

생물분류과정에서 과학영재학생과 일반학생의 안구운동 비교 분석

전예름 · 신동훈
(서울교육대학교)

Comparative Analysis of Eye Movement on Performing Biology Classification Task between the Scientifically Gifted and General Elementary Students

Jeon, Yerum · Shin, Donghoon
(Seoul National University of Education)

ABSTRACT

The purpose of this study was to identify the differences in eye movement pattern shown in shown in classification process between the scientifically gifted and general students in elementary schools. The subjects for the research consisted of 16 gifted students in special education center for the gifted at Seoul National University of Education and 22 general students at G elementary schools. The tasks consisted of four hierarchical biology classification tasks and one non-hierarchical tasks. SMI's Eye Tracker (iView XTM RED) was used to collect eye movement data while the Begaze software analyzed the task performing process and eye movements. The findings of this study were twofold. First, there was a significant difference in students' fixation duration by students' academic achievement level. Gifted students spent little time on scanning details and found the features successfully. Second, the process of the classification is different by students' academic achievement. General students spent more time to gaze the salient features not relevant features. They had a difficulty to find the element to classify.

Key words : classification, eye movement, scientifically gifted elementary students.

I. 서 론

지식기반사회가 대두함에 따라 전 세계적으로 교육의 목표는 국가를 이끌어갈 인재를 육성하여 국가 경쟁력을 강화시키는데 두고 있다. 이러한 시대적 요구와 더불어 학생들이 자신의 잠재력을 최대한 발휘할 수 있도록 다양한 교육과정을 제공받을 권리를 충족시켜 주어야 한다는 측면에서 영재교육의 필요성이 부각되고 있다(van Tassel-Baska *et al.*, 2002).

이에 따라 영재란 누구인지를 밝혀내기 위해 영재의 특성 및 정의에 관한 연구는 끊임없이 이루어져 왔다. 그리고 많은 연구들이 영재학생이 일반학

생보다 과제집착력, 성취도, 창의성, 과학탐구능력, 과학적 태도, 지능, 과학적 사고 등 여러 가지 면에서 우수하다는 것을 밝혀내고 있다(Balchin, 2008; Choi *et al.*, 2012; Kang *et al.*, 2012; Taia *et al.*, 2006). 이러한 연구들은 영재의 특성을 밝혀내기 위하여 크게 두 가지 방법을 사용하였는데, 하나는 개념적 변화를 지필시험으로 평가하는 것과 다른 하나는 면접법 혹은 관찰추천법을 사용하는 것이다(Lee, 2009). 그러나 이러한 연구방법들은 개념변화의 원인과 결과에 대한 파악이 어렵고, 추상적 수준의 분석으로 인해 구체적인 과정을 밝혀내기 어렵다는 한계를 갖는다(Choi *et al.*, 2012).

이러한 방법적 한계를 극복하기 위해 과학적 측

정기술에 기반을 둔 신경생리학적 접근이 많이 시도되고 있다. 그 중 하나인 아이트래킹 기법은 피험자가 대상을 시각적으로 인지하기 위한 동공반응을 실시간으로 추적하여 기록하는 방법으로, 안구의 움직임을 추적하면 피험자가 과제의 어떤 요소에 반응하는가를 알아낼 수 있다(Choi *et al.*, 2013; Shin & Shin, 2012; 2013). 아이트래킹을 통해 피험자의 시선 움직임에 대한 객관적인 데이터를 제공할 수 있으며(She & Chen, 2009), 데이터분석을 통해 정보를 어떻게 처리하는지 직접적으로 관찰할 수 있는 방법이기도 하다(Choi *et al.*, 2012; Kim, 2006). 또한 이는 피험자의 동공반응이라는 불수의적, 생리적인 지표를 활용하므로, 자신의 사고를 언어로 보고하는 데 어려움을 겪는 피험자들을 대상으로 하는 연구에 활용 가능한 방법으로 주목 받고 있다(Shin & Shin, 2012).

한편, 많은 선행연구들이 영재학생들의 기초탐구 능력에 관한 연구결과를 제시하고 있다. Kim(2014)은 과학관 체험학습에서 영재학생들의 관찰 유형을 분석하였고, Lim(2010)은 탐구과제에 대한 사전지식이 초등 과학 영재의 관찰방법과 의문에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 또한 Moon and Lee(2009)는 지층에 대한 탐구활동에서 초등영재 학생들의 관찰 및 추리 특성을 밝혀내기도 하였다.

다양한 과학적 탐구능력 중 특히 분류는 인간의 인지과정에 있어 핵심적인 요소로 손꼽히는데, 분류를 통하여 인간은 외부로부터 주어진 정보를 조직하고 연결할 수 있으며(Kaur, 1973), 인간이 외부 세계로부터 지식을 획득하고, 개념을 범주화하는 과정의 신경-인지적 기초 역시 분류를 통해 제공할 수 있기 때문이다(Shin & Shin, 2012). Klauer and Phye (1994)에 따르면 모든 과학의 중심에 분류가 있고, 분류활동을 통하여 체계적으로 탐구영역을 구조화할 수 있으며, 발달하는 개념에 이론의 틀을 제공한다고 하였다. 또한 인간은 이를 통하여 대상을 인지함에 있어 인지적 부담을 덜 수 있다.

분류하기는 단순한 도형에서부터 복잡한 생명체까지 다양한 영역에 적용될 수 있는데, 그 중에서 특히 생물학에서의 분류는 더욱 특별한 의미를 갖는다. 이는 종의 본질을 재조명하고, 발전하는 다양한 분석적 의사소통을 가능하게 하기 때문이다. 이렇듯 생물학에서 분류는 생물 진화의 측면과 결부되어 중요한 의미를 갖는다(Honey & Paxman,

1986). 생명체를 분류하는 것은 대상의 경향성에 따라 구분하는 것뿐만 아니라, 위계적으로 서열화하는 능력이 요구되며, 학생들은 각 분류 기준에 해당하는지 여부에 따라 분류군을 단계별로 결정짓는 이원분류를 할 수 있어야 한다(Watson & Miller, 2009).

이와 같이 중요한 분류 능력 향상을 위하여, 1960년대 이후 과학교육자들은 과학교육과정의 개발에 있어 분류를 중요한 요소로 포함되도록 하였고(Kaur, 1973), 이후 SAPA, APUS, SCIS 및 2009 개정 교육과정에서도 분류를 관찰, 측정 등과 함께 주요한 기초탐구능력 중 하나로 다루고 있다(Kwon, 2006).

Kim(2011)의 연구 결과에서 영재학생의 분류과제 수행 시간은 일반학생보다 짧지만, 분류능력지수는 영재학생이 월등히 높게 산출되었다. 그러나 분류과제 수행 시간외의 분류과정의 구체적인 차이점은 밝혀내지 못했다.

따라서 이 연구의 목적은 영재학생과 일반학생이 생물 분류 과제를 수행하는 과정에서 나타나는 안구운동을 살펴봄으로써, 초등학생의 분류과정을 구체적으로 추론하고, 효과적인 분류과제 해결 전략에 대한 시사점을 얻는 데 있다.

II. 연구방법

1. 연구 참여자

이 연구는 ○○교육대학교 과학영재교육원의 강의를 수강하는 영재 19명과, 서울시 소재 G초등학교 학생 26명을 대상으로 하였다. 참여자는 모두 학부모의 동의를 얻어 연구에 자발적으로 참여하였다. 안구운동 추적연구의 대부분은 동공의 최대 편차값으로 0.5° 이하를 최적값으로 요구하기 때문에(Holmqvist *et al.*, 2011) 이 연구에서는 피험자들의 X, Y축 동공최대편차가 모두 0.5° 이하일 때 실험을 진행하였다. 또한 안구운동 분석 시 안구운동 추적 비율(tracking ration)이 80% 미만인 학생은 연

Table 1. Research participants

	5th	6th	Total
Gifted	6	10	16
General	12	10	22
Total	18	20	38

구자들과 합의하여 분석대상에서 제외하였다. 따라서 최종적으로 분석 대상이 된 연구 참여자는 Table 1에 제시하였다.

2. 연구 절차

이 연구에서는 영재학생과 일반학생의 생물 분류과정을 분석하기 위해 Fig. 1과 같은 연구절차를 거쳤다.

생물분류과제는 시각적인 단서만으로 분류 가능한 실제 생물을 중심으로, 사진, 일러스트 등 다양한 시각자료를 활용하였다. 처음 개발한 18개의 과제 중 과학교육 및 안구운동 분석 전문가들의 논의를 거쳐 타당도를 입증 받은 10개의 과제를 선정하였다. 이를 바탕으로 예비연구를 실시하였으며, 그 결과를 토대로 2차 실험설계 및 2차 협의를 하였다. 최종적으로 선정된 5개의 과제를 바탕으로 실험을 실시하였으며, 이에 대한 타당도 검증을 마친 후 1

차 실험설계를 하였다. 과제의 제시 시간 및 제시 방법에 대한 설계를 한 후 예비연구를 진행, 그 결과를 바탕으로 2차 실험 설계를 실시하였다. 본 실험에서는 안구 추적 속도를 일반적으로 많이 사용하는 120Hz로 설정, 실험을 진행하였으며, 최종적인 분석은 SMI사의 BeGaze 3.1을 통하여 정량적으로 실시하였다.

3. 실험 설계

이 연구의 실험 설계는 Fig. 2와 같다. 이는 SMI사의 iView X™ RED를 활용한 Jang and Shin(2013)의 연구에서 사용한 실험 설계 방식을 보완한 것으로, 과제 사이에 초점자극을 추가하여 매 과제마다 안구운동의 시작점을 동일하게 맞추고자 하였다. 이 과정을 크게 세 단계로 분류하면, 보정(Calibration) 및 검증(Validation), 실험자료 제시, 그리고 사후인터뷰 단계로 나누어 볼 수 있다.

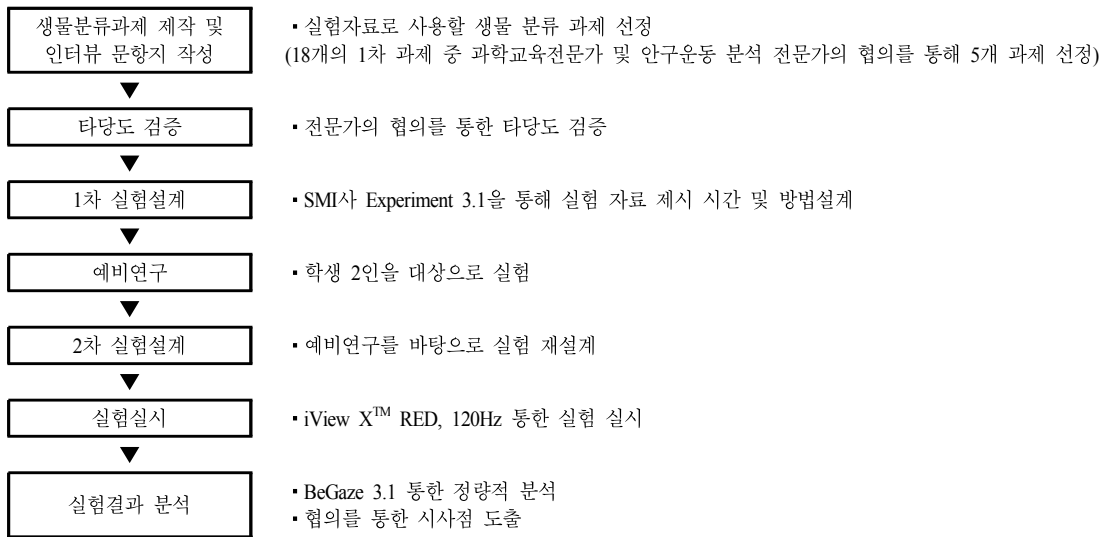


Fig. 1. Research process



Fig. 2. Design of experiment

먼저 보정(Calibration) 및 검증(Validation) 단계에서는 화면의 목표점을 지정하여 학생들의 시선을 보정하였다. 개인의 안구 반경은 최대 10% 이상 차이가 나고, 개인별로 서로 다른 모양을 하고 있기 때문에, 보정은 안구 운동 추적실험에서 반드시 필요하다(Shin & Shin, 2012; Holmqvist *et al.*, 2011). 또한 검증을 위하여 피험자 동공의 최대 편차는 X, Y 축 모두 0.5° 이하일 때에만 실험을 계속 진행하였다. Holmqvist *et al.*(2011)에 따르면 안구 운동 추적 연구의 대부분은 최대 편차 값으로 0.5° 이하를 최적의 값으로 요구하고 있기 때문이다.

둘째, 실험자료 제시 단계에서는 연습과제 1을 설명과 함께 먼저 제시한 후, 비슷한 유형으로 구성된 과제 1~4를 제시하였다. 이때 제시 순서는 피험자에 따라 무작위로 제시되도록 하였는데, 이는 제시순서에 따른 간섭효과를 배제하기 위함이다(Shin & Shin, 2012). 또한 집단 간 과제해결시간의 차이를 알아보기 위하여 과제 진행 속도는 피험자 스스로 조절할 수 있도록 하였다.

모든 안구운동 추적 과제가 끝난 후, 피험자는 과제해결 과정에 대한 인터뷰를 하였다. 이때 전 과정은 녹음되었다.

4. 분류 과제 개발

Kwon(2003)에 따르면 과학교육의 맥락에서 생물 분류는 관찰한 대상들로부터 공통점과 차이점을 찾아 범주화하고, 위계적인 순서를 정하는 활동으로 볼 수 있다고 하였다. 따라서 이 연구에서는 생물분류 과정을 알아보기 위하여 위계성이 있는 분류과제와 위계성이 없이 단순 범주화하는 분류과제로 나누어 개발하였다. 먼저 위계성이 없는 분류과제의 경우, 안구운동 분석경험이 있는 과학교육 전문가들의 의견을 모아 한 과제당 자극물 수는 4개로 통일하였다. 동일 유형의 14개 과제를 개발, 전문가들로부터 타당도 검증을 받은 8개 과제를 선정하여 1차 예비연구에 사용하였다. 1차 예비연구 결과, 변별력 및 신뢰도가 떨어지는 과제를 제외하였고, 4개의 과제가 최종적으로 선정되었다. 또한 위계성이 있는 분류과제의 경우, 많은 선행 연구들에서 타당도를 입증 받은 카미날쿨스(Caminalcules)과제를 사용했으며, 이 역시 비슷한 유형의 과제를 4개 개발, 타당도 검사 및 예비검사를 거쳐 최종적으로 1개 과제를 선정하였다. 이 연구에서 사용한 실험 자료는 Fig. 3에 나타내었다.

예비연구에서 사용되었으나 최종적으로 선정되지 못한 과제 중 각 유형별 1개의 과제를 연습문제로 사용하였다. 각 과제의 제시순서는 Fig. 4와 같았으며, 연습과제를 제외한 동일한 유형의 과제는

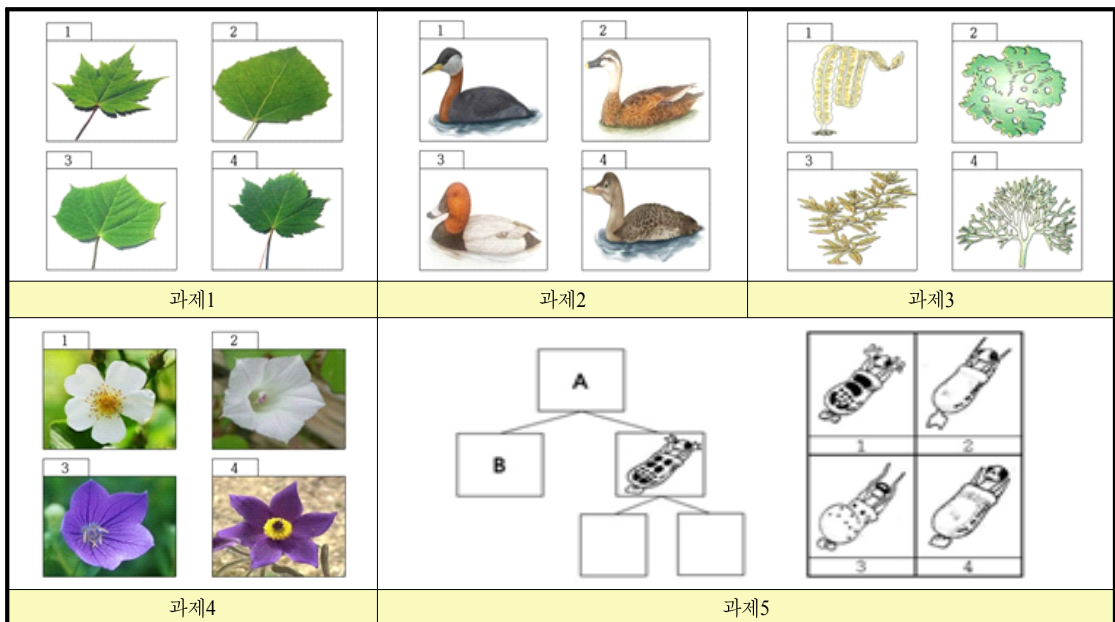


Fig. 3. List of biological classification tasks



Fig. 4. Order of task presentation

무작위로 제시하여 순서에 의한 효과를 최소화하고자 하였다.

5. 자료수집 및 분석방법

이 연구에서 사용한 안구운동 추적기는 SMI사의 iView X™ RED 장비로서, 이 장비를 사용하여 피험자가 생물분류과제를 하는 동안의 안구운동 데이터를 수집하였다. Fig. 5는 이러한 자료수집과정을 나타낸다.

수집한 안구운동 데이터는 다음과 같은 방법을 사용하여 비교 분석하였다.

첫째, 영재학생과 일반학생의 생물분류과제의 해결시간을 비교하기 위해 *t*-검정을 사용하였다. 일반학생 집단과 영재학생 집단을 독립적으로 두고, 평균의 차이 및 그 효과성을 살펴보고자 하였다. 둘째, 생물분류과제를 해결할 때 안구운동을 분석

함에 있어 SMI사의 BeGaze 3.2 통계프로그램을 사용하였다. 시선경로(Scan Path)를 분석하기 위해 안구운동을 최소시간 단위로 나누어 프로토콜을 분석하였다. 또한 AOI를 설정하여 두 집단의 AOI 응시율을 분석하고 비교하였다. 이 때, 과제별 AOI는 선행연구 및 전문가들의 협의를 바탕으로 설정하였는데, 이는 Fig. 6과 같다. AOI별 응시율은 독립표본 *t*-검정을 사용하여 집단 간 차이의 유효성을 살펴 보았다. 셋째, 분류과정 및 분류기준 설정은 사후인터뷰를 통해 수집된 자료를 참고로 하였다. 인터뷰에 사용할 질문은 전문가들의 협의를 통해 사전에 개발하였으나, 피험자의 특수성을 고려하여 피험자에 따라 연구자가 즉석에서 추가적인 질문을 할 수 있도록 하여 반구조화된 면접법을 사용하였다. 이러한 모든 인터뷰 과정은 녹음 및 기록되었으며, 분석과정은 전문가들의 협의를 통해 수행되었다.

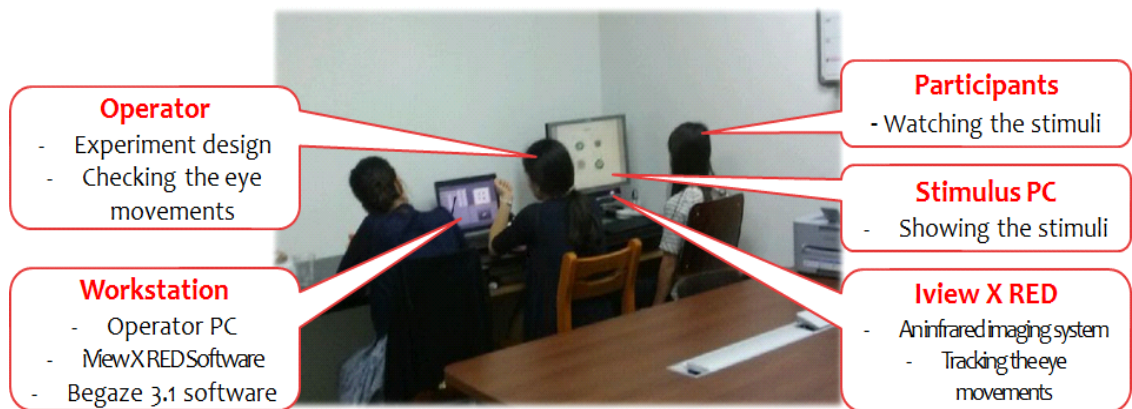


Fig. 5. How to collect data using eye-tracker (iView X™ RED)

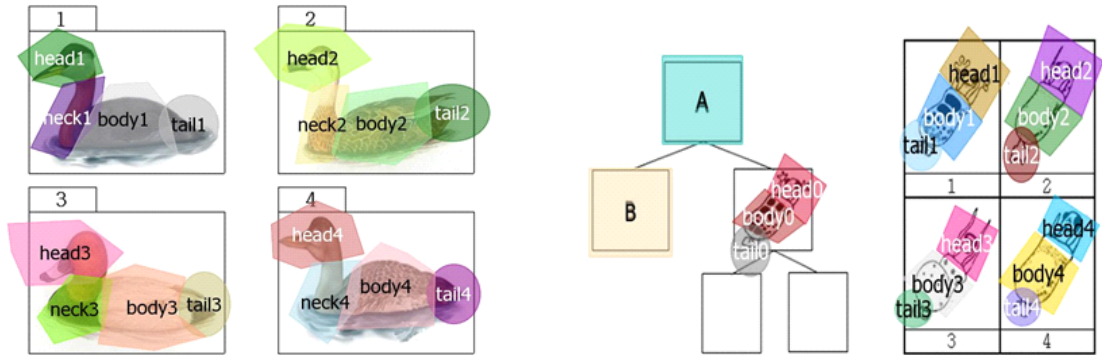


Fig. 6. AOI of task 2 and 5

III. 연구 결과 및 논의

1. 응시시간 분석

학생들이 분류활동에서 문제를 해결하기 위한 시간을 가장 쉽게 살펴볼 수 있는 것은 응시시간(fixation duration)을 분석하는 것이다. 5개 과제를 해결하는데 걸린 총 응시시간을 비교하였더니 Fig. 7과 같다. 영재학생들의 총 응시시간의 평균은 일반학생보다 약 10초 이상 짧은 것으로 나타났다($p < 0.05$). 이는 초등과학영재가 분류과제의 속성 파악 및 분류과제의 공통점과 차이점을 찾아 분류기준을 더 빨리 세워 분류활동을 수행한다는 선행연구의 결과(Kim, 2010)와 일치한다.

두 집단 간 응시시간의 차이는 위계성이 없는 과제에서 더욱 두드러지게 나타났다. 위계성이 있는 카미날쿨스 과제의 경우, 일반학생의 응시시간은 영재학생의 평균 응시시간과 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 반면, 위계성이 없는 4가지 과제의 총 응시시간의 평균을 비교한 결과, 일반학생의 응시시간이 영재학생보다 10초 이상

긴 것으로 나타났다($p < 0.05$). 이에 대한 원인은 사후인터뷰에서 찾을 수 있었다.

연구자: 가장 어려웠던 문제는 무엇이었니?
 영재A: 5번 문제요.
 연구자: 그 문제가 가장 어려웠던 까닭은 무엇이었니?
 영재A: 다른 문제와 달라서요.
 연구자: 그 문제를 해결한 방법은 무엇이니?
 영재A: 천천히 살펴보고 정확하진 않지만 그래도 가장 근접하다고 생각하는 것을 골랐어요.
 연구자: 가장 어려웠던 문제는 무엇이었니?
 일반B: 5번 문제요.
 연구자: 그 문제가 가장 어려웠던 까닭은 무엇이었니?
 일반B: 문제의 뜻을 잘 몰라서요.
 연구자: 그 문제를 해결한 방법은 무엇이니?
 일반B: 하나하나 비교해가며 정답을 생각했어요.

과제의 난이도가 평이한 위계성이 없는 분류과제에서는 영재학생들이 과제의 특징 및 핵심을 빨리 파악하고, 그에 따라 단시간 내에 분류해내는 데 반해, 일반학생들은 과제의 핵심을 파악하지 못하고, 그 특징을 파악하는 데 많은 시간을 사용하였다(Kim, 2011). 반면, 과제의 난이도가 높은 위계성이 있는 분류과제에서는 영재학생들도 과제의 핵심 및 특징을 파악하는 데 많은 시간을 소모하여, 두 집단 간 응시시간에 큰 차이가 없었음을 알 수 있다.

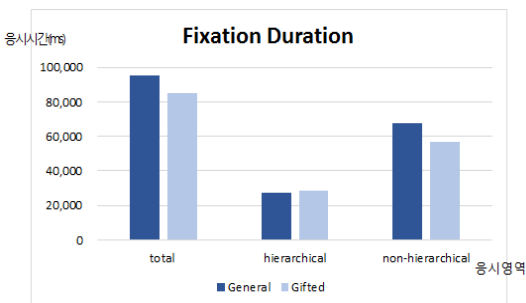


Fig. 7. Fixation duration between gifted and general

2. AOI별 응시율 분석

일반학생 및 영재학생이 대상의 특징을 어떻게 파악하고 있는지 살펴보기 위해 각 과제별로 AOI를 설정하여 그 응시율을 살펴보았다. 그 후 학습자별 총 응시시간(fixation duration)에 대한 AOI별

응시시간 비율(AOI's fixation duration)을 산출하여 분석하였다.

오리 분류과제에서 일반학생과 영재학생의 응시시간비율은 Fig. 8과 같이 나타났다. 제시된 4장의 사진의 생물은 도요목과 오리목으로 분류할 수 있는데, 이를 판별할 수 있는 핵심적인 특징은 부리이다. 부리가 포함된 ‘머리’ 응시율을 비교한 결과, 영재학생들의 응시율(M=40.02)이 일반학생들의 응시율(M=23.00)보다 유의미하게 높았다($p<0.05$). 반면, ‘몸’ 응시율을 비교한 결과, 영재학생들의 응시율(M=21.62)이 일반학생들의 응시율(M=32.44)에 비해 유의미하게 낮음을 알 수 있다($p<0.05$). 이에 관한 사후 인터뷰 내용은 다음과 같다.

- 연구자: 이 문제에서 가장 관심있게 본 부분은 어디였니?
 영재C: 부리요.
 연구자: 그 부분을 가장 관심있게 본 까닭은 무엇이니?
 영재C: 오리 부리 모양과 다른 것이 있어서요.
 연구자: 이 문제에서 가장 관심있게 본 부분은 어디였니?
 일반D: 몸이요.
 연구자: 그 부분을 가장 관심있게 본 까닭은 무엇이니?
 일반D: 이렇게 둘, 이렇게 둘이 몸 색깔이 비슷해서요.

이로 미루어 보아, 영재학생들은 일반학생에 비해 상세관찰을 통해 분류하고 있고(Kim, 2011), 일반학생들은 영재학생에 비해 대상의 두드러진 특징에 의해 관찰초점이 변화하였다.

위계성이 있는 카미날쿨스 과제(Task 5)에서는 Fig. 9와 같은 양상을 보였다. 꼬리를 응시한 비율은 일반학생(M=14.23)이 영재학생(M=29.67)보다 통계적으로 유의미하게 적었던 반면, 몸을 응시한 비율은 일반학생(M=55.16)이 영재학생(M=36.15)보다 높았다. 본 과제를 해결하는 데 있어 핵심 요소는 꼬리이고, 몸은 시각적으로 두드러져 보이는 특징

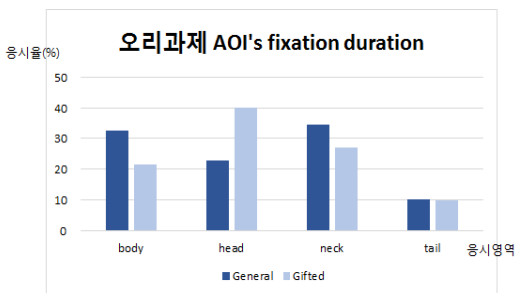


Fig. 8. AOI's fixation duration of Task 2 & 5

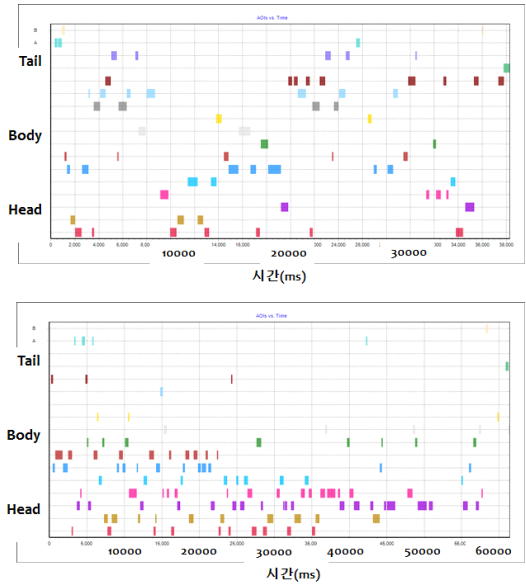


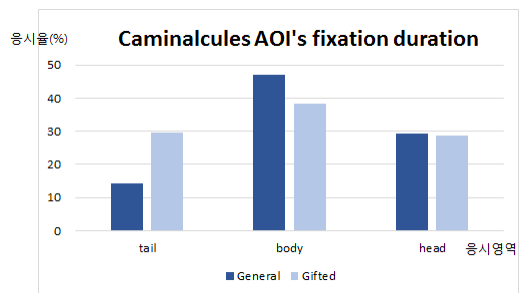
Fig. 9. Fixation change between gifted (above) and general (below) on task 5

임을 감안할 때, 영재학생은 일반학생에 비해 세부적인 관찰을 통한 분류를 하는 반면, 일반학생은 두드러진 특징에 의한 관찰을 하는 것을 알 수 있다. 이는 과학적 과제를 해결할 때 일반학생들은 두드러진(Salient) 시각적 특징에 의해 영향을 받고, 전문가들은 관련요소에 더 집중한다(Shin & Shin, 2013)는 선행연구와도 일치하는 결과이다.

3. 시선경로(Scan Path) 분석

시선경로는 피험자의 안구운동의 고정응시(Fixation)와 도약(Saccade)을 나타내는 것으로 원의 크기가 클수록 피험자가 해당 지점을 오래 응시했음을 나타낸다.

Fig. 10의 (A)는 오리 과제에서 일반학생과 영재



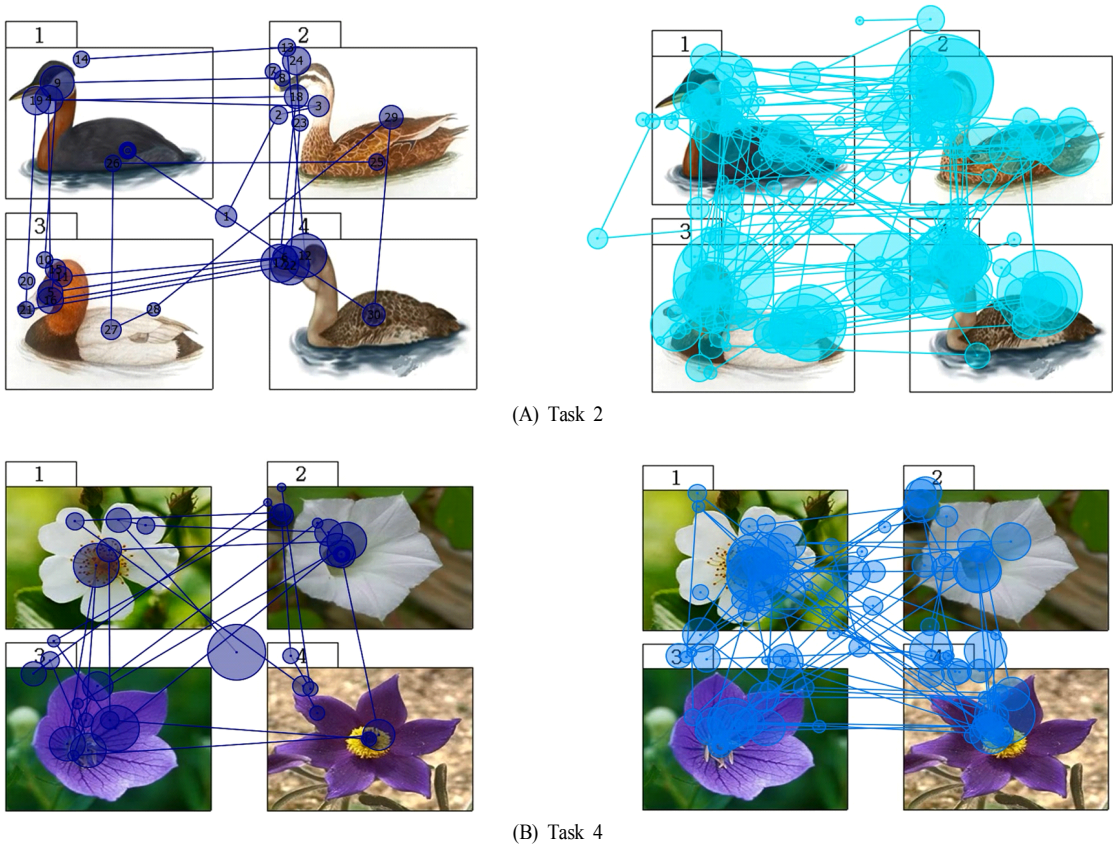


Fig. 10. Scanpath between gifted (left) and general (right)

학생의 시선고정을 보여준다. 영재학생의 시선고정을 살펴보면 2번의 부리- 1번의 부리- 3번의 부리- 4번의 부리 순으로 8차례 비교한 후 2번의 몸- 1번의 몸- 3번의 몸- 4번의 몸 순으로 검토한 후 분류기준을 선정하였음을 알 수 있다. 반면, 일반학생의 경우, 일정하지 않은 순서로 머리 및 몸을 비교하였는데, 이때 고정응시수가 영재학생에 비해 현저하게 많았다.

Fig. 10의 (B)는 꽃 과제에서 일반학생과 영재학생의 시선 고정을 나타낸다. 영재학생의 시선고정은 중심(수술, 암술) 비교- 꽃잎 비교 순으로 나타났다. 순서는 비교적 일정한 편이었다. 반면, 일반학생의 시선고정은 순서의 규칙성이 없고, 중심비교 및 꽃잎비교의 양상이 무작위로 나타났다. 또한 고정응시 수가 현저히 많았다.

고정응시 수에서 차이가 남에도 불구하고, 일반학생이 영재학생에 비해 더 많은 분류기준을 생성해 내지는 못하였다. 결과적으로 생성해 낸 분류기

준 수는 오리과제에서 영재학생은 4개, 일반학생은 2개였고, 꽃 과제에서 영재학생은 5개, 일반학생은 3개였다. 일반학생은 목적이 불분명한 관찰을 함으로써 대상 간의 공통속성을 파악하는데 어려움을 겪었다. 일반학생은 영재학생에 비해 대상을 탐색할 때 핵심적인 특징을 찾아내는데 더 많은 어려움을 겪으며, 더 오랜 시간이 걸린다(Kim et al., 2011)는 선행연구의 결과와 일치하는 결과이다.

피험자들의 Scan path 및 분류과정을 전체적으로 분석하고자, 각 과제별로 나타나는 시선고정의 양상 및 사고과정을 Cho(2005)의 생물 계통수 생성의 사고 과정 모형 개발을 위한 분석틀을 바탕으로 Table 2와 같이 부호화하였다. 이때 피험자들의 시선경로는 BeGaze 3.1 상에서 나타나는 영상을 바탕으로 하였고, 사고범주는 사후인터뷰를 추가하여 분석하였다.

그 중 영재학생 G와 일반학생 H의 사고범주 인터뷰를 부호화하면 다음과 같다.

Table 2. Frame of fixation and thinking process type

범주	사고범주	정의	부호
시선 고정	대상내 비교	하나의 대상 내에서 도약하는 시선고정	CW
	대상간 세부특징 비교	대상간 세부적인 과학적 특징을 비교하는 시선고정	CBT
	대상간 두드러진 특징 비교	대상간 시각적으로 두드러져 보이는 특징을 비교하는 시선고정	CBS
사고 과정	대상인식	관찰을 통해 분류기준 고안을 위한 특정 대상으로 인식하는 사고	IO
	요소인식	분류기준 고안대상의 속성이나 특징을 나타내는 하위구성요소로 인식하는 사고	IE
	공통점 발견	인식된 요소의 공통된 속성을 찾아내는 사고	IC
	차이점 발견	인식된 요소의 차이나는 다른 속성을 찾아내는 사고	ID
	예측분류기준 발견	대상들의 공통점과 차이점 발견 후, 예측되는 분류기준을 찾아내는 사고	IP
	예측분류기준 표상	대상과 관련된 선행지식을 예측분류기준으로 머리에 떠올리는 사고	IR
	예측분류기준 차용	표상된 예측분류기준을 관찰대상의 분류기준에 적용하는 사고	IB

연구자: 이 그림은 무엇이지?
 영재G: 새요. (IO)
 연구자: 이것을 분류할 수 있는 방법에는 어떤 것이 있을까?
 영재G: 머리나 부리, 목, 색깔 등ियो. (IE, ID)
 연구자: 내가 선택한 분류기준은?
 영재G: 부리요. (IP)
 연구자: 그 까닭은?
 영재G: 부리 모양이 제가 알던 오리의 모양과 달라서요. (IR)
 연구자: 이 그림은 무엇이지?
 일반H: 새요. (IO)
 연구자: 이것을 분류할 수 있는 방법에는 어떤 것이 있을까?
 일반H: 모르겠어요...(IE)
 연구자: 천천히 한번 더 살펴볼까?
 일반H: ...색깔? (IE, ID)
 연구자: 내가 선택한 분류기준은?
 일반H: 색깔이요. (IP, IB)

연구자: 그 까닭은?
 일반H: 2번과 4번이 색깔이 비슷해서요. (IB)

이와 같은 방법으로 오리과제(task 2)에서 전체학생의 시선고정 및 사고범주를 부호화한 결과는 Table 3과 같다. 영재학생들의 시선고정은 대상간 세부특징 비교→대상간 두드러진 특징 비교의 형태가 많았고, 사고범주는 예측분류기준 차용의 형태가 많았다. 또한 일반학생의 시선 고정은 대상간 두드러진 특징 비교→대상간 세부특징비교의 형태가 많았고, 사고범주는 예측분류기준 표상의 형태가 많았다. 즉, 영재학생은 선행지식을 활용하여 대상의 핵심적인 특징을 파악하고 이를 중심으로 공통점 및 차이점을 관찰, 분류기준을 생성하였으며, 일반 학생은 시각적으로 두드러져 보이는 특징에 의해 영향을 받는 관찰을 하며, 그 관찰을 바탕으로 분류기준을 생성하는 경우가 많았다.

Table 3. Types of fixation and thinking process on classification

Participants	Fixation	Thinking Process	Participants	Fixation	Thinking Process
Gifted A	CBT-CBS	IO-IE,IC-IP-IR	General A	CBS-CW-CBS	IO-IE,IC-IP-IB
Gifted B	CBT-CW-CBS	IO-IE,IC-IP-IB	General B	CBS-CBT-CBS	(IO)-IE,IC-IP-IB
Gifted C	CBT-CBS-CBT	IO-IE,IC-IP-IR	General C	CBS-CBT	IO-IE,IC-IP-IB
Gifted D	CBT-CBS	IO-IE,IC-IP-IB	General D	CBT-CBS-CBT	IO-IE,IC-IP-IB
Gifted E	CBT-CBS-CBT	IO-IE,IC-IP-IR	General E	CBS-CBT-CBS	(IO)-IE,IC-IP-IB
Gifted F	CBT-CW-CBS	IO-IE,IC-IP-IB	General F	CBT-CBS-CBT	IO-IE,IC-IP-IR
Gifted G	CBS-CBT-CBS	IO-IE,IC-IP-IR	General G	CBT-CBS-CBT	IO-IE,IC-IP-IR
Gifted H	CBT-CBS	IO-IE,IC-IP-IR	General H	CBS-CBT	(IO)-IE,IC-IP-IB
Gifted I	CW-CBT-CBS	IO-IE,IC-IP-IR	General I	CBT-CW-CBS	IO-IE,IC-IP-IR
			General J	CBS-CBT	IO-IE,IC-IP-IB

IV. 결론 및 제언

생물분류과제를 해결하는 동안 과학영재학생과 일반학생의 안구운동을 분석한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 영재학생들은 일반학생에 비해 일반적인 생물분류과제를 해결할 때 대상 응시시간이 짧았다. 이는 영재학생이 일반학생보다 대상의 특징을 파악하는 데 더 짧은 시간이 걸리기 때문으로, 과제의 난이도가 높아져 영재학생에게도 어렵게 느껴지는 과제에서는 응시시간의 차이가 없었다.

둘째, 과제별 AOI를 설정하여 영재학생과 일반학생의 응시율을 분석한 결과, 과제를 해결하는데 핵심적인 영역을 응시한 비율은 영재학생이 일반학생보다 유의미하게 높았고, 시각적으로 두드러진 영역(Salient)을 응시하는 비율은 일반학생이 영재학생보다 유의미하게 높았다.

셋째, 영재학생과 일반학생의 시선고정 및 도약 과정을 분석한 결과, 과제별 시선고정(fixation)의 수는 일반학생이 영재학생보다 많았으나, 일반학생은 대상의 요소를 탐색하고, 공통점 및 차이점을 찾는데 어려움을 겪는 경우가 있으며, 대상의 시각적 특징에 의해 좌우되는 분류기준을 생성하였다. 이에 반해 영재학생은 배경지식을 활용하여 분류기준을 생성하고, 이를 바탕으로 대상을 비교, 분류하는 경우가 많았다.

이를 통하여 초등학생의 생물분류능력 신장을 위해 단순한 시각적 유사성에 좌우되기 보다는 배경지식을 활용하여 분류할 수 있도록 전략을 세워야 한다는 시사점을 얻을 수 있었다. 그러나 생물분류는 다양한 과학적 탐구과정 중 일부이므로 초등학생의 탐구능력 신장을 위하여 다양한 탐구과정에 대한 안구운동 분석 기반의 정량적, 정성적 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

Cho, E., Kim, S., Jeong, J. & Kwon, Y. (2005). Development of the thinking process model for the generation of biological phylogenetic-tree. *Journal of Korean Biology Education*, 33(1), 13-22.

Choi, H., Shin, W. & Shin, D. (2012). Differences in eye movement pattern during the classification between the

gifted and general students in elementary schools. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 31(4), 501-512.

Choi, H., Yang, I. & Kwon, C. (2006) Classification activity thoughts of elementary sixth grade pupils about artificial and natural stimulus. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 26(1), 40-48.

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.

Honey, J. & Paxman, H. (1986). The importance of taxonomy in biological education at advanced level. *Journal of Biological Education*, 24(2), 103-111.

Jang, K. & Shin, D. (2013). An analysis of eye movement and understanding of elementary school students according to the types of science textbook illustration. *The Journal of Korea Elementary Education*, 24(4), 147-166.

Kaur, R. (1973). Evaluation of the science process skills of observation and classification. Doctoral dissertation, University of Pennsylvania.

Kim, K., Cha, H. & Ku, S.(2011). Differences in classification skills between the gifted and regular students in elementary schools. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 31(5), 709-719.

Kim, M. (2014). Analysis of patterns of verbal interaction and observation type of science-gifted student in the experiential learning through the science museum. Master degree, Korea National University of Education.

Kim, S., Hwang, S., Cho, J. & Sohn, Y. (2004). Analysis of cognitive styles across visual discrimination tasks. *Journal of the Emotional Science*, 7(2), 163-178.

Klauer, K. J. & Phye, G. D. (1994). Cognitive training for children: A developmental program of inductive reasoning and problem solving. Seattle: Hogrefe & Hubner Publishers.

Kwon, Y., Ko, K. & Jeong, J.(2003). The structure and generation process of deductive scientific-knowledge in the testing of biological hypotheses. *Biology Education*, 31(3), 236-245.

Lee, J., Ha, M. & Cha, H. (2008). Difference in elementary student behaviors according to the material types provided as classifying leaves. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 27(3), 287-295.

Lim, J. (2010). Effect that prior knowledge about research subject gets primary grade science brilliant intellect's

- observation method and question. *Journal of the Science Education*, 34(1), 105-112.
- Lim, S., Choi, H., Yang, I. & Jeong, M. (2013). An Analysis of eye movement in observation according to university students' cognitive style. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 33(4), 778-793.
- 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.
- Moon, B. & Lee, K. (2009). The characteristics of observing and inferring of elementary gifted students in inquiry activities of the strata. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 28(4), 476-486.
- Park, J., Lee, I., Lee, J. & Kwon, Y. (2010). Development of a negative emotion prediction model by cortisol-hormonal change during the biological classification. *Journal of the Science Education*, 34(2), 185-192.
- Peiffer, S. I. (2003). Challenges and opportunities for students who are gifted: What the experts say. *Gifted Child Quarterly*, 47, 161-169.
- She, Q. & Chen, Z. (2009). An upstream activation element exerting differential transcriptional activation on an archaeal promoter. *Mol Microbiol* 74, 928-939.
- Shin, W. & Shin, D. (2012). Eye movement analysis on elementary teachers' understanding process of science textbook graphs. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 31(3), 386-397.
- Shin, W. & Shin, D. (2013). Development of the heuristic attention model based on analysis of eye movement of elementary school students on discrimination task. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 33(7), 1471-1485.
- Taia, R. H., Loehrb, J. F. & Brigham, F. J. (2006). An exploration of the use of eye-gaze tracking to study problem-solving on standardized science assessments. *International Journal of Research*, 29(2), 185-208.
- Tsai, M. J., Hou, H. T., Lai, M. J., Liu, W. Y. & Yang, F. Y. (2012). Visual attention for solving multiple-choice science problem: An eye-tracking analysis. *Computers & 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.
- Watson, S. & Miller, T. (2009). Classification and the dichotomous key: Tools for teaching identification. *Science Teacher*, 76(3), 50-53.
- Yang, I., Lee, S., Kim, E., Lee, S. & Kwon, S. (2010). Analysis of observation characteristics by cognitive style: MEG study. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 30(8), 1097-1109.