

공간적 사고 관점에서 천문 분야 교과서 삽화 및 탐구활동에 대해 예비교사가 인식한 문제점과 개선안

김종욱

Problems and Suggestions for Astronomy Textbook Images and Inquiries Raised by Pre-service Teachers: From the Perspective of Spatial Thinking

Kim, Jong-Uk

국문 초록

천문학 학습 과정에서 공간적 사고의 중요성을 고려할 때, 교원 양성 단계에서부터 공간적 사고를 고려한 교수·학습 방법에 대한 교육이 이뤄질 필요가 있다. 그에 따라 본 연구는 초등 예비교사들에게 공간적 사고에 대한 교육을 실시한 후 이들이 천문 단위 교과서의 삽화 및 탐구활동에 대해 인식하는 문제점과 개선안의 양상을 탐구하였다. 본 연구에서는 천문 영역의 공간적 사고를 공간 개념, 표상, 추론 과정으로 구성된 것으로 정의하였다. 수도권 소재 A 교육대학에 재학 중인 3학년 학생을 대상으로 2021년 10월, 2주에 걸쳐 공간적 사고에 대한 교육이 실시되었으며 예비교사들은 천문 단위 중 1개 차시를 자율적으로 선택하여 공간적 사고 측면에서 현행 교과서의 문제점을 분석하고 그에 대한 개선안을 제시하였다. 최종적으로 22명이 제시한 33개의 사례가 분석되었으며, 연구 결과는 다음과 같다. 예비교사들은 공간 개념과 추론 과정 측면에서 교과서 삽화 및 탐구활동의 한계를 인식하고 그것을 보완하기 위한 개선안을 제안하는 모습을 나타냈다. 그러나 일부 예비교사는 문제점을 타당하게 인식하더라도 적절한 개선안을 제안하지 못하거나, 공간적 사고 측면에서 삽화나 탐구활동을 분석하지 못하는 경향도 나타났다. 본 연구는 공간적 사고에 대한 일련의 교육을 통해 예비교사가 천문 교수 실행시 공간적 사고 측면에서 교과서 삽화나 탐구활동을 인식하고, 그 한계를 보완할 능력을 갖출 수 있음을 보였다는 점에 의의가 있다. 아울러 본 연구 결과가 공간적 사고와 관련된 교사 양성 프로그램에 시사하는 바에 대해서도 논의하였다.

주제어: 공간적 사고, 천문 수업, 초등 예비교사, 교과서, 삽화, 탐구활동

ABSTRACT

Considering the importance of spatial thinking in the process of learning astronomy, it is necessary to educate pre-service teachers on teaching methods that consider spatial thinking from the teacher training program stage. Accordingly, after providing education on spatial thinking to pre-service science teachers, problems and improvement plans perceived by them were explored for the images and inquiry activities of astronomy textbook units. In this study, spatial thinking in the astronomical domain was defined as the amalgam of the concepts of space, representation tools, and reasoning processes. The juniors attending the University of Education in the metropolitan area were educated on spatial thinking for two weeks in October 2021. They were then asked to voluntarily select one of the astronomy units to analyze problems in the textbooks and present modification plans to address those problems. Finally, 33 cases presented by 22 pre-service science teachers were analyzed, and the

results of the study were as follows. Pre-service teachers recognized the problems in textbooks in terms of the concepts of space and reasoning processes, and proposed improvement plans to supplement them. However, in some cases, even if pre-service teachers properly recognized a problem, the improvement plan was not appropriate, or they were not able to analyze the images or inquiry activities in terms of spatial thinking. This study is significant in that it shows that pre-service teachers have the potential to properly reorganize and revise textbooks by participating in teacher training programs on spatial thinking. Furthermore, based on the results of this study, the direction of the teacher training program concerning spatial thinking was discussed.

Key words: spatial thinking, astronomy class, pre-service science teacher, textbook, image, inquiry

I. 서 론

소박하게 출발하였을 하늘에 대한 인류의 호기심이 우주의 구조와 진화에 대한 과학적 이해로 변모하기까지, 인류는 공간적 사고에 기초한 추론과 통찰에 많은 빛을 지어왔다. 천문학사에서 결정적인 순간마다 공간적 사고는 빠질 수 없는 주인공이었던(NRC, 2006), 천문학 학습에서 학습자의 공간적 사고 수준은 그들의 학습 과정에 지대한 영향을 미친다.

Plummer(2014)는 학생들이 천문 현상을 이해하고 천문 분야의 과학적 실행에 참여하는 과정에는 공간적 사고가 그 기초를 형성한다고 지적하였으며, Cole *et al.*(2018)은 천문 현상을 이해하기 위해서는 다른 시점에서 보여지는 물체의 모습을 상상할 수 있어야 하고, 다차원 공간에서 물체의 운동을 이해할 수 있어야 한다고 주장했다. 일례로 Subramaniam and Padalkar(2009)의 연구는 지구-달-태양 시스템에 대한 과학적 모델을 가지고 있는 8학년 학생이더라도 지구 기반(Earth based viewpoint) 및 우주 기반(space based viewpoint) 관점간의 전환이 일어나지 않으면 달 위상을 설명해내지 못한다고 보고한 바 있으며, 계절의 변화를 설명하는 학습 발달과정(learning progression) 연구에서는 계절의 변화 개념의 발달 과정은 공간적 사고 발달과 연계되어 나타난다고 분석하였는데(Sneider *et al.*, 2011), 이러한 연구들은 천문 분야 학습에서 공간적 사고의 중요성을 대변하고 있다.

위 입장은 공간적 사고와 천문 분야 개념 이해도의 상관관계를 분석한 연구들에서도 잘 나타난다. 대학생을 대상으로 수행된 Rudman(2002)의 연구에서는 개인이 천문 현상을 설명하는 모델 수준과 공간적 능력이 상관관계 있음을 보였다. 즉 계절의 변화를 과학적 모형으로 설명하는 집단이 그렇지 않은 집

단에 비해 공간적 사고 검사 점수가 일관되게 높게 나오는 것이 확인된 것이다. 또한 비과학 전공 대학생들을 대상으로 지구과학(천문 포함) 개념 수준과 공간적 능력(Linn & Petersen, 1985) 간의 상관관계를 분석한 Black(2005)의 연구는 두 변인 사이에 양의 상관관계가 있으며 특히 2차원 혹은 3차원의 물체를 정신적으로 회전시키는 공간 회전(mental rotation) 능력이 지구과학 개념 검사 점수를 가장 잘 예측하였다고 보고하였다. 예비교사를 대상으로 수행한 Turk(2016)의 연구에서도 공간 회전 능력은 예비교사들의 천문 지식 및 천문에 대한 태도에 유의미한 상관관계가 있음을 밝힌바 있다. 이와 같은 연구는 효과적인 천문 분야 교수·학습을 위해서 공간적 사고에 대한 교사와 연구자들의 관심이 반드시 요구됨을 방증하고 있기도 하다.

실제로 이러한 노력은 많은 연구자들에 의해 지지되며 다양한 교수학적 접근을 통해 그 효과가 증명되어 왔다. Schneps *et al.*(2014)는 태양계 행성 및 그 궤도의 실제 스케일을 3차원 표상으로 구현하는 어플리케이션의 사용이 고등학생들의 태양계 개념 수준을 유의미하게 증가시켰음을 보였으며, Padalkar and Ramadas(2008)은 3차원 모델과 체크처, 공간적 사고가 반영된 표상 등을 제공한 7학년 대상 수업이 지구의 형태, 방위, 운동 등의 지구 모델을 학생들이 이해하도록 하는데 효과적이었음을 보고하였다. 특히 Plummer *et al.*(2014)의 연구는 눈에 띈다. 이들은 천문 분야 학습에서 강조되는 공간적 사고로서 지구 기반 관점(지구에서 보이는 천체의 겉보기 운동)과 우주 기반 관점(천체의 우주 공간상 운동) 사이의 통합적인 이해가 8~9세 학생들의 해와 달의 겉보기 운동 이해 수준에 미치는 영향을 탐색하였는데, 연구 결과 지구 기반 관점 혹은 우주 기반 관점 중 한 가지만 학습한 집단에 비해 두 관점을 모두 학습한 집단이 더 정교한 수준의 과학적

이해에 도달했음을 확인하였다.

다만 이와 같이 공간적 사고를 고려한 교수·학습 접근이라는 연구자들의 노력에도 불구하고 이는 교육 현장에서 쉽게 일반화되지 못하는 것으로 보인다. 달의 위상 변화를 지도하는 6학년 교사의 수업을 관찰한 Wilhelm *et al.*(2018)의 연구에서는 천체의 움직임 이해하는데 필수적인 방위나 천체의 규칙적인 움직임 패턴에 대한 교사의 설명이 결여되는 모습이 확인된바 있다. 이는 교사 스스로 천문 단위 지도 시 공간적 사고에 대한 고려가 이뤄지지 않는다는 점을 보여준다. 한편 태양계와 별 단위를 지도하는 초등 교사의 수업을 분석한 이정아 등(2015)의 연구에서는 한 교사가 학생들에게 우주 기반 관점만 시각적으로 제시한 채 이와 대조되는 지구 기반 관점의 추론을 요구하는 모습이 제시된다. 이는 학생들에게 서로 다른 관점을 통합하도록 요구했다는 점에서 공간적 사고를 고려한 접근이라 하더라도, 대조되는 관점을 시각적으로 제시하기보다는 추상적인 모델링 작업만을 요구하였다는 점에서 그 효과성이 제한적인 교수 방식으로 분석된바 있다. 즉 공간적 사고를 고려한 타당한 교수 전략을 실행하는 것은 교사에게 도전적인 과정임을 함의하는 것이다.

이러한 연구 결과는 교사 양성 단계에서 공간적 사고에 대한 이해 및 이를 활용한 수업 실행에 더 많은 관심과 노력이 필요함을 의미한다. 특히 2차원의 인쇄매체로서 교과서는 본질적으로 공간적 사고를 구현하기에 한계를 지닐 수밖에 없으며, 또한 분량의 제약은 공간적 사고를 고려하는 다양한 삽화나 활동을 수록하는 것을 어렵게 한다. 따라서 교사는 이러한 한계를 명확히 인지하고 교과서에서 다루지 못하거나 생략된 부분에 대해 추가적인 자료나 활동을 통해 보완하고자 하는 의지와 그 역량이 필요하다. 이런 측면에서 예비교사가 교과서를 공간적 사고의 측면에서 비판적으로 분석하고 보완해 나가는 양상을 이해하는 것은 중요한 과업이 될 것이다.

본 연구는 지구과학의 천문 분야에서 공간적 사고가 차지하는 중요성에 비해 현재 학교 현장에서 교사들에 의해 이것이 충분하고 적절히 강조되고 있지 못하며, 따라서 교사 양성 단계에서 이에 대한 체계화된 교육이 이뤄져야 한다는 문제의식에서 출발한다. 그에 따라 초등 예비교사들에게 천문

분야 공간적 사고에 대한 교수 프로그램을 제공한 후 이들에게 천문 단위 교과서의 삽화 및 탐구활동을 수정하게 하여 그 전반적인 양상을 분석하고자 하였다. 따라서 연구의 초점은 예비교사가 현행 교과서의 어떠한 부분을 문제점으로 인식하며 그에 따라 제시하는 개선안은 무엇인지, 동시에 이들이 인식하는 문제점과 개선안이 공간적 사고 측면에서 적절하고 타당한 것으로 해석 가능한지 탐색하는 것으로 모아진다. 여기서 교과서 탐구 활동과 함께 삽화에도 초점을 둔 까닭은 천체들 간의 다양한 공간적, 기하학적 관계가 삽화를 통해 나타날 수밖에 없는 천문 분야의 특성을 반영한 것이다. 본 연구는 상기 과정을 통해 장래 공간적 사고를 고려한 수업을 실행해야 할 예비교사의 역량을 가늠해 볼 것이며, 나아가 공간적 사고를 고려한 수업 실행 역량을 재고하기 위한 교원 양성 프로그램의 방향을 논의할 것이다. 아울러 본 연구에서 보여주는 우수한 사례는 현장의 교사도 활용할 수 있는 실용적인 교수·학습 전략이 될 수 있을 것이라는 점에서도 가치가 있을 것으로 기대한다. 위 논의를 종합하여 연구 문제는 다음과 같이 설정한다.

공간적 사고 관점에서 초등 예비교사들이 인식하는 천문 분야 교과서 삽화 및 탐구활동의 문제점과 개선안의 양상은 어떠한가?

II. 공간적 사고

본 연구에서 취하는 공간적 사고(spatial thinking)에 대한 기술에 앞서 이와 유사한 의미역을 지니며 천문 교육 연구에서 자주 언급되는 ‘공간 능력(spatial ability)’에 대해 먼저 탐색한다. 공간 능력은 인간의 인지 능력을 하위 요소로 나누고 이를 측정하려고 한 심리학적 지능 측정 연구의 전통에서 발현한다(Cole *et al.*, 2018). 그에 따라 합의된 개념 정의는 없더라도 공간 능력은 대체로 “물체를 회전하거나 관점을 전환하는 등의 정신적인 조작을 수행하는 능력을 의미하는 ... 인간이 지닌 자질로 개념화된다.”(NRC, 2006) 이 같은 관점에서 공간 능력에 대한 주요 연구들은 그 구인을 ‘공간 지각, 정신 회전, 공간 시각화’(Linn & Peterson), ‘공간 시각화와 공간 방향화’(McGee, 1979), ‘공간 시각화, 공간 방향화, 공간 관계’(Lohman, 1979) 등과 같이 두세 가지로 나누어 피검사자의 공간적 조작의 빠르기

와 정확도 등을 측정한다. 이러한 표준화된 방법은 개인의 공간 능력이 천문학적 개념 성취도에 미치는 상관을 분석하거나, 연구 참여자의 수준을 구분하는 등의 과정에서 유용한 역할을 하기에 최근까지도 다수의 연구자들에 의해 활용되고 있다(Black, 2005; Heyer *et al.*, 2013; Rudman, 2002; Türk, 2016; Wilhelm *et al.*, 2018).

다만 인지 심리학적 전통에서 발현된 공간적 능력은 개인의 공간적인 추론 능력이나 정신적 조작 능력 그 자체에만 집중하기에 그 활용이 다소 제한적일 수 있다. 반면 공간적 사고(spatial thinking)는 문제 해결과 그 표현을 위해 동원되는 도구의 측면에서 이해된다. 이러한 맥락에서 NRC(2006, p. 3)는 “문제를 구조화하고, 답을 찾고, 해결 방법을 표현하기 위한 하나의 도구로서 공간의 의미를 이해하고 공간 특성을 활용하는 것과 관련”되는 사고로서 공간적 사고를 위치시키며, 공간적 사고를 공간 개념(concepts of space), 표상(tools of representation), 추론 과정(processes of reasoning)의 혼합물(amalgam)로서 정의한다. 공간 개념은 어떤 정보가 통합되거나 관련될 수 있는가 등과 같은 분석적이고 개념적인 틀을 제공하는 역할을 하는 것으로서, 거리를 나타내는 다양한 방법(미터법으로, 시간 개념으로, 비용으로)이나 좌표계(카테시안 좌표와 극좌표)에 대한 이해가 그 예시가 될 수 있다. 표상은 내적 표상과 외적 표상을 모두 포함하는 것으로 정보를 저장하고 분석하고 이해하거나 의사소통하기 위한 형태를 제공하는 것으로서 서로 다른 시점의 표현 양식(평면도와 입면도), 그래프의 작성 원리 등에 대한 이해가 그 예시가 될 수 있다. 추론 과정은 앞선 언급한 공간 능력으로 지칭되는 사고 과정들이 여기에 포함될 수) 있는데, 공간적인 정보를 조작하고 해석하고 설명하는 것을 의미하며 공간적인 문제 해결, 의사 결정의 과정이 해당된다. 그런데 해결해야 할 문제의 영역이나 의사 결정이 이뤄지는 주제에 따라 요구되는 추론 과정은 상이하게 나타날 수 있다. 즉 영역 특이적인(domain-specific) 사고의 과정을 거칠 수 있는 것이다(Cole *et al.*, 2018; NRC, 2006).

이러한 공간적인 추론 과정은 생물, 화학, 지리,

일상생활까지 다양한 영역에서 수반될 수 있으나 본 연구의 초점인 천문 영역에서 주로 요구되는 특이적인 사고가 무엇인지 명료히 할 필요가 있다. Black(2005)은 지구에 한정된 인간의 시점을 극복하기 위한 정신 회전 능력을 강조하였으며 Plummer(2014)는 지구 기반 관점과 우주 기반 관점 간의 전환과 2차원~3차원 간의 시각화 기술을 중요한 공간적 사고 과정으로 지적한 바 있다. 이러한 관점은 맹승호 등(2014)의 연구에서도 공유되고 있다. 이들은 천문 시스템을 학습할 때 요구되는 공간적 추론 과정을 “천체의 위치 변화와 지리적 방향을 판단하는 능력, 2차원의 평면 자료를 3차원의 공간적 자료로 또는 그 반대로 전환하는 능력, 지구에서 보는 관점에서 파악한 천문 현상을 우주에서 보는 관점에서 재구성하고 이것을 천체의 상대적 운동으로 파악하는 능력”으로 정의하였다. 본 연구에서도 공간적 추론 과정에 관해 맹승호 등(2014)의 정의를 지지한다. 다만 초등 천문 분야 교과서 단원에서 “천체의 위치 변화와 지리적 방향”이 천체의 회전 방향과 밀접하게 연관되어 제시되고 있는 점을 고려하고, “지구에서 보는 관점 ... 우주에서 보는 관점에서 재구성”이라는 한정적인 용어보다는 “서로 다른 시점”(perspective taking)이라는 좀 더 포괄적인 용어가 교과서에 수록된 탐구 활동 및 삽화를 설명하는데 더 적절하다고 판단하여 수정을 거쳤다.2) 위 논의를 종합하여 본 연구에서는 초등 천문 분야 학습에 요구되는 공간적 사고를 “천문 현상을 이해하기 위한 하나의 도구로서 공간의 의미를 이해하고 공간 특성을 활용하는 것과 관련된 사고이며, 공간 개념, 표상, 추론 과정의 혼합물”로 정의하고, 그 하위 요소를 다음과 같이 정리한다(Table 1).

III. 연구 방법

1. 연구 맥락 및 연구 참여자

본 연구에는 수도권 지역의 A 교육대학에서 2021년 2학기에 진행된 ‘초등과학교육론’ 강의를 수강한 3학년 1개과(비과학교육 심화반) 25명의 예

1) 따라서 공간적 사고와 공간 능력은 별개의 사고가 아니며 오히려 공간적 사고가 공간 능력을 포괄한다고 볼 수 있다.

2) 이를 통해 지구 기반 관점과 우주 기반 관점을 상호보완적으로 이해하는 것뿐만 아니라 우주 기반 관점이면서도 공전 궤도의 위에서 보는 관점과 측면에서 보는 관점을 보완적으로 이해하는 것과 같이 좀 더 다양한 상황을 포괄적으로 포함할 수 있다.

Table 1. Subcategories of spatial thinking in astronomy learning

Subcategories	Definition
공간 개념	· 공간적 문제 해결 과정에서 어떤 정보가 통합되거나 관련될 수 있는가 등과 같은 분석적이고 개념적인 틀을 제공할 수 있는 개념
표상	· 정보를 저장하고 분석하고 이해하거나 의사소통하기 위한 형태를 제공하는 내적·외적 표상 도구
추론 과정	· 공간적인 정보를 조작하고 해석하고 설명하는 것 · 초등 천문 분야에서 요구되는 추론 과정 A) 지리적 방향과 천체의 회전 방향을 판단 B) 2차원의 평면 자료를 3차원의 공간적 자료로 또는 그 반대로 전환 C) 서로 다른 시점에서 제시된 천문 현상을 상호보완적으로 재구성

비교사가 참여하였다. 해당 예비교사들은 본 수업에 앞서 ‘초등과학탐구지도’ 강의의 수강한 경험이 있었으나 지구과학 분야 내용 지식은 학습하지 않았다고 응답하였다. 코로나19의 확산으로 인해 전면 온라인으로 진행된 이 강의는 본 연구의 저자가 진행하였으며, 전반적으로 과학 학습이론, 과학 교육과정의 특징, 지구과학 내용 지식 등에 대해 다뤄지는 강의였다. 강의 형태는 교수자의 직접 교수 및 학생들의 수업 시연이 결합된 형태로 구성되었다.

본 연구와 관련하여 의도적으로 투입된 프로그램은 다음과 같다(Table 2). 교수자는 2주, 총 4시간 동안 공간적 사고(spatial thinking)에 대한 견해(맹승호 등, 2014; NRC, 2006)와 공간적 능력(spatial ability)에 대한 견해(Linn & Peterson, 1985)를 소개하였으며, 지질학 맥락에서 공간적 사고가 적용되는 사례(Kastens & Ishikawa, 2006)와 천문학 발달사에서 공간적 사고가 기여한 사례(NRC, 2006)를 정리하여 제시하였다. 본 연구의 목적이 공간적 사고 측면에서 초등 천문 단원의 삽화 및 탐구 활동에 대한 예비교사들의 문제점 분석과 개선안 제안 양상을 탐색하는 것이기에 초등교과서에 수록된 개별 주제를 학습할 때 요구되는 공간적 사고가 무엇일지는 교수자가 직접 제시하지 않았다. 이는 교수자의 관점이 연구 참여자들의 생각을 제한할 것을 우려한 것에 근거한다. 전반적으로 수업 처치의 초점이 예비교사들이 공간적 사고의 정의를 이해하고 이를

지구과학 분야에 적용할 수 있는 역량을 기르도록 의도한 것으로 요약할 수 있다. 각 주차 강의 후 예비교사들은 초등교과서 지질 단원의 교수·학습 자료나 활동을 공간적 사고 측면에서 문제점을 분석하고 개선 방향을 제안하는 보고서를 제출해야 했으며(1주차), 천문 단원의 교수·학습 자료나 활동을 공간적 사고 측면에서 분석하고 문제점에 대한 개선 방향을 제안하는 보고서를 제출해야 했다(2주차). 1주차의 지질 단원에 대한 분석 보고서는 본 연구와 맥락이 다르며, 본 연구의 수집 자료에도 포함되지 않았다. 다만 1주차 과제를 수행함으로써 2주차 과제의 성격을 예비교사가 명확히 이해할 수 있었으며, 교수자 입장에서는 예비교사들의 공간적 사고에 대한 이해 수준을 파악하고 부족한 점에 대한 피드백을 제공하는데 용이하게 활용할 수 있었다. 참고로 자료 수집 당시 초등 지구과학 내용 지식에 대한 강의는 시작되기 전으로, 수집 자료에는 예비교사들의 오개념도 일부 포함되어 있었다.

2. 자료 수집

25명의 예비교사가 2주차에 작성한 보고서가 본 연구의 수집 대상 자료이다. 예비교사들은 천문학 단원 중 1개 차시를 자유 선택한 후 다음에 대해 보고서에 기술하였다. 즉 1) 해당 차시를 학습하기 위해 요구되는 공간적 사고에는 무엇이 있는지, 2) ① 해당

Table 2. Instructional program for pre-service teachers

Period	Instructional program
1주차	· 공간적 사고 및 공간 능력에 대한 학자들의 견해 소개 · 지질학 맥락에서 공간적 사고가 활용된 사례 소개 · 과제: (개인 보고서 제출) 공간적 사고 측면에서 초등 지질학 단원의 삽화 및 탐구 활동의 문제점 분석 및 개선 방향 제안
2주차	· 천문학 발달사에 공간적 사고가 기여한 사례 소개 · 과제: (개인 보고서 제출) 공간적 사고 측면에서 초등 천문학 단원의 삽화 및 탐구 활동의 문제점 분석 및 개선 방향 제안

차시에서 요구되는 공간적 사고 측면에서 현행 교과서 삽화나 탐구 활동의 한계나 문제점이 무엇이라고 생각하는지 ② 문제시되는 부분을 어떻게 개선, 보완하면 좋겠는지에 대한 것이다. 예비교사들은 보고서에 위 내용에 대해 구체적인 서술을 하였으며 필요한 경우 그림이나 사진 등을 활용하여 부연 설명을 하였다. 전반적으로 연구자는 예비교사가 작성한 보고서를 읽고 예비교사의 의도를 충분히 파악할 수 있었으나 3명의 예비교사에 대해서는 추가적인 해석이 필요하였기에 화상으로 개인당 10분 내외의 인터뷰를 수행하였다. 인터뷰는 보고서에 작성한 내용을 명료히 설명해 줄 것에 대한 요청으로 한정되었다.

위 과정을 통해 25명의 예비교사는 총 39개의 문제점 및 그에 대한 개선안을 제시했다(1인당 평균 1.56개 제시). 그러나 6개의 사례는 문제 제기 자체가 초등 교육과정을 벗어난 내용(예: ‘달 위상 변화 원리가 지도되지 않아서 초등학생들이 궁금해할 것이다’)이거나 교과서 구성이나 교육과정 연계에 대한 예비교사의 이해 부족에 기인한 것으로 파악되어 공간적 사고 측면에서 자료를 해석하기에 제한적이었다. 따라서 이들 사례는 분석에서 제외하여 최종적으로 22명의 예비교사가 제안한 33개의 사례를 분석 대상으로 삼았다.

3. 자료 분석

위 수집된 자료에 대한 분석은 다음과 같이 수행되었다. 우선 예비교사가 제기한 현행 교과서의 문제점과 그에 대한 개선안을 구별하여 코딩을 시작했다. 우선 문제점(Code: Pbl)과 관련하여, 예비교사들이 삽화와 탐구 활동의 문제점을 타당하게 분석한 경우(Code: Pbl-Rea)와 공간적 사고 측면에서의 분석이 아닌 경우(Code: Pbl-UnSpa)가 확인되었다. 여기서 문제점을 타당하게 분석하였다고 함은 선행 연구를 바탕으로 본 연구에서 정의한 공간적 사고 및 그 하위 요소에 비추어볼 때 예비교사의 분석이 적절한지 평가하였음을 의미한다. 예를 들어 4번 예비교사의 경우 교과서에 제시된 계절별 별자리 이미지(Fig. 6)를 지적하며, 동-남-서에 위치하는 모든 별자리 및 방위 라벨이 평평한 면에 위치하고 있는 것처럼 표현된 점을 문제로 지적했다. 이는 타당한 지적이다. 왜냐하면 관측자는 천구상의 다른 방위에 위치한 천체를 관측하기 위해서는 시선

을 옮겨가야 하는데, 평면적으로 표현된 해당 삽화는 마치 한눈에 세 방위의 별자리를 다 관측할 수 있는 것과 같은 착각을 불러일으킬 여지가 있기 때문이다. 이것은 교과서라는 평면적인 매체 특성상 입체적인 표현이 어렵다는 점에 기인한다. 따라서 추론 과정의 b항 ‘2차원의 평면 자료를 3차원의 공간적 자료로 또는 그 반대로 전환’이라는 공간적 사고 측면에서 인식한 문제점으로 볼 수 있다. 이와 같이 공간적 사고에 대한 관점을 적절히 적용하여 삽화 및 탐구활동의 문제점을 지적한 경우 타당한 분석으로 코딩하였다. 그리고 이 코드는 공간적 사고의 하위 요소를 따라서 다시 하위 코드로 분류되었다. 즉 공간 개념(Code: SpaCon), 표상(Code: SpaPre), 추론 과정(Code: SpaRea) 중 어떤 측면에서 문제점이 지적되었는지 판단하며 코딩하였고, 추론 과정은 다시 하위 요소인 A~C항으로 분류되었다. 다만 개선안 코드(Sug, 아래 문단)에서는 표상 코드에 해당하는 사례가 있었으나 문제점 코드(Pbl)에서는 해당 사례가 나타나지 않았다. 한편 타당한 문제 제기(Pbl-Rea)에 대조되는 코드로서, 삽화 및 탐구 활동을 공간적 사고 측면에서 분석하지 못한 경우(Pbl-UnSpa)가 있었는데 이들은 모형을 얼마나 천문 현상 및 천체를 잘 재현하고 모사하는가에만 초점을 두고 있었기에 이들 사례에는 ‘재현성에 집중(Code: Mim)’이라는 코드가 부여되었다.

다음은 문제점을 어떻게 개선할 것인가(Code: Sug)와 관련된 자료를 분석한 과정이다. 이것 역시 예비교사들이 타당하게 개선안을 제시한 경우(Code: Sug-Rea)와 그렇지 않은 경우(Code: Sug-Unrea)로 나뉘었다. 타당성의 판단은 예비교사가 인식한 문제점에 대해 공간적 사고 측면에서 적절하게 개선안이 제시되었는가를 중심으로 이뤄졌다. 위 문단에서 예로 든 4번 예비교사의 사례를 살펴보면, 해당 사례는 2차원의 평면 삽화를 통해서만 관측자를 둘러싸는 천구면에 위치하는 별자리나 방위 라벨의 배치를 학습자가 이해하기 어려움을 지적하였기에 이러한 추론 과정을 보조할 수 있는 다른 형태의 삽화나 탐구 활동이 제시되는 것이 적절한 개선안이 될 것이다. 4번 예비교사의 경우 반구 형태의 삽화를 제시하여 별자리 및 방위 라벨(“동”, “남”, “서”)을 입체적인 형태로 배치하는 방법을 제안하였기에(Fig. 7) 공간적 사고 측면에서 타당한 개선안으로 분류할 수 있었다. 다만 여기서 타당성은

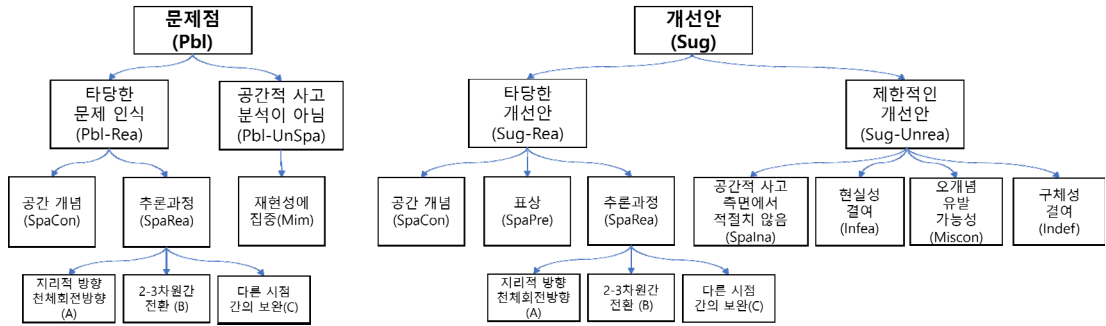


Fig. 1. Code structure of the data

공간적 사고 측면으로만 한정한다. 즉 해당 개선안에서 새로운 표상이나 다른 시점이 제시됨으로 인해 추가적인 인지적 부하를 유발하거나 성취기준을 상회하는 내용이 일부 제시될 수 있다. 그러나 잠재적인 모든 요소를 다 고려하여 타당성 여부를 판단하는 것은 현실적으로 어렵기에 그 정도가 과도하지 않은 이상 공간적 사고 측면에만 초점을 두어 판단하였다. 한편 예비교사들이 제시하는 이러한 개선안은 공간적 사고의 하위 요소(Table 1)에 기초하여 또다시 하위 코드로 분류하였다. 다만 예비교사들이 제기한 문제점에 대해 그 개선안도 해당하는 공간적 사고 측면에서 제시하기에 문제점 코드(Pbl-Rea)와 동일한 형태로 개선안 코드(Sug-Rea)도 나타나는 게 일반적이었다.³⁾

개선안의 타당성이 제한적인 경우(Code: Sug-Unrea)와 관련하여 크게 네 개의 코드가 출현하였다. 우선 ‘공간적 사고 측면에서 적절치 않음(Code: Spalna)’ 코드로 이에 해당하는 사례는 위 문단과 대조되는 경우이다. 예를 들어 우주 기반 관점으로 그려진 삽화로 인해 지구 기반 관점의 사고가 제한될 가능성을 문제점으로 지적하였으나(13번 예비교사), 그 개선안으로 또다시 우주 기반 관점의 삽화를 제시한 사례가 해당된다. 이는 서로 대조되는 시점의 제시가 천문 현상 이해를 도울 수 있다는 기존의 선행 연구(Cole et al., 2018; Wilhelm et al., 2018)나 본 연구의 공간적 사고에 대한 정의에도 대치된다고 할 수 있다. 두 번째는 ‘현실성 결여(Code: Infea)’ 코드로 예비교사가 제안한 방법이 현실적으로 교실 현장에서 적용하기 어려운 사례가 해당한다. 세 번째는 ‘오개념 유발 가능성(Code:

Miscon)’ 코드로 예비교사가 제시하는 개선안이 예비교사 스스로의 오개념에 기인하였기에 문제가 있거나 혹은 예비교사의 오개념이 아니더라도 초등학교생들에게는 오개념을 야기할 수 있는 사례가 해당된다. 네 번째는 ‘구체성 결여(Code: Indef)’ 코드로 그 개선안이 단순히 ‘동영상을 제시한다’, ‘시뮬레이션 프로그램을 제시한다’ 등으로 구체적이지 못한 사례가 해당한다. 동영상이나 시뮬레이션 사용 유무보다는 어떻게 활용할 것인가가 교수·학습 과정에서 더 중요하기에 이 코드도 개선안의 타당성이 제한적인 것으로 분류하였다. 본 연구의 자료 분석을 통해 정리된 코드는 Fig. 1과 같다.

본 연구는 교과서 삽화 및 탐구활동에 대해 예비교사가 인식하는 문제점과 개선안을 탐색하는 것에 목적이 있기에 연구 결과도 이러한 관점에서 기술하였다. 즉 위 코딩 결과에 기초하여 a) 문제점과 개선안이 모두 타당한 경우, b) 문제점 인식은 타당하나 개선안이 제한적인 경우, c) 공간적 사고에 대한 분석이 아닌 경우로 크게 구분하여 제시하였다. 위 a)~c)의 각 연구 결과는 위 코드 구조(Fig. 1)에 나타난 하위 코드를 기준으로 삼아 기술하였다. 코딩 과정에는 질적 자료 분석 도구인 NVIVO Mac 1.6이 이용되었으며 연구자가 1차 분석 후, 그 결과를 3인의 지구과학교육 전문가와 공유하며 분석의 타당도에 대한 검증을 받았다. 그 과정에서 초기에 예비교사가 제기한 문제점 중 “표상”으로 코딩된 항목이 “추론 과정”으로 변경되었으며, 예비교사의 오개념이라고 확신할 수 없는 부분에 대해서는 논문의 기술이 수정되는 등 전반적으로 합의에 기초한 분석의 정당화 과정을 거쳤다(Creswell, 2013;

3) 예를 들어 SpaRea의 B에 대해 문제를 제기한 경우 그 개선안도 SpaRea의 B로 제시되었다. 다만 일부 사례에서는 동시에 여러 가지의 공간적 사고 요소가 사용되기도 했다. 그에 대해서는 연구 결과의 개별 사례를 제시하며 별도 기술했다.

Eisner, 1998).

한편 수많은 입장과 생각의 총합으로서 교과서는 다양한 과학교육학적 지향을 담고 있다. 따라서 본 연구에서 견지하는 공간적 사고라는 특정한 렌즈로 볼 때 드러나는 약점이, 또 다른 교육학적 관점에서는 타당하게 여겨질 부분이 분명히 존재한다. 그렇기에 본 연구는 교과서의 문제점을 비판하기보다는 교과서라는 하나의 매체가 필연적으로 가질 수밖에 없는 제약에 대해, 예비교사가 공간적 사고 측면에서 분석하고 그를 보완해가는 양상을 살펴며 또한 그 역량을 가늠해보는 것에 초점을 두었다. 따라서 연구 결과의 기술 과정에서 예비교사가 공간적 사고 측면에서 지적한 문제라고 하더라도 단원 전체의 맥락이나 교과서 구성 측면에서 현행 교과서 역시 타당한 요소가 충분할 경우 주석이나 부연 설명 등을 통해 독자들이 균형 잡힌 시각에서 교과서를 바라볼 수 있도록 노력하였다.

IV. 연구 결과

1. 문제점과 개선안이 모두 타당한 경우

우선 예비교사들이 공간적 사고에 비추어 현행 교과서의 문제점으로 인식한 부분과 그에 대한 개선안이 모두 타당한 사례를 기술한다. 전체 33개 사례 중 15개가 이에 해당된다. 여기서는 제기된 문제점을 공간적 사고의 요소(공간 개념, 표상, 추론 과정)에 근거해 분류하여 기술했다. 다만 예비교사들은 표상 측면에서는 문제를 제기하지 않았다. 그러나 문제점에 대한 개선안으로는 공간 개념, 표상, 추론 과정에 대한 코드가 모두 출현하였기에 해당 사례에서 기술하였다. 예비교사들을 식별하는 번호는 익명성을 보장하기 위해 임의로 부여하여 기술한다.

1) 공간 개념 측면에서의 문제점과 그에 대한 개선안

- 공간 개념(시차 개념)과 관련된 문제점과 개선안
공간 개념 측면의 문제로 코딩된 사례는 한 가지로, 23번 예비교사가 시차 개념과 관련하여 문제를 제기하였다. 해당 예비교사가 지적한 차시는 5학년 1학기, 3단원 태양계와 별, 8차시 ‘행성과 별은 어

떤 점이 다를까요’이다. 우선 교과서 자체를 분석하면, 이 차시는 행성과 별의 관측상의 차이에 대해 학습하는 차시로서 여러 날 동안 같은 시각에 하늘을 관찰하였을 때 행성은 별과 비교해 천구상의 위치가 달라지는 특징이 있음을 삽화(Fig. 2)를 통해 제시하고 교과서 지문으로 그 까닭을 설명하는 형태로 구성되어 있다. 교과서의 지문은 “별은 행성에 비해 지구에서 매우 먼 거리에 있습니다. 그렇기 때문에 ... 별은 움직이지 않는 것처럼 보입니다. 반면에 행성은 별보다 지구에 가까이 있기 때문에 별자리 사이에서 위치가 서서히 변하는 것을 볼 수 있습니다.”(교육부, 2019a, p. 65)로 기술되어 있다. 둘째와 셋째 문장에서 인과 접속사 “때문에”를 사용하며 별과 행성의 움직임의 차이를 지구에서의 거리를 통해 설명하고 있는 형태이다. 이는 관측자와 물체 사이의 거리에 따라 시차가 달라진다는 공간이 지닌 특성에 대한 개념을 사전에 학습자가 이해하고 있을 것을 전제로 한 설명 방식이라 볼 수 있다. 그러나 교육과정상 이에 대해 학생들은 학습하지 않은 단계이다.

23번 예비교사는 이러한 부분을 지적하였다. 즉, “(행성과 별의 관측상의 차이가 나타나는 이유를 이해하기 위해서는) 관찰자 시각에서 먼 거리에 존재하는 물체의 움직임은 작게 보이고 가까운 거리에 있는 물체의 움직임 크게 느껴진다는 것과 관련한 ... (이해)...능력이 필요하다.”(23번, 보고서)고 언급하였다. 그리고 이것에 대한 해결책으로서 Fig. 3과 같은 방식으로 탐구 활동을 제안하였다. 이 방식은 동일한 거리를 좌우로 움직이는 물체가 관측자와의 거리에 따라 휴대폰 화면 속에서 어느 정도의 범위로 움직이는지 비교하게 하는 활동으로 시차의 개념을 학생들이 직접 체득하도록 하고 있다.

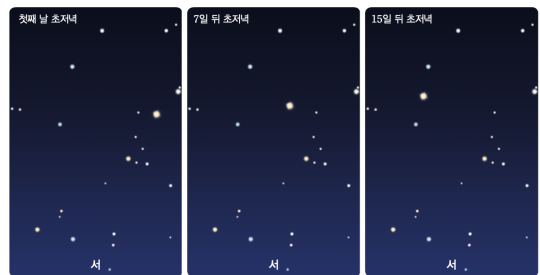


Fig. 2. Image in 5-1 textbook (교육부, 2019a, p. 64)

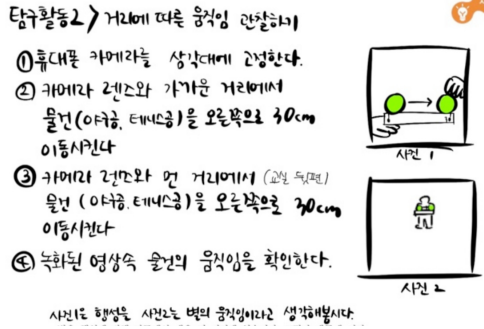


Fig. 3. Suggestion of the pre-service teacher no. 23

공간적 사고 측면에서 휴대폰 화면을 관찰하는 시점(지구 기반 관점에 비견)과 물체와 관측 지점 사이의 거리를 제 3자의 입장에서 파악하는 시점(우주 기반 관점에 비견)을 통합적으로 이해할 수 있도록 구성하여다는 점에서 타당한 방식으로 평가 가능하다. 즉 공간 개념 측면에서 제기되는 문제점에 대해 공간 개념을 직접 지도하기 위한 탐구 활동을 새롭게 제시한 방법이다. 특히 해당 탐구활동에는 서로 다른 시점 간의 상호 보완이라는 추론 과정을 보조하기 위한 전략도 활용한 것으로 볼 수 있다. 다만, 공간적 사고 측면에서 23번 예비교사가 타당한 활동을 제안한 것과는 별개로 이러한 개념 자체를 지도하는 것은 초등 성취기준을 상회한다는 문제가 발생한다. 이는 근본적으로 현 교과서 본문의 설명 방식에 기인하므로 향후 교육과정 개정 시에 해당 주제를 어떻게 제시할 것인지에 대한 전반적인 고민이 필요해 보인다.

2) 추론 과정 측면에서의 문제점과 그에 대한 개선안

추론 과정은 다시 세 가지 하위 요소로 구분되기 에 여기서는 예비교사들이 지적한 문제점을 ‘A) 지리적 방향과 천체의 회전 방향 판단, B) 2차원의 평면 자료를 3차원의 공간적 자료로 또는 그 반대로 전환, C) 서로 다른 시점에서 제시된 천문 현상을 상호보완적으로 재구성’ 측면으로 구분하여 제시한다.

- ‘지리적 방향과 천체의 회전 방향 판단’(A) 측면에서 문제점과 개선안

우선 지리적 방향과 관련하여 2명의 예비교사(16, 19번)가 이 문제를 지적하고 그에 대한 개선안을 제안했다. 두 예비교사는 공통적으로 6학년 1학기 2. 지구와 달의 운동의 2차시 ‘지구의 자전은 무엇일까요?’에서 문제를 제기하였다. 이들은 해당 차시에서 지구 자전에 대해 학습하고 그로 인해 지구 관측자에게 태양(전등)이 어떤 방향 및 방위로 움직이는 것처럼 보일지 정신적으로 추론하는 과정이 공간적 사고 측면에서 문제가 된다고 판단하였다. 19번 예비 교사는 보고서에 “초등학생들은 단순히 동쪽을 오른쪽, 서쪽은 왼쪽이라고 인식할 가능성이 있습니다. ... 관측자가 남쪽을 바라보고 있기 때문에 관측자 입장에서 왼쪽이 동쪽, 오른쪽이 서쪽이라는 사실을 학생들이 이해할 수 있어야 합니다.”(19번, 보고서)라고 기술하였다. 실제로 현행 교과서 단원에는 방위에 대한 특별한 안내가 없으며, 교과서 삽화(Fig. 4의 우측 상단, 인형 모형 주위의 방위)를 보는 초등학생들의 시각에서는 단순히 오른쪽이 동쪽, 왼쪽이 서쪽이라 생각할 가능성이 있어 보인다. 상대적으로 본 차시의 활동은 남쪽을 바라보는 지구 관측자의 시야에서 태양의 겹보기 운동을 이해하는 상황이다. 따라서 지구본 위 인형의 입장에서는 왼쪽은 동쪽, 오른쪽이 서쪽에 되기에 이는 초등학생들에게 혼란을 야기할 가능성이 있다고 하겠다.⁴⁾ 이런 점에서 위와 같은 지리적 방향(방위)에 대한 지적은 타당하다고 판단된다.

초등학생들이 겪을 이러한 문제점에 대해 두 명의 예비교사는 관측자가 바라보는 기준을 명확하게 할 것을 공통적으로 제안하였으며, 바라보는 방위에 따라 좌우의 방위는 어떻게 달라지는지 이해시키기 위한 보조 자료를 제안하였다. 19번 예비교사는 “남쪽을 바라보고 있을 때 방위와 북쪽을 바라보고 있을 때 방위를 이해할 수 있는 시각자료가 있어야 한다”(19번, 보고서)고 지적하며 지구본 위의 인형이 바라보는 방향을 화살표로 표시하고 추가로 남쪽과 북쪽을 바라보는 인형 그림을 모두 제시하는 형태로 자료를 보완하였다(Fig. 5). 이러한 방법은 현행 교과서 삽화보다 방위를 명확하게 이해하도록 도울 수 있는 유의미한 전략으로 판단된다. 16번 예비교사 역시 같은 맥락에서 관측 기준

4) 현행 지도서에서도 방위를 지도할 때 주의할 필요가 있음이 안내되어 있다. 이는 이 탐구활동에서 방위를 명확히 지도하는 것이 중요하다는 인식을 교과서 집필진 역시 공유하고 있음을 보여준다. 다만 탐구활동 단계에서 이를 명확히 인지하고 지도하는 것은 공간적 사고의 중요성을 이해하고 지도할 수 있는 교사의 관심과 역량에 의존할 것이다.

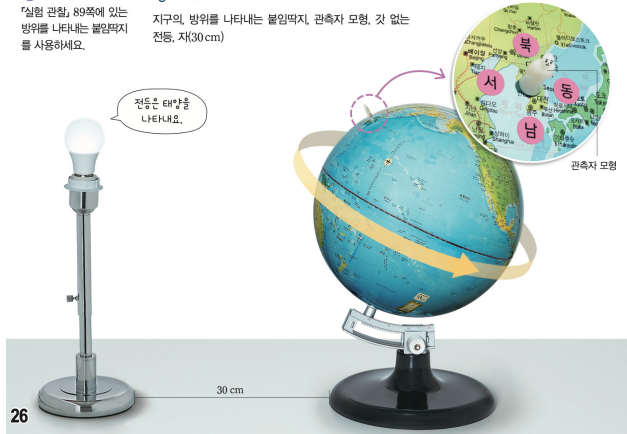


Fig. 4. Image in 6-1 textbook (교육부, 2019b, p. 26)

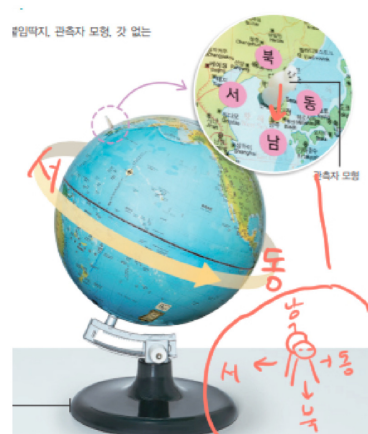


Fig. 5. Suggestion of the pre-service teacher no. 19

이 되는 방위를 정립하고 그에 의한 좌우의 방위가 무엇인지 지도하는 것이 필요함을 강조하였는데 이 역시 공간적 사고 측면에서 타당한 개선안이라 할 수 있다.

천체의 회전 방향과 관련해서도 위 두 예비교사는 동일한 차시에서 추가적인 문제점을 지적했다. 지구의 자전을 설명하는 해당 차시의 삽화에는 “지구의 북극 위에서 보면 지구는 시계 반대 방향으로 자전해요.”(교육부, 2019b, p. 27)라는 보조 설명이 수록되어 있다. 이 문장은 지구의 자전 방향을 바라보는 기준(“북극 위에서 보면”)을 명확히 제시하고 있다는 점에서 중요한 문장이라고 할 수 있다. 다만 이에 대해 두 예비교사는 “지구의 북극 위에서” 보는 지구의 자전 모습이 어떠한 모습일지에 대해서 시각적인 자료를 통해 학생들이 명료히 이해하도록 도울 필요가 있다고 지적하였다. 실제로 이정아 등(2015)의 연구에서도 초등학교생들에게 지구 자전의 기준점을 시각적으로 명확히 제시하는 것이 중요한 것으로 분석되고 있다는 점에 비추어 이러한 지적은 타당한 문제 제기라 할 수 있다. 위 문제점에 대해 두 예비교사는 지구의 북극 상공에서 보이는 자전의 방향을 삽화로 제시하거나(19번), 지구의 남극 상공에서 보는 자전의 방향도 추가 제시하여 비교하게 함으로써(16번) 학생들에게 지구의 회전 방향에 대한 공간적인 이해를 돕고자 하였다. 이러한 방식은 추론 과정의 C항, 서로 다른 시점을 제시하여 천체 회전 방향을 상호 보완적으로 이해하도록 한 시도라 할 수 있겠다.

- ‘2차원과 3차원 자료간의 전환’(B) 측면에서 문제점과 개선안

2차원 평면 자료와 3차원 공간적 자료 간의 전환과 관련하여 4명(4개 사례)의 예비교사가 문제점과 그 개선안을 기술했다. 두 명은 6학년 1학기 2. 지구와 달의 운동의 6차시, ‘계절에 따라 보이는 별자리가 달라지는 까닭은 무엇일까요?’에서 문제를 제기했다. 4번 예비교사의 경우 계절별 별자리를 표현한 삽화(Fig. 6)에 대해 “제시된 계절에 따라 저녁 9시 무렵에 하늘에서 볼 수 있는 별자리 그림은 동, 남, 서의 방위를 평면에 담다 보면(보니) 학생들이 방위를 머릿속에서 인식하는데 어려움이 있을 것이라 생각한다.”(4번, 보고서)고 지적하였다. 실제 천체는 관측자를 중심으로 하는 가상의 구형의 천구에 위치되며, 각 방위 역시 마찬가지로이다. 따라서 남쪽의 천체를 응시하던 관측자는 시선을 90도를 돌려야 동/서쪽의 천체를 응시할 수 있다. 그러나 현행 삽화는 마치 한눈에 세 방위의 별자리를 관측할 수 있는 것처럼 광범위한 영역이 평면적으로 펼쳐져 있기에 실질적으로 관측을 경험해보지 못한 학생들에게 착각을 일으킬 여지가 있다. 따라서 현행 2차원적 삽화가 지니는 문제점을 공간적 사고 측면에서 타당하게 지적한 사례라 할 수 있겠다. 한편 6번 예비교사는 동일한 삽화에 대해 다른 관점에서 문제점을 지적했다. 즉, “교과서에서는 계절별 대표 별자리를 한데 모아 제시하여 마치 특정 별자리를 한 계절에만 볼 수 있고 그 계절이 지나면 아예 볼 수 없는 것처럼 혼동할 여지가 있다”(6번, 보고서)고 언급했는데, 이는 3차원 천구상에 고루 분포하고 있는



Fig. 6. Image in 6-1 textbook (교육부, 2019b, p. 34)

별자리를 2차원의 고정된 프레임에 담았기에 발생할 수 있는 문제점이다. 실제로 ‘계절별 별자리는 해당 계절에만 보인다’는 생각은 대표적인 천문 분야의 개념으로 알려져 있다(Kikas, 1998; Schoon, 1995). 다만 현행 교과서의 본문에서도 이에 대해 언급되고 있다는 점에서 해당 예비교사는 이 부분이 삽화나 탐구활동 등을 통해서도 주의 깊게 지도될 필요가 있다고 생각한 것으로 파악된다.

또 다른 문제점은 6학년 2학기 2. 계절의 변화 단원의 2~3차시, ‘하루 동안 태양 고도, 그림자 길이, 기온은 서로 어떤 관계가 있을까요?’에서 제기되는 것인데, 해당 차시에는 시간에 따라 달라지는 막대 그림자의 길이를 통해 태양의 남중 고도를 측정하는 탐구활동이 나온다. 따라서 학생들은 천구상 태양의 움직임을 3차원적으로 이해하고 그에 따라 지표면에 투사되는 막대 그림자의 길이를 종합적으로 이해하는 사고 과정을 거쳐야 한다. 12번 예비교사는 이러한 과정이 초등학생들에게 고차원적인 과정이므로, 이를 종합적으로 표현하는 자료가 필요하다는 점을 문제점으로 지적하였다. 끝으로 7번 예비교사는 6학년 1학기 2. 지구와 달의 운동의 7~8차시(여러 날 동안 달의 모양/위치는 어떻게 달라질까요?)에서 달의 형태가 평면적인 원으로만 제시될 뿐 입체적인 구로서 달이 도입되지 않은 한계를 지적하였다. 이러한 문제점들은 모두 3차원적인 천문 현상을 2차원적 평면 매체에 표현되는 과정에서 발생하는 것들이다.

위 제기된 4가지 문제점에 대해 3명의 예비교사는 3차원 형태가 구현된 그림을 활용해 평면적인 삽화의 제약을 극복하고 추가적인 표상도 활용하

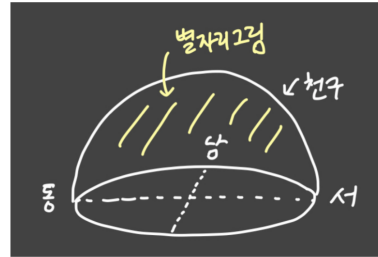


Fig. 7. Suggestion of the pre-service teacher no. 4

는 모습을 나타냈다. 나머지 한 명의 예비교사는 직접적인 3차원 실물 모형을 활용하는 안을 제안했다. 우선 전자의 사례 중 하나로서 4번 예비교사는 Fig. 7과 같이 2차원의 그림을 3차원의 반구 형태로 나타낼 것을 제안했다. 이러한 방식을 통해 “동”과 “서”의 방위 라벨이 입체적인 형태로 표현되었으며 별자리가 천구면을 따라 구형으로 펼쳐져 있는 것을 표현할 수 있게 되었다. 다만 실제 수업 과정에서 이러한 표상 방식이 의미하는 것이 무엇인지 교사가 설명하는 추가적인 과정이 필요할 것이며, 이는 학습자에게 별도의 인지 부하를 야기할 가능성도 있어 보이기 때문에 교사의 주의가 필요하겠다. 그럼에도 공간적 사고 측면에서 기존의 문제점을 해결하기 위한 명시적인 제안이 이뤄졌기에 이는 공간적으로 타당한 제안이라고 하겠다.

한편 천구상 태양의 3차원적인 움직임과 그에 따라 지표면에 투사되는 막대기 그림자의 길이와 방향 변화를 종합적으로 표현하는 자료가 필요함을 지적한 12번 예비교사는 우주 기반 관점에서 태양의 움직임을 3차원으로 나타낸 기존의 교과서 삽화에 그림자의 길이와 방향을 추가적인 표상으로 나타내는 방식을 제안했다(Fig. 8). 비교적 단순한 방식이나 하루 동안 태양의 3차원적인 움직임과 2차원적인 그림자 변화의 관계가 삽화 속에 종합적으로 표현되었다는 점에서 유의미한 시도라 할 수 있다. 이러한 자료는 차시 학습을 정리하는 단계에서 유용하게 활용될 수 있을 것이다. 다음으로 교과서에 입체적인 구가 아닌 평면적인 달만 제시되고 있다고 지적한 7번 예비교사는 스티로폼 공과 같은 입체 모형으로서의 달이 제시될 필요가 있음을 제안했다. 특히 달 위상은 햇빛을 받는 구의 절

5) 물론 이 과정에서 그림자의 방향도 달라지므로 학생들은 지속적으로 그림자 측정기의 방향을 조절해야 한다. 따라서 학생들은 그림자의 길이뿐만 아니라 방향의 변화도 이해하는 활동에 잠재적으로 참여하게 된다.

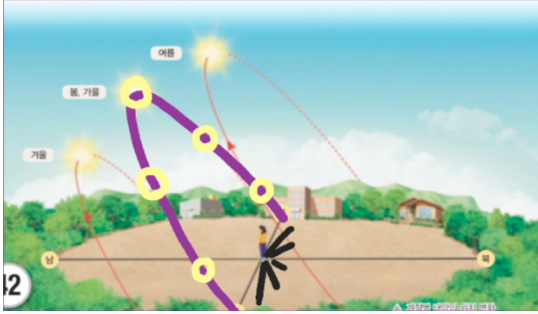


Fig. 8. Suggestion of the pre-service teacher no. 12

반을 어떤 각도에서 보느냐에 따라(태양-지구-달의 이각) 달라진다. 비록 달 위상 변화의 원리를 초등 교육과정에서 지도하지 않으나 이와 같이 자연 현상에 대한 설명력이 더 높은 3차원 모형을 제시하는 것은 학습자의 잠재적인 이해를 도울 수 있다는 점에서 더 바람직할 것이다. 위와 별도로 2차원과 3차원 자료간의 전환에 대한 더 많은 의견이 예비교사에 의해 제시되었다. 다만 다수는 그 해결책이 적절하지 않은 사례였기에 본 연구에서는 이후에 기술할 별도의 항목으로 분류했다.

- '서로 다른 시점에서 제시된 천문 현상을 상호 보완적으로 재구성'(C) 측면에서 문제점과 개선안

서로 다른 시점에서 제시된 천문 현상을 상호보완적으로 재구성하는 추론 과정과 관련하여 5명이 6개의 문제점을 지적하였으며 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 첫 번째는 1, 10, 19번 예비교사가 지적한 6학년 1학기 2. 지구와 달의 운동, 2차시 '지구의 자전은 무엇일까요?'에 대한 것이다. 해당 차시는 앞선 Fig. 4에서 설명했듯이 자전하는 지구본 위의 관측자 인형의 시점에서 전등의 위치가 어떻게 달라지는 것으로 보일지 정신적으로 추론하는 활동을 통해 지구 자전으로 인한 태양의 겉보기 운동을 학습하는 내용으로 구성되어 있다. 이에 대해 세 명의 예비교사들은 공통적으로 학생들이 자전하는 지구본을 보며(우주 기반 관점) 관측자 인형의 시점(지구 기반 관점)을 추론하는 것은 상당히 까다로운 사고 과정이라 진단하고 적절한 교수적 처치가 필요함을 제안했다.

두 번째는 6학년 2학기 2. 계절의 변화와 관련된 다. 2번 예비교사는 4차시 '계절에 따라 태양의 남중 고도와 낮의 길이는 어떻게 달라질까요?' 차시

에서 "그림(Fig. 9)을 이해하기 위해서는 자신의 관점에서 태양의 높이가 계절에 따라 어떻게 차이 나는지, 태양이 어떻게 움직일 것인지 상상할 수 있어야 합니다."(2번, 보고서)라고 지적하며 우주 기반 관점으로만 그려진 삽화의 제약을 지적하고 그와 대조되는 시점인 지구 기반 관점 도입의 필요성을 지적하였다. 실제 현행 단원의 전체적인 흐름을 살펴보면 지구의 자전축 기울어짐 및 공전에 의한 태양의 남중 고도 변화를 다양한 관점의 삽화(우주 기반/ 지구 기반 관점)를 통해 여러 차시에서 제시하고 있다. 다만 이를 명시적으로 비교하거나 통합하지 않기에 교사 입장에서는 이에 대해 관심을 갖고 학생들의 추론 과정을 돕기 위한 별도의 노력이 필요할 것이다. 따라서 2번 예비교사는 차시의 핵심을 이해하고 추가적인 자료가 필요하다고 인식하였다는 점에서 타당한 문제 제기라 할 수 있겠다.

세 번째는 5학년 1학기 3. 태양계와 별, 3차시 '태양계에는 어떤 구성원이 있을까요?'의 삽화에 대한 지적이다(10번, 24번 예비교사). 이들은 태양계 도입 차시로서 그 전체적인 모습을 묘사하는 현행 삽화(Fig. 10)의 시점이 오히려 태양계의 전체 모습과 주요 특징을 파악하기에 불필요한 혼란을 야기한다고 지적하였다. 실제로 교과서 삽화(Fig. 10)를 보면 태양으로부터 각 행성까지의 거리나 순서가 한 눈에 들어오지 않고 따라서 일부 행성 간에는 혼동을 일으킬 여지도 있어 보인다. 또한 행성의 궤도를 표현한 선이 원근 효과로 인해 태양의 뒤쪽으로는 촘촘하게 표현되어 있어 전반적인 공전 궤도 형태를 파악하기가 용이하지 않다. 따라서 해당 예비교사들의 지적은 태양계의 전반적인 파악을 위해서 다른 시점에서 표현된 태양계 삽화가 필요하다는 맥락이다. 물론 교과서의 삽화가 초등 학생의 흥미를 유발해야 하며, 모형이 항상 모든 내용을 담을 필요는 없다는 점, 그리고 단원에서 학생들이 직접 탐구해나가야 할 내용을 삽화에서 먼저 제시하지 않는다는 점에서 Fig. 10도 분명히 의미있는 것으로 판단된다. 다만 위 예비교사의 지적 또한 타당한 측면이 있으므로, 교사 입장에서는 실제 수업 중 염두해야 할 부분일 것이다.

제기된 위 세 종류의 문제점에 대해 예비교사들은 공통적으로 현행 교과서와 대조되는 관점을 추가적으로 제시하는 전략을 택했다. 우선 첫 번째 문제점과 관련하여, 지구 자전에 의한 태양의 겉보

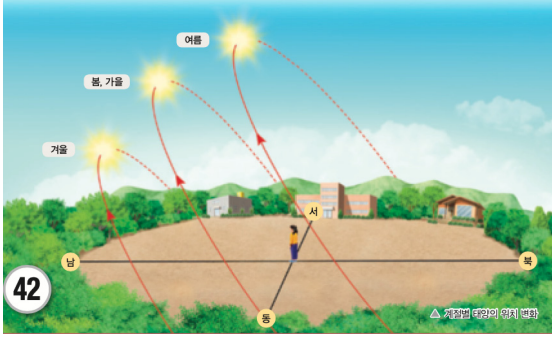


Fig. 9. Image in 6-2 textbook (교육부, 2019c, p. 42)

기 운동을 이해하는 교과서의 활동 및 삽화(Fig. 4)가 우주 기반 관점이므로 세 예비교사는 모두 이와 상대되는 시점(지구 기반 관점)에서 나타나는 현상을 직접 관찰할 수 있는 기회를 제공했다. 예를 들어 1번 예비교사는 Fig. 11과 같이 지구본에 투명 필름지를 부착하여 지구의 자전에 따라 달라지는 전구의 위치를 표시하도록 하였다. 순차적으로 표시되는 전구의 위치는 하루 동안 달라지는 태양의 위치를 확인할 수 있게 한다. 이러한 시도는 우주 기반 관점(직접 지구본을 회전시키는 상황)과 지구 기반 관점(필름지에 나타나는 전구의 위치를 관찰하는 상황)을 상호보완적으로 이해할 수 있는 기회를 학습자에게 제공할 수 있다는 점에서 타당한 개선안이라 할 수 있다.

두 번째 문제점과 관련하여, 우주 기반 관점으로 표현된 계절별 태양의 남중 고도 삽화(Fig. 9)에 대하여 2번 예비교사는 “자신이 포함된 넓은 반구 공

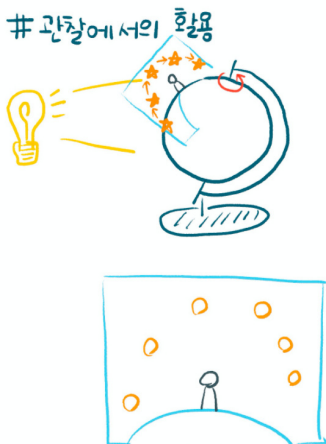


Fig. 11. Suggestion of the pre-service teacher no. 1

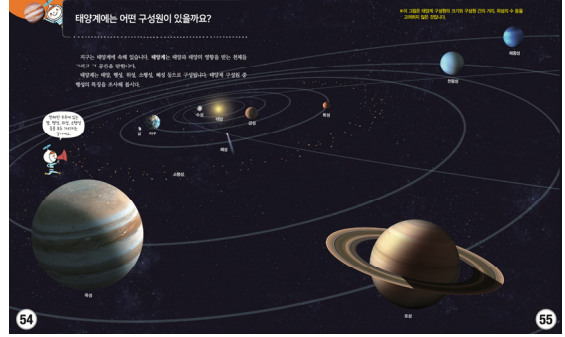


Fig. 10. Image in 5-1 textbook (교육부, 2019a, pp. 54-55)

간에서 태양의 남중 고도와 궤적, 낮의 길이와의 연관성”(2번, 보고서)을 이해할 수 있도록 천문 시뮬레이션 프로그램(스텔라리움)을 활용하여 지구 관찰자 입장에서 태양의 운동을 관찰하게 할 것을 제안했다(Fig. 12). 특히 주목할 것은 ‘방위각 격자 기능’을 활용해 지평좌표계의 격자가 화면에 표상되도록 한 점인데, 이를 통해 학생들은 우주 기반 관점에서 표현된 천구(Fig. 9)가 지구 기반 관점에서 어떻게 드러나는지 이해하고, 서로 다른 두 관점을 직관적으로 통합시킬 수 있다는 점에서 표상 활용의 좋은 예라 할 수 있겠다. 다만 새로운 표상을 도입할 때 그 표상이 의미하는 것이 무엇인지에 대해서도 교사가 주의를 기울여 지도하는 노력이 필요할 것이다.

끝으로 ‘태양계와 별’ 단원의 태양계 삽화(Fig. 10)와 관련하여, 10번과 24번 예비교사들은 우주 기반 관점이면서도 현행 삽화와는 다소 다른 시점에서 표현되어 태양계 구성원의 전체 모습이 한 눈에 드러나는 삽화를 추가로 도입할 것을 제안했다(Fig. 13). 다만 Fig. 13에서 나타나듯이 제한된 공간에 그려진 삽화는 태양계 행성의 순서와 궤도 형태는 나타낼 수 있더라도 그 크기와 거리 스케일은 크게 왜곡될 수밖에 없다. 따라서 이러한 한계에 대해서도 학생들에게 명확히 지도되어야 할 것인데, 위 예비교사들은 이 지점을 분명히 밝혔다는 점에서 바람직하다고 하겠다. 어떤 모형이든 자연 현상을 완벽하게 표현하고 설명할 수는 없을 것이다. 따라서 교사 스스로 각 모형이 설명하는 것과 설명하지 못하는 것이 무엇인지 명확히 이해하고, 수업의 흐름에 따라 적절한 시점의 모형을 제시하여 학생들의 공간적 사고를 돕는 것이 중요할 것이다.

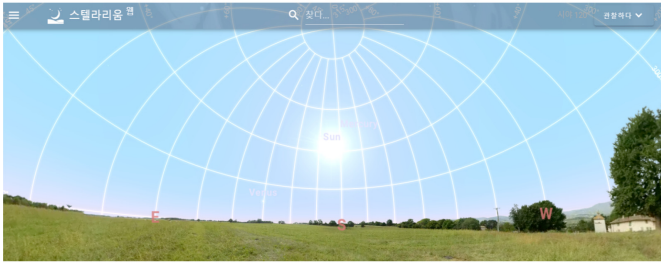


Fig. 12. Suggestion of the pre-service teacher no. 2

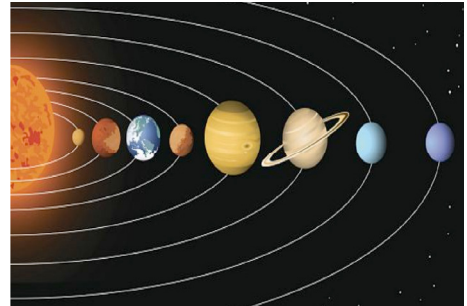


Fig. 13. Suggestion of the pre-service teacher no. 24

2. 문제점 인식은 타당하나 개선안이 제한적 인 경우

공간적 사고 측면에서 예비교사가 제기한 문제점이 타당하더라도 그에 대한 개선안의 타당성이 제한적일 수 있다. 본 연구에서는 13개의 사례(13명)가 이에 해당되었다. 이를 다시 분류하면 그 개선안이 공간적 사고 측면에서 적절하지 않은 경우, 실현가능성이 부족한 경우, 오개념을 야기할 가능성이 있는 경우, 구체성이 결여된 경우로 나눌 수 있으며, 아래에서 순차적으로 기술한다.

1) 공간적 사고 측면에서 적절하지 않은 경우

두 사례가 이 분류에 해당된다. 두 예비교사가 동일하게 6학년 2학기 2. 계절의 변화, 6~7차시 ‘계절의 변화가 생기는 까닭은 무엇일까요?’에서 계절 변화의 원인을 종합하여 설명하는 삽화(Fig. 14)에 대해 문제를 제기했다. 22번 예비교사는 해당 삽화에 대해 “지구의 자전축이 기울어져 있을 때 ... 지구의 공전에 따라 태양의 남중고도가 높을지 낮을지 ... 입체적인 관계를 파악하기가 힘들다”(22번, 보고서)고 언급하였으며 13번 예비교사도 유사한 맥락에서 문제점을 지적하였다. 해당 삽화는 우

주 기반 관점에서 그려져 있으며, 이때 남중 고도 차이를 정신적으로 형상화하는 것은 지구 기반 관점의 사고라는 점에서 이들의 지적은 적절하다고 할 수 있다. 따라서 우주 기반 관점의 삽화에 대해 여름과 겨울 위치에서 태양 남중 고도를 보여주는 지구 기반 관점의 삽화를 제시하는 방법이 학생들의 공간적 사고를 보조하는 적절한 개선안이라 할 수 있을 것이다. 그러나 두 예비교사는 “지구의 기울어진 자전축, 지구의 입체적인 느낌, 북반구에 있는 인물의 위치와 상황을 더 강조”(22번, 보고서)해야 한다고 하거나, Fig. 15와 같은 삽화(13번, 보고서)를 추가할 것을 제안하는 등 여전히 우주 기반 관점 내에서 삽화를 보완하려는 시도를 했다. 서로 다른 시점 제시를 통해 천문 현상을 이해하는 활동에 대한 강조는 여러 학자들에 의해 이미 강조되어 왔기에(맹승호 등, 2014; Black, 2005; Plummer, 2014), 이러한 사례는 공간적 사고를 적절히 고려한 개선안이라고 평가하기 어렵겠다.

2) 실현가능성이 부족한 경우

공간적 사고 측면에서 그 해결책이 효과적이라도 현실적으로 적용이 어려울 경우 그것은 단순



Fig. 14. Image in 6-2 textbook (교육부, 2019c, p. 47)

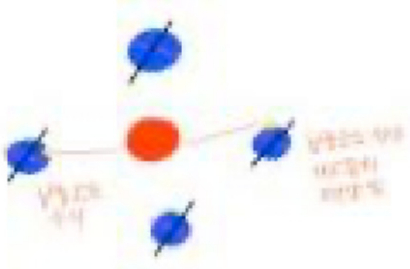


Fig. 15. Suggestion of the pre-service teacher no. 13

한 아이디어 수준에 그치고 말 것이다. 두 명의 예비교사가 제안한 사례가 여기에 해당된다. 9번 예비교사의 경우 6학년 2학기 2. 계절의 변화, 4차시 ‘계절에 따라 태양의 남중 고도와 낮의 길이는 어떻게 달라질까요?’의 삽화(Fig. 9)에 대해 지구 기반 관점에서 태양의 겉보기 운동을 이해할 필요성이 있음을 주장했다. 이것은 앞서 언급한 2번 예비교사도 지적한 부분으로 타당한 의견으로 평가된다. 다만 해당 예비교사는 Fig. 16과 같이 투명 반구 속에 학생이 들어간 후 몸의 기울임을 다르게 하며 회전하여 전등의 위치를 반구에 표시하는 형태의 활동을 제시하였는데, 이 활동은 몸과 시선의 움직임이 적절히 통제하는 것이 현실적으로 어렵다는 점에서 실현가능성이 부족한 방안으로 분석되었다.

다른 사례로 6학년 1학기 2. 지구와 달의 운동의 6차시, ‘계절에 따라 보이는 별자리가 달라지는 까닭은 무엇일까요?’에서 계절별 별자리가 분절되어 표현된 것(Fig. 6)에 대해 4번 예비교사는 Fig. 17과 같이 큰 원형 띠를 만들고, 그 안에 학생들이 들어



Fig. 16. Suggestion of the pre-service teacher no. 10

6) Fig. 16.은 계절별 별자리가 아닌 황도 12궁을 나타낸 그림이기에 해당 예비교사가 두 개념을 착각한 거라 생각할 수도 있으나, 보고서에서 예비교사는 해당 그림이 황도 12궁임을 알고 있으며 예시와 같은 형태의 띠를 사용하자는 의미로 삽화를 표현했다고 기술했다.

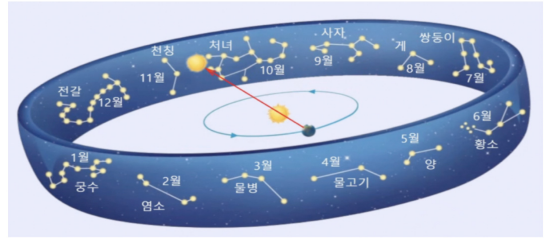


Fig. 17. Suggestion of the pre-service teacher no. 4

가 지구와 같이 공전하며 계절별 별자리를 관찰하자고 제안했다. 지구 기반 관점에서 계절별 별자리를 관측하려는 시도는 좋으나 현실적으로 큰 원형의 띠를 만들고 그것을 고정시키는 것이 쉽지 않을 것이며, 상하 폭이 좁은 띠에 다양한 적위의 별자리를 표현하는 것 역시 어렵다는 점이 전문가 교차 검토 과정에서 제기되었고 따라서 실현가능성이 부족한 제안으로 분류되었다.6)

3) 오개념을 야기할 가능성이 있는 경우

5명의 예비교사가 제안한 사례가 여기에 해당된다. 이들은 공간적 사고 측면에서 문제점을 타당하게 지적하였으나 그 개선안을 설명하는 활동이나 삽화가 학생들의 오개념을 야기할 가능성이 있는 것으로 판단되었다. 예를 들어 8번 예비교사는 5학년 1학기 3. 태양계와 별, 3차시 ‘태양계에는 어떤 구성원이 있을까요?’의 삽화(Fig. 10)의 시점이 태양계 행성의 크기와 거리 스케일을 적절히 반영하지 못한다고 문제점을 지적하였다. 그러나 8번 예비교사가 행성 스케일을 고려하였다고 주장하며 새롭게 제안한 삽화 역시 문제가 있었다. 해당 삽화는 지구형 행성과 목성형 행성의 크기 비율이 서로 다른 축척으로 그려진 상태였으며, 거리 스케일 또한 크기 스케일에 비해 과하게 줄어든 상태였다.

17번 예비교사도 위와 유사한 사례로 볼 수 있다. 해당 교사는 5학년 1학기 3단원, 8차시 ‘행성과 별은 어떤 점이 다를까요?’에서 행성에 비해 별의 거리가 매우 멀다는 것을 표현한 삽화가 없는 점을 지적하며, Fig. 18과 같은 삽화를 제안했다. 해당 예비교사는 “땅에 서서 바라본 행성과 별의 크기는 큰 차이가 없어 보이지만 우주 공간에서 지구의 입

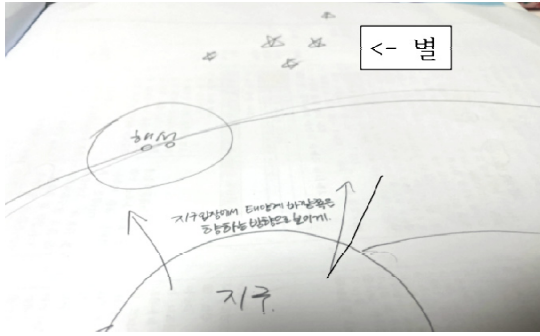


Fig. 18. Suggestion of the pre-service teacher no. 17

장(지구의 상공)에서 행성과 별을 바라보는 사진을 제공해준다면 행성과 별의 거리감을 확실히 느낄 수 있게 되어 별이 얼마나 멀리 있는지 실감”(17번, 보고서)할 수 있다고 생각하였던 것이다. 그러나 지구를 내려다볼 수 있을 만큼 지구 상공으로 올라간다고 하더라도 여전히 행성은 그 크기에 비해 상당히 먼 거리에 위치하기에 삽화(Fig. 17)와 같은 비율로 관측될 수는 없다. 실제 태양계 행성의 크기(지름) 규모가 $10^3 \sim 10^5 \text{ km}$ 범위인 반면, 거리(태양으로부터 행성까지) 규모는 $10^7 \sim 10^9 \text{ km}$ 범위이기 때문에, 이를 묘사하는 거의 모든 삽화가 거리와 크기에 서로 다른 축척을 적용하여 표현하는, 즉 행성의 크기가 거리에 비해 과장되어 표현되는 관행적인 방식에 예비교사도 익숙해졌기 때문일 것으로 추정할 수 있다. 위의 두 예는(8번, 17번 예비교사) 예비교사 스스로 태양계 스케일에 대한 적절한 이해가 선행되어야 함을 보여주며, 교사의 이러한 오개념이 해결되지 않으면 학생들 역시 과학적인 개념을 형성하기 어려울 것임을 함의한다.

또 다른 사례는 앞서 제시한 19번 예비교사가 그린 Fig. 5와 관련된 것이다. 이 그림에서 해당 예비교사는 “교과서 그림에는 회전 방향만 화살표로 안내되어 있을 뿐 그 회전 방향이 명시되어 있지”(19번, 보고서)않기 때문에 회전 방향을 표기하겠다고 하며 단순히 지구본 좌측에 “서”, 우측에 “동”이라고 나타냈다(Fig. 5). 그러나 지구(태양)를 바라보는 지구본 위의 관측자 인형의 위치를 고려하면 Fig. 19와 같은 위치에 방위가 표기되어야 적절하다. 다만 이 방법 또한 평면적인 매체 특성상 서쪽을 정확히 표기하기가 불가능하며, 지구의를 자전시킬 경우 그 위에서 이동하는 인형을 따라 ‘동’, ‘서’의 라벨 위치가 함께 이동되어야 한다는 점에서도 한

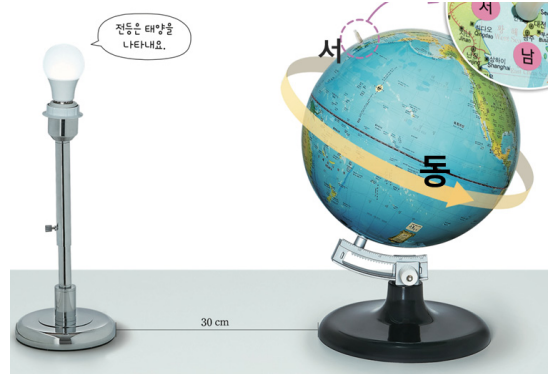


Fig. 19. Suggestion of the author

계가 있다. 아울러 19번 예비교사의 “동”, “서” 방위 표시 역시 해당 예비교사의 오개념에 기인한 것인지 아니면 평면 매체의 한계에 기인한 것인지 명확히 판단하기는 어렵다. 그러나 어떠한 이유이건 예비교사가 제안한 Fig. 5의 방식은 초등학교생들에게 방위에 대한 오개념을 심어줄 수 있다는 점에서 방위 표기에 각별한 주의가 필요하다고 하겠다. 이외에도 친구상 태양의 겉보기 운동 경로를 잘못 나타낸 사례(10번 예비교사, Fig. 15 하단의 반구), 행성과 별의 관측상 차이를 설명하기 위해 도입한 삽화에서 행성의 위치를 잘못 표시한 사례(23번 예비교사) 등이 있었다.

4) 구체성이 결여된 경우

교사가 공간적 사고 측면에서 교과서 삽화 및 활동의 문제점을 인지하더라도 구체적인 해결책을 수립하여 실행하지 못할 경우 공간적 사고를 고려한 수업을 진행하였다고 말하기 어려울 것이다. 본 연구에서는 총 4명의 예비교사가 문제점에 대한 해결책의 구체성이 결여된 모습을 나타냈다. 예를 들어 9번 예비교사의 경우 6학년 1학기 2. 지구와 달의 운동, 6차시, ‘계절에 따라 보이는 별자리가 달라지는 까닭은 무엇일까요?’에서 지구의 공전 위치에 따라 관측 가능한 별자리가 달라지는 것을 확인하는 실험에 대해 “이 실험이 지구의 입장이 아닌 밖에서 보는 것이다 보니 지구 관점에서 생각하게 되면 공간적 사고에 익숙하지 않은 학생의 경우 이해하기 어려울 수 있다. 따라서 기간에 따라 별자리의 변화를 보여주는 프로그램 등을 스마트 기기를 활용하여 제시한다면 학생들의 이해를 돕기 좋을 것이다.”(9번, 보고서)라고 평가하였다. 해당 예

비교사는 위 실험이 우주 기반 관점으로 진행되고 있음을 이해하고 있었으며, 따라서 지구 기반 관점에서 현상을 보여줄 천문 프로그램의 사용을 제안하였다. 전반적으로 타당한 의견이라고 볼 수 있다. 다만 구체적으로 어떤 상황에서 어떤 장면을 프로그램을 통해 보여줄 것인지에 대한 구체화된 계획이 나타나지 않았다. 이러한 특징은 나머지 3명의 예비교사들에게도 동일한 양상으로 나타났다. 즉, 9번 예비교사가 지적한 바와 동일하게 단순히 별자리 시뮬레이션을 사용하자고 제안한 사례(20번 예비교사), 태양계 행성을 평면적인 삽화로 이해하는 것은 한계가 있으니 가상현실(VR) 프로그램을 활용하자고 제안한 사례(8번 예비교사), 교과서에 제시된 하루 동안 태양의 겉보기 운동이 평면적으로 나타나 있으니 영상 자료를 보여주자고 제안한 사례(14번 예비교사)가 그에 해당한다.

최근의 다양한 매체와 컴퓨터의 발달은 분명히 교과서라는 기존 매체의 제약을 보조할 수 있는 좋은 도구가 되어줄 것이다. 다만 이를 수업에 어떻게 활용하는 것이 효과적일지에 대해 구체적으로 계획하고 실행하는 것은 교사의 역량에 달려 있을 것이다. 이런 점에서 단순히 ‘어떠한 프로그램을 활용할 것이다’ 식의 막연한 생각은 공간적 사고 측면에서 타당하고 효과적인 전략이라 말하기 어려울 것이다.

3. 공간적 사고에 대한 분석이 아닌 경우

끝으로 교과서 문제점에 대한 접근 자체가 공간적 사고에 근거하지 않은 경우가 확인되었다. 총 5개 사례(5명이 제시)가 이 분류에 해당된다. 우선 5개의 사례는 교과서에 제시된 삽화나 활동들이 얼마나 실제 자연 현상을 재현하느냐에 초점이 맞춰져 있었다. 예를 들어 11번 예비교사는 6학년 1학기 2. 지구와 달 단원에서 제작하는 지구와 달 운동 모형(구체물)의 예시가 지구의 자전축이 제대로 표현되지 않았다고 지적을 하였으며, 8번 예비교사는 5학년 1학기 3. 태양계와 별, 4차시 ‘태양계 행성의 크기를 비교해볼까요?’에서 행성 모형 만들기 활동이 Fig. 20과 같이 구형의 행성이 아닌 것이 문제가 될 수 있다고 지적했다. 동일한 단원에서 15번 예비교사는 태양계를 묘사한 삽화(Fig. 10)에 태양계의 행성 외에 더 많은 대상과 정보가 표현되어 실제 태양계의 모습에 가까워야 한다고 주장했다. 물론 이러한 지적 자체가 전혀 타당성이 없다고 말하

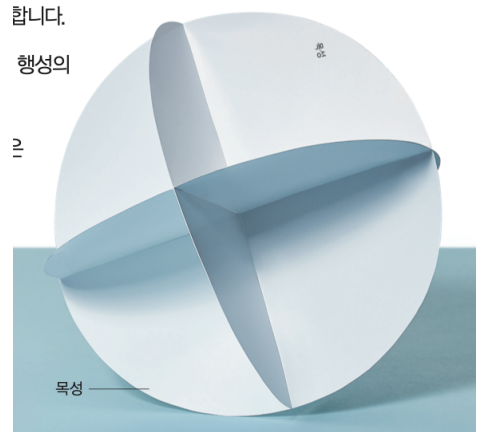


Fig. 20. Image in 5-1 textbook (교육부, 2019a, p. 56)

기 어려우나, 모형의 목적이 실제 대상을 그대로 묘사하는 것이 아니라, 의도한 현상이나 개념을 효과적으로 설명하거나 예측하는 것에 있다는 점 (Clement, 2000)을 고려할 때 적절한 지적이라 하기 어렵다. 특히나 모형의 재현성 자체에만 초점을 둔 것은 공간적 사고에 근거한 분석이라 할 수 없기에 본 연구의 기준에 비추어 타당한 의견이라 할 수 없다. 예비교사가 왜 공간적 사고에 터하여 교과서를 적절히 분석하지 못했는가는 본 연구의 목적을 고려할 때 중요한 논의점이 될 수 있으므로 이는 다음 절에서 다루었다.

V. 결론 및 논의

본 연구는 공간적 사고 관점에서 천문 분야 교과서 삽화 및 탐구활동에 대해 초등 예비교사가 인식하는 문제점과 개선안의 양상을 탐색하고자 하였다. 이를 위해 선행 연구를 바탕으로 본 연구에서 정의한 공간적 사고 및 그 하위 요소를 기준으로 예비교사들이 인식한 교과서의 문제점과 개선안을 분석하였으며, 또한 문제점 인식이 적절치 못한 경우와 개선안의 타당성이 제한적인 사례들에 대해 분석하는 과정을 거쳤다. 연구 결과 예비교사가 인식한 문제점과 개선안이 공간적 사고 측면에서 모두 타당한 경우, 문제점 인식은 타당하나 개선안이 제한적인 경우, 공간적 사고에 기초한 문제점 분석이 아닌 경우가 확인되었다. 여기서는 위 각각의 연구 결과가 공간적 사고를 고려한 과학 교수·학습에 함의하는 점이 무엇인지 논의하고자 한다.

먼저 분석 대상 총 33개의 사례(22명이 제시) 중 15개 사례가 공간적 사고 측면에서 예비교사가 인식한 문제점과 그 개선안이 모두 타당하였다. 이는 예비교사들이 공간적 사고에 대한 일련의 교육을 받을 경우 천문 단위 수업 시 공간적 사고를 고려한 교수 실행을 할 능력을 갖출 수 있음을 함의한다. 특히 추론 과정의 하위 세 요소(A~C 항목) 측면에서 기존 교과서의 제약을 교수 실행 단계에서 보완할 수 있는 유용한 방안이 제시된 것으로 볼 수 있다. 대표적인 사례로서, 우선 지리적 방향에 대한 명확한 기준이 제시되어야 함을 지적하고 남쪽과 북쪽을 바라보고 선 관측자에게 좌우의 방위는 서로 다를 수 있음을 그림을 통해 나타낸 사례(19번 예비교사, Fig. 5)는 추론 과정의 A 항목(지리적 방향 및 천체 회전 방향의 판단)을 고려한 개선안이다. 다음으로 동-남-서쪽이 일직선상에 표현된 2차원적인 그림을 지적하고 3차원적인 반구에 방위 라벨과 별자리를 표현할 것을 제안한 사례(4번 예비교사, Fig. 7)는 추론 과정의 B 항목(2차원-3차원 자료간의 전환)에 대한 고려이며, 우주 기반 관점으로 그려진 태양의 겉보기 운동 경로 삽화의 한계를 지적하고, 천문 관측 프로그램에 지평좌표계 격자를 표상하여 지구 기반 관점과 우주 기반 관점을 직관적으로 통합하고자 한 사례(2번 예비교사, Fig. 12)는 추론 과정의 C 항목(서로 다른 시점에서 제시된 천문현상을 상호보완적으로 재구성)을 고려한 사례로 볼 수 있다. 다만 이러한 추가 자료 제시나 탐구활동 진행 시 새로운 관점이나 표상이 의미하는 것이 무엇인지 소개하여 초등학생들이 겪을 수 있는 별도의 혼란을 낮춰 줄 필요는 있을 것으로 판단된다.

다음으로 논의할 것은 문제점 인식은 타당하나 개선안이 제한적인 경우와 관련되는 것으로서 본 연구에서 13개 사례(13명이 제시)에 해당한다. 우선 예비교사가 인식한 문제점은 타당했으나 그 개선안이 공간적 사고 측면에서 적절하지 않았던 사례에 대한 것이다(13번, 22번 예비교사). 이들은 공통적으로 계절 변화의 원인을 설명하는 삽화가 우주 기반 관점에서만 표현된 점을 한계로 지적하면서도 그 개선안을 그와 대조되는 지구 기반 관점 측면에서 제시하지 못했다. 이는 공간적 사고에 대한 강의가 이뤄질 때 그 필요성과 정의 등에 대한 원론적인 내용뿐만 아니라 공간적 사고를 고려한 교수 방법이 구체적으로 무엇이 될 수 있는지에 대해

서도 명시적인 지도가 필요함을 함의한다. 즉, 위 계절의 변화 맥락에서는 학생들에게는 대조되는 시점을 동시에 보여주거나 체험할 수 있는 기회를 제공하는 것이 구체적 교수 방법이 될 수 있을 것이며, 이는 지구 자전에 의한 태양의 겉보기 운동, 지구 공전에 의한 계절별 별자리에 대한 이해 등에서 마찬가지로 적용되는 전략이 될 것이다.

또한 예비교사가 제안한 개선안이 오개념을 야기할 가능성이 있는 사례 혹은 실현 가능성이 부족하거나 구체성이 결여된 사례와 관련하여, 이는 교사의 교수내용지식과 관련지어 논의할 수 있을 것이다. Shulman(1986, 1987)이 교사 지식(teacher knowledge) 혹은 교수 지식 기반(knowledge bases for teaching) 중의 하나로 교수내용지식(pedagogical content knowledge: PCK)을 제안한 이후 그에 대한 정의나 구성요소는 다양하게 논의되고 있으나, 교수내용지식은 교과 지식, 교육학 지식, 상황 지식 등의 변형 혹은 통합체로서 교사가 획득해야 할 전문적이며 실제적인 지식으로서 받아들여지고 있다(Gess-Newsome & Lederman, 1999). 예비교사가 과학교육학 지식으로서 공간적 사고에 대한 지식을 획득하였더라도 명료한 교과지식을 지니지 못하거나 학습자의 특성이나 실험실의 물리적, 환경적 상황 등 적절한 상황 지식을 지니지 못한다면, 혹은 이들 지식을 통합적으로 구성하지 못한다면 공간적 사고를 고려한 과학 수업을 교육 현장에서 수행할 수 없을 것이다. 이는 과학 교사 양성 프로그램에서 공간적 사고가 단발적이고 이론적으로만 소개될 것이 아니라 지속적이며 통합적으로 그리고 실질적인 맥락 속에서 다뤄져야 함을 함의한다. 다만 그 방향에 대해서는 앞으로 더 많은 연구와 현장 적용 사례 등을 통해 구체화해나가는 것이 필요할 것이다.

끝으로 예비교사가 인식한 문제점 자체가 공간적 사고에 대한 분석이 아니었던 5개의 사례(5명이 제시)에 대한 것이다. 이들은 특히 삽화나 교과서의 탐구 활동들이 얼마나 자연 현상을 재현하는가에 초점을 두어 문제를 개선할 뿐이었다. 이러한 사례가 나타난 까닭은 두 가지 정도로 추정할 수 있다. 첫 번째는 예비교사가 공간적 사고에 대한 명확한 이해가 부족했었을 가능성이다. 본 연구에서 교수자는 공간적 사고와 공간적 능력에 대한 다양한 연구자의 견해를 소개하였다. 이러한 견해는 인지심리학자, 과학교육자, 지질학자들의 견해를 포괄하고 있

었다. 이는 공간적 사고에 대한 폭넓은 관점을 제시해 주기 위함이었다. 그러나 오히려 일부 예비교사들은 명료하게 정리된 하나의 정의가 아닌 다양한 연구자의 견해로 인해 오히려 혼란을 느끼고 공간적 사고에 대한 개념을 명료히 구성하는 것에 실패했을 가능성이 있다. 따라서 예비교사에게 공간적 사고를 지도할 경우 다양한 학자들의 견해를 제시하더라도 명료히 정리된 공간적 사고의 정의와 그 하위 요소를 제시하는 것이 그들의 공간적 사고에 대한 개념 형성에 도움이 될 것으로 예상된다. 특히 본 논문에서는 공간적 사고를 별도로 정의하고 그 하위 요소를 나누었기에 실제 교사 양성 프로그램에서 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

두 번째로 추정할 수 있는 원인으로, 본 연구에서는 연구 설계상 의도적으로 개별 단원 및 차시에 대한 직접적인 예시를 제공하지 않았기에 예비교사가 공간적 사고에 대해 잘 이해하였더라도 이를 교과서 분석에 적절히 적용하지 못했을 가능성이 있다. 이것은 특히 앞서 이론적 배경에서 논의했던 공간적 사고의 영역 특이성에 기인하는 문제점으로 볼 수 있다. 예를 들어 지구 자전에 의한 태양의 겉보기 운동에 대한 탐구 활동(Fig. 4)에서는 우주기반 관점과 지구기반 관점을 상호보완적으로 이해하는 것이 중요한 반면, 각 계절별 별자리를 나타낸 삽화(Fig. 6)를 이해하기 위해서는 2차원의 자료를 3차원 공간적으로 이해하는 사고가 필요하다. 이와 같이 다양한 천문 현상과 개념을 이해하기 위해 요구되는 공간적 사고가 서로 다를 수 있기에 공간적 사고에 대한 지도 시 실질적인 교과서 활동이나 삽화를 예시로 들며 예비교사가 공간적 사고로 교과서를 분석할 수 있는 역량을 키워주는 노력이 필요할 것이다.

공간적 사고는 과학 교육에서 중요하다고 인식되면서도 현재의 교육 시스템에서 충분히 장려되지 못해왔다(Wilhelm *et al.*, 2018). 특히 공간적 사고가 부족한 학생들은 적절하고 충분한 도움을 받지 못하면 학년이 올라가면서 더 학습에 어려움을 느끼게 된다는 연구(Geary, 1998; Kikas, 2006; Sherrod & Wilhelm, 2009) 등에도 불구하고 공간적 사고를 지도하는 현직 교사 혹은 예비 교사 대상 연구는 충분히 이뤄지지 못했다. 이러한 점에서 공간적 사고를 고려하여 초등 예비교사가 인식하는 천문 분야 교과서의 문제점과 개선안을 분석한 본 연구는

가치를 지닌다. 특히 천문 단원의 학습에 있어 공간적 사고를 고려한 교사의 중재가 절실하며(이정아 등, 2015), 교사는 학생들의 공간적 사고 과정을 고려하여 수업을 계획하고 수행할 능력을 갖춰야 한다(Venville, 2012)는 지적에 대해, 본 연구는 일련의 교육을 통해 예비교사가 전반적으로 공간적 사고를 활용하여 교과서를 분석하고 나름의 개선안을 제시할 수 있음을 보였다라는 점에서 의의가 있을 것이다. 아울러 공간적 능력과 구분되는 공간적 사고의 의미를 명료히 하고 초등 천문 분야에서 적용될 수 있는 공간적 사고를 정의하고 그 하위 요소를 제시한 부분은 예비교사를 대상으로 하는 양성 프로그램에서 유용하게 활용할 수 있을 것으로 기대한다. 다만 과학 교육 전반에서 공간적 사고의 중요성에 대한 인식이 확산되고, 이를 고려한 교육 과정 및 교사 양성 프로그램의 개발을 위해서는 더 많은 후속 연구가 지속되어야 할 것이다.

참고문헌

- 교육부(2019a). 초등학교 5-6학년군 과학 5-1. 천재교과서.
- 교육부(2019b). 초등학교 5-6학년군 과학 6-1. 천재교과서.
- 교육부(2019c). 초등학교 5-6학년군 과학 6-2. 천재교과서.
- 맹승호, 이기영, 박영신, 이정아, 오현석(2014). 순위 선다형 문항을 이용한 천문 시스템 학습 발달과정 개발 및 타당화 연구. 한국과학교육학회지. 34(8), 703-718.
- 이정아, 이기영, 박영신, 맹승호, 오현석(2015). 초등학교 태양계와 별 수업에서 나타나는 공간적 사고 사례 연구. 한국과학교육학회지. 35(2), 179-197.
- Black, A. A. (2005). Spatial ability and earth science conceptual understanding. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 402-414.
- Cole, M., Cohen, C., Wilhelm, J., & Lindell, R. (2018). Spatial thinking in astronomy education research. *Physical Review Physics Education Research*, 14(1), 010139.
- Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage.
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of science education*, 22(9), 1041-1053.
- Eisner, E. W. (1998). *The enlightened eye: Qualitative inquiry and the enhancement of educational practice*. Prentice Hall.
- Geary, D. C. (1998). Male, female: The evolution of human sex differences. *American Psychological*

- Association.
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge*, (3-17). Kluwer Academic Publisher.
- Heyer, I., Slater, S. J., & Slater, T. (2013). Establishing the empirical relationship between non-science majoring undergraduate learners' spatial thinking skills and their conceptual astronomy knowledge. *Revista Latino-Americana de Educacao em Astronomia* 16, 45-61.
- Kastens, K. A., & Ishikawa, T. (2006). Spatial thinking in the geosciences and cognitive sciences: A cross-disciplinary look at the intersection of the two fields. *Special Papers-Geological Society of America*, 413, 51-74.
- Kikas, E. (1998). Pupils' explanations of seasonal changes: Age differences and the influence of teaching. *British Journal of Educational Psychology*, 68, 505-516.
- Kikas, E. (2006). The effect of verbal and visuo-spatial abilities on the development of knowledge of the Earth. *Research in Science Education*, 36(3), 269-283.
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child development*, 1479-1498.
- Lohman, D. F. (1979). Spatial ability: A review and reanalysis of the correlational literature. Technical report No. 8, Aptitude research project. Stanford University.
- McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological bulletin*, 86(5), 889.
- National Research Council (NRC). (2006). *Learning to think spatially*. National Academies Press.
- Padalkar, S., & Ramadas, J. (2008). Modeling the round earth through diagrams. *The Astronomy Education Review*, 2(6), 54-74.
- Plummer, J. D. (2014). Spatial thinking as the dimension of progress in an astronomy learning progression. *Studies in Science Education*, 50(1), 1-45.
- Plummer, J. D., Kocareli, A., & Slagle, C. (2014). Learning to explain astronomy across moving frames of reference: Exploring the role of classroom and planetarium-based instructional contexts. *International Journal of Science Education*, 36(7), 1083-1106.
- Rudman, D. S. (2002). Solving astronomy problems can be limited by intuited knowledge, spatial ability, or both. *Annual Meeting of the American Educational Research Association*. 1-11.
- Schneps, M. H., Ruel, J., Sonnert, G., Dussault, M., Griffin, M., & Sadler, P. M. (2014). Conceptualizing astronomical scale: Virtual simulations on handheld tablet computers reverse misconceptions. *Computers & Education*, 70, 269-280.
- Schoon, K. J. (1995). The origin and extent of alternative conceptions in the earth and space sciences: A survey of pre-service elementary teachers. *Journal of Elementary Science Education*, 7, 27-46.
- Sherrod, S. E., & Wilhelm, J. (2009). A study of how classroom dialogue facilitates the development of geometric spatial concepts related to understanding the cause of moon phases. *International Journal of Science Education*, 31(7), 873-894.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Sneider, C., Bar, V., & Kavanagh, C. (2011). Learning about Seasons: A Guide for Teachers and Curriculum Developers. *Astronomy Education Review*, 10(1). 010103-1.
- Subramaniam, K., & Padalkar, S. (2009). Visualisation and reasoning in explaining the phases of the moon. *International Journal of Science Education*, 31(3), 395-417.
- Türk, C. (2016). The correlation between pre-service science teachers' astronomy achievement, attitudes towards astronomy, and spatial thinking skills. *Journal of Education and Learning*, 5, 187-199.
- Venville, G. J., Louisell, R. D., & Wilhelm, J. A. (2012). Young children's knowledge about the moon: A complex dynamic system. *Research in Science Education*, 42(4), 729-752.
- Wilhelm, J., Cole, M., Cohen, C., & Lindell, R. (2018). How middle level science teachers visualize and translate motion, scale, and geometric space of the Earth-Moon-Sun system with their students. *Physical Review Physics Education Research*, 14(1), 1-16.