

시각적 공간자극에 나타난 뇌파반응의 자극 정도와 만족도 변화특성*

- 할로겐 조명과 벽의 영향을 중심으로 -

The Change Characteristic of the Stimulation and Satisfaction of the Brain Wave Reaction to the Visual Stimulation in the Space

- Focus on the Influence of the Halogen and Wall -

Author 서지은 Seo, Ji-Eun / 정희원, 영남대학교 가족주거학과 부교수, 공학박사

Abstract The purpose of this study is to analyze the change of visual stimulus of users to the space through the experiment of EEG and the satisfaction of users depends on the lighting. To do that, the results measured with EEG experiment focusing on Beta β were compared to each other to figure out difference in the changes of the activation of human brain on lighting's situation as the lighting off and on in the same space. The difference in the results was verified according to the characteristic of users which classified with 4 types of the spatial sensitivities. The results of this study are as following.

Firstly, the spacial sensitivity of user is to communicate well with the different senses with stimulus through interaction among the elements. At this time, the brain plays a major role in build the spacial sensitivity of users as the place to make form. Secondly, there are the differences in the activation of brain depends on lighting situation even in the same space. The stimulus into the brain became generally stronger in images with lighting on than off. Especially, the response in the occipital lobe which connected with the visual center turn out strongly in the image of 'modern natural'. Because the visual stimulus interact well with the bright color, the reflectional texture and the rough texture painted the dark color. Thirdly, the satisfaction of users changed with lighting in the space. But we could know that the satisfaction of users isn't be related to the visual stimulus through the results of this study. Finally, there isn't the difference in the activation degree of brain according to the characteristic which are preference of users into 4 types of the spatial sensitivity through the results came from ANCOVA(analysis of covariance) with SPSS Program 22.

Keywords 조명, 마감재, 뇌 활성화, 감성, 시각적 자극, 만족도
Lighting, Material, Activation of Brain, Spacial Sensitivity, Visual Stimulus, Satisfaction

1. 서론

1.1. 연구의 목적

공간에 대한 감각은 공간의 여러 요소들의 자극과 반응이 정보처리과정을 통해 나타난다.

메를로퐁티는 감각을 유기체가 자극을 맞이하고 자극과 관계를 맺는 방식이라고 정의하고 있으며, 자극이 실제로 감각기관에 가해져도 받아들일 준비가 되지 않았다면, 어떤 감각도 나타나지 않는 것이라 언급하고 있다.¹⁾

모든 감각은 공간적이라 할 수 있는데, 이는 감각하는

자와 감각되는 것 사이의 공존을 뜻하기 때문이다. 즉, 공감각은 서로 이질적인 감각의 경계가 무너지면서 감각의 소통이 이루어지는 경우를 말한다.²⁾ 이때 뇌는 대뇌 피질 이전의 단계에서도 끼어드는 '형태부여'의 장소가 되면서 감각을 형성하는데 중요한 역할을 한다.³⁾

뇌의 자극은 공간에서의 다양한 요소들에 의해 또는 요소와 요소들의 관계를 통해, 요소들과 전체를 통해 형성되고, 이러한 자극으로 인간과 공간과의 인터랙션이 나타나게 된다. 또한 이러한 인터랙션을 통해서 공간에

1) 메를로 퐁티, 류익근 역, 지각의 현상학, 제1판, (주)문학과지성사, 서울, 2005, pp.37-54
2) 이남인, 후설과 메를로-퐁티 지각의 현상학, 제1판, (주)도서출판 한길사, 파주, 2013, p.210
3) 이남인, op. cit., p.180

* 이 연구는 2014년도 (재)한국연구재단(KRF) 연구과제 지원에 의하여 연구되었음.(과제번호 : KRE-2014R1A1A1A05003775)

대한 지각이 형성되며, 자극과 인터랙션에 의해서 공간에 대한 평가가 이루어지며 만족도가 형성되는 것이다.

따라서 자극에 변화가 나타나면, 공간에 대한 이용자들의 평가가 달라지고 또한 공간을 구성하는 요소들과의 인터랙션의 정도와 차이에 따라 형성되는 공간감각은 다르게 나타난다.

선행연구를 통해서 공간에서의 자극에 가장 영향적인 요소는 조명이라⁴⁾고 언급되고 있다. 따라서 조명에 의해서 공간에 대한 자극과 인터랙션에 변화가 나타난다는 것이다.

그러므로 조명에 의한 자극과 인터랙션의 변화가 공간에 대한 이용자들의 평가와 만족도에 관계가 있는지 파악이 필요하다. 이는 조명과 반응하는 마감재의 특성에 따라 다르게 나타날 것이다.

따라서 본 논문은 조명에 의해 변화하는 공간에 대한 자극을 뇌파실험을 통해 조사하고, 자극의 변화가 마감재 특성 별로, 공간감에 대한 이용자들의 선호 별로 어떤 차이가 있는지를 분석할 것이다. 이러한 결과와 이용자들의 만족도와의 관계를 비교·분석함으로써 조명에 의해 나타나는 시각적 자극의 변화가 공간에 대한 만족도에 어떤 영향을 미치는가를 파악하고자 한다.

이를 통해 정성적인 이용자들의 공간감성을 과학적이고 정량적인 방법을 통해 파악함으로써 이용자들의 만족도를 높일 수 있는 공간계획방법을 모색하고자 하며, 또한 감성적 공간계획을 위한 마감재와 조명의 표현방법을 제시하는데 기초자료로 활용되고자 한다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

본 연구는 시각적 자극이 이용자들의 공간에 대한 평가에 영향을 미친다는 것을 전제로 공간 자극에 가장 중요한 요소로 평가받는 조명을 중심으로 자극 변화를 평가하고자 하며, 이때 EEG실험을 통해 실시한다. 또한 이러한 자극변화가 공간에 대한 만족도와 어떤 관계가 있는지 분석하고자 한다.

이를 위한 연구의 방법과 범위는 아래와 같다.

첫째, 다양한 자극에 의해서 공간과의 인터랙션이 형성되고, 이를 통해 이용자들의 공간에 대한 지각과 만족도가 형성된다는 것을 문헌과 선행연구의 고찰을 통해 이해하고, 자극요소 중 중요한 인자가 조명이라는 것을 인지한다.

둘째, 조명에 의한 자극과 인터랙션은 공간의 마감재 특성에 따라 다르게 나타난다는 것을 이해하고, 마감재 계획이 다르게 적용된 주거공간을 시뮬레이션 한다. 이때 같은 주거공간에 조명이 켜진 이미지와 꺼진 이미지인 각 2개(클래식내추럴, 모던내추럴)로 표현하여 4개의

다른 타입의 마감재 계획방법, 총 8개의 이미지로 시뮬레이션 한다.⁵⁾

셋째, 각 이미지에 대한 만족도는 응답자들이 동일한 해상도와 조건을 가진 컴퓨터를 통해 이미지를 보고 이에 대한 만족정도를 5점 척도를 기준으로 평가하도록 한다. 조사응답자들은 실내디자인 전공의 대학생으로 예비평가를 통해 선호하는 공간감⁶⁾이 다른 학생들로 구성되었으며, 이는 선호하는 공간감에 따른 자극의 변화와 이에 따른 만족도에 차이가 있는지 비교·검증하기 위해서이다.

넷째, 조명의 조건에 따른 공간에 대한 자극 변화를 조사하기 위하여 피 실험자는 만족도를 평가한 동일한 응답자(30명)로 선정하였으며, 이들을 대상으로 뇌파검사를 실시한다. 뇌파(Electroencephalogram : EEG)검사는 지정된 실험공간에서 8개의 이미지를 차례대로 제시하고 그에 대한 뇌파의 채널 값을 측정한다.

마지막으로 뇌파 데이터 값의 비교를 통해 조명에 의해 나타나는 공간에 대한 자극에 변화가 있는지 분석하고, SPSS Program 22를 통해 이용자 공간감 선호도에 따라 자극 변화에 차이가 있는지 분석하고, 또한 만족도 변화와 어떤 관계가 있는지 차이검증을 실시한다.

2. 시각적 자극과 공간지각

2.1. 조명과 시각적 자극

공간의 물리적인 의미는 공간을 구성하는 요소들 간에 나타나는 인터랙션을 통해 형성되는 것이고, 의미적인 공간은 이러한 요소들이 인간의 감성을 자극하면서 형성되는 것이다. 감성은 이러한 자극으로 형성된 지각을 모아 공간에 대한 하나의 전반적인 것으로 나타난다.

심리학에서 감각이라는 것은 자극 때문에 즉시, 그리고 직접적으로 유발되는 의식 내용을 가진다고 설명되어지고 있다.⁷⁾ 이를 통해서, 공간에 대한 이용자들의 감성과 평가는 시각적인 자극에 의해 1차적으로 형성된다고 할 수 있다.

일반적으로 공간에서 이용자들에게 미적 감성을 형성

5) 본 연구가 연구자의 선행연구와 연관되어 진행되는 후속연구이므로, 선행연구의 결과를 토대로 현재 일반적으로 활용되고 있는 마감재와 조명계획 방법을 적용되어 시뮬레이션 된 가상의 주거공간을 대상으로 한다. 이때 주거공간에서 공간이미지 형성에 중요한 요소라고 평가받고 있는 '아트 월'을 중심으로 조명 점등 전과 후의 공간으로 표현하며, 조명 또한 가장 일반적으로 활용되고 있다고 조사된 '할로젠'으로 한정한다.

6) 선행연구에 의하면 공간감이 공간의 환경적인 요인과 개인적이고 정서적인 요인이 결합되어 종합적으로 나타나는 특성이므로 본 연구에서는 공간감을 기준으로 이용자의 특성을 분류하고자 한다. 또한 공간감은 선행연구의 결과를 토대로 장식, 친근, 쾌적, 활동으로 선정한다. -서지은, op. cit., pp.42-43

7) 김가영, 사용자 지각 현상을 통한 공간인지 및 공간행위에 대한 연구, 한국실내디자인학회논문집 제22권 제5호, 2013.10, p.146

4) 서지은, 공간감 선호에 따라 조명과 마감재 인터랙션의 지각정도 비교 분석, 한국실내디자인학회논문집 제23권 제5호, 2014.12, p.43

하는 요소들은 재료의 형태, 질감, 색채 등으로⁸⁾ 구분되며, 미적 지각요소로 색채, 재료, 조명 등이 있다.⁹⁾

이때, 모든 시각적인 지각과 자극은 빛과 관계하여 나타나는 것이므로 조명과 요소와의 관계가 공간 자극에 있어 중심적인 요소라고 할 수 있으며, 이러한 관계를 통해 공간 자극 또한 변화할 수 있다.

존 랑(Jon Lang)은 공간에 있어서 명료함이란 계슈탈트 원리에 따라 선이나 면을 시각적으로 구성하는 것에 의해 생기는 것만이 아니라, 사물의 표면의 질감, 색채, 조명수준 등을 잘 정도하여 배치함으로써 흥미로운 환경이 창출¹⁰⁾될 수 있다고 언급하고 있어, 지각 요소들이 변화되면 공간에 대한 자극 또한 변화할 수 있으며, 이에 이용자들의 지각 또한 달라질 수 있다는 것을 시사하고 있다.

한편, 셀의 신경세포활동을 기록하는 Unit Recording 기법을 통해 색, 형태, 움직임 등 외부의 특정한 시각적 자극 마다 뇌에서 처리하는 과정이 다르며, 시각에 반응하는 뇌의 기능에 의해서 뇌에서 마음이 형성한다는 것이 규명되었다.¹¹⁾ 그러므로 공간 지각과 감성은 시각적 자극과 이에 대한 뇌의 반응에 의해서 나타나는 것이다.

2.2. 공간자극과 EEG

인간은 외부로부터 받아들이는 자극의 정도에 따라 뇌의 활동에 영향을 주어 사람의 생각이나 감정을 다르게 표출시키는데, 뇌신경 사이에 신호가 전달되는 움직임을 측정해서 뇌파(Electroencephalograph)라고 한다.¹²⁾ 그러므로 뇌파(Electroencephalograph)는 인간의 감성적 반응을 측정하는 객관적 도구로 평가받고 있으며, 이와 관련된 다양한 분야에서 활용되어 정성적인 감성 및 심리의 값을 정량적으로 나타낼 수 있다.

뇌파는 사람의 뇌신경이 보여주는 정기적인 변화를 측정해서 기록해 놓은 것으로, 인간의 의식 상태에 따라 변화한다. 이를 뇌전도(Electroencephalogram : EEG)라고도 한다.¹³⁾

선행연구들을 살펴보면, 도영수(2002)는 뇌전위(EEG)가 다른 자극 보다 청각과 시각자극에 의해 크게 변화한다고 분석하고 있으며¹⁴⁾, 서지은(2013)은 뇌파는 주파수

(frequency)의 관독으로 이해되어지며, 의식상태의 변화와 정신활동 및 지각자극 등에 의해 주로 나타난다고 언급하면서 감성평가 연구에 활용되고 있다고 설명하고 있다.¹⁵⁾ 또한 김종하(2014)도 뇌전도의 측정치를 통해 인간의 주관적인 심리영역을 정확하고 객관적인 수치로 분석하고 있는 연구가 활발하게 수행되고 있다고 설명하고 있다.¹⁶⁾ 또한 시각적 환경자극이 감각기관과 감각적 정보를 해독하여 뇌에서 어떻게 처리하는지에 대한 이해가 필요하다고 언급하고 있다.

뇌파는 주파수에 의해 델타파(Delta, δ), 세타파(Theta θ), 알파파(Alpha, α), 베타파 (Beta β), 감마파(Gamma, γ)로 분류되며, 주파수 특성으로는 델타파 δ 는 깊은 수면 상태, 명상 또는 의식 불명 상태와 관련이 깊고, 세타파 θ 는 창의력, 정서안정, 수면으로 이어지는 과정을 나타낸다. 또한 알파파 α 는 긴장이완과 평정상태, 베타파 β 는 깨어있을 때, 말할 때 등 모든 의식적인 활동 상태, 감마파 γ 는 고도의 정보처리 과정이나 초조한 상태의 정도를 나타낸다.

이중 외부요소의 자극으로 형성되는 인간의 지각과 감성의 변화분석에는 집중과 긴장과 관련이 있는 베타파 β 가 활용된다. 이는 Low 베타파 β 가 사물을 인식하고 판단할 때 활성화된다는 이현정(2012)¹⁷⁾의 연구 결과와 같은 의미를 담고 있다. 또한 지각과 인지의 과정이 외부의 정보자극이 복잡하고 이를 처리하기 위한 주의집중력이 요구되기 때문에 각성수준이 증가하는 것으로 베타파 β 범위가 활성화된다는 연구결과도 이를 뒷받침한다.¹⁸⁾

따라서 동일한 공간에서 조명에 의해 나타나는 시각적인 공간 자극에 대한 비교는 뇌파측정을 통해 나타난 결과 중 베타파 β 의 값을 중심으로 분석하고자 한다.

3. 분석틀 설정









3장은 조명에 의해 변화하는 시각적 공간 자극을 분석하기 위한 실험대상과 방법을 설정한다. 또한 자극의 변화와 공간 만족도의 관계를 비교·분석하기 위한 조건과 기준을 제시한다.

8) 오인욱, 실내디자인학, 초판, 기문당, 서울, 2002, p.103
 9) 문지영, 최상현, 공간인지 특성을 고려한 지하철 역사의 미적지각 요소 표현 연구, 한국실내디자인학회논문집 제25권 제11호, 2009.11, p.63
 10) 권영걸, 공간디자인 16강, 초판, ㈜도서출판 국제, 안양, 2010, p.72
 11) 하프다 유지 외 3인, 인지심리학, 제1판, 교육을 바꾸는 책, 서울, 2014.3, pp.46-47
 12) 이광우, 뇌파검사학, 초판, 고려의학, 서울, 2001.3, p.2
 13) 황연숙, 김선영, 김주연, 공동주택 커뮤니티시설의 공간별 감성색채 배색 이미지에 따른 청소년의 뇌파분석, 한국실내디자인학회논문집 제 22권 제5호, 2013.10, p.172
 14) 도영수, 장호경, 한병국, 고정밀도의 뇌파측정시스템 개발 연구, 한

국의학물리학회논문집 제13권 제3호, 2002.9, p.159
 15) 서지은, 이곡숙, 마감재와 조명의 인터랙션에 의한 감성활성화 디자인기법 연구, 대한건축학회논문집 제29권 제11호, 2013.11, p.97
 16) 김종하, 김상희, 이정호, 김주연, 미디어 파사드 영상 자극에 대한 뇌파 반응 특성, 대한건축학회논문집 제30권 제9호, 2014.9, p.109
 17) 이현정, 최유림, 진지운, 뇌파측정을 기반으로 한 실내 온도가 객실자의 주의집중에 미치는 영향, 대한건축학회논문집 제28권 3호, 2012.3, p.218
 18) 김태환, 실내공간의 시뮬레이션 구성과 뇌파측정에 의한 공간인지 분석, 한국실내디자인학회논문집 제36호, 2002.02, p.130; 지순덕, 김채복, 이완집중 및 긴장집중 시 LED 조명의 색온도에 따른 학습요인의 뇌파 분석, 한국교육시설학회논문집 제21권 제6호, 2014.11, p.35

3.1. EEG실험을 위한 대상 설정

<표 1> EEG 실험 이미지

분류	실험대상		마감재
	No Light(OFF)	Halogen (ON)	
클래식 내추럴			<ul style="list-style-type: none"> 바닥 : 재료-원목마루, 색상-다크브라운 벽 : 재료 - 벽재/벽재, 색상-베이지/다크브라운 천장 : 재료 - 실크벽지, 색상-화이트
			<ul style="list-style-type: none"> 바닥 : 재료-원목마루, 색상-다크브라운 벽 : 재료 - 벽지 색상-바이올렛 천장 : 재료 - 실크벽지, 색상-화이트
모던식 내추럴			<ul style="list-style-type: none"> 바닥 : 재료-원목마루, 색상-라이트베이지 벽 : 재료 - 벽지/벽재, 색상-베이지/라이트그레이 천장 : 재료 - 실크벽지, 색상-화이트
			<ul style="list-style-type: none"> 바닥 : 재료-원목마루, 색상-라이트베이지 벽 : 재료 - 폴리싱타일/벽재, 화이트/다크그레이 천장 : 재료 - 실크벽지, 색상-화이트

조사대상¹⁹⁾은 주거공간을 대상으로 일반적으로 적용되고 있는 4가지 타입의 마감재들로 시물레이션²⁰⁾된 84m²의 거실공간이고, 조명 전과 후로 총 8컷의 이미지이다.<표 1>

EEG실험에서 피험자들은 주거 및 실내디자인 전공자 대학생 중 공간에 대한 선호 감성이 다른 대학생들로 선출하여 총 30명으로 구성하였다. 이는 조명에 의한 공간 자극의 변화가 선호하는 공간감에 따라 차이가 있는지 비교·분석을 위해서 실시되었다.

선행연구의 결과를 바탕으로 공간감은 4가지 타입(장식, 친근, 쾌적, 활동)으로 구분하였고, 피험자들은 선행연구의 조사대상 중 자발적인 참여를 중심으로 구성하였다. 이때 후속연구에 대한 목적과 내용을 설명하고 뇌파 실험에 대한 이해를 도모하였다.

피험자는 EEG 실험에 적합한 신체적 조건²¹⁾을 가지

19) 조사대상은 2012년부터 현재까지 주거공간의 디자인트렌드인 ‘내추럴’디자인을 중심으로 융합된 디자인(서지은, 공간감 선호에 따른 조명과 마감재 인터랙션의 지각정도 비교 분석, 한국실내디자인학회 논문집 제23권 제6호, 2014.12, p.45), 2가지의 스타일로 선정하였다.
 20) 지각과 감성과 관련된 연구 중 다중 참여를 목적으로 하는 실험이 요구되는 경우, 조사대상에 있어 실제공간과 시물레이션의 가상공간에 대한 결과에 차이가 없다는 연구결과는 있지만 시물레이션된 가상현실은 실제의 환경을 동시에 측정하지 못하는 한계를 가진다.
 21) EEG실험의 피험자는 뇌질환과 정신과적 질환이 없는 자, 색약, 색

고 있는 대상 중 공간감 중 ‘장식’을 선호하는 9명, ‘친근’ 7명, ‘쾌적’ 7명, ‘활동’ 7명으로 선정하였다.

3.2. 공간자극 실험방법

실험은 선정된 30명의 피험자를 대상으로 2013년 12월 10일 - 2014년 3월 30일까지 진행되었으며, 사용된 장비는 다원생체측정기의 EEG 30채널, 커리 7, 뉴로가이드, 슈퍼랩이다.

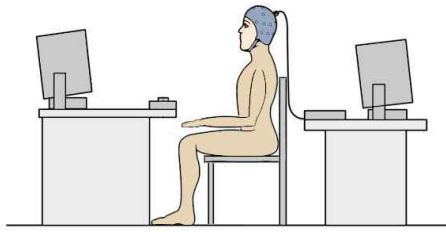
실험공간은 (가로)4.5m × (세로)3m × (높이)2.4m의 크기이며, 공간이미지에 대한 지각의 집중도를 높일 수 있도록 일정한 온도를 유지하고, 기기소음과 조명은 모두 최소화시키고, 귀마개를 착용하도록 하였다.

정확한 뇌파측정을 위하여 실험 전 10분 정도의 휴식으로 실험환경에 적응하고, 측정방법에 대해 설명한 후 실험공간으로 입실시키고, 모니터와 1m 떨어진 거리에 착석하였다. 눈 깜박임, 움직임, 심전도 등의 잡파를 15분 정도 보정하고 뇌파전극을 셋업(set-up)하였다.

실험은 이미지 1개당 1분 30초간 진행되며, 다음 이미

맹 그리고 안과 질환이 없는 자, 평상시 혈압이 정상이고 심장질환이 없는 자, 폐쇄된 공간에서 불안감이 없는 신체적·정신적으로 건강한 자로 제한하였다.

지를 제시하기 전 이전 이미지의 잔상을 제거할 수 있도록 2분 동안 눈을 감고 휴식²²⁾을 취하도록 하였다.



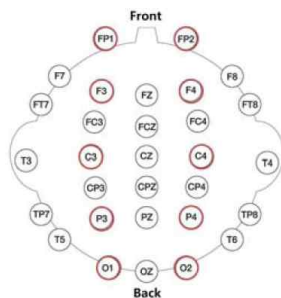
<그림 1> 뇌파측정 이해를 위한 실험환경

뇌파실험은 A1, A2, B1, B2의 순으로 실시하였는데, 한 쌍의 이미지를 중심으로 조명이 꺼진 이미지를 먼저 평가한 후 조명이 켜진 이미지를 평가하도록 하였다.

각 이미지에 대한 피험자들의 만족도는 뇌파실험이 실시되기 전 컴퓨터 화면을 통해 이미지를 본 후 평가하였다.

3.3. EEG 변화와 만족도의 분석방법

공간 자극을 파악하기 위하여 뇌파는 EEG측정을 통해 나타난 데이터를 FFT(Fast Fourier Transform) 파워스펙트럼으로 베타파 β 를 분석한다. 이때 뇌파전극은 EEG 30개 채널 중 시지각과 관련이 있다고 평가된 10개 채널(후두엽_P3, P4, O1, O2, 전두엽_FP1, FP2, F3, F4, 두정엽_C3, C4)을 선정하였다.



<그림 2> 뇌파 전극 위치

22) 정성엽, 윤현중(정서 인지를 위한 뇌파 전극 위치 및 주파수 특징 분석, Journal of the Society of Korea Industry and Systems Engineering, 제35권 제2호, 2012.6, p.65)의 연구에서는 앞선 자극의 영향을 최소화하기 위하여 정서 유발 자극제시 전 60초의 개안, 60초 폐안의 단계를 적용하였고, 서지은, 이곡숙(마감재와 조명의 인터랙션에 의한 감성 활성화 디자인기법 연구, 대한건축학회논문집 제29권 제11호, 2013.11, p.99)의 연구에서는 지각에 대한 잔상을 감소시키기 위하여 실험자들에게 다음 이미지 제시 전 2분 동안 눈을 감고 휴식을 취하도록 하였다. 김민경, 류희옥(뇌파분석을 통한 색상의 선호도 분석 가능성, 감성과학, 제14권 제2호, 2011.6, p.313)의 연구에서는 이전 컬러 칩의 이미지에 대한 잔상을 제거하기 위하여 실험자들이 다음 컬러 칩을 보기 전 20초간 눈을 감고 휴식을 취하도록 하였다. 황연숙, 김선영, 김주연(공동주택 커뮤니티 시설의 공간별 감성색채배색 이미지에 따른 청소년 뇌파분석, 한국실내디자인학회논문집 제22권 제5호, 2013.10, p.174)의 연구에서는 휴식시간을 10초로 하여 실험하였다.

후두엽은 시각중추를 담당하는 신경으로 가장 먼저 자극을 받고, 전두엽은 의사결정에 중요한 역할을 하며 두 번째 단계에서 자극을 받는다. 두정엽은 최종적으로 감각정보를 조합하는 채널로 스트레스와 긴장이 수반된다.

공간 자극 정도와 조명에 의한 자극 변화를 분석은 피험자들의 채널 별 데이터의 평균값을 중심으로 조명 전과 후의 이미지 값을 비교한다. 만족도는 각 이미지에 대한 만족 정도를 5점 척도로 평가하도록 하였다.

평가 및 분석은 마감재 계획방법과 공간감 선호에 따라 조명에 의한 공간 자극과 변화에 차이가 있는지 비교·분석하기 위하여 SPSS program 22의 대응표본 t-test와 공분산(ANCOVA)을 이용하여 검증한다.

대응표본 t-test는 실험연구에서 자주 사용되는 통계 분석 기법으로 실험처치 전후에 데이터를 수집한 후 두 데이터 간 평균차이를 검증하는 방법이다. 주로 동일한 표본을 대상으로 시간 간격을 두고서 데이터를 두 번 수집해서 각 데이터를 평균 간 차이를 검증한다는 점에서 독립표본 t-검증과는 다르다.²³⁾

4. 시각적 공간자극과 만족도 변화

4장에서는 3장에서 제시되고 있는 분석틀을 기준으로 실시된 뇌파실험의 데이터 값(베타파 β)으로 조명의 환경에 의한 공간에 대한 자극 차이를 비교·분석한다. 또한 분석을 통하여 조사대상의 특성에 따른 조명이 공간 자극에 미치는 영향 정도가 어떻게 다른지 파악한다.

4.1. 뇌파측정을 통한 시각적 공간 자극 변화

클래식내추럴 스타일을 표현하고 있는 A1과 A2에서 조명 환경에 의해 나타나는 뇌파 값은 대응 표본 T-test를 통해 분석하였고, 그 결과는 <표 2>와 같다.

<표 2> 조명에 의한 뇌파반응 차이 비교(클래식내추럴)

뇌파채널	조명에 의한 뇌파반응 차이 비교										
	A1 OFF	A1 ON	D	t	P	A2 OFF	A2 ON	D	t	P	
후두엽	O1	14.611	14.668	-0.057	-0.213	0.833	15.535	15.310	0.225	0.303	0.764
	O2	14.526	14.804	-0.278	-0.571	0.573	15.359	15.093	0.266	0.436	0.666
	P3	17.452	17.420	0.032	0.041	0.968	18.141	17.800	0.341	0.426	0.674
	P4	23.781	22.694	1.087	1.498	0.146	22.820	23.106	-0.286	-0.292	0.772
두정엽	C3	17.985	18.491	-0.506	-1.024	0.315	18.402	18.200	0.202	0.285	0.778
	C4	22.374	22.262	0.112	0.126	0.900	21.286	21.862	-0.576	-0.577	0.569
전두엽	F3	17.861	17.275	0.586	1.075	0.292	18.282	18.162	0.12	0.136	0.893
	F4	18.346	18.313	0.033	0.934	0.359	18.756	18.617	0.139	0.158	0.876
	FP1	14.515	13.986	0.529	-0.132	0.896	13.880	14.281	-0.401	-0.548	0.588
	FP2	15.567	15.661	-0.094	1.215	0.235	15.314	15.306	0.008	0.008	0.993
평균값	17.70	17.56	0.14	-	-	17.78	17.77	0.00	-	-	

23) 네이버 지식백과, 대응표본 t-검증 참조
<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1625381&cid=42251&categoryId=42262>

<표 2>의 측정된 뇌파 값을 통해 이미지 A의 시각적 공간 자극 정도를 분석해보면, 조명에 따라 나타나는 자극정도에 채널 별로 차이(평균값 A1-OFF:17.70, A2-ON:17.56, A2-OFF:17.78, A2-ON:17.77)가 있음을 알 수 있다. A1의 경우, 측정된 뇌파 값의 비교를 통해 조명이 켜져 있을 때(A1-ON)보다 꺼져 있을 때(A-OFF)가 시각적인 공간 자극이 더 강한 것(D:0.14)으로 나타났고, A2는 조명에 의한 시각적 공간 자극에 차이(평균 D : 0.00)가 없는 것으로 평가되었다.

구체적으로 살펴보면, A1은 조명이 켜지면 후두엽의 O1(D:-0.05), O2(D:-0.278) 그리고 두정엽 C3(D:-0.506), 전두엽의 FP2(D:0.094)의 채널에서만 조명이 꺼진 공간에서 보다 조금 더 활성화되는 것으로 나타났다. 이 중 C3의 채널에서 가장 큰 변화가 있음을 알 수 있다. 특히 조명이 켜졌을 때, 의사결정에 영향을 미치는 전두엽에서 나타나는 자극의 반응이 후두엽이나 두정엽보다 낮게 나타나고 있어 이미지에 관한 주의, 각성, 기억정도 등이 다소 떨어지고 있다는 것으로 평가할 수 있다.

A2의 경우, 조명이 켜졌을 때 후두엽의 P4(D:-0.286), 두정엽의 C4(D:-0.576), 전두엽의 FP1(D:-0.401)의 채널에서만 자극정도가 높았다.

후두엽 채널들(O1, O2, P3, P4)의 측정 값 비교를 통해, 조명이 켜졌을 때 1차적으로 나타나는 시각적인 자극이 조명이 꺼졌을 때 보다 오히려 낮음을 알 수 있다(O1_D=0.225, O2_D=0.226, P3_D=0.341, P4_D=-0.286). 이는 경험에 의해서 시각적 공간 자극이 떨어졌다고도 평가할 수 있겠지만, 클래식내추럴을 표현하고 있는 A2의 경우 조명에 의해 나타나는 변화에 큰 차이가 없다는 것으로 판단할 수 있다.

채널을 기준으로 A1과 A2의 뇌파 값을 비교해보면, 후두엽과 전두엽은 A2(O1 D :0.225, O2 D:0.266, P3 D:0.341, P4 D:-0.286, F3 D:0.12, F4 D: 0.139, FP1 D:-0.401, FP2 D:0.008)보다 A1(O1 D :-0.057, O2 D:-0.278, P3 D:0.032, P4 D:1.087, F3 D:0.586, F4 D: 0.033, FP1 D:0.529, FP2 D:-0.094)에서 조명 상태에 따른 반응 차이의 폭이 크게 나타났다. 또한 좌측 후두엽(O1, P3)이 우측 후두엽(O2, P4)보다 조명에 의한 자극의 변화가 낮고, 반면에 좌측 전두엽(F3, FP1)보다 우측 전두엽(F4, FP2)의 자극 변화가 낮게 나타났다.

모던내추럴을 표현하고 있는 B1과 B2에서 조명에 따라 나타나는 공간 자극을 뇌파 값을 통해 살펴보면 <표 3>과 같다.

<표 3> 조명에 의한 뇌파반응 차이 비교(모던내추럴)

뇌파채널	조명에 의한 뇌파반응 차이 비교										
	B1 OFF	B1 ON	D	t	P	B2 OFF	B2 ON	D	t	P	
후두엽	O1	14.563	15.374	-0.811	-1.276	0.213	15.114	15.601	-0.487	-0.714	0.482
	O2	14.099	14.806	-0.707	-1.282	.0211	14.902	16.123	-1.221	-2.615	0.015
	P3	17.397	18.396	-0.999	-1.281	0.211	17.021	18.587	-1.566	-2.467	0.021
	P4	21.766	21.927	-0.161	-0.175	0.863	22.355	23.263	-0.908	-0.982	0.335
두정엽	C3	17.468	18.240	-0.772	-0.746	0.463	18.344	18.536	-0.192	-0.380	0.707
	C4	21.457	20.191	1.266	1.280	0.212	21.393	21.194	0.199	0.181	0.858
전두엽	F3	17.174	17.853	-0.679	-1.070	0.294	17.391	18.512	-1.121	-2.417	0.023
	F4	17.624	17.676	-0.052	-0.083	0.935	18.053	19.421	-1.368	-1.359	0.186
	FP1	14.711	14.652	0.059	0.107	0.916	13.133	14.999	-1.866	-1.838	0.077
	FP2	15.046	14.802	0.244	0.407	0.687	14.643	15.579	-0.936	-1.679	0.105
평균값	17.13	17.39	-0.26	-	-	17.23	18.18	-0.95	-	-	

채널에 대한 뇌파 값의 비교를 통해<표 3>, B2가 조명 상태에 따라 시각적 공간 자극에 유의미한 차이가 있음을 알 수 있다. 후두엽의 O2(OFF=14.902, ON=16.123)와 P3(OFF=17.021, ON=18.587) 전두엽의 F3(OFF=17.391, ON=18.512)의 채널에서 유의미한 차이가 있었는데, 조명이 켜진 경우에 조명이 꺼진 경우보다 뇌의 반응이 더 강(O2_D=-1.221, P3_D=-1.566, F3_D=-1.121)하게 나타났다. 이는 B2의 경우, 조명과의 인터랙션이 강하게 나타나고 있다고 평가할 수 있으며, 조명에 의해 시각적 자극이 크게 변화하였다고 판단할 수 있다.

<표 3>을 통해 시각적 공간 자극에 대하여 전반적으로 분석해보면, B1-OFF의 뇌파의 전체 평균값이 17.13, B1-ON은 17.39로, 차이 값(D)이 0.26이다. 이로써 B1의 경우 조명이 켜졌을 때 뇌의 반응이 조금 더 활성화되는 것을 알 수 있으며, 이는 조명에 의해 시각적 자극이 더 강해졌다고 판단할 수 있다.

B2의 경우, B-OFF의 뇌파의 전체 평균값이 17.23이고, B2-ON은 18.18로 차이 값(D)이 -0.95로 다소 크게 나타났다. 따라서 조명 상태에 따라 뇌의 활성화 정도에 차이가 있다는 것을 알 수 있으며, 조명이 켜지면 뇌의 반응이 활성화가 되고 시각적 자극이 강해진다.

B1과 B2를 비교해보면, B2가 B1보다 조명 환경에 따라 공간에 대한 자극의 변화가 크며, 이는 동일한 모던내추럴을 표현하고 있더라도 마감재의 특성에 따라 시각적 자극 변화가 다르게 나타났다.

구체적으로 살펴보면, B1에서 조명이 켜지면, 후두엽의 P3(D:-0.999)에서 자극이 높게 나타나고, 반면에 두정엽의 C4(D:1.266)에서는 오히려 뇌의 활성화 정도가 약해짐을 알 수 있다. B1-ON의 경우 후두엽의 전 채널에서 뇌의 자극정도가 OFF의 이미지보다 강하게 나타났고, 전두엽에서는 F3(D:-0.679)와 F4(D:-0.052)에서는 강해지고, FP1(D:0.059)과 FP2(D:0.244)에서는 약해졌다.

이러한 결과는 1차적으로 반응하는 시각 중추기능(후두엽)이 활발하게 반응하여 조명이 켜지면 시각적 자극은 더 강해진다고 평가할 수 있다.

B2는 조명이 켜지게 되면 후두엽과 전두엽에 대한 자극이 더욱 강해지며 평균적으로 전두엽의 전 채널이 더욱 강하게 반응한다.

채널 중 전두엽의 FP1(D:-1.866)이 조명의 상태에 따라 뇌의 활성화 차이가 가장 크게 나타나며, 후두엽의 O1(D:-0.487)이 가장 작게 나타났다. 반면에 두정엽의 C4(D:0.199)의 경우에는 조명의 켜졌을 때 오히려 자극 정도가 줄었다.

채널별로 분석해보면, B1과 B2가 함께 후두엽의 채널(B1_D: O1=-0.811, O2=-0.707, P3=-0.999, P4=-1.611, B2_D: O1=-0.487, O2=-1.221, P3=-1.566, P4=-0.908)에서는 조명이 꺼진 이미지 보다 조명이 켜진 이미지에서의 뇌파 값이 더 높게 나타나 조명에 의해 뇌의 반응이 더 활발해지고 있음을 알 수 있다. 그러나 활성화 정도는 B1보다 B2에서 더욱 크게 변화하였다.

이러한 결과를 통해, 조명이 켜진 이미지가 피험자들이 처음 보는 것이 아닌 두 번째로 보는 이미지이므로 경험에 의해 자극이 줄어드는 것이 일반적이나, 1차적으로 반응하는 시각중추를 더욱 강하게 자극하고 있다는 점을 통해 조명이 공간에서의 인터랙션을 더욱 활성화시키고 있다고 평가할 수 있다.

구체적으로 살펴보면, B1의 경우 P4(D:-0.161)를 제외한 3개의 채널의 변화 값은 유사하게 나타났고, B2는 4개의 채널에서의 변화의 정도가 다르게 나타났다.

전두엽을 중심으로 B1과 B2를 비교·분석해보면, 이 채널에서도 조명이 켜지게 되면(B1: F3=17.835, F4=17.676, FP1=14.652, FP2=14.802, B2: F3=18.512, F4=19.421, FP1=14.999, FP2=15.579), B2가 B1보다 뇌의 활성화가 더욱 강하게 변화됨을 알 수 있다. 전두엽은 2번째로 나타나는 반응으로 들어오는 정보를 조정하는 곳으로 의사결정을 단계이다. B2가 B1보다 조명이 켜졌을 때 시각적 자극과 의사결정에 더욱 활성화되고 있음을 알 수 있다.

반면, 두정엽은 조명 상태에 따른 뇌의 자극 변화의 정도는 B2보다 B1에서 더욱 크게 나타나고 있다(B1_D: C3=-0.772, C4=1.266, B2_D: C3=-0.192, C4=0.199). 따라서 B1이 최종적인 결정을 내리는 과정에서 조명에 의한 스트레스의 변화가 더 크다고 평가할 수 있다.

4.2. 마감재에 따른 시각적 공간 자극 반응

<표 2>와 <표 3>의 결과 비교를 통해 공간의 스타일에 따른 조명에 의한 시각적 공간자극에 대한 변화를 분석해보면 아래와 같다.

클래식내추럴의 경우(A1, A2), 조명의 상태에 따른 뇌파 값의 변화는 A1의 평균 차이 값 0.14, A2의 평균 차이 값 0.00으로 나타나 큰 차이가 없었다. 그러나 모던내추럴(B1, B2)의 경우, B1이 평균 차이 값 -0.26, B2가 평

균 차이 값 -0.95로 나타나, 조명이 켜졌을 때 뇌의 반응이 더욱 활성화되고 있음을 알 수 있다.

이러한 결과와 <표 1>의 각 이미지의 마감재 구성과 비교하여 분석해보면, 어둡고 강한 컬러의 마감재보다 밝은 모노톤 컬러의 마감재가 조명에 의한 인터랙션에 변화가 더 크다고 볼 수 있다. 또한 뇌파가 더욱 활성화되었다는 결과로부터 시각적 공간 자극이 강하게 나타나고 있다고 판단할 수 있다.

또한 모던 내추럴 이미지들(B)의 결과 비교를 통해, 유사한 밝기에서는 패턴이나 질감에 따라 시각적 자극 정도에 차이가 있다고 볼 수 있다. 즉, B2는 폴리싱 타일에 의한 조명 빛의 반사와 B1보다 어두운 색상의 벽재와 조명이 만나서 나타나는 더욱 강한 질감<표1 참조>으로 B1보다 B2에서 뇌가 더욱 활성화된다고 분석할 수 있다.

채널 별로 비교·분석해보면, 후두엽과 전두엽의 경우 클래식내추럴(A1, A2)의 이미지들보다 모던내추럴(B1, B2) 이미지들에서 조명이 켜졌을 때 뇌파 값이 더욱 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는 1차적으로 반응하는 시각적 자극도 모던 내추럴에서 더욱 강하다고 평가할 수 있다. 또한 전두엽에서 높은 뇌파 값이 나타난 것으로 의사결정을 하는 과정에서도 모던내추럴의 이미지에서 조명에 의한 활성화가 더욱 강하게 변화하고 있다고 볼 수 있다.

이러한 결과를 통해서 조명에 의한 뇌파의 활성화, 즉 시각적 공간 자극의 변화는 마감재의 특성에 따라 다르다는 것을 검증한다고 평가할 수 있다. 그러므로 다양한 마감재로 구성된 공간을 대상으로 시각적 자극에 대한 반응 변화를 연구하여 공간의 특성 별 조명과의 관계와 자극 변화를 분석할 필요가 있다.

4.3. 시각적 자극 변화에 의한 만족도

동일한 공간에서 조명 상태에 의한 공간 자극 및 반응의 변화는 공간에 대한 전반적인 만족도에도 영향을 미친다고 할 수 있다. 그러므로 조명의 상태에 따라 공간에 대한 만족도가 어떻게 변화하는지 평가하였으며, 평가된 결과는 <표 4>, <표 5>와 같다.

<표 4> A 공간에서의 만족도 변화

이미지 A	A1	A1	D	t	P	A2	A2	D	t	P
	OFF	ON				OFF	ON			
만족도	3.22	4.00	-0.778	-5.790	0.00	2.67	3.63	-0.963	-4.741	0.00

<표 4>를 통해 조명에 의한 A1과 A2의 만족도 변화를 살펴보면, 조명에 켜졌을 때 공간에 대한 만족도가 더욱 높아지는 것을 알 수 있다. 그러나 A1(D:-0.778)보다 A2(D:-0.963)에서 만족도의 변화가 크게 나타나고 있음을 알 수 있다.

<표 5> B 공간에서의 만족도 변화

이미지 B	B1 OFF	B1 ON	D	t	P	B2 OFF	B2 ON	D	t	P
만족도	3.00	4.00	-1.000	-6.624	0.00	2.70	3.67	-0.963	-6.195	0.00

<표 5>를 통해 공간에 대한 만족도 변화를 살펴보면, B1과 B2에서 조명이 켜지면 만족도가 더욱 높아지는 것을 알 수 있다. 만족도 변화의 값은 큰 차이는 없었지만 B2(D:-0.963)보다 B1(D:-1.000)에서 조금 더 상승하였다.

이러한 결과와 평가된 뇌파 값의 비교를 통하여, 뇌파의 활성화와 만족도의 관계를 분석해보면 다음과 같다.

동일한 공간에서도 조명의 상태에 따라 이용자들의 만족도 변화에 유의한 차이가 있지만 뇌파의 활성화정도(B1-OFF:17.13, B1-ON:18.39, B2-OFF:17.23, B2-ON:18.18)의 만족도가 비례한다고는 평가할 수 없다.

4.4. 공간감 선호에 따른 뇌파 반응 차이 비교

4가지 공간감인 장식, 친근, 쾌적, 활동에 대한 선호 차이에 따라 뇌의 반응 변화에 차이가 있는지 SPSS Program 22의 공분산분석(ANCOVA)을 통해 검증하였다.<표 6>

<표 6> 공간감 별 조명에 의한 뇌파 반응 차이비교

이미지	평균제곱	F	P
A1(off-on)	2.271	0.424	0.738
A2(off-on)	10.134	0.361	0.782
B1(off-on)	1.824	0.276	0.842
B2(off-on)	5.624	0.837	0.488

<표 6>의 검증 결과, 피험자들의 공간감 선호에 따라 조명에 의해 나타나는 공간 자극 변화에는 유의미한 차이가 없다고 분석되었다. 그러나 EEG 실험에 참여한 피험자의 수가 적어 결과 해석을 일반화하는데 다소 한계가 있다는 것을 밝힌다.

5. 결론

본 연구는 시각적 공간 자극이 조명에 따라 변화하는 지 파악하기 위하여, 공간에 대한 만족도와 EEG 실험을 통해 뇌파의 반응을 비교·분석하였다. 또한 이러한 변화가 이용자의 특성에 따라 차이가 있는지 검증하였다. 이에 대한 연구결과는 다음과 같다.

첫째, 실험과 분석을 통해서, 동일한 공간에서도 조명 점등 여부에 따라 뇌의 활성화정도에 차이가 있음을 알 수 있다. 이는 뇌의 활성화 정도와 변화는 각 공간의 마감재 구성에 따라 차이가 있지만, 대부분의 공간에서는 조명이 켜지면 뇌에 자극이 강해지고, 뇌파의 전반적인 채널에서 활성화되고 있음을 알 수 있다. 특히 후두엽의 시각적 중추의 반응이 보다 강하게 나타난다. 이때 ‘클래

식내추럴’이 표현된 공간보다 ‘모던내추럴’이 표현된 공간에서 반응의 차이가 더욱 크게 나타나, 시각적 자극이 더욱 강하다고 평가할 수 있다. 따라서 밝은 색상, 빛을 반사하는 질감, 거친 질감이 있을 경우는 질감을 강조할 수 있는 어두운 컬러의 마감재로 구성하면, 조명과의 인터랙션이 더욱 강하게 유도할 수 있고 이는 곧 공간에 대한 감성을 변화시킬 수 있다고 판단한다.

둘째, 연구 결과를 통해서, 뇌의 반응이 활성화되어 뇌파 값이 더 높게 나타난다고 하여, 공간에 대한 긍정적인 반응이 높다고 평가하기에는 어려움이 있다. 다시 말해, 부정적인 경향이 높게 나타나도 뇌는 이전보다 강하게 반응할 수 있다는 것이다. 따라서 감성공학적인 관점에서 이용자들에게 보다 만족도가 높은 과학적 공간디자인 방법을 제안하기 위해서 공간에 의한 시각적인 자극 정도를 나타내는 뇌파 반응과 언어척도 스케일등과 같은 정성적인 감성평가가 동반되어 관계적인 측면에서 연구되어야 할 것이다.

셋째, 조명의 점등 유무에 따라 공간에 대한 이용자들의 만족도에도 변화가 있으며, 조명이 켜져 있는 공간에서 만족도는 더욱 높게 나타났다. 그러나 뇌의 활성화 정도와의 관계를 비교해 본 결과, ‘클래식내추럴’을 표현하고 있는 이미지에서도 조명이 켜지면 만족도는 상승하였으나, 뇌의 활성화 정도에는 미비한 차이만 나타나 시각적 자극과 만족도와는 상관관계를 가진다고는 판단할 수 없다. 또한 선호하는 공간감을 중심으로 뇌파의 활성화 차이에 대한 검증을 공분산(ANCOVA)을 통해 파악해보았으나 유의한 차이가 없었다.

그러나 본 연구의 조사대상이 제한적이기 때문에 이에 대한 정확한 분석을 위해서는 많은 피험자를 대상으로 한 EEG실험과 각 채널과의 세부적인 관계를 분석하는 심도 있는 연구가 진행되어야 한다.

연구 결과를 토대로 향후 본 연구자는 조명에 의한 시각적 공간자극의 변화가 공간의 특성과 구성 요소에 따라 구체적으로 어떻게 나타나고, 어떤 차이가 있는지 보다 다양한 변수를 고려한 실험을 진행하고자 한다.

이러한 연구 결과를 바탕으로, 이용자들의 만족도를 높일 수 있는 방법을 고려한 긍정적인 시각적 자극과 뇌의 활성화를 도모할 수 있는 공간 계획방법을 모색하고자 한다.

본 연구는 제한된 공간이미지, 피험자를 대상으로 실시된 EEG실험의 결과를 토대로 분석된 것으로 공간 계획에 적용하고 일반화하는 것에 한계를 가진다. 그러나 연구의 방법과 결과는 이용자들의 감성을 보다 과학적으로 평가하고, 감성 디자인방법을 제시하는데 중요한 자료로 활용될 것이라 기대한다.

참고문헌

1. 권영길, 공간디자인 16강, 초판, 도서출판 국제, 안양, 2001
2. 이광우, 뇌파검사학, 초판, 고려의학, 서울, 2001
3. 이남인, 후설과 메를로-퐁티 지각의 현상학, 초판, ㈜도서출판한길사, 과주, 2013
4. 하꼬다 유지 외 3인, 인지심리학, 초판, 교육을 바꾸는 책, 서울, 2014
5. 김가영, 사용자 지각 현상을 통한 공간인지 및 공간행위에 대한 연구, 한국실내디자인학회논문집 제22권 제5호, 2013.10
6. 김종하, 김상희, 이정호, 김주연, 미디어 파사드 영상 자극에 대한 뇌파 반응 특성, 대한건축학회논문집 제30권 9호, 2014.9
7. 김태환, 실내공간의 시뮬레이션 구성과 뇌파측정에 의한 공간인지 분석, 한국실내디자인학회논문집 제36호, 2002.11
8. 도영수, 장호경, 한병국, 고정밀도의 뇌파측정시스템 개발 연구, 한국의학물리학회논문집 제13권 제3호, 2002.9
9. 서지은, 공간감 선호에 따라 조명과 마감재 인터랙션의 지각정도 비교 분석, 한국실내디자인학회논문집 제23권 6호, 2014.12
10. 서지은 · 이곡숙, 마감재와 조명의 인터랙션에 의한 감성 활성화 디자인기법 연구, 대한건축학회논문집 제29권 제11호, 2013.11
11. 이현정, 최유림, 전지윤, 뇌파측정 기반으로 한 실내 온도가 재실자의 주의 집중에 미치는 영향, 대한건축학회논문집 제28권 3호, 2012.3
12. 지순덕, 김채복, 이완집중 및 긴장집중 시 LED 조명의 색온도에 따른 학습요인의 뇌파 분석, 한국교육시설학회논문집 제21권 제6호, 2014.11
13. 황연숙, 김선영, 김주연, 공동주택 커뮤니티시설의 공간별 감성 색채배색 이미지에 따른 청소년의 뇌파분석, 한국실내디자인학회논문집 제22권 제5호, 2013.10

[논문접수 : 2015. 06. 02]

[1차 심사 : 2015. 07. 10]

[2차 심사 : 2015. 09. 01]

[게재확정 : 2015. 09. 11]