

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2019.19.2.19>

IIBC 2019-2-3

그래픽 영상에서 입체감과 색채 속성의 연관성 관련 연구

Correlations between Stereoscopic Perception and Colour Attributes in Graphic Images

홍지영*

Ji-Young Hong*

요약 디지털 영상 분야의 디지털 테크놀로지 발전은 다양한 형태의 미디어 환경을 만들어 내며 급격하게 변모하고 있다. 이러한 영상분야는 멀티미디어 테크놀로지의 급격한 발전을 통해 방송 영상 처리 기술 분야에서는 보다 실감나는 영상을 제공하기 위해 지속적인 발전을 하고 있으며 평면 화질 향상의 요구는 거의 충족되어 기술적 포화상태에 이르게 되었다. 현재 평면 화질에서는 3D 입체 영상 화질에서 충족시킬 수 없는 시각피로 분야에 대한 자유성 및 대중성을 갖고 있다는 장점을 보유하고 있으며 보완 작업 기술 분야로는 평면 화질에서의 입체감 향상 기술이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 평면 디스플레이에서 제공되는 그래픽 영상을 대상으로 색채 속성과의 연관성을 알아보고자 입체감 관련 실험을 진행하고 이를 분석하였다. 실험에 사용된 색채 속성으로는 색상, 밝기, 채도를 차등적으로 그래픽 영상에 적용하여 입체감이 가장 큰 요인에 대해 분석하고 아노바 분산분석을 통해 교호작용을 검증하였다. 본 연구에서 진행된 실험결과를 분석하여 입체감과 관련 있는 색채 요인의 유의미 여부를 정의하고 그래픽 영상 처리 시 입체감 향상을 위한 색채 조절 방안을 제시한다.

Abstract Digital technologies in the digital image field are developing and changing rapidly while creating various forms of media environments. In particular, broadcasting image-processing technologies provide more realistic images through the development of multimedia technology. Consequently, the needs of flat image quality have been nearly met, leading to technological saturation. Currently, flat images possess the advantages of popularity and freedom from visual fatigue over three-dimensional stereoscopic images. A complementary technology for flat images is the stereoscopic perception improvement technology. To examine correlations between stereoscopic perception and colour attributes for graphic images on flat displays, we have conducted experiments related to stereoscopic perception and analysed the results. In these experiments, the colour attributes of hue, value, and chroma were applied at different levels. Next, the factors that provide the highest stereoscopic perception and their interactions were analysed through analysis of variance. Finally, this study defines the significance of colour factors related to stereoscopic perception by analysing the experimental results, and proposes a colour adjustment method for improved stereoscopic perception in graphics image processing.

Key Words : Graphic images, Image processing, Stereoscopic Perception, Colour, Display

*정회원, 경민대학교 영상콘텐츠과(교신저자, 주저자)
접수일자 2019년 2월 5일, 수정완료 2019년 3월 5일
게재확정일자 2019년 4월 5일

Received: 5 February, 2019 / Revised: 5 March, 2019 /

Accepted: 5 April, 2019

*Corresponding Author: placebo_joan@kyungmin.ac.kr

Department of Visual Contents, Kyung Min University, Korea

I. 서 론

디지털 영상 제작 기반인 디지털 테크놀로지의 발전은 다양한 미디어 환경을 만들어 내며 급격하게 변모하고 있다. 이러한 디지털 영상 제작기술의 발전과 더불어 3D 이미징 관련 기술은 더욱 활발히 연구되고 있으며 지속적인 관심에 따라 다양한 분야에서 응용되고 있는 추세이다. 이제 3D 관련 기술은 멀티미디어 테크놀로지의 급격한 발전을 통해 신체에 사용하는 별도의 장치 없이 진화의 과정을 거쳐 TV 및 모니터에서 감상할 수 있게 이르렀다.

3D 영상은 2차원 평면 정보가 아닌 3차원 공간 정보이므로 정보량이 많고 이를 표현하는 디스플레이 장치의 물리적 한계 및 시각 피로도 등 해결되지 않은 문제점들이 미체의 연구로 남아있는 상황이다. 최근까지 개발된 입체 디스플레이 장치는 여러 종류가 있으나 가장 대중적이며 수용 가능한 정보량을 이용하는 방식은 양안시차 방식의 입체 디스플레이라고 할 수 있다. 인간의 시각이 받아들이는 양안시차의 크기에 따라 입체감은 비례한다고 인지한다. 하지만 이를 이용한 양안시차 방식의 3D 디스플레이는 영상을 표현할 때 입체감과 함께 시각피로도가 발생하게 된다. 인간 시각이 주시하는 주시점과 초점 거리가 불일치함에 의해 발생하는 것으로 디스플레이 장치의 좌우 영상분리의 불완전성(Cross talk)에 의해 발생하는 것으로 알려져 있다.

입체감 및 현실감을 재현하는 기술의 핵심은 인간의 시지각적인 측면에서 입체감을 인지하게 하는 기술에 있다. 현재 3D 영상의 문제점을 보완할 수 있는 대체 방법으로는 시각적 피로도가 발생하지 않는 기존 2D 영상에서 인간 시지각을 충족시킬 수 있는 기술적 접근 방법이 필요하다고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 2D 디스플레이에서 제공되는 그래픽 영상에서 입체감과 색채 속성의 연관성 관련 연구를 진행하였으며 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 시지각 특성과 색채에 대해, 제 3장에서는 구체적인 실험 방법을 기술한다. 제 4장에서는 도출된 실험 결과에 대해 기술하고 끝으로 제 5장에서 결론 및 향후 연구과제에 대해 기술한다.

II. 시지각 특성과 색채

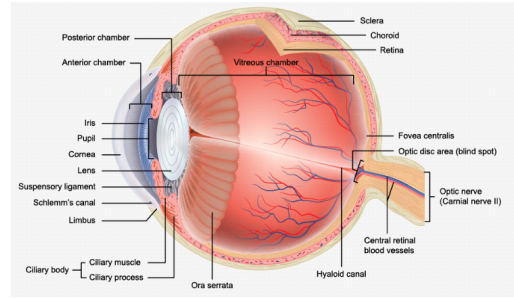


그림 1. 눈의 해부학적 구조
Fig. 1. Eye anatomy

인간의 시지각 과정에서 빛은 동공을 통해 들어오며 사람이 인지하는 영상은 각막과 수정체에 의해 사물의 위치와 거리를 판단하여 초점을 맞추고 이 영상이 망막에 투영된다. 각막은 시지각 인지과정 중 약 70%이상의 초점을 맞추는 역할을 수행하고 있다.[1] 이는 굴절 과정에서 수정체와 함께 가장 중요한 역할을 하는 층에 해당되며 망막의 후방에 선명한 영상을 형성하도록 한다.[2]

홍채는 눈에 들어오는 빛의 양을 조절하며 조리개로서의 기능을 담당한다.[3] 망막은 얇은 막으로 되어 있으며 눈 뒷부분 표면에 해당하는 65%정도를 뒤덮고 있다. 망막은 광수용체와 망막개재뉴런(Retinal inter-neurons)으로 이루어져 있다. 망막에 위치하며 광수용기에 해당하는 간상체, 추상체는 신호처리의 일환으로 다음 단계의 시각조직에 영상이 전달될 수 있도록 입사광 에너지(Incident light energy)를 전기적 신호로 변환하여 시신경(Optic nerve)을 통해 뇌로 전달한다. 망막의 일부분으로 망막의 중앙에는 와 또는 중심와(Fovea, Fovea centralis)가 위치하고 있다. 중심와에는 혈관이 없으며 중심와를 통해 가장 선명하게 색을 인지한다고 할 수 있다.[4] 망막의 외부 막에 위치한 추상체는 장파장, 중파장, 단파장이 민감도에 따라 Red, Green, Blue로 구분되며 일반적으로 L, M, S cones로 표기되거나 ρ , γ , β 로 표현되기도 한다. 이 세 가지 유형의 추상체 비율은 40(L cones) : 20(M cones) : 1(S cones) 정도이고 M과 L cones는 주로 중심와에 분포되어 있으며 민감도가 가장 큰 S cones의 경우 대부분 중심와의 바깥 부분에 분포되어 있다.[5] 간상체의 특성은 매우 약한 빛을 감지할 수 있으며, 회색조의 색채만을 감지할 수 있다. 반면에 추상체는 전반적인 색채 인지 역할을 수행한다. 색채에 대한 인지

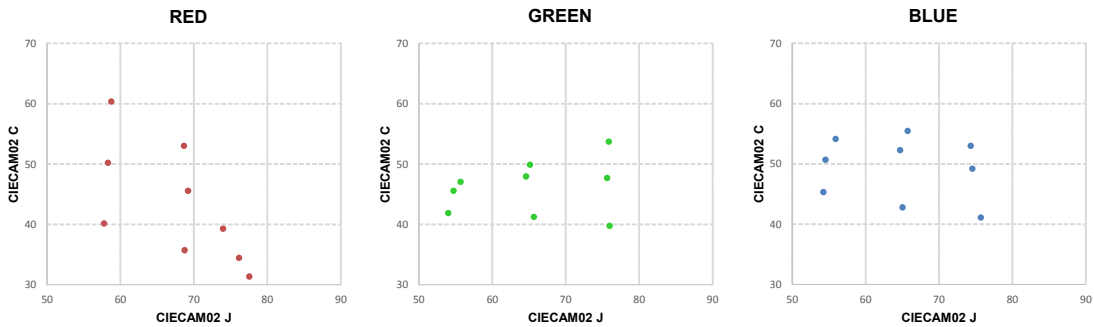


그림 2. CIECAM02에서 실험에 사용된 색채 속성 분포도
 Fig. 2. Colour attributes distribution chart used in experiments in CIECAM02

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

	no.	X	Y	Z
COLOUR	1	32.81	25.13	14.00
	2	35.30	25.13	11.39
	3	37.94	25.13	9.08
	4	47.26	38.20	23.90
	5	50.52	38.20	19.92
	6	53.58	38.20	16.53
Red	7	65.83	54.74	36.10
	8	69.49	54.74	31.27
	9	73.79	54.74	26.23
	10	14.90	25.13	21.81
	11	13.12	25.13	21.07
	12	11.20	25.13	20.40
	13	24.27	38.20	33.64
Blue	14	21.87	38.20	32.46
	15	19.43	38.20	31.38
	16	36.58	54.74	48.77
	17	33.14	54.74	46.89
	18	30.00	54.74	45.30
	19	20.22	25.13	53.38
	20	19.57	25.13	62.03
Green	21	18.89	25.13	72.23
	22	31.12	38.20	73.92
	23	30.16	38.20	84.35
	24	29.15	38.20	96.82
	25	44.87	54.74	98.56
	26	43.38	54.74	112.80
	27	41.89	54.74	128.68

는 세 가지 서로 다른 추상체 빛의 각각 다른 파장에 대한 반응의 결과이다. 시각적 특성으로 입체감을 느끼는 요인은 다양하며 일반적으로 알려진 색채 관련 입체감이론으로는 공기원근법(Aerial Perspective)과 진출색·후퇴색(Advancing Colour Receding) 등이 있다. 공기원근법은 공기의 작용으로 물체가 멀어짐에 따라 푸른 계열의 빛이 더해지며 채도가 감소하고, 물체의 윤곽이 희미

해지는 현상을 의미한다. 일반적으로 같은 명도의 색일 경우 장파장의 색이 진출해 보이는 진출색, 단파장의 색은 후퇴해 보이는 후퇴색이 되며, 이를 통해 입체감을 더욱더 효과적으로 느낄 수 있게 된다.

본 연구에서는 3D 영상에서 느낄 수 있는 입체감 재현을 위해 2D 그래픽 영상을 대상으로 하여 입체감 증가인 중 색채와 입체감 관련 실험을 진행하고 입체감 증가 색채 요인에 대해 비교·분석하고자 한다.

III. 실험 방법

본 연구는 선행 연구를 기반으로 입체감 지각 요인 중 색채 관련 요인을 세분화 하여 색채 각각의 속성에 따라 입체감이 달라지는 정도를 알아보고자 한다.[6] 실험에 사용된 영상은 그래픽 영상 중 입체감을 나타낼 수 있는 원을 대상으로 하여 실험 영상을 제작하였으며 사용된 색채의 특성은 그림 2와 같다.

실험에 사용한 색채 속성은 다음과 같다. 인간의 시지각 색채 분류체계로 구성된 멘셀 색상을 기반으로 색상 속성의 대표 색상값인 7.5를 중심으로 Red, Green, Blue를 선정하였다. 선정된 색상은 앞의 서론에서 제시된 시지각 특성을 반영하여 진출색 및 후퇴색을 포함한 색상이다. 명도는 각각의 색상이 멘셀 색체계에서 표현될 수 있는 5, 6, 7, 총 3 단계를 사용하였고 채도의 경우 8, 10, 12, 로 명도와 동일한 3단계를 사용하였다. 각각의 색상은 멘셀 C광원에서 측정된 X, Y, Z를 D65환경과 동일하게 백색 광원 값을 활용하여 변환한 후 실험에 적용하였으며 X, Y, Z값은 표 1과 같다.

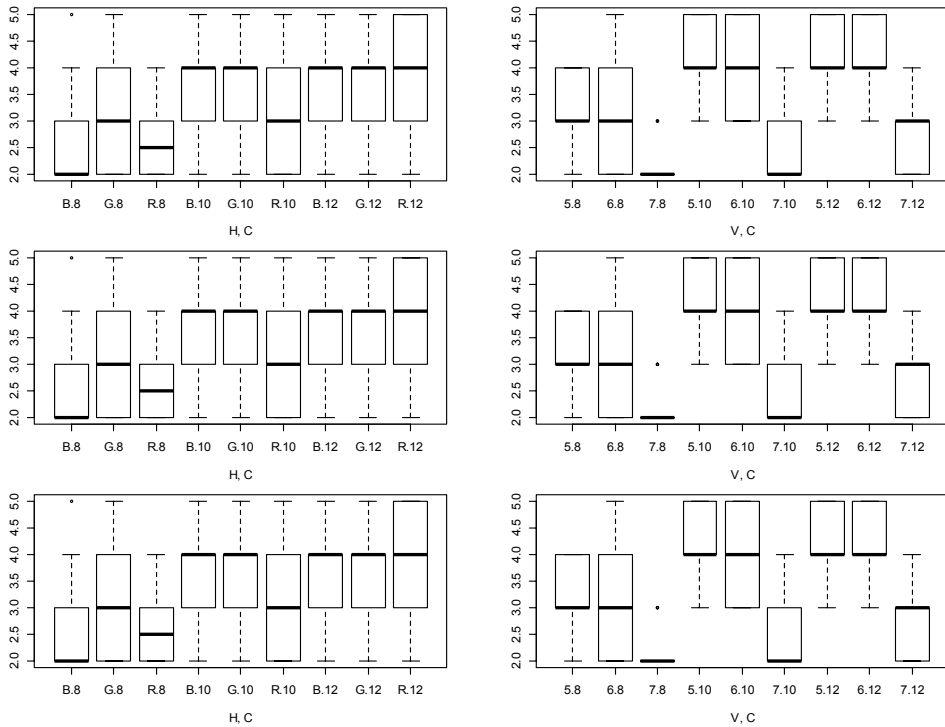


그림 3. 각각의 변수가 고려된 경우를 나타낸 실험 결과 그래프
 Fig. 3. Experimental results for each variable

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

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. 실험에 사용된 디스플레이 배경의 밝기 Y는 가장 어두운 상태에서 0.21, 최대 밝기인 경우 97.74에 해당한다.

실험에 사용된 배경의 밝기는 다른 색채 속성의 영향을 받지 않도록 시각적 밝기를 의미하는 CIECAM02 J가 52.17에 해당되는 회색 배경을 사용하였다. 실험에 사용된 CIECAM02는 컬러 어피어런스 유추가 가능하고 균일한 색공간이며 색차 계산까지도 가능하기에 본 실험에서는 CIECAM02로 모든 색채 값을 변환하여 분석에 사

용하였다.

실험에 참가한 피험자는 30대 5명(남2명, 여 3명), 40대 5명(남2명, 여 3명)으로 구성되었으며 실험에 대한 간략한 설명을 들은 후 실험용 디스플레이와 시선간의 거리를 약 50cm로 고정하였다. 피험자는 충분한 시간을 두고 입체감에 대한 리커트 스케일(Lickert scale) 5점 척도로 각 영상에 대해 입체감을 평가하였으며 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

실험에 사용된 변수인 색상 3 단계, 명도 3 단계 그리고 채도 3 단계, 총 27 가지 실험 영상을 적용하여 각 색채 속성의 특성을 파악하고 각 변수가 입체감에 어느 정도의 영향력을 갖는지 분석하기 위해 R 통계 프로그램(R x 64 3.4.1 version)을 활용하였다.

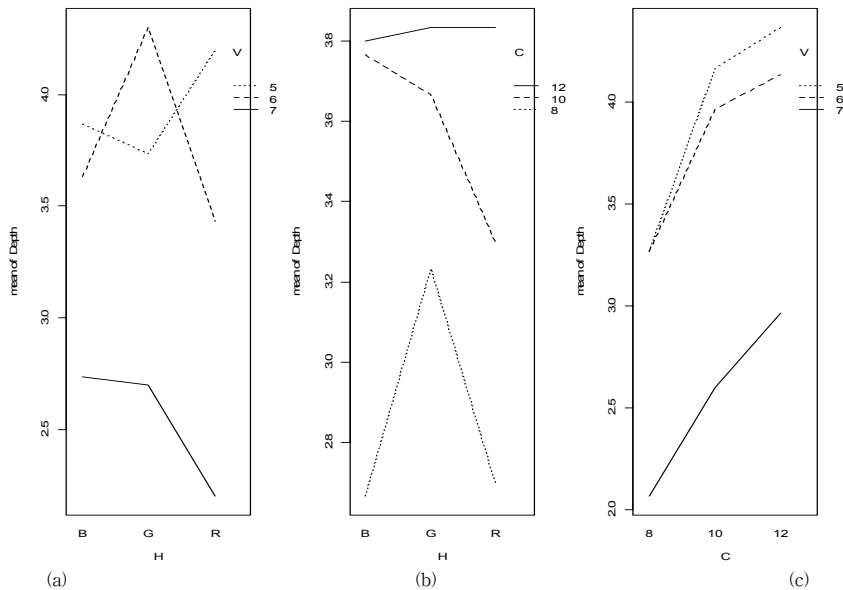


그림 4. 각 변수간의 교호 작용을 나타낸 그래프, (a) 각 색상과 밝기의 교호작용, (b) 각 색상과 채도의 교호작용, (c) 밝기와 채도의 교호작용

Fig. 4. Graphs showing the interactions between parameters: (a) interaction between each hue and value, (b) interaction between each hue and chroma, and (c) interaction between value and chroma

표 2 는 각 변수의 개별적 특성을 알아 보기 위해 아노바 분산 분석으로 검증하였고 각각의 변수가 유의미한 결과 값을 나타냈다. H 는 색상을 의미하며, V 는 밝기, C 는 채도를 의미한다. CIECAM02에서 먼셀 H는 H, 먼셀 V 는 J, 먼셀 C는 C로 나타낼 수 있다.

그림 3은 실험에 사용된 색상, 밝기, 채도 각각의 변수가 고려된 경우를 나타낸 실험 결과 그래프이다. 표 3 에서 제시된 바와 같이 교호작용 검증 결과, 각 변수가 입체감에 대한 영향력이 유의미한 것으로 판단되며 각 변수 간의 교호작용도 존재 한다는 것을 알 수 있었다. 색상 에 해당하는 H 와 밝기에 해당하는 V 간의 교호작용 이 매우 크게 작용하며 그 외 색상과 채도, 밝기와 채도, 그리고 색상, 밝기, 채도 간의 교호작용은 유의미 하지 않다는 결과를 얻을 수 있었다.

그림 4는 교호작용을 고려하여 아노바 분산분석을 실행하였고, 교호 작용의 존재 여부를 재검증하여 각 변수 간의 교호작용 결과를 나타낸 그래프이다. 최종적인 실험 결과 분석 시 선택된 모델은 실험에 사용된 각 변수와 교호작용이 작용하는 변수들 간의 분산분석을 통해 실험 결과를 얻을 수 있었으며 이는 표 4와 같다.

그림 4에서 보이는 바와 같이 색상이 Red인 경우, 밝기 속성인 V 가 낮을수록 입체감을 더욱 크게 느낀다는

표 2. 교호작용이 고려되지 않은 각 변수의 실험 분석 결과
 Table 2. Experimental results of each variable for which interaction is not taken into account

Variables	Sum Sq	Mean Sq	F	Pr(>F)
H(Hue)	4.07	2.03	3.643	0.0275 *
V(Lightness)	86.81	86.81	155.528	< 2e-16 ***
C(Chroma)	41.09	41.09	73.618	8.11e-16 ***

표 3. 교호작용이 고려된 실험 분석 결과
 Table 3. Experimental results considering interactions

Variables	Sum Sq	Mean Sq	F	Pr(>F)
H	4.07	2.03	3.894	0.021579*
V	86.81	86.81	166.223	< 2e-16 ***
C	41.09	41.09	78.681	< 2e-16 ***
H:V	8.48	4.24	8.117	0.000381 ***
H:C	2.84	1.42	2.723	0.067539.
V:C	0.3	0.3	0.574	0.449181
H:V:C	1.55	0.78	1.484	0.228648

표 4. 최종 실험 결과 분석
 Table 4. Analysis of final experimental results

Variables	Std. Error	t value	Pr(> t)
HG	1.04E+00	1.157	0.24833
HR	1.04E+00	2.378	0.01811 *
V	9.34E-02	-6.068	4.54e-09 ***
C	4.67E-02	6.068	4.54e-09 ***
HG:V	1.32E-01	0.379	0.70531
HR:V	1.32E-01	-3.281	0.00118 **
HG:C	6.60E-02	-2.019	0.04450 *
HR:C	6.60E-02	0	1

결론을 얻을 수 있었으며, 채도 속성인 C는 밝기 속성과 반대로 C가 높을수록 입체감을 느낀다는 결론을 얻을 수 있었다. 색상이 Green인 경우, 밝기 속성에 일관적인 결과를 얻지 못하였으나 채도가 높을수록 입체감을 크게 느낀다는 결론을 얻을 수 있었다. 색상이 Blue인 경우, Green 색상과 동일하게 일관적인 결과를 얻지 못하였으며 채도가 높을수록 입체감을 크게 느낀다는 결론을 얻을 수 있었다.

전반적 실험 결과로는 채도가 높고 밝기가 낮을수록 입체감에 영향을 준다는 결론이 도출되었다. 각 변수가 입체감에 대한 영향력이 유의미한 것으로 판단되며 각 변수 간의 교호작용도 존재 한다는 것을 알 수 있다.

V. 결 론

본 연구는 그래픽 영상에서 입체감에 영향을 주는 색채 속성에 대해 알아보기 위해 입체감과 관련 있는 색상, 밝기, 채도를 입체감 변수로 설정하여 이와 관련된 실험을 진행하였다. 실험 결과 분석은 1차적으로 교호작용이 고려되지 않은 상태에서 각 변수들 간의 유의미한 정도를 알아보고, 2차적으로는 교호작용이 고려된 상태에서 각 변수들 간의 입체감에 대한 영향력을 알아보았다. 최종적으로 사용된 모델은 입체감에 영향이 있다고 판단된 개별 변수와, 교호작용이 작용하는 변수들 간의 아노바 분석을 통해 실험결과를 분석하였으며 결과는 다음과 같다. 색채 속성 중 진출색에 해당하는 Red 색상의 경우 밝기 속성과 채도 속성에 입체감 관련 영향을 받으며, 중성색인 Green과 후퇴색에 해당하는 Blue인 경우 채도가 높을수록 입체감을 크게 느낀다는 결론을 얻을 수 있었다. 이는 색채 관련 입체감 이론과 비슷한 경향성을 나타내며 진출색의 경우 시각적 민감도가 높기 때문에 입체감 향상을 위해서는 밝기 속성 및 채도 속성 모두가 고려되어 영상 처리 되어야 하며, 중성색 및 후퇴색 관련 색상의 경우 채도 속성이 입체감 증가 시 고려해야 할 색채 속성이라고 판단된다. 본 연구를 통해 도출된 실험 결과를 바탕으로 향후 진행할 연구 과제로는 그래픽 영상에서 입체감 관련 요인들에 대해 확장된 연구를 진행하고 시각적으로 최적의 입체감이 창출 될 수 있도록 논리적 모델 구축 관련 연구를 진행할 예정이다.

References

- [1] Wandell B. A., "Foundation of Vision", Sinauer, Sunderland Mass, 1995.
- [2] Hunt R. W. G., "Measuring Colour", Kingston-upon-Thames, Third Edition, Fountain Press, 2001.
- [3] Fairchild M. D., "Color Appearance Models", Second Edition, Reading, Second Edition, John Wiley & Sons, 2005.
- [4] Stockman A., Sharpe L. T. and Fach H. H., "The Spectral sensitivity of the Human Short-Wavelength Cones", Vision Research, 39, pp. 2901-2927, 1999.
- [5] Stiles W. L. and Burch J. M., "NPL Colour-Matching Investigation: Final report", Optic Acta, 6, pp.1-26, 1959.
- [6] JY Hong, " A study on characteristics related to texture, colour temperature and contrast ratio to improve the depth of stereoscopic images", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication VOL. 18 No. 4, pp. 37-42, 2018. DOI:https://doi.org/10.7236/JIIBC.2018.18.4.37
- [7] <https://www.genes-vision.ch/retinalearn/eye-anatomy/>

저자 소개

홍 지 영(정회원)



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