

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2024.24.3.9>
JIIBC 2024-3-2

디지털 미디어 환경에서 색상을 인지하는 색채 속성 연구

A Study on Colour Properties for Colour Recognition in Digital Media Environments

홍지영*

Ji-Young Hong*

요약 색의 기본이 되는 구성 요소는 색상, 명도, 채도로 정의된다. 시지각 특성을 기초로 연구한 먼셀 표색계의 경우 색상(Hue), 명도(Value), 채도(Chroma)로 분류하였으며 세 가지 속성에 대하여 기록하는 방법에는 시각에 중점을 두어 색표를 기준으로 기록하는 현색계와 수치상으로 정확하게 기록하여 변색 우려가 없는 혼색계로 구분할 수 있다. 색을 전달하고 표현하는데 있어 색채 용어는 매우 중요하게 사용되며 색채는 색상, 명도, 채도의 조합에 따라 색상을 구분하고 정의할 수 있다. 현재 다양한 미디어 매체의 개발로 인해 이전에 구현할 수 없던 색의 범위까지 표현할 수 있게 되었으며 디지털 중심의 색채 연구가 좀 더 세분화 되어 색채를 지각하는 특성에 대한 기초연구가 필요하다. 본 연구는 디스플레이에서 시지각 기반 먼셀 표색계의 대표 10가지 색상을 대상으로 각 색상을 인지하는 명도와 채도의 범주에 대해 알아보고자 정신물리학 실험을 진행하고 이를 분석하였다. 본 연구는 진행된 실험 결과를 분석하여 색채 인지 특성에 대한 기초 연구 자료로써 유의미 여부를 정의한 후 향후 연구방향을 제시한다.

Abstract Hue, value, and chroma are the fundamental colour components used in colour property research to identify colour in the digital media environment. In the Munsell colour system, which is based on the characteristics of visual perception, the basic properties are classified into hue, value, and chroma. The methods for recording these three properties can be divided into the colour appearance system and the colour mixing system: in the former, they are documented based on a colour chart that focuses on visual perception, and in the latter, accurate numerical records are kept without concern for discolouration. Colour terminology is crucial for conveying and expressing colours, and colours can be classified and defined according to the combination of hue, value, and chroma. With the development of various media, it has become possible to represent a range of colours previously unachievable, necessitating basic research into the characteristics of colour perception by further subdividing digital-oriented colour studies. In this study, we conducted psychophysical experiments to identify and analyse the categories of value and chroma needed to recognise each colour among the ten representative colours of the Munsell colour system, based on visual perception on a display. This study analyses the results of these experiments, defines their significance as foundational research data on colour perception characteristics, and suggests directions for future research.

Key Words : Colour, Visual perception, Display, Three attributes of colour

*정회원, 경민대학교 영상콘텐츠과(교신저자, 주저자)
접수일자 2024년 5월 18일, 수정완료 2024년 5월 30일
게재확정일자 2024년 6월 7일

Received: 18 May, 2024 / Revised: 30 May, 2024 /

Accepted: 7 June, 2024

*Corresponding Author: placebo_joan@kyungmin.ac.kr

Department of Visual Contents, Kyung Min University, Korea

I. 서론

CIE 색체계는 색채 재현 부분에서 사용되어 왔으나 주변 환경이나 배경, 크기, 모양, 조도, 관찰 조건 등 다양한 환경 요소를 고려할 수 없는 동일한 환경에서만 두 가지 자극의 비교가 가능한 조건을 갖고 있다. [1] 이미 일반적 시지각 현상으로 알려진 컬러 어피어런스에서 보여지는 바와 같이 사람의 시지각은 모든 조건하에서 동일하게 색채를 인지할 수 없는 속성을 갖고 있다는 것을 알 수 있다. [2] 컬러 어피어런스는 다양한 관찰 조건에 대해 독립적으로 색채를 인지하는데 있어서 지각적 요소인 밝기(Lightness), 채도(Chroma), 색상(Hue) 등과 같은 요인을 표현하는 것을 의미 한다.

디지털 관련 색채 산업의 규모가 빠르게 확장되면서 CIE 색체계를 기반으로 시지각 특성이 고려된 다양한 하드웨어 및 소프트웨어가 개발 되고 있다. 또한 디스플레이 산업에서는 디스플레이의 다양한 제품 응용 및 다양한 크기와 재질의 디스플레이 디바이스에서 보다 정확한 색채와 향상된 영상을 재현하기 위해 많은 관심을 가지고 있다. [3] 이에 변화하고 있는 디지털 시대는 빛에 대한 중요성과 높은 이해도를 필요로 하고 있음으로 단순히 도료나 안료 중심의 색상, 명도, 채도 개념과 달리 빛의 특성을 기반한 디스플레이 기준의 시지각 특성 관련 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 색을 구성하고 있는 세가지 요소인 색상, 명도, 채도를 기반으로 하여 각 색상을 인지하는 명도와 채도의 범주관련 연구를 진행하였으며 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 색을 구성하는 색채 요소에 대해, 제 3장에서는 본 연구의 구체적인 실험 방법과 도출된 실험 결과에 대해 기술하고 끝으로 제4장에서 결론 및 제언에 대해 기술하였다.

II. 색채 구성 요소

색의 기본이 되는 구성 요소는 색상, 명도, 채도로 정의된다. [4] 인간이 색에 대해서 세 가지 요소로 구별하는 기초이론을 처음 정의한 사람은 독일의 헤르만 그라스만(Hermann Grassmann)이다. 그는 1900년도 초반 무엇이 변화할 때 색을 다르게 인식하는가에 대해 색을 인지하는 인간의 지각구조를 기본으로 하는 것이라 설명했다. [5] 또한 3속성 중 색을 구별하는데 있어 미치는 영향은 명도가 가장 민감하여 약 200단계의 색을 구별할 수 있으며 그 다음으로 색상은 약 100단계, 채도는 약 20단

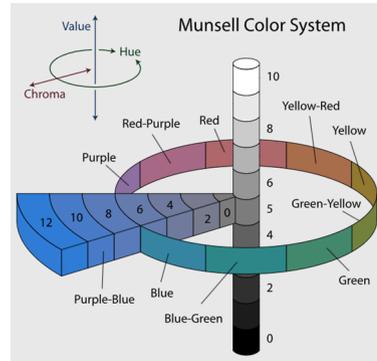


그림 1. 멘셀 컬러 색체계
Fig. 1. Munsell Colour System

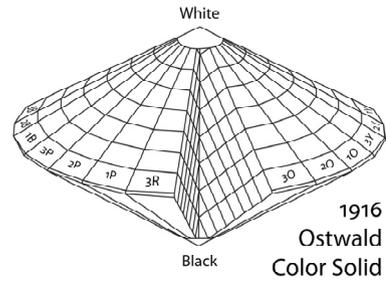


그림 2. 오스트발트 색체계
Fig. 2. Ostwald Colour System

계를 구별할 수 있으며 민감한 순으로 연구되었다. 그후 색채학자들 마다 3요소를 부르는 용어와 의미가 조금씩 다르지만 그 기본은 그라스만의 색채 변화 이론에 근거한다. 인간의 지각적 특성을 기초로 연구한 멘셀표색계의 경우 색상(Hue), 명도(Value), 채도(Chroma)로 분류하며 수치상으로 완벽하게 구성되어진 오스트발트 색체계의 경우 순색량(Colorfulness), 백색량(Whiteness), 흑색량(Darkness)으로 분류하여 표현하고 있다. [6]

또한 3속성에 대하여 기록하는 방법에는 시각에 중점을 두어 색표를 기준으로 기록하는 현색계와 수치상으로 정확하게 기록하여 변색 우려가 없는 혼색계로 구분할 수 있다. [7] 현색계의 경우 멘셀, NCS, DIN, PANTONE 색체계 등이 해당하며 혼색계의 경우 CIE $L^*a^*b^*$, CIE $L^*u^*v^*$, CIE L^*C^*h 등 이 해당한다. 지각설 기준 색상의 개념으로는 물체색 중심의 반사색채를 기준으로 스펙트럼상 색채를 기준으로 주파수의 주파장에 따른 시각차이를 말할 수 있으며 디지털 색채를 표현 및 재현하는 매체 특성을 의미하는 경우 3 자극 지각설을 기반한 색상 개념을 사용하고 있다. 물리적 명도의 개념으로는 멘셀 시스템에서 밝기 기준에 해당되며 형광물질, 거울면 등

을 제외한 순수한 물체의 반사량에 따른 밝기를 의미하고 물리적 채도의 개념으로는 색상의 포함 정도를 나타내는 것이며 명도와 유사하게 형광물질, 거울면 등을 제외한 순수한 물체의 반사색만을 기준으로 한다.

본 연구에서는 색채 속성 세 가지 요인 중 색상을 지각하는 명도와 채도의 범주 관련 시각적 특성에 대해 알아보려고 한다.

III. 정신물리학 실험

본 연구는 디스플레이에서 각 색상을 인지하는 명도와 채도의 범주에 대해 알아보려고 먼셀 대표 색상 10가지를 실험 자극으로 선정하였으며 실험에 사용된 색채 자극의 분포도는 그림 3과 같다.

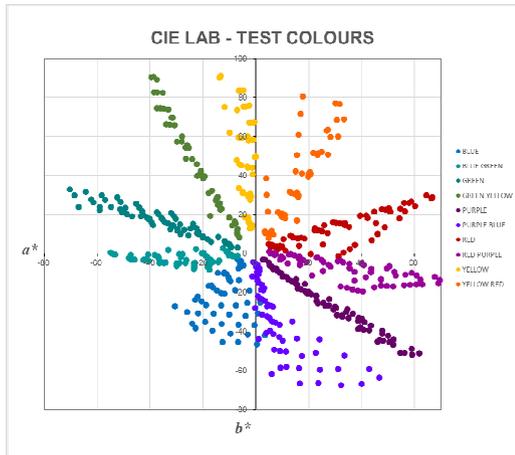


그림 3. CIELAB 색공간에서 실험에 사용된 색채 자극 분포도
 Fig. 3. Colour attributes distribution chart used in experiments in CIELAB colour space

실험에 사용된 색채 자극은 총 10가지 먼셀 대표 색상을 선정하였으며 5R은 60개, 5RP는 64개, 5Y는 48개, 5YR은 50개, 5B는 54개, 5BG는 63개, 5G는 67개, 5GY는 51개, 5P는 65개, 5PB는 60개, 총 582개 실험 자극을 사용하였다. 밝기에 해당하는 Value의 경우 1~9 단계 모두 포함되었으며 채도에 해당하는 Chroma는 각 색상마다 약간의 차이가 있으나 2단계부터 최대 16단계 까지 포함되었다.

사용된 색채 자극의 분포 및 실험 데이터 분석을 위해 사용된 CIELAB 색공간은 색채를 표시하는데 L*(lightness), a* (red-green), b* (yellow-blue) 3가지 속성으로 색

채를 나타낸다.

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 감마 2.2와 일치한 디스플레이를 실험에 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. 표 2는 본 실험에 사용된 디스플레이 측정 X, Y, Z 값이다.

표 1. 실험에 사용된 디스플레이 측정값 XYZ

Table 1. Display measurements XYZ used in the experiment

Display	X	Y	Z
White	92.96	97.74	108.50
RED	42.85	22.83	1.49
GREEN	29.12	62.63	12.89
BLUE	18.82	9.74	92.75
BLACK	0.23	0.21	0.23

실험 과정은 다음과 같다. 실험 전 참가자가 암실에서 충분히 순응할 수 있도록 5~10분간 충분한 순응 시간을 두어 실험 영상이 전환될 때도 동일하게 순응이 이루어지도록 하여 밝기 변화에 대한 어떤 바이어스를 갖지 않도록 하였다. 각 실험 참가자별로 색채 속성 각각에 대한 설명과 함께 파일럿 테스트를 진행하여 색채 속성 및 실험 방법에 대해 충분히 숙지하도록 하였으며 실험용 색채 자극은 디스플레이 중앙에 무작위 순서로 제시되며 참가자는 제시된 자극의 색상을 응답하는 방식으로 진행하였다.

실험 참가자는 정상 시력과 색각자인 20대 5명(남2명, 여 3명), 30대 5명(남2명, 여 3명)으로 구성되었으며 실험용 디스플레이와 시선간의 거리를 약 50cm로 고정 하였다. 실험 참가자 10명은 암실에서 먼셀 10가지 대표 색상에 해당되는 색채 자극을 대상으로 실험을 진행하였다. 실험 방법은 무작위로 제시되는 2° 자극의 색상을 응답하도록 하였으며 유채색과 무채색의 정확한 이해를 위해 설명 한 후 색상을 구분할 수 없는 경우에 대해 무채 색 여부를 확인하도록 하였다.

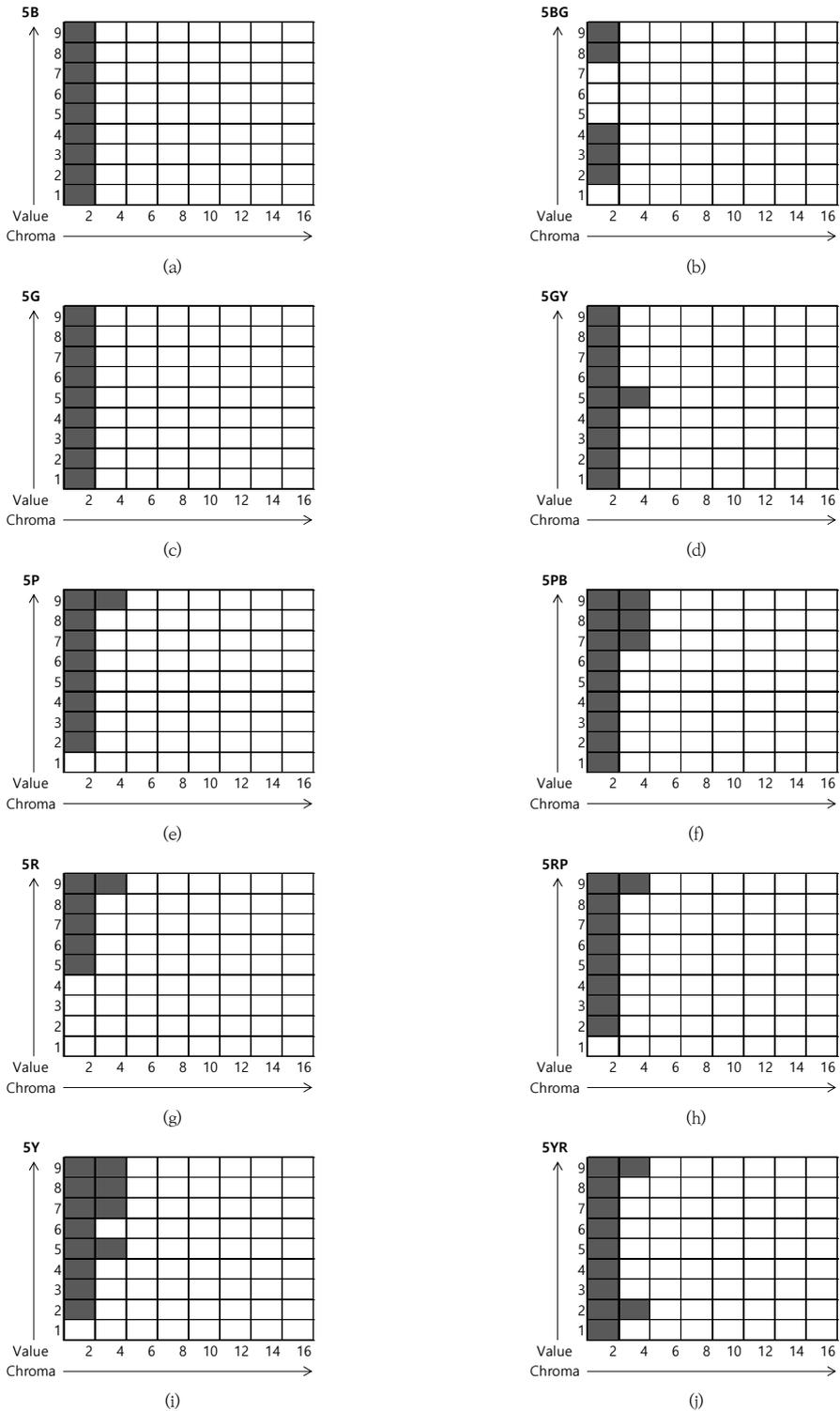


그림 4. 각 색상별 명도와 채도의 인지 범위
 Fig. 4. Ranges of value and chroma recognised for each colour

실험 결과는 그림 4에 제시하였다. 한 색채 자극에 대해 7명 이상이 무채색이라고 응답한 경우 무채응답으로 간주하였다. 그림 4에서 회색으로 표시된 부분은 응답의 70%(7명)이상이 무채색이라고 응답한 영역이며 흰색 부분은 유채색 영역이다. 유채색 영역이라고 표기된 부분에 대해 각 피험자에게 해당 영역의 색상을 작성하도록 하였으며 정확도는 약 98.2%에 해당된다.

각 색채의 특성상 색상을 인지하는데 비슷한 경향성을 보이며 저명도 보다는 증명도와 고명도에서 색상을 인지할 수 없는 무채색 반응 영역이 발생하였다.

색상 영역별로 구분지어 색상 인지 범위가 5BG의 경우 반응 면적이 가장 넓었으며 5PB와 5Y의 경우 반대로 반응 면적이 가장 좁은 경우에 해당된다.

5BG의 경우 명도 5에서 7까지는 저채도에 해당하는 채도 2단계에서도 색상을 인지할 수 있었으며 5BG, 5P, 5R, 5RP, 5Y의 경우 명도 1단계에서도 색상 구분이 가능했다.

고명도에 해당하는 9단계에서는 5P, 5PB, 5R, 5RP, 5Y, 5YR 모두 채도 2단계 까지 색상을 인지할 수 없다는 응답 결과를 얻을 수 있었으며 반면에 5B, 5BG, 5G, 5GY는 채도 2단계부터 색상 모두 인지한다는 응답 결과를 얻을 수 있었다.

표 2. 각 색상 영역에서 무채색과 유채색 인지 면적
 Table 2. Areas of achromatic and chromatic colours recognised in each colour region

no.	Hue	Achromatic colour	Chromatic colour
1	5B	9	63
2	5BG	5	67
3	5G	9	63
4	5GY	10	62
5	5P	9	63
6	5PB	12	60
7	5R	6	66
8	5RP	9	63
9	5Y	12	60
10	5YR	11	61

표 2는 각 색상별 색상을 인지하는 영역에 대한 면적을 나타낸다. 실험 결과를 비교해 보면 5BG와 5R 색상이 다른 색상에 비해 명도와 채도의 영향을 덜 받아 색상을 인지하는데 있어서 영역 인지 범위가 가장 넓은 것으로 나타나며 반면에 5PB와 5Y의 경우 다른 색상에 비해 해당 색상을 인지하는 영역이 가장 좁은 것으로 나타났다.

각 색상을 인지하는데 필요한 채도의 범위를 알고자 실험에 사용된 색채 자극 X, Y, Z 값은 CIE LAB값으로 변환된다.

$$\begin{aligned} L^* &= 116f(Y/Y_n) - 16 \\ a^* &= 500[f(X/X_n) - f(Y/Y_n)] \\ b^* &= 200[f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)] \end{aligned} \quad (1)$$

$$f(\omega) = \begin{cases} (\omega)^{1/3} & \omega > 0.008856 \\ 7.787(\omega) + 16/116 & \omega \leq 0.008856 \end{cases}$$

여기서 X_n, Y_n, Z_n 은 실험에 사용된 디스플레이 백색 측정값이다. 수식 1을 통해 계산된 L^*, a^*, b^* 는 색채 속성을 나타낼 수 있는 LCh(Lightness, Chroma, Hue)값으로 계산되며 이는 수식 2를 통해 이루어진다.

$$\begin{aligned} L^* &= L^* \\ C_{ab}^* &= \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})} \\ h_{ab} &= \tan^{-1}(b^*/a^*) \end{aligned} \quad (2)$$

표 3은 각 색상을 인지하는데 필요한 최소 채도값과 최대 최소값을 나타낸다. 10가지 먼셀 기본 색상 중 5P가 가장 낮은 채도에서도 색상을 인지하였으며 5Y의 경우 다른 색상보다 채도가 높아야 색상을 인지하는 경향성을 나타냈다.

표 3. 각 색상 영역별 색상 인지 최소 및 최대 채도값
 Table 3. Minimum and maximum chroma values of colour recognition for each colour region

no.	Hue	Chroma Min	Chroma Max
1	5B	6.84	10.02
2	5BG	7.08	12.83
3	5G	7.72	16.82
4	5GY	10.51	29.32
5	5P	3.91	15.46
6	5PB	4.33	13.67
7	5R	6.52	12.80
8	5RP	5.06	12.47
9	5Y	13.29	34.33
10	5YR	9.40	22.22

IV. 결 론

본 연구는 디스플레이에서 시지각 기반 먼셀 표색계의 대표 10가지 색상을 기반으로 각 색상을 인지하는 명도와 채도의 범주에 대해 알아보고자 정신물리학 실험을

진행하고 이를 분석하였다.

실험 결과 각 색채의 특성상 색상을 인지하는데 비슷한 경향성을 보이며 저명도 보다는 증명도와 고명도에서 색상을 인지할 수 없는 무채색 반응 영역이 발생하였으며 색상 영역별로는 5BG의 경우 반응 면적이 가장 넓었고 5PB와 5Y의 경우는 반대로 반응 면적이 가장 좁은 결과를 얻을 수 있었다. 5BG의 경우 명도 5에서 7까지는 저채도에 해당하는 채도 2단계에서도 색상을 인지할 수 있었으며 5BG, 5P, 5R, 5RP, 5Y의 경우 명도 1단계에서도 색상 구분이 가능했다. 또한 5P의 경우 가장 낮은 채도에서도 색상을 인지하는 경향성을 나타냈으며 그와 반대로 5Y는 다른 색상 보다 채도가 높아야 해당 색상을 인지할 수 있었다.

본 연구는 각 색상을 인지하는데 명도와 채도의 범주가 색상에 따라 다르게 나타내는 경향성을 확인할 수 있었으며 해당 색채를 디스플레이에서 표현하고자 할 때 각 색채 속성을 제어하는 방법에 대한 기초연구로 활용 가능하다. 향후 진행할 연구 과제로는 본 연구에서 실험 자극으로 사용된 먼셀 10가지 대표색상을 기본으로 색상 인지 범위 차이점에 대한 유의미를 다양한 관점에서 확인하고 이에 따라 디스플레이 화질 측면에서 색채 제어 방법을 통해 보다 나은 화질을 구현할 수 있는 연구 범위를 확대하여 진행할 예정이다.

[7] Hunt R. W. G., "The Reproduction of Colour", England, Fifth Edition, Fountain Press, 1995.

저 자 소 개

홍 지 영(정회원)



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

References

- [1] J.Y. Hong, Y.S. Park, "Comparative Study of Colour Recognition According to Background Lightness and Stimulus Size", JIIBC, Vol. 15, No. 6, pp.61-70, 2015. DOI:https://doi.org/10.7236/jiibc.2015.15.6.61
- [2] 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
- [3] 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
- [4] Fairchild M. D., "Color Appearance Models", New York, Addison-Wesley, 1998.
- [5] Wyszecki G, Stiles WS., Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae, 2nd edition, 2000.
- [6] CIE TC1-34 Final Report, The CIE 1997 Interim Color Appearance Model (Simple Version), 1998.