

관찰 상황에서 초등학생들의 과학학습 동기체계에 따른 시선이동 분석

임성만 · 박서정¹ · 양일호*

한국교원대학교 · ¹대전서부초등학교

Investigation of Eye Movement on the Observation of Elementary School Students with Different Motivation System on Science Learning

Lim, Sungman · Park, Seojung¹ · Yang, Ilho*

Korea National University of Education · ¹Daejeon Seobu Elementary School

Abstract: The present work was performed to find behavioral characteristics of elementary school students corresponding to the motivation system on science learning (SL-BIS/BAS; Behavioral Inhibition/Activation System about Science Learning) in the observation situation. Eye-tracking was used for this study, which is one of the neurophysiological methods. The findings of present study were as follows: First, students who have sensitive motivation system to SL-BIS (SL-BIS group) showed meaningfully shorter fixation duration the whole time during an observation task than students who have sensitive motivation system to SL-BAS (SL-BAS group) ($p < .05$). Total fixation counts of SL-BIS group were significantly larger than SL-BAS group and it indicates that SL-BIS group often generated new fixations. Therefore, fixation duration per count of SL-BAS group was longer than that of SL-BIS group. Second, we studied fixations in situations with movement corresponding to the motivation system on science learning. SL-BIS group and SL-BAS group exhibited similar fixation duration in the study task segment with movement, which is one of the stimulus attracting students. However, for the study task segment when the movement was finished, total fixation duration and fixation duration per count of SL-BAS group were meaningfully longer than those of SL-BIS group. Third, comparing fixation targets classified by factors of study task, SL-BIS group showed fixation on the target that is not important for the study task. But SL-BAS group concentrated on the target-related factor of the study task. The present work could be helpful in understanding students' characteristics corresponding to the motivation system on science learning in observation situation and for making a learning & teaching plan that is suitable to the feature of students.

Key words: observation, eye movement, motivation system, science learning, elementary school student

I. 서 론

동기는 어떠한 행동을 유발시키고, 그 행동을 유지하고, 목표를 향해 나아가도록 하는 힘을 뜻하며 (Pintrich & Schunk, 2002), 학습의 관점에서 본 학습 동기는 학습자로 하여금 어떠한 학습 목표를 향하여 학습 행동을 하게 하는 학습자의 모든 심리상태라고 할 수 있다(김명희 등, 2006).

이에 Gray(1987)는 동기와 관련된 체계의 한 가지로 개인의 행동과 정서에 기초가 되는 일반적 동기체

계를 제안하였다. 그가 제안한 동기체계는 행동억제 체계(BIS, Behavioral Inhibition System)와 행동 활성화체계(BAS, Behavioral Approach System)로서, 이 중 BIS는 처벌에 민감하여 사람들의 활동을 억제하고 신경증적이며 어떤 일이 잘못될까 우려하도록 하는 경향이 강하고, BAS는 바라는 것을 성취한다는 기대감이 반영되기 때문에 기대, 열망, 흥분과 같은 긍정적인 정서를 이끌어 내는 역할을 하며, 보상에 민감하다는 특성을 지닌다(Gray, 1994). Gray가 주장한 BIS/BAS의 연구는 뇌과학 연구 등 신경생리학

*교신저자: 양일호(yih118@knue.ac.kr)

**2013.07.12(접수), 2013.08.10(1심통과), 2013.08.25(2심통과), 2013.08.26(최종통과)

***이 논문은 2012년도 정부재원(교육과학기술부)으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음.[NRF-2011-358-B00035]

적 기제를 통한 많은 증거들을 통하여 지지되고 있다 (Gable *et al.*, 2000). Carver와 White(1994)는 Gray가 개발한 동기체계의 BIS/BAS에 대한 민감성을 측정하기 위하여 자기보고식 척도를 개발하였다. 이에 임성만(2010)은 Gray(1987)의 동기체계를 과학 학습에 접목하여 과학학습 행동억제체계(SL-BIS, Behavior Inhibition System about Science Learning)와 과학학습 행동활성화체계(SL-BAS, Behavior Activation System about Science Learning)를 제안하였다. SL-BIS는 과학학습 상황에서 학습자에게 불안감을 유발하는 단서에 민감하게 반응함으로써 학습 행동을 억제하거나 회피하게 하는 체계이며, SL-BAS는 과학학습 상황에서 보상 등 자신이 원하는 것을 주는 자극에 민감하게 반응하게 함으로써 학습에 활발히 참여하도록 하는 체계를 말한다. 또한 임성만(2010)은 학습자의 각 체계에 따른 민감도를 파악할 수 있는 자기보고식 과학학습 동기체계 척도를 개발하였다. 총 36문항으로 구성된 이 척도는 SL-BIS에 관한 두 가지 하위 요소인 학습 불안(learning anxiety)과 관계 불안(relationship anxiety) 관련 문항, SL-BAS에 관한 3가지 하위 요소인 보상 민감성(reward responsiveness), 도전 추구(challenge seeking), 흥미 추구(fun seeking) 관련 문항으로 구성되어 있다. 과학학습 동기체계인 SL-BIS/BAS 성향은 개인의 기질적 특성이므로(임성만, 2010). 이러한 척도를 통하여 학습자의 과학학습 동기체계를 이해하는 것은 과학학습에서 학습자가 보이는 행동적, 정서적 표현에 대한 중요한 예측 도구로 사용할 수 있다(임성만 등, 2012).

임성만 등(2012)은 현상학적 연구를 통하여, SL-BIS에 민감한 학생들의 경우 '실험결과에 대한 부정적 반응', '실험활동에 소극적임', '단순반복질문' 등의 행동특성을 보인 반면 SL-BAS에 민감한 학생들은 '실험결과에 대한 긍정적 비판', '실험에 대한 도전정신', '구체적 질문을 많이 함' 등과 같은 행동특성을 보인다는 것을 밝혔다. 이밖에도 김성운(2013)은 근거이론 연구를 통하여 학습자는 과학학습 동기체계에 따라 과학학습 상황에서 서로 구별되는 특성을 보임을 밝힘으로써 과학학습 동기체계에 따른 행동특성에 대한 이해를 높였다.

과학학습의 여러 탐구과정 중에서 관찰은 관찰자가 오감을 통해 자연 현상에 대한 정보를 수집하는 활동

을 의미하는 것으로(Hodson, 1986) 다른 탐구과정(분류, 측정, 예상, 추리, 문제 인식 등)의 바탕이 된다. 이러한 관찰에 대하여 박명희 등(2005)은 과학적 지식의 생성 측면에서 관찰이 가장 기초적인 과정으로 중요하다고 하였으며, 권용주 등(2003)은 관찰을 과학 지식의 귀납적 생성 방법의 첫 번째 과정으로 볼 수 있다고 하는 등 여러 학자들은 과학이나 과학교육에서 관찰의 중요성을 강조하고 있다(Hodson, 1986; Norris, 1984; Smith & Reiser, 2005).

특히, 초등학교 전 학년 모두에서 전체 관찰 활동의 50~60%를 차지하는 것은 시각에 의한 관찰 활동이다(김정길, 김해경, 1991). Matin(1972)은 관찰을 시각 정보에만 국한하였을 정도로 관찰활동에서 시각적 관찰의 비중은 매우 크다. 이러한 시각적 관찰 과정에서 학습자가 시각적 주의를 기울이게 되는 원인은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는 자극 매체 중 눈에 뜨이는 요소에 의한 상향식 주의투여(bottom-up)이며, 다른 하나는 바라보는 개인의 필요와 선호와 같은 내재적 요인에 의한 하향식 주의 투여(top-down)이다(김태용, 2008). 학습자의 '동기'는 이 중 하향적 주의 투여를 유발시킴으로써 학습자가 능동적으로 시각적 정보를 받아들여(최민영, 2003) 정보처리를 수행하도록 이끄는 중요한 역할을 한다는 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 과학학습 동기체계에 따른 학습자의 시각적 관찰 활동 특성에 중점을 두고 연구하고자 한다.

관찰 활동에 대한 연구에서 기존의 설문이나 면접만을 이용한 측정은 피험자가 분명하게 대답할 수 없는 영역이 나타난다(이시훈 등, 2011). 특히 초등학생의 경우 자신의 생각을 언어화하는 과정에서 정보의 손실이나 왜곡 문제가 발생할 가능성이 있다. 이를 보완하고자 실증적, 객관적 데이터를 얻을 수 있는 Eye-Tracker를 활용하고자 한다.

Eye-Tracker란 안구의 각막에 반사되어 돌아오는 적외선에 대한 정보를 컴퓨터로 기록하여 화면을 주시하는 사람의 시선이동을 추적하는 장비이다. 관찰자가 현재 주시하고 있는 대상과 관련된 과업을 수행하고 있다면, 시선이동은 그의 인지 활동을 이해하는 중요한 단서가 될 수 있다(Glenstrup & Engell-Nielsen, 1995). 인지적 통제 가설에 따르면, fixation의 위치는 인지 체계의 욕구에 기반을 두므로 인지적인 정보 습득의 욕구에 의하여 눈의 움직임

이 결정된다(Henderson, 2003; Henderson & Hollingworth, 1998; Yantis & Egeth, 1999). 따라서 학습자의 인지를 이해하는데 시선이동을 정량적으로 분석하는 것은 중요한 역할을 할 수 있다(Ballard *et al.*, 1997; Just & Carpenter, 1976).

Eye-Tracker를 이용하여 얻은 정보는 분석 프로그램에 의하여 그 연구의 방법에 따라 양적 데이터와 시각적으로 확인할 수 있는 질적 데이터를 얻을 수 있다는 장점을 가지고 있다(Carpenter, 1988; Everling & Fischer, 1998). 아이트래킹 기법은 관찰 상황에서 학습자의 시선이동 특성에 대한 이해를 위하여 이전의 연구 방법에서 제공할 수 없었던 객관적인 데이터를 제공할 수 있다(She, H. & Chen, Y., 2009). 아이트래킹은 과제의 어떤 요소가 효과적으로 피험자의 시선을 집중시키는지 연구(이운정 등, 2008; Slykhuus *et al.*, 2005)하는데 사용될 뿐만 아니라 피험자의 특성에 따라 그들이 정보를 어떻게 처리하는지를 직접적으로 관찰할 수도 있는 방법이기도 하다(김태용, 2006).

아이트래킹은 교수학습 분야에서는 주로 읽기 연구(Hyönä & Niemi, 1990; Just & Carpenter, 1980; Rayner, 1998)에 적용되곤 하였지만 최근에는 더욱 다양한 교육 분야에서 널리 사용되고 있다(변정호 등, 2011; 이재승, 신동훈, 2012; 태순영, 2012; van Gog & Scheiter, 2010). 과학 교육 분야에서 아이트래킹은 주로 과제를 제시하는 글, 표, 그림, 멀티미디어 자료 등의 학습 매체에 초점을 둔 연구에 적용되고 있다(김소영 등, 2012; 최현동, 신동훈, 2012; Holsanova *et al.*, 2009). 학습자의 특성에 초점을 둔 연구도 있으나 대부분은 학습자의 전문성을 변인으로 둔 것(Robert *et al.*, 2006, Yang *et al.*, 2012)으로 학습자의 특성 중 정의적 영역에 의한 시선이동의 차이를 분석한 연구는 찾아보기 힘들다.

또한 국내의 교육 분야의 연구들은 주로 서지자료를 대상으로 정치화면에서의 시선이동을 분석하였다. 아이트래킹 기법의 특성상 방대한 정보가 수집되어 동영상의 경우 데이터를 분석하기에 어려움이 따른다(Hyönä, 2010). 하지만, 현실 상황에서 주어지는 관찰과제는 단지 그림이나 사진에 머무르지 않고 시간의 흐름에 따른 변화를 관찰하는 경우가 많으므로 더욱 현실과 가까운 상황에서의 실제적인 정보를 얻고자 하였다. 즉, 본 연구의 관찰 과제는 연구하고자 하는 요

소들을 모두 포함하면서, 분석이 용이하도록 화면 구성을 최적화한 동영상으로 제작하여 사용하였다.

요컨대, 본 연구는 Eye-Tracker를 활용하여 초등학교 학생들의 과학학습 동기체계에 따라 관찰 상황에서 나타나는 시선이동 특성에 대한 실증적 자료를 얻어, 학습자의 특성을 이해하고 그들의 과학적 관찰 활동을 돕기 위한 기초를 마련하고자 한다. 본 연구의 구체적인 문제는 '관찰 상황에서 초등학교 학생들의 과학학습 동기체계에 따라 나타나는 시선이동은 어떠한가?'이다. 이를 위해 과학학습 동기체계에 따른 전체 관찰 과제 시선고정 특성을 분석하고, 주의투여 요소 유무에 따른 시선고정 분포 및 실험과 관련되지 않은 구인에 대한 시선 고정 분포를 아이트래킹 기법으로 분석하였다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

이 연구는 초등학교 학생들을 대상으로 그들이 관찰 상황에서 과학학습 동기체계에 따라 어떠한 시선이동의 특성을 보이는가에 대하여 분석한 시선추적 연구이다. 표집방법으로는 임의표집(convenience sampling)을 사용하여, D광역시 T초등학교 6학년 전체 학생 154명과 I광역시 S초등학교 6학년 전체 학생 147명, 총 301명을 대상으로 삼았다. 본 연구에서는 조작 변인을 학생의 과학학습 동기체계로 두고 이에 따른 차이를 알아보하고자 하므로 전체 학생들을 대상으로 임성만(2010)이 개발한 과학학습 동기체계 검사를 실시하였다. 검사의 결과 처리는 임성만(2010)이 개발한 Table 1의 점수 해석 기준에 따라 대도시 6학년 남녀 각 평균 점수를 기준으로 하여 기준보다 높은 점수를 얻은 학생들을 그 성향에 민감한 것으로 보았다. SL-BIS/BAS는 서로 독립적으로 나타나는 성향이므로 SL-BIS에 민감하면서 SL-BAS에 동시에 민감할 수도 있다. 하지만 본 연구에서는 각 동기체계에 대한 시선이동의 특성을 알아보하고자 하므로 SL-BIS/BAS 검사 결과에서 어느 한 쪽의 동기체계에만 민감성을 보인 학생들을 연구대상으로 삼았다.

또한, 양일호 등(2010)의 연구결과에서 밝힌 관찰에 영향을 미치는 변인을 통제하고자 Felder와 Soloman(2001)의 학습양식검사(ILS; The Index of

Learning Styles)를 실시하였다. 본 검사지의 네 가지 학습양식 구분 중 본 연구는 시각적인 관찰 상황이므로 시각적/언어적 학습양식 중에서는 시각적 학습양식을 지닌 학생들만을 선별하였다. 또한 전체적/분석적 학습양식이 시선이동에 영향을 미친다는 양일호 등(2013b)의 연구에 따라 전체적/분석적 학습양식 중에서는 전체적 학습양식을 지닌 학생들만을 선별하였다. 검사 결과의 판별은 정광희와 이정모(2005)의 판별 기준을 활용하였다.

시선이동은 좌우 뇌의 발달 정도에 영향을 받는다. 왼쪽 반구가 더 활성화된 경우는 오른쪽 시선이동이, 오른쪽 반구가 더 활성화된 경우는 왼쪽 시선이동이 더 활성화된다(Baken & Svorad, 1969)는 연구 결과가 있다. 그에 따라 기존의 시선추적 연구들에서는 오른손잡이만을 연구의 대상으로 선정하곤 하였다. 본 연구에 사용한 장비인 Tobii 1750은 양안을 촬영하여 보정하는 기능을 가지고 있으므로 이의 영향을 보정할 수 있을 것으로 예상된다. 하지만 연구의 정확도 및 신뢰도를 보다 높이기 위하여 Oldfield(1971)의 오른손잡이 검사(Edinburgh inventory for handedness test)를 실시하여 오른손잡이인 학생들을 대상으로 선정하였다. 이 중 일상생활에 지장을 중 정도의 나쁜 시력을 가지고 있거나 지나치게 두꺼운 안경을 쓴 학생과 색맹, 색약 등 색채 지각에 결함이 있는 학생은 연구 대상에서 제외하고자 하였다.

이렇게 하여 선정된 학생은 SL-BIS에 민감한 학생 27명, SL-BAS에 민감한 학생 23명으로 총 50명이었다. 이 학생들과 학부모에게는 본 연구에 대한 설명과 함께 연구 참여 동의서를 받았으며, 그 중 본 연구 참여를 희망한 학생들만을 대상으로 시선추적을 실시하였다.

측정 과정에서 눈이 작아 적외선 추적이 어려운 학생, 측정 중 몸을 심하게 움직여 calibration(시선조

정과정)이 지속되지 못한 학생 등 촬영이 원활하게 이루어지지 못한 학생들의 자료와 시선추적율(트래킹 비율)이 낮게 기록된 학생의 자료는 분석 대상에서 제외하였다. 즉, 실제 최종 분석에는 SL-BIS에 민감한 학생 17명, SL-BAS에 민감한 학생 15명의 시선추적 자료가 사용되었다. 본 논문의 이후 서술에서는 SL-BIS에 민감한 학생 즉, 과학학습에 기피성향을 보이는 학생 집단을 SL-BIS그룹, SL-BAS에 민감한 학생 즉, 과학학습에 접근성향을 보이는 학생 집단을 SL-BAS그룹으로 명명한다. 아울러 본 연구는 학생을 대상으로 하는 연구이므로 H대학교 생명윤리심의 위원회의 승인을 받아 진행되었다.

2. 관찰과제 제작

본 연구에서는 모니터 형태의 Eye-Tracker(Tobii 1750)를 사용하여 시선 추적을 실시하고자 하였다. 따라서 관찰 과제는 실제의 실험 장면을 촬영한 동영상으로 제시하여 학생들이 화면을 통하여 이를 관찰할 때 나타나는 학생들의 시선이동을 분석하였다. 관찰 과제는 너무 많은 데이터가 제공되면 분석이 오히려 어려워진다는 아이트래킹 연구의 제한점(Hyönä, 2010)에 따라 실험 과제를 선정할 때에는 화면의 전환이나 이동이 적은 실험 과제를 선정하여 가장 적합한 조건에 맞게 촬영 제작하고자 하였다.






연구 대상인 초등학교 6학년 학생들의 발달수준을 고려하고자 초등학교 6학년 2학기 4단원 ‘연소와 소화’ 단원과 관계가 있는 실험 상황을 선정하였고, 사전 지식의 영향(van Gog et al., 2005)을 최소화하기 위하여 교과서에 제시되어 있지 않아 학생들에게는 생소한 독립변인(컵을 덮기까지 걸리는 시간)의 조작을 통한 비교 관찰 실험을 선정하였다.

관찰 과제 영상의 내용은 Table 2와 같이 크게 4단

Table 1
Table of analytical criterion of a standardized grade for SL-BIS/BAS

지역 별	학년	성별	SL-BIS		SL-BAS			SL-BIS	SL-BAS
			LA (학습불안)	RA (관계불안)	RR (보상민감성)	CS (도전추구)	FS (흥미추구)		
대 도 시	초6	남자	13.3830	7.5532	30.3404	13.1809	30.6596	20.94	74.18
		여자	14.7108	7.9880	30.7711	13.4819	29.4458	22.70	73.70
		합계	14.0056	7.7571	30.5424	13.3220	30.0904	21.76	73.95

Table 2
Scenes for each situation of observation task experiment movie

Segment	1	2	3	4	
	오른쪽 컵을 덮는 과정	오른쪽 컵이 덮인 상태	왼쪽 컵을 덮는 과정	변화 중(4-1)	변화 종료(4-2)
Scene					

계로 나눌 수 있다. 화면의 좌우에 색소물이 담긴 두 개의 페트리 접시 위 각각에 초가 세워져 있다. 먼저, 불이 켜져 있는 두 촛불 중 오른쪽 초에 먼저 유리컵을 덮는다. 다음 오른쪽 초에만 유리컵을 덮은 상태로 잠시 둔다. 세 번째, 시간 차이를 두어 이번에는 왼쪽 초에 유리컵을 덮는다. 네 번째는 왼쪽과 오른쪽 양쪽의 초를 유리컵이 덮은 상태로 둔다. 컵을 덮으면 초는 서서히 꺼지고 색소물은 컵 안으로 빨려 들어간다. 늦게 덮은 왼쪽 초의 색소물이 오른쪽보다 더 높이 올라온다. 네 번째 상황은 이러한 변화가 일어나는 상황과 모든 변화가 종료된 상황으로 다시 나누어 볼 수 있다.

요컨대, 화면의 이동이 일어나지 않는 상황에서 두 촛불에 컵을 덮기까지 걸리는 시간 차이에 따라 일어나는 변화를 관찰하는 실험을 제시하였다. 또한 본 실험은 시각 관찰로 상황을 한정지으므로 소리나 텍스트 자막은 사용하지 않았다. 촬영된 동영상은 재생시간 29초이며, 장비와의 최적화를 위하여 동영상 파일은 1024 768의 해상도로 변환하였다. 본 관찰 과제를 선정하여 제작한 결과에 대한 타당도는 과학교육전문가 3인이 동석한 3차례의 세미나를 통하여 확인 받았으며, 그 과정에서 학생 3인을 대상으로 소규모 사전 투입을 실시하고 그를 결과를 바탕으로 수정 보완하여 최종 관찰 과제를 결정하게 되었다.

3. 과제 패러다임 개발

선정된 관찰 과제를 Eye-Tracker를 통하여 피험자에게 제시하기 위하여 Eye-Tracker 전문가 1인, 과학교육전문가 2인과 함께 세미나를 통하여 과제 패러다임을 개발하였다. 개발된 패러다임은 다음과 같다. Calibration을 마친 다음 본 실험이 시작되면, 제일 먼저 설문(Questionnaire)이 제시된다. 여기에서 학습자 그룹을 SL-BIS와 SL-BAS로 나누기 위한 정보를 입력하게 된다. 그러나 학생들이 자신의 정보를 넣는 것에 반응하지 않도록 하기 위하여 설문 문항에서는 전체 용어를 사용하지 않고 I와 A로 제시하였으며 이 과정에서의 마우스 조작은 안내 교사가 하였다.

마우스 클릭으로 화면이 넘어가면 지시문(Instruction)이 나타난다. 지시문의 내용은 ‘촛불의 변화를 보시오.’ 등과 같이 특별히 관찰할 내용을 미리 지시문을 통해 언급하는 것은 피하고자 ‘다음 실험을 관찰하여 보세요.’로 하였다. 지시문이 3초 동안 제시된 후 다음 화면으로 넘어가며 마우스나 키보드의 조작 없이 실험 동영상이 재생된다(29초). 실험 상황이 끝나면 ‘감사합니다.’라는 지시문이 2초 나타나고 측정이 끝나도록 Figure 1과 같이 구성하였다.



Fig. 1 Task paradigm

4. 자료 수집

자료 수집을 위하여 아이트래킹 하드웨어는 Tobii 1750, 측정 소프트웨어는 Tobii studio 2.2.8.을 사용하였다. 본 장비의 frame rate는 50 Hz로, 양안의 측정(Binocular tracking)이 가능한 장비이다. Calibration은 화면상의 9개의 위치를 이동하는 점을 통하여 이루어져 20초 정도 소요되며, 처음에 한 번만 최적화하여 두번 측정이 끝날 때까지 유효하다.

Tobii 1750은 17인치 TFT 모니터 형태이므로 컴퓨터 화면을 보는 상황에서 시선이동의 측정이 이루어졌다. 머리 움직임의 오차 보정이 가능(1degree)하고, 머리가 자유롭게 움직일 수 있으므로(30×16×20 cm at 60 cm from tracker) 별도의 장치 착용에 의한 이물감 없이 제시되는 관찰 과제들을 보는 동안 연구 참여자의 시선이동 추적이 가능하다.

측정은 시선이동에 영향을 미칠 수 있는 주변의 소음이 차단된 곳에서 준비 장소와 측정 장소를 분리하였다. 준비 장소에서는 시선추적을 실시 전 대상 학생들에게 시선추적 과정 및 주의 사항을 안내해 주었으며, calibration에 대한 사전 설명 및 연습, 예비과제를 제시하여 장비에 대한 적응을 도왔다. 측정 장소에는 calibration 상태 유지를 위해 움직임을 최소화할 수 있는 바퀴가 없는 의자를 사용했다. 학생이 모니터 앞에 앉으면 안내 교사는 옆에서 Figure 2a와 같은 화면에 나타나는 start calibration 상태를 확인하며 학생이 앉은 의자로 눈의 높낮이와 화면으로부터의 거리(60 cm)가 최적화되도록 도왔다(Figure 2b). 준비 및 측정 장소에서 안내 교사가 연구 참여자에게 제공하는 설명은 사전에 작성한 시나리오를 통하여 이루어져 다수의 연구 참여자 간의 실험 조건을 일치시

키고자 하였다.

Calibration이 제대로 이루어지지 못한 경우에는 재시도하였으며 calibration을 통과한 후에 개발한 관찰 과제 패러다임(Fig 1)을 제시하였다. 이와 같은 과정의 Eye-Tracker에 의한 온라인 데이터 수집 후에는 이를 보완하고자 오프라인 데이터로서 인터뷰를 실시하고, 이를 녹화하여 자료를 수집하였다. 인터뷰는 기억의 지연을 최소화하기 위하여 과제 수행 직후, 그 자리에서 바로 실시되었으며 '무엇을 보았는가?', '왜 그러한 현상이 일어났다고 생각하는가?'를 질문하였다.

5. 자료 분석

과학학습 동기체계에 따른 시선이동에서의 차이를 확인하기 위하여 자료의 분석은 크게 Eye-Tracker 분석 프로그램인 Tobii 3.1.3.와 통계 프로그램인 SPSS 18.0 두 가지를 이용하여 실시하였다. Tobii 3.1.3.을 통하여 fixation count, fixation duration 등 시선이동에 대한 수량적 데이터와 피험자의 시선이동에 대한 시각적 데이터(Visualizing Eye Tracking Data)로는 heat map, gaze plot, cluster 등의 질적 데이터를 얻을 수 있다. 또한, SPSS 18.0을 이용하여 양적 데이터로 얻은 값이 피험자의 과학학습 동기체계에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 나타내는지를 확인하여 연구 결과의 신뢰성을 확보하기 위해 독립표본 T검증을 실시하였다.

시선이동은 한 지점에 시선이 고정되는 'fixation'과 한 지점에서 다른 지점으로 순간적으로 건너뛰는 'saccade', 중간에 위치한 개체를 살펴봄에 연속적으로 움직이는 'pursuit'로 나뉜다. 하지만, 본 연구에

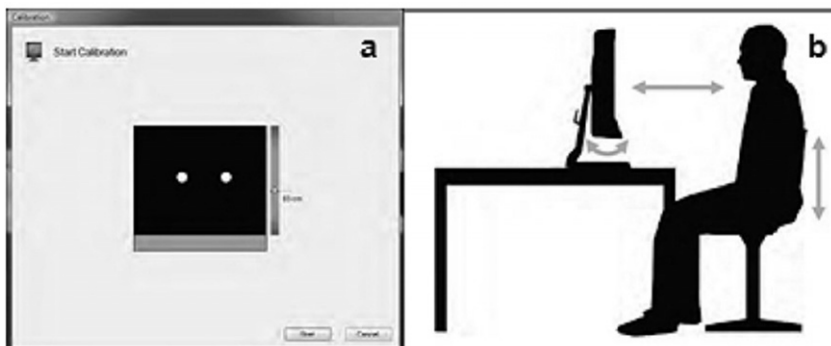


Fig. 2 Calibration

사용한 동영상 과제에는 물체의 연속적 이동이 거의 없었으며, 컵의 이동의 경우에도 이를 따라가는 시선 이동이 나타나지 않았다. Kahneman(1973)은 두 fixation 사이에서의 움직임은 움직이고 있는 물체를 눈으로 따라가는 경우에 발생하는 현상인 pursuit를 제외한 나머지 모든 경우는 순간적인 saccade의 성격을 띠고 하였으므로, 본 연구에서는 시선이동을 fixation과 saccade 두 가지로 나누어 분석하였다.

Fixation은 시각적인 정보를 수집하기 위하여 시선이 머무르는 순간으로(Rayner, 1998), fixation duration은 일반적인 밀리세컨드(ms: 1/1000초)로 측정하고, 이는 시선이 고정된 시간의 양을 나타낸다. Saccade 동안에는 시선이동의 속도 때문에 어떠한 물체를 보았다고 할지라도 그에 대한 시각적 정보를 인지할 수 없으므로(Rayner, 1998) 그 시간의 양은 사물을 유의미하게 바라본 것으로 계산하지 않는다.

본 연구에서는 fixation의 기준을 정하고자 Velocity-Threshold Identification (I-VT) filter 알고리즘을 사용하였다(Salvucci & Goldberg, 2000). 안구는 fixation 상태일지라도 완전히 정지하여 있는 것이 아니며 미세하게 떨린다. 따라서 안구의 움직임을 fixation 상태에서의 떨림이 Saccade인지를 구별하기 위하여 이러한 30°/s를 기준으로 그보다 작은 움직임은 fixation으로, 그보다 큰 움직임은 saccade로 정하기로 한다. McConkie 등(1985)은 시각령에서 현재의 시간적 정보가 이용 가능해지기 전에 60 ms가 필요하고, 눈이 움직이도록 하는 지시가 보내졌을 때부터 saccade가 시작하기까지 30 ms가 소요됨을 보고하였다. 따라서 본 관찰 과제가 동영상인 점을 고려하여 Robert 등(2006)의 연구와 같이 100 ms를 fixation 최소 설정 기준(minimum fixation duration)으로 잡았다.

과학학습 동기체계에 따른 전체 시선고정 횟수 · 지속시간 분석(연구문제 1)에서는 전체 실험 장면에 대한 관찰 상황을 분석하기 위하여 Area of Interest(AOI)는 전체 화면으로, 분석구간(segment)은 실험 동영상 총 재생시간으로 설정하였다. 또한 주의투여 요소(변화) 유무에 따른 시선고정 분포 분석(연구문제 2)을 위하여 AOI는 전체 화면으로, 분석구간은 segment 4-1, 4-2로 설정하였으며 실험과 관련되지 않은 구인에 대한 시선 고정 분포 분석(연구문제 3)에서는 AOI를 오른쪽 초와 컵, 왼쪽 초, 왼쪽 컵으로 설정하여 양적 데이터를 구하였고, 구간은 segment 1부터 2까지를 연속적으로 설정하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 과학학습 동기체계에 따른 전체 시선고정 횟수 · 지속시간 분석

과학학습 동기체계에 따른 SL-BIS그룹과 SL-BAS그룹의 행동 특성이 시각적 주의투여에 반영되어 시선이동에서 어떠한 차이를 나타내는지 확인하기 위하여 세 가지 양적 데이터(total fixation duration, fixation count, mean fixation duration)를 분석하였다. 그 결과, Table 3과 같이 SL-BIS그룹과 SL-BAS그룹 간에 유의미한 차이를 확인할 수 있었다.

Total fixation duration의 경우, 총 측정시간 즉 관찰 동영상 재생시간이 29초로 동일하게 주어졌음에도 불구하고 SL-BIS그룹은 약 20.3초로 SL-BAS그룹의 23.3초보다 유의미하게 짧게 나타났다($p < .05$). 또한 fixation count에서도 SL-BIS그룹의 총 fixation count는 60.3로 SL-BAS그룹의 52.7보다 관찰과제에 대한 fixation이 유의미하게 더 많았다

Table 3

Independent samples' T-test results about total fixation duration, fixation count, mean fixation duration for SL-BIS and SL-BAS groups

	SL-BIS그룹	SL-BAS그룹	유의확률 (양쪽)	Cohen's d
Total fixation duration	20.2606	23.3240	0.042*	0.77
Fixation count	60.2941	52.6667	0.022*	0.86
Mean fixation duration	0.3371	0.4540	0.000*	1.46

* $p < .05$

($p < .05$). 그 결과 mean fixation duration(시선고정 당 지속시간)은 SL-BIS그룹이 SL-BAS그룹보다 짧게 나타나고 SL-BAS그룹의 시선고정 당 지속시간이 유의미하게 길다는 것이 매우 명확하게 드러났다 ($p < .05$).

통계적으로 유의하게 나온 세 값의 실제적 유의도는 Cohen's d 값으로 계산하였다. Cohen's d 값이 0.5인 경우 중간 정도의, 0.8인 경우 매우 큰 정도의 실제적 효과 크기(effect size)를 보인다는 점을 생각해 보았을 때, 세 결과 모두 0.77, 0.86, 1.46으로 매우 효과가 있는 유의미한 값으로 나타났음을 확인할 수 있었다.

시선이동이 fixation과 saccade로 이루어진다고 보았을 때, 이러한 결과는 SL-BIS그룹이 SL-BAS그룹에 비해 총 측정시간에서 fixation에 대한 saccade의 비율이 상대적으로 더 높다는 것을 의미한다. 또한 SL-BAS그룹에 비해 유의미하게 많은 SL-BIS그룹의 fixation count를 통해 새로운 지점에 시선고정이 빈번히 일어나며 이 과정에서 saccade가 나타났을 것임을 알 수 있었다. 결과적으로 SL-BAS그룹이 SL-BIS그룹보다 관찰과제에 더 주의집중하며 사고하고자 하는 노력을 기울였기 때문에 SL-BIS그룹에 비해 SL-BAS그룹의 시선고정 당 지속시간이 매우 유의미하게 길게 나타났다고 해석할 수 있다.

이렇듯 SL-BIS그룹의 시선고정 당 지속시간이 유의미하게 짧다는 결과는 임성만 등(2011)에서 SL-BIS그룹이 과학학습 상황에서 주의가 산만하고 한 곳에 집중하지 못한다는 결과와 함께 생각해 볼 부분이며 학습 동기가 결여된 학생들이 학습에 몰입하지 못한다는 이은주(2001)의 연구결과와 일치한다.

2. 주의투여 요소(변화) 유무에 따른 시선고정 분포 분석

SL-BAS그룹과 SL-BIS그룹의 시각적 주의 투여에 의한 시선 고정 분포를 분석하기 위해 컵의 위치 변화 상황에 따라 segment를 나누고 heat map이라는 질적 데이터를 얻어 비교해 보았다. 그 중 변인인 변화에 의한 차이를 확인하기 위해 segment 4의 fixation에 대한 양적 데이터(fixation count, total fixation duration, mean fixation duration)를 조사하여 SPSS 18.0으로 통계 분석을 실시하였다.

Heat map은 시선이동 결과를 시각적으로 확인할 수 있는 질적 데이터로서 화면상의 각 지점에 누적된 fixation duration을 색 또는 음영으로 나타낸다. Table 5와 6에서는 한 지점에 누적된 fixation duration이 짧을수록 어둡고 길수록 밝은 흰색으로 진행되는 스펙트럼의 heat map으로 연구결과를 나타내었다. 각 과학학습 동기체계에 민감성이 특히 높게 나온 학생 각 3명을 대상으로 뽑아 이들의 데이터를 비교 분석하였다. 스펙트럼의 색 표시 스타일(fixation data style)은 각 구간별로 누적시간이 긴 그룹의 시간을 기준으로 SL-BIS그룹과 SL-BAS그룹을 동일하게 설정하여 음영으로 두 데이터의 지속시간을 비교할 수 있도록 하였다.

또한, 전체적으로 전체 실험 장면에 대한 관찰 상황을 분석하기 위하여 AOI는 전체 화면으로, segment는 컵의 위치변화를 기준으로 크게 네 개의 구간으로 분할하였으며, 네 번째 구간은 두 컵이 모두 덮인 상태에서 화면상에 변화가 일어나는 과정과 변화가 종료된 후로 다시 분할하여 살펴보았다.

이와 같이 설정하였을 때의 heat map 결과는 Table 4와 같다. 대부분의 구간에서 SL-BIS그룹보다 SL-BAS그룹에서 흰색이 더 넓은 부분에 더 밝게 나타났다. 이는 연구결과 1에서 밝힌 SL-BAS그룹의 fixation duration이 SL-BIS그룹에 비해 길다는 점을 시각적으로 분명히 확인할 수 있었다.

이 때, 상황에 따른 5가지 구간 중 특히 눈에 띄는 구간은 segment 4-1과 4-2이다. 이 구간은 둘 다 두 컵이 덮인 상황의 화면으로 segment 4-1은 촛불이 서서히 꺼지거나 물이 올라오는 등의 변화가 일어나는 상황이며, segment 4-2는 모든 변화가 종료된 이후의 상황이다. 이때의 heat map을 확대하여 나타낸 Table 5에서 살펴보면, segment 4-1에서는 SL-BAS그룹의 데이터와 마찬가지로 SL-BIS그룹의 데이터에서도 흰색의 분포가 선명하게 나타났다. 그러나 segment 4-2에서 SL-BAS그룹은 지속적으로 흰색의 분포가 선명하게 보이는 반면 SL-BIS그룹에서는 흰색의 분포가 사라지고 대신 밝고 어두운 회색의 분포를 나타내었다.

Heat map에서 나타난 이러한 차이는 정량적 데이터인 fixation count, total fixation duration, mean fixation duration를 통계 분석한 결과를 통해 더 자세히 확인할 수 있었다. Table 6의 결과와 같

Table 4
Heat maps of each situation for SL-BIS and SL-BAS groups




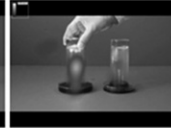
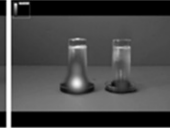
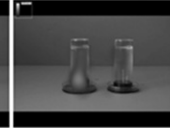
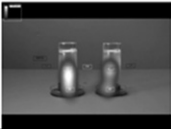

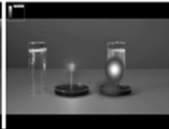
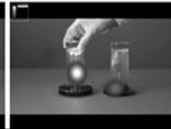
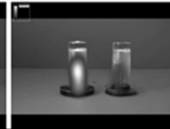
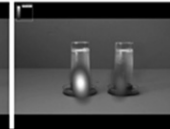
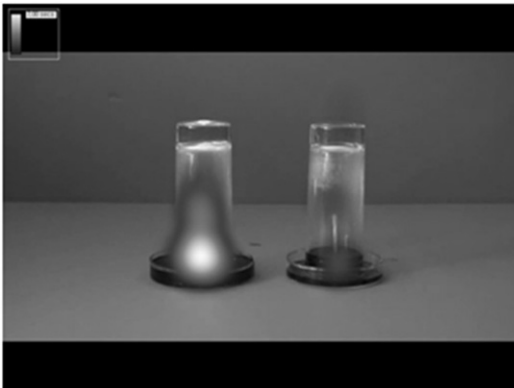
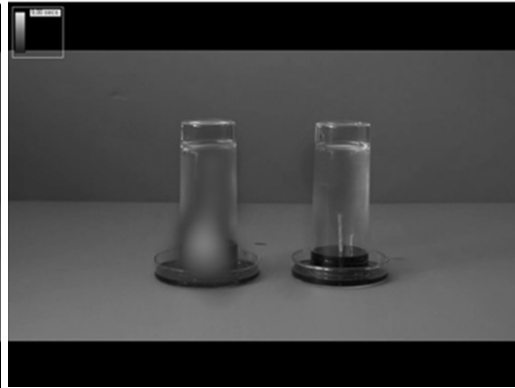


Segment	Total	1	2	3	4	
		오른쪽 컵을 덮는 과정	오른쪽 컵이 덮인 상태	왼쪽 컵을 덮는 과정	두 컵이 덮인 상태	
그룹					변화 중(4-1)	변화 종료(4-2)
SL-BIS 그룹						
SL-BAS 그룹						

Table 5
Heat map of segment 4 for SL-BIS and SL-BAS groups

Segment	4	
그룹	변화 중(4-1)	변화 종료(4-2)
SL-BIS 그룹		
SL-BAS 그룹		

이, segment 4-1에서는 SL-BIS그룹과 SL-BAS 그룹 간의 차이가 유의미하지 않았지만($p < .05$),

segment 4-2에서는 Table 7의 결과와 같이 total fixation duration, mean fixation duration에서

SL-BIS그룹과 SL-BAS그룹 간의 차이가 유의미하게 나타났다($p < .05$). 이 때, Cohen's d를 통하여 확인한 실제적 유의도 또한 6.07, 3.90으로 평균치 간의 효과 크기가 매우 크게 나타났다.

segment 4-1과 4-2의 가장 큰 차이는 촛불 및 물의 높이 변화의 유무이다. 이는 시각적 주의 투여를 이끄는 요소 중 하나인 '변화(움직임)'로 설명될 수 있다. 시각적 주의투여는 그 원인에 따라 상향식 주의투여(bottom-up)와 하향식 주의투여(top-down)로 나눌 수 있다. 상향식 주의투여는 매체가 가지는 자극적 속성에 의해 주위가 유인되는 것을 말하고, 하향식 주의투여는 동기, 필요, 선호와 같은 관찰자의 내재적 요인에 의하여 능동적으로 기울이는 주의투여이다. Mowen(1995)은 자극의 '크기', '색', '대조', '특이함', '움직임'을 상향식 주의투여를 이끄는 요소로 제시하였다. 또한, Wickens와 Hollands(1999)는 '크기', '명도', '색', '특이함', '위치', '변화'를 주의를 유발하는 주된 요인으로 제시하였다. Mowen(1995)이 언급한 '움직임'은 자극의 외형이 역동적이어서 지속적으로 새로운 정보가 생성됨을 의미하며, Wickens와 Hollands(1999)의 '변화'란 정보가 고정되어 있지

않고 지속적으로 새로운 정보가 만들어 지는 것을 의미하는 것으로 두 개념은 상통한다(김태용, 2008).

즉, 상향식 주의를 이끄는 요소인 '변화'가 있는 경우에는 SL-BIS그룹도 SL-BAS그룹과 크게 다르지 않게 집중하여 관찰을 하는 모습이 보였으나 상향식 주의를 이끄는 요소인 '변화'가 없을 때에는 하향식 주의투여 요소인 관찰자의 내재적 요인 즉 과학학습 동기체계의 영향을 받았다고 생각할 수 있다. 다시 말해, segment 4-2에서 SL-BIS그룹은 흥미를 잃고 짧은 시선고정 지속시간을 보이는 반면, SL-BAS그룹은 변화가 종료된 후에도 시선고정을 지속하며 관찰 상황에 집중한다는 점을 알 수 있었다.

3. 실험과 관련되지 않은 구인에 대한 시선 고정 분포 분석

연구결과 2에서는 주의투여요소 중 하나인 변화 유무에 의한 과학학습 동기체계별 학생들의 시선이동 특성의 차이를 확인할 수 있었다. 그러나 분석 과정에서 실험 구인에 따라서도 시선이동 특성에 차이가 나타나는 것을 볼 수 있었다. 이에 각 동기체계별로 실

Table 6

Independent samples' T-test results about total fixation duration, fixation count, mean fixation duration of segment 4-1 for SL-BIS and SL-BAS groups

Segment	SL-BIS그룹	SL-BAS그룹	유의확률 (양쪽)
4-1	Total fixation duration	.3633	.4733
	Fixation count	15.3333	13.0000
	Mean fixation duration	5.2967	5.8800

* $p < .05$

Table 7

Independent samples' T-test results about total fixation duration, fixation count, mean fixation duration of segment 4-2 for SL-BIS and SL-BAS groups

Segment	SL-BIS 그룹	SL-BAS 그룹	유의확률 (양쪽)	Cohen's d**	
4-2	Total fixation duration	.2600	.4433	0.002*	6.07
	Fixation count	23.6667	19.0000	.057	
	Mean fixation duration	6.2200	8.3967	0.009*	3.90

* $p < .05$

** Cohen's d was analyzed for only statistically meaningful data.

험과 관련되지 않은 구인에 대한 시선고정 분포를 확 인함으로써 실험 상황에서의 학생들의 실험과 관련된 부분과 관련되지 않은 부분에서 학생들의 어떠한 시 선이동을 보이는지를 파악해 보고자 하였다. 이를 위 하여 각 과학학습 동기체계에 특히 민감성을 보인 학 생을 세 명씩을 선정하고, 실험에 참여하는 중요도가 다른 구인에 대한 그들의 gaze plot을 Table 8과 같 이 구간별로 나타내 보았다.

Gaze plot은 피험자의 시선이동을 시각적으로 한 눈에 알아 볼 수 있도록 보여주는 질적 데이터로서 fixation duration은 원의 크기로, 시선이동을 나타 내는 saccade는 선의 형태로 나타낸다. 분석 결과, Table 8과 같이 주목할 만한 구간은 segment 1과 2 였다. SL-BIS그룹은 왼쪽의 컵에 시선고정을 보인 반면, SL-BAS그룹은 왼쪽의 컵에는 거의 시선고정 이 일어나지 않았으며 대신 왼쪽의 초에 시선고정을 나타내는 원이 여러 개 나타났다.

관찰 과제로 제시된 동영상은 두 촛불에 컵을 덮기 까지 걸리는 시간 차이에 따라 일어나는 변화를 관찰 하는 실험이다. 학생들은 연소와 소화라는 단원의 학 습 중에 있으며 이 실험에서의 핵심 관찰 요소가 초의 변화라는 사실을 암묵적으로 인지하고 있는 상태라고 볼 수 있다. 따라서 먼저 오른쪽 컵을 덮는 과정 (segment 1), 오른쪽 컵이 덮인 상태(segment 2)의 구간에서 왼쪽 컵은 아직 실험에 참여하지 않으므로 중요하게 관련되지 않은 구인으로 볼 수 있고 이에 반 해, 왼쪽 초는 상대적으로 중요한 비교 대상이 된다. 따라서 시각적 데이터인 gaze plot를 살펴봄으로써 이 구인들에 대하여 피험자들이 어떠한 시선이동을

보였는지 과학학습 동기체계에 따른 시선이동의 대상 을 확인할 수 있었다.

이 segment 1과 2에 대하여 전체 SL-BIS그룹의 학생 17명과 SL-BAS그룹의 학생 15명의 데이터를 통해 나타낸 gaze plot은 Table 9와 같이 나타났다. 세 명의 데이터(Table 8)에서 보인 모습과 같이 왼쪽 컵에 대하여 SL-BIS 그룹에서는 시선고정이 꽤 빈번 히 나타났으나, SL-BAS그룹에서는 거의 나타나지 않았다.

시선고정의 분포와 피험자들 간의 비율을 알아볼 수 있는 또 다른 데이터인cluster를 통하여 살펴본 결 과(distance threshold를 115pixel로 설정), SL-BIS그룹과 SL-BAS그룹 간의 차이는 더욱 분명하게 나타났다. 변화가 일어난 오른쪽 초와 컵 부분은 두 그룹의 피험자 모두 보았기에 양 쪽 모두 100%의 결 과가 나타났다. 그러나 실험에 중요하게 관련되지 않 는 구인인 왼쪽의 컵에 대하여 SL-BIS그룹은 피험자 의 71%가 시선고정을 하지만, SL-BAS그룹은 cluster가 아예 설정되지 못했다. 또한, 비교 대상인 왼쪽의 초에 대하여는 SL-BAS그룹에서는 100%의 피험자가 모두 시선을 고정하였지만, SL-BIS그룹에 서는 82%의 피험자만이 시선을 고정하였다. 이러한 결과를 통하여 과학학습 동기체계에 따른 구인 별 시 선고정 분포에 차이가 있음을 알 수 있었다.

Rommelse 등(2008)은 아이트래킹을 통하면 피험 자가 관심을 가지고 본 지점의 대상을 확인할 수 있으 며, 그 결과 해석을 통하여 피험자는 어떤 요소에 관 심을 가지며, 어떻게 인지하는지에 대한 정보를 알 수 있다고 하였다.

Table 8
Gaze plots of each situation for SL-BIS and SL-BAS groups (3 participants for each group)

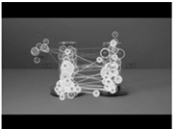


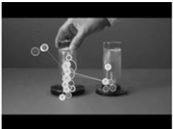

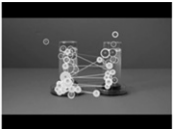
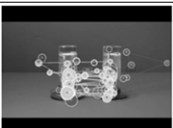



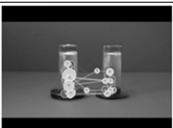
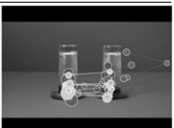
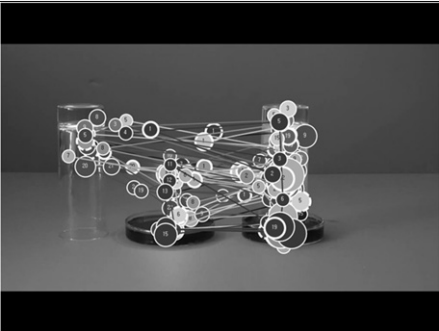
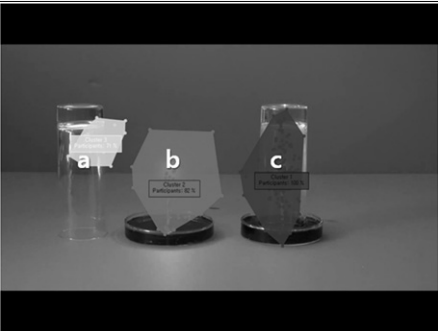
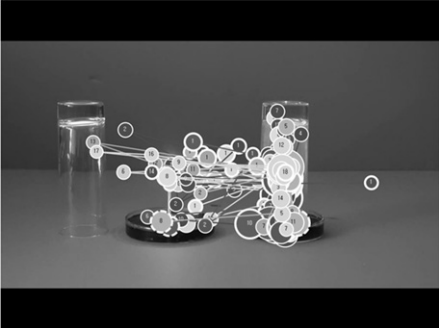
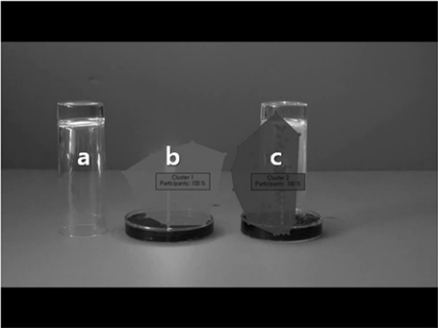
Segment 그룹	Total	1	2	3	4	
		오른쪽 컵을 덮는 과정	오른쪽 컵이 덮인 상태	왼쪽 컵을 덮는 과정	두 컵이 덮인 상태 변화 중(4-1)	변화 종료(4-2)
SL-BIS (3명)						
SL-BAS (3명)						

Table 9
Gaze plots and clusters of segment 1 & 2 for SL-BIS and SL-BAS groups(all participants)

Group	Data	Gaze plot	Cluster	
			Image	Participants ¹⁾
SL-BIS (17)				(a) ²⁾ : 71% (b) : 82% (c) : 100%
SL-BAS (15)				(a) ²⁾ : - (b) : 100% (c) : 100%

1) ratio between participants with fixation at each cluster and all participants

2) (a): left cup, (b): left candle, (c): right cup & candle

즉, 본 실험 결과를 통하여 SL-BIS그룹은 대부분의 학생이 실험에 중요하게 관련되지 않은 구인에 시선을 빼앗기는 모습을 보였으며, 그 과정에서 일부는 비교 대상과 같은 의미 있는 구인에는 시선고정을 하지 않는 등 관찰 상황에서 집중도가 떨어지는 모습을 나타냄을 알 수 있었다. 그러나 SL-BAS그룹은 상대적으로 실험에 중요하지 않은 구인에 시선을 고정하기보다는 비교 대상인 왼쪽 초를 오른쪽 초와 함께 번갈아 보며 적극적으로 현상의 의미를 찾고자 하는 관찰 상황에서의 시선이동 특성을 보인다는 점을 확인하였다.

4. SL-BIS/BAS와 시선이동 특성

앞의 세 연구결과를 통하여 과학학습 동기체계에 따른 시선이동의 특성을 논의할 수 있다. 먼저 SL-BIS그룹의 경우, 연구결과 1에서 SL-BAS그룹에 비

해 유의미하게 fixation 시간은 더 짧고 saccade에 소요한 시간은 더 길게 나타났다. 본 실험 상황이 주변인들과의 상호작용이 없는 관찰 상황이었다는 점을 생각해 보았을 때 임성만(2010)이 SL-BIS의 두 가지 하위요소로 제시한 ‘학습불안’과 ‘관계불안’ 중 관계불안 보다는 ‘학습불안(Learning Anxiety)’과 관계된다고 볼 수 있다.

또한 연구결과 3에서 SL-BIS그룹은 SL-BAS그룹과는 달리 실험에 참여하지 않은 구인에도 시선을 두는 모습이 눈에 띄게 나타났다. SL-BIS그룹이 실험에 관여하지 않는 구인에 시선고정을 보인 모습은 아직은 사용되지 않는 실험도구일지라도 화면에 제시되므로 그 실험기구가 무엇인지 언제 사용될지 살펴보고 놓치지 않고자 하는 불안한 시선고정을 보인 것이라고 해석할 수 있다.

SL-BAS그룹은 연구결과 2에서 주의투여를 이끄는 변화 자극이 없는 상황에서도 끈기 있게 상황에 주

의를 기울이는 시선 고정을 보였다. SL-BAS그룹의 시선이동 결과는 ‘구체적인 질문을 많이 함’의 주제인 ‘실험하고 있는 과정이 맞는 것인지 확인함’, ‘실험에 대한 도전정신’의 ‘다른 조의 성공한 실험을 보고 싶은 마음이 들었지만 참고 실험에 집중함’, ‘실험이 잘 되지 않을 때 포기하고 싶은 마음이 들기도 하였지만 그래도 꼭 성공하고 싶은 마음이 들’ 등의 주제묶음과 관련된다(임성만 등, 2012). 이는 임성만(2010)에 따른 SL-BAS의 하위 요소 중 ‘도전추구(challenge seeking)’와 관련지을 수 있다. 또한 본 연구에서 아이트래킹 측정 이후 학생(피험자)들에게 실시한 면담 결과, 주어진 과제의 실험을 전에 접해보았거나, 실험 결과로 나타난 현상에 대한 원인을 미리 알고 있었던 학생은 없었다는 점에서 주어진 과제는 학생들에게 새로운 실험이었다. 따라서 변화가 종료된 상황에서도 실험과 관련된 변인들을 탐색하는 시선이동은 새로운 실험에서 그러한 결과가 어떻게 왜 일어났는지에 대한 답을 찾고자 탐구하는 과정을 반영한다고 해석할 수 있고 이는 새로운 과제에 적극적으로 도전하는 SL-BAS그룹의 행동특성을 보여준다.

연구결과 3에서 SL-BAS그룹은 실험과 관련되지 않은 구인에 시선을 빼앗기기 보다는 실험과 직접적인 관련이 있는 구인들에 집중하는 모습을 보였다. Csikszentmihalyi(1975)는 어떤 활동에 집중할 때 일어나는 최적의 심리현상을 몰입이라고 정의하였다. 이러한 몰입은 박성익과 김연경(2006)은 학습자가 학습과정에 즐겁게 탐색적인 몰두와 집중을 하면서 자신의 정체성을 유지하고 통제하는 심리상태이기 때문에 그 자체로서 즐거움이라고 하였다. 따라서 SL-BAS그룹이 실험과 관련되지 않은 구인이 있음에도 불구하고 실험 관련 구인에만 지속적으로 집중할 수 있었던 것은 즐거움, 즉 SL-BAS의 하위요소 중 ‘흥미추구’로 설명할 수 있다(임성만, 2010).

또한 연구결과 3에서 SL-BAS그룹이 SL-BIS그룹에 비해 실험관련 구인에 시선을 집중한다는 결과를 통해 양일호 등(2013a)의 SL-BAS그룹은 SL-BIS그룹보다 과학학습에 대한 흥미도가 유의미하게 높게 나타난다는 연구결과를 실증적으로도 확인할 수 있었다.

IV. 결론 및 교육적 함의

본 연구에서는 관찰 상황에서 초등학생들의 과학학

습 동기체계(SL-BIS/BAS)에 따른 시선이동 특성을 알아보았다. 연구결과를 통해 결론을 내리면 첫째, 실험을 관찰하는 과학학습 상황에서 SL-BIS그룹은 전반적으로 한 곳에 오래 집중하지 못하는 산만한 시선이동을 보였다. 즉, 인지와 연결되지 못하는 시선이동인 saccade가 빈번하고 fixation이 보다 지속적이지 못하여, 상황을 살피고는 있지만 한 곳에 집중하지 못하고 불안해하는 모습이 나타났다. 반면에 SL-BAS그룹은 보다 지속적인 fixation을 보여, 현상을 인지하고 사고하고자 하는 노력하는 적극적인 행동특성을 가짐을 알 수 있었다.

둘째, 관찰 상황에 상향식 주의투여를 이끄는 자극 요인인 변화가 일어나는 상황에서는 동기체계에 따른 행동특성에 큰 차이가 드러나지 않았지만, 변화 자극이 멈춘 상황에서는 개인의 내적 요인, 즉 동기체계별 시선이동의 차이를 확인할 수 있었다. 촛불이 꺼지고 물의 높이가 높아지는 변화가 일어나는 구간의 경우 SL-BIS그룹과 SL-BAS그룹의 시선고정 분포는 유의미한 차이를 보이지 않았지만, 변화가 종료된 이후의 구간에서 SL-BIS그룹은 짧은 fixation duration을 보인 반면, SL-BAS그룹은 지속적으로 fixation을 유지하며 관찰 상황에 집중한다는 점을 알 수 있었다. 이렇게 변화가 멈춘 상황에서 SL-BAS그룹의 fixation duration이 SL-BIS그룹에 비하여 유의미하게 길다는 것은 SL-BAS그룹의 주의를 이끄는 자극요인이 사라져도 흥미를 잃지 않고 관찰활동에서 의문점을 해결하고자 적극적인 자세로 참여하는 도전추구 성향에 의한 행동특성으로 해석할 수 있다.

셋째, 실험에 참여하지 않는 구인이 있는 상황에서 SL-BIS그룹은 그 구인에 시선을 빼앗기는 시선고정을 보이는 반면, SL-BAS그룹은 실험에 참여하지 않는 구인에 관심을 두기보다 비교 관찰 대상을 번갈아 살피며 변화에 따른 차이를 관찰하는 데 더 집중하였다. 즉 SL-BIS그룹의 학습불안 성향과 SL-BAS그룹의 흥미추구 성향이 학생의 시선이동에 어떠한 영향을 미치는지 알 수 있었다.

임성만(2010)에 따르면 과학학습 동기체계는 학생들의 기질적인 특성에 해당한다. 즉, 이러한 학습자의 동기체계는 급격히 변하기는 어렵지만 교사의 적절한 교육적 처치를 통하여 서서히 변화 유도할 수 있다는 것이다. 따라서 관찰 상황에서 과학학습 동기체계별 민감성에 따른 초등학생의 시선이동 특징을 확인한

본 연구의 결과는 학습자의 특성에 맞는 학습처치를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 교사가 학습자들의 과학학습에 대한 동기체계를 파악하고 있다면, SL-BIS 학습자들에게는 관찰 상황에서 불필요하게 나타나는 saccade를 줄이기 위하여 사전에 관찰 관점에 대한 체계적인 안내를 해 주기, 학습 불안을 야기하며 시선을 빼앗길 수 있는 실험 외의 구인 제거하기, 집중할 필요가 있을 상황에는 변화 등 방향성 주의 투여를 이끌 수 있는 요소 제공하기 등 과학학습에서의 성공 경험을 가질 수 있도록 돕는 교육적 처치를 제공함으로써 과학학습에 대한 부정적인 인식을 바꾸어 줄 수 있을 것이다. 또한 SL-BAS 그룹의 학습자들에게는 그들의 과학학습에 대한 흥미와 도전 추구 특성을 충족시킬 수 있는 다양하고, 보다 수준 높은 학습을 구성하도록 도울 수 있을 것이다.

국문 요약

이 연구의 목적은 관찰 상황에서 초등학생들의 과학학습 동기체계(SL-BIS/BAS; 과학학습 행동억제체계/행동활성화체계)에 따른 행동 특성을 알아보고자 하는 것이다. 이를 위해 신경생리학적 연구 방법 중 하나인 시선추적장치(Eye-Tracker)를 이용한 연구를 하였다.

이 연구의 결과는 다음과 같다. 첫째, SL-BIS에 민감한 학생의 경우 관찰 과제에 대한 총 시선고정 지속 시간이 SL-BAS에 민감한 학생보다 유의미하게 짧았으며($p < .05$), SL-BIS에 민감한 학생은 관찰과제에 대한 새로운 시선고정이 더 빈번하게 일어나면서 총 시선고정 횟수가 SL-BAS에 민감한 학생보다 유의미하게 많았다. 또한, 시선고정 당 지속시간은 SL-BIS에 민감한 학생보다 SL-BAS에 민감한 학생이 유의미하게 더 길었다. 둘째, 학습과제에서 주의를 이끄는 자극 중 하나인 변화 상황별 시선고정의 분포의 경우, 변화가 일어나는 상황에서는 SL-BIS에 민감한 학생과 SL-BAS에 민감한 학생 사이의 시선고정에서 큰 차이가 나타나지 않았지만, 변화가 멈춘 상황에서는 SL-BIS에 민감한 학생에 비하여 SL-BAS에 민감한 학생의 시선고정 총 지속시간과 시선고정 당 지속시간이 유의미하게 길게 나타났다. 셋째, 실험 구인별 시선고정의 대상을 비교하였을 때 SL-BIS에 민감한 학생들은 실험에 중요하게 관련되지 않는 구인에서도

시선고정을 보인 반면, SL-BAS에 민감한 학생들은 실험과 관련된 구인에 시선을 고정하며 집중하는 경향을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 관찰 상황에서 학생들의 과학학습 동기체계에 따른 특성에 대한 이해를 바탕으로 학습자의 특성에 적합한 지도 계획을 수립하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- 권용주, 정진수, 박윤복, 강민정 (2003). 선언적 과학 지식의 생성 과정에 대한 과학철학적 연구: 귀납적, 귀추적, 연역적 과정을 중심으로. 한국과학교육학회, 23(3), 215-228.
- 김명희, 하정희, 차경희 (2006). 중학생들의 학습동기, 다중지능, 학습양식과 학업성취 및 학교 적응과의 관계. 열린교육연구, 14(3), 57-79.
- 김성운 (2013). 과학학습동기체계에 따른 초등학생들의 과학학습행동이론에 대한 기초 연구. 한국교원대학교 교육대학원 석사 학위 논문.
- 김소영, 변정호, 이일선, 권용주 (2012). 과학 학업성취도 문항 풀이에서 초등학생의 시선추적 연구. 학습자중심교과교육연구, 12(1), 65-78.
- 김정길, 김해경 (1991). 국민학교 학생들의 관찰능력에 관한 연구(I): 반성 화강암과 역암의 관찰에 대하여. 초등과학교육학회, 10(2), 175-182.
- 김태용 (2006). 신문만평 독자의 시선 움직임과 해독에 관한 연구. 한국언론학보, 50(3), 231-261.
- 김태용 (2008). 유명 여성모델이 등장하는 TV광고에 대한 시청자들의 시선이동. 광고학연구, 19(3), 103-115.
- 박명희, 박윤복, 권용주 (2005). 초등학생들의 어항 관찰 활동에서 나타나는 관찰의 유형과 그 변화. 초등과학교육, 24(4), 345-350.
- 박성익, 김연경 (2006). 온라인 학습에서 학습몰입요인, 몰입수준, 학업성취 간의 관련성 탐구. 열린교육연구, 14(1), 93-115.
- 변정호, 이일선, 권용주 (2011). 시선추적기(Eye-Tracker)를 활용한 시선집중 및 배분 교수행동 패턴의 컨설팅 사례연구. 학습자중심교과교육연구, 11(4), 173-199.
- 양일호, 심현섭, 임성만 (2013a). 초, 중, 고, 학생들의 과학학습 행동억제체계 및 행동활성화체계와 과학흥미도 조사 및 상관관계 분석. 대한지구과학교육학회지, 6(1), 40-49.

- 양일호, 이순주, 김은애, 이소리, 권석원 (2010). 인지양식에 따른 관찰 특성 분석 : MEG 연구. *한국과학교육학회지*, 30(8), 1097-1109.
- 양일호, 최현동, 정미연, 임성만 (2013b). 대학생의 인지양식에 따라 거미 관찰에서 나타나는 안구 운동의 차이: Heat map과 Gaze plot 분석을 중심으로. *과학교육연구지*, 37(1), 142-156.
- 이시훈, 정일형, 안주아, 김광협 (2011). 아이트래커를 활용한 성적 소구 광고의 소비자 시선이동과 광고효과. *광고연구*, 91, 432-457.
- 이윤정, 권만우, 이지연, 김재명 (2008). 시선추적장치를 이용한 형태지각에 관한 연구: 형태와 배경을 중심으로. *디지털디자인학연구*, 8(4), 229-237.
- 이은주 (2001). 몰입에 대한 학습동기와 인지전략의 관계. *교육심리연구*, 15(3), 199-216.
- 이재승, 신동훈 (2012). 안구 운동 추적을 통한 국어 교과서 단원 도입부 개선 방안 연구 II: 도입 질문과 말풍선 배치를 중심으로. *한국초등교육*, 23(3), 89-109.
- 임성만 (2010). 과학학습 행동억제체계 및 행동활성화체계에 대한 척도 개발. *한국교원대학교 대학원 박사 학위 논문*.
- 임성만, 강월미, 위수민, 양일호 (2012). 초등학교 2학년 학생들이 과학학습 상황에서 보이는 행동 특성; 과학 학습 동기체계에 관한 현상학적 연구. *한국과학교육학회지*, 32(4), 625-640.
- 정광희, 이정모 (2005). 지식유형과 인지양식이 글 요약과 이해에 미치는 영향. *인지과학*, 16(4), 271-285.
- 최민영 (2003). 사용자의 시각적 인지 특성에 기초한 시선 추적 분석 방법에 대한 연구; 제품 디자인을 위한 분석 프레임 개발을 중심으로. *Journal of Korean Society of Design Science*, 16(4), 271-285.
- 최현동, 신동훈 (2012). 과학 교과서의 표를 해석하는 초등교사들의 안구 운동 추적. *초등과학교육*, 31(3), 358-371.
- 태순영 (2012). 시선 추적 기법을 활용한 초등 수학 문장제 읽기 과정 분석. *서울교육대학교 교육대학원 석사 학위 논문*.
- Baken, P., & Svorad, D. (1969). Resting EEG alpha asymmetry of reflective lateral eye movements. *Nature*, 223, 975-976.
- Ballard, D. H., Hayoe, M. M., Pook, P. K., & Rao, R. P. N. (1997). Deictic codes for the embodiment of cognition. *Behavioral and Brain Science*, 20(4), 723-767.
- Carpenter, R. H. S. (1988). *Movements of the eyes*. London: Pion.
- Carver, C. S., & White, T. L. (1994). Behavioral inhibition, behavioral activation, and affective responses to impending reward and punishment: The BIS/BAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 67(2), 319-333.
- Csikszentmihalyi, M. (1975). Play and intrinsic rewards. *Journal of Humanistic Psychology*, 15(3), 41-63.
- Everlings, S., & Fischer, B. (1998). The antisaccade: A review of basic research and clinical studies. *Neuropsychologia*, 36, 885-899.
- Felder, R. M., & Soloman, B. A. (2001). Index of learning styles. Retrieved March 20, 2011, from <http://www.ncsu.edu/felder-public/ILSpage.html>
- Gable, S. L., Reis, H. T., & Elliot, A. J. (2000). Behavioral activation and inhibition in everyday life. *Journal of Personality and Social Psychology*, 78(6), 1135-1149.
- Glenstrup, A. J., & Engell-Nielsen, T. (1995). *Eye controlled media: Present and future state*. B. S. Dissertation, Copenhagen University.
- Gray, J. A. (1987). Perspectives on anxiety and impulsivity: A commentary. *Journal of Research in Personality*, 21(4), 493-509.
- Gray, J. A. (1994). Framework for a taxonomy of psychiatric disorder. In S. H. M. van Goozen, & Van de Poll, Nanne E. (Eds.), *Emotions: Essays on emotion theory*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. 29-59.
- Henderson, J. (2003). Human gaze control during real-world scene perception. *TRENDS in Cognitive Science*, 7(11), 498-504.
- Henderson, J. M., & Hollingworth, A. (1998). Eye movements during scene viewing: An overview. In Underwood, G. (Ed.), *Eye Guidance in Reading and Scene Perception*. Elsevier, Oxford, 269-294.
- Hodson, D. (1986). The nature of scientific observation. *Science Review*, 68(242), 17-29.
- Holsanova, J., Holmberg, N., & Holmqvist, K. (2009). Reading information graphics: The role of spatial contiguity and dual attentional guidance. *Applied Cognitive Psychology*, 23(9), 1215-1226.
- Hyöñä, J., & Niemi, P. (1990). Eye movements during repeated reading of a text. *Acta Psychologica*, 73(7), 259-280.
- Hyöñä, J. (2010). The use of eye movements in the study of multimedia learning. *Learning and Instruction*, 20(2), 172-176.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1976). Eye fixations and cognitive processes. *Cognitive Psychology*, 8(4), 441-480.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1980). A theory of reading: From eye fixations to comprehension. *Psychological Review*, 87(4), 329-354.

- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Martin, M. (1972). *Concepts of science education: A philosophical analysis keystone of education series*. London: Scott, Foresman and Company.
- McConkie, G. W., Underwood, N. R., Zola, D., & Wolverton, G. S. (1985) Some temporal characteristics of processing during reading, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11(2), 168-186.
- Mowen, J. C. (1995). *Consumer behavior*. EnglewoodCliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Norris, S. (1984). Defining observational competence. *Science Education*, 68(2), 129-142.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97-113.
- Pintrich, P. R., & Schunk, D. (2002). *Motivation in education: Theory, research, and applications* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124(3), 372-422.
- Robert, H. T., John, F. L., & Frederick, J. B. (2006). An exploration of the use of eye-gaze tracking to study problem-solving on standardized science assessment. *International Journal of Research & Method in Education*, 29(2), 185-208.
- Rommelse, N. N. J., Stigchel, S. V., & Sergeant, J. A. (2008). A review on eye movement studies in childhood and adolescent psychiatry. *Brain and Cognition*, 68(3), 391-414.
- Salvucci, D. D., & Goldberg, J. H. (2000). Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols. *Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research & Applications*, 71-78.
- She, H., & Chen, Y. (2009). The impact of multimedia effect on science learning: Evidence from eye movements. *Computers & Education*, 53(4), 1297-1307.
- Slykhuus, D., Wiebe, E., & Annetta, L. (2005). Eye-tracking students' attention to powerpoint photographs in a science education setting. *Journal of Science Education and Technology*, 14(5-6), 509-520.
- Smith, B. K., & Reiser, B. J. (2005). Explaining behavior through observational investigation and theory articulation. *Journal of the Learning Science*, 14(3), 315-360.
- van Gog, T., Paas, F., & Van Merriënboer, J. J. G. (2005). Uncovering expertise-related differences in troubleshooting performance: Combining eye movement and concurrent verbal protocol data. *Applied Cognitive Psychology*, 19(2), 205-221.
- van Gog, T., & Scheiter, K. (2010). Eye tracking as a tool to study and enhance multimedia learning. *Learning and Instruction*, 20(2), 95-99.
- Wickens, C. D., & Hollands, J. G. (1999). *Engineering psychology and human performance*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Yang, F. Y., Jien, W. R., & Chang, C. Y. (2012). Learning "Dinosaurs" with a multimedia presentation in the classroom environment: An eye-movement analysis. *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*.
- Yantis, S., & Egeth, H. E. (1999). On the distinction between visual salience and stimulus-driven attentional capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and performance*, 25(3), 661-676.