한국가구학회지(Journal of the Korea Furniture Society)
Vol. 26, No. 4 October, 2015, 328-333

박물관의 조명 각도와 관람객 눈높이에 따른 불쾌적 현휘 분석

이 영 웅, 김 상 현, 조 성 은, 강 유 진, 김 수 민†

숭실대학교 건축학부

Analysis of Discomfort Glare by Visitors' Eye-level and Illumination Angles in Museum

Youngwoong Lee, Sanghyun Kim, Seongeun Jo, Yujin Kang, Sumin Kim†

School of Architecture, Soongsil University, Seoul 156-743, Korea

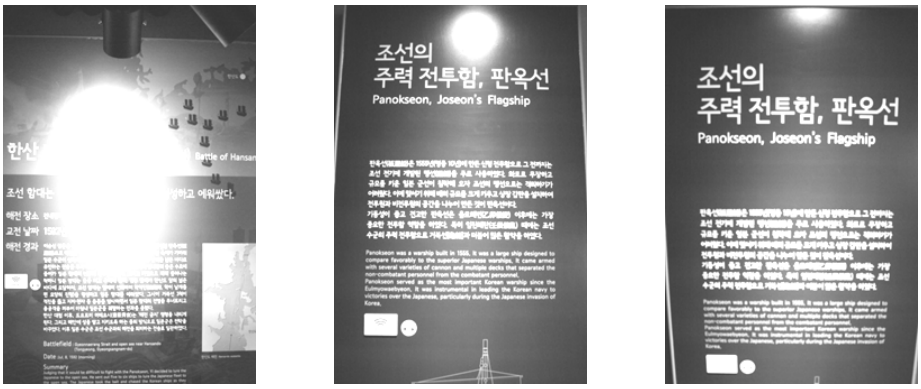
Abstract: The museum is a important place to inform the value of various antiquities and relics. The museum, founded in domestic, were increased 90% in 2013 compared to 2006, and total number of including private museums were increased more than three times over the past decade. There are installing a variety of illumination and air-conditioning system, such as the spot lighting of exhibition explanation. But the exhibition explanation should not happen to visual perception disabilities by lighting. According to ICOM (International Council of Museum), it is stipulating that the museum should not to occur glare. However, we confirmed some occurred the glare and it was lack of previous studies about prevention plan. In this study, we verified occurrence of the glare by illumination angles and visitor's eye-level. The luminance values were determined by using DSLR camera and illuminometer. As a result, when illumination angle is 90 degree, the glare did not occurred by the luminance value ratio of over 0.167 regardless of eye-level. By contrast, the angle 30 degree was appeared glare with all level. And this study was compared luminance values that obtained through experiment and surveying.

Keywords: *Museum, Illumination, Glare, DSLR camera, Illuminometer*

1. 서 론

최근 생활수준이 향상되면서 많은 사람들이 박물관을 찾고 있으며 그에 상응하듯이 박물관의 수가 증가하고 있다. 2013년 기준으로 국내에 등록된 박물관의 수는 2006년에 비하여 약 90% 증가하였다. 2013년 이후로 계속해서 증가하는 추세를 보이고 있으며, 사립 박물관의 수는 지난 10년간 3배 이상 증가하였다(통계청 2014). 박물관은 다양한 분야의 유물과 자료들을 전시하여 관람들에게 설명문과 안내문을 통하여 유물과 자료의 가치를 알리는 곳이다. 이와 같이 박물관은 유물과 자료를 더 효과적으로 전시하기 위하여 다양한 조명과 공조 설비를 설치하고 있다. 그러나 조명과 설비로 인한 전시품의 손상이 발생할 수 있으므로 손상 방지를 위한 많은 사항을 고려하여야 한다. 현재 국제 박물관 협의회(International Council of Museum)는 전시실 내에서의 불쾌 현휘는 발생하지 않아야 한다고 규정(ICOM 2004)하고 있으나, 서울 소재의 일부 박물관에서는 눈부심이 발생하는 것을 확인하였다. Fig. 1은 서울 소재 박물관의

2015년 9월 10일 접수; 2015년 10월 19일 수정; 2015년 10월 19일 게재확정
† 교신저자 : 김 수 민 (skim@ssu.ac.kr)



(a) (b) (c)

Fig. 1. Discomfort glare on expository text in museum.

설명문을 촬영한 사진이다. Fig. 1(a)에서는 눈부심이 발생하여 설명문의 내용 식별이 어려운 것을 확인할 수 있다. 반면 Fig. 1(b)에는 조명으로 인한 현휘가 발생하였으나 발생위치가 설명문의 윗부분에서 발생하여 내용 식별에 방해가 되지 않는다. 그리고 Fig. 1(b)와 (c)에서는 동일한 설명문을 신장이 140 cm와 180 cm인 관람객의 눈높이에서 촬영한 사진이다. 이는 관람객의 신장에 따라 현휘 발생의 유무와 발생위치가 다를 수 있음을 보여준다.

박물관의 빛 환경에 대한 기존의 연구는 유물의 손상을 막는 조도규정이나 새롭게 생겨나는 미디어 전시물에 대한 연구가 대부분이다. 그러나 주로 이용되는 아날로그 형식의 설명문에 발생되는 현휘에 대한 연구는 미비하다. 따라서 본 연구는 조도계와 DSLR 카메라를 이용하여 박물관 전시조명의 각도와 관람객의 신장에 따른 눈높이에 의한 현휘 발생여부를 측정하였다. 또한 이를 통하여 현휘 발생 방지를 위한 박물관의 조명 배치를 제안하고자 한다.

2. 실험 방법

2.1. 조명 휘도 규정

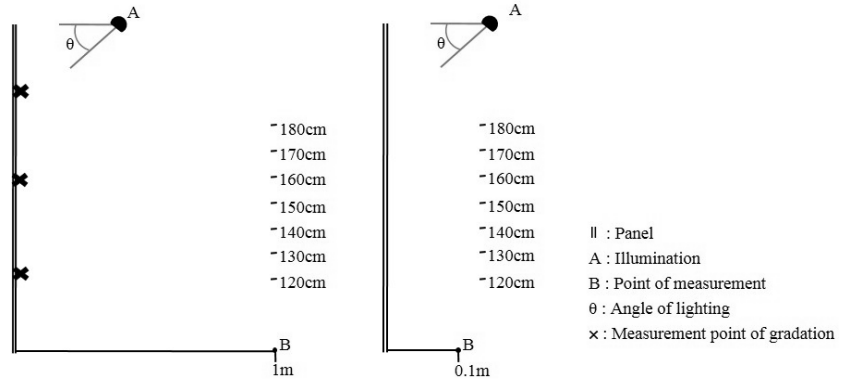
현휘는 시야 내에 과도한 휘도차로 인해 발생하거나 과도한 양의 빛(25,000 cd/m^2 이상)이 들어올 때 발생한다. 눈부심이 발생하는 휘도차는 시야 내의 휘도 대비가 1 : 10 이상일 때 발생되는데 국제 박물관 협의회의 규정에 의하면 시야 내의 휘도차가 6 이하가 되도록 규정하고 있다. 또한 국제 박물관 협의회에서는 전시된 유물과 자료의 색을 왜곡시키지 않기 위하여 연색성(Color Rendering Index)이 90 Ra 이상인 광원을 사용하도록 규정하고 있다(ICOM 2014).

2.2. 실험 방법

본 실험은 박물관 실측 시 생길 수 있는 변수로 인한 측정 값 오차가 발생할 것으로 판단되어 모형을 제작하여 실험을 진행하였다. 측정은 DSLR 카메라와 조도계를 이용하였으며 실험 모식도는 Fig. 2와 같다. 실험에서 이용된 전구는 박물관 등에 포인트 조명으로 주로 이용되는 할로겐전구이며, 광원은 50 W이고 연색성 지수 100 Ra, 색온도 3,000 K이다. 조명이 직접 조사되는 설명문은 검은색(RGB : 0,0,0)의 폼보드 패널을 이용하였다. 조명의 조사 각도(Θ)는 30, 45, 60, 90°로 설정하였으며 조명과 패널의 거리는 박물관에서 설치되고 있는 조명의 평균 거리 40 cm로 고정하였다.

2.2.1. DSLR 카메라

DSLR 카메라를 이용한 휘도 측정에 관한 선행연구는 활발히 진행되고 있으며 휘도계를 이용한 측정값과 유의한 상관성을 갖는다고 증명되었다(이외 2009). 본 실험에서 사용된 카메라는 Cannon EOS Kiss Digital X이며, 셔터속도 1/30 sec., 렌



(a) (b)

Fig. 2. Schematic of the experiments.

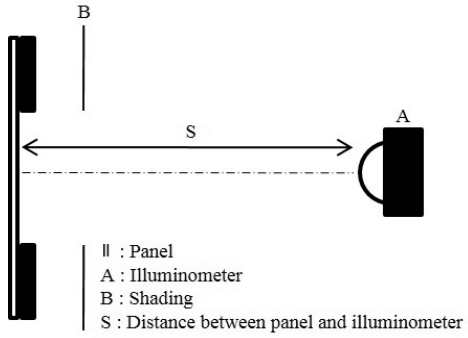


Fig. 3. Methods of luminance measurements.

즈 조리개 F/4.5로 설정하여 측정하였다. 측정 방법은 Fig. 2(a)와 같이 패널에서 1 m 떨어진 지점에서 어린아이부터 장신의 성인까지의 신장(130-190 cm) 고려하여 120 cm부터 10 cm 단위로 각 눈높이를 설정하였고, 각 높이에서 패널을 4등분한 세 지점(X) 중 가운데 지점을 기준으로 촬영하였다. 세 지점(X)은 JPEG 형식의 파일에서 101 × 101 Pixel 계조의 평균값을 구하고 분석하였다. 계조(RGB)는 국제 조명 위원회(International Commission on Illumination)의 CIE 1931 색공간을 통하여 휘도로 변환이 가능하다. 변환된 휘도는 관람객의 시야 내에서의 휘도차를 파악하는데 사용된다. 변환 식은 식 (1)과 같으며 Y값은 휘도(cd/m^2)를 나타낸다(IEC 1987).

$$X = 0.4124R + 0.3576G + 0.1805B$$
$$Y = 0.2126R + 0.7152G + 0.0722B \quad (1)$$
$$Z = 0.0193R + 0.1192G + 0.9505B$$

2.2.2. 조도계

조도계는 LM-8000 다기능 측정기를 이용하였다. 다기능 측정기는 휘도를 측정할 수 없으나 조도를 측정할 수 있다. Fig. 3은 조도계를 이용한 휘도 측정 방법이며 식 (2)는 조도를 휘도로 변환하는 수식이다. 이를 통하여 한국산업표준에 따라 조도를 휘도로 변환이 가능하다(KS 2014). 식 (2)에서 L은 휘도를 나타내며 E는 조도, S는 측정면과 조도계 사이의 거리, A는 차광막으로 가려지지 않은 면적을 의미한다. 이때 실측에서 차광막 설치가 어려우므로 실험에서도 차광막을 설치하지 않았다. 이에 따라 조도계의 수광부에 직접적으로 빛이 들어오는 경우가 발생할 수 있으므로 Fig. 2(b)와 같이 0.1 m인 근거리에서 측정하였다. 나머지 조건은 Fig. 2(a)와 동일하다. 이때 측정된 최대, 최속 휘도는 관람객의 시야 내에서 휘도 차이를 파악하는데 사용되었다.

$$L = \frac{E \times S^2}{A} \quad (2)$$

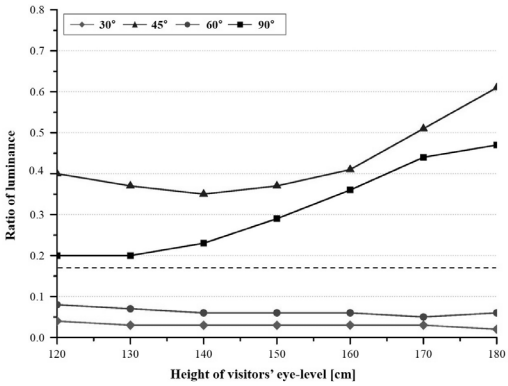


Fig. 4. Ratio of luminance by DSLR camera in experiments.

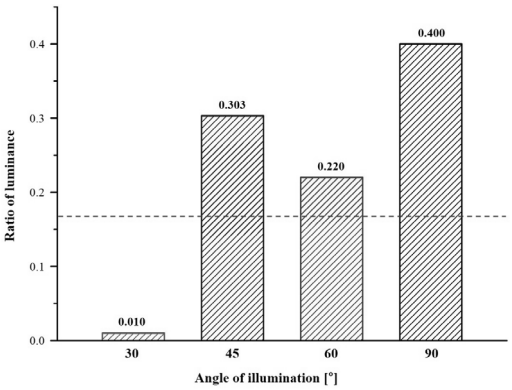


Fig. 5. Ratio of luminance by illuminometer in experiments.

3. 결과 및 고찰

현휘는 시야 내의 과도한 휘도차로 인해 발생한다. 따라서 관람객의 눈부심 발생 여부는 최대 휘도와 최소 휘도의 비로 나타낼 수 있다. 국제 박물관 협의회에 따르면 전시실 내에서의 휘도 대비는 1 : 6 이하로 규정하고 있는데, 식 (3)을 만족하지 못할 경우는 현휘가 발생한다고 판단할 수 있다. 식 (3)에서 L_m은 최소 휘도를 의미하며 L_M은 최대 휘도를 의미한다.

$$\frac{L_m}{L_M} \geq \frac{1}{6} = 0.167 \tag{3}$$

3.1. 실험에 의한 휘도분석

3.1.1. DSLR 카메라를 통한 휘도분석

Fig. 4는 DSLR 카메라를 통해 얻은 실험 결과이다. 이 결과로 조명 각도가 30, 60°인 경우에는 모든 측정 눈높이에서 최대·최소 휘도비가 현휘 발생 기준 값인 0.167 아래에 위치하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 눈높이에 따른 휘도비의 변화가 거의 없으므로 조명 각도 30, 60°는 이용객의 눈높이에 영향을 받지 않음을 확인할 수 있다. 조명 각도 45°인 경우에는 모든 측정 눈높이에서 휘도비가 0.35 이상으로 기준 값을 웃도는 것을 확인하였다. 그리고 눈높이가 높아질수록 휘도비가 커지며, 140 cm 이하로 내려갈수록 커지는 것을 확인하였다. 90°가 되었을 때는 60°보다는 휘도비가 낮아졌으나 기준 값보다는 높으므로 현휘가 발생하지 않는다는 것을 확인할 수 있다. 또한 60°와 동일하게 눈높이가 높아질수록 휘도비가 증가하였다.

3.1.2. 조도계를 통한 휘도분석

조도계를 통한 휘도분석에서 이용된 식 (2)의 조명 각도에 따른 S, A의 값은 동일하므로 B (조도)의 값에 따라 휘도 값이 비례한다는 것을 알 수 있다. 이때 측정 실험의 결과는 Fig. 5와 같다. 조명 각도가 30°인 경우는 0.01로 기준 값 0.167에 미치지 못하는 값으로 현휘 발생이 크게 나타나는 것을 확인하였다. 그리고 45, 60, 90°는 각각 휘도비가 0.303, 0.220, 0.400으로 기준 값의 위에 있는 것을 볼 수 있다. 이때 DSLR 카메라 분석과 비교를 하면 60°의 경우에는 반대의 결과가 확인되었다. 또한 조명 각도가 90°일 때의 값이 45°일 때보다 높게 나왔다. 이는 패널에서 10 cm 떨어진 가까운 거리에서 측정을 하였으므로 90°의 조명인 경우에는 다른 각도에 비하여 간접적으로 빛을 받기 때문에 조도가 낮게 측정되어 계산된 휘도비가 45°가 낮게 나온 것으로 판단된다. 조도계를 이용한 측정 결과는 기기가 빛에 민감하며 패널에 반사된 빛보다는 조명에서 직접적으로 들어오는 빛의 양이 많아 오차가 발생하는 것을 확인하였다.

3.2. 실측에 의한 휘도분석

서울 소재의 박물관을 방문하여 실측을 진행하였다. 실측은 실험과 동일한 방법으로 DSLR 카메

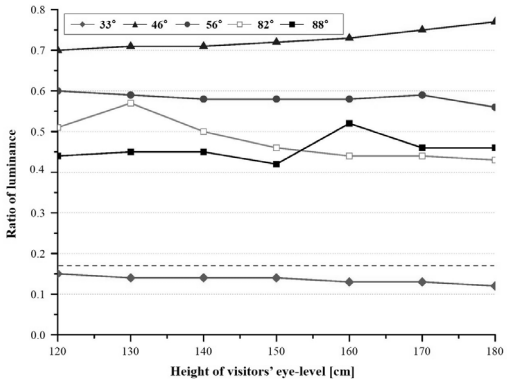


Fig. 6. Ratio of luminance by DSLR camera in surveying.

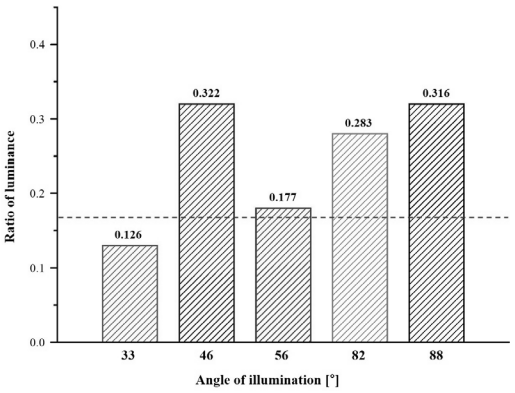


Fig. 7. Ratio of luminance by illuminometer in surveying.

라와 조도계를 이용하여 측정을 실시하였다. 실측의 목적은 실험을 통해 얻은 휘도비 결과와 비교하여 실제로 적용되고 있는 조명의 현휘 여부와 눈부심이 발생하지 않을 조명 배치에 대한 결과를 도출하고자 한다. 실측은 박물관의 설명문 중 실험에 사용된 광원과 패널 재질이 유사한 총 5개의 설명문을 대상으로 설정하여 측정을 진행하였다. 실측 대상의 조명 각도는 각각 33, 46, 56, 82, 88°이다.

3.2.1. DSLR 카메라를 통한 휘도분석

Fig. 6는 DSLR 카메라를 이용하여 박물관 설명문의 휘도비 측정 결과이다. 전체적으로 실측 결과 값은 실험을 통해 얻은 결과에 비하여 높은 값을 나타냈다. 측정 설명문의 주변의 조명으로 인하여 설명문에 포인트 조명의 빛뿐만이 아니라 주변의 조명 빛이 들어간 것으로 판단된다. 그러나 조명 각도 33°의 경우에는 모든 이용객의 눈높이에서 기준 값 0.167을 넘지 못하였다. 이를 통하여 30°에 가까운 각도로 조명을 놓을 경우에는 모든 관람객에게 눈부심을 유발할 수 있음을 확인하였다. 46°인 경우에는 전체적으로 휘도비가 높게 나타났으며 이용객의 눈높이에 따라 상승하는 것을 확인하였다.

3.2.2. 조도계를 통한 휘도분석

조도계를 이용한 실측 결과는 Fig. 7과 같다. 각 조명 각도에 따른 휘도비는 0.126, 0.322, 0.177, 0.283, 0.316으로 현휘가 발생하는 기준 값 0.167에 미치지 못하는 각도는 33°이다. 실험을 통해 얻은 그래프와 비교하였을 때 유사한 결과를 보여준다. 56°인 경우는 실험의 조명 각도 60°와 마찬가지로 기준 값을 넘는 값이지만 46°와 82, 88°의 휘도비와 같이 높은 값이 아닌 것을 확인하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 관람객의 신장에 따른 눈높이와 조명의 각도에 따라 발생하는 현휘 여부를 DSLR 카메라와 조도계를 이용하여 측정하였으며 실측 시의 변수로 인한 오류가 있으므로 실험값을 측정하였고, 실측값과 비교 · 분석하였다. 실험을 통한 두 결과로 조명의 각도가 45°와 90°인 경우에는 현휘가 발생하는 휘도 비율 값 0.167 이상으로 현휘가 발생하지 않으며 이용객의 눈높이에 영향을 받는 것을 확인하였다. 그와 반대로 30°인 경우에는 모든 조건에서 현휘가 발생하는 것을 확인하였다. 실측 결과로도 45°와 90°에 가까운 각도인 46°와 82, 88°에서의 휘도비는 기준 값 이상으로 현휘가 발생하지 않는 것으로 확인하였다. 또한 실험 각도 30°와 비슷한 실측 각도 33°에서는 두 그래프 모두 현휘가 발생하는 것으로 확인되었다. 이 결과를 통하여 조명의 각도에 따른 휘도비의 차이가 크고 현휘 발생의 유 · 무는 달라지나 관람객의 눈높이에 따른 현휘 발생의 변화는 적은 것으로

판단하였다.

그리고 실측을 진행한 박물관에서의 포인트 조명은 대부분 할로겐전구에 직접 조명으로 설치되어 있었다. 이는 빛을 한 곳으로 집중시켜 비추기 때문에 설명문 전체로 보았을 때 과도한 휘도차를 불러일으키는 효과를 보여준다. 이를 방지하기 위하여 연구 결과를 바탕으로 박물관의 조명 배치에 대한 제안 사항을 도출하였다.

박물관 주요 이용객의 눈높이가 어린이와 같이 낮을 경우, 90°보다는 45°로 각을 주어서 휘도 차의 발생을 줄여 현휘가 발생할 수 있는 여건을 주지 않는 것이 좋다.

할로겐전구는 한 곳으로 빛을 집중시켜주므로 LED전구와 같은 전구를 이용하여 빛을 분산시켜주어 현휘를 방지한다. 또한 LED전구는 전력소모량이 할로겐전구에 비하여 약 25% 수준으로 에너지 소비를 절감할 수 있는 효과가 있다.

직접 조명 방식은 전시된 유물을 부각시키는 효과가 있으나 설명문에는 적절하지 않은 방식으로 판단된다. 따라서 설명문에는 반사판을 이용한 확산 조명 방식이나 간접 조명 방식을 이용해야 한다. 이에 따른 조도의 저하가 예상되므로 추가적인 보조 광원이 필요할 수 있다.

전시실의 조도를 높이면 현휘는 발생하지 않을 수 있으나 유물손상방지와 휘도순응 등으로 낮은 휘도를 권장하고 있으므로 조도를 높이는 것은 어렵다. 그러므로 추후 박물관의 유물과 설명문에 직접 조사되는 국부 조명의 배치에 대한 더 많은 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한 실질적인 적용을 위하여 다양한 변수 조절을 고려한 연구가 필요하다.

사 사

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2014R1A1A1064320).

참 고 논 문

김기훈, 한종성, 김훈. 2004. 자연광으로 촬영된 Digital Image와 휘도측정치의 보정 실험. 한국조명・전기설비학회 학술발표논문집.

선은혜, 김용태. 2014. 측정각도를 사용한 휘도 측정 방법. 한국지능시스템학회 추계학술대회 학술발표논문집.

선은혜, 김용태. 2014. 측정 위치를 고려한 영상기반 휘도측정시스템에 관한 연구. 한국지능시스템학회 24(4): 424-429.

선은혜, 정동혁, 김용태. 2013. DSLR 카메라 영상을 이용한 휘도 측정기법에 관한 연구. CICS 2013 정보 및 제어 학술대회.

이미애, 한승훈, 김연화. 2013. 터널조명 측정을 통한 조도와 휘도기반의 조명비교 연구. 한국조명・전기설비학회 27(11): 14-19.

이완수, 정강화. 2009. DSLR를 이용한 야간경관 휘도측정 기법에 관한 연구. 한국조명・전기설비학회 23(2): 10-17.

통계청. 2014. 전국문화기반시설 총람.

한국산업표준(KS). 2013. KS A 3011: 조도 기준.

한국산업표준(KS). 2014. KS C 7613: 휘도 측정 방법.

한국산업표준(KS). 2015. KS A 0061: XYZ 색 표시계 및 X10 Y10 Z10색 표시계에 따른 색의 표시 방법.

한국산업표준(KS). 2015. KS A 0114: 조명조건에 따른 등색도의 평가 방법.

CIE. 2004. Control of Damage to Museum Objects by Optical Radiation.

ICOM. 2004. Running a Museum: A Practical Handbook.

IEC. 1987. CIE 1931 Standard Colormetric System.