

증강현실을 활용한 국내·외 과학교육 연구 동향 분석 - 초등과학교육 연구를 위한 시사점을 중심으로 -

나지연 · 윤회정[†]

Analysis of Domestic and Foreign Science Education Research Trends using Augmented Reality - Focusing on Implications for Research in Elementary Science Education -

Na, Jiyeon · Yoon, Heojeong[†]

ABSTRACT

In order to investigate the trends in science education research using AR (Augmented Reality) and derive implications for elementary science education, we analyzed 71 research articles on AR application in science education published in both Korea and abroad from 2010 to August 2020. In quantitative aspects, the number of published articles has steadily increased. For domestic researches, the number of papers targeting for elementary school students was higher than that of middle & high school students. In the research method aspects, qualitative methods were most frequently used. In particular, papers regarding the development of AR program and verification of its effectiveness were most frequently published. The researches using mixed method in domestic field were smaller in number than that of the research in abroad. There were similar trends in research targeting elementary school students. In the aspects of the contents, more researches were performed on biology and earth science areas than others. In case of researches for elementary school students, the proportion of researches on biology and earth science was even higher. Domestically the proportion of studies on the convergence of science and non-science subjects was higher than that of foreign studies. The number of researches exploring the effectiveness on 'non-scientific attitude domain', 'cognitive domain', and 'program domain' were relatively higher than that on 'inquiry & practice domain' and 'science-related attitude domain'. For types of AR contents, 'observation manipulation type' was mostly studied, followed by 'experimental activity type', and 'learning guide type'. In case of studies on elementary school students, the ratio of 'observation manipulation type' contents was higher than that of others, whereas studies on 'field problem solving type' were relatively less reported than others. In addition, studies on 'simple interaction' were most frequently reported. Particularly, there were relatively few studies on 'linear and nonlinear interactions' in domestic field. As a result of analyzing key words, we found that the key words related to the characteristics and implementation of AR frequently occurred, and the key words related to elementary education and the merits of AR had many direct connections with other key words.

Key words: augmented reality, research trend, elementary science education

I. 서 론

4차 산업혁명은 디지털 혁명을 기반으로 인공지

능(AI), 사물인터넷(IoT), 빅데이터 등의 최첨단 기술과 다양한 산업, 학문 분야와의 융합 및 상호교류를 통해 개인, 사회, 경제 및 산업 차원에서 나타

이 논문은 2020년 춘천교육대학교 재정지원사업 연구비를 지원받아 수행되었음.

2021.1.8(접수), 2021.1.11(1심통과), 2021.1.12(최종통과)

E-mail: hjyoon@cnu.ac.kr(윤회정)

나는 혁명적 변화를 의미한다(Schwab, 2016; TTA, 2020). WEF (2015)에서는 4차 산업혁명을 주도하는 핵심 주도기술로 인공지능, 로봇공학, 사물인터넷, 자율주행자동차, 3D 프린팅, 나노기술, 생명공학, 재료공학, 에너지 저장기술, 유비쿼터스 컴퓨팅을 제시하였다. 통계청의 연구보고에서는 4차 산업혁명과 관련된 첨단기술로 자율주행차, 로봇, 인공지능, 빅데이터, 사물인터넷, 모바일, 가상현실, 블록체인, 핀테크, 드론(무인항공기), 3D 프린팅을 제시한 바 있다(Park, 2017). 이러한 첨단기술을 경제, 산업, 사회 분야뿐만 아니라, 교육 분야에서도 적용하여 혁신을 이루고자 하는 노력이 활발하게 진행되고 있다. 인공지능과 빅데이터 기술을 활용한 맞춤형 강의 제공 및 학습 플랫폼 개발, 몰입 향상을 위한 가상현실이나 증강현실 활용, 효과적 학습 콘텐츠 전달을 위한 로봇 활용, 학습 활동 지원을 위한 사물인터넷 기술의 교육적 활용 등이 이에 해당한다(An & Seo, 2019; Lim, 2019). 특히 최근 가상현실이나 증강현실 기술 연구와 콘텐츠 개발 분야에 막대한 투자가 이루어지면서 이러한 기술을 손쉽게 적용할 수 있는 교육환경 생태계가 조성되고 있어, 이의 활용방안과 효과에 관한 관심은 더욱 높아지고 있다(Martín-Gutiérrez *et al.*, 2017).

실제 현실과 유사하게 인공적으로 만들어진 환경이나 상황을 의미하는 가상현실과 달리 증강현실은 실제 현실 배경에 3차원의 가상객체를 중첩하여 실시간으로 사용자에게 제공하는 기술을 의미한다(Azuma, 1997). 증강현실 기술은 광고, 유통, 쇼핑 등의 서비스업 분야, 기술 분야, 오락과 엔터테인먼트 분야 등에 적용되고 있으며, 향후 교육 분야에서 증강현실이 더욱 활발하게 활용될 것이라는 기대도 높은 상황이다(Johnson *et al.*, 2011). 증강현실을 적용하면 기존의 교육에서 어려웠던 점을 가능하게 할 수 있으며, 교육의 효과성도 높일 수도 있다. Wu *et al.* (2013)은 증강현실을 교육 분야에 활용함으로써 얻을 수 있는 것을 3D 학습콘텐츠의 제공, 상황학습(situated learning)과 협동학습의 수행, 현실감, 몰입감, 즉각성의 제공, 추상적 개념이나 관찰이 어려운 사건의 시각화, 형식교육과 비형식교육의 연계라는 다섯 가지로 제시하였다.

먼저 증강현실 기술을 이용하면 3D 가상객체를 실제 환경과 중첩하여 학습자들이 다양한 관점에서 상호작용할 수 있도록 시각화하는 경험을 제공

할 수 있으며, 이는 학습자들의 이해도를 높이는 데 도움이 된다(Chen *et al.*, 2011). 특히 과학이나 기술 교과 내용 중에서 기하학적인 모양, 화학 구조, 기계 장비, 인체 장치와 같이 공간 지각 능력이 요구되는 영역에서 입체 구조와 기능을 효과적으로 학습하는 데 효과적으로 활용될 수 있다(Radu, 2014). 휴대용 컴퓨터, 모바일 장치, 무선 연결, 위치등록 기술 등을 기반으로 한 현실세계와 가상세계의 결합은 학습 상황에 대한 인식을 증가시키고, 맥락적 민감성을 높이며, 네트워크를 통한 학습자 간 연결성의 증대로 협업을 강화할 수 있는 환경을 제공할 수 있다(Colella, 2000; Squire & Klopfer, 2007). 실제 현실 세계에 바탕을 둔 문제 상황은 흥미와 친밀감을 높이며, 여러 학습자가 협력하면서 문제를 해결해 나가는 과정에서 협업능력의 강화뿐만 아니라, 탐구과정기능을 습득하는 데에도 도움이 된다(Bressler & Bodzin, 2013; Kyza & Georgiou, 2019). 증강현실 기술은 사용자와 실시간으로 상호작용할 수 있는 환경을 제공하여, 사용자의 지각과 활동에 깊은 몰입감과 현실감을 제공할 수 있다(Azuma, 1997). 실제세계에 기초한 학습 환경은 학습자에게 현실감을 제공하며 맥락에 부합하는 정보나 학습을 위한 적절한 비계를 제공하는 시스템 내에서 가상객체와 즉각적으로 상호작용하는 학습경험은 몰입, 흥미와 동기유발에 효과적이며 능동적인 학습을 유도한다(Carmigniani *et al.*, 2011; Chiang *et al.*, 2014; Liu & Tsai, 2013; Pathomaree & Charoenseang, 2005). 증강현실에서는 가상객체를 이용하여 현실에서 경험하기 어렵거나, 직접 볼 수 없는 대상이나 정보를 표현할 수 있어 과학에서 주로 다루는 미시적 수준에서의 현상을 설명하거나 공기의 흐름이나 자기력을 시각화하여 학습자들의 이해를 돕는 데 유용하다고 알려져 있다(Nielsen *et al.*, 2016). 또한, 증강현실과 다른 첨단기술을 동시에 활용하면 형식교육과 비형식교육의 경계를 허물고 이를 연계할 수 있다. 가상 과학 테마파크를 개발하여 학교에서의 과학 수업과 과학관에서의 학습 경험을 결합할 수 있는 환경을 설계한 Sotiriou and Bogner (2008)의 연구가 이에 해당하며, 이러한 활동은 학생들의 과학 학습에 대해 긍정적인 동기 부여뿐만 아니라, 지식의 습득에도 효과적인 것으로 나타났다.

현재까지 국외에서 증강현실 관련 연구 동향을

탐색한 선행연구가 다수 진행되었다. *Bacca et al.* (2014)은 교육 분야에서의 증강현실 활용 동향을 파악하기 위하여 2003년부터 2013년 사이 SSCI 교육 연구 학술지 6개에 게재된 논문 32편을 대상으로 연구 분야, 대상, 목적, 효과, 평가방법의 측면에서 체계적 문헌 고찰을 수행하였다. *Akçayır and Akçayır* (2017)도 체계적 문헌분석 방법을 활용하여 증강현실의 교육적 적용에 관한 연구 논문을 분석하였다. *Web of Science Site (WOS)*에서 2016년 1월 이전에 발표된 연구 논문 중 AR 관련 연구를 검색하여 분석대상을 선별하였고, 총 68편의 논문을 대상으로 출판 시기, 학습자 특성, 기술의 종류, 교육적 효과와 개선점을 기준으로 분석을 진행하였다. *Laine* (2018)은 2012년에서 2017년 사이에 발표된 모바일 기반 교육용 증강현실 게임 연구를 선정하고, 기술적, 교육적, 게임적 측면에서 체계적 문헌고찰을 수행하였다. *Ibáñez and Delgado-Kloos* (2018)는 STEM 분야에서의 증강현실 활용 현황을 파악하기 위하여 체계적 문헌고찰을 하였는데, 2010년에서 2017년 사이 출판된 논문 28편을 대상으로 분석을 진행하였다. *Altinpulluk* (2019)은 2006~2016년 사이 SSCI의 교육 기술 학회지 8개에 게재된 58개의 논문을 대상으로 증강현실 연구 동향을 분석하였다. *Arici et al.* (2019)은 2013~2018년 사이 발표된 논문 62편을 선정하여 증강현실을 활용한 과학교육 분야의 연구 동향을 분석한 바 있다.

국내에서는 *Kim* (2018a), *Lee et al.* (2019), *Park and Lee* (2020), *Park and Sohn* (2020)이 증강현실과 관련된 교육 분야의 연구 동향을 분석하였다. *Kim* (2018a)은 2008년부터 2018년 사이 출판된 교육 분야 전반에 관한 선행연구 중 실험연구만을 대상으로 선정하여 문헌분석을 실행하였다. 발표연도, 연구지원, 실험설계, 실험인원수, 연구 대상, 연구 분야, 학습자료 개발, 교육적 효과를 기준으로 분석을 진행하였다. *Lee et al.* (2019)은 2005년 1월부터 2018년 10월 사이에 출판된 과학교육 영역, 중등 과학교육에서의 증강현실 활용사례를 체계적 문헌 고찰 방법을 활용하여 분석하였다. 연구 대상 논문을 문헌 수집, 증강현실 활용사례를 모델 체험, 탐구 활동 안내, 현장 체험학습 지원, 체화된 인지학습 지원, 인지적 도구 지원의 다섯 가지로 범주화하여 분석하였다. *Park and Lee* (2020)는 2015~2019년 사이의 국내 증강현실 활용 교육에 대한 동

향을 파악하기 위하여 총 61편의 논문을 대상으로 연구 방법, 연구 교과, 학습대상, 종속 변인, 교육콘텐츠 유형을 기준으로 분석을 진행하였다. *Park and Sohn* (2020)은 2019년 9월 이전에 국내에서 발행된 가상현실과 증강현실 기술을 기반으로 한 매체의 교육적 효과에 대해 분석하였다.

이러한 선행연구들은 대부분 교육 전반에 걸쳐 진행된 연구를 대상으로 동향 분석을 하였기 때문에 과학교육에서의 시사점을 도출하기에는 다소 부족한 부분이 있다. *Arici et al.* (2019)과 *Lee et al.* (2019)은 과학교육 분야에 초점을 맞추어 증강현실 연구 동향을 분석하였지만, 분석대상이 *Arici et al.* (2019)은 국외 연구를, *Lee et al.* (2019)은 국내 연구를 대상으로 했기 때문에 국내외를 망라한 총체적인 관점에서의 동향 파악이 어렵다. 또한 *Lee et al.* (2019)은 국내의 중등 과학교육을 중심으로 분석을 진행하였기에 초등 과학교육에서의 시사점을 얻기 어렵다는 한계가 있다. 교육부의 교원양성대학 원격교육 역량강화사업 시행계획에 의하면 4차 산업혁명 시대에 부합하는 교원의 역량으로 증강현실과 가상현실 교육용 콘텐츠 편집·활용 역량이 제시되었다(MOE, 2020). 과학교육을 담당하게 될 예비교사들을 위한 증강현실 교육도 요구되는 현실 속에서 증강현실의 최근 연구 동향의 분석을 통해 구체적인 교육방향을 제시할 필요성이 있는 것이다. 이에 본 연구에서는 최근 10여 년간 교육 분야 전반에 걸쳐 진행된 증강현실 관련 국내·외 연구를 비교·분석하고, 이를 바탕으로 연구 동향을 파악하여 초등과학교육 연구를 위한 시사점을 도출하였다.

II. 연구 방법

1. 분석 대상 자료

증강현실을 활용한 과학교육 연구 동향을 분석하고, 초등과학교육 연구를 위한 시사점을 도출하기 위하여 증강현실과 관련된 과학교육 분야의 국내·외 논문을 수집하였다. 구체적 방법은 다음과 같다. 첫째, 국외 논문을 수집하기 위하여 과학기술, 사회과학, 인문예술 분야의 SCI, SSCI, A&HCI 논문 검색이 가능한 데이터베이스 ‘Web of science’를 활용하였다. 국내 논문은 학술연구정보서비스 ‘RISS’에서 한국연구재단 등재학술지 논문을 선별

하였다. 둘째, 2010년부터 2020년까지 11년간 게재된 논문을 대상으로 키워드 검색을 수행하였으며, 국외 논문의 경우에는 영어로 작성된 논문을 대상으로 검색하였다. 국외 논문 검색에 사용된 키워드는 ‘augmented reality and elementary’, ‘augmented reality and secondary’, ‘augmented reality and middle school’, ‘augmented reality and high school’이고, 국내 논문 검색 키워드는 ‘augmented reality and 초등’, ‘augmented reality and 중등’, ‘augmented reality and 중학교’, ‘augmented reality and 고등학교’, ‘증강현실 and 초등’, ‘증강현실 and 중등’, ‘증강현실 and 중학교’, ‘증강현실 and 고등학교’였다. 국내·외 논문 검색 결과를 모두 수합한 후, 중복으로 검색된 논문을 제외하여 1차 논문 목록을 작성하였다. 그 후, 1차 논문 목록 중에서 본 연구의 목적에 부합하지 않는 의학, 심리·정서 분야 등의 논문을 제외하고, 과학 및 과학과의 융합 교육 분야의 논문만 추출하였다. 최종 분석 대상으로 국외 논문 총 52편, 국내 논문 총 19편을 선정하였다.

2. 분석 방법

증강현실을 활용한 과학교육 연구의 동향을 분석하기 위하여 Table 1에 제시된 분석틀을 기반으로 빈도분석을 실시하였고, 논문에 제시된 주제어는 언어 네트워크 분석 프로그램을 사용하여 출현 빈도와 연결중심성을 확인하였다. 먼저, 연구 동향

분석을 위해 Goktas *et al.* (2012)과 Arici *et al.* (2019)의 분석틀을 본 연구의 목적에 맞게 수정·보완하였다. Table 1에 제시된 바와 같이 분석틀은 8개의 영역으로 구성되었다. 수집한 논문의 동향을 파악하기 위하여 일반적 특성, 연구 대상, 연구 방법, 자료 수집 방법, 연구의 내용 영역, 효과변인을 분석하였다. 또한 논문에서 제시된 증강현실 콘텐츠의 유형과 상호작용 유형을 분석하였다.

연구 대상은 학교급별로 구분하여 시사점을 도출하고자 초·중·고로 구분하였으며, 초등의 경우 더 구체적인 연구 결과를 도출하기 위하여 저학년과 고학년을 구분하여 분석하였다. 연구 방법은 문헌연구, 개발연구, 양적 연구, 질적 연구, 질·양적 혼합연구로 구분하여 분석하였으며, 양적 연구와 질적 연구는 다시 조사연구, 실험연구, 개발과 실험을 모두 하는 개발+실험연구로 세분화하여 분석하였다. 자료 수집 방법은 설문, 면담, FGI, 관찰, 문헌으로 구분하여 분석하였다. 특히 투입 프로그램의 효과변인을 확인하는 면담과 전문가 집단의 조언을 받은 활동을 구분하기 위하여 면담과 FGI는 구분하여 분석하였다. 연구에서 다루는 내용 영역은 과학의 4개 영역, 과학의 4개 영역 중 하나만을 다루기보다는 일반적인 과학교육을 다루거나 환경교육과 같이 한 영역에 치우치지 않는 주제를 다루는 경우, 과학의 4개 영역 간의 융합을 다루는 경우, 과학과 과학 이외의 교과간 융합을 한 경우로 구분

Table 1. Analytical framework used for this study

영역	분석기준
일반적 특성	· 게재연도 · 주제어
연구 대상	· 초등 저학년생, 초등 고학년생, 초등 전체, 중학생, 고등학생, 중등 전체 · 연구 대상의 수
연구 방법	· 문헌연구, 개발연구, 양적 연구(조사연구, 실험연구, 개발+실험연구), 질적 연구(개발+실험연구), 질·양적 혼합연구(개발+실험)
자료 수집 방법	· 설문, 면담, FGI, 관찰, 문헌
내용 영역	· 물리, 화학, 생물, 지구과학, 과학일반, 과학 내 융합, 과학 외 융합
효과변인	· 인지적 영역(지식, 개념), 탐구실천영역, 과학 분야 정의적 영역, 과학 외 분야 정의적 영역, 프로그램 영역
증강현실 콘텐츠 유형	· 관찰조작형, 실험활동형, 학습안내형, 현장문제해결형
증강현실 콘텐츠 상호작용 유형	· 단순 상호작용, 선형적 상호작용, 비선형적 상호작용

하여 분석하였다. 각 연구에서 증강현실 프로그램을 투입한 후 확인한 효과변인은 과학지식과 개념을 평가하는 ‘인지적 영역’, 과학탐구를 평가하는 ‘탐구실천영역’, 과학 관련 태도를 평가하는 ‘과학 분야 정의적 영역’, 과학과 관련이 없는 정의적 영역을 평가하는 ‘과학 외 분야 정의적 영역’, 프로그램 자체의 특성과 기능에 대해 평가하는 ‘프로그램 영역’으로 구분하여 분석하였다.

Ryu *et al.* (2006)과 Jang and Kye (2007)는 증강현실 콘텐츠의 유형을 ‘관찰조작형’, ‘실험활동형’, ‘학습안내형’, ‘현장문제해결형’으로 제시하였다. 본 연구에서는 연구 대상 논문에서 제시된 증강현실 콘텐츠의 유형을 Ryu *et al.* (2006)과 Jang and Kye (2007)의 연구에서 제시된 분석 준거를 바탕으로 분류하였다. ‘관찰조작형’은 고정된 학습 공간에서 구체적인 물체나 물리적 대상을 화면에 제공하고, 관련 정보를 보여주는 형태의 콘텐츠이며, 학습자의 간단한 조작활동을 포함한다. ‘실험활동형’은 가상의 공간을 생성하여 학습자가 다양한 조작 활동을 해볼 수 있도록 만든 것으로 시뮬레이션형 구현 방식과 유사하다. ‘학습안내형’은 위치기반 기법을 활용하여 학습자의 이동이나 동선을 고려한 학습 내용을 제공하며, 학습자의 학습 활동을 안내하는 역할을 수행한다. 학생들은 학습 활동을 하면서 다양한 의사결정을 내리게 되는데, 이때 부가적 정보가 필요하게 된다. 따라서 ‘현장문제해결형’은 위치기반 정보를 바탕으로 학생의 동선과 복잡한 조작 활동을 고려하여 실제 과제를 수행하는 과정에서 필요한 부가적 정보를 제공한다.

Ahn and Choi (2014)는 증강현실 콘텐츠의 상호작용 유형을 상호작용의 구조와 구성요소를 중심으로 ‘일차적 상호작용’, ‘이차적 상호작용’, ‘다차적 상호작용’으로 구분하여 제시하였다. 본 연구에서는 Ahn and Choi (2014)의 연구에서 도출된 증강현실 콘텐츠의 상호작용 유형을 본 연구의 대상에 적합하도록 일부분을 선택하여 분석틀로 사용하였다. 즉, 연구 대상 논문에 제시된 내용에서 확인이 가능한 증강현실 콘텐츠의 상호작용 구조를 중심으로 ‘단순 상호작용’, ‘선형적 상호작용’, ‘비선형적 상호작용’으로 구분하였다. ‘단순 상호작용’은 학습자가 행동하면 정해진 스토리대로 시스템이 반응하는 단순 구조이며, 학습자에게 스토리를 바꿀 수 있는 선택권이 없다. 예를 들어 책에 웹캠에

비추면 3D 애니메이션이 나타나는 것이다. ‘선형적 상호작용’은 학습자가 행동하면 시스템이 반응하며, 제한적으로 학습자에게 선택권이 있고, 그에 따라 증강현실이 나타난다. 예를 들어 앱을 설치하여 증강현실 마커가 있는 페이지에 스마트폰을 비추면 3D 애니메이션이 나타나는데, 체크 박스의 옵션을 선택하면 애니메이션의 움직임이 바뀌는 것을 말한다. ‘비선형적 상호작용’은 증강현실 보드게임처럼 학습자가 다양하게 선택할 수 있고, 그에 따라 시스템도 다양한 반응을 제시하여, 제공되는 증강현실 스토리를 바꿀 수 있는 선택권이 학습자에게 있는 것을 말한다(Ahn & Choi, 2014).

분석 준거 설정이 이루어진 후에 원자료를 삼등분하여 연구자 3인이 독립적으로 분석하였다. 분석 결과를 바탕으로 분석 준거의 적절성과 명확성에 대해 논의하여 분석 준거를 확정지었다. 그 후, 연구자 3인이 각각 원자료의 1/3을 독립적으로 분석하였다. 연구자 1인이 다른 연구자 2인이 분석한 논문 중 일부(원자료의 18.1%)를 독립적으로 분석하여 분석 결과를 비교하였다. 분석자 간 일치도는 97.6%였으며, 일치하지 않는 의견에 대해서는 논의를 통해 확정하고, 그에 따라 논문을 재분석하여 빈도를 확인하였다. 연구의 결과는 전체 연구의 빈도, 국내·외 연구의 빈도, 초등학생 대상 연구의 빈도를 비교하여 기술하였다.

논문에 제시된 주제어들의 관계를 분석하기 위해 언어 네트워크 분석 프로그램인 NetMiner 4.0을 사용하였으며, 주제어가 제공되지 않은 2편의 논문을 제외하고 총 69편의 논문에 제시된 주제어 334개를 분석하였다. 국내·외 논문을 동시에 분석하기 위해 주제어는 영문 그대로 분석되었으며, 영문 소문자를 기준으로 형식을 통일하였다. 논문에 제시된 주제어 중에 ‘AR’, ‘augmented reality’와 같이 의미하는 바가 같은 단어들은 하나의 단어로 처리하였다. 또한 ‘5E learning model’, ‘4th industrial revolution’과 같이 두 개의 단어가 합쳐져 하나의 독립적 의미가 있는 경우에는 지정어로 등록하여 분석하였다. 본 연구는 과학교육 범주의 논문들만 추출하여 분석하였으므로 ‘science education’과 같이 불가피하게 반복하여 나타날 가능성이 높은 단어는 분석에서 제외하였다. 네트워크 분석을 위하여 ‘논문×주제어’ 행렬의 이원모드 네트워크(2-mode network)를 ‘주제어×주제어’ 행렬의 일원모드 네트

워크(1-mode network)로 변환하였다. 보다 중심적인 연구 동향을 파악하기 위하여 노드 필터링(전체 출현빈도 2회 이상)과 링크 필터링(2개 이상의 논문에 동시에 등장한 링크)을 수행하였다. 주제어 빈도 분석과 함께, 주제어가 다른 주제어와 얼마나 많이 연결되어 있는지를 파악하기 위하여 연결중심성(degree centrality)을 확인하였다.

본 연구는 국내외 학술지에 게재된 논문을 대상으로 분석하였지만, 학술지 논문을 통해 발표되지 않고 학교 현장에서 연구된 증강현실 프로그램이나 학위논문 등이 포함되지 않아, 과학교육 연구의 현황을 종합적으로 살펴보았다고 보기 어렵다. 따라서 연구 결과는 제한적인 의미에서 해석될 필요가 있다.

III. 연구 결과 및 논의

국내·외에서 2010년부터 2020년 8월까지 발표된 증강현실을 활용한 과학교육 논문의 수는 Fig. 1과 같다. 지난 10년 동안 국내 연구와 국외 연구 모두 꾸준히 증가하고 있음을 알 수 있다. 2020년 1월부터 8월까지 게재된 논문이 국내 2편, 국외 9편임을 고려했을 때 이러한 증가세는 2020년에도 유지

될 것으로 예상할 수 있다.

증강현실을 활용한 과학교육 논문의 연구 대상을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 총 70편의 논문 중에서 초등교육을 대상으로 한 연구는 총 27편(38.6%)으로 나타났으며, 중등교육을 대상으로 한 연구는 43편(61.4%)으로 나타났다. 초·중·고등학교로 연구 대상을 비교할 경우, 중학생을 대상으로 한 논문이 18편(25.7%), 고등학생을 대상으로 하는 논문이 23편(32.9%)으로 나타나 상대적으로 초등학생들을 대상으로 하는 논문(27편)이 더 많음을 알 수 있다. 국외 논문의 경우, 초등학생(18편), 중학생(16편), 고등학생(17편)을 대상으로 하는 논문의 편수 차이가 작기 때문에 이러한 차이는 국내 논문 편수 때문에 나타난 것으로 볼 수 있다. 국내 논문의 경우, 고등학생을 대상으로 한 연구 총 6편 중에서 4편이 특수교육 기본교육과정의 초등학교 5~6학년군의 내용을 바탕으로 개발하여 고등학생인 특수아동들에게 적용해본 것이기 때문에(예: Kim, 2018b), 이러한 점을 고려한다면 우리나라의 증강현실 활용 과학교육 연구들은 초등내용 수준을 개발하고 연구하는 데에 편중되어 있음을 알 수 있다.

증강현실을 활용한 과학교육 논문에서 사용한 연구 방법을 정리한 결과는 Table 3과 같다. 국내·외 연구 모두 양적 연구 방법을 가장 많이 사용하였으며, 문헌연구와 질적 연구 방법은 상대적으로 적게 사용하였다. 양적 연구 방법을 사용한 연구 중에서는 증강현실 프로그램을 개발하고, 이를 적용하여 그 효과를 확인하는 방식(개발+실험연구)의 연구가 가장 많이 나타났다. 국내·외 연구를 비교해보았을 때, 국내에서는 효과검증 없이 증강현실 프로그램의 개발만을 보고한 개발 연구가 차지하는 비중(15.8%)이 국외 연구(5.8%)에 비해 상대적으로 높게 나타났다. 따라서 개발한 증강현실 프로그램에 대해 보고하는 것과 함께 효과성 검증도 고려할 필요가 있겠다. 국내 연구와 국외 연구의 또 다른 차이는 질적 연구와 양적 연구를 혼합한 연구

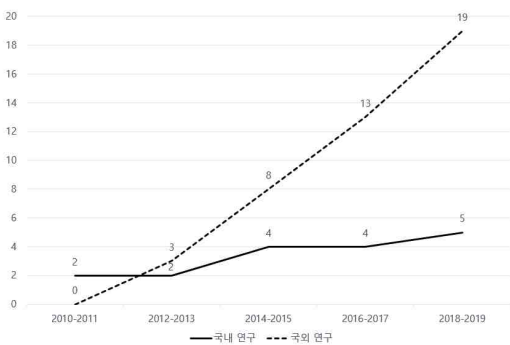


Fig. 1. Number of papers published in journals by year.

Table 2. Research subjects presented in science education research using AR

연구 대상	초등 저학년년생	초등 고학년년생	초등 전체	중학생	고등학생	중등 전체	계
국내 연구	1 (5.3)	5 (26.3)	3 (15.8)	2 (10.5)	6 (31.6)	2 (10.5)	19 (100.0)
국외 연구	1 (2.0)	16 (31.4)	1 (2.0)	16 (31.4)	17 (33.3)	0 (0.0)	51 (100.0)
총계 (%)	2 (2.9)	21 (30.0)	4 (5.7)	18 (25.7)	23 (32.9)	2 (2.9)	70 (100.0)

Table 3. Research methods used in science education research using AR

연구방법	문헌연구	개발연구	양적 연구			질적 연구	질·양적 혼합연구 (개발+실험)	계(%)	
			조사연구	실험연구	개발+실험연구	개발+실험연구			
국내 연구	2 (10.5)	3 (15.8)	0 (0.0)	3 (15.8)	8 (42.1)	1 (5.3)	2 (10.5)	19 (100.0)	
국외 연구	1 (1.9)	3 (5.8)	2 (3.8)	6 (11.5)	23 (44.2)	2 (3.8)	15 (28.8)	52 (100.0)	
총계(%)	3 (4.2)	6 (8.5)	2 (2.8)	9 (12.7)	31 (43.7)	3 (4.2)	17 (23.9)	71 (100.0)	
초등 학생 대상 연구	국내 연구	1 (11.1)	1 (11.1)	0 (0.0)	2 (22.2)	4 (44.4)	0 (0.0)	1 (11.1)	9 (100.0)
	국외 연구	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (5.6)	8 (44.4)	1 (5.6)	8 (44.4)	18 (100.0)

의 비율이 국외 연구에서는 28.8%로 국내(10.5%)에 비해 높게 나타났다. 이는 초등학생을 대상으로 하는 연구에서도 마찬가지로 나타났다(국외: 44.4%, 국내: 11.1%). 질적·양적 방법을 함께 사용할 경우, 한 가지 방법으로 얻지 못하는 다양한 자료를 수집하여 연구 결과를 깊고 풍부하게 해석할 수 있다. 특히 초등학생의 경우 상대적으로 설문 형태의 문항에 익숙하지 않을 수 있고, 학년에 따라 사용 가능한 어휘 수준 차이 등을 고려했을 때(Chung & Kim, 2020) 혼합연구 방법을 사용하는 것을 고려할 필요가 있다.

증강현실을 활용한 과학교육 논문들이 사용한 자료 수집 방법을 정리한 결과는 Table 4와 같다. 앞서 Table 3에 제시된 바와 같이 연구 대상 논문들은 양적연구 방법을 주로 사용하였기 때문에 자료 수집 방법 또한 설문을 가장 많이 사용하였다. 그 다음으로 면담과 관찰법을 많이 사용하였다. 초등학생을 대상으로 하는 연구의 경우에도 이러한 경향은 같았으며, Table 3과 4의 결과를 통해 초등학

생을 대상으로 한 국내 연구에서도 면담이나 관찰과 같은 질적 연구 방법을 잘 사용하지 않음을 확인할 수 있다.

증강현실을 활용한 과학교육 논문들이 처치한 연구 대상의 수를 정리한 결과는 Table 5와 같다. 우리나라 연구들은 31~40명의 정도의 연구 대상에게 처치를 한 경우(35.7%)가 가장 많았으나, 국외 연구의 경우에는 51~60명의 연구 대상에게 처치를 한 경우가 가장 많았다. 또한 우리나라의 경우 101명 이상의 연구 대상에게 처치를 한 연구는 1편(7.1%)이 있었으나, 국외 논문의 경우 7편(15.2%)이 있었으며, 이 중 4편은 연구 대상이 200명 이상이였다.

증강현실을 활용한 과학교육 논문들에 제시된 증강현실 콘텐츠의 내용 영역을 정리한 결과는 Table 6과 같다. 국내·외 연구 모두 내용 영역 중에서 생물(23편, 33.3%)과 지구과학(15편, 21.7%) 영역을 다루는 연구들이 상대적으로 많았다. 국내 연구의 경우, 과학 교과와 과학의 교과를 융합하는 5편의 연구 중에서 4편이 지구과학과의 융합을 다

Table 4. Data collection methods used in science education research using AR

자료수집방법	설문	면담	FGI	관찰	문헌	기타	계(%)	
국내 연구	12 (63.2)	2 (10.5)	1 (5.3)	2 (10.5)	2 (10.5)	0 (0.0)	19 (100.0)	
국외 연구	46 (60.5)	15 (19.7)	2 (2.6)	9 (11.8)	2 (2.6)	2 (2.6)	76 (100.0)	
총계(%)	58 (61.1)	17 (17.9)	3 (3.2)	11 (11.6)	4 (4.2)	2 (2.1)	95 (100.0)	
초등 학생 대상 연구	국내 연구	7 (77.8)	1 (11.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (11.1)	0 (0.0)	9 (100.0)
	국외 연구	17 (58.6)	8 (27.6)	1 (3.4)	3 (10.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	29 (100.0)

*두 개 이상의 방법으로 자료를 수집한 경우, 복수 처리하였음.

Table 5. The number of samples presented in science education research using AR

연구대상의 수	1~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60	61~70	71~80	81~90	91~100	101 이상	계(%)
국내 연구	0 (0.0)	1 (7.1)	2 (14.3)	5 (35.7)	2 (14.3)	2 (14.3)	1 (7.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (7.1)	14 (100.0)
국외 연구	2 (4.3)	1 (2.2)	5 (10.9)	1 (2.2)	5 (10.9)	11 (23.9)	8 (17.4)	4 (8.7)	0 (0.0)	2 (4.3)	7 (15.2)	46 (100.0)
총계(%)	2 (3.3)	2 (3.3)	7 (11.7)	6 (10.0)	7 (11.7)	13 (21.7)	9 (15.0)	4 (6.7)	0 (0.0)	2 (3.3)	8 (13.3)	60 (100.0)
초등 학생 대상 연구	국내 연구 0 (0.0)	0 (0.0)	2 (28.6)	2 (28.6)	1 (14.3)	1 (14.3)	1 (14.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	7 (100.0)
국외 연구	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	8 (50.0)	2 (12.5)	1 (6.3)	0 (0.0)	1 (6.3)	4 (25.0)	16 (100.0)

Table 6. Contents areas presented in science education research using AR

내용 영역	물리	화학	생물	지구과학	과학일반	과학 내 융합	과학 외 융합	계(%)
국내 연구	1 (5.9)	1 (5.9)	4 (23.5)	5 (29.4)	1 (5.9)	0 (0.0)	5 (29.4)	17 (100.0)
국외 연구	9 (17.3)	7 (13.5)	19 (36.5)	10 (19.2)	4 (7.7)	2 (3.8)	1 (1.9)	52 (100.0)
총계(%)	10 (14.5)	8 (11.6)	23 (33.3)	15 (21.7)	5 (7.2)	2 (2.9)	6 (8.7)	69 (100.0)
초등 학생 대상 연구	국내 연구 1 (12.5)	0 (0.0)	3 (37.5)	3 (37.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (12.5)	8 (100.0)
국외 연구	1 (5.6)	0 (0.0)	9 (50.0)	7 (38.9)	1 (5.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	18 (100.0)

루고 있었다. 이렇게 생물과 지구과학 연구가 많이 나타나는 현상은 초등학생 대상 연구에서 더욱 두드러지게 나타났다. 초등학생 대상 연구를 살펴보면 국내 연구의 경우, 생물과 지구과학 영역의 연구가 각각 3편(37.5%)씩 있었으며, 국외 연구의 경우, 생물이 9편(50.0%), 지구과학이 7편(38.9%)으로 나타났다. 이 연구들은 신체 내부나 우주처럼 초등학교 과학과 교육과정의 내용 중에서 초등학생들이 직접 관찰하는 데에 어려움이 있는 소재를 주로 다루거나, 식물 기르거나 수생식물 탐방처럼 시간과 공간의 제약으로 인하여 학교 과학 수업에서 실행하기 어려운 체험 활동 경험을 제공하였다. 이러한 내용 영역별 편차는 우리나라 초등학교 2015 개정 과학과 교육과정의 경우, 물리와 화학은 주로 실내에서 교육이 이루어지며, 입자 수준의 설명을 하지 않고 가시적 현상을 주로 다루기 때문에 학생들이 실험도구를 직접 활용하여 현상을 관찰하는 경우가 다수 있기 때문으로 판단된다.

국내·외 연구에서 다루는 내용 영역은 융합 연

구에서 차이가 나타났다. 국내 연구의 경우에는 과학과 과학 외 교과와의 융합을 다루는 연구가 5편(29.4%)이 있었지만, 국외 연구는 과학 내 융합 연구가 2편(3.8%), 과학 외 융합 연구가 1편(1.9%)으로 나타났다. 이러한 차이는 과학 교과와 연계된 융합교육 연구 동향을 분석한 Lee *et al.* (2014)의 연구 결과와 마찬가지로 융합인재교육의 시행에 따른 국가적 차원에서의 연구 장려와 지원 때문이라 추측할 수 있다.

연구 대상 논문들이 증강현실 프로그램을 투입한 후 측정된 효과변인을 정리한 결과는 Table 7과 같다. 총 127개의 효과변인 중에서 40개(31.5%)는 흥미, 만족감, 학습 동기와 같이 과학 외의 정의적 영역에 해당하며, 가장 많은 부분을 차지하였다. 그 다음으로 과학 학업성취도와 같이 과학 지식이나 개념 습득을 확인하는 인지적 영역 평가(32개, 25.2%)와 프로그램 자체의 조작용이성, 유용성 등 프로그램 영역을 평가(24개, 18.9%)하는 경우가 많았다. 그에 비해 과학 탐구 능력이나 실천을 측정하는 탐

Table 7. Dependent variables identified in science education research using AR

효과변인	인지적 영역 (지식, 개념)	탐구실천영역	정의적 영역		프로그램 영역	기타	계(%)	
			과학	과학 외				
국내 연구	6 (20.7)	3 (10.3)	5 (17.2)	9 (31.0)	3 (10.3)	3 (10.3)	29 (100.0)	
국외 연구	26 (26.5)	5 (5.1)	9 (9.2)	31 (31.6)	21 (21.4)	6 (6.1)	98 (100.0)	
총계(%)	32 (25.2)	8 (6.3)	14 (11.0)	40 (31.5)	24 (18.9)	9 (7.1)	127 (100.0)	
초등 학생 대상 연구	국내 연구	4 (26.7)	1 (6.7)	1 (6.7)	7 (46.7)	2 (13.3)	0 (0.0)	15 (100.0)
	국외 연구	14 (33.3)	2 (4.8)	2 (4.8)	13 (31.0)	6 (14.3)	5 (11.9)	42 (100.0)

* 두 개 이상의 영역에서 자료를 수집한 경우, 복수 처리하였음.

구실천영역이나 과학적 태도나 과학에 대한 태도와 같은 과학 관련 정의적 영역을 측정할 경우는 상대적으로 부족하였다. 이러한 현상은 초등학생 대상 연구에서도 유사하게 나타났다. 따라서 증강현실 프로그램 투입이 과학교육에 효과가 있는지를 점검하기 위해서는 지식에 대한 평가뿐만 아니라, 과학교육의 중요한 영역인 탐구와 태도 또한 측정할 필요가 있으며, 탐구와 태도를 향상시킬 수 있는 증강현실 프로그램의 개발 또한 이루어져야 할 것이다.

연구 대상 논문 중에는 소수에 불과하여 기타 항목으로 분류되었지만, 증강현실 프로그램을 투입했을 때 나타나는 학생들의 학습 효과를 상호작용 패턴, 문제 풀이 전략과 같은 부분을 통해 확인한 연구도 있었다. 현재까지 많이 나타나지는 않았지만, 이러한 연구들이 증가하여 증강현실 프로그램을 투입하였을 때 나타나는 현상을 다양한 측면에서 분석하게 되면 실질적으로 학교 교육에서 증강현실을 활용할 때 필요한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

연구 대상 논문에서 보고된 증강현실 콘텐츠의 유형을 정리한 결과는 Table 8과 같다. 고정된 학습 공간에서 구체적인 물체나 물리적 대상을 화면에 제공하고, 관련 정보를 보여주는 ‘관찰조작형’이 가장 많이 나타났다(32개, 42.6%). 그 다음으로 시물레이션형 구현 방식과 유사한 증강현실 콘텐츠인 ‘실험활동형’이 32%(24개), 학습자의 이동이나 동선을 고려하여 학습 내용을 제공하는 ‘학습안내형’이 17.3%(13개)를 차지하였다. 그에 비해, 학생의 동선과 복잡한 조작활동을 고려하여 과제 수행 과정에서 필요한 부가적 정보를 제공하는 ‘현장문제 해결형’을 활용한 연구는 상대적으로 적었다. 특히 우리나라 연구의 경우, ‘현장문제해결형’이 나타나지 않았다. 또한 초등학생을 대상으로 한 연구의 경우에는 ‘관찰조작형’에 대한 편중이 더 크게 나타났다. 이러한 결과는 증강현실이 보조 학습에 효과적이며, 학생들이 추상적인 과학 개념을 관찰하거나 시간과 공간의 제약으로 인해 관찰할 수 없는 현상을 관찰하는 데 사용할 수 있다는 장점을 활용한 연구가 많은 것으로 보인다(Chang *et al.*, 2016).

Table 8. Types of AR contents presented in science education research

증강현실 콘텐츠 유형	관찰조작형	실험활동형	학습안내형	현장문제해결형	계(%)	
국내 연구	12 (48.0)	8 (32.0)	5 (20.0)	0 (0.0)	25 (100.0)	
국외 연구	20 (40.0)	16 (32.0)	8 (16.0)	6 (12.0)	50 (100.0)	
총계(%)	32 (42.6)	24 (32.0)	13 (17.3)	6 (8.0)	75 (100.0)	
초등학생 대상 연구	국내 연구	6 (75.0)	1 (12.5)	1 (12.5)	0 (0.0)	8 (100.0)
	국외 연구	8 (44.4)	3 (16.7)	5 (27.8)	2 (11.1)	18 (100.0)

*두 개 이상의 유형을 활용한 경우, 복수처리하였음.

또한 앞서 Table 6에서 제시한 바와 같이 생물과 지구과학 영역을 다루는 연구들이 많고, 해당 영역에서 곤충이나 식물, 달, 별자리 등을 관찰하는 내용을 다루는 경우가 많기 때문으로 생각할 수 있다. 그러나 미래 세대에게 필요한 핵심역량을 살펴보면, 대부분의 연구에서 문제해결능력과 협업 능력을 강조하고 있다(OECD, 2005; P21, 2009). 또한 증강현실은 현실감이 있는 정보의 제공이 가능하고, 자연스럽게 행위와 몰입을 유발할 수 있으며, 능동적 학습, 구성주의적 학습, 협동학습을 촉진시킬 수 있다(Chang et al., 2016; Jang & Kye, 2007; Shelton, 2003). 따라서 이러한 장점을 살려서 미래 세대에게 필요한 문제해결능력과 협업 능력을 기를 수 있도록 ‘현장문제해결형’을 도입한 연구들이 더 많이 실행될 필요가 있다.

Ahn and Choi (2014)는 아동의 인지발달 단계에 적합한 증강현실 콘텐츠의 상호작용 유형이 있음을 제시하였다. 구체적 조작기의 경우에는 제한적 선택과 피드백을 구현하는 상호작용을 제공할 필

요가 있고, 형식적 조작기에는 학습자의 선택권과 시스템의 반응이 다양한 상호작용을 제공할 필요가 있다고 제안하였다. 이에 초등학생을 연구 대상으로 하는 논문에서 사용된 증강현실 콘텐츠의 상호작용 유형을 살펴본 결과, 단순 상호작용이 이루어지는 콘텐츠를 제공하는 연구가 12편(48%)으로 나타났으며, 그 다음으로 비선형적 상호작용이 8편(32.0%), 선형적 상호작용이 5편(20.0%)으로 나타났다. 국내 연구의 경우에는 단순 상호작용을 제공하는 연구가 6편(75.0%)으로 나타났으며, 선형적 상호작용과 비선형적 상호작용을 제공하는 연구는 상대적으로 적게 나타났다(각 1편, 12.5%). 따라서 국내 연구의 경우에는 아동의 인지발달 단계를 고려하여 선형적 상호작용과 비선형적 상호작용을 체험할 수 있는 증강현실 개발과 투입에 대한 연구들이 추가적으로 실행될 필요가 있다.

연구 대상 논문에 제시된 주제어를 분석한 결과는 Table 10, 11과 같다. 먼저, Table 10에는 출현빈도가 높은 상위 24개의 주제어를 제시하였다. 연구

Table 9. Interaction types of AR contents presented in science education research

증강현실 콘텐츠 상호작용 유형		단순 상호작용	선형적 상호작용	비선형적 상호작용	계(%)
초등학생 대상 연구	국내연구	6 (75.0)	1 (12.5)	1 (12.5)	8 (100.0)
	국외연구	6 (35.3)	4 (23.5)	7 (41.2)	17 (100.0)
총계(%)		12 (48.0)	5 (20.0)	8 (32.0)	25 (100.0)

Table 10. Key words' frequency of science education researches using AR

연번	주제어	빈도	연번	주제어	빈도
1	AR	51	13	e-Learning	4
2	Interactive learning environments	10	14	Simulation	
3	VR	8	15	Classroom	3
4	Application	6	16	Development	
5	Elementary education		17	Flow	
6	Medium	5	18	Game based learning	
7	Mobile learning		19	Inquiry	
8	Reality	20	Inquiry based learning	3	
9	Steam	21	Intellectual disability		
10	Teaching learning strategies	4	22	Interaction	
11	Technology		23	Secondary education	
12	Area	4	24	System	

Table 11. Top 20 words' degree centrality for the semantic network of science education researches using AR

연번	주제어	연결중심성	연번	주제어	연결중심성
1	AR	0.1778	11	Application	
2	Interactive learning environments		12	Steam	
3	Elementary education		13	Technology	
4	Game based learning	0.0667	14	Area	
5	Cooperative collaborative learning		15	e-Learning	
6	Engagement		16	Interaction	0.0222
7	Medium		17	Secondary education	
8	Teaching learning strategies	0.0444	18	Chemistry	
9	Flow		19	Concept map	
10	VR	0.0222	20	Physic	

에서 가장 많이 언급된 주제어는 ‘AR’ (51회)였고, 그 다음으로 ‘interactive learning environments’이 10 회로 나타났다. 또한 ‘VR’ (8회), ‘application’ (6회), ‘elementary education’ (6회), ‘medium’ (5회), ‘mobile learning’ (5회), ‘reality’ (5회) 순으로 나타났다. 주제어들을 살펴보면 ‘interactive learning environments’, ‘reality’와 같이 증강현실의 특성을 나타내거나 ‘VR’, ‘application’, ‘medium’, ‘mobile learning’과 같이 증강현실을 구현하고 실행할 때 함께 활용된 프로그램이나 기술과 관련된 주제어들의 출현빈도가 높았다. 또한 ‘elementary education’의 출현빈도가 높았는데, 이는 Table 2에서 제시한 바와 같이 초등학생을 대상으로 하는 연구가 다수였던 점이 반영된 것이라 할 수 있다.

연구 대상 논문에 제시된 주제어들의 구조적 위세를 확인하기 위하여 연결중심성을 분석한 결과는 Table 11과 같다. 연결중심성이 가장 높은 주제어는 ‘AR’ (0.1778)이었으며, 그 다음으로는 ‘interactive learning environments’(0.0667), ‘elementary education’(0.0667), ‘game based learning’(0.0667), ‘cooperative collaborative learning’(0.0667), ‘engagement’(0.0667)이 높게 나타났다. 여기서 연결중심성이 높다는 것은 다른 주제어들과 다양하게 자주 사용되는 직접적인 연결이 많다는 것으로 연결중심성이 높으면 네트워크 내에서 핵심적인 역할을 할 가능성이 높다고 볼 수 있다. ‘Cooperative collaborative learning’, ‘engagement’의 연결중심성이 높게 나타났는데, 이를 통해 연구 대상 논문들이 능동적 학

습과 협동학습 촉진과 같이 증강현실의 장점과 관련하여 연구를 수행했음을 알 수 있다(Chang *et al.*, 2016; Jang & Kye, 2007; Shelton, 2003).

IV. 요약 및 결론

증강현실을 활용한 과학교육 연구 동향을 분석하고, 초등과학교육 연구를 위한 시사점을 도출하기 위하여 이 연구는 2010년부터 2020년 8월까지 국내·외에서 게재된 증강현실을 활용한 과학교육 연구 71편을 중심으로 연구 동향과 그 특징을 분석하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 증강현실을 활용한 과학교육 연구는 꾸준히 증가해 왔으며, 국내 연구의 경우, 초등학생을 대상으로 하는 논문이 중등학생을 대상으로 하는 논문보다 상대적으로 더 많았다. 둘째, 증강현실을 활용한 과학교육 연구들은 설문과 같은 양적 연구 방법을 가장 많이 사용하였고, 특히 증강현실 프로그램을 개발하고 이를 적용하여 그 효과를 확인하는 방식의 연구가 가장 많이 나타났으며, 초등학생을 대상으로 하는 연구에서도 마찬가지로 나타났다. 셋째, 질적 연구와 양적 연구를 혼합한 연구의 비율이 국외 연구에 비해 국내 연구에서 상대적으로 낮았으며, 이는 초등학생을 대상으로 하는 연구에서도 유사하게 나타났다. 넷째, 국내·외 연구 모두 내용 영역 중에서 생물과 지구과학 영역을 다루는 연구들이 상대적으로 많았으며, 초등학생을 대상으로 하는 연구에서는 그 비율이 더 높았다. 또

한 국내 연구의 경우에는 과학과 과학 외 교과의 융합을 다루는 연구의 비율이 국외 연구에 비해 높았다. 다섯째, 연구 대상 논문들이 증강현실 프로그램을 투입한 후 측정된 효과변인은 과학 외의 정의적 영역, 인지적 영역, 프로그램 영역 순으로 높게 나타났으며, 탐구실천영역이나 과학 관련 정의적 영역을 측정된 경우는 상대적으로 부족하였다. 여섯째, 증강현실 콘텐츠의 유형으로는 관찰조작형, 실험활동형, 학습안내형 순으로 많이 나타났다. 초등학생을 대상으로 한 연구에서는 관찰조작형 콘텐츠를 제공하는 비율이 더 높았고, ‘현장문제해결형’을 활용한 연구는 상대적으로 적었다. 일곱째, 초등학생을 연구 대상으로 하는 논문들은 단순 상호작용을 제공하는 연구가 가장 많았다. 특히 국내의 경우에는 선형적 상호작용과 비선형적 상호작용을 제공하는 연구는 상대적으로 적게 나타났다. 여덟째, 증강현실의 특성이나 구현 및 실행과 관련된 주제어들의 출현빈도가 높았으며, 초등교육, 증강현실의 장점과 관련된 주제어들이 다른 주제어들과 직접적 연결이 많았다.

위의 연구결과로부터 도출한 시사점은 다음과 같다.

첫째, 향후 증강현실 활용 과학교육을 설계하고 연구할 때, 과학 탐구와 실천, 과학 관련 태도를 향상시킬 수 있는 방안에 대해 고려할 필요가 있다. 본 연구의 결과에 따르면 과학 지식이나 개념 습득과 같은 인지적 영역 평가는 다수 이루어졌으나, 상대적으로 증강현실이 과학 탐구와 실천, 과학 관련 태도에 효과가 있는지를 확인한 연구는 부족하였다. 증강현실은 탐구과정기능을 습득하고, 탐구활동을 하는 데에 강점이 있고(Bressler & Bodzin, 2013; Kyza & Georgiou, 2019), 탐구와 태도가 과학교육에서 갖는 핵심적 위치를 고려했을 때 이에 대한 연구와 교육 방안을 고민할 필요가 있다. COVID-19로 인해 비대면 방식의 수업과 교육 활동이 초보적이지만 교육의 한 방법으로 인식된 상황을 고려할 때, 학생이 증강현실의 도구를 통해 비대면 수업 상황에서 과학 탐구를 실행할 수 있고, 이를 통해 과학 관련 태도를 형성할 수 있는 가능성에 대해 진지하게 생각해 보아야 할 것이다.

둘째, 초등과학교육 연구에서 ‘현장문제해결형’ 증강현실 콘텐츠의 개발 및 적용 연구가 추가적으로 이루어질 필요가 있다. 본 연구의 결과에 따라

면 초등학생을 대상으로 한 연구에서는 ‘관찰조작형’ 콘텐츠를 제공하는 비율이 높고, ‘현장문제해결형’을 활용한 연구는 상대적으로 적었다. 증강현실에서 제공하는 실제 현실 세계에 바탕을 둔 문제 상황은 학생의 흥미와 친밀감을 높이며, 문제 해결 과정에서 협업능력을 강화하는 데에도 도움이 된다(Bressler & Bodzin, 2013; Estudante & Dietrich, 2020; Kyza & Georgiou, 2019). 또한 증강현실은 실제 세계 맥락을 중심으로 학습에 필요한 정보를 제공할 수 있기 때문에 인지발달수준이 상대적으로 낮은 초등학생들의 학습을 촉진하는 데에 적합하다(Lee & Lee, 2015; Lee *et al.*, 2019). 따라서 이러한 강점을 살려 초등과학교육에서 필요한 ‘현장문제해결형’ 증강현실 콘텐츠를 개발하고, 효과적으로 활용할 수 있도록 연구가 이루어져야 할 것이다. 특히, 초등과학교육에서는 학교 주변 자연 환경을 활용하여 관찰을 하는 것처럼 실제 학교 밖 활동이 필요한 경우가 다수 있다. 이때 교사 1인이 다수의 학생을 지도하는 데에 어려움이 있으며, 학생 개인별로 필요한 정보를 제공하고 맞춤형 학습이 이루어지도록 하는 데에 어려움이 있다. 따라서 ‘현장문제해결형’ 증강현실 콘텐츠의 개발 및 적용 연구가 더욱 필요하다고 할 수 있다.

셋째, 증강현실 콘텐츠가 과학학습에 미치는 영향을 다양한 각도에서 살펴볼 필요가 있다. 정보통신기술의 발달로 증강현실 콘텐츠의 개발 수준이 날로 높아지고 있다. 그러나 개발된 증강현실 콘텐츠가 과학교육에 효과적으로 안착하기 위해서는 증강현실 콘텐츠를 과학 수업에서 어떻게 활용할 수 있는지, 과학 수업 장면에서 교사는 증강현실 콘텐츠를 어떻게 활용해야 하며, 개입은 어떻게 얼마나 해야 하는지, 학생은 어떠한 행동과 반응을 보이는지, 나타나는 상호작용은 어떤지와 같이 증강현실 콘텐츠를 과학교육에 투입했을 때 일어나는 학습 과정과 상황에 대한 정보가 제공되어야 할 것이다. 그러나 본 연구결과에 따르면 다수의 연구들이 학업성취도나 학생의 정의적 영역과 같은 특정 영역에 집중되어 있었다. 따라서 그 외의 다양한 효과변인에 대해 연구할 필요가 있다.

참고문헌

- tional characteristics of augmented reality edutainment contents according to interaction type. *The Korean Journal of Animation*, 10(4), 152-169.
- Altinpulluk, H. (2019). Determining the trends of using augmented reality in education between 2006-2016. *Education and Information Technologies*, 24, 1089-1114.
- An, K. & Seo, A. (2019). Exploring of priority the edu-tech content development in virtual and augmented reality: An application of AHP method. *The e-Business Studies*, 20(7), 233-260.
- Akçayır, M. & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1-11.
- Arici, F., Yildirim, P., Caliklar, Ş. & Yilmaz, R. M. (2019). Research trends in the use of augmented reality in science education: Content and bibliometric mapping analysis. *Computers & Education*, 142, 1-23.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R. & Graf, S. Kinshuk. (2014). Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4), 133-149.
- Bressler, D. M. & Bodzin, A. M. (2013). A mixed methods assessment of students' flow experiences during a mobile reality science game. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(6), 505-517.
- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E. & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), 341-377.
- Chen, Y.-C., Chi, H.-L., Hung, W.-H. & Kang, S.-C. (2011). Use of tangible and augmented reality models in engineering graphics courses. *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, 137(4), 267-276.
- Chang, R.-C., Chung, L.-Y. & Huang, Y.-M. (2016) Developing an interactive augmented reality system as a complement to plant education and comparing its effectiveness with video learning. *Interactive Learning Environments*, 24(6), 1245-1264.
- Chiang, T. H. C., Yang, S. J. H. & Hwang, G.-J. (2014). Students' online interactive patterns in augmented reality-based inquiry activities. *Computers & Education*, 78, 97-108.
- Chung, B. J. & Kim, Y. T. (2020). Morphological awareness on derivational affixes in accordance with vocabulary knowledge in school-age children. *Journal of Speech & Hearing Disorders*, 29(3), 81-89.
- Collela, V. (2000). Participatory simulations: Building collaborative understanding through immersive dynamic modeling. *The Journal of the Learning Sciences*, 9(4), 471-500.
- Estudiante, A. & Dietrich, N. (2020). Using augmented reality to stimulate students and diffuse escape game activities to larger audiences. *Journal of Chemical Education*, 97(5), 1368-1374.
- Goktas, Y., Kucuk, S., Aydemir, M., Telli, E., Arpacik, O. & Yildirim, G. (2012). Educational technology research trends in Turkey: A content analysis of the 2000-2009 decade. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 12(1), 177-199.
- Ibáñez, M-B. & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computer & Education*, 123, 109-123.
- Jang, S.-H. & Kye, B.-K. (2007). Educational application of augmented reality contents. *Journal of Korea Contents Association*, 5(2), 79-85.
- Johnson, L., Smith, R., Willis, H., Levine, A. & Haywood, K. (2011). The 2011 horizon report. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Kim, H. (2018a). Augmented reality trends in educational research: Through a systematic review of Korean literature. *Journal of the Korean Association of Information Education*, 22(3), 397-407.
- Kim J.-S. (2018b). A study on the effects of science education STEAM program on augment reality for intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disabilities*, 20(3), 151-175.
- Kyza, E. A. & Georgiou, Y. (2019). Scaffolding augmented reality inquiry learning: The design and investigation of the TraceReaders location-based, augmented reality platform. *Interactive Learning Environments*, 27(2), 211-225.
- Laine, T. H. (2018). Mobile educational augmented reality games: A systematic literature review and two case studies. *Computers*, 7(1), 19-47.
- Lee, C. Y., Park, C. & Hong, H. G. (2019). An exploratory study on educational use and improvement of augmented reality in secondary school science. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 19(2), 265-292.
- Lee, H., Kwon, Y., Kim, S., Son, S., Han, W. S., Hong,

- S. K., Park, B. Y. & Jeon, J. (2014). An analysis of the trends of domestic research related to integrated education in science. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, 18(2), 295-319.
- Lee, T. & Lee, D. W. (2015). The effects of augment reality based intervention and conceptual meaning mapping strategy on science learning abilities and interests of students with mental retardation. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 15(4), 421-441.
- Lim, C. (2019). Redirecting the research and practice of educational technology for future society and education. *Journal of Educational Technology*, 35(2), 253-287.
- Liu, P.-H. E. & Tsai, M.-K. (2013). Using augmented-reality-based mobile learning material in EFL English composition: An exploratory case study. *British Journal of Educational Technology*, 44(1), E1-E4.
- Martín-Gutiérrez, J., Mora, C. E., Añore-Díaz, B. & González-Marrero, A. (2017). Virtual technologies trends in Education. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(2), 469-486.
- Ministry of Education (MOE) (2020). *The implementation plan of the distance education competency reinforcement project of teacher training university* [교원양성 대학 원격교육 역량강화사업 시행계획]. Retrieved from November 12, <https://www.moe.go.kr/boardCnts/view.do?boardID=294&lev=0&statusYN=W&s=moe&m=0204&opType=N&boardSeq=81530>
- Nielsen, B. L., Brandt, H. & Swensen, H. (2016). Augmented reality in science education: Affordances for student learning. *Nordic Studies in Science Education*, 12(2), 157-174.
- OECD (2005). The definition and selection of key competencies: Executive summary. DeSeCo Project. OECD Publishing.
- Partnership for 21st Century Skills (P21) (2009). *A framework for 21st century learning*. Tucson: AZ: P21. Available at: www.21stcenturyskills.org
- Pathomaree, N. & Charoenseang, S. (2005). Augmented reality for skill transfer in assembly task. *IEEE International Workshop on Robots and Human Interactive Communication*, 500-504.
- Park, S. B. (2017). Analysis of major theme in fourth industrial revolution- focusing on related industries. Second-half research report. Statistics Research Institute, Statistics Korea.
- Park, S. & Lee, J. (2020). Domestic research trends on augmented reality in education from 2015 to 2019. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 20(11), 1-23.
- Park, H. & Sohn, E. (2020). Korean research trends on the educational effects of media ased on virtual reality and augmented reality technology. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 20(5), 725-741.
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: A meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533-1543.
- Ryu, J. H., Jo, I. H., Huh, H. O., Kim, J. H., Kye, B. K. & Ko, B. S. (2006). The next generation of learning model for augmented reality enhanced in tangible interface. CR 2006-18. Seoul: Korea Education and Research Information Service.
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*, NY: Crown Publishing.
- Shelton, B. E. (2003). *How augmented reality helps students learn dynamic spatial relationships*. Doctorial dissertation, University of Washington.
- Sortiriou, S. & Bogner, F. X. (2008). Visualizing the invisible: Augmented reality as an innovative science education scheme. *Advanced Science Letters*, 1(1), 114-129.
- Squire, K. & Klopfer, E. (2007). Augmented reality simulations on handheld computers. *The Journal of the Learning Sciences*, 16(3), 371-413.
- Telecommunications Technology Association (TTA) (2020). *Information and communication dictionary*. Retrieved November 12, from https://terms.tta.or.kr/dictionary/dictionaryView.do?word_seq=100949-17
- World Economic Forum (WEF) (2015). *Deep shift: Technology tipping points and societal impact*. Retrieved from November 12, http://www3.weforum.org/docs/WEF_GAC15_Technological_Tipping_Points_report_2015.pdf
- Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y. & Liang, J.-C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41-49.

나지연, 춘천교육대학교 교수(Na, Jiyeon; Professor, Chuncheon National University of Education).

† 윤희정, 춘천교육대학교 교수(Yoon, Heojeong; Professor, Chuncheon National University of Education).