

시인식에서 반사상의 영향에 관한 인간공학적 연구

An Ergonomic Study on the Effects of Veiling Reflection in Visibility

박재민*, 임기용**, 이상도**

ABSTRACT

Men perceive and react around him through the five senses. Also men give rise to the human sensibility and maintain his emotion.

This study doesn't limit working environment to VDT environment, but considers the universal working environment acquiring information by eyesight stimulation. In case of forming an abnormal veiling reflection we consider the form ; a vertical(25%, 50%, 75%)and a horizontal(25%, 50%, 75%). The results from the subjective evaluation are analyzed by SD(Semantic Differential methodology)of 5 point scale for visibility and nuisance when an abnormal veiling reflection forms on target. In addition, the results of the objective evaluation are suggested by measuring and analyzing EEG of bio-signal for visual sensitivity.

The results of this study can apply to basic data which create a guideline of a visual operation. In particular, it can be designed as an illumination environment concerning an ergonomic factor on visual operations, mental stress such as a visual inspection operation, visual information search operation, etc. As a result, we can expect to reduce the visual nuisance and contribute to the improvement of the performance and the uplift of the competitive power.

Keywords: Illuminance, Luminance Contrast, Veiling Reflection, Electroencephalogram

* 양산대학 산업기술경영과

주소 : 경남 양산시 명곡동 105-1번지

전화 : 055-370-8188

E-Mail : jmpark@mail.yangsan.ac.kr

** 동아대학교 산업시스템공학과

1. 서론

인간이 생활환경이나 작업환경 등에서 시각을 통한 정보획득에 있어 조명에 대한 환경문제는 삶의 질 향상 및 생산성 향상과 직결된 필수 불가결한 요소라 할 수 있다.

따라서 조명계획은 작업자의 시력보호와 작업능력 향상 및 작업안전상의 문제점을 충분히 고려한 조명설계가 절실히 요구된다. 이는 조명과 관련된 환경문제에서 시각적 정보획득에 필요한 최소한의 조명밝기 문제뿐만 아니라 보다 쾌적하고 건강한 조명환경의 설계가 절실히 요구되고 있음을 의미하고 있다.

VDT작업에서 대부분의 정보는 CRT(Cathode Ray Tube)상에서 제공되며 CRT는 전면에 유리나 같은 투명재료로 제작되어 있어 자연채광 또는 실내조명 등에 의해 그 표면에 반사상을 형성한다. 이러한 반사상은 인간의 시인식(visibility)에 장애요소로 발생되며 이러한 장애에 의해 작업능률이 저하됨과 동시에 시각감성적 측면에서의 쾌적성 저하를 유발시킨다(한국표준과학연구원, 1991)(정진현 et al., 1995).

휘광(glare)은 직접 눈에 작용함으로써 시각피로를 유발하여 작업성능을 저하시키며, 시인식(visibility)저하에 따른 눈의 피로를 가중시키기도 한다. 그리고 CRT화면과 주변환경(입력문서, 창문, 또는 어두운 벽 등)과의 지나친 밝기 차이(대비, contrast)는 시각피로의 주요 원인이 되며, 유리로 제작된 CRT화면은 그 표면에서 약 4%의 입사광을 반사함으로써 사무실 주위의 조명등, 키보드, 작업자 모습

등에 대한 반사상 형성을 유발하여 이러한 반사휘광(glare)이 시인성에 있어 불편함의 주된 대상이 된다.

이처럼 인간이 사물을 인식함에 있어서 직접적인 시자극이 되는 것은 광원의 조도가 아닌 광원의 휘도와 이 광원에 의해 좌우되는 시표의 휘도이므로 VDT작업 등과 같은 시각작업에서 사물인식을 위해 가장 중요한 요소는 시표의 크기와 형태, 배경휘도, 시표의 휘도와 배경휘도 그리고 시표의 휘도와 배경휘도의 차이인 휘도대비이다.

시각 작업환경에 대한 조명연구는 일반적으로 조명방식과 밝기 등의 조명조건, 눈과 시자극간의 시거리와 방향 그리고 시자극과 배경의 휘도대비를 중심으로 진행되었고 또한, 반사상의 반사휘광을 관심의 대상으로 하여 주관적 평가를 기초로 한 VDT화면의 휘도제어(고휘도체의 반사방지)와 주변기기 주위의 조도에 관한 조명수준의 기준을 권장하고 있다(T. Laübli et al., 1981)(中嶋一志 et al., 1996).

그러나 VDT작업 등과 같은 사무실 작업에서의 시각 작업환경은 실내조명에 의해 반사상이 형성된다. 따라서 반사상이 형성되는 경우 시각작업에서 요구되는 시인식을 반영한 조명수준을 설정하기 위해서는 다양한 조명환경에 대한 작업자의 주관적 평가와 더불어 시각 감성변화를 정량적으로 측정하고 평가하여 주관적 평가결과에 대한 객관적 평가가 제시되어야 함이 보다 바람직하다(황민철 et al., 1996).

따라서, 본 연구에서는 시각작업에서 반사상이 형성되는 경우에 있어 반사상의 형상을

불균일한 경우로 고려하여 작업자가 느끼는 시인식 및 장애정도를 SD법(Semantic Differential methodology)에 의한 주관적 평가와 더불어 EEG(Electroencephalogram) 측정 및 분석(Harmony, T et al., 1996)을 통한 객관적인 평가를 병행함으로써 인간공학적 측면에서 조명환경 설계에 기초자료를 제시하고자 함에 그 목적이 있다.

2. 연구 방법

2.1 실험의 개요

시대상에 부분적으로 형성되는 반사상의 형상, 크기 비율과 시대상의 배경휘도 및 광원의 휘도수준을 조절하여 시각 자극 조건을 제시하고 각 조건별로 시표에 대한 시인식 및 장애 정도에 대하여 SD법에 의한 피실험자의 다른 실험조건을 3개의 그룹(긍정, 보통, 부정)으로 나누고 각 집단별의 실험조건을 세가지로 하여 총 9가지 조건에 대한 피실험자의 시각 감성 변화를 EEG로 측정 분석 하였다.

2.2 실험장치

실험장치는 불균일한 반사상의 형성을 위해 광원에 흑색켄트지를 사용하여 시대상면이 되는 24×24(cm) 유리표면에 가로 및 세로 형태의 불균일한 반사상 형상(25%, 50%, 75%)을 제시하였다. EEG측정 및 분석은 Lafayette Co.의 Minigraph와 Biopac systems Co.의 MP100WS를 사용하였다. 그리고 자료의 입력

과 분석은 MP100WS의 Acqknowledge(V3.2) 소프트웨어를 이용하였고 통계분석을 위해 SPSS(V.8.0)패키지를 사용하였다.

표 1. 데이터 획득 및 저장 및 분석장치

구 분	장 치
자극 제시 매체	조명 조건
EEG 장치	Minigraph, MP100WS
제어 및 데이터 획득용 소프트웨어	Acqknowledge(V.3.2)
제어 및 데이터 획득용 컴퓨터	Pentium PC
Data분석	SPSS(V.8.0)

2.3 피실험자

문장시표의 시인식 및 장애에 대한 SD평가는 10명(남 6명, 여 4명)의 피험자들에게 양안에 의한 실험을 행하였으며, EEG측정은 6명의 피실험자가 참여하였다. 피험자 모두 시력(교정시력 1.0이상)등 신체적으로 결격사유가 없이 건강한 자로서 생체신호측정에 장애됨이 없었다.

2.4 실험방법 및 조건

실험실시 최소 30분전부터 시각적인 작업을 일체 중지하도록하고 안정을 취하도록 하였으며, 1회 실험 후 최소 30분은 다음 실험을 위해 휴식을 취하도록 하였다. 실험실에서 실험 실시전 눈의 순응을 위해 약 1~2분정도 적응 시간을 가졌다. 본 실험에 들어가기 앞서 정

확한 시인식과 장애정도의 평가를 위한 주관적인 판단의 기준설정을 위해 1회의 예비실험을 행하였다.

2.4.1 실험장치의 설계

본 실험에서는 실험실 실내 전체를 무광택 흑색 쉐트지로 빛의 반사를 차단한 상태에서 그림 1.에서 부터 그림 6.까지에 보여지듯이 시표 제시용 장치, 반사상을 작성하는 영상광원 장치, 그리고 피험자 고정대를 설치하였다. 그리고 외부광원을 시표 제시장치의 반사체에 투사하여 불균일한 반사상이 시표 제시장치 전면상단부의 크기 24×24(cm)인 반사체에 크기 비율이 25%, 50%, 75%인 가로 및 세로 형상의 불균일한 반사상 형상을 제시하였으며, 피실험자에게 각 실험조건에 대하여 시인식 정도와 장애 정도를 5점척도에 의하여 주관적으로 평가하도록 하였다.

실험조건 설정에 있어서 시표는 피험자가 일반적인 사무실 조명환경에서 식별이 용이한 휘도대비 값을 가지는 0.94, 0.55의 2종류를 사용하였으며, 내부광원은 IES에서 규정하고 있는 인지과제의 난이도에 대한 조명조건 범위를 기준으로 235, 470, 940[lx]의 3종류로 정하였다(박재민 et al., 1999). 그리고 반사상을 형성하는 반사상 휘도는 내부 광원수준을 고려하여 각 내부광원에 대해 상대적으로 비슷한 수준을 유지할 수 있는 10가지 조건으로 정하였다. 따라서 분균일한 반사상이 형성되는 각 형상모형에 있어 시표 2종류, 내부 광원조도 3가지 및 반사상 휘도 10가지 조건을 정하여 각 조합한 60가지의 총 실험조건(자극)을 표2.와 같이 설정하였다.

그림 4,5는 실험장면을 보여주고 있다.



그림 1. 휘도계

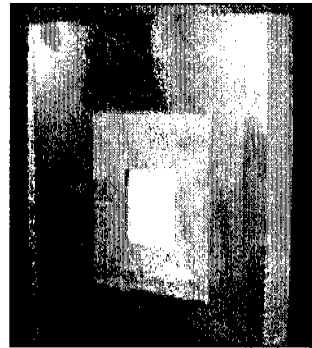


그림 2. 시표제시용 장치

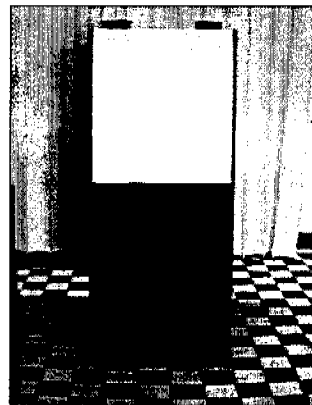


그림 3. 반사상용 광원

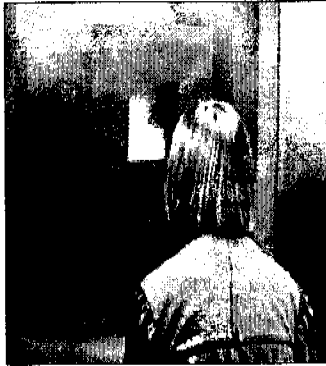


그림 4. 실험장면



그림 5. 실험장면

표 2. 실험조건

시표의 휘도대비	시표조도 (lx)	반사상의 휘도(cd/m ²)						
		1.3	4.2	7.6	12.8	17.9	25.6	
0.94	235	25.6	38.3	76.6	150	287.2		
	470	2.2	6.4	8.2	13.6	19.2		
0.55	940	27.3	69.2	86.2	172.3	307.7		
		3.0	6.9	11.6	16.2	23.1		
		34.7	75	127.7	250	350		

2.4.2 SD법에 의한 주관적 평가

피실험자들은 각 실험조건하에서 본인이 느끼는 시인식도와 장애정도를 표 3.에서 제시한 5점 척도에 의한 주관적 평가를 하도록 하였다. 평가내용에 따른 척도값을 수집하여 각 실험조건에 대한 데이터를 Kruskal - Wallis test를 통한 유의성 검정을 하였다.

표 3. 주관적 평가척도

척도	시 인 식	장 애
5	읽을수 없다	매우 장애가 된다.
4	매우 읽기 힘들다	장애가 된다.
3	조금 읽기 힘들다	다소 장애는 되지만 허용된다.
2	조금 읽기 쉽다	거의 장애가 안된다.
1	읽기 쉽다	전혀 장애가 안된다.

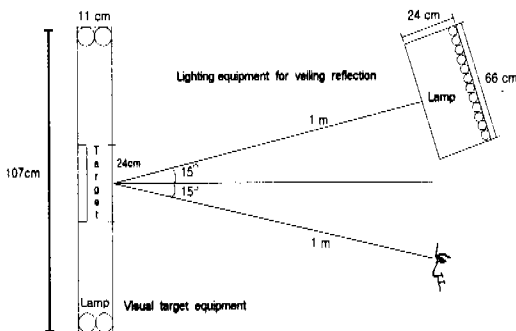


그림 6. 실험장치와 레이아웃

2.4.3 시각 자극에 대한 EEG 측정

표 2.에서 제시한 주관적 평가의 실험조건

중 SD법에 의해 분석된 주관적 평가결과를 토대로 3가지 실험조건집단으로 구분하였으며 각 집단별로 세가지의 시자극을 제시하여 총 9가지 조건의 실험을 행하였다(표4).

한편 그림 7은 본 실험의 실험실과 실험장치 환경을 나타낸 것이다.

표 4. EEG 실험조건

그룹	비율	시표의 조도(lx)	시표의 휘도대비	반사상의 휘도(cd/m ²)
긍정	25%	940	0.94	38.3
	50%	940	0.94	38.3
	75%	940	0.94	38.3
부정	25%	235	0.55	23.1
	50%	235	0.55	17.9
	75%	235	0.55	17.9
보통	25%	235	0.55	287.2
	50%	235	0.55	287.2
	75%	235	0.55	287.2

3. 결과 및 분석

반사상 형상에 따른 시인식과 장애의 분석에서 유의차는 있었으며, 수평일 때보다 수직일 때 시인식이 유의적으로 좋게 나타났다. 그리고 장애정도도 낮은 것으로 나타났다(p<0.01). 또한 EEG분석에서도 α 파의 출현비율이 상대적으로 낮은 유의적인 결과를 보였다. 이러한 결과를 표 5.~7.에 정리하였다.

표 5. 반사상 형상에 대한 시인식, 장애 분석결과

	시인식	장애
Chi-Square	29.149	33.080
df	1	1
Asymp. Sig.	0.000	0.000

반사상 비율이 증가함에 따라 시인식에 끼치는 영향을 분석해 본 결과 유의차는 없었지만 반사상 비율이 50%일 때 시인식 정도가 가장 낮으며 이로 인하여 장애를 받는 것으로 나타났다. 그리고 반사상 비율이 25%, 75%인 경우에서 이러한 경향은 반사상의 경계가 반대로 형성되어지나 그 비율의 형상모형이 동일한 수준으로 인식됨에 따라 피실험자가 지배적인 수준에 순응하는 특성을 갖기 때문이라 생각된다. 이것을 뇌파 출현특성으로 분석하였을 때 α 파와 β 파의 유의차가 나타났다(표 6, 표 7). 그리고 α 파의 출현비율은 25%와 75%일 때 거의 일치하였다. 이것은 주관적 평가에서 나타난 결과를 뒷받침한다.

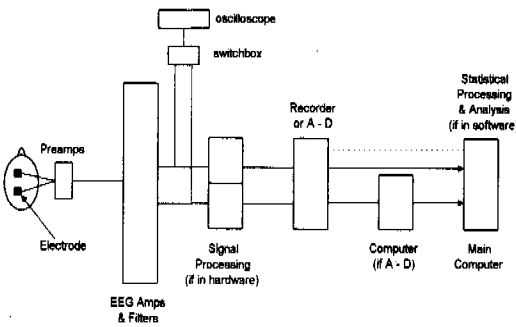


그림 7. 실험실 및 실험장치 환경

시인식과 장애 평가에서 SD법에 의한 평가를 위해 제시된 자극들을 유의적인 세 그룹으로 분류하였다. 또한, EEG분석에서의 자극제 시조건에 대해 세 그룹으로 분류하여 시각감성을 측정 분석하였다. 실험결과 α , β 및 θ 파 모두 시인식이 좋지 않은 부정, 보통, 긍정 자극의 순으로 출현비율을 보였다. 또한 시각작업에서 시인식 및 장애평가에 대한 뇌파변화는 δ 파가 α 파보다 상대적으로 출현비율이 증가됨을 보였으며 이는 뇌파 변화특성과 일치함을 알 수 있다(유은경 et al.,1997)(Wexler, B.E et al., 1992)(小林信三 et al., 1993).

표 6. 반사상형상과 크기에 대한 분석결과(α 파)

F	SS	df	MS	F	P
형상	0.023	1	0.023	5.513	0.021
크기	0.489	2	0.245	58.172	0.000
E	0.437	104	0.004		
T	0.949	107			

표 7. 반사상형상과 크기에 대한 분석결과(β 파)

F	SS	df	MS	F	P
형상	0.074	1	0.074	2.970	0.088
크기	2.561	2	1.281	51.618	0.000
E	2.580	104	0.025		
T	5.215	107			

또한 제시된 자극조건에 대한 세 그룹에 대한 EEG데이터를 분석한 결과에서도 유의적인 차

이가 있었다(표 8, 표 9). 시인식이 나쁠수록 그리고 알파, 베타, 세타파의 출현비율은 증가하였다(그림 10). 이상의 연구에서 시각 검사 작업 및 시각 정보탐색작업 등에서 부적절한 조명환경에 의한 작업자의 시각피로 감소와 더불어 수행도 향상과 같은 기대효과와 박물관이나 전시관등의 반사상이 많이 생기는 작업장에서도 시각적 효과를 얻을 수 있는 조명설계에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

추후 일반적인 사무 또는 주거 실내공간에서 발생하는 반사상은 크기, 형태, 휘도 등 그 특성이 매우 다양하므로 시표의 조건과 반사상의 특성들을 더욱 다양하게 고려한 실험을 통하여 실제 사무작업 환경에 적용가능한 실질적 실험 및 연구가 지속되어야 할 것으로 기대된다.

표 8. 세 그룹간 EEG 분석결과(α 파)

F	SS	df	MS	F	P
그룹	0.5353	2	0.2677	64.2651	0.000
E	0.4373	105	0.0042		
T	0.9726	107			

표 9. 세 그룹간 EEG 분석결과(β 파)

F	SS	df	MS	F	P
그룹	2.7904	2	1.3952	58.2036	0.000
E	2.5170	105	0.0240		
T	5.3074	107			

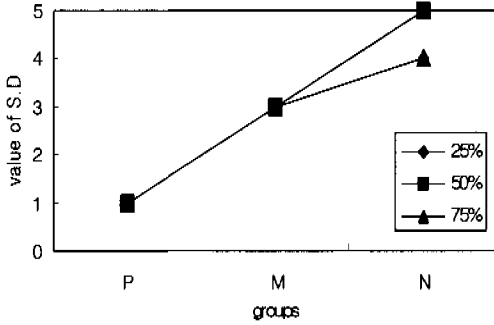


그림 8. 세 그룹간 시인식 평가

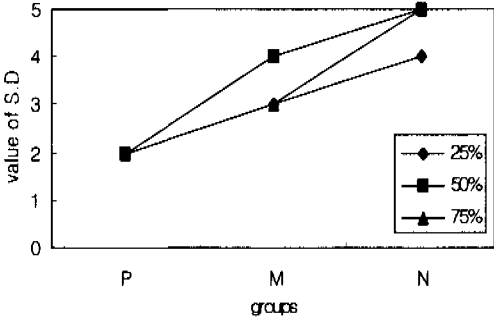


그림 9. 세 그룹간 장애 평가

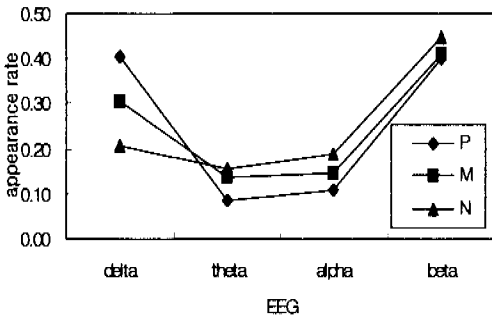


그림 10. 세 그룹간 EEG분석 결과

참고 문헌

박재민, 이상도, “균일한 반사상이 시인식에 미치는 영향의 인간공학적 평가”, 공업경영학회지, 22(50), pp. 139~149, 1999.

유은경, 손진훈, “쾌음과 불쾌음이 뇌파에 미치는 효과”, 충남대학교 심리학과 석사 논문, pp. 3~5, 1997.

정진현, 이진숙, “VDT 작업공간의 적정휘도분포 추출에 관한 연구”, 조명·전기 설비학회지, Vol.9, No.3, pp. 59-66, 1995.

한국표준과학연구원, “VDT Work-station의 인간공학적 설계 및 평가 기술에 관한 연구”, KSRI-91-69-1R, 과학기술처, 1991.

황민철, 손진훈, 김철중, “감성에 따른 뇌의 변화 특성에 관한 연구: 청각각각에 의한 감성”, 대한산업공학회지, 23(3), pp. 609~619, 1997.

황민철, “감성의 정성적 정량적 평가”, 측정표준, 19(1), pp. 32~40, 1996.

Harmony, T., Fernandez, T., Silva, J., Bernal, J., Diaz-Comas, L., Reyes, A., Marosi, E., Rodriguez, M., “EEG delta activity: an indicator of attention to internal processing during performance of mental tasks”, International Journal of Psychophysiology, 24, pp. 161~171, 1996.

T. Laübli, W. Hünting, and E. Grendjean, “Postural and Visual loads at VDT workplaces II. Lighting conditions and visual impairments”, Ergonomics, 24(12), pp. 933~944. 1981.

Wexler, B. E., Arrenburg, S. W., Schwartz, G.E., and Janer, L. D., "EEG and EMG responses to emotion-evoking stimuli processed without conscious awareness". *Neuropsychologia*, 80(12), 1992.

小林信三, 森本 章, "音樂の生体に及える生理學的營響についての研究-音樂療法の適應についての-考察", *日本バイオミエ-ジック學會誌*, Vol. 8, 1993.

中嶋一志, 橋本修左, "ゆらぎ音環境の生理心理的影響に關する研究", *日本建築 學會計面 論文集*, Vol. 480, pp. 77~85, 1996.

저자 소개

◆ 박재민

동아대학교 산업공학과에서 학사, 석사, 박사학위를 취득하고 현재 양산대학 산업기술경영과 교수로 재직중이며, 주요 관심분야는 인간공학, 안전공학, 생산 및 공정관리 등이다.

◆ 임기용

동아대학교 산업공학과를 졸업하고, 동대학원 석사과정을 거쳐 현재 동대학원 박사과정에 재학중이며 일본히로시마대학 관리공학연구실의 연구생으로 있었으며 주요 관심분야는 인간공학, 감성공학, 산업디자인, 안전관리 등이다.

◆ 이상도

한양대학교 공업경영학과를 졸업하고, 동아대학교 산업공학과 교수로 재직중이다. 독일 Aachen University 교환교수, 미국 The Ohio State University 교환교수, 대한산업공학회 영남지회장, 대한인간공학회 회장, 대한품질경영학회 부회장 등을 지내고, 현재 대한설비관리학회 부회장에 재임중이다. 주요 관심분야는 인간공학, 안전공학, 품질경영 및 TPM 이다.

논문접수일 (Date Received) : 2000/6/12

논문게재승인일(Date Accepted) : 2000/10/20