



## 과학 디지털 교과서 실감형 콘텐츠에 대한 교사와 학생의 평가 -중학교 2학년 지구와 우주 영역 콘텐츠를 중심으로-

차현정<sup>1</sup>, 가석현<sup>2</sup>, 윤혜경<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>춘천교육대학교, <sup>2</sup>국립대만사범대학

### Evaluation of Teachers and Students on VR/AR Contents in the Science Digital Textbook: Focus on the Earth and Universe Area for the 8<sup>th</sup> Grade

Hyun-Jung Cha<sup>1</sup>, Seok-Hyun Ga<sup>2</sup>, Hye-Gyoung Yoon<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>Chuncheon National University of Education, <sup>2</sup>National Taiwan Normal University

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 17 November 2022  
Received in revised form  
26 December 2022  
17 February 2023  
Accepted 27 February 2023

##### Keywords:

science digital textbook,  
virtual reality, augmented reality,  
vr/ar contents

#### ABSTRACT

This study analyzed a group interview with six earth science teachers and eight middle school students to find out the evaluations and criteria they use to evaluate VR/AR contents (two virtual reality content and two augmented reality contents) in middle school science digital textbook. The study found the VR/AR contents were evaluated on four criteria as follows: VR/AR media characteristics; technical operation; user interface; and teaching-learning design. The evaluations can be summarized by each criterion. First, regarding VR/AR media characteristics, interesting features of VR/AR contents were considered relatively advantageous compared to other media like videos. However, its shortage of visual presence and inconvenience of using markers were mentioned as shortcomings. Second, in the technical operation criteria, teachers and students found the following conditions as technically challenging: failing to properly operate on a particular OS; huge volumes of contents in the application; and frequent freezing when using the application. Third, poor intuitiveness and lack of flexibility were found as negative aspects in user interface. Fourth, regarding teaching-learning design, the teachers evaluated whether the VR/AR contents delivered scientifically accurate information; whether they incorporated class goals set by teachers; and whether they can help students' inquiry. It turned out teachers gave negative feedbacks on VR/AR contents. The students evaluated VR/AR contents by assessing whether they help them with learning science but concluded they did not regard them necessary in science learning at school. Based on the findings, this study discusses which development direction VR/AR contents should take to be useful in teaching and learning science.

## 1. 서론

첨단 과학 기술을 기반으로 빠르게 변하는 미래 사회에 대비하기 위해 전 세계적으로 과학 교육을 강화하고 과학 교육을 중심으로 교육 혁신을 시도하려는 노력이 이루어지고 있다(Finnish National Board of Education, 2016; Ministry of Education of the People's Republic of China, 2018; NGSS Lead States, 2013; Ogawa, 2007; The Royal Society, 2013). 우리나라 교육부 역시 미래 사회 준비를 위한 과학적 소양을 강조하고, 첨단 기술 활용이 가능한 교육 환경 및 수업 방법의 혁신 필요성을 인식하여 과학 교육 종합계획을 발표하였고(Ministry of Education, 2020), 올해 말 고시 예정인 2022 개정 교육과정과 과학과 교육과정에서도 디지털 전환(Digital Transformation)을 대비한 계획과 내용이 반영될 예정이다(Ministry of Education, 2021).

이러한 흐름 아래 제4차 산업혁명 시대를 맞이하여 최첨단 디지털 테크놀로지가 다양한 교육 분야에 접목되고 있다. 교육 분야에서 정보통신기술(ICT)의 활용은 에듀테크(EduTech) 혹은 에드테크(EdTech)

라는 용어로 사용되어왔다. 교육(education)과 기술(technology)의 합성어인 에듀테크(EduTech)는 학습을 촉진하고 교육의 성과를 높이기 위한 적절한 기술과 자원의 활용이라고 정의될 수 있다(Definition and TeAssociation for Educational Communications and Technology, 2008; Evans & Nation, 1996). IT 기술 기반의 멀티미디어(Multimedia) 요소와 상호작용 기능이 구현된 디지털 교과서 또한 다양하게 개발되고 있으며, 우리나라에서는 2017년부터 과학과 사회 교과를 중심으로 디지털 교과서의 개발과 적용이 이루어졌으며, 2022년 현재 초등학교 과학, 사회, 영어 교과와 중등학교 과학, 사회, 영어 교과와 고등학교 영어 교과에 디지털 교과서가 제공되고 있다. 디지털 교과서는 서책형 교과서에서는 제공하지 못하는 풍부한 자료와 학습 지원 및 관리 기능을 통해 학생의 자기주도 학습을 가능하게 해주며 참여, 체험, 협력, 소통을 기반으로 하는 온오프라인 수업을 가능하게 해준다는 장점이 있다(Ministry of Education & Korea Education Research Information Service, 2021).

한편, 학습에서의 에듀테크의 활용과 수요는 2020년 COVID-19로 인해 전 세계적으로 증가하였으며(Korea Education Research

\* 교신저자 : 윤혜경 (yoonhk@cnu.ac.kr)

이 논문은 2021년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2021R111A3A040733).  
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2023.43.2.59>

Information Service, 2022; LearnPlatform, 2020), 다양한 테크놀로지 중에서도 가상현실(Virtual Reality)와 증강현실(Augmented Reality)의 활용에 관한 관심이 높아졌으며 그 수요 또한 매우 빠르게 성장할 것으로 예상되고 있다(Southwick, 2020). 가상현실과 증강현실의 활용을 통해 학생들이 교실에서 시공간적 한계를 극복하여 현실과 유사한 체험 활동을 할 수 있어 경험을 확장할 수 있으며(Kozhevnikov, Gurlitt, & Kozhevnikov, 2013; Salmi, Thuneberg, & Vainikainen, 2017), 사진과 동영상과 같은 매체와 달리 높은 실재감(sense of presence)을 제공하여 몰입할 수 있다는 장점이 있다(Kim *et al.*, 2019; Lähdevänoja, *et al.* 2021). 따라서 가상현실과 증강현실은 직접 관찰하기 어렵거나 텍스트와 2D 자료로 설명하기에 어려운 학습 내용, 가시화하기 어려운 내용, 추상적인 학습 개념, 고위험 및 경비가 많이 드는 실험 등의 교육 분야에서 적용하기 적합하다(Dünser & Hornecker, 2007; El Sayed, Zayed, & Sharawy, 2011; Wu *et al.*, 2013). 이러한 테크놀로지를 학습에 활용할 경우, 학생들이 과학적 현상을 이해하는데 도움이 되며(Kamarainen *et al.*, 2013; Kozhevnikov, Gurlitt, & Kozhevnikov, 2013; Lu & Liu, 2015), 학생들의 흥미가 향상되며(Han & Lim, 2020; Zhang *et al.*, 2014), 학습에서의 상호작용이 증가된다(Kamarainen *et al.*, 2013; Zarraonandia *et al.*, 2013)는 등의 효과는 여러 연구들을 통해 밝혀졌다. 따라서 테크놀로지를 과학 교육에 접목하는 것은 주도적인 과학 학습을 통해 학생들의 학습 동기와 흥미를 높이며, 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력 등을 함양하려는 과학 교육의 목표와 부합한다.

이러한 맥락에서, 중국 교육부는 2018년 ‘교육정보화 2.0 행동계획’을 발표하여 사물인터넷을 기반으로 하는 학교 환경을 만들고 가상과 현실이 융합된 학습 환경 구축을 위한 노력을 하고 있으며(Ministry of Education of the People’s Republic of China, 2018), 영국 교육부에서는 가상현실, 증강현실 기술을 활용하여 학생들의 교육 성취도를 향상시키고자 하는 목표 등을 포함한 7가지의 에듀테크 실행 전략을 발표하였다(Department for Education, 2019). 우리나라의 경우 2016년 한국과학창의재단에서 사이트를 구축하여 가상현실, 증강현실 기술을 활용한 교육 콘텐츠를 제공하기 시작하였고 현재는 사이언스올(<https://www.scienceall.com/>)의 실감형 콘텐츠 카테고리에서 콘텐츠를 제공하고 있다. 교육부에서는 2020년 과학교육 종합계획(안)을 발표하면서 AI, AR, VR 등 첨단 과학 기술을 기반으로 과학 탐구 활동 및 융합 교육 활동이 가능한 지능형 과학실을 2024년까지 모든 학교에 구축하겠다는 계획을 발표하였다(Ministry of Education, 2020). 또한 2018년부터 초등학교 3, 4학년과 중학교 1학년 과학 교과서를 시작으로 가상현실과 증강현실을 도입한 디지털 교과서를 학교 현장에서 보급하였으며, 2022년 현재 초등학교 3~6학년, 중학교 1~3학년 사회, 과학 교과에서 실감형 콘텐츠를 제공하고 있다. 디지털 교과서에서는 가상현실 콘텐츠, 증강현실 콘텐츠라는 용어 대신에 가상현실, 증강현실 등 입체 시각 효과를 활용한 가상 체험으로 실감 나는 학습 경험과 몰입을 제공한다는 의미에서 ‘실감형 콘텐츠’라는 용어를 사용하고 있다(Ministry of Education & Korea Education Research Information Service, 2021). 2015 개정 교육과정 기반 과학 디지털 교과서에서 제공되고 있는 실감형 콘텐츠는 처음부터 디지털 환경에 적합하게 개발된 것은 아니며, 이미 사용되고 있는 서책형 교과서의 탐구 활동에 테크놀로지를 접목하여 개발되었

다는 점에서 한계점이 있지만, 초등학교와 중학교 과학에서 다루는 운동과 에너지, 물질, 생명, 지구와 우주 전 영역의 탐구 활동에 테크놀로지를 적용했다는 점에서 의미가 있다(Chang, Park, & Song, 2019).

최근 국내외 과학교육 연구를 살펴보면 실감형 콘텐츠 개발 및 활용과 관련된 다양한 연구가 수행되고 있음을 확인할 수 있다. 국외의 경우, 과학교육과 관련하여 가상현실과 증강현실에 관한 연구 경향을 조사(Durukan, Artun, & Temur, 2020; Arici *et al.*, 2019), 가상현실과 증강현실에 대한 교사의 인식을 탐색(Alalwan *et al.*, 2020), 과학 교수학습에서의 가상현실과 증강현실에 대한 전반적인 논의나 장단점을 정리(Akçayır & Akçayır, 2017; Tsichouridis *et al.*, 2020)한 연구가 수행되었으며, 구체적인 과학 교수·학습과 관련해서는 증강현실 기반 탐구 활동에서 학생들의 상호 작용 패턴 탐색(Chian, Yang, & Hwang, 2014b), 학생들의 성취도, 동기, 참여 등의 향상을 위한 증강현실 기반 탐구 개발 및 적용(Chang & Yu, 2018; Chian, Yang, & Hwang, 2014a), 천문학 내용의 이해 향상을 위한 가상현실과 증강현실을 활용한 수업의 효과(Barnett *et al.*, 2005; Liou *et al.*, 2017) 등의 연구가 이루어졌다. 국내의 경우, 공명관 내 정상파 실험을 가시화하기 위한 증강현실 실험 자료 개발(Park, 2021), 소화와 순환 주제를 위한 가상현실 프로그램 개발 및 효과 검증(Choi & Kim, 2020), 이온 결합과 공유 결합 학습을 위한 증강현실 어플리케이션 개발 및 효과 검증(Shin, Noh, & Lee, 2020), 태양계 주제를 위한 가상현실 콘텐츠 개발 및 효과 검증(Kim & Ko, 2019) 등의 연구가 수행되었으며, 이러한 실감형 콘텐츠를 활용한 과학 수업이 학생의 과학 학습 이해 정도와 학습 동기 등에 효과적이라는 연구 결과가 보고되었다(Kim & Song, 2020; Shin, Noh, & Lee, 2020). 하지만, 국내 과학 디지털 교과서에서 제공하고 있는 실감형 콘텐츠와 관련된 연구로는 가상실험, 가상현실, 증강현실 사례들을 중심으로 초등학교 과학 디지털 교과서에 제시된 탐구 활동의 특징을 탐색(Chang, Park, & Song, 2019), 디지털 교과서를 활용한 VR 체험 중심 과학 수업이 학생들의 학습 동기와 학업 성취도에 미치는 효과 검증(Hwang, 2019), 디지털 교과서의 실감형 콘텐츠를 활용하는 초등 교사의 인식 조사(Cha, Yoon, & Park, 2022) 연구 정도만이 수행되었다. 따라서 정부, 에듀테크 산업, 교사와 학생들의 실감형 콘텐츠에 관한 관심 및 수요가 증대되고 있는 현실에서 실감형 콘텐츠의 질(quality) 제고를 위한 연구가 이루어질 필요가 있다.

이 연구에서는 과학 교사와 학생이 에듀테크의 일환으로 개발 및 보급된 중학교 과학 디지털 교과서의 실감형 콘텐츠를 어떻게 인식하고 평가하는지 알아보고자 하였다. 실감형 콘텐츠에 대한 평가는 전문가가 이론적으로 개발한 평가 틀에 기초하여 연역적으로 이루어질 수 있으나 교육용 콘텐츠의 경우 직접적인 소비자인 교사와 학생의 입장에서 그 효용성과 가치를 다양한 관점에서 평가할 수 있을 것이며 이러한 평가 관점과 내용은 이론적인 평가 틀을 개발하는 데에 도움이 될 수 있다. 따라서 이 연구에서는 교사와 학생이 실감형 콘텐츠를 이용해 보면서 자유롭게 평가하는 상황에서 어떠한 점을 중요하다고 생각하는지 즉, 교사와 학생의 평가 기준과 평가 내용을 귀납적으로 파악하여 이후 과학 교수·학습을 위한 실감형 콘텐츠 개발 방향과 지침에 대한 시사점을 얻고자 하였다.

Table 1. Background information of participant teachers

	성별	학교 운영	근무 지역	담당 학년	전공	교직 경력	기타
교사A	남	공립	경기	1-2학년	지구과학 교육	10년	연구 참여 학생(1, 2, 3, 4) 지도
교사B	남	공립	인천	1-2학년	지구과학 교육	5년	-
교사C	남	공립	경기	2학년	지구과학 교육	3년	-
교사D	남	사립	경남	2-3학년	지구과학 교육	7년	-
교사E	남	국립	서울	2-3학년	지구과학 교육	5년	연구 참여 학생(5, 6, 7, 8) 지도
교사F	남	사립	서울	3학년	지구과학 교육	16년	-

## II. 연구 방법

### 1. 연구 맥락

#### 가. 연구 참여자

이 연구에는 중학교 과학 교사 6명과 중학생 8명이 참여하였다. 평소 테크놀로지를 활용한 과학 수업에 관심이 많으며, 실감형 콘텐츠를 활용하여 과학 수업을 한 경험이 2회 이상인 중학교 교사를 연구 참여자로 모집하였다(Table 1). 모집된 6명의 참여 교사 중 2명의 교사(교사A, 교사E)에게 과학 수업을 듣고 있는 학생들에게 연구의 목적과 내용을 소개한 후 자발적으로 참여하기를 원하는 8명의 학생이 연구에 참여하게 되었다. 교사A의 수업을 들으며 연구에 참여하기를 희망한 학생은 2학년 남학생 2명과 여학생 2명이었고, 교사E의 수업을 들으며 연구에 참여하기를 희망한 학생들은 2학년 여학생 4명이었다.

연구 자료 수집을 위한 집단 면담을 하기 전, 교사와 학생에게 가상현실 콘텐츠 2개, 증강현실 콘텐츠 2개, 콘텐츠 체험 시 고려해야 할 구체적인 내용을 안내하였다. 또한, 사전 질문지를 제공하여(Table 2) 교사와 학생이 사전 설문지 문항을 고려하면서 실감형 콘텐츠를 체험할 수 있게 하였다. 6명의 교사에게는 해당 콘텐츠를 직접 수업에서 활용하는 상황과 실감형 콘텐츠를 가지고 수업을 한다면 어떻게 수업을 계획할 것인지 등을 가정하고 살펴봐 주기를 그리고 모바일 환경에서 실감형 콘텐츠 앱으로 이용하는 것뿐만 아니라 디지털교과서 페이지에 삽입된 가상현실, 증강현실 아이콘을 선택하

여 활용하는 방식 등 다양한 방식으로 실감형 콘텐츠를 체험해보기를 요청하였다. 또한, 교사A와 교사E에게 학생 각자가 개별적인 공간에서 체험해보는 것이 아닌 학생들이 교사와 함께 한 공간(대면 혹은 비대면)에서 수업하는 상황을 가정해보면서 체험할 수 있는 환경을 조성하고 학생에게 다양한 방식으로 실감형 콘텐츠를 활용해보는 기회를 제공해달라고 요구하였다. 그 결과, 교사A는 근무 학교에서 4명의 학생과 함께 소규모 활동을 진행하였으며 학생과 교사가 개인별로 크롬북 1개, 태블릿 PC 1개, 개인 스마트폰을 활용하여 실감형 콘텐츠를 사용해보았다. 그리고 교사A와 2명의 학생은 iOS 기반 스마트폰을 2명의 학생은 안드로이드 기반 스마트폰을 소지하고 있었다. 크롬북은 디지털 교과서 사이트에 접속하고 AR 마커를 띄워놓기 위해 활용하였으며, 가상현실 콘텐츠의 경우 VR 모드와 3D 모드로 활용할 수 있어(Cha, Yoon, & Park, 2022), VR 모드의 경우 학생들이 구글 카드 보드를 직접 만들고 개인 스마트폰을 활용하여 체험해봤으며, 3D 모드의 경우 태블릿 PC를 활용하여 체험하였다(Figure 1). 교사E 역시 근무 학교에서 4명의 학생과 함께 다양한 기기를 통해 4개의 실감형 콘텐츠를 체험해보았다. 교사E와 1명의 학생은 안드로이드 기반 스마트폰을 나머지 3명의 학생은 iOS 기반 스마트폰을 소지하고 있었다. 증강현실 콘텐츠의 경우 교사E의 개인 아이패드에서 AR 마커를 띄워놓고 학생들의 개인 스마트폰을 활용하여 체험했으며, 가상현실 콘텐츠의 경우 개인 스마트폰을 사용하여 3D 모드로만 체험하였다. 교사E가 근무하는 학교 역시 교사A의 근무 학교와 마찬가지로 크롬북이 학생들에게 제공되고 있었으나 크롬북은 실감형 콘텐츠 앱을 다운로드 받을 수 없는 기기여서 활용하지 않았다고 하였다.

Table 2. Contents of survey questionnaire

영역	세부 내용 및 질문
공통 질문	<ul style="list-style-type: none"> <li>실감형 콘텐츠를 사용 및 조작할 때 느낀 점은 무엇일까요?               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실감형 콘텐츠를 사용하고 조작할 때 좋았던 점(편리했던 점)은 무엇일까요?</li> <li>- 실감형 콘텐츠를 사용하고 조작할 때 나빴던 점(불편했던 점, 어려웠던 점)은 무엇일까요?</li> <li>- 실감형 콘텐츠의 더 나은 사용과 조작을 위해서 보완되어야 할 점은 무엇일까요?</li> </ul> </li> </ul>
교사용 질문	<ul style="list-style-type: none"> <li>해당 주제의 수업을 할 때 해당 콘텐츠는 어떠했을까요?               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 과학 수업을 할 때 해당 콘텐츠가 도움이 될까요? 그 이유는 무엇일까요?</li> <li>- 과학 수업을 할 때 해당 콘텐츠가 도움이 되지 않는다면, 그 이유는 무엇일까요?</li> </ul> </li> <li>해당 주제의 수업을 할 때 해당 콘텐츠가 필요하다고 생각하시나요? 그 이유는 무엇일까요?</li> <li>해당 콘텐츠의 좋은 점과 나쁜 점은 무엇일까요?</li> <li>해당 콘텐츠가 보완되어야 할 점은 무엇일까요?</li> </ul>
학생용 질문	<ul style="list-style-type: none"> <li>해당 주제를 배울 때/공부할 때 해당 콘텐츠는 어떠했을까요?               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해당 주제를 배울 때/공부할 때 해당 콘텐츠가 도움이 되었나요? 그 이유는 무엇일까요?</li> <li>- 해당 주제를 배울 때/공부할 때 해당 콘텐츠가 도움이 되지 않았나요? 그 이유는 무엇일까요?</li> </ul> </li> <li>해당 주제를 배울 때/공부할 때 해당 콘텐츠가 필요하다고 생각하시나요? 그 이유는 무엇일까요?</li> <li>해당 콘텐츠의 좋은 점과 나쁜 점은 무엇일까요?</li> <li>해당 주제를 배울 때/공부할 때 해당 콘텐츠가 어떻게 수정된다면 더 도움이 될 수 있을까요?</li> </ul>



Figure 1. Four students experiencing VR/AR contents

Table 3. VR/AR contents in the earth and universe area for the 8th grade

단원	콘텐츠 이름	콘텐츠 유형
태양계	<b>지구 모형 크기 구하기</b>	<b>증강현실(AR)</b>
	별의 일주 운동	가상현실(VR)
	황도 12궁과 태양의 연주 운동	가상현실(VR)
	<b>달의 위상 변화와 일식, 월식 현상</b>	<b>가상현실(VR)</b>
	태양계 행성 탐사	가상현실(VR)
	태양의 활동과 영향	가상현실(VR)
수권과 해수의 순환	<b>수온의 연직 분포</b>	<b>증강현실(AR)</b>
	물의 소중함	가상현실(VR)
	<b>우리나라 주변의 해류와 조석 현상</b>	<b>가상현실(VR)</b>

나. 평가 대상 실감형 콘텐츠

연구 참여 교사와 학생이 집단 면담에서 논의한 실감형 콘텐츠는 중학교 2학년 과학 디지털 교과서의 ‘지구와 우주’ 영역에 수록된 4개 실감형 콘텐츠였다. 중학교 과학 디지털 교과서에서 제공하는 실감형 콘텐츠 중 ‘지구와 우주’ 영역에 해당하는 것이 22개로 가장 많았으며, 22개의 콘텐츠 중 2학년 과학에 해당하는 콘텐츠가 9개로 제일 많았다(2021년 8월 기준). 2학년 과학 ‘지구와 우주’ 영역은 ‘태양계’ 단원과 ‘수권과 해수의 순환’ 단원으로 구성되어 있으며, 두 단원에는 7개의 가상현실 콘텐츠와 2개의 증강현실 콘텐츠가 있었다. 1시간 30분 내외의 집단 면담 시간, 한 번의 집단 면담에 참여하는 사람의 수(4-5명), 교육과정에서 제시하고 있는 각 단원의 성취 수준과 탐구 활동을 고려하여 단원별로 가상현실과 증강현실을 하나씩 선정하였다. 최종적으로 ‘지구 모형 크기 구하기’, ‘수온의 연직 분포’ 증강현실 콘텐츠와 ‘달의 위상 변화와 일식, 월식 현상’과 ‘우리나라 주변의 해류와 조석 현상’ 가상현실 콘텐츠 총 4개의 실감형 콘텐츠가 평가 대상으로 선정되었다(Table 3). Table 3은 2학년 과학 디지털 교과서 중 ‘지구와 우주’ 영역에서 제공되고 있는 실감형 콘텐츠를

나타낸 것이며 이 중 굵고 기울어지게 표시된 것이 이 연구에서 교사와 학생이 평가한 실감형 콘텐츠이다.

실감형 콘텐츠는 디지털 교과서와 ‘실감형 콘텐츠’ 앱을 통해 이용할 수 있다. 디지털 교과서를 활용하는 경우 교과서 페이지에 실감형 콘텐츠를 나타내는 그림을 클릭하여 나오는 QR코드를 스캔하면 해당 기기에 있는 ‘실감형 콘텐츠’ 앱으로 연결이 되어 실감형 콘텐츠를 이용할 수 있으며, 디지털 교과서 없이 기기의 ‘실감형 콘텐츠’ 앱에서 해당 콘텐츠를 검색하여 사용할 수도 있다. 증강현실 콘텐츠의 경우 마커가 필요한 콘텐츠와 마커가 필요 없는 콘텐츠가 있으며, 마커가 필요한 콘텐츠의 경우 ‘실감형 콘텐츠’ 앱 혹은 디지털교과서 홈페이지(<https://dtbook.edunet.net/>)에서 필요한 마커를 내려받아 사용할 수 있다.

태양계 단원의 ‘지구 모형 크기 구하기’ 증강현실 콘텐츠는 에라토스테네스가 지구의 크기를 측정했던 방식으로 가상의 지구 크기를 직접 측정해볼 수 있는 콘텐츠이며 마커가 필요하다. 같은 단원의 ‘달의 위상 변화와 일식, 월식 현상’ 가상현실 콘텐츠는 달의 모양 변화와 태양과 달이 가려지는 원리 두 내용을 담고 있으며, 지상과 우주 각각의 시점에서 위치에 따른 달의 위상, 일식, 월식을 관찰할 수 있는 콘텐츠이다(Figure 2). 수권과 해수의 순환 단원의 ‘수온의 연직 분포’ 증강현실 콘텐츠 또한 마커 기반 콘텐츠이며, 학생들이 깊이에 따른 해수의 수온을 가상 환경에서 측정해보고 그래프를 관찰하고, 태양 빛과 바람의 세기를 조절하여 해수의 깊이에 따른 수온 분포 변화를 관찰하고 탐색해볼 수 있도록 제작된 콘텐츠이다. 같은 단원의 ‘우리나라 주변의 해류와 조석 현상’ 가상현실 콘텐츠는 우리나라 주변의 해류의 특징을 살펴보고 해류를 이용한 물품 배송 미션을 해볼 수 있게 구성되어 있으며 조석 현상도 관찰할 수 있는 콘텐츠이다(Figure 3).

2. 자료 수집 및 분석

이 연구에서는 교사와 학생별 집단 면담 과정의 녹화 및 녹음 자료를 연구 자료로 사용하였으며 이를 위해 연구윤리위원회 심의를 거치고 그 내용을 연구 참여자들에게 충분히 설명하고 동의를 구하였다. 면담이 가능한 날자별로 6명의 중학교 과학교사를 두 그룹으로 나누어 각각 ZOOM을 통한 집단 면담을 하였다. 8명의 학생 역시 두 그룹으로 나누어 ZOOM을 통한 집단 면담을 하였는데 연구자와 학생 간의 래포(rapport)가 제대로 형성되지 않은 상황이었으므로 편안한 면담 환경 조성을 위해 학생들을 가르치고 있는 교사A와 교사E 또한 학생 집단 면담 과정에 참여하였다. 모든 교사 및 학생 집단 면담은



Figure 2. ‘Estimating the size of the Earth’ AR content and ‘Moon phase, lunar eclipse, solar eclipse’ VR content



Figure 3. ‘Vertical temperature distribution of ocean’ AR content and ‘Ocean currents and tides’ VR content

Table 4. Examples of segmenting and preliminary coding

	면담 전사본	공/부정	예비 코딩
학생1	조작을 할 때 딱히 뭐라 해야 되지? 정말 신기하다는 느낌 같은 거는 잘 모르겠는데, 이제 카메라로 어떠한 카드 같은 걸 비춰서 이제 거기에 나오는 <b>중강 프로그램을 보고 거기에 터치를 하거나 거기에 나오는 글씨 같은 거를 보면서 되게 신기함을 느끼긴</b> 했는데	긍정	터치를 한 후 보이는 증강현실이나 글씨 같은 것이 신기했음
학생1	막상 <b>조작을 할 때는 굉장히 불편</b> 했어요. <b>터치도 잘 안 먹히고</b> 내가 원하는 건 이게 아닌데 자꾸 막 눌러봐도 <b>한 두세 개가 한꺼번에 넘어가거나 아예 안 넘어가거나</b> 그런 게 너무 많아서 조작할 때는 굉장히 불편했지만	부정	조작을 할 때 굉장히 불편, 터치가 잘 안 됨, 눌렀을 때 바로바로 눌러지지 않음
학생1	막상 해볼 때는 되게 <b>신기했던 것 같아요</b>	긍정	해보는 것 자체는 신기함.

Table 5. Examples of categorization

범주	예비 코딩	범주화
학생1	흥미롭다, 신기하다, 수업 참여도는 증가할 거 같다	
학생2	교과서, 펜, 노트를 활용한 수업이 아니라 겪어보지 못한 방식으로 해서 흥미롭고 신기함	흥미로움
학생3	AR 콘텐츠를 조작해보는 것, 전자기기로 수업을 하는 것 자체는 흥미로움	
학생1	진행을 할 때 다음으로 넘어갔지만, 구체적인 안내가 없어서 체험할 때 어려웠음	
학생3	앞부분에 설명을 놓친 경우, 다시 돌아가고 싶은 경우 돌아갈 수가 없음	사용 편리성
학생4	내용을 놓치면 어떻게 다시 그 부분을 들어볼 수 있는지 모른다는 것이 불편	
학생5	조석 현상 부분에서는 자료가 미흡하고 부족	
학생5	조석 현상 콘텐츠는 조작 가능성, 영상 제공과 같은 부분이 없었음	콘텐츠 내용과 설명 부족
학생8	음성 설명 부족	

Table 6. Evaluation criteria of VR/AR contents used by teachers and students

범주	하위 범주	설명
VR/AR 매체 특성	신기함	가상현실 혹은 증강현실을 경험하면서 느껴지는 감정
	상호작용성	가상현실 혹은 증강현실 콘텐츠와의 상호작용
	시각적 실재감	가상현실 혹은 증강현실 콘텐츠에서 느껴지는 생생함, 입체감
기술적 구동	앱의 구동	다양한 단말기(예: 스마트폰, 태블릿 PC, 크롬북) 내에서 앱이 잘 작동하는지 앱 자체가 원활하게 작동하는지
	기타 기술적 구동	앱 자체의 구동 이외에 앱을 활용하는 것과 관련된 기술적 구동
사용자 인터페이스	직관성	앱을 활용하는 사용자가 앱의 구조를 쉽게 이해하고 쉽게 사용할 수 있는지
	유연성	앱을 활용하는 사용자의 인터랙션을 얼마나 포용하고, 사용자의 실수를 방지해주는지
교수·학습 설계	과학적 정보와 내용	콘텐츠의 과학 주제와 관련하여 적절하고 충분한 내용/정보가 제공되는지
	교수·학습 맥락 고려	콘텐츠의 시나리오 구성요소와 전개 방식이 교수자가 수업에서 활용하기에 적합한지 혹은 학생의 사고나 이해를 방해하지 않는지

사전 질문지(Table 1)에 기초하여 이루어졌지만, 연구 참여자들의 응답에 따라 연구자가 추가 질문을 하기도 하였다. 집단 면담은 1시간~1시간 30분 정도 소요되었다.

중학교 과학 디지털 교과서의 실감형 콘텐츠를 교사와 학생이 어떻게 평가하는지를 탐색하기 위해 예비 코딩 및 추출, 범주화, 명명의 과정을 거쳐 연구 자료를 분석하였다. 먼저 세 명의 연구자가 교사 집단, 학생 집단별로 전사된 연구 자료를 전체적으로 살펴보면서 4개의 실감형 콘텐츠별로 긍정 혹은 부정적으로 평가한 내용을 기준으로 전사 내용을 정리하고, 긍정 혹은 부정적으로 평가된 부분을 진하게 하거나 줄을 긋는 세그멘팅(segmenting) 과정을 거치면서 예비 코딩을 수행하였다(Table 4). 다음으로 같은 범주로 묶일 수 있는 내용의 예비 코딩 결과를 모아 정리한 후 ‘흥미로움, 신기함’, ‘탐구 도움’, ‘학습 도움’, ‘주제 적합성’, ‘실재감’, ‘사용편리성’과 같은 이름으로 범주화하는 작업을 거쳤다(Table 5). 마지막으로 예비 코딩과 범주화한 결과를 토대로 교사와 학생별로 중복되는 내용, 비슷한 내용 위주

로 범주화 영역을 합쳐가며 상위 범주와 하위 범주로 분류하고, 범주를 명명하였다. 최종적으로 ‘VR/AR 매체 특성’, ‘기술적 구동’, ‘사용자 인터페이스’, ‘교수·학습 설계’로 네 개의 범주를 명명하고, 각 범주의 하위 범주를 Table 6과 같이 세분화하여 교사와 학생이 실감형 콘텐츠를 평가하는데 사용한 주요 평가 범주를 도출하였다. 모든 분석 과정에서 단계마다 연구자들이 모여 개별 분석 결과를 공유하고 논의하는 과정을 거쳤으며 특히, 범주화에 대한 의견이 일치하지 않는 경우 예비 코딩 전 단계의 교사와 학생의 원 면담 자료를 반복적으로 비교하고 살펴보면서 토의 및 합의를 이루는 방식으로 분석 결과의 타당성을 확보하고자 하였다.

### III. 연구 결과

이 연구에 참여한 중학교 과학교사와 학생들이 실감형 콘텐츠를 평가한 내용을 요약·정리하면 Table 7과 같다. 교사와 학생들이 실

Table 7. Evaluation of teachers and students on VR/AR contents

범주	하위 범주	교사와 학생의 평가 내용
VR/AR 매체 특성	신기함	<ul style="list-style-type: none"> <li>실감형 콘텐츠를 활용하는 수업이나 방식이 신기 (교사, 학생)</li> </ul>
	상호작용성	<ul style="list-style-type: none"> <li>마커가 제대로 인식되지 않음 (교사, 학생)</li> <li>마커에서 벗어나면 콘텐츠가 실행되지 않음 (교사, 학생)</li> <li>텍스트 콘텐츠, 동영상과 달리 직접 조작 가능함 (교사, 학생)</li> </ul>
	시각적 실재감	<ul style="list-style-type: none"> <li>시각적 실재감이 부족 (교사)</li> </ul>
기술적 구동	앱의 구동	<ul style="list-style-type: none"> <li>특정 OS에서 작동되지 않음 (교사, 학생)</li> <li>앱 프리징(freezing) 현상이 빈번하게 발생 (교사, 학생)</li> <li>실감형 콘텐츠 내 개별 콘텐츠 용량이 큼 (교사)</li> </ul>
	기타 기술적 구동	<ul style="list-style-type: none"> <li>디지털교과서 로그인, 조작 관련 (학생)</li> </ul>
사용자 인터페이스	직관성	<ul style="list-style-type: none"> <li>사용하는데 편리하게 디자인되어 있지 않음 (교사, 학생)</li> <li>앱이 무엇을 의미하는지 무엇을 하라고 하는 것인지 파악하기 어려움 (교사, 학생)</li> </ul>
	유연성	<ul style="list-style-type: none"> <li>특정 부분을 터치해도 터치가 되지 않음 (교사, 학생)</li> </ul>
교수-학습 설계	과학적 정보와 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>오개념을 유발하거나 이해를 돕지 못하는 내용(교사)</li> <li>과학적 이해에 필요한 정보, 내용, 설명이 충분하지 않음 (학생)</li> <li>교과서 정보 외에 추가적인 내용이 없어 학습에 도움이 되지 않음 (학생)</li> </ul>
	교수-학습 맥락 고려	<ul style="list-style-type: none"> <li>양방향 학습, 탐구적 교수 학습 불가능 (교사)</li> <li>수업 시간에 실감형 콘텐츠 사용에 대한 필요성을 느끼지 못함 (학생)</li> </ul>

감형 콘텐츠에 대해 평가한 내용은 범주화 결과로 도출된 네 개의 평가 범주 즉, VR/AR 매체 특성, 기술적 구동, 사용자 인터페이스, 교수-학습 설계 측면으로 나누어 살펴보았으며, 하위 범주별로 교사와 학생이 모두 평가한 내용, 교사 혹은 학생만이 평가한 내용으로 구분하여 서술하였다.

1. VR/AR 매체 특성 측면

가. 신기함

교사는 실감형 콘텐츠를 ‘신기함’의 측면에서 평가할 때 교사의 입장에서 평가하지 않고 학생의 입장에서 평가하였다. 학생들이 스마트 기기를 이용하여 과학 수업 시간에 접하지 못한 실감형 콘텐츠를 활용한다는 것 자체가 학생들에게는 신기할 수 있다는 측면에서 실감형 콘텐츠를 긍정적으로 평가하였다. 학생 역시 개인 스마트 기기를 활용하여 실감형 콘텐츠에서 나타나는 가상현실이나 증강현실을 체험해보는 것을 신기하게 느꼈으며 결과적으로 수업에 흥미를 느낄 수 있어 과학 학습에 도움이 될 것이라고 긍정적으로 평가하였다.

- 교사A: 저는 사실 디지털 교과서에서 실감형 콘텐츠를 처음 사용하는 학생들을 데리고 수업을 한 거였는데 학생들한테 이제 스마트 기기를 이용해서 수업을 한다는 것 자체가 신기하게 다가갈 수는 있을 것 같았어요.
- 학생3: 과학을 싫어하는 학생들도 그런 수업 자료를 이용해서 수업을 하면 조금 더 좋아하면서 흥미롭게 공부할 수 있을 것 같아요.

신기함의 범주에서 교사와 학생이 나타난 긍정적인 평가는 가상현실과 증강현실과 같은 새로운 테크놀로지가 접목된 학습 콘텐츠는 ‘신기 효과(novelty effect)’를 가지고 있다는 선행 연구 결과(Elor et al., 2022; Hopp & Gangadharbatla, 2016; Jang & Kye, 2007)도 일치함을 알 수 있었다.

나. 상호작용성

1) 마커 활용

증강현실 콘텐츠는 현실의 이미지와 가상의 이미지를 결합하여 실시간으로 상호작용할 수 있게 해주며 이를 가능하게 해주는 마커 검출 기술(marker detection technology)은 증강현실 기술의 핵심이다 (Kim & Lee, 2014). 디지털 교과서에서 제공하고 있는 증강현실 콘텐츠 역시 대부분 마커 기반으로 개발되었기 때문에 과학 수업에서 증강현실 콘텐츠를 활용하는 교사들은 마커를 출력하여 학생에게 제공하거나 하나의 기기에 마커를 띄워놓고 학생들이 기기로 마커를 인식하는 방식으로 사용하고 있었다(Cha, Yoon, & Park, 2022). 그런데 교사와 학생은 이러한 마커 활용과 관련하여 실감형 콘텐츠를 부정적으로 평가하였다. 첫째, 마커가 잘 인식되지 않고 마커가 빠르게 인식되지 않는 점에서 불편함을 느꼈다. 특히 교사와 학생은 평가 대상 증강현실 콘텐츠 중 ‘지구 모형 크기 구하기’ 콘텐츠에서 마커가 인식이 잘되지 않아 불편하다고 하였다.

- 교사C: 마커를 모니터에 띄워놓고 했더니 막 핸드폰을 사방으로 돌려야 겨우 그 초점이 맞아가지고 보이는데, 확대를 하려면 거의 모니터에 핸드폰 붙여야 되고 그러면 또 안 돌아가고 이런 문제점이 있어서 이게 조금 평면 마커로 하기에는 좀 부적합하다 그런 생각이 들었고요.
- 학생3: AR 카드를 카메라로 인식할 때요. 약간 조금 이렇게 바로바로 되는 게 아니라 조금 시간이 걸린다는 거 그런 것도 약간 있어서 살짝 불편했고.

둘째, 마커 기반 증강현실 콘텐츠라 할지라도 ‘지구 모형 크기 구하기’ 콘텐츠는 앱을 구동시키는 기기가 마커에서 벗어나더라도 계속 콘텐츠가 실행되는(Figure 4) 반면 ‘수운의 연직 분포’ 콘텐츠는 마커를 인식하고 있는 기기가 마커를 벗어나게 되면 콘텐츠가 실행되지 않았다(Figure 5). 따라서 교사와 학생은 증강현실 콘텐츠를 사용하기 위해 지속해서 마커를 인식시켜야만 하는 점을 부정적으로 평가하였다.



Figure 4. 'Estimating the size of the Earth' content that runs without markers after a marker recognition

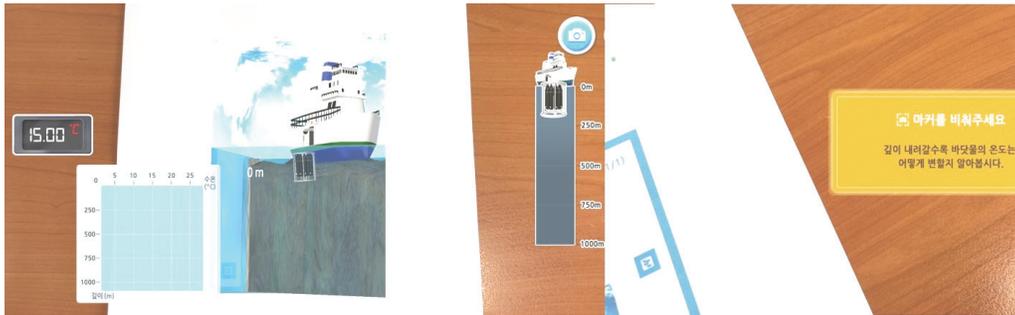


Figure 5. 'Vertical temperature distribution of oceans' content that needs to keep marker recognized

교사B: 지구 모형 크기 구하기 AR 같은 경우에는 AR 마커를 계속 찍지 않아도 내가 움직여도 그게 따라와요. AR 콘텐츠가. 근데 수온의 연직 분포 같은 경우에는 안 따라오더라고요. 이렇게 그런 차이가 있어요. 이게 그래서 계속 그걸 비추고 있어야지만 활동을 할 수 있다는 그런 불편함이 있었어요.

학생8: 저도 그 마커를 비추지 않을 때 화면이 사라지는 점이 조금 불편했고.

교사와 학생은 증강현실 콘텐츠 특징인 마커를 활용하는 것이 편리하고 유용한 것으로 인식하기보다는 기기에서 마커가 잘 인식되지 않고 마커를 벗어나면 콘텐츠가 실행되지 않는다는 점으로 인해 오히려 부정적으로 평가하고 있음을 알 수 있었다.

## 2) 조작 가능성

교사와 학생 모두 텍스트로 되어있는 콘텐츠나 동영상과 달리 직접

조작이 가능하다는 측면에서 실감형 콘텐츠를 긍정적으로 평가하였다. 수동적으로 바라만 보던 콘텐츠에서 벗어나 콘텐츠를 직접 조작하는 것이 학생들에게 새로운 경험이라는 측면에서 실감형 콘텐츠를 긍정적으로 인식하였다. 특히 교사들은 조작 가능성 측면에서 '지구 모형 크기 구하기' 증강현실 콘텐츠를 긍정적으로 평가하였다. 학생들이 역시 같은 콘텐츠를 평가할 때 눌러보는 등 자기가 직접 해볼 수 있어서 좋았고 나아가 이해가 더 잘된다고 답하기도 하였다 (Figure 6). '달의 위상 변화와 일식, 월식 현상' 가상현실 콘텐츠 역시 3D 모드로 활용하면서 학생들이 화면상의 버튼을 직접 터치하고 조작해볼 수 있어서 좋았다고 평가하였다.

교사D: 실험 영상이 있음에도 불구하고 영상과는 다르게 조작한다는 개념이죠. 여기서 이 지점과 이 지점, 교과서에서는 특정 알렉산드리아랑 그 부분만 이렇게 했는데 AR 콘텐츠에서는 조작감이 조금 있기 때문에 아이들이 더 흥미를 느끼고 할 수 있을 것

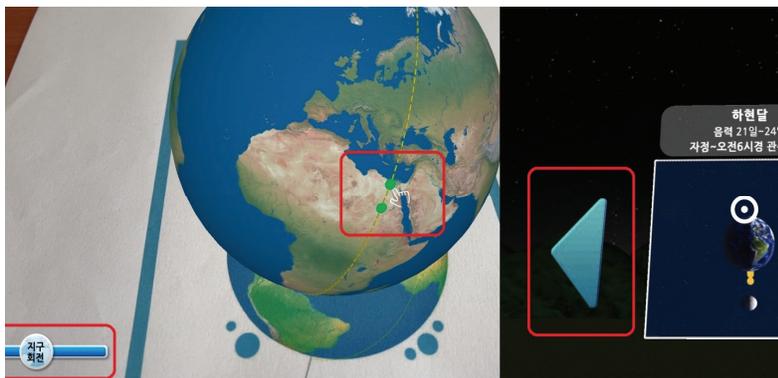


Figure 6. Manipulation of 'Estimating the size of the Earth' AR content



Figure 7. Lack of visual presence of the 'Ocean currents' VR content

같은 하더라구요.

학생4: 글로만 보지 않고 실제로 눈으로 보면서 뭐 이것저것 눌러서 구경도 하고 설명도 들으면서 수업을 하니까 더 잘 들어오고 이해가 잘 되는 것 같아요.

학생8: 설명이라든가 아니면 둘레를 구하는 방법이라든가 그런 게 쉽게 자기가 직접 할 수 있다는 점이 좋았어요.

다. 시각적 실재감

실감형 콘텐츠의 시각적 실재감에 대해서 소수의 학생(2명)만이 ‘달의 위상 변화와 일식, 월식 현상’ 가상현실 콘텐츠를 긍정적으로 평가하였으며, 6명의 과학교사 모두 시각적 실재감 측면에서 4개의 실감형 콘텐츠를 부정적으로 평가하였다. 콘텐츠 상에서 보이는 이미지가 교과서의 사진이 그대로 옮겨져 있는 모습처럼 여겨진다거나 플래시(flash) 콘텐츠와 큰 차이가 없어 가상현실 콘텐츠의 장점을 살리지 못하고 있다고 비판하였으며, 특히 움직이는 해류의 모습이 단순히 화살표로 표현되어 있다는 점을 언급하며 ‘우리나라 주변의 해류와 조석 현상’ 가상현실 콘텐츠의 시각적 실재감을 가장 부정적으로 평가하였다(Figure 7).

교사A: 실감적인 측면에서는 네 개 모두 다 짝이지 않나 이런 생각을 좀 해봅니다.

교사F: 하늘에 사진이 붙어 있는 거는 좀 아닌 것 같다는 생각이 들었어요.

교사B: 해류 놀러봤더니 갑자기 빨간 화살표가 쪽쪽쪽쪽 비닷물이 움직이는 게 아니라 깜짝 놀랐습니다. 빨간 화살표 그릴 거면 그냥 칠판에다 그려도 되지 않을까 그런 생각을 했었고요. 이게 차라리 물이 움직였으면 좋았을 텐데 이런 생각을 했었고.

실감형 콘텐츠를 과학 학습에 활용하는 이유는 3차원 공간을 기반으로 현실과 비슷한 경험을 할 수 있으며(Kim *et al.*, 2019; Kozhevnikov *et al.* 2013), 다양한 감각적 정보를 받을 수 있어(Hoh, Jee, & Lim, 2010; Wu *et al.*, 2013) 콘텐츠를 체험하는 학생의 입장에서 생생함과 시각적 실재감을 느낄 수 있다는 점이다. 이러한 가상현실에서 느낄 수 있는 실재감은 시각적 요소가 미치는 영향이 매우 크다고 볼 수 있는데(Won, Lee, & Whang, 2013), 실제 디지털 교과서의 실감형 콘텐츠는 이러한 장점을 살리고 있지 못함을 알 수 있었다.

2. 기술적 구동 측면

가. 앱의 구동

교사와 학생은 앱의 구동과 관련하여 세 가지 측면에서 디지털 교과서의 실감형 콘텐츠를 부정적으로 평가하였다. 첫 번째는 기기 OS에 따라 앱 구동에 차이가 있다는 점이었다. 앱 사용자 입장에서는 사용하는 기기와는 상관없이 앱이 잘 구동되기를 바라는데 실감형 콘텐츠 앱의 경우 iOS 기반 스마트폰에서는 잘 작동되지 않는 것을 볼 수 있었고, 특히 두 개의 가상현실 콘텐츠가 잘 작동하지 않아 체험하는 과정에서 교사와 학생이 큰 불편함을 느꼈다. 두 번째는 앱이 실행되는데 꽤 긴 시간이 소요되거나 앱 프리징(freezing) 현상

이 빈번하게 발생한다는 점이었다. 특히 ‘우리나라 주변의 해류와 조석 현상’ 가상현실 콘텐츠의 경우 카드 보드를 활용하여 VR HMD 모드로 사용한 경우 안드로이드 기반 스마트폰에서는 앱 자체가 실행되지 않았고 iOS 기반 스마트폰에서는 실행은 되었지만, 지연(lag) 현상이 발생하여 다음 단계로 넘어가지 않아 결과적으로 두 경우 모두 VR HMD 모드는 사용할 수가 없었다.

학생5: 콘텐츠 실행이 기기마다 편차가 있어 가지고 실행이 되는 게 있고 안 되는 게 있더라고요. 그래서 특정 기기에서만 실행이 되는 불편함을 겪었어요.

학생4: 화면이 검정색으로 된다면 중간에 멈추는 적이 많아서 불편했어요.

교사A: 해류와 조석 현상은 학생들이 카드 보드를 이용한 VR을 실행하지 못했던 콘텐츠고요. 블랙 화면에서 안드로이드 같은 경우에는 실행이 아예 안 됐었고요. 그리고 아이폰은 검은 화면으로 넘어가는데 그 검은 화면에서 다음 화면으로 넘어가지 않아서 아예 실행을 못 했고요. 그래서 3D 모드로만 실행을 했어요.

교사C: AR은 조금 용량이 좀 작아서 설치라든지 하는 게 그냥 금방 되는 것 같은데 VR은 좀 아무래도 이게 VR이다 보니까 메가도 100메가 이상 이렇게 되는 것 같더라고요. 이 VR앱 자체의 용량 자체가 작지 않았어요....(중략)...그래서 만약에 핸드폰에 용량이 충분치 않은 학생들 거라면 아예 설치 자체도 안 될 수도 있겠다라는 생각이 들었어요.

세 번째는 실감형 콘텐츠 내 개별 콘텐츠 용량이 커서 활용하기에 불편하다는 점이었는데 이 측면은 교사만이 사용한 평가 기준이었다. 용량이 충분한 최신 기기를 사용하는 경우에는 문제가 되지 않지만, 실제 학교 현장에 보급되어 있는 기기나 학생들이 사용하는 핸드폰의 사양은 매우 다양하고 최신 제품이 아닐 가능성이 크기 때문에 기기 단위의 앱을 설치하는 게 부담이 되었다. 실제로 실감형 콘텐츠 앱의 경우 앱을 다운로드 받더라도 앱을 실행시킨 후 개별 콘텐츠를 다시 다운로드 받아 활용하는 방식이기 때문에 용량이 큰 콘텐츠는 불편함을 유발하는 요인으로 작용하였다.

나. 앱 이외의 기술적 구동

교사와 학생은 앱 이외의 기술적 구동과 관련하여 우선 디지털 교과서와 실감형 콘텐츠를 동시에 사용한 경험을 부정적으로 평가하였다. 디지털 교과서와 실감형 콘텐츠 앱을 모두 활용하려면 적어도 디지털 교과서를 사용하기 위한 기기와 실감형 콘텐츠 앱을 실행시키기 위한 기기 총 두 대의 기기가 필요했기 때문이었다. 그 결과, 연구에 참여한 교사와 학생들은 2개 이상의 기기를 활용하여 실감형 콘텐츠를 활용하였으며 AR 마커를 종이로 출력하지 않고 기기를 사용하는 경우에는 디지털교과서용 기기, 실감형 콘텐츠 앱용 기기, AR 마커용 기기 총 3대의 기기를 사용하기도 하였다.

교사E: 학생들이 디지털 교과서를 활용하려면 태블릿이나 최소한 노트북 정도의 기기가 있어야 되는 상황인 거 같아요. 그런데 지금 이 AR VR들은 전부 모바일 기기에서 돌아간단 말이지요. 그럼 학생들이 두 개의 기기를 가지고 수업에 들어가야 되는 거예요. 이것부터 너무 번거로워요.

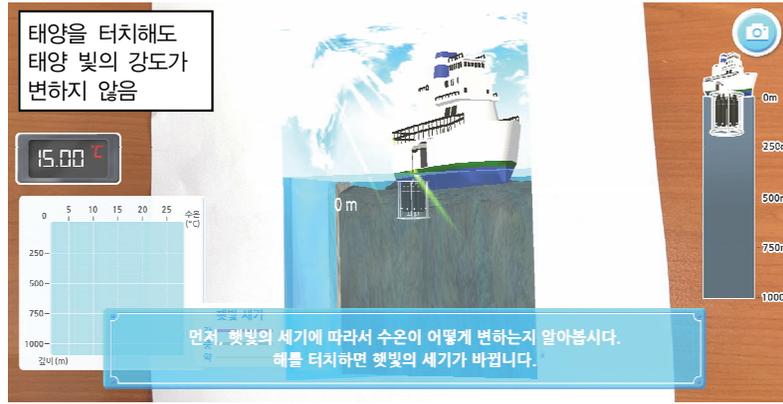


Figure 8. An example of low flexibility

학생1: 디지털 교과서 자체를 이번에 처음 쓴 게 아니라 작년 사회 시간에 저희가 종종 사용을 했었어요. 근데 이게 밑줄 긋는 게 잘 안 되고 마우스로 자꾸 이렇게 하다 보니까 굉장히 선이 벗어나고 이상하게 되기도 하고

학생3: 디지털 교과서 로그인하는 것은 어렵지 않는데 아이디를 잊어버리거나 안 되어 있던 애들도 있어가지고 다시 가입을 하느라 시간이 걸리고.

여러 대의 기기가 필요한 것 외에도 학생들은 디지털 교과서의 조작과 재가입 절차가 불편하다는 점을 지적하였다. 이 연구에 참여한 교사들은 실감형 콘텐츠를 평가할 때 이 측면을 언급하지 않았지만, 디지털 교과서 가입 및 아이디 관리 부분은 실제로 초등학교에서 디지털 교과서를 많이 활용하는 초등 교사들이 느낀 어려움 중의 하나였다(Cha, Yoon, & Park, 2022).

### 3. 사용자 인터페이스 측면

디지털 교과서의 실감형 콘텐츠를 활용하는 것은 다양한 가상현실과 증강현실 콘텐츠들의 집합으로 이루어진 시스템과 이를 사용하는 교사 및 학생 간의 상호작용을 근본적으로 가정하고 있으므로 사용자 인터페이스(User Interface)는 매우 중요한 부분이 아닐 수 없다(Kim et al., 2017; Lee & Woo, 2011). 사용자 인터페이스에 대한 사용성 설계 및 평가의 기본 원칙으로 주로 직관성(intuitiveness; Holcomb & Tharp, 1991; Kalawsky, 1999; Park & Lim, 1999), 유효성(efficiency; Frøkjær, Hertzum, & Hornbæk, 2000; Shneiderman et al., 2009), 학습성(learnability; International Organization for Standardization, 1996; Nassar, 2012; Shneiderman et al., 2009), 유연성(flexibility; Kalawsky, 1999; Nassar, 2012; Park & Lim, 1999; Ravden & Johnson, 1989) 등이 논의되고 있는데, 이 연구에 참여한 교사와 학생들은 이 원칙 중 누구나 쉽게 이해하고 사용할 수 있어야 한다는 ‘직관성’과 사용자의 요구를 최대한 수용하고 실수를 최소화해야 한다는 ‘유연성’ 측면에서 실감형 콘텐츠를 평가하였다.

우선 교사와 학생 모두 디지털 교과서의 실감형 콘텐츠가 직관적이지 못하다고 평가하였는데 콘텐츠가 사용하기에 편리하게 디자인되어 있지 않으며 콘텐츠가 무엇을 하라고 하는 것인지 무슨 내용을 의미하는 것인지 파악하기가 어려웠다고 하였다. 또한, 구체적인 안내가 없어 어떻게 조작하고 진행해야 하는지 알 수가 없었다고 하였다. 유연성 측면에서 교사와 학생들은 조작 혹은 터치가 제대로 되지 않아서 실감

형 콘텐츠를 사용할 때 매우 불편하다고 하였다. 특히, ‘우리나라 주변의 해류와 조석 현상’ 가상현실 콘텐츠가 직관성과 유연성 측면에서 가장 부정적인 평가를 받은 콘텐츠였다(Figure 8). 예를 들어, 햇빛의 세기에 따라서 수온이 어떻게 변하는지를 알아보기 위한 활동에서 해를 터치하면 햇빛의 세기가 바뀐다는 안내가 나오지만, 해의 어느 부분을 터치해야 하는지 알려주지 않고 있으며, 해라고 추정되는 부분을 터치해도 햇빛의 세기가 변하지 않아 교사와 학생 모두 다음 단계로 넘어가지 못하거나 체험을 중단하는 일이 발생하기도 하였다.

교사D: 이것이 무엇을 의미하고자 하는지 잘 모르겠고, 여기 나왔던 콘텐츠 중에서 조작감이 가장 최악이었어요.

학생6: 태양을 비추려고 했거든요. 근데 저는 거기서 태양을 비추려고 했는데 잘 안돼서, 이게 어떻게 해야 할지도 설명이 잘 안 나오고 되지도 않아서 조금 힘들었던 것 같아요.

모바일 플랫폼 기반 가상 공간에서의 사용자 인터페이스(UI)는 사용자와 가상 객체 혹은 환경과의 상호작용 질을 높이며 사용자에게 높은 흥미, 몰입감, 편리함을 제공할 수 있는 요인이 될 수 있지만, 현재 디지털 교과서의 실감형 콘텐츠는 사용자 인터페이스의 조작과 사용에서 어려움이 있으며 이것은 교사와 학생에게 피로감을 제공하고 몰입을 방해하는 요소임을 알 수 있었다(Kim et al., 2011; Kim et al., 2017).

### 4. 교수-학습 설계 측면

#### 가. 과학적 정보와 내용

교사는 실감형 콘텐츠에서 제공하는 내용이 과학적인 내용과 어느 정도 일치하는가, 학생들에게 오개념을 유발하지는 않는가, 학생들이 이해할 수 있는 내용으로 구성되어 있는가에 초점을 맞춰서 실감형 콘텐츠를 평가하였다. 예를 들어, ‘달의 위상 변화와 일식, 월식 현상’ 가상현실 콘텐츠(Figure 9)에서 학생들이 태양-지구-달의 위치 관계를 오해할 수도 있다는 점이 언급되었다. 실제로 달의 위상 변화는 달이 지구 주위를 공전하면서 일어나는 현상인데 콘텐츠 상에서는 태양이 표현되어 있지 않은 환경에서 여러 개의 달이 동시에 있고 지구 역할을 하는 학생이 돌면서 각 달의 위상을 관찰하도록 설계되어 있어서 학생들이 이해하기 어려울 것이라고 하였다.



Figure 9. Examples that cause misconceptions

교사C: 지구에서 달 여러 개 위상별로 배치해놓고 했을 때 문제점이 뭐냐면 그 삭일 때 보니까 그게 딱 일식 상태더라구요. 태양을 좀 올리거나 내려줬으면 좋지 않았을까 왜냐하면 금환 일식처럼 보여서

교사E: 여기에 운동이 전혀 들어가 있지 않아요. 이 콘텐츠에서 달이 움직이지 않잖아요. 이게 운동이 들어가 있지 않고 8개의 달을 고정해 둔 상태에서 이 위치가 바로 '삭'이라고 이야기하는 상황이 다 보니 태양이 잘 안 보이고 그래서 이게 애들은 잘 모를 거예요.

터치를 해서 옆으로 넘기는 방식으로 되어 있는데 (수업 과정에서) 언제 사용해야 될 지 조금 의문이 들었어요.

한편, 학생들은 과학적 정보와 내용 범주에서 교과와는 다르게 과학 내용을 이해하는데 필요한 정보, 내용, 설명이 충분하냐고 그리고 교과서에서 이미 제공되고 있는 정보와 다른 것들을 제공해주고 있는가의 측면으로 실감형 콘텐츠를 평가하였다. 이러한 기준에서 과학 내용을 이해하는데 충분한 정보나 설명이 부족하고 교과서에 나오는 정보 외에 심화된 혹은 추가되는 내용이 없어서 실감형 콘텐츠가 과학 학습에 도움이 되지 않을 것 같다고 평가하였다.

두 번째는 실감형 콘텐츠가 학생들의 탐구 활동에 도움이 되느냐는 기준이었는데 교사들은 현재 디지털 교과서의 실감형 콘텐츠로는 양방향 혹은 탐구적 교수 학습이 어려울 것 같다고 평가하였다. 그렇게 평가하게 된 이유는 첫째, 실감형 콘텐츠의 자유도가 낮다는 점이였다. 예를 들어, 실제 만조와 간조 주기가 12시간 25분임에도 불구하고 '우리나라 주변의 해류와 조석 현상' 가상현실 콘텐츠 내에서는 주기를 시간 단위로만 조절할 수 있게 만들어졌거나, 해수의 연직 수온 분포 탐구 활동은 학생들이 수온을 측정하여 깊이에 따라 수온 분포가 어떻게 달라졌는지를 설명해보는 것이 목표 중 하나인데 '수온의 연직 분포' 증강현실 콘텐츠에서는 학생들에게 깊이에 따른 수온의 분포에 대해 생각해 볼 기회를 주지 않고 그래프가 자동으로 그려지는 것을 볼 수 있었다(Figure 10).

학생7: 달의 위상 변화가 왜 이렇게 보여지는지 변화하는 과정의 설명이 조금 부족했던 것 같고 그래서 이 VR로만 봤으면 살짝 이해하지 못했을 것 같아요. 이 내용 전체를. 그리고 일식과 월식 부분에서 그림으로 보여지긴 하는데 어느 지역에서 보여지는 지가 확실하게 설명이 안 나오더라고요. 그냥 그래서 그림만 보여지고.

학생2: 교과서에 있는 내용이 다 들어가고 거기에 있는 추가 설명이 더 있는 그런 게 더 나을 것 같아요.

교사C: 처음에 가장 안 좋았던 점이 그래프가 계속 보이더라고요. 학생들에게 직접 그래프를 그리는 것도 시켜보고 싶었는데 그래프가 계속 보여버리니까 꺾다 꺾다 하는 기능이 있었으면 좋겠다 하는 생각이 들었어요...(중략)...밀물, 썰물 같은 경우에는 12시간 25분인데 시간 단위로만 조절이 되더라고요. 주기가 12시간 25분인데.

나. 교수 학습 맥락 고려

교사는 교수 학습 맥락 고려에서 두 가지의 평가 기준으로 실감형 콘텐츠를 평가하였다. 첫 번째는 교사가 계획하는 수업 목표나 수업에서 중요하게 생각하는 내용을 담고 있는가였는데 디지털 교과서의 실감형 콘텐츠가 교사들이 추구하는 수업 맥락이나 흐름을 제대로 고려하지 않은 콘텐츠라고 평가하였다. 예를 들어, '지구 모형 크기 구하기' 증강현실 콘텐츠에 대해서 교사가 생각하는 수업 목표에 맞지 않거나 해당 콘텐츠를 수업의 어떤 부분에 어떻게 사용해야 할지 모르겠다고 하였다.

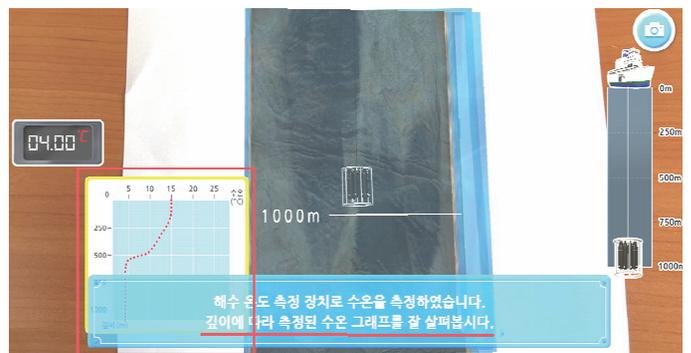


Figure 10. Water temperature-depth graph drawn immediately

교사A: 지구 모형 크기 구하기에서 제가 생각할 때 학생들이 이 지구 모형 크기 구하기를 통해서 알아가야 할 부분은 에리토스테네스가 지구 크기를 어떻게 구했는지를 알고 그 원리를 이용해서 지구 모형 크기를 구하는 데까지 식을 세우고 실제로 모형의 크기를 구해보는 그 과정으로 가는 것이 중요하다고 생각하는데 근데 이 콘텐츠에서 이거는 이제 그냥 음성 안내를 따라가면서

둘째, 시나리오가 고정되어있는 점이였다. 즉 콘텐츠 내에서 제공하는 활동이나 내용의 순서가 고정되어있어서 전 단계를 꼭 수행해야만 다음 단계로 넘어갈 수 있는 불편함이 있었다. 예를 들어, '수온의 연직 분포' 증강현실 콘텐츠에서(Figure 8) 깊이에 따른 수온 분포 그래프를 확인한 후 햇빛의 세기에 따라서 수온이 어떻게 변하는지를 알아보는 활동이 나오는데 해가 터치되지 않아 교사와 학생은 이 단

계 활동을 건너뛰고 다음 단계로 가고 싶지만, 이 단계를 끝내지 않았기 때문에 다음 단계로 넘어가지 못하는 불편함을 경험하였다. 셋째, 단순하게 터치하는 방식으로 단순한 과정을 따라가게 만든 점이였다. 학생 중심 탐구 활동이 되기 위해서는 여러 가지 변수를 조작할 수 있게 해주거나 다양한 경험을 제공해줘야 하는데 단지 터치를 해서 과정만을 따라가게 되어 있거나 정해진 정답을 알려주기 위한 과정을 제공하는 방식으로 구성된 경우가 많았다. 예를 들어, 학생들이 실시간으로 바다에 가볼 수 없거나 바다에 대해서 잘 모르는 경우가 많아 교사들은 ‘우리나라 주변의 해류와 조석 현상’ 가상현실 콘텐츠를 통해서 학생들이 바다를 즐겁고 새롭고 연구 가치가 있는 곳으로 인식할 수 있는 경험을 해보기를 기대하였으나 실제로는 아무것도 모르는 학생에게 정답만을 던져주는 느낌을 받았다고 하였다. ‘지구 모형 크기 구하기’ 증강현실 콘텐츠 역시 학생들에게 지구 크기를 재기 위해 가정한 두 가지 조건에 대해 생각해 보는 기회를 제공해주지 않고 단순히 에라토스테네스가 했던 과정을 답습하는 활동으로 만들어져 있어 학생들에게 탐구적으로 의미있는 활동이 되지 못할 것이라고 지적하였다.

교사A: 실감형 콘텐츠 전체적인 문제이기도 한데, 문제는 그냥 거기서 시키는 대로 해야 다음으로 넘어간다는 문제점이 있습니다. 다음으로 넘어가기 위해서는 전 단계를 꼭 해야된다는 것이 가장 큰 문제라고 생각합니다.

교사D: 새로운 그런 흥미를 유발할 수 있는 환경을 마련해 주어야 하는데 그냥 이게 정답이니까 그 정답을 향해서 너무 그냥 보여주는 느낌? 굳이 이럴 바에는 영상이라든지 아니면 10년 전에 있었던 Flash이라든지 그런 식으로 충분히 할 수 있음에도 불구하고 굳이 이걸 VR로 만들어야 하나 하는 느낌이 강했던 콘텐츠였던 것 같아요.

교사B: 에라토스테네스가 지구 크기를 재기 위해서 가정한 두 가지 조건이 있는데 그런 것에 대해서 나오지 않고 그냥 과정에 대해서 따라가는 것밖에 없어서 이 지구 모형 크기 구하기는 크게 필요 없을 것 같고 실제로 아이들이 하는 게 좋다고 생각했어요.

가상현실과 증강현실을 기반으로 하는 탐구 활동이나 프로그램을 개발한 연구를 살펴보면, 학생들이 조작 변인을 조작하여 실시간으로 종속 변인인 결과를 확인할 수 있는 부분을 고려하였고(Park, 2021), 학생들에게 360도 시점 경험을 제공하며 자유롭게 조작 및 탐구해볼 기회를 제공하였으며(Choi & Kim, 2020), 학생들이 마커와 가상 객체를 조작하며 다양한 이온 및 공유 결합 모형을 탐색해보고 회전, 이동 등의 다양한 조작 및 탐색 활동이 가능하도록 하여(Shin, Noh, & Lee, 2020) 양방향 혹은 탐구적 교수 학습이 가능하도록 고려한 점을 볼 수 있었다. 하지만 디지털 교과서의 실감형 콘텐츠의 경우 이러한 점을 충분히 고려하지 않아 학생에게 탐구 활동 경험을 제공해주는 데 한계가 있는 것으로 파악되었다.

한편, 학생들의 경우 교수 학습 맥락 고려 측면에서 교사가 고려했던 수업 목표나 탐구 활동 가능성과 같은 평가 범주로 실감형 콘텐츠를 평가하지 않고 자신들의 과학 학습에 도움이 되는지 여부로 실감형 콘텐츠를 평가하였는데 학생들 대부분은 과학 학습과 관련하여 특히 학교 과학 학습과 관련하여 실감형 콘텐츠의 필요성을 크게 느끼지 못하고 부정적으로 평가하는 경향이 있었다. 물론 단순한 흥미와 재미 요소만을 고려해본다면 실감형 콘텐츠를 활용한 과학 수업에

대해서 긍정적으로 평가하기도 하였지만, 학생들 대부분은 어수선한 수업 분위기와 수업이 지체되는 점을 들어 실감형 콘텐츠를 부정적으로 평가하였고 수업 내용을 설명해 주거나 학습을 가능하게 해주는 것은 교사의 몫이며 실감형 콘텐츠는 짧게 체험 정도로만 그치는 것이 좋을 것이라고 평가하였다.

학생2: 저는 친구들이랑 하나까 좀 떠들썩한 분위기여서 차라리 혼자 있을 때(집에서) 더 좋을 것 같다는 생각이 들었어요.

학생1: 저는 이 활동이 학생들한테 익숙하고 자유롭게 활용할 수 있으면은 괜찮을 것 같은 한데, 학교 수업에 활용하기에는 시간도 오래 걸리고 학생들이 어떻게 사용하는지 익숙하지가 않잖아요. 그래서 학교에서 활용하기에는 조금 무리가 있을 것 같고 학생2가 말한 것처럼 그냥 집에서 혼자 이해하기 위해서 하는 것에 대해서는 좋을 것 같아요.

학생6: 그냥 선생님이 수업을 해 주시고 그냥 잠깐 보는 게 좋다고 생각해요.

학생들은 실감형 콘텐츠를 평가할 때 불가능한 경험을 가능하게 해 주고 학생 중심 학습을 가능하게 해 준다는 장점(Cheng & Tsai, 2013; Shelton, 2003)보다는 실감형 콘텐츠 활용으로 인한 수업 집중 정도(Chiang, Yang, & Hwang, 2014a), 활용이 익숙하지 못한 점(Muñoz-Cristóbal *et al.*, 2015)과 같은 요인에 기초하여 실감형 콘텐츠를 과학 교수 학습에 도움이 되지 않는다고 평가하고 있음을 알 수 있었다.

#### IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 중학교 과학 디지털 교과서의 실감형 콘텐츠에 대한 교사와 학생의 평가 기준과 평가 내용을 집단 면담을 통해 알아보았다. 평가 대상은 중학교 2학년 ‘지구와 우주’ 영역에 수록된 4개의 실감형 콘텐츠였다. 교사와 학생들이 실감형 콘텐츠에 대해 평가한 내용을 귀납적으로 범주화한 결과 ‘VR/AR 매체 특성’, ‘기술적 구동’, ‘사용자 인터페이스’, ‘교수 학습 설계 측면’ 네 개의 평가 범주가 도출되었다.

먼저 ‘VR/AR 매체 특성’과 관련하여 교사와 학생 모두 새로운 가상현실, 증강현실 테크놀로지가 신기하고 흥미롭다는 점을 긍정적으로 인식했으나 교사 대부분은 시각적 실제감이 부족하다고 인식하였고, 상호작용 측면에서 동영상과 같은 매체와 달리 직접 조작이 가능하다는 점은 긍정적으로 인식하였으나, 마커가 제대로 인식되지 않는 점 등 마커 활용 부분은 부정적으로 평가되었다. 다음으로 ‘기술적 구동’과 관련해서는 특정 OS에서 작동되지 않는 점, 실감형 콘텐츠 내 개별 콘텐츠 용량이 크다는 점, 앱 프리징(freezing) 현상이 빈번하게 발생한다는 점이 부정적으로 평가되었고, 디지털 교과서 조작이나 재가입 절차가 불편하다는 점도 지적되었다. ‘사용자 인터페이스’와 관련해서는 콘텐츠가 무엇을 하라고 하는 것인지 무슨 내용을 의미하는 것인지 파악하기가 어렵다고 평가하였으며(낮은 직관성), 터치가 잘 작동하지 않아서 사용하는 데 불편하다고 평가하였다(낮은 유연성). ‘교수 학습 설계 측면’에서 교사들은 콘텐츠가 과학적으로 정확한 정보를 포함하고 있는지, 학생들이 쉽게 이해할 수 있는지를 고려하였고 교사가 계획하는 수업 목표나 수업에서 중요하게 생각하

는 내용을 담고 있는지, 실감형 콘텐츠가 학생들의 탐구 활동에 도움이 되는지의 측면에서 콘텐츠를 평가하였다. 교사들은 과학적으로 정확한 세부 내용을 콘텐츠에 반영해야 하고 학생들의 자유로운 조작이나 탐색 활동을 통해 탐구 활동을 유도해야 한다고 지적하였다. 학생들은 자신들의 과학 학습에 도움 여부로 실감형 콘텐츠를 평가하였는데 학교 과학 학습과 관련하여 실감형 콘텐츠의 필요성을 크게 느끼지 못하였다.

도출된 네 가지 평가 범주에 기초한 실감형 콘텐츠의 평가 내용을 정리하면 다음과 같다. ‘지구 모형 크기 구하기’ 증강현실 콘텐츠는 해당 주제에서 교사가 중요하게 생각하는 내용이 빠져있고, 엇각 같은 개념이 아무런 설명 없이 제시되었으며, 단순하게 터치해서 정해진 과정을 따라가는 방식으로 콘텐츠가 구성되어 있다는 면에서 부정적인 평가를 받았다. ‘달의 위상 변화와 일식, 월식 현상’ 가상현실 콘텐츠는 4가지 콘텐츠 중에 주제 면에서 가장 적합하다는 평가를 받았으나 다양한 학습 상황을 고려한 다양한 기능이 없었고, 과학적 현상을 학생들에게 제시하는 측면에서 오개념 혹은 이해의 어려움을 유발할 수 있는 부분이 있다는 점에서 부정적 평가를 받았다. ‘수온의 연직 분포’ 증강현실 콘텐츠는 4가지 콘텐츠 중 가장 부정적인 평가를 받았던 콘텐츠로 자유도가 낮았으며, 순서가 고정되어있어 다음 단계로 가기 위해서는 전 단계를 반드시 거쳐야 하는 불편함이 있었다. 또한 햇빛이나 바람이 터치되지 않아 콘텐츠를 끝까지 제대로 활용하는 데 큰 어려움이 있었다. ‘우리나라 주변의 해류와 조석 현상’ 가상현실 콘텐츠는 내용 면에서 제일 적합하지 못하다는 평가를 받았으며 특히, 간조와 만조를 다루는 내용이 굉장히 부실하였다. 이 콘텐츠 역시 조석 주기가 고정되어있는 등 자유도가 낮았고, 단순히 정답만을 보여주는 식으로 구성되어 있어 부정적 평가가 주를 이루었다.

결론적으로 중학교 과학 디지털 교과서와 연계하여 제공되고 있는 실감형 콘텐츠에 대해 과학교사와 학생들의 평가는 일부 긍정적인 부분도 있었으나 대체로 부정적이었고 이를 통해 실제 중학교 현장에서 실감형 콘텐츠가 많이 활용되지 못할 것이라는 점을 유추할 수 있었다. 2018년 이후 디지털 교과서와 연계하여 개발, 보급된 실감형 콘텐츠의 수는 초등 과학의 경우 89개, 중학교 과학의 경우 80개, 공통 14개로 수년간 꾸준한 개발과 보급이 이루어져 왔다.<sup>1)</sup> 그동안 실감형 콘텐츠의 양적 확대를 위해 노력해 왔다면 이제 그간의 개발 방향에 대해 성찰하고 앞으로 실감형 콘텐츠가 개발되어야 할 방향을 다시 점검할 필요가 있어 보인다.

교사와 학생의 평가 내용에는 현재 기술적인 한계로 인한 문제(앱 용량의 크기 문제), 콘텐츠 개발에 투입되는 기간과 예산의 한계로 인한 문제(시각적 실재감의 부족) 등도 있지만 ‘교수학습 설계 측면’에서는 좀 더 근본적인 논의와 연구가 필요해 보인다. 평가 대상 콘텐츠들은 디지털 교과서를 통해 제공되고 있는 만큼 수업에서의 활용을 전제로 개발된 콘텐츠임에도 불구하고 교사는 ‘수업의 어떤 부분에서 어떻게 사용해야 할지 모르겠다’고 하였고 학생은 ‘학교에서 활용하기에는 무리가 있을 것’이라고 평가하였다. 불가능한 경험을 가능하게 해 주고 학생 중심 수업을 가능하게 할 수 있다는 실감형 콘텐츠의 어포던스(Cheng & Tsai, 2013)가 인식되기보다는 고정된 시나리오,

정해진 답을 알려주는 방식으로 탐구적 활용이 어려운 점, 기기 사용의 불편함이 더 크게 인식되었다. 물론 이 연구는 소수의 중학교 교사와 학생을 대상으로 한 사례 연구이므로 연구 결과를 일반화하기에는 어려움이 있으며 과학의 영역별로, 또 초등학교, 중학교, 고등학교 학교 급별로 콘텐츠에 대한 평가는 달라질 수 있다.

이러한 연구 결과에 기초하여 실감형 콘텐츠 개발 방향과 연구에 관해 몇 가지를 제안하면 다음과 같다.

첫째, 가상현실, 증강현실 콘텐츠 개발 전에 교사와 학생이 필요하다고 혹은 유익하다고 생각하는 VR, AR 콘텐츠의 주제를 광범위하게 조사할 필요가 있다. 이것은 현재 개발되어 이용되고 있는 콘텐츠 중에서 가장 많이 활용되는 콘텐츠가 무엇인지, 그리고 그 이유는 무엇인지 조사하는 것을 포함한다. 교사와 학생이 유용하다고 생각하는 콘텐츠 사례의 특징을 추출하는 것이 우선해서 필요하다.

둘째, 콘텐츠의 개발과정에서 전문가나 특정 집단의 검토나 심의뿐 아니라 반드시 현장 테스트(실제 수업에의 적용)를 거친 다음 수정, 배포하는 것이 필요하다. 학교에 있는 기기나 환경 안에서 사용자가 편리하게 사용할 수 있는지는 기술적 테스트와 내용적 테스트를 거치는 것이 비용이나 시간의 문제를 촉발할 수 있으나 전국적으로 콘텐츠가 보급되고 있는 만큼 현장 적용 테스트 과정이 매우 중요한 역할을 할 것으로 생각된다. 현재도 개발과정에서 일정 부분 현장 적용 테스트가 이루어지고 있을 수 있으나 이를 지금보다 확대하고 공식화하는 것이 바람직하다.

셋째, 본 연구에서 개발된 평가 틀을 콘텐츠 개발과정에서 혹은 이용 중인 콘텐츠를 평가하는 과정에서 사용될 수 있다. ‘VR/AR 매체 특성’, ‘기술적 구동’, ‘사용자 인터페이스’, ‘교수학습 설계 측면’의 범주 및 하위 범주 요소들을 귀납적으로 추출된 것으로 이를 수정, 보완하여 좀 더 전문적인 평가 틀로 발전시킬 수도 있을 것이다. 또한 이 연구에서 도출된 평가 범주는 전문가가 아닌 콘텐츠 이용자인 교사와 학생에 의해 제안된 것이라는 점에서 한계가 있을 수 있고 일부 과학 주제 영역에 국한하여 실시되었으므로 일반화하기 어렵다는 한계도 있다. 따라서 교육 이론이나 전문가 의견에 기초한 평가 틀이 별도로 개발될 필요도 있을 것이다. 이때 가상현실과 증강현실은 기술적 요소나 개발 취지가 다를 수 있어 전문적인 평가 틀에서는 두 유형에 대한 평가 틀을 다르게 개발할 필요도 있다.

넷째, 앱의 용량이 크고 기기를 다루는 데 시간이 걸리는 만큼, 짧은 수업 차시 안에서 사용하는 것에 어려움이 따른다. 단원 정리나 단원 도입과 관련해서 교사와 학생이 별도의 시간에 해당 주제를 충분히 다루어보도록 하는 것도 한가지 방안으로 제안한다. 콘텐츠의 활용도는 개수보다는 질에 좌우되므로, 현재보다 더욱 실재감 있는, 상호작용이 가능한, 탐구적인 실감형 콘텐츠를 단원마다 소수 제공하는 전략이 유효할 것으로 생각된다. 그리고 교과서 내용과 관련 있어야 하지만, 교과서 내용에 그치는 것에는 학생들의 흥미가 떨어진 것으로 볼 때 교육과정 연계되면서도 학생들에게 더 많은 정보와 볼 거리를 제공하는 방향이 바람직하다고 본다. 교과서에 있는 활동, 교과서의 이미지나 교사의 설명을 통해 쉽게 접할 수 있는 것을 다시 실감형 콘텐츠를 통해 강화하는 것보다는 실감형 콘텐츠를 통해 달성하고자 하는 독특한 학습 목표가 무엇인지 설정하고 콘텐츠가 개발된다면 교사와 학생에게 좀 더 뚜렷한 이정표가 될 것이다.

테크놀로지의 발달은 계속해서 급격하게 일어나고 있고 실감형

1) 에듀넷 타클리어 사이트에서 제공하는 콘텐츠 목록([https://dtbook.edunet.net/viewCnt/ARMaker?in\\_div=nedu&pg=listOne](https://dtbook.edunet.net/viewCnt/ARMaker?in_div=nedu&pg=listOne))에 따른 것이므로 실제 ‘실감형콘텐츠’ 앱에서 구동 가능한 콘텐츠의 수와는 다를 수 있다.

기술도 사실 이미 우리 생활 곳곳에 자리 잡아가고 있다. 발달하는 테크놀로지를 교육에 효과적으로 접목하기 위한 연구와 개발은 꾸준히 일어나야 한다. 그러나 반대로 교육적 필요에 기초해 새로운 실감형 기술이 발달할 수도 있다. 이는 교육자나 교육 전문가들이 엔지니어, 디자이너와 협력적인 연구가 활성화되어야 가능할 것이다.

때로 교실 가운데 여러 종류의 식물로 가득한 가상현실의 숲이 펼쳐지고 학생들이 나무와 풀을 함께 관찰하면서 숲에서 일어나는 일을 서로 이야기하고 때로 학생들이 가상의 전동기를 조립하거나 해체해 보면서 그 구조를 이해하는 수업을 상상해 본다.

## 국문요약

이 연구에서는 중학교 과학 교사 6명과 중학생 8명을 대상으로 집단 면담을 하여 중학교 과학 디지털 교과서의 실감형 콘텐츠에 대한 교사와 학생의 평가 기준 및 내용을 분석하였다. 평가 대상은 중학교 2학년 ‘지구와 우주’ 영역에 수록된 2개의 증강현실 콘텐츠와 2개의 가상현실 콘텐츠였다. 연구 결과 교사와 학생들은 ‘VR/AR 매체 특성’, ‘기술적 구동’, ‘사용자 인터페이스’, ‘교수-학습 설계 측면’ 네 개의 평가 기준으로 실감형 콘텐츠를 평가하였다. 각 측면에서의 평가 내용은 다음과 같았다. 첫째, VR/AR 매체 특성 측면에서 실감형 콘텐츠의 신기함과 흥미로움 그리고 동영상과 같은 매체와 달리 직접 조작이 가능하다는 점은 긍정적으로 인식되었으나 시각적 실재감이 부족하고 마커 활용 부분이 부정적으로 평가되었다. 둘째, 기술적 구동 측면에서 특정 OS에서 제대로 작동되지 않는 점, 실감형 콘텐츠 앱 내 개별 콘텐츠의 용량이 크다는 점, 빈번한 앱 프리징 현상이 빈번하게 발생한다는 점이 부정적으로 평가되었다. 셋째, 낮은 직관성과 낮은 유연성으로 사용자 인터페이스 측면에서 부정적인 평가를 받았다. 넷째, 교수-학습 설계 측면에서 교사들은 콘텐츠에 과학적으로 정확한 정보가 포함되어 있는지, 학생들이 콘텐츠의 내용을 쉽게 이해할 수 있는지, 교사가 계획하는 수업 목표나 내용을 담고 있는지, 학생들의 탐구 활동에 도움이 되는지를 기준으로 실감형 콘텐츠를 평가하였으며 대체로 부정적인 평가가 많았다. 학생들은 주로 자신들의 과학 학습에 도움 여부를 기준으로 학교 과학 학습에서의 실감형 콘텐츠가 크게 필요하지 않다고 하였다. 이러한 연구 결과에 기초하여 과학 교수·학습을 위한 실감형 콘텐츠 개발 방향을 논의하고 후속 연구에 대해 제언하였다.

**주제어** : 과학 디지털 교과서, 가상현실, 증강현실, 실감형 콘텐츠

## References

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.

Alalwan, N., Cheng, L., Al-Samarraie, H. Yousef, R. Alzahrani, A. I. Sarsam, S. M. (2020). Challenges and prospects of virtual reality and augmented reality utilization among primary school teachers: A developing country perspective. *Studies in Educational Evaluation*, 66, 100876.

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. *Computer & Education*, 142, 103647.

Barnett, M., Yamagata-Lynch, L., Keating, T., Barab, S. A., & Hay, K. E. (2005). Using virtual reality computer models to support student

understanding of astronomical concepts. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 24(4), 333-356.

Cha, H.-J., Yoon, H.-G., & Park, J. (2022). Elementary school teachers' perceptions and demands on the use of realistic content in science class. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 41(3), 457-468.

Chang, J., Park, J., & Song, J. (2019). The features of inquiry activities using technology in elementary science digital textbook - Focusing on the cases of using virtual experiment, virtual reality and augmented reality -. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 38(2), 275-286.

Chang R.-C., & Yu, Z.-S. (2018). Using augmented reality technologies to enhance students' engagement and achievement in science laboratories. *International Journal of Distance Education Technologies*, 16(4), 54-72.

Cheng, K.-H., & Tsai, C.-C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. *Journal of Science Education and Technology*, 22(4), 449-462.

Chian, T. H. C., Yang S. J. H., Hwang, G.-I. (2014a). An augmented reality-based mobile learning system to improve students' learning achievements and motivations in natural science inquiry activities. *Educational Technology & Society*, 17(4), 352-365.

Chian, T. H. C., Yang S. J. H., Hwang, G.-I. (2014b). Students' online interactive patterns in augmented reality-based inquiry activities. *Computer & Education*, 28, 97-108.

Choi, S., & Kim, H.-B. (2020). Application and effects of VR-based biology class reflecting characteristics of virtual reality. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 40(2), 203-216.

Definition and TeAssociation for Educational Communications and Technology (2008) Definition. In A. Januszewski, & M. Molenda (Eds.), *Educational technology: A definition with commentary* (pp.1-14). N.Y.: Lawrence Erlbaum Associates.

Department for Education (2019). Realising the potential of technology in education: A strategy for education providers and the technology industry to help improve and increase the effective use of technology in education. DFE-00072-2019. Retrieved from [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/791931/DFE-Education\\_Technology\\_Strategy.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/791931/DFE-Education_Technology_Strategy.pdf).

Dünser, A., & Homecker, E. (2007). An observational study of children interacting with an augmented story book. In K.-c. Hui, Z. Pan, R. C.-k. Chung, C. C. L. Wang, X. Jin, S. Göbel, & E. C.-L. Li (Eds.), *Technologies for e-learning and digital entertainment. Edutainment 2007* (pp.305-315). Berlin; Heidelberg: Springer.

Durukan, A., Artun, H., & Temur, A. (2020). Virtual reality in science education: A descriptive review. *Journal of Science Learning*, 3(3), 132-142.

El Sayed, N. A. M., Zayed, H. H., & Sharawy, M. I. (2011). ARSC: Augmented reality student card an augmented reality solution for the education field. *Computers & Education*, 56(4), 1045-1061.

Elor, A., Powell, M., Mahmoodi, E., Teodorescu, M., & Kurniawan, S. (2022) Gaming beyond the novelty effect of immersive virtual reality for physical rehabilitation. *IEEE Transactions on Games*, 14(1), 107-115.

Evans, T., & Nation, D. (1996). Educational futures: Globalisation, educational technology and lifelong learning. In T. Evans & D. Nation (Eds.), *Opening education: Policies and practices from open and distance education* (pp.162-176). N.Y.: Routledge.

Finnish National Board of Education. (2016). New national core curriculum for basic education: Focus on school culture and integrative approach. Retrieved from <https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/new-national-core-curriculum-for-basic-education.pdf>.

Frøkjær, E., Hertzum, M., & Hornbæk, K. (2000). Measuring usability: Are effectiveness, efficiency, and satisfaction really correlated? CHI '00: Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems (pp.345-352). New York, NY: Association for Computing Machinery.

Han, S., & Lim, C. (2020). Research trends on augmented reality education in Korea from 2008 to 2019. *Journal of Educational Technology*, 36(3), 505-528.

Hoh, K.-H., Jee, H.-K., Lim, S. (2010). Effect of augmented reality contents based instruction on academic achievement, interest and flow of learning. *The Journal of the Korea Contents Association*, 10(2), 1-13.

Holcomb, R., & Tharp, A. L. (1991). What users say about software usability. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 3(1), 49-78.

Hopp, T., & Gangadharbatla, H. (2016). Novelty effects in augmented reality advertising environments: The influence of exposure time and self-efficacy. *Journal of Current Issues & Research in Advertising*, 37(2), 113-130.

- Hwang, J. I. (2019). The effects of VR experience-oriented science lesson using of digital text-books on learning motivation and academic achievement. Unpublished master's dissertation, Busan National University of Education, Busan, Republic of Korea.
- International Organization for Standardization. (1996). Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)—Part 10: Dialogue principles (ISO Standard No. 9241-10:1996). <https://www.iso.org/standard/16882.html>.
- Jang, S.-H., & Kye, B.-K. (2007). Educational application of augmented reality content. *The Korea Contents Association Review*, 5(2), 79-85.
- Kalawsky, R. S. (1999). VRUSE—a computerised diagnostic tool: For usability evaluation of virtual/synthetic environment systems. *Applied Ergonomics*, 30(1), 11-25.
- Kamarainen, A. M., Metcalfe, S., Grotzer, T., Browne, A., Mazzuca, D., Tutwiler, M. S., & Dede, C. (2013). EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. *Computers & Education*, 68, 545-556.
- Kim, J.-M., & Song, S.-C. (2020). Development and application of plant ecology field trip program using 3D panorama virtual reality technique. *Biology Education*, 48(1), 88-98.
- Kim, J.-p., & Lee, D.-c. (2014). Development of mobile location based service app using augmented reality. *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, 18(6), 1481-1487.
- Kim, M., Lee, J., Jeon, C., & Kim, J. A. (2017). Study on interaction of gaze-based user interface in mobile virtual reality environment. *Journal of the Korea Computer Graphics Society*, 23(3), 39-46.
- Kim, T. H., & Ko, J. W. (2019). The effects of immersive virtual reality learning on middle school students' learning outcomes. *The Journal of Educational Information and Media*, 25(1), 99-120.
- Kim, W. K., Choi, D. Y., Kwak, S. C., & Kim, H. S. (2019). The effect of learning using virtual reality technology on learning motivation. *Journal of Science Education*, 43(3), 271-283.
- Kim, Y., Lee, G. A., Jo, D., Yang, U., Kim, G., & Park, J. (2011). Analysis on virtual interaction-induced fatigue and difficulty in manipulation for interactive 3D gaming console. 2011 IEEE International Conference on Consumer Electronics (pp.269-270). IEEE.
- Korea Education and Research Information Service (2022). Analysis of Edutech utilization and demand in school setting: Focusing on Edutech survey results. RS 2022-01. Daegu: Korea Education and Research Information Service.
- Kozhevnikov, M., Gurlitt, J. & Kozhevnikov, M. (2013). Learning relative motion concepts in immersive and non-immersive virtual environments. *Journal of Science Education and Technology*, 22(6), 952-962.
- Lähtevänoja, A., Holopainen, J., Vesisenaho, M., & Häkkinen, P. (2021). Developing design knowledge and a conceptual model for virtual reality learning environments. In G. Akcayir & C. Demmans Epp (Eds.), *Designing, deploying, and evaluating virtual and augmented reality in education* (pp.100-123). Hershey, PA: IGI Global.
- LearnPlatform (2020). 2020 EdTech Top 40: Special COVID19 Edition. Retrieved from <https://learnplatform.com/s/EdTech-Insights-2020-EdTech-Top-40-School-Year-Report.pdf>.
- Lee, H.-M., & Woo, W.-T. (2011). Augmented reality based user interface technology and prospect for organic interaction. *Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, 29(8), 26-30.
- Liou, H.-H., Yang, S. J. H., Chen, S. Y., & Tarnq, W. (2017). The influences of the 2D image-based augmented reality and virtual reality on student learning. *Educational Technology & Society*, 20(3), 110-121.
- Lu, S. J., & Liu, Y. C. (2015). Integrating augmented reality technology to enhance children's learning in marine education. *Environmental Education Research*, 21(4), 525-541.
- Ministry of Education (2020). Comprehensive plan for science education: Strengthen the foundations, enjoy the cutting edge, and lead the future [2020-2024]. Sejong: Ministry of Education.
- Ministry of Education (2021). A Better Future, Education for All, Main facts of the general guideline draft for the 2022 Revised National Curriculum. Sejong: Ministry of Education.
- Ministry of Education & Korea Education and Research Information Service. (2021). The guide to the use of digital textbook in 2021. Daegu: Korea Education and Research Information Service.
- Ministry of Education of the People's Republic of China (2018). Action plan for educational informatization 2.0. Retrieved from [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3342/201804/t20180425\\_334188.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3342/201804/t20180425_334188.html).
- Muñoz-Cristóbal, J. A., Jorrin-Abellán, I. M., Asensio-Pérez, J. I., Martínez-Monés, A., Prieto, L. P., & Dimitriadis, Y. (2014). Supporting teacher orchestration in ubiquitous learning environments: A study in primary education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 8(1), 83-97.
- Muñoz-Cristóbal, J. A., Prieto, L. P., Asensio-Pérez, J. I., & Martínez-Monés, A. (2015). Coming down to earth: Helping teachers use 3D virtual worlds in across-spaces learning situations. *Educational Technology & Society*, 18(1), 13-26.
- Nassar, V. (2012). Common criteria for usability review. *Work*, 41, 1053-1057.
- NGSS Lead States (2013). *Next Generation Science Standards: For States, by States*. Washington DC: The National Academies Press.
- Ogawa, E. (2007). "Innovation 25" Plan in Japan. International conference on the The Lisbon Strategy in a Knowledge Society without Borders, The Institute for International and Strategic Studies, 135-154.
- Park, J. (2021) Development of augmented reality experimental materials to visualize standing waves in a resonance tube. *New Physics: Sae Mulli*, 71(8), 673-682.
- Park, K. S., & Lim, C. H. (1999). A structured methodology for comparative evaluation of user interface designs using usability criteria and measures. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 23(5), 379-389.
- Ravden, S., & Johnson, G. (1989). *Evaluating usability of human-computer interfaces: A practical method*. N.Y.: Halsted Press.
- Salmi, H., Thunberg, H. & Vainikainen, M. P. (2017). Making the invisible observable by augmented reality in informal science education context. *International Journal of Science Education, Part B*, 7(3), 253-268.
- Shelton, B. E. (2003). How augmented reality helps students learn dynamic spatial relationships. Unpublished Doctoral Dissertation, University of Washington, Seattle, USA.
- Shin, S., Noh, T., & Lee, J. (2020). An exploration of learning environment for promoting conceptual understanding, immersion and situational interest in small group learning using augmented reality. *Journal of the Korean Chemical Society*, 64(6), 360-370.
- Shneiderman, B., Plaisant, C., Cohen, M., & Jacobs, S. (2009). *Designing the user interface: Strategies for effective human-computer interaction*. Boston: Addison Wesley.
- Southwick, S. (2020). EdTech Industry Analysis & Trends. Retrieved from <https://www.toptal.com/finance/market-research-analysts/edtech-trends-2020>.
- The Royal Society (2014). The vision for science and mathematics education. The Royal Society Science Policy Centre report 01/14. Retrieved from [royalsociety.org/vision](http://royalsociety.org/vision).
- Tsichouridis, C., Batsila, M., Vavougios, D., & Ioannidis, G. (2020). Virtual and augmented reality in science teaching and learning. In M. E. Auer, H. Hortsch, P. Sethakul (Eds), *The impact of the 4th industrial revolution on engineering education. Proceedings of the 22<sup>nd</sup> international conference on interactive collaborative learning (ICL2019) - Volume 1* (pp.193-205). Cham: Springer.
- Won, M. J., Lee, E. C., & Whang, M.-C. (2013). Realistic expression factor to visual presence of virtual avatar in eye reflection. *The Journal of the Korea Contents Association*, 13(7), 9-15.
- 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.
- Zhang, J., Sung, Y. T., Hou, H. T., & Chang, K. E. (2014). The development and evaluation of an augmented reality-based armillary sphere for astronomical observation instruction. *Computers & Education*, 73, 178-188.
- Zarraonandia, T., Aedo, I., Díaz, P., & Montero, A. (2013). An augmented lecture feedback system for supporting learner and teacher communication. *British Journal of Educational Technology*, 44(4), 616-628.

## 저자정보

차현정(춘천교육대학교 박사후연구원)  
 가석현(국립대만사범대학 객원조교수)  
 윤혜경(춘천교육대학교 교수)