

# 초등과학영재와 일반 아동의 분류 과정에서 나타나는 안구 운동 패턴의 차이

최현동 · 신원섭 · 신동훈  
(서울교육대학교)

## Differences in Eye Movement Pattern during the Classification between the Gifted and General Students in Elementary Schools

Choi, Hyun-dong · Shin, Won-sub · Shin, Dong-hoon  
(Seoul National University of Education)

### ABSTRACT

The purpose of this study was to identify the differences in eye movement pattern shown in classification activities between the gifted and regular students in elementary schools. The subjects for the research consisted of five gifted students in the special education center for the gifted at Seoul National University of Education and five students at D regular elementary schools. SMI (Senso Motoric Instruments)' iView X™ RED 120 Hz was used in order to collect eye movement data. Results were as follows. There were difference patterns between the gifted and the regular student in question identification, attribute observation, and criteria generation process. Gifted students minimized unnecessary cognitive overload and took advantage of cognitive economic efficiency. Regular students have a lot of cognitive burden because they did not grasp the essential information.

**Key words** : classification, eye movement, eye-tracking, gifted student

### I. 서 론

현재 대한민국은 영재공화국이라는 말이 나올 정도로 교육 현장에서 많은 학생, 교사, 학부모들이 영재교육에 높은 관심을 가지고 있다. 특히 학부모들은 영재교육이 학생들의 잠재적인 능력을 개발하고 성장시키는 것이라면, 자신의 아이에게 잠재적인 능력이 있는지, 만약 없다면 개발 가능한지, 또는 특별한 능력을 가지고 있는데, 부모의 무관심 속에 사라지는 것은 아닌지 하는 마음에서 영재 교육에 대해 관심을 갖는다. 이러한 현상은 영재교육이 명확한 체제 정립없이 너무 갑작스럽게 교육 현장에 도입되면서 단지 엘리트들만의 교육으로 인식되었기 때문에 나타나

는 것이다(박숙희, 2009; van Tassel-Baska *et al.*, 2002).

과연 영재란 누구이며, 왜 영재교육이 필요한지에

대한 이해 없이 그저 똑똑한 아이들을 위한 교육으로 인식되어 많은 문제점들이 생겼다. 그러나 여전히 영재에 대한 연구들은 아직도 많은 의문점들에 대해 명확한 답을 주지 못하고 있고, 이로 인하여 많은 혼란과 영재교육의 부정적 모습들이 교육 현장에서 나타나고 있다(유미현 등, 2011; 이인호와 한기순, 2009; Siegle & Powell, 2004).

지금까지 학습자의 영재성을 밝히는 방법에는 크게 2가지가 적용되고 있다(이기영, 2009; 이인호와 한기순, 2009). 그 첫 번째는 행동에 대한 지필검사를 통해 개념 변화 정도를 평가하는 것이다. 그러나 이런 방식은 개념 변화의 메커니즘에 대한 분석은 물론이고, 개념 변화의 결과에 대해서도 정확하게 파악이 어렵다. 두 번째는 면접법 또는 관찰 추천 방법이다. 이러한 방법은 정신 모델이나 사고 과정

분석에서 많은 효과가 입증되고 있다. 그러나 이 방법 역시 개념 변화와 같은 정신 활동에 대해서 추상적 수준의 모델링이기에 메커니즘의 구체적인 요소와 과정 분석에는 많은 제한이 따를 수밖에 없다. 또 이러한 연구는 과학영재에 대한 타당성과 신뢰성은 높으나 시간과 노력 비용이 많이 든다(유미현 등, 2011).

많은 연구들은 영재학생들이 성취도, 창의성, 지능, 과학 탐구 능력, 과학 태도, 동기, 호기심, 과학적 사고 등 여러 가지 면에서 일반학생들보다 우수하다는 것이 밝히고 있다(강성주 등, 2012; 박숙희, 2009; 최호성, 2010; Balchin, 2008; George, 2003; Pfeiffer, 2003; Schroth & Helfer, 2008). 이러한 영재의 특성은 영재의 뇌 기능에 기반한다(김유미와 이지은, 2011). 최근에는 뇌과학의 발달로 인간의 뇌에 대해 다양한 사실들이 밝혀지면서, 영재나 전문가들의 뇌와 일반인의 뇌를 비교하는 연구들이 등장하고 있다(김경화, 2005; 박경희 등, 2006). 뇌 신경망 수준에서는 양자 방출 단층 촬영(Positron Emission Tomography, PET), 단광자 방출 전산화 단층 촬영(Single Photon Emission Computerized Tomography, SPECT) 및 기능적 뇌 자기 공명 영상(Functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI) 등의 뇌 영상 방법의 발달에 따라 연구가 활발히 이루어지고 있다. 인지과정 분석 외에도 정서 또는 감성의 발현 및 측정에도 EEG 및 MEG가 활용되고 있다(Ahern & Schwartz, 1985; Jones & Fox, 1992). 그러나 이러한 연구들은 피험자에게 특정한 신체적 접촉이 필요하며, 접근성이 매우 제한적이기 때문에 실제 과학지식 생성 과정을 반영하지 못한다는 점에서 비판을 받고 있다(신동훈, 2006; Jones & Fox, 1992).

이러한 한계를 극복할 수 있는 한 가지 방법으로 아이트래킹 기법이 제안되었다. 아이트래킹 기법은 피험자의 동공 반응이라는 생리적인 지표를 사용하여(김지호 등, 2007; 김태용, 2008; 이수범 등, 2011), 안구의 움직임을 기준으로 과제를 구성하고 있는 어떤 요소에 피험자가 반응하는가를 알아내는 방법이다. 이는 설정된 가설을 검증하는 것에서 더 나아가 피험자가 어떻게 정보를 처리하는지를 직접적으로 관찰할 수 있는 방법이기도 하다(김태용, 2006). 그러므로 과제의 어떤 구성요소에 피험자가 주의를 기울이는가를 세밀하게 측정할 수 있는 아이트래킹 기법은 학습 효과를 측정하고 향상시키기 위한 지

표로서 중요하다. 또한 아이트래킹 기법은 특정한 기기의 신체적 접촉 없이, 아이트래킹 시스템(Eye Tracking System)을 사용하여 시선의 움직임을 포착함으로써 인지 특성 및 심리적 특성을 통하여 대상에 대한 관심도 및 관심 순위 등을 측정한다(최현동과 신동훈, 2012).

안구 운동에 대한 선행 연구는 대부분 학습하는 동안 전체 응시시간을 적용했지만, 최근에는 처음 응시한 것과 추가적으로 응시한 것을 비교함으로써 시각 검색의 효율을 파악할 수 있다는 결과가 보고되었다(최현동과 신동훈, 2012; Slykhuis *et al.*, 2005). 즉 첫 번째로 보는 것은 이전 경험에 의해 안내된 결과이며, 다음으로 과제에 가장 적합한 요소로 학습자들은 주의를 옮겨간다는 것이다.

지금까지 많은 연구들이 과학지식 생성 모형의 개발에 부분적인 시사점을 얻을 수 있는 연구 결과(예를 들어, 관찰, 분류, 의문 생성, 가설 설정 등)를 제시하고 있다(권용주 등, 2011; Baker & Piburn, 1997; Mintzes *et al.*, 1998). 따라서 Eye-tracker를 이용하여 과학지식 생성 과정에 수반되는 인지적 과정에 대한 실증적 데이터 수집을 통하여 초등과학 영재학생들의 과학지식 생성에 대한 체계적인 상관성을 규명할 수 있는 설명 체계를 세울 수 있을 것이다.

이에 이 연구는 과학지식 생성의 가장 중요한 요소 중 하나인 분류에 대하여 초등과학 영재학생들과 일반학생들이 주어진 과제를 수행하는 동안의 안구 운동을 비교, 분석하고자 하였다. 이를 토대로 초등과학 영재학생들과 일반학생들 사이의 과학지식 생성 과정을 미시적으로 기술하고, 분류 지식 생성 과정과 초등과학 영재학생들의 Eye-tracking 데이터의 상관성을 규명하고자 한다. 또한 이 연구는 초등과학 영재학생들과 일반학생들의 분류 활동에서 나타나는 시선 이동 과정을 분석함으로써 과학 영재 선발에 시사점을 제공하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 참여자

본 연구의 참여자는 서울교육대학교 과학영재교육원의 강의를 수강하는 영재 5명과 서울시 소재 D 초등학교 5명을 대상으로 하였다. 참여자는 모두 연구에 자발적으로 참여하였고 안구 병력이 없었으며, 학년과 성별은 표 1과 같다.

표 1. 연구 참여자

피험자	영재					일반				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
학년	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
성별	남	남	남	남	여	남	여	여	여	남

## 2. 연구 절차

본 연구에서는 영재학생과 일반학생의 분류 과정을 분석하기 위해 그림 1과 같은 연구 절차를 거쳤다.

분류 과제는 초등학교 교과서에서 다루지 않는 Mellinark 분류 과제를 선택하였다. 실험 설계는 독일 SMI(SensoMotoric Instruments)사의 Experiment 3.1 프로그램을 이용하였고, 초등학생 2명을 대상으로 예비 연구를 실시하였다. 인구 운동 추적 연구에서 예비 연구는 본 실험에서의 하드웨어와 소프트웨어의 정상적인 작동과 실험 자료 제시 방법의 적절성 등을 확인할 수 있고, 실험 자료의 획득률을 향상시키기 위해 반드시 필요하다(Holmqvist *et al.*, 2011). 예비 연구 결과를 분석하여 적절한 자료의 제시 방법과 시간을 확인하여 실험을 재설계하였다. 본 실험은 영재학생 5명, 일반학생 5명, 총 10명을 대상으로 SMI사의 iView X™ RED 장비를 사용하였고,

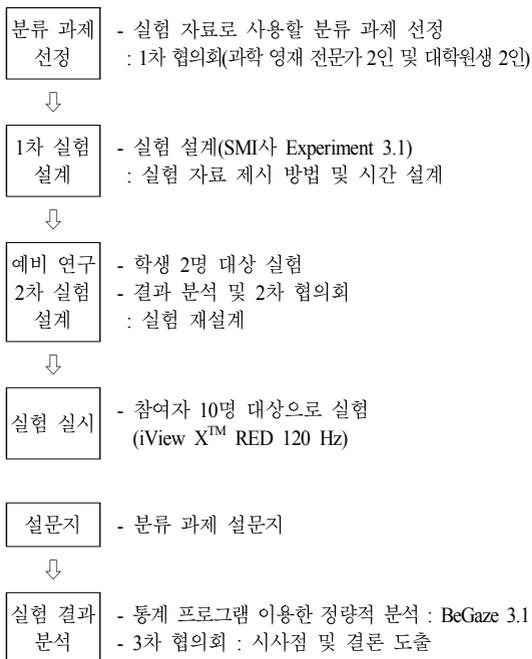


그림 1. 연구 절차

결과 분석은 BeGaze 3.1 프로그램에서 AOI(Area of Interest, 관심 영역)를 설정하여 정량적으로 분석하였다. 정량적인 분석 후, 3차 협의 과정을 거쳐 효과적인 결과 제시 방법을 결정하여 분석한 후, 이 연구의 시사점과 결론을 도출하였다.

## 3. 실험 자료

본 실험에 사용한 사전 과제와 실험 과제는 표 2와 같다.

사전 과제로 제시된 caminalcules는 학생들이 사고 발생법을 훈련할 수 있는 시간 확보와 처음 접하는 생물에 대한 혼란을 줄여주기 위해 제시하였다. 실험 과제는 과학영재 학생들과 일반학생들에게 모두 적용할 수 있는 정도의 난이도를 고려하여 mellinarks를 제시하였다. Caminalcules & mellinarks는 가상의 동물로 학생들이 관찰과 분류를 할 때 아무런 선입견을 가지지 않는다는 장점이 있다(권용주 등, 2011). 특히 실험 과제인 mellinark에 대하여 Grossen *et al.* (1994)은 개념과 관련이 있을 수 있는 가능한 모든 속성을 나열하여 분류할 수 있다고 평가하였다. 예를 들어, 한 개의 큰 점과 여러 개의 작은 점, 꼬리, 가장자리가 곡선이거나 혹은 직선으로 된 테두리 등, 이러한 변인들은 분류될 수 있는 속성에 해당한다. Mellinarks 분류 활동은 학생들에게 과학적 방법에 대해 많이 가르쳐 줄 수 있는 간단한 활동으로 매우 간단한 것처럼 보일 수 있으나, Lawson *et al.* (1991)은 이를 일련의 개념을 도출할 수 있는 능력을 밝히는데 사용하였다.

## 4. 실험 설계

본 실험의 설계는 그림 2와 같고, 실험 순서는 인구 보정 단계(Calibration, Validation) → Think aloud 연습 단계(사전 과제) → 실험 과제 → 설문지 단계다.

표 2. 사전 과제와 실험 과제

사전 과제	실험 과제
   	   

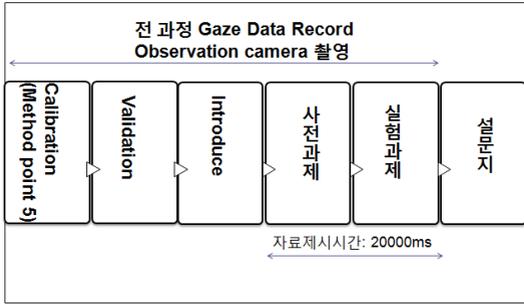


그림 2. 실험 설계

첫 번째, 보정(calibration) 단계에서 화면의 목표점(target)을 다섯 곳을 지정하여 학생들의 시선 보정을 하였다. 학생들의 안구는 개인별로 서로 다른 모양을 하고 있기 때문에 보정은 안구 운동 추적 실험에서 반드시 필요하다(Holmqvist *et al.*, 2011). 두 번째, 검증(validation) 단계에서 참여자 동공의 최대 편차(deviation)는 X, Y축 모두 0.5° 이하일 때에 실험을 계속 진행하였고, X, Y축 동공의 편차 중 어느 한 쪽이 0.5° 이상일 경우는 0.5° 이하가 나올 때까지 보정하거나 실험 분석대상에서 제외하였다. 안구 운동 추적 연구의 대부분은 최대 편차 값으로 0.5° 이하를 최적의 값으로 요구하고 있기 때문이다(Holmqvist *et al.*, 2011). 사전 과제의 분류가 끝났을 경우 스페이스바를 클릭하여 실험 과제로 넘어가도록 하였다. 실험이 모두 종료된 이후 설문지를 제시해 분류 과정을 쓰도록 하였다. 검증 단계에서 마지막 실험 과제까지 모든 안구 운동 데이터를 기록하였고, 참여자의 사고 발생 과정과 참여자의 표정은 Observation camera로 기록하였다.

## 5. 자료 수집 및 분석 방법

### 1) 안구 운동 추적기

이 연구에 사용한 안구 운동 추적기는 동공의 크기와 위치를 측정할 수 있는 SMI사의 iView X™ RED 장비이다. 이 실험 장비와 실험하는 동안에 조작자와 참여자의 역할에 대한 구체적인 설명은 그림 3에 제시하였다.

이 안구 운동 추적기는 적외선 조명과 컴퓨터 기반의 이미지 프로세싱을 사용해 동공의 움직임과 동공의 상대적인 크기까지 측정 가능하며, 비침습적인 특징을 갖고 있어 참여자의 어떠한 신체적 접촉 없이 사용할 수 있기 때문에, 성인뿐 아니라 초등학



그림 3. Eye-tracker 실험 장면

생들에게까지 사용이 적합하다(SMI, 2011b). 안구 추적 모드는 양안이고, 본 연구에 사용한 샘플링 속도는 120 Hz이었다. 자극 제시 모니터와 참여자의 거리는 60~70 cm 정도를 유지하였다. 또한 참여자의 작은 움직임과 눈 깜박임 정도는 기술적으로 제거해서 분석할 수 있지만, 실험하는 동안 참여자의 움직임은 최소화하도록 주의를 기울였다.

### 2) 자료 수집 및 분석 방법

실험하는 동안 참여자의 안구 운동 데이터는 조작자 컴퓨터에 저장하였고, SMI사의 BeGaze 3.1 프로그램을 이용해 정량적 분석을 하였다. 참여자의 검증 단계의 X, Y축 최대 편차 결과와 안구 운동 추적 비율은 표 3과 같다. X, Y축에 대한 최대 편차 값은 0.5° 이하였고, 안구 추적 비율의 평균값은 83.33%였다. 참여자 중 영재 5와 일반 5의 경우 안구 추적 비율이 80% 미만이었어서 분석 대상에서 제외하였다.

최근의 안구 운동 추적 연구를 살펴보면 응시 시간(fixation duration)을 200ms으로 설정한 경우가 대부분이다(신원섭과 신동훈, 2012; 최현동과 신동훈, 2012; Tsai *et al.*, 2012; Liu & Shen, 2011; Cook *et al.*, 2008; 2011). 실험 자료의 첫 번째 응시 값은 바로 전에 제시된 자료를 마지막으로 본 곳과의 연관성을 배제할 수 없기 때문에, 자료 분석 시 모든 첫 응시 값은 분석에서 제외하였다(Holmqvist *et al.*, 2011). 분류 과제를 해결하는 동안 시선의 흐름과 응시 정도를 분석하기 위해 BeGaze 3.1의 Scan Path(시선 경로) 프로그램을 사용하였다(그림 4 참조).

Scan Path를 통해 분류 과제에서 첫 응시가 일어난 곳을 정량적으로 분석하였다. 분류 과정에서 과학적 사고과정을 분석하기 위해 과제별로 그림 5와 같이 AOI를 설정하였다. Mellinark 과제는 머리에 해당하는 부분과 전체로 구분하여 AOI로 설정하였고, 전체 AOI의 응시값에서 머리 AOI의 응시값을 빼면 머리 이외에 대한 응시값을 확인할 수 있다. AOI는

표 3. 피험자의 검증 단계의 X, Y축 최대편차 값과 안구 운동 추적 비율

피험자	영재										일반										평균			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2							
Validation	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
diviation	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.4	0.4	0.2	0.3	0.3	0.2	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.5	0.3	0.5	0.5	0.37	0.42		
추적(%)	84.5		90.7		81.6		90.7		77.9		85.8		90.4		88.2		90.2		75.5		85.55			

다음 동물을 특징에 따라 분류하고자 한다. 분류 기준을 세워 분류 과정을 말해 보시오.

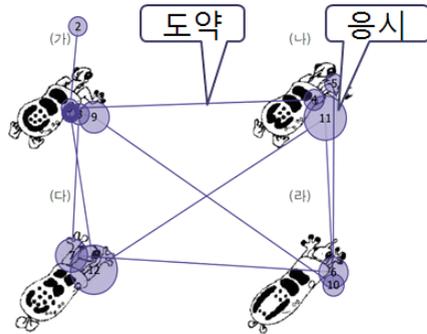


그림 4. Scan Path(시선 경로)

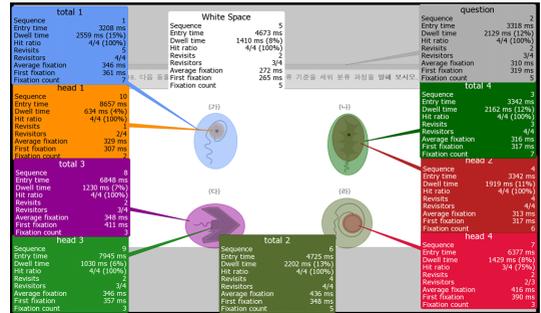


그림 6. BeGaze 3.1의 K.P.I.

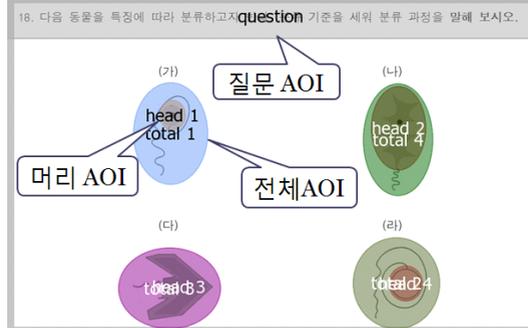


그림 5. 실험 과제 AOI 설정

실험자가 분석하고자 하는 부분을 설정하는 것으로 설정한 영역에 대한 최초 응시 시간, 응시 횟수, 응시 비율 등을 분석할 수 있다(SMI, 2011a).

AOI에 대한 안구 운동 자료는 BeGaze 3.1의 K.P.I. (Key Performance Indicator) 프로그램(그림 6)을 이용해 분석하였고, Event Statistics를 이용해 모든 안구 운동 데이터를 수집하였다.

분류 과정은 사고 발생법을 통해 수집된 자료를 참고로 하였으며, 이러한 모든 분석 과정은 전문가 협의회를 통해서 수행되었으며, 이견이 있을 시에는 일치될 때까지 토론하여 분석하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 시선 움직임 비율의 변화 분석

학생들이 분류 활동에서 문제를 해결하기 위한 안구 운동을 가장 쉽게 살펴볼 수 있는 것은 시선 이동의 빈도를 조사하는 것이다. 그림 7은 0에서 5초 동안 영재 학생들과 일반 학생들의 분류 활동에서 시선의 움직임을 백분율로 나타낸 것이다.

그림 7에서 모든 학생들은 영재2를 제외하고는 대부분 문제를 확인하는 것으로 나타났다. 1~5초 동안 영재 1은 50%, 영재 3은 45%, 영재4는 26% 정도 문제를 읽고 확인하는데 시선 운동 시간을 할애 하였다. 일반학생의 경우, 일반1은 77%, 일반2, 일반3과 일반4는 50% 이상의 비율을 문제를 읽는데 할애하고 있는 것을 알 수 있다. 제시된 분류 항목의

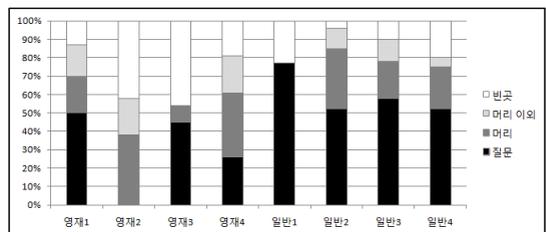


그림 7. 분류 과정에서 0~5초 구간의 시선 움직임 비율

특성을 파악하는데 있어서, 영재학생들은 몸통을 관찰하는데 영재1은 20%, 영재2는 38%, 영재3은 9%, 영재4는 35% 정도였고, 일반학생들은 몸통을 관찰하는데 일반1은 14%, 일반2는 33%, 일반3은 20%, 일반4는 23%였다. 처음 5초 동안 영재학생들과 일반학생들의 몸통을 관찰하는 정도는 비슷하였다. 몸통 이외의 곳을 관찰하는데 영재1은 17%, 영재2는 20%, 영재3은 0%, 영재4는 20%였고, 일반학생들은 몸통 이외의 곳을 관찰하는데 일반1은 0%, 일반2는 11%, 일반3은 12%, 일반4는 5%였다. 처음 5초 동안 영재학생들이 일반 학생들보다 약간 많이 몸통 이외의 부분도 살펴보고 있었다.

이 연구에서 문제 확인이 주로 나타나는 0~5초 동안의 분류 과정에서 특이한 점은 영재학생들의 문제 확인 비율이 일반학생들보다 적었다는 것이다. 특히 영재2의 경우에는 문제 확인이 없었다. 양일호 등(2007)은 과학적 방법에서 문제의 확인 및 결정은 과학적 탐구의 첫 단계이며, 제시된 문제 인식은 문제를 확인하거나 결정하는 준거가 될 뿐만 아니라 사실을 조직하는 원리라고 하였다. 영재학생들이 문제를 확인하는데, 일반학생들보다 적은 시선 움직임이 나타난 이유는 두 가지로 살펴볼 수 있다. 첫 번째는 영재학생들은 같은 문제를 이해하는데 일반학생들보다 적은 시간과 노력이 필요한 경우이다. 이를 지지하는 연구로서 영재학생들과 일반학생들의 분류 활동을 수행하는 시간을 측정 한 김경민 등(2011)은 영재학생들이 일반학생들보다 짧은 시간에 분류 체계를 완성하였다고 보고하였다.

두 번째는 영재학생들은 문제를 확인하기보다 전체적인 제시 항목과 문제를 같이 살펴본 경우이다. 이를 지지하는 연구로는 영재의 특성에 대해 일반학생들과 다른 사고와 아이디어를 발견한다는 결과가 있다(Baer, 1997). Baer(1997)에 따르면, 영재학생들은 가능한 관심 영역들에서 많은 관점으로부터 상황을 검토하기 때문에 일반학생들과 다른 독특한 방법을 고안한다고 하였다. 이 연구에서 영재2의 경우 처음 0~5초 동안에 문제 확인이 나타나지 않았고, 주어진 항목들을 살펴보는 시선 운동이 나타났다. 물론 5~10초 동안에 문제 확인 시간이 나타나고 있지만 매우 적게 나타났다. 따라서 영재2의 경우는 문제를 먼저 파악하고, 항목을 살펴보는 다른 학생들과는 다른 독창적인 문제 접근 방법을 가지고 있다고 해석할 수 있다.

그림 8은 5에서 10초 동안 영재 학생들과 일반 학생들의 분류활동에서 시선의 움직임을 백분율로 나타낸 것이다. 그림 8에서 영재 학생들은 영재2만이 문제를 확인하고 있는 모습을 나타내고 있는 반면 일반 학생들은 일반2를 제외하고 모든 학생들이 문제를 확인하고 있었다. 앞서서 밝혔듯이 영재 2의 경우는 1~5초 동안 문제 파악이 이루어지지 않았으나 5~10초 동안에는 매우 적은 시간 동안 문제를 확인하고 있는 양상을 드러내었다(약 5% 정도). 하지만 일반1, 3, 4의 경우에는 이미 0~5초 동안 문제를 확인하였지만, 여전히 많은 비율을 문제를 읽는데 할애하고 있다. 특히 일반4의 문제 확인 정도는 0~5초 동안 할애한 정도와 비슷하였다. 이러한 결과는 영재학생들은 일반학생들보다 분류활동을 수행하는데 있어 사용하는 시간이 짧게 나타났는데(김경민, 2011), 영재학생들은 문제 인식 면에서 빠른 이해력을 드러내기 때문이라는 앞서의 논의를 지지하는 것이라 할 수 있다.

제시된 분류 항목의 특성을 파악하는데 있어서, 영재학생들은 몸통을 관찰하는데 영재1은 20%, 영재2는 43%, 영재3은 19%, 영재4는 22% 정도였고, 일반학생들은 몸통을 관찰하는데 일반은 28%, 일반2는 44%, 일반3은 25%, 일반4는 21%였다. 몸통 이외의 곳을 관찰하는데 영재1은 34%, 영재2는 17%, 영재3은 24%, 영재4는 25% 정도였고, 일반학생들은 몸통 이외의 곳을 관찰하는데 일반1은 10%, 일반2는 21%, 일반3은 20%, 일반4는 14%였다. 분류 항목의 관찰에서 영재학생들 중 영재1과 영재3, 4는 전체 관찰 비율이 매우 비슷한 패턴을 나타내었다.

최현동 등(2006)의 연구에 따르면, 분류 활동은 일반적으로 속성 관찰, 속성 평가, 예비 점검, 기준

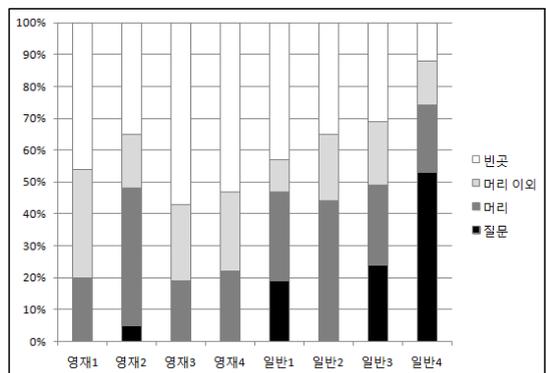


그림 8. 분류 과정에서 5~10초 구간의 시선 움직임 비율

선택, 샘플 동정의 과정을 반복한다. 이 연구에서는 분류의 과정이 한 단계 분류로 끝나는 경우가 많기 때문에 가장 두드러진 속성을 찾아서 분류 기준을 정하고 분류하였을 것이다. 따라서 영재학생들은 5~10초 동안 속성 관찰과 속성 평가를 주로 한 것으로 판단되며, 5~10초 동안의 데이터는 분류 생성 지식과 영재학생의 상관성을 드러내는 중요한 증거가 될 수 있다. 즉, 첫 번째로 보는 것은 이전 경험에 의해 안내된 결과이며, 다음으로 과제에 가장 적합한 요소를 학습자들은 주의를 옮겨가기 때문이다 (최현동과 신동훈, 2012; Slykhuis et al., 2005). 그러나 일반학생들 중 일반2의 패턴은 영재학생들과 마찬가지로 문제 확인을 끝내고, 속성 관찰과 속성 평가를 하고 있는 특성을 드러내고 있다. 이는 영재성은 실체가 아닌 심리적인 구인이기 때문(배진수, 1995, 김유미와 이지은, 2011)에 나타난 결과로 판단된다. 따라서 일반2는 영재학생들과 일반학생들의 연속성을 이루는 관계에서 과도기에 위치하고 있다고 생각된다.

그림 9는 10에서 15초 동안 영재 학생들과 일반 학생들의 분류활동에서 시선의 움직임에 백분율로 나타낸 것이다. 그림 9에서 영재3과 일반4 학생만 다시 문제를 확인하는 것으로 나타났다. 영재3과 일반4를 제외한 다른 영재학생들과 일반학생들은 문제를 확인하지 않았고, 항목을 주로 관찰하는 시선 움직임을 나타내었다. 학생들마다 다소간의 차이는 있으나 모두 몸통에 더 주목하고 있었다.

5~10초 동안 학생들의 시선 움직임(그림 8)과 10~15초 동안 학생들의 시선 움직임(그림 9)을 비교해보면, 영재학생들은 10~15초 동안 과제에 더 많이 시선이 고정되어 있다는 것을 확인할 수 있다. 5~10초 동안 과제에 집중하는 것보다 10~15초 동안 과제에 집중하는 것이 어떤 측면에서 효과적인지 그림 8과 그림 9만으로 설명하기는 어려우나, 영

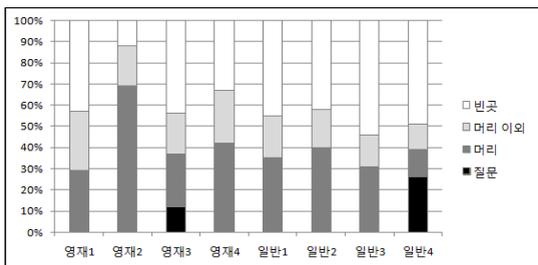


그림 9. 분류 과정에서 10~15초 구간의 시선 움직임 비율

재학생들이 시간이 지날수록 과제에 더 집중한다는 것은 분명한 사실로 보인다. 이러한 결과는 영재의 과제집착력(이명자, 2002)과 결부시켜 설명할 수 있을 것이다.

그림 10은 독특한 양식을 나타낸 영재2와 일반2를 제외하고, 시간대별 문제를 추적한 시선의 변화의 평균 비율을 나타낸 것이다. 두 학생을 제외하 이유는 앞서의 결과에서 영재2는 0~10초대에서 다른 영재학생들과 전혀 다른 문제 접근 방식을 나타내었고, 일반2는 5~10초대 및 10~15초대에서 다른 일반학생들과 달리 영재학생들과 가까운 관찰 양식을 나타내었기 때문이다. 우리의 연구 목적이 영재학생과 일반학생의 패턴을 알아보는 것이므로 두 학생의 데이터는 영재학생과 일반학생의 평균을 왜곡하게 된다.

그림 10을 살펴보면, 영재 학생들과 일반 학생들은 모두 0~5초에 먼저 문제를 확인하고 있었으나, 영재 학생들은 전체 시간 동안 문제를 확인하는 비율이 일반학생들보다 매우 적음을 알 수 있다. 또한 0~5초 이후에 영재 학생들은 거의 문제를 확인하지 않는 특성을 나타내었지만, 일반 학생들은 비록

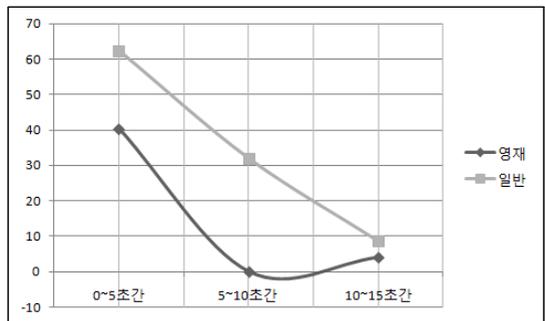


그림 10. 시간대별 영재학생과 일반학생의 문제 확인 비율

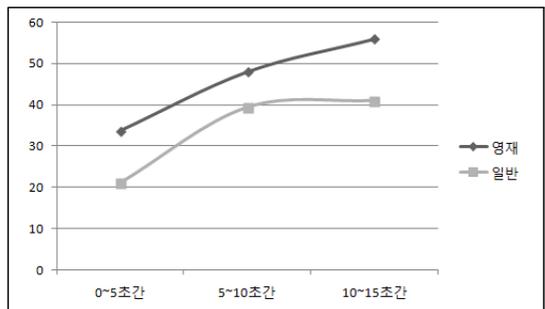


그림 11. 시간대별 영재학생과 일반학생의 분류 항목 관찰 비율

시간이 점진적으로 줄어들기는 하지만 0~5초 이후의 구간에서도 문제를 확인하고 있다.

그림 11은 시간대별 분류 항목을 추적한 시선 변화의 평균 비율을 나타낸 것이다. 앞서와 마찬가지로의 이유로 영재2와 일반2를 제외하였다. 영재 학생들은 0~5초 구간에는 약 33.7% 정도의 비율로 분류 항목을 관찰하는 것으로 나타났으나 시간이 지남에 따라 영재학생들은 더욱 많은 비율로 분류 항목을 확인하고 있었다(5~10초 동안은 48.0%, 10~15초 동안은 56.0%). 일반 학생들은 모든 구간에서 영재학생들보다 약 10% 정도 낮은 비율로 분류 항목을 관찰하는 것으로 나타났다(0~5초 동안은 21.0%, 5~10초 동안은 39.3%, 10~15초 동안은 41.0%). 특히, 영재학생들과 일반학생들의 항목 관찰 평균 비율이 가장 차이나는 구간은 10~15초 구간이었다.

그림 10과 11을 통해서 알 수 있는 것은 영재학생들은 문제를 이해하는데 일반학생들보다 적은 시간을 이용하고, 매시간 분류 항목에 대한 관찰 집중력이 뛰어나다는 것이다. 또한 후반부에 갈수록 영재학생들은 집중력을 더 크게 발휘한다고 할 수 있다. 이는 분류 과제의 해결과정에서 나타나는 영재의 특성을 알려주는 이 연구의 중요한 연구 결과라고 판단된다.

## 2. Scan Path 분석

Scan Path 분석은 시선의 이동 경로를 응시(fixation)와 도약(saccade)의 조합으로 보여주는 것으로 원의 크기가 얼마나 오랫동안 바라보고 있는지를 나타내는 지표이며, 원 안의 숫자는 이동 순서를 가리키고, 원의 크기는 응시한 시간의 크기를 가리킨다. 과거에도 사람들이 노출된 대상을 보고나서 대

상에 대한 내용을 기억, 인지하는 것에 대한 깊이 있는 분석을 위해서는 정성적 조사가 필요했었다. 그러나 그 타당도와 신뢰도에 의문이 제기되었지만 eye-tracker를 이용한 정성적인 조사 분석은 객관적이고 믿을 수 있는 데이터를 제공한다.

이 연구에서는 학생들에게 발생사고를 시키면서 분류활동을 시켰다. 최현동 등(2006)의 연구에 따르면, 분류 활동은 일반적으로 속성 관찰, 속성 평가, 예비 점검, 기준 선택, 샘플 동정의 과정을 반복한다. 이 연구에서는 분류의 과정이 한 단계 분류로 끝나기 때문에 문제 확인 단계, 문제 확인 후 관찰 단계, 기준 선택 직전 단계로 나누어, 각 단계에서 어떠한 형태의 시선 이동이 나타나는지를 살펴보았다.

그림 12는 영재1과 일반3이 문제를 파악하는 동안 시선 고정 유형의 예를 보여준다. 각 원은 하나의 시선 고정을 나타내며, 이어진 선은 시선 고정의 흐름을 나타낸다. 원 안의 숫자는 시선 고정의 순서이며, 원의 크기는 시선이 고정된 시간의 크기이다. 두 학생은 약 10번의 시선 고정이 있고, 모두 문제를 이해하는데 시간을 보내고 있으며, 문제는 순서적으로 탐색하고 있음을 알 수 있다. 영재 학생은 문제 읽기의 시선 고정이 띄엄띄엄 나타나며, ‘분류 기준’이라는 핵심 단어에서 원의 크기가 가장 크게 나타나고 있다. 반면에 일반 학생은 문제 읽기의 시선 고정이 매우 밀집되어 있고, ‘따라’, ‘한다’ 등 비핵심 단어에서 원의 크기가 가장 크게 나타나고 있다.

Scan Path를 통한 정성적 분석을 통하여, 우리는 전체 시간 동안 학생들의 시선 움직임의 일부를 설명할 수 있다. 문제 확인 단계에서 영재학생들과 일반학생들의 시선 움직임에는 차이가 있다.

즉, 문제를 확인할 때, 영재학생들은 일반 학생

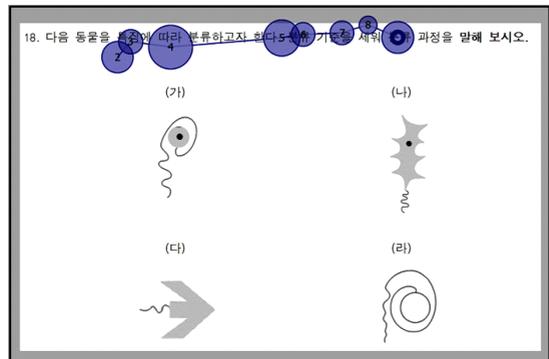
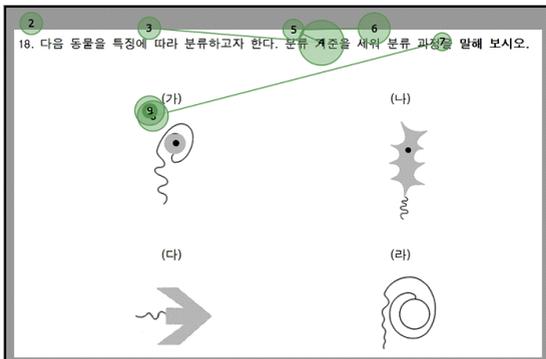


그림 12. 문제 확인 과정에서 나타나는 영재1과 일반3의 시선 고정

들보다 적은 시간 비율을 사용하였는데, 이는 영재학생은 문제의 핵심을 빠르게 판단한 후 과제를 수행하기 위해 항목의 관찰로 진행하는 반면 일반학생은 문제의 핵심을 잘 파악하지 못하기 때문에 지속적으로 문제를 이해하는데 시간을 보내게 된다.

결국 이러한 시선의 움직임은 학생들이 어떻게 정보를 처리하는지를 직접적으로 관찰한 방법으로 학습 효과를 측정할 지표이다(김태용, 2006). 최현동과 신동훈(2012), Henderson(1992), Goldberg & Kotval(1999) 등은 응시가 핵심적이고 중요하거나 관심과 흥미가 있는 경우에 일어난다고 판단하였고, 응시 시간을 복잡한 정보에 대한 개인의 인지 사고 과정으로 파악하였다. 따라서 이 연구 결과를 토대로 살펴보면, 영재학생들은 일반학생들보다 핵심적인 정보를 파악하는 능력이 뛰어나다고 평가할 수 있다.

그림 13은 영재3과 일반3의 분류 과정에서 문제 확인을 끝내고 항목을 관찰하기 시작하는 과정에서 나타난 시선 고정 유형의 예를 보여준다. 두 학생은 약 10번의 시선 고정이 있고, 모두 문제를 파악한 후

분류 항목의 특성을 파악하는데 시간을 보내고 있음을 알 수 있다. 영재 학생은 (가)→(라)→(나)→(다)의 순서로 분류 항목을 살펴보았으며, 기호보다는 mellinark의 특징을 주로 살펴보고 있었다. 특히 (나) 항목의 mellinark의 특징을 살펴볼 때 가장 원의 크기가 크게 나타났다. 이에 반하여 일반학생은 (나)→(라)→(가)→(다)의 순서로 분류 항목을 살펴보았지만 기호와 mellinark의 특징을 함께 살펴보고 있었다. 또한 (나) 항목의 특징을 살펴볼 때와 (다)의 기호를 살펴볼 때 가장 원의 크기가 크게 나타났다.

항목에 사용된 기호는 항목을 구분하기 위한 정보였으며, 항목 분류를 위해서 필요한 정보는 아니었다. 기호에 대해 영재학생은 거의 시선 고정이 나타나지 않았지만, 일반학생은 비교적 큰 가치를 두고 관찰하는 양상을 드러내었다. 결국 항목 관찰 단계에서도 영재학생은 일반학생보다 핵심 정보를 파악하는 능력이 뛰어나다고 평가할 수 있다.

그림 9는 영재3과 일반1의 발생 사고에서 분류 기준 선택을 하기 직전에 나타나는 시선 고정 유형의

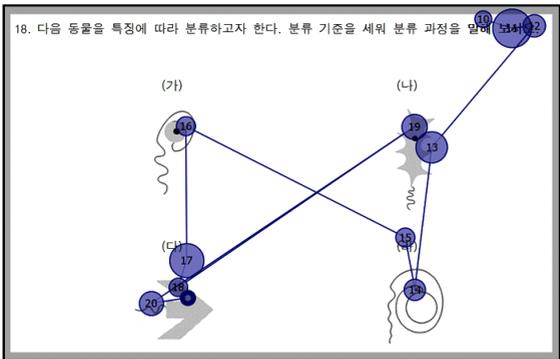
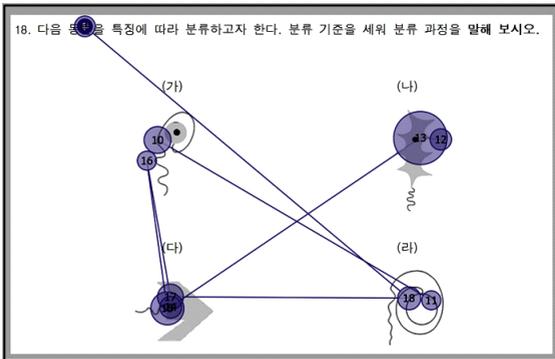


그림 13. 항목 관찰 과정에서 나타나는 영재3과 일반3의 시선 고정

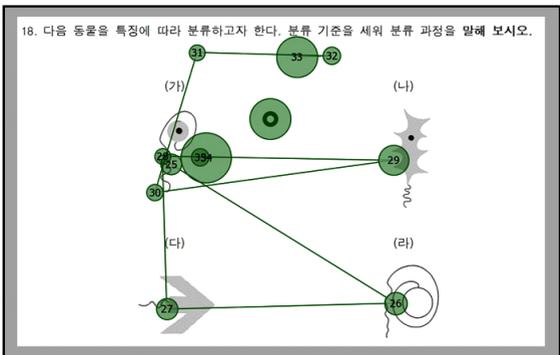
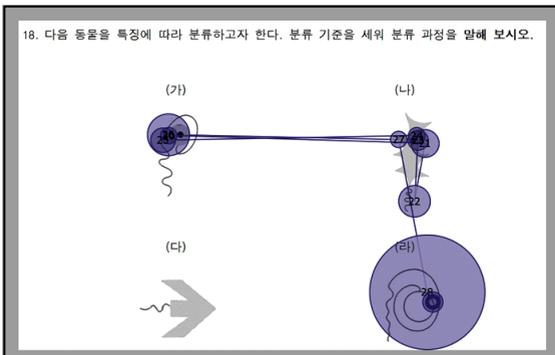


그림 14. 문제 확인 과정에서 나타나는 영재3과 일반1의 시선 고정

예를 보여준다. 두 학생은 약 10번의 시선 고정이 있고, 모두 문제를 파악한 후 분류 기준을 결정하기 직전에서 나타난 시선 고정이다. 영재 학생은 (가), (나), (라)의 세 항목을 주로 살펴보고 있으며, 특히 (라) 항목의 mellinark의 특징을 살펴볼 때 가장 원의 크기가 크게 나타났다. 이에 반하여 일반 학생은 (가), (나), (다), (라)의 모든 항목을 살펴보고 있으며, ‘분류 기준’이라는 문제의 핵심어와 (가) 항목을 주로 살펴보고 있다. 영재학생이 (가), (나), (라)의 세 항목만 살펴본 이유는 분류 기준 생성에 있어서는 두 가지 항목의 공통점과 다른 항목의 차이점만을 밝히면 되었기 때문으로 판단된다. 이를 통하여 볼 때, 영재학생은 효율적인 관찰을 통하여 기준을 선택한다는 사실을 알 수 있으나, 일반 학생은 비효율적인 관찰이 이루어지며, 문제 확인에도 여전히 관심을 두고 있다는 것을 알 수 있다.

다른 형식으로 부호화된 정보를 동시에 처리할 때는 인지적인 요구가 있게 된다(Liu *et al.*, 2011). 이러한 인지작업의 추가적인 인지 부하는 자료의 의미를 파악하기 위해 가해지는 정신적인 노력을 낳게 된다. 이러한 인지 부하들은 학습자 작업 기억의 제한된 용량에 좌우된다고 알려져 왔다. 과제를 효율적으로 해결하기 위해서는 불필요한 인지 과부하를 최소화하는 방향으로 나아가야 한다. 이 연구에서 분류 항목의 관찰과 분류 기준을 확정하는 과정에서 나타난 영재학생들의 시선 운동은 과도한 정보를 효과적으로 걸러내고 있으나, 일반학생들은 과부화된 인지 정보를 효율적으로 처리하지 못하는 것으로 판단된다. 예를 들어, 영재학생들은 분류 항목을 관찰할 때 기호에 주의를 주지 않았으나 일반학생들은 기호에 주의를 주고 있으며, 분류 기준의 생성에서 세 가지 항목에 주의를 기울이며 공통점과 차이점을 찾고 있었다. 이처럼 영재들의 분류활동에서 나타나는 효율적인 안구 운동은 인지적인 측면에서 부담이 적은 방법을 선택한 것이라고 할 수 있으며, 최현동 등(2006)은 분류 과제 해결에서 나타나는 빠른 인지적 처리 능력을 인지 경제성의 원리라고 하였다.

영재학생과 일반학생의 분류 능력의 차이를 단순히 시선 고정이나 응시 시간 등으로 평가하기에는 무리가 있다. 특히 과학적 내용이 중요시되는 과학 분야에서 분류 능력은 분류된 항목의 가치와 과학적 타당성, 독창성 등이 동시에 평가되어야 할 것

이다. 그럼에도 불구하고 안구 운동 추적기(Eye-tracker)를 이용한 이 연구의 결과는 영재학생들과 일반학생들의 분류 활동에서 나타나는 인지적 패턴 차이를 설명할 수 있는 중요한 결과라고 할 수 있다.

#### IV. 결론 및 제언

이 연구의 목적은 안구 운동 추적기(Eye-tracker)를 이용해 영재학생과 일반학생의 분류 과정을 분석하여 분류 패턴의 차이를 알아내는 것이다. 실험 데이터 수집은 SMI(SensoMotoric Instruments)사의 iView X RED 장비를 이용하였으며, 예비 실험을 통해 본 실험에서 발생할 오류를 수정 및 보완하였다. 실험이 끝난 직후 회상적 인터뷰를 통해 사후보정 과정을 거쳤다. 이후 동사의 BeGaze 3.1 프로그램을 이용해 K.P.I(Key Performance Indicator)로부터 얻은 정량적인 데이터와 Scan Path(시선 경로)로 얻은 정성적인 데이터를 분석하였다. 이 연구의 결론을 내리고 후속 연구에 대한 제언을 하면 다음과 같다.

영재학생들은 초기 단계에서 매우 적은 시간 동안 문제를 확인하였으며, 문제를 확인하지 않고 독창적인 방법으로 분류 과제 해결에 접근하는 경우도 있었다. 이와 달리 일반학생들은 초기 단계에서 매우 많은 시간 동안 문제를 확인하였으며, 이후의 시간에도 영재학생들보다 많은 시간 동안 문제를 확인하는 시선 움직임을 나타내었다.

이러한 문제 확인 단계에서의 시선을 분석해 보면, 영재학생들은 문제의 핵심을 빠르게 판단하며 과제를 이행하기 위한 항목의 관찰로 진행하는 반면 일반학생은 문제의 핵심을 잘 파악하지 못하였다. 따라서 영재학생들은 문제의 핵심을 빠르게 파악하는 능력이 일반학생들보다 우수하다고 평가할 수 있다.

영재학생들은 분류 과제의 해결 과정에서 시간이 지날수록 분류 항목에 대한 관찰 집중력이 더 크게 발휘되고 있는 반면에 일반학생들은 일정 시간이 지나면 분류 항목에 대한 관찰 집중력이 일정한 비율에서 멈추어지는 것으로 나타났다. 항목 관찰 단계에서부터 분류 기준 생성까지의 시선을 분석해 보면, 영재학생들은 과제를 효율적으로 해결하기 위해서 불필요한 인지 과부하를 최소화하며, 인지 경제성을 활용하여 효율적으로 분류하였다. 이에

반하여 일반학생들은 핵심적인 정보를 잘 파악하지 못하기 때문에 효율적인 검색을 하지 못하고 많은 인지적 부담을 갖게 된다.

이 연구에서 과학 지식 생성 과정을 미시적으로 살펴본 결과, 문제 확인과 분류 항목 관찰, 분류 기준 생성 과정에서 초등과학 영재학생들과 일반학생들은 서로 다른 양상을 드러내었다. 이는 초등과학 영재학생들과 일반학생들의 분류 활동에서 나타난 시선이동 과정을 분석함으로써 시선이동 평가를 통해 과학영재 선발이 가능할 수 있다는 시사점을 얻을 수 있었다. 그러나 분류는 과학지식 생성 과정의 일부이므로 관찰, 의문 생성, 가설 설정 등 다양한 지식 생성 과정을 Eye-tracker를 사용하여 정량적, 정성적으로 분석할 필요가 있다.

한편 영재학생 중 일부는 독창적인 문제 해결 방법을 고안하는 능력을 가지고 있었으며, 일반학생 중 일부는 영재학생의 분류 패턴과 유사한 경우도 나타났다. 이는 영재학생은 독특한 방법을 고안하는 창의적인 사고를 하기 때문인 것으로 판단되며, 또한 영재학생들과 일반학생들은 연속성을 이루는 관계를 갖기 때문이라고 생각된다. 따라서 분류지식 생성 과정과 초등과학 영재학생들의 Eye-tracking 데이터에 대한 상관성을 규명하기 위해서는 이와 같은 예외적인 상황도 고려되어야 할 것이다.

## 참고문헌

강성주, 김은혜, 윤지현(2012). 과학영재의 역량 탐색 및 역량 사전의 개발. *영재교육연구*, 22(2), 353-370.  
 권용주, 정진수, 신동훈, 이준기, 이일선, 변정호(2011). 과학지식의 생성과 평가. 서울: 학지사.  
 김경민, 차희영, 구슬애(2011). 초등과학영재와 일반 아동의 분류 능력 차이. *한국과학교육학회지*, 31(5), 709-719.  
 김경화(2005). 뇌파검사를 활용한 과학영재의 판별 및 이에 기반한 선발 체계의 구안. *이화여자대학교 박사학위 논문*.  
 김유미, 이지은(2011). 영재와 일반아의 뇌 기능 비교. *교육심리연구*, 25(1), 111-130.  
 김지호, 부수현, 김재휘(2007). 광고의 깊이지각 단서가 시각적 주의에 미치는 영향에 대한 아이트래커 활용 연구. *한국광고홍보학회지*, 9(2), 277-310.  
 김태용(2006). 신문판명 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.

박경희, 권용주, 김수용, 이길재(2006). 뇌 기능의 공동작용에서 나타난 과학영재와 일반학생의 뇌파 특성. *한국과학교육학회지*, 26(3), 415-424.  
 박숙희(2009). 소외계층 영재교육. *영재와 영재교육*, 8(3), 5-21.  
 배진수(1995). 영재아동의 교육을 위한 부모와 교사의 역할. *아동교육연구*, 5, 181-223.  
 신동훈(2006). 생물학 가설 생성에서 나타나는 과학적 감성의 생성 과정 설명을 위한 신경 인지적 모형 개발. *한국생물교육학회지*, 34(2), 232-245.  
 신원섭, 신동훈(2012). 초등 교사들의 과학교과서 그래프 이해 과정에 대한 인구 운동 분석. *초등과학교육*, 31(3), 386-397.  
 양일호, 권용주, 장신호, 이혜정, 최현동(2007). 초등학교 과학 탐구과정 요소별 지도자료: 사다리 타고 오르는 통합 탐구 여행. *교육인적자원부*.  
 유미현, 강윤희, 예홍진(2011). 과학영재교육원 관찰·추천 방식의 영재선발 분석. *과학영재교육*, 3(2), 27-38.  
 이기영(2009). 과학영재교육. 과학 영재 선발에 사용된 지필 검사 문항의 질적 및 양적 특성 분석: 2007-2008년 강원대학교 영재 교육원 선발 문항을 중심으로. *과학영재교육*, 1(3), 43-58.  
 이명자(2002). 과학영재의 특성 분석. *교육학논총*, 23(1), 127-140.  
 이수범, 이희복, 신명희(2011). 아이트래킹을 이용한 가상 광고 수용자 효과 연구. *광고학연구*, 22(5), 99-125.  
 이인호, 한기순(2009). 영재교육 대상자 선발에서 교사 추천의 효용성 분석. *영재교육연구*, 19(2), 381-404.  
 최현동, 신동훈(2012). 과학 교과서의 표를 해석하는 초등 교사들의 인구 운동 추적. *초등과학교육*, 31(3), 358-371.  
 최현동, 양일호, 권치순(2006). 초등학교 6학년의 인공자극과 자연자극에 대한 분류 사고. *한국과학교육학회지*, 26(1), 40-48.  
 최호성(2010). 영재성 판별도구의 개발과 적용. 부산광역시영재교육진흥원.  
 Ahern, G. L. & Schwartz, G. E. (1985). Differential lateralization for positive and negative emotion in the human brain: EEG spectral analysis. *Neuropsychologia*, 23(6), 745-755.  
 Baer, J. (1997). *Creative teachers, creative students*. Allyn & Bacon.  
 Baker, D. R. & Piburn, M. D. (1997). *Constructing science in middle and secondary school classrooms*. Needham Heights, MA: Allyn and Bacon.  
 Balchin, T. (2008). Teacher nominations of giftedness: Investigating the beliefs of British G & T co-ordinators. *Journal for the Education of the Gifted*, 32, 34-35.  
 Cook, M., Wiebe, E. N. & Carter, G. (2008). The influence

- of prior knowledge on viewing and interpreting graphics with macroscopic and molecular representations. *Science Education*, 92(5), 848-867.
- Cook, M., Wiebe, E. N. & Carter, G. (2011). Comparing visual representation of DNA in two multimedia presentations. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 20(1), 21-42.
- George, F. (2003). Transforming fifites into talents: The DMGT as a developmental theory. In N. Colangelo & G. A. Davis (Eds.), *Handbook of gifted education* (3rd ed., pp. 60-74). Boston: Allyn & Bacon.
- Goldberg, J. H. & Kotval, X. P. (1999). Computer interface evaluation using eye movements: Methods and constructs. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24(6), 631-645.
- Grossen, B., Romance, N. R. & Vitale, M. R. (1994). Science: Educational tools for diverse learners. *School Psychology Review*, 23(3), 442-463.
- Henderson, J. M. (1992). Visual attention and eye movement control during reading and picture viewing. In K. Rayner (Ed.), *Eye movements and visual cognition: Scene perception and reading* (pp. 260-283). New York: Springer-Verlag.
- Holmqvist, K., Nyström, M., Anderson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H. & van de Weijer, J. (2011). *Eye tracking : A comprehensive guide to methods and measures*, pp. 9-144. Oxford University Press.
- Jones, N. A. & Fox, N. A. (1992). Electroencephalogram asymmetry during emotionally evocative films and its relation to positive and negative affectivity. *Brain Cognition*, 20(2), 280-299.
- Lawson, A., McElrath, C., Burton, M., James, B., Doyle, R., Woodward, S., Kellerman, L. & Snyder, J. (1991). Hypothetico-deductive reasoning skill and concept acquisition: Testing a constructivist hypothesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(10), 953-972.
- Liu, C. J. & Shen, M. H. (2011). The influence of different representations on solving concentration problems at elementary school. *J Sci Educ Technol*, 20, 621-629.
- Liu, H. C., Lai, M. L. & Chuang, H. H. (2011). Using eye-tracking technology to investigate the redundant effect of multimedia web pages on viewers' cognitive processes. *Computers in Human Behavior*, 27, 2410-2417.
- Mintzes, J. J., Wandersee, J. H. & Novak, J. D. (1998). *Teaching science for understanding*. San Diego, CA: Academic Press.
- Pfeiffer, S. I. (2003). Challenges and opportunities for students who are gifted: What the experts say. *Gifted Child Quarterly*, 47, 161-169.
- Schroth, S. T. & Helfer, J. A. (2008). Identifying gifted students: Educator beliefs regarding various policies, processes, and procedures. *Journal for the Education of the Gifted*, 32, 155-179.
- Senso Motoric Instruments. (2011a). BeGaze Manual version 3.1.
- Senso Motoric Instruments. (2011b). iView X™ Manual.
- Siegle, D. & Powell, T. (2004). Exploring teacher biases when nominating students for gifted programs. *Gifted Child Quarterly*, 48, 21-29.
- Slykhuus, D. A., Wiebe, E. N. & Annetta, L. A. (2005). Eye-tracking students' attention to powerpoint photographs in science education. *Journal Science Education and Technology*, 14(6), 509-520.
- Tsai, M. J., Hou, H. T., Lai, M. L., Liu, W. I. & Yang, F. Y. (2012). Visual attention for solving multiple-choice science problem: An eye-tracking analysis. *Computer & Education*, 58, 375-385.
- van Tassel-Baska, J., Johnson, D. & Avery, L. (2002). Using performance tasks in the identification of economically disadvantaged and minority gifted learners: Findings from Project STAR. *Gifted child Quarterly*, 46, 110-123.