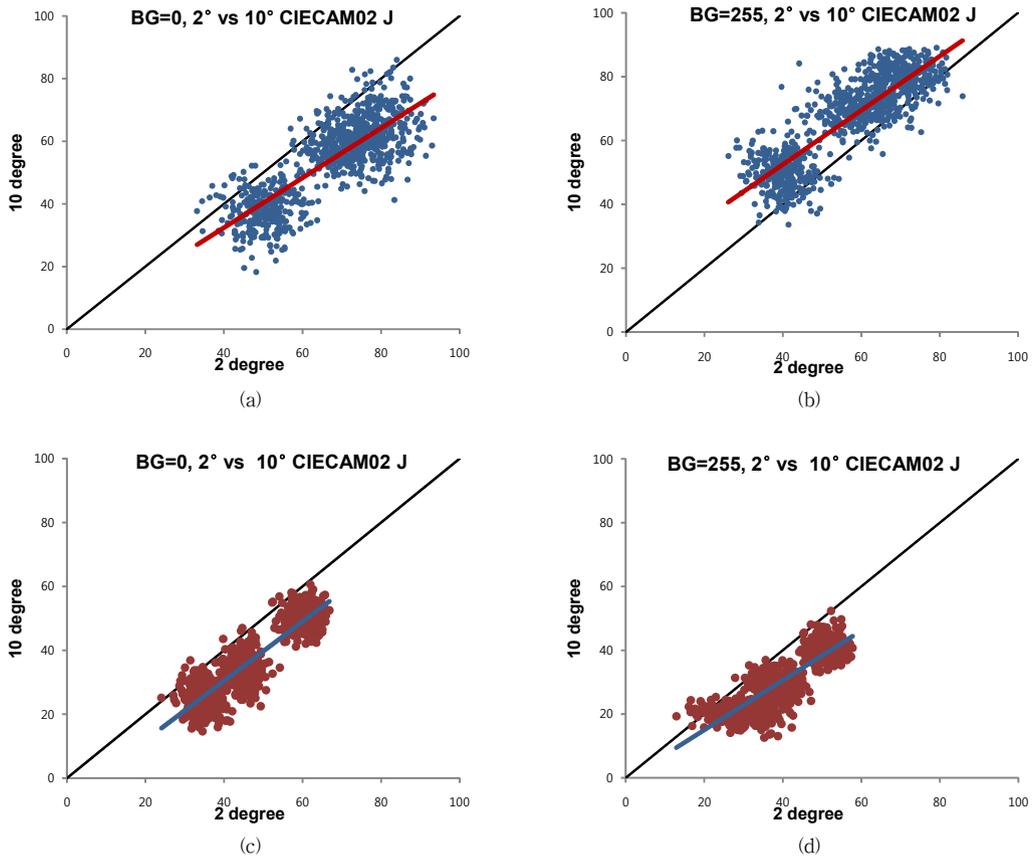


그림 2. 배경의 밝기와 색채 자극의 크기에 따라 CIECAM02 J와 C속성 비교

Fig. 2. Comparing J and C properties of CIECAM02 based on the lightness of the background and size of the colour stimulation.

어두운 경우 보다 밝은 경우 변동계수가 증가되는 경향성을 나타냈다.

본 실험에 사용된 10가지 면셀 대표 색상에 따라 색채 속성에 대한 경향성을 분석한 결과, 배경의 밝기와 색채 자극의 크기에 따른 어떠한 경향성을 나타내지 않았다. 색채 속성에 해당하는 CIECAM02 H의 경우, 색채 자극의 크기나 배경의 밝기에 따라 특정한 색상에서 다른 색상으로 색상이 이동 되어 보이는 현상이나, 색상을 인지하는데 있어 차이가 없는 것으로 도출되었다. 이는 색채 자극의 크기나 배경의 밝기가 색상 속성을 인지하는데 변수로 작용하지 않는다는 것을 알 수 있었다.

그림 2는 배경의 밝기와 색채 자극의 크기에 따라 CIECAM02 J와 C속성의 차이를 나타내는 결과 중 하나이다. 그림 2의 (a)와 (b)는 J속성을 비교한 그래프이며 (c)와 (d)는 C속성을 비교한 그래프이다. 배경의 밝기가

어두운 경우(CIECAM02 J=0) 밝기 속성에 해당하는 J는 색채 자극의 크기가 작을수록 크기가 큰 자극 보다 더욱 밝게 인지하는 경향성을 나타내었다. 배경의 밝기가 밝은 경우(CIECAM02 J=100)는 색채 자극의 크기가 클수록 크기가 작은 자극 보다 더욱 밝게 인지하는 대조적인 경향성을 나타내었다. 배경의 밝기가 어두운 경우(CIECAM02 J=0), C 속성은 색채 자극의 크기가 커질수록 직선의 기울기가 작은 크기의 자극 방향으로 기울어지는 경향성을 나타낸다. 또한 배경의 밝기가 밝은 경우(CIECAM02 J=100)도 마찬가지로 색채 자극의 크기가 작을수록 크기가 큰 자극 보다 더욱 선명하게 인지하는 결과를 나타내었다. 결과적으로, C속성의 경우 J속성과 다르게 배경의 밝기에 큰 영향을 받지 않으며 색채 자극의 크기가 작을수록 더욱 선명하게 인지한다는 결과를 의미한다. 이는 중심과 시각에서 색채의 선명도에 해당

하는 색채 속성은 배경의 밝기보다 색채 자극의 크기에 큰 영향을 받는다고 할 수 있다.

## V. 결론

본 연구에서는 배경의 밝기와 색채 자극의 크기에 따라 동일한 색채임에도 불구하고 색채를 다르게 인지한다는 가정 아래 정신물리학적 실험을 진행하여 가설을 입증하였다. 이에 대한 주요결과를 나타내면 아래와 같다.

선행 연구에서는 배경의 밝기가 고려되지 않은 상태에서 색채 자극의 크기가 증가함에 따라 더욱 밝고 더욱 선명하게 인지한다는 결과와 달리, 배경의 밝기와 색채 자극의 크기에 따라 색채를 인지하는 특성이 다르다는 연구 결과가 도출되었다.

중심외에 해당하는 시각에서는 배경의 밝기가 어둡고 색채 자극의 크기가 작을수록 더욱 밝게 인지하며 배경이 밝은 경우 이와 반대로 색채 자극의 크기가 클수록 더욱 밝게 인지하는 경향성을 나타냈다. 채도 속성의 경우, 배경의 밝기보다 색채 자극의 크기가 작을수록 더욱 선명하다는 경향성을 나타냈으며 색상 속성의 경우 어떠한 경향성을 나타내지 않았다.

본 연구는 디스플레이에 재현된 디지털 색채가 배경의 밝기와 색채 자극의 크기에 따라 색채 인지 현상이 달라진다는 것에 대한 공증이 될 수 있다. 디스플레이의 특성이 반영된 영상 시청 시 디스플레이 크기와 입력 영상의 밝기에 따라 동일한 색채임에도 불구하고 다르게 인지될 수 있으므로 이를 위해 이미지 프로세싱(Image Processing)과정에서 색채 변화를 고려하여 소프트웨어 구현 시 반영할 수 있기를 기대한다.

## References

- [1] Backhaus W., Kliegl R., Werner J. S., "Color vision : perspectives from different disciplines", New York, Walter de Gruyter & Co., 1998.
- [2] Fairchild M. D., "Color Appearance Models", Second Edition, Reading, Second Edition, John Wiley & Sons, 2005.
- [3] Hunt R. W. G., "The Reproduction of Colour", England, Fifth Edition, Fountain Press, 1995.

- [4] Hunt R. W. G., "Measuring Colour", Kingston-upon-Thames, Third Edition, Fountain Press, 2001.
- [5] Hunter R. R. W., "The Measurement of Appearance", New York, 2nd Edition, John, Wiley & Son, 1987.
- [6] Hurvich L. M., "Colour Vision", Sinauer Associate, Sunderland, Mass, 1981.
- [7] Tedford W. H., Bergquist S. L., & Flynn W. E., "The Size Color Illusion", In Journal of General Psychology, 1977.  
DOI:https://doi.org/10.1080/00221309.1977.9918511
- [8] Warden C. J., Flynn E. L., "The Effect of Color on Apparent Size and Weight", In The America Journal of Psychology, 1926.  
DOI:https://doi.org/10.2307/1413626
- [9] Billger M., "Evaluation of Color Reference Box as an Aid for Identification Color Appearance in Rooms", In Color research and Application, 2000.  
DOI:https://doi.org/10.1002/(sici)1520-6378(200006)25:3<214::aid-col10>3.3.co;2-u
- [10] Kutas G., Bodrogi G. P., & Shanda J., "Color Size Effect", In 10th Congress of the International Color Association, 2004.

## 저자 소개

### 홍 지 영 (정회원)



- 2001년 : Sydney University, Multimedia Design 석사
- 2017년 : 홍익대학교 디자인·공예 색채학 박사
- 2004년 ~ 2013년 : 삼성종합기술원, Multimedia Lab, 전문연구원
- 2015년 ~ 현재 : 경민대학교 영상콘텐츠과 조교수

<주관심분야 : 색채, 시지각, 영상처리, 디스플레이>