

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2021.21.4.31>

JIIBC 2021-4-5

그래픽 영상에서 테두리 밝기에 따른 색채 인지 연구

A Study on Colour Perception according to the Edge Brightness in Graphic Images

홍지영*

Ji-Young Hong*

요약 색채 속성으로는 색상, 명도, 채도로 구분 지을 수 있으며 색채 속성 각각에 따라 색채를 인지하는 특성이 달라진다. 색채를 인지하는 데 있어서 한 가지 색채를 독립적으로 보는 것이 아니라 주변 색채를 함께 보게 되며 주변의 색채 특성에 따라 원본 색채 인지 특성은 달라질 수 있다. 선행된 색채 인지 및 감성 연구는 단일 색채를 대상으로 한 것이 대부분이며 이는 실생활에서 색채를 인지하는 것과는 차이가 있으므로 주변 색채를 고려한 색채 인지 기초 연구가 필요하다. 본 연구에서는 그래픽 영상에서 자주 사용되는 테두리 밝기에 따른 색채 인지 특성을 알아보고자 정신물리학 실험을 진행하고 이를 분석하였다. 밝기에 가장 민감한 시각적 특성을 기반으로 테두리 밝기를 변수로 설정하고 실험 자극 색상으로는 먼셀 색채를 사용하여 실험을 진행하였다. 본 연구에서는 진행된 실험 결과를 분석하여 테두리 밝기에 따라 색채를 인지하는 시지각적 특성에 대한 기초 연구 자료로써 의미 여부를 정의하고 향후 연구 방향을 제시한다.

Abstract Colour properties can be classified based on hue, brightness, and saturation, and the characteristics of colour perception vary by colour property. In terms of colour perception, surrounding colours are viewed together rather than independently, and the characteristics of the original colour perception may vary depending on the colour characteristics of the surrounding. Thus far, research on colour perception and sensibility has focused on a monotonic environment, which is different from colour perception in real life. As such, a fundamental study on colour perception considering surrounding colours must be conducted. In this study, a psychophysical experiment was conducted, and the results were analysed to study the colour perception characteristics by edge brightness. Edge brightness was set as a variable based on the visual traits that are most sensitive to brightness, and the experiment was conducted using the Munsell colour system to specify the stimulus colour. Based on the analysis of the experimental outcomes, this study reveals the significance of fundamental research data on the visual and perceptual characteristics of colour perception with regard to edge brightness and provides directions for future research.

Key Words : Graphic, Colour, Visual perception, Brightness, Display

*정회원, 경민대학교 영상콘텐츠과(교신저자, 주저자)
접수일자 2021년 5월 25일, 수정완료 2021년 7월 16일
게재확정일자 2021년 8월 6일

Received: 25 May, 2021 / Revised: 16 July, 2021 /

Accepted: 6 August, 2021

*Corresponding Author: placebo_joan@kyungmin.ac.kr

Department of Visual Contents, Kyung Min University, Korea

I. 서 론

색채 과학의 발전은 크게 세 단계로 나눌 수 있으며 첫 번째 단계는 기초 색체계 단계로 색을 과학적 측면에서 두 물체의 색채 일치 여부를 물리적인 양으로 구별하고자 하는 것이다. 현재 색채 과학의 근본을 이루는 1931년에 수립된 CIE 색체계가 이를 목적으로 이루어진 시스템이라 할 수 있다.

두 번째 단계인 정량화 색체계 시스템은 두 색채의 일치 여부보다는 색채 차이를 정량화 시키고자 정량화 색체계 시스템을 구축하였다. 대표적으로 1976년 CIE에서 제시된 CIELAB과 CIELUV 색차식이다.

세 번째 단계인 발전된 색체계는 색채를 사람 눈에 보이는 그대로 기술하는 것으로서 컬러 어피어런스 모델 (Colour appearance model, CAM)이라고 할 수 있으며 밝기(Lightness), 채도(Chroma), 색상(Hue)이 다양한 환경 아래 어떻게 인지되는가를 수학적 모델로 풀어나간 방법이라 할 수 있다[1,2]. 현재까지 개발된 모델들은 정신물리학 실험을 통해 얻어진 데이터를 기반으로, 현재까지 개발된 대부분의 CAM은 입력 값으로 CIE 색체계의 결과물인 삼차극치와 휘도, 주변 배경 등 주위 환경에 대한 정보를 사용하며 결과 값은 사람이 인지하는 색채의 특성치인 색상, 명도, 채도 등으로 표시된다[3].

디스플레이, 카메라와 같은 영상 기기 분야, 제품 색채 디자인 분야, 건축 환경 분야, 조명 분야 등과 같이 사람 눈에 인지되는 색이 제품 품질에 영향을 미치는 모든 산업 분야에 색채 과학은 적용되고 있으며 색채 과학 지식을 기반으로 각 분야 특성에 맞도록 최적화된 색 및 영상을 재현하는 기술을 색채 공학이라 할 수 있다. 위에 언급된 바와 같이, 색채를 다루는 그래픽 분야에서는 주변 환경 및 배경에 해당되는 작업환경이 그래픽 작업 결과물에 결정적인 영향을 미치게 되는 주요 요인 중 하나라고 할 수 있다. 색채 작업 시 색채에 민감한 환경에서는 주로 주광조명을 사용하는데 주광은 약 6,00~6,500K 정도를 의미하며 안정된 주광조명은 주로 직접 조명과 반대인 반사 조명에서만 사용된다. 색보정 작업 시 가장 많이 사용되는 e 시네마 화면은 별도의 외부 장치로부터 주광색 빛을 사용하며 이것은 모니터 내부에서 사용되는 빛과 동일하다. 실내의 추가적인 환경이 그래픽 작업 환경에 영향을 주지 않도록 가급적 사용 광원은 6,500K를 사용하거나 혹은 필터를 사용하여 동일한 색온도 설정을 유지하도록 한다.

시각 정보는 뇌 뒤쪽 부분에 있는 시각 피질이라는 곳에서 처리되는데 정보 처리 과정에서 사람의 시각 시스템은 조명의 강도나 색의 변화를 어느 정도 상쇄시켜 조명 변화에 상관없이 주변 물체들의 색이 일정하게 보이게 만든다. 이러한 특성을 색채 항상성 (Colour constancy)이라고 부른다[4]. 색채 항상성을 가능하게 하는 메커니즘 중 하나는 흰색을 기준으로 색들을 인식하는 것이다. 또한 동일한 물체라고 하더라도 어떤 배경 색 위에 놓여 있는냐에 따라 색이 달라 보이게 되며 시각 시스템에서 색 정보를 얻는 과정에서 발생하는 현상이라 할 수 있다.

본 연구에서는 인간의 시각적 특성을 기반으로 하여 그래픽 영상의 주변 환경에 해당하는 테두리 효과에 따른 색채 인지 속성 변화에 대해 알아보고자 한다. 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 주변 환경과 명도대비에 대해, 제3장에서는 구체적인 실험 방법을 기술한다. 제4장에서는 도출된 실험 결과에 대해 기술하고 끝으로 제5장에서 결론 및 향후 연구과제에 대해 기술한다.

II. 주변 환경과 명도대비

색채 자극물에 대한 컬러 어피어런스는 주변 관찰자 환경뿐만 아니라 색채 자극물 자체에 따라서도 다르게 인지될 수 있다. 이러한 색채 자극 자체를 인지하기 위한 환경 조건 중 하나로 시각영역을 그림 1과 같이 정의할 수 있다[5].

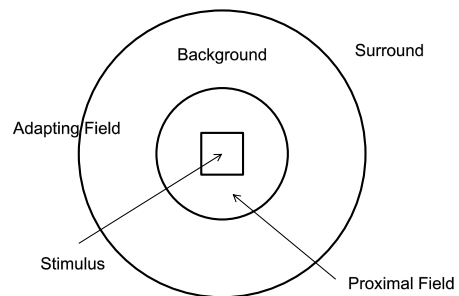


그림 1. 컬러 어피어런스 모델에서 사용되는 시야 체계
Fig. 1. Visual field system used in the colour appearance model

일반적으로 색채 자극(Colour element)은 약 2°시야 각을 갖으며 관련 수식은 다음과 같다.

$$Visual\ Angle = 2 \cdot \arctan\left(\frac{\frac{Object\ Size}{2}}{Object\ Distance}\right) \quad (1)$$

그림 1에서 보이는 바와 같이 중심부 영역(Proximal field)은 색채 자극이 위치한 영역의 가장자리에서 2° 연장된 범위의 영역을 의미하고 배경(Background)은 중심부 영역의 가장자리에서 약 10° 연장된 범위의 영역을 의미한다. 주위환경(Surround)은 배경으로 정의된 영역 외 나머지 영역, 순응범위(Adapting field)는 색채 자극의 모든 환경적 요소를 포함한다. 관찰 환경에서 사용하고자 하는 빛의 강도나 색도, 자극의 측색 방법, 관찰거리, 각도 등 모두 색채를 판단하는 중요한 요인이므로 색채 작업 시 충분히 고려되어야 한다.

영상에서 밝기 관련 정보는 시각적 화질 판단 요소 중 가장 중요한 요인 중 하나이며 시각이 색채 속성 중 밝기에 가장 민감하다는 선행 연구는 이미 알려져 있다. 빛의 세기를 표현하는 용어는 몇 가지가 있으나 그 중 밝기(Brightness)란 주관적으로 느끼는 빛의 세기를 의미하며 명도(Lightness)는 임의의 특정 기준에 따른 상대적인 빛의 세기를 나타낸다[6].

본 연구에서는 밝기에 가장 민감한 시각적 특성을 기반으로 그래픽 영상에서 자주 사용되는 테두리 밝기에 따라 색채 속성을 다르게 인지하는지 알아보하고자 한다.

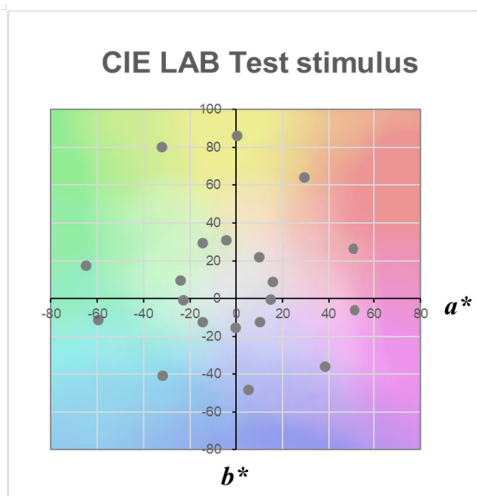


그림 2. CIELAB 색공간에서 실험에 사용된 색채 속성 분포도
 Fig. 2. Colour properties distribution chart used in experiments in CIELAB colour space

III. 정신물리학 실험 방법

본 연구는 테두리 밝기 변화에 따라 색채 속성 각각에 대해 인지하는 정도 차이를 알아보고자 시지각 색채 분류체계로 구성된 먼셀 색상을 실험 자극으로 사용하였으며 실험에 사용된 색채 자극의 분포도는 그림 2와 같다. 색채 자극의 분포를 나타낸 CIELAB 색공간은 CIE에서 1976년에 색채의 수치적인 표시를 위하여 제안한 색공간이다. CIELAB 시스템에서는 색채를 표시하는데 L*(lightness), a* (red-green), b* (yellow-blue) 3가지 속성으로 색채를 나타낸다.

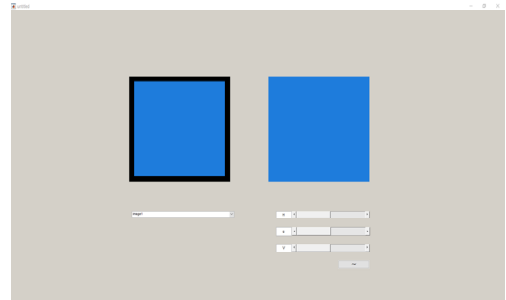


그림 3. MATLAB으로 구현된 실험 환경
 Fig. 3. The experiment environment was implemented using MATLAB.

표 1. 실험에 사용된 먼셀 색채 X, Y, Z 변환값
 Table 1. X, Y, and Z conversion values of the Munsell colour system used in experiments

no.	Hue	Value	Chroma	X	Y	Z
1	5.00R	5	12	30.41	19.77	9.89
2	5.00YR	5	12	25.08	19.77	1.92
3	5.00Y	5	12	18.82	19.77	0.17
4	5.00GY	5	12	13.24	19.77	0.59
5	5.00G	5	12	8.80	19.77	13.19
6	5.00BG	5	12	9.43	19.77	28.33
7	5.00B	5	12	13.28	19.77	52.98
8	5.00PB	5	12	19.78	19.77	60.97
9	5.00P	5	12	27.19	19.77	48.03
10	5.00RP	5	12	30.54	19.77	24.93
11	5.00R	9	4	82.59	78.66	73.63
12	5.00YR	9	4	79.70	78.66	58.27
13	5.00Y	9	4	72.67	78.66	49.19
14	5.00GY	9	4	67.87	78.66	50.69
15	5.00G	9	4	63.55	78.66	73.03
16	5.00BG	9	4	64.20	78.66	86.93
17	5.00B	9	4	67.87	78.66	104.13
18	5.00PB	9	4	74.65	78.66	109.03
19	5.00P	9	4	79.77	78.66	104.16
20	5.00RP	9	4	82.24	78.66	86.14

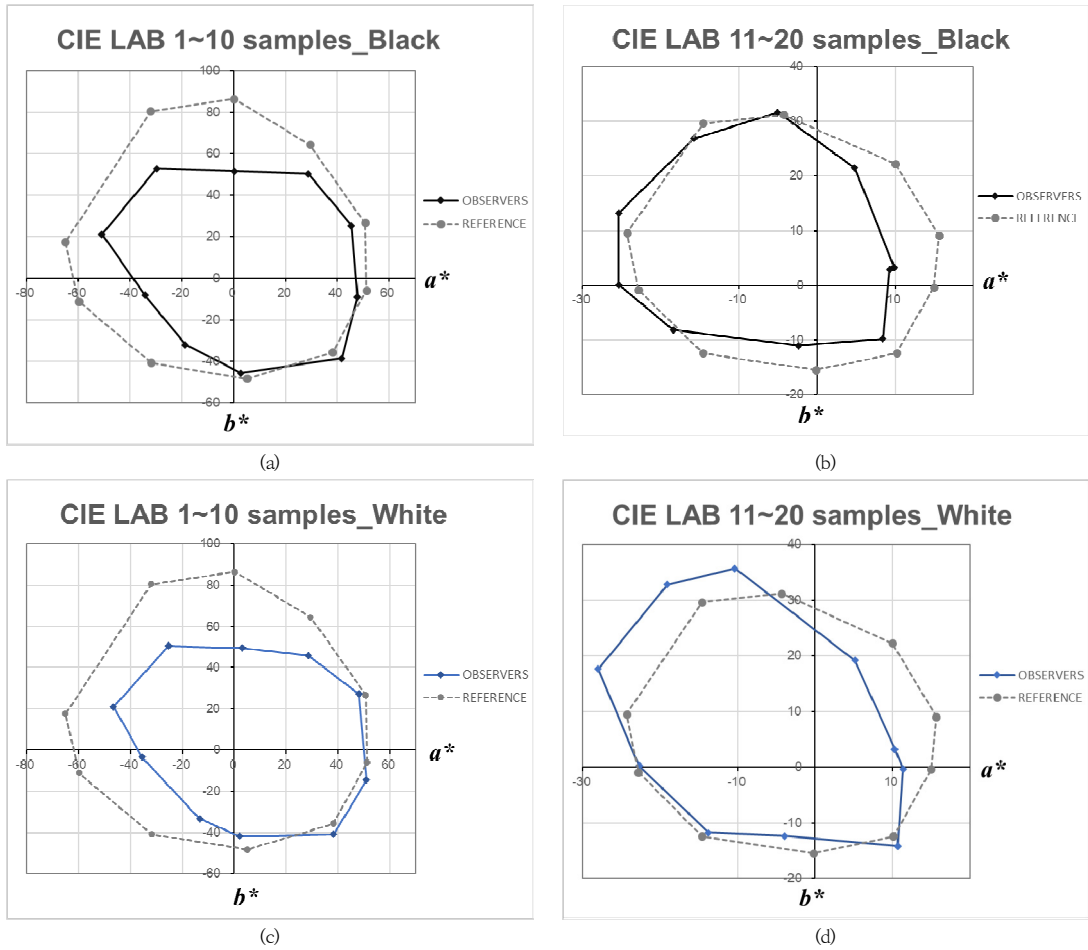


그림 4. CIELAB 색공간에서 테두리 밝기에 따른 색채 속성 관련 실험 결과
 Fig. 4. Experimental results on colour properties with regard to edge brightness in the CIELAB colour space

실험에 사용된 색채 자극은 다음과 같다. 시지각 색채 분류체계로 구성된 먼셀 색채를 기반으로 20가지 기본 색채를 선정하였다. 명도(Value)는 5, 채도(Chroma)는 12에 해당하는 10가지 색상과 명도(Value)는 9, 채도(Chroma)는 4에 해당하는 10가지 색상, 총 20가지 색채를 실험 자극으로 선정하였다. 실험 자극은 먼셀 C광원에서 측정된 X, Y, Z를 D65환경과 동일하게 백색 광원 값을 활용하여 변환한 후 실험에 적용하였으며 X, Y, Z값은 표 1과 같다.

테두리로 사용된 흰색의 X, Y, Z는 92.96, 97.74, 108.50에 해당되며 검은색의 X, Y, Z는 0.23, 0.21, 0.23에 해당된다.

그림 3에서 보이는 바와 같이 실험에 사용된 색채 자극의 크기는 약 77.44cm²의 면적을 갖는 정사각형 자극

을 사용하였으며 테두리는 정사각형 둘레의 0.5cm에 해당되는 두께를 사용하여 전체 면적의 약 11%에 해당되는 정도로 설정하였다.

실험에 사용된 디스플레이는 X-Rite i1 Pro2를 사용하여 D65 환경으로 교정 한 후 실험에 사용된 먼셀 색채의 변환 값과 동일하게 유지하여 실험에 사용 하였다. 디스플레이 특성은 표준 sRGB 색 재현 영역과 매우 흡사한 색 재현율을 나타냈으며 디스플레이 표준 감마인 2.2와 일치한 디스플레이를 실험에 사용하였다.

실험에 사용된 배경 밝기는 다른 색채 속성의 영향을 받지 않도록 CIECAM02 J(Lightness, 밝기)가 52.17에 해당되는 회색 배경을 사용하였다. CIECAM02는 컬러 어피어런스 유추가 가능하고 균일한 색공간이며 색차 계산까지도 가능하기에 본 실험에서는 CIECAM02와

CIELAB으로 모든 색채 값을 변환하여 분석하였다.

실험에 참가한 피험자는 30대 5명(남2명, 여 3명), 40대 5명(남2명, 여 3명)으로 구성되었으며 실험용 디스플레이와 시선간의 거리를 약 50cm로 고정하였다.

실험 전 암실 환경에 적응할 수 있도록 충분한 순응이 이루어진 후 실험을 진행하였다. 실험영상이 전환될 때도 동일하게 순응이 이루어지도록 하여 밝기 변화에 대한 어떤 바이어스를 갖지 않도록 하였다.

IV. 실험 결과

실험은 10명의 피험자가 흰색 테두리를 포함한 20개의 면셀 색채 자극, 검은색 테두리를 포함한 20개의 면셀 색채 자극, 총 40개 색채 자극을 대상으로 실험을 진행하였다. 실험 방법은 테두리가 없는 원본 색채(Target colour)를 보고 테두리를 포함한 색채 자극의 색채 속성 각각을 피험자가 직접 조절하도록 실험하였으며 총 실험 개수는 400개에 해당된다.

CIELAB는 상대적으로 큰 색채 차이를 보다 정확하게 예측할 수 있기 때문에, 본 연구에서는 색채 차이를 예측하는데 CIELAB를 사용하여 색차 ΔE_{ab}^* 를 산출하였다. L^* (lightness), a^* (red-green), b^* (yellow-blue) 3가지 색채 속성을 의미하며 수식은 다음과 같다.

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (2)$$

표 2는 검은색 테두리와 흰색 테두리를 포함한 색채 자극에서 원본 색채와 비교한 후 도출된 색차 평균값이다. 검은색 테두리의 평균 ΔE_{ab}^* 는 10.20이며 흰색 테두리는 11.52에 해당한다. 전반적으로 채도가 높은 색채 자극의 경우 색차 값이 크며 밝기 경우는 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

그림 4의 (a), (b)는 CIELAB 색공간에서 검은색 테두리를 포함한 색채 자극과 원본색채를 비교한 그래프이고 (c), (d)는 흰색 테두리를 포함한 색채 자극을 원본 색채와 비교한 그래프이다. 이 중 (a), (c)는 명도 5, 채도가 12에 해당하며 (b), (d)는 명도 9, 채도가 4에 해당한다. 그림 3에서 보이는 바와 같이 검은색 테두리의 경우 명도가 낮고 채도가 높은 자극에 대해서는 Y 색상 영역의 차이가 크게 나타남을 알 수 있으며 명도가 높고 채도가 낮은 자극에 대해서는 R 색상 영역의 차이가 크다는 것

표 2. 테두리 밝기에 따른 색차(ΔE_{ab}^*)

Table 2. Colour difference by edge brightness

Hue	Value	Chroma	B-dEab*	W-dEab*
5.00R	5	12	5.97	2.87
5.00YR	5	12	14.25	18.88
5.00Y	5	12	34.89	37.07
5.00GY	5	12	27.87	30.79
5.00G	5	12	14.77	19.04
5.00BG	5	12	25.91	25.51
5.00B	5	12	15.88	20.21
5.00PB	5	12	4.09	8.19
5.00P	5	12	4.93	5.10
5.00RP	5	12	5.08	8.91
5.00R	9	4	9.17	7.90
5.00YR	9	4	6.89	5.73
5.00Y	9	4	1.19	9.25
5.00GY	9	4	3.04	6.53
5.00G	9	4	4.55	9.09
5.00BG	9	4	3.78	2.94
5.00B	9	4	5.86	1.91
5.00PB	9	4	5.77	4.93
5.00P	9	4	3.47	1.85
5.00RP	9	4	6.69	3.64

을 알 수 있다. 흰색 테두리의 경우 명도가 낮고 채도가 높은 자극에 대해서 검은색 테두리와 비슷하게 Y 색상 영역의 차이가 크게 나타남을 알 수 있으며 명도가 높고 채도가 낮은 자극에 대해서는 G 색상 영역의 차이가 크다는 것을 알 수 있다.

표 3은 CIECAM02에서 테두리의 밝기에 따라 밝기와 채도 속성의 인지 차이를 알아보고자 변동계수를 사용하여 경향성을 분석하였다. 표 3에서 보이는 바와 같이 변동계수의 경향성은 채도가 높은 자극의 경우 원본 색채와 일치성에 차이가 크음을 알 수 있다.

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.

표 3. 테두리 밝기에 따른 색채 속성 변동계수(CV)

Table 3. Colour property coefficient of variation (CV) by edge brightness

CIECAM02	Black Frame		White Frame	
	V5/C12	V9/C4	V5/C12	V9/C4
J(Lightness)	5.76	4.49	9.09	2.33
C(Chroma)	15.67	5.87	29.17	9.94

$$CV = \frac{100}{y} \left[\sum (x_i - y_i)^2 / n \right]^{1/2} \quad (3)$$

테두리 밝기에 따라 색채 속성에 어느 정도의 영향력을 갖는지 통계적으로 분석하기 위해 R 통계 프로그램(R x 64 3.4.1 version)을 활용하였다. 정규성 검정 및 등분산 검정 결과, 실험에 사용된 데이터는 정규분포 및 분산이 같다는 결과를 얻을 수 있었다.

표 4는 대응표본 t 검정을 통해 테두리 밝기에 따라 색채를 다르게 인지하는가에 대해 통계적으로 유의미한지 여부를 확인하였다. 실험 결과, 검은색 테두리를 포함한 색채와 원본 색채의 밝기 속성 관련 대응표본 t 검정 결과 $t = -5.15 (p < 0.001)$ 로 나타나 귀무가설을 기각하므로 두 변수의 차이가 있다고 할 수 있었으며 나머지 결과 모두 $p > 0.05$ 로 나타나 차이가 없다는 결과를 얻을 수 있었다.

표 4. 테두리 밝기에 따른 색채 속성 대응표본 t검정 결과
Table 4. Results of t-test corresponding to colour properties by edge brightness

Colour Attributes	t	p-value
Black_Brightness vs Target_Brightness	-5.1522	5.666e-05
White_Brightness vs Target_Brightness	-0.0050628	0.996
Black_Brightness vs White_Brightness	-0.31134	0.7572
Black_Chroma vs Target_Chroma	-0.31146	0.7572
White_Chroma vs Target_Chroma	0.33971	0.7359
Black_Chroma vs White_Chroma	0.018852	0.9851

V. 결 론

본 연구는 테두리 밝기에 따라 색채를 다르게 인지할 것이라는 가정 아래 테두리 밝기 속성을 변수로 설정하여 색채 속성의 시각적 인지 특성 관련 실험을 진행하였다. 실험 결과 CIELAB 색공간 그래프에서는 차이가 크게 보였으나 대응표본 t 검정 결과, 검은색 테두리를 포함한 색채와 원본 색채의 시각적 밝기 속성에만 유의미한 차이가 있다는 결론을 도출하였다.

본 연구는 밝기에 가장 민감한 시각적 특성을 기반으로 그래픽 영상에서 자주 사용되는 테두리 밝기에 따라 색채 속성을 인지하는데 있어서 시각적 차이가 있는지 알아보고자 하는 기초연구로 활용 가능하다. 향후 진행할 연구 과제로는 본 연구에서 제시한 테두리 밝기 외에 다른 색채 속성을 추가적으로 결합하여 색채 속성 관련

요인들에 대해 확장된 연구를 진행하고 시각적으로 동일한 색채 구현이 가능할 수 있는 컬러 어피어런스 모델 구축 관련 연구를 진행할 예정이다.

References

- [1] Wyszecki G, Stiles WS., Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae, 2nd edition, 2000.
- [2] Fairchild M. D., "Color Appearance Models", Second Edition, Reading, Second Edition, John Wiley & Sons, 2005.
- [3] CIE TC1-34 Final Report, The CIE 1997 Interim Color Appearance Model (Simple Version), 1998.
- [4] Hurvich L. M., "Colour Vision", Sinauer Associate, Sunderland Mass., 1981.
- [5] J.Y. Hong, Y.S. Park, "A Comparison Study of Colour Perception considering Peripheral Vision on DisplayDevice", JIIBC, Vol. 16, No. 1, pp.33-42, 2016. DOI:https://doi.org/10.7236/jiibc.2016.16.1.43
- [6] J.Y. Hong, "A study on colour appearance by the size of colour stimulation at foveal vision", JIIBC, Vol. 18, No. 3, pp. 23-28, 2018. DOI:https://doi.org/10.7236/jiibc.2018.18.3.23

저 자 소 개

홍 지 영(정회원)



- 2004년 ~ 2013년 : 삼성종합기술원, Multimedia Lab., 전문연구원
- 2015년 ~ 현재 : 경민대학교 영상콘텐츠과 조교수
- 주관심분야 : 디스플레이, 색채, 시지각, 영상처리