



그림자 현상에 대한 초등학생의 시각적 표상 능력

윤혜경*
춘천교육대학교

Analysis of Elementary School Students' Visual Representation Competence for Shadow Phenomenon

Hye-Gyoung Yoon*
Chnucheon National University of Education

ARTICLE INFO

Article history:

Received 19 February 2019
Received in revised form
25 March 2019
Accepted 26 March 2019

Keywords:

Shadow, Visual representation competence, Taxonomy, Elementary students

ABSTRACT

In previous study, visual representation competence taxonomy (VRC-T), which is composed of two dimensions, was developed for the purpose of promoting effective visual representation use and research in science education. In this study, elementary school students' visual representation competence for shadow phenomenon was investigated using VRC-T.

In terms of visual representation competence, 'interpretation' was the highest score, followed by 'construction' and 'integration'. It also showed that students' visual representation competence was not high even after learning shadow-related units in the regular curriculum. On the other hand, text-based scientific knowledge was not correlated with all categories of visual representation competence. This indicates that there is a need to emphasize visual representation more in science class. Finally, hierarchical relationship among cognitive processes of VRC-T was explored according to ordering theory. If the tolerance level is somewhat loosened, a linear hierarchical relationship was found between the six cognitive processes. This suggests that VRC-T is an analytical framework that can be useful when designing assessment tools, tasks, and science class activities to enhance visual representation competence.

1. 서론

각종 디지털 기기 및 시각화 기술의 발전으로 과학 연구에서 시각적 데이터를 사용하는 일이 점차 증가하고 있으며 특히 천문학이나 생화학 분야에서 시각적 이미지가 광범위하게 사용되고 있다(Elkins *et al.*, 2012). 최근에는 '시각적 문화(visual culture)'(Pauwels, 2006), '시각적 문해력(visual literacy)'(Felten, 2008)이라는 말이 통용될 정도로 심리학, 교육공학, 의학, 디자인, 예술, 문화인류학, 미디어, 비즈니스 등 다양한 분야에서 시각적 표상에 대한 관심과 연구가 증가하고 있다.

과학 교수 학습 과정에서 교사는 과학 개념을 가르치거나 탐구를 지도할 때 표, 그래프, 사진, 삽화, 다이어그램, 동영상 등 다양한 형태의 시각적 표상을 활용하며 학생들 또한 다양한 형태의 시각적 표상을 통해 과학 개념이나 정보를 접하고 또 자신의 아이디어를 표현한다. 시각적 표상의 중요성은 Paivio(1991)의 '이중부호화 이론(dual coding theory)'과 Mayer (2003)의 '멀티미디어 학습 인지 이론(cognitive theory of multimedia learning)'에 힘입어 꾸준히 강조되어 왔다. 학습자는 언어적 작동 기억과 비언어적 작동 기억, 두 가지 정보 처리 체계를 사용하고 이 두 가지 정보의 연결이 있을 때 유의미한 학습이 이루어질 수 있다는 것이 이 이론의 핵심 내용이다. 이러한 정보처리 이론 뿐 아니라 최근의 분산된 인지 이론에서도 표상이 중

요시 되고 있다. 전통적인 정보처리 이론(information processing theory)에서는 인지과정이 개인의 머릿속에서 일어난다고 가정한다. 따라서 인지과정은 뇌 속에서 일어나는 탈 맥락적인 과정으로 이해되어 왔다. 그러나 분산된 인지 이론에서는 인지과정이 개인의 마음이나 뇌 안에서만 일어나는 것이 아니라 사람, 인공물, 환경에 분산되어 있는 것으로 본다. 즉 외적 정보나 표상이 공유, 변형, 조정되는 과정을 인지과정으로 본다(Hutchins, 1995, Pea, 1993). 이러한 관점에서 보면 시각적 표상은 단순히 뇌 안에서 일어나는 사고 과정을 보조하는 것이 아니라, 인지 시스템을 이루는 하나의 요소이며 분산된 인지의 한 부분을 담당한다고 할 수 있다(Oh, 2017). 과학 학습 과정에서도 표상을 수정하는 것을 통해 학생의 이해와 학습 동기가 증진될 수 있다(Carolan, Prain & Waldrip, 2008).

이와 같이 시각적 표상이 인지 과정의 주요 요소이며, 과학 교수 학습 과정에서도 중요하다는 것에는 동의가 이루어지고 있지만 실제 학생들이 표상을 이해하고 활용하는 능력에 대한 연구는 산발적으로 이루어져 왔다. '표상(representation)'이나 '표상 능력(representational competence)'이라는 용어를 연구자마다 다소 다른 의미로 사용하고 있고(Krysty *et al.*, 2018), 물리, 화학, 생물 등 학문 영역에 따라서 다른 분석틀을 사용하고 있는 것(Pande, & Chandrasekharan, 2017)이 한 원인이기도 하다.

표상은 크게 내적 표상과 외적 표상으로 구분할 수 있는데 내적

* 교신저자 : 윤혜경 (yoonhk@cnue.ac.kr)

** 이 논문 또는 저서는 2017년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2017S1A5A2A01023731)
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2019.39.2.295>

표상은 외부로 표출되지 않은 개인의 정신 모형을 의미한다. 외적 표상은 구체 실물, 언어적, 상징적, 시각적, 몸짓의 다섯 가지 양식으로 구분되기도 하고(Gilbert, 2005) 크게 말이나 글과 같은 언어적 표상과 그림, 애니메이션, 다이어그램, 공식, 모형 등의 시각적 표상, 두 가지로 구분되기도 한다. 본 연구에서 ‘시각적 표상’은 외적 표상을 의미한다. 또 시각적 표상은 넓게는 구체 실물에 의한 3차원적인 모형이나 몸짓 등을 포함하지만 여기서는 2차원 평면에 표현될 수 있는 것에 한정하고자 한다.

과학교육에서 외적 표상으로서 시각적 표상에 대한 연구는 꾸준히 있어 왔지만 기존 연구에서는 주로 그래프와 같은 특정 형태에 초점을 두거나(e. g. McKenzie & Padilla, 1986), 학생의 오개념 연구에서 활용해 왔다. 학생들이 생성하는 시각적 표상은 그들의 내적 표상을 반영하기 때문에(Chi, Feltovich, & Glaser, 1981) 오개념의 지표로 사용될 수 있다. 그러나 최근에는 표상 자체의 이해와 활용에 초점을 둔 연구가 이루어지고 있고 ‘표상 능력’이라는 개념이 사용되고 있다(Kozma & Russell, 1997, 2005; Nitz *et al.*, 2014). 표상 능력은 ‘과학 개념을 의사소통하고, 개념화하기 위해 표상을 해석하고, 변환하고, 생성할 수 있는 능력, 적절한 표상의 유형을 선택하고 사용할 수 있는 능력’(Kozma & Russell, 2005; Nitz *et al.*, 2014), ‘표상을 생성하고 연결하고 전환할 수 있으며 그것을 문제 해결의 도구로 사용할 수 있는 능력’(Schneid *et al.*, 2013)등으로 정의되고 있다.

표상 능력과 개념 이해가 같지 않다는 것은 Peirce(1931)의 이론에 의해 잘 설명된다. Peirce는 대상체(referent, object), 해석체(meaning, interpretant), 표상체(sign, representamen)로 이루어진 삼각형 구조를 의미 생성 모형으로 제시했다. 예를 들어 빛의 직진과 같은 과학 개념은 해석체이며, 빛을 직선과 화살표로 나타내는 것은 표상체이다. 또 해석체와 표상체는 실제 빛에 의해 물체의 그림자가 나타나는 현상, 즉 대상체를 참조로 한다. Peirce의 이론에 따르면 개념의 이해는 표상의 사용이나 이해를 수반하지만 이 둘은 같지 않다고 볼 수 있다. Nitz & Tippett (2012), Nitz *et al.*(2014)의 연구에서도 정량적인 요인 분석을 통해 학생의 내용 지식과 표상 능력이 서로 구분되는 구인이며 내용 지식은 표상 능력을 예측할 수 있지만 그 반대는 불가능하다고 보고하고 있다. 이러한 연구에 의하면 과학 개념 이해와 표상은 완전하게 별개의 것도 아니며 표상이 개념에 부속되어 있는 것도 아니다. 과학 개념의 의미는 실제 그것을 예시하고 적용하는데 사용되는 표상에 의존하며 Lemke(2004)가 지적했듯이 언어적이든 비언어적이든 과학에서 아이디어의 설명은 표상에 의해 의사소통 가능하다. 따라서 표상 능력 자체가 중요한 과학적 실행 능력이라 할 수 있다(Kozma & Russell, 2005).

이러한 표상 능력의 중요성에 주목하여 과학 교수 학습 과정에서 효과적인 시각적 표상 활용을 촉진하기 위해 Yoon(2018)은 시각적 표상 능력의 교육목표 분류체계(visual representation competence taxonomy: 이하 VRC-T)를 개발하였다. VRC-T는 다양한 선행 연구에 대한 고찰을 바탕으로 과학 교수 학습 과정에서 사용되는 시각적 표상의 유형과 시각적 표상의 인지 과정에 대한 범주와 유목을 설정하고, 현직 교사와 과학교육 전문가의 타당도 검토를 거쳐 개발되었으며 시각적 표상 유형과 인지 과정, 2개 차원으로 구성되었다. 시각적 표상 유형은 크게 ‘기술적 표상’, ‘과정적 표상’, ‘설명적 표상’으로 구분하였으며, 시각적 표상의 인지 과정은 크게 ‘해석하기’, ‘통합하

기’, ‘구성하기’로 구분하였다.

이러한 VRC-T는 과학 수업 계획이나 분석, 평가 과제의 분석, 학생의 표상 능력 조사 등에 활용될 수 있을 것으로 기대되지만 실제 VRC-T의 각 범주가 의미 있게 구분되는지, 어느 정도의 위계 관계가 있는지를 데이터를 통해 살펴볼 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 이전 연구에서 개발된 VRC-T를 활용하여 그림자 현상에 대한 초등학생의 시각적 표상 능력을 조사, 분석함과 동시에 이 자료를 토대로 VRC-T 인지 과정 사이의 위계 관계를 탐색하고자 하였다. 이는 VRC-T의 유용성과 타당성에 대한 자료를 제공할 것이다. 그림자를 주제로 택한 것은 이 주제가 빛의 성질을 학습하기 시작하는 초등학교 과학 교육과정에서 항상 기본적으로 다루어지는 것이며, 그림자 현상을 이해하기 위해 빛의 진행을 직선과 화살표로 나타내는 것이 매우 효과적이고 또 필수적이기 때문이다.

‘그림자’는 2009 교육과정에서는 4학년 2학기 교과서 3단원 ‘거울과 그림자’에서 다루었다. 2015 개정 교육과정에서도 역시 4학년 2학기 교과서 3단원 ‘그림자와 거울’에서 계속 다루고 있다. 2015 교육과정에서 관련 성취 기준은 ‘여러 가지 물체의 그림자를 관찰하여 그림자가 생기는 원리를 설명할 수 있다.’, ‘전등과 물체 사이의 거리에 따른 그림자의 크기변화를 관찰하여 서술할 수 있다.’ 두 가지가 제시되어 있고 ‘교수 학습 방법 및 유의사항’에서는 관찰 사실에 근거한 논리적인 추리 활동을 장려하고 있다. 또 ‘평가 방법 및 유의사항’에서는 학생의 사고 과정이나 추리 능력을 평가하기 위해서 학생들이 빛의 진행 경로를 그려 보도록 하는 평가가 바람직하다고 제안하고 있다(Ministry of Education, 2015).

그림자 현상에 대한 학생의 개념 연구는 국내외에서 많이 이루어져 왔다. Feher & Rice(1988)의 연구에 의하면 8-14세 학생의 약 4분의 1정도만이 그림자가 빛이 없어서 생긴 것이라는 분명한 생각을 가졌고 나머지는 그림자를 물질적인 특징을 갖는 어떤 것으로 생각한다고 한다. 물체가 지니고 있던 ‘어떤 것’을 물체가 ‘밀어내거나 던지는 것’처럼, 물체가 그림자를 ‘던져서’ 그림자가 나와서 돌아다니는 것으로 생각하는 것이다. Bac(2005)의 연구에서는 초등학교 4학년 학생을 대상으로 빛의 직진, 반사에 대한 개념을 조사하였는데 빛이 직진하는 성질에 대하여 이해하고 있는 초등학생은 86% 정도로 나타났다. Park *et al.*(2014)의 연구에서는 초등 3학년과 6학년 학생을 대상으로 빛과 그림자에 대한 개념을 조사하였는데 조사 대상의 약 75%가 빛은 이동 중 물체를 만나면 차단되고 나머지 빛만 이동하여 스크린에 닿게 된다고 응답하였고, 15% 초등학생들은 물체가 빛을 흡수하여 다시 스크린 쪽으로 빛을 보낸다고 하였다. 즉 물체가 또 하나의 광원이 된다고 생각하였다.

그림자에 대한 과학적 이해를 위해서 빛의 진행을 직선으로 표현하는 ‘광선 모형’은 매우 중요하기 때문에 빛의 직진이나 그림자에 대한 개념을 조사하는 위와 같은 연구들은 대부분 서술형, 그리기 형 문항을 포함하며 연구자가 면담을 통하여 학생의 생각을 탐색하고 있다. 특히 초등학생의 경우 자신의 생각을 글로 표현하기 어려울 수 있어 그리기 형 답안의 작성이 쉬울 수 있고 학생이 선 개념을 어떻게 연관시키고 있는지 분석하기 용이하기 때문이다(Park *et al.*, 2014). 이러한 선행 연구가 언어적, 시각적 표상을 종합하여 학생의 개념을 이해하고자 하였다면 본 연구는 학생의 시각적 표상 능력 자체에 중점을 두었다. 앞서 서술한 바와 같이 본 연구에서는 학생의 표상 능력과

개념 이해는 밀접한 관계가 있지만 어느 하나가 다른 것에 포함되지 않는 것으로 보았기 때문이다.

본 연구에서는 이전 연구에서 개발된 VRC-T에 기초하여 그림자 현상에 대한 초등학생의 시각적 표상 능력을 조사하고 그림자에 대한 과학 지식과 표상 능력 사이의 관계 및 VRC-T 인지 과정의 위계 관계를 탐색하고자 한다. 구체적인 연구 목표는 다음과 같다.

- VRC-T에 기초하여 그림자 현상에 대한 초등학생의 시각적 표상 능력을 조사한다.
- 그림자 현상에 대한 과학 지식과 시각적 표상 능력 사이의 관계를 탐색한다.
- 그림자 현상에 대한 시각적 표상 능력의 인지 과정 위계 관계를 탐색한다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 검사지의 개발과 실시

연구자는 초등 과학교육과정과 교과서에 제시된 그림자 관련 학습 내용을 분석하고 이를 바탕으로 검사지를 개발하였다. 검사지는 그림자 현상에 대한 과학 지식 평가 문항 2개, VRC-T의 각 인지과정 범주에 해당되는 시각적 표상 능력 평가 문항 6개로 구성하였다. 연구자가 개발한 평가 문항은 과학교육 전문가 3인, 현직 초등교사 1인에게 타당도 검토를 의뢰하였다. 각 평가 과제가 VRC-T의 인지 과정 범주를 대표하는 문항이라고 할 수 있는지, 문항 자체에 오류가 없는지, 초등학생이 과제에서 요구하는 것을 정확하게 이해할 수 있는지 등을 점검하였다. 또한 이 과정에서 평가 과제의 논리적 위계에 대한 검토도 이루어졌다. 검토자들의 의견을 반영하여 문항에 대한 수정, 보완이 수차례 이루어졌으며 최종 수정 문항에 대해 검토자들은 모두 시각적 표상 해석하기, 통합하기, 구성하기 각 범주 내의 두 과제 사이에 논리적 위계가 있다고 동의하였다. 이후 초등학교 6학년 학생 7명을 대상으로 예비 검사를 실시하였다. 예비 검사에서는 학생 한명씩 개별적으로 검사지에 답하도록 하면서 이 과정을 비디오로 녹화해서 학생이 어려워하는 부분, 시간이 많이 걸리는 부분 등을 점검하였다. 예비 검사 결과 학생들이 검사지의 서두에 제시된 그림이나 문구를 검사지의 후반부에 나오는 문항에 답할 때 이용하는 경우가 있었다. 예를 들면 그림자의 원리에 대한 과학적 표상이 제시된 문항을 학생 자신의 생각을 표현해야 하는 문항보다 앞서 먼저 제시하면 학생들이 정답에 가까운 과학적 표상을 먼저 접하게 되어 자신의 추론이나 아이디어에 기초한 시각적 표상을 구성하기 어렵다. 따라서 자신의 생각을 그려보도록 하는 문항을 먼저 제시하는 것이 필요하다고 판단되었다. 마찬가지로 제시된 시각적 표상을 평가하도록 하는 문항도 학생 자신의 생각을 그리도록 하는 문항에 영향을 줄 수 있는 것으로 나타났다. 이러한 예비 검사 결과에 따라 문항의 순서를 조정하여 앞 문항에서 나온 설명이나 그림이 다음 문항에서 참조되지 않도록 하였고 검사지1과 검사지2로 구분하여 검사지1을 먼저 실시, 수합하고 나서 검사지2를 배부하고 실시하였다. 학생들이 검사지에 답하는 동안 연구자는 학생들이 평가 문항에 차례대로 답하도록 안내하고 감독하였다. 본 연구에 사용된 검사지의 구조는 다음과 같다.

Table 1. Structure of the survey questionnaire

	검사지 구성	문항 형태
검사지1	문항1: 과학 지식	4지 선다형
	문항2: 과학 지식	4지 선다형
	문항3: 추론에 기초하여 시각적 표상 구성하기	그리기
	문항4: 관찰에 기초하여 시각적 표상 구성하기	그리기
검사지2	문항5: 제시된 시각적 표상 평가하기	선택 후 설명
	문항6: 제시된 표상의 명시적 정보 해석하기	단답형
	문항7: 제시된 표상의 개념적 정보 해석하기	서술형
	문항8: 제시된 표상을 다른 상황에 전환하기	그리기

본 검사는 강원도 중소도시에 위치한 초등학교 5, 6학년 학생들을 대상으로 실시하였으며 학생 본인과 학부모의 연구 참여 동의서를 제출한 학생만을 대상으로 하였다. 5학년 3개 학급 62명, 6학년 3개 학급 62명, 총 124명이 참여했으며 학생들이 검사지1, 검사지2 모두에 응답하는데 소요된 시간은 40분가량 이었다. 검사지를 수합한 후 각 학급별로 2명씩을 무작위로 선정하여 간단한 면담을 실시하였다. 면담은 학생들이 제출한 검사지를 가지고 자신이 답한 내용이나 자신이 그린 그림을 간단히 설명하도록 하는 방식으로 이루어졌다. 면담을 통해 학생들이 표현하고자 하는 내용이 그림으로 잘 표현되었는지, 학생들의 구두 설명과 그림 사이에 불일치가 심하지 않은지 파악하였다.

2. 시각적 표상 능력 평가 기준

학생의 표상 능력 평가 기준은 다음과 같은 과정으로 개발되었다. 우선 예비 검사 결과를 참고하여 연구자가 평가 기준의 초안을 개발한 뒤 본 검사 결과 중 20%(25명)를 무작위로 추출하여 평가 기준을 적용해 보았다. 이 과정에서 평가 기준이 학생들의 모든 응답을 포괄할 수 있는지, 표상 능력이 각 단계별로 구분이 잘 되는지 점검하면서 평가 기준을 수정, 보완하였다. 이후 확정된 평가 기준을 통해 전체 학생들의 응답 내용을 모두 분석하고 문항별로 점수를 매겼다. 평가의 신뢰도를 높이기 위해 1차 분석 후 약 한 달이 경과한 시점에서 연구자가 다시 한 번 전체 문항을 분석하고 점수를 매겼다. 이전 점수와 불일치 된 것은 10% 미만이었으며 불일치에 대해서는 학생의 응답 내용을 숙고하고 일관된 기준을 적용하여 다시 점수를 매겼다. 이후 문항별 점수와 학생 응답의 특징을 엑셀에 입력하여 기초 통계 자료를 분석하였고 응답 유형별로 대표적 예시를 추출하였다.

문항1과 문항2는 과학 지식을 묻는 4지 선다형 문항으로 각각 1점씩이다. 따라서 과학 지식은 0점에서 2점 사이의 값을 갖는다. 표상 능력의 각 인지 과정별 문항도 세 가지 수준으로 구분되어 0점에서 2점 사이의 값을 갖는다. 다음 Table 2는 각 문항의 개요와 문항 분석에 사용된 평가 기준이다.

3. 서열화 이론과 위계 분석

본 연구의 목표 중 하나는 이전 연구에서 개발된 VRC-T 인지 과정의 위계를 탐색하는 것이다. 시각적 표상 능력은 특정 과학 주제에 따라 달라질 수 있기 때문에 항상 ‘해석하기’가 ‘구성하기’나 ‘통합하

Table 2. Analytical criteria for visual representation competence for shadow phenomenon

대범주	소범주	문항 개요	평가 기준
1. 시각적 표상 해석하기: 주어진 시각적 표상에 제시된 정보와 의미를 해석한다.	1.1 명시적 정보 해석하기	그림자의 원리를 나타내는 시각적 표상의 각 부분의 명칭 쓰기	(0점) 기호나 상징(여기서는 광선)의 의미를 알지 못함. (1점) 기호나 상징(여기서는 광선)의 의미를 알고, 시각적 표상을 이루는 요소들 대부분의 명칭을 올바르게 인지함. (2점) 시각적 표상을 이루는 모든 요소의 명칭을 올바르게 인지함.
	1.2 개념적 정보 해석하기	그림자의 원리를 나타내는 시각적 표상을 빛의 직진 개념으로 해석하기	(0점) 빛의 직진 개념을 전혀 사용하지 못하거나 잘못 사용함 (예: 빛이 물체를 통과하지 못해 직진한다.) (1점) 빛의 직진 개념을 사용하였으나 그림자 현상과 연관 지어 설명하지 못함. (2점) 빛의 직진 개념을 통해 그림자 현상을 올바르게 해석함. (예: 빛이 직진하지 않으면 빛이 물체 뒤쪽으로도 갈 수 있어 그림자가 생기지 않는다. 빛이 직진하다가 물체에 막혀 물체 모양대로 그림자가 생긴다.)
2. 시각적 표상 통합하기: 주어진 시각적 표상을 사전 지식, 개념, 경험과 연결하여 재구성하거나 평가한다.	2.1. 표상 전환하기	그림자의 원리를 나타내는 시각적 표상을 참고하여 물체가 달라졌을 때 광선 경로와 그림자 모양 그리기	(0점) 그림자 모양을 올바르게 예상하지 못함. (어둡고 밝은 부분을 올바르게 표현하지 못함.) (1점) 그림자 모양을 올바르게 예상하였으나 광선 경로를 올바르게 나타내지 못함. (2점) 광선 경로를 나타내어 그림자 모양을 올바르게 예상함.
	2.2. 표상 평가하기	그림자의 원리를 설명하고 있는 시각적 표상의 적절성을 평가하고 그 이유를 서술하기	(0점) 표상의 적절성에 대해 올바르게 평가하지 못함. (1점) 표상의 적절성에 대해 올바르게 평가하였으나 적절한 근거를 제시하지 못함. (2점) 표상의 적절성에 대해 올바르게 평가하고 적절한 근거를 제시함.
3. 시각적 표상 구성하기: 관찰한 사물이나 현상의 특징, 그에 대한 과학적 아이디어를 시각적 표상으로 나타낸다.	3.1 감각, 규칙, 사실에 기초하여 표상 구성하기	교사가 보여주는 그림자 현상을 관찰하고, 관찰 결과를 그림으로 나타내기	(0점) 관찰한 요소(광원, 물체, 그림자)를 일부만 포함하여 나타냄. (1점) 관찰한 요소를 모두 포함하였으나 위치나 크기, 배열관계 등을 잘못 나타냄. (2점) 관찰한 요소를 모두 포함하였으며 위치나 크기, 배열관계 등을 모두 적절하게 나타냄.
	3.2 추론에 기초하여 표상 구성하기	그림자가 생기는 이유를 그림을 통해 설명하기	(0점) 광선의 진행을 전혀 추리하여 표현하지 못하거나 (예: 광원, 물체, 그림자만 표현된 경우) 광원, 물체, 그림자의 배열이 올바르지 않은 경우 (예: 광원과 그림자가 같은 방향에 있는 경우) (1점) 광선의 진행을 추리하여 표현했으나 올바르게 나타내지 못함. (예: 광선이 광원 근처에만 머무는 것으로 표현한 경우, 광선이 직선으로 표시되지 않은 경우, 광선이 반사되어 그림자가 생기는 것으로 표현된 경우) (2점) 광선의 진행을 올바르게 추리하여 나타냄. (예: 광선은 직선으로 표시되고 물체에 의해 광선의 일부가 막히는 것이 표현된 경우)

기'에 비해 쉽다고 말하기는 어렵다. 그러나 동일한 주제나 개념에 대해서는 인지 과정 범주 사이에 어느 정도의 위계가 있을 것으로 예상하였다. 따라서 본 연구에서는 실제 학생들의 응답 결과를 분석하여 인지 과정의 위계를 탐색하고자 하였다. 평가 과제의 위계 분석은 서열화 이론(ordering theory)에 기초하여 분석할 수 있는데(Lim, 1992) 서열화 이론에서는 평균이나 분산을 사용하지 않고 응답 모형의 빈도를 통해 문항이나 학습 과제 사이의 위계를 분석한다. 위계분석법(Park et al., 2005)을 간단히 설명하면 아래와 같다.

논리적으로 문항a가 하위 기능, 문항b가 상위 기능의 문항이라고 가정하자. 연구자는 문항a, b를 맞고 틀린 학생의 빈도를 구할 수 있다. 아래 Fig. 1과 같이 각 문항에 맞고 틀린 응답 빈도를 N1, N2, N3, N4로 나타냈을 때 N3가 0이라면, 문항a를 틀리고 문항b를 맞은 학생이 없다는 것이며 이는 문항a를 알아야 문항b를 알 수 있다는 것을 의미한다. N2=0, N3=0이면 이것은 문항a를 맞은 학생은 모두 문항b를 맞고, 문항a를 틀린 학생은 모두 문항b를 틀린다는 것이고 두 문항은 동등하게 된다. 따라서 N1, N2, N4는 문항a, 문항b의 위계를 입증하는 자료가 되고, N3는 비 확증적인 응답 자료가 된다. 즉 N1, N2, N4의 빈도수가 많을수록 그리고 N3의 빈도수가 적을수록 문항 사이의 위계 관계가 강한 것을 나타내며 이때 문항b가 상위 기능의 문항이고 문항a가 하위 기능의 문항이라고 할 수 있다.

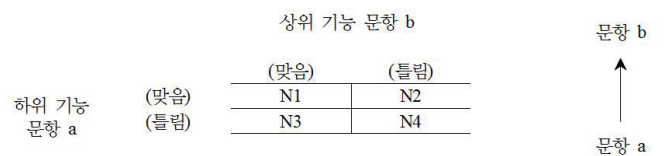


Figure 1. The sequence between the two questions

그러나 일반적인 평가에서 N3가 0인 경우는 드물고 우연이나 추측에 의해 맞을 확률을 고려해야 한다. 즉 허용 오차 한계를 고려해야 하는데 서열화 이론에서는 0.05, 0.10, 0.20 등의 수준을 사용한다. N명의 표본에 대해 0.10 수준의 허용오차는 0.10(N)이 된다. 즉 N3가 0.10(N)보다 같거나 작을 때에만 위계 관계가 확정되는 것이다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 그림자 현상에 대한 초등학생의 시각적 표상 능력

전체적으로 시각적 표상 능력을 점수화한 결과를 먼저 살펴보고 이후 각 범주별로 학생 응답의 자세한 특징을 기술하고자 한다. 시각적 표상 능력을 VRC-T 인지 과정별로 점수화한 결과는 Table 3과 같다. 가장 점수가 높은 범주는 '명시적 정보 해석하기'로 96%의 학생

Table 3. Scores of visual representation competence for shadow phenomenon

	VRC-T의 인지 과정 범주	0점인 학생 수	1점인 학생 수	2점인 학생 수	평균	표준편차	대응표본 t 검정 결과 유의확률
1. 시각적 표상 해석하기	1.1 명시적 정보 해석하기	0	5(4.0%)	119(96.0%)	1.96	0.20	0.000
	1.2 개념적 정보 해석하기	40(32.2%)	22(17.7%)	61(49.2%)	1.17	0.89	
2. 시각적 표상 통합하기	2.1. 표상 전환하기	13(10.5%)	72(58.1%)	38(30.6%)	1.20	0.61	0.000
	2.2. 표상 평가하기	73(58.9%)	31(25.0%)	18(14.5%)	0.55	0.74	
3. 시각적 표상 구성하기	3.1 감각, 규칙, 사실에 기초하여 표 상 구성하기	6(4.8%)	60(48.4%)	58(46.8%)	1.42	0.59	0.003
	3.2 추론에 기초하여 표상 구성하기	18(14.5%)	60(48.4%)	46(37.1%)	1.23	0.69	

들이 만점인 2점에 해당되었고 가장 점수가 낮은 범주는 ‘표상 평가하기’ 범주로 0점인 학생이 59%에 달했다. ‘해석하기’, ‘통합하기’, ‘구성하기’의 대범주로 보면 대체적으로 ‘해석하기’가 가장 점수가 높고 다음이 ‘구성하기’, ‘통합하기’의 순이다. 3개의 대범주는 각각 2개의 소범주로 되어 있는데 각 소 범주 사이에는 통계적으로 유의미한 점수 차이가 있었다(p<0.01). 모든 범주에서 학년별, 성별로 유의미한 점수 차이는 발견되지 않았다.

가. 시각적 표상의 해석

시각적 표상의 해석 능력을 알아보기 위해 학생들에게 그림자의 원리를 설명하는 그림(Fig. 2)을 제시하였다. 그림의 각 부분이 무엇을 나타내는지 명칭을 묻고(명시적 정보 해석), 이 그림을 보고 그림자가 어떻게 생기는지, 빛의 직진과 관련해서 설명하도록 하였다(개념적 정보 해석). 학생들이 ‘빛의 직진’이라는 용어를 어려워 할 수 있어 검사지 문항에서 ‘빛의 직진’이 빛이 곧게 나아가는 성질을 설명해 주었다.

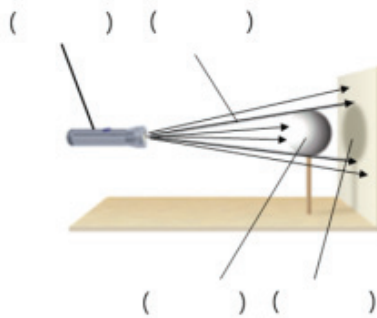


Figure 2. Question for interpreting

그림의 각 부분의 명칭을 괄호 안에 직접 쓰도록 한 결과 대다수의 학생들이 제시된 시각적 표상의 요소를 모두 올바르게 명명하였다. 화살표는 대개 ‘빛’, ‘빛의 진행’, ‘빛이 나아가는 방향’ 등으로 올바르게 명명하였다. 이 문항에서는 극히 일부 학생들(4.0%)만 잘못된 명칭을 기입했는데 주로 광원(손전등)을 ‘광채’나 ‘태양’ 등으로 잘못 표현하거나 그림자를 ‘상’이라고 표현한 것이었다. 즉 학생들은 주어진 시각적 표상(Fig. 1)의 각 부분이 무엇을 나타내는지 잘 알고 있었다.

그러나 이 그림을 직진 개념을 활용하여 해석하도록 한 문항에서는 ‘직진’이라는 표현을 아예 사용하지 못하거나(32.2%), 그림자와 빛의

직진을 연관 짓지 못하는 경우(17.7%)가 많았다. 다음은 몇몇 학생의 응답 예시이다. 괄호 안의 표기는 응답자를 구분한 것이다. 예를 들어 5A-1은 5학년 A학급 1번 학생을 의미한다.

- 손전등으로 물체를 비추면 그림자가 생긴다. (5B-4)
- 빛이 굴절되어 빛이 안 오는 곳에 그림자가 생긴다. (6C-15)
- 빛은 파도 모양이나 곡선으로 나아가지 않고 곧게 뻗어 나가는 것이다. (5A-13)
- 빛이 곧게 나아가면서 물체는 통과하지 못하고 빛이 나아가는 곳만 스크린에 닿아 나아가지 못한 곳에 그림자가 생긴다. (6A-20)
- 빛이 나아가다가 물체로 인해 더 이상 나아가지 못할 때 생긴다. 빛이 물체를 피해 나아간다면 그림자가 생기지 않을 수도 있지만 빛은 직진하기 때문에 물체로 인해 나아가지 못한다. (6A-23)

5B-4, 6C-15 학생의 경우는 아예 빛의 직진을 언급하지 않았다(0 점). 5A-13은 빛의 직진을 올바르게 설명하고 있지만 그림자 현상과 연결 짓지 못하고 있다(1점). 6A-20과 6A-23은 빛의 직진 때문에 물체의 그림자가 생긴다는 것을 올바르게 설명하고 있다(2점).

이 문항에서 약 절반 정도(49.2%)의 학생은 빛이 물체를 통과하지 못해서 그림자가 생긴다는 사실만을 서술했고 빛의 직진을 언급하거나 설명하지 못했다. 즉 빛이 직진하는 성질 때문에 물체의 뒤쪽으로 갈 수 없다는 사실은 잘 인지하지 못하였고 ‘빛의 직진은 빛이 똑바로 가는 것이다’와 같이 용어 반복 수준에서의 응답이 많았다.

나. 시각적 표상의 통합

시각적 표상의 통합 능력을 알아보기 위해 주어진 시각적 표상을 참조하여 물체의 모양이 다른 경우 빛의 진행과 그림자의 모양을 그리도록 하는 문항(표상의 전환)과 주어진 시각적 표상의 적절성을 평가하고 그 이유를 서술하는 문항(표상의 평가)을 제시했다. 먼저 그림자의 원리를 설명하는 그림(Fig. 2에서 괄호와 지시 선을 없앤 것)을 제시하고 등근 공 대신 구멍이 뚫린 종이를 놓으면 스크린에는 어떤 모습이 나타날지, 빛이 나아가는 모습과 스크린에 빛이 도달한 모습을 직접 그려보도록 했다(표상의 전환). 검사 과정에서 문항의 이해를 돕기 위해 구멍이 뚫린 종이를 직접 학생들에게 보여 주었으며 빛이 나아가는 모습과 그림자의 모양을 모두 그려야 한다는 점을 강조했다.

학생들의 그림을 분석 결과 그림자 모양을 올바르게 예상하지 못한

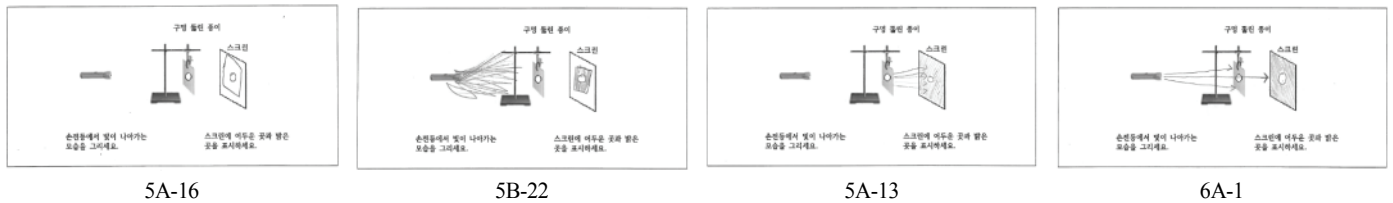


Figure 3. Transforming the given representation into a different context

학생은 10.5%로 많지 않았다. 즉 많은 학생들이 스크린의 가운데 부분이 밝고 나머지 부분이 어둡게 된다는 것을 올바르게 예상했다. 그러나 빛의 경로는 올바르게 나타내지 못한 경우가 많았다(58.1%). 이러한 경우를 좀 더 세부적으로 살펴보면 빛의 진행을 전혀 나타내지 않거나(예: 5A-16), 광원에서 사방으로 나아가는 빛만 나타내고 빛이 물체에 도달 한 이후를 그리지 않은 경우가 많았고(예: 5B-22), 드물게는 물체에서 스크린 사이에만 광선을 그린 경우도 있었다(예: 5A-13). 빛의 경로를 통해 그림자 모양을 올바르게 예상한 학생들은 30.6%였다(예: 6A-1).

다음으로 영수가 야구공 위에서 손전등을 비추었을 때 물체의 그림자가 나타나는 것을 설명하기 위해 그린 그림(Fig. 4)을 제시하고 이 그림이 적절한지, 적절하지 않은지, 그렇게 생각한 이유는 무엇인지 쓰도록 하였다(표상의 평가). 이 그림이 적절하다고 평가한 학생은 58.9%였다. 적절하지 않다고 평가했지만 그 근거를 올바르게 제시하지 못한 학생이 25.0%, 적절하지 않다고 평가하고 그 근거를 제대로 제시한 학생은 14.5%였다. 이 문항은 6개의 문항 중 평균 점수가 가장 낮아(2점 만점에 0.55점) 학생들에게 가장 어려운 문항이었던 것으로 나타났다.

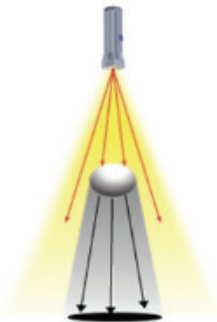


Figure 4. Question for evaluating

절반 이상의 학생(58.9%)이 영수의 그림이 적절하다고 했는데 그 이유를 살펴보면 학생들은 공에서 출발하는 화살표에 전혀 주목하고 있지 않다는 것을 알 수 있다. 그림자가 광원과 반대 방향에 있고 그림자의 모양이나 크기가 적절하게 잘 표현되었다고 생각했다. 특히 물체에 의해 빛이 막혀서 그림자가 생기는 것을 잘 표현하고 있다는 응답(예: 6C-8)이 많았다. 다음은 영수의 그림이 적절하다고 생각한 학생의 응답 예시이다.

- 위에서 손전등을 비추면 공 밑에 그림자가 나타나는 것을 잘 표현했기 때문에 (5A-14)

- 빛이 공을 통과하지 못해 그림자가 생기기 때문에 (6C-8)
- 공위에서 빛을 비추었을 때 그림자가 생기는 방향, 모양이 같기 때문이다. (6A-9)
- 손전등이 공과 가까워 그림자가 커지는 것이 맞았기 때문에 (6C-1)

영수의 그림이 적절하지 않다고 한 경우도 그 근거를 잘못 들고 있는 경우가 많았는데(25.0%) 몇몇 응답 예시를 살펴보면 다음과 같다.

- 내 생각에는 공에 빛을 비추면 공의 면적과 그림자의 면적이 같을 것이라고 생각했기 때문이다. (5B-5)
- 그림자의 크기가 작아서 적절하지 않다고 생각한다. (5B-24)
- 가로로 해야 편한데 영수는 불편하게 세로로 그렸다. (6A-2)

응답 예시에서 나타나듯 학생들은 주로 그림자의 크기나 그림의 전체 방향 등이 적절하지 않다고 생각했고, 역시 공에서 출발하는 화살표에는 주목하고 있지 않다. 전체 응답자의 14.5%만 이 화살표에 주목하여 올바른 근거를 제시하고 있었다. 다음은 주어진 표상을 올바르게 평가한 응답 예시이다.

- 빛이 통과하는 것이 아니라 물체가 빛을 가려서 그림자가 생기는 것인데 영수는 빛이 물체를 통과한다는 표시로 화살표를 그려서 적절하지 않다고 생각한다.(6B-8)
- 공이 빛을 막는 저지 검은 색깔 빛이 나오는 것이 아니기 때문에 (6C-3)

다. 시각적 표상의 구성

학생들이 직접 관찰한 현상을 그림으로 잘 나타낼 수 있는지 알아보기 위해(감각에 기초한 표상 구성) 그림자 현상을 직접 관찰하도록 했다. 연구자는 공을 스탠드에 매달고 LED 손전등으로 비추어 스크린에 그림자가 생기는 것을 보여 주었는데 공의 위치는 고정하고 손전등의 거리를 달리하며 두 군데 위치에서 비추어 그림자 크기가 변하도록 했다. 연구자는 학생들이 실험을 보면서 그림자의 크기를 주목해서 관찰하도록 안내했고, 관찰 결과를 그림으로 나타내도록 했다. 학생들의 검사지에는 ‘손전등, 물체(공), 스크린, 그림자 크기’를 표시하라고 안내했다. 학생들이 그림자 크기 이외에 그림자의 진하기나 선명도 등에 주의를 빼앗기지 않도록 그림으로 나타내야 할 요소들을 명시적으로 안내하고 그림 표현을 돕고자 했다.

학생들의 그림을 분석한 결과 광원, 물체, 그림자 중 한 두 가지 요소만 제한적으로 기술한 학생은 4.8%로 많지 않았다(0점). 그림자

크기만 표시한 경우(예: 6B-14) 등이 이에 해당된다. 약 절반인 48.8%의 학생들은 광원, 물체, 그림자를 모두 포함하여 그림을 그렸지만 이들 사이의 거리나, 위치, 배열 관계 등을 잘못 나타냈다. 손전등이 움직인 것으로 표현해야 하는데 공이 움직인 것으로 표현하거나(예: 6A-1), 그림자의 크기를 두 가지 경우로 구분하거나 비교하지 못하고 하나의 결과만 그린 경우(예: 6C-15) 등이 이에 해당된다(1점). 광원, 물체, 그림자를 모두 포함하고 이들의 배치나 크기 등을 적절하게 표현한 학생은 46.8%였다(예: 6C-17, 2점).

기타 특이 사항으로 발견된 점은 관찰 내용을 재구성하거나 생략하기 보다는 보이는 그대로 그리려는 특징이 있다는 것이다. 49.2%의 학생은 측면 그림을, 36.3%는 정면 그림을 그렸는데 측면 그림을 그리면 손전등과 공, 스크린 사이의 거리를 표현하기 용이하지만 학생들은 자신이 본 그대로 정면에서 본 모습을 그리는 경우 손전등과 공의 거리, 그림자의 크기 관계를 올바르게 비교해서 나타내지 못한 경우가 많았다. 또 실험 내용과 결과를 기록하는데 반드시 그리지 않아도 되는, 즉 생략해도 되는 스탠드를 포함하여 그린 경우, 손전등이나 스크린을 입체적으로 표현하기 위해 노력한 경우 등이 있었다. 6C-17의 경우 정면에서 본 모습이지만 손전등의 거리를 적절하게 표현하고 있다.

추론에 기초한 표상 구성 능력을 알아보기 위한 문항에서는 친구나 동생에게 그림자가 왜 생기는지 설명할 그림을 그려보도록 했다. 분석 결과 빛의 진행을 전혀 추리하지 못한 경우가 14.5%, 빛을 광선으로 나타냈으나 올바르게 나타내지 못한 경우가 48.4%, 광선의 진행을 올바르게

추리하여 나타낸 경우가 37.1%였다.

빛의 진행을 광선으로 나타내지 못한 경우(0점) 학생들의 그림을 분석해 보면 간혹 그림자가 광원과 같은 방향에 있는 것도 발견되었으나(예: 5B-22, 6B-11), 대부분 빛과 물체, 그림자를 모두 포함하고 있으며 그림자와 빛이 반대 방향에 위치하는 것은 잘 나타냈다(예: 6B-10).

광선으로 빛을 나타내고자 했으나 올바르게 나타내지 못한 경우(1점) 학생들의 그림을 분석해 보면 빛을 곡선으로 나타낸 경우, 빛이 반사해서 그림자가 생기는 것처럼 표현한 경우 등 다양했으나 빛이 광원 근처에만 머물러 있는 것처럼 표현하거나, 광원에서 사방으로 나아가는 것만 표현한 경우가 가장 많았다(예: 6B-11). 학생들이 태양 주변에 선을 그린 경우는 과연 광선의 진행을 생각해서 그린 것인지, 일반적으로 태양을 나타내는 그림을 습관적으로 그린 것인지 잘 구분되지 않는 경우도 있었다. 5B-22, 6B-10의 경우와 같이 태양 근처에 선을 표시한 것은 빛의 진행을 표현한 것이 아니라 태양을 나타내는 관습적인 표현이라고 보았으며 6B-11과 같이 길게 표현한 것은 빛의 진행을 표현한 것이라고 볼 수 있다. 5A-19는 물체에 구멍(부엉이 눈)이 있는 경우를 상세하게 표현했으며 6A-16의 경우도 빛의 진행을 여러 개의 광선으로 잘 표현하고 있다(2점).

2. 과학 지식과 시각적 표상 능력 사이의 관계

과학 지식과 시각적 표상 능력의 각 범주 사이에는 어떠한 관계가

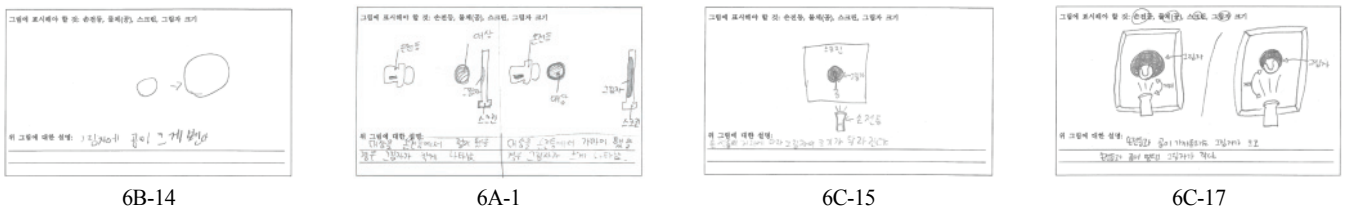


Figure 5. Drawing the features of observed phenomena

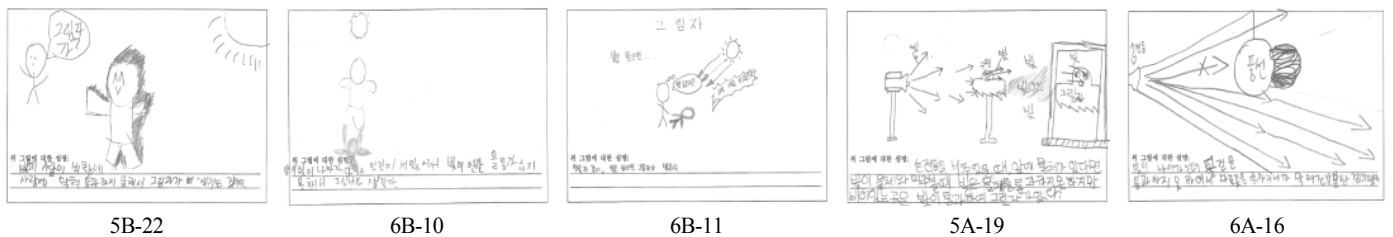


Figure 6. Drawing to present one's scientific idea

Table 4. Responses on science knowledge test items

문항	선택지	빈도	퍼센트
1. 전구를 켜면 빛은 공기 중에서 어떻게 나아가나요?	① 전구에서 곧게 똑바로 나아간다.* (정답)	90	72.6
	② 전구에서 지그재그 모양으로 나아간다.	7	5.6
	③ 전구에서 파도처럼 위아래로 출렁이며 나아간다.	5	4.0
	④ 빛은 전구 근처에 밝은 곳에 머물러 있다.	22	17.7
2. 물체에 빛을 비추면 그림자가 생기는 까닭은 무엇입니까?	① 빛을 비추면 물체에 있던 그림자가 빠져나오기 때문이다.	0	0
	② 빛이 나아가다가 물체를 만나면 물체를 피해 다른 쪽으로 가기 때문이다.	7	5.6
	③ 빛이 나아가다가 물체에 막혀 통과하지 못하기 때문이다.* (정답)	109	87.9
	④ 빛이 물체를 통과하면서 겹게 변하기 때문이다.	8	6.5

있는지 상관관계를 분석하였다.

먼저 과학 지식을 묻는 두 문항에 대한 학생들의 응답 결과는 Table 4와 같다. 빛은 똑바로 나아간다고 올바르게 답한 학생이 72.6%, 빛이 나아가다가 물체에 막혀 통과하지 못하기 때문에 그림자가 생긴다고 올바르게 답한 학생은 87.9%로 정답률이 높은 편이었다. 두 문항 모두 맞은 2점은 66.0%, 1점은 29.0%, 0점은 4.8%였다. 평균 점수는 2점 만점에 1.61(SD=0.58)이었다. 오답 중에 가장 많은 것은 ‘빛이 지구 근처에 머물러 있다’는 것이다(17.7%). 앞서 표상 구성 문항에서 빛의 진행을 추리하여 광선으로 나타내지 못한 학생이 14.5%였던 것과 유사한 비율이다.

그림자에 관련된 과학 지식과 시각적 표상 능력 점수 사이의 상관관계는 아래 Table 5와 같다. 먼저 과학 지식은 시각적 표상 능력의 모든 범주와 상관이 높지 않은 것을 알 수 있다. 구성하기 범주(3.1, 3.2)와 0.2 내외의 약한 상관관계가 있을 뿐이다. 이는 표상 능력이 텍스트에 기초한 과학 지식과 구분되는 구인임을 시사한다. 또 시각적 표상 능력의 각 범주 사이에는 0.1에서 0.4사이의 상관이 존재하여 서로 구분되는 인지 과정임을 나타내고 있다.

각 범주 사이의 상관관계를 구체적으로 살펴보면 다음과 같은 특징을 발견할 수 있다. 첫째, 시각적 표상의 명시적 정보를 해석하는 능력과 개념적 정보를 해석하는 능력 사이에는 유의한 상관이 없다. 즉 시각적 표상에 나타난 각 요소들이 무엇인지 개별적으로 아는 것이 시각적 표상 전체를 해석하는 능력과 관련이 거의 없다는 것을 알 수 있다. 둘째, 시각적 표상 평가하기 점수는 다른 범주들과 상관이 거의 없는데 이것은 표상의 평가가 다른 범주와 상당히 다른 종류의 능력일 가능성을 시사한다. 셋째, 개념적 정보를 해석하는 능력은 표상을 다른 상황에 전환하는 능력, 추론에 기초하여 표상을 구성하는 능력과 어느 정도 상관이 있었다(각각 0.39, 0.28). 이 두 범주는 다른

범주에 비해 개념적 이해와 보다 밀접하게 연관되는 범주일 가능성이 있다. 넷째, 과학적 표상을 다른 상황에 전환하여 적용할 수 있는 능력은 표상 감각·규칙·사실에 기초한 표상 구성, 추론에 의한 표상 구성 능력, 두 범주와 유의미한 상관이 있었다(각각 0.29, 0.32). 다섯째, 표상 구성하기의 두 소 범주, 즉 ‘추론에 기초하여 표상 구성하기’와 ‘감각, 규칙, 사실에 기초하여 표상 구성하기’ 사이의 상관관계는 높은 편이었다(0.39). 즉 그림자 현상을 관찰한 결과를 시각적 표상으로 잘 나타낸 학생이 그림자의 원리를 설명하는 표상 또한 올바르게 나타낼 가능성이 있다. 반대로 그림자의 원리를 그림으로 잘 설명할 수 있는 학생이 실제 실험 결과를 시각적 표상으로 잘 나타낼 가능성이 있다.

학생들의 응답 특성을 분석하는 과정에서 발견된 흥미로운 사실은 자신이 그림자의 원리를 설명하기 위해 그린 그림에서는 공이나 물체에서 출발한 광선을 그리지 않았음에도 불구하고 시각적 표상을 평가하기 위한 문항에서 영수의 그림(Fig. 4)을 적절하다고 평가한 학생이 많다는 것이다(31명, 25.0%). 아래 6A-20, 6B-5의 경우가 대표적인 예이다. 6A-20의 경우 자신이 그린 그림에서는 빛이 물체를 통과하지 못하여 그림자가 생기는 것을 잘 표현하였지만 영수의 그림은 적절하다고 평가하고 있다. 심지어 텍스트를 통해 영수의 그림은 빛이 물체를 통과하지 못한 것을 잘 나타내고 있는 그림이라고 설명하고 있다. 반대로 표상 구성 문항에서 그림자가 생기는 이유를 제대로 표현하지 못했음에도 불구하고 제시된 표상을 올바르게 평가한 경우도 있었다. 이와 같은 사례는 ‘추론에 기초하여 표상 구성하기’와 ‘표상 평가하기’ 사이에 상관이 거의 없다는 위의 분석 결과와 일치한다. 학생들은 시각적 표상을 일관된 방식으로 나타내거나 평가하지 못하였는데 이것을 고려하면 학생들의 시각적 표상 능력을 어느 하나의 인지 과정으로만 평가하는 것은 바람직하지 않다고 할 수 있다.

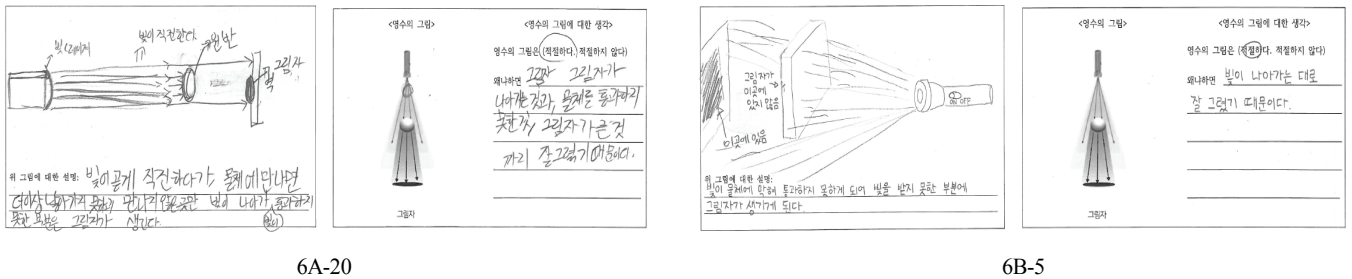


Figure 7. Examples of inconsistent reponses between construction and evaluation of visual representation for shadow

Table 5. Correlations among VRC-T cognitive processes and science knowledge on shadow

평가 문항의 범주	과학 지식	1.1 명시적 정보 해석하기	1.2 개념적 정보 해석하기	2.1. 표상 전환하기	2.2. 표상 평가하기	3.1 감각, 규칙, 사실에 기초하여 표상 구성하기	3.2 추론에 기초하여 표상 구성하기
과학지식	1	-.137	.177	.063	.082	.194(*)	.222(*)
1.1 명시적 정보 해석하기		1	-.007	-.066	-.070	-.063	-.173
1.2 개념적 정보 해석하기			1	.387(**)	-.065	.175	.283(**)
2.1. 표상 전환하기				1	.121	.288(**)	.317(**)
2.2. 표상 평가하기					1	.038	-.095
3.1 감각, 규칙, 사실에 기초하여 표상 구성하기						1	.390(**)
3.2 추론에 기초하여 표상 구성하기							1

* 0.05 수준(양쪽)에서 유의함
 ** 0.01 수준(양쪽)에서 유의함

3. 시각적 표상 능력 인지 과정 범주 간 위계

서열화 이론에서는 문항 점수 사이의 상관관계나 분산 등이 사용되지 않고 단지 응답 빈도만이 사용되며 그 형태는 ‘1’ 또는 ‘0’ (맞고 틀림)과 같은 2분 형태의 응답 모형이 사용된다(Lim, 1992). 본 연구에서는 각 범주에 대해 0점에서 2점 사이의 점수를 부여하였으므로 만점인 2점을 1점으로, 0점과 1점은 0점으로 환산하여 위계 분석을 실시할 수 있다. 또한 본 연구에서 연구 대상은 총 124명(N=124)이며 허용 오차를 0.10으로 하면 Fig. 1에서 N3값은 12.4이다. 이 값을 기준으로 인지 과정 사이의 위계 관계를 살펴볼 수 있다. 즉 N3 값이 12.4보다 작으면 위계관계가 있다고 할 수 있다. 아래 Table 6에 의하면 ‘해석하기’의 두 소범주 사이에, ‘통합하기’의 두 소범주 사이에

위계 관계가 성립하는 것을 알 수 있다. ‘구성하기’의 경우 허용오차 12.4에 비해서는 큰 값인 16이 나타나고 있으나 허용 오차를 0.13 정도로 하면 위계 관계로 볼 수 있는 값이다. 결과적으로 VRC-T의 각 대범주 내 소범주 사이에는 위계 관계가 있다고 볼 수 있다.

다음으로 6개 문항 전체의 위계 관계를 탐색하기 위해 응답 행렬표를 구성하였다. 응답 행렬표는 두 문항의 쌍에 대해 하나는 맞고 하나는 틀린 학생의 비율을 백분율로 나타낸 것이다. 아래 Table 7은 세로 열의 문항은 틀리고 가로행의 문항은 맞은 학생의 백분율을 나타낸다. 인정 비율을 0.10으로 정하면 행렬표에서 10%이하의 숫자가 있는 것은 위계 관계를 인정하게 된다. 예를 들면 Table 7에서 문항 1.1을 틀리고 문항1.2를 맞은 학생은 2.4%여서 두 문항 사이에는 위계 관계가 있다고 볼 수 있다. 즉 1.1 문항이 1.2 문항의 하위 기능 문항이다.

Table 6. Dichotomous binary response pattern

1. 시각적 표상 해석하기			2. 시각적 표상 통합하기			3. 시각적 표상 구성하기		
1.1 명시적 정보 해석하기	1.2 개념적 정보 해석하기	학생 수	2.1 표상 전환하기	2.2. 표상 평가하기	학생 수	3.1 감각, 규칙, 사실에 기초하여 표상 구성하기	3.2 추론에 기초하여 표상 구성하기	학생 수
○	○	58	○	○	8	○	○	30
○	×	60	○	×	30	○	×	28
×	○	3	×	○	9	×	○	16
×	×	2	×	×	74	×	×	50

Table 7. Response matrix table

	1.1 명시적 정보 해석하기	1.2 개념적 정보 해석하기	2.1 표상 전환하기	2.2. 표상 평가하기	3.1 감각, 규칙, 사실에 기초하여 표상 구성하기	3.2 추론에 기초하여 표상 구성하기
1.1 명시적 정보 해석하기	-	2.4*	1.6	1.6	2.4	3.2
1.2 개념적 정보 해석하기	48.8	-	6.6	6.6	19.5	11.4
2.1 표상 전환하기	66.7	25.4	-	7.4	30.1	22.0
2.2. 표상 평가하기	82.8	42.1	24.8	-	39.3	30.3
3.1 감각, 규칙, 사실에 기초하여 표상 구성하기	51.6	21.0	14.6	7.4	-	12.9
3.2 추론에 기초하여 표상 구성하기	62.1	23.6	15.4	8.2	22.6	-

* 문항1.1은 틀리고 문항1.2를 맞은 학생의 백분율

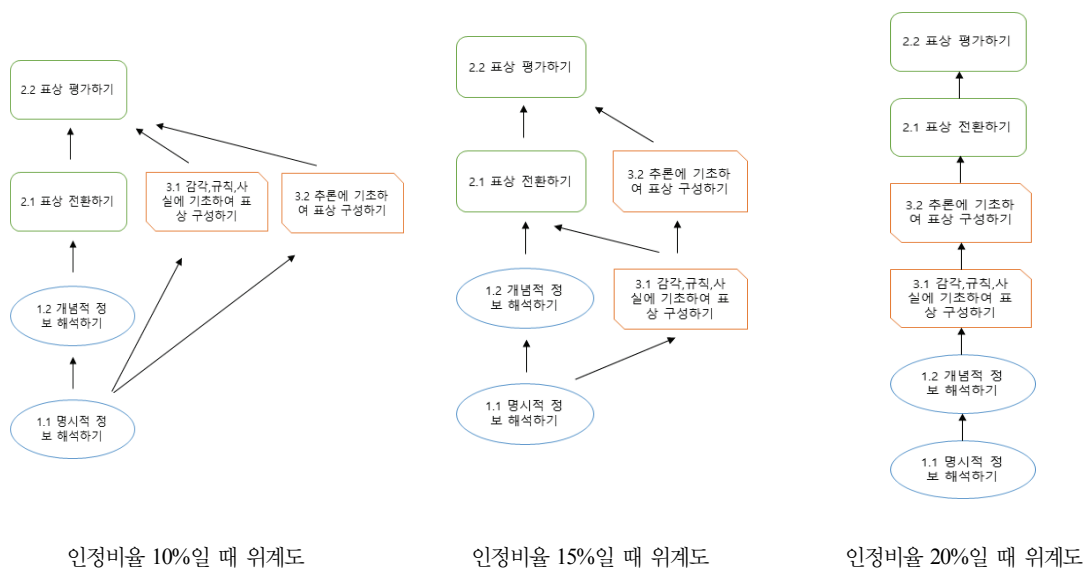


Figure 8. Hierarchy diagram of VRC-T cognitive processes

문항 2.1을 틀리고 1.2를 맞은 학생은 25.4%여서 두 문항 사이에는 위계 관계가 성립하지 않는다. 이와 같은 방식으로 인정 비율을 10%, 15%, 20%로 하여 6문항의 위계 관계를 도식으로 나타내면 Fig. 8과 같다.

인정 비율을 10%로 하면 ‘표상 구성하기’ 내의 소 범주 사이에는 위계가 발견되지 않지만 15%로 하면 이들 사이에도 위계가 발견된다. 그리고 20%로 느슨하게 하는 경우 6개 인지과정 사이에는 일직선의 위계 관계가 발견된다.

이러한 위계 관계는 학생의 시각적 표상 능력을 증진시키고자 할 때 도움이 될 수 있으며 VRC-T가 교육목표 분류체계로 유용하게 사용될 수 있음을 보여준다. 시각적 표상의 명시적 정보 해석은 개념적 정보 해석의 선수 활동이 되어야 하며 다른 표상 활동의 가장 기본이 된다. 마찬가지로 감각에 기초한 표상 구성은 추론에 기초한 표상 구성의 선수 활동이 되어야 한다. 표상을 전환하거나 표상을 평가하는 활동은 가장 어려운 활동으로 충분한 시간이 주어져야 하고 교사의 효과적인 안내가 이루어져야 할 것이다. 이와 같은 위계 구조는 과학 주제에 따라 다소 다르게 나타날 가능성이 있지만 대체로 표상 해석하기는 표상 구성하거나 통합하기에 비해 쉬울 것으로 예상된다. 본 연구에서 다른 그림자 현상의 경우 그림자가 생기는 원리를 잘 나타낸 학생이라도 제시된 시각적 표상을 올바르게 평가하지 못한 경우가 많았는데 이는 인지 과정의 위계 구조에서 ‘표상의 평가’가 ‘표상의 구성’에 비해 상위의 인지과정이기 때문이라고 해석할 수 있다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 이전 연구에서 개발, 제안된 VRC-T에 기초하여 그림자 현상에 대한 초등학생의 시각적 표상 능력을 조사하고 분석하였다. ‘해석하기’, ‘통합하기’, ‘구성하기’의 대범주로 나누어 보면 대체적으로 ‘해석하기’가 가장 점수가 높고, 다음이 ‘구성하기’, ‘통합하기’의 순으로 나타났다.

‘시각적 표상 해석하기’ 문항에서 대다수의 학생들은 그림자의 원리를 설명하고 있는 시각적 표상의 요소들을 모두 올바르게 명명하였지만(명시적 정보 해석) 제시된 그림을 직진 개념을 활용하여 해석하도록 한 문항(개념적 정보 해석)에서는 절반 정도의 학생들이 ‘직진’이라는 표현을 아예 사용하지 못하거나, 그림자와 빛의 직진을 관련시키지 못하였다.

‘시각적 표상 통합하기’ 문항에서는 둥근 공 대신 구멍이 뚫린 종이를 놓은 경우 그림자의 모양과 빛의 진행을 예상하도록 하였는데(표상의 전환), 그림자의 모양은 올바르게 예상했지만 빛의 경로는 표현하지 않거나 올바르게 나타내지 못한 경우가 많았다. 그림자의 모양과 빛의 경로를 모두 올바르게 예상한 학생 수는 3분의 1정도였다. 또 그림자의 원리를 설명한 그림을 평가하도록 한 문항(표상의 평가)은 가장 어려운 문항으로 제시된 표상을 올바르게 평가하고 그 근거를 올바르게 제시한 경우는 전체 학생의 15%미만에 불과했다.

‘시각적 표상 구성하기’ 문항에서는 학생들이 직접 그림자 현상을 직접 관찰하고 기록하도록 했는데(감각에 기초한 표상 구성), 약 절반의 학생들이 광원, 물체, 그림자 사이의 거리나, 위치, 배열 관계 등을 잘못 나타냈다. 또 그림자가 왜 생기는지 설명할 그림을 그려보도록

했을 때(추론에 기초한 표상 구성) 빛의 진행을 전혀 표현하지 못하거나 올바르게 나타내지 못한 경우도 절반 이상이었다.

학생들이 정규 교육과정에서 그림자 단원을 학습한 이후임에도 불구하고 그림자 현상과 관련된 시각적 표상 능력은 많이 부족하다는 것을 알 수 있고 이것은 수업 중 시각적 표상이 많이 활용되지 않았음을 간접적으로 시사한다. 본 연구에서 나타난 다양한 사례는 초등과학의 그림자 단원 교수 학습 과정에서 어떠한 시각적 표상 능력들이 더 강조되어야 할지에 대해 구체적인 시사점을 준다. 예를 들면 관찰한 그림자 현상을 그림으로 나타낼 때 광원, 물체, 스크린의 배열과 거리를 유의해서 나타내도록 해야 하며, 그림자의 원리를 설명할 때는 광선이 광원 부근에만 머물거나 물체까지만 도달하는 것으로 나타낸 경우가 많으므로 광선의 진행을 좀 더 연장해서 나타내 보도록 하는 것이 필요하다. 또 그림자 현상을 빛의 직진 개념으로 이해하기 위해서는 빛이 나아가는 것을 왜 곡선이 아닌 직선으로 나타내는 지 이해하도록 해야 하며 그림자가 물체로부터 밀려나가는 것과 같은 올바르게 않은 표상을 평가해 보는 것도 필요하다.

위와 같은 표상 능력이 과학 지식과 어느 정도의 상관관계를 가지고 있는지 분석한 결과 과학 지식은 시각적 표상 능력의 모든 범주와 상관이 높지 않았다(최대 0.2). 이것은 텍스트 기반의 과학 지식과 시각적 표상 능력이 서로 다른 구인임을 나타내며 과학 수업에서 시각적 표상을 좀 더 강조하여 다루어야 할 필요성을 나타낸다. 또 시각적 표상 능력의 각 범주 간에는 0.1에서 0.4사이의 상관이 존재했으며 대부분 상관이 높지 않았다. VRC-T 각 범주의 상관관계가 낮은 것은 각 범주가 중첩되지 않고 별도의 세부 능력을 측정하는 것임을 의미한다. 따라서 이 역시 VRC-T 범주 구성이 어느 정도 타당하게 이루어졌음을 보여준다. 언어나 텍스트에 기초한 명제적 과학 지식과 시각적 표상 능력 사이의 관계는 소수 학생을 대상으로 한 심층적 연구를 통해 좀 더 미시적으로 분석할 필요가 있다.

마지막으로 서열화 이론에 따라 그림자 현상에 대한 시각적 표상 능력의 인지 과정별 위계 관계를 탐색한 결과 ‘해석하기’, ‘통합하기’, ‘구성하기’ 각 범주의 2개 세부 인지과정 사이에 위계가 발견되었고 인정비율을 다소 느슨하게 하는 경우(20%) 6개 세부 인지과정 사이에 일직선의 위계 관계가 발견되었다. 이러한 분석 결과는 이전 연구에서 VRC-T의 인지 과정 범주가 타당하게 설정되었음을 시사하며 이후 시각적 표상 능력 조사 도구나 평가 도구를 만들 때, 혹은 시각적 표상 능력을 지도하고자 할 때 VRC-T 활용의 근거가 될 수 있다.

본 연구에서는 VRC-T를 활용하여 그림자 현상과 관련된 초등학생의 시각적 표상 능력을 조사하고 분석하였으나 실제 초등교사에게 VRC-T가 유용하게 활용될 수 있는지, 과학 수업을 계획하거나 분석하는 데에도 VRC-T가 유용하게 활용될 수 있는지 탐색하는 연구가 필요하다. 물론 교사들이 VRC-T를 유용하게 활용하기 위해서는 별도의 교사 안내 자료 개발이 필요할 수 있으며, 현장 연구를 통해 VRC-T 활용 사례들이 축적되면 과학교육 개선에 실제적인 도움이 될 수 있을 것이다.

국문요약

본 연구와 관련된 선행 연구에서는 과학 교수 학습 과정에서 효과적인 시각적 표상 활용과 연구를 촉진하기 위한 목적으로 2개 차원으로

구성된 시각적 표상 능력의 교육목표 분류체계(visual representation competence taxonomy: VRC-T)가 개발되었다. 본 연구에서는 이러한 VRC-T에 기초하여 그림자 현상에 대한 초등학교 학생의 시각적 표상 능력을 조사하고 그림자에 대한 과학 지식과 표상 능력 사이의 관계 및 VRC-T 인지 과정의 위계 관계를 탐색하고자 하였다.

연구 결과 그림자 현상에 대한 초등학교 학생의 시각적 표상 능력을 ‘해석하기’, ‘통합하기’, ‘구성하기’의 대범주로 나누어 보면 대체적으로 ‘해석하기’가 가장 점수가 높고, 다음이 ‘구성하기’, ‘통합하기’의 순으로 나타났다. 또 학생들이 정규 교육과정에서 그림자 관련 단원을 학습한 이후임에도 불구하고 시각적 표상 능력은 높지 않은 것으로 나타났다. 한편 텍스트 기반의 과학 지식은 시각적 표상 능력의 모든 범주와 상관성이 높지 않았다. 이것은 텍스트 형식의 과학 지식을 가지고 있더라도 시각적 표상 능력은 갖추어져 있지 않을 가능성이 크다는 것과 과학 수업에서 시각적 표상을 좀 더 강조하여 다루어야 할 필요성을 나타낸다. 마지막으로 서열화 이론에 따라 그림자 현상에 대한 시각적 표상 능력의 인지 과정 위계 관계를 탐색한 결과, 인정비율을 다소 느슨하게 하는 경우 6개 인지 과정 사이에 일직선의 위계 관계가 발견되었다. 이것은 평가 도구나 과제, 시각적 표상 능력을 지도하는 수업 활동을 계획할 때 VRC-T가 유용하게 활용될 수 있는 분석틀임을 시사한다.

주제어 : 그림자, 시각적 표상 능력, 분류체계, 초등학교

References

- Bae, K. A. (2005). Study of the elementary school students' conceptual change on the light through the cognitive conflict instruction. Master's Thesis, Seoul National University of Education.
- Carolan, J., Prain, V., & Waldrup, B. (2008). Using representations for teaching and learning in science. *Teaching Science*, 54(1), 18-23.
- Chi, M. T., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5(2), 121-152.
- Daniel, K. L., Bucklin, C. J., Leone, E. A., & Idema, J. (2018). Towards a Definition of Representational Competence. In *Towards a Framework for Representational Competence in Science Education* (pp. 3-11). Springer, Cham.
- Elkins, J., McGuire, K., Burns, M., Chester, A., & Kuennen, J. (2012). *Theorizing visual studies: writing through the discipline*. New York, NY: Routledge.
- Feher, E., & Rice, K. (1988). Shadows and anti-images: Children's conceptions of light and vision. II. *Science Education*, 72(5), 637-649.
- Felten, P. (2008). Visual literacy. *Change: The magazine of higher learning*, 40(6), 60-64.
- Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In *Visualization in science education* (pp. 9-27). Springer, Dordrecht.
- Hutchins, E. (1995). How a cockpit remembers its speeds. *Cognitive science*, 19(3), 265-288.
- Kozma, R. B., & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of research in science teaching*, 34(9), 949-968.
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualizations in Science Education* (pp. 121-146). Springer, Dordrecht.
- Lemke, J. (2004). The literacies of science. In E. W. Saul (Ed.), *Crossing borders in literacy and science instruction: Perspectives on theory and practice* (pp. 33-47). Newark: International Reading Association/National Science Teachers Association
- Lim, C. H. (1992). Methods and procedures of ordering theory and hierarchical analysis of science process skills using ordering theory. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 12(3), 91-107.
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and instruction*, 13(2), 125-139.
- McKenzie, D. L., & Padilla, M. J. (1986). The construction and validation of the test of graphing in science (TOGS). *Journal of Research in Science Teaching*, 23(7), 571-579.
- Ministry of Education. (2015). 2015 revised curriculum: Science. Seoul: Ministry of Education.
- Nitz, S., & Tippett, C. D. (2012). Measuring representational competence in science. In E. de Vries & K. Scheiter (Eds.), *Proceedings of EARLI SIG 2 Meeting, Staging knowledge and experience: How to take an advantage of representational technologies in education and training?* (pp. 163-165), Grenoble, France.
- Nitz, S., Ainsworth, S., Nerdel, C., & Precht, H. (2014). Do student perceptions of teaching predict the development of representational competence and biological knowledge? *Learning & Instruction*, 31, 13-22.
- Oh, P. S. (2017). An interpretation of modeling-based elementary science lessons from a perspective of distributed cognition. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 36(1), 16-30.
- Paivio, A. (1991). Dual coding theory: Retrospect and current status. *Canadian journal of psychology*, 45(3), 255-287.
- Pande, P., & Chandrasekharan, S. (2017). Representational competence: Towards a distributed and embodied cognition account. *Studies in Science Education*, 53(1), 1-43.
- Park, S-T., Byun, D-W., Lee, H-B., Kim, J-T., & Yuk, K-C. (2005). A look at the physics concept hierarchy of pre-service physics teacher through the knowledge state analysis method. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 25(7), 746-753.
- Park, S-Y., Park, J-H., & Back, N-G. (2014). An investigation on the conception of the light and shadow for the elementary students. *The Journal of Korea Elementary Education*, 25(3), 111-126.
- Pauwels, L. (2006). *Visual cultures of science. Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication*. Hanover, NH.
- Pea, R. D. (1993). Practices of distributed intelligence and designs for education. In G. Salomon (Ed.), *Distributed cognitions: Psychological and Educational Considerations* (pp. 47-87). New York, NY: Cambridge University Press.
- Peirce, C. (1931). Logic as semiotic: The theory of signs. In Buchler Justus (Ed.), *Philosophical writings of Peirce (1893-1910)* (pp. 98-119). New York: Dover. Reprint 1955.
- Scheid, T., Mueller, A., Hettmannsperger, R., & Schnotz, W. (2013) Fostering the understanding of scientific experiments and phenomena through representational analysis tasks. *The Proceedings of 2013 European Science Education Research Association*, edited by C. P. Constantinou, N. Papadouris and A. Hadjigeorgiou (Nicosia, 2013). pp. 102-108.
- Yoon, H-G. (2018). Development and validation of visual representation competence taxonomy. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(2), 161-170.

저자 정보

윤혜경(춘천교육대학교 교수)