

☒ 연구논문

균일한 반사상이 시인식에 미치는 영향의 인간공학적 평가

An Ergonomic Evaluation of the Effects of Normal Veiling Reflection
on the Human Visibility

박재민 *
Park, Jae Min
이상도 **
Lee, Sang Do

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effects of normal veiling reflection on the human visibility during visual tasks.

The apparent task luminance and the apparent background luminance contrast were determined by the levels of the normal veiling reflection luminance and the interior illuminance of the visual target.

The semantic differential methodology was used for the ergonomic evaluation of the conditions of experiment which were consisted of the apparent task luminance and the apparent background luminance contrast.

Twelve subjects (6 male and 6 female) were participated in this study to perform the tasks which were consisted of 40 experimental conditions. And each condition was repeated 4 times.

1. 서론

정보화시대를 살아가고 있는 현시대에 인간의 삶의 질 향상에 대한 욕구는 날로 높아만 지고 있으며 특히, 생활환경이나 작업환경에 있어서 조명과 관련된 환경문제에서는 필요한 최소한의 밝기가 아닌 보다 쾌적하고 건강한 조명환경의 요구가 급격히 대두되고 있다. 이는 사무자동화 기기가 사무작업에 급속히 도입되면서 비교적 단순하고 정상적인 작업의 대부분이 자동화되어 인간의 작업형태가 신체작업에서 정신작업으로 변화됨을 의미하며, 인간의 작업영역이 보다 고도의 지적 생산성을 요구하는 작업형태로 변화하고 있음을 알 수 있다.

인간은 주위환경으로부터 얻는 정보의 약 80-90%를 시각을 통하여 얻는 것으로 보고되고 있다[1,2]. 따라서 생산성 향상과 직결되는 조명계획은 작업자의 시력보호와 작업능률의 향상 및 작업안전상의 문제점 등을 충분히 고려하여 다양한 조명방식이 개발되어야 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 조명과 관련된 인간의 시각감성 특성에 대한 체계적이고 지속적인 연구가 수행되어야 한다.

소형부품조립작업에 있어서 조명관련 변수의 체계적 분류에 대한 연구는 조명변수를 개인변수(human variable), 작업변수(task variable), 조명변수(lighting variable)로 분류하고 조명방법의 결정문제를 조도수준(illuminance level)과 휘광(glare)에 의해 해결할 수 있는 가능성을 제시하였다[3].

* 양산대학 공업경영과

** 동아대학교 산업시스템공학과

조도수준은 각 작업환경별에 따라 국가별 여러 기관 등에서 연구·검토하여 권장조도를 제시하고 있으며, 불능(disability) 및 불편(discomfort)에 관한 휘광 효과도 여러 연구결과에 의해 지표로 제시되고 있다[4,5,6].

시각피로(visual fatigue)를 유발시키는 휘광에 대한 연구로는 휘광이 직접 눈에 작용함으로써 시각피로를 유발하여 작업성능을 저하시킨다는 보고와[6,7] 시인성(visibility)저하에 따른 눈근력 피로현상도 보고되고 있다[8].

이와 같은 연구결과들에서 휘광은 인간이 물체(사물)를 인식하는데 있어 장애원인중 큰 요소이며, 시각을 사용하는 작업을 방해하는데 있어 작업의 난이도가 높은 작업일수록 그 방해정도가 크다는 것을 알 수 있다[9].

물체의 시인식을 좌우하는 요인들을 정리해 보면 조명, 문자(글씨)와 지면의 휘도대비, 활자의 크기, 활자가 눈에 반영되어 있는 시간(체시시간), 움직임(체시시간이 극히 단시간일 경우 움직임과 관련 없음)으로 구별할 수 있으며 이와 같은 요인들 가운데 하나라도 충족되지 않으면 물체의 시인식은 나빠진다[10].

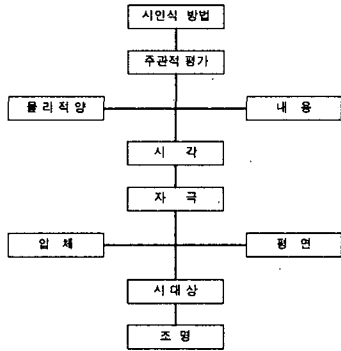
조명은 무엇보다 물체를 정확히 인식하도록 하는 것이 주목적이므로 단순히 조명의 수준만 높이는 것에 주안점을 둘 것이 아니라 위의 요인들을 하나 하나씩 고려하여 최적의 조명을 갖추어야 한다.

시각대상을 감지하여 인식하는 방법은 조명방식과 밝기 등의 조명조건, 눈과 시각대상과의 거리와 방향 등에 의해 아주 다르게 나타나며, 또한 사물을 인식하는데 직접적인 시자극이 되는 것은 광원의 조도가 아니라 광원의 휘도와 이 광원에 의해 좌우되는 시대상의 휘도이기 때문에 사물인식을 위해서 가장 중요한 요소는 시대상의 크기와 형태, 배경휘도, 시대상의 휘도와 배경휘도 그리고 시대상의 휘도와 배경휘도의 차이인 휘도대비이다[10]. 따라서 VDT작업이나 사무실 작업처럼 반사상이 형성되는 경우의 시각작업에서는 요구되는 시인성을 만족하기 위한 좋은 조명조건을 규정하기 위해서 그 현상을 정량적으로 파악하고 장애의 정도를 객관적으로 평가하는 측정기법이 개발·제시되어야 한다.

본 연구에서는 시인식의 문제를 균일한 반사상 조건하에서 반사상휘도와 내부조명수준의 양자에 의해 결정되는 시대상 외관의 배경휘도와 외관의 휘도대비에 의해 실험하여 일반적인 사무공간에서 많이 발생하는 시각감성적 장애의 문제점을 인간공학적 관점에서 평가하고자 한다.

2. 시인식의 방법에 영향을 미치는 요인

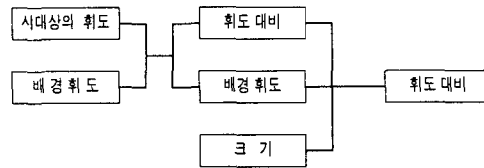
인간이 어떤 물체를 볼 때 조명으로부터 시대상이 되는 물체로부터의 자극, 즉 조명이 되는 광원의 휘도와 비춰진 시대상 물체의 반사특성에 의해 시대상의 휘도, 시대상의 형태 등의 물리적인 양을 자신의 눈을 통해서 감지하고, 시각(視覺)한 그 자극의 내용과 양을 자신의 뇌 활동에 의해 판단하고 평가한다. 다시 말해 주관적 요인에 의해 좌우되는 양을 평가하고 표현함으로써 시인식 방법이 형성된다.



<그림 1> 시인식에 영향을 미치는 요인

시대상의 시인식의 방법은 조명방식과 밝기 등의 조명조건, 시거리와 시방향등을 포함한 시 작업조건에 의해 크게 차이가 생긴다. 또한 시인식 방법의 평가를 좌우하는 조건에 의해 직접적인 시자극이 되는 것은 광원의 조도가 아니라, 광원의 휘도와 그것에 좌우되는 시대상의 휘도이다. 따라서 시대상의 크기·형태, 배경휘도(순응휘도), 시대상의 휘도와 그 배경휘도와의 차이인 휘도대비에 의해 시인식의 방법이 결정된다[11].

<그림 1>은 시인식의 방법에 영향을 미치는 요인을 나타내고 있으며, <그림 2>는 시인식 방법의 평가요인을 나타내고 있다.



<그림 2> 시인식 방법의 평가요인

2.1 휘도 예측의 방법

2.1.1 투명재료가 없는 경우

시대상의 전면에 투명재료가 존재하지 않는 경우, 그 시대상의 휘도와 배경휘도를 좌우하는 요소는 <그림 3>에 나타나는 것처럼 시대상 또는 배경의 반사특성과 조도에 의해 결정된다.

시대상이 확산성인 경우에는 조도와 시대상 또는 배경의 반사율, 다시 말해 입사광속에 대한 반사광속의 비율에 의해 시대상의 휘도와 그 배경휘도가 결정된다. 그때의 시대상의 반사율 (ρ_t)와 그 배경의 반사율(ρ_b)은 방향과는 관계없다.

시대상이 비확산성의 경우에는 조도와 시대상 또는 배경의 반사지향특성(β_t, β_b)에 의해 시대상의 휘도와 그 배경휘도가 결정된다. 그러나, 시대상의 반사지향특성은 시대상의 반사율과 방향에 의해 다르게 나타난다.

· 시대상이 확산성의 경우

시대상의 휘도 : $L_t = \gamma_t \cdot E/\pi$

배경의 휘도 : $L_b = \gamma_b \cdot E/\pi$

· 시대상이 비확산성의 경우

시대상의 휘도 : $L_t = \beta \cdot E$

배경의 휘도 : $L_b = \beta \cdot E$

단, $\beta = L_s/E$

- γ_t : 시대상의 반사율
- γ_b : 배경의 반사율
- β : 반사지향 특성
- E : 조도(lx)
- L_s : 고휘도 물체의 휘도



<그림 3> 투명재료가 없는 경우의 휘도 예측

2.1.2 투명재료가 있는 경우

시대상의 전면에 투명재료가 존재하는 경우에 있어서는 <그림 4>에 나타난 것처럼 시대상

또는 배경의 반사특성에 부가해서 투명재료의 특성을 고려해야한다.

여기에서 관찰자의 눈에 대해 직접적인 시자극이 되는 시대상의 휘도와 그 배경휘도로 구성되는 성분을 분석하면 광원으로부터 나온 빛을 반사하는 반사상과 투명재료를 투과하는 투과상으로 분리된다.

반사상의 휘도와 <그림 4>에 나타나는 것처럼 광원 또는 고휘도 물체의 휘도와 투명재료의 반사율(γ_g)의 두 가지의 요인에 의해 좌우된다.

또, 투과상의 휘도에 있어서는 시대상 또는 배경의 반사특성과 투명재료의 투과율(τ_g)에 의해 시대상과 배경의 투과상의 휘도가 좌우된다.

· 투과상의 휘도

$$\text{시대상} : L_t = \gamma_t \cdot \tau_g \cdot E_t / \pi$$

$$\text{배경} : L_b = \gamma_b \cdot \tau_g \cdot E_b / \pi$$

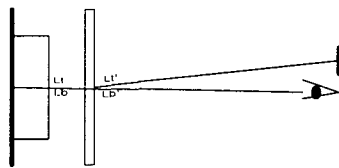
· 반사상의 휘도

$$L_{tv} = \gamma_g \cdot L_s$$

$$L_{bv} = \gamma_g \cdot L_b$$

따라서, 시대상의 휘도 : $L_t' = L_t + L_{tv}$

배경의 휘도 : $L_b' = L_b + L_{bv}$



γ_t : 시대상의 반사율

γ_b : 배경의 반사율

γ_g : 투명재료의 반사율

τ_g : 투명재료의 투과율

E_b : 배경의 조도

L_s : 고휘도 물체의 휘도

E_t : 시대상의 조도

<그림 4> 투명재료가 있는 경우의 휘도 예측

이것으로부터 반사상의 휘도 또는 투과상의 휘도의 구성에 의해 관찰자의 눈에 직접 시자극이 되는 외관의 시대상의 휘도 또는 외관의 배경휘도와 대비를 구할 수 있다.

3. 실험방법

본 실험은 똑같은 반사상이 시대상의 전면에서 생기는 경우에 관해서 반사상용 영상광원의 휘도와 시표제시용 장치의 내부조명 수준에 의한 실험조건을 제시하고 문장시표의 시인식 정도에 관하여 SD법에 의한 주관평가 및 그 결과를 분석하였다.

3.1 실험장치

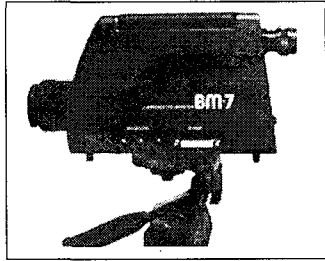
실험실 실내전체를 무광택 흑색 켈트지로 빛의 반사를 차단한 상태에서 <그림 6>에서 부터 <그림 9>까지에 보여지듯이 시표제시용 장치, 반사영상을 작성하는 영상광원 장치, 그리고 피실험자 고정대를 설치하였다. <그림 7>의 반사상을 작성하는 영상광원은 조광가능한 32W 주광색 형광램프 12개를 내장하고 상자의 전면상단부에 66×66cm 크기의 유백색 아크릴판을 붙여 똑같은 휘도면을 작성했다. 이 영상광원을 시대상으로부터 1m떨어진 위치에 두고, 시대상이 비쳐보이는 시표제시용 장치의 유리표면에 조사하여 반사상을 시표제시용 장치의 유리표면

에 균일하게 생기도록 한다.

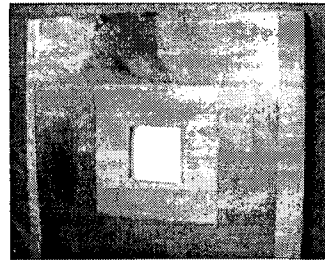
<그림 6>의 시표제시용 장치는 시대상의 전면에 균일한 반사영상을 작성하도록 전면상단부의 유리면에 흑색 켈트지를 가린 24×24cm의 시대상면을 작성했다. 시표제시용 장치의 내부에도 상하좌우의 4방향으로 조광가능한 32W 주광색 형광램프 2개씩 합계 8개를 내장하고 내부 조명의 조절을 행했다.

형광램프는 모두 5%에서 100%로의 밝기조절이 가능하도록 구성하였다.

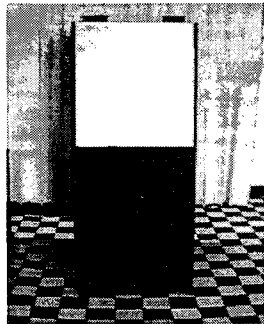
<그림 9>에서 보여지는 바와 같이 피실험자와 시표제시용 장치의 유리표면까지 거리는 1m 이고, 그때의 관찰 위치와 영상광원은 시표제시용 장치 중앙 법선을 중심으로 각각 15도(°)씩 어긋난 방향이다.



<그림 5> 휘도계



<그림 6> 시표제시용 장치



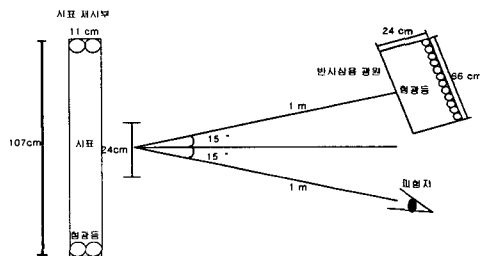
<그림 7> 반사상용 광원



<그림 8> 실험장면(a)



<그림 8> 실험장면 (b)



<그림 9> 실험장치

실험시 반사영상의 휘도와 시표제시용 내부의 휘도를 직접 측정하는 것이 용이하지 않기 때문에, 조도계를 시표제시용 장치와 영상광원의 내부에 설치하고 <표 2>에 제시된 조도와 휘도와의 대응 관계를 <그림 5>의 일본 TOPCON사 제품인 휘도측정기 BM-7을 사용하여 실측하고 이것의 결과에 기초하여 간접적으로 반사영상의 휘도와 시표제시용 장치의 휘도를 측정하였다.

<그림 8>(a),(b)는 실험장면을 보여주고 있다.

3.2 실험방법 및 조건

반사상을 작성하는 영상광원의 휘도와 시표제시용 장치의 조명수준에 의한 실험조건하에서 관찰위치에 있는 피실험자에게 활자크기가 가로, 세로 각 5.4mm이고 휘도대비가 다른 간단한 문장의 시표를 랜덤하게 제시하여 문자의 시인식 정도에 관해 <표 1>에 제시한 평가척도에 기초를 두어 12명(남자 6명, 여자 6명)의 피실험자에게 두눈으로 평가시켰다. 실험실시 최소 30분전부터는 시각적인 작업을 일체 중지하도록 하고 안정을 위해 필요하면 음악을 감상토록 하였으며, 1회 실험 후 최소 30분은 다음실험을 위해 휴식을 취하도록 하는 방법으로 4회 반복실험을 행하였다. 본 실험에 들어가기 앞서 실험실에서 눈의 순응 및 설명을 위해 약 3~5분 정도 적응시간을 가졌다. 정확한 시인식 평가를 위해 주관적인 판단의 기준설정을 위한 기회를 주기 위하여 1회의 예비실험을 행하였다.

<표 1>은 SD법의 5점척도와 그 내용을 보여준다.

실험조건 설정범위에 있어서는 <표 2>에 나타난 것처럼 영상용 광원의 휘도를 1.3에서 430.7(cd/m²), 내부조명 수준을 51.9부터 1174.2(lx)의 범위내에서 설정하고 시표 외관의 휘도대비를 0.05부터 0.9까지의 6종류로 설정하였다. 그때의 배경휘도를 30부터 700(cd/m²)까지의 8종류로 설정했다.

위의 두 조건과 시표의 휘도대비가 다른 (0.13, 0.26, 0.31, 0.40, 0.55, 0.67, 0.77, 0.83, 0.94) 9종류의 시표를 이용해서 외관의 휘도대비 또는 그때 외관의 배경휘도와 시표의 휘도대비 각 조건의 조합을 구했다. 따라서 실험조건은 배경휘도 8종류와 외관의 휘도대비 6종류의 조합으로 48가지의 실험조건이지만 그 가운데 시인식에서 아주 열악한 조건인 8가지 조건은 제외하였다. 또한 반사상 휘도범위는 1.3~430.7(cd/m²)이며 조도범위는 총 51.9~1174.2(lx)이다.

<표 1> 시인식의 평가척도와 내용

척도	평가 척도
5	읽을 수 없다
4	매우 읽기 힘들다
3	조금 읽기 힘들다
2	조금 읽기 쉽다
1	읽기 쉽다

<표 2> 실험조건 설정범위

배경 휘도 (cd/m ²)	30, 50, 100, 150, 300, 500, 700	8종류
외관의 휘도대비	0.9, 0.7, 0.4, 0.2, 0.1, 0.05	6종류
시표의 휘도대비	0.94, 0.55, 0.4, 0.26, 0.13	
반사영상의 휘도(cd/m ²)	1.3 ~ 430.7	
시표제시용 장치 (lx)	51.9 ~ 1174.2	

<표 3> 피실험자 정보

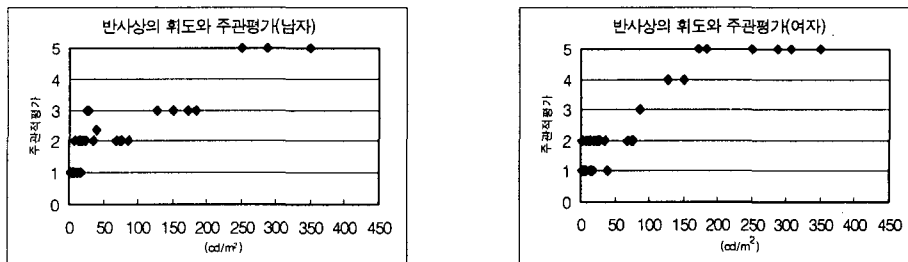
연령대	성별	인원	평균시력(교정시력포함)	평균연령(세)
20대	남	2	1.2	25.6
	여	2	1.2	
30대	남	2	1.0	34.8
	여	2	1.0	
40대	남	2	1.2	43.2
	여	2	1.0	

<표 3>은 본 실험에 참여한 피실험자들에 대한 정보이며, 만 20~46세의 남녀로 시력상의 장애 및 문제가 없는 자로 구성되었다.

4. 분석 및 고찰

4.1 주관적 평가와 반사상 휘도와의 관계

<그림 10>은 실험으로 얻어낸 문장의 시인식에 대한 주관적 평가와 반사상이 있는 경우의 시인식 평가인자로서 인정되어 있는 반사상의 휘도를 이용해서 양자의 대응관계를 나타내었다.



<그림 10> 반사상 휘도와 시인식의 관계

제시한 각각의 외관의 휘도대비에 있어서 반사상의 휘도가 높아지면 문장의 읽기 쉬움의 주관적 평가도 높아지는 경향을 나타낸다. 또 반사상의 휘도가 일정하다면 외관의 휘도대비가 높을수록 주관적 평가도 높아진다. 반사상 휘도와 주관평가에 있어 남녀간 유의 차는 없으므로 나타났다.(P=0.062)

4.2 내부 조명수준과 시인식의 관계

앞에서와 같이 문장 인식의 주관평가와 반사영상이 있는 경우의 시인식의 평가 인자로서 인정되고 있는 내부조명수준을 이용해서 양자의 대응관계를 파악한다.

<그림 11>은 내부조명수준과 문장 인식의 주관평가와의 대응관계를 나타내고 있으며, 시표의 휘도대비가 0.13일 때 내부조명수준과 주관평가와의 관계이다. 각 외관의 휘도대비에 있어서 주관평가는 내부조명수준이 높을수록 주관적 평가의 수치도 높아지는 경향을 나타낸다. 이런 경향은 외관 휘도대비를 구성하고 외관 배경휘도의 성분이 되는 반사영상의 휘도를 제거했기 때문이고, 배경휘도가 되는 내부조명수준의 상승에 동반하여 시대상의 시인식도 높아지는 예측 가능한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다. 또한 내부 조명수준이 높아질수록, 시표의 휘도대비가 낮을수록 피실험자의 주관평가는 높게(시인식 정도가 낮게) 나타났다. 또한 내부조명수준과 피실험자 주관평가 관계에서도 남녀간 유의 차는 없으므로 나타났다.(P=0.237)



<그림 11> 내부조명수준과 시인식의 관계

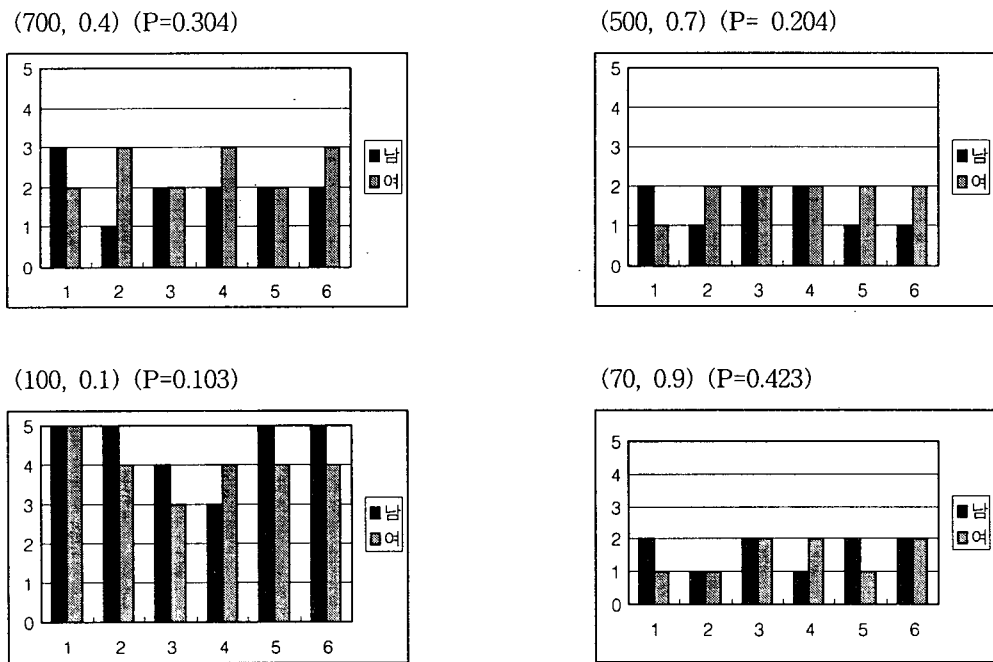
4.3' 배경휘도 및 외관의 휘도대비와 시인식과의 관계

실험에 의한 문장의 시인식의 주관적 평가와 앞에서 시인식 방법의 평가인자로 제시한 배경 휘도와 외관의 휘도대비를 이용해서 양자의 대응관계를 나타내었다.

시대상의 전면(全面)에 동일한 반사상이 생기는 경우에 있어서 반사상의 휘도와 내부 조명수준에 의한 외관의 휘도대비를 각 조합한 조건으로 실험을 행하였다.

시대상의 전면에 반사상이 생기는 경우의 시인식의 방법은 일정한 외관의 휘도대비에 있어서 외관의 배경휘도와 외관의 휘도대비가 높을수록 주관적 평가의 정도가 좋아지는 현상이 나타났다.

반사상이 있는 경우의 시인식 방법의 주관평가는 반사상의 휘도와 내부조명수준에 의해 결정되는 외관의 배경휘도 또는 외관의 휘도대비를 이용해서 시인식 방법을 파악해야한다. <그림 12>는 각각의 배경휘도와 외관의 휘도대비 조건에 관한 주관평가중 일부만을 나타내고 있다. 유의수준 95%에서 각각의 배경휘도와 외관의 휘도대비에 대한 시인식의 주관적 평가는 남녀간 유의 차가 없는 것으로 나타났다.



<그림 12> 실험조건에 대한 남녀간 시인식 평가의 유의성

<표 4>는 각각의 실험조건에 있어서 배경휘도와 외관의 휘도대비에 대한 시인성 평가척도의 데이터를 신뢰수준 95%에서 전반적으로 실시한 표이며 각 조건에서 남녀간 유의차는 나타나지 않았다.

<표 4> 실험조건별 남녀간 시인성 평가의 유의성
($\alpha=0.05$)

배경휘도 외관의 휘도대비	30	50	70	100	150	300	500	700
0.9	0.193	0.360	0.423	0.138	0.080	0.100		
0.7	0.147	0.241	0.169	0.373	0.345	0.100	0.204	
0.4	0.242	0.400	0.420	0.063	0.267	0.368	0.138	0.304
0.2	0.059	0.244	0.179	0.437	0.271	0.162	0.182	0.094
0.1	0.365	0.412	0.272	0.103	0.453	0.193	0.320	0.400
0.05						0.227	0.186	0.132

<표 5> 실험조건별 시인성 평가 평균값(SD-value)

배경휘도 외관의 휘도대비	30	50	70	100	150	300	500	700
0.9	2	2	2	2	2	1		
0.7	2	2	2	2	2	1	1	
0.4	3	3	3	3	3	2	2	2
0.2	4	4	4	4	4	4	4	4
0.1	5	5	5	5	5	4	4	4
0.05						5	5	5

<표 5>는 배경휘도와 외관의 휘도대비에 대한 각 실험조건에서 피실험자들의 주관적 평가 결과를 나타내고 있으며, <표 5>속의 숫자는 주관적 평가데이터의 평균값이다. 시표제시용 장치의 배경휘도가 높을수록 그리고 외관의 휘도대비가 낮을수록 피실험자가 느끼는 시인성 평가는 높게(좋지 않게) 나타나고 있다.

5. 결론

본 연구는 시대상의 전면에 균일한 반사상이 생기는 경우에 있어서 반사상의 휘도와 내부조명수준에 의해 결정되는 시대상 외관의 배경휘도와 외관의 휘도대비를 조합한 실험조건들을 피실험자들에게 제시하여 실험을 실시하였다.

실험에서 측정된 시인성의 주관적 평가와 반사상이 있는 경우 시인성의 평가인자인 반사상 휘도를 이용하여 제시한 각 외관의 휘도대비에 있어서 반사상의 휘도가 높아지면 시인성의 주관적 평가가 높아지는(좋지 않은) 경향을 나타내고, 또 반사상의 휘도가 일정하다면 외관의 휘도대비가 높을수록 주관적 평가도 높게 나타났다.

반사상의 휘도와 주관평가에서 남녀간의 유의 차는 없는 것으로 나타났다.($P=0.062$)

시인성의 주관평가와 반사상이 있는 경우 시인성의 평가인자인 내부조명수준을 이용해서 양자의 대응관계를 파악했다. 각 외관의 휘도대비에 있어서 주관평가는 시표의 휘도대비가 낮은 경우 내부조명수준이 높을수록 시인성 평가는 낮게(좋게) 평가되었다. 이런 경향은 외관의 휘도대비의 성분이 되는 반사상의 휘도가 감소되었기 때문이다.

시대상의 전면에 균일한 반사상이 생기는 경우의 시인성 평가는 외관의 휘도대비에 있어서

외관의 배경휘도와 외관의 휘도대비가 높을수록 시인식 평가가 좋아지는 경향이 나타났다.

이상의 결론에서와 같이 시인식에 대한 평가를 반사상의 휘도와 내부조명수준에 의해 결정되는 외관의 배경휘도 또는 외관의 휘도대비를 이용하여 본 실험에서 고려된 실험조건하에서 주관적 평가척도에 의해 분석 및 평가를 실시할 수 있었다.

따라서 시각을 이용한 작업에서는 시대상물의 외관의 배경휘도와 외관의 휘도대비를 측정 평가하여 상호보완적인 관련성을 바탕으로 적절한 작업 조명계획을 수립함이 무엇보다 중요하다 할 수 있으며, 반사상이 균일한 형태로 나타나지 않는 경우에 대하여도 본 실험적 관점에서 연구가 지속되어 저야 할 것으로 생각된다.

또한 보다 능률적이고 신뢰할 수 있는 작업환경에 대한 조명계획 수립을 위하여서는 실제적인 사무작업환경에서 고려되어 지는 제약변수들을 대상으로 지속적인 연구가 필요하리라 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] Pulat, B. M., Fundamentals of Industrial Ergonomics, Prentice-Hall, 1992.
- [2] Sanders, M., McCormick, E. J., Human Factors in Engineering and Design, McGraw-Hill, 1992.
- [3] 이종수, “소형부품조립작업의 최적조명 설계절차개발 및 전산화 방안”, 석사학위논문, 서울대학교, 1987.
- [4] IES(Illuminating Engineering Society of North America), IES Illumination Handbook, 1947.
- [5] Guth, S. K., and J. F. McNeils, “Visual Performance: A Comparison in terms of Detection of Presence and Discrimination of Detail”, Illumination Engineering, 1968.
- [6] IES, Outline of Procedure for Computing Visual Comfort: Rating for Interior Lighting - Report No.2, Illumination Engineering, 1966.
- [7] Ferguson, D. A., G. Major. and T. Keldoutis, “Vision at Work: Visual defect and Visual Demand of Tasks”, Applied Ergonomics, vol 8, 1974.
- [8] Osaka, N., “The Effect of VDU Color on Visual Fatigue in the Fovea and Periphery of Visual Field”, Displays Technology and Applications, 1984.
- [9] IES. Recommendations for Lighting, Building Interiors IES. York House, London, 1968.
- [10] 미미전자주식회사 기획실 역, 조명에서의 심리효과, 正和印刷株式會社, pp.33-48, 1991.
- [11] Brabson, G. K., “The Effect of Lighting System on Video Display Terminal Contrast”, Lighting Design and Application, 1986, 2.