



초등학교 태양계와 별 수업에서 나타나는 공간적 사고 사례 연구

이정아¹, 이기영^{2*}, 박영신³, 맹승호¹, 오현석⁴
¹서울대학교, ²강원대학교, ³조선대학교, ⁴서울사대부설중학교

A Case Study on Spatial Thinking Revealed in Elementary School Science Class on Solar System and Stars

Jeong-A Lee¹, Kiyoung Lee^{2*}, Young-Shin Park³, Seungho Maeng¹, Hyunseok Oh⁴
¹Seoul National University, ²Kangwon National University, ³Chosun University, ⁴Seoul National University Middle School

ARTICLE INFO

Article history:

Received 14 January 2015

Received in revised form

23 February 2015

20 April 2015

Accepted 27 April 2015

Keywords:

spatial thinking,
 astronomy class,
 celestial motion,
 earth-based view,
 space-based view

ABSTRACT

Based on the importance of spatial thinking to understand celestial motion, this study aimed to investigate how spatial thinking was treated in astronomy classes. For this study, we analyzed four elementary teachers' science classes about the unit 'solar systems and stars' in 5th grade in terms of spatial thinking. The results showed that sharing perspectives and orientation explicitly between a teacher and students were important for students to understand celestial motion. Providing the earth-based and the space-based viewpoints simultaneously were helpful for students' understanding of celestial motion. Based on these results, this study suggested that clarifying the viewpoint and orientation, showing the earth-based and the space-based viewpoint simultaneously, and reorganizing the relative units of astronomy based on celestial motion and spatial thinking.

1. 서론

아이들이 일상생활에서 직접적인 관찰할 수 있고 경험하게 되는 밤낮의 변화, 달의 위상 변화, 계절의 변화 등의 현상은 아이들로 하여금 천문 현상에 대한 관심을 갖게 하고 나뉠대로의 개념을 형성하게 한다(Baxter, 1989; Dunlop, 2000). 천문 영역은 초등학생들에게 큰 관심과 흥미를 주는 영역으로 꼽히고 있으며(Ha & Lee, 1997), 실제로 천문 관련 내용은 수차례의 교육과정 개정에도 불구하고 초·중등교육 과정에서 지속적으로 다루어져 왔다. 특히 초등학교 과학과 교육과정에서는 '지구와 달', '태양계와 별', '계절의 변화'의 세 단원을 통해 천문 영역이 다루어지고 있는데, 이는 초등학교 과학과 교육과정 중 지구과학 영역의 총 단원 수가 8단원임을 고려하면 매우 많은 단원수임을 알 수 있다.

천문 분야에 대한 학생들의 관심과 교육과정상의 높은 비율에도 불구하고, 천문 분야는 관찰을 통한 직접적 이해가 어려워 많은 학생들이 그 현상을 이해하는데 어려움을 겪는 분야(Ko *et al.*, 2014; Byun *et al.*, 2004; Lee & Lim, 2010)로 알려져 있다. 이러한 어려움을 야기하는 것 중 하나로 널리 알려진 것이 바로 공간적 사고(spatial thinking)이다(Black, 2005; Plummer, 2014; Kim *et al.*, 1998; Lee, 2012; Lim, 2007). 학생들은 움직이는 지구에 있는 관측자로서 여러 천문 현상을 설명하고, 직접 관찰할 수 없는 지구의 운동을 설명할 수 있는 공간

전환 능력을 가져야 한다(Plummer & Krajcik, 2010). 뿐만 아니라 학생들은 학생들의 관점에서 2차원적으로 관찰되는 천체에 대하여 3차원 우주공간에서 시간에 따라 공간적 상황이 변하는 공간 개념을 갖춰야 하며, 거대한 사공간적인 규모를 이해해야 한다(Kim *et al.*, 2003). 이는 초등학생들에게 매우 도전적인 과제이며, 이러한 이유로 천문 단원에서는 교사의 효과적인 중재활동이 절실하다고 할 수 있다.

실제로 '어떻게 천문 분야를 효과적으로 가르칠 것인가?'에 대한 고민과 연구는 국내외를 막론하고 꾸준히 진행되어 왔다. 이에 천문 분야에서 진행된 과학수업 연구를 살펴보면 학생이나 교사가 가지고 있는 선(오)개념 연구(Diakidoy *et al.*, 1997; Dunlop, 2000; Schoon, 1992; Vosniadou, 1994; Myeong, 2001; Byun *et al.*, 2004; Jeong *et al.*, 2004; Ha & Lee, 1997), 수업이나 특정 수업방법을 통한 학생의 개념변화 연구(Callison & Wright, 1993; Lee, 2006; Chae, 2004) 등과 같이 천문 분야에서 다루어지는 지식 또는 개념에 대한 연구들이 활발하게 진행되어 온 것이 사실이다. 이들 연구들은 '천문 분야를 효과적으로 학습하기 위해서는 관련 지식과 개념을 습득하는 것이 중요하다'라는 전제를 방증하는 것이라 하겠다.

그러나 천문 분야를 학습하는데 개념과 지식습득만을 고려해야 하는 것은 아니다(Rudman, 2002). 앞서 언급했듯이, 천문 분야를 이해하는데 선결되어야 하는 능력은 다름 아닌 공간적 사고이다(NRC, 2006: 56; Plummer, 2014). 특히 천체의 운동과 관련한 내용은 천체의 위치

* 교신저자 : 이기영 (leeky@kangwon.ac.kr)

** 이 논문은 2013년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2013S1A5A2A03045044)

http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2015.35.2.0179

와 방향, 평면과 공간의 전환, 공간 안에서의 움직임 등을 이해해야 하므로(Lim & Jeong, 1993; Kim *et al.*, 2005) 이를 제대로 이해하기 위해서는 공간적 사고가 필수적이라 할 수 있다.

공간적 사고는 연구자에 따라서 공간적 능력(spatial ability), 시공간적 사고(visual-spatial thinking) 등의 용어로 사용되어 왔으며, 연구가 진행된 맥락에 따라 그 의미 역시 다양하게 사용되었다. 일반적으로 공간적 능력에 대한 연구는 인지 심리학 분야(e.g. French *et al.*, 1963; Linn & Peterson, 1985; Lohman *et al.*, 1987; McGee, 1979)와 교과문의 특성상 공간적 능력과 밀접한 관련이 있는 수학(e.g. Bishop, 1973; Clements, 1978), 과학(eg. Black, 2005; Kali & Orion, 1996; Mathewson, 1999; Rudmann, 2002)분야에서 진행되어 왔다.

한편 ‘공간적 사고가 무엇인가?’에 대한 논의는 연구자들마다 약간의 견해차가 있다. French *et al.*(1963)의 연구에서는 공간 능력(spatial ability)을 공간시각(spatial visualization)과 공간방향(spatial orientation)으로 나누었고, Linn & Petersen(1985)은 공간능력을 공간시각, 회전, 공간시각으로 구분하고 있으며, MaGee(1979)는 공간에서 물체의 회전을 상상할 수 있는 공간시각(spatial relation)과 공간 배열에서 다양한 부분 간의 관계를 이해하고 인식하는 공간방향(spatial orientation)으로 구분하였다. Lohman(1979)은 McGee의 두 가지 요인에 공간관계(spatial relation)를 추가하여 공간방향, 공간시각, 공간관계의 세 가지 요인으로 공간능력이 구성된다고 보았다.

지질학에서 공간적 능력의 중요성을 주장한 Kali & Orion(1996)은 McGee(1979)와 Linn & Petersen(1985)의 연구를 바탕으로 지층 구조의 공간적 특성을 인지할 수 있는 능력(the ability to perceive the spatial configuration)과 지층 내부 단면도를 마음속에 그릴 수 있는 능력(the visual penetration ability)의 필요성을 주장하였다. Black(2005)은 공간적 능력에 대해 메타분석을 수행한 Linn & Petersen(1985)의 연구를 바탕으로 공간적 능력을 정의하고, 이 중 회전능력(mental rotation)이 지구과학 영역에서 가장 중요한 공간적 능력을 주장하였다. Titus & Horsman(2009)은 지질학에서 3차원 공간을 시각화 하는 능력(3-dimensional spatial visualization)의 중요성을 전제로 공간시각 능력이 지질학 수업을 통해 향상됨을 주장하였다.

천문학 분야에서는 대표적으로 Rudmann(2002), Callison & Wright(1993), Plummer(2014)의 연구가 진행되었다. 먼저 Rudmann(2002)은 천문학이 시공간적(visuospatial) 문제해결을 필요로 하는 분야이기 때문에 공간적 능력의 중요하다고 주장하였다. 그의 연구에서 공간적 능력은 관점(e.g. top-down view, side view)과 3차원의 자료를 통합하여 하나의 이미지로 구현하는 능력으로 정의되었다. Callison & Wright(1993)는 학생들이 태양-지구-달계의 정신모형을 구성하기 위하여 첫째, 외부 관점(external perspective)과 내부 관점(internal perspective), 둘째, 관측자의 위치에 따라 관측되는 천체의 모습이 상대적임, 셋째, 천체의 이미지를 자유롭게 회전조작 할 수 있는 능력이 필요함을 지적하였다. Plummer(2014)의 연구에서 공간적 사고는 NRC(2006) 보고서에 정의된 공간적 사고에 대한 정의를 따르면서, 과학에서 공간적 사고가 기초공통 개념(cross-cutting concepts)임을 강조하였다. 특히 그녀는 천문 분야에서 지구에서 관측하는 관점과 우주에서 관측하는 관점을 자유롭게 변환시킬 수 관점 전환(shifting perspective)이 중요한 공간적 사고임을 제시하였다.

이와 같이 다양한 영역에서 공간적 사고의 중요성을 역설하는 여러

연구들에도 불구하고 공간적 사고는 수업에서 명시적으로 다루이지 않은 것이 사실이다(Geary, 1996; NRC, 2006). 특히 Mathewson(1999)은 시공간적 사고(visual-spatial thinking)가 과학적 창의력과 의사소통에 중요한 역할을 함에도 불구하고 과학 교실에서 간과되었음을 비판하고, 연구와 교사 교육, 교육과정, 과학수업 실행 등을 통해 학생들의 시공간적 사고를 체계적으로 발달시켜야 함을 제안하였다. 또한 공간적 사고(spatial thinking)에 대한 주요 내용을 담고 있는 Learning to Think Spatially (NRC, 2006)에서도 공간적 사고가 사고와 문제 해결을 위한 기초적 사고임에도 불구하고, K-12 교육과정 중 그 어디에서도 공식적·체계적으로 다루이지 않고 있음을 비판하였다.

공간적 사고는 건축, 의학, 수학, 물리, 생물 등 다양한 분야에서 나타나는 사고능력이기도 하지만(Bishop, 2008; NRC, 2006), 각 지식이 속해있는 영역 내에서 맥락화하여 실행될 때 효과적으로 학습될 수 있다. 학생들의 공간적 사고를 발달시키기 위해서는 그 지식이 속한 영역(domain-specific)에서 구조화된 프로그램과 교육과정을 통해 교수활동이 진행되어야 하는 것이다(NRC, 2006: 108-109).

그렇다면 천문학에서의 공간적 사고는 어떠한 목적과 특성을 가지고 있을까? Maeng *et al.*(2014)은 ‘지구’, ‘지구-달계’, ‘태양계’, 그리고 ‘은하와 우주’를 포함하여 천문 시스템(astronomical system)으로 지칭하고, 천문 시스템을 효과적으로 학습하기 위한 천문학적 사고로서 공간적 사고를 다음과 같이 정의하였다. 첫째, 천체의 위치 변화와 지리적 방향을 판단하는 능력, 둘째, 2차원의 평면 자료를 3차원의 공간적 자료로 또는 그 반대로 서로 전환하는 능력, 셋째, 지구에서 보는 관점에서 파악한 천문 현상을 우주에서 보는 관점에서 재구성하고 이것을 천체의 상대적 운동으로 파악하는 능력. 천문 분야에서 필요한 공간적 사고에 대한 이들의 정의는 ‘천체의 운동을 이해하기 위해서는 실제 천체들의 움직임을 관찰하는 것이 필요하지만, 학생들은 ‘지구 안’에 고정된 시각으로 지구 밖에서 일어나는 천체 운동을 관측해야 하는 인간 시야의 한계성을 그대로 가진 채로 학습에 임하게 됨’을 지적한 Black(2005)의 연구나, ‘천체의 운동을 이해하기 위해서는 지구에서 관찰되는 천체의 운동과 태양계에서 실제 진행되는 운동을 관점을 자유롭게 변환시키는 능력이 필요함’을 지적한 Plummer(2014)의 연구, ‘2차원으로 표현된 정보를 3차원에서 일어나는 운동으로 이해하고 해석해야 하는 학생들의 어려움’을 지적한 Parker & Heywood(1998)의 연구 등을 통해서도 지지된다.

한편 공간적 사고에 대한 중요성에도 불구하고 이는 고도의 형식적 사고 기능(Kim *et al.*, 2003)이기 때문에, 학생들이 공간적 사고를 바탕으로 천체의 운동을 온전히 이해하는 것은 매우 어려운 일이다(Broadfoot, 1995; Broadfoot & Ginns, 2005: 46에서 재인용). 따라서 학생들이 공간적 사고를 바탕으로 천체의 운동을 이해하려면 과학수업을 통한 교사의 중재활동이 반드시 필요할 것이다. 이를 위해서는 실제 천체의 운동을 다루는 과학수업에서 공간적 사고가 다루지는 모습을 심층적으로 살펴보고, 나아가 학생들의 공간적 사고를 발달시키기 위해서 어떠한 교수 활동을 진행할 수 있을지에 대한 논의가 진행되어야 할 것이다. 이 연구에서는 이러한 필요성을 바탕으로 태양계와 별 단위 중 천체의 운동 관련 차시에서 공간적 사고가 어떻게 다루지고 있는지를 구체적인 수업 사례를 들어 탐색하고자 한다. 특히 이 연구에서는 천문학의 맥락에서 공간적 사고를 정의한 Maeng *et al.*(2014)의 공간적 사고를 도입하여 분석을 진행하였다. 이를 통해 공간적 사고의

Table 1. Background informations of the participants

Name	Teacher 1	Teacher 2	Teacher 3	Teacher 4
Gender	Male	Female	Male	Female
Locality	urban	urban	suburban	rural
Teaching careers	15	8	10	4
Education	Master	Master	Master	Master candidate
Major in Master	Elementary science education	Earth science education	Social studies education	Elementary science education

Table 2. The teaching sequences of the unit ‘Solar system and stars’

	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5	Class 6	Class 7	Class 8	Class 9	Class 10
Title of the class	Game (planet & constellation)	Compositions of the solar system Valuable sun in the solar system	The size of the planets	The distance of planets from the sun	The movement of the planets	Observing constellation of the northern sky	The diurnal motion of stars	Seasonal constellation	The characteristics and movements of the planets	Space exploration projects
Phases	Fun science (card game activity)				Science lab				Summary	Planning a space exploration
Contents		The compositions and characteristics of the solar system			The revolution of the earth	Constellation	The rotation of the earth	The revolution of the earth		
Analysis object		not selected			selected	not selected	selected		not selected	

Bold: The selected classes

영역·특수적 성격을 반영한 수업 분석을 수행하고자 하였다.

태양계와 별 단원에서 천체의 운동은 태양계 행성의 움직임, 하룻밤 동안 별자리의 위치 변화, 계절별 별자리 변화 차시로 다뤄진다. 이 중 하룻밤 동안 별자리의 위치 변화는 별의 일주운동을 다루고, 태양계 행성의 움직임과 계절별 별자리 변화 차시에서는 지구의 공전과 태양계 행성의 공전이 다뤄진다. 별의 일주 운동은 지구의 자전에 의한 시운동이기 때문에 실제로는 지구의 자전에 의한 현상이다. 그리고 계절별 별자리 변화는 지구의 공전에 의한 시운동, 태양계 행성의 운동은 태양계 행성들의 공전에 대한 것이다. 이에 계절별 별자리 변화와 태양계 행성의 운동은 태양계 행성의 공전으로 묶일 수 있다. 따라서 이 연구에서는 태양계와 별 단원에서의 천체의 운동을 지구의 자전, 태양계 행성의 공전 차시로 구분하고 다음과 같이 연구문제를 기술하였다.

첫째, 지구의 자전 관련 수업에서 나타나는 공간적 사고는 어떠한가?

둘째, 태양계 행성의 공전 관련 수업에서 나타나는 공간적 사고는 어떠한가?

II. 연구 방법

1. 연구 참여자

이 연구는 태양계와 별 단원 중 천체의 운동을 다루는 차시에서 공간적 사고가 어떻게 다루어지고 있는지에 대한 분석을 연구의 주요 목적으로 삼고 있다. 따라서 참여 교사의 배경에는 큰 제한이 없었다. 따라서 연구진은 5학년의 과학수업을 진행하고 있는 초등 교사들을 대상으로 연구의 취지와 목적을 밝힌 후 이들 중 연구에 자발적 참여 의사를 밝힌 4명의 교사를 연구 참여자로 선정하였다. 참여 교사는 각각 도시와 소도시, 교외 지역에서 담임교사로서 과학 수업을 진행하

고 있었다. 각 교사의 성별과 교사 경력, 학력 및 세부 전공 등을 포함한 참여 교사의 배경 정보는 Table 1과 같다.

2. 자료 수집 및 분석

참여교사의 수업에 대한 관찰은 비참여관찰의 형태로 이뤄졌으며, 초등학교 5학년 태양계와 별 단원 수업이 진행되는 2013년 11~12월에 걸쳐 3주간 진행되었다. 참여 교사는 연구진의 참여관찰에 의한 관찰 효과를 최소화하기 위하여 학생들에게 수업 녹화의 취지를 충분히 설명하였고, 평소와 같이 최대한 자연스러운 상태에서 수업이 이루어지도록 하였다. 연구진은 수업을 촬영하면서 교사의 수업에서 두드러지는 교사의 지식과 실행을 필드노트로 작성하였다. 수업 촬영은 연속해서 진행되었으며, 수업이 종료된 후에는 참여 교사의 수업에서 나타나는 교사의 수업 실행의 의미를 정교화 시키기 위한 인터뷰가 진행되었다.

태양계와 별 단원은 Table 2에서 보듯이 태양계의 구성, 태양계 행성의 크기, 태양에서 행성까지의 거리, 북쪽 하늘의 별자리 등과 같은 태양계의 구조에 대한 내용과 태양계 행성의 움직임, 하룻밤 동안 별자리의 위치 변화, 계절별 별자리 변화와 같은 태양계 행성의 움직임에 대한 내용으로 구분될 수 있다. 이 연구는 천체의 운동을 이해하는데 중요한 공간적 사고가 수업 중에 어떠한 양상으로 나타나는지를 알아보는데 그 목적을 두었다. 이에 따라 연구진은 해당 차시에서 각 교사에 의해 공간적 사고가 어떠한 방식으로 수업에 반영하고 있는지를 분석하기 위해 수업동영상을 함께 보면서 수업 중에 공간적 사고가 반영된 차시에 대한 선별 작업을 진행하였다. 그 결과 태양계 행성의 운동(지구 공전)을 다루는 5차시, 하룻밤 동안 별자리의 위치 변화(지구 자전)를 다루는 7차시, 계절에 따른 별자리(지구 공전)를 다루는 8차시, 이상 3개의 차시가 이 연구를 위한 분석 차시로 선별되었다 (Table 2).

연구진은 선별된 3개의 차시에 대하여 각 수업에서 공간적 사고가 어떻게 나타나고 있는지를 연구자별로 발췌하는 1차 분석을 수행한 다음 분석 결과에 대한 토의를 진행하였다. 2차 분석에서는 각 연구자별로 수업 동영상상을 보면서 1차 분석에 대한 수정·보완 작업을 거쳤다. 3차 분석은 2차 분석을 통해 수합된 연구 사례를 연구자 한명이 동일한 관점에서 재해석하는 작업이 진행되었다. 그 결과 3차 분석 결과는 2차 분석 결과와 동일하게 나타났다. 마지막으로 일련의 과정을 통해 분석된 결과는 학회 발표를 통해 전문가들과 토의를 거침으로써 분석에 대한 타당도를 확보하였다.

수업전사본은 교사와 학생간의 말차레를 숫자로 제시하고, 전사된 대화의 주체를 교사, 학생으로 표시하였다. 그리고 교사가 특정 학생의 이름(익명)을 부르고 해당 학생이 말차레를 받는 경우 학생의 이름을 사용하였다. 그런 다음 주체별 대화의 내용을 순서대로 제시하였다. 대화의 내용 중 수업 참여 주체(교사, 학생)의 행동이나 몸짓, 표정과 같은 메타언어는 괄호 안에 표현하였다. 또한 수업의 전후 상황을 이해하기 위하여 필요한 경우 전사본에서 생략된 수업 전, 중, 후 상황에서 어떠한 활동이 진행되었는지를 각각 전략, 중략, 후략으로 표시하여 제시하였다.

III. 연구 결과

이 연구에서는 태양계와 별 단위에서의 천체의 운동을 지구의 자전, 태양계 행성의 공전 차시로 구분하여 공간적 사고를 분석하였기 때문에 연구결과는 첫째, 지구 자전 관련 차시에서 나타나는 공간적 사고, 둘째, 태양계 행성의 공전 관련 차시에서 나타나는 공간적 사고의 두 측면으로 나누어 제시하였다.

먼저 7차시는 지구 자전에 의한 별의 일주운동에 대한 내용으로, 이 차시에서의 주요 내용은 오리온자리가 하룻밤동안 어떻게 이동하는지를 방위로 표현하고, 그 이유를 자전하는 지구본과 지구 밖에 고정되어 있는 오리온 별자리판으로 확인하여 이해하는 활동이다. 참여 교사 모두는 7차시 수업에서 첫째, 오리온자리의 위치가 동에서 남을 거쳐 서로 이동한다는 것과, 둘째, 지구본을 이용하여 왜 오리온자리가 그런 이동을 하게 되는지를 설명하는 활동을 진행하였다. 연구진들은 이들 수업에 대하여 공간적 사고의 측면을 중심으로 첫째, 지리적 방향에 대한 공간적 사고 측면과 둘째, 지구-우주 기반 관점 전환에 대한 공간적 사고 측면을 중심으로 각 교사의 수업에서 나타나는 공간적 사고를 분석하였다.

1. 지구 자전 관련 수업에서 나타나는 공간적 사고

공간적 사고 측면에서 볼 때, 별의 일주 운동은 하루 동안 별이 어떤 방향으로 움직이는지 그리고 이러한 운동이 지구의 자전 방향과 어떤 관계가 있는지를 다루게 된다. 별의 이동 방향에 대한 내용에서는 동, 남, 서 등과 같은 방위가 제시되고, 별의 일주 운동은 평면에서 진행되는 운동이 아니라 공간에서 진행되는 것임을 이야기 할 수 있다. 또한 지구의 자전과 별의 일주 운동을 연계할 때는 필연적으로 별의 일주 운동을 지구에서 보는 관점과 우주에서 보는 관점으로 변환시켜야 한다. 별의 일주 운동이 지구 자전에 의한 것이고, 지구의 자전 방향과 별의 일주 운동 방향이 반대임을 이해하기 위해서는 천체 운동

의 상대성과 방위를 연계할 수 있어야 한다. 참여 교사가 진행하는 별의 일주 수업에서 공간적 사고는 매우 다양한 방식으로 다뤄지고 있었다. 다음은 참여 교사의 수업에서 제시되는 공간적 사고를 첫째, 지리적 방향 측면, 둘째, 지구-우주 관점 전환과 상대적 운동 측면에서 비교 분석한 결과이다.

가. 지리적 방향에 대한 공간적 사고

(1) 관측 기준점에 대한 방위 제시 후 안내 없이 관측 기준점과 방위 변경: 교사 1의 사례

아래 사례에서 교사 1은 북쪽 하늘의 별자리, 교실 안에 있는 태극기 액자의 위치 등을 통해 학생들이 바라보는 정면이 북쪽이라는 것을 언급하면서 수업을 진행함을 알 수 있다(01~06). 아래의 전사본에 ‘중략’으로 표시된 곳에서 교사는 학생들과 북쪽 하늘에 있는 별자리인 북두칠성, 카시오페이아 등의 별자리를 확인하는 문답을 진행하였다. 17에서 보면 교사 1은 스텔라리움을 통해 별자리를 보여줄 생각으로 화면에 스텔라리움을 띄웠다. 이 때 학생들에게 보이는 화면은 수업이 진행되던 11월 오전 9시경의 남쪽 하늘이다. 이를 통해 수업의 시작 부분에서 북쪽으로 지시되었던 ‘태극기 있는 데’가 남쪽으로 전환되는 것이다. 이처럼 교사 1이 수업 초반부에 북쪽으로 알려주었던 ‘태극기 있는 데’가 남쪽으로 바뀌었지만, 교사는 학생들이 바라보고 있는 곳이 북쪽에서 남쪽으로 바뀌었다는 것과 이로 인해 왼쪽과 오른쪽의 방위가 전환된 것에 대하여 특별한 언급 없이 활동을 계속 진행하고 있다.

01. 교사 1: 북쪽하늘의 별자리에 대해서 공부해 봤죠?
02. 학 생: 네.
03. 교사 1: 응, 북쪽하늘. 태극기 있는 데가 북쪽이라고 했죠?
04. 학 생: 네.
05. 교사 1: 자, 북쪽하늘에 있는 별자리는 어떤 게 있었죠?
06. 학 생: 북극성.
(중략: 교사와 학생이 북쪽하늘에 있는 별자리의 이름을 묻고 대답함)
17. 교사 1: 북극성. 자, 한 번 선생님이 어, 어제 선생님이 새로운 별자리를 볼 수 있는 프로그램을 하나 소개해 줄게요. 다운받아 났는데, 봐 보자. 지금 요것은 지금 현재 우리가 있는 곳에 지금 모습이야. 지금 태양이 남쪽 하늘에 지금 동쪽에 떠 있죠? 태양이 떠 있죠?
18. 학 생: 네.
19. 교사 1: 실제로 보면 지금 현재 광주에서 보고 있는 하늘의 모습이에요. 지금 이 시간.
(중략: 교사가 시간을 빠르게 돌려 별자리가 변화하게 함)
37. 학 생: 우와, 오리온자리 보인다.
38. 교사 1: 보이죠?
39. 학 생: 네.
40. 교사 1: 지금 오늘 지금 밤 오늘 밤 8시 밤 8시 45분 6분 약 9시쯤에 보이면, 보면 이렇게 이런 모습이 보인다 그 말이에요. 자 그러면 이제
41. 학 생: 선생님, 오리온자리 없는데요.

42. 학 생: 저기 있잖아.
 43. 교사 1: 자, 여기는 지금, 어……. **여기는 남쪽하늘이거든요? 북쪽으로**
 가 봅시다. 이 앞전에 공부했던 북쪽 가봅시다. 북쪽을 가보면
 자, 여기 보면 잘 보면 여기 카시오페이아와 북두칠성이 보여요.
 44. 학 생: 어, 진짜 카시오페이아다.

볼드체: 방위, 밑줄: 시간

43에서 교사 1은 남쪽하늘에서 북쪽 하늘로 화면을 전환하여 학생들이 북쪽 밤하늘을 관찰할 수 있게 하였다. 이 때 교사는 학생들에게 남쪽 하늘을 바라볼 때 방위와 북쪽 하늘을 바라볼 때의 방위를 명시적으로 설명하지 않았다. 즉 교사는 학생들에게 태양이 뜨는 남쪽 하늘을 바라볼 때 태양이 떠오르는 왼쪽이 동쪽이며 오른쪽이 서쪽이라는 것, 학생들이 바라보는 곳이 북쪽 하늘일 때 왼쪽이 서쪽이고 오른쪽이 동쪽이라는 방위를 구체적으로 설명하지 않았다. 교사는 관측자를 기준으로 동, 서, 남, 북 방위를 구체적으로 언급하는 대신 구체적인 사물(태극기 액자)의 위치를 들어 ‘북쪽’으로 방위를 지정한 것이다(03). 그러나 교사가 스텔라리움을 이용하여 태극기가 있는 쪽에 남쪽 하늘을 띄우게 됨으로써, 태극기 액자의 위치는 북쪽에서 남쪽으로 변화하였다(43). 그리고 교사는 스텔라리움의 화면이 있는 태극기 액자 쪽이 남쪽 하늘에서 북쪽 하늘로 그 방위가 변화한 것에 대하여 언급을 하지 않았다. 이로써 오리온 별자리가 겨울철 남쪽 하늘에서 관찰되는 점, 같은 시간 북쪽하늘에서는 카시오페이아와 북두칠성이 보인다는 점 등 방위에 따라 관찰되는 별자리가 다르다는 것을 수업에서 다루지 않는다. 정리하면, 교사 1은 학생이 보게 되는 곳이 남쪽하늘 또는 북쪽하늘이라고 제시해 준다는 점에서 관측 기준점을 제시하고 있음을 알 수 있다. 그러나 관측자가 바라보는 관점에 따라 방위가 어떻게 전환되는지에 대해서는 학생들에게 명시적으로 제시하지 않았다. 다음 사례는 이후의 수업 상황이다.

98. 교사 1: 아, 네가 보니까 하늘에 (오리온자리가) 어디쯤이나 있더냐?
 99. 우 성: 저기.
 100. 교사 1: **동쪽?**
 101. 우 성: 아뇨.
 102. 교사 1: **남쪽?**
 103. 학 생: 아니, **정 중앙**에서.
 104. 우 성: **보긴 봤는데 어디서 봤는지** 잘 기억이 안나요.
 105. 교사 1: 아, 그래 어디서 봤는지 잘 기억이 안 난다. 그러면 그 별자리 위치는 잘 변했는지 안 변했는지 잘 모르겠네?
 106. 우 성: 네.
 107. 교사 1: 어, 오케이 다른 사람. 진철이 한 번 이야기 해 봐. 어제 별자리 본 거 이야기 해봐.
 108. 진 철: 어.
 109. 교사 1: 봤어요?
 110. 진 철: 네, 우리 **아파트** 뒤에서 봤어요.
 111. 교사 1: 아, 그랬구나. 어디 지민이는 봤을까? 별자리.
 112. 학 생: 보긴 봤어요.
 113. 지 민: 어제 강당에서 끝나고
 114. 교사 1: 어. 어제 봤고, 응.
 115. 학 생: **강당 위**.

115. 지 민: 위치는 잘 모르겠어요.

볼드체: 방위(위치)

위의 수업 사례에서 보듯 교사 1은 학생에게 오리온자리가 하늘의 어느 방향에서 관찰되었는지를 질문하였다. 이는 이전 사례에서 스텔라리움 화면을 통해 보이던 하늘과 다른 상황이다. 그러나 교사 1은 학생들이 실제로 관찰하는 하늘에서 학생들이 어느 방향을 바라보고 있는지, 그래서 방위는 어떻게 되는지에 대한 추가적인 정보를 제시하지 않았다. 즉, 관측 기준점이 바뀌었으나 바뀐 방위에 대한 정보가 학생들에게 제시되지 않은 것이다. 이 때문에 학생들은 별자리의 위치를 정중앙, 아파트 뒤, 강당 위 등과 같이 구체물을 들어 이야기 하거나 (103, 110, 115), 위치를 표현하지 못하고 있다(115). 교사가 계속적으로 별자리의 위치를 ‘동쪽’, ‘남쪽’ 등의 방위를 사용하여 학생들의 답변을 이끌어 내고자 노력했지만(100, 102), 학생들은 별자리의 위치에 대하여 방위로 표현하는데 어려움을 겪고 있다.

- (2) 관측 기준점에 대한 방위 제시와 관측 기준점 변경 후 방위 제시:
 교사 2의 사례

아래 사례에서 보듯, 교사 2는 학생들이 바라보고 있는 방향이 남쪽일 때와 북쪽일 때 양쪽의 방위가 어떻게 변화하는지를 수업 초반부터 매우 명시적으로 제시하고 있다(01~03). 학생들이 바라보는 하늘이 ‘남쪽 하늘’임을 제시하는 것은 학생들에게 관측 기준점을 제시하는 것으로, 교사 1의 수업과 비슷하다고 할 수 있다(01). 그러나 교사 2는 더 나아가 학생들이 바라보고 있는 곳이 남쪽일 때 바라보고 있는 방향이 어디인가에 따라 왼쪽과 오른쪽의 방위가 어떻게 바뀌는지를 제시하였다(01, 03). 이를 통해 학생들은 관측의 기준점에 따라 방위가 어떻게 전환되는지를 생각해볼 기회를 갖게 된 것이다.

01. 교사 2: 오늘 배울 내용은 이거고요. **남쪽 하늘**의 별자리. 이게 지금 남쪽 하늘이 되어 있으니깐 **이쪽**은 뭐예요? **여기가 남쪽**이면 **여기가 동쪽**이지? **오른쪽이 동쪽**인 것은 우리가 어디를 바라봤을 때야?
 02. 학 생: 북쪽.
 03. 교사 2: 북쪽을 바라봤을 때니깐. **여기**는 지금 **남쪽**이니깐 **여기**가 반대로 **동쪽**이고, **서쪽**이죠. 우리가 오늘 배울 별자리는 뭐예요?
 (중략: 오리온자리에 대한 설명과 신화 소개)
 19. 교사 2: 두 번째로 오리온자리의 이동을 한 번 볼게요. 프로그램을 이용해서 한 번 볼게요. 스텔라리움을 이용할거예요.
 (스텔라리움 조작 준비)
 20. 교사 2: 일단 봐보자. 여기에 낫익은 별이 하나 보이죠?
 21. 학 생: 어? 저기, 저기, 저기, 세 개.
 22. 교사 2: 그러고 나서 우리가 아까 말한 별, 베텔기우스가 있죠. 이게?
 23. 학 생: 오리온자리.
 24. 교사 2: 그렇지. 오리온자리이죠. 언제로 설정을 했냐 하면. 몇 시죠?
 25. 학 생: 11시.
 26. 교사 2: 10시쯤에 **남쪽**인데 **여기**는 어디야? 방향이?
 27. 학 생: 동.
 28. 교사 2: **동쪽**이죠? **동쪽**에 뒀다 그치? 조금 더 자세하게 시간을 돌려볼게.

(중략: 스텔라리움으로 시간을 빠르게 가게 하여 별의 이동 방향을 확인함)

45. 교사 2: 이걸 보고(시간대 별로 그린 오리온자리 위치 변화 그림) 이렇게 다 떠올라? 그러면 3번에 답을 할 수가 있겠네? 하루 동안의 오리온자리 위치변화는 어디에서 어디로?
46. 학 생: 동에서 남, 서.

볼드체: 방위, 밑줄: 시간

위의 사례에서 특징적인 것은 학생들이 천체의 위치를 묻는 교사의 질문에 대해 방위로 대답하고 있다는 것이다(26~27, 45~46). 이는 교사 1의 수업에서 학생들이 천체의 위치를 구체물을 들어 제시하던 것과는 대비되는 것이다. 실제로 교사 2는 자신의 수업에서 천체가 움직이는 방향에 초점을 두어 수업을 했다고 다음과 같이 진술하였다.

교사 2: 전 여기서 초점을 맞춘 게 방향……. 현상 쪽으로 어느 방향에서 어디로 가는지……. (중략) 저는 제가 이 단원이 별자리 이동 방향이 초점이라고 생각을 해서 방향을 이해시키려고…….

이를 통해 교사 2는 천체가 움직이는 방향을 강조하기 위하여 학생들에게 관측 기준점을 분명히 제시한 다음 방위를 정확히 제시하고 있음을 알 수 있다(01). 교사 2의 수업은 관측 기준점이 변화되었을 때 기준점을 중심으로 방위가 어떻게 변화하는지를 생각해 볼 수 있는 기회를 학생에게 제공하고 있다(03). 이러한 교사 2의 교수 활동은 공간적 사고 측면에서 학생들로 하여금 자신이 바라보고 있는 곳이 어느 방향인지, 이에 따라 천체가 어느 방향으로 움직이고 있는지를 생각해보게 하여 학생들에게 공간적 사고를 발전시킬 수 있는 기회를 제공하는 수업이라고 할 수 있다.

(3) 관측 기준점과 방위 제시 없이 당위적으로 암기: 교사 3의 사례

교사 3은 지구의 자전에 의한 별의 일주 운동을 가르치는 것을 목적으로 한다는 수업 목표에 대한 안내를 진행하였다(01~03). 다음에는 본격적으로 이번 차시의 학습목표인 ‘하룻밤 동안 별자리가 어느 방향에서 어느 방향으로 이동하는지’ 그 구체적인 방향(방위)을 학생들에게 질문하였다(01~11). 그리고 학생들은 이에 대하여 “서쪽에서 동쪽”이라고 구체적인 방위로 답을 하였다(12). 그러나 학생들의 답변은 잘못된 것이었다. 이에 따라 교사는 추가적으로 5학년 1학기 지구와 달 단원에서 배웠던 태양의 일주 운동 방향을 질문하였다(13). 학생들이 태양의 일주 운동 방향을 “동에서 서”로 바르게 대답하자(14), 교사는 이에 대하여 왜 태양의 일주 운동 방향이 별의 일주 운동 방향과 같은지에 대한 설명 없이 “그러니까 별자리도 마찬가지로”라고 제시하였다(15). 이후 교사 3은 별의 일주 운동이 지구 자전에 의한 것임을 구체적인 설명 없이 문답을 통해 정리하였다(15-17).

01. 교사 3: 수업 시작합니다. 학습목표 둘 셋.
02. 교사 3, 학생: (칠판에 적힌 학습목표를 함께 읽음) 하룻밤 동안의 별자리 위치와 계절에 따른 모양의 달라짐을 알 수 있다.
03. 교사 3: 오늘은 하룻밤 동안에 별자리가 어떻게 움직이는지, 그리고 하루 동안에 별자리가 그렇게 움직인다면 계절에 따라서 봄, 여름, 가을, 겨울에 따라서 이 별자리의 위치가 어떻게 바뀌는지

알아보겠습니다. 교과서 148쪽을 보겠습니다.

(중략: 본시 학습활동 안내)

11. 교사 3: 그래서 지금은 하룻밤 동안의 별자리의 움직임. 별자리가 하룻밤 동안 어디서부터 어디로 움직이겠습니까?
12. 학 생: 서쪽에서 동쪽으로.
13. 교사 3: 별자리가 서쪽에서 동쪽으로 움직입니까? 그러면 태양은 어디에서 떠서 어디로 집니까?
14. 학 생: 태양은 동쪽에서 떠서 서쪽으로.
15. 교사 3: 태양은 동쪽에서 떠서 서쪽으로 지죠. 그래서 사람들이 새해 일출을 보러 어디로 갑니까. 동해안으로 가죠? 그러니까 별자리도 마찬가지로 되겠죠. 그리고 우리가 별자리의 움직임을 알 수 있는 이유. 다시 말해 별자리가 하루 동안 왜 움직일까? 아니. 별자리가 왜 움직이는 것처럼 보일까?
16. 학 생: 지구가 움직이기 때문에.
17. 교사 3: 지구가 자전을 하기 때문에!

볼드체: 방위

교사 3의 질문과 학생들의 대답은 관측의 기준점에 대한 안내나 특정 방향을 구체적인 방위로 제시하지 않은 채 그저 “서쪽에서 동쪽으로”와 같이 당위적으로 제시되고 있음을 알 수 있다. 실제로 교사 3은 이 수업에서의 수업 목표를 다음과 같이 설명하였다.

교사 3: 아. 다른 것들은 몰라도, 행성의 운동이면 방향, 어느 쪽에서 어느 쪽으로, 예를 들어 동에서 해가 떠서 서쪽으로 지는 것은 우리가 서쪽에서 동쪽으로 자전을 하기 때문이다. (중략) 처음에는 보고 읽고, 두 번째는 눈을 살짝 감고 읽습니다. 그리고 세 번째는 하늘 보고 말할 수 있도록, 즉 외출 수 있게 만들려고 합니다. 수업 끝날 때까지 너희들이 해야 할 것은 학습목표 숙지인 것을 알려주는 행동입니다. 이것을 매 시간마다 하며, 과학뿐만 아니라 다른 과목 수업할 때도 하고 있습니다.

교사 3은 수업시작에서 학습목표를 학생들과 확인한 후(01~02) 바로 별자리와 태양의 이동방향이 ‘동쪽에서 서쪽’이라는 것을 묻고 답하였다. 별자리의 이동에 대하여 처음으로 다루는 차시였던 만큼, 교사 3은 교수활동에서의 강조점은 천체의 운동방향이 ‘동쪽에서 서쪽’임을 지식적으로 암기하는 것임을 알 수 있다. 그리고 교사 3의 교수 활동은 특정 사물이나 방향에 대하여 구체적으로 방위를 알리지 않는다는 점에서 학생들에게 공간 그 자체에서 별의 일주 운동을 살펴볼 수 있는 기회를 제공하지 못함을 알 수 있다. 교사는 하룻밤 동안 별자리가 움직이는지 그렇지 않은지에 대한 답변을 할 수 있는 자료를 제시한 것도 아니며, 별자리의 움직임을 추론할 수 있는 자료 역시 제시하지 않았다. 교사는 다만 당위적으로 ‘태양이 동에서 서로 움직이는 것처럼 별자리도 동에서 서로 움직인다’는 당위적 설명을 제시한 것이다. 그리고 학생들은 교사가 제시한 당위적 명제를 그대로 수용하고 암기하는 모습이었다.

(4) 반복적 방위 제시: 교사 4의 사례

아래 사례에서 교사 4는 오리온자리가 하루 동안 움직이는 방향이

어떻게 변화하는지에 대하여 스텔라리움을 프로젝션 화면에 띄워 학생들과 관찰하였다. 화면에는 스텔라리움 프로그램에서 제공하는 동, 남, 서 방향이 화면상의 지면에 각각 표시되어 있었다. 그리고 교사 4는 수업이 진행되던 날짜에 오리온자리가 관측되는 오후 8시로 스텔라리움의 날짜와 시간을 세팅하여 오리온자리의 위치를 학생들과 확인하고(70~71), 시간을 빨리 흐르게 하여 새벽과 아침에 오리온자리의 위치를 확인하였다(72~75). 교사 4는 이 활동을 반복하여 진행했는데, 이를 통해 하룻밤동안 오리온자리의 위치와 방위가 어떻게 변화하는지를 학생들이 반복적으로 확인할 수 있는 기회를 제공하였다(77~82). 이후에도 학생들은 오리온자리가 밤부터 다음날 아침까지 동쪽에서 가운데(남쪽)를 거쳐 서쪽으로 이동한다는 것을 확인하였다(83~88). 교사 4는 다시 오후 8시, 새벽 1시, 아침 6시의 오리온자리의 위치를 보여주면서 하룻밤 동안 오리온자리의 위치와 방위를 한 번 더 확인시켰다(89).

- 57. 교사 4: (전략: 오리온자리 신화 동영상 보여줌) 자, 그래서 오리온자리인데 요. 오리온자리에는 큰 별 2개가 있어. 우리가 봤을 때, 밝게 보이는 별 2개가 있어. 그게 바로 베타게우스와 리겔이라는 별들이 예요.
- 58. 학 생: 그거 어떻게 생겼는지 봐요.
- 59. 교사 4: 어떻게 생겼는지 이제 볼 거야. 그런데 우리가 밤하늘에서 가장 밝게 보이는 별은 시리우스거든 그런데 왜 오리온자리를 선택을 했을까? 밤하늘을 관찰하려고 하는데.
(중략: 스텔라리움을 통해 오리온자리를 화면에 띄우고, 학생들과 베타게우스와 리겔 별자리를 찾음)
- 70. 교사 4: (화면에서 오리온자리)찾았어? 그런데 지금 시간은 12월 3일, 오후 8시예요. 어디 쪽에 있어?
- 71. 학 생: **동쪽**.
- 72. 교사 4: **동쪽** 하늘에 있어. 그 다음에 12월 4일이야. 자정이 지나서 새벽 1시가 됐어. 오리온자리 찾았어?
- 73. 학 생: **가운데!**
- 74. 교사 4: 가운데 있어. 맞아? 12월 4일 아침 6시예요. 오리온자리가 어디로 갔어?
- 75. 학 생: 서쪽.
- 76. 학 생: 보여요.
- 77. 교사 4: 찾았어? 그런데 지금 시간은 12월 3일, 오후 8시예요. 어디 쪽에 있어? 동쪽 하늘에 있어. 그 다음에 12월 4일이야. 자정이 지나서 새벽 1시가 됐어. 오리온자리 찾았어?
- 78. 학 생: 네. **가운데!**
- 79. 교사 4: **가운데** 있어. 맞아? 자, 12월 4일 아침 6시예요. 오리온자리가 어디로 갔어?
- 80. 학 생: **서쪽**
- 81. 교사 4: 이제는 어느 쪽에 있니? **동쪽**이야? **남쪽**이야? **서쪽**이야?
- 82. 학 생: **서쪽!**
- 83. 교사 4: 그러면 하룻밤 사이에 오리온자리는 **어디로** 이동을 할까?
- 84. 학 생: **동쪽**.
- 85. 교사 4: 어. **동에서** 떠서?
- 86. 학 생: **남쪽으로**
- 87. 교사 4: 어. **남쪽** 하늘을 지나?

- 88. 학 생: **서쪽으로**
- 89. 교사 4: 어, **서쪽으로** 질 거야. 자, **저녁 8시**에는 동쪽 하늘에 있었고, **밤 1시**에는 **남쪽** 하늘에 있었고, **새벽 6시**에는 **서쪽** 하늘에 있었어. 오리온자리가 움직인 **방향은 동에서 남을 지나 서**를 갔지? 이거 어느 것과 비슷해?
- 90. 학 생: 지구의 자전~!

볼드체: 방위, 밑줄: 시간

이처럼 교사 4의 수업은 학생들이 관찰하는 곳에서 동쪽과 남쪽, 서쪽을 명시적으로 제시하고 오리온자리가 시간에 따라 어느 방향으로 이동하고 있는지를 반복적으로 보여줌으로써 오리온자리의 이동 방향을 정확한 방위로 설명하도록 유도하고 있다. 이러한 설명 방식은 교사 3이 특정 방향에 대한 구체적인 방위를 제시하지 않은 채 천체의 운동 방향을 암기시키는 교수활동과는 구별된다고 할 수 있다.

나. 지구-우주 관점 전환과 상대적 운동에 대한 공간적 사고

천문분야는 학생들에게 주어진 정보와는 다른 관점으로 물체의 운동이나 방향을 재구성하는 것을 빈번하게 요구한다(Broadfoot, 1995). 그러나 다른 물체의 관점으로부터 천체가 어떻게 보일지를 이미지화 하는 것은 학생들에게 매우 어려운 일이다(Broadfoot & Ginns, 2005). 이러한 어려움에도 불구하고 태양계와 별 수업은 단원의 특성상 학생들이 실제 우주에서 지구를 관찰할 수 없기 때문에 교과서의 사진자료나 컴퓨터를 통한 인공위성 자료 등에 대한 의존도가 높다. 다음은 별자리의 일주운동에 대하여 서로 다르게 접근하고 있는 각 교사의 수업 사례들을 제시한 것이다. 먼저 교사 1의 수업 사례를 살펴보면 다음과 같다.

(1) 관점제시 후 우주기반 관점에서 지구기반으로 운동방향 추론하기: 교사 1의 사례

아래 사례에서 학생들은 실제로는 교실에 앉아 있으면서 지구본과 오리온자리를 보고 있기 때문에 우주기반 관점(space-based view)으로 오리온자리를 보고 있다. 하지만 교사 1은 지구본 위에 수수깡을 붙이고 학생들로 하여금 지구본 위 수수깡의 위치에서 지구기반 관점(earth-based view)으로 오리온자리를 관찰할 것을 요구하고 있다(162~164). 실제로 이러한 관점의 변환은 초등학생들에게 매우 도전적인 과제이다(NRC, 2006; Pinker & Finke, 1980; Shepard & Cooper, 1982). 그런데 178에서 보듯이 학생은 이미 ‘동쪽에서 서쪽’이라는 정답을 이야기 한다. 177에서 ‘우리가 움직이는 것처럼 보인다’는 학생의 답변이 있기는 했지만, 교사 1은 이것에 대한 구체적인 언급은 피하고 다시 한 번 지구본을 회전시키며 학생들에게 머릿속으로 상황을 재현할 것을 요구하였다(179). 이 상황에서 교사 1이 제시한 것은 지구가 시계 반대 방향으로 돌고 있다는 것일 뿐, 지구본 위 관측자의 입장에서 어느 쪽이 동쪽이고 어느 쪽이 서쪽인지에 대한 언급은 제시되지 않는다. 학생들은 이후에도 오리온자리가 ‘동쪽에서 서쪽’으로 움직이는 것처럼 보인다고 답변하고 있으며(182, 184, 185, 187), 교사 1은 학생들의 이러한 답변에 대해 확인 질문만을 반복하였다(181, 183, 186).

162. 교사 1: (전략: 오리온자리 신화 들려줌) 자, 오리온자리 봤죠? 네, 이렇게 우리가 신화를 봤어요. 그래서 오늘 겨울철에 가장 대표적인 바로 별자리가 바로 오리온자리예요. 오리온자리, 그럼 이 오리온자리는 하루 동안에 어떻게 움직일지를 우리가 한 번 알아, 예상을, 생각을 한 번 해 봅시다. 우리가 이 시간에 자, 여러분들 우리나라에 지금 요렇게(지구본 우리나라 위치에 빨간 수수깡이 붙어 있음) 여러분들이 빨간.



- 163. 학 생: 수수깡.
- 164. 교사 1: 여러분들이 지금 서 있다고 합시다. 생각합시다. 알았나? 여기 서 있어요. 알았죠?
- 165. 학 생: 네.
- 166. 교사 1: 그러죠?
- 167. 학 생: 네.
- 168. 교사 1: 자, 응, 그러면 어, 지구는 하루 동안에 움직입니까? 지구가?
- 169. 학 생: 네. 네.
- 170. 교사 1: 어, 어떻게 움직여요? 어, (지구본을 시계 반대방향으로 돌리며) 이렇게 움직일까요? (지구본을 시계 방향으로 돌리며) 이렇게 움직일까요?
- 171. 학 생: 시계 반대방향.
- 172. 교사 1: 시계 반대방향. (지구본을 시계 반대방향으로 돌리며) 이렇게 움직이죠?
- 173. 학 생: 네.
- 174. 교사 1: 그러면 자, 오리온자리가 딱 동쪽에 딱 이렇게 딱 있다고 그러면, 지구가 여러분들이 지금 여기 서 있다고 생각하세요. 여러분들 서 있다고 생각하세요.
- 175. 학 생: 네.
- 176. 교사 1: 서 있으면, 이 오리온자리가 하늘에 봤을 때 움직이면 오리온자리는 어떻게 움직이는 것처럼 보일까?
- 177. 학 생: 우리가 움직이는 것처럼.
- 178. 학 생: 동쪽에서 서쪽으로 움직이는 것처럼.
- 179. 교사 1: 자, 보세요. 한 번 생각해 볼까? 이 오리온자리는 어떻게 움직일까? 우리가 보면 지구가 도니까 지구가 돌죠? 도니까 지구가 도니까 오리온자리 이것은 시간이 지남에 따라서 움직이게 보이겠죠?
- 180. 학 생: 네.
- 181. 교사 1: 어느 쪽으로 움직이게 보일까?
- 182. 학 생: 동쪽에서 서쪽
- 183. 교사 1: 동쪽에서 서쪽으로 보일까요?
- 184. 학 생: 네.
- 185. 학 생: 동쪽에서 서쪽으로
- 186. 교사 1: 그렇게 보일까요?
- 187. 학 생: 네.

볼드체: 방위, 밑줄: 방향

위의 사례는 학생들이 관점을 변환시켜 볼 수 있는 맥락에는 노출되었다고 볼 수 있다. 왜냐하면 교사가 지구본에 수수깡을 붙여 학생들이

수수깡의 위치에서 오리온자리를 살펴보라는 구체적인 지침을 주었기 때문이다. 그러나 교사 1은 수수깡 위치에 있는 관측자의 입장에서 동쪽과 서쪽이 각각 어디인지, 그 위치에서 볼 때 오리온자리는 어떻게 운동하는 것처럼 보이는지에 대하여 학생들에게 구체적으로 제시하지 않았다. 이로써 위의 내용은 학생들 스스로 알아내야 하는 과제로 수행하게 되는 것이다.

(2) 관점제시 후 우주기반 관점과 지구기반 관점 동시에 관찰하기:
교사 2의 사례

교사 2도 교사 1과 마찬가지로 지구본을 이용한 수업을 진행하였다. 교사 2의 수업에서 학생들은 자리에 앉아 지구본을 바라보고 있기 때문에 우주기반 관점으로 지구의 자전과 오리온자리를 관찰하게 된다. 그러나 교사 2는 지구본 위에 웹캠을 장착하고 웹캠의 관점에서 보이는 오리온자리를 교실의 프로젝션으로 볼 수 있도록 하였다. 이를 통해 학생들은 움직이고 있는 지구본 위에서 오리온자리가 어떻게 움직이는 것처럼 보이는지를 웹캠이 전송하는 화면을 통해 관찰할 수 있게 된 것이다.

(전략: 웹캠 장착, 컴퓨터 조작, 화면에 동쪽과 서쪽을 지정해 줌)



- 74. 교사 2: 지구는 어디에서 어디로 자전을 하죠?
- 75. 학 생: 서에서 동으로요.
- 76. 교사 2: 서에서 동이라는 것은 선생님이 돌려 볼게. 어디에서 어디가... (화면을 보고 지구본을 좌, 우로 회전시키면서) 이게 서에서 동이야? 서에서 동은 시계 방향이야?
- 77. 학 생: 반시계 방향.
- 78. 교사 2: 반시계 방향이면... 이렇게 돌리는 거다, 그죠? 그러면 너희한테 물어볼게요. (지구본 위에 웹캠을 올려놓고 화면으로 학생과 함께 확인함) 우리가 여기에 있다고 생각을 해봅시다. 우리가 지금 대한민국에 있는데요. 지금 봐봐. 종이(자동차가 그려진 종이)는 가만히 있잖아. 여기만 보이죠? 이게 가만히 있는데 애가 지금은 어때요?
- 79. 학 생: 자동차가 움직이는 것 같아요.
- 80. 교사 2: 가는 것 같죠? 어디에서 어디로 움직이는 것 같아요?
- 81. 학 생: 동쪽에서 서쪽이요.
- 82. 교사 2: 동쪽에서 서쪽으로 움직이는 것 같다? 차가 가만히 있는데 동에서 서로 움직인다는 것은 지구가...
- 83. 학 생: 서에서 동으로.....
- 84. 교사 2: 이해 가요? 그래서 선생님이 지금 오리온자리. 밤하늘에 오리온자리가 이렇게 보였잖아. 아까. 이렇게 보였잖아. 오리온 별자리가 왜 이렇게 움직인 것 같아요?
- 85. 학 생: 지구가 서에서 동으로 자전을 해서.
- 86. 교사 2: 그렇지! 지구가 자전하기 때문에. 지구가 어디에서 어디로?

87. 학 생: 서에서 동으로 자전하기 때문에.

볼드체: 방위, 밑줄: 방향

특히 교사 2는 화면의 왼쪽이 동쪽, 오른쪽이 서쪽임을 지정하고 화면에 표시한 다음, 지구의 자전 방향에 맞추어 지구본을 회전시키는 활동을 진행하였다(74~78). 교사 2는 지구본을 반시계 방향으로 회전시켰고 지구본 바깥에 자동차 그림을 들고 있었다. 이를 통해 학생들은 자동차 그림이 실제로는 움직이지 않았지만 화면에서 동쪽에서 서쪽으로 움직이고 있는 것을 확인할 수 있게 된 것이다(78~83). 그런 다음 교사는 자동차 그림을 오리온자리 그림으로 바꾸어 지구의 자전에 따라 오리온자리가 어떤 방향으로 움직이는 것처럼 보이는지를 학생들과 함께 관찰하였다(84). 그리고 관찰 활동을 통해 학생들이 오리온 별자리의 움직임 방향과 지구의 자전 방향을 연계시키도록 하였다(84~87). 이처럼 교사 2는 학생들에게 실제로 우주에서의 관측 기준점과 지구기반 관점을 동시에 제공하고 있다.

교사 2: '동에서 서로 갔다'라는 걸 보여주려면 저번에도 했지만 '상대적으로 내가 가만히 있는데 차가 움직인다? 거기를 되게 중요하게 봐야 되겠다'는 생각에서 그걸 준비를 했거든요? (중략) 저는 제가 이 단원이 별자리 이동 방향이 초점이라고 생각을 해서 방향을 이해를 시키려면 상대운동이라고 해야 되나? 그거를 이해시켜야 되는데 모를 것 같은 거예요. 그래서 제가 이거를(지구본 위에 웹캠을 장착하고 교실 프로젝션으로 지구본의 관점에서 화면이 보이게 하는 교수 행위) 쉬는 시간에 해봤거든요? 이것도 어디 지도안에 나왔던 거예요. 그래서 그거를 보고 한건데, 이 단원 진짜 어떻게 가르쳐야 할지 몰라가지고 막. 찾아봤거든요. 근데 다행히 이걸 시험 끝난 후였어요. 시험범위가 아니고. 그러가지고 이거를 보여주면서 "선생님이 보여주는 이 방향 변화가 어떤 것 같냐?"고 물어봤더니 애들이 다 대답을 하더라구요? 이거를 하니까!

인터뷰 내용에서도 보듯, 적절한 교수 매체를 활용하여 학생들에게 지구기반 관점과 우주기반 관점을 동시에 보여주며 천체의 운동 방향을 확인하게 하는 교수 활동은 천체의 운동에 대한 학생들의 이해를 돕는 매우 효과적인 방법임을 알 수 있다. 이는 우주기반 관점으로 학생들에게 머릿속에서 추상적 모델링 작업을 하게 하여 지구기반 관점과 우주기반 관점을 변환시키게 하는 교수 활동과는 구별되는 활동이라 할 수 있다.

(3) 관점제시 없음, 동서방위를 기준으로 지구운동 방향을 추론하기:
교사 3의 사례

교사 3도 교사 1, 2와 마찬가지로 지구본을 사용하여 지구의 자전 방향을 다루었다. 교사 3은 서해와 동해를 각각 1번, 2번으로 정하였다(21~27). 다음으로 교사 3은 태양의 위치나 지구의 자전 방향이 어떻게 되는지에 대해 언급하지 않고 태양이 먼저 뜨는 방향이 동해인지 서해인지를 물었다(28). 그런 다음 교사 3은 학생 한명(동현)을 태양으로 정하고, 태양(동현)이 동해 쪽에서 먼저 보이기 위해 지구의 자전 방향이 어떻게 되어야 하는지를 물어보았다(30~35).

21. 교사 3: (지구본에서 우리나라의 위치를 손으로 짚으며) 아시아에 대한민국. 여기 있습니다. 자 보겠습니다. 대한민국을 보면 동해가 어디에 있습니까? (지구본에서 서해 쪽을 가리키며) 1번에 있을까, (동해 쪽을 가리키며) 2번에 있을까?



- 22. 학생들: 1번
- 23. 교사 3: 1번?
- 24. 학생들: 2번
- 25. 학생들: 2번
- 26. 교사 3: 동해가 2번에 있죠. 동해 바다가.
- 27. 학생들: 아싸.
- 28. 교사 3: 자, 그러니까 태양이 어디가 먼저 뜨겠니. 동해에서 먼저 뜨겠어, 서해에서 먼저 뜨니.
- 29. 학생들: 동해.
- 30. 교사 3: 동해에서 먼저 뜨겠죠. 그러니까 동해가 이쪽에 있죠. 그러니까 먼저 태양을 보려면, 태양. 나의 태양 동현이. 동현이가 저기 있으면, 먼저 보려면, 지구본이 이렇게 돌아야 될까, 이렇게 돌아야 될까. 1번, 2번?
- 31. 학생들: 1번
- 32. 교사 3: 1번으로 돌아야겠죠. 그래야지 동해에서 먼저 태양을 보겠죠. 그래서 태양이 지는 것 또한 어떻게 되겠니? 동해에서 먼저 질까, 서해에서 먼저 질까?
- 33. 학생들: 서해.
- 34. 교사 3: 그러면 당연히, 먼저 뜨는 것은 동해요. 지는 것을 나중까지 보는 것은 서해가 되겠지. 알겠습니까?
- 35. 학생들: 네.
- 36. 교사 3: 그럼 우리가 지구의 자전을 서에서 동이라고 했습니다. 맞습니까?
- 37. 학생들: 네.
- 38. 교사 3: 그럼 이 방향이 지금 서에서 동이야. 하루 24시간 동안 하루 몇 바퀴? 한 바퀴 도는 거야. 이게 바로 시계 방향이니 반시계 방향이니.
- 39. 학생들: 반시계 방향
- 40. 교사 3: (지구본의 북극 쪽이 학생들에게 보이도록 하여) 12시, 1시, 2시, 3시, 4시, 5시, 6시. 쪽 가면, 지구는 (반시계 방향으로 돌리며)이렇게, (의미한 표정으로 시계방향으로 돌리며)이렇게, (땀띠가 웃으며 다시 반시계 방향으로 돌리며)이렇게 돌고 있는 거지.
- 41. 학생들: 웃음
- 42. 교사 3: (반시계 방향으로 돌리며) 이렇게 반대로. 자, 이렇게 도니까 거꾸로 여섯시, 다섯시, 네시, 세시. 이렇게 반시계 방향으로 도는 거지.

볼드체: 방위

위와 같이 교사 3의 교수 활동은 동쪽과 서쪽을 확인한 다음 지구기반

관점에서 동쪽에서 태양이 먼저 뜨기 위해 지구본이 어느 방향으로 돌아야 하는지를 추론하는 활동으로 해석된다. 이러한 교사 3의 교수활동은 관측 기준점을 제시하지 않는다는 점, 현재 학생들에게 설명하고 있는 우주기반 관점을 지구기반 관점(태양이 동→남→서로 이동함)과 연계하여 지도하지 않는다는 점에서 교사 1, 2의 수업활동과 차이점을 보인다.

(4) 관점제시, 지구기반 관점과 우주기반 관점을 차례대로 제시하기:
교사 4의 사례

교사 4는 스텔라리움을 사용하여 학생들이 밤하늘에서 오리온자리의 움직임을 관측할 수 있게 하였다. 스텔라리움 프로그램에서는 동쪽, 남쪽, 서쪽이 표시되어 있었으므로, 학생들은 쉽게 오리온자리가 동→남→서쪽으로 움직인다는 것을 알 수 있었다. 이를 통해 학생들은 지구기반 관점에서의 오리온자리 움직임을 쉽게 확인할 수 있었다(99~108). 이후 교사 4는 자신을 시계 반대방향으로 자전하는 지구라고 설정하고 학생들은 항성으로 정하여 교사의 움직임을 학생들이 관찰하게 하는 활동을 진행하였다(111~116). 이 때 교사는 자신이 시계 반대방향으로 돌면서 학생들에게 자신의 운동 방향이 어떻게 보이는지를 질문하였다(111). 한 학생이 “시계 방향”이라고 대답을 하자(112), 교사는 이 대답을 이어받아 자신이 반시계 방향으로 움직이고 있는 것이 학생 쪽에서 볼 때는 ‘시계 방향’이라고 정리하고, 별은 움직이지 않는 항성이고, 지구가 서에서 동으로 자전을 하고 있기 때문에 별은 동쪽에서 서쪽으로 움직이는 것처럼 보인다고 설명하였다(113~119).

그런데 교사 4의 설명은 일부 잘못된 부분이 있다. 교사가 시계 반대 방향으로 자전하는 지구의 역할을 하고 있을 때 학생들에게 자신의 운동이 어떤 방향으로 돌고 있는 것인지를 묻고 답하는 부분이다(111~113). 실제로 시계 반대 방향으로 자전하는 물체를 앞쪽에서 관찰하던 뒤쪽에서 관찰하던 관계없이 그 움직임 방향은 동일하게 관측된다. 움직이고 있는 물체 위에서 정지한 물체를 볼 때 정지한 물체가 움직이는 것처럼 보이며, 그 운동 방향은 움직이고 있는 실제 방향과 반대로 보인다는 것은 이와 별개로 설명되어야 하는데 교사는 이 부분을 혼동한 것으로 보인다. 앞서 교사 3의 수업 사례에서 교사 3이 지구본의 옆면을 바라볼 때 운동 방향을 혼동하는 모습을 보였던 것, 교사 4의 수업 사례에서 천체의 운동 방향을 위와 같이 잘못 이해하여 설명하는 사례는 공간에서의 물체의 움직임과 움직임 방향을 이해하는 공간적 사고가 교사에게도 의식적인 수준에서 생각해보아야 하는 ‘고도의 형식적 사고 기능’임을 방증한다.

99. 교사 4: 오늘밤 8시, 8시면 20시지. 시간에 왔어. 어? 그런데 지금 상황이 어때? 딱, 이거지. 뭔지 모르겠지. 그치? 특징 있는 거. 허리띠 3개, 어디 있을까? 찾았어? 보여? 허리띠 3개. 오리온자리. 진짜 이게 오리온자리가 맞는지 한 번 보자. 우선 선으로 연결을 하고, 어디 있어? 오리온자리가 어때요? 맞죠? 그런데 지금 8시! 어디에서 보이고 있어요?



- 100. 학 생: 동쪽
- 101. 교사 4: 어. 동쪽 하늘이야. 그러면 시간을 조금 더 빨리 해서 보겠습니다. 그러면 조금 더 빨리 가볼까? 오리온자리가 지금 어디를 가고 있어?
- 102. 학 생: 서쪽
- 103. 교사 4: 그래. 남쪽 하늘을 지나고 있어, 그치? 쪽 여기 이거 따라가고 있어? 그 다음에 어디로 가고 있어요?
- 104. 학 생: 서쪽
- 105. 교사 4: 서쪽으로 어떻게 가고 있어? '이동하고 있다'라는 거. 보이나요? 보이시나요? 그러면 별자리의 움직임은 어떻게 간다?
- 106. 학 생: 동에서 남으로.
- 107. 교사 4: 어. 동에서 남쪽 하늘을 거쳐서 어디로 간다?
- 108. 학 생: 서쪽하늘.
- 109. 교사 4: 그런데 우리 지난 시간에 이거 했었지? 행성의 움직임은 어떻게 보인다?
- 110. 학 생: 시계 반대!
- 111. 교사 4: 어. 반시계 방향으로 돈다. 선생님이 지금 반시계 방향으로 돌고 있지? 여러분이 봤을 때는 어때?
- 112. 학 생: 시계 방향!
- 113. 교사 4: 시계 방향이지, 그치? 하늘의 별은 항성이야. 그치? 그 자리에 있어. 그런데 누구만 돌아?
- 114. 학 생: 지구.
- 115. 교사 4: 지구만 돌아. 그런데 지구가 반시계 방향으로 돌아. 맞아요? 서에서 어느 쪽으로 돌아?
- 116. 학 생: 동쪽으로.
- 117. 교사 4: 동쪽으로 돌지만 여러분이 봤을 때는 동에서 서로 움직이는 거랑 똑같다. 왜 하룻밤 사이에 별자리가 움직이나? 무엇 때문에? 지구가?
- 118. 학 생: 자전해서.
- 119. 교사 4: 지구가 자전하기 때문이다.

볼드체: 방위

한편 우주기반 관점과 지구기반 관점의 전환 측면에서 교사 4의 수업 활동을 분석하면 다음과 같다. 교사 4는 스텔라리움을 통해 지구에서 보이는 별자리의 운동을 반복적으로 보여줌으로써 학생들에게 지구기반 관점을 제시하였다. 여기에 교사가 지구 역할을 맡아 자전하는 활동을 통해 학생들로 하여금 우주기반 관점을 연계시킬 기회를 제공하였다. 그러나 교사 4가 제공한 지구기반 관점과 우주기반 관점 연계 기회는 학생들에게 동시에 관점을 보여준 것이 아니라 순차적으로 분리하여 그 관점을 제시한 것으로 보인다. 따라서 수업에서 두 관점이 학생들에게 직접적으로 연계되어 제시된 것 이라기보다는 학생들이 머릿속에서 두 관점을 연계시켜야 하는 수준으로 해석될 수 있다.

2. 태양계 행성의 공전 관련 수업에서 나타나는 공간적 사고

과학실험방 4에서는 공전이 무엇인지에 대한 정의를 알고, 태양계 행성들은 태양을 중심으로 공전하고 있다는 것을 학습하게 된다. 그리고 실험방 7에서는 계절에 따라 별자리가 변화한다는 것과 그 이유가

지구의 공전 때문이라는 것을 학습한다. 참여 교사 모두는 과학실험방 4와 7의 수업에서 다음 활동들을 수행하였다. 첫째, 공전의 의미 알기, 둘째, 태양계 행성의 공전 방향 알기, 셋째, 행성모델 만들기, 넷째, 학생들이 태양 또는 각 행성이 되어 공전 해보기, 다섯째, 계절에 따른 별자리 변화가 공전 때문임을 이해하기 등이 그것이다. 연구진들은 공간적 사고의 측면을 중심으로 이들 수업 활동에 대하여 첫째, 공전의 방향을 학습할 때 운동을 바라보는 관점을 어떻게 제시하는가? 둘째, 수업에서 공전이 평면(2차원) 운동으로 다루어지는가 또는 공간 운동(3차원)으로 다루어지는가를 중심으로 수업에서 나타나는 공간적 사고를 분석하였다.

가. 관측 기준점과 지구의 공전 방향에 대한 공간적 사고

1) 관점제시 없음, 관측 기준점 다름: 교사 1의 사례

아래 사례에서 보듯 교사 1은 학생들에게 태양계 행성 모형에 있는 각 행성들을 반시계 방향으로 움직이게 하여 공전의 방향을 체험하게 하고 있다. 학생들은 모둠별로 만든 행성모형에 있는 행성을 차례대로 회전시키는 활동을 하였다. 그리고 교사는 각 모둠을 돌아다니며 학생들이 모형을 반시계방향으로 회전시키고 있는지를 확인하였다. 이 때 학생들은 의자에 앉아 활동을 진행하였고, 교사는 서서 학생들의 활동을 관찰하였다.

- 201. 교사 1 : 자, 지금부터 모형이 만들어졌잖아요.
- 202. 학생들 : 네.
- 203. 교사 1 : 자, 태양을 중심으로 해서 돈다고 그랬죠?
- 204. 학생들 : 네.
- 205. 교사 1 : 어느 방향으로 도는 지 한 번 각자 돌려보는 거야.
(중략: 모둠별로 만든 행성모형을 가지고 학생들이 차례대로 행성들을 회전시킴)
- 211. 교사 1 : 자, 어느 방향으로 돌아갑니까? (학생들이 활동하던 행성모형을 교사가 가져와 학생 1 뒤에 섭)어느 방향으로?
- 212. 학생 1 : 그 시계 반대방향이야.
- 213. 교사 1 : 그럼 어느 방향? [서 있음, 태양계 행성 모형을 위에서 아래로 보고 있음](학생의 모형을 시계 방향으로 돌리며)이 방향이야?
- 214. 학생 1 : (자리에 앉아 있음, 태양계 행성 모형을 아래에서 위로 보고 있음) 네.
- 215. 교사 1 : (시계 방향으로 돌리며) 이 방향 맞아요?
- 216. 학생 1 : 네.
- 217. 학생2,3: (학생 1을 보고 시계 반대 방향으로 손을 돌리며) 이 방향이지.
- 218. 교사 1 : (학생 1을 보며) 아니, (시계 반대 방향으로 돌리며) 이 방향이지. (옆 모둠 학생에게)야, 왜 안 붙었어.
- 219. 학생 1 : (교사에게)시계 반대방향인데요. 시계는 (손가락을 시계방향으로 돌리며)이려고 돌잖아요.
- 220. 교사 1 : (학생 1에게 대답하지 않고 옆 모둠학생에게 옮겨가며)빨리 붙여야지. 왜 안 붙었냐. (옆 모둠으로 이동함)

볼드체: 관측 기준점, 밑줄: 공전방향

문제 상황은 211에서 시작되었다. 교사는 행성모형을 자신의 손에

쥐고 행성이 어느 방향으로 공전하는지를 물었다. 교사는 서 있었고, 학생들은 앉아 있었다. 특히 서 있는 교사의 바로 앞에 앉아 있던 학생 1은 교사가 손에 들고 있는 태양계 행성 모형을 아래에서 위로 관찰하게 되었다(211). 교사는 태양계 행성 모형을 위에서 아래로 보고 있었고, 학생 1은 아래에서 위로 보게 된 것이다. 이로 인해 교사와 교사 맞은편에 앉아 있던 학생 2, 3은 행성의 운동을 바라보는 관점이 동일한 반면, 학생 1은 관점이 다르게 된 것이다. 교사의 시계 방향은 학생 1에게는 반시계 방향이 되고, 교사의 반시계 방향은 학생 1에게 시계방향이 된다(213-219). 학생 1은 이에 대해서 의문을 제기했지만 교사는 다른 모둠의 활동을 보기 위해 옆 모둠으로 옮겨간다(220).

이 사례는 태양계 행성의 공전 방향에 대하여 설명할 때 ‘관측 기준점이 어디에 있는지’를 분명히 제시하는 것이 왜 중요한 것인지를 단적으로 보여준다. 따라서 활동을 할 때 학생들의 관측 기준점과 교사의 관측 기준점이 서로 같은지, 학생들이 공간에서 운동의 방향을 올바르게 이해할 수 있도록 교사의 세심한 교수 활동이 필요할 것이다.

2) 관측 기준점 제시, 공전방향 당위적 제시: 교사 2의 사례

다음 사례에서 보듯 교사 2의 수업에서 학생들은 교사가 지구의 공전 방향에 대하여 묻자마자 학생들은 ‘시계 반대 방향’이라고 대답을 하였다(15~16). 교사 2가 태양계 행성의 공전 방향으로 그 범위를 넓혀 질문했을 때도 학생들은 즉각적으로 ‘지구의 공전 방향과 마찬가지로’라고 대답을 하였다(17~20). 이에 교사 2는 학생들이 답한 ‘시계 반대 방향’이 지구의 북반구를 기준으로 한 공전 방향임을 추가적으로 제시하였다(21, 31).

- 01 ~ 14: (전략: 공전 개념 설명, 자전과 비교)
- 15. 교사 2: 태양계 행성의 공전 방향은 어떨지? 기억나니? 우리 지구가 태양 주위를
- 16. 학생들: 시계 반대 방향
- 17. 교사 2: 어. 시계 반대 방향으로 돌아오니까. 그러면 지구 말고 나머지 행성도 시계 반대 방향인거 같아요?
- 18. 학 생: 네. 당연해요.
- 19. 교사 2: 아. 당연해요?
- 20. 학 생: 네. 똑같아요.
- 21. 교사 2: 아, 똑같아요? 무엇을 기준으로?
- 22. 학 생: (의견 분분함)북반구.
- 23. 학 생: 남반구.
- 24. 학 생: 적도를 기준으로.
- 25. 교사 2: 어, 지구 가운데 적도를 기준으로 위쪽이 북반구, 아래쪽이?
- 26. 학생들: 남반구.
- 27. 교사 2: 어. 그러면은 우리나라는 북반구에 위치해 있어요, 남반구에 있어요?
- 28. 학생들: 북반구.
- 29. 교사2: 북반구에 있죠? 그럼 호주 같은 나라가?
- 30. 학생들: 남반구.
- 31. 교사2: 남반구에 있으니까 계절이 반대예요. 지금 우리가 겨울이고 호주는 겨울인거죠, 그죠? 그래서 북반구를 기준으로 했을 때 태양계 행성의 공전 방향이 어떤지 책에 나와 있네요. 145쪽, 현정이가

읽어봐.

- 32. 현 정: (교과서 145쪽 읽음)
- 33. 교사 2: 네, 자, 그럼 여기다가 책에 있는 대로 하자면, 태양계 행성의 공전방향은 모두?
- 34. 학생들: 시계 반대 방향.
- 35. 교사 2: 시계 반대 방향.

볼드체: 관측 기준점, 밑줄: 공전방향

그러나 교사 2는 왜 북반구를 기준으로 지구의 공전 방향을 보는지, 지구의 남반구를 기준으로 볼 때 지구의 공전 방향은 어떠한지 등에 대해서는 언급하지 않았다(23~31). 대신 지구의 북반구에 있는 우리나라와 지구의 남반구에 있는 호주의 계절이 서로 반대라는 것만을 언급하였을 뿐이다(31). 이러한 교사의 교수활동은 지구의 공전 방향과 행성의 공전 방향을 기준점에 따라 공간적으로 사고할 기회를 제공하는 대신 ‘북반구를 기준으로 볼 때 지구의 공전 방향은 시계 반대 방향’이라는 것, ‘태양계 행성의 공전 방향은 모두 시계 반대 방향’이라는 것을 책에서 제공하는 지식으로 전달하였다고 해석될 수 있다. 다시 말해서 교사 2는 관찰에 대한 관점을 언급하고는 있지만, 행성의 공전이 관측자의 관측 기준점에 따라 어떻게 변하는지를 생각해 볼 수 있는 기회를 제공하지는 못한 것이다. 이는 교사 2가 학생에게 교과서에 쓰인 문장을 읽게 하고(32), 태양계에 속한 모든 행성의 공전방향은 ‘시계 반대 방향’이라고 당위적으로 제시하는 것을 통해서도 알 수 있다(33~35). 실제로 교사 2는 행성의 공전 방향에 대한 추가적인 언급이 없었던 이유를 다음과 같이 설명하였다.

교사 2: 물어봤을 때 애들이 여러 명이 대답을 하면 ‘대다수가 아는구나.’ 뭐 이런 식……. 애들이 대답을 잘했다. 그러면 거의 넘어가는 식…….

이와 같이 교사 2는 공전방향을 관찰하는 관점을 제시하고는 있다. 그러나 교사 2의 교수활동은 이 수업을 통해서 알아야 하는 지식, 즉 ‘북반부 기준으로 태양계 행성의 공전 방향이 시계 반대 방향임’을 학생들이 쉽게 대답한 경우, 공간적 사고의 측면에서 행성의 공전 운동과 방향을 추가적으로 사고해볼 수 있는 기회까지는 제공하지 않는 것으로 나타났다. 실제로 교사 2는 북반구에서의 시계 방향 수업 중 남반구에 있는 호주를 들어, 남반구 기준으로 행성의 공전 방향을 추가적으로 언급할 수 있는 기회를 만들었다(29). 그러나 교사 2는 ‘호주에서의 계절이 북반구와 반대’라는 다소 연계성이 부족한 내용으로 수업을 진행하였다. 이처럼 행성의 공전 방향에 대한 수업을 하다가 남반구에서의 계절이 반대임을 수업한 연유에 대하여 교사 2는 다음과 같이 그 이유를 설명하였다.

교사 2: 그 부분(남반구 기준으로 행성의 공전 방향)은 저도 헷갈리는 부분이 고……. 그 부분을 애들이 이 개념까지 가져가면 너무 혼란스럽지 않을까 싶어서……. (중략) 남반구는 아……. 거꾸로…….

위와 같이 교사 2는 교과서에 제시되어 있는 행성의 공전 방향이 ‘시계 반대 방향’임을 당위적으로 제시하고, 추가적인 관점에서 학생들의 공간적 사고를 확장시키려는 시도는 학생들에게 ‘혼란’을 줄 수 있는 것으로 생각하고 있음을 알 수 있다. 또한 인터뷰를 통해서 교사2

스스로도 남반구를 기준으로 한 공전 방향에 대하여 깊게 생각해보지 않았음을 알 수 있다.

- 3) 관점제시 없이 당위적으로 공전 방향 제시: 교사 3의 사례

다음 사례는 교사 3이 태양계 행성의 공전 방향을 학생들과 학습하는 상황이다. 교사 3은 태양계 행성의 공전(실험방 4) 수업을 태양계 행성의 크기(실험방 2), 태양계 행성의 거리(실험방 3) 수업과 묶어서 진행하였다. 그리고 태양계 행성의 공전 방향을 학생들에게 알리기 위하여 반시계 방향(1번)과 시계 방향(2번)을 확인하였다(74~77). 다음으로 교사 3은 태양계 행성의 공전 방향은 ‘반시계 방향’이기 때문에 ‘1번’ 방향으로 돈다고 설명하였다(78). 이러한 설명은 태양계 행성의 공전 방향이 ‘반시계 방향’인 것이 어떤 관점에서 본 것인지, 관점이 바뀌었을 때 공전 방향이 바뀔 수 있는 것인지 등을 생각해 볼 기회를 제공하지 않는다. 이후 교사 3이 교과서 145쪽에 적힌 문장을 읽음으로써 ‘북반구에서 본 태양계 행성의 공전 방향’이라는 관측 기준점을 일부 제공한다고 할 수 있다(80). 그러나 이후의 교수 활동에서 태양계 공전 방향을 제시하는 관점이 나타나지 않고 문제풀이식으로 마무리된다는 점에서 교사 3의 수업은 공전 방향에 대하여 관측의 기준점을 제시하기 보다는 공전 방향을 당위적으로 암기하게 하는 교수활동이라고 할 수 있다.

- 80. 교사 3: 그래서 태양을 중심으로 해서 태양 주위를 이 행성들이 돌기는 돕니다. 지구는 1년에 태양 주위를 몇 바퀴 돕니까?
- 81. 학 생: 한바퀴
- 82. 교사 3: 한바퀴 돌지.
- 73. 학 생: 왜 돌아요?
- 74. 교사 3: 우주의 섭리입니다. 태양 주위를 돌면서 균형을 잡는 것이죠. 여기서 만약에 지구가 하나 없어지든, 수성이 없어지든, 무엇이 하나라도 없어지면 균형이 깨질 것입니다. 균형이 정확히 맞아서 태양 주위를 공전하게 되는 것이죠. 이 행성들이 스스로 자전하면서 태양 주위를 공전합니다. 지구는 1번(반시계 방향), 2번(시계 방향). 어느 방향으로 돕니까? 1번 방향으로 돌 것이 다. 손 돕니다.
- 75. 학생들: (손들음)
- 76. 교사 3: 2번 방향으로 돌 것이다. 손 들어봅니다.
- 77. 학생들: (손들음)
- 78. 교사 3: 그러면 여기서 우리가 시계 방향이 무엇인지, 반시계 방향인지 헷갈리는데요. 시계를 한번 보겠습니다. 그러면 시계 방향이 어느 방향인지 알겠습니까? 2번이 시계 방향이죠. 그러면 행성의 공전은 반시계 방향이니가 1번으로 돈다. 알겠습니까?
- 79. 학생들: 네.
- 80. 교사 3: 우리 지구가 1년 12달을 정한 이유가 지구가 1년에 태양 주위를 한바퀴 돌기 때문이죠. 그래서 우리 지구의 공전 주기는 1년 되겠습니다. 교과서 145쪽 다시 한 번 보겠습니다. (교과서 145쪽을 읽음) “북반구에서 본 태양계 행성의 공전 방향은 모두 시계 반대방향입니다. 하지만 태양 주위를 한 바퀴 공전하는데 걸리는 시간은 행성마다 다르다.” 그러면 태양 주위를 한 바퀴 도는데 걸리는 시간이 가까우면 더 빨리 돌까? 멀수록 더 빨리 돌까?

75. 학 생: 가까울수록 빨리 돌아요.

볼드체: 관측 기준점, 밑줄: 공전방향

교사 3의 위와 같은 수업 진행 방식은 지구의 자전 차시에서 ‘관측 기준점과 방위에 대한 제시 없이 지구의 자전 방향을 당위적으로 암기’ 시키던 수업 방식의 연계선상에서 이해될 수 있다. 그리고 행성의 공전 방향을 당위적으로 암기하는 방식의 수업은 학생들에게 행성의 공전을 공간적 사고 측면에서 이해하고 사고해 볼 수 있는 기회를 제공하지 못하는 수업으로 평가될 수 있다.

4) 관측 기준점에 따른 상대적 공전 방향 제시: 교사 4의 사례

아래 사례에서 교사 4는 태양계 행성의 운동 방향이 관측자의 기준점에 따라 다르게 보일 수 있음을 학생들에게 제시하고 있다. 시계 바늘이 움직이는 방향을 학생들과 확인한 다음(74~79), 자신에게 시계 반대 방향이 자신을 마주보고 있는 상대방에게는 시계 방향이 되는 것을 학생들이 체험하게 하였다(80~87). 이 과정을 통해 태양계 행성의 공전 방향이 무조건 시계 반대 방향인 것이 아니라, 보는 사람의 기준에 따라 달라질 수 있다는 것(86~87)을 학생들이 이해할 수 있는 기회를 제공하였다. 그리고 태양계 행성의 공전 방향이 시계 반대 방향이라고 말하는 것은 태양계에서 지구의 북반구가 보이는 방향으로 볼 때의 공전 방향이며, 지구의 남반구가 보이는 쪽에서 태양계 행성의 공전 방향을 본다면 시계 방향으로 운동하는 것으로 보인다는 것을 알려주었다(88~90).

74. 교사 4: 태양의 행성들은 반시계 방향으로 돌고 있다. 반시계 방향. 우리 시계 생각해 보자. 시계. 시계 바늘은 어떻게 가요?

75. 학 생: 오른쪽으로.

76. 교사 4: (시계 방향으로 손가락을 움직이며)이렇게 가죠, 그쵸? 맞아요?

77. 학 생: 네.

78. 교사 4: 반시계 방향은 뭐야?

79. 학 생: 왼쪽

80. 교사 4: 반시계 방향은 어떻게 가야 돼? 거꾸로 가야 돼. 그치. (시계 반대 방향으로 손가락을 움직이며)이렇게 가면 돼. 거꾸로 시계 방향과 반대 방향으로 움직인다. 시계 방향과 반대 방향. 그런데 웃긴 게 이거야. 자기 모두 손가락 올려봐봐. 돌려봐. 시계 방향으로 돌려봐. 시계 방향. 나는 시계 방향으로 돌려주세요. **짜이 돌리는 걸 한번 봐봐.** 시계 방향일까?

81. 학 생: 야, 너 왜 거꾸로 돌려?

82. 교사 4: 시계 방향이니? **짜이 돌리는 걸 한번 봐봐. 짜이 시계 방향으로** 같이 돌리고 있어요, 아니면은 시계 방향과 반대되는 방향으로 돌리고 있어요? **짜 거** 한번 봐이지. 손가락을 한번 보세요. 손가락을 시계 방향으로 돌리는 지. 그러면 선생님이 돌려볼게. **선생님이 시계 방향으로** 돌리고 있어. 나는 시계 방향으로 돌리고 있어.

83. 학 생: 왜 거꾸로 돌려요?

84. 교사 4: 나는 시계 방향으로 돌리고 있어. 실제야. (교사가 서있는 대각선 뒤쪽에 앉아 있는 학생에게)그치 예원아? 선생님 시계 방향으로 돌리고 있지? 맞아.

85. 예 원: 네.

86. 교사 4: 근데 똑같이 돌리고 있지, 그치? 어떻게 이렇게 돼? 어떻게 보여? 시계 반대 방향으로 보여. 왜냐하면 우리 3단원에서 배웠어. 내가 앞으로 가고 있는데 물체는 어떻게 뒤로 가는 것처럼 보이지? 마찬가지로야. **보는 사람의 기준에** 따라서

87. 학 생: 달라져요.

88. 교사 4: 시계 방향이 될 수도 있고, 반시계 방향이 될 수도 있는데, 우리는 지구의 북반구와 남반구 중 어디에 살아요?

89. 학 생: 북반구

90. 교사 4: 우리는 북위 38도지. 그치? 북반구에서 이 반시계 방향의 기준이 뭐냐 하면 있잖아. 우리가 태양계를 위에서 아래로 내려다 봤을 때, 알았지? 태양계가 이렇게 있어. 태양계가 여러분 교과서 자리에 있는 거야. 여러분이 하늘 위야. 태양 주위를 어떻게 움직이는지 이려고 봤을 때, 즉 위에서 내려다보았을 때, 반시계 방향이야. 남반구는 어떻게 되는 거야?

91. 학생들: 아래에서 위

92. 교사 4: 아래에서 위로 올려다보지, 그치? 그래서 남반구에서 행성의 움직임을 설명할 때에는 ‘시계 방향으로 움직인다’라고 이야기를 해요. 이것은 뭐에 따라 다르다? 관찰자가 어디에 있느냐에 따라

93. 학 생: 다르다.

94. 교사 4: “다르다”라는 거. 알아 뒤. 반시계 방향. 왜 반시계 방향인지 알겠어요?

[볼드체]: 관측 기준점, 밑줄: 공전방향

위와 같은 교사 4의 교수 활동은 교사의 의도에 의해서 진행된 것이었다. 다음의 인터뷰에서 보듯, 교사 4는 관측을 하는 기준을 먼저 설정한 후 관측기준에 따른 운동과 운동 방향을 이해시키고자 하였음을 알 수 있다.

교사 4: 이게 어렵잖아요. 나는 반시계 방향이 뭔지도 모르겠고, 지구가 서쪽에서 동쪽으로 자전한다는데 우선은 기준을 잡아줘야 되잖아요. 그렇기 때문에 운동과 기준점 이야기를 먼저 하고 들어가야 맞다고 생각을 해서 했습니다. (중략) 반시계 방향이라는 것이 고등학교 때도 엄청나게 많이 강조되는 것이더라고요. 그래서 그 부분은 ‘지식이다, 꼭 알아야만 할 것 같다.’ 라고 생각을 해서 강조를 했어요. 설문지 할 때도 아이들이 반시계 방향이라는 말을 처음 듣는 아이들이 많았어요. 그래서 그런 부분을 강조를…….

교사 4의 교수활동은 학생들에게 공전의 운동 방향이 관점에 따라 다르게 보인다는 점을 학생들에게 설명하고, 실제로 그러한 사실을 경험할 기회를 제공한다는 점에서 매우 의미 있는 활동이라 할 수 있다(74~88). 이러한 활동은 학생에게 ‘지구나 다른 태양계 행성들의 공전 방향이 무조건적으로 시계 반대 방향’이 아니라 ‘태양계를 위에서 아래로 내려다 볼 때’의 운동 방향이라는 것(88~90), ‘태양계를 아래에서 위로 올려다 볼 때’ 지구나 태양계 행성들의 운동은 동일하지만 운동 방향은 시계 방향으로 보인다는 것을 공간적 사고 측면에서 숙고해볼 수 있는 기회를 제공함을 알 수 있다(91~94).

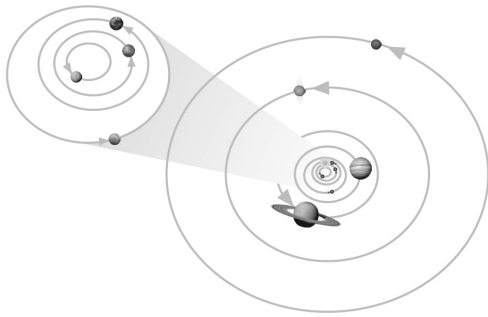


Figure 1. Revolution direction of solar planets in elementary science textbook

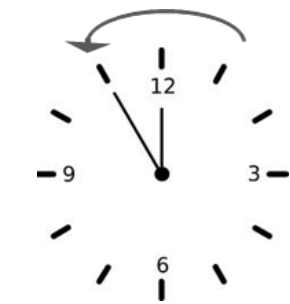


Figure 2. Counterclock wise



Figure 3. Solar system model (Teacher 1)

나. 관측 기준점과 행성 공전의 입체성에 대한 공간적 사고

교사 1~4 모두 지구나 태양계 행성의 공전 방향을 ‘시계 반대 방향 (반시계 방향)’으로 표현하고 있었다. 교과서에서도 ‘북반구에서 본 태양계 행성의 공전 방향은 모두 시계 반대 방향입니다.’라고 제시되어 있다. 그리고 이에 대한 그림은 태양을 공전하는 지구의 북반구를 위에서 아래로 내려다보는 관점에서 태양계 행성의 공전 운동을 그림으로 그려두었다. 이러한 그림 방식은 마치 시계를 위에서 아래로 내려다보는 관점과 동일한 것이다. 따라서 교과서에서 태양계 행성의 공전 방향을 시계 방향으로 제시하는 것은 동일한 관점이라고 볼 수 있다.

한편 참여 교사들은 행성의 공전 방향에 대하여 첫째, 태양계 행성을 만들어 실제로 돌려보는 활동, 둘째, 동영상을 통해 시계 반대 방향으로 움직이고 있는 행성들의 운동을 관찰하는 활동, 셋째, 역할 활동을 통해 행성의 공전 방향 확인하는 방식으로 접근하고 있었다. 이들 사례에서 행성의 공전을 관찰하는 관점은 위에서 아래로 관측하는 관점을 가지고 진행되기보다는 측면에서 바라보는 관점으로 제시되고 있었다. 각각의 사례를 제시하면 다음과 같다.

- 201. 교사 1: 자, 지금부터 모형이 만들어졌잖아요.
- 202. 학생들: 네.
- 203. 교사 1: 자, 태양을 중심으로 해서 돈다고 그랬죠?
- 204. 학생들: 네.
- 205. 교사 1: 어느 방향으로 도는 지 한 번 각자 돌려보는 거야.
(중략: 모동별로 만든 행성모형을 가지고 학생들이 차례대로 행성들을 회전시킴)
- 206. 학 생: 네.
- 207. 교사 1: 알았어? 자, 한 번 각자 돌려보세요. 어떻게? 태양을 중심으로 해서 어느 방향으로 돌아가? 그렇지. 그렇지.
- 208. 학 생: 아, 완전 빨리 돌아.

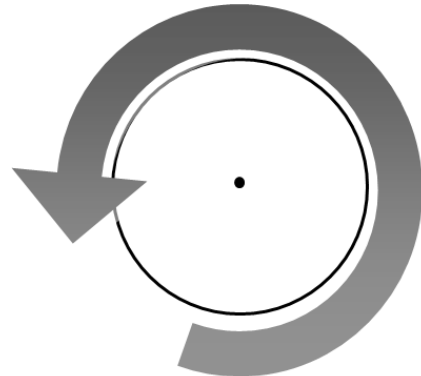


Figure 4. 2-dimensional perspective on revolution of a planet

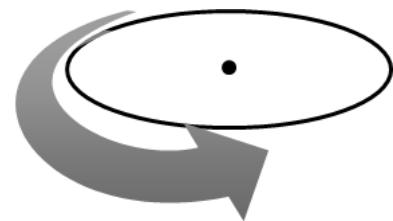


Figure 5. 3-dimensional perspective on revolution of a planet

209. 교사 1: 그렇지. 또? 너도 돌려 보고, 어느 방향으로 도는지 어느 방향으로 도는지 그렇지, 태양을 중심으로 해서. 그 다음 그렇지. 너도 돌려보고, 태양을 중심으로 해서 도는 모습, 자, 다 돌려봤어요? 오케이.

210. 학생들 : 네.

태양계 행성 모형 만들기 활동은 실험방 4의 주요 내용이다. 학생들은 Figure 3에 제시된 태양계 모형을 시계 반대 방향으로 회전시킨다. 교사 1이 수업에서 사용하는 태양계 모형은 태양의 역할을 하는 스티로폼 공에 꽂혀 있는 빨대를 손으로 회전시키면 스티로폼 공에 철사로 연결되어 있는 행성 모형들이 태양을 중심으로 회전하는 것이다. 그러나 태양계 행성들은 태양과 직접적으로 연결된 것이 아니며, 각각의 행성들이 태양을 중심으로 동심원을 그리며 공전하지 않는다. 그러므로 교사 1의 태양계 모형은 태양계 행성의 공전을 왜곡시키는 활동이라 할 수 있다.

한편 학생들은 태양계 모형을 눈앞에 놓고 관찰하면서 시계 반대 방향으로 회전시키는데, 이는 Figure 1과 2에서 제시된 관점은 Figure 4와 같이 회전축이 중심에 있는 시계 반대 방향이었던 것에 반하여



Figure 6. Video data about the revolution of solar system (Teacher 2)

Figure 3에서 학생들이 관찰하는 관점에서의 회전축은 Figure 4와 같이 회전하는 물체의 안쪽에 있게 되는 것이다. 이를 통해 Figure 1과 2에서 시계 반대 방향으로의 회전은 Figure 4에서와 같이 2차원의 평면 공간에서 진행되는 운동이었던 것에 반하여, 학생들이 실제로 실행하는 회전은 Figure 5와 같이 3차원적인 공간에서 진행되는 운동으로 변환된다.

다음은 동영상상을 통해 태양계 행성들의 공전 방향을 확인하는 교사 2의 수업 사례이다. 동영상상을 통해 행성 운동을 관찰하는 다음 사례에서도 역시 태양계를 측면에서 관측하고 있으며, 입체적으로 제시하고 있는 것을 알 수 있다.

- 40. 교사 2: 그럼 그 원리는 한번 생각해봐야 하는데. 컴퓨터로 프로그램 돌림. 우리가 태양계를 한번 가봅시다.
- 41. 학 생: 짱이다.
- 42. 교사 2: 태양 주위에는 별들이 있는 것 같은데, 궤도를 한번 볼게요.
- 43. 학 생: 와!
- 44. 교사 2: (컴퓨터 조작으로 관점을 지구의 북반구가 보이는 태양계 위쪽에서 행성의 움직임을 관찰함)우리 공전 방향을 한번 살펴봅시다. 선생님님이 공전 방향을 알기 위해서 선생님이 좀 시간을 한번 빨리 가게 해볼게.
- 45. 학 생: 우와!
- 46. 교사 2: 자 시계, 지금 무슨 방향으로 가고 있어요?
- 47. 학 생: 시계 반대 방향
- 48. 교사 2: 반대 방향으로, 지금 수성도 그렇고, 그죠?
- 49. 학 생: 네
- 50. 학 생: 해왕성도 봐봐요.
- 51. 교사 2: 해왕성도 볼까? 자. 시간을 더 빨리 가게 해볼게요. 지구가 한바퀴 도는데 1년이 걸린다고 하면 해왕성은 164년이 걸린데. 자 지금 우리가 관찰해보니까 도는 게 보이죠?
- 52. 학 생: 네.
- 53. 교사 2: 공전 방향이 이렇다는 게 보이고, 태양에서 멀어질수록 애들이 공전하는데 시간이 어떻게 걸려요?
- 54. 학 생: 많이 걸려요.

밀줄: 공전 방향

위에서 보듯, 교사 2가 제시하는 동영상 자료는 행성의 공전을 위쪽(지구의 북반구가 보이는 쪽)에서 관측하고 행성 공전의 중심인 태양이 화면 중간에 위치한다는 점에서 Figure 1, 2와 유사하다고 할 수 있다. 그러나 동영상 자료에서 행성의 운동은 Figure 1, 2에서 제시된 것과는 달리 입체적으로 제시되고 있음을 알 수 있다. 교사 2가 제시하는 동영상에서 회전축은 공간의 안쪽에, 행성의 공전은 회전축을 중심

으로 입체적으로 돌고 있는 것이다.

다음은 역할 활동을 통해 행성의 공전 방향을 확인해 보는 교사 3과 교사 4의 수업 활동 사례 이다.

- 98. 교사 3: 여기는 책상을 앞으로 조금 밀고요. 각 6명 씩 조를 짚시다. 시간 별로 내가 행성이 돼서 수단과 방법을 가리지 말고 돌아보세요. 태양을 정하고 행성을 각자 정해서 돌아봅시다. 5분 후에 나와서 발표하겠습니다. 시간 맞춰서 상대적 거리와 시간 맞춰서 돌아봅시다. 조장은 수, 금, 지, 화, 목, 토, 천, 해 역할을 정하고 태양을 한 명 두고, 인원이 부족하기 때문에 행성 하나는 빼고 시간을 맞춰서 빨리, 천천히 도는 사람을 정해서 돌아보세요. 지구가 태양 주위를 한 바퀴 도는데 1초가 걸리고요, 해왕성은 164.77초가 걸리는 것이 맞습니다.
- 99. 학생들: (각자 태양이나 행성의 역할을 맡아서 태양 역할을 하는 학생을 중심으로 시계 반대방향으로 도는 활동 진행)

- 100. 교사 3: 자. 이제 한 조씩 앞으로 나와서 준비하고 시작하겠습니다. 반시계 방향과 거리 공전하는데 걸리는 시간을 잘 생각하면서 행동해주세요.

(중략: 모듬별로 나와서 행성 공전 시연)

- 110. 교사 3: 우리가 지금 어떻게 보면 아주 간단한 단순한 실험을 했습니다. 그냥 제자리에 서있는 한 사람 주위를 돌아라. 지구의 자전은 서쪽에서 동쪽으로 합니다. 서쪽에서 동쪽으로 자전을 하면서 반시계 방향으로 공전을 하고 있습니다. 오늘 수업하면서 지금 두 가지를 공부했는데요. 첫 번째.

(후략: 학습 내용 확인 및 정리)

밀줄: 공전방향

- 112 교사 4: 자전하면서 공전하고 있어요. 아셨어요? 자전하면서 공전하고 있는데. 금성은 자전과 공전의 방향이 반대예요. '천왕성은 누워서 수직으로 이루어져 있다'라는 거. 그러면 우리가 한번 행성을 움직여 봅시다. 책상 사이사이 공간을 좀 넓혔으면 좋겠고요, 짝과 하는 행동인데요. 선생님이 시범을 먼저 보일게. 서현이. 그림 그만 그리고 나와 봐. 선생님이랑 서현이랑 짝이야. 서현아. 서현이가 뭐냐면 태양이야. 태양은 뭐야? 항성이지? 항성은 움직여, 안 움직여?

- 113 서 현: 안 움직여요.

- 114 교사 4: 항상 그 자리에 있는 것처럼 보인다고 했어요. 그러면 서현이는 움직이면 안돼. 선생님이 행성이야. 태양이 가운데 서면 선생님이랑 서현이랑 두 발자국 떨어질 거야. 제 자리에서 시계 반대 방향. 시계 반대 방향은 어떻게 돌아야 할까? 오른쪽에서 왼쪽으로. 여러분이 봤을 때 그렇지. 여러분이 앉은 자리에서 어떻게 돌아야 돼? 오른손에서 왼손방향으로 돌면 돼. 알았지? 시계 반대 방향으로 돌면서 누구를 돌아야 돼? 서현이를 돌아보는 거야. 이거 무지 어지러워. 어지럼이 있는 사람은 좀 조심해야 돼. 알겠어요? 그래서 한 바퀴를 완전히 돌아보면 그 다음에 역할을 바꾸어서 한번 행성처럼 움직여봅시다.

볼드체: 관측 기준점, 밀줄: 공전방향

위의 사례에서 보듯, 역할 활동을 통해 행성의 공전을 체험하는

교사 3, 4의 수업에서도 평면자료를 입체 자료로 변환시켜야 하는 문제 상황이 발생한다. 학생들에게 행성의 공전 방향이 ‘시계 반대 방향’임이 제시될 때는 평면으로 제시된 그림 자료의 한 가운데에 회전축이 있었다(Figure 1). 그러나 학생들이 태양과 행성들의 역할을 수행하는 활동은 공간에서 진행되는 활동이기 때문에 회전축이 고정된 평면의 중간에 있는 것이 아니라 태양 역할을 하는 바로 옆에 선 다른 학생이 된다. 이로 인해 학생들은 행성의 공전을 태양을 가운데에 두고 위쪽에서 아래쪽으로 체험하는 대신, 태양 역할을 하는 학생을 중심으로 원운동을 하게 된다. 따라서 이때의 관측의 기준점은 태양을 눈높이에 둔 측면이 된다.

이와 같이 교사 1~4는 교과서에 평면적으로 제시되어 있던 공전을 수업에서 입체적인 활동으로 제시하는 공통점이 있다. 즉 교사 1은 모형으로, 교사 2는 동영상으로, 교사 3과 4는 학생들이 실제 태양이나 행성이 되어 움직여 보는 활동으로 태양계 행성의 공전을 체험하게 하는 것이다. 학생들은 이러한 활동들을 통해 학생들은 시계 반대 방향으로 공전하는 행성의 운동을 공간에서의 운동으로 학습할 수 있는 기회를 갖게 된다. 그러나 평면적으로 제시되던 공전을 공간에서 일어나는 운동으로 제시하는 과정에서 네 명의 교사들 중 누구도 교과서에 제시된 반시계 방향에 대한 관측의 기준점이 위에서 아래로 보는 관점이라는 것을 명시적으로 제시하지 않았다. 또한 네 교사 모두 태양계 행성의 공전이 공간에서 진행되는 운동이지만 Figure 1과 같이 평면적인 원운동으로 표현된 것이라는 것을 명시적으로 제시하여 주지 않았다. 대신 교사들은 행성의 운동이 3차원의 공간에서 실행되는 운동임을 알리기 위하여 학생들로 하여금 태양계 행성 모형을 만들어 회전시켜 보고, 학생들이 실제로 태양계 행성이 되어 태양 역할을 하는 학생의 주변을 돌아보는 활동을 수행하게 하는 것을 알 수 있었다. 그러나 교사들은 공간적 사고의 측면에서 행성의 운동을 특정 관점에서 관찰해보게 하거나 공간에서 진행되는 행성의 운동이 평면적 자료로 제시될 때 관점에 따라 어떻게 다르게 표현되는지 등에 대한 내용을 구체적으로 다루지는 않는 것으로 나타났다.

IV. 결론 및 논의

이 연구에서는 천체의 운동을 이해하는데 공간적 사고가 중요한 역할을 하는 사고임을 전제로, 실제 천문 관련 수업에서 공간적 사고가 어떻게 다루어지고 있는지를 살펴보았다. 태양계와 별 단원에서 천체의 운동은 크게 지구의 자전에 의한 별의 일주운동 차시와 태양계 행성의 공전, 지구 공전에 의한 계절별 별자리의 변화 차시로 다루어지고 있었다. 이에 연구진은 첫째, 지구 자전 관련 차시에서 나타나는 공간적 사고 사례와 둘째, 태양계 행성의 공전 관련 차시에서 나타나는 공간적 사고 사례로 구분하여 참여 교사의 수업 사례를 분석하였다.

우선 지구 자전 관련 차시에서 각 교사는 운동의 방향을 이해하기 위한 관측의 기준점을 제시하거나(교사 1, 2, 4), 또는 관측의 기준점을 제시하지 않고 ‘서쪽에서 동쪽으로 지구가 자전한다.’와 같이 암기하도록(교사 3) 하는 것으로 나타났다. 지구의 자전 방향을 암기하도록 하는 교사 3의 수업에서는 지구의 자전과 별의 일주운동 방향을 당위적 명제로 제시하고 학생들은 이를 수용하는 형태로 수업이 진행되는 것으로 나타났다.

관측 기준점을 제시하는 수업들은 관측 기준점이 변할 때 방위가

어떻게 변하는지를 명시적으로 제시하거나(교사 2), 제시하지 않는 수업(교사 1)으로 구분할 수 있었다. 관측의 기준점이 변화할 때 변화하는 관점에 따라 방위가 어떻게 변화하는지를 명시적으로 제시하지 않는 경우, 학생들은 별자리의 위치를 구체물의 위치를 들어 표현하였다. 반면 관측 기준점에 따라 방위가 변화하는 것을 명시적으로 제시하는 수업에서는 학생들이 천체의 위치를 방위로 표현하는 것을 알 수 있었다.

다음으로 천체의 운동을 관측하는 관점을 어떠한 방식으로 제시하는지를 분석한 결과 교사에 따라 매우 다양한 모습이 나타났다. 교사 1의 경우 지구본을 활용하여 학생들이 우주기반 관점으로 지구본을 회전하여 오리온자리의 일주운동이 실제로는 지구의 자전에 의한 시운동을 학생의 머릿속에서 추론하도록 하는 접근 방법을 취하였다. 반면, 교사 2의 경우 학생들에게 지구기반 관점과 우주기반 관점을 동시에 제공함으로써 오리온자리의 일주운동이 지구 자전에 의한 시운동을 가시적으로 보여주었다. 교사 3은 관측의 기준점을 제시하지 않고 학생들의 기존 지식(태양은 동해 쪽에서 떠서 서해 쪽으로 짐)을 이용하여 지구의 자전 방향을 추론하도록 하였는데, 이 과정에서 교사 3 스스로 지구의 자전 방향에 대하여 혼란스러워하는 모습을 보였다. 교사 4는 지구기반 관점과 우주기반 관점을 순차적으로 보여주었지만, 그 관점을 학생의 머릿속에서 연계하게 하는 형태로 수업을 진행하였다. 특히 교사 4도 지구의 운동방향을 설명하면서 잘못된 설명을 진행하였는데, 이는 교사 3의 사례에 비추어 천체의 운동 방향을 이해하는 것이 교사에게도 도전적인 고도의 형식적 사고 기능임을 방증하는 것이라 하겠다.

행성의 공전 관련 차시에서도 역시 행성의 공전 방향에 대하여 관측의 기준점을 제시하고 이를 공유하는 것이 중요함이 나타났다. 교사 1의 사례에서 교사가 관측의 기준점을 제시하지 않고 활동을 진행하였는데, 이 때 행성모형을 아래쪽(지구의 남반구가 보이는 쪽)을 바라보게 된 학생과 행성모형을 위쪽에서 관찰하게 된 교사 사이에 행성의 공전 방향에 대한 상반된 의견이 나타난 것이다. 교사 2의 사례를 통해서도 관측 기준점을 제시하였다고 할지라도 관측 기준점을 당연히 하고 ‘행성의 공전 방향은 모두 시계 반대 방향’으로 수업을 진행하는 경우, 학생들은 관측자의 관점에 따라 행성의 공전 방향이 어떻게 변하는지를 생각해 볼 수 있는 기회를 제공받을 수 없음을 알 수 있었다. 교사 3의 사례는 관점에 대한 제시 없이 당위적으로 행성의 공전 방향을 학습시키는 사례로, 이러한 교사 3의 수업 특성은 지구의 자전에 의한 별의 일주 운동 사례에서도 나타난 것이었다. 반면, 교사 4는 관측 기준점을 제시하고 관측 기준점에 따른 행성의 공전 방향을 심도 있게 다루어줌으로써, 동일한 천체의 운동이 관측 기준점에 따라 다른 방향으로 표현될 수 있음을 생각해보는 기회를 제공함을 알 수 있었다.

행성의 운동과 운동 방향이 교과서에 제시될 때는 보통 위에서 아래로 관찰하는 관점에 평면적으로 제시된다. 그러나 행성의 운동을 학습하는 과정에서 행성의 운동과 운동 방향에 대한 내용은 입체적인 활동으로 변환되는 것을 알 수 있었다. 이 과정에서 학생들은 행성의 운동을 측면에서 입체적인 운동으로 관측하게 되었다. 즉 관측의 기준점이 위에서 옆으로 변환되고, 평면 자료가 입체 활동으로 변환되는 것이다. 이러한 변환 활동은 네 교사의 수업에서 공통적으로 나타났다. 그러나 네 교사 모두 관측 기준점과 차원의 변환에 대하여 학생들에게 직접적으로 알리지 않는 것으로 나타났다.

이상의 연구 결과를 통해 네 교사의 수업에서 공간적 사고는 각 교사별로 정도의 차이는 있지만 대체적으로 교과서에서 제시한 학습 내용을 중심으로 부분적으로 다루어지고 있음을 알 수 있었다. 또한 교사와 학생들이 공간적 방위와 관측 기준점을 공유하는 것과 다양한 매체를 통해 관측의 기준점의 변환을 실제로 보여주는 것은 학생들이 천체에 대한 공간적 사고를 발전시킬 수 있는 가능성을 보여줌을 알 수 있었다. 이상의 연구결과를 바탕으로 태양계 행성과 별 수업에서 학생들의 공간적 사고를 형성하고 발달시킬 수 있는 방안을 다음과 같이 제안하고자 한다.

1. 관측 기준점과 방위를 명확히 제시하는 수업

관측자가 바라보는 곳의 방위가 달라짐에 따라 관측자의 왼쪽과 오른쪽의 방위가 달라지는데, 이러한 방위의 전환에 대하여 학생들에게 명시적으로 알려주고 공유하는 것이 필요하다. 이를 통해 학생들이 현재 자신들이 관측하는 하늘의 방위를 의식적으로 파악하고 방위가 전환될 때 전환된 방위를 어렵지 않게 이해할 수 있도록 해야 할 것이다.

또한 천체 활동을 이해하기 위해서는 우선 관측자가 서 있는 곳이 어디인지, 어느 방향을 바라보고 있는지와 같이 관측 기준점을 제시되어야 한다. 만일 학생들이 교사와 관측 기준점을 공유하지 못한 채 교사가 주도하는 관찰 상황에 노출이 되면 교사 1의 사례에서 보듯이 학생들의 이해와 교사의 이해가 충돌할 수 있기 때문이다. 특히, 교과서 등을 통해 평면으로 제시되던 자료가 입체적인 활동으로 변환되는 경우 관측 기준점에 따라 자료가 어떻게 해석되는지를 생각해볼 기회를 제공하는 것이 필요할 것이다. 이를 통해 학생들이 천체의 운동을 공간에서의 운동으로 온전히 이해할 수 있도록 도와야 할 것이다.

2. 지구기반 관점과 우주기반 관점을 동시에 제시하여 운동의 상대성을 체험시키는 수업

태양계 행성과 별자리에서 다뤄지는 천체의 일주운동을 이해하기 위해서는 지구에서 바라 본 천체의 운동을 이해하고, 지구 밖 우주에서 지구의 운동을 이해하는 것이 동시에 진행되어야 한다. 즉 학생들이 직관적으로 관찰하게 되는 태양을 비롯한 천체의 일주 운동이 지구기반 관점에서 관찰되는 운동이며 실제 우주에서 지구를 보았을 때 지구의 자전으로 인해 나타나는 ‘시운동’임을 동시에 이해해야 하는 것이다. 여기서 학생들은 관점의 전환과 동시에 운동의 상대성을 이해해야 하는데, 관점 전환에 따른 운동의 상대성은 매우 고차원적인 공간적 사고능력을 요구한다는 점에서 학생들에게 매우 도전적인 과제가 된다.

학생들이 겪는 이러한 어려움을 돕기 위해서 각 교사가 취한 방법을 살펴보면 첫째, 지구기반 관점과 우주기반 관점을 동시에 제시하여 운동의 상대성을 체험하게 하기(교사 2의 사례), 둘째, 지구기반 관점과 우주기반 관점 중 한 관점만을 관찰하게 하고 다른 관점에서 볼 수 있는 운동을 학생 개인이 머릿속으로 이미지화 하게 하기(교사 1, 4의 사례), 셋째, 관점 제시 없이 동서 방위를 기준으로 지구운동 방향을 추론하게 하기(교사 3의 사례) 등으로 분류할 수 있다.

여기서 주목할 점은 관점 전환과 운동의 상대성을 구체적인 상황이 아니라 머릿속으로 이해하는 것은 교사에게도 도전적인 과제라는 사실이다. 예를 들어 교사 3의 경우 관측 기준점이 변경될 때 지구의

자전 방향을 혼동하였고 교사 2는 ‘남반구를 기준으로 한 행성의 공전 방향이 본인에게도 혼란스럽다’라고 이야기 하였다. 또한 지구기반 관점과 우주기반 관점 중 한 관점만을 관찰하게 한 교사 1과 4 모두 수업 진행 중에 잘못된 내용으로 설명을 진행하는 사례가 나타났다. 다시 말해 교사들 역시 자신이 관찰하고 있는 현재의 관점과 다른 관점에서 천체의 운동을 내적으로 이미지화 하는 것에 어려움을 갖고 있음을 알 수 있다. 또한 관측의 기준점에 대한 명백한 제시 없이 행성의 운동을 설명한 교사 3은 공간에서 방위를 여러 번 혼동하여 수업 중간에 학생들에게 “나도 잘 모르겠다.”라는 독백을 한다. 이는 공간적 사고가 당위적인 설명만으로는 형성발달되지 못함을 방증한다고 하겠다. 반면 지구기반 관점과 우주기반 관점을 동시에 제시한 교사 2의 수업에서 학생과 교사는 운동의 상대성과 관점의 전환을 수업에서 교사가 제시한 상황을 통해 자연스럽게 관찰하게 됨으로써 지구에서 관찰되는 천체의 운동이 실제 일어나는 것이 아니라 지구의 자전으로 인한 상대적인 운동임을 쉽게 알 수 있었다. 따라서 학생들에게 지구기반 관점과 우주기반 관점을 동시에 보여주고 관점에 따라 천체의 운동이 다르게 표현될 수 있음을 명시적으로 제시하는 교수행동이 학생들의 공간적 사고를 발전시키는데 도움이 될 것으로 예상할 수 있다.

3. 천체의 시운동을 빅아이디어로 지구 자전에 의한 천체의 일주운동과 지구 공전에 의한 천체의 연주운동으로 구분하는 수업

현재 초등학교 5학년을 대상으로 운영되고 있는 2007 개정 교육과정에서는 5학년 1학기 지구와 달 단원에서 지구의 자전에 의한 태양과 달의 일주운동을 다룬 다음 5학년 2학기 태양계와 별 단원을 통해 별의 일주 운동을 다루었다. 교사 1의 수업 사례에서 제시되었듯 “태양은 동에서 서로 움직이고 별은 서에서 동으로 움직인다.”라는 학생의 답변은 5학년 1학기 때 배웠던 태양의 일주 운동과 5학년 2학기 때 배우게 된 별의 운동을 별개의 운동으로 인식하고 있는 문제 상황의 한 단면을 보여주었다. 그러나 2015년부터 도입되는 2009 개정 교육과정에서는 5~6학년군 중 지구와 달의 운동 단원에서 태양, 달, 별의 일주운동(daily celestial motion)을 묶어 수업을 함으로써 태양, 달, 별의 일주운동이 지구 자전에 의한 시운동임을 연관성 있게 도입한다. 이러한 교육과정상의 변화는 학생들이 천체의 운동을 이해하면서 공간적 사고를 발달시킬 수 있는 발판을 마련한 것이라고 평가할 수 있다.

한편 지구 공전 측면에서 살펴볼 때 연관되는 수업 내용은 계절에 따른 별자리의 변화 차시였다. 지구 자전을 다루었던 ‘하루 동안 별자리 위치 변화’ 수업에서 관측 기준점과 방위 제시, 지구기반과 우주기반 관점과 천체 운동의 상대성 이해 등 공간적 사고 영역에 포함되는 다양한 사례들이 제시되었던 반면, 계절에 따른 별자리의 변화 차시에서는 공간적 사고 측면에서 수업이 다양하게 진행되지 않는 것으로 나타났다. 즉 대부분의 교사들이 계절에 따른 별자리의 변화가 지구 공전에 의한 현상임을 간략하게 설명하고 대부분의 시간을 계절별 별자리를 알려주고 별자리에 얽힌 신화를 소개하는데 할애하는 것으로 나타났다. 이는 지구의 공전에 대한 내용이 6학년 1학기 계절의 변화 단원을 통해 주로 다루어지기 때문에 5학년 2학기 태양계와 별 단원에서는 계절에 대한 별자리의 변화를 학생들의 흥미 중심으로 진행하는 것이라 해석할 수도 있을 것이다. 실제로 2007 개정 교육과정에서 지구의 공전에 의한 계절별 별자리 변화는 5학년 2학기에, 지구의 공전

에 의한 계절 변화, 계절에 따른 남중고도와 기온 변화, 낮의 길이 변화 등의 내용은 6학년 1학기에 다루어졌다. 2009 개정 교육과정에서도 계절별 별자리 변화는 5~6학년군의 지구와 달의 운동 단원에서, 지구의 공전에 의한 계절 변화, 계절에 따른 남중고도와 기온 변화, 낮의 길이 변화 등의 내용은 계절의 변화 단원에 편성되어 2007개정 교육과정과 큰 차이를 보이지 않는다. 앞서 지구의 자전에 의한 태양과 달의 일주운동, 별의 일주운동이 각각 5학년 1학기과 5학년 2학기로 나누어 진행되었던 2007개정 교육과정이 2009개정 교육과정 지구와 달의 운동 단원을 통해 함께 도입된 것, 계절에 따른 별자리 수업이 별자리 신화 소개와 계절별 별자리를 암기하는 수업으로 진행된다는 점을 고려할 때 계절별 별자리 수업도 ‘지구의 공전’이라는 테두리 안에서 지구의 공전으로 인한 다양한 천체의 연주운동(annual celestial motion)들과 함께 진행되는 것이 필요할 것이다.

이 연구에서는 초등학교 ‘태양계와 별’수업에서 나타나는 공간적 사고 사례에 대한 제시를 통해, 현재 초등학교 천문 관련 단원의 수업에서 공간적 사고가 어떠한 방식으로 다루어지고 있는지를 분석하고 유목화하는데 그 목적을 두었다. 따라서 참여 교사들에 대하여 어떠한 수업 피드백이 제시되었는지, 그리고 피드백을 통해 그들의 수업이 어떻게 변화하였는지, 그들의 수업을 받은 학생들은 공간적 사고 측면에서 어떠한 발달을 보였는지 등에 대한 연구는 본 연구의 범위에 포함되지 않았다. 이는 후속 연구를 통해 진행될 예정이다. 일련의 연구를 통해 천체의 운동을 이해하는데 필수적인 공간적 사고가 천문 관련 수업의 중요 요소로 인식되기를 기대한다.

국문요약

이 연구에서는 천체의 운동을 이해하는데 공간적 사고가 중요한 역할을 하는 사고임을 전제로, 실제 천문 관련 수업에서 공간적 사고가 어떻게 다루어지고 있는지를 살펴보고자 하였다. 이를 위해 초등학교 5학년 태양계와 별 단원 수업에 대한 네 교사들의 수업을 공간적 사고 측면에서 분석하였다. 연구 결과, 천체의 운동을 온전히 이해하기 위해서는 학생과 교사가 관측의 기준점과 방위를 명시적으로 공유하는 것이 필요한 것으로 나타났다. 또한 지구기반 관점과 우주기반 관점을 학생에게 동시에 제공하는 것이 천체의 운동을 이해시키는데 도움이 되는 것을 알 수 있었다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 이 연구에서는 학생들이 천체의 운동을 이해하고 공간적 사고를 키우기 위하여 첫째, 관측 기준점과 방위를 명확히 제시하는 수업, 둘째, 지구기반 관점과 우주기반 관점을 동시에 제시하여 운동의 상대성을 체험시키는 수업, 셋째, 운동을 주제로 천체의 운동을 설명하는 수업이 필요함을 논의하였다.

주제어 : 공간적 사고, 천문 수업, 천체의 운동, 지구 기반 관점, 우주 기반 관점

References

Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11(5), 502-513.
 Bishop, A. J. (1973). The use of structural apparatus and spatial ability: A

possible relationship. *Research in Education*, 9(1), 43-49.
 Bishop, A. J. (2008). Spatial abilities and mathematics education: A review. In P. Clarkson (Ed.), *Critical Issues in Mathematics Education*, (pp. 71-82). New York: Springer Science+ Business Media.
 Black, A. (2005). Spatial ability and Earth Science conceptual understanding. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 402-414.
 Broadfoot, J. M. (1995). Development of visuospatial abilities among undergraduate astronomy students. Doctoral dissertation, Curtin University of Technology.
 Broadfoot, J. M., & Ginns, I. S. (2005). Astronomy education research down under. In J. M. Pasachoff & J. R. Percy (Eds.), *Teaching and learning astronomy: Effective strategies for educators worldwide*. (pp. 44-57). Cambridge: Cambridge University Press.
 Byun, J., Jung, J., Moon, B., & Jeong, J. (2004). High school student conceptions on the motion of the earth and the moon. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 25(7), 519-531.
 Callison, P. L. and Wright, E. L. (1993). The effect of teaching strategies using models on preservice elementary teacher' conceptions about Earth-Sun-Moon relationships. *The Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, ED 360 171, 2-17.
 Chae, D. (2004). The change of preservice and inservice elementary school teachers' concepts of the solar system based upon their exposure to the earth motion centric solar system model. *The Korean Association for Research in Science Education*, 24(5), 886-901.
 Diakidoy, I-A, Vosniadou, S., Hawks, J. D. (1997). Conceptual change in astronomy: Models of the earth and of the day/night cycle in American-Indian children. *European Journal of Psychology of Education*, 12(2), 159-184.
 Dunlop, J. (2000). How children observe the universe. *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 17(2), 194-206.
 French, J. W., Ekstrom, R. B., & Price, L. A. (1963). *Manual for kit of reference tests for cognitive factors* (revised 1963). Princeton, N. J.: Educational Testing Service.
 Geary, D. C. (1996). Sexual selection and sex differences in mathematical abilities. *Behavioral and Brain Science*, 19(2), 229-247.
 Ha, O., & Lee, Y. (1997). Study on the conceptual type of elementary students concerning on the earth's rotation. *The Korean Elementary Science Education Society*, 16(1), 103-122.
 Jeong, J. Jung, J., Moon, B., & Moon, S. (2004). Tenth graders' ideas concerned with Earth's rotation according to interest and learning style. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 25(7), 532-544.
 Kali, Y., & Orion, N. (1996). Spatial abilities of high-school students in the perception of geologic structures. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(4), 369-391.
 Kim, B., Jeong, J., Yang, I., & Jeong, J. (1998). Concepts on motion of the earth and the moon to spatial ability, visual-perception-recall ability, learning styles. *The Korean Elementary Science Education Society*, 17(2), 103-111.
 Kim, H., Seo, C., & Lee, H. (2003). Development of the Test Tool of Astronomical Spatial Concept Level. *Journal of the Korean Society of Earth Science Education*, 24(6), 508-523.
 Kim, S., Lee, Y., Lee, S. (2005). Correlations of elementary students' spatial abilities with their conceptions of celestial motion and science process skills. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 26(6), 461-468.
 Ko, M., Kim, N., & Yang, I. (2014). A case study on the conceptual simulation observed in explanation of elementary school students about the causes of the seasonal change. *Journal of the Korean Society of Earth Science Education*, 7(1), 43-53.
 Lee, K., & Lim, J. (2010). Acquisition of 9th grade students' conception of Earth's rotation according to individual difference of the spatial sensibility. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 31(3), 267-275.
 Lee, Y. (2006). The effects of cooperative learning through STAD model on elementary school students' learning achievements and science related attitudes in field of astronomy. *The Korean Elementary Science Education Society*, 25(2), 141-148.
 Lee, Y. (2012). The effects of the space perception ability and creative

- personality 'Source of season change' using small inquiry method. *Journal of the Korean Society of Earth Science Education*, 5(3), 307-315.
- Lim, C., & Jeong, J. (1993). An analysis of contents and problems on astronomical area in the elementary science textbooks. *The Korean Association for Research in Science Education*, 13(2), 247-256.
- Lim, J. (2007). The concept on the rotation of the earth of the middle school students in the third year according to their spatial sensibility. Master Thesis, Korea National University of Education.
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence an characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, 56, 1479-1498.
- Lohman, D. F. (1979). Spatial ability: A review and reanalysis of the correlational literature (Tech. Rep. No. 8), Stanford, CA: Stanford University, Aptitude Research project, School of Education. (NTIS NO. AD-A075 972).
- Lohman, D. F., Pellegrion, J. W., Alderton, D. L., & Regian, J. W. (1987). Dimensions and Components of Individual Differences in Spatial Abilities. In S. H. Irvine, & S. E. Newstead (Eds.). *Intelligence and cognition: Contemporary frames of reference* (pp. 253-312) Netherlands: Springer.
- Maeng, S. Lee, K. Park, Y. Lee, J., & Oh, H. (2014). A learning progression for understanding of astronomical system using ordered multiple-choice assessment. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 34(8), 703-718.
- MaGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental genetic, hormonal and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86(5), 889-918.
- Mathewson, J. H. (1999). Visual-spatial thinking: An aspect of science overlooked by educators. *Science Education*, 83(1), 33-54.
- Ministry of Education (2011). *Science 5-2*. Seoul: MiraeN.
- Myeong, J. (2001). Reasons for unsuccessful Earth Science problem solving of pre-service teachers: A study on the motions of the moon and the planets. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 22(5), 339-349.
- National Research Council (2006). *Learning to think spatially*, Washington, D. C.: National Academies Press.
- Parker, J. & Heywood, D. (1998). The Earth and Beyond: Developing Primary Teachers' Understanding of Basic Astronomical Events. *International Journal of Science Education*, 20(5), 503-520.
- Plummer, J. D. (2014). Spatial thinking as the dimension of progress in an astronomy learning progression. *Studies in Science Education*, 1-45. Advance online publication. doi: 10.1080/03057267.2013.869039
- Plummer, J., & Krajcik, J. (2010). Building a learning progression for celestial motion: Elementary levels from an earth-based perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(7), 768-787.
- Rudmann, D. S. (2002). Solving astronomy problems can be limited by intuited knowledge, spatial ability, or both. Presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, ED 468 815, 1-11.
- Schoon, K. J.(1992). Students' alternative conceptions of Earth and Space. *Journal of Geological Education*, 40(3), 209-214.
- Titus, S., & Horsman, E. (2009). Characterizing and improving spatial visualization skills. *Curriculum & Instruction*, 57(4), 242-254.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45-69.