

광학분야에서 학생 개념의 상황 의존성: 시각과 거울상을 중심으로

권경필* · 방소윤 · 이성목 · 이경호

서울대학교

Context-dependency of Students' Conceptions in Optics: Focused on Vision & Mirror Image

Kwon, Gyeong Pil* · Bang, So Yoon · Lee, Sung Muk · Lee, Gyoung Ho

Seoul National University

Abstract: This study investigated 7th grade students' context dependency on explanations about propagating path of light in three different contextual problems: observation of an object, observation of an object's image in a mirror, and observation of one's own face reflection in a mirror. Researchers examined student response in each context through interviews. The students were classified into four groups according to their explanations for the three different contexts. Each group was redivided into two or three subgroups in accordance with their conceptual features. After that, researchers investigated the characteristics of each subgroup. Main findings of the study indicated that (1) group 1 students' conceptions differed in each context; (2) group 2 students showed scientific conceptions in C1 context but in C2 context they showed visual ray conceptions or image misconceptions; (3) group 3 students did not show scientific conceptions in C3 context by strong misconceptions about one's own face reflection in the mirror. Also, this paper discussed the educational implications of the results.

Key words: propagating path of light, vision, mirror image, context-dependency, students' conception

1. 서 론

1980년대 이후부터 시작된 상황관련 연구는 기존의 선개념 연구에서 간과해 온 개념과 상황사이의 유기적 관계에 대한 이해에서 시작되었으며(Printrich *et al.*, 1993; Duit, 1999; 박종원, 2002) 이는 몇 가지 연구결과에서 살펴볼 수 있다. 상이한 과제상황에 따른 일관된 개념적용 정도를 알아보는 Clough와 Driver (1986)의 연구에서 학생들은 개인 및 집단적 수준에서 과제상황에 따라 상당한 차이를 보였으며, 대안적 개념의 사용이 과학적 개념에 비해 덜 일관적으로 사용하고 있음이 나타났다. 또한 Song과 Black(1991)은 과제상황에 따른 과학탐구기능 수행에 대한 연구에서 일상적 상황에선 해석기능에 대한 성취가, 과학적 상황에선 적용기능에 대한 성취가 더 높았음을 보고하고 있다. 이와 같은 학생들의 상황-의존적 개념적용

사례는 광학관련 선개념 연구에서도 찾아 볼 수 있다.

Guesne(1985)은 13-14세 학생들을 대상으로 거울과 물체에서 빛의 반사에 대한 개념을 조사하였다. 학생들 대부분은 거울과 흰 종이에 대한 비교에선 거울은 빛을 반사하지만 흰 종이에선 반사되지 않고 머물러있다고 답하였다. 하지만 흰색 벽과 검은색 벽의 비교에선 30%의 학생들이 흰색 벽이 빛을 반사해서 물체를 비출 것이라는 반응을 보였다. 또한 Goldberg와 McDermott(1986)는 관찰자의 위치에 따라 거울상의 위치가 변한다고 답한 학생들을 대상으로 빛의 이동 경로를 그려보게 하였다. 이 과정에서 경험에 강하게 의존하는 학생들은 자신의 예상과 맞도록 반사의 법칙을 왜곡해서 경로를 그리거나 올바른 이동경로를 그린 후에도 자신의 생각을 바꾸지 않았다. 15-16세의 인도 학생들 200명을 대상으로 한 Mohapatra (1988)의 연구에서도 평면거울에 적용되는 반사의 법

*교신저자: 권경필(k210333@hanmail.net)

**2005.11.02(접수) 2006.02.15(1심통과) 2006.04.08(2심통과) 2006.04.17(최종통과3)

***이 논문은 2005년 교육인적자원부의 재원으로 서울대학교 교육융합연구원 과학교육연구소의 지원을 받아 수행된 연구임

칙이 구면거울에서는 적용되지 않는다고 생각하는 학생이 45%나 되었다고 보고하고 있다. 이처럼 학생들은 일상생활상황과 같은 새로운 상황에 과학학습 상황에서 배운 개념을 의미 있게 연결시키지 못하는 상황-의존적 과학개념을 가지고 있다(Clough & Driver, 1986; Linder, 1993; 이명제, 1996; 송진웅, 1997).

이와 같은 상황-의존적 개념에 대한 처치로 다음과 같은 세 가지 방법이 제시되고 있다(Branford *et al.*, 2000). 첫째, 학생들에게 한 가지 특별한 경우에 대해서 풀게 하고, 비슷한 경우의 문제들을 부가적으로 풀게 한다. 둘째, 학생들을 특정한 상황 속에서 학습하게 하고 “만약 문제에서 이 부분이 바뀐다면? 또는 저 부분을 바꾼다면?”과 같은 질문을 통해 이해를 증진시킨다. 셋째, 특별한 경우를 일반화시켜 유사한 문제들 전반에 적용할 수 있는 답안을 만들어 한 가지 개념을 다른 여러 상황에 적용해 봄으로써 개념에 대한 이해를 증진시킨다. 즉, 학생들에게 각 개념이 적용되는 여러 다양한 상황을 제시하고 각 상황에 적용해 보게 함으로써 개념의 상황의존성을 극복할 수 있다는 것이다. 이러한 맥락에서 7학년 “빛” 단원은 상황의존성을 극복할 수 있는 많은 요소들을 포함하고 있다. 즉, 광학현상을 이해하는데 기본이 되는 개념들을 세 주제로 나누어 구성하였으며(빛의 인식, 빛의 반사와 굴절, 빛의 분산과 합성), 일상생활맥락에서의 교수-학습을 강조하는 7차 교육과정의 취지에 따라 많은 다양한 일상생활 관련 사진자료들을 제공하고 있다(교육부,1997). 그러나 반면 아쉬운 점은 현상에 대한 학습요소들은 풍부하게 제시되고 있지만 그 현상을 이해할 수 있는 원리에 대한 설명은 충분치 못하다는 것이다. 즉, 반사, 굴절현상은 물론 기하광학 전반을 이해하는데 있어 필수적이라고 할 수 있는 물체에서의 빛의 난반사, 빛의 이동경로, 눈의 수동적 기능(Ronen & Eylon, 1993; Andersson & Bach, 2004)에 대한 자세한 설명은 교과서에서 찾아보기는 어렵다. 이는 현상의 관찰만을 주로 강조하는 교육과정의 제한에 의해 그 설명이 구체화되지 못하는데 기인한다. 그러나 충분한 설명 없이 현상만 학습하게 하는 것은 자칫 오개념을 유발하고 학습에 더 큰 어려움을 초래할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 9종의 교과서에 공통적으로 제시된 세 가지 상황 즉, 물체를 보는 상황, 거울에 비친 물체를 보는 상황, 거울에 비친 자신의 얼굴을 보는 상황에서 학생개념의 상황의존성을 조사하고 이를 통하여 학생의 어려움을 확인하고 그 해소방안에 대해서 알아보았다.

II. 연구방법

1. 연구대상

이 연구는 연구자 중 1명이 소속된 학교 1학년 1개 반을 대상으로 하였다. 총 학급 인원은 28명이었고, 이들의 성적은 평균 수준이었다. 이 학생들은 설문지를 투입하기 전 이미 빛 단원에 대한 학습을 모두 마친 상태였다. 설문이 끝난 후 일주일 정도의 시간을 두고 개별 면담을 실시하였다. 면담은 설문지를 바탕으로 응답에 대한 구체적인 설명과 이유 등을 알아보고자 했으며, 한 학생당 면담시간은 10분~20분이 소요되었으며 필요에 따라 더 많은 면담시간을 필요로 하는 경우도 있었다. 모든 대화는 녹음기로 녹취하여 분석하였다.

2. 면담내용

이 연구에서는 물체를 관찰하는 세 가지의 서로 다른 상황을 제시하고 각 상황변화에 따른 빛의 이동경로에 대한 학생들의 개념을 면담을 통해 조사하였다. 세 가지 상황은 9종의 교과서에 공통적으로 제시된 물체를 보는 상황(C1), 거울에 비친 물체를 보는 상황(C2), 거울에 비친 자신의 얼굴을 보는 상황(C3)으로 선정하였다. 다음은 학생들에게 제시된 세 가지 상황이다. 각 상황을 다음과 같이 정의하였다(Fig. 1 참조).

- C1: 물체를 직접 눈으로 관찰하는 상황
- C2: 평면거울에 비친 물체의 상을 관찰하는 상황
- C3: 평면거울에 비친 자신의 얼굴을 관찰하는 상황

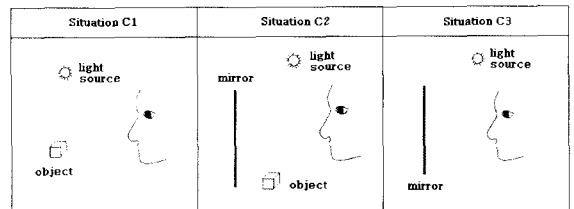


Fig. 1 Situations presented to students

면담 내용은 1차 설문조사를 거친 후, 설문지를 바탕으로 2회에 걸친 예비 면담 과정을 통해서 선정 및 수정, 보완하여 구성하였다. 면담과정에서 학생들은 자유롭게 거울로 물체의 상을 관찰하거나 자신의 얼굴을 관찰 할 수 있게 했으며, 학생들의 응답을 들은 후 그림으로 그리게 하였다.

3. 분석방법

학생들의 면담내용과 학생들이 그린 그림을 바탕으

로 세 가지 상황(C1, C2, C3)에 대해서 옳게 설명한 학생과 그렇지 못한 학생들을 분류하였다. 그 분류를 바탕으로 학생들을 네 그룹으로 나눌 수 있었으며, 각 그룹별로 상황에 대한 개념특성을 조사하여 다시 분류하였다. 세 가지 상황에 대해서 모두 설명하지 못한 Group 1의 학생들은 C1 상황에 대한 응답을 바탕으로 분류하였다. C1상황은 옳게 설명했지만 C2상황을 설명하지 못한 학생들의(Group 2) 개념특성은 C2상황에 대한 설명을 바탕으로 분류했으며, C1, C2상황은 모두 옳게 설명했지만 C3상황을 설명하지 못한 학생들은(Group 3) C2상황과 C3상황에 대한 학생의 설명을 이용해서 인지 갈등을 시켰을 때 나타내는 개념 특성으로 분류하였다. 세 경우 모두 옳게 설명한 학생들은(Group 4) 분류하지 않았다(Table 1 참조). 본 연구는 면담에 참여한 28명의 학생 중 예비검사에 참여한 학생 6명과 의사표현력이 매우 부족한 학생 2명을 제외한 20명의 학생을 대상으로 분석하였다.

III. 결과

세 가지 상황에서 나타난 학생들의 빛의 이동경로

에 대한 개념 분류는 Table 1과 같다. 면담한 전체 학생들 중 10%(2명)만이 모든 상황에 대해서 과학적 개념을 일관되게 적용하고 있었다. 대부분의 학생들은 세 가지 상황 중 거울에 비친 자신의 얼굴을 보는 상황(C3)을 가장 어려워했으며 얼굴이 보이는 과정을 광원에서 온 빛이 거울에 반사되어 얼굴이 보인다고 설명하고 있었다.

Table 1에서 C1(0)은 C1 상황에서 빛의 이동경로를 옳게 설명한 것을 나타내며, C1(x)는 설명하지 못했거나 틀린 설명을 한 경우를 나타낸다. 위의 표에서 흥미로운 사실은 (C1(x), C2(0), C3(x))그룹이나 (C1(0), C2(x), C3(0))와 같은 그룹은 없다는 사실이다. 즉, C2 상황을 잘 설명한 학생들은 모두 C1 상황을 바르게 설명하고 있었으며, C1 상황과 C3 상황은 잘 설명하면서 C2 상황을 설명하지 못하는 학생은 하나도 없었다. 다음은 각 그룹별로 학생들이 나타내는 특징을 분석한 것이다.

1. Group 1: 세 가지 경우 모두를 설명하지 못한 학생

이 그룹에 속하는 학생들은 물체가 빛을 반사한다

Table 1
Classification of students' conception about propagating path of light

Comparison of students' conception	Students' conception in the context C1		Number of Students
Group 1 C1(x), C2(x), C3(x)	sea of light	Light in the space helps to see	n=4(20%)
	visual rays	When we see object, something goes from eye to the object	n=1 (5%)
	collision	When we see object, lights from eye and object meet together	n=1 (5%)
Comparison of students' conception	Students' conception in the context C2		Number of Students
Group 2 C1(0), C2(x), C3(x)	recognition of visual rays	recognition of visual rays in the context C2	n=3(15%)
	image misconception	confused mirror image with real object	n=4(20%)
Comparison of students' conception	Characteristics of students' conception on the cognitive conflict		Number of Students
Group 3 C1(0), C2(0), C3(x)	uncertainty	Cognitive conflict between C2 and C3 makes scientific conception give up	n=3(15%)
	image misconception	confusing between mirror image and real object	n=1 (5%)
	face - centered	recognize their whole face as image receptor	n=1 (5%)
Group 4 C1(0), C2(0), C3(0)	***		n=2(10%)

Table 2
Context-dependency of Group 1 students

	C1	C2	C3	Number of Students
G1	sea of light	sea of light sea of light+visual rays	image misconception	n=4(20%)
	visual rays	visual rays	image misconception	n=1 (5%)
	collision	visual rays	collision	n=1 (5%)

는 사실을 인식하지 못하고 있었으며, 빛이 눈으로 들어와서 우리가 사물을 볼 수 있다는 눈의 수동적 기능에 대한 개념이 아직 형성되어 있지 않았다. 또한 거울은 빛이나 시선을 반사해서 사물을 보이게 한다는 막연한 믿음만 가지고 있었다. 이 그룹의 학생들은 C1 상황을 빛의 바다 개념(Guesen, 1985), 시선개념(visual rays), 충돌 개념(collision)으로 설명하였다. C2, C3의 상황변화에 따른 학생개념의 변화는 Table 2와 같았다.

1) 빛의 바다개념(sea of light)

빛의 바다 개념을 가지고 있는 학생은 4명(남학생)이었으며, 이 학생들은 물체를 볼 때 빛이 어떤 역할을 할 것이라는 생각을 가지고 있었지만 설명하지는 못했다. 또한 빛을 마치 전체에 퍼져 있는 바다처럼 생각할 뿐 빛의 반사나 이동에 대한 설명을 하지 못했다.

- I: 우리는 어떻게 이런 물체들을 볼 수 있는 걸까?
- S1: 빛 때문예요.
- S2: 눈이... 빛이 있어야 할 것 같은데...
- S3: 밤에도 물체를 볼 수 있잖아요. 그러니까 눈만 있으면 볼 수 있어요...
밤에 빛이 없어도 보이지 않아요? ...아니야! 가로등 같은 게 있는데...
그러면 빛에 의해 물체를 보는 거 아니예요..... 잘 모르겠어요.
- S4: 빛이 있기 때문에 물체를 볼 수 있어요.
(물체와 빛 사이에 아무런 작용이 없어도) 물체 주변에 빛만 있으면 물체가 보여요.

4명의 학생 중 2명은 C2 상황에서 빛의 바다개념을 계속 유지했지만, 다른 두 학생은 빛의 바다개념과 시선개념을 동시에 사용해서 상황을 설명하려 했다 (Fig. 2 S3, S4 참조). 또한 빛이 거울에서 반사된다는 지식은 가지고 있었지만 빛의 반사와 물체의 거울상 사이의 관계를 설명하지 못했고 자신의 설명에 자신감을 보이지 않았다.

- I: 거울에 비친 물체는 어떻게 보이는 걸까?

- S1: 빛이 거울에 반사돼서요.
- S2: 물체는 그 주위에 빛이 있으면 보이구요. 거울에 비친 상을 보려면 거울에서 반사된 빛이 물체를 비춰야 볼 수 있어요.
- S3: 눈으로 봐서요.
- S4: 빛이 거울에 반사되어 물체를 비춰서 보이게 해요. 그리고 우리 눈이 그것을 봐요.

2) 시선 개념을 가진 학생(visual rays)

1명의 여학생이 시선개념을 가지고 있었다. C1 상황에서선 빛이 물체에서 난반사된다는 사실을 인지하지 못하고 있었으며, 눈에서 반사된 빛이 물체로 가서 보인다고 설명했다. 또한 C2 상황에선 눈에서 시선(빛은 아님)이 나가서 거울상을 보는 것이라고 설명했다 (Fig. 2 S5 참조).

- I: 여기 있는 물체들은 어떻게 보이는 걸까?
- S5: 물체는 빛을 반사하지 않아요. 그냥 우리가 볼 수 있는 것이예요.
광원에서 눈으로 간 빛이 물체로 가서 봐요.
- I: 거울에 반사된 물체는 어떻게 보는 걸까?
- S5: 사람이 거울로 시선을 보내서 물체를 봐요(Fig. 2 S5).

C1, C2 상황에선 시선개념을 이용해 물체나 물체의 상이 보이는 과정을 설명하였다. 하지만 C3 상황에선 거울에 반사된 빛이 눈에 들어가서 보이는 것이라고 서로 다른 주장을 하면서도 그 이유는 모른다고 답했다.

- I: 거울을 통해서 얼굴을 볼 때 어떻게 보는 걸까?
- S5: 광원에서 빛이 거울로 들어가고 반사된 빛이 눈으로 들어가서 자기 얼굴이 보여요.
- I: 물체와 얼굴을 거울을 통해서 보는 과정이 왜 서로 다를까?
- S5: 이유는 몰라요.

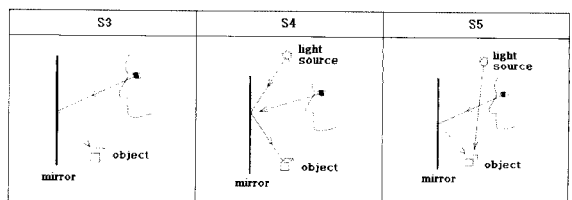


Fig. 2 Students' responses to situation C2 (visual rays)

3) 충돌개념을 가진 학생(collision)

1명의 학생(여학생)이 물체에서 나온 빛과 눈에서 나온 빛이 충돌해서 물체를 본다는 개념을 가지고 있었다. 학생의 이러한 충돌개념은 오원근과 김재우(2002)의 논문에서도 보고되고 있다. 이 학생은 거울에 반사된 물체의 상을 어떻게 볼 수 있는지를 묻는 질문에 대해서는 눈에서 나온 빛이 거울에 반사되어 물체에 닿아 보인다는 시선 개념을 들어냈다. 한편 물체를 볼 때는 충돌개념을, 물체 상을 볼 때는 시선개념만 사용한 이유를 묻는 질문에 대해선 거울 때문이라고 진술했다. 이 학생은 물체에서 나오는 빛의 출처는 모르고 있었으며, 눈에서 어떤 빛이 나온다는 생각이 강하게 자리 잡고 있었다(Fig. 3 참조).

- I: 물체에서 나오는 빛은 어디서 오니?
- S6: 눈에서.....모르겠어요.
- I: 거울에 비친 물체는 어떻게 보이는 걸까?
- S6: 눈에서 나온 빛이 반사되어서 봐요.
- I: 그럼 물체는 물체에서 나온 빛과 눈에서 나온 빛이 부딪쳐서 보이고 거울에 비친 물체는 눈에서 나온 빛에 의해서만 보이는데 두 경우가 다른 이유가 뭘까?
- S6: 거울이 있으니까요.

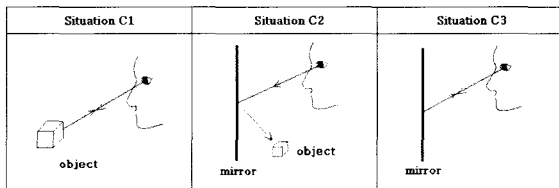


Fig. 3 Student's responses having collision conception in situation C1

2. Group 2: C1 상황은 잘 설명하지만, C2 상황을 설명하지 못하는 학생

이 그룹에 속하는 학생들은 물체를 눈으로 관찰하는 상황에 대해선 잘 설명하고 있었다. 하지만 C2 상황을 제시하자 시선개념을 환기하거나(recognition of visual rays) 물체의 거울상을 보는 과정과 실제 물체를 보는 과정을 혼동하는(image misconception) 학생들이 있었다. Group 2의 학생들은 빛이 눈에 들어와야 볼 수 있다는 눈의 수동적 기능과 물체도 빛을 반사한다는 개념이 Group 1의 학생들에 비해 잘 정립

되어있었다. Table 3은 Group 2의 상황의존성 나타낸 것이다.

1) 시선개념을 환기하는 학생(recognition of visual rays)

2명의 남학생과 1명의 여학생이 거울이 도입된 상황에서 시선개념을 환기하여 거울에 비친 상의 관찰을 설명하려 하였다(Fig. 4 참조).

- I: 거울 앞에 있는 물체를 거울을 통해서 볼 때 어떻게 보이는 걸까?
- S'1: 눈에서 반사된 빛이 거울에서 반사되어 물체를 비추주어 거울에 비친 물체를 봐요.
- S'2: 눈에서 반사된 빛이 거울에 튕겨 물체를 비추면 봐요.
- S'3: 빛이 물체에서 반사되어 거울로 가고 우리가 거울을 보면 봐요.

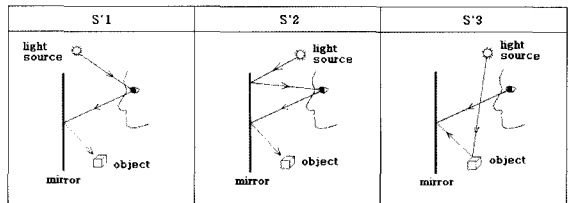


Fig. 4 Students' responses recognizing visual rays

이 학생들에게 C1, C2, C3 상황에 대한 학생 자신의 설명을 비교하며 인지 갈등을 일으켜 주었다. 2명의 남학생은 C2 상황에 대한 생각을 과학적 개념으로 변화시켰으며, 여학생은 C2 상황에 대해선 불만족을 느끼지 못했지만, C3 상황에 대해선 과학적 개념으로 생각을 수정하였다(Fig. 5 참조). 이 학생들은 C1, C2, C3 상황을 서로 별개의 상황으로 생각하고 있었으며 각 상황에 대해서 서로 다른 설명체계를 가지고 있었다. 인지갈등 후에도 학생들이 C2나 C3 상황에 선별적으로 불만족을 느끼는 것은 세 상황이 모두 같은 원리로 설명될 수 있음을 인지하지 못하기 때문이다.

- I: 물체를 직접 볼 때와 거울을 통해서 볼 때 그리고 거울을 통해서 얼굴을 볼 때에 대한 설명이 다 다르네! 어떻게 된 거지?
- S'1: 그러면 거울에 비친 물체는 빛이 물체에 반사되고 거울에 반사되어 보여요.
- S'2: 아! 그럼..다시 할게요. 빛이 물체를 비추고 물체가 이 빛

Table 3 Context-dependency of Group 2 students

	C1	C2	C3	Number of Students
G2	scientific conception	recognition of visual rays	image misconception	n=3(15%)
		image misconception	image misconception	n=4(20%)

을 반사하고 다시 빛이 거울에서 반사돼서 보여요.
 S'3: 얼굴이 틀린 것 같아요... 얼굴로 간 빛이 얼굴에서 반사되고 거울에서 반사되어 눈으로 들어와서 보여요.

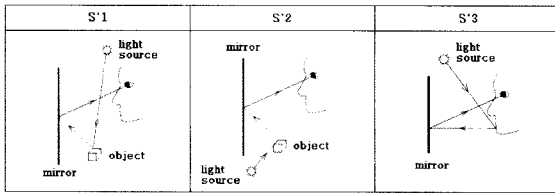


Fig. 5 Conceptual change after cognitive conflict with visual rays

2) 거울상과 실제 물체를 혼동하는 학생(image misconception)

남학생 2명과 여학생 2명이 거울이 도입된 상황에서 거울상이 보이는 과정을 실제 물체가 보이는 과정으로 혼동하고 있었다(Fig. 6 참조). 이 중 여학생 1명은 거울상을 실제 물체처럼 생각하여 빛이 거울상을 비추면 거울상에서 반사된 빛이 눈으로 들어와서 보인다고 설명하였다(Fig. 6 S'7). 이 학생들은 눈의 수동적 역할이나 빛의 작용은 이해하고 있었지만 거울상이 보이는 원리에 대한 이해가 부족했다. 따라서 C2상황에서 적절한 빛의 이동경로를 선택하지 못했다.

- I : 이 물체(거울 앞 물체) 말고 거울에 비친 물체(상)는 어떻게 보이는 걸까?
- S'4: 거울이 빛을 흡수한 후 여러 방향을 퍼뜨리고, 물체에서 빛이 반사되어 우리 눈에 들어와서요.
- S'5: 태양 빛이 거울에 반사되고 물체에서 반사되어 눈으로 와서요.
- S'6: 빛이 거울에 반사되어 물체에 반사되고 반사된 빛이 우리 눈에 들어와서요.
- S'7: 해에서 빛이 거울로 가면 거울에 있는 물체에(거울상) 빛이 비춰져서 우리 눈으로 와서 보여요.

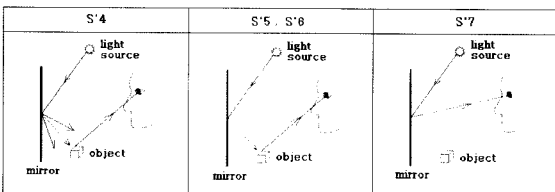


Fig. 6 Students' responses confusing between observing an object and an image

거울상과 실제 물체를 혼동하는 학생들에게도 세 가지 상황에 대한 인지갈등을 유도하였다. 하지만 이 학생들은 문제점을 발견하지 못하거나 설명하기를 포기했다. 이것은 빛의 이동경로나 눈의 역할 등에 각각 과학적 개념이 반영되어 있기 때문에 시선개념을 도

입한 학생들에 비해 잘못된 점을 인지하기 어려웠기 때문으로 생각된다. S'7학생은 비록 틀린 개념을 가지고는 있었지만 세 경우에 대한 일관된 설명체계를 가지고 있어서 인지갈등을 시키지 않았다.

- I : 물체를 직접 볼 때와 거울을 통해서 볼 때 그리고 거울을 통해서 얼굴을 볼 때에 대한 설명이 다 다르네! 어떻게 된 거지?
- S'4: 모르겠어요.
- S'5: 모르겠어요.
- S'6: 얼굴을 볼 때는 물체가 중간에 없어서 그냥가고요. 물체를 볼 때는 중간에 물체가 있으니까 물체를 거쳐서 가는 거예요.

위에서 살펴본 바와 같이 실제 물체와 거울상을 보는 과정을 혼동하는 학생들은 인지갈등으로부터 불만족을 느끼지 못하거나 잘못된 점을 파악하지 못하였지만 시선개념을 환기한 학생들은 자신의 설명 사이의 불일치를 쉽게 관찰할 수 있었기 때문에 과학적 개념으로의 수정이 용이했던 것으로 보인다(Posner et al., 1982).

3. Group 3: C1, C2 상황은 잘 설명하지만, C3 상황을 설명하지 못하는 학생

Group 3에는 남학생 2명, 여학생 3명이 속해 있으며, 불확실한 개념(uncertainty)을 나타내는 학생 3명(남2, 여1)과 상에 대한 오개념(image misconception)을 가진 학생 1명 그리고 얼굴 중심 개념(face-centered)을 가진 학생 1명으로 나눌 수 있다. 이 그룹의 학생들에게는 난반사 개념과 눈의 수동적 개념이 잘 정립되어 있었다. 하지만 C3 상황에서 얼굴상은 광원에서 온 빛이 거울에서 반사되어 보이는 것이라는(Fig. 7 참조) 강한 믿음 때문에 과학적 개념을 포기하거나 거울상에서도 빛이 반사된다고 설명하였다. Table 4는 Group 3의 학생들을 그 개념에 따라 분류한 것이다.

Table 4 Context-dependency of Group 3 students

	C1	C2	C3	Number of Students
				n=3(15%)
G3	scientific conception		uncertainty	n=3(15%)
			image misconception	n=1 (5%)
			face-centered	n=1 (5%)

1) C2, C3상황에 대한 인지갈등에서 개념의 불확실성을 나타내는 학생 (uncertainty)

이 학생들은 빛이 물체에서 난반사되고 그 난반사된 빛이 눈으로 들어와야 볼 수 있다는 사실은 이미

잘 알고 있었다. 하지만 C3상황에선 “거울은 빛을 반사시켜(얼굴에서 반사된 빛이 없이) 얼굴을 보이게 하는 거야.”라는 오개념을 가지고 있었다. 또한 C3상황에 대한 설명에 논리적 모순점이 있음을 발견했음에도 불구하고 기존의 오개념을 버리지 않았으며 오히려 C2상황에 대한 설명(과학적 설명)이 잘못됐다고 판단하였다.

[인지갈등 전 응답](Fig. 7 참조)

- I : 어떻게 거울에 자기 얼굴이 비쳐 보이는 걸까?
- S"1: (광원에서 온) 빛이 (거울에서) 반사되어 우리 눈에 보여요.
- S"2: 주위의 빛을 내는 것이 거울에 반사되어 눈에 들어와서 봐요.
- S"3: 빛이 거울에 반사 되서 눈에 들어와서요.

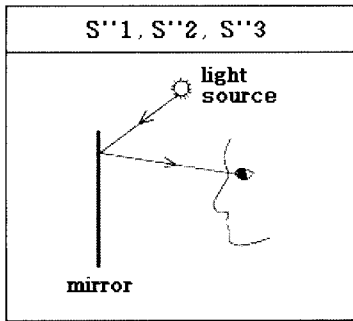


Fig. 7 Students' response before cognitive conflict

[인지갈등 후 응답]

- <S"1>
- I : 거울에 비친 물체를 볼 때도 물체에서 반사된 빛이 거울에서 반사되어 눈에 보이는데 얼굴을 볼 때는 그냥 거울에 비친 얼굴을 보는 거니?
- S"1: 예
- I : 거울에 비친 얼굴을 볼 때는 얼굴에서 반사된 빛이 없는 데도 보이니?
- S"1: 그런 것 같아요.
- <S"2>
- I : 거울에 물체가 비춰 보이는 과정과 얼굴이 비춰 보이는 과정이 서로 다르다는 거니?
- S"2: 네 다른 것 같아요.
- I : 왜 다르다고 생각하지?
- S"2: 휴~ 잘 모르겠어요.
- I : 어떤 경우를 잘못 설명한 것 같니?
- S"2: 물체가요. 보통은 (물체도 얼굴상이 보이는 것처럼) 빛이 거울에 반사되어 보여야 할 것 같아요.
- <S"3>
- I : 거울에 물체가 비춰 보이는 과정과 얼굴이 비춰 보이는 과정이 서로 다르다는 거니?
- S"3: 같아요, 아! 달라요.
- I : 왜 다르다고 생각하지?
- S"3: 얼굴은 눈으로 직접 보자나요. 아! 아님네.

- I : 어떤 경우를 잘못 설명한 것 같니?
- S"3: 물체를 거울에 비쳐 보는 것(상황)이요.

2) 상에 대한 오개념을 가진 학생 (image misconception)

이 학생은 거울에 비친 얼굴상을 볼 때 마치 물체에서 빛이 반사되어 눈에 보이는 것과 마찬가지로 거울 속에 있는 얼굴상에서 빛이 반사되어 우리 눈에 보인다는 생각을 가지고 있었다. 이 학생은 C2상황과 C3상황에 대해서 인지갈등을 느끼지 않았다. 그 이유는 거울에 비친 얼굴상을 실제 물체로(마치 물체를 직접 관찰하는 것처럼) 인식하는 반면 거울에 비친 물체의 상은 물체 이외의 제3의 것으로 인식하여 그 과정이 다르다고 생각하기 때문이다.

- I : 내가 답한 것을 볼까? 물체를 보는 것은 빛이 물체에 닿아서 그것이 거울에 반사되어 눈으로 들어가서 본다고 했고, 얼굴은 빛이 거울에 부딪혀서 우리 눈에 들어오면 볼 수 있다고 했거든. 이 두 경우에 대한 설명에 왜 차이가 있는 걸까?
- S"4: 자기 얼굴을 보는 것은 거울에 있는 자기 얼굴을 바로 보는 것인데, 물체를 보는 것은 물체를 거울에서 볼 수 있는 것이니까 서로 달라요.

3) 얼굴중심 개념을 가진 학생 (face-centered)

이 학생은 거울에 비친 물체의 상(C2)에 대한 빛의 이동경로까지 과학적인 개념으로 잘 설명하고 있었다. 하지만 눈의 수동적 기능에 대해서는 아직 인지하지 못하고 있는 것으로 보인다.

- I : 자기 얼굴을 보기 위해선 거울에서 반사된 빛이 꼭 눈으로 가야하니?
- S"5: 꼭 빛이 눈으로 가지 않아도 얼굴 쪽으로 가면 볼 수 있어요.
-
- S"5: 빛이 물체에서 거울로 가고 그것이 우리 얼굴 쪽으로 가면 보여요.
- I : 우리가 물체를 볼 때 우리 눈에 빛이 들어올 필요는 없니?
- S"5: 네

4. Group 4: 세 가지 경우 모두를 잘 설명하는 학생

이 그룹에 속한 학생들(남학생 2명)은 세 가지 경우 모두에 대해서 경로를 옳게 표시하였다. 이 학생들은 나머지 그룹의 학생들과 달리 거울에 비친 상이나 거울에 비친 얼굴에 대한 물음에서 상을 그림으로 나타내고 있었다. 또한 눈으로 들어오는 빛을 하나의 광

선이 아닌 두 개 이상의 광선으로 표현하여 빛의 다발(light flux) 개념에 대한 생각도 드러내고 있었다 (Fig. 8 참고). 하지만 그림을 그릴 때 반사의 법칙을 적용하여 빛의 이동경로를 그리지는 못 했으며, 심지어 한 학생은 세 가지(C1, C2, C3) 상황에서 모두 반사의 법칙이 성립되지 않는다고 답하기도 했다. 상의 위치를 묻는 질문에서는 상이 왜 거울 속에 있는지를 설명하지 못했는데 이것은 거울에서 반사하는 광선을 그릴 때 한 점에서 반사되는 두 개 이상의 광선을 그려야한다는 것과 그 연장선이 만나는 점에 상이 생긴다는 사실을 모르기 때문이다(이재봉 등, 2004).

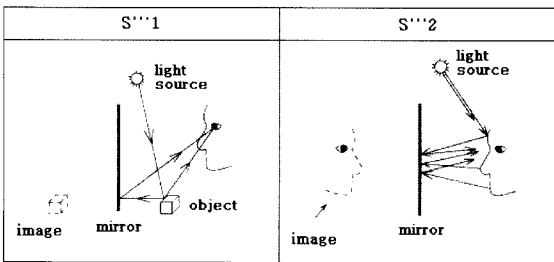


Fig. 8 Group 4 students' responses

- I : 여기 있는 물체들은 어떻게 해서 우리 눈에 보일까?
 S''1: 광원에서 온 빛이 물체에서 반사돼서요.
 I : 이게(학생이 그린 상) 뭐니?
 S''1: 반사돼서 거울에 나타나는 물체요.
 I : 상은 어디에 있니?
 S''1: 속인가? 먼인가?...거울 속에요.
 I : 왜 상이 거울 속에 있을까?
 S''1: ...잘 설명을 못 하겠어요.
 I : 일부의 빛에 의해서 무엇이 보이니?
 S''1: 물체가 보이게 하는 것이요.
 I : 다른 쪽으로 가는 빛에 의해서 뭐가 보이니?
 S''1: 거울에 비친 물체의 상이요.
 I : 여기서도 반사의 법칙이 성립하니?
 S''1:.....
 I : 여기서 입사각과 반사각이 같니?
 S''1: 아니요.
 I : 그럼 언제 반사의 법칙이 성립하지?
 S''1: (반사의 법칙을 나타낸 책 속의 그림을 가리키며) 여기서 성립해요.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 7학년생을 대상으로 세 가지 상황을 제시하고 이 때 학생들이 빛의 이동경로에 대해서 나타내는 개념을 조사하였다. 또한 거울을 도입하거나 자신의 얼굴을 도입함으로써 상황변화에 따른 반응도 조사하였다. 이를 위하여 9종의 교과서에서 공통적으로 제시된 세 가지 상황에서(물체를 보는 상황, 거울

에 비친 물체를 보는 상황, 거울에 비친 자신의 얼굴을 보는 상황) 빛의 이동경로에 대한 문항을 개발하였다. 연구에서 밝혀진 결과는 다음과 같다.

첫째, 학생들의 반응에 따라 Group 1에서 Group 4까지 나눌 수 있었으며, 각 그룹은 개념이해의 단계적 차이를 보이고 있었다.

둘째, Group 1의 학생들은 빛의 바다개념, 시선개념, 충돌개념을 가지고 물체를 보는 과정을 설명하려 하였다. 이런 개념을 가진 학생들은 눈의 수동적 기능, 물체에서의 빛의 난반사, 빛의 이동경로에 대한 이해가 부족했으며 각 상황의 변화에 따라 여러 가지 다른 설명을 혼용하고 있었다.

셋째, Group 2의 학생들은 모두 C1 상황은 과학적으로 설명하고 있었다. 그러나 C2 상황에서 일부 학생들은 실제 물체를 보는 과정과 물체의 거울상을 보는 과정을 혼동하고 있었으며, 일부는 시선개념을 다시 재인식하였다. 한편 시선개념을 환기한 학생들이 좀 더 쉽게 인지갈등을 느꼈으며, 이 때 과학적 개념으로의 변화를 관찰할 수 있었다.

넷째, Group 3의 학생들은 물체에서 반사된 빛이 눈으로 들어와서 물체를 보게 된다는 사실은 잘 알고 있었다. 하지만 C3 상황에선 개념적용의 일관성을 잃었다. 인지갈등 후에도 잘 변화되지 않았으며 오히려 과학적 개념을 포기하는 경우도 있었다. 따라서 얼굴상에 대한 오개념이 매우 강하게 자리 잡고 있음을 알 수 있었다.

다섯째, Group 4의 학생들은 빛의 이동경로, 물체에서의 난반사 및 눈의 수동적 역할에 대한 이해에 일관성을 보였으며 빛의 다발(light flux)개념이나 거울에 비친 상에 대한 표현이 다른 그룹의 학생들에 비해 잘 드러나 있었다.

지금까지의 연구결과를 종합한 결론은 다음과 같다. 빛의 이동경로에 대한 학생개념의 상황의존성에 영향을 주는 내적 요인은 사전지식의 부족(예를 들어 빛의 이동경로, 난반사, 눈의 수동성에 대한 불확실한 이해), 강력한 오개념(얼굴상)으로 판단된다. 더불어 외적요인은 적절한 상황에 따른 학습경험의 부재로 판단된다.

이상의 연구 결과로부터 다음과 같은 교육적 시사점들을 생각해 볼 수 있다.

첫째, 7학년 “빛” 단원 수업에 앞서 ‘눈의 수동적 기능’을 가르칠 필요가 있다. 여기서 말하는 ‘눈의 수동적 기능’은 수정체에서의 빛의 굴절은 제외하고 단지 ‘눈으로 빛이 들어와야 물체를 볼 수 있다’는 사실을 가리킨다. 예를 들어 눈의 안구 모형이나 바늘구멍

사진기와 같은 것을 이용하면 빛이 눈으로 들어와 망막에 상이 맺히는 현상을 제시할 수 있다.

둘째, 물체에서 빛이 난반사된다는 것을 강조하여 가르칠 필요가 있다. 이것은 시각 개념을 이해하는데 있어 전제 조건이며 이 개념이 형성되지 않은 학생은 거울에 상이 어떻게 생기는데에 대한 이해에 어려움을 겪는다(Guesen, 1985).

셋째, 다양한 상황 속에서의 빛의 이동경로를 직접 그려보는 활동이 필요하다. 이 때 주의할 것은 교사가 그림을 그릴 때 반드시 반사의 법칙을 적용해서 그려야 한다는 것이다. 왜냐하면 위에서 살펴본 바와 같이 빛의 이동경로를 잘 아는 학생들도 그 경로를 그릴 때 반사의 법칙을 적용하지 않아 현상에 대한 더 깊은 이해에 도달하지 못하기 때문이다.

마지막으로 만약 교사가 7학년 “빛”단원에 제시된 많은 반사현상에 대한 예들을 좀더 과학적으로 이해시키고자 한다면 반사의 법칙뿐만 아니라 빛의 다발(light flux)개념을 제시할 필요가 있다. 이는 학생들이 물체에서 반사된 빛을 하나의 광선이 아닌 2개 이상의 광선으로 표현하도록 하여 상의 위치나 형상에 대한 이해에 도움을 줄 수 있기 때문이다.

국문 요약

이 연구에서는 7학년 학생들의 빛의 이동경로에 대한 개념의 상황의존성을 물체의 관찰, 물체의 거울상 관찰, 거울에 비친 자신의 얼굴상 관찰이라는 세 가지 서로 다른 상황에서 연구하였다. 면담을 통해 각 상황에 대한 학생들의 반응을 조사하였으며, 세 가지 상황에 대한 학생들의 설명을 바탕으로 학생들을 네 그룹으로 나누었다. 각 그룹은 다시 개념특성에 따라 2-3개의 하위집단으로 나누었으며, 각 하위집단의 특성을 조사하였다. 연구결과 (1) 그룹 1의 학생들의 개념은 각 상황에 따라 변화하였다; (2) 그룹 2의 학생들은 C1 상황에선 과학적 개념을 나타냈지만 C2 상황에선 시선개념이나 상에 대한 오개념을 나타냈다; (3) 그룹 3의 학생들은 얼굴의 거울상에 대한 강한 오개념 때문에 과학적 개념을 포기하였다. 제언 부분에서는 이러한 연구 결과를 바탕으로 빛 단원에 대한 교수-학습방법의 개선점을 논의하였다.

참고 문헌

- 교육부 (1997). 과학과 교육과정. 교육부 고시 제 1997-15호. 서울: 대한교과서 주식회사.
- 박종원 (2002). 학생 개념체계의 연속적 세련화와 정교화를 통한 개념 변화 분석. 한국과학교육학회지,

22(2), 357-377.

송진웅 (1997). 과학교육에서의 상황 관련 연구에 대한 개관과 분석. 한국과학교육학회지, 17(3), 273-288.

오원근, 김재우 (2002). 시각 및 빛의 성질에 대한 중학생의 개념. 새물리, 45(3), 163-170.

이명제 (1996). 과학 교수학습에 관련된 ‘맥락’의 성격. 한국과학교육학회지, 16(4), 441-450.

이재봉, 남경윤, 손정우, 이성목 (2004). 광선추적과 스펙트럼에 대한 교사와 중학생의 개념유형 분석. 한국과학교육학회지, 24(6), 1189-1205.

Andersson, B., & Bach, F. (2004). On designing and evaluating teaching sequence taking geometrical optics as an example. Science Education, 89(2), 196-218.

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. (2000). How people Learn: Brain, Mind, Experience, and School. Washington, D. C.: National Academy Press.

Clough, E. E., & Driver, R. (1986). A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts. Science Education, 70(4), 473-496.

Duit, R. (1999). Conceptual change approaches in science education. In W. Schnotz, S. Vosniadou, & M. Carretero, (Eds.), New perspectives on conceptual change, (pp. 263-282). Oxford: Pergamon.

Goldberg, F. M., & McDermott, L. C. (1986). Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror. The Physics Teacher, 24(8), 472-480.

Guesne, E. (1985). Light. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien, (Eds.), Children's ideas in science, (pp. 10-32). Milton Keynes: Open University Press.

Linder, C. J. (1993). A challenge to conceptual change. Science Education, 77(3), 293-300.

Mohapatra, J. K. (1988). Induced in incorrect generalizations leading to misconceptions - An exploratory investigation about the laws of reflection of light. Journal of Research in Science Teaching, 25(9), 777-784.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change. Science Education, 66(2), 211-227.

Prinrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. Review of Educational Research, 63, 167-199.

Ronen, M. & Eylon, B. (1993). To see or not to see : The eye in geometrical optics : When and how? Physics Education, 28, 52-29.

Song, J., & Black, P. J. (1991). The effects of task contexts on pupils' performance in science process skills. International Journal of Science Education, 13(1), 49-58.