

행성의 공전 운동에 대한 초등 예비교사의 이해와 설명 모델

맹승호

Pre-Service Elementary Teachers' Understanding of Planetary Revolution Movement and Their Explanatory Models

Maeng, Seungho

ABSTRACT

This study investigated pre-service elementary teachers' understanding of the planetary revolution movement of Mars and their explanatory models to show how the Sun-Earth-Mars system worked. An assessment item set using five celestial maps drawn from the Stellarium was designed to probe pre-service teachers' understanding of the prograde-retrograde motion of Mars. Among 23 participants, only four showed scientifically accurate understanding of Mars movement and drawing correct explanatory models for the planetary movement. Even the pre-service teachers who construed correctly prograde and retrograde motions of Mars showed a clockwise movement model due to their intuitive perceptions of Mars movement data from the celestial maps. Pre-service teachers with poor understanding of planetary movement also showed weak explanatory models due to their limited observation or lower spatial thinking. Although the planetary motion is not an easy topic for pre-service elementary teachers, it can be argued if the alternative approach, such as using appropriate observational data of a planet and changing the frames of reference between Earth-based view and Space-based view, is employed effectively in teaching planetary motion, pre-service teachers can reach the upper level of leaning planetary motion in terms of the planet's revolution.

Key words: planetary movement, prograde-retrograde motion, explanatory models, pre-service elementary teachers

I. 서 론

행성의 공전 운동은 태양계의 구조와 태양계를 구성하는 천체의 운동 및 태양계 형성과정의 물리적 특성을 이해하는데 매우 중요한 천문학적 개념이다. 그러나 우리나라 초등학교 과학 교육과정에서 태양계 관련 단원의 내용 진술과 성취기준을 비교해 보면, 행성의 공전 운동은 지구의 공전 운동과 달리 그 중요성에 비해 자세히 다루지지 않았다 (Table 1 참고). 2007 교육과정은 5학년의 태양계와 별 단원에서 “행성의 공전 개념을 이해한다”를 목표로 제시하였으나, 과학 교과서에는 이에 대해

“행성이 태양 주위를 도는 것을 공전이라고 합니다. 북반구에서 본 태양계 행성의 공전 방향은 모두 시계 반대 방향입니다”(교육과학기술부, 2011, p. 145)와 같이 정보 제시 형태의 진술로 표현되었다. 이후 2009 교육과정의 태양계와 별 단원에서 태양계 행성의 공전은 명시적으로 진술되지 않고 행성들의 상대적인 크기와 행성-태양 간 상대적인 거리를 비교하는 것만 제시되었다. 과학 교과서에서는 태양계 행성을 소개하면서 “지구처럼 태양의 주위를 돌고 있는 천체를 행성이라고 합니다”(교육부, 2015, p. 55)와 같이 단순히 정보를 제시할 뿐이었다. 또한, 밤하늘에서 금성, 목성, 토성과 같은 밝

Table 1. A Comparison of Korean National Science Curriculum documents on the unit of Solar system (for fifth grade)

교육과정	태양계와 별 단원의 학습 내용 또는 성취 기준
2007	태양과 행성들의 상대적 크기와 거리를 비교하고 공전의 개념을 이해한다. 계절별로 별자리가 달라짐을 알고, 계절별로 나타나는 대표적인 별자리를 찾을 수 있다.*
2009	행성의 상대적 크기와 거리를 비교한다.
2015	태양계를 구성하는 태양과 행성을 조사할 수 있다.

* 계절별로 서로 다른 별자리가 보이는 현상은 2007 교육과정은 태양계와 별 단원(5학년)에, 2009 및 2015 교육과정은 지구와 달의 운동 단원(6학년)에 포함되었음.

은 행성을 찾아보는 탐구활동(pp. 70-71)을 포함하였지만, 공전하는 천체로서 행성을 인식하는 수준으로 제시된 것이 아니라, 단지 밝게 보이는 어떤 천체가 행성임을 인지할 뿐이었다.

2015 교육과정의 태양계와 별 단원의 성취 기준은 태양과 행성을 조사하는 것으로만 제시되었으며, 관련 탐구활동은 태양계 행성들의 상대적인 크기와 태양까지 상대적인 거리를 비교하는 것만 제시되었다. 5학년 과학 교과서에는 “지구처럼 태양의 주위를 도는 둥근 천체를 행성이라고 합니다”(교육부, 2019, p. 55)로 이전 교육과정의 교과서와 동일하게 정보 제시 형태의 진술로 표현되었다. 한편, 행성과 별의 관측상의 차이점을 알아보는 탐구활동을 위한 도입글에서 교과서의 진술은 “행성은 태양 주위를 돌기 때문에 여러 날 동안 지구에서 보면 위치가 변하는 것처럼 보입니다”(p. 64)와 “행성은 별보다 지구에 가까이 있기 때문에 별자리 사이에서 위치가 서서히 변하는 것을 볼 수 있습니다”(p. 65)라는 관찰 진술이 포함되었다. 그러나 행성의 공전 운동에 대한 교과서의 이와 같은 진술은 초등학생들에게 행성의 운동에 대한 잘못된 이해를 유발할 수 있다. 여러 날 동안 지구에서 행성을 관측하면, 행성의 위치가 “변하는 것처럼 보이는” 게 아니라, 배경 별자리의 움직임에 비해 행성의 위치가 실제로 다르게 변하는 것을 볼 수 있다. 또한, 행성의 위치가 별자리 사이에서 서서히 위치가 변하는 것은 “행성이 별보다 지구에 가까이 있기 때문”이 아니라 행성이 직접 태양 주위를 돌기 때문이다.

과학 교육과정 및 과학 교과서에 제시된 태양계의 서술이 가진 위와 같은 제한점은 태양계에 대한 초등학생들의 이해를 조사한 과학교육 연구에서도 유사한 특징을 보였다. 관련된 선행 연구들은 주로

태양계를 구성하는 요소와 태양계의 모양과 구조에 집중되어 있다. 예를 들면, Sharp (1996)의 연구는 10~11세 아동들이 행성을 포함한 태양계의 구성 요소들을 잘 인지하는 반면, 행성을 비롯한 천체의 운동 양상과 그 원인은 정확히 이해하지 못함을 보고하였다. 태양계에 대한 학습 전후에 9~11세 아동들의 태양계에 대한 이해 변화를 조사했던 Sharp and Kuerbis (2006)의 연구는 태양계에 대한 아동의 정신모델을 태양 중심의 동심원 모델과 나선형 모델, 태양과 행성이 나란히 배열된 모델 및 지구 중심 모델 등으로 구분하였다. 이들의 연구는 태양계를 주제로 한 과학 학습을 통해 초등학생들이 태양계의 구조가 태양 중심 모델임을 인식할 수 있음을 밝혔지만, 태양계를 구성하는 천체들 특히, 행성의 운동 방향과 운동의 양상에 대해서는 명시적인 결과를 제시하지 못했다. Calderón-Canales *et al.* (2013)은 멕시코의 초등학교 1학년(6~7세), 3학년(8~9세), 6학년(11~12세) 아동들의 태양계의 구성 요소, 천체들 간의 거리, 천체의 운동 및 태양계의 구조에 대한 이해를 종합하여 태양계에 대한 정신 모델을 조사하였다. 그 결과, 조사 학생의 10% 정도가 가장 상위의 정신 모델인 태양 중심의 행성 공전 모델을 표현할 수 있었으며, 학년 및 연령이 높아짐에 따라 상위의 정신 모델을 갖춘 아동의 빈도가 높아짐을 밝혔다. 이들의 연구에서 초등학생들이 표현한 태양계의 모델은 대부분 태양-지구-달계의 구조와 운동에 제한되었으며, 태양계를 구성하는 요소들 간의 크기나 거리, 운동 양상을 명확히 표현하지 못하는 정적인 모델이 많았다. 이들은 그 원인을 초등학생들이 인지할 수 있는 천체 현상의 경험이 부족한 것과, 그들이 흔히 접하는 태양계에 대한 그림이나 축소 모형과 같은 표현 양식이 주는 정보가 태양계 모델에 대한 초등학생의 인식

을 제한하기 때문이라고 밝혔다. 선행연구의 결과는 초등학교 과학 학습에서 태양계 천체 특히, 행성이 운동하는 모습에 대한 구체적인 현상 정보를 학생들에게 충분히 제시하지 않았던 제한점이 있음을 보여준다.

행성의 운동에 대한 학습자의 이해를 조사한 연구들은 주로 대학생을 대상으로 한 연구들이 대부분이었으며, 그 연구들에서도 행성의 공전 운동을 명시적인 관측 현상으로 다루어 조사한 연구는 많지 않았다. Yu, Sahami, and Denn (2010)은 대학생들에게 태양계 및 행성의 공전 운동을 주제로 공전 궤도의 정의와 궤도의 모양, 행성의 공전 속도와 공전하는 까닭에 대한 면담 연구를 수행하고, 이를 케플러의 행성 운동 법칙의 관점에서 해석한 결과를 보고하였다. 피면담 대학생들 중 상당수가 행성의 공전 궤도가 매우 납작한 타원 궤도라고 인식하였고, 그 원인에 대해 연구자들은 태양계를 묘사한 온라인 매체와 과학 서적에 제시된 그림의 영향이라고 파악하였다. 이들의 연구에 참여한 대학생 응답자 중 절반 이상은 행성의 공전 속도의 변화에 대해 정확히 인식하지 못하였으며, 15% 정도의 응답자들만 행성이 태양에 가까울수록 공전 속도가 빨라짐을 이해하였다. 행성의 공전 속도를 정확히 인식한 대학생들은 대부분 내행성이 외행성보다 공전 속도가 더 빠름을 이해할 수 있었다. 대학생들의 면담 결과를 바탕으로 Yu *et al.* (2010)은 태양계 행성들의 공전 궤도의 모양 및 행성의 공전 현상을 실제 관측하는 것처럼 보여줄 수 있는 천문현상의 가상 시뮬레이션 프로그램 활용을 대안으로 제시하였다.

Richards (2012)는 대학생에게 동작 기반 학습활동(kinesthetic learning activity)을 적용하여 행성의 역행 운동을 톨레미(Ptolemy)의 지구 중심 우주관 모델과 코페르니쿠스의 태양 중심 우주관 모델로 재현해 보고 서로 비교하는 지도 사례를 보고하였다. 행성의 역행 현상과 그것이 발생하는 원리를 이해하려면 태양계의 구조에 대한 이해는 물론, 태양-지구-행성계의 운동을 종합적으로 인식하고, 이것을 관측된 현상에 연결할 수 있어야 한다. 이때 태양계의 구조는 그것이 지구 중심 우주관이든, 태양 중심 우주관이든 지구 밖 우주에서 내려다보는 관점에서 표현된 시스템인 반면, 행성의 역행 현상은 지구에서 관측된 현상이다. 따라서 행성의 역행

운동을 이해하려면 학습자의 인지 과정에서 두 관점의 자유로운 전환 능력이 필요한데, 이것은 학생들이 수행하기 쉽지 않은 복잡한 인지적 과정이다. Richards (2012)는 태양계를 바라보는 두 관점의 전환 능력이 학습자에게 주는 인지적 부담을 줄이기 위하여 동작 기반 학습활동을 수행함으로써 대학생들이 직접 행성이 움직이는 경로대로 움직이면서 행성의 역행 현상과 태양계의 구조 및 운동 과정을 동시에 이해할 수 있는 대안적인 방안이라고 주장하였다. 그러나 Richards (2012)의 연구는 학습자에게 행성의 공전 운동을 관측할 수 있는 현상으로 제시하지 않은 채로 지구 중심 우주관 또는 태양 중심 우주관 모델에 맞추어 그 원리를 인식시키려는 접근이었다는 한계가 있었다.

태양계에 대한 이해 및 행성의 공전 운동에 대한 이해를 조사했던 선행 연구들의 제한점을 고려하여 이 연구에서는 장차 초등학생을 지도하게 될 예비교사들이 행성의 위치 변화 데이터를 인식하고 관측한 현상에 대한 설명 모델을 작성하는 과정을 조사하여 행성의 공전 운동을 이해할 때 적용한 사고 유형을 탐색하였다. 그 결과를 근거로 초중등 및 대학의 과학 교육과정에서 행성의 공전 운동 학습에 대한 적절한 접근 방식에 대한 시사점을 찾고자 하였다.

II. 연구 방법

행성의 공전 운동에 대한 초등 예비교사의 이해 양상을 조사하기 위하여 행성의 위치 변화 데이터를 활용한 검사 문항을 작성하여 연구 자료를 수집하고, 행성의 위치 변화를 설명하는 그림으로 그들의 행성의 공전에 대한 사고 유형을 분석하였다. 이를 위한 자료 수집 및 분석 방법은 아래와 같다.

1. 검사 문항

자료 수집을 위해 여러 달 동안 정해진 시각에 같은 방향의 하늘에서 밤하늘을 관측하는 장면을 설정하여 검사 문항을 작성하였다. 최종적인 검사 문항은 Fig. 1~Fig. 5와 같이 9월부터 이듬해 1월까지 4개월 동안 한 달 간격으로 밤 9시에 남동-남 쪽 하늘에 보이는 별자리와 화성(화살표로 표시)의 위치를 나타낸 스텔라리움 화면을 제시하였다. 예비

교사들에게 이 그림 자료를 보고 아래의 문항에 응답하게 하였다.

- (1) 이 기간 중에 화성이 순행한 구간을 구분하고, 화성이 관측되는 운동의 방향과 실제 운동 방향을 서술하시오.
- (2) 이 기간 중에 화성이 역행한 구간을 구분하고, 화성이 관측되는 운동의 방향과 실제 운동 방향을 서술하시오.
- (3) 이 기간 동안 태양-지구-화성의 위치 관계를 설명하는 모델을 그림으로 나타내시오.

Fig. 1~Fig. 5를 함께 비교해 보면, 4개월 동안 물고기자리를 비롯한 모든 별자리들이 조금씩 동에서 서 방향으로 그 위치가 이동한 것을 확인할 수 있다. 화살표로 그 위치를 표시한 화성은 물고기자리 주변에 있으며, 물고기자리의 별들을 연결한 V자 모양의 선을 배경으로 그 위치가 달라진 것을 볼 수 있다. Fig. 1(9월)에서 화성은 물고기자리의 V자 안 쪽에 있지만, Fig. 2(10월)와 Fig. 3(11월)에서 화성은 물고기자리의 V자의 오른쪽 바깥에 놓여 있다. Fig. 4(12월)에서 화성은 다시 물고기자리의

리의 V자 안에 들어왔다가 Fig. 5(1월)에서는 물고기자리의 V자 왼쪽 바깥으로 빠져나간다.

Fig. 1~Fig. 5에서 배경의 별자리들이 동에서 서 방향으로 이동한 것은 지구가 같은 시간에 태양 주위를 서에서 동으로 공전하기 때문에 지구에 있는 관측자에게 인식되는 겉보기 운동이다. Fig. 1~Fig. 3 기간 동안 화성은 물고기자리를 배경으로 동에서 서 방향으로 움직였다. 이것은 같은 시간에 지구가 태양 주위를 서에서 동으로 공전하는 동안 화성이 지구보다 느린 속도로 서에서 동으로 공전하기 때



Fig. 1. Celestial map on September 10, 2020 (Mars is near the arrow).

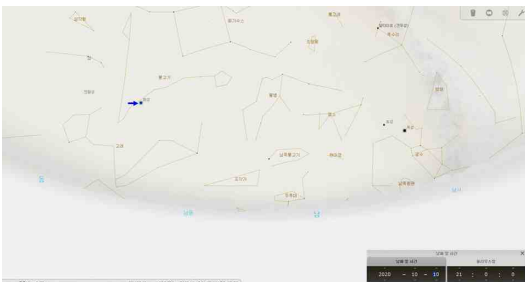


Fig. 2. Celestial map on October 10, 2020 (Mars is near the arrow).



Fig. 3. Celestial map on November 10, 2020 (Mars is near the arrow).

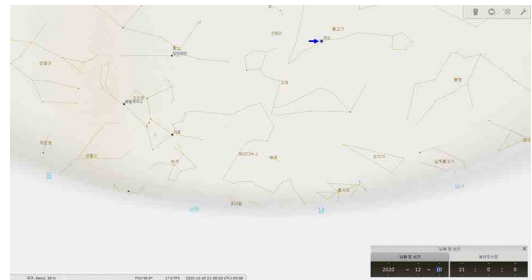


Fig. 4. Celestial map on December 10, 2020 (Mars is near the arrow).

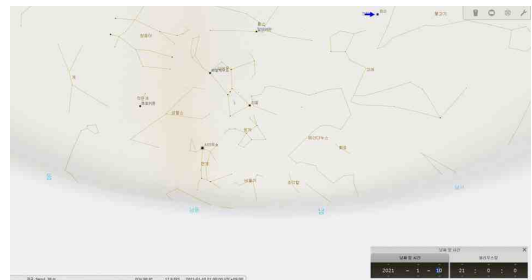


Fig. 5. Celestial map on January 10, 2021 (Mars is near the arrow).

문에 지구에 있는 관측자에게 인식되는 겉보기 운동으로서, 행성의 실제 운동 방향과 다른 방향의 운동으로 관측되는 역행 현상에 해당된다. 초등학교 5학년 과학 교과서에서는 이것을 행성이 별보다 가깝게 있어서 나타나는 현상으로 서술되어 있지만, 그것보다는 화성의 실제 움직임 즉, 공전 운동에서 비롯된 관측 현상이다. 이 현상을 행성과 별의 거리 차이로 서술한 것은 행성을 우주 공간에 고정시켜 두고 더 멀리 있는 별자리를 배경으로 나타나는 시차 현상으로 행성의 겉보기 운동을 이해하는 관점에서 기인한 것이다(c.g., Richards, 2012). 실제로 Fig. 2에 해당하는 2020년 10월 10일에 화성은 지구에서 볼 때 태양의 정반대 편에 놓이는 충(opposition)에 해당하는 위치에 있으며, 화성과 같은 외행성은 지구에서 볼 때 충 위치의 전후 기간 동안에 동에서 서 방향으로 움직이는 것처럼 보이는 역행 현상이 나타난다. Fig. 3~Fig. 5 기간 동안 화성은 물고기자리를 배경으로 서에서 동 방향으로 그 위치가 변하는데, 이것은 같은 기간에 지구가 화성보다 더 빠른 속도로 태양 주위를 서에서 동으로 공전하고, 화성은 느리게 서에서 동 방향으로 공전하는 것을 지구에 있는 관측자가 인식하는 겉보기 운동으로서 행성의 실제 운동 방향과 같은 방향의 운동으로 관측되는 순행 현상에 해당된다.

2. 검사 문항 제작 과정 및 시행

검사 문항의 제작 과정은 2년에 걸쳐 진행되었다. 1차년도 검사는 사전 검사의 목적으로 수도권 교육대학교 예비교사 24명을 대상으로 시행하였다. 사전 검사로서 예비교사의 응답 결과를 근거로 검사 문항의 적절성 여부를 판단하고자 했다. 학생들은 기초 천문학 강의를 한 학기 이수하였고, 천문학 강의 중에 행성의 공전 운동에 대해 관측 데이터를 이용한 학습을 진행하였다. 1차년도에 예비교사에게 제시한 초기 버전의 검사 문항에는 위 그림 중 Fig. 1~Fig. 3의 데이터만 포함되어 있었다. 검사에 응답한 예비교사들에게 9월~11월 동안에 화성이 순행하는지 또는 역행하는지 구분하고, 화성이 관측되는 겉보기 운동의 방향과 실제 운동 방향을 서술하게 하였다. 그리고 같은 기간 동안 태양-지구-화성의 위치 관계를 설명하는 모델을 그림으로 나타내게 하였다. 검사에 응답한 예비교사 중 15명(62.5%)은 화성이 순행한 것으로 응답하였

다. 이들은 대부분 화성의 위치 변화 방향과 배경 별자리(물고기자리)의 위치 변화 방향이 일치해서 또는 화성이 왼쪽에서 오른쪽으로 이동한 것을 서에서 동 방향으로 이동한 것으로 인식하여 순행이라고 응답한 경우가 많았다. 물고기자리의 위치 변화와 화성의 위치 변화를 비교하여 화성의 상대적인 움직임이 동에서 서 방향이므로 화성이 역행했다고 응답한 예비교사는 전체 응답자 중 9명(37.5%)이었다. 이 예비교사들이 작성한 태양-지구-화성의 위치 관계를 설명하는 그림은 대부분 태양-지구-화성을 일직선으로 나타내어 충의 위치만을 표현한 정적인 모델이 많았다. 1차년도의 검사 결과를 보면, 2개월 만의 데이터로는 화성의 공전 운동이 순행 또는 역행 중 하나만을 선택하는 것이 되어 예비교사들이 행성의 공전 운동을 정확히 인식하는지 파악하기 어려웠다. 또한, 짧은 기간 동안의 화성의 위치 변화로는 태양-지구-화성의 위치가 변화하는 양상을 설명하는 모델로 그림을 나타내기에 부족하다는 판단을 하였다. 이를 해결하기 위하여 수정된 검사 문항에 Fig. 4와 Fig. 5의 데이터를 추가하게 되었다.

Fig. 1~Fig. 5의 그림 데이터를 모두 포함하여 수정된 검사 문항을 2차년도에 동일한 교육대학교 예비교사 23명에게 이 연구를 위한 본 검사로서 시행하였다. 2차년도 검사에 참여한 예비교사들도 기초 천문학 강의를 한 학기 이수하였고, 천문학 강의 중에 행성의 공전 운동에 대해 관측 데이터를 이용한 학습을 진행하였다. 검사 적용은 태양계의 구조와 행성의 운동에 대한 학습을 모두 마친 후에 실시하여 예비교사들이 가진 사전 지식 변인이 주는 영향을 최소화하고자 했다.

3. 자료 분석

2차년도 검사에 참여한 예비교사의 응답 결과에 대해 먼저 화성의 겉보기 운동에서 화성이 순행한 구간과 역행한 구간을 정확히 인식하는지 여부를 기준으로 1차 분석을 실시하였다. 1차 분석에서 예비교사들이 화성의 위치 변화를 어떤 방식으로 기술하는지, 화성의 순행과 역행에 대한 이해 정도, 순행과 역행을 파악하는 방법 등을 조사하였다. 화성의 겉보기 운동에 대한 인식 정도가 비슷한 예비교사들을 그룹으로 나누고, 각 그룹별로 태양-지구-화성의 위치 관계를 표현한 그림 자료를 유사한 유

형끼리 분류하는 2차 분석을 시행하였다. 2차 분석에서는 그림 자료의 각 유형에서 예비교사들이 행성으로서 지구와 화성의 공전을 이해하는 양상을 파악하였다. 1차 분석과 2차 분석은 연구자가 직접 수행하였고, 각 분석 결과와 예비교사들의 응답 자료를 재검토하여 오류가 없게 하였다. 최종 분석 결과에 대해 지구과학교육 전문가 1인에게 검토를 의뢰하여 연구자의 분석 결과에 대한 내적 신뢰도를 확보하였다. 전문가 검토 결과와 연구자의 분석 결과가 일치하지 않는 분석 결과가 일부 있었으나, 이 자료에 대해서는 연구자와 전문가의 협업을 통해 최종적으로 합의된 결과를 확보하였다.

III. 연구 결과

검사 문항에 대한 예비교사들의 응답 결과를 화성의 순행과 역행에 대한 인식 정도(1차 분석)와 순행 및 역행 시기에 태양-지구-화성의 위치 관계를 나타내는 그림에 대한 2차 분석으로 나누어 서술하였다.

1. 화성의 순행과 역행에 대한 인식

2차년도 검사에 응답한 예비교사 23명 중 화성이 역행하는 구간(Fig. 1~Fig. 3)과 순행하는 구간(Fig. 3~Fig. 5)을 정확히 구분하고, 화성의 겉보기 운동 방향과 실제 공전 운동 방향을 정확히 기술한 예비교사는 11명(47.8%)이었다(그룹 A). 화성의 순행과 역행 현상의 의미를 이해하였지만, 그 구간을 부정확하게 인식한 예비교사는 5명(21.7%)이었고(그룹 B), 화성의 위치 변화 데이터에서 화성의 순행과 역행 현상을 인식하지 못하는 예비교사는 7명(30.4%)이었다(그룹 C).

그룹 B의 예비교사들은 주로 행성의 순행과 역행을 개념 수준에서 이해하고 있었다. 즉, 화성의 공전 방향과 겉보기 운동 방향이 일치하면 순행, 반대가 되면 역행이라는 현상의 의미는 알고 있지만, 스텔라리움으로 제시한 관측 데이터에서 화성의 겉보기 운동 방향을 부분적으로 잘못 인식하는 사례가 많았다. 예를 들면, 그룹 B의 일부 예비교사는 Fig. 1~Fig. 2의 구간에서 화성의 겉보기 운동을 순행으로, Fig. 2~Fig. 3의 구간에서 화성의 겉보기 운동을 역행으로 인식하였다. 그러나 Fig. 1~Fig. 3의 구간에서 화성의 겉보기 운동은 모두 동일하게

동에서 서 방향으로 움직이는 역행 구간이다. 화성의 겉보기 운동 방향에 대한 부정확한 인식은 이 예비교사들이 태양-지구-화성의 위치 관계를 표현한 그림과 함께 분석한 결과, 화성의 위치 변화를 배경 별자리(물고기자리)에 대한 상대적인 변화로 보지 못하고, 스텔라리움 화면에서 화성만의 위치 변화를 평면적으로 인식했기 때문이라고 해석되었다.

그룹 C의 예비교사들은 행성의 순행과 역행의 개념을 잘못 이해하고 있어서 순행 구간과 역행 구간을 반대로 응답하거나, 스텔라리움 화면으로 제시한 화성의 위치 변화 데이터에서 화성이 움직인 방향을 잘못 인식한 경우가 많았다. 예를 들면, 스텔라리움 화면의 왼편을 서쪽으로, 오른편을 동쪽으로 인식하여 Fig. 1~Fig. 3의 구간에서 화성이 서에서 동 방향으로 움직였다고 기술하거나, Fig. 3~Fig. 4 구간에서 화성이 동에서 서 방향으로 움직였다고 서술하였다.

그룹 B와 그룹 C의 예비교사들처럼 화성의 순행과 역행에 대한 잘못된 데이터 해석은 천체의 움직임을 표현한 스텔라리움 데이터를 우주의 공간에서 발생한 운동으로 인식하지 못하고 평면적인 움직임으로 인식하는 현상으로서 천문 시스템의 학습 발달과정(맹승호 등, 2014)에서 상대적으로 낮은 단계의 학습 과정에 해당한다.

2. 태양-지구-화성의 위치 관계에 대한 이해

화성의 순행과 역행에 대한 인식 정도에 따라 분류된 세 그룹의 예비교사들이 화성의 순행과 역행 현상을 설명하기 위한 모델로 작성한 태양-지구-화성의 위치 관계 그림을 통해 예비교사들이 지구와 화성의 공전 운동을 이해하는 양상을 더 자세히 파악할 수 있었다. 그룹 A의 예비교사들처럼 화성의 순행과 역행 현상에 대해 정확히 응답한 경우에도 자신의 관찰 결과와 태양-지구-화성의 상대적인 위치 관계를 설명하는 모델이 항상 일치하는 것은 아니었다. 또한, 화성의 순행과 역행에 대해 부정확한 인식을 보였던 그룹 B와 그룹 C의 예비교사들 중에 태양-지구-화성의 상대적 위치 관계에 대한 설명 모델을 비교적 정확히 표현하는 경우도 있었다.

Fig. 6(유형 1A)과 Fig. 7(유형 1B)은 그룹 A의 예비교사들이 그린 설명 모델 중 태양-지구-화성의 위치 관계를 화성의 순행-역행 구간과 일치하게 정확히 설명한 모델에 해당한다. 태양을 중심으로 지

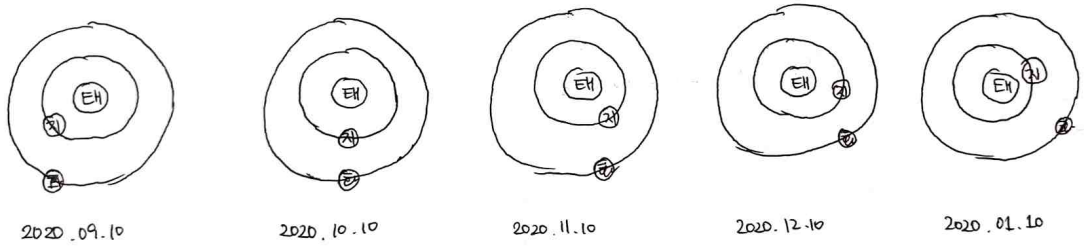


Fig. 6. Sun-Earth-Mars model type 1A (drawn by two pre-service teachers (PSTs) of group A).

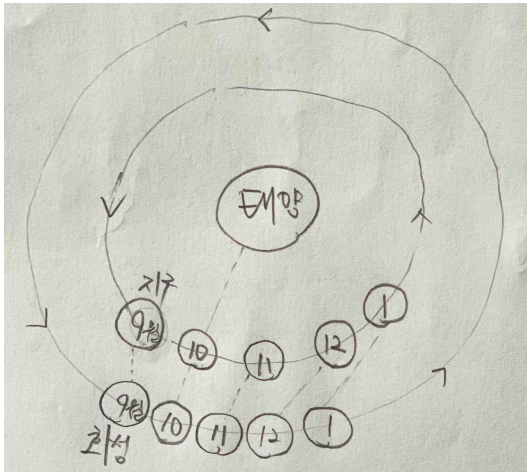


Fig. 7. Sun-Earth-Mars model type 1B (drawn by two PSTs of group A and one of group B).

구와 화성이 시계 반대방향으로 공전하며, 지구가 화성보다 더 빠른 속도로 더 많은 양을 공전한다. 그리고 10월에 태양-지구-화성이 일직선이 되게 즉, 화성을 충 위치에 배치하여 9월~11월 기간(Fig. 1~Fig. 3 구간) 동안에 화성이 역행하는 것으로 보이는 현상을 정확히 설명한다. 11월~1월 기간(Fig. 3~Fig. 5 구간)은 충 이후에 지구가 화성보다 더 빠르게 공전하여 화성이 순행하는 것으로 보이는 현상을 정확히 설명한다. 유형 1A(Fig. 6)는 유형 1B(Fig. 7)와 동일한 의미를 갖지만, 각 시점의 태양-지구-화성을 서로 분리된 그림으로 표현하여 더 역동적인 모델로 볼 수 있다. 유형 1B(Fig. 7)는 이에 비해 이론적이며 정적인 설명 모델로서 천문학 서적에서 자주 접할 수 있는 모델이다.

Fig. 8(유형 2)은 태양을 중심으로 지구와 화성이 시계 반대방향으로 공전하는 것으로 표현하였지만,

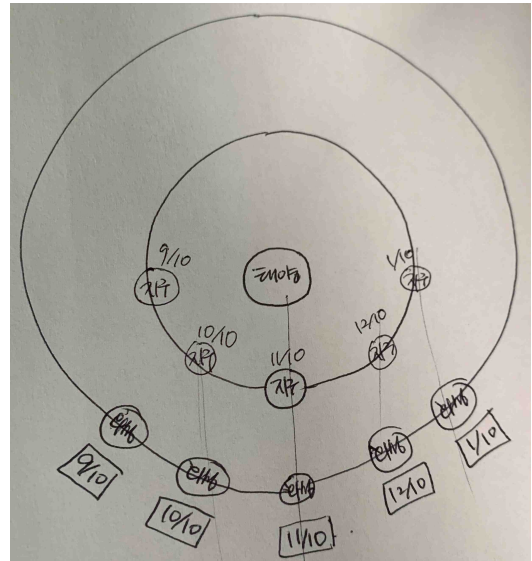


Fig. 8. Sun-Earth-Mars model type 2 (drawn by a group A PST and two of group C).

4개월 동안 지구가 공전한 양을 과도하게 인식하여 지구의 위치 변화가 지구 공전 궤도의 절반 정도를 담고 있다. 이와 같은 유형의 태양-지구-화성 위치 관계 설명 모델은 그룹 A의 예비교사 중 1명과 그룹 C의 예비교사 2명에게서 작성되었다. 이 유형의 예비교사들은 화성이 충의 위치에 놓인 시점을 11월(Fig. 3) 또는 12월(Fig. 4)로 잘못 표현하였다. 스텔라리움으로 제시한 화성과 별자리의 관측 데이터를 보고 언제 화성이 충의 위치에 놓이는지 파악하기는 쉽지 않다. 그러나 화성이 역행하는 구간의 중간이 아닌 시점 또는 순행 구간에 해당하는 시점을 충의 위치로 표현하는 설명 모델 때문에 화성의 순행 구간과 역행 구간을 잘못 인식할 수 있다. 또한, 유형 2의 설명 모델을 그렸던 그룹 C의 예비교

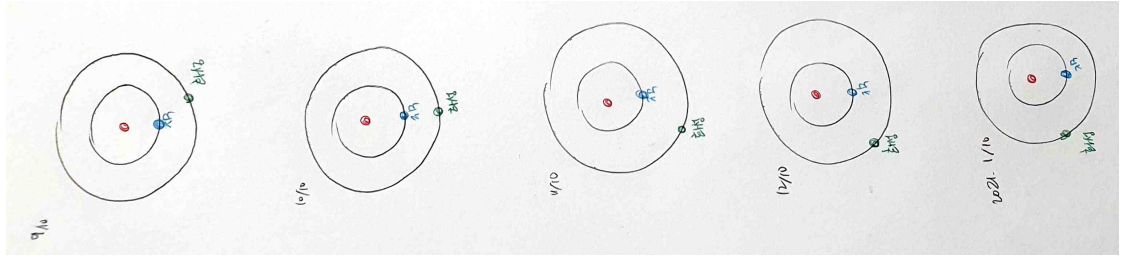


Fig. 9. Sun-Earth-Mars model type 3A (drawn by two PSTs of group A and B, respectively).

사 2명은 스텔라리움 화면의 오른쪽을 동, 왼쪽을 서로 이해하여 Fig. 1~Fig. 3의 구간을 화성이 서에서 동 방향으로 이동하는 순행 구간으로, Fig. 3~Fig. 5의 구간을 화성이 동에서 서 방향으로 이동하는 역행 구간이라고 거꾸로 서술하였다. 이러한 인식은 스텔라리움으로 제시된 관측 데이터를 공간상의 운동으로 이해하지 못하고 평면적인 움직임으로 인식하거나, 동서 방향을 좌우 방향으로 오인하는 낮은 공간적 사고에서 기인하는 것으로 볼 수 있다.

Fig. 9(유형 3A)는 태양 중심 우주관에 근거하여 태양-지구-화성의 위치를 표현할 때 지구는 시계 반대방향으로 공전하는 반면, 화성은 시계 방향으로 공전하는 것으로 표현한 설명 모델이다. Fig. 10(유형 3B)은 지구를 고정시킨 채 화성이 시계 방향으로 공전하는 형태로 태양-지구-화성의 상대적인 위치 관계를 표현한 설명 모델이다. 두 유형은 공통적으로 화성을 시계 방향으로 공전하는 것으로 표현하였으며, 화성이 층의 위치에 놓인 시점을 10월 또는 11월에 두었다. 화성의 순행과 역행 구간을 정확히 서술했던 그룹 A의 예비교사들 중에도 유형 3A 및 3B와 같은 설명 모델을 제시한 사례가 많았다. 예비교사들이 화성의 공전 방향을 시계 방향으로 표현한 것은 스텔라리움으로 제시한 화성 관측 데이터에서 화성의 위치가 왼쪽에서 오른쪽으로 즉, 동에서 서 방향으로 바뀌는 것을 직관적으로 인식하고, 이것을 공전 방향과 동일시하여 시계 방향으로 표현한 것으로 해석되었다. 이 예비교사들은 화성의 겉보기 운동이 동에서 서 방향으로 진행될 때 역행이고, 서에서 동 방향으로 진행될 때 순행이며, 화성은 서에서 동 방향으로 공전한다는 지식을 알고 있었다. 그러나 이 예비교사들은 지구에서 보는 관점에서 제작된 스텔라리움의 화성 관측 데이터에서 화성의 움직임을 보고, 이것을

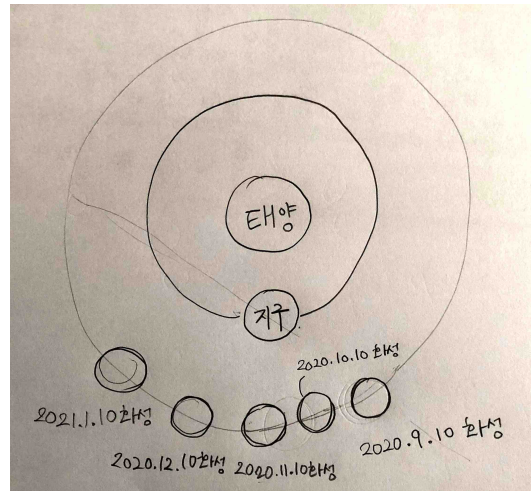


Fig. 10. Sun-Earth-Mars model type 3B (drawn by four PSTs of group A and one of group B).

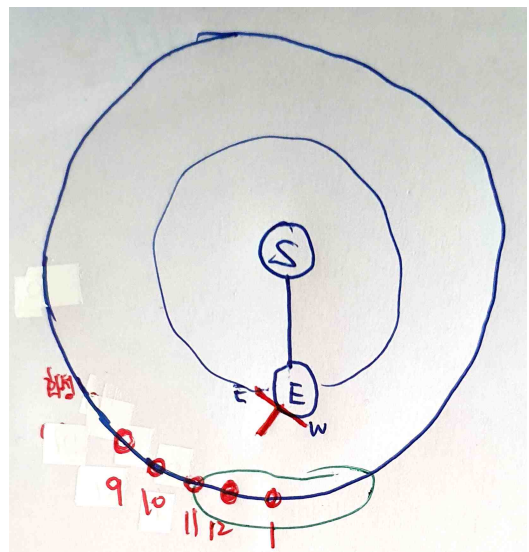


Fig. 11. Sun-Earth-Mars model type 4 (drawn by two PSTs of group C).

지구 밖 우주에서 내려다보는 관점에서 표현하는 설명 모델로 변환할 때 필요한 논리적 연결 관계를 이해하지 못한 것으로 파악되었다.

유형 3B와 달리 Fig. 11(유형 4)의 설명 모델은 지구를 고정시키고 화성만 시계 반대방향으로 공전하는 형태로 태양-지구-화성의 상대적 위치 관계를 표현하였다. 그룹 C의 예비교사 2명이 이런 모델을 그렸는데, 이 예비교사들은 지구와 화성의 상대적인 공전 속도(또는 공전한 각도)의 차이를 인식하지 못한 채 화성이 시계 반대방향으로 공전한다는 정보만을 표현하였다. 이 예비교사들은 지구와 화성의 공전을 함께 인식하지 못한 탓에 결과적으로 지구와 화성의 상대적 위치 관계를 보면 지구가 시계 방향으로 공전한 것과 동일한 결과를 나타내게 되었다. 그 결과, 이 학생들은 화성이 순행하는 구간과 역행하는 구간을 모두 잘못 서술하였다.

그 밖에 기타 유형으로 분류된 설명 모델로는 지구와 화성의 공전 방향을 모두 시계 방향으로 나타낸 모델(그룹 B 예비교사 1명), 화성을 고정시키고 지구만 시계 반대방향으로 공전하는 설명 모델(그룹 A 예비교사 1명), 화성을 지구와 태양 사이에 표시하여 내행성으로 인식한 모델(그룹 C 예비교사 2명), 지구보다 화성이 더 빠르게 많이 공전하는 설명 모델(그룹 C 예비교사 1명) 등이 있었다.

지금까지 서술한 결과를 종합하여 검사지에 응

답한 예비교사들이 화성의 순행-역행 운동을 서술하고, 이를 태양-지구-화성의 상대적인 위치 관계로 표현한 설명 모델 유형의 사례들을 Table 2에 정리하였다.

IV. 논 의

서론에서 언급한 바와 같이 2015 교육과정의 초등학교 과학 교과서는 행성과 별을 구분할 때, 행성이 배경 별자리의 움직임과 상대적으로 다른 위치 변화를 보이는 현상을 행성의 공전 운동의 방향과 연관시켜 다루지 않고 행성이 별보다 지구에 더 가까이 있기 때문이라고 제한적으로 서술하고 있다. 행성의 공전은 초등학교 과학 교육과정은 물론 중학교 과학과 교육과정에서도 행성의 겉보기 운동에 대한 관측 데이터를 배제한 채 제한적으로 언급되어 있다. 2015 교육과정의 중학교 과학 내용 체계를 보면, 태양계 단원의 성취 기준으로서 “태양계를 구성하는 행성의 특징을 알고, 목성형 행성과 지구형 행성으로 구분할 수 있다”를 제시한 반면, 그 해설에 “행성의 구분은 내행성과 외행성의 정의 및 지구형 목성형 행성의 분류 기준과 특징을 중심으로 다루고, 행성의 시운동은 고등학교에서 다루게 하였다”. 즉, 중학교 과정에서도 행성이 어떻게 공전 운동하는 것인지를 학생들이 제대로 학

Table 2. The types of explanatory model of Mars movement drawn on PSTs' drawings

설명모델의 유형	특징	사례 수
1	1A 태양-지구-화성의 순행과 역행 구간에 맞게 정확히 두 행성의 위치를 표현함. 5개 시점을 구분하여 표현한 역동적 모델	그룹 A 2 명
	1B 태양-지구-화성의 순행/역행 구간에 맞게 정확히 두 행성의 위치를 표현함. 그림 하나에 5개 시점을 모두 표현한 정적 모델	그룹 A 2 명 그룹 B 1 명
2	지구와 화성이 시계 반대방향으로 공전하되, 지구의 공전량이 과장되며, 화성의 총 위치가 정확하지 않음	그룹 A 1 명 그룹 C 2 명
3	3A 지구는 시계 반대방향으로 공전하고, 화성은 시계 방향으로 공전하는 형태로 화성의 겉보기 운동을 설명하는 모델	그룹 A 1 명 그룹 B 1 명
	3B 지구를 고정시키고, 화성은 시계 방향으로 공전하여 화성의 겉보기 운동을 설명하는 모델	그룹 A 4 명 그룹 B 1 명
4	지구를 고정시키고, 화성은 시계 반대방향으로 공전하는 설명 모델로서 총의 위치가 정확하지 않음	그룹 C 2 명
기타		그룹 A 1 명 그룹 B 2 명 그룹 C 3 명

습할 기회가 없게 된다. 2015 과학과 교육과정에서 행성의 공전 운동은 고등학교 지구과학Ⅱ 교과에서 비로소 구체적으로 언급된다. 행성의 운동 단위의 성취기준에 “내행성과 외행성의 겹보기 운동을 비교하고, 지구중심설과 태양중심설로 행성의 겹보기 운동을 설명할 수 있다”고 진술되어 있으며, “내행성과 외행성의 겹보기 운동의 특징을 관측적 측면에서 설명하고, 지구중심설과 태양중심설 각각의 설명 모형에서 행성의 겹보기 운동을 어떻게 설명하는지를 비교”하라는 성취기준 해설이 제시되었다. 즉, 2015 과학 교육과정에 의하면 고등학교 과정에서 지구과학Ⅱ 교과를 선택 이수한 학생들만 행성의 공전 운동을 관측 현상에 근거하여 설명 모형의 관점에서 배울 수 있다. 결국 우리나라 학생들은 행성이 태양 주위를 공전한다는 사실적 명제만을 알고 있을 뿐, 행성의 공전 운동이 밤하늘의 다른 천체들과 비교할 때 어떻게 다르게 관측되며, 그것을 활용하여 행성의 공전 운동 방향이 서에서 동을 향하는 논리적 설명 모형을 추론할 수 있는 기회가 매우 제한적임을 알 수 있다. 초등 예비교사들 중에서 고등학교에서 지구과학Ⅱ 교과를 이수한 경우가 많지 않은 현실을 감안하면 대학 교육에서 행성의 공전 운동을 정확히 그리고 충분히 지도하지 않을 경우, 미래의 초등학생들이 행성의 공전 운동을 정확히 지도 받을 수 있는 기회 역시 매우 제한적일 수밖에 없다.

이 연구에서 행성의 공전 운동의 사례로서 화성의 관측 데이터에 대한 초등 예비교사의 이해 정도와 화성의 순행과 역행을 설명하는 모형의 유형을 살펴본 결과, 검사에 응답한 23명 중 4명만이 화성의 공전 운동 데이터에서 순행과 역행의 구간을 바르게 인식하고, 그것을 설명하는 과학적 모형을 구성할 수 있었다(그룹 A - 설명모형 1A/1B). 일부 예비교사들은 화성의 순행과 역행을 올바르게 인식하면서도 지구에서 보이는 화성의 위치 변화를 직관적으로 이해하여 화성이 시계 방향으로 공전하는 설명 모형을 표현하기도 했다(그룹 A - 설명모형 3A/3B). 화성의 순행과 역행을 정확하지 않게 응답한 예비교사(그룹 B/C)는 화성의 위치 변화를 배경 별자리(물고기자리)에 대한 상대적인 변화로 보지 못하고, 스타라리움 화면에서 평면적인 움직임으로 인식하여 좌우 방향과 동서 방향을 동일시하는 오개념을 가지고 있었다. 이와 같은 결과는 교육대학

교의 교육 프로그램에서 학생들에게 행성의 공전 운동을 지도할 때 지구에서 보는 관점에서 표현된 행성의 관측 데이터에 근거하여 행성의 겹보기 운동 방향을 인식하게 하고, 그것을 지구 밖 우주에서 보는 관점에서 공간상의 현상으로 재구성하여 설명하는 천문학적 관점 변환 능력(transition of the frame of reference, Plummer, 2014)을 길러주는 것이 필요함을 말해준다.

지구의 공전 운동에 대한 초등학생의 학습발달 과정을 조사했던 맹승호와 이기영(2018)의 연구는 여러 달 동안 별자리의 위치가 동에서 서 방향으로 이동한 데이터를 인식하고, 그것을 설명하기 위해 별자리는 우주에 고정되어 있고, 지구가 별자리 위치 변화의 반대 방향인 서에서 동 방향으로 공전하는 모형을 형성하는 수준을 학습발달과정의 상위 정착점(upper anchor)으로 보았다. 이들의 연구는 초등학생들이 상위 정착점에 도달하려면 별자리의 동서 방향 위치 변화를 시계 방향으로 인식하는 직관적 이해 단계를 넘어서야 하며, 지구에서 관측된 천체 현상을 우주에서 보는 관점으로 변환하여 재구성할 수 있는 공간적 사고를 수행하는 것이 필요함을 주장하였다. 지구의 공전에 대한 학습발달과정 연구의 결과를 이 연구에서 조사했던 화성의 공전 운동에 대한 초등 예비교사의 이해 및 설명 모형의 분석 결과와 비교해 보면, 행성의 공전 운동에 대한 학습도 행성의 관측 데이터를 직관적으로 인식하는 단계를 넘어서 수 있게 그리고 천문학적 관점의 변환 능력을 함양하는 관점에서 지도하는 교수활동을 적절히 수행할 경우, 학습자들이 행성의 공전에 대한 과학적 이해 수준에 도달할 수 있게 될 것이다.

이 연구의 검사에 응답했던 예비교사들은 대학에서 기초 천문학 강의를 이수하면서 행성의 공전 운동을 학습했지만, 절반 이상의 예비교사들이 행성의 순행과 역행을 명확히 구분하지 못하였다. 그러나 이 결과를 근거로 행성의 순행과 역행이 대학생들에게도 어려운 고난도의 학습 과제여서 초·중·등 교육과정에서 행성의 공전 운동을 제외해야 한다고 주장하는 것은 과도할 수 있다. 왜냐하면, 이 연구에 참여한 예비교사들이 행성의 순행과 역행, 그리고 행성의 공전에 대한 설명 모형을 정확히 나타내지 못한 것은 과제의 곤란도뿐만 아니라, 그들이 초·중·등 교육과정을 이수하는 동안 관측 데이터

에 근거하여 행성의 공전 운동을 학습할 기회가 충분하지 않았다는 상황도 함께 고려하여 해석되어야 하기 때문이다. 맹승호 등(2014)이 수행한 지구의 운동, 지구-달 계의 구조와 운동, 태양계의 구조와 행성의 운동, 은하와 우주를 종합한 천문 시스템 이해에 대한 초등학생의 학습 발달과정 연구의 결과를 보면, 행성의 공전 운동을 이해하는 문항이 지구의 운동, 지구-달 계의 운동에 비해 상대적으로 높은 문항 곤란도를 보였다. 그러나 검사 문항에 응답한 초등학생들 중 상위 학생들은 지구의 운동, 지구-달 계의 운동은 물론 행성의 운동을 이해하는데 필요한 공간적 사고 능력을 갖추고 있음을 확인하였다. 이들의 연구 결과는 초등학생들에게 행성의 공전 운동이 다른 주제에 비해 상대적으로 어려울 수 있지만, 교사의 적절한 교수활동을 통해 초등학생들도 학습할 수 있는 주제임을 말해 준다. 그러므로 이 연구에서 밝힌 행성의 공전 운동에 대한 초등 예비교사의 응답 결과는 향후 초중등 및 대학 교육과정에서 관측 데이터를 해석하여 행성의 움직임을 이해하는 접근 방식과, 지구에서 보는 관점에서 얻은 데이터를 우주에서 보는 관점에서 구성한 설명 모델로 변환하는 공간적 사고를 함양하는 접근 방식으로 행성의 공전 운동을 지도하는 것이 필요하다는 시사점을 제공하는 근거가 될 수 있을 것이다.

V. 결 론

이 연구는 초등 예비교사들이 행성의 위치 변화 데이터를 이해하는 정도와 행성의 순행과 역행 현상에 대한 설명 모델을 분석하여 그들이 행성의 공전 운동을 이해할 때 적용한 사고 유형을 조사하였다. 연구에 참여한 예비교사 23명 중 4명만이 화성의 공전 운동 데이터에서 순행과 역행의 구간을 정확히 인식하고, 행성의 공전을 설명하는 과학적 모델을 구성하였다. 화성의 관측 데이터를 보고 순행과 역행을 올바르게 인식하면서도 설명 모델에 오류를 포함한 예비교사는 지구에서 보는 관점에서 인식한 화성의 위치 변화를 직관적 또는 평면적으로 이해하여 동에서 서 방향의 겉보기 운동을 시계 방향의 공전으로 표현하는 사고 유형이 있었다. 화성의 순행과 역행을 정확하게 응답하지 못한 예비교사는 화성의 위치 변화를 배경 별자리에 대한

상대적인 움직임으로 인식하지 못하거나, 스텔라리움 화면에서 평면적인 움직임으로 인식하여 좌우 방향과 동서 방향을 동일시하는 오개념에 근거하여 화성의 공전에 대한 잘못된 설명 모델을 표현하였다.

초중등 학생들, 그리고 초등 예비교사들이 행성의 공전 운동을 정확히 이해할 수 있게 하려면 행성의 공전을 사실적 명제로만 접근하게 하는 현행 초등학교 및 중학교 과학 교육과정의 내용 및 성취 기준 진술을 개선할 필요성이 제기된다. 이 연구의 결과를 근거로 향후 초중등 및 대학 교육과정에서 행성의 공전 운동을 제시할 때 다음과 같은 접근 방식이 필요함을 주장할 수 있다. 먼저 학습의 초기 단계에서는 지구에서 보는 관점에서 표현된 행성의 겉보기 운동 관측 데이터를 인식하고, 이를 해석하여 행성이 다른 배경 별자리의 별들과 다르게 움직이는 천체라는 이해로부터 출발하는 접근 방식을 도입하여 학습 내용과 지도 방법을 구성할 수 있다. 예를 들면, 초등학교 과정에서는 행성이 태양 주위를 서에서 동 방향(또는 시계 반대방향)으로 공전한다는 사실적 명제만을 제시하고 수용하는 것이 아니라, 여러 달 동안 관측한 데이터에서 배경 별자리와 다르게 서에서 동 방향으로 움직이는 천체가 행성임을 인식하고, 행성의 겉보기 움직임을 설명하는 모델로서 행성의 공전이 있음을 제시하는 정도가 가능할 수 있다. 당연히, 초등학교 과정에서 행성의 순행과 역행을 구분하여 가르칠 필요는 없으며, 행성은 다른 별과 비교할 때 움직임이 다른 천체임을 강조하고, 이를 인식하는 정도가 적절할 것이다. 행성의 공전 학습의 이후 단계에서는 지구에서 보는 관점에서 얻은 행성의 관측 데이터에서 행성의 겉보기 운동의 방향을 파악하여 행성의 순행과 역행의 방향을 인식하고, 이를 지구 밖 우주에서 보는 관점에서 공간상의 현상으로 변환하는 설명 모델 구성 능력 즉, 천문학적 관점 변환 능력을 함양하는 접근 방식을 도입하여 학습 내용 및 지도 방법을 구성할 수 있다. 2015 과학 교육과정에서 행성의 공전에 대한 두 번째 접근 방식의 도입은 고등학교 지구과학 II 교과에 부분적으로 포함되어 있다. 중학교와 고등학교 과정에서 행성의 공전 운동이 어느 수준까지 학습 가능한지는 이 논문의 범위를 넘어서는 것이라 판단되며, 별도의 평가 연구 결과를 근거로 결정되어야 할 것이다.

참고문헌

- 교육과학기술부(2011). 초등학교 과학 5-2. 서울: 금성출판사.
- 교육부(2015). 초등학교 과학 5-1. 서울: 미래엔.
- 교육부(2019). 초등학교 과학 5-1. 서울: 비상교육.
- 맹승호, 이기영(2018). 지구의 공전과 별자리의 겹보기 운동에 대한 초등학생들의 공간적 추론 발달 경로의 사례 연구. *한국과학교육학회지*, 38(4), 481-494.
- 맹승호, 이기영, 박영신, 이정아, 오현석(2014). 순위 선 다형 문항을 이용한 천문 시스템 학습 발달과정 개발 및 타당화 연구. *한국과학교육학회지*, 34(8), 703-718.
- Calderón-Canales, E., Flores-Camacho, F. & Gallegos-Cázares, L. (2013). Elementary students' mental models of the solar system. *Astronomy Education Review*, 12, 1-17.
- Plummer, J. D. (2014). Spatial thinking as the dimension of progress in an astronomy learning progression. *Studies in Science Education*, 50, 1-45.
- Richards, T. (2012). Using kinesthetic activities to teach Ptolemaic and Copernican retrograde motion. *Science & Education*, 21, 899-910.
- Sharp, J. G. (1995). Children's astronomy: Implications for curriculum developments at Key Stage 1 and the future of infant science in England and Wales. *International Journal of Early Years Education*, 3(3), 17-49.
- Sharp, J. G. (1996). Children's astronomical beliefs: A preliminary study of Year 6 children in south-west England. *International Journal of Science Education*, 18(6), 685-712.
- Sharp, J. G. & Kuerbis, P. (2006). Children's ideas about the solar system and the chaos in learning science. *Science Education*, 90, 124-147.
- Yu, K. C., Sahami, K. & Denn, G. (2010). Student ideas about Kepler's laws and planetary orbital motions. *Astronomy Education Review*, 9, 1-17.

† 맹승호, 서울교육대학교 교수(Maeng, Seungho; Professor, Seoul National University of Education).