

컴퓨터 모니터와 혼합현실기기의 3차원 이미지 인지 효과 비교 연구

A Comparison of the Cognitive Effect of Three-dimensional Images on a Computer Monitor and a Mixed Reality Device

최성진¹⁾, LIU, SHU-JUN²⁾
Choi, Sung-Jin¹⁾ · Liu, Shu-Jun²⁾

Received October 17, 2023; Received October 26, 2023 / Accepted November 01, 2023

ABSTRACT: The educational benefits and potential of XR as a new medium are well recognized. However, there are still limitations in understanding the specific effects of XR compared to the more widely utilized representation of images on computer monitors. This study therefore aims to demonstrate the differences in effectiveness between the two technologies and to draw implications from a cognitive comparison of three-dimensional objects represented on a flat surface and virtually. The study was conducted a quantitative research method with an experiment involving two independent groups, and the results were tested using regression analysis. The results showed that for low-level, two-dimensional objects, the computer monitor method may be more effective, but above a certain level of complexity, the effectiveness of learning through the monitor tends to decrease rapidly. On the other hand, the group that used extended reality technology showed relatively high comprehension compared to the monitor group even as the complexity increased, and in particular, unlike the monitor group's rapidly decreasing comprehension level, the extended reality technology group showed a trend of decreasing comprehension with the level of complexity, suggesting the potential for compatibility and predictability in the use of technology.

KEYWORDS: Mixed Reality, Mixed Reality Device, Hololens, Three-Dimensional Image, Computer Monitor

키워드: 혼합현실, 혼합현실기기, 홀로렌즈, 3차원 이미지, 컴퓨터 모니터

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

90년대 말, 건축과 도시설계 분야에서 로트링 펜과 마커펜으로 직접 그려진 도면과 조감 스케치가 키보드와 마우스를 활용한 컴퓨팅 툴로 대체되면서 도면 수정과 작업 속도, 정보 저장과 작업물의 공유 등 설계 작업의 유용성과 효율성이 크게 증대되었다. 비록 당시에는 더 정확한 도면 독해와 3차원 공간을 이해하기 위해서는 직접 손으로 그려보는 것이 더 효과적이라는 의견도 실무자 사이에서는 있었지만 20여 년이 지난 현재, 컴퓨터 그래픽은 도시와 건축 설계자의 가장 대중적인 설계 접근법으로 자리 잡았다.

게다가 근래에는 도시재생특별법, 마을만들기, 농촌공간재구조화법 등 주민참여가 제도적으로도 사업 과정에서 필수 절차

로 자리를 잡음에 따라 3차원 컴퓨터 모델링은 이 기술에 익숙하지 않은 주민들에게도 다양한 지역 공간, 건축 등의 정보를 전달하는 핵심 수단이 되었다. 문제는 주민참여 과정에서 3차원 모델링 정보가 설계자가 의도한 대로 항상 정확히 주민들에게 전달되는 것은 아니라는 것이다. 본 연구자의 경험에 비춰보면 어떤 주민은 컴퓨터 작업 결과물을 보면서 공간감이나, 입체감을 정확히 인지하는 데 어려움을 겪었고, 어떤 주민은 제공된 3차원 정보에 대해 나중에 수차례 재질문하거나 본 적이 없다고 응답하기도 하였다. 이는 결국 불필요한 사업 갈등을 일으키는 원인이 되기도 하였다.

이런 문제 발생은 컴퓨터 작업 결과물에 익숙하지 않고 도면의 독해 학습이 이루어지지 않은 원인도 있었겠지만, 그 이전에 설계자는 3차원 물체를 자유롭게 다각도의 면을 확인하면서 제작하지만, 그 결과물은 화이트보드에 주사된 화면이나 평평한

¹⁾정회원, 원광대학교 도시공학과 부교수 (treejin11@wku.ac.kr) (교신저자)

²⁾학생회원, 원광대학교 도시공학과 석사과정 (5695420138@163.com)

컴퓨터 모니터, 또는 인쇄된 종이 같은 2차원의 면을 통해 전달 되기 때문에 2차원으로 프린팅된 3차원 물체를 입체의 객체로 변환해야 하는 인지 과정이 요구되고 이 과정이 익숙하지 않거나 미숙한 사람들에게는 3차원 정보가 정확히 전달되지 않게 되는 것이다.

최근에는 기술이 더욱 발전하여 가상현실(VR, Virtual Reality), 증강현실(AR, Augment Reality), 혼합현실(MR, Mixed Reality)로 불리는 확장현실기술(XR, eXtended Reality Technology) (Tu et al., 2023)을 활용하여 3차원 물체를 포함한 다양한 정보를 보다 실재감 있는 형태로 전달할 수 있게 되었으며, 이들 기술의 교육적, 인지적 등의 효과성을 입증하는 많은 연구가 진행되어 왔다(Alhalabi, 2016; Suh, 2015). 그리고 관련한 연구들을 통해 이 기술의 교육적 기능과 정보 전달의 새로운 매체로서 잠재력 등이 강조되어 왔다(Kim et al., 2022). 구체적으로 이들 연구는 새로운 기술의 효과를 측정하고 원인을 밝혀왔는데 주로 도시설계, 의료교육, 공학교육, 전시관 등 매우 구체적인 사례연구를 통해 수행되었다. 하지만 선행의 연구들을 통해 기존의 기술과 새로운 기술의 접근법이 구체적으로 그것을 인지하는 사람들에게 어느 정도의 차이를 보이는지, 또는 동일 대상물 비교를 통한 정보 전달의 효과를 확인하는 데에는 한계가 있었다.

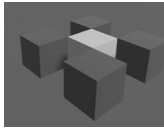

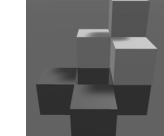
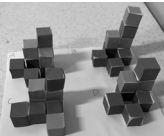


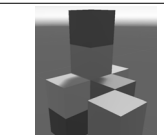

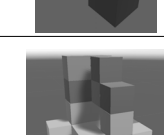
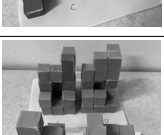
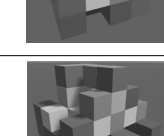
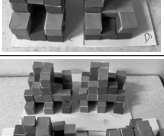
현실적으로 3차원 물체의 정보가 전면 확장현실기술로 구현되지 않는 한, 컴퓨터 모니터 등의 2차원적 평면을 통한 정보 교류는 지속할 수밖에 없는데 이는 앞으로 정보의 종류와 양에 따라 두 기술 중 선택하거나 혼합 사용을 고려해야 하는 상황에서 기술적 접근법을 선택하기 위한 지표가 요구됨을 시사한다. 따라서 본 연구는 평면에 구현된 3차원 물체로서 컴퓨터 모니터 상의 사진 이미지와 가상에 구현된 3차원 대상으로서 혼합현실 기기에 구현된 가상의 3차원 이미지 간에 사람들이 그 모형을 얼마나 인지하였는지 비교하여 두 기술 간 효과의 차이를 입증하는 데 목적을 두었다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 독립된 두 개의 그룹을 대상으로 하는 실험을 통한 양적 연구 방식을 따른다. 연구자가 직접 설계한 다양한 정보를 가진 3차원 모델링을 활용하여 혼합현실기기를 사용하는 실험군과 컴퓨터 모니터의 비교군으로 나누어 실험을 진행하고 그 결과를 측정 비교할 것이다. 실험을 위한 기기는 마이크로소프트(Microsoft, 이하 MS)사의 홀로렌즈 2(Hololens 2)를 사용하였다. 혼합현실기기는 다양하지만, 홀로렌즈 2를 실험기로 선택한 이유는 조작에 있어 리모컨 등의 사용 없이 손가락 같은 신체를 사용하여 몰입감과 상호작용에서 가장 유리할 것이라는 판단이 있었으며 MS가 제공하는 개방 플랫폼의 개발환경이 실험을 위한 프로그램 제작에 용이하였기 때문이다.

구체적인 실험방법은 다음과 같다. 우선, 색깔, 블록의 개수, 모양이 다른 3차원 모델을 난이도별로 총 6단계(Difficulty)로 구축하였다. 단계별 모형을 비교군은 일반적으로 시민들이 많이 접하는 정면 1개, 조감 1~2개, 배면 1개의 사진을 컴퓨터 모니터로 1분간 관찰하고, 실험군은 홀로렌즈 2를 통해 1분간 관찰하게 하였다. 단, 실험군의 모든 참여자는 홀로렌즈 2를 처음 접하였기 때문에 기기를 사용하는 방법에 대한 사전 교육을 시행하여 관찰에 있어 기기 사용 미숙으로 인한 데이터 오류가 발생하지 않도록 하였다. 최대한 동일한 모형의 구현과 현장에서 주민들이 주로 몇 개의 조감도를 통해 3차원 공간을 보는 점을 고려하여 우선, 3D Sketch-up으로 만들어진 3차원 모형을 유니티를 이용하여 3차원의 객체로 다시 변환하였다. 이는 홀로렌즈 2는 콘텐츠 제작 과정에 유니티 등의 프로그램을 통한 제작 과정이

Table 1. Image examples for experimentation

Difficulty	Numbers of blocks	Numbers of colors	3D computing model	Physical mock-ups
1	5	2		
2	8	3		
3	11	4		
4	14	5		
5	17	6		
6	20	7		

※ 난이도(Difficulty)는 숫자가 높아질수록 일정 비율로 색상 수, 블록의 개수, 모양에서 복잡성이 일정 비율로 증가함.

요구되기 때문이었다. 홀로렌즈 이용자는 유니티를 통해 만들어진 3차원 객체를 조작할 수 있게된다. 다음으로 유니티의 객체로부터 몇 개의 조감뷰를 잡아 JPG 이미지로 변환하였다. 이 JPG 이미지는 컴퓨터 모니터 실험을 위한 것으로 사용되었으며 3차원의 가상 객체로 변환한 이미지는 홀로렌즈 2를 사용하는 실험군을 위한 용도로 사용하였다. 이로써 두 그룹은 동일한 객체 이미지를 관찰하게 된다.

그리고 관찰한 이미지의 이해도를 측정하기 위해 각 난이도에 따라 3차원 모형을 실제로 제작하였다(Table 1). 이때, 단계별로 조금씩 모형을 다르게 4개씩 제작하여 관찰자들에게 30초 안에 4가지 중 관찰한 것과 같은 모형을 선택하게 하였다. 그리고 관찰자 스스로는 어느 정도로 인지하였는지, 보다 구체적으로 그 효과를 비교 입증하기 위해 응답의 확신도를 5점 척도로 평가하는 설문을 병행하였다. 최종적으로 측정한 결과값은 회귀 분석을 통해 데이터의 유의성을 판별하고 시사점을 도출하였다.

2. 선행 연구 고찰

연구의 방향과 연구 방법, 그리고 분석의 틀을 마련하기 위해 본 연구가 비교 연구를 통한 확장현실기술(eXtended Reality Technology, XR)의 효과를 밝힌다는 관점에서 관련한 선행 연구를 탐색하였다. 선행 연구는 구체적 주제 또는 연구 대상에 따라 확장현실기술의 사례연구, 인지와 지각에 관한 연구, 그리고 효과에 관한 연구로 분류될 수 있었다.

사례연구는 어린이 박물관, 안전 체험관, 전시관 등에서 사용되는 확장현실기술의 효과적 이용을 위한 콘텐츠 디자인을 제시하였으며, 연구 과정에서 확장현실기술이 가지는 몰입감과 상호작용의 긍정적 효과가 강조되고 있었다(Table 2).

Table 2. Research on the cases for XR

Researcher	Key idea
Chen and Lee (2023)	Using a children's museum as an example, it proposes an educational content design that uses augmented reality technology to make education more interactive.
Choi and Chang (2018)	Identified the need for mixed reality technology to enhance the educational effectiveness of safety experience centers and emphasized the importance of increasing the sense of reality and immersion in its use.
Suh (2015)	Through the example of an exhibition hall, it proposed a technique for creating augmented reality contents to increase image recognition rate.

Burdea and Coiffet (2003)은 가상현실이 가지는 특징을 'Three I'(Interaction (상호작용), Immersion (몰입), Imagination (상상))로 설명한다. 이 세 가지의 특징이 인지와 지각 관점에서의 선행 연구에서 매우 잘 드러나는데 특히 가상의 공간에 물체를 구현하는 확장현실기술은 실재감(Presence)이 이들 특성을 더욱 부각하는 요인이 되며 그 결과, 현실 공간과 가상의 공간을 가장 현실감 있게 결합하는 혼합현실기술(MR)은 확장현실기술 중 가장 높은 수준의 인지와 지각 작용에 관계하고 정보의 인지도도 더 쉽게 이루어지게 하는 것으로 밝혀졌다(Table 3).

Table 3. Research on cognition and perception in XR

Researcher	Contents
Lee (2022)	Evaluate mixed reality research from an ecological perceptual perspective rather than a technical and economic one, and study the possibilities and limitations of the technology as a new media.
Hong and Choi (2022)	Reveal positive impacts of a sense of presence in augmented reality contents on the user experience.
Joo and Lee (2021)	Pointed out the need for research on three-dimensional depth perception cues to reduce distortions in three-dimensional visual perception.
Lee (2017)	Virtual reality technology, where the virtual and the real coexist, can be included in the third generation of cognitivism, with the potential for new technologies to evolve into embodied cognition.
Lee and Bae (2013)	Argues that space in augmented reality is a dual space that exists as a mental world rather than a material world.

확장현실기술의 효과에 관한 연구는 초등학교부터 대학교에 이르는 다양한 연령층과 의료, 기계, 도시 등 여러 분야에서 실증을 통해 이루어졌다. 이들 연구는 확장현실기술의 교육적 성취 효과를 명확히 하였으며 특히 Kim and Yang (2021)의 연구는 도시설계에서 VR을 사용한 집단이 공간적 요소를, 오토캐드와 스케치업을 사용한 집단은 면적 요소를 더 중시하는 차이를 밝혀 단순한 성취 효과를 넘어서 기술의 대조적인 영향 결과를 설명해주었다(Table 4).

선행 연구는 공통으로 컴퓨터 사용 학습에 비해 확장현실기술을 활용한 교육의 더 높은 성취 효과를 설명하고 있으며, 그 원인을 확장현실기술이 가지는 몰입, 상호작용, 상상, 현존감에서 찾고 있다. 그리고 실증 연구에 바탕을 둔 경우가 많았으며, 그 결과는 T 검정 등 통계적 검정을 통해 유의성을 판정하였다. 다만, 연구 배경에서 밝혔듯이 확장현실기술의 성취적 효과는 증명되었지만, 현재 대중적으로 사용되는 평면에 구현된 3차원

Table 4. Research on effects of XR

Researcher	Contents
Kim and Yang (2021)	Demonstrated the educational effectiveness of virtual reality technology in architecture and urban design. The group that used VR emphasized the sense of space and showed higher levels of attention and satisfaction.
Lee et al. (2018)	Virtual reality learning content has been shown to have a higher retention rate in the long term than non-virtual reality learning content.
Alhalabi (2016)	Education in VR has been shown to significantly increase student learning, and the immersive nature of the experience reinforces this.
Huang et al. (2013)	Positive educational acceptance of VR in medical education. Three-Dimensional VR develops learners' spatial perception. However, it requires information and system learning experiences that are easy for learners to use.
Suh (2008)	Presence is not a direct determinant of academic achievement, but it is an antecedent of it. Attitudes toward usability also impacted academic performance.

물체와 확장현실기술의 학습 효과의 차이가 구체적으로 비교 연구된 사례는 극소수였으며 그마저도 특수 전공의 비교 데이터만 실증되었을 뿐이었다. 이런 연구 현황은 컴퓨터 모니터와 확장현실기술이 병행되고 있는 상황에서 효과적 기술 선택에 제한적 정보를 제공하게 된다. 이에 본 연구는 보다 일반화할 수 있는 비교 연구 데이터를 구축하고자 하였으며, 연구 방법론에 있어 선행 연구와의 연속적 논의의 선상에서 동일한 실증적 연구 방법론을 택하였다.

3. 블록 모형을 활용한 비교 실험

3.1 컴퓨터 모니터와 홀로렌즈를 통한 3D 물체 학습 비교 실험: 정답 비율

연구 방법과 Table 10에서 설명한 기준에 따라 대학생 31명이 비교군으로서 실험에 참여하였다. 각 학생은 컴퓨터 모니터에 구현된 3차원 물체를 각 1분 동안 관찰하고 실제로 제작된 4가지의 다른 형태와 색채를 가진 모형 중 관찰한 컴퓨터 모델과 동일한 것을 찾도록 하였다. 실험은 모형 난이도에 따라 총 6단계(Difficulty)로 나누어 연속적으로 진행되었다. 같은 방법으로 비교집단과 독립된 실험집단 34명이 홀로렌즈를 통해 실험에 참여하였다.

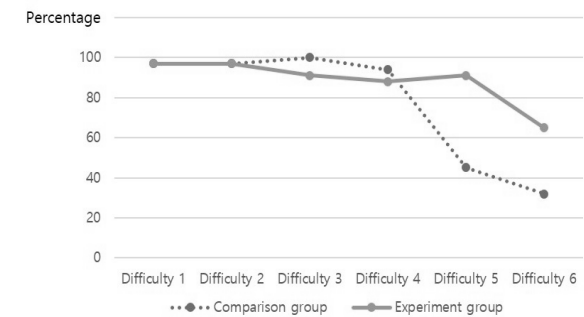
6단계의 모형구성의 특징은 다음과 같다. Difficulty 1~2에 해

당하는 모형은 연구 실험에 참여하는 집단의 3차원 공간 이해력에 대한 객관성을 얻기 위하여 설계된 것으로 작은 정보량과 상대적으로 가장 쉬운 난이도로 구성되었다. Difficulty 3~4에 해당하는 모형은 정보의 양과 난이도에서 중간 그룹에 해당하며, 가장 난이도가 높은 결괏값과의 비교 및 참여자의 실험 학습 과정으로서 본 연구가 본래 의도하는 표적 실험단계인 Difficulty 5~6의 연구 실험 신뢰도를 높이기 위해 설계되었다. 참여자는 Difficulty 1~4를 거치며 3차원 물체의 이해와 설문 형식을 학습하게 됨으로써 학습 속도와 새로운 환경의 적응에 대한 개인차가 줄어들게 되며, 그 결과 표적 실험의 정확도는 높아지게 될 것이다. 마지막 단계인 Difficulty 5와 6은 가장 많은 정보의 양과 난이도를 가진 구간으로써 본 연구가 진짜 의도하는 실험이 진행되는 단계이다.

실험 결과는 다음과 같다(Table 5, 6). 우선, 두 그룹 모두 Difficulty 1~2에 있어 97%에 해당하는 높은 적중률을 보여 두 이미지에 대한 객관적 실험 환경은 인정되었다. Difficulty 3~4에서는 Difficulty 1~2에 비해 감소하는 경향이 나타나기는 했지만, 그 차이가 매우 미미하였다. 정답률은 근소하지만, 비교 그룹이 더 높았는데 이것이 정보가 작은 경우 컴퓨터 모니터 상의 3차원 이미지가 더 효과적임을 반영하지는 않는다. 그 이유는 본인이 내린 정답에 대해 얼마나 확신하는지를 설문한 결과에서

Table 5. Results of an experiment comparing 3D object learning with a computer monitor and the Hololens 2: percentage of correct answers

	Difficulty 1	Difficulty 2	Difficulty 3	Difficulty 4	Difficulty 5	Difficulty 6
Comparison group (% n = 31)	97	97	100	94	45	32
Experiment group (% n = 31)	97	97	91	88	91	65



※ 비율은 소수점 첫째 자리에서 반올림한 값임.

Table 6. Results of an experiment comparing 3D object learning with a computer monitor and the HoloLens 2: percentage by response numbers

PC monitor : comparison group (% , n = 31)						
	Difficulty 1	Difficulty 2	Difficulty 3	Difficulty 4	Difficulty 5	Difficulty 6
Answer A	97 (V)	97 (V)	0	94 (V)	3	26
Answer B	0	3	0	6	45 (V)	32 (V)
Answer C	0	0	0	0	19	19
Answer D	3	0	100 (V)	0	32	23
Hololens 2 : experiment group (% , n = 34)						
Answer A	97 (V)	97 (V)	0	88 (V)	0	12
Answer B	0	0	0	0	91 (V)	65 (V)
Answer C	3	0	9	3	0	15
Answer D	0	3	91 (V)	9	9	9

※ (V): Correct answer.

는 다른 양상이 나타났기 때문이다. 이 실험이 목적으로 하는 Difficulty 5~6에서는 두 그룹 간의 차이가 명확하였다. 모니터로 3차원 정보를 접한 비교 그룹은 45%(Difficulty 5), 32%(Difficulty 6)로 정답률이 급격히 감소하는 반면, 실험그룹은 Difficulty 5에서도 91%라는 높은 정답률을 보여주었고, Difficulty 6의 65%도 비교 그룹의 두 배에 해당하는 수치였다(Table 5).

4개의 정답에 응답한 세부 수치 비교(Table 6)는 한 가지 더 흥미로운 사실을 보여준다. 가장 높은 난이도의 경우, 비교군은 A~D 각각의 정답률에서 분산 30.0, 표준편차 5.5(소수점 둘째 자리에서 반올림)을 보인 반면, 실험군은 분산 708.25, 표준편차 26.6(소수점 둘째 자리에서 반올림)으로 상당한 차이가 나타났는데 이는 모니터 상의 물체에 대해 실험 참가자는 정확한 정보를 얻기 어려웠으므로 정답이 고르게 분산됐지만, 홀로렌즈로 관찰한 그룹은 상대적으로 객체에 대한 이해도가 높아 정답에 좀 더 수렴한 것으로 해석할 수 있다.

3.2 컴퓨터 모니터와 홀로렌즈를 통한 3D 물체 학습 비교

설문: 정답에 대한 확신도의 비율

본 실험 응답은 실제 모형과의 대조를 통한 객관식 문항을 구성하였는데 이 방법은 본인이 이해하고 있는 3차원 이미지 표현에 대한 숙련도 차이에서 발생하는 오류를 제거할 수는 있지만 잘 몰랐거나 애매한 경우더라도 임의로 선택한 문항이 정

답으로 채택되어 실험 결과를 왜곡할 수 있다. 이에 대한 보완으로 본 연구는 본인이 내린 정답에 대해 어느 정도 확신을 하는지 5점 척도(Scale)로 응답하도록 하였다. 비교 그룹과 실험군의 정답에 대한 확신도의 결괏값은 Table 7과 같다.

Table 7. Survey results on a 5-point scale of confidence in the correct answers

PC monitor : comparison group (% , n = 31)						
	Difficulty 1	Difficulty 2	Difficulty 3	Difficulty 4	Difficulty 5	Difficulty 6
Scale 0	0	0	0	0	0	3
Scale 1	0	0	0	0	6	16
Scale 2	0	6	6	6	52	52
Scale 3	6	3	26	35	26	26
Scale 4	94	90	68	58	3	3
Hololens 2 : experiment group (% , n = 34)						
Scale 0	0	0	0	0	0	0
Scale 1	0	0	0	0	0	12
Scale 2	0	6	3	18	29	29
Scale 3	0	3	15	12	26	24
Scale 4	100	91	82	71	44	38

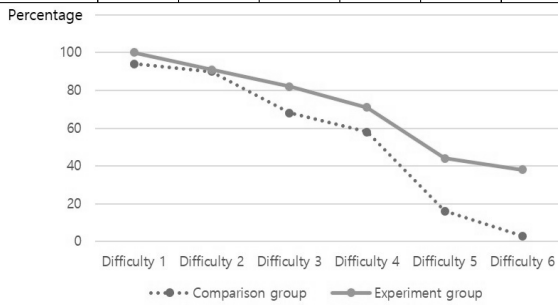
※ 0점에서 4점까지의 척도이며, 0점은 전혀 확신하지 않는 경우이고 숫자가 높아짐에 따라 확신도가 높아지며 4점은 완전히 확신하는 경우에 해당함.

Table 7은 컴퓨터 모니터(비교군)와 홀로렌즈(실험군) 간의 3차원 객체에 대한 학습 효과에 있어 정답 조사결과보다 더욱 뚜렷한 차이를 보여준다.

Table 8은 설문 중 완전한 확신에 해당하는 Scale 4의 수치만 정리한 것으로 3차원의 객체에 대해 얼마나 확신하고 이해하고 있는지 정리한 것으로 이러한 추세를 명확히 보여준다. 정답률에서는 90% 내외의 높은 수치에서 유사한 수치를 보여주었던 Difficulty 3~4에서부터 두 그룹의 차이가 드러나기 시작하며 Difficulty 5~6에서는 그 차이가 더욱 벌어져서 완전한 확신(Scale 4)에서는 실험그룹이 비교 그룹과 비교하면 평균 14배나 높은 확신을 두고 응답한 것이 확인되었다. 이것을 실제 정답률의 수치와 비교하면, 비교 그룹의 경우 Difficulty 3~6에서 각각 약 68%, 62%, 36%, 9%를 보인 반면, 실험군에서는 Difficulty 3부터 차례로 약 90%, 81%, 48%, 58%의 비율을 보여 실험군에서의 객체 이미지에 대한 효과가 더 큰 것으로 나타났으며 객체 정보가 많은 경우 그 효과의 차이가 더욱 벌어지는 것으로 나타났다. 특히, 홀로렌즈보다 근소하지만, 비교군이 높은 정답률을 보였던 Difficulty 3~4에서 정답에 대한 완전한 확신은 평균 63% 정도에 머문 것은 비록 3차원 모델링일지라도 이것을 2차원의 평면에서 이해하는 것은 실제 3차원 객체에 대한 이해에 어려움이 따른다는 것을 의미한다.

Table 8. Survey results on a 5-point scale of confidence in the correct answers—focused on the confident scale 4

Confident scale 4	Difficulty 1	Difficulty 2	Difficulty 3	Difficulty 4	Difficulty 5	Difficulty 6
Comparison group (% , n = 31)	94	90	68	58	16	3
Experiment group (% , n = 31)	100	91	82	71	44	38



※ 비율은 소수점 첫째 자리에서 반올림한 값임.

3.3 컴퓨터 모니터와 홀로렌즈를 통한 3D 물체 학습 비교 실험 결과의 검정: 회귀분석

본 연구 실험 참여 두 집단의 검정을 위해 회귀분석을 시행하였다. 이때, 비교군과 실험군 각각의 통계적 유의성 판별을 위하여는 단순 회귀분석을, 두 그룹 간의 통계적 의미를 해석하기 위하여는 다중 회귀분석을 시행하였고 수치는 소수점 다섯째 자리에서 반올림한 넷째 자리까지 표시하되 0으로 수렴하는 경우 더 많은 자릿수까지 표시하여 수치를 알 수 있게 하였다.

먼저 정답률에 대한 단순 회귀분석 결과는 다음과 같다 (Table 9). 컴퓨터 모니터 그룹(비교군)은 수정된 결정계수 R² 0.6578로 통계적 유의성이 인정되었으며, 유의한 F값과 P-값은 0.0312로 0.05보다 작아 회귀모형이 적합하였다. 비표준화 계수가 음수로 나타나 결과적으로 난이도가 정답률에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 홀로렌즈 그룹(실험군)은 수정된 결정계수 R² 0.3639로 나타나 통계적 유의성을 판별하기 어려웠는데 이는 난이도 마지막 Difficulty 6을 제외하고는 정답률이 평균 89로 비교군에 비해 고른 분포를 보여준 데서 원인을 찾을 수 있다.

Table 9. Regression analysis of the percentage of correct answers

PC monitor : comparison group							
Summary output		Analysis of variance					
Regression statistics			Degree of freedom	Sum of squares	Mean square	F ratio	Significant F
Multiple R	0.8522						
R square	0.7262	Regression	1	3388,1286	3388,1286	10,6097	0,0312
R square adj	0.6578	Residual	4	1277,3714	319,3429		
Standard error	17,8702	Total	5	4665,5			
Observations	6						
Regression analysis output : coefficients							
	Coefficients	Standard error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	
Y intercept	126,2	16,6362	7,5859	0,0016	80,0104	172,3896	
Difficulty	-13,9143	4,2718	-3,2573	0,0312	-25,7747	-2,0539	
Hololens 2 : experiment group							
Summary output		Analysis of variance					
Regression statistics			Degree of freedom	Sum of squares	Mean square	F ratio	Significant F
Multiple R	0.7008						
R square	0.4911	Regression	1	379,5571	379,5571	3,8605	0,1209
R square adj	0.3639	Residual	4	393,2762	98,3190		
Standard error	9,9156	Total	5	772,8333			
Observations	6						
Regression analysis output : coefficients							
	Coefficients	Standard error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	
Y intercept	105,4667	9,2309	11,4254	0,0003	79,8375	131,0958	
Difficulty	-4,6571	2,3703	-1,9648	0,1209	-11,2381	1,9238	

다음으로 Scale 4의 확산도에 관한 단순 회귀분석을 살펴보면(Table 10), 두 그룹 모두에서 결정계수 R이 0.9 이상의 값으로 나타나 통계적 유의성이 확인되었으며, P-값이 비교군과 실험군 각각 0,0012, 0,0006으로 난이도에 따라 정답률의 부(-)의

관계를 맺는 것이 다시 한번 확인되었다. 흥미로운 것은 정답률과 달리, 확산도의 경우, 홀로렌즈를 사용한 그룹의 난이도에 대한 확산의 통계적 상관관계가 더욱 큰 것으로 보이는데 이는 등 간의 난이도 단계를 가진 변수에서 비교군은 복잡성이 늘어

Table 10. Regression analysis of the percentage of confident scale 4

PC monitor : comparison group							
Summary output		Analysis of variance					
Regression statistics			Degree of freedom	Sum of squares	Mean square	F Ratio	Significant F
Multiple R	0,9712						
R square	0,9431	Regression	1	6742,4143	6742,4143	66,3592	0,0012
R square Adj	0,9289	Residual	4	406,419	101,6048		
Standard error	10,0799	Total	5	7148,8333			
Observations	6						
Regression analysis output : coefficients							
	Coefficients	Standard error	t stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	
Y intercept	123,5333	9,3839	13,1644	0,0002	97,4795	149,5872	
Difficulty	-19,6286	2,4096	-8,1461	0,0012	-26,3186	-12,9386	

Hololens 2 : experiment group							
Summary output		Analysis of variance					
Regression statistics			Degree of freedom	Sum of squares	Mean square	F ratio	Significant F
Multiple R	0,9792						
R square	0,9589	Regression	1	3049,2	3049,2	93,2477	0,0006
R square adj	0,9486	Residual	4	130,8	32,7		
Standard error	5,7184	Total	5	3180			
Observations	6						
Regression analysis output : coefficients							
	Coefficients	Standard error	t stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	
Y intercept	117,2	5,3235	22,0155	0,0000	102,4195	131,9805	
Difficulty	-13,2	1,367	-9,6565	0,0006	-16,9953	-9,4047	

Table 11. Multiple regression analysis of the percentage of confident scale 4

PC monitor : comparison group and Hololens 2 : experiment group							
Summary output		Analysis of variance					
Regression statistics			Degree of freedom	Sum of squares	Mean square	F ratio	Significant F
Multiple R	0,9587						
R square	0,9191	Regression	2	10214,0905	5107,0452	51,1371	0,000012
R square adj	0,9011	Residual	9	898,8262	99,8696		
Standard error	9,9935	Total	11	11112,9167			
Observations	12						
Regression analysis output : coefficients							
	Coefficients	Standard error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	
Y intercept	112,2833	7,1833	15,6312	0,0000000788	96,0337	128,533	
Difficulty	-16,4142	1,6892	-9,7172	0,00000454	-20,2355	-12,593	
Comparison & experiment group	16,1667	5,7697	2,802	0,0206	3,1146	29,2187	

나는 Difficulty 5~6에서 급격히 감소하는 경향을 보인 반면, 실험군에서는 등 간으로 확산도가 감소하는 선형의 상관성을 보이므로 해석된다.

Table 11은 두 그룹에 대한 확산도의 다중 회귀분석 결과를 나타낸 것이다. 정당률에 대한 다중 회귀분석도 실시하였으나, 조정된 결정계수 R의 값이 0.494로 나타나 통계적 유의성을 판별하기 어려워 분석에서 제외하였다. 이는 정당률에 대한 단순 회귀분석에서 볼 수 있듯이 실험군의 통계적 의미가 제한된 것에서 원인을 찾을 수 있다.

확신도(Scale 4)에 대한 다중 회귀분석은 조정된 결정계수 R이 0.9011로써 높은 설명력을 가진 것으로 드러났으며, 유의한 F가 0.000012, 난이도의 P-값이 0.00000454, 비교군과 실험군의 P-값이 0.0206으로서 난이도와 함께 모니터로 관찰한 것인지 홀로렌즈로 관찰한 것인지의 변수 모두가 3차원 물체에 대한 이해의 확산에 영향을 미친 것으로 판별되었다. 특히 이 분석에서는 비교군과 실험군의 P-값이 0.0206이라는 매우 작은 수치로 나타나 모니터와 홀로렌즈 사용과 확산도가 매우 큰 영향 관계에 있음이 밝혀졌다.

4. 실험 결과의 시사점

실험의 결과를 정리하면 다음과 같다. 우선, 3차원 물체를 인지하는 데 있어 혼합현실기술의 효과성이 입증되었다. 다만, 물체의 복잡성이 낮은 경우, 컴퓨터 모니터가 오히려 미미하지만, 물체 인지 효과가 더 높았다. 하지만 이러한 경향은 복잡성이 늘어나면서 효과의 간극이 크게 벌어졌다. 모니터를 사용한 비교군은 복잡성이 늘어남에 따라 학습 효과가 감소하다가 일정 수준에서 급감하는 모습을 보인 반면, 홀로렌즈 2를 사용한 실험군은 동일하게 복잡성 증가에 따라 학습 효과의 감소 경향이 나타났지만, 비교군과 비교하면 감소 폭이 낮았고 복잡성 증가에 따라 급감이 아닌, 등 간의 감소 추세를 보여주었다.

실험의 결과와 통계학적 검정은 3차원 객체를 이해하는 데 있어 앞으로 확대될 것으로 기대되는 혼합현실기술의 상대적으로 높은 학습 효과를 명확하게 보여준다. 혼합현실기술의 효과는 선형의 연구에서도 확인되었지만, 특수한 전문 분야의 사례가 아닌, 일반 객체 이미지를 통해 이미지 난이도에 따라 단계적 차이를 살펴봄으로써 무조건적인 혼합현실기술의 적용이 아닌, 현 기술과의 병행의 접점을 고려해볼 수 있다.

본 연구에서는 난이도가 낮은 정도에서는 컴퓨터 모니터를 통한 3차원 물체의 이해에 차이가 없거나 미미하지만 높게 나타나기도 하였는데, 실험 과정에서 혼합현실기술은 별도의 교육과 장비가 요구되고 프로그램 제작을 위한 코딩과 기기의 모델링

변환 과정 등 단순 컴퓨터 모델링 보다 시간이 상대적으로 더 소요되었음을 고려하면, 작은 정보의 양을 가진 3차원 정보는 컴퓨터 모니터 이미지가 더 효과적인 접근법일 수 있다.

하지만, 어느 정도 복잡성이 증가하게 되면, 혼합현실기술의 효과는 극명한 차이를 보여주었다. 특히 복잡성 증가에 따라 이해의 간극이 큰 모니터와 달리, 혼합현실기술은 어느 정도 등 간의 변화를 보여주어 3차원 물체의 복잡성에 따라 전달되는 정보의 확산 혹은 교육적 효과에 대해 예측이 가능한 점을 새롭게 조명할 수 있었다.

본 연구의 출발이 주민참여 과정에서 나타난 3차원 이미지에 대한 정보 전달의 불확실성이 만들어낸 갈등에 있었음을 상기하면, 본 연구 실험은 도시사업에서 모니터나 인쇄물을 통해 소통되어 온 많은 3차원 이미지들이 실제로 학습효과의 질이 낮을 수 있음을 방증하며, 따라서 주민을 대상으로 하는 3차원 공간, 건물의 정보는 혼합현실기술의 동반 사용이 적극적으로 고려되어야 한다. 또한, 본 실험은 혼합현실기술이 모니터와 달리 등 간의 정보 효과 감소가 나타나는 만큼 정보량에 따라 감소한 이해력을 예측하고 이를 상쇄할 수 있는 보완책, 예를 들어 관찰 시간, 부가 설명 자료, 추가 이미지 등이 정보의 수준에 따라 구축될 수 있음을 시사한다.

5. 결론

손 스케치에 이어 컴퓨터 모델링으로 전달되던 3차원 물체의 정보는 이제 가상의 공간을 통해 마치 실제로 실재하는 사물처럼 실감 나게 구현할 수 있게 되었다. 소위, 가상현실(VR), 증강현실(AR), 혼합현실(MR)로 분류되는 확장현실기술(XR)은 실재감, 상호작용, 상상력이라는 조건을 통해 기술의 교육적, 인지적 관점에서 긍정적인 효과가 강조되어왔다. 하지만 여전히 실제 환경에서는 이러한 3차원 이미지의 정보 전달에서 확장현실기술만을 활용하기는 어려우며, 긍정적 기술 효과에도 불구하고 대부분은 여전히 3차원 물체를 2차원의 평면인 컴퓨터 모니터나 인쇄물 등으로 전달되고 있다. 이런 상황은 2차원에 구현된 이미지를 다시 3차원으로 변환하는 인지 과정을 요구하였고, 이런 과정에 익숙한 사람들에게 3차원 물체에 대한 정보 왜곡 가능성을 일으켰다. 주민참여형 도시사업 과정에서 주민들이 3차원 공간, 건물 등에 대한 정보 해석에 어려움을 겪는 것은 이와 무관하지 않다.

이에, 본 연구는 컴퓨터 모니터 상에 표현된 3차원 이미지와 가장 높은 수준의 기술 효과를 가진 것으로 알려진 혼합현실기술 사이의 3차원 물체 이해도의 차이를 측정해보고자 하였으며, 이를 통해 기술적 혼용과 필요성, 부가적으로 고려할 수 있는

시사점을 도출하고자 하였다.

연구는 컴퓨터 모니터 사용과 혼합현실기인 홀로렌즈 사용이라는 독립된 두 개의 집단으로 나누어 총 65명을 대상으로 3차원 물체의 이미지 학습에 대한 컴퓨터 모니터와 홀로렌즈 2를 사용한 비교 실험과 설문을 진행하였으며, 실험 결과는 회귀분석을 통해 통계적 유의성과 의미를 검정하고 시사점을 도출하였다.

실험은 낮은 수준의 3차원 물체는 컴퓨터 모니터를 통한 접근법이 오히려 효과적일 수도 있음을 보여주었다. 하지만 어느 정도 복잡성이 증가하게 되면 모니터를 통한 학습 효과는 급격히 감소하는 것으로 나타났다.

반면, 혼합현실기술을 사용한 그룹은 복잡성이 증가하더라도 모니터 그룹과 비교했을 때 상대적으로 높은 이해력을 보여주었으며, 특히 모니터 그룹이 3차원 물체 구성의 난이도에 따라 이해력이 급감하는 것과 달리 등 간의 난이도에 따른 등 간의 학습 효과 감소 추세를 보여주었다. 이는 작은 3차원 물체의 정보량에 따라 두 기술을 구분하여 사용하는 병행사용 필요성을 설명하는 것이며 동시에 혼합현실기술의 경우 학습 효과 감소에 대한 예측이 가능하고 이를 통한 단계별로 적합하고 효과적인 보완책 마련이 가능함을 시사하는 것이다.

앞으로 관찰 시간, 보완 정보 등 변수를 추가하여 확장현실기술의 학습 효과 감소 예측과 적합한 대비에 대해 더욱 심도 있는 연구가 이어져, 주민참여 과정에서 나타나는 3차원 정보에 대한 오해, 오류, 누락 등의 많은 문제와 이것으로 비롯되는 갈등 해결에도 일조할 수 있기를 바란다.

감사의 글

이 논문은 2023학년도 원광대학교 교비 지원으로 수행되었음.

References

- Alhalabi, W. (2016). Virtual Reality Systems Enhance Students' Achievements in Engineering Education, *Behaviour & Information Technology*, 35(11), pp. 919–925.
- Burdea, G. C., Coiffet, P. (2003). *Virtual Reality Technology* (2nd ed.), John Wiley & Sons.
- Chen, Y. R., Lee, J. H. (2023). A Study on the Interaction of Augmented Reality Content in Children's Museum, *Design Research*, 8(1), pp. 390–401.
- Hong, H. R., Choi, J. M. (2022). Factors Affecting a Sense of Reality of Virtual Objects in Augmented Reality Contents, *Korea Design Forum*, 75, pp. 213–224.
- Huang, H. M., Liaw, S. S., Lai C. M. (2013). Exploring Learner Acceptance of the Use of Virtual Reality in Medical Education: A Case Study of Desktop and Projection-Based Display Systems, *Interactive Learning Environments*, 24(1), pp. 3–19.
- Joo, S. J., Lee, J. H. (2021). Three-Dimensional Depth Perception in Augmented Reality, *Korean Journal of Cognitive and Biological Psychology*, 33(3), pp. 121–131.
- Kim, K. S., Chang, Y. S., Cho, E. J., Shin, S. H., Jang, I. S. (2022). A Study on Collaborative Support for 3D City Models using Mixed Reality, *Journal of Software Assessment and Valuation*, 18(2), pp. 209–219.
- Kim, Y. J., Yang, H. J. (2021). A Study on the Effects of Urban Design Education Using Virtual Reality: Focused on the Improvement of Learning Motivation, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 37(11), pp. 221–227.
- Lee, D. Y., Lee, S. J., Jeong, E. J. (2018). The Long Term Memory Effects of Virtual Reality Edutainment with HMD, *Journal of Korea Game Society*, 18(2), pp. 69–76.
- Lee, K. H., Bae, S. H. (2013). Study on the Spatial Concept of Augmented Reality, *The Korean Journal of Art and Media*, 12(4), pp. 213–232.
- Lee, S. U. (2017). Present and Future of Virtual Reality Technology Based on Embedded Cognition, *The Studies in Korean Literature*, 54(54), pp. 39–64.
- Lee, S. U. (2022). Body, Mind and Environment of Virtual-Mixed Reality Media: Focused on James Gibson's 'Affordance' and Embodied Cognition, *PREVIEW: The Korean Journal of Digital Moving Image*, 19(1), pp. 57–81.
- Suh, D. H. (2015). A Study on the Effectiveness of the Image Recognition Technique of Augmented Reality Contents, *Cartoon and Animation Studies*, 41, pp. 337–356.
- Suh, H. J. (2008). Relationships among Presence, Learning Flow, Attitude toward Usability, and Learning Achievement in an Augmented Reality Interactive Learning Environment, *Journal of Korean Association for Educational Information and Media*, 14(3), pp. 137–166.
- Tu, X., Autiosalo, J., Ala-Laurinaho, R., Yang, C., Salminen, P., Tammi, K. (2023). TwinXR: Method for Using Digital Twin Descriptions in Industrial eXtended Reality Applications, *Frontiers in Virtual Reality*, 4, pp. 1–14.