

Analysis of Gaze Fixation at the Heading Positions of Column Shown in the Table of Life Science Textbooks

Eun Ju Cho¹⁾ · Yong-Ju Kwon^{*2)}

¹⁾Jungwon High School · ²⁾Korea National University of Education

생명과학 교과서의 표에 제시된 표제 위치에 대한 시선고정 분석

조은주¹⁾ · 권용주^{*2)}

¹⁾중원고등학교 · ²⁾한국교원대학교

<ABSTRACT>

The purpose of this study is to analyze the difference in student eye movements for the heading positions of column located between the left front or center of the table. The presented table was divided into a simple type (S type) and a complex type (C type) of table, and the column headings were shown in the f type displayed on the front of the table and the b type displayed in between. Eighteen high school students were sampled to collect eye tracking data after presenting S-f/C-b type or S-b/C-f type tables. The collected eye tracking data was analyzed in terms of total duration time, fixation count, fixation duration time, and the fixation ratio on target. The results of the study have been shown that the analyzing time of the table took longer for the b-type table in the case of simple tasks, and the longer for the f-type table in the case of complex tasks. In addition, when the ratio of fixation was changed from the S-f type to the S-b type, the ratio was increased. However, the ratio of fixation was decreased. when the C-f type changed to the D-b type. Furthermore, the duration time of fixation was significantly longer when the table type was presented in the form of a b-type task rather than in the f-type. This study is presumable provided an alternative interpretation of how the design of table in the textbook is presented to learners.

Key words : Gaze fixation, table design, heading position of column, life science textbook, life science textbook

※ 이 논문은 조은주의 2020학년도 석사학위 논문의 일부를 수정, 보완하였음.

* Corresponding Author : Kwon, Yong-Ju, kwonjy@knue.ac.kr

Received February 3, 2020; Reviewed February 24, 2020 Corrected March 15, 2020; Accepted March 20, 2020

© 2020. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

I. Introduction

현대사회는 하루 동안에도 수없이 많은 지식과 정보가 쏟아져 나오는 지식정보화 사회이다. 교육에 관련된 정보 가운데 중심적인 역할을 하는 교과서는 크게 언어 정보와 시각 정보로 구성되어 있다(Mason et al., 2012). 언어 정보는 교과서에서 본문이나 표 및 그림 등에서 문자 형태로 제시된 정보에 해당된다. 언어 정보는 학습 내용에 대해 보다 상세한 설명을 제공하여 학습내용에 대한 학습자의 이해에 중요한 역할을 한다(Liu & Chuang, 2011). 시각 정보는 삽화, 도표, 그림, 그래프 등에서 이미지 형태로 제공된 정보를 의미한다.

시각 정보의 역할을 일상생활에서 뿐만 아니라, 교육 분야에서도 그 중요성도 점차 증대되고 있다. 이러한 영향으로 인하여 시각 정보는 그림, 다이어그램, 그리고 그래프 형태로 제시되어 교과서에서 이전보다 점점 더 사용 비율이 증가되고 있다(Roth & McGinn, 1998; Schnotz, 2002). 뿐만 아니라, 일상생활 속에서 다양한 매체를 통해 정보를 접하다보면 표나 그래프로 정보를 제공하고 있는 경우를 많이 접하게 된다.

이렇게 표, 그림, 그래프 등은 과학 분야는 물론이고, 일상생활의 인터넷 등 다양한 매체에서도 많이 사용되고 있다. 즉, 현대 사회를 살아가는데 있어 표나 그림, 그래프 등의 정보를 조직하고 변환하는 능력은 무엇보다 중요하다고 하겠다. 특히, 미래의 4차 산업혁명 사회에서는 데이터를 체계적으로 수집하고 분석하여 그 결과를 바르게 해석하고 적용할 수 있는 역량을 갖추는 것이 무엇보다 중요하다. 더 나아가, 이러한 미래사회의 기본 역량으로서 데이터를 분석하고 가공하여 각종 의사 결정에 사용하거나 규칙성을 찾아내기 위해서 표와 그래프의 정보를 적절하게 재구성하고 구조화하는 역량이 필요하다(Kim & Kim, 2009).

지금까지 표와 그래프의 이해와 인지에 대한 연구들은 응답자들의 시각 정보에 대한 기억과 관련된 설문으로부터 획득한 자기보고식 정보에 주로 의존해 왔다(Choi & Shin, 2012). 그러나, 이러한 연구 방법은 응답자들이 자신의 응답결과가 기억, 인지, 정서 측면에서 객관적이라는 믿음을 전제로 한 것이다. 하지만, 인간의 인지, 기억, 정서, 행동 등의

반응은 의식적인 영역은 물론이고 무의식으로도 반응이 일어날 수 있음은 잘 알려져 있다(Lee et al, 2011). 즉, Lee 등에 따르면, 자기 보고식 측정 방법에서는 피험자가 객관적으로 대답할 수 있는 상황도 있지만, 객관적인 검증이 어려운 응답도 존재할 수 있다. 따라서, 응답자의 인지와 기억을 보다 객관적으로 측정하기 위한 측정 수단의 필요성이 제기되었고, 과학적 측정 기술의 발달을 바탕으로 생리학적 측정 방법이 자기 보고식 측정에 대한 대안적 수단으로 제시되었다. 특히, 시선 추적 방법은 학습자의 반응을 측정할 수 있는 가장 객관적인 대안의 하나로 제시되고 있다(Choi & Shin, 2012; Seo, Kim, & Yang, 2019; Shim & Yang, 2017). 시선추적 기법은 연구 가설을 검증하는 연구 수단으로서 뿐만아니라, 더 나아가 피험자의 정보처리 과정을 객관적이고 직관적으로 관찰 할 수 있는 방법이기도 하다(Kim, 2006; Kim & Kwon, 2016).

과학교육에서 표는 학습자들에게 시각 정보를 효율적으로 과지할 수 있는 중요한 수단이다. 그러나, 아직까지 서로 대비되는 개념을 비교하는 표를 제시할 때, 학습자는 인지 자원을 어떻게 배분하며 어떠한 부분에 주의를 집중하는지에 대한 연구는 부족하다. 다만, 시선 추적 기법을 활용한다면 이러한 의문에 대한 객관적인 관찰과 분석이 가능할 수 있다. 따라서 이 연구에서는 서로 대비되는 개념을 비교하는 표를 학습자에게 제시할 때, 표제의 제시 형태에 따라 표가 학습자들의 인지과정에서 보다 적절하게 정보를 처리하는 방식인가를 검증하고자 한다.

따라서, 이 연구에서 알아보고자 하는 연구 문제는 표의 제시 형식에 따라 1) 학습자들이 자료를 해석하는데 걸리는 시간, 2) 표를 해석하는 처음 3초 동안 학생들의 안구운동 패턴, 그리고 3) 표를 해석하는 전체 시간 동안의 학생들의 안구 운동 패턴은 무엇인가로 제시하였다.

II. Methodology

1. Participants

이 연구는 열의 표제의 위치에 따라 표를 해석하

는 학생들의 시선 이동의 차이를 알아보는 연구이다. 연구 참여자는 경기도 소재 고등학교 1, 2학년 학생 25명을 대상으로 지원자를 모집하였고, Calibration 과정에서 탈락자, 시선 추적률이 낮은 지원자를 제외하고 총 18명의 연구 참여자를 대상으로 시선 분석이 이루어졌다. 모든 참여자는 뇌 병력과 안구 병력이 없었으며, 정상 시력 또는 정상으로 교정된 시력이었고 오른손잡이이다.

2. Task Design

과제는 선행연구에서(Choi & Shin, 2012)에서 표 구성의 복잡성이 표를 해석하는 과학교사들의 안구 운동에 영향을 미쳤음을 고려하여 과제의 구분 기준을 과제 구성의 복잡도와 열의 표제의 위치 두 가지로 설정하여 과제를 구성하였다. S형 과제는 2009 개정교육과정 고등학교 생명과학 I 천재교육 교과서 131쪽의 체세포분열과 감수분열 특징을 비교한 표를 [Figure 1]과 [Figure 2]로 변형하여 연구 대상에게 제시하였고, C형 과제는 2009 개정교육과정 고등학교 생명과학 II 천재교육 교과서 112쪽의 원핵세포와 진핵세포특징을 비교한 표를 [Figure 3]과 [Figure 4]로 변형하여 연구대상에게 제시하였다.

비교	체세포 분열	감수분열
분열횟수	1회	2회
상동염색체의 접합	일어나지 않음	일어남(2가 염색체 형성)
딸세포의 수	2개	4개
핵상	$2n \rightarrow 2n$	$2n \rightarrow n$
역할	세포 증식	생식세포의 형성

체세포분열과 감수분열의 비교

[Figure 1] S-f type task presented for students

체세포 분열	비교	감수분열
1회	분열횟수	2회
일어나지 않음	상동염색체의 접합	일어남(2가 염색체 형성)
2개	딸세포의 수	4개
$2n \rightarrow 2n$	핵상	$2n \rightarrow n$
세포 증식	역할	생식세포의 형성

체세포분열과 감수분열의 비교

[Figure 2] S-b type task presented for students

비교	원핵세포	진핵세포
유전체의 위치	세포질에 위치	핵에 위치
유전체의 크기	작다	크다
유전체의 구성	1개의 원형 염색체	고유한 수의 선형 염색체
염색체 구조	뉴클레오솜 구조 없음	뉴클레오솜 구조 있음
염색체 내 유전자 배열	유전자 조밀하게 배열	유전자 사이 공간이 많고 등성등성 배열
유전자 구조	유전자 안의 유전 정보는 연속적	한 유전자 안에 유전 정보가 없는 부분 있음

원핵세포와 진핵세포의 비교

[Figure 3] C-f type task presented for students

원핵세포	비교	진핵세포
세포질에 위치	유전체의 위치	핵에 위치
작다	유전체의 크기	크다
1개의 원형 염색체	유전체의 구성	고유한 수의 선형 염색체
뉴클레오솜 구조 없음	염색체 구조	뉴클레오솜 구조 있음
유전자 조밀하게 배열	염색체 내 유전자 배열	유전자 사이 공간이 많고 등성등성 배열
유전자 안의 유전 정보는 연속적	유전자 구조	한 유전자 안에 유전 정보가 없는 부분 있음

원핵세포와 진핵세포의 비교

[Figure 4] C-b type task presented for students

Eye-tracker의 모니터에 나타나는 화면 구성을 위해 과제는 각각 JPEG 사진 파일로 변환하였고, 사진의 해상도는 1600×900으로 모니터 해상도와 동일하게 바꾸어 제시하였다. S-f형 과제와 S-b형 과제, C-f형 과제와 C-b형 과제의 전체 크기는 같고 각각의 표를 이루는 셀들의 크기는 같게 설정하여 실험 결과를 AOI별로 분석할 때 표의 크기 및 각각의 AOI의 크기의 차이에 의한 오차를 방지하였다.

3. Experimental Tool

시선추적을 위해 이 연구에서 사용한 장비는 [Figure 5]과 같이 고정형 시선추적기 S2 Eye tracker System, Mirametrix Inc.가 사용되었다. 이 시선추적기는 60Hz의 속도로 양안의 시선데이터를 수집할 수 있고, 60Hz의 샘플링 레이트 설정이 가능하며 정확도는 0.5~1°이다.



[Figure 5] S2 Eye tracker system (Mirametrix Inc.)

이 장비를 사용하여 연구 참여자가 각각의 텍스트를 읽는 동안 시선을 기록하여 Total duration time, Fixation Count, Fixation Duration Time을 추출하였다. 이를 통해 표 제시 형식에 따른 자료 해석 시간, 처음 3초 동안의 안구 운동, 표를 해석하는 전체 시간 동안의 학생들의 안구 운동의 시선의 차이를 분석하였다.

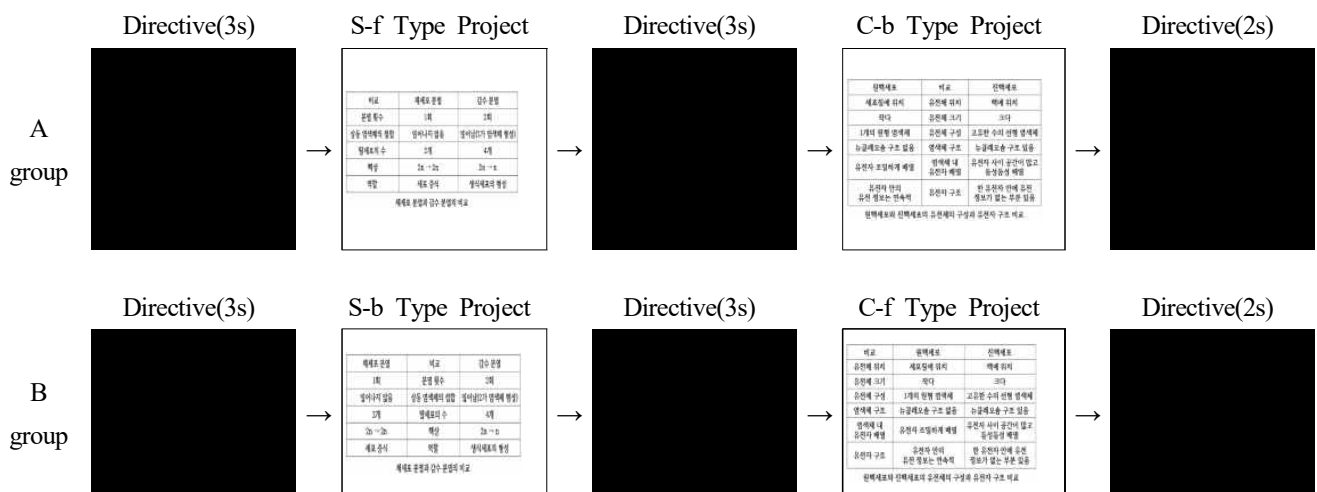
4. Measurement Procedure

연구자는 연구 참여자에게 본 연구에 대한 안내를 제공하였고, 연구 참여자들은 자발적으로 연구 참여 동의서에 서명하였다. 시선 추적을 시작하기 전에 실험에 대한 안내를 실시하고 주의사항을 주지시킨 후 시선 추적 이후에 사후 면담과정을 통해 제시된 표에 관련된 질문이 있을 것임을 시사하여 연구 참여자로 하여금 연구에 보다 적극적으로 참여할 것을 유도하였다. 연구 참여자들을 약속된 시간에 한명씩 실험실을 방문하도록 하여 심신 이완을 한 후 모니터에서 60~70cm거

리에서 모니터의 가운데가 눈높이가 일치하도록 등반이가 있는 고정된 의자에 앉게 한다. 안내가 끝난 뒤 5개의 점으로 구성된 calibration을 수행하였고 calibration이 수행된 후 연구 참여자에게 모니터의 좌측, 중앙, 우측을 응시하도록 하여 calibration이 제대로 이루어졌는지 확인하는 과정을 거쳤다. 최적의 calibration이 이루어질 수 있도록 충분히 calibration 과정을 거치고 난 후 그룹별로 과제를 제시하여 시선 이동을 측정한다. 과제를 수행하는 동안 연구 참여자들로 하여금 과제를 주의 깊게 분석하도록 요구하였다.

과제를 제시하는 과정은 “다음 자료를 해석하시오”라는 지시문이 3초 동안 제시된 후 A그룹에게는 S-f형 과제가 제시되고 본인이 첫 번째 과제에 대한 해석이 완료되면 키보드의 Space bar를 눌러 다음 텍스트로 넘어갈 수 있었다. 다시 “다음 자료를 해석하시오”라는 지시문이 3초간 제시된 후 C-b형 과제가 제시되어 S-f형 과제와 C-b형 과제에 대한 시선 이동에 관한 시선 추적 데이터 수집이 이루어 졌다. B그룹에게는 A그룹에서와 마찬가지로 지시문이 먼저 제시된 후 S-b형 과제와 C-f형 과제를 순차적으로 제시한 후 시선의 이동을 측정한다.

신뢰도를 확보하기 위해 A그룹에게는 f형의 과제를 먼저 제시하고 B그룹에게는 b형의 과제를 먼저 제시하여 특정형태의 과제제시 순서가 결과에 영향을 주지 않도록 실험을 설계하였다. Calibration이 완료된 연구 참여자에게는 [Figure 6]와 같은 실험 패러다임이 제공되었다.



[Figure 6] Experimental paradigm

4. Area of Interests (AOIs)

S-f형 과제와 C-b형 과제의 AOI를 [Figure 7], [Figure 8]와 같이 설정하였다.



[Figure 7] AOI of S-f type task



[Figure 8] AOI of C-b type task

S-b형 과제와 C-f형 과제의 AOI 역시 이와 같은 방식으로 설정하였다.

5. Data Collection and Analysis

연구 참여자들이 표를 해석하는 시선의 양상을 파악하기 위해서 측정해야 할 영역들은 첫 번째로 표 제시 형식에 따른 자료 해석 시간이고 두 번째로는 처음 3초 동안의 안구 운동이며 세 번째로 표를 해석하는 전체 시간 동안의 학생들의 안구운동이다. 자료를 해석하는 총 수행시간의 측정은 인지적으로 유리한 자료의 형태를 가늠할 수 있는 가늠자의 역할을 하게 된다. 처음 3초 동안의 안구 운동의 양상을 확인하기 위해 시선 고정 시간(FD: Fixation

duration time), 시선 고정 횟수(FC: Fixation count)를 측정하였고, 두 측정된 값으로부터 응시비율(Ratio: The ratio of target fixation)을 계산하였다.

안구운동에 관한 선행연구를 살펴보면, 사람들이 가장 흥미롭다고 여기는 곳으로 빠르게 시각을 움직여 자신이 보고 있는 시각 영역 안에 존재하는 수많은 시각 단서들 중에서 가장 민감성이 높은 자극에 주의가 할당된다(Kim et al, 2007; Liu et al., 2005)고 하였으므로 처음 3초간의 학생들의 안구운동을 분석함으로써 제시되는 시각 단서들 중에서 가장 민감성이 높은 자극을 파악할 수 있을 것이다. 또, Goldberg & Kotval(1999)에 따르면, 적은 응시비율로 한 영역을 응시한다면, 효율적인 검색이 떨어짐을 의미한다고 하였다. 민감성이 높은 자극은 AOI별 시선 고정 시간, 시선 고정 횟수의 시간 및 빈도가 크게 측정될 것이고 이로부터 계산된 응시비율을 비교하면 효율적인 검색인지의 여부를 판단 할 수 있게 된다. 표를 해석하는 전체 시간동안의 학생들의 안구운동을 확인하기 위해서 시선 고정 시간, 시선 고정 횟수를 측정하였고, 두 측정된 값으로부터 응시비율을 계산하였다. 또한 시간 경과에 따른 시선이동의 양상을 살펴보기 위하여 시간의 구간별 흐름의 따른 AOI의 응시비율인 Binning chart를 제시하였다. Binning chart는 너무 많은 곳에 응시점이 찍히는 Scan Pass보다 유용하게 전체 시간동안 응시한 곳을 분석하게 해준다. 본 연구에서 측정할 측정영역별 측정항목은 <Table 1>와 같다.

<Table 1> Purpose and metrics by measurement area

Measuring area	Purpose	Metrics
Data interpretation time according to table presentation format	Judgment standard of task performance burden degree	Total duration time
Eye Movement for the First 3 Seconds	Criteria for Highly Sensitive Stimuli	Fixation duration time Fixation count The ratio of on target
Eye movements of students throughout the time interpreting the table	Check the student's eye movement for the entire time Identifying eye movement pattern	Fixation duration time Fixation count The ratio of target fixation

III. Results and Discussions

1. Data Interpretation Time

표에서 과제의 제시 형식에 따른 총 수행 시간의 차이는 <Table 2>과 같다. 실험결과를 살펴보면, 표의 구성에서 복잡성이 표를 해석하는데 걸리는 시간에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. S-f형 과제(15.54s)와 C-f(23.36s)형 과제를 비교해 보면 S형 과제가 C형 과제 보다 통계적으로 유의미하게 과제 수행 시간이 짧았다($p < .05$). S-b형 과제(17.66s)와 C-b(22.96s)형 과제를 비교해 보면 통계적으로 유의미하지는 않았지만, S형 과제가 C형 과제 보다 과제 수행 시간이 짧았다.

<Table 2> Total duration time according to the table presentation format(s)

Table Presentation Format	N	Average(s)	p
S-f Type	9	15.54	.029
C-f Type	9	23.36	
S-b Type	9	17.66	.734
C-b Type	9	22.96	

이는 S형 과제가 C형 과제 보다 과제의 구성이 단순하여 과제부담이 적었기 때문으로 판단되며, 피험자들은 구성이 단순한 표를 해석하는데 적은 시간을 사용한다고 해석할 수 있다. 이러한 결과는 Mayers-Levy & Peracchio (1995)과 Choi & Shin(2012)의 연구결과와도 대체로 일치하는 연구 결과이다. Mayers-Levy & Peracchio에 따르면 단순한 상황은 해석에 많은 노력이 필요하지 않으므로 특별한 주의를 끄는 자극이 영향을 줄 수 있다. 반면, 복잡한 상황은 해석에 많은 노력이 필요하므로 특별한 주의 자극의 존재 유무 모두에서 시선은 동일하게 많은 주의가 필요하므로 존재 유무간 차이가 유의미하지 않다고 하였다. 또 Choi & Shin의 연구 역시 단순한 표의 해석에서 특별한 주의 자극으로 구성된 제목은 인지적 효율성의 영향으로 인

해 해석시간에서 제목이 있는 표가 제목이 없는 표보다 적은 해석 시간이 사용되었지만, 복잡한 표의 해석에서는 제목의 유무와 상관없이 해석 시간은 거의 차이가 없는 것으로 판단하였다. 또한, 과제의 형태가 단순한 S형의 과제에서 열의 표제가 앞에 오는 f형 과제가 b형 과제보다 과제 수행 시간이 짧았다(2.21s). 하지만, 과제의 형태가 복잡한 C형 과제에서는 열의 표제가 앞에 오는 f형 과제가 과제수행 시간이 더 길게 소요되었다.

본 연구에서 b형 과제에서 열의 표제의 위치는 신동훈의 연구에서 표에 부가적으로 제시된 제목처럼 이 표에서의 특별한 주의를 끄는 자극이라고 할 수 있을 것이다. 구성이 단순하여 해석하기에 많은 노력이 필요하지 않은 S형 과제에서 b형 과제의 열의 표제가 주의자극이 되어 f형 과제보다 과제수행 시간이 길었던 것으로 생각된다. 반면 구성이 복잡한 C형 과제에서는 열의 표제가 주의자극이 되지 못하여 f형 과제가 b형 과제보다 과제수행시간이 더 길었던 것으로 판단된다.

2. Eye Movement for the First 3 Seconds

이 연구에서 처음 3초 동안의 정보처리에서 row 영역을 응시하는 시간이 b형 과제가 f형 과제보다 길었으며, 특히 구성이 단순한 형태의 표에서는 b형 과제의 표에서의 Row의 응시시간이 f형 과제보다 유의미하게 길게 나타났다($p < .05$). 구성이 단순한 표에서 b형 과제의 열의 표제는 주의자극으로서 작용하여 Row 영역에 대한 시선 고정 시간의 증가를 나타내었다. 즉 표의 형태를 f형에서 b형으로 변형하게 되면 처음 3초 동안 Row에 시선을 집중하는 시간이 증가함을 확인 할 수 있다. 즉, b형 과제가 주의자극으로 작용하여 시선 고정의 평균 지속시간이 증가하게 된 것으로 판단된다[Table 7].

시선 고정의 평균 지속시간은 관찰대상에 대한 정보를 처리하는데 필요한 시간을 의미한다. 그러므로, 이러한 연구 결과는 사전 경험이 없는 과제를 수행하거나 복잡한 정보를 처리할 때 시선 고정의 평균 지속시간이 길어진다는(Rayner, 1988; Rayner, Fisher, & Pollatsek, 1998, Stager & Angus, 1978)는 연구 결과와 유사하다고 판단된다.

<Table 3> Fixation duration time(s), fixation count, and the ratio of target fixation for the first 3 seconds

	S-f Type Project			S-b Type Project			p		C-f Type Project			C-b Type Project			p	
	FD	FC	Ratio	FD	FCt	Ratio	FD	FC	FD	FC	Ratio	FD	FC	Ratio	FiD	FC
Data-1, 3	0.135	1.56	0.087	0.133	0.86	0.152	.956	.116	0.105	1.86	0.056	0.106	1	0.106	.448	.341
Data-2, 4	0.140	0.44	0.316	0.061	0.57	0.121	.246	1.000	0	0	.	0.095	0.78	0.121	.083	.197
Row-1, 2	0.051	0.78	0.065	0.132	1.29	0.096	.016*	.463	0.083	0.43	0.220	0.120	1.22	0.098	.051	.114
Title-1, 2	0.027	0.44	0.061	0.085	0.43	0.170	.084	1.000	0	0	.	0.005	0.11	0.048	.347	1.000

* FD (Fixation duration time); FC (Fixation count); Ratio (The ratio of target fixation)

더 나아가, 처음 3초 동안 시선고정시간, 시선고정횟수, 응시비율은 <Table 3>과 같다. 이 연구에서 피험자들이 행한 f형 과제와 b형 과제의 해석 과정의 차이는 시선 결정 이론으로 설명할 수 있을 것이다. 인간이 무엇을 보고자 하는 행위를 할 때에는 크게 두 가지 원인에 의해 행위가 이루어진다(Kim et al, 2006; Kim et al, 2011). Kim et al.(2006)에 따르면, 인간의 시선은 주위의 자극에 의해 유도되는 탐사적 탐색과 관찰자 본인에 의해 유발되는 목적지향적 탐색으로 구분될 수 있다. 탐사적 탐색은 크기, 색, 위치, 특이함, 움직임 등 주의를 유발시키는 자극들에 영향을 받는다. 그러나, 목적지향적 탐색은 관찰자의 인지, 정서, 태도 등과 같은 인지적 구성 요소가 주위의 자극에 대한 선택적 주의를 결정한다(Kim et al, 2006; Posner et al., 1980).

<Table 3>에서 f형 과제에 비하여 b형 과제의 경우가 처음 3초간 Row에 투자되는 시간이 큼을 알 수 있다. <Table 3>에서 처음 3초 동안 AOI별 시선 고정 횟수의 평균값을 보면 통계적으로 유의미한 차이를 나타내지는 않았지만 S형 과제에서, 열의 표제가 앞에 오는 f형 과제는 열의 표제가 중간에 오는 b형 보다 Data-1을 응시하는 횟수가 많았고(0.70), b형 과제가 f형 과제보다 Row-1을 응시하는 횟수가 더 많았다(0.51). 통계적으로 유의미한 차이를 나타내지는 않았지만 C형 과제에서, 열의 표제가 앞에 오는 f형 과제는 열의 표제가 중간에 오는 b형 보다 Data-3을 응시하는 횟수가 많았고(0.86), b형 과제가 f형 과제보다 Row-2를 응시하는 횟수가 더 많았다(0.79).

이로써 f형 과제와 b형 과제를 비교해 보면, f형 과제는 Data-1 또는 Data-3에 시선을 집중하는 횟수가 가장 많고 그 다음으로 Row에 집중하는 횟수가 많았

으나 b형 과제에서는 Row에 시선을 집중하는 횟수가 많았다. 그 다음으로 Data-1 또는 Data-3에 집중하는 횟수가 많았다. 즉 표의 형태를 f형에서 b형으로 변형하게 되면 처음 3초 동안 Row에 시선을 집중하는 횟수가 많아짐을 확인 할 수 있다. 앞서 언급하였듯이 본 연구에서 피험자들이 행한 f형 과제와 b형 과제의 해석 과정의 차이는 시선 결정 이론으로 설명할 수 있을 것이고, 본 연구에서 처음 3초 동안의 정보처리에서 Row영역을 응시하는 시선고정 횟수가 b형 과제가 f형 과제보다 통계적으로 유의미하지는 않지만 크게 나타났다. 앞에서 언급한 것과 같이 b형 과제의 열의 표제는 주의자극으로서 작용하여 Row 영역에 대한 응시 횟수의 증가를 나타내었다. 즉 표의 형태를 f형에서 b형으로 변형하게 되면 처음 3초 동안 Row영역에 시선을 집중하는 응시 횟수의 증가를 가져오게 된다.

응시비율은 각 AOI별 시선이 머문 시간을 응시 횟수로 나눈 값으로 응시비율은 효율적인 탐색인지에 대한 척도가 될 수 있는 값으로 응시 횟수 당 응시시간을 나타낸다. S형 과제에서 Row-1의 응시비율이 작아 Row-1 영역에 대한 효율적인 탐색이 이루어지지 않았음을 나타내며, 표를 f형에서 b형으로 변형하면 Data-2 영역을 제외한 전 AOI영역의 응시비율이 증가하여 효율적인 탐색이 될 수 있음을 나타낸다. 또한, C형 과제에서 f형 과제를 b형으로 변형하면 Row-2의 AOI영역의 응시비율이 낮아져 Row-2 영역에 대한 효율적인 탐색이 이루어지지 않음을 나타낸다. 이는 과제의 복잡성으로 인해 Row영역이 주의자극으로 작용하지 못하고 피험자들이 탐사적 탐색을 한 경우로 과제의 복잡성과 열의 표제의 위치의 특이함에서 유발되는 자극으로 인해 영향을 받은 것으로 각 AOI영역이 고른 시선 배분을 나타내었다.

3. Fixation Duration Time

전체시간동안 각 과제의 AOI별 자료해석 시간 비율을 나타내면 <Table 4>과 같다. <Table 4>에서 f형 과제를 b형 과제로 과제의 제시형식이 변화되면 자료를 해석하는 시간의 비율 중 Row영역의 비중이 늘어남을 확인할 수 있다. 또한, Title영역을 제외한 AOI 전영역의 각 관심영역을 비교적 고르게 살펴보고, Row 영역의 자료해석 시간의 비율이 늘어남을 확인할 수 있다.

<Table 4> Percentage of data interpretation time by AOI of the assignment(%)

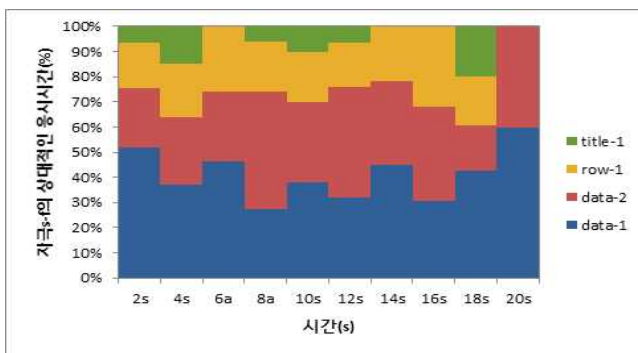
	S-f Type	S-b Type	P	C-f Type	C-b Type	P
Data-1, 3	37.27	34.04	.580	38.07	34.38	.447
Data-2, 4	27.15	22.95	.259	22.47	29.96	.052
Row-1, 2	17.45	22.09	.271	17.29	20.51	.423
Title-1, 2	5.31	3.40	.145	5.56	2.89	.085

이는 처음 3초간 자료의 해석과 맥락을 같이 하는 것으로 열의 표제를 응시하는 비율을 증가시킴으로써 두 개념간의 차이를 명확히 하려는 목적 지향적 행동으로부터 기인한다고 판단할 수 있을 것이다.

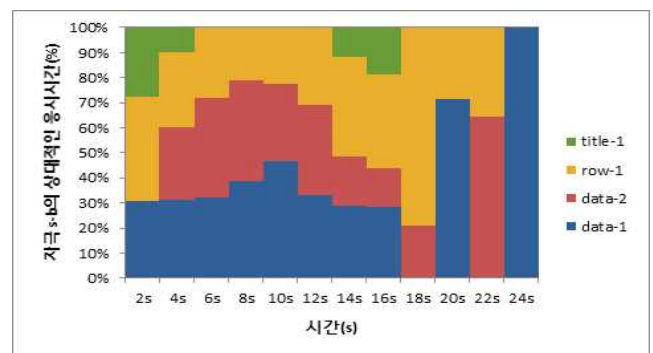
또한, 시간별 시선이동의 양상을 나타내는 Binning chart는 [Figure 9]와 같다. S형 과제와 b형 과제의 경우 Row에 투여되는 시간이 비교적 중반부까지 유지될 수 있음을 알 수 있었지만, 특히 C-f형 과제의 중반부에서는 Row-2영역에 대한 시선의 배분이 거의 이루어지지 않았음을 알 수 있었다.

이는 구성이 단순한 표의 경우 제시된 과제로부터 처음부터 마지막까지 b형 과제의 주의 자극인 열의 표제를 확인하면서 비교하려는 두 개념의 차이를 공고히 하는 과정이라고 해석할 수 있겠다. 하지만 C-f형 과제의 경우는 열의 표제가 주의자극이 되지 못하여 초반부와 중반부 정도까지 열의 표제를 통하여 자료로부터 정보를 파악하려고 하는 것이라고 해석할 수 있다.

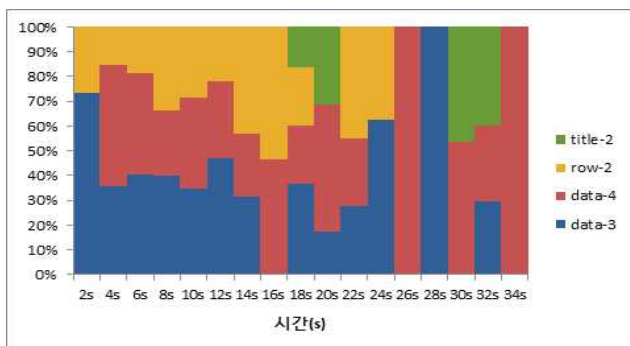
전체 시간동안의 시선고정시간, 시선고정횟수, 응



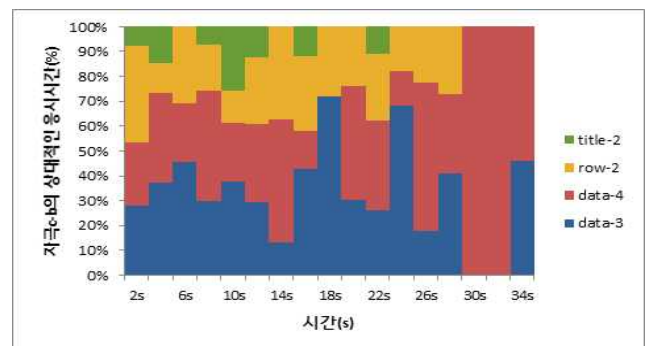
S-f Type Project



S-b Type Project



C-f Type Project



C-b Type Project

[Figure 9] Binning chart

<Table 5> Metrics by AOI for total time

	S-f Type			S-b Type			C-f Type			C-b Type		
	FD	FC	Ratio	FD	FC	Ratio	FD	FC	Ratio	FD	FC	Ratio
Data-1, 3	0.140	7.667	0.018	0.145	8.857	0.016	0.127	8.857	0.014	0.138	8	0.017
Data-2, 4	0.157	6.556	0.024	0.133	5.857	0.022	0.130	7.286	0.018	0.140	7.3	0.019
Row-1, 2	0.116	3.444	0.034	0.140	6.714	0.020	0.104	4.714	0.022	0.134	5.1	0.026
Title-1, 2	0.097	1.333	0.073	0.101	0.857	0.117	0.057	1.286	0.045	0.048	0.6	0.081

* FD (Fixation duration time); FC (Fixation count); Ratio (The ratio of target fixation)

시비율은 <Table 5>와 같다. <Table 5>에서 Title에 대한 응시비율이 가장 높아 응시횟수 당 응시시간이 가장 길었다고 할 수 있다.

구성이 단순한 표에서 f형 과제를 b형 과제로 변경하면 데이터 영역과 Row영역의 응시비율이 감소하여 효율적인 탐색이 되지 못하고 Title영역은 응시비율이 증가하여 효율적인 탐색이 가능해진다. 반면 구성이 복잡한 표에서 f형 과제를 b형 과제로 변경하면 전 AOI영역의 응시비율이 증가하여 효율적인 탐색이 가능해진다. 이는 구성이 단순한 표에서 표의 제시 형태가 f형 과제에서 b형 과제로 변경되었을 경우 Row 영역이 주의자극이 되어 Row영역에 대한 잦은 응시로 인한 응시효율의 감소로 인한 결과이고, 구성이 복잡한 과제에서 표의 제시 형태를 f형에서 b형으로 변경하면 row영역이 주의자극이 되지 못하여 Data영역과 row영역의 응시시간이 고르게 증가한 것으로 분석된다.

IV. Conclusions and Implications

이 연구는 시선 추적을 통하여 생명과학 교과서에 제시된 표의 열의 표제 위치에 따른 시선의 특징을 알아보았다. 연구 결과를 통해 다음과 같은 결론과 시사점을 얻을 수 있다.

첫째, 표를 해석할 때 구성이 단순한 표가 구성이 복잡한 표보다 인지적으로 더 유리하므로 표의 구성을 단순하게 제시할 필요가 있다. 복잡한 구성을 가진 표보다는 단순한 구성을 가진 표가 인지적으로 더 유리하므로 표를 제시할 때는 더 단순한 구성을 가지도

록 구성하는 것이 효과적이라는 것을 의미한다.

둘째, 구성이 단순한 표에서 표의 제시 형태를 f형에서 b형으로 변경하면 열의 표제에 대한 주의를 부여하는 것이 가능하므로 열의 표제를 강조하기 위한 목적이 두드러지는 경우라면 표에서 열의 표제의 위치를 비교하려는 두 개념 사이에 위치하게 하는 형태인 b형의 형태로 표를 제시할 필요가 있다.

셋째, 구성이 복잡한 표에서 표의 제시 형태를 f형 과제에서 b형 과제로 과제의 제시 형태를 변경하면 전 AOI영역의 응시비율이 증가하여 효율적 탐색이 가능해진다. 따라서, 두 가지 개념을 비교하는 표에서 구성이 복잡한 표를 제시해야 할 경우라면 표의 제시 형태를 f형 보다는 b형의 표의 형태로 제시하는 것이 보다 효율적인 시선 이동을 나타낼 수 있다.

정보의 홍수를 이루고 있는 요즘 많은 정보가 표로 제시되고 있다. 보다 조직화된 정보를 인지적으로 유리한 방법으로 전달될 수 있도록 제시하는 것에 대한 이해를 본 연구가 제공해 줄 수 있을 것이다.

References

- Choi, H. D., & Shin, D. H (2012). Eye-tracking on inservice elementary teacher' interpreting of science textbook tables. *The Korean Educational Research Association*, 31(3), 358-371.
- Goldberg, H. J., & Kotval, X. P. (1999). Computer interface evaluation using eye movements: Methode and constructs. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24, 631-645.

- Kim, G. H., Kim, J. H., Park, H. C., & Lee, J. H (2006). A Study of the Attention to the Internet Ads through Visual Perception Process : Using Eye Tracker. *Advertising Research*, 72, 31-58.
- Kim, G. H., Boo, S. H., & Kim, J. H (2007). Effects of depth perception cues in visual attention to advertising using eye tracker. *The Korean Journal of Advertising and Public Relations*. 9(2), 277-310.
- Kim, K. J., Choi, K. H., & Park, G. H (2011). Effective Research of Game User Interface through Eye Movement. *Journal of Basic Design & Art*, 12(5), 57-63.
- Kim, T. Y. (2006). How Readers Move Their Gaze When Reading a Satirical Cartoon. *Korean Journal of Journalism & Communication Studies*, 0(3), 231-261.
- Kim, Y., & Kwon, Y. (2016). A review on task design methods of eye-tracking for analyzing learner's experimental design behavior. *Brain, Digital, & Learning*, 3(1), 43-50.
- Kim, Y. H., & Kim, Y. S (2009). Analysis of the Types and the Uses of Tables in Middle School Science Textbooks. *Biology Education*, 37(3), 321-334.
- Lee, G., & Yang, I. (2017). Eye movements when reading multiple documents about a socio-scientific issue. *Brain, Digital, & Learning*, 9(1), 21-30.
- Liu, H. C., & Chuang, H. H. (2011). An examination of cognitive processing of multimedia information based on viewers' eye movements. *Interactive Learning Environments*, 19(5), 503-517
- Liu, T., Pestilli, F., & Carrasco, M. (2005). Transient attention enhances perceptual performance and fMRI response in human visual cortex. *Neuron*, 45, 469-477.
- Mason, L., Tornatora, M. C., & Pluchino, P. (2012). Do fourth graders integrate text and picture in processing and learning from an illustrated science text? Evidence from eye-movement patterns. *Computers & Education*, 60, 95-109
- Mayers-Levy, J., & Peracchio, L. A. (1995). Understanding the effects of color: How the correspondence between available and required resources attitude. *Journal of Consumer Research*, 22, 121-138
- Posner, M. I., Snyder, C. R. R., & Davidson B.J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology*, 109, 160-74.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124(3), 372-422.
- Rayner, K., Fischer, M. H., & Pollatsek, A. (1998). Unspaced text interferes with both word identification and eye movement control. *Vision Research*, 38(8), 1129-1144.
- Roth, W.-M., Bowen, G. M., & MaGinn, M. K. (1998). Differences in graph-related practices between high school biology textbooks and scientific ecology journals. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(9), 977-1019.
- Schnotz, W, (2002), Commentary: Towards an integrated view of learning from text and visual displays. *Educational Psychology Review*, 14(1), 101-120.
- Seo, Y., Kim, S., & Yang, I. (2019). An analysis of elementary school teacher's beliefs about visual attention and gaze distributions in real science classes. *Brain, Digital, & Learning*, 9(4), 281-292.
- Shim, S., & Yang, I. (2017). Visual attentions on the exhibition panels of science museum between gifted and non-gifted elementary students. *Brain, Digital, & Learning*, 7(4), 205-217.
- Stager, P., & Angus, R. (1978). Locating crash sites in simulated air-to-ground visual search. *The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 20(4), 453-466.

[저자의 소속과 지위]

조은주 : 중원고등학교, 교사, 제1저자

권용주 : 한국교원대학교, 교수, 교신저자