

AR 및 VR 관련 과학교육 문헌 연구

변태진 · 박정우[†]

A Literature Review on Augmented Reality and Virtual Reality in Science Education

Byun, Taejin · Park, Jeongwoo[†]

국문 초록

본 연구에서는 과학교육 관련 AR 및 VR 연구의 전반적인 연구 동향과 시기에 따른 연구 동향의 변화를 분석하고자 하였다. 키워드 검색 및 초록 검토를 통해 65개의 대상 논문을 선정하였으며, 전반적인 연구 동향 파악을 위해 장비 영역, 교과 영역, 연구 대상, 연구 방법, 측정 변인을 분석하였고 시기에 따른 연구 동향의 변화를 파악하기 위해 장비 영역과 구현 장치의 시기에 따른 변화를 분석하였다. 연구 결과, 장비 영역에서는 VR, 교과 영역에서는 지구과학과 생물, 연구 대상에서는 초등학생과 중학생, 연구 방법은 양적 연구와 자료개발 연구, 측정 변인은 인지적 변인과 정의적 변인에 대한 연구가 많이 수행된 것을 알 수 있었다. 물리와 화학 영역의 연구는 상대적으로 적었으며, 질적 연구의 비중이 적었고, 특수 학습 학생에 대한 연구는 유형화 할 수 있을 정도로 다수 수행되었으며, 너진도나 현존감, 어지러움, 등 AR 및 VR 관련 특징 변인들에 대한 연구가 다수 수행되었음을 알 수 있었다. 시기에 따른 연구 동향의 변화는 2001년과 2008년에 각각 VR, AR 관련 연구가 시작되었으며, AR과 VR 연구 모두 2018년 이후 폭증하였으며, 2000년대 초반 PC를 기반으로 했던 연구가 최근 스마트기기와 HMD를 사용한 연구로 대체되어 가고 있음을 확인할 수 있었다. 본 연구 결과 최근 과학교육에서 AR 및 VR의 중요성이 더욱 강조되고 있으며, 특히 스마트기기와 HMD의 중요성은 더욱 강조되고 있음을 확인할 수 있었다. 본 연구의 분석 결과는 AR 및 VR 관련 연구가 활발히 진행된 영역과 그렇지 못한 부분을 조망하였다. 본 연구의 결과에 기반하여 AR 및 VR 관련 연구가 활발히 진행되는 부분과 그렇지 못한 부분의 원인, 장단점과 한계 등에 대한 추후 연구가 요구된다.

주제어: 증강현실, 가상현실, 과학교육, 문헌 연구, 에듀테크

ABSTRACT

This study analyzed the overall research trend and the change in the research trend according to the time of augmented reality (AR) and virtual reality (VR) researches related to science education. Sixty-five articles were selected through keyword search and abstract review. The equipment, subject, participant, research method, and measurement variable areas were analyzed to understand the overall research trend, and the changes according to the time of the equipment area and implementation device were analyzed to understand the changes in research trends according to the time. The results showed that VR in the equipment area, earth science and biology in the subject area, elementary and middle school students in the participant area, quantitative research and material development research in the research method area, and cognitive and affective variables in the measurement variable area were mainly conducted. Additionally, this study found that several studies on AR- and VR-related characteristic variables, such as electroencephalography, presence, and dizziness, were conducted. Research in the physical and chemistry fields was relatively small, the proportion of qualitative research was small, and the research on special learning students was large enough to be categorized. As a result of analyzing the change

in research trends, VR- and AR-related researches started in 2001 and 2008, respectively, and both researches increased rapidly after 2018. Moreover, recently, research conducted based on personal computers in the early 2000s has been replaced by research using smart devices and head-mounted displays (HMDs). The results also showed that the importance of AR and VR is being emphasized more recently in science education, particularly that of smart devices and HMDs. The study analysis included the areas where AR- and VR-related researches were actively conducted and the areas where they did not. Based on the results of this study, further research is required on the causes, strengths, and limitations of AR- and VR-related research areas and areas that are not actively conducted.

Key words: Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), Literature study, Edutech

I. 서 론

초등 및 중등 교육에서 AR(Augmented Reality: 증강현실) 및 VR(Virtual Reality: 가상현실)의 중요성은 점차 증가하고 있으며, 이에 대한 수요도 같이 증가하고 있다. Grand View Research(2021)에 따르면 아시아-태평양의 과학-기술 시장 규모는 2028년까지 연평균 22.8% 급성장할 것으로 예측하였는데, 과학-기술 시장에서 초등 및 중등 교육이 차지하는 비중이 제일 클 것으로 전망하였다. 또한 에듀테크(Edu-tech) 산업 전망 분석에 따르면 AR 및 VR의 시장 규모가 인공지능, 로봇틱스, 블록체인 기술에 비해 더 빠르게 성장할 것으로 예측된다(Southwick, 2022, July 27).

우리나라에서 AR과 VR 관련 과학 교수-학습 자료는 한국과학창의재단에서 만든 ‘사이언스레벨업’ 웹페이지를 통해 2016년부터 제공되었으며(사이언스레벨업, 2022, May 14), 2018년 초등학교 3, 4학년 디지털 교과서가 학교에 보급되면서 학교 현장에 AR 및 VR 관련 교수-학습 자료가 보급되기 시작했다(교육부, 2016; 유정민 등, 2021). 2020년 시작된 COVID-19의 확산 이후, 비대면 수업으로 전환된 교실 현장에서는 AR 및 VR의 수요가 증가하였으며(배영임과 신혜리, 2020), 정부는 이를 위한 물리적 환경 구성을 위해 노력하고 있다(교육부, 2020).

AR 및 VR을 교육에 활용할 경우, 학업성취도, 학습 몰입감, 흥미도에 효과적임을 다양한 연구에서 보고하고 있다(설가영 등, 2019; 한송이와 임철일, 2020; Hussein & Natterdal, 2015). 특히 AR 및 VR 장치는 교실에서 학생들이 시공간적 한계를 극복하게 할 수 있으며, 동영상이나 사진과 같은 기존 미디어에 비해 높은 수준의 실재감을 제공하고 몰입하게 할 수 있다는 측면에서 많은 기대를 받고 있다(김우

겸 등, 2019; Saidin *et al.*, 2015).

AR 및 VR 콘텐츠의 과학교육 활용 연구에 대한 국외의 문헌 연구는 AR 콘텐츠만을 대상으로 한 연구(Arici *et al.*, 2019), VR 콘텐츠만을 대상으로 한 연구(Durukan *et al.*, 2020)가 있었으며, AR과 VR 콘텐츠를 모두 포함한 연구는 유치원 및 초중등학교(K-12) 학생 대상 연구가 있었다(Maas & Hughes, 2020). 국외에서 2006년에서 2017년 사이에 수행된 유치원 및 초중고등학생 대상 과학교육 AR 및 VR 콘텐츠 중에서는 VR 관련 연구(2편)에 비해 AR 관련 연구(30편)가 월등하게 많이 수행되었다(Maas & Hughes, 2020). VR 콘텐츠를 사용한 과학교육 관련 연구는 주로 비과학적인 맥락에서 VR만을 설명하는 일반적 유형(31%)이 가장 많이 나타났다(Durukan *et al.*, 2020). 일반적 유형을 제외하면, 과학교육 관련 VR 연구는 화학 영역(18%)에서 제일 많이 수행되었고, 생물(12%)과 물리(12%) 영역이 뒤를 이었으며, 천문학 영역(6%)의 연구는 다른 영역에 비해 비교적 적게 나타났다(Durukan *et al.*, 2020). 과학교육 VR 콘텐츠 관련 연구는 주로 대학원생(15%), 예비교사(12%), 고등학생(9%)을 대상으로 수행한 반면(Durukan *et al.*, 2020), 과학교육 AR 콘텐츠 관련 연구는 주로 초등학생과 중학생(1-4th grade, 22.6%; 5-8th grade 30.6%)을 대상으로 수행되었다(Arici *et al.*, 2019). 과학교육 AR 콘텐츠 관련 연구가 초등학생을 대상으로 주로 수행되었다는 것은 Maas and Hughes(2020)의 연구에서도 확인할 수 있다. 연구 방법 면에서는 과학교육 VR 콘텐츠 관련 연구에서 특정 연구 방법과 관련 없는 VR 사용 방법 소개나 자료 개발 관련 연구들이 다수(46%) 나타났으며, 이를 제외하고는 주로 양적 연구(Quasi-experimental, 27%; Pre-experimental, 7%; Survey, 7%)가 수행되었고 질적연구(3%)나 혼합연구(7%), 메타 연구(3%)는 일부

수행되었다(Durukan *et al.*, 2020). 이와 유사하게 과학교육 AR 콘텐츠 관련 연구에서도 주로 양적 연구(81%)가 많이 수행되었으며, 질적 연구(3%)나 혼합연구(10%), 리뷰 및 메타 연구는 (6%) 일부 수행된 것을 확인할 수 있다(Arici *et al.*, 2019). 이러한 연구들에서는 주로 학습성취도(37%) 등 인지적 변인과 태도(20%) 등의 정의적 변인, 기술 수용성(13%) 및 공간지각력(10%) 등의 기술적 변인을 주로 측정하였으며, 현존감 및 실제감, 사용성 평가 등을 측정한 연구도 일부 있었다(Durukan *et al.*, 2020). 과학교육 관련 AR 콘텐츠는 주로 모바일기기(68%)를 사용해 실행되었으며(Arici *et al.*, 2019), HMD는 거의 사용되지 않았다(Maas & Hughes, 2020).

AR 및 VR 콘텐츠의 교육 활용 연구에 대한 국내의 문헌 연구 결과는 다음과 같다. 범교과 차원의 AR 관련 문헌 연구를 수행한 한송이와 임철일(2020)은 AR 관련 연구가 초등학생, 유아를 대상으로 주로 수행되었으며, 주로 학습성취도, 몰입감, 흥미도 등에 미치는 효과를 확인하였고, 과학과 언어 교과에서 AR 관련 연구가 활발히 수행되고 있음을 보고하였다. 한편, AR 관련 국내외 연구를 비교한 김혜나(2018)의 연구에서는 국내에서 과학과 수학 분야의 연구가 상대적으로 적게 수행되고 있음을 보고하였다(국내 36%, 국외 44%). 나지연과 윤희정(2021)도 과학교육 영역의 AR 관련 국내외 연구를 비교한 연구에서 비슷한 결과를 보고하였는데, 2014년 이후 AR 관련 국외 연구의 수는 지속적으로 증가한 반면 국내 연구의 수는 상대적으로 정체되어 있음을 지적하였다. 이처럼 국내에서 과학교육 관련 AR 및 VR 연구가 다수 수행되고 있지만, 국외보다는 그 비중이 낮은 것을 확인할 수 있다. 따라서 과학교육 관련 AR 및 VR 연구의 확대를 위해 현재까지 진행된 과학교육 관련 연구를 전체적으로 정리하고 시사점을 도출할 필요가 있다.

AR 및 VR의 과학교육 활용에 대한 국내 연구 결과는 아직까지 부분적으로 이루어져 왔다. 예를 들어 장진아 등(2019)은 초등 과학 디지털 교과서 내의 AR 및 VR 콘텐츠만을 대상으로 연구를 수행하였으며, 나지연과 윤희정(2021)은 과학교육 AR 콘텐츠 관련 연구만을 대상으로 연구를 수행하였다. 이 연구 결과들은 서로 반대되거나 모순되어 보이는 결과를 도출하기도 한다. 일례로 장진아 등(2019)의 연구에서는 초등 과학 디지털 교과서에서 AR 및

VR 콘텐츠가 가상실험 형태로 주로 사용되고 있으며 물리와 지구과학 영역이 주로 개발되고 있다고 보고하고 있는 반면, 나지연과 윤희정(2021)의 연구에서는 AR을 사용한 국내 연구에서는 과학 중 물리 영역은 거의 없었으며 생물과 지구과학 그리고 과학 외의 융합이 주로 연구되고 있다고 보고하고 있다.

이에 본 연구에서는 2000년 이후에 수행된 과학교육 관련 AR 및 VR 관련 연구를 전체적으로 두루 다루면서 전반적인 연구 동향을 장비 영역, 교과 영역, 연구 대상, 연구 방법, 측정 변인 등으로 세분화된 분석을 통해 과학교육 관련 AR 및 VR 연구에 대한 시사점을 도출하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상 논문

본 연구에서 분석 대상 논문을 선정하기 위해 연구 범위 설정이 가장 우선적으로 이루어졌다. 예비 연구 조사를 통해 관련 연구가 2001년을 기점으로 시작됨을 확인하여 연구 범위를 2000년에서 2021년으로 설정하고, 이 기간 국내에서 출판된 과학교육과 관련된 AR 및 VR 연구를 분석하고자 국내 학회지를 중심으로 자료를 수집하였다. 분석 대상 논문의 수집은 두 가지 방법으로 시행되었는데, 첫 번째 방법은 과학교육 관련 주요 학회지를 타깃 저널로 설정하여 해당 저널 내에서 AR 및 VR 관련 논문을 추출하였다. 과학교육 관련 주요 학회지로 물리, 화학, 생물, 지구과학 각 영역별로 새물리, 대한화학회지, 생물교육, 한국지구과학회지를 대상으로 설정하였으며, 영역 구분 없이 과학교육 전체를 다루는 학회지인 한국과학교육학회지, 초등과학교육, 현장과학교육학회지를 대상으로 삼아 AR 및 VR 관련 논문 검색을 수행하였다. 두 번째 방법은 논문 데이터베이스를 대상으로 키워드 검색을 통해 수행하였다. 논문 데이터베이스는 구글학술검색(Google Scholar)과 학술연구정보서비스(RISS) 등을 대상으로 하여 논문을 검색 및 추출하였다. 구글학술검색에서는 검색 기간을 2000년에서 2021년으로 설정하고 언어를 한국어웹으로 제한하여 검색하였으며, 학술연구정보서비스에서는 상세검색을 사용하여 국내학술논문으로 검색범위를 제한하고 발행연도를 2000년에서 2021년 사이로 설정하여 검색하였다. 검색에 활용된

키워드는 ‘Augmented Reality’, ‘증강현실’, ‘Virtual Reality’, ‘가상현실’을 사용하였으며 ‘과학교육’과 논리연산자 ‘&’로 연결하여 검색하였다. 검색 결과 증강현실과 과학교육 관련 논문은 학술연구정보서비스에서 40건, 구글학술검색에서 279건이 검색되었으며, 가상현실과 과학교육 관련 논문은 학술연구정보서비스에서 51건, 구글학술검색에서 404건이 검색되었다. 이렇게 1차적으로 추출한 논문은 과학교육 전문가 2인이 논문의 초록을 검토하여 해당 논문이 과학교육 관련 AR 및 VR 연구에 해당하는지를 판단하였다. 연구 대상 논문 판정은 과학교육 전문가 2인이 합의에 이를 때까지 진행하였다. 합의 과정에서 AR 관련 논문의 경우 ‘사용자가 눈으로 보는 현실 세계에 가상의 물체를 겹쳐 보여주는 것’, ‘실제 환경의 디스플레이가 가상의 물체에 의해 증강된 것’이라는 AR의 정의(이용수, 2015; Milgram & Kishino, 1994)에 기반하여 큰 이견 없이 합의에 이를 수 있었다. 반면, VR 관련 논문의 경우에는 Milgram and Kishino(1994)의 증강-가상 연속체 상에서 가상 환경으로만 이루어진 것이라는 정의에 따른 초기 분류에서 이견이 발생하였는데, 특히 2000년대 초반에 만들어진 2D 시뮬레이션과 HMD를 사용하는 않지만, 시점을 변화시킬 수 있는 3D 가상실험을 VR로 볼 것인가에 대한 부분에서 연구자 간 이견이 발생하였다. VR에 대한 추가적인 선행연구 조사를 통해 ‘인공적으로 만들어 내는 현실감’, ‘감각 입력을 컴퓨터 생성 정보와 대체함으로 다른 장소에 있다고 확신하는 기술’ 등의 정의(이원곤, 1996; Lanier, 2017)를 인용해 이를 기반으로 VR 연구에 대해서도 합의에 도달하였다. 또한 선행연구에서 가

상현실의 실제감과 3차원을 강조한 것을 참고하여 (Krueger, 1991; Lanier, 2017), 본 연구에서는 시점을 변화시킬 수 있는 3D 가상실험은 VR 관련 논문에 포함하였지만, 2D 웹기반 가상실험은 포함하지 않았다.

각 학회지에 실린 과학교육 관련 AR 및 VR 논문의 편수는 Table 1과 같다. 과학교육 관련 주요 학회지 중에서는 한국지구과학회지가 7편으로 제일 많은 논문이 출판되었으며, 새물리, 생물교육, 한국과학교육학회지, 현장과학교육은 각각 4편, 대한화학회지와 초등과학교육학회지는 각각 2편씩의 논문이 출판되었음을 확인할 수 있었다. 과학교육 관련 주요 학회지가 아닌 학회지 중에서는 학습자중심교과교육연구와 한국콘텐츠학회논문지에 6편의 논문이 출판되었으며, 교육미디어연구에 3편, 교육공학연구, 특수교육연구, 한국디지털콘텐츠학회논문지에 각각 2편의 논문이 실렸으며, 1개씩의 논문이 출판된 학회지는 15개 있었다. 최종적으로 선정된 본 연구의 연구 대상 논문은 65편이며 논문의 목록은 부록에서 확인할 수 있다.

2. 분석 방법

본 연구에서는 과학교육 관련 AR 및 VR 연구의 전반적인 연구 동향과 시기에 따른 연구 동향의 변화를 분석하고자 하였다. 전체적인 연구의 동향을 파악하기 위해 전반적인 연구 동향은 장비 영역별, 교과 영역별, 연구 대상, 연구 방법, 측정 변인의 하위범주에 따라 분석하였다. 문헌 연구 관련된 선행 연구들에서 사용한 분석틀을 토대로 교과 영역, 연구 대상, 연구 방법, 측정 변인을 분석 하위범주에

Table 1. Number of papers on AR and VR related to science education in domestic academic journals

| 검색 방법 | 학술지 | 과학교육 관련 AR 및 VR 논문 편수 |
|--------------------------------|---|-----------------------|
| 타깃 저널 (과학교육 관련 주요 학회지) | 한국지구과학회지 | 7 |
| | 새물리, 생물교육, 한국과학교육학회지, 현장과학교육 | 4 |
| | 대한화학회지, 초등과학교육 | 3 |
| 논문 데이터베이스 검색을 통해 추출된 학회지 | 학습자중심교과교육연구, 한국콘텐츠학회논문지 | 6 |
| | 교육정보미디어연구 | 3 |
| | 교육공학연구, 특수교육연구, 한국디지털콘텐츠학회논문지 | 2 |
| | 과학교육연구지, 도서문화, 디지털융복합연구, 애니메이션연구, 정보과학회논문지/소프트웨어 및 응용, 정보교육학회논문지, 정보처리학회논문지: 소프트웨어 및 데이터 공학, 정보처리학회논문지B, 지적장애연구, 지체,중복,건강장애연구, 컴퓨터교육학회 논문지, 통합교육연구, 한국과학예술훈합학회, 한국멀티미디어학회지, 한국정보통신학회논문지 | 1 |

포함하였으며(김호정과 김가람 2017; 변태진, 2017; 이영희 등 2018; 정광조와 신현기, 2015), 장비 영역은 AR 및 VR 연구를 모두 대상으로 하는 본 연구의 맥락을 고려하여 포함하였다. 범교과 차원에서 이루어진 국내 실감형 콘텐츠가 주로 AR 또는 VR 하나만을 대상으로 한 것과 달리(김혜나, 2018; 한송이와 임철일, 2020; 이해선 등, 2019; 이현지와 김원섭, 2020) 본 연구에서는 AR 및 VR에 대한 연구를 포괄하기 때문에 AR과 VR 중 어떤 것에 관한 연구인지를 장비 영역으로 명명하고 이를 AR, VR, AR & VR로 구분하여 분석하였다. 교과 영역에 대한 분석은 교육과정을 기반으로 과학의 주요 영역인 물리, 화학, 생물, 지구과학을 중심으로 수행하였다. 기본적인 4개 영역 외에도 과학 2개 영역의 혼합, 교과 영역을 구분하지 않는 과학 전반에 대한 연구 등도 수행되었음이 확인되어 이 영역도 분류에 포함하여 분석하였다. 분석과 관련된 구체적인 사례와 내용은 연구 결과에서 기술하였다. 연구 대상은 학제에 맞추어 유아, 초등학생, 중학생, 고등학생, 대학생(대학원생 포함), 교사로 나누어 분류하여 분석하였다. 연구 방법은 선행연구(김호정과 김가람 2017; 한송이와 임철일, 2020)에서 사용된 양적 연구, 질적 연구, 문헌 연구의 분류에 따라 일차적으로 분류하고, 기존 선행 연구 카테고리 분류하기 어려운 논문이 있어 연구자 간 논의를 통해 분류체계를 보완하였다. 또한 장비를 활용한 연구의 특성상 수업자료나 프로그램을 개발하고 학습자에게 적용하지는 않은 자료개발 연구를 별도로 분류할 수 있었다. 이 외에도 2가지 이상의 연구 방법을 수행한 혼합 연구가 있었으며, 위 범주에 해당되지 않는 경우는 기타로 분류하였다. 측정 변인은 교육 관련 문헌 연구에 대

한 선행연구를 참고하여 인지적, 정의적, 기능적 변인의 대범주로 구분하였다(강현숙과 박병기, 2014; 김한중, 2019; 이형주와 고호경, 2015; 변태진, 2017). 인지적 변인은 지식, 이해, 학업 성취 등과 관련된 변인이며, 정의적 변인은 흥미, 동기, 태도, 참여, 만족도 등과 관련된 변인이고, 기능적 변인은 탐구, 표현, 상호작용 등과 관련된 변인을 의미한다. 초기 분석에서 인지적, 정의적, 기능적 변인에 포함되지 않는 AR 및 VR과 관련된 뇌전도, 중독, 현존감, 등의 측정 변인들이 발견되었으며 이러한 변인들은 특징 변인들로 명명하고 분류하였다.

AR 및 VR에 대한 논의는 구현 장비와 함께 논의 되어 왔다는 점(Milgram & Kishino, 1994)에서 장비 영역은 구현 장치와 같이 논의될 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 시기에 따른 연구 동향의 변화를 분석할 때, AR 및 VR 연구에 초점을 맞추어 장비 영역과 구현 장치의 연도별 연구 현황을 분석하였다. 본 연구에서는 장비 영역은 앞에서 논의한 것과 같이 AR, VR, AR & VR로 구분하였으며, 구현 장치는 PC, 스마트기기, HMD로 나누어 분석하였다. 최종적으로 정리한 본 연구의 분석틀은 Table 2와 같다.

III. 연구 결과

1. 전반적인 연구 동향

1) 장비 영역별 연구 동향

국내에서 AR 및 VR 중 어떤 장비 영역에 대한 연구가 수행되었는지는 AR, VR, AR & VR에 대한 연구 세 가지로 나누어 분석하였다. AR, VR, AR & VR 연구 비중에 대해 분석한 결과는 Fig. 1과 같다.

Table 2. Analysis frame

| 범주 | 하위범주 | 요소 |
|------------------|------------------------|---|
| 전반적인 연구 동향 | 장비 영역 | AR, VR, AR & VR |
| | 교과 영역 | 물리, 화학, 생물, 지구과학 |
| | 연구 대상 | 유아, 초등학생, 중학생, 고등학생, 대학생, 교사 |
| | 연구 방법 | 문헌 연구, 자료개발 연구, 양적 연구, 질적 연구, 혼합 연구, 기타 |
| | 측정 변인 | 인지적 변인, 정의적 변인, 기능적 변인, 특징 변인, 기타 |
| 시기에 따른 연구 동향의 변화 | 연도에 따른 장비 영역별 연구 현황 | 연도 AR, VR, AR & VR |
| | 연도에 따른 사용 구현 장치별 연구 현황 | 연도 PC, 스마트기기, HMD |

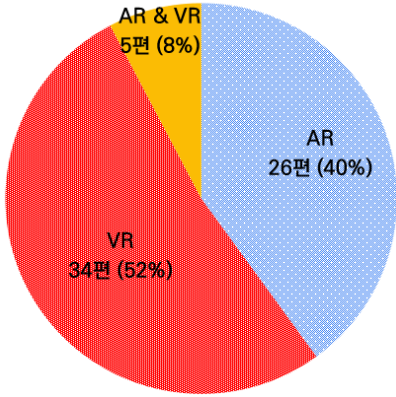


Fig. 1. Research Ratio by Equipment Area

AR에 대한 연구보다는 VR에 대한 연구가 보다 많이 수행되었음을 확인할 수 있었다. AR에 대한 연구는 26편으로 전체 연구의 40%, VR에 대한 연구는 34편으로 전체 연구의 52%가 수행되었다. AR & VR 즉, AR과 VR을 모두 연구 범위에 포함한 연구는 5편(8%) 수행되었다.

2) 교과 영역별 연구 동향

국내에서 연구된 AR, VR 연구들을 교과 영역별로 분류한 결과는 Fig. 2와 같다. 분류 과정에서 과학과 다른 교과 영역을 융합하는 연구는 과학 교과를 기준으로 분류하였다. 2개 영역은 물리+화학 등 과학 내에서 2개 영역의 조합을 의미하며, 과학 전반은 물리, 화학, 생물, 지구과학 4개 영역을 모두 포함하거나, 특정 교과를 지정하지 않고 다룬 경우를 의미한다.

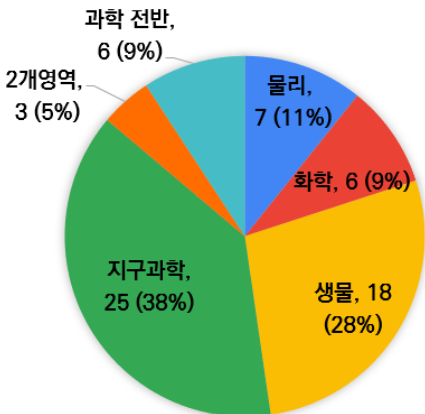


Fig. 2. Research Ratio by Subject

지구과학 영역의 연구가 25편(38%)으로 제일 많았으며, 생물 영역의 연구가 18편(28%)으로 그 다음으로 많았다. 물리 영역과 화학 영역의 연구는 각각 7편(11%), 6편(9%)으로 지구과학이나 생물 영역의 연구에 비해 적게 나타났다.

과학을 4개 영역으로 나누지 않고 과학 전반을 다루는 연구들은 6편(9%)이 있었다. 이러한 연구들은 문헌 연구가 많았고, 자료 개발 연구와 조사 연구도 각각 1편씩 있었다. 2개 영역을 다룬 논문은 3편(5%)이었다. 2개 영역을 다룬 논문은 각각 물리와 지구과학, 물리와 화학, 생물과 지구과학과 관련된 영역을 다루었으며, 여기에 해당하는 연구들은 모두 자료개발 연구였다. 2개 영역을 다룬 논문들은 2개 영역을 융합하지는 않았고 각 영역의 자료를 따로 개발하였다.

3) 연구 대상별 연구 동향

국내에서 연구된 AR, VR 연구를 연구 대상별로 분류한 결과는 Fig. 3과 같다. 유아를 대상으로 한 연구가 1편, 초등학생을 대상으로 한 연구가 13편이었으며, 초등학생 특수학습을 대상으로 한 연구는 3건이었다. 중학생을 대상으로 한 연구는 12편, 중학교 및 고등학교 학생을 대상으로 한 연구는 4편, 고등학생을 대상으로 한 연구는 8편, 고등학교 특수학급 학생을 대상으로 한 연구가 4편, 고등학생 및 대학생을 대상으로 한 연구가 1편 있었다. 예비교사를 포함한 대학생을 대상으로 한 연구는 4편이었으며, 대학생 및 대학원생을 대상으로 한 연구도 1편 있었다. 교사를 대상으로 한 연구는 3편이었다. 학교 밖 교육 즉 과학관 등의 이용자를 대상으로 한 연구는 4편이었으며, 연구 대상을 명확하게 제시하지 않은 연구도 6편 있었다.

연구 대상별 연구 비중에 있어서 특징적인 것은 특수학급 학생을 대상으로 한 연구가 상당수 있었다는 것이다. 특히 초등학교와 고등학교의 특수학급 학생을 대상으로 한 연구가 많았는데, 초등학교 특수학급과 고등학교 특수학급 학생을 대상으로 한 연구의 수가 각각 3, 4편이었다. 일반 초등학생과 중학생을 대상으로 한 연구가 각각 13편, 8편인 것에 비교하면 특수교육과 관련하여 AR 및 VR 활용 과학교육 연구가 다수 수행되고 있음을 확인할 수 있다.

Fig. 3에서 제시된 데이터를 바탕으로 연구 대상을 학제에 맞춰 유아, 초등학생, 중학생, 고등학생,

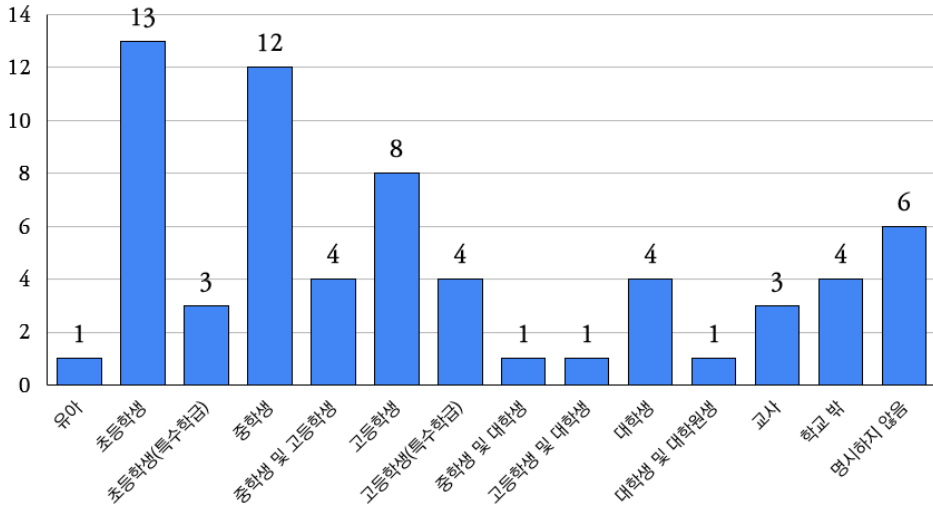


Fig. 3. Classification of Study Subjects (No. of Studies)

대학생(대학원생 포함), 교사로 다시 재분류해 보았다. 연구 대상을 명시하지 않은 경우나, 학교 밖 과학교육과 같은 연구는 제외하고, 복수의 대상을 포함하는 연구는 중복하여 카운트하였다. 그 결과 유아 1편, 초등학생 16편, 중학생 17편, 고등학생 18편, 대학생 7편, 교사 3편으로, 초중고의 비중은 거의 유사하였다. 그 다음으로 대학생 대상 연구가 초중고의 절반 수준이었으며, 교사 대상이나 유아를 대상으로 한 것은 소수였다.

4) 연구 방법에 따른 연구 동향

본 연구에서는 연구 방법을 문헌 연구, 자료개발 연구, 양적 연구, 질적 연구, 혼합 연구, 기타로 구분하였다. 이렇게 분류하게 된 것에 대해 연구 방법에서도 밝혔지만, 기본적으로 AR과 관련하여 최신 연구 동향을 분석한 한송이와 임철일(2020)의 연구에서 양적 연구, 질적 연구, 문헌 연구의 분류를 1차적으로 가져왔다. 더불어 학생들에게 실질적인 적용을 통한 효과를 심도 있게 분석하기보다는 소프트웨어나 하드웨어의 기술적 개발로 마무리된 연구를 자료개발 연구로 별도로 구분할 필요를 확인하였고, 2가지 이상의 연구 방법을 혼합한 사례도 상당수 있어 이를 따로 분류해 모두 5가지 연구 방법을 기준으로 분류하였다. 학생들에 대한 변인을 조사하지 않고 기술이나 사료에 기반한 연구가 한 편 있었는데 이는 기타로 분류하였다.

Fig. 4를 보면 양적 연구가 35편으로 53%를 차지

하였고, 그 다음으로 자료개발 연구 17편(26%)를 차지하였다. 양적 연구와 자료개발 연구를 합한 비중은 거의 80%에 육박하였다. 문헌 연구와 질적 연구는 각각 5편(8%), 4편(6%)의 비중을 보였다. 조사 연구는 과학관 VR 전시 공간에 대한 연구 1편이 있었다. 혼합연구는 4편이 있었는데, 자료개발과 조사가 혼합된 연구가 2편, 질적 연구와 문헌 연구가 혼합된 연구가 1편, 양적 연구와 질적 연구를 혼합한 연구가 1편씩 있었다.

양적 연구는 초등학교 과학 수업에서 AR 콘텐츠

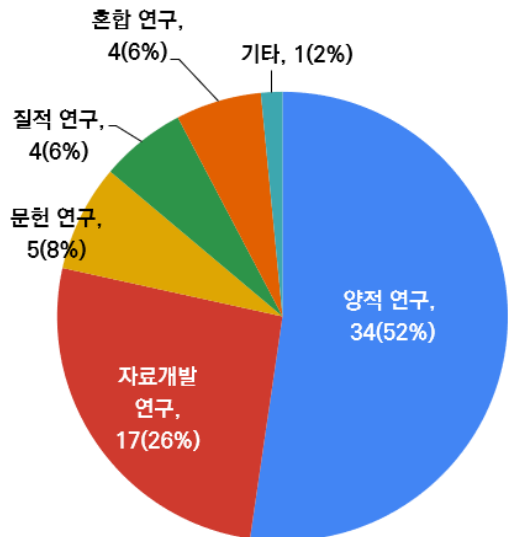


Fig. 4. Research Ratio by Research Method

가 학습과 관련된 변인에 어떤 효과가 있는지를 집단 간의 비교를 수행한 실험 연구(김경현, 2009), 준 실험 연구 형태를 띤 연구(허준혁과 이기영, 2013), 공변량 분석(홍춘표와 김용연, 2010)이나 사후 검사지(김희수, 2014)를 통해 변인을 연구한 형태까지 다양하게 나타났다. 자료개발 연구는 저작도구를 활용하여 AR 또는 VR 콘텐츠를 제작하는 연구가 주를 이루었는데, 본 연구에서 수집한 과학교육 저널이 아니라 정보나 콘텐츠 관련 학술지의 비중이 높았다. 또 이러한 학술지에 실린 연구의 상당수는 연구 대상에 대한 학교급을 명시하지 않은 경우가 많은 것이 특징이다. 문헌 연구는 총 5편이었는데, 2019년이 4편, 2021년이 1편으로 모두 최근에 수행되었음을 알 수 있었다.

5) 측정 변인에 따른 연구 동향

국내 과학교육 관련 AR 및 VR 관련 연구들의 측정 변인들을 정리한 결과는 Table 3과 같다. 측정 변인은 선행연구에 따라 인지적 변인, 정의적 변인, 기능적 변인의 대범주로 구분하였으며, 이에 포함되지 않는 변인 중에 AR 및 VR 관련 연구에서 나타나는 특징적인 변인들을 특징 변인의 대범주로 구분하고 나머지 변인은 기타로 분류하였다.

인지적 변인을 측정하는 연구는 총 26편이 있었다. 인지적 변인을 측정하는 연구는 특정 과학 개념의 이해나 학업 성취도를 측정하는 연구가 19편으로 다수를 차지하였고, 모형 수행 수준이나 적용, 학습 방법, 인지 부하 등을 다룬 연구도 일부 있었다. 정의적 변인을 측정하는 연구는 총 27편이 있었다. 정의적 변인 중 흥미(7편), 태도(6편), 만족도(6편)가 상당수를 이루었고, 그 외 학습 집중도, 참여도에 대한 연구도 수행되었으며, 능동적이나 자연에 대한 심미안에 대

해 다룬 연구는 1편으로 나타났다. 기능적 변인을 측정하는 연구는 총 11편이었으며, 과학탐구 능력이나 어휘, 표현, 상호작용, 창의성 등 기존의 다른 연구들에서 주로 다루어진 변인 이외에 공간 시각화 능력이나 공간 지각 능력 등이 다루어진 것이 특징적이라고 볼 수 있다.

본 연구에서는 앞의 세 가지 변인에 명확하게 분류되지는 않으나, AR 및 VR의 특징과 연관되어 있는 것으로 판단되는 것을 특징 변인으로 명명하여 분류하였다. 이 특징 변인을 측정하는 연구는 총 16건으로 나타났는데, 어지러움, 중독, 몰두, 현존감, 실제와의 유사성, 운동 감각의 처리 등을 변인으로 두고 측정하였으며, 프로그램이 사용자 친화적인지를 평가하는 사용성 평가(사용의 편의성 화면 구성, 조작 가능성 등)가 측정되기도 하였다.

기타 변인은 인지적, 정의적, 기능적, 특징 변인에 해당하지 않는 것으로 교육과정과의 관련성, 유용성, 장단점, 프로그램에 대한 인식, 학습 환경, 참신성 등이 여기에 해당하였다. 기타 변인으로 분류된 연구는 총 16편이 있었는데, 콘텐츠 관련 학술지의 연구를 중심으로 사용성 평가를 수행하는 사례가 많았다.

2. 시기에 따른 연구 동향의 변화

1) 연도에 따른 장비 영역별 연구 현황

과학교육 관련 AR 및 VR 연구의 연도별 현황을 조사한 결과는 Fig. 5과 같다. 이는 앞 절에서 제시한 Fig. 1을 연도별로 나누어 살펴본 결과이다. 연도별 분석을 두 기간(2001~2010년과 2011~2021년)으로 구분해보면 앞 10년이 18편, 뒤 11년은 47편으로, 두 기간은 논문의 양에서 큰 차이를 보인다. 앞 10

Table 3. Variables in AR and VR related science education research

| 대범주 | 세부 요소 | 연구에서의 명명 | 논문 수 |
|--------|------------|---|------|
| 인지적 변인 | 지식, 이해 | <ul style="list-style-type: none"> 지식, 과학 내용 지식 이해, 개념 이해도, 개념적 의미지도, 직관적 개념, 지식의 이해, 학습 내용의 이해, 수업 내용의 이해, 지질구조 공간 능력, 인지적 효과에 대한 인식 | 26 |
| | 학업 성취 수준 등 | | |
| 정의적 변인 | 흥미 | <ul style="list-style-type: none"> 학업성취도, 지식성취도 모형 수행 수준 적용, 학습 방법 학습효과, 수업의 효과, 실험 학습의 효과 기억 인지 부하 | 27 |
| | 태도, 만족도 | | |

| 대범주 | 세부 요소 | 연구에서의 명명 | 논문 수 |
|--------|---------------------------|--|------|
| 정의적 변인 | 집중, 흥미, 동기, 태도, 참여, 만족도 등 | <ul style="list-style-type: none"> • 학습 집중도, 주의 집중, 몰입, 학습 몰입 • 흥미, 상황 흥미, 수업 흥미도, 학습 동기, 선호, 과학 수업에 대한 즐거움 • 태도, 과학적 태도, 과학 및 실험 실습에 대한 태도, 컴퓨터에 대한 태도, 가상현실 프로그램에 대한 태도, 학습 태도, 학습 태도, • 전체적인 만족도 • 참여도, 환경에의 적극적 참여수준, 능동성 • 자연에 대한 심미안 • 수업 분위기 • 학습 활동 소요 변인 • 정의적 효과에 대한 인식 | 27 |
| 기능적 변인 | 탐구, 표현, 상호작용 | <ul style="list-style-type: none"> • 과학탐구능력 • 어휘, 표현 • 사회성, 사회적 상호작용, 언어적 상호작용, 물리적 상호작용 • 공간시각화능력, 공간 지각 능력 • 창의성 | 11 |
| 특징 변인 | 뇌전도 현존감 | <ul style="list-style-type: none"> • 뇌전도, 어지러움 • 중독, 몰두 • 현존감, 몰입감, 실제와의 유사성, 운동 감각의 저리 • 사용성 평가(사용의 편의성, 화면 구성, 조작 가능성) | 16 |
| 기타 | - | <ul style="list-style-type: none"> • 교육과정과의 관련성, 수업 목표 • 활용 여부, 유용성 • PMI(장단점), 프로그램에 대한 인식, 느낀점, 학생들의 인식 • 구성주의 학습 환경, 학습 환경 • 참신성 • 수준별 학습, 야외 학습 시간 | 8 |

년에는 2004년, 2005년, 2007년 등 과학교육 관련 AR, VR 연구가 1편도 출간되지 않은 해가 있지만, 2018년 이후에는 꾸준히 7편 이상이 출판되고 있다. 또 초창기를 보면 AR과 VR 관련 연구 중에 VR 관련 연구가 먼저 시작된 것을 확인할 수 있다. VR 관련 연구는 2001년에 시작되어 2003년까지 수행되었으며 매년 한두 편씩 점차 증가했지만, 2004년에서 2007년 사이에는 거의 연구되지 않아, 4년간 VR 관련 논문 1편만이 출판되었다. 이 당시의 VR은 웨어러블 장비 없이 오직 PC를 통해 구현하는 방식이었다.¹⁾

과학교육에서의 AR 및 VR 관련 연구는 2008년에 AR 관련 연구가 시작되며 다시 활발해졌다. 2008년부터 2012년까지 매년 1~2편의 AR 논문이 게재된 것을 통해 그것을 알 수 있다. 이 시기의 AR은 PC와 웹카메라를 활용한 방식이 주를 이루었다(계보경과 김영수, 2008; 서희전, 2008; 채창훈와 고광희, 2009). 2011년부터는 PC 이외에도 스마트기기를 활용하는 사례가 있었다(김건우와 이기영, 2011; 김종오 등, 2013; 이재인과 최종수, 2011). 2010년대 초반의 스

마트기기 활용에는 IOS와 Android OS를 사용하는 스마트폰의 보급이 작용한 것으로 판단된다. 2014년에는 VR 연구가, 2015년에는 AR 연구가 활발하게 진행되었으며 2016년과 2017년에는 AR 및 VR 연구가 1편씩 수행되었다.

Fig. 5를 보면 2018년부터 해당 연구의 수가 급격히 증가하는 것을 확인할 수 있다. 2001년과 2017년 사이에는 4편의 연구가 수행된 2003년과 2015년을 제외하고 모두 3편 이하의 연구가 수행된 것이 비해 2018년 이후에는 매년 7편에서 10편 사이의 연구가 수행되었음을 통해 최근 AR 및 VR의 연구가 비교적 활발히 이루어짐을 알 수 있다. 이때부터는 본격적으로 웨어러블 장비의 사용도 활발하게 이루어졌다. 삼성전자가 Oculus와 협력하여 Gear VR 시리즈를 2014년도에 출시하고(GSMarena team, 2022, July 30), Google도 같은 해 Google Cardboard란 제품을 출시하였다(Google Developers, 2022, July 30). 이후 여러 업체에서 VR 웨어러블 장비를 출시하고, 관련 앱스토어도 활성화되었다. 이러한 기술적 발전이 과

1) 김호정과 류제하(2003)의 연구에서의 I-Glasses란 웨어러블 장비를 사용한 사례 1편을 제외하면 모두 PC 기반이었다.

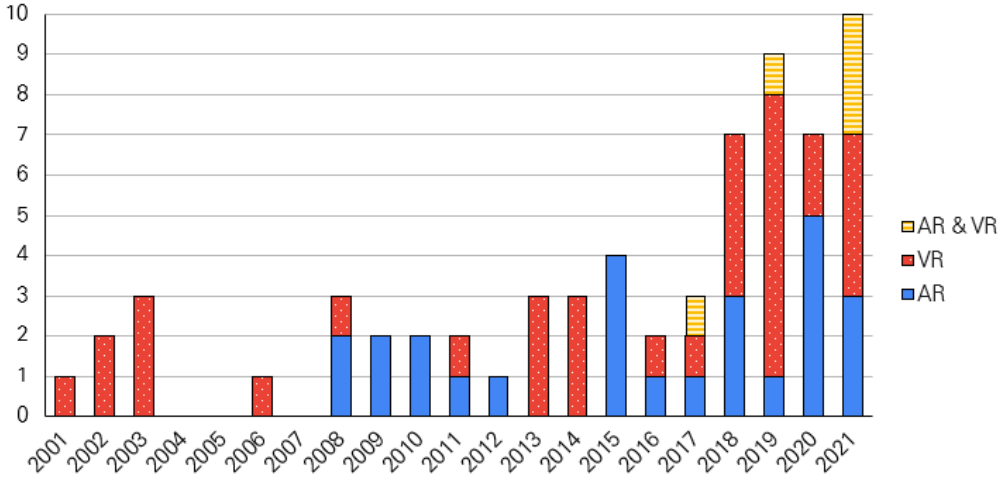


Fig. 5. AR and VR Research by Year

학교교육에서의 AR 및 VR 연구 논문 편수 증가에 기여한 것으로 보인다.

2) 연도에 따른 사용 구현 장치별 연구 현황

앞서 AR, VR 장비 영역을 기준으로 연도별 변화 현황을 보았다면 이번에는 하드웨어인 장치를 중심으로 기술해보고자 한다. 연구자들은 합의를 통해 AR 및 VR 구현 장치를 크게 PC, 스마트기기(스마트폰, 태블릿), HMD(Head Mount Display)로 구분하였다. 몇 편의 연구에서 두 종류의 장비를 사용한 경우가 있었는데, 이 경우는 각 장비를 0.5의 빈도로 사용한 것으로 가중치를 설정하였다. 장치를 사용하지 않은 문헌 또는 조사 연구로 수행된 2019년의 4편,

2021년의 2편의 연구는 분석에서 제외하였다.

연도별 구현 장치 사용 비중의 분석 결과는 Fig. 6과 같다. 2001년에서 2010년 사이의 연구는 대부분 PC를 이용하였다. VR 관련 연구에서는 PC만을 이용한 경우가 대부분이었으며, 이 시기의 AR 관련 연구는 PC에 웹캠을 부착한 형태가 주를 이루었다. 2010년 즈음에는 AR 연구에서 PC와 함께 터치스크린(김준우 등, 2010)이나 AR Book(원용태와 김하동, 2012; 이재인과 최종수, 2011) 등을 활용하기도 하였다.

Fig. 6을 보면 2011년부터 스마트기기를 사용한 연구가 등장하기 시작하면서 반대로 PC의 비중이 줄어드는 모습을 볼 수 있다. 2016~2018년, 2021년에는 PC를 사용한 연구가 0건이었다. PC의 빈자리

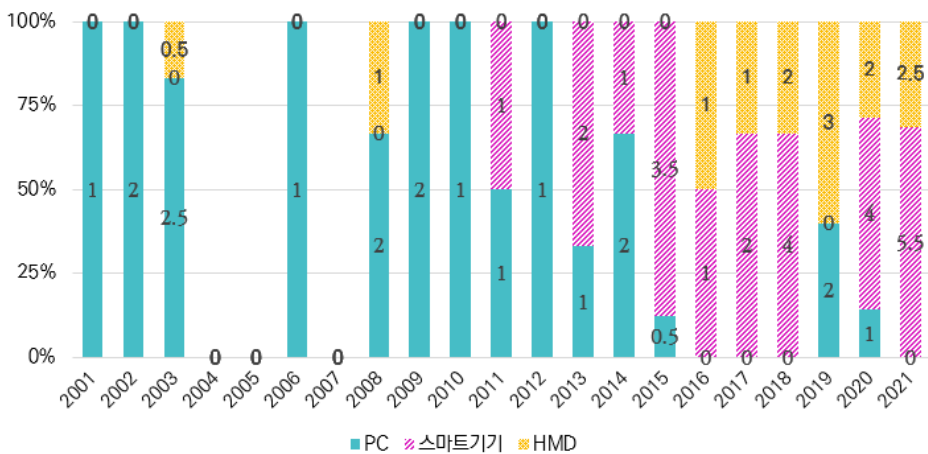


Fig. 6. Proportion of Implementation Device by Year

Table 4. Examples of HMD devices utilized in the study

| AR/VR | HMD 장치 (출시년도) | 연구논문 |
|-------|----------------------|-------------------------------------|
| VR | Gear VR (2014~2017) | 소요환(2016), 권승혁 등(2018), 설가영 등(2019) |
| | Cardboard (2014) | 김우겸 등(2019) |
| | Oculus (2016~2020) | 최섭과 김희백(2020) |
| | Vive (2016~2019) | 김연정 등(2021), 박순희 등(2021) |
| AR | HoloLens (2016~2019) | 송은지(2020) |

를 2010년대 초반에는 스마트기기가 2016년 이후부터는 HMD가 그 빈자리를 메워나가고 있다. 2003년과 2008년에 사용된 HMD 장치는 근래 볼 수 있는 형태의 장비는 아니고, I-Glasses(김호정과 류제하, 2003), SASILE(임재원 등, 2008)이라는 자체 개발한 시스템을 활용 형태였다. 2016년부터 HMD 장치를 활용한 연구가 수행되고 있는 것은 VR 장치의 보급과 연관이 있다. 앞 절에서 언급하였던 삼성전자의 Gear VR과 Google의 Cardboard가 2014년에 출시되었고, Oculus사를 비롯하여 여러 회사에서 꾸준히 신제품을 출시하여 VR 생태계를 구축하였다. VR 생태계가 구축되면서 이전보다 상대적으로 장치 가격이 저렴해지면서 학교에도 VR 장치들이 보급되었다.

2016년 이후 과학교육 연구에서 사용된 HMD를 살펴보면 Table 4와 같다. 일반적으로 해당 HMD가 출시된 후 1~3년 이내에 연구가 수행되었는데 Google Cardboard의 경우 출시된 후 5년 만에 과학교육 연구에 사용되었다. 삼성전자가 Oculus사와 협력하여 개발한 Gear VR 시리즈의 첫 제품은 Gear VR 이노베이터 에디션 for Note 4로 갤럭시 노트4 스마트폰과 도킹하여 사용하는 제품이었다(삼성전자, 2022, July 30a). 이후 Gear VR 이노베이터 에디션 for S6, Gear VR, Gear VR with controller 제품을 차례대로 내놓았다(삼성전자, 2022, July 30b; 2022, July 30c; 2022, July 30d). Gear VR은 과학교육에서 3편의 관련 연구가 수행되었다. 2014년 출시된 Google Cardboard는 2019년에 김우겸 등(2019) 연구에서 사용되었다. Oculus사는 VR 전문회사로서 Oculus Rift(2016년), Go(2017년), Rift S(2019년), Quest(2019년), Quest 2(2020년)와 같은 신제품을 꾸준히 출시하고 있다. 과학교육 연구에서는 2017년에 출시된 Oculus Go제품을 사용한 연구가 1편 있었으며, 최신 제품인 Oculus Quest 2를 활용한 연구는 아직 수행되지 않았다. HTC의 Vive는 2016년 처음 출시되었는데 2019년에 출시된 Vive Pro Eye가 2021년에 2편

의 연구에서 활용되었다. AR 장치 중 대표주자 격인 Microsoft사의 HoloLens는 2016년에 처음 출시되었고, HoloLens 2가 2019년에 출시되었다. HoloLens는 VR 장치와 다르게 조작 중에도 투명 디스플레이 장치를 통해 바깥 현실세계를 볼 수 있다는 특징을 가지고 있다. HoloLens를 활용한 과학교육 연구에 1편으로 나타났다. HoloLens 2의 경우 장치 가격이 2022년 기준 대당 500만 원 가까이하는 고가의 장치라 학교 보급률이 매우 낮고, VR 제품에 비해 앱스토어가 활성화가 더디다는 점에서 AR 영역에서 HMD 장치가 상대적으로 덜 활용되는 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 지난 20여 년간 국내에서 발행된 과학교육 관련 AR, VR 연구 동향을 분석하였다. 장비 영역에서는 VR 연구가 AR 연구에 비해 조금 더 많이 수행되었고, 교과 영역별 조사에서는 지구과학 영역 연구가 가장 많고, 생물 영역 연구가 그 다음이었으며, 물리와 화학 영역 연구는 상대적으로 적은 수의 연구가 수행되었다. 연구 대상별 분류 결과는 초등학생과 중학생을 대상으로 한 연구가 상당히 많았으며, 학교급이 올라갈수록 비율이 줄어드는 경향이 보였다. 연구 대상별 분석에서 특이점은 특수 학급 학생을 대상으로 한 연구가 상당수 존재하였다는 점이다. 연구 방법과 관련해서는 양적연구가 절반 이상을 차지하였고, 자료개발 연구가 1/4 가량 차지했으며, 질적연구는 6% 정도로 적은 비중을 차지했다. 측정 변인별로는 인지적 변인과 정의적 변인이 각각 26편, 27편으로 다수를 차지하였고, 과학 탐구능력, 표현, 상호작용 등 기능적 변인 관련 연구는 11편으로 그 수가 적었다. 다만 특징 변인으로 뇌전도나, 현존감, 어지러움, 사용성 평가 등을 분석한 연구도 16편으로 상당수 존재하였다. 시기별 연구 동향을 보면 2000년대 초반에는 VR 연구만 이루어

어지다, 2008년 이후 AR 연구도 시작되는 것을 확인할 수 있었다. 더불어 2001~2010년까지 논문 수가 14편, 2011~2017년 18편, 2018~2021년 33편으로, 2018년부터 AR, VR 연구가 폭발적으로 증가하는 경향을 나타냈다. 구현 장치에 따른 분석을 다시 살펴보면 2001~2010년에는 주로 PC를 이용해 이를 구현하였고, 2011년 이후부터 스마트기기의 비중이 증가하였고, 2016년 이후부터는 HMD 장비를 이용한 연구도 1년에 1편 이상씩 꾸준히 수행되고 있다. 스마트기기와 HMD 장비를 활용한 연구가 증가한 반면, PC를 활용한 연구는 2016년 이후 단 3편밖에 없을 정도로 비중이 축소되었다.

연구 기간과 연구 대상이 온전하게 일치하지 않아 직접적인 비교가 어렵지만 국외에서는 과학교육 관련 AR 연구(30편)가 VR 연구(2편)에 비해 압도적으로 많이 수행되었다는 것과 비교해볼 때(Maas & Hughes, 2020), 국내에서는 AR 연구와 VR 연구가 비교적 고르게 수행되고 있음을 알 수 있다. 국외에서 과학교육 관련 VR 콘텐츠 중 화학 영역의 비중이 높고 지구과학의 비중이 낮은 반면(Durukan *et al.*, 2020), 국내의 AR 및 VR 콘텐츠 개발은 생물과 지구과학 영역에 편중되어 국제적인 추세와는 거리가 있어 보인다. 이에 국외에서 많이 연구되고 있는 화학 영역의 VR 콘텐츠를 검토하여 국내에서 새롭게 개발 및 적용될 수 있는 콘텐츠들이 무엇이 있는지 확인하고 검토할 필요가 있다. 본 연구에서는 과학교육 관련 VR 및 AR 콘텐츠의 전체적인 연구 동향을 검토하는 것이 목적이었기 때문에 AR 및 VR의 각 장치 영역과 학습자 간의 관계가 연구에서 드러나지는 않았다. 선행연구에 따르면 VR 관련 콘텐츠는 상대적으로 고등교육 영역에서 주로 적용되었고, AR 관련 콘텐츠는 상대적으로 초·중등교육 영역에서 주로 적용되었음을 알 수 있다(Arici *et al.*, 2019; Durukan *et al.*, 2020; Maas & Hughes, 2020). 본 연구의 결과와 선행연구와의 비교를 통해 이와 같은 추세가 우리나라의 연구에서도 나타나는지, AR과 VR이 각각 초중등학생과 고등교육 영역의 학생에게 적용되는 이유는 무엇인지, 그리고 그것이 그 대상들에게 효과적인지에 대한 추후 연구가 수행될 수 있을 것으로 보인다. 연구 방법 측면에서 국내 연구 중 양적 연구의 비중이 절반을 넘을 정도로 많이 수행된 것은 사실이지만 국외 과학교육 관련 AR 연구의 81%가 양적 연구임을 보고한 선행 연

구(Arici *et al.*, 2019)와 비교해볼 때, 우리나라의 연구는 상대적으로 다양하게 수행되고 있음을 확인할 수 있었다. Maas and Hughes (2020)은 2006년에서 2017년 사이에 국외에서 진행된 29건의 과학교육 관련 AR 및 VR 활용 연구 중 단 2사례만이 HMD를 사용했다는 결과를 보고하였다. 국내에서는 Fig 6을 통해 같은 기간 동안 24건의 연구가 수행되었고 이 중 HMD관련 연구가 3건 수행되었으며 HMD의 사용 비중이 점차 늘어남을 확인할 수 있는데, 이는 우리나라의 과학교육에 HMD를 적용하는 것과 관련된 연구의 비중이 국외에 비해 적지 않으며 적용 시기도 늦지 않음을 의미한다.

서론에서 언급한 바와 같이 AR과 VR은 에듀테크 산업에서 큰 비중을 차지하고 있어 앞으로도 지속적인 성장이 예상된다. 연구 결과에서 보듯 AR과 VR 장비 중 HMD 장비 관련 연구가 최근에 활발히 진행되고 있는데, 이는 Metaflaforms에서 Oculus Quest 시리즈가 HMD의 가격 하락을 주도하고, 상대적으로 낮아진 가격이 학교에서의 보급 증가로 이어졌기 때문이다. 이제는 특별히 과학관이나 IT 관련 체험관을 찾지 않아도 손쉽게 VR HMD 장비를 체험할 수 있는 시대가 도래하였다. 최근 학교에서도 VR, AR 장치에 대한 관심이 증가하면서 지능형 과학실 등 시설 개선 사업을 진행하면서 관련 장비를 구입하는 사례가 증가하고 있다(교육부, 2020). 지능형 과학실은 지능정보기술을 적용한 첨단과학기술 기반의 온·오프라인 연계 과학수업 공간으로 VR, AR 장치의 활용도가 높을 것으로 예상된다(홍옥수 등, 2022). 연구자 역시 HMD가 기존의 PC나 스마트패드 장치에 비해 실재감이 뛰어나며 학생의 흥미나 주의 집중을 높이는 데 긍정적인 효과가 있으므로 이를 적극적으로 도입하고 활용하는 데 찬성하는 바이다. 다만 기기의 유지 및 관리의 어려움을 개선하거나 이를 지원할 수 있는 개선책의 마련이 함께 고민되어야 할 것이다(박용남과 윤기준, 2020; 한형종과 이가영, 2020).

VR, AR 장치는 하드웨어만으로 이루어지는 것이 아니다. 어떤 소프트웨어(어플리케이션)를 활용하느냐에 따라 그 활용 가치는 큰 차이를 보인다. 다수의 에듀테크 기업과 Metaflaforms을 비롯한 빅테크 기업이 VR 산업에 뛰어들면서 VR 콘텐츠의 양과 질이 기하급수적으로 증가하였다. 앞서 장치별 현황에서도 언급하였지만 2010년대에는 Gear VR 등 우

리나라 제조사에서 VR HMD 제품군을 출시하였으나, 현재는 단종된 상태로 국내 학교나 과학관에서 해외에서 생산된 VR 장치를 이용하고 있다. 그로 인해 대부분 콘텐츠가 해외에서 제작되면서 언어 장벽에 부딪혀 활용성이 떨어지거나 해당 콘텐츠가 한국어를 지원하더라도 우리나라를 기반으로 한 콘텐츠가 상대적으로 부족한 편이다(임희주, 2019). 개발된 자료가 학생들의 흥미나 호기심 유발을 위한 콘텐츠이거나 단편적인 지식수준에 머무는 경우가 많아 과학적 사고나 탐구 능력을 길러 주는 콘텐츠는 많지 않다. 연구 결과에서 보듯 초등학생과 중학생 대상 연구가 고등학생 연구보다 많은 것도 이런 연유에 기인한다고 판단된다.

수업 시간에 VR 장치 사용의 어려움 중 하나는 학생이 장시간 사용하였을 때 어지러움을 호소하는 경우가 많다는 것이다(노정현과 조준동, 2019; 장은희 등, 2018). 어지러움 뿐만 아니라 외부와의 시선 차단으로 교사와 학생, 또는 학생 간의 시각적 의사소통이 어렵고, HMD 장치를 착용하고 이동하는 활동을 할 경우 안전사고의 위험성도 노출되는 문제점이 있다(한형종과 이가영, 2020; 한호정과 이제민, 2020). 이 부분은 HoloLens 2와 같은 AR HMD 제품 사용으로 상당 부분 문제를 해결할 수 있는데, HoloLens 제품은 현재 해부학 시뮬레이션 등 의료 교육 분야에서 활용되고 있다. 다만 아직 고가의 장비라 일선 초·중등학교에서 대량으로 구입하여 활용하기에는 예산상의 부담이 있다. 하지만 VR HMD 가격이 하락하면서 보급이 증가한 것과 마찬가지로 머지않아 AR HMD 역시 가격이 하락하면 학교에서의 보급도 증가할 것으로 보인다. 따라서 과학교육에서 AR 콘텐츠에 대한 연구도 꾸준히 수행되어 학교 수업에서 활용할 수 있기를 기대한다.

참고문헌

강현숙, 박병기(2014). 창의성과 인지적, 정의적, 환경적 변인의 관계에 관한 메타분석. *교육심리연구*, 28(2), 371-404.

계보경, 김영수(2008). 증강현실 기반 학습에서 매체특성, 현존감, 학습몰입, 학습효과의 관계 규명. *교육공학연구*, 24(4), 193-224.

교육부(2016). 2015 개정 교육과정에 따른 초·중등학교 디지털교과서 국·검정 구분(안). *교육부*.

교육부(2020). 기초를 다지고, 첨단을 누리며, 미래를 이끄

는 과학교육 종합계획(안) [2020년~2024년]. *교육부*.

권승혁, 이영지, 최수연, 권용주(2018). 생명과학 VR 콘텐츠 활용에서 학습자에게 영향을 미치는 구성 요소 분석. *학습자중심교과교육연구*, 18, 585-605.

김건우, 이기영(2011). 플래시 파노라마를 활용한 웹-기반 가상야외지질답사 개발 및 활용 방안 탐색: 제주도 화산 지형을 중심으로. *한국지구과학회지*, 32(2), 212-224.

김경현(2009). 초등학교 과학수업에서 AR 콘텐츠 활용이 학습 활동에 미치는 효과. *컴퓨터교육학회 논문지*, 12(5), 75-85.

김연정, 윤세희, 신병석(2021). 포물선 운동을 중심으로 한 가상현실 기반물리 실험 교육 시뮬레이터 개발. *정보처리학회논문지. 소프트웨어 및 데이터 공학*, 10(1), 1.

김우겸, 최동열, 광승철, 김희수(2019). 가상현실 기술을 활용한 학습이 학습 동기에 미치는 영향. *과학교육연구지*, 43(3), 271-283.

김종오, 정지성, 김도형, 권순옥, 유관희, 주성연, 박찬, 오원근(2013). 스마트 기기를 위한 3D 기반 동역학 가상 실험과 2D 기반 전자문서의 하이브리드-앱 물리 전자교과서. *새물리*, 63(6), 620-626.

김준우, 맹준희, 주지영, 임광혁(2010). 멀티 터치스크린과 실감형 인터페이스를 적용한 과학 실험 학습 시스템. *한국콘텐츠학회논문지*, 10(8), 461-471.

김한중(2019). 사회와 디베이트 수업이 중학생의 인지적, 정의적, 기능적 특성 변화에 미치는 효과. *공공사회연구*, 9(3), 35-66.

김혜나(2018). 증강현실기반 교육 연구 동향: 국내 연구에 대한 체계적 문헌고찰을 통하여. *정보교육학회논문지*, 22(3), 397-407.

김호정, 김가람(2017). 체계적 문헌 고찰을 통한 한국어 교육과정 연구 동향 분석. *한국언어문화학*, 14(1), 75-110.

김호정, 류제하(2005). 역감 제시 장치를 이용한 가상 과학 체험 공간 개발. *정보과학회논문지: 소프트웨어 및 응용*, 30(11), 1044-1053.

김희수(2014). 적벽강 지역의 가상 야외지질답사 자료 개발 및 적용. *현장과학교육*, 8(3), 205-215.

나지연, 윤희정(2021). 증강현실을 활용한 국내·외 과학 교육 연구 동향 분석: 초등과학교육 연구를 위한 시사점을 중심으로. *초등과학교육*, 40(1), 22-35.

노정현, 조준동(2019). 안경 착용자가 HMD 착용시 VR 멀미에 미치는 원인 분석. *한국 HCI학회 학술대회*, 81-86.

박순희, 이성아, 남윤영, 최성운(2021). 중도장애학생의 시선을 활용한 과학 체험 활동 가상현실 콘텐츠 개발 및 적용가능성 탐색. *지체중복건강장애연구*, 64(1), 61-77.

- 박용남, 윤기준(2020). 가상현실 스포츠실 활용 체육수업의 효과 및 한계점. 한국스포츠교육학회지, 27(4), 81-96.
- 배영임, 신혜리(2020). 코로나 19, 언택트 사회를 가속화하다. 이슈 & 진단, 416, 1-26.
- 변태진(2017). 과학과 미디어 기반 학습 관련 문헌 연구. 한국과학교육학회지, 37(3), 417-427.
- 사이언스레벨업(2022, May 14). 공지사항. https://science.levelup.kofac.re.kr/support/notice/detail?notice_idx=1&pageIndex=3
- 삼성전자. (2022a, July 30). 삼성 기어 VR (블랙) SM-R320. <https://www.samsung.com/sec/support/model/SM-R320NPWGKOO/>
- 삼성전자. (2022b, July 30). 기어 VR Innovator Edition for S6. <https://www.samsung.com/sec/support/model/SM-R321NZWAKOO/>
- 삼성전자. (2022c, July 30). 기어 VR (2016). <https://www.samsung.com/sec/support/model/SM-R323NBKAKOO/>
- 삼성전자. (2022d, July 30). 기어 VR with Controller. <https://www.samsung.com/sec/support/model/SM-R325NZVAKOO/>
- 서희전(2008). 증강현실기반 학습 환경에서 학습자의 현존감, 학습 몰입감, 사용성에 대한 태도, 학업성취도의 관계 연구. 교육정보미디어연구, 14(3), 137-165.
- 설가영, 권승혁, 권유중(2019). 생명과학 학습에서 가상현실(VR) 콘텐츠의 사용에 의한 두뇌 연결성의 변화 연구. 생물교육, 47(2), 187-196.
- 소요환(2016). 웹 3D와 가상현실 시뮬레이션 학습의 사용성 평가 비교분석. 한국콘텐츠학회논문지, 16(10), 719-729.
- 송은지(2020). 홀로렌즈를 활용한 혼합현실 교육 콘텐츠 제작 방법. 한국정보통신학회논문지, 24(3), 391-397.
- 원용태, 김하동(2012). 3D 실감 체험학습을 위한 증강현실 저작도구 및 해양생물 문화콘텐츠. 한국콘텐츠학회논문지, 12(5), 70-80.
- 유정민, 서수연, 허송이, 최규리(2021). 사회문제기반 과학-예술 융합교육을 위한 실감형 콘텐츠 개발. 한국디지털콘텐츠학회 논문지, 22(12), 1959-1967.
- 이영희, 윤지현, 홍섭근, 임재일, 백병부(2018). 미래교육 관련 연구 메타분석을 통한 미래교육의 방향. 교육문화연구, 24(5), 127-153.
- 이용수(2015). 혼합현실 정의의 문제점과 대안, 그리고 가상/증강현실의 작용관계. 디자인지식저널, 34, 193-202.
- 이원곤(1996). 영상기계와 예술. 현대미학사.
- 이재인, 최종수(2011). 증강현실 기반의 초등과학교육 콘텐츠 제작. 한국콘텐츠학회논문지, 11(11), 514-520.
- 이현지, 김원섭(2020). 가상현실 기술 융합 기반의 국내 교육 사례 분석 및 콘텐츠 유형 분류: 중학 교육을 중심으로. 한국과학예술통합학회, 38(3), 237-252.
- 이형주, 고호경(2015). 협동학습 및 또래교수 프로그램이 수학학습부진학생의 인지적·정의적 영역에 미치는 효과 메타분석. 수학교육학연구, 25(1), 113-137.
- 이혜선, 정윤희, 김상연 (2019). 텍스트 마이닝 기법을 활용한 국내 가상현실(VR) 연구와 교육적 활용 동향 분석. 학습자중심교과교육연구, 19(18), 311-338.
- 임재원, 김석환, 조용주, 박경신(2008). 과학적 탐구학습을 지원하는 가상현실 시스템 개발에 관한 연구. 정보처리학회논문지. 소프트웨어 및 데이터 공학, 15(2), 95-102.
- 임희주(2019). 교양영어수업에서 가상현실 (VR) 앱 활용에 대한 연구. 교양교육연구, 13(5).
- 장은희, 서대일, 김현택, 유병현(2018). 사이버멀미 통합 모델: 가상현실 사용자의 불편감 현상 연구. 정보과학회논문지, 45(3), 251-279.
- 장진아, 박준형, 송진웅(2019). 초등학교 과학 디지털교과서에 제시된 테크놀로지를 활용한 탐구 활동의 특징-가상실험, 가상현실, 증강현실 활용 사례들을 중심으로. 초등과학교육, 38(2), 275-286.
- 정광조, 신현기(2015). 국내 통합교육 효과 연구에 대한 메타 분석. 특수아동교육연구, 17(3), 203-231.
- 채창훈, 고광희(2009). 증강현실에서 몰입감 증대를 위한 물리시뮬레이션의 적용. 한국멀티미디어학회, 13(3), 21-33.
- 최섭, 김희백(2020). 가상현실 특성을 반영한 VR 프로그램 기반 수업 적용 및 효과. 한국과학교육학회지, 40(2), 203-216.
- 한송이, 임철일(2020). 국내 증강현실 (AR) 기반 교육 연구동향 분석: 2008년~2019년을 중심으로. 교육공학연구, 36(3), 505-528.
- 한형중, 이가영(2020). 가상현실(Virtual Reality)의 교육적 활용에 대한 예비교사 인식 분석. 컴퓨터교육학회 논문지, 23(5), 61-70.
- 한호성, 이제민(2020). 가상현실 게임에 의한 요추 골절: 증례 보고. 대한척추외과학회지, 27(4), 147-151.
- 허준혁, 이기영(2013). 고등학교 지구과학 수업에서 플래시 파노라마 기반 가상 야외 답사의 활용이 학생들의 공간 시각화 능력 및 화산 개념 이해에 미치는 영향. 한국지구과학회지, 34(4), 345-355.
- 홍옥수, 김경미, 이재영, 김울(2022). 지능형 과학실의 개념과 특징. 한국과학교육학회지, 42(2), 177-184.
- 홍준표, 김용연(2010). 가상현실 실험이 학업성취도와 과학 관련 태도 및 창의성에 미치는 효과: 10학년 과학 교과-물질 단원을 중심으로. 한국현장과학교육학회지, 4(2), 80-90.
- Arici, F., Yildirim, P., Caliklar, S., & Yilmaz, R. M. (2019). Research trends in the use of augmented reality

- in science education: Content and bibliometric mapping analysis. *Computers & Education*, 142, 103647.
- Durukan, A., Artun, H., & Temur, A. (2020). Virtual Reality in Science Education: A Descriptive Review. *Journal of Science Learning*, 3(3), 132-142.
- Google Developers. (2022, July 30). Google I/O 2014 - Cardboard: VR for Android. <https://www.youtube.com/watch?v=DFog2gMnm44>
- Grand View Research. (2021). Share & Trends Analysis Report By Solution, By Technology (Deep Learning, Machine Learning, Natural Language Processing, Machine Vision), By End Use, By Region, And Segment Forecasts, 2021-2028. Grand View Research.
- GSMarena team. (2022, July 30). IFA 2014: Samsung Galaxy Note 4, Note Edge, Gear VR and Gear S hands-on. https://www.gsmarena.com/samsung_ifa_2014-review-1126p4.php
- Hussein, M., & Nätterdal, C. (2015). The benefits of virtual reality in education-A comparison Study. Bachelor of Science Thesis in Software Engineering and Management, University of Gothenburg.
- Krueger, M. W. (1991). *Artificial reality* (2nd ed.). Reading, Addison-Wesley.
- Lanier, J. (2017). *Dawn of the new everything: A journey through virtual reality*. Random House.
- Maas, M. J., & Hughes, J. M. (2020). Virtual, augmented and mixed reality in K-12 education: A review of the literature. *Technology, Pedagogy and Education*, 29(2), 231-249.
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.
- Saidin, N. F., Halim, N. D. A., & Yahaya, N. (2015). A review of research on augmented reality in education: Advantages and applications. *International Education Studies*, 8(13), 1-8.
- Southwick, S. (2022, July 27). EdTech Industry Analysis & Trends. <https://www.toptal.com/finance/market-research-analysts/edtech-trends-2020>

변태진, 광주교육대학교 교수(Taejin Byun; Professor, Gwangju National University of Education).

† 박정우, 제주대학교 교수(Jeongwoo Park; Professor, Jeju National University).

부록

Table 5. Selected papers for data analysis

| 연번 | 저자 | 연도 | 학회지 | 제목 |
|----|---------------------------------------|------|-----------------------|--|
| 1 | 김희수, 신영숙, 김여상, 서명석 | 2001 | 교육공학연구 | 지구과학교과교육을 위한 웹기반 3차원 가상현실 기법의 활용 |
| 2 | 심규철, 박종석, 김현섭, 김계현, 박영철, 류해일 | 2002 | 대한화학회지 | 화학 교육에서 가상현실 기법의 활용에 대한 연구 |
| 3 | 김희수 | 2002 | 한국지구과학회지 | 웹기반 지구과학교육에서 가상현실 기술의 활용 |
| 4 | 박상태, 이희복, 육근철 | 2003 | 새물리 | 물리교육에서 3차원 웹기반 가상현실 기법의 활용 모색 |
| 5 | 김호정, 류제하 | 2003 | 정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용 | 역감 제시 장치를 이용한 가상 과학 체형 공간 개발 |
| 6 | 심규철, 류수정, 김현섭, 김희수, 박영철 | 2003 | 한국과학교육학회지 | 가상현실 기법의 활용이 지식 성취도 향상에 미치는 효과: 눈의 구조와 기능 내용을 중심으로 |
| 7 | 신명경, 김희수, 김종현 | 2006 | 한국지구과학회지 | 지구과학에서의 가상 현실의 사용에 따른 예비 과학교사의 학습환경 인식 연구: 시험적 적용 |
| 8 | 계보경, 김영수 | 2008 | 교육공학연구 | 증강현실 기반 학습에서 매체특성, 현존감, 학습몰입, 학습효과의 관계 규명 |
| 9 | 서희전 | 2008 | 교육정보미디어연구 | 증강현실기반 학습 환경에서 학습자의 현존감, 학습 몰입감, 사용성에 대한 태도, 학습성취도의 관계 연구 |
| 10 | 임재원, 김석환, 조용주, 박경신 | 2008 | 정보처리학회논문지B | 과학적 탐구학습을 지원하는 가상현실 시스템 개발에 관한 연구 |
| 11 | 김경현 | 2009 | 컴퓨터교육학회 논문지 | 초등학교 과학수업에서 AR 콘텐츠 활용이 학습 활동에 미치는 효과 |
| 12 | 채창훈, 고광희 | 2009 | 한국멀티미디어학회지 | 증강현실에서 몰입감 증대를 위한 물리시뮬레이션의 적용 |
| 13 | 김준우, 맹준희, 주지영, 임광혁 | 2010 | 한국콘텐츠학회논문지 | 멀티 터치스크린과 실감형 인터페이스를 적용한 과학 실험 학습 시스템 |
| 14 | 홍춘표, 김용연 | 2010 | 현장과학교육 | 가상현실 실험이 학업 성취도와 과학 관련 태도 및 창의성에 미치는 효과: 10학년 과학 교과-물질 단원을 중심으로 |
| 15 | 김건우, 이기영 | 2011 | 한국지구과학회지 | 플래시 파노라마를 활용한 웹-기반 가상야외지질답사 개발 및 활용 방안 탐색: 제주도 화산 지형을 중심으로 |
| 16 | 이재인, 최종수 | 2011 | 한국콘텐츠학회논문지 | 증강현실 기반의 초등과학교육 콘텐츠 제작 |
| 17 | 원용태, 김하동 | 2012 | 한국콘텐츠학회논문지 | 3D 실감 체험학습을 위한 증강현실 저작도구 및 해양생물 문화콘텐츠 |
| 18 | 김종오, 정지성, 김도형, 권순옥, 류관희, 주성연, 박찬, 오원근 | 2013 | 새물리 | 스마트 기기를 위한 3D기반 동역학 가상실험과 2D기반 전자문서의 하이브리드-앱 물리 전자교과서 |
| 19 | 이기영 | 2013 | 한국지구과학회지 | 플래시 파노라마 기반 가상야외답사의 활용이 중학생의 공간 시각화 능력, 개념 이해와 인식에 미치는 영향 |
| 20 | 허준혁, 이기영 | 2013 | 한국지구과학회지 | 고등학교 지구과학 수업에서 플래시 파노라마 기반 가상 야외 답사의 활용이 학생들의 공간 시각화 능력 및 화산 개념 이해에 미치는 영향 |
| 21 | 송진아, 신대호, 이성우, 오원근 | 2014 | 새물리 | 3D 가상현실을 이용한 과학영역 동역학 교육에서 가속도 표현 변화 |
| 22 | 김희수 | 2014 | 한국지구과학회지 | 3D 파노라마 가상 현실 기술을 이용한지질 답사 학습 자료의 개발과 적용 |
| 23 | 김희수 | 2014 | 현장과학교육 | 적벽강 지역의 가상 야외지질답사 자료 개발 및 적용 |
| 24 | 정연화, 이정민 | 2015 | 교육정보미디어연구 | 증강현실 활용 탐구학습의 효과성분석: 중등과학수업을 중심으로 |
| 25 | 최유미, 문영순 | 2015 | 애니메이션연구 | ‘증강현실’ 기반 교육용 어플리케이션 개발을 통한 효과적인 초등 STEAM교육에 관한 연구 과학과 미술융합을 중심으로 |

| 연번 | 저자 | 연도 | 학회지 | 제목 |
|----|-----------------------------------|------|-------------|--|
| 26 | 김정수, 신현기 | 2015 | 특수교육연구 | 증강현실 기반 과학과 STEAM 프로그램이 정신지체 학생의 과학과 학업성취도와 태도에 미치는 효과 |
| 27 | 이태수, 이동원 | 2015 | 학습자중심교과교육연구 | 증강현실 기반 중재와 개념적 의미지도가 정신지체 학생의 과학과 학습과 흥미도에 미치는 효과 |
| 28 | 김정수, 이태수 | 2016 | 한국콘텐츠학회논문지 | 지적장애 학생을 위한 증강현실 과학교육 콘텐츠 구현 및 적용 가능성 탐색 |
| 29 | 소요환 | 2016 | 한국콘텐츠학회논문지 | 웹 3D와 가상현실 시뮬레이션 학습의 사용성 평가 비교분석 |
| 30 | 류혜주, 박현우 | 2017 | 초등과학교육 | ‘우리 몸’ 단원에 대한 증강현실 교육콘텐츠의 제작과 적용 |
| 31 | 이태수 | 2017 | 통합교육연구 | 증강현실 기반 안내된 탐구학습활동이 학습장애 학생의 과학학습에 미치는 효과 |
| 32 | 이태수 | 2017 | 특수교육연구 | 가상현실과 증강현실 기반 안내된 탐구학습이 학습장애 학생의 과학과 ‘태양계와 별’의 학습에 미치는 효과 |
| 33 | 배영권, 박관우, 문교식, 유인환, 김우열, 이효녕, 신승기 | 2018 | 정보교육학회논문지 | 가상현실장비(VR)를 활용한 융합인재교육 프로그램 개발 및 만족도와 학습자의 태도 분석 |
| 34 | 김정수 | 2018 | 지적장애연구 | 증강현실 기반 과학과 STEAM 프로그램 활용 수업의 효과성 분석 |
| 35 | 권석원, 권승혁, 권용주 | 2018 | 학습자중심교과교육연구 | 가상현실(VR) 기반 생명과학 콘텐츠의 뇌전도(EEG) 특성 |
| 36 | 권승혁, 이영지, 최수연, 권용주 | 2018 | 학습자중심교과교육연구 | 생명과학 VR 콘텐츠 활용에서 학습자에게 영향을 미치는 구성 요소 분석 |
| 37 | 김정수 | 2018 | 학습자중심교과교육연구 | 증강현실 기반 과학과 STEAM 프로그램의 적용이 특수교사의 과학과 수업에 미치는 영향 |
| 38 | 김정수, 이태수 | 2018 | 학습자중심교과교육연구 | 증강현실 기반 과학과 STEAM 프로그램이 지적장애 학생의 과학과 학습 동기 및 학습 몰입도에 미치는 효과 |
| 39 | 천종배, 김희수 | 2018 | 현장과학교육 | 실제 야외지질답사와 가상 야외지질답사의 수업효과 비교 |
| 40 | 김우겸, 최동열, 박승철, 김희수 | 2019 | 科學教育研究誌 | 가상현실 기술을 활용한 학습이 학습 동기에 미치는 영향 |
| 41 | 김태현, 고장완 | 2019 | 교육정보미디어연구 | 몰입형 가상현실 학습이 중학생의 학습성취에 미치는 영향 |
| 42 | 이동민 | 2019 | 島嶼文化 | 해양생태 환경교육수단으로서몰입형 가상현실의 가치 |
| 43 | 최섭, 김희백 | 2019 | 생물교육 | 가상현실 특성을 반영한 생물 수업 적용 방안 탐색 |
| 44 | 설가영, 권승혁, 권용주 | 2019 | 생물교육 | 생명과학 학습에서 가상현실(VR) 콘텐츠의 사용에 의한 두뇌 연결성의 변화 연구 |
| 45 | 장진아, 박준형, 송진웅 | 2019 | 초등과학교육 | 초등학교 과학 디지털교과서에 제시된 테크놀로지를 활용한 탐구 활동의 특징 - 가상실험, 가상현실, 증강현실 활용 사례들을 중심으로 - |
| 46 | 이창윤, 박철규, 홍훈기 | 2019 | 학습자중심교과교육연구 | 중등 과학교육에서 증강현실의 활용 및 발전방안 탐색 |
| 47 | 윤마병 | 2019 | 한국콘텐츠학회논문지 | 은대리 물거미 서식지의 3D 파노라마 가상야외학습장 융합교육 프로그램 개발 |
| 48 | 윤마병 | 2019 | 현장과학교육 | 3D 파노라마 가상현실 만들기를 통한 학생리 맨십지 야외학습장 융합교육 프로그램 개발 |
| 49 | 신석진, 노태희, 이재원 | 2020 | 대한화학회지 | 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 개념 이해 및 몰입, 상황 흥미를 촉진할 수 있는 학습 환경 탐색 |
| 50 | 김정민, 송신철 | 2020 | 생물교육 | 3D 파노라마 가상현실 기술을 활용한 식물 생태학습 프로그램의 개발 및 적용 |
| 51 | 신석진, 김혜린, 노태희, 이재원 | 2020 | 한국과학교육학회지 | 고등학생의 증강현실을 활용한 협력적 과학 개념학습에서 나타나는 언어적·물리적 상호작용 |
| 52 | 이재원, 박가영, 노태희 | 2020 | 한국과학교육학회지 | 물질의 입자성 개념에서 증강현실을 활용한 다중 표상 학습 전략의 개발과 적용 |
| 53 | 최섭, 김희백 | 2020 | 한국과학교육학회지 | 가상현실 특성을 반영한 VR 프로그램 기반 수업 적용 및 효과 |

| 연번 | 저자 | 연도 | 학회지 | 제목 |
|----|---------------------------------------|------|-------------------------------|---|
| 54 | 김희정, 전지윤, 김현주 | 2020 | 한국디지털콘텐츠학회 논문지 | 증강현실기반 멸종위기동물 에듀테인먼트 콘텐츠 디자인 |
| 55 | 송은지 | 2020 | 한국정보통신학회논문지 | 홀로렌즈를 활용한 혼합현실 교육 콘텐츠 제작 방법 |
| 56 | 김은지, 김현경 | 2021 | 대한화학회지 | 실감형 콘텐츠를 활용한 융합 수업 프로그램에 대한 중학교 영재 학생 및 예비 교사의 인식 조사 |
| 57 | 박기덕, 정진현 | 2021 | 디지털융복합연구 | 자연사 콘텐츠를 활용한 디지털디오라마 AR연구 |
| 58 | 박정우 | 2021 | 새물리 | 공명관 내 정상파 실험을 가상화하기 위한 증강현실 실험 자료 개발 |
| 59 | 정민현, 소금현 | 2021 | 생물교육 | 증강현실과 가상현실을 활용한 과학 수업이 초등학생의 과학학습 동기와 학업성취도에 미치는 영향 |
| 60 | 김연정, 윤세희, 신병석 | 2021 | 정보처리학회논문지/ 소 프트웨어 및 데이터 공학 | 포물선 운동을 중심으로 한 가상현실 기반 물리 실험 교육 시뮬레이션 개발 |
| 61 | 박순희, 이성아, 남윤영, 최성운 | 2021 | 지체,중복,건강장애연구 | 중도장애학생의 시선을 활용한 과학 체험 활동 가상현실 콘텐츠 개발 및 적용가능성 탐색 |
| 62 | 나지연, 윤희정 | 2021 | 초등과학교육 | 증강현실을 활용한 국내·외 과학교육 연구 동향 분석- 초등과학교육 연구를 위한 시사점을 중심으로 - |
| 63 | 이교은, 이선정 | 2021 | 한국과학예술융합학회 | 과학관 VR 전시공간의 감각론적 융합 특성 연구 -메틀로 폰티와 질 들뢰즈를 중심으로 |
| 64 | 유정민, 서수연, 허송이, 최규리 | 2021 | 한국디지털콘텐츠학회 논문지 | 사회문제기반 과학-예술 융합교육을 위한 실감형 콘텐츠 개발 |
| 65 | 조혜민, 홍민선, 손종주, 이현영,박경범, 정종윤, 허민 | 2021 | 한국지구과학회지 | 3D 사진측량법을 이용한 여수 사도 공룡발자국 화석산지 조사 및 교육자료 활용방안 |