

LED의 색온도에 따른 밝음의 느낌에 관한 연구

(A Study on Visual Clarity According to Color Temperature of LEDs)

이진우* · 함승우

(Chin-Woo Yi · Seung-Woo Ham)

Abstract

We studied visual clarity according to the difference of color temperature by using black and white printed paper and four sheets of colored paper under LEDs. We tested students in their twenties, under 3,000, 4,000, 5,700 and 6,500K LEDs (Ra=80). The results show visual clarity is proportioned to color temperature.

Key Words : Visual Clarity, Color Temperature, LED

1. 서 론

광원의 색온도에 따른 밝음의 느낌(visual clarity)의 변화의 현상에 관하여는 1975년에 일본의 金谷, 吉瀬 등의 연구를 시작으로 Kanaya와 Hashimoto 등이 연구를 하였다[1-2]. 국내에서는 2003년에 “각종 광원의 색온도, 연색성과 밝은 느낌에 대한 실험적 연구”가 발표되었다[3]. 현재까지의 연구는 연구에 사용하는 광원의 특성상 연색성과 색온도가 함께 변화하는 광원을 사용할 수밖에 없었다[4-11].

그러나 최근 LED조명이 보급되면서 평균연색평가수를 일정하게 유지하면서 색온도의 변화가 가능한 광원이 출현하였다. 이러한 LED광원을 사용하면 연

색성 차이를 배제한 색온도와 밝은 느낌의 관계를 규명하는 실험이 가능하게 된다.

본 논문에서는 평균연색평가수가 80으로 동일한 3,000, 4,000, 5,700 및 6,500K의 LED 광원을 실험에 사용하여, 색온도에 따른 밝은 느낌의 변화를 20대 대학생 관찰자를 대상으로 실험하였다. 실험 결과는 색온도에 따른 조도기준 등에 원용될 수 있을 것으로 사료된다. 또한 대상물의 색채에 따른 밝음의 느낌 변화도 함께 관찰하였다.

2. 실험 방법

2.1 장 치

가로, 세로, 높이가 각각 100, 100, 90cm인 관찰용 광원 박스를 제작하여, 전면을 동일한 두 개의 공간으로 나누었다. 박스의 내부는 흑색 종이를 부착하여 내부 반사의 영향을 제거하였다. 광원은 박스의 천장에 부착하고 가변저항을 사용하여 LED광원의 인가전압을

* 주저자 : 호서대학교 전기공학과
* Main author : Dept. of Electrical Engineering,
Hoseo University
Tel : 041-540-5655, Fax : 041-540-5658
E-mail : light@hoseo.edu
접수일자 : 2013년 11월 18일
1차심사 : 2013년 11월 23일
심사완료 : 2014년 1월 13일

조절하여 박스 하면의 조도를 변경할 수 있도록 하였으며, 전면 상부는 직사광이 관찰자의 시야에 들어오는 것을 방지하기 위하여 차폐를 실시하였다.

시각 대상물을 광원 박스의 바닥에 위치시키고 실험을 행하였으며, 관찰자는 두 가지 시각 대상물이 동시에 시각 내에 인지되는 거리에 위치시켰다.

본 실험에 사용한 실험 장치는 그림 1과 같다.



그림 1. 실험 장치 및 관측자의 실험 광경
Fig. 1. A scene of a experimental apparatus and an observer

2.2 실험 방법

동일한 크기의 두 광원 박스의 시야 한 쪽에 기준광원을 다른 쪽에 비교광원을 설치한다. 기준광원으로 6,500K의 LED 광원을 사용하였다. 시험 광원에 대한 밝음의 감도를 구하기 위하여, 관찰자는 3분의 순응 시간 후, 동일한 색상의 시각 대상물에 대한 기준광원과 비교광원의 밝기를 조정하여 동일한 밝음으로 인식할 때 조정을 중지한다. 그리고 조도계를 사용하여 기준광원과 비교광원 하의 시각 대상물 상의 조도를 측정하여 기록한다. 시각 대상물을 변경하여 동일한 실험을 반복한다.

시각 대상물로는 검정색 문자가 인쇄된 A5 백색지와 가로, 세로가 각각 15cm인 색상지를 사용하였다. 색상지의 색상은 적색, 황색, 청색, 녹색을 사용하였으며, 각 색상의 먼셀 색좌표는 표 1과 같다.

실험에서는 기준광원의 조도는 500lx로 하였으며, 관찰자는 대학생 17명을 대상으로 하였다.

표 1. 시각 대상물의 색상과 먼셀 색좌표
Table 1. Hues and Munsell color coordinates of visual objects

색상	먼셀 색좌표
적색	7.5R 4/16
황색	2.5Y 8/14
청색	2.5PB 4/10
녹색	2.5G 4/10

3. 실험 결과

3.1 결 과

실험 결과의 타당성을 검증하기 위하여 paired t-test를 실시하였다[3].

표 2에 시각 대상물의 색온도에 따른 LED광원의 검정치를 나타내었다.

6,500K 광원을 기준으로 하여 3,000, 4,000 및 5,700K의 광원을 비교하여, 흑백인쇄문자, 적색지, 황색지, 청색지와 녹색지에 대한 밝음의 느낌의 비를 그림 2에, 종합적 실험 결과를 LED의 색온도에 따라 나타낸 밝음의 느낌비를 그림 3에 나타내었다.

표 2. 시각 대상물에 대한 광원의 t-검정 결과치
Table 2. t-test results according to visual objects

시각대상물 \ LED	3000 - 6500	4000-6500	5700-6500
흑백인쇄문자지	6.39***	5.58***	3.83*
적색지	3.13*	7.51***	3.06*
황색지	10.6***	10.5***	5.70***
청색지	12.8***	7.82***	4.36**
녹색지	16.1***	8.86***	4.13**
종합	16.0***	16.1***	9.02***

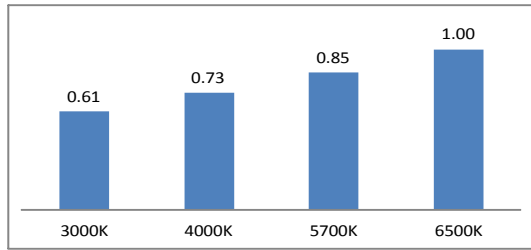
*p<.01 **p<.001 ***p<.0001

주 : 3000-3,000K LED, 4000-4,000K LED, 5700-5,700K LED, 6500-6,500K LED

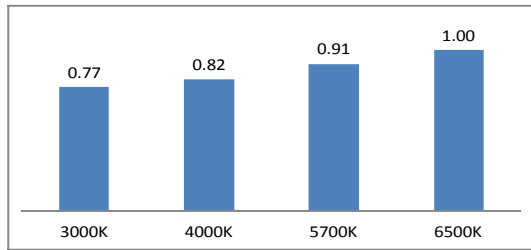
3.2 분 석

LED의 색온도에 따른 밝음의 느낌은 실험에 사용

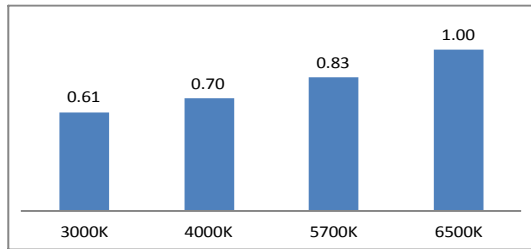
LED의 색온도에 따른 밝음의 느낌에 관한 연구



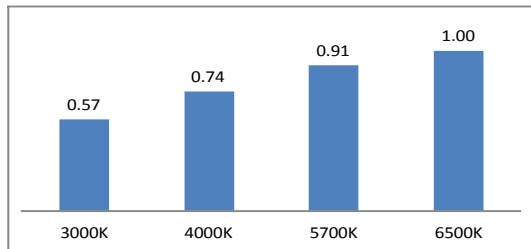
(a) 흑백인쇄문자



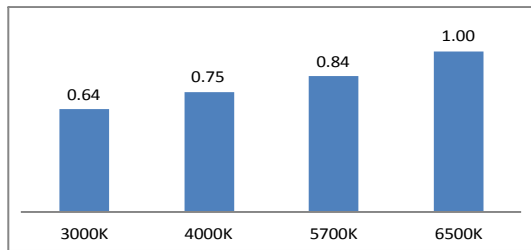
(b) 적색지



(c) 황색지



(d) 청색지



(e) 녹색지

그림 2. 밝음의 느낌 비
Fig. 2. Visual clarity ratios

한 광원들 사이에 유의수준 5% 이내에서 결과에 분명한 차이가 있음이 밝혀졌다. 또한 적색지를 제외한 색상지 대상물의 경우가 흑백인쇄문자지를 사용한 경우보다 색온도 변화에 따라 동일 밝기로 느끼는 조도비의 차이가 분명하게 나타나고 있다. 이는 본 연구에서 사용한 색상지의 반사 스펙트럼의 피크가 이 시세포 추상체의 3자극치의 피크치와 근사하기 때문이며, 청색지와 녹색지가 다른 색상지에 비해 조도비의 차이가 크게 나타나는 것은 추상체의 3자극치 중 청색의 자극치가 다른 자극치보다 최대값이 크기 때문으로 사료된다. 그리고 적색지의 경우 LED의 색온도에 따른 조도비의 변화가 가장 적은 것으로 조사되었다.

실험 결과를 분석하여 보면 색온도 차이가 클수록 밝음의 느낌 차이도 큰 것으로 나타났다.

실험 결과를 통계처리한 결과 LED광원의 경우 밝음의 느낌의 비는 색온도에 선형적으로 비례하는 것으로 나타났으며, 밝은 느낌과 색온도의 관계는 다음 식으로 회귀되었다.

$$(\text{밝음의 느낌}) = 0.0001 \times (\text{색온도}) + 0.32 \quad (\text{식1})$$

본 연구의 결과는 이중광원의 경우에 평균연색평가수와 색온도 관계를 밝힌 선행연구의 결과와 유사한 경향을 보였으며, 그래프상에서 직선성이 향상되었다[3].

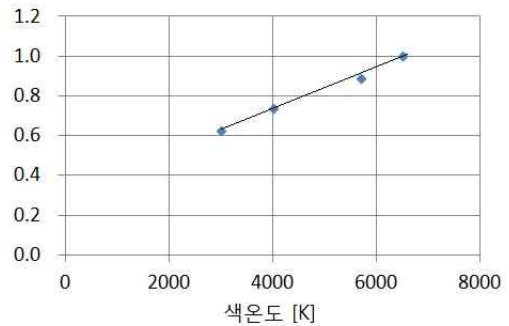


그림 3. LED 색온도에 따른 밝음의 느낌 비
Fig. 3. Visual clarity according to color temperature of LED

그림 2에 여러 가지 시각대상물에 대한 색온도에 따른 밝음의 느낌 비를 나타내었으며, 그림 3에 본 연구의 결과를 종합하여 LED의 색온도에 따른 밝음의 느낌

낌 비를 나타내었다.

이상의 결과로부터 LED광원의 경우 동일한 조도하에서 높은 색온도의 광원이 더욱 밝게 느껴진다고 할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 LED광원의 색온도 차이에 의한 밝음의 느낌과 조도와의 관계를 밝히기 위하여 흑백 인쇄문자지와 색상지를 시각 대상으로 하여 비교 실험을 수행하였다.

평균연색평가수가 일정한 서로 다른 색온도를 갖는 4가지 LED광원을 대상으로 실험을 수행하여, 실험 결과를 통계처리 결과, 색온도에 따른 조도는 유의수준 5% 이내에서 결과에 분명한 차이가 있음이 밝혀졌다. 실험의 결과에 따르면 3,000~6,500K의 LED 광원의 경우 밝음의 느낌 비는 색온도에 선형적으로 비례하는 것으로 나타났다.

본 연구에서 사용한 광원은 비교적 평균연색평가수가 높은 경우이므로 향후 평균연색평가수가 낮은 광원에서의 연구가 보완되어야 할 것이며, 일정한 색온도 하에서 평균연색평가수의 변화에 대한 밝음의 느낌 비에 대한 연구가 필요하다고 생각한다. 그리고 더 넓은 연령대에 대한 연구와 다양한 스펙트럼의 LED를 대상으로 하는 연구가 보완되어야 할 것이다.

결과를 종합하면 사람은 높은 색온도 광원하에서 더욱 밝게 느낀다는 것을 알 수 있다.

본 연구에서 수행한 색온도에 따른 흑백인쇄 문자와 주요 색상에 대한 밝음의 느낌과 조도와의 관계를 정량적으로 도출한 결과는 여러 장소와 경우에 사용될 광원의 선정기준 설정에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

이 논문은 2011학년도 호서대학교의 재원으로 학술연구비 지원을 받아 수행된 연구임(2011-0287).

References

[1] Kanetani, Kichi, "A Influence of Color Temperature of Light sources and Color Rendering for Necessity of

Illuminance", National Conference of IEJ, p.48, 1975.
 [2] S. Kanaya, K. Hashimoto, et al., "Subjective Balance Between General Colour Rendering Index, Colour Temperature, and Illuminance of Interior Lighting", Publ. CIE No. 50, p.274, 1980.
 [3] Chin-Woo Yi, Chol-Kon Chee, Kyung-Ae Cho, "A Study on Visual Acuity According to Color Temperature and Color Rendering of Light Sources", Journal of KIIE, Vol. 17, No. 6, pp.1~6, 2003.
 [4] S. M. Aston & H. E. Bellchamber, "Illumination, Color Rendering and Visual Clarity", Lighting Res. Tech., 1(1969), p.259.
 [5] H. E. Bellchamber, "Illumination, Color Rendering and Visual Clarity", CIE Compte. Rendu P-71, 25(1971).
 [6] H. E. Bellchamber & A. C. Codby, "Illumination, Color Rendering and Visual Clarity", Lighting Res. Tech., 4(1972), p.104.
 [7] P. R. Boyce & J. A. Lynes, "Illumination, Colour Rendering Index and Colour Discrimination Index", CIE Compte Rendu P-75. 35(1975), p.290.
 [8] Seitika, Kanetani, "Feeling for Color Rendering of Light Sources and Brightness", Society for Light Application and Vision of JIEE, LAV-82-18, p.40, 1973.
 [9] Kanetani, Hasimoto, "Feeling for Color Rendering of Lamps and Brightness", National Conference of IEJ, p.111, 1973.
 [10] Kanetani, Hasimoto, "A Study on the Increasing Effects of Color Rendering of Light Sources and Brightness", National Conference of IEJ p.126, 1974.
 [11] A-Rom Son, In-Tae Kim, An-Seop Choi, "A Subjective Evaluation on Color Appearance According to different CCTs of LED Luminaires", 2013 Spring Conference of KIIEE, pp. 134~135, 2013.

◇ 저자소개 ◇



이진우 (李鎭雨)

1961년 2월 4일생. 1980년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1984년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1990~1994년 (주)세명백트론 연구실장. 1994년~현재 호서대학교 전기공학과 교수.



함승우 (咸昇佑)

1987년 8월 10일생. 2012년 2월 호서대학교 전기공학과 졸업. 2014년 2월 호서대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2014년 1월~현재 (주)루멘스 연구원.