

청천공 조건에서 조광제어 시스템 적용시 조도변화에 대한 시각적 만족도 분석

김 수 영[†]

연세대학교 주거환경학과

The Influence of Illuminance Variation by a Daylight Dimming Control System on Visual Comfort Under Clear Sky Conditions

Sooyoung Kim[†]

Dept. of Housing and Interior Design, Yonsei University, Korea

(Received April 19, 2010; revision received June 01, 2010)

ABSTRACT: This study examines the influence of light variation on visual responses in a small office space where a daylight dimming control system is applied. Field measurements and survey were performed in a full-scale mocked-up small office space under clear sky day conditions. Maximum fluctuation range for desktop was 133.5 lx and it just happened once for entire monitoring period. For the majority of time, the fluctuation range did not exceed 50 lx, which did not cause visual discomfort to subjects. The daylight dimming control system successfully kept required illuminance levels for an office environment when desktop illuminance by daylight ranged up to 300 lx. The most serious contributor to the sensation of glare was direct daylight through window. The dimming of electric light was not a significant contributor to visual discomfort for the subjects under clear sky day conditions. Visual comfort was significantly influenced by the sensation of glare, feeling for visual stimulation and distraction, and required illuminance level.

Key words: Visual response(시각적 반응), Daylight dimming control system(조광제어 시스템), Illuminance variation(조도변화), Glare(눈부심)

1. 서 론

전기조명에 의하여 유지되는 사무실공간내의 빛 환경은 각 지점에 균등한 조도를 유지하여 실내 조명환경기준에 적합한 조건을 조성한다. 그러나 균등한 조도는 실내공간에 주어진 시간동안 체류하여야 하는 사무실 근무자에게 시각적인 단조로움을 제공할 수 있다.

이러한 단조로움은 주광(daylight)을 전기조명과 연계하여 활용하면 효율적으로 제어될 수 있다. 자연채광을 전기조명에 효과적으로 연계하여 활용하기 위한 방안으로, 조광제어 시스템(daylight dimming control system)이 고려되어 왔다.⁽¹⁻³⁾

조광제어 시스템은 외부에서 변화하는 주광의 변화에 근거하여 전기조명기기의 출력량을 조절하여 실내조도를 유지하므로, 실내조도는 주광의 변화에 따라 다양한 변화범위를 나타내며 변화한다. 사람의 눈은 변화되는 조도에 적응하는 과정을 거치며, 적응하는 시간은 조도변화 범위에 따라 다르게 나타난다. 짧은 시간동안 자주 변화되는 조도는 조광

[†] Corresponding author
Tel.: +82-2-2123-3142; fax: +82-2-313-3139
E-mail address: sooyoung@yonsei.ac.kr

제어 시스템이 적용되는 데 있어 가장 중요하게 고려되어야 하는 요소이다. 이러한 빛의 양의 변화에 따른 재실자의 시각적 만족도 대한 연구가 진행되어 왔다.⁽⁴⁾

그러나, 주광이 유입되는 조건은 고려되지 않아 조광제어 시스템이 적용되었을 경우, 주광 및 전기조명에 의한 조도변화의 영향은 동시에 고려되지 않았다. 실내로 유입되는 주광에 의한 조도가 변화하는 조건에서 전기조명에 의한 조도변화에 대한 재실자의 시각적인 만족도는 변화될 것으로 예상된다. 따라서, 본 연구에서는 조광제어 시스템이 적용된 실제공간에 소규모 사무실 조건을 설정하여 주광의 변화와 이에 따른 전기조명에 의한 조도변화가 재실자의 시각적인 만족도에 미치는 영향을 분석한다. 소규모 사무실 공간을 설정하여 피험자를 대상으로 실험이 진행되었다.

2. 연구 방법

2.1 실험공간 및 조명조건

개인사무실로 구성된 소규모 공간에서 시각적인 만족도에 대한 실험 및 설문조사가 실시되었다. 대상공간은 3층 건물의 1층에 위치하였으며, 크기는 가로 3 m, 세로 4.2 m, 높이 2.8 m 였다. 실험에 사용된 공간은 Fig. 1에 나타나 있다. 창문은 남향으로 향하였고, 주변건물이 없어 건물에 의한 그림자가 창문에 드리워 지지 않았다. 창문은 가로 1.43 m, 세로 2.02 m 이었으며, 유리의 투과율은 0.79이었다. 창에는 베니션(Ventian) 블라인드가 설치되었으며, 각 슬랫(slat)은 2.54 cm로 이격되어 수평으로 설치되었다.

실의 표면은 옅은 베이지색의 벽지로 마감되었으며, 천정은 사무실공간에서 일반적으로 사용되는 가로 0.6 m 세로 0.6 m의 규격으로 이루어진 텍스 재료로 마감되었다. 가로 1.5 m, 세로 0.75 m, 높이 0.75 m인 책상의 중심은 실의 중심선을 따라 창문에서 2.1 m 이격된 지점에 위치하였다. 책상표면은 어두운 갈색의 나무로 마감되었다.

실의 천정에는 가로 0.6 m, 세로 0.6 m 크기인 천정에 매립되는 형식의 형광조명기기(recessed fluorescent troffer) 4개 설치되었으며, 그 위치는 Fig. 1에 나타나 있다. 형광램프의 하단부분에 깊이 0.75 cm인 루버(parabolic louvers)가 설치되었다. 루버로 인한 공간(louver cells) 가로방향 3개, 세로방향

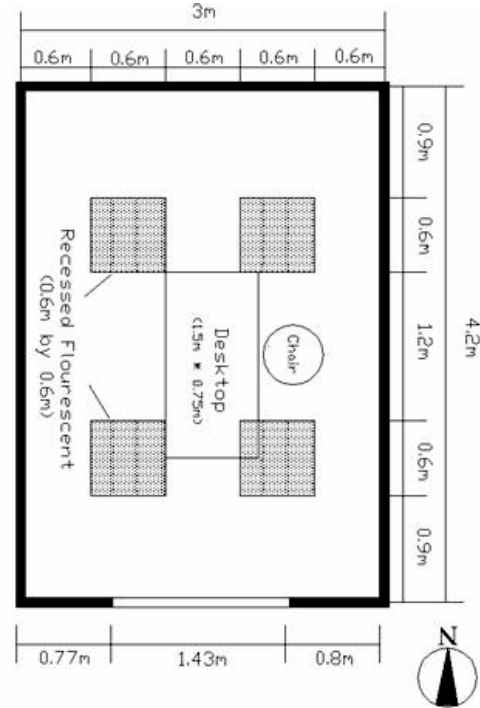


Fig. 1 Layout of Space.

3개로 전체 9개로 이루어졌다. 사용된 형광램프의 효율은 59%, 색온도(color temperature)는 3500 K 이었다. 4개의 형광조명기기를 사용하여 유지되는 책상상면의 조도는 750 lx로 설정되었다.

실내로 유입되는 주광의 변화에 따라 실내 조도를 제어하기 위하여 적용된 조광제어 시스템은 'L' 회사에서 생산된 제품으로 포토센서(photosensor), 제어기(controller), 디밍 안정기(dimming ballast)의 3가지 부분으로 구성되어 있었다. 포토센서는 실의 중심부 천정부분에 차단조건 없이 설치되어 창문부분, 벽면 부분 및 실내 모든 표면에서 센서로 유입되는 빛의 양을 감지하였다. 제어기에서 발송되는 신호를 근거로 디밍안정기는 최대 90%의 디밍을 유지하였다.

이와같은 형광등과 조광제어 시스템이 적용된 대상공간에서, 포토센서로 유입되는 빛의 양의 변화에 근거하여 실내에서 전기조명의 디밍량은 조정되어 연속적인 조도의 변화가 유지되었다. 전기조명에 의한 조도는 최대 750 lx에서 변화되기 시작하여 센서에 유입되는 빛의 양에 따라 증가 및 감소를 반복하였다.

2.2 설문항목 및 피험자 사전교육

설문항목은 3가지 부분으로 구성되었다. 피험자

Table 1 Survey Questionnaire

No	Question Content
Q1	Does daylight cause glare to bother your visual task?
Q2	Does electric light cause glare to bother your visual task?
Q3	Does indoor surface cause glare to bother your visual task?
Q4	Overall, is the light(daylight and electric light) distributed well?
Q5	Is the light(daylight&electric light) uncomfortably dim for you task?
Q6	Is the light(daylight&electric light) enough for your computer task?
Q7	Is the light(daylight and electric light) enough for your paper work?
Q8	Do you feel you have enough daylight to do your work without visual discomfort?
Q9	Does the daylight bother you to do computer task?
Q10	Does the daylight bother you to do paper task?
Q11	Do you feel you have enough electric light to do your work without visual discomfort?
Q12	Does the dimming of electric light bother you to do computer task?
Q13	Does the dimming of electric light bother you to do paper task?
Q14	Do you feel visually comfortable?
Q15	Overall, is the room bright?
Q16	Do you feel no visual stimulation?
Q17	Do you feel no visual distraction?

에 대한 일반적 사항, 디밍이 적용되는 경우 시각적인 반응 및 일시적인 무드(mood)변화에 대한 부분으로 구성되었다. 일반적인 설문사항은 피험자에 대한 나이, 성별, 눈부심 효과에 대한 예민성, 빛환경에 대한 선호도와 같은 사항을 수집하기 위하여 작성되었다. 시각적인반응에 대한 부분은 조도변화에 대한 전반적인 평가와 시각적 만족감(visual comfort)의 변화등에 관한 사항으로 구성되었다.

또한, 전기조명과 주광의 변화에 대한 일시적인 시각적 감각(temporary visual sensation)에 대한 사항도 포함되어 있다. 일시적인 무드의 변화에 대한 설문사항은 편안감, 시각적 자극정도, 산만정도

Table 2 Voting Scale

Answer	Voting Scale
Strongly agree	+3
Moderately agree	+2
Slightly agree	+1
Neither agree nor disagree	0
Slightly disagree	-1
Moderately disagree	-2
Strongly disagree	-3

Table 3 Time Schedule for Survey

Time	Time	Activity
09:30~10:00	13:30~14:00	Instruction
10:00~10:30	14:00~14:30	1st response
10:30~11:00	14:30~15:00	2nd response
10:00~11:30	15:00~15:30	3rd response
11:30~12:00	15:30~16:00	4th response
12:00~12:30	16:00~16:30	5th response

및 심리적 안정감등과 같은 18항목으로 구성되었다. 실험시 설문조사에 사용될 설문항목 중 본 연구에서 분석된 설문내용은 Table 1에 나타나 있다. 피험자들은 Table 2에 나타난 7단계의 응답척도를 이용하여 설문에 응답하였다.

피험자는 시각적인 장애가 없는 사람들로 구성되었으며, 이들의 건강에 대한 사전 설문을 실시하였다. 또한, 일반적인 사무소 환경에서 근무한 경험이 있어, 컴퓨터 및 서류에 관련된 업무를 수행할 수 있는 사람들로 선정되었다. 피험자들은 설문이 실시되는 실험장소에 도착하여 진행과정에 대한 내용을 사전에 교육받고 본 실험에 참가하였다. 피험자가 실험장소에 도착하면 최초 30분 동안 조광제어 시스템에 의하여 디밍이 이루어 지지 않는 조건에서 실험진행에 대한 안내 및 사전교육이 이루어졌다.

사전교육은 실험이 진행되는 과정, 피험자에 대한 일반사항, 설문에 나타난 용어에 대한 설명, 응답에 필요한 척도등에 대한 설명으로 구성되었다. 사전교육이 실시되는 시간동안 피험자의 눈은 실내 조명환경에 순응(adaptation)이 되었으며, 적응과정에 필요한 시간이 충분히 경과된 후 본 실험이 진행되었다. 본 실험이 진행되는 동안, 피험자들은 16.1"의 TFT 모니터가 설치된 노트북 컴퓨터를 이용하

여 본인이 원하는 서류를 작성하는 업무를 수행하였다.

시간에 따른 실험일정은 Table 3에 나타나 있다. 실험은 오전, 오후 두 개 부분으로 나누어져 3시간 동안 진행되었으며, 피험자는 한 부분을 선택하여 참가하였다. 사전교육이 종료된 후 피험자들은 2시간 30분 동안 진행되는 본 실험에 참가하였다. 본 실험이 시작되어 매 30분이 경과된 후, 피험자들은 설문사항에 응답하였으며 재실시간동안 총 5회의 응답을 하였다.

2.3 데이터 모니터링

실험공간에 대한 조도데이터 모니터링은 L회사의 조도센서 및 S회사의 자동데이터 로거를 이용하여 실시되었다. 사용된 조도센서의 민감도는 20 mA/100 klx로 나타나 있다.⁽⁵⁾ 전류로 인식된 신호가 조도센서와 데이터로거의 중간에 연결된 저항값을 통과하여 전압으로 변환되면, 이에 각 조도센서의 보정계수(calibration constant)를 곱하여 최종 조도를 산정되었다. 산정된 조도는 데이터로거에 1분 간격으로 저장되었다. 데이터로거의 정확도는 온도가 0~40°C의 범위에서 최저 -2.5 mV, 최고 2.5 mV이었다.⁽⁶⁾

3. 결과 및 고찰

3.1 피험자 일반사항 및 특성

본 연구의 실험에 참여한 피험자는 전체 10명으로 남자 8명 여자 2명이었다. 피험자는 모두 사무업무에 기본적으로 필요한 컴퓨터를 이용한 서류작성과 같은 업무 또는 서류만을 이용한 사무업무에 경험이 있어, 사무실 공간환경에 익숙한 사람들로 구성되었다. 피험자들의 나이는 25이상에서 40세 미만이었으며, 그 분포는 Table 4에 나타나 있다. 전체피험자 중 31세에서 35세가 5명으로 피험자의 62.5%를 차지하였다. 이들 8명중 안경을 착용한 피험자는 5명이었으며 나머지 5명은 안경 또는 렌즈를 착용하지 않았다.

전체적으로 70%의 피험자들이 빛에 의하여 발생하는 눈부심현상(glare)에 민감한 편이라고 응답하였다. 70%의 피험자가 빛에서 발생하는 색에 대하여 민감하게 반응한다고 하였다. 눈부심 현상과 빛의 색에 대한 응답자의 일반적 특성은 Fig. 2에 나

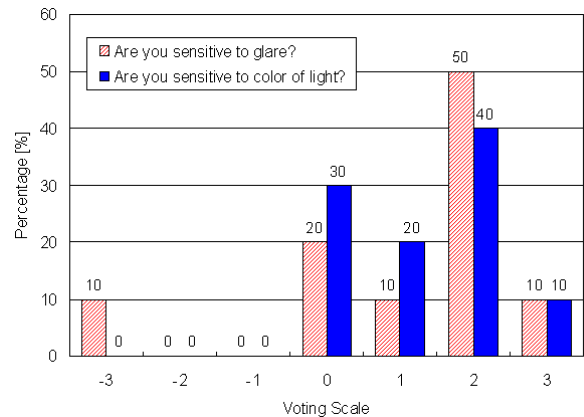


Fig. 2 Subjects' Sensitivity to Glare and Color of Light.

Table 4 Age of Subjects

Range	Frequency	[%]	Statistics
25~30	3	30	Mean : 33.2 Min. : 27 Max. : 36
31~35	5	50	
36~40	2	20	

Table 5 Subjects' Preference to Light

Light Source	Frequency	[%]
Daylight	1	10
Daylight and Elec. light	8	80
Elec. light	1	10
Sum	10	100

Table 6 Subjects' Preference to use additional Desktop Fixture

Use of Light Source	Frequency	[%]
Never	1	10
Seldom	1	10
Often	4	40
Always	4	40
Sum	10	100

타나 있다.

응답자의 75%는 전기조명과 주광이 동시에 존재하는 공간에서 근무하기를 선호하였다. 전기조명과 주광만이 있는 공간을 선호하는 피험자도 각각 12.5%로 나타났다. 피험자의 80%는 책상에서 업무를 수행하는 경우 책상에 보조조명 장치를 사용하는 것을

Table 7 Priority of Benefits for Window

Benefit of window	1st		2nd	
	Freq.	[%]	Freq.	[%]
Tell the time of a day	1	10	-	-
Let sunshine in	5	50	-	-
View toward outside	1	10	4	40
More light to work	1	10	1	10
Tell about weather	-	-	2	20
Let fresh air in	1	10	3	30
Psychological comfort	1	10	-	-
Sum	10	100	10	100

선호하는 것으로 나타났다. 업무공간에 대한 조명조건에 대한 선호도 및 책상용 보조조명 기구사용에 대한 선호도는 Table 5~Table 6에 나타나 있다.

창문이 설치되어 이로온 점은 창문을 통하여 실내에서 외부를 관망할 수 있는 전망을 확보할 수 있다는 것과 태양 및 천공에서 유입되는 햇살을 즐길 수 있다는 점이다. 신선한 공기를 외부에서 유입할 수 있다는 점과 심리적인 안정감에도 창문의 이점이 있는 것으로 평되었다. 피험자들이 고려하는 가장 중요한 창문의 기능 두 가지에 대한 응답분포는 Table 7에 나타나 있다.

3.2 조도변화 분포

조광제어시스템이 작동되면 실내로 유입되는 주광의 변화에 따라 전기조명의 디밍량이 조절되어 책상면의 최종 조도는 변화한다. 실험기간 중 책상면의 조도변화 분포의 예는 Fig. 3에 나타나 있다. 실내로 유입되는 주광의 양은 오전 7시에 최저 39.72 lx부터 최고 265.73 lx를 나타내었다. 주광의 유입이 최저인 시간대에 전기조명에 의한 책상면 조도는 670.28 lx를 나타내었다.

주광의 증가에 따라 전기조명에 의한 조도는 서서히 감소하여 주광의 값이 최고인 조건에서 314.27 lx를 나타내었다. 이 경우 책상면에서의 최종조도는 580 lx로 나타났다. 일일중 주광의 변화에 따라 전기조명에 의한 책상면의 최종적인 조도는 최저 580 lx에서 최고 722 lx 범위 내에서 변화하여 사무소 조명환경에 요구되는 조도기준을 만족하였다.

조광제어 시스템이 적용되었을 경우, 재실자의 시각적인 반응에 영향을 주는 주된 요인은 조도의

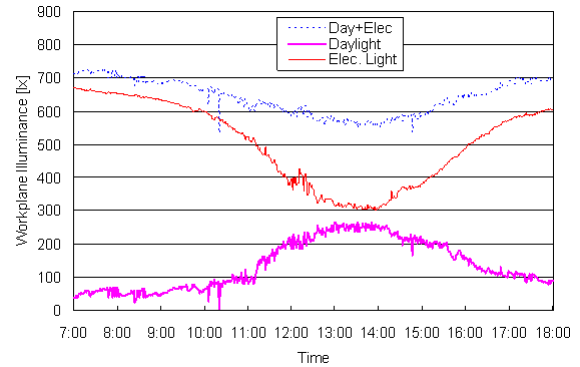


Fig. 3 Variation of Desktop Illuminance.

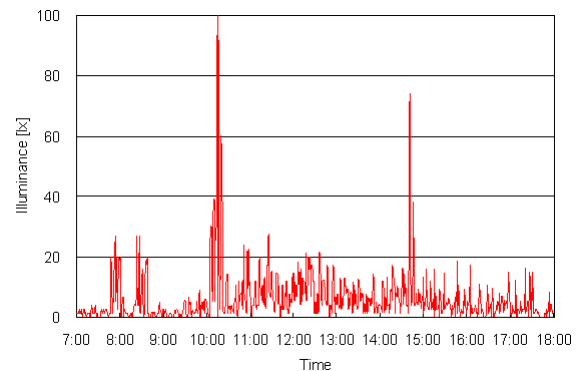


Fig. 4 Fluctuation Range of Desktop Illuminance by Daylight and Electric Light.

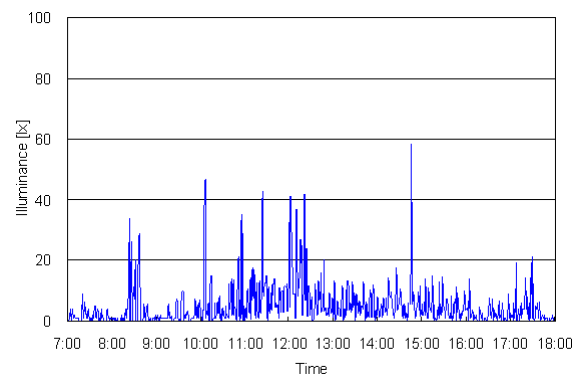


Fig. 5 Fluctuation Range of Desktop Illuminance by Daylight.

변화 및 시간별로 변화하는 조도의 변화 범위이다. 짧은 시간동안 발생하는 조도의 변화는 재실자의 눈에 순응과정(adaptation)을 발생하게 하며, 그 변화폭이 큰 경우 시각적인 만족도에 심각한 영향을 주게된다.^(4,7)

본 연구에서 조광제어 시스템이 적용된 조건에서 1분 간격에 주광 및 전기조명에 의한 책상면의 조도변화 폭은 Fig. 4~Fig. 6에 나타나 있다. 주광과

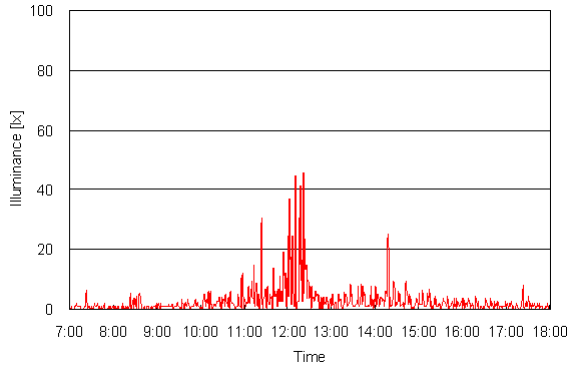


Fig. 6 Fluctuation Range of Desktop Illuminance by Electric Light.

전기조명이 함께 고려된 경우 변화범위는 최대 133.5 lx로 나타났으며 그 발생회수는 1회였다. 또한, 변화폭이 50 lx~70 lx부분이 3회 발생하여 변화범위는 적응과정에 영향을 심하게 주지 않는 범위인 것으로 고려된다. 일일 전체 660회의 변화 횟수 중에서 위의 4회를 제외하면 모든 경우의 변화범위는 50 lx이하로 나타났다.

주광에 의한 변화폭은 50 lx를 초과하는 경우가 5회 발생한 것을 제외하고 모든 경우 50 lx이하의 변화폭을 나타내었다. 전기조명의 변화폭은 주광의 변화폭보다 낮았으며, 50 lx를 초과하는 경우는 발생하지 않았다.

3.3 시각적 만족도 변화 분포

조광제어 시스템이 작동되면 실내로 유입되는 주광의 변화에 따라 전기조명의 디밍량이 조절되어 책상면과 실내표면에서의 조도는 변화한다. 각 표면에서 조도변화에 따라 휘도변화가 발생되며, 이는 결과적으로 눈부심감각(glare sensation)을 발생하여 재실자의 시각적인 만족도에 영향을 준다. 창을 통하여 유입되는 주광에 의한 눈부심현상도 시각적인 만족도에 중요한 인자로 작용한다.

본 연구에서 설문이 진행되는 동안 재실자가 감지한 눈부심 현상에 대한 응답은 Fig. 7에 나타나 있다. 주광 및 전기조명에 의한 조도변화의 발생시, 피험자들이 주어진 사무업무를 수행하는데 시각적으로 어려움을 초래하는 정도의 눈부심 현상은 발생하지 않은 것으로 나타났다. 이는 주광으로 인한 책상면 조도의 범위가 최고 300 lx미만의 범위에서 변화하였으며, 전기조명에 의한 조도는 최저 310 lx에서 최고 670 lx로 유지되어 사무실 업무를 수행

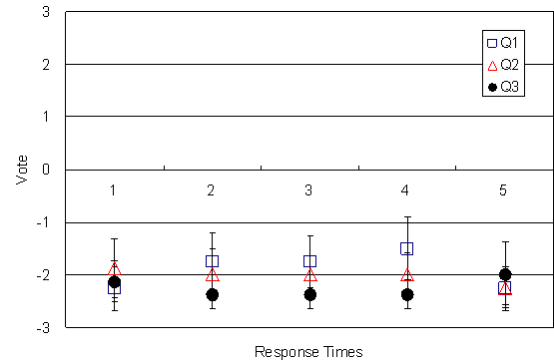


Fig. 7 Response for Glare Sensation.

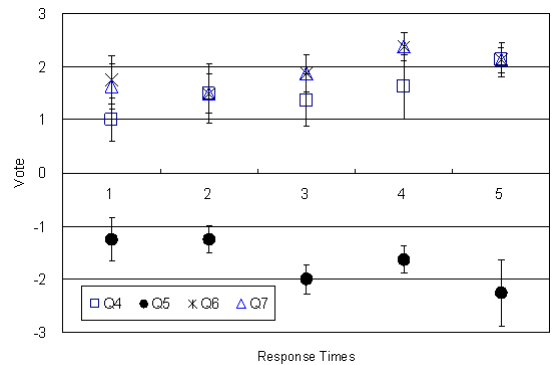


Fig. 8 Response for Overall Comfort.

하는데 필요한 적정조도범위가 유지되어 나타난 응답이라고 분석된다.

눈부심현상이 발생하는 정도는 주광에 의한 원인이 가장 높게 나타났(Q1)(M = -2.25, SD = 1.16~M = -1.50, SD = 1.69). 한편, 벽면으로 인하여 발생하는 눈부심 현상의 영향은 가장 낮았다(Q3)(M = -2.38, SD = 0.74~M = -2.0, SD = 1.77). 이는 피험자가 사무업무를 수행하는 책상면에 수평블라인드를 통과하여 직접 도달하는 주광성분 및 책상면으로 부터 반사되는 주광으로 인하여 발생된 것으로 판단된다. 전기조명에 의한 눈부심에 대한 반응은 주광에 의한 영향보다 낮게 나타났다(Q2)(M = 1.88, SD = 1.55~M = -2.25, SD = 1.16). 이는 전기조명이 천정에 매립되어 설치되었으며 빛의 강도분포가 루버에 의하여 제한된 범위로 국한되어 나타난 결과로 판단된다. 또한 피험자가 책상면에 앉아서 요구되는 업무를 수행하는 경우 눈이 사물을 감지하는 범위가 컴퓨터스크린, 책상면 및 벽면에 국한되어 발생한 것으로 고려된다.

Fig. 8에 나타난 바와 같이 조광제어 시스템 적용시 주광의 변화와 전기조명에 의한 조도의 변화 대한 전반적인 만족도는 효과적이었다. 주광과 전기

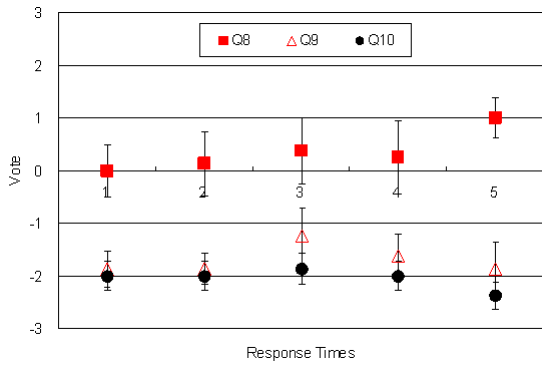


Fig. 9 Response for Daylight.

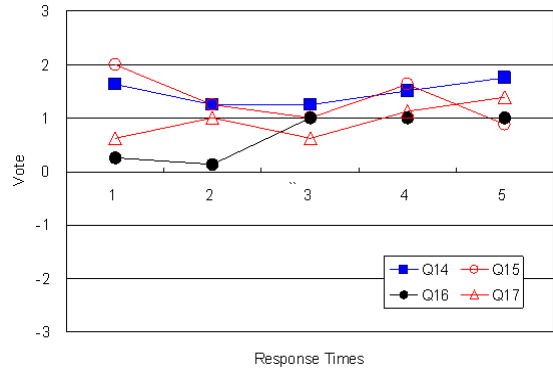


Fig. 11 Temporary Visual Sensation.

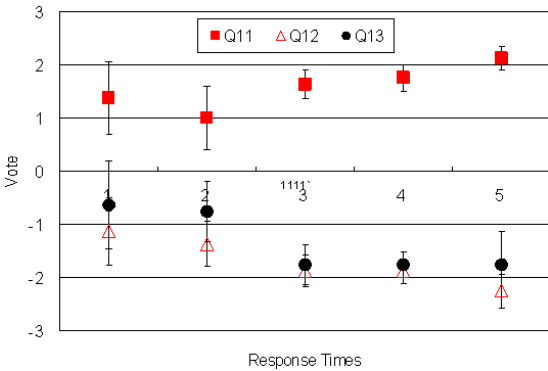


Fig. 10 Response for Dimming of Electric Light.

조명에 의한 빛의 분포는 시각적 불만족도를 발생하지 않게 분포된 것으로 평가 되었다(Q4)($M = 1.0$, $SD = 1.41 \sim M = 2.13$, $SD = 0.64$). 이는 4개의 조명기기가 1개 디밍회로에 연결되어 있고, 조명기기의 설치간격이 1.2 m로 되어 있어 책상면에서 조도분포의 차이는 크지 않아 나타난 결과로 분석된다.

실험에 참가한 피험자들은 주어진 업무를 수행하는데 시각적으로 불쾌함을 느낄 정도로 어둡다고 평가하지 않았다(Q5)($M = -2.25$, $SD = 0.25 \sim M = -1.25$, $SD = 1.49$). 또한, 조광제어 시스템에 의하여 제어되는 조도분포는 컴퓨터를 이용한 업무에 충분한 조도를 유지하는 것으로 평가되었다(Q6)($M = 1.5$, $SD = 1.07 \sim M = 2.38$, $SD = 0.74$). 이는 주광 및 전기조명에 의하여 변화되는 책상면에서 조도변화 범위가 588 lx ~ 722 lx내로 변화하며 사무업무를 수행시 필요한 조도를 충족하는 조건이 형성되어 나타난 결과로 분석된다.

주광에 의한 시각적인 만족도 평가결과는 Fig. 9에 나타나 있다. 실내로 유입되는 주광량은 시각적인 불만족도를 발생하지 않으며, 부족하지 않은 것으로 평가되었다(Q8)($M = 0.0$, $SD = 1.41 \sim M = 1.0$, $SD = 1.0$). 또한, 실험에서 요구되었던 일상적인 사무업무

를 수행하는 일은 주광에 의하여 방해받지 않는 것으로 나타났다. 종이를 이용하여 작업하는 경우에 비교하여 컴퓨터를 사용하는 일은 주광에 의하여 영향을 더 받는 것으로 평가되었다(Q9)($M = -1.88$, $SD = 0.99 \sim M = -1.25$, $SD = 1.49$). 이는 주광이 배경휘도로 작용하여 컴퓨터스크린에서 유출되는 휘도를 상대적으로 약화시켜 대비(contrast)값의 변화를 조성하여 나타난 결과로 분석된다.

전기조명의 변화에 대한 시각적인 만족도의 평가 결과는 Fig. 10에 나타나 있다. 컴퓨터와 종이를 이용하여 주어진 업무를 수행하는데 있어, 시각적인 불만족도는 조광제어 시스템에 의하여 발생하는 조도의 변화에 의하여 심각한 영향을 받지 않는 것으로 평가되었다. 디밍에 의한 조도변화에 따라 업무수행에 영향을 받는 정도는 컴퓨터를 이용하는 경우 컴퓨터 스크린에서 발생하는 휘도로 인하여 종이를 이용하는 경우에 비교하여 낮게 나타났다(Q12)($M = -1.13$, $SD = 1.81 \sim M = -2.25$, $SD = 0.89$). 조광제어 시스템에 의하여 제어된 전기조명은 피험자에게 시각적인 불만족도를 초래하는 정도의 낮은 조도조건을 형성하지 않고, 충분한 조도를 유지한 것으로 평가되었다.

Fig. 11에 나타난 바와 같이 조광제어 시스템에 의하여 변화하는 조도의 범위가 100 lx 미만인 경우, 전반적으로 시각적인 불쾌감을 발생하지 않는 것으로 평가되었다(Q14)($M = 1.25$, $SD = 0.71 \sim M = 1.75$, $SD = 1.04$). 이는, 주광에 의한 조도변화가 존재하는 조건에서 전기조명에 의한 조도 변화가 발생하는 경우, 전기조명에 의한 조도변화는 심각하게 감지되지 않아 발생한 것으로 생각된다. 이 결과는 전기조명에 의한 조도변화가 100 lx미만인 경우, 심각한 시각적불쾌감을 발생하지 않았다는 기존의 연구결과와 일치한다.⁽⁴⁾ 책상면조도가 580~722 lx

Table 8 Multiple Linear Regression Model

Factor	U.C		t	Sig.
	B	S.E		
Constant	-0.018	0.19	-0.09	0.09
Q1	-0.356	0.06	-5.61	0.00
Q15	0.174	0.07	2.55	0.02
Q16	0.293	0.05	5.40	0.00
Q17	0.397	0.05	7.40	0.00
ANOVA	$r^2 = 0.7379$, $F(4,34) = 23.93$, Sig. = 0.00			

의 범위내로 유지하였던 조건은 시각적으로 밝은 느낌을 제공하는 것으로 나타났다(Q15)($M = 0.88$, $SD = 0.52 \sim M = 2.0$, $SD = 0.58$). 이는 설정된 사무실 공간에서 조광제어 시스템에 의하여 사무업무에 필요한 조도기준이 만족되어 나타난 결과로 판단된다.

또한, 조도변화에 대한 시각적인 자극(visual stimulation) 및 시각적 산란감(distraction)이 발생된 것으로 평가되었으나, 한 경우를 제외하고 모두 감내할 수 있는 범위(tolerance range)이내에 속한 것으로 분석되었다. 이는 조도변화가 100 lx이하로 유지된 조건에서 컴퓨터 및 종이를 이용한 업무를 수행하는 경우 조도변화가 초래하는 결과를 분석한 기존의 연구내용과 일치한다.⁽⁴⁾

시각적인 만족도(visual comfort)에 영향을 미칠 수 있는 요인을 분석하기 위하여 선형다중 회귀분석(multiple linear regression)이 실시되었다. 회귀분석결과는 Table 8에 나타나 있다. 시각적인 만족감은 주광으로부터 발생하는 눈부심현상, 업무 수행에 필요한 충분한 조도유지, 조도변화에 따른 시각적인 자극과 산란감에 의하여 영향을 받는 것으로 분석되었다.

분석된 예측 모델식에 대한 검증결과는 낮은 신뢰도 레벨(significance level)범위에서 유효한 것으로 나타났다($F(4, 34) = 23.93$, Sig. = 0.0) 예측식에서 고려된 네 가지 변수와 전체적인 시각적인 만족감에 대한 상관성을 나타내는 결정계수는 0.7379로 나타났다. 이는 4개의 변수를 이용하여 시각적인 만족감을 예측하는 경우, 시각적인 만족감에 대한 변화량(variation)이 73.79% 감소하는 것을 의미한다. 이러한 범위는 다중회귀분석에서 유효한 값으로 인정되어 모델에 대한 예측식은 효과적으로 적용될 수 있다.⁽⁸⁾

분석에서 고려된 4가지 변수중에서 주광에 의한

눈부심 현상 및 시각적인 산란감에 대한 계수가 큰 것으로 나타나 이에 의한 영향이 가장 민감하게 시각적 만족감에 영향을 주는 것으로 분석되었다. 따라서, 조광제어 시스템이 적용되어 전기조명이 제어되는 소규모 사무실 공간에서 시각적인 만족도를 효과적으로 유지하기 위하여, 주광에 의한 눈부심 현상을 방지하는 차양조건 및 시각적인 산란감을 최소화하는 범위 내에서 조도변화가 유지되어야 할 것으로 판단된다.

본 연구에서 분석된 예측식에 근거하면, 조광제어 시스템이 적용되는 경우 브라인드 슬랫간격이 2.54 cm인 수평 브라인드 조건과 최대 100 lx의 조도변화 조건은 시각적인 불만족도를 발생하지 않을 것으로 판단된다.

4. 결 론

연구에서는 소규모 사무실공간에서 실험 및 설문 조사를 이용하여 조광제어 시스템에 의하여 제어되는 전기조명이 재실자의 시각적인 만족감에 미치는 영향을 분석하였다. 결론을 요약하면 다음과 같다.

1) 청천공조건에서 조광제어 시스템이 작동되는 경우, 주광과 전기조명에 의한 책상면 조도변화폭은 최대 133.5 lx로 일일 전체 660회의 변화 횟수 중 1회 발생하였으며, 변화폭이 50 lx~70 lx부분이 3회 발생하였다. 이러한 4회의 경우를 제외하고 조도변화범위는 50 lx이하로 나타났다.

2) 컴퓨터와 종이를 이용하여 주어진 업무를 수행하는데 있어, 시각적인 불만족도는 조광제어 시스템에 의하여 발생하는 조도의 변화에 영향을 받지 않는 것으로 평가되었다. 청천공조건에서 조광제어 시스템에 의하여 제어된 전기조명기기는 책상면의 조도를 310 lx~670 lx로 유지하여 피험자에게 시각적인 불만족도를 초래하는 정도의 낮은 조도를 공급하지 않았다. 또한 이는 사무소 공간에 요구되는 적정조도 기준으로 평가되어 사무업무를 수행하는데 시각적인 불만족도는 없는 것으로 분석되었다.

3) 창을 통하여 유입되는 주광에 의한 눈부심현상도 시각적인 만족도에 중요한 인자로 작용하였으며 눈부심현상이 발생하는 원인은 주광, 전기조명, 실내벽면으로부터 반사 순으로 높게 나타났다. 전기조명기기는 천정에 매립되어 설치되며 빛의 강도 분포가 루버에 의하여 제한된 범위로 국한되므로, 수평블라인드를 통과하여 책상면에 직접 도달하는 주광 및 책상면으로부터 반사되는 주광을 효과적

으로 제어하는 것이 시각적 불만족도를 감소시키는 데 중요할 것으로 판단된다.

4) 시각적인 만족감(visual comfort)은 주광으로부터 발생하는 눈부심현상, 업무 수행에 필요한 충분한 조도유지, 조도변화에 따른 시각적인 자극과 산란감에 의하여 영향을 받는 것으로 분석되었다. 조광제어 시스템이 적용되는 소규모 공간에서 시각적인 불만족도(visual discomfort)를 최소화하는 방안으로는 주광에 의한 눈부심현상을 최소화하는 차양조건 및 시각적인 산란감을 최소화 할 수 있는 범위 내에서 조도변화를 유지하여야 할 것으로 판단된다.

5. 연구의 한계점 및 향후연구

본 연구에서는 태양으로 인한 조도가 일정하게 변화하는 청천공 조건에서 소규모 사무실공간에서 제한된 인원을 대상으로 시각적인 만족감에 대한 분석이 실시되었다. 청천공 조건에서는 구름에 의한 영향이 없어 실내로 유입되는 주광조도변화는 일반적으로 넓게 나타나지 않는다. 따라서, 조광제어 시스템이 적용되는 경우, 전기조명에 의한 조도변화는 좁은 범위내에서 이루어진다.

향후연구에서는 부분담천공(partly cloudy sky) 조건시 짧은 시간 간격동안 일정하지 않은 범위로 발생하는 조도의 변화가 피험자의 시각적인 만족도에 미치는 영향이 분석되어, 조광제어 시스템이 효과적으로 적용될 수 있는 최대 조도범위가 제안되어야 한다. 또한, 본 연구는 제한적인 숫자의 피험자를 대상으로 수행되었으므로, 보다 많은 피험자를 대상으로 다양한 조도변화 조건에서 연구가 이루어질 필요성이 있다.

후 기

본 논문은 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원

으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2008-313-D01160).

참고문헌

1. Lee, E., DiBartolomeo, D., and Selkowitz, S. 1999, The effect of venetian blinds on daylight photoelectric control performance, The Journal of Illuminating Engineering Society of North America, pp. 3-23.
2. Kim, S. and Mistrick, R., 2001, Recommended daylight conditions for photosensor system calibration in a small office, The Journal of the Illuminating Engineering Society of North America, pp. 176-188.
3. Kim, S. and Song, K., 2007, Determining photosensor conditions of a daylight dimming control system using different double-skin envelope configuration, Indoor and Built Environment, Vol. 16, pp. 411-425.
4. Kim, S. and Kim, J., 2007 Influence of light fluctuation on occupant visual perception, Building and Environment, Vol. 42, pp. 2888-2899.
5. LL_COR Inc., 2005, LI-COR sensor instruction manual.
6. Campbell Scientific Inc. 2000, CR 23X Micro logger operator's manual.
7. Vine, E., Lee, R., Clear, D., DiBartolomeo, and Selkowitz, S. 1998, Office worker response to an automated venetian blind and electric lightign system : a pilot study, Energy and Buildings, Vol. 28, pp. 205-218.
8. Neter, M. K., Jachtsheim, C., and Wasserman, W., 1996, Applied liner statistical models, WBC McGraw-Hill New York.