

VR 환경 속에서 색온도 및 조도(照度)가 환경인지도와 길찾기에 미치는 영향

Effects of Color Temperature and Illuminance on Environmental Maps and Navigation in a VR Environment

주 저 자 : 고희명(Gu, Xin Ming)

강소신식직업기술대학 디지털미디어예술학과 교수

교 신 저 자 : 이일남(Li, Yi Nan)

동남대학교 예술디자인학과 교수
ynli19@163.com

<https://doi.org/10.46248/kidrs.2022.4.37>

접수일자 2022. 11. 19. / 심사완료일자 2022. 12. 22. / 게재확정일자 2022. 12. 26.

【Subject Source】 2021 General Research Projects on Philosophy and Social Sciences in Universities “A study on the spatio-temporal construction and aesthetic perception of virtual reality (VR) films under the dimension of spatio-temporal narrative” (Subject number: 2021SJA0920) High-end research funding project for professional leaders of higher vocational colleges in Jiangsu Province “Applied research of virtual reality (VR) technology in the field of animation” (Subject number: 2022GRGDYX020) 2021 The National Social Science Fund of China General Project on Art: “Research on Chinese Design Art under the Century of Great Changes (1919-2019) (Approval No. 21BG111).

Abstract

The purpose of this study is to investigate the influence of color temperature and lx conditions on human pathfinding and environmental perception in virtual environment. In addition, in CG virtual reality environment, how to use color temperature, light color and light flux variables to solve and improve the cognitive and pathfinding ability of virtual environment is studied. The data of participants (N=60) in virtual reality environment with various light and color conditions were investigated, and the differences were evaluated using SD psychological survey method. The results show that low color temperature (warm color) has higher attraction and memory score than high color temperature and neutral color temperature. Furthermore, the study confirmed that the use of color temperature in a virtual environment with low-throughput light levels, regardless of color temperature, results in negative effects. Therefore, low color temperature (warm color) lighting environment can be used as an effective wayfinding landmark, but wider use of high color temperature (cold color) lighting conditions are considered to be more conducive to pathfinding and traffic efficiency. In addition, the results show that women prefer high-brightness virtual environments to men.

Keyword

Virtual Environment(가상환경), Illuminance(조도), Color Temperature(색온도), Environmental Legibility(환경인지도), Wayfinding(길찾기)

요약

본 연구의 목적은 가상 환경에서 조명의 색온도, 광속(lx) 조건이 인간의 길찾기 및 환경지각에 대한 주관적 판단에 미치는 영향을 탐구하는 데에 있다. 또한 CG 가상현실 환경을 통해 복잡한 평면도와 지속적 공간이 있는 가상 환경에서 색온도, 광색 및 광속의 변량을 이용하여 가상 환경의 인식 및 길찾기 능력을 해결하고 향상하게 시키는 방법을 연구하였다. 다양한 광색 조건 변수의 가상현실 환경에서 실험 참가자(N=60)의 자료를 조사하고 SD의 심리적 조사 방법을 사용하여 이러한 조건 아래의 차이를 평가하였다. 그 결과 고(高)색 온도 및 중(中) 색온도의 광원 환경보다 저색 온도(난색)의 흡인력과 기억 분수가 더 높다. 하지만 고색 온도(한색) 환경은 선택의 망설임을 줄이고 더 나은 통과 효율을 얻을 수 있는 것으로 나타났다. 또한 연구에 따르면 고아속이 낮은 가상 환경에서 고색 온도를 사용하면 저색 온도를 사용하든 다 부정적인 효과를 낼 것이라고 한다. 따라서 저색 온도 조명 환경은 효과적인 도로 찾기 표시로 사용될 수 있고, 광범위적으로 고색 온도를 사용하는 공간 조명 조건이 도로 찾기 및 통행 효율에 더 도움이 되는 것으로 간주한다. 또 여성이 남성보다 고광도 수준의 가상 환경을 선호한다는 연구 결과도 나왔다.

목차

1. 서론

- 1-1. 연구배경 및 목적
- 1-2. 연구 방법 및 연구문제

2. 이론적 배경

- 2-1. 색온도 및 조도
- 2-2. 길찾기(Wayfinding)
- 2-3. 환경인지도

3. 연구방법

- 3-1. 개요
- 3-2. 실험 환경 및 과정

3-3. 가상공간(VE)

4. 결과 및 분석

4-1. 신뢰도 분석

4-2. 평가항목 간 상관관계

4-3. 환경 명료성 평가

4-4. 길찾기 과정의 색채 기여도 평가

5. 결론

참고문헌

1. 서론

1-1. 연구의 배경 및 목적

디지털 기술이 발전하면서 가상현실 등 디지털 기술을 활용하여 현실 문제를 해결하는 방법도 많아지고 있다. 그중 가상공간과 CG를 통해 물리적 변수를 시뮬레이션하고 조작함으로써 다양한 조건에서 이용자의 실험 데이터를 통해 내려진 결론을 이해하는 데 도움을 준다.

현재 현대 사회의 전문화, 다양화 발전으로 건축공간의 기능이 점점 더 다양하고 복잡해짐에 따라 매일 전혀 낯선 환경에 들어갈 기회도 많아지고 있다. 하지만 건물의 대형화, 복합화, 특히 복합 상업시설, 대규모 의료시설, 교통시설 등 실내 환경에서 이용자들이 방향 감각을 상실하는 문제가 많아지고 이러한 건물의 방문자들이 원하는 목적지에 도착하기 전에 어려움을 겪는 경우가 많아지고 있다. 이러한 방향감각의 상실은 방문자에게 일정한 불안과 스트레스를 줄 수 있으며 공간에 대한 명료한 표현과 경로의 명료화 유도가 중요한 과제가 되었다.

박현수, 이찬수, 장자순(2011)¹⁾은 실내조명이 사용자의 정서, 기억, 취향 감지 및 문제 해결 능력에 직접적인 영향을 미친다고 지적하였다. 이 외에 추진, 유보현은(2011)²⁾ 인공조명 기술이 한 공간에 있는 사람의 위치를 찾는 데 도움이 된다고 강조하였다. 게다가 건물 구조와 색채 방안을 바꾸는 것보다 인공조명을 바꾸는 방식이 더 경제적이고 빠르다.

따라서 본 연구에서는 가상공간 환경을 대상으로 인공조명 중 색온도, 광속(조도 lm)의 차별화 사용이 길

1) 박현수, 이찬수, 장자순, LED 조명색상이 정서자극의 평정과 재인에 미치는 효과, 감성과학, Vol.14, No.3, 2011, pp.371-384.

2) 추진, 유보현, 빛의 생리작용 이론에 근거한 감성 조명 적용에 관한 연구, 기초조형학연구, Vol.12, No.3, 2011, pp.509-517.

찾기 및 인도(引導)에 미치는 영향을 연구하여 색온도와 조도(lm)가 길찾기 과정에 도움이 되거나 부정적인 영향을 미치는지를 조사하였다. 본 연구의 목적은 길찾기 및 조명 연구의 공백을 메우고 가상 환경에서 색온도 및 조도 조건이 길찾기 과정에서 미치는 작용과 영향을 조사하는 데에 있다.

1-2. 연구방법 및 범위

본 연구에서 이해하고자 하는 연구문제 및 방법은 다음과 같다: 첫째, 문헌조사를 통해 길찾기의 개념이 무엇인지, 어떤 요인으로 평가할 수 있는지 알아본다. 둘째, 공간에 대한 인식 측면에서 조명 조건의 변화를 통해 길찾기 능력을 강화할 수 있는지 여부를 탐구한다. 마지막으로 길찾기(wayfinding) 과정에서 가장 큰 영향을 미치는 요인이 무엇인지 연구하고자 한다.

먼저 (Virtual Environment)(VE) 가상 실험 연구 방법을 통해 기하학적 평면 유형에서 다양한 조도와 색온도의 조합을 가진 가상공간과 참여자가 직접 둘러볼 수 있는 공간을 연구하고, 길찾기 실험을 완료한 후 다양한 색온도 조건에서 길을 찾는 과정에서 나타난 오류와 망설임을 통계한다. 마지막으로 서로 다른 색온도의 공간에 대해 SD 심리조사를 실시하여 성별 간의 차이를 분석하였다.

2. 이론적 배경

2-1. 길찾기(Wayfinding)

길찾기는 정보 문제를 지속적으로 해결하는 과정으로 간주할 수 있다. 오훈성, 최승담(2013)³⁾은 길찾기

3) 오훈성, 최승담, 테마파크의 시설배치유형이 길찾기 난이도에 미치는 영향 -가상현실 공간기법의 적용-, 관광학연구, Vol.37, No.6, 2013, pp.117-136.

를 공간이 문제를 해결하는 활동으로 해석하였다. 이 활동에는 “행동 계획 제정, 결책, 행동”이 3가지의 구체적이고 서로 관련되는 과정이 포함되어 있다. 결책의 집행은 계획을 공간적으로 올바른 장소로 바꾸는 적절한 행동이다. 일반적으로 정보처리에는 환경 감지와 인지가 포함되어 있고 정보처리는 결책과 관련된 이 양자 과정의 정보기초를 담당한다. 저자는 인지 대응을 환경 감지의 일부로 정의하였다. 그중 인지는 기본적으로 의사결정을 내리고 수행하는 정보의 원천이다. 이 점에 있어서는 감지와 인지 간의 차이를 이해하는 것이 중요하다. 자각은 감각을 통해 정보를 얻는 과정으로 정의되며, 인지는 정보를 이해하고 조작할 수 있는 과정으로 정의된다. 정보를 얻는 것이 자신의 방식을 찾기에 충분하지 않으며 정보를 이해하고 조작하는 것도 길을 찾는 과정에서 중요한 부분이다.

2-2. 색온도 및 조도

빛은 공간 인식에 영향을 미치는 가장 중요한 물리적 요인 중 하나이며 길찾기 성능에도 영향을 미칠 수 있다. 빛은 사람들이 시각 세계를 경험할 수 있게 하는 에너지이기 때문에 시각 성능에 영향을 미칠 것이다. 또한, 빛은 사람들이 공간의 물리적 질을 인식하는 방식에도 큰 영향을 미치며, 그것은 공간에 의미와 감정을 부여한다. 조명은 빛의 제어 가능한 응용으로서 다른 방식으로 인간의 인식을 바꿀 수 있다. 유원, 오용균(2021)⁴⁾의 연구 결과에 따르면 시각적 체험이 수많은 서로 다른 단서로 발견하고 설명하는 환경이 결합이라고 한다. 이전의 문헌 연구에 따르면 빛이 공간 감지, 공간 평가, 감정 반응 및 선호도, 생리적 및 심리적 편안함에 상당한 영향을 미친다고 한다. 따라서 조명은 기본적 디자인 요소로 간주하여야 하고 형태, 색상 및 무늬 등 요소와 같이 공간 구성의 중요한 요소가 되어야 한다.

색온도와 조도는 조명 조건의 두 가지 방면이며 빛의 외관과 관련이 있다. 색온도의 범위는 매우 차가운 빛에서 매우 따뜻한 빛까지이고, 색채의 느낌은 색조(hue), 명도(value), 채도(chroma) 이 세 가지 서로 다른 품질을 통해 설명될 수 있다. 색조는 색깔의 명칭이고 빨간색, 주황색, 노란색 등 색깔을 구별하는 데 도움이 된다. 흰색, 회색, 흑색은 무채색이기

때문에 색조가 없는 것으로 간주한다. 명도는 색채의 명암을 나타내며, 우리가 색채의 밝기를 구별하는 데 도움이 된다. 명도는 대비를 더 효과적으로 강화하는 중요한 역할이 되었다. 채도는 색포화도나 색순도라고도 하고 색채의 강도와 선명도를 말한다. 색온도는 스펙트럼 에너지 분포나 물리적 온도가 아닌 켈빈도(K)로 따뜻함과 차가움(예를 들어 황백색, 청백색 또는 중성색 등이 있다)을 표현한다.

그중 색온도가 마음에 미치는 영향에 관한 연구가 많다. 연구에 따르면 빛의 색온도는 장기기억, 인식 임무, 문제 해결 임무, 단기 기억 임무, 성과평가 임무, 정서, 공간 감지, 기억 등에 현저한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 색온도와 길찾기 성능 사이의 관계를 탐구하는 문헌 연구가 없다. 길찾기는 사실 기존 연구에서 많이 나타난 2차원 평면 테스트와 다른 3차원 종합 능력 임무이다. 모든 현저한 변화가 사용자의 기억이나 판단에 영향을 미치기 때문에 색채 조건이 길 찾기 성능에 미치는 영향을 탐색하는 것이 매우 중요하다. 이는 사용자가 복잡하고 긴장된 환경에서 의사결정과 판단을 내리는 데 도움이 될 수 있다. 본 연구의 목적은 길찾기 및 조명 연구의 공백을 메우고 색온도가 길찾기에 미치는 영향을 탐구하는 데 있다.

2-3. 환경인지도

2-3-1. 용어의 개념

Legibility의 사전적 정의는 “명료하고 읽기 쉬움, 가독성”이며, 건축이나 도시 환경에서 사용되면 건축이나 환경의 물리적 구조와 형태에 대한 사용자의 읽기 쉬운 정도를 의미한다.

본 논문은 용어를 사전적 의미의 2차원 활자나 도형의 “가독성”이 아닌 환경에서의 “선명도”로 통일하고자 한다. 린치(Lynch)는 『도시의 이미지(Image of City)』⁵⁾에서 환경의 선명도를 먼저 언급하였다. 린치는 도시 환경의 시각적 선명도에 주목하고 이를 전체 중 각 부분의 시스템 모델과 인지하기 쉬운 정도로 정의하였다. 린치의 주장에 따르면 도시가 인쇄된 책의 페이지처럼 읽기 쉬운(legible) 일부분의 요소이며 전체 문맥에서 항상 형식화되고 이해하기 쉬운 것이다. 오닐(O'Neill)⁶⁾(1991)은 선명도를 환경의 디자인

4) 유원, 오용균, 포장의 시각적 요소가 소비자의 미각 이미지 판단에 미치는 영향 연구- 캔 맥주 포장의 색채와 패턴을 중심으로-, 멀티미디어학회논문지, Vol.24, No.10, 2021, pp.1449-1460.

5) Lynch, Kevin, The image of the city, Vol.11, MIT press, 1960, pp.2-5.

6) O'Neill, Michael. J., Evaluation of a Conceptual Model of Architectural Legibility, Environment and

특성의 정도라고 하며, 사용자가 건물 내에서 공간 구조의 인지 지도를 효과적으로 이룰 수 있도록 도와 준다. 골리지(Golledge)⁷⁾(1999)는 명료성이 특성이고 사람들이 동선 결책 중의 적절한 단서나 특징을 통해

체계적이고 논리적인 패턴을 쉽게 구성할 수 있게 한다. 앞서 말한 내용을 종합하면, 환경의 선명도는 환경 디자인 특성으로 이해될 수 있고 사용자에게 체계적이고 논리적인 환경 정보를 제공함으로써 사용자가 보다 쉽고 빠르게 인지 지도(cognitive map)를 이룰 수 있게 한다.

2-3-2. 환경 선명도에 대한 평가

콘로이(Conroy)⁸⁾(2001)의 조사에 따르면 환경 선명도에 대한 평가는 사용자의 주관적 평가 또는 공간적 구문을 통해 진행되는 정량적 평가라고 한다. 와이즈먼(Weisman)⁹⁾(1981)은 평면 유형을 기하학적 도형의 설명도로 단순화하고 선호도, 단순성(또는 복잡성), 기억 용이성, 경로 찾기 용이성 등의 항목으로 건축 명료성을 주관적으로 평가하여야 한다고 주장하였다. 그러나 이 방법은 실제 건물에서 느끼는 길찾기의 어려움을 추상적인 그래프로 측정하기가 어렵다. 본 연구에서는 실제 건축공간을 가상공간으로 제작하여 공간에 대한 주관적 평가를 직접 탐색하였다.

3. 연구방법

3-1. 개요

본 연구에서는 참가자가 가상현실 공간 조건 아래에서 직접 조작하고 자유롭게 탐색하며, 각 평면에서 동일한 길찾기 임무를 완료하였다. 그 후 참가자를 대상으로 설문조사를 실시하여 환경의 선명도와 읽기 쉬움을 확인하였다. 동시에 7단계 척도를 사용하여 길찾

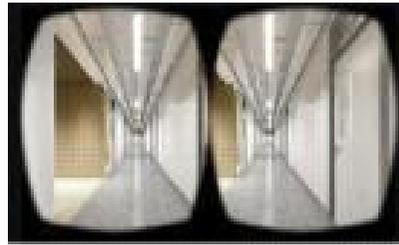
Behavior, Vol.23, No.3, 1991, pp.259-284.

7) Golledge, Reginald G., Way finding behavior, Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1999, p.47.

8) Conroy, Ruth Alison, Spatial navigation in immersive virtual environments, University of London, London, 201, p.31.

9) Weisman, Jerry, Evaluating architectural legibility: Way-finding in the built environment, Environment and Behavior, Vol.13., No.2, 1981, pp.189-204.

기 과정 중의 명료성, 방향감, 기억하기 쉬움, 독특성의 기여도 및 결과에 미친 영향을 평가하였다. 다음(그림 1), [그림 2]와 같다.



[그림 1] 가상공간 실험 사용 장면 I



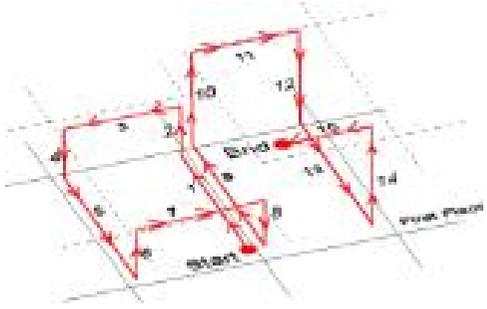
[그림 2] 가상공간 모델 구축

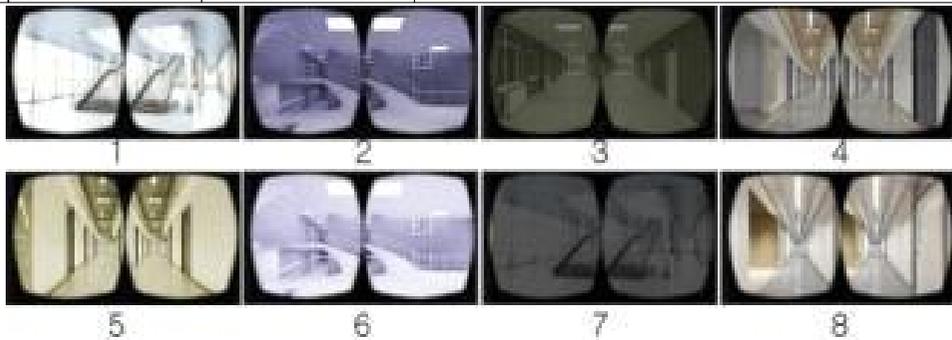
3-2. 실험 환경 및 과정

3-2-1. 피험자

참가자는 모두 동명대학교 2개 학과의 학부생과 대학원생으로 구성되어 있으며, 남성 33명, 여성 33명이고 평균 연령은 24세이다. 실험은 3개의 서로 다른 실험 팀(각 그룹의 성별과 연령에 따라 균등하게 분배함)로 나누어 진행되었다.

[표 1] 가상공간의 시나리오

NO.	공간	미리 설치한 시나리오	기점에서 종점까지의 조사 경로
1	복도 및 계단 연결	고광도 수준	
2	복도 및 계단 연결	한색	
3	외경 복도	저광도 수준	
4	실외 복도	중광도 수준	
5	외경 복도	난색	
6	복도 및 계단 연결	고광도 수준	
7	복도 및 계단 연결	저광도 수준	
8	실외 복도	중성 색	



3-2-3. 모델링 방법

본 연구에서는 3DS Max와 V-Ray 렌더러(Renderer)를 사용하여 조명 색온도 및 조도 수준을 조정하였다. 이것은 과학적으로 광원 환경을 최대한 사실적으로 환원시킬 수 있는 렌더러이다. 가상 장면에서는 다양한 위치의 조명 조건에 따른 판단 효과를 측정하기 위하여 6m마다 공간 블라인드 노드(blind node)를 설정하였다.

3-2-2. 교통 노선의 선택

가상현실 환경에서 건물, 복도 및 외부 경관을 포함하는 복잡한 입체 동선 환경을 구축하였다. 그리고 조명 조건의 통제 가능한 변화를 통해 다른 VE 장면을 만들었다. 아래 [표 1]과 같다.

3-2-4. 실험설정

실험에는 6가지 서로 다른 실험설정이 있지만 조도와 색온도 변수를 각각 제어한다는 점에서 다르다. 실내 공간의 색채는 무채색 그레이스케일(Grayscale)(GRAY) 값 제어 구간에서 유지되어 있으며 모든 실험에서 설정한 조도 수준과 공간 조직은 변동이 없다. 조도 매개변수는 200lx를 기준으로 조정된다. 세 가지 다른 색온도(난색, 한색 및 중성색)와 세 가지 다른 조도 수준을 비교하여 다른 조명 조건(조도

및 색온도)이 가상 환경(VE)의 길찾기 능력에 미치는 영향을 조사하였다. 구체적인 매개변수는 다음 [표 2]와 같다.

[표 2] 가상공간 장면

NO	시나리오	색채	루멘	색온도
1	난색	red	250lx	4000 K
2	중성색	gray	250lx	4000 K
3	한색	blue	250lx	4000 K
4	저광도(低光度) 수준	Gray	10 lx	4000 K
5	중광도(中光度) (250 lx)	Gray	250 lx	4000 K
6	고광도(高光度) (500 lx)	Gray	500 lx	4000 K
7	난색(暖光)	Gray	250 lx	2700 K
8	중성색	Gray	250 lx	4000 K
9	한색	Gray	250 lx	5300 K

3-2-5. 조작 프로그램

본 연구는 디지털 가상현실 설비 조건 아래 진행되었다. 세 그룹으로 구성된 지원자는 헤드셋(headset)을 사용하여 VE 환경에서 장면을 하나씩 체험하고 핸들을 사용하여 인물 움직임을 조작하고 종점 위치를 찾았다. 연구에서는 17.1인치 단일 LED 액정화면을 이용하여 장면 내 화면을 실시간으로 감시하고 제어하였다.

광색 조건의 영향 특성을 확정하기 위하여 세 그룹의 지원자가 서로 다른 광색 조건 아래에서 길찾기 실험을 진행하였다. 참가자는 각 노드에서 자유롭게 이동할 수 있으며 연구자가 테스트와 기록을 하였다. 먼저 각 참가자에게 여기가 미지 공간이라고 설명하였다. 입구에서 3층의 종점까지 각 목의 노드 위치를 자유롭게 이동할 수 있도록 하였다. 실험 과정에서 참가자의 헤드폰을 통해 환경 배경 소음을 재생하여 몰입감을 높였다. 각 공간 노드에서 연구자들은 최종 목적지를 찾을 때까지 선택의 방향, 걸린 시간, 오판 및 망설임 횟수를 기록하였다.

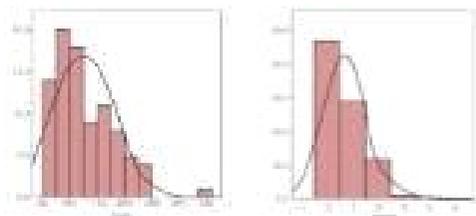
실험은 두 부분으로 나뉘었다. 첫째는 가상현실 장면의 길찾기 실험이다. 둘째, 실험이 끝난 후 참가자들에게 모든 가상공간과 7개의 공간 이미지를 나타내는 장면도 보여주었다. 이 그림은 각각 일광 (5,300K) (R1), 온백색 (2,700K) (R2), 난색 (R3), 고광도 수준 (500lx) (R4), 한색 (R5), 저광도 수준 (10lx) (R6) 및 중성 공간 (중성, 4,000K 및 250lx) (R7) 장면을 나타내는 모든 변수의 평균값을 나타내었다. 그리고 참가자들은 그들이 정확히 기억하는 공간과 대략적인 위치

를 선택한다. 마지막으로, 다양한 색온도 및 조도 (2,700K, 4,000K, 5,300K) 아래 실험참가자의 길 찾을 때와 질문에 답할 때의 표현을 기록하고 비교하여 아래와 같은 요점을 정리하였다. (a) 최종 목적지를 찾는 데 걸리는 시간, (b) 최종 목적지를 찾을 때까지 착오 수, (c) 최종 목적지를 찾는 결정 점수, (d) 최종 목적지를 찾는 과정에서의 망설임 점수, (e) 경로 선택하였다.

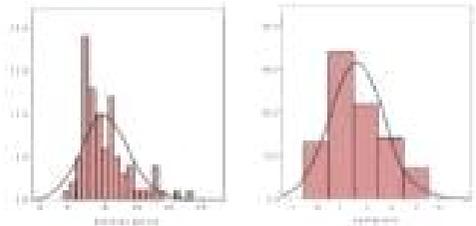
4. 결과 및 분석

4-1. 색온도 및 조도가 길찾기 과정 중 행위에 미치는 영향에 대한 분석

세 가지 가상현실 조건에서 색온도와 조도 조건을 평가함으로써 길찾기 과정에서 사람에게 어떤 물리 조건이 영향을 미치는지 정리하였다. 선행연구를 통하여 가상 환경의 공간인지 연구가 실제 환경보다 더 유익하다는 것을 보여주었는데, 이는 가상 환경이 통제가 용이하고 종속 변수를 신속하게 변경하여 실험과 원인 찾기의 목적을 달성할 수 있기 때문이다.¹⁰⁾ 또한 가상 환경에서 얻는 거리 지각과 방향 지각은 실제 환경에서 얻는 거리 지각과 방향 지각은 다르지만 찾는 과정과 방법은 유사한 것으로 선행연구들이 나타났다. 따라서 가상공간에서 길을 찾는 과정에서 사람들에게 영향을 미치는 요소들을 이해하는 데 도움이 되는 일정한 비교 분석적 가치가 있다. 본 연구는 대규모 실제 환경에서도 조명 조건을 빠르게 변화시킬 수 있는 색온도 및 조도 영향인자를 이용하여 분석함으로써 경로탐색 성능에 영향을 미칠 수 있는 기준을 찾고 다음과 같은 분석을 수행하고자 한다. 색온도와 조도 조건에서 길찾기 행동 과정에서 소모된 시간, 실수 횟수, 결정 횟수, 망설임 횟수, 노선 선택의 장단점을 분석하였다. 분석 결과는 다음 [그림 3]과 같다.



10) Golledge, Reginald. G., Way finding behavior, Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1999, p.47.



[그림 3] 색온도와 조도가 경로 이동과정의 빈도분포

4-1-1. 길찾기 걸리는 시간

길찾기 임무의 시간을 비교하여 3개의 샘플 그룹(색온도: 2700k, 4000k, 5300k)의 길찾기 행위와 최종 목적지에 도달하는 시간을 평가하였다. 두 개 이상의 샘플 그룹 간의 차이를 비교하고 빈도가 비대칭적으로 분포하기 때문에 크루스칼-왈리스 검정(Kruskal Wallistest) 방법을 이용하여 분산(variance) 테스트에 대한 단선적 분석 ($m=125.93$, $std.dev.=53.58$, $n=90$)을 하였다.

그 결과, 색온도가 길찾기 작업에 소요되는 시간에 큰 영향을 미치지 않는다($\chi^2=2.56$, $df=2$, $p=0.27$). 색온도 변수가 차지하는 순위변수(시간소요)의 변화율은 0.02였다. 최단 시간은 50초, 최장 시간은 320초였다.

4-1-2. 길찾을 때 발생한 착오 수

우선 크루스칼-왈리스K-W)분산검정의 단선적 분석을 통해 최종 목적지를 찾는 과정에서 발생한 총 착오 수($m=0.67$, $std.dev.=0.83$, $n=90$)를 평가하였다. K-W 분산 실험은 색온도가 길을 찾는 과정에서 착오가 발생하는 횟수에 미치는 영향은 통계학적 의미가 없다고 밝혔다($\chi^2=0.08$, $df=2$, $p=0.96$).

4-1-3. 길찾는 과정에서의 의사결정 횟수

실험참가자는 가상환경에서 길을 찾는 과정에서 결과에 영향을 미치는 작은 결정점의 수는 5개(보행거리 30m), 큰 결정점 수는 23개($m=10.01$, $std.dev.=3.76$, $n=90$)였다. K-W 분산 테스트에 따르면 색온도가 최종 목적지를 찾는 결정점의 총수에 미치는 영향은 통계학적 의미가 없다고 밝혔다($\chi^2=0.92$, $df=2$, $p=0.62$). 색온도변수가 차지하는 종속 변수(결정점수)의 비율은 0.01이었다.

4-1-4. 길찾기 과정에서 망설임 횟수

우선 길찾기 임무를 완성하는 과정에서의 망설임 점수를 통해 세 가지 샘플 그룹의 최종 목적지를 찾는 망설임 총수를 평가하였다. 망설임 총수는 최종 목적지에 도달할 때까지 설정된 30명의 참가자의 총 망설임 점수를 가리킨다($m=1.64$, $std.Dev=1.14$, $n=90$). K-W 테스트에 따르면 샘플 그룹은 전체 최종 목적지를 찾는 과정에서 확연히 차이가 났다($\chi^2=13.17$, $df=2$, $p=0.00$). 색온도 변수가 차지하는 순위 종속변수(망설임 점수)의 변화 비율은 0.15이고, 따라서 색온도와 망설임 점수 사이에 작은 영향이 있다.

세 그룹 간의 연결을 평가하기 위해 후속 테스트를 진행하여 짝을 이루는 양자 간의 차이를 평가하였다. 만-휘트니 U 검정(Mann-Whitney U test)에 따르면 그룹 1(2,700K 색온도)과 그룹 2(4,000K($z=-2.70$, $p=0.00$) 및 그룹 3(5,300K($z=-3.32$, $p=0.00$)의 사이에서 뚜렷한 차이가 있다. 그러나 그룹 2(4,000K)와 그룹 3(5,300K($z=-1.10$, $p=0.27$) 사이에는 뚜렷한 차이가 없었다. 모든 통계 분석은 조명이 사람들의 길찾기 성능에 상당한 영향을 미친다는 것을 증명하였으며, 이는 4,000K~5,300K CCT 조명 조건의 환경에서 길 찾을 때 덜 망설인다는 것을 증명하였다.

참가자들의 망설임은 “한 번 이상 망설임”과 “망설임이 없음”으로 평가되었다. 실험 세트에서 14%(13명)의 참가자는 한 번 이상 망설이었고 86%(77명)의 참가자는 최종 목적지를 찾는 데 망설이지 않았다. 그룹 3(5,300K 색온도)에서 망설임 참가자가 가장 적었고 그룹 1(2,700K)에서 망설임 참가자가 가장 많았다. 카이제곱 검정(chi-square test)에 따르면 망설임과 색온도 사이에 연관성이 있다($\chi^2 = 9.35$, $df = 2$, $p = 0.00$).

그중 남성 그룹의 경우에는 남성 그룹의 총 망설임 점수 참가자가 최종 목적지를 찾을 때의 15개의 망설임 점수 총수를 가리킨다. 크루스칼-왈리스 검정에 따르면 최종 목적지를 찾을 때 총 망설임 점수에 뚜렷한 차이가 있다($\chi^2=10.38$, $df=2$, $p=0.00$). 색온도가 차지하는 순위 종속변수(망설임 점수)의 변동성 비율은 0.24이다. (즉, 망설임 점수 중 변동성의 24%가 색온도로 설명될 수 있다.)

만-휘트니 U 검정(Mann-Whitney U test)은 그룹 1(2,700K)과 그룹 2(4,000K) ($z=-2.42$, $p=0.01$) 및 그룹 3(5,300K) ($z=-2.82$, $p=0.00$) 사이에 뚜렷한 차이가 있지만 그룹 2(4,000K)와 그룹 3(5,300K) ($z=-1.38$, $p=0.16$) 사이에는 뚜렷한 차이가 없었다고

밝혔다.

연구 결과에 따르면 세 번째 그룹의 총 망설임 점수는 가장 작았고(5,300K 사용) 첫 번째 그룹(2,700K)으로 점차 증가하였다. 모든 통계 분석은 조명이 4,000K 및 5,300K 색온도에서 남성들이 길을 찾는 데 크게 도움이 된다는 것을 증명하였다. 이는 목적지를 찾는 데 남성들이 덜 망설였기 때문이다. 이 결과는 전체 샘플 그룹의 결과와 일치하지만 p값이 달랐다.

테스트 관찰도 “1회 이상 망설임”과 “망설임 없음”으로 나뉘었다. 실험 세트에서 78%(45명 중 35명)의 참가자는 적어도 한 번 망설였으며 22%(45명 중 10명)의 참가자는 최종 목적지를 찾는 데 망설이지 않았다. 세 가지 상황은 망설임에서 현저한 차이를 보였다. 카이제곱 검증(chi-square test)에 따르면 망설임과 CCT 사이에 연관성이 있다($\chi^2=13.37$, $df=2$, $p=0.00$).

여성 그룹의 경우에는 크루스칼-왈리스 검정에 따르면 샘플 여성 그룹은 최종 목적지를 찾을 때 망설임은 점수($\chi^2=4.17$, $df=2$, $p=0.12$)에 뚜렷한 차이가 없었다. 93%(45명 중 42명)의 참가자는 한 번 이상 망설였고, 7%(45명 중 3명)의 참가자는 최종 목적지를 찾을 때 망설이지 않았다. 카이제곱 검증은 여성 그룹의 망설임이 색온도와 뚜렷한 관련이 없다고 밝혔다($\chi^2=0.00$, $df=2$, $p=1.00$). 색온도로 계산된 순위 종속 변수(망설임 점수)의 변화 비율은 0.09였다.

4-1-5. 노선의 선택

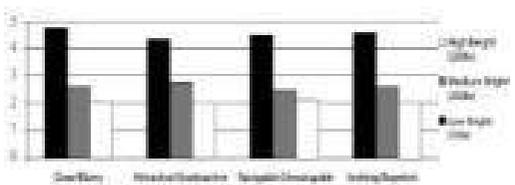
테스트는 최종 목적지를 찾기 위한 긴 또는 짧은 노선에 대한 선택을 평가하였다. 54%(49명)의 참가자는 짧은 노선을 선택하였고, 46%(41명)의 참가자는 긴 노선을 선택하였다. 크루스칼-왈리스 실험 결과에 따르면 색온도가 최종 목적지를 찾는 노선 선택에 큰 영향을 미치지 않는다($\chi^2=1.15$, $df=2$, $p=0.56$). 색상 온도가 차지하는 순위 종속 변수(노선 선택)의 변화 비율은 0.01이었다.

4-2. 색온도 및 조도가 공간 인지에 미치는 영향에 대한 분석

SPSS 24.0을 통해 설문 결과에 대해 통계 및 분석을 하였다. 문제의 내재적 일치성 신뢰성에 대해 분석하였다. 그 결과 선명도 평가항목의 경우 Cronbach=0.922, 색채 기어도 평가항목의 경우 Cronbach=0.967로 결과가 매우 높다.

[표 3] 조도 수준이 평균치, 표준차, 차이값에 영향 결과

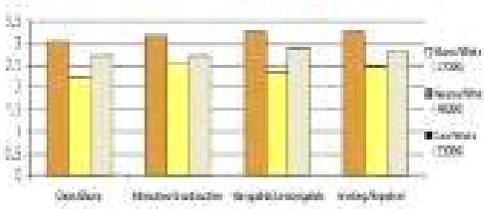
평가 척도	저조도((10lx)			중조도(250lx)			고조도(500lx)		
	M	SD	HG	M	SD	HG	M	SD	HG
뚜렷함/모호함	4.52	0.63	C	2.23	0.79	B	1.92	1.12	A
독특함/독특하지 않음	4.22	1.19	C	2.66	0.83	B	1.95	1.00	A
방향 감각 있음/방향 감각 없음	4.31	1.02	C	2.23	0.89	B	2.11	1.02	A
기억하기 쉬움/기억하기 쉽지 않음	4.28	1.00	C	2.31	0.93	B	1.86	1.01	A



[그림 3] 명도가 참여자 감지 판단에 미치는 영향

[표 4] 색온이 평균치, 표준차, 차이값에 영향 결과

평가 척도	난색(2,700K)			중성광(4,000K)			한색(5,300K)		
	M	SD	HG	M	SD	HG	M	SD	HG
명확함/모호함	3.11	1.07	B	2.9	0.7	A	2.3	1.4	B
흡인력 있음/흡인력 없음	3.19	1.21	B	2.51	0.8	A	2.9	1.3	A-B
길찾기가 쉬움/통행하기가 쉽지 않음	3.30	1.23	C	2.29	0.8	A	2.7	1.3	B
우호적임/비우호적임	3.29	1.35	B	2.46	0.8	A	2.8	1.3	A-B



[그림 4] 색온이 참여자 감지 판단에 미치는 영향

4-3. 조도가 공간 인지(길찾기)에 미치는 영향

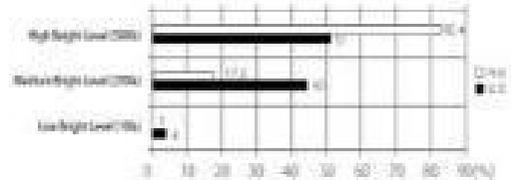
세 가지 광도 등급(10lx, 250lx, 500lx)을 평가는 종속변수와 동질성 그룹의 형용사에 대한 평균 및 표준 차이 값은 [표 10]과 같다. 일원배치분산분석(ANOVA) 테스트를 이용하여 공간 내 세 가지 광도 수준에 대한 참가자의 감지 차이를 테스트하였다. 그 결과에 따르면 모든 차이 항목의 종속변수의 명확함/모호함($F=267.10$, $df=2$, $P=0.00$), 흡인력이 있음/흡인력이 없음($F=140.88$, $df=2.00$, $P=0.00$), 길찾기 쉬움/길찾기 쉽지 않음($F=158.75$, $df=2$, $P=0.00$), 친화력이 있음/친화력이 없음($F=178$, $df=2$, $P=0.00$), 차이($p<0.05$)는 통계학적 의미가 있다.

공간의 세 가지 광도 수준에 대한 참가자의 감지 평가 간의 차이는 [그림 9]와 같다. 이러한 결과에 따르면, 다른 조도 수준(250lx 및 500lx)에 비해 참가자들은 낮은 조도(10lx)를 부정적으로 감지할 것이다. 고조도 수준(500lx)이 다른 수준보다 더 긍정적인 것으로 간주된다. 이러한 결과에 근거하여 우리는 조도 수준이 상승함에 따라 참여자에 대한 감지 평가도 긍정적인 방향으로 증가한다는 것을 알 수 있다.

3가지 상관 색온도(2,700K, 4,000K, 5,300K)와 균일성 그룹의 종속변수를 평가하는 형용사가 평균값과 차이값이 [그림 4]와 같다. 다변량 분산 분석(MANOVA) 테스트를 이용하여 참가자와 공간 중의 3가지 색채 온도에 대한 감지 사이의 차이를 테스트하였다. 그 결과 모든 의미차별 항목 방면에는 종속변수가 명확함/모호함($F=15.54$, $df=2$, $p=0.00$), 흡인력이 있음/흡인력이 없음($F=7.75$, $df=2$, $P=0.001$), 길찾기가 쉬움/길찾기가 쉽지 않음($F=17.84$, $df=2$, $P=0.00$), 친화력이 있음/친화력이 없음($F=9.63$, $df=2$, $P=0.00$), 차이(차이 수준 $P<0.05$)는 통계적학적 의미가 있다.

[그림 5]와 같이 상관 색온도에 대한 참가자의 지각 평가가 매우 유사하다. 그러나 중성 백색(4,000K) 색온도는 다른 색온도보다 더 적극적이라고 할 수 있다.

따라서 난백색(暖白色)(2700K)(낮은 상관 색온도)은 분명히 역상관 관계를 나타냈고, 중성백색(4,000K)(중간 상관 색온도)은 모든 변수에서의 표현은 정상관 관계를 나타냈다. 이 결과에 따르면, 색채 온도와 참가자의 감지 평가 사이에 이러한 선형 관계가 없다. 매개체와 상관되는 색채 온도가 가장 긍정적인 것으로 간주하기 때문이다. 따라서 상관 색온도의 상승과 참가자의 적극적 감지 평가 사이에는 선형 관계가 없다. 상술한 비를 종합하면, 다른 상관 색채 온도에 비하면 매개체와 관련된 색온도가 가장 긍정적인 감지 평가이다. 역 U자형 분포를 보였다.



[그림 5] 성별로 구분된 광도 수준 선호

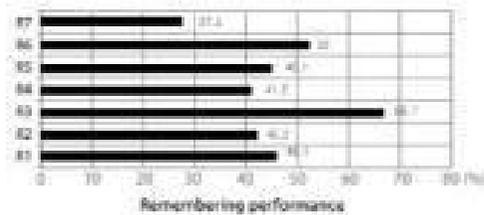
4-4. 성별에 따라 구분된 광도 등급 선호

일원배치분산분석(ANOVA)법을 이용하여 참가자의 성별에 따라 구분된 조도 수준 선호도를 테스트하였다. $p<0.001$ 이면 성별에 따른 선호도는 통계적으로 뚜렷한 차이가 있었다($F=13.10$, $df=1$, $P=0.00$). 그러나 세 가지 실내조도와 세 가지 색온도 사이에는 $p<0.05$ 수준에서 통계적으로 뚜렷한 차이가 발견되지 않았다. [그림 5]와 같이 여성 참가자는 낮은 광도 수준(10lx)을 좋아하지 않았다. 반면 대부분(82.4%)의 여성 참가자는 높은 광도 수준(500lx)의 공간을 선호하였다. 남성 참가자의 경우에는 높은 광도에 대한 선호도(51%)와 중간 광도에 대한 선호도(45%)는 거의 일치한다. 이에 근거하여 성별 간의 공간 지각에 차이가 있다는 결론을 내릴 수 있다.

4-5. 색채 및 광선이 기억에 미치는 영향

마지막으로, 연구 참가자들은 기억을 되살리는 데 도움이 되는 요인에 대해 간략하게 설명하도록 요구받았다. [그림 10]과 같다. 난색 공간(R3)은 틀림없이 66.7%의 속도로 기억되고 있다. 참가자들이 이 공간을 기억하는 이유에 대한 설명을 조사한 결과 벽의 색채와 공간 색채 등 요소가 선택의 가장 중요한 이유인 것으로 나타났다. 이 공간 기억에 대한 해석에는 “복도

끝의 붉은 계단'이라는 단어가 포함된다. 따라서 공간에서 난색을 사용하는 것은 사람들이 공간을 더 쉽게 감지하는 데에 도움을 줄 수 있다. 참가자가 저광도 수준(R6)의 공간을 기억하는 비율은 52%였고, 한색 공간(R5)의 기억률은 45.1%에 불과하였다. 모든 기억 수준이 가장 낮은 공간은 모든 변수(중성 색채, 250lx 및 4,000K)의 평균값이 있는 공간이며, 이는 중성 배색 방안이 있는 공간(R7)이다.



[그림 6] 참가자 기억에 미치는 영향

5. 결론 및 제언

본 연구에서는 길찾기 및 조명 연구의 공백을 메우고 가상 환경에서 색온도 및 조도 조건이 길찾기 과정에서 미치는 작용과 영향을 분석하고자 한다. 연구결과에 따르면 다음과 같은 결론을 도출할 수 있다.

첫째, 비교를 통해 중성색 광원 환경 및 한색 광원 환경에 비해 난색 광원의 조건 아래 가상 환경의 흡인력과 기억 효과가 더 높다. 그러나 한색 환경 및 중성색 환경에 비해 난색 광원 조도는 길을 찾는 데 걸리는 시간을 연장할 것이고 망설임 횟수를 늘릴 것이다. 또한 한 공간에서 난색을 사용하는 것이 이후의 추억에 도움이 된다는 연구 결과가 가져왔다. 즉, 난색의 가상 환경 조명 조건은 흡인력과 기억력의 우세를 지니고 있지만 한색은 더 큰 통행 효율의 우세하다. 따라서 본 연구의 주요 결론은 색온도가 낮은(난색) 조명환경이 효과적인 길찾기 표지로 사용될 수 있고 높은 색온도(한색)이 광범위적으로 사용되는 공간 조명 조건이 길찾기 및 통행 효율을 높이는 데 도움이 된다.

높은 색온도(차가운 색)를 사용하는 공간 조명 조건이 길찾기 및 통행 효율에 더 도움이 되는 것으로 간주한다는 것이다.

둘째, 본 연구의 결과에 따르면 아래와 같은 결론을 알 수 있다. 광속 수준이 낮으면(10lx) 가상환경에 대한 공간적 인지도가 가장 낮고 가장 부정적이다. 또한

광속 수준이 높아지면서 그에 따라 공간 인지도도 높아지고 더 긍정적이다. 가상공간의 방향감각과 길찾기 능력을 높이는 데 도움이 된다. 광속 수준에 대한 선호도가 성별과 관련이 있는 것이 밝혀졌다. 여성 참가자가 높은 광속 수준의 공간을 더 좋아한다.

다양한 색온도와 조도 조건 아래 가상공간의 환경을 비교하면 조명 조건이 사람들의 공간 인지 능력과 길찾기 능력에 일정한 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 환경 인지도를 평가할 때 길찾기 경로의 복잡성이 큰 영향 요인이지만 다양한 조명 조건의 설정과 조합 실험의 결과에 따르면 사람들의 공간 기억 및 위치 판단에 영향을 미치는 것이 사실 특별한 위치의 색온도 및 조도 변화라고 한다. 이것은 사실 인간의 인지하고 기억하는 과정의 특수성이기도 하다.

전체적으로 말해서 본 연구는 본 연구의 결론을 기반으로 가상 환경에서 높은 색온도 및 높은 광속이 사람들이 공간적 위치를 더 잘 확정하고 환경 인식의 주관적 판단을 향상하게 시키는 데 도움이 될 수 있음을 증명할 수 있다. 그리고 색온도가 낮은 조건의 랜드마크(landmark) 위치와 결부시켜 가상공간의 가독성을 향상시킨다. 이러한 수단들은 가상공간에서의 길찾기 효율성을 높이고 및 환경인지 문제를 효과적으로 해결하는 방법으로 활용될 수 있다. 가상 디지털 수단의 실제 공간에 대한 데이터 시뮬레이션에도 사용되어, 실제 공간 환경에서 사람들이 공간을 인지하고 길찾기의 효율성을 높이는 데 시뮬레이션 및 참조를 제공할 수 있다.

본 연구에서는 가상 환경에서 색온도 및 광속이 실내 길찾기에 미치는 영향을 평가하였다. 색온도, 광속, 가상공간 위치 변수의 유형, 대소(大小), 강도를 조합하고 제한하여 실험설계를 한다. 그러나 공간 환경 속의 색채, 재료 및 기타 요인의 영향은 고려되지 않았다. 향후 연구에서는 더 복잡한 환경 요인과 결합해 더 현실에 가까운 환경 조건에서 다양한 요인이 인체에 미치는 영향을 탐구하여야 한다.

참고문헌

1. 후쿠다 쿠니오 저, 색채조화론, 이재성·백민아 역, 계명대학교 출판부, 2016.
2. 민영희, 하미경, 실내색채계획이 가상공간의 인지도 형성에 미치는 영향, 한국실내디자인학회

- 추계학술발표대회논문집, 2018, Vol.20, No.2.
3. 송영민, 환경심리학 관점의 색채연구 특성에 관한 분석. 한국색채학회논문집, 2013, Vol.27, No.1.
 4. 박혜경, 최인영, 보건의료 색채환경을 위한 색채 의식 및 선호 경향 연구, 한국실내디자인학회논문집, 2016, Vol.25, No.2.
 5. 유신영, 건축평면구조가 건물이용자의 형태에 미치는 영향에 관한 연구-건물 내 길찾기와 건축적 명료도를 중심으로, 대한건축학회논문집, 1996, Vol.12, No.6.
 6. 박혜경, 오지영, 정무린, 국내 대형종합병원 색채환경 특성분석, 한국색채학회논문집, 2016, Vol.30, No.2.
 7. 박현수, 이찬수, 장자순, LED 조명색상이 정서자극의 평정과 재인에 미치는 효과, 감성과학, 2011, Vol.14, No.3.
 8. 추진, 유보현, 빛의 생리작용 이론에 근거한 감성조명 적용에 관한 연구, 기초조형학연구, 2011, Vol.12, No.3.
 9. 오훈성, 최승담, 테마파크의 시설배치유형이 길찾기 난이도에 미치는 영향 -가상현실공간기법의 적용-, 관광학연구, 2013, Vol.37, No.6.
 10. 유원, 오용균, 포장의 시각적 요소가 소비자의 미각 이미지 판단에 미치는 영향 연구 - 캔 맥주 포장의 색채와 패턴을 중심으로 -, 멀티미디어학회논문지, 2021, Vol.24, No.10.
 11. Lynch, Kevin, The image of the city, 1960, Vol.11, MIT press.
 12. O'Neill, Michael. J., Evaluation of a Conceptual Model of Architectural Legibility, Environment and Behavior, 1991, Vol.23, No.3.
 13. Weisman, Jerry, Evaluating architectural legibility: Way-finding in the built environment. Environment and Behavior, 1981, Vol.13, No.2.
 14. Golledge, Reginald. G., Way finding behavior, Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1999.
 15. Conroy, Ruth Alison, Spatial navigation in immersive virtual environments, University of London, London, 2001.