

초등학생의 계절 변화 원인에 관한 3차원 모델링 수준 비교 - 지구본 모델과 가상현실 모델 -

석윤수 · 윤혜경[†]

Comparison of Three-dimensional Modeling Levels for Cause of Season Changes of Elementary Students: Globe Model and Virtual Reality Model

Suk, Yun Su · Yoon, Hye-Gyoung[†]

국문 초록

계절 변화 원인을 탐구하기 위해서 초등학생들은 3차원 공간에서 모델링하는 경험이 필요하다. 이 연구에서는 초등학생이 계절 변화 원인을 설명하기 위해 3차원 공간에서 지구의 운동을 모델링하는 과정을 분석하였다. 특히 지구본과 전구를 활용한 모델과 가상현실을 매체로 한 모델에서 나타나는 초등학생의 모델링 수준을 분석함으로써 표상 매체에 따른 모델링 활동의 특징을 비교하였다. 초등학교 6학년 학생 12명, 3개 모둠의 데이터를 분석하였다. 5차시에 걸쳐 수행된 모델링 수업을 녹화하고, 학생들이 구성한 모델, 모델에 대한 학생의 설명 영상, 활동지 및 사후 면담 자료를 데이터로 활용하였다. 지구본 모델에서 가상현실 모델로 표상 매체가 달라졌을 때 나타난 긍정적인 측면은 다음과 같다. 첫째, 지구본 모델을 구성할 때 우주 기반 관점에서만 설명하려 했지만, 가상현실 모델을 구성할 때 우주 기반의 관점과 지구 기반의 관점 모두에서 관찰하고 설명하고자 하는 모습이 나타났다. 이것은 시점을 자유자재로 선택할 수 있다는 가상현실의 특징에 기인한다. 둘째, 지구본 모델을 구성할 때 전구 빛과 태양 빛의 차이에 대한 인식이나 논의가 거의 없었지만, 가상현실 모델을 구성할 때 태양 오브젝트가 갖는 한계를 비판적으로 인식하면서 모델을 평가하는 모습이 나타났다. 그러나 가상현실 모델링 과정에서 부정적인 측면도 나타났다. 지구본 모델에서는 학생들의 구체적 조작이 가능했지만, 가상현실 모델에서는 코딩을 통해 오브젝트를 움직이기 어려워 학생들의 모델링 수준이 감소하는 경우가 나타났다. 이러한 연구 결과를 통해 가상현실 모델링 활동의 필요성과 과학과 교수·학습에 주는 시사점을 얻고자 하였다.

주제어: 계절 변화, 3차원 모델링, 지구본 모델, 가상현실 모델, 모델링 수준

ABSTRACT

To understand the cause of changes in seasons, elementary students need to experience modeling in three-dimensional space. To address this concern, the study analyzed the modeling activities of elementary students to explain the Earth's movement as a cause of changes in seasons in 3D space. In particular, the characteristics of modeling according to the medium of representation were compared by analyzing the levels of modeling in virtual reality (VR) and those using a globe and a light bulb. The study analyzed data from three groups of sixth graders in elementary school. A video recording of modeling activities over five sessions, models constructed by the students, videos of students explaining the models, activity sheets, and post-session interviews were collected as data. The aspects of changes in the modeling activities from the globe to the VR models were as follows. First,

이 논문은 석윤수의 2022년도 석사 학위논문의 데이터를 활용하여 재구성하였음.

이 논문은 2021년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2021R111A3040733), 2023.02.28(접수), 2023.04.19(1심통과), 2023.04.25(최종통과)

E-mail: yoonhk@cnu.ac.kr(윤혜경)

when constructing the globe model, the students explained the changes in seasons only from the space-based perspective, but when constructing the VR model, they observed and explained these changes from the space-based and Earth-based perspectives. The reason is a feature of VR, in which viewpoint can be easily changed. Second, when constructing the globe model, the students neither recognized nor discussed the difference between light from the bulb and that from the sun. However, when constructing the VR model, the students noted the limitations of the sun object and evaluated the model with a critical attitude. Nevertheless, negative aspects also emerged for VR modeling. The globe model enabled the students to manipulate objects using the hand, but the VR model allowed them to move VR objects only using a coding language instead of the hand, which decreased the level of the modeling. Consequently, the study discussed the necessity of modeling in VR and its implications for science teaching and learning.

Key words: season changes, 3D modeling, globe model, VR model, the level of modeling

I. 서 론

천문 영역은 학습 대상이 먼 거리에 있고, 직접 실험이 어려워 학생들이 개념을 이해하는 데 많은 어려움을 겪는 영역이다. 그중 ‘계절의 변화’ 단원은 많은 학생이 오개념을 가지는 단원 중 하나이다(고경만, 2000; 채동현, 2011). 또한, ‘계절의 변화’ 단원에 대한 배경지식의 부족 등의 이유로 교사가 가르치기 어려운 단원으로 보고되기도 했다(최선영과 여상인, 2010). 이러한 이유로 ‘계절의 변화’ 단원의 효과적인 지도를 위해 모델(model)을 활용한 교수·학습 방법에 관한 여러 연구가 발표되어왔다(e.g. 고민석 등, 2014; 김순미 등, 2014; 성지영, 2014; 유연준과 오필석, 2016). 모델(model)은 표상적인 측면과 설명적인 측면을 모두 포함하는 용어로, 과학적 현상을 설명하고 예측하기 위해 핵심적인 특징에 초점을 맞추어 대상을 추상화하고 단순화한 표상을 뜻한다(엄장희, 2022; 윤희영, 2015; 조혜숙 등, 2017; Harrison & Treagust, 2000; NRC, 2012; Schwarz *et al.*, 2009).

2009 개정 과학과 교육과정과 2015 개정 과학과 교육과정에서도 모델을 활용해 계절의 변화 원인을 이해할 수 있도록 성취기준에 제시하고 있다(교육과 학기술부, 2011; 교육부, 2015). 계절 변화 원인을 탐구하기 위한 모델로 2015 개정 과학과 교육과정에 의한 6학년 2학기 과학 교과서에는 Fig. 1과 같이 지구본과 전구를 소재로 한 모델이 제시되고 있다. 하지만, 성지영(2014)은 전구의 불빛이 지구본의 어느 한 부분을 극명하게 비추는 특징으로 인해 학생들이 모델을 구성하여 계절 변화를 설명하는 데에 어려움을 느낀다고 보고하였으며, 석윤수와 윤혜경(2022)은 지구본과 전구를 활용하는 경우 학생들이 거리나 높이, 크기 등을 정교하게 조정하기 어렵고, 실제 태양 빛과 전구 빛의 차이를 인식하지 못해 과학적 모델을 구성하기 어렵다고 보고하였다. 이처럼 모델을 표상하는 매체로서 지구본과 전구가 계절 변화 원인을 설명하는 데에 한계가 있음이 선행 연구에서 지적되었다.

모델링은 자연 현상에 대한 표상이자 이에 대한 설명체계인 모델을 만드는 과정으로(Harrison & Tre-

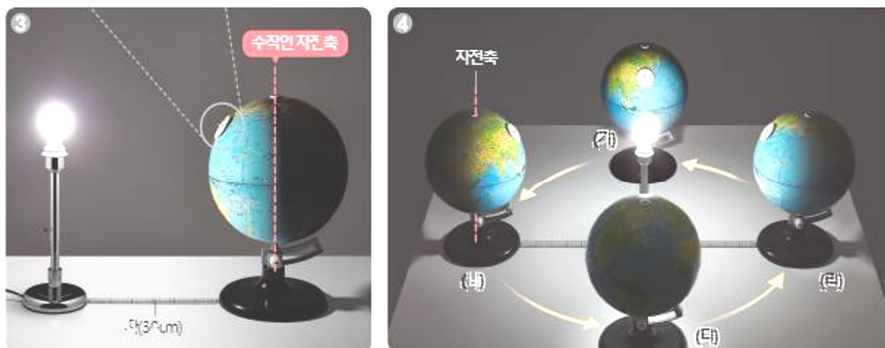


Fig. 1. Models for understanding seasonal change presented in 6th grade textbook

gust, 2000), 구체적인 모델링 절차에 대해서는 학자마다 조금씩 다르게 설명한다. Rea-Ramirez *et al.* (2008)은 초기 모델이 수정을 거쳐 목표 모델로 발전하는 모델 진화 과정을 ‘학습 경로(learning pathway)’로 제시하였고, Clement(1989)는 초기 모델이 비판받고 수정되는 과정을 구성(generation), 평가(evaluation), 수정(modification)의 순환(GEM cycle)으로 설명하였다. Passmore *et al.*(2009)은 모델의 개발(development), 사용(use), 평가(assessment), 수정(revision)을 그 과정으로 제안하였고, 유사하게 Schwarz *et al.*(2009)은 모델을 구성하여(constructing), 사용하고(using), 평가를 통해(evaluating) 수정하는(revising) 과정을 모델링 절차로 제시하였다.

한편 최근 테크놀로지의 발달로 가상현실을 활용한 모델링 활동이 가능하게 되었다. 가상현실 공간에서는 현실에서는 경험하기 어려운 학습을 할 수 있다(김다정과 전석주, 2014; Baek, 2010; Bell & Trundle, 2008). 예를 들어, 대상의 크기 및 무게 등을 조작하거나 필요에 따라 특정 상황을 반복하여 경험할 수 있고(박인우 등, 2017), 시공간을 초월하여 이동하거나(Bell & Trundle, 2008) 시점을 자유자재로 선택할 수 있다. 이러한 가상현실의 특성을 살려 가상현실 프로그램을 수업에 활용한다면 다양한 측면에서 학생들의 모델링 활동에 도움을 주어(최섭, 2021), 학생들이 현상을 통찰력 있게 이해하는데 도움이 된다(심규철 등, 2001; Barab *et al.*, 2000). 따라서 지구본과 전구를 사용하여 직접 3차원 공간에서 조작하는 전통적인 모델링 활동 외에도 가상 공간에서 태양과 지구의 운동을 간단한 코딩을 통해 조작하는 모델링 활동이 가능해졌다.

이 연구에서는 초등학생이 계절 변화 원인을 설명하기 위해 3차원 공간에서 지구의 운동을 모델링하는 과정을 분석하였다. 모델을 구현하기 위한 매개체를 표상 매체(medium of representation)라고 할 수 있으며(오필석 등, 2007), 이 연구에서 다루는 모델을 표상 매체에 따라 ‘지구본 모델(Globe model)’과 ‘가상현실 모델(VR model)’로 나누었다. ‘지구본 모델’은 입체적 사물인 지구본과 전구를 활용한 모델이고, ‘가상현실 모델’은 교육용 가상현실 제작 프로그램 ‘코스페이스스 에듀(Cospaces Edu)’에서 3차원 재료(오브젝트)를 활용하여 구성한 모델이다. 이를 통해 지구본 모델과 가상현실 모델을 모델링 할 때 초등학생의 모델링 수준과 그 특징을 분석하고

자 하였다. 또한, 표상 매체에 따른 모델링 활동의 특징을 비교하고 과학과 교수·학습에 주는 시사점을 얻고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 참여자

강원도 내 전교생 약 200명 규모의 초등학교에서 6학년의 한 학급 학생들이 이 연구에 참여하였다. 해당 학급은 학교 교육과정 내 동아리 활동을 통해 ‘코스페이스스 에듀(Cospaces Edu)’에서 블록 기반 프로그래밍 언어를 활용해 다양한 주제의 가상현실 프로젝트를 제작한 경험이 있었다. 여러 가상현실 기반 프로그램 가운데 ‘코스페이스스 에듀’는 초등학생들이 쉽고 흥미 있게 다룰 수 있는 교육용 가상현실 제작 프로그램이다(박정호와 최은영, 2018). 이 프로그램에서는 학생들이 이미 제공된 콘텐츠를 VR·AR로 구현할 수 있을 뿐 아니라, 학습자가 스스로 3D 오브젝트를 배치하고 프로그래밍 언어를 입력해 콘텐츠를 제작하여 공유할 수 있다. 학급 내 23명 학생 중 연구 참여에 동의한 학생은 17명으로 학생마다 ‘코스페이스스 에듀’를 다루는 능숙함에는 다소 차이가 있었다. 이 학생들은 6학년 2학기 과학과 교육과정에 근거하여 ‘계절의 변화’ 단원을 수업 시간에 학습한 경험이 있지만, 지구의 운동을 3차원 공간에서 다뤄본 경험이 없었다. 연구에 참여한 초등학생 17명은 3~4명씩 5개 소집단(A, B, C, D, E)을 구성하여 활동하였다. 그러나 수집한 자료 중 학생 간의 대화를 명확히 알아들을 수 없거나, 학생 출석에 변화가 생긴 경우를 제외하여, 최종적으로 3개 소집단(총 12명, A, B, D)의 데이터만을 분석하였다.

2. 연구 절차 및 자료 수집

먼저 모델 및 모델링에 관한 선행 연구를 고찰하였다. 다음으로 학생들의 모델링 실험이 효과적으로 일어날 수 있도록 Schwarz *et al.*(2009), Baek *et al.* (2011)의 모델 중심 수업 절차(Model-Centered Instructional Sequence, MIS)를 참고하여 모델링 수업 절차를 고안해 진행하였다. 이 연구를 위해 실시된 모델링 수업은 총 5차시로, 차시별 수업 개요 및 수집 자료는 Table 1과 같다.

가상현실 모델은 ‘코스페이스스 에듀’에서 소집단

Table 1. Data collected in this study

차시	차시별 수업 개요	수집 자료
1	<ul style="list-style-type: none"> 계절 변화 현상 제시 월별 기온 및 낮의 길이 변화 자료 탐색 월별 태양의 남중고도 변화 시뮬레이션 탐색 계절 변화의 원인이 되는 지구의 운동 가설설정 	<ul style="list-style-type: none"> 수업 영상 학생이 수업 중 작성한 활동지 소집단별 모델 설명 영상 소집단별 사후 면담
2-3	<ul style="list-style-type: none"> 초기 지구본 모델 구성 모델 평가 및 수정을 거쳐 지구본 모델 최종 구성 지구본 모델을 사용하여 계절 변화 현상 설명 	
4-5	<ul style="list-style-type: none"> 초기 가상현실 모델 구성 모델 평가 및 수정을 거쳐 가상현실 모델 최종 구성 가상현실 모델을 사용하여 계절 변화 현상 설명 	

Table 2. Interview questions

순서	질문
1	가설에 맞게 모델을 만드는 과정이 쉬웠나요, 어려웠나요? 그 이유는?
2	가설이 맞는지 아닌지 확인하는 데에 성공했나요?
3	지구본과 전구로 모델을 만들 때 쉬웠던 점과 어려웠던 점은 무엇인가요?
4	‘코스페이스스 에듀’로 모델을 만들 때 쉬웠던 점과 어려웠던 점은?
5	‘지구본’과 ‘코스페이스스 에듀’ 둘 중에 모델 만들기가 편했던 것은 어느 것인가요? 그 이유는 무엇인가요?
6	‘지구본’과 ‘코스페이스스 에듀’ 둘 중에 가설 확인이 잘 된 것은 어느 것인가요? 그 이유는 무엇인가요?
7	추가로 이야기하고 싶은 말이 있나요? (모둠활동이 어땠는지 등)

별로 부여된 3D 가상현실 환경(이하 ‘코스페이스’)에서 구성했다. 학생들은 모델을 구성하여 알게 된 것을 활동지에 적어 제출하였고, 이러한 모델링 수업 전체는 녹화되었다. 또한, 각 소집단은 스스로 구성된 모델을 사용하는 모습을 녹화하였다. 마지막으로 모델링 도구로서 가상현실에 대해 학생들은 어떻게 느끼는지 알아보기 위해 면담을 하였다(Table 2 참고). 면담 질문은 4~5차시 학생 활동지 하단에 제시하였고, 질문에 대하여 학생들이 서로 자기의 생각을 이야기하며 녹화하도록 하였다. 소집단 A에 대해서는 교사가 직접 추가 면담을 진행하였다.

3. 모델링 수준 분석 틀과 자료 분석

이 연구에서는 학생들의 3차원 모델링 수준을 분석하기 위해 Table 3에 제시된 석운수와 윤혜경(2022)의 분석 틀을 활용하였다. 이 분석 틀은 Schwarz *et al.*(2009)의 모델링 학습 발달 과정(Learning Progression, 이하 LP)을 바탕으로 천체 영역의 특수성을 반영하여 개발되었다.

Schwarz *et al.*(2009)의 모델링 LP 중 ‘설명 및 예측을 위한 지식 생성 도구로서 모델의 LP’는 과학의

여러 영역에 적용할 수 있는 영역-일반적인 틀로 (Schwarz *et al.*, 2009), 모델에 대한 학생들의 이해와 모델링 실행에 초점을 맞추고 있다. 그러나 구체적으로 학생들의 모델링 수준을 분석하기 위해서는 주제 혹은 영역에 특정적인 분석 틀이 필요하다.

계절 변화는 지구 자전축의 기울기와 지구의 자전 및 공전(1차 원인)으로 인한 태양의 남중고도 변화(2차 원인)로 지표면에 도달하는 태양 에너지의 양과 일조 시간이 달라지는(3차 원인) 일련의 과정으로 설명할 수 있다(정선라와 이용복, 2013). 이 연구에서는 계절 변화의 1차 원인으로서 지구의 운동에 대해 학생들이 어떻게 모델을 구성해 설명하는지 분석하고자 했으므로, 학생들의 공간적 사고(spatial thinking)가 요구된다는 특수성을 가진다. 공간적 사고란 ‘천체의 위치 변화와 지리적 방향을 판단하는 능력, 2차원의 평면 자료를 3차원의 공간 자료로 또는 그 반대로 서로 전환하는 능력, 지구 기반 관점에서 파악한 천문 현상을 우주 기반 관점에서 재구성하고 이것을 천체의 상대적 운동으로 파악하는 능력’이다(맹승호 등, 2014).

석운수와 윤혜경(2022)의 분석 틀은 Schwarz *et al.*

Table 3. 3D modeling level analysis framework (석윤수와 윤혜경, 2022)

수준	학생의 수행				분석 코드
	모델에 대한 이해	모델링 실행	3차원 모델링 실행	구체적인 예시	
3	모델은 사고를 돕는 수단이다.	모델의 강점과 약점을 분석하고 현상의 더 나은 설명을 위한 대안을 떠올려 모델을 구성한다. 모델을 사용하여 관련된 초점 현상 및 관련된 여러 현상을 설명하고 예측한다.	지구의 운동과 계절 변화와의 관계를 밝히내기 위해 경험적 증거를 바탕으로 모델을 구성하고 사용한다.	지구 기반 시점에서 태양의 시운동을 관찰하여 태양의 남중고도 변화를 확인하고 계절 변화를 설명 및 예측하였다. 낮의 길이를 측정(비교)하여 태양의 남중고도 변화를 확인하고 계절 변화를 설명 및 예측하였다. 태양 빛의 방향을 어렵하여 태양의 남중고도 변화를 확인하고 계절 변화를 설명 및 예측하였다. 그림자 길이 변화를 관찰하여 태양의 남중고도 변화를 확인하고 계절 변화를 설명 및 예측하였다.	3-4 또는 3-4* 3-3 또는 3-3* 3-2 또는 3-2* 3-1 또는 3-1*
2	모델은 자신의 이해를 다른 사람에게 알 려주기 위한 의사소 통 수단이다.	단순히 눈에 보이는 것 외에도 보이지 않 는 것들을 포함하여 모델을 구성한다.	지구의 운동을 고려 하여 계절 변화를 표현한다.	자전축의 기울기를 고려하여 계절 변화를 나타내었다. 지구의 공전을 고려하여 계절 변화를 나타내었다. 지구의 자전을 고려하여 계절 변화를 나타내었다.	2-3 또는 2-3* 2-2 또는 2-2* 2-1 또는 2-1*
1	모델은 현상을 단순 히 보여주는 수단이 다.	단순 눈에 보이는 현상에 초점을 맞추어 모델을 구성한다.	태양 또는 지구의 위 치가 달라짐을 표현 한다.	지구의 위치를 변화시켜 계절 변화를 나타내었다.	1-1 또는 1-1*

모델링 수행이 일어났지만 미흡하거나, 모델에 비과학적 개념이 반영된 경우, ‘*’을 표시함.

(2009)의 틀을 기초로 하고, 공간적 사고와 관련된 선행 연구(이기영 등, 2014; 이정아 등, 2015; NRC & Downs, 2006; Plummer, 2014), 계절 변화 원인에 대한 문헌과 선행 연구(교육부, 2015; 노자현 등, 2020; 정선라와 이용복, 2013)를 참고하여 3차원 모델링 수준을 구체화한 것이다(Table 3). 연구 결과의 신빙성을 확보하기 위해 수업 녹화 영상 및 소집단별 활동 영상, 학생 활동지, 사후 면담 자료를 수집하여 종합적으로 검토하는 삼각 검증을 사용하였다.

III. 연구 결과

1. 지구본 모델과 가상현실 모델의 3차원 모델링 수준 비교

모델링 매체에 따른 3차원 모델링 수준 분석 결과는 Table 4와 같다. 지구와 태양의 위치 관계만 나타나며 계절 변화 현상을 단순히 보여주는 1수준은 나타나지 않았고, 자신이 이미 알고 있는 지구의 운

Table 4. Results of modeling level analysis on the cause of seasonal change (Globe model vs. VR model)

코드	구체적인 모델링 실행 예시	지구본 모델			가상현실 모델		
		A	B	D	A	B	D
3-4	지구 기반 시점에서 태양의 시운동 관찰				○*	○*	
3-3	낮의 길이를 측정(비교)		○				
3-2	태양 빛의 방향을 어렵			○*	○*		
3-1	그림자 길이 변화를 관찰		○		○*	○*	
2-3	자전축의 기울기	○		○*	○*		○*
2-2	지구의 공전	○		○	○*		○*
2-1	지구의 자전	○	○	○	○*	○*	○*
1-1	지구 위치 변화	○	○*	○	○	○*	○
	모델링 수준	2	3*	3*	3*	3*	2*

모델링 수행이 일어났지만 미흡하거나, 모델에 비과학적 개념이 반영된 경우, ‘*’을 표시함.

동(지구 자전축의 기울기와 자전 및 공전)을 표현한 2수준과 모델을 구성해 계절에 따라 태양의 남중고도가 변화하는 것을 확인하려 노력한 3수준이 학생들의 모델링 수준으로 나타났다.

소집단 A는 지구본 모델을 구성할 때보다 가상현실 모델을 구성할 때 모델링 수준이 상승하였지만, 소집단 D는 지구본 모델을 구성할 때보다 가상현실 모델을 구성할 때 모델링 수준이 하락하였다. 소집단 B는 지구본 모델을 구성할 때와 가상현실 모델을 구성할 때 모델링 수준은 같았지만, 구체적인 모델링 과정에는 차이가 있었다.

계절 변화의 원인이 되는 지구의 운동에 대해 각 소집단은 같은 가설을 설정해 지구본 모델과 가상현실 모델을 구성했다. 그런데, 지구본 모델을 다룰 때와 가상현실 모델을 다룰 때의 3차원 모델링 수준이 달라진 까닭은 무엇일까? 소집단 A와 소집단 C 각각의 지구본 모델과 가상현실 모델 및 모델링 과정을 비교하여 그 원인을 분석하였다. 또한, 지구본 모델을 다룰 때와 가상현실 모델을 다룰 때의 3차원 모델링 수준이 같았던 소집단 B의 모델링 과정을 살펴봄, 표상 매체에 따라 모델링 과정에 생기는 변화를 분석하였다.

2. 소집단별 모델링 비교

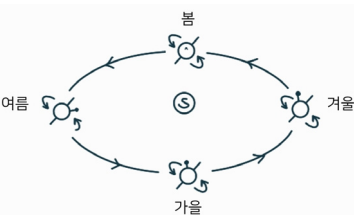
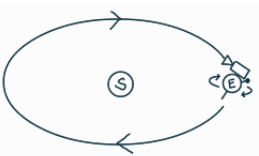
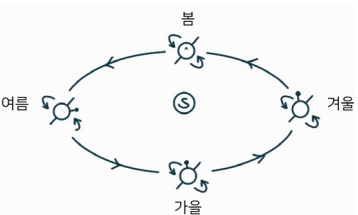
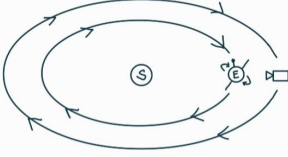
1) 가상현실 모델에서 모델링 수준이 상승한 소집단 A

소집단 A는 지구본 모델을 구성했을 때 모델링 수준이 2수준이었지만, 가상현실 모델을 구성했을 때 모델링 수준은 3수준으로 분석되었다. Table 5는 소집단 A의 지구본 모델과 가상현실 모델을 연구자가 그림으로 요약하여 나타내고 비교한 것이다. 그림 중 지구본 모델 그림은 석윤수와 윤혜경(2022)에서 연구 결과의 일부로 제시된 바 있다.

소집단 A의 지구본 모델과 가상현실 모델은 모두 지구 자전축의 기울기와 자전 및 공전을 모두 반영했다. 자전 및 공전 방향과 자전축의 기울기가 과학적으로 옳게 반영된 지구본 모델[1-1, 2-1, 2-2, 2-3]과 달리, 가상현실 모델은 지구 자전축이 기울어진 채 시계방향으로 자전 및 공전하고[1-1, 2-1*, 2-2*] 자전축이 기울어진 방향도 일정하지 않았다[2-3*]. 소집단 A의 지구본 모델과 가상현실 모델에서 나타난 3차원 모델링의 차이점은 크게 두 가지로 정리할 수 있다.

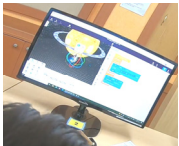
첫째, 지구본 모델을 다룰 땐 모델을 사용해 태양의 남중고도 변화를 확인하려는 시도가 나타나지 않았지만, 가상현실 모델을 다룰 때는 남중고도 변화를 확인하고자 하였다. 지구본 모델을 구성할 때는

Table 5. Comparison of globe model and VR model of group A

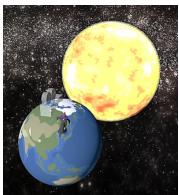
	지구본 모델	가상현실 모델
초기 모델	 <p>지구의 자전축이 기울어진 채 반시계 방향으로 자전·공전하는 모습을 나타냄.</p>	 <p>지구의 자전축이 기울어진 채 시계 방향으로 자전·공전하는 것을 나타냄.</p>
최종 모델	 <p>지구의 자전축이 기울어진 채 반시계 방향으로 자전·공전하는 모습을 나타냄.</p>	 <p>자전축이 기울어진 방향이 일정하지 않아 방향을 일정하게 만들려 코딩을 수정했지만 시간 내에 완료하지 못함.</p> <p>카메라 오브젝트 한 개의 위치가 지구 기반 관점에서 지구와 함께 공전하는 관점으로 수정됨.</p>

과학적인 지구의 운동을 반영했음에도 모델을 사용해 태양의 남중고도 변화를 관찰하고 설명하려는 시도조차 하지 않았다. 그렇지만 가상현실 모델을 구성할 때는 비록 지구의 운동을 과학적으로 표현하지 못했어도 학생들은 포기하지 않고 다양한 방법으로 태양의 남중고도 변화를 관찰하고자 노력하였다. 이 연구에서 사용한 분석들에 의하면 가상현실에서 모델링 수준이 더 높게 나타났다. 그럼에도 소집단 A는 최종적으로 태양의 남중고도 변화까지는 확인하지 못했다. 그 이유는 가상현실에서 그림자의 길이를 측정하려 했는데, 빛을 방출하는 오브젝트가 존재하지 않았기 때문이다[3-1*]. 그 대안으로 여러 설명 방법을 떠올렸지만[3-2*, 3-4*], 가상현실 모델에 지구의 운동이 의도한 대로 반영되지 않았다는 것을 발견했고, 이를 수정하는 데에 시간이 많이 소요되며 이 같은 결과를 낳았다. 지구본 모델을 구성할 때만 해도 태양의 남중고도에 대해 언급조차 없었던 소집단 A가 가상현실 모델을 구성할 때 태양의 남중고도를 측정하는 여러 방법을 떠올리게 된 것에는 여러 요인이 작용했을 것이다. 앞선 수업을 통한 모델링 방법 학습, 다른 소집단과의 상호작용을 통한 계절 변화 원인 학습 등이 요인으로 고려될 수 있다. 특히 가상현실에서는 시점을 변화시켜 태양의 남중고도를 관찰할 수 있음을 학생들이 인지했을 가능성이 있다.

둘째, 지구본 모델을 구성할 때는 학생들이 우주 기반 관점만 논의하였다. 그러나 가상현실 모델을 구성할 때 카메라 오브젝트를 활용하여 다양한 시점을 취할 수 있었으며 학생들은 가상현실 모델에서 주어진 관점(우주 기반 관점) 외에 다른 관점(지구 기반 관점 또는 다른 방향의 우주 기반 관점)을 추가하는 모습이 나타났다. 소집단 A는 기본으로 제공된 우주 기반 관점의 카메라 오브젝트(카메라) 외에 카메라 오브젝트를 하나 더 추가하여, 지구 오브젝트 위에서 태양을 바라보거나 지구의 공전궤도와 나란하게 운동하며 지구의 운동을 관찰하는 관점을 도입하였다. 아래 담화에서 새로운 카메라 오브젝트를 추가하는 모습을 확인할 수 있다. 처음에는 새로 추가한 카메라 오브젝트를 지구 오브젝트 위에 붙여 지구 기반 관점에서 태양을 바라보도록 설정하였다(Fig. 2 참고). 그리고 지구 오브젝트가 1초에 360° 자전하도록 코딩했는데, 이를 ‘플레이’하면 지구 오브젝트 위에 붙은 카메라 오브젝트도 함께 회전하게 된다. 이 때문에 지구 기반 관점으로 나타나는 ‘플레이’ 화면도 빠르게 움직였고, 이런 화면이 익숙하지 않았던 소집단 A는 지구 기반 관점을 포기하고[3-4*], 지구의 공전궤도와 나란하게 운동하는 다른 관점을 최종 모델에 반영하며 모델링 수업을 마무리했다.



교사: (카메라 오브젝트를 하나 더 추가한 것을 보고) 카메라를 새로 추가한 건가?
 A1: 네. (새로운 카메라 오브젝트를 지구 오브젝트 위에 올린 뒤, 태양 오브젝트를 향하도록 회전한다.) [3-4*]
 (중략)



교사: ‘붙이기’. 그래. ‘붙이기’도 방법이야.
 A1: 여기로 하고... (북극에 두 번째 카메라 오브젝트를 ‘붙이기’ 한다.) [3-4*]
 교사: 북극에다가 올렸네.
 (중략)
 교사: 그림자 만드는 거 말고도 태양의 남중고도를 확인할 수 있잖아. 어떻게 할 수 있어?
 A2: 마녀 시점에서 보면 돼요. [3-4*]

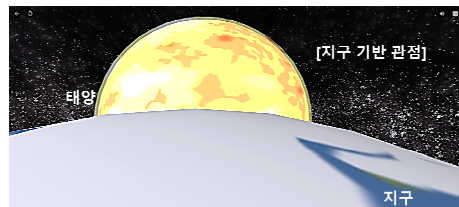


Fig. 2. Space-based perspectives(left) and Earth-based perspectives (right)

2) 지구본 모델과 가상현실 모델에서 모델링 수준에 변화가 없는 소집단 B

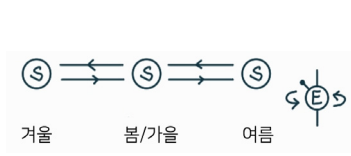
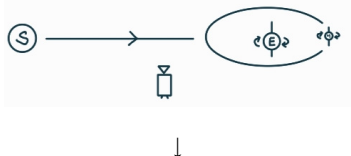

소집단 B는 지구본 모델링과 가상현실 모델링 모두 3수준으로 분석되었다. Table 6은 소집단 B의 지구본 모델과 가상현실 모델을 연구자가 요약하여 그림으로 나타내고 비교한 것이다. 소집단 B는 ‘계절에 따라 태양의 남중고도가 달라지는 까닭은 태양이 지구와 가까워졌다가 멀어지기 때문’이라는 가설을 바탕으로 지구본 모델과 가상현실 모델을 구성하였다. 소집단 B의 모델은 비과학적 모델이지만 지구본 모델에서는 그림자의 길이와 낮의 길이를 측정하여 계절의 변화를 설명하고자 했으며, 가상현실 모델에서는 그림자의 길이를 측정하려는 시도와 지구 기반 관점에서 태양의 시운동을 관찰해 계절의 변화를 설명하려는 시도가 나타났다. 이러한 점에서 이들의 3차원 모델링 수준은 경험적 증거를 수집해 현상을 설명할 수 있는 3수준으로 분석되었다.

소집단 B의 지구본 모델과 가상현실 모델에서는 모두 태양이 직선을 따라 움직이고[1-1*], 지구 자전축은 태양의 이동 경로에 대해서 수직이다. 지구본 모델에서는 지구의 자전을 반시계 방향으로 표현했다면[2-1], 가상현실 모델에서는 지구의 자전을 시계 방향으로 표현했다[2-1*]. 이처럼 지구본 모델과 가상현실 모델에서 태양의 운동을 비슷하게 표현하고

같은 수준의 3차원 모델링을 보였지만, 구체적인 모델링 과정에서 차이가 있었다.

첫째, 지구본 모델을 구성할 때는 모델의 한계를 파악하는 활동이 나타나지 않았지만, 가상현실 모델을 구성할 때는 비판적으로 표상 매체의 특징을 분석했다는 점에서 차이가 있다. 실제 지구에는 태양 빛이 거의 평행하게 입사하여 태양과 지구 사이의 거리가 달라져도 지구 위 사물의 그림자 길이에 거의 영향을 미치지 않는다. 반면, 전구의 빛은 지구본에 평행하게 입사하지 않아 전구와 지구본 사이의 거리가 변화하면 지구본 위 사물의 그림자 길이도 달라질 수 있다. 소집단 B의 학생들은 지구본 모델을 다루는 수업에서 태양의 속성을 띄는 모델로서 전구가 갖는 한계를 인식하지 못해, Table 6에 나타난 비과학적 지구본 모델로 계절에 따른 그림자 길이 변화를 확인할 수 있었다. 하지만, 가상현실 모델을 다루는 수업에서는 태양을 표상하는 모델로서 태양 오브젝트가 갖는 한계를 꼼꼼하게 분석했고, 그 외 모델링에 쓰이는 다른 오브젝트들도 비판적인 태도로 살폈다. 그 결과, 소집단 B는 ‘코스페이스스 에듀’의 태양 오브젝트는 빛을 내지 않고, 지구 오브젝트에 반사광을 만드는 ‘빛’이 있지만, 이것으로 지구에 그림자를 만들 수 없다고 판단했다(Fig. 3 참고). 이로써 가상현실 모델은 지구본 모델과는 다른 방법으로 계절

Table 6. Comparison of globe model and VR model of group B

	지구본 모델	가상현실 모델
초기 모델	 <p>지구는 제자리에서 자전하고, 태양이 지구에 가까워지고 멀어지는 것을 반복함. 지구 자전축은 태양의 운동 경로와 수직임.</p>	 <p>지구는 제자리에서 자전하고, 태양이 지구에 가까워짐. 지구 자전축은 태양의 운동 경로와 수직임. 우주 기반 관점으로 모델을 구성함.</p>
최종 모델		 <p>지구 기반 관점으로 모델을 수정함.</p>

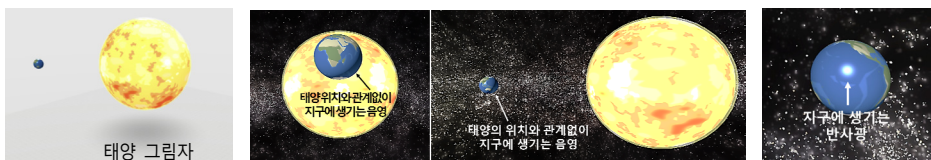


Fig. 3. Limitations of the ‘light’ in ‘Cospaces Edu’ found by group B

변화를 설명해야 함을 깨닫고, 지구 기반 시점에서 태양의 남중고도 변화를 관찰하는 방향으로 모델링을 이어갔다. 정리하자면, 소집단 B는 가상현실 모델이 갖는 한계를 분석함으로써 가상현실이라는 매체에 더 적합한 모델링 방법을 탐색하게 되었다.

둘째, 지구본 모델에서는 지구 기반 관점에서 태양의 시운동을 관찰하려는 시도가 나타나지 않았지만, 가상현실 모델에서는 이러한 시도가 나타났다는 점에서 차이가 있었다. 소집단 B는 지구본 모델을 사용해 계절에 따른 그림자의 길이 변화도 관찰하고 [3-1], 낮의 길이 변화도 확인하였지만 [3-3], 모델을 바라보는 시점을 변화시켜 태양의 시운동을 관찰하려는 시도는 없었다. 그래서 처음 가상현실 모델을 구성할 때는 지구본 모델과 비슷하게 그림자의 길이 변화를 관찰해 계절 변화를 확인하려 계획했다. 그런데, 본격적인 가상현실 모델 구성을 시작하고 보니 ‘코스페이스스 에듀’에는 빛을 조절하는 기능이 없어, 그림자를 관찰할 수 없었다. 이에 대한 대안으로 소집단 B는 지구 기반 시점에서 태양의 시운동을 관찰하고자 했다. 이들은 고정된 위치에 있었던 카메라 오브젝트(카메라)를 ‘비행’ 모드로 전환해 지구 오브젝트 위로 날아가는 모델을 구성했다가, 최종적으로 지구 오브젝트의 우리나라 부근에 카메라 오브젝트를 붙여 지구 기반 관점에서 태양의 시운동을 관찰하는 모델을 구성하였다(Fig. 4 참고). 하지만, 시간 부족으로 지구 기반 관점에서 태양의 남중고도를 충분히 관찰하지는 못하였다.

3) 가상현실 모델에서 모델링 수준이 하락한 소집단 D

소집단 D는 지구본 모델을 구성했을 때 모델링 수준이 3수준이었지만, 가상현실 모델을 구성했을 때 모델링 수준은 2수준으로 나타났다. Table 7은 소집단 D의 지구본 모델과 가상현실 모델을 연구자가

요약하여 그림으로 나타내고 비교한 것이다. 지구본 모델과 가상현실 모델 모두 지구 자전축의 기울기와 자전 및 공전을 고려했다는 공통점이 있다. 자전축도 기울어지고 [2-3*] 자전 및 공전 방향이 과학적으로 옳게 반영된 최종 지구본 모델 [1-1, 2-1, 2-2]과 달리, 가상현실 모델은 시계방향으로 지구가 자전 및 공전하는 모습으로 표현되었으며 [2-1*, 2-2*], 자전축은 기울여지지 못했다. 학생들은 지구 오브젝트의 자전축을 기울여야 함을 인지했으나 코딩의 어려움으로 가상현실 모델에서 표현하지 못한 것이다 [2-3*]. 소집단 D의 모델링 과정에서 나타난 지구본 모델과 가상현실 모델의 차이점은 크게 두 가지로 정리된다.

첫째, 지구본 모델에서는 모델을 평가하고 이것이 모델 수정으로 수월하게 이어졌지만, 가상현실 모델에서는 모델에 대한 평가가 이루어졌음에도 대부분이 모델 수정으로 이어지지 못했다. Table 7에서 확인할 수 있듯이, 지구본 모델에 대한 평가가 있었을 때 학생들은 자유롭게 새로운 의견을 제시했고, 각각의 의견을 바탕으로 모델이 계속 수정되었으며, 다시 함께 모델을 사용하며 계절 변화를 설명하려 했다. 이처럼 소집단 D는 지구본 모델을 다룰 때는 모델 평가와 수정을 반복하며 모델을 점점 발전시키는 모습을 보였다. 반면, 가상현실 모델을 다룰 때는 지구의 운동에 대한 평가가 있었음에도 모델 수정으로 이어지지 못한 경우가 많았다. 아래 담화에는 가상현실에서 지구 오브젝트의 자전 여부, 자전 방향, 자전축의 기울기에 관한 학생들의 모델 평가가 차례대로 나타난다. 먼저, 지구 오브젝트의 자전 여부에 관한 모델 평가는 교사의 도움으로 모델 수정까지 이어졌다. 하지만 이후 D2 학생이 지구 오브젝트의 자전 방향에 대해 의문을 던지고, D1 학생도 지구 오브젝트의 자전축을 기울여야 함을 언급했음에도 모델은 수정되지 못했다.

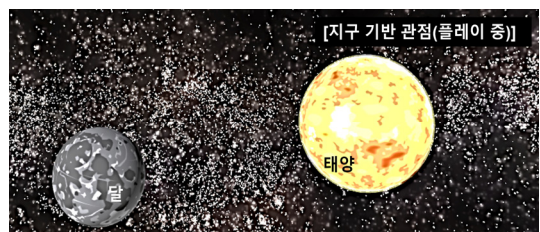
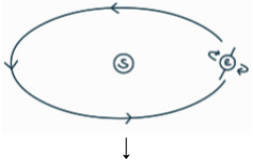
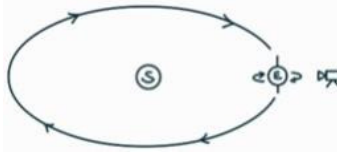


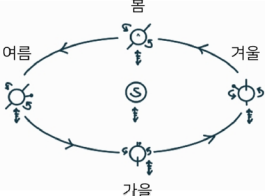


Fig. 4. Final VR model of group B (left: before ‘play’, right: during ‘play’)

Table 7. Comparison of globe model and VR model of group D

	지구본 모델	가상현실 모델
초기 모델	 <p>지구의 자전축이 기울어진 채 자전 및 공전하는 모델을 구성했지만, 태양의 남중고도와 연결 짓지 못함.</p>	 <p>지구가 시계방향으로 자전 및 공전하도록 코딩하고, 자전축을 비스듬하게 기울이고자 했으나 코딩의 어려움으로 구현하지 못함.</p>
	 <p>계절에 따라 지구의 자전축 기울기가 변하도록 구성하여 계절에 따른 태양의 남중고도 변화를 설명함.</p>	
	 <p>자전축의 기울기는 비스듬하게 고정하고 자전축이 기울어진 방향을 변화시켜 계절을 표현함.</p>	
최종 모델	 <p>자전축이 기울어진 채 반시계 방향으로 자전 및 공전하는 모델을 구성함. 지구본의 높이와 전구의 높이를 같게 맞춤. 하지만 자전축이 기울어진 방향이 일정하지 않음.</p>	



D3: 선생님, 이게 그 자전을 안 해요.
 교사: 자전을 안 해? 아, 자전을 시키고 싶다...

D3: 저희가 이거 경로 돌거든요? (지구 오브젝트가 경로를 따라 태양 주위를 공전한다는 의미) [2-2*] 지구가 자기 혼자 이렇게, 이렇게 (손가락을 사용해 반시계방향으로 원을 그리며) 안 돌아요. (중략)



교사: (방향 관계없이 지구 오브젝트가 자전·공전을 동시에 하도록 도와준 뒤) 이렇게 하면... (중략)

D2: (시계방향으로 자전하는 지구 오브젝트를 보고[2-1*] 연필을 사용해 시계방향으로 원을 그리며 혼잣말로) 지구가 이렇게 도나? (중략)

D1: 아, 근데 지구를 기울게 해야 돼. (최종적으로 자전축은 기울어지지 않음. [2-3*])

둘째, 지구본 모델을 구성할 때는 계절 변화 원인을 설명하기 위한 논의가 활발하게 이루어졌지만, 가상현실 모델을 구성할 때는 논의가 활발하게 이뤄지지 않았다. 즉, 지구본 모델을 다뤘던 앞선 수업에서 3수준의 모델링을 수행했음에도 표상 매체가 가상현실 모델로 바뀌자 현상에 대한 설명이 줄어들며 모델링 수준이 2수준으로 하락하게 된 것이다. 표상 매체의 변화가 모델링에서 어떤 변화를 가져왔는지

모델링 수업 후 진행한 사후 면담 자료에서 구체적으로 살펴보았다. 질문 2에 대한 답변을 통해 지구본 모델을 구성할 때 모델을 사용해 계절 변화를 설명해냈고, 가상현실 모델로는 계절 변화를 설명하지 못했다고 스스로 인식하고 있음을 확인할 수 있다. 가상현실 모델로 계절 변화를 설명해내지 못한 이유는 질문 5에 대한 답변으로 유추할 수 있다. 지구본 모델을 다룰 땐 지구본을 직접 움직여 지구의 운동

질문 2. 가설이 맞는지 아닌지 확인하는 데에 성공했나요?

- D3: 성공한 것도 있고, 못한 것도 있고...
- D4: 맞아요.
- D1: 보통.
- D2: 지구(지구본 모델을 의미함)는 성공.

질문 5. '지구본'과 '코스페이스스 에듀' 둘 중에 모델 만들기가 편했던 것은 어느 것인가요? 그 이유는 무엇인가요?

- D1, D3, D4: 지구본이요.
- D4: 코딩을 잘 몰라서요. 지구본이 더 편했어요.
- D2: 훨씬 편해요.
- D3: 맞아. 지구본은 직접 이렇게 할 수가 있으니까.
- D2: 맞아요.

을 표현할 수 있었지만, 가상현실 모델을 다룰 땐 코딩을 통해 지구의 운동을 표현하는 것이 소집단 D의 학생들에게는 어려웠기 때문이다.

코딩을 어려워하는 소집단 D의 모습은 사후 면담에서뿐만 아니라 수업 영상에서도 일관되게 나타났다. 따라서 미숙한 코딩 실력이 소집단 D의 모델링 수준을 하락시킨 원인이라 해석할 수 있다.

IV. 결론 및 논의

본 연구에서는 초등학생들이 자유롭게 소집단을 구성하여 계절이 변화하는 까닭을 3차원 모델링을 통해 탐구하는 수업을 진행하였다. 연구에 참여한 학생들은 지구본과 지구본을 활용한 모델링 수업 후(지구본 모델), 가상현실 기반 프로그램을 활용한 모델링 수업에 참여했다(가상현실 모델). 연구 자료로 수업 영상 및 소집단별 모델 설명 영상, 활동지, 사후 면담 자료를 수집하였고 소집단의 모델링 과정과 모델링 수준을 분석하였다.

지구본 모델을 구성한 뒤 가상현실 모델을 구성했을 때 3차원 모델링 수준이 같은 소집단도 있었지만(소집단 B), 달라진 소집단도 있었다(소집단 A, 소집단 D). 소집단 A는 모델링 수준이 상승한 경우이다. 소집단 A는 지구본 모델을 구성할 때 지구의 운동을 고려했지만 계절 변화 원인 설명에 필요한 경험적 증거를 수집하지 못했다(2수준). 그렇지만 가상현실 모델을 구성할 때 계절 변화를 확인하는 데 필요한 경험적 증거를 수집하기 위해 지구의 운동을 계획하고 표현하며(3수준) 3차원 모델링 수준이 상승했다. 소집단 B는 모델링 수준이 변하지 않은 경우이다. 그러나 모델링 과정에서는 차이점이 있었

다. 소집단 B는 지구본 모델을 구성할 때 실제 자연물과 모델의 차이점을 인식하지 못하고 비과학적인 모델을 구성해 계절 변화 원인을 설명했다(3수준). 그러나 가상현실 모델을 구성할 때 실제 자연물과 모델의 차이점을 인식해 새로운 방법으로 계절 변화 원인을 설명하려 시도하는 모습을 보였다(3수준). 소집단 D는 모델링 수준이 하락한 경우이다. 소집단 D는 지구본 모델을 구성할 때 계절 변화 원인을 설명하는 여러 대안 모델을 구성하고 모델 평가를 거쳐 가장 적절한 모델을 선정했다(3수준). 그런데 가상현실 모델을 구성할 때 가상현실 기반 프로그램의 조작 및 코딩에 어려움을 느꼈고, 지구의 운동을 생각대로 나타내기에 어려움이 있어 계절 변화 원인에 대한 논의가 활발하게 일어나지 못했다(2수준).

위의 3개 소집단 사례에서 지구본 모델에서 가상현실 모델로, 즉 모델을 표상하는 매체가 달라지며 가상현실 3차원 모델링 과정에서 나타난 긍정적 변화는 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 가상현실 모델에서는 시점의 전환이 나타났다(소집단 A, B). 지구본 모델을 구성할 때 우주 기반 관점에서만 모델을 관찰하고, 태양의 남중고도 확인도 우주 기반 관점에서만 이뤄졌었다. 하지만, 시점을 자유자재로 선택할 수 있다는 가상현실의 특징으로 인해 학생들이 가상현실 모델을 사용할 때 우주 기반 관점 또는 지구 기반 관점에서 관찰하는 모습을 보였다. 지구 기반 관점과 우주 기반 관점 사이의 전환을 통해 천체의 상대적 운동으로 재구성하는 것은 공간적 사고(spatial thinking)의 중요한 요소 중 하나이다(맹승호 등, 2014). 비록 이 연구에서는 학생들이 지구 기반 관점에서 태양의 남중고도 변화를 충분히 관찰하는 것까지 성공하지 못

했어도, 학생들이 우주 기반 시점뿐만 아니라 지구 기반 시점을 채택해 가설 검증을 시도한 사실은 가상현실 모델을 통해 학생들의 공간적 사고가 더욱 촉진될 가능성을 보여준다.

둘째, 가상현실 모델링 과정에서는 모델에 대한 비판적인 시각으로 자연물과 모델의 차이를 발견했다는 점이다(소집단 A, B). 지구본 모델을 구성할 때 대부분 학생이 지구에 입사하는 태양 빛과 지구본에 입사하는 지구 빛의 차이를 인식하지 못해, 전구가 모델로서 갖는 한계를 극복하려는 노력(전구와 지구본의 높이를 맞추는 것 등)이 거의 나타나지 않았다. 그 결과, 계절에 따라 그림자의 길이가 달라지는 까닭이 전구와 지구본 사이의 거리가 변화하기 때문이라는 비과학적인 설명으로 이어지기도 했다. 그러나 지구본 모델에서는 편하게 조절할 수 있던 것들(빛의 유무, 자전 및 공전, 자전축의 기울기 등)을, 가상현실 모델을 구성할 때 조절하지 못하게 되거나 다른 방법(오브젝트 설정 및 코딩)으로 다루어야 했다. 이런 불편함은 학생들이 가상현실 기반 프로그램(‘코스페이스 에듀’)에서 볼 수 있는 음영과 빛, 태양 오브젝트가 실제 자연과 다른 점을 비판적으로 인식하도록 만들었다(소집단 B). 또 시점을 자유자재로 채택할 수 있고 특정 상황을 반복할 수 있다는 가상현실의 특징(박인우 등, 2017)으로 인해 학생들 스스로 가상현실 모델에 표현한 지구의 자전 및 공전 모습이 본인이 알고 있는 것과 일치하는지 더욱 꼼꼼하게 평가하는 모습을 보였다(소집단 A). 모델의 장점과 한계를 파악하는 등 모델의 본성을 이해하는 것(metamodeling knowledge)은 학생들의 모델링을 효율적으로 계획하고 평가할 수 있도록 돕는다(Schwarz *et al.*, 2009; Schwarz & White, 2005). 이 연구에서 학생들이 모델을 비판적으로 분석한 활동은 모델링의 방향을 바꾸는 계기가 되었기에(소집단 A, 소집단 B), 자연과 모델의 차이 또는 모델의 한계를 인식하는 활동이 모델의 본성을 바르게 이해하도록 이끌 수 있음을 확인하였다.

그러나 가상현실 3차원 모델링의 부정적 측면도 관찰되었다. 가상현실 프로그램에서 코딩의 어려움은 낮은 수준의 모델링을 초래하였다(소집단 C). 지구본 모델은 학생들이 직접 구체물을 조작할 수 있어, 3차원 공간에서 지구의 운동을 나타내는 것이 편리하다(석윤수와 윤혜경, 2022). 연구에 참여한 학생들이 사후 면담에서 지구본이 사용하기 편했다고

공통되게 답변한 것으로 보아, 지구본과 전구는 모델링에 활용하기 좋은 매체를 재차 확인할 수 있었다. 반면, 가상현실 모델은 모델에 사용되는 재료인 오브젝트를 움직이기 위해 코딩이 필요하다. 비록 가상현실을 매체로 한 모델링이 계절 변화 원인을 탐구하는 데에 효과적인 점이 있더라도, 소집단 C와 같이 코딩을 어려워하는 학생들에게는 가상현실에서의 모델 조작에 장애를 초래해 학생들의 모델링 역량이 제대로 발휘되지 못할 수 있다.

계절 변화 원인을 탐구하기 위해 초등학생들이 구성한 지구본 모델과 가상현실 모델을 분석해, 표상 매체에 따른 3차원 모델링 수준과 모델링 과정을 비교한 이 연구를 통해 다음과 같은 시사점을 얻을 수 있다.

첫째, ‘계절의 변화’ 단원에서 지구본 모델과 가상현실 모델을 함께 사용하는 것이 효과적일 수 있다. 계절 변화 원인은 많은 학생이 오개념을 가지며(고경만, 2000; 채동현, 2011), 교사들도 가르치기 어렵다고 알려져 있고(최선영과 여상인, 2010) 모델을 활용한 교수·학습 방법이 주로 활용된다. 일반적으로 계절의 변화 모델에 지구본과 전구가 사용되는데, 선행 연구에서(석윤수와 윤혜경, 2022; 성지영, 2014) 전구의 불빛이 실제 태양 빛과 달라 학생들의 모델링에 어려움을 준다는 문제가 제기되었다. 하지만 가상현실 모델을 활용하면 전구를 활용하지 않는 새로운 방법으로 모델링을 할 수 있어, 지구본 모델의 한계를 가상현실 모델이 보완해줄 수 있다. ‘코스페이스 에듀’를 사용하지 않더라도, 교육부와 한국교육학술정보원(KERIS)에서 제공하는 계절 변화 원인에 대한 가상현실 실감형 콘텐츠 역시 지구본 모델에 대해 상호보완적인 역할을 할 수 있으므로 ‘계절의 변화’ 단원의 교수·학습에 두 종류의 모델을 함께 사용하는 것이 효과적일 수 있다.

둘째, 하나의 현상에 대해 여러 모델을 활용하는 모델링 수업이 필요하다. 같은 현상에 대해 여러 매체로 표상된 모델을 활용함으로써 학생들은 모델 구성의 편리함, 현상에 대한 설명력 등을 비교하며, 자연스럽게 모델마다 갖는 한계를 비판적으로 인식하게 된다. 이 연구에서도 모델의 특성을 이해하는 것이 학생들 스스로 모델링을 계획하고 실행하는 데에 영향을 미쳤다. 모델 구성, 사용, 평가, 수정의 모델링 실행은 이러한 모델에 대한 지식과 함께 다뤄질 때 훨씬 강력하고 의미가 있다(Baek *et al.*, 2011;

Schwarz *et al.*, 2009; Schwarz & White, 2005). 학생들의 성공적인 모델링 실행을 위해, 과학 수업에서 같은 현상을 다르게 표현하는 모델링 활동을 적극적으로 고려할 필요가 있다.

셋째, 가상현실 모델링을 활용하는 교수·학습 과정에 관해 보다 많은 연구가 이루어져야 한다. 에듀테크의 발달로 가상현실의 교육적 활용에 관한 관심이 높은 만큼, 가상현실의 교육적 효과 검증에 대한 요구도 늘어나고 있다(이혜선 등, 2019). 이에 가상현실을 활용한 과학 수업을 개발하거나 이러한 과학 수업의 교육적 효과를 살펴보는 국내 연구(e.g. 강다영, 2020; 김우겸 등, 2019; 김혜란과 최선영, 2020; 노현호, 2018; 배영권 등, 2018; 이재병과 권난주, 2022; 이태수, 2017; 최섭, 2021; 한도윤 등, 2022)들이 계속해서 발표되고 있지만, 장진아 등(2019)이 디지털교과서를 분석한 연구에 따르면, 아직은 가상현실이 실제 현상을 실감 나게 보여주는 맥락에서 주로 활용되며, 가설을 검증하여 탐구하는 방법보다는 현상이나 실험 결과를 관찰하거나 기술하는 방법으로 주로 활용되고 있다. 이 연구에서 나타났듯이 초등학생이 가상현실에서 모델링하는 것이 어느 정도 가능하므로 가상현실 모델링 활동의 방법 및 효과에 대해서는 더 많은 후속 연구가 필요하다. 또 가상현실 모델링을 위해서는 소프트웨어 및 코딩 교육이 함께 이루어져야 할 필요가 있는데 초등교육에서 코딩 교육이 어느 정도, 어떤 방법으로 이루어져야 하는지는 많은 이견과 논란이 있을 수 있다. 그러나 특정 상황에서 학생들이 어느 정도 코딩에 익숙한 상황이라면 가상현실 모델링 활동은 학생들의 모델링에 대한 이해와 모델링 능력을 증진할 수 있는 효과적인 방법이 될 수 있을 것이다.

참고문헌

강다영(2020). 증강현실과 가상현실을 활용한 과학 중심 융합인재교육(STEAM) 프로그램이 초등 영재학생들의 융합적 문제해결력과 과학 학습 정서에 미치는 영향. 서울교육대학교 대학원 석사학위논문.
 고경만(2000). 계절의 변화에 대한 초등학생들의 개념. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
 고민석, 김나영, 양일호(2014). 계절의 변화 원인에 대한 설명에서 나타난 초등학생들의 개념 시뮬레이션 사례 연구. 대한지구과학교육학회지, 7(1), 43-53.
 교육과학기술부(2011). 과학과 교육과정. 교육과학기술부

고시 제2011-361호.
 교육부(2015). 과학과 교육과정. 교육부 고시 제2015-74호.
 김다정, 전석주. (2014). 현장체험학습을 위한 가상학습 기반수업모형의 설계 및 적용. 정보교육학회논문지, 18(1), 133-142.
 김순미, 양일호, 임성만(2013). 계절 변화의 원인에 관한 초등학생의 멘탈 모델 변화 과정 분석, 한국과학교육학회지, 33(5), 893-910.
 김우겸, 최동열, 광승철, 김희수(2019). 가상현실 기술을 활용한 학습이 학습 동기에 미치는 영향. 과학교육연구지, 43(3), 271-283.
 김혜란, 최선영(2020). 초등 과학 수업에 VR 구현 프로그램을 활용한 SW 융합교육프로그램의 개발과 적용, 초등과학교육, 39(2), 296-305.
 노자현, 손준호, 김종희(2020). 초등학생의 계절 변화 개념 검사를 위한 도구 개발, 대한지구과학교육학회지, 13(1), 74-89.
 노현호(2018). VR 콘텐츠를 활용한 초등 과학 프로그램 개발 및 적용. 경인교육대학교 대학원 석사학위논문.
 맹승호, 이기영, 박영신, 이정아, 오현석(2014). 순위 선다형 문항을 이용한 천문 시스템 학습 발달과정 개발 및 타당화 연구. 한국과학교육학회지, 34(8), 703-718.
 박인우, 류지현, 조상용, 손미현, 장재홍(2017). 증강현실(AR)과 가상현실(VR) 콘텐츠 이해 및 교육적 활용 방안 이슈리포트. KERIS 한국교육학술정보원, PM 2017-8.
 박정호, 최은영(2018). VR 콘텐츠의 인지에 미치는 시지각 요인이 실재감에 미치는 영향에 관한 연구. 한국정보통신학회논문지, 22(7), 985-992.
 배영권, 박판우, 문교식, 유인환, 김우열, 이효녕, 신승기(2018). 가상현실장비(VR)를 활용한 융합인재교육 프로그램 개발 및 만족도와 학습자의 태도 분석. 정보교육학회논문지, 22(5), 593-603.
 석윤수(2022). 계절 변화 원인에 관한 초등학생의 3차원 모델링 수준 분석. 춘천교육대학교 대학원 석사학위논문.
 석윤수, 윤혜경(2022). 초등학생의 계절 변화 원인에 관한 지구본 활용 모델링 분석. 초등과학교육, 41(4), 673-689.
 성지영(2014). 모델을 활용한 계절의 변화 수업에서 초등학생들이 겪는 어려움. 경인교육대학교 대학원 석사학위논문.
 심규철, 박종석, 김현섭, 김재현, 박영철, 류해일(2001). 과학교육에서 가상현실 기법의 활용 모색. 한국과학교육학회지, 21(4), 725-737.
 엄장희(2022). 초등학교의 협력적 과학 모델링 수업에서 나타난 교사의 교수내용지식과 학생 행위주체성 이해. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
 오필석(2007). 중등학교 지구과학 수업에서 과학적 모델의 활용 양상 분석: 대기 및 해양 지구과학 관련 수업을 중심으로, 한국과학교육학회지, 27(7), 645-662.

- 유연준, 오필석(2016). 초등학생들의 계절의 변화 단원의 학습에서 모델링 중심 과학 탐구 수업의 효과. *초등과학교육*, 35(2), 265-276.
- 윤희영(2015). 초등학생의 소집단 상호작용에서 나타난 기압에 관한 모델링 과정 분석. *한국교원대학교 대학원 석사학위논문*.
- 이기영, 맹승호 박영신, 이정아, 오현석(2014). 별과 우주 단원에 대한 중학교 과학교사의 주제-특이적 PCK 사례 연구. *한국과학교육학회지* 34(4), 393-406.
- 이정아, 이기영, 박영신, 맹승호, 오현석(2015). 초등학교 태양계와 별 수업에서 나타나는 공간적 사고 사례 연구. *한국과학교육학회지*, 35(2), 179-197.
- 이재범, 권난주(2022) 가상현실(VR) 콘텐츠를 활용한 과학수업이 초등학생의 공간 감각과 과학적 태도에 미치는 영향. *과학교육연구지*, 46(1), 66-79.
- 이태수(2017). 가상현실과 증강현실 기반 안내된 탐구학습이 학습장에 학생의 과학과 ‘태양계와 별’의 학습에 미치는 효과. *특수교육연구*, 24(2), 265-287.
- 이혜선, 정윤희, 김상연(2019). 텍스트 마이닝 기법을 활용한 국내 가상현실(VR) 연구와 교육적 활용 동향 분석. *학습자중심교과교육연구지*, 19(18), 311-338.
- 장진아, 박준형, 송진웅(2019). 초등학교 과학 디지털교과서에 제시된 테크놀로지를 활용한 탐구 활동의 특징: 가상실험, 가상현실, 증강현실 활용 사례들을 중심으로. *초등과학교육*, 38(2), 275-286.
- 정선라, 이용복(2013). 계절변화 개념 위계에 관한 연구. *한국지구과학회지*, 34(4), 366-367.
- 조혜숙, 남정희, 오필석(2017). 과학교육에서 모델 및 모델링에 대한 고찰: 메타모델링 지식을 중심으로. *한국과학교육학회지*, 37(2), 239-252.
- 채동현(2011). 계절 변화의 원인에 대한 초등학교 6학년 학생들의 선개념 조사. *초등과학교육*, 30(2), 204-212.
- 최선영, 여상인(2010). 초등과학수업에서 교사가 느끼는 어려운 초등과학교과서 단원에 대한 조사. *과학교육논총* 23, 89-102.
- 최섭(2021). VR 기반 프로그램을 활용한 과학적 모형 구성 수업의 개발과 효과. *서울대학교 대학원 박사학위논문*.
- 한도윤, 김형범, 김홍태(2022). 가상현실 (VR) 지질자료 개발을 통한 원격수업의 효과 분석: 지오빅데이터 오픈플랫폼 활용을 중심으로. *대한지구과학교육학회지*, 15(1), 47-61.
- Baek, H., Schwarz, C., Chen, J., Hokayem, H., & Zhan, L. (2011). Engaging elementary students in scientific modeling: The MoDeLS fifth-grade approach and findings. In *Models and modeling* (pp. 195-218). Springer.
- Baek, Y. (2010). *Teaching and learning in a virtual world*. Seoul: Hakjisa.
- Barab, S. A., Hay, K. E., Barnett, M., & Keating, T. (2000). Virtual solar system project: Building understanding through model building. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 719-756.
- Bell, R. L., & Trundle, K. C. (2008). The use of a computer simulation to promote scientific conceptions of moon phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 346-372.
- Clement, J. (1989). Learning via Model Construction and Criticism. In J. A. Glover, R. R. Ronning & C. R. Reynolds (Eds.), *Handbook of Creativity. Perspectives on Individual Differences*. Springer, Boston, MA.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84(3), 352-381.
- National Research Council & Downs, R. M. (2006). *Learning to think spatially*. National Academies Press.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.
- Passmore, C., Stewart, J., & Cartier, J. (2009). Model-based inquiry and school science: Creating connections. *School Science and Mathematics*, 109(7), 394-402.
- Plummer, J. D. (2014). Spatial thinking as the dimension of progress in an astronomy learning progression. *Studies in Science Education*, 50(1), 1-45.
- Rea-Ramirez, M. A., Clement, J., & Núñez-Oviedo, M. C. (2008). An instructional model derived from model construction and criticism theory. In J. J. Clement & M. A. Rea-Ramirez (Eds.), *Model based learning and instruction in science. Models and Modeling in Science Education*, vol 2. Springer, Dordrecht.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
- Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165-205.

석윤수, 원주치악초등학교 교사(Yun Su Suk; Teacher, Wonju Chiak Elementary School).

† 윤혜경, 춘천교육대학교 교수(Hye-Gyoung Yoon; Professor, Chuncheon National University of Education).