

초등학교 과학 교과서의 편집 디자인에 대한 시선 이동 분석

양일호* · 김성운

한국교원대학교 · 울산 삼평초등학교

Eye movement analysis of the editorial design in elementary science textbook

Il-Ho Yang* · Seong-Un Kim

Korean National University of Education · Ulsan Sampyeong Elementary School

<ABSTRACT>

This study investigated gaze distribution by analyzing eye movement according to the implication of editorial design in science textbook. Participants were 20(female 12, male 8) who have over 70% of gaze tracking ratio among 45, grade 6th students in elementary school. Tasks in this study were 5 images of official textbook and another revised 5 images, revised by one of the implication of editorial design. Data from eye movements of students was collected by Tobii X-60 and 15.6 inch laptop, and Tobii Studio 3.2.3 software was used for experiment design and analysis. And Heatmap and Fixation duration extracted the data for eye movements.

Results of this study are as follows. First, students pay more attention to the textbook when the images about experiment or learning activity showed closely with the text explaining how to experiment. Second, there is no significant difference statistically whether illustrations about materials for experiments were shown or not. Third, there is also no significant difference in gaze distribution according to duplicated description about the illustration. Fourth, editorial style of concept map has no significant difference that presented with two pages over all or one at each page. Fifth, students' gaze distribution has longer fixation duration at blank parts generally. In conclusion, this study clearly shows that there is interesting part for students according to the implication of editorial design. And it implies to development of editorial design in science textbook for efficient teaching and learning competence.

Key words : Textbook, Editorial Design, Attention, Eye Movement, Gaze Distribution, Eye-tracker

* 교신저자 : 양일호, yih118@knue.ac.kr

** 이 논문은 한국교원대학교 2014학년도 연구년 교수 학술지원비 지원을 받아 수행하였음

Received November 24, 2015; Accepted December 10, 2015; Published December 31, 2015

2015. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

I. 연구의 필요성 및 목적

교과서는 교사와 학생에게 학습에서 가장 핵심적인 자원 중 하나로(Roth et al., 1999), 교과서의 디자인은 단순한 장식 수단을 넘어 내용을 효과적으로 담아내고, 이와 더불어 학습자들에게 효과적으로 내용을 전달하는 역할을 하게 된다(Lim & Choi, 2013). 이에 교과서 개발은 지식으로서의 교과 내용 전달에 더하여 학생들의 흥미와 수준에 맞는 외적 체제와 편집디자인 요소를 효과적으로 포함해야 한다(Huh et al., 2005). 따라서 교과서의 편집 디자인은 단순한 레이아웃뿐만 아니라 효과적인 정보의 편집과 사용자를 위해 정보를 효율적으로 구성해야 한다는 측면에서 보아야 한다(Keum et al., 2009). 이러한 측면에서 획일적인 교과서의 형태와 편집 디자인은 학생들에게 학습의지와 흥미를 이끌어 내지 못하기 때문에, 학생들의 수준과 흥미에 맞게 편집 디자인 요소들을 효율적으로 교육 내용과 접목하는 것은 교과서 개발의 핵심적인 부분이다(Lim & Choi, 2012).

최근 교육부에서는 자기주도학습 강화를 위한 정책의 일환으로 교과서 완결 학습 체제를 추진하고 있다(Related Ministries, 2013). 이러한 교과서 완결 학습 체제의 목표는 학생들의 과도한 학습량의 경감과 교과서만을 활용한 학교교육만으로도 충분한 학습이 가능하도록 하는 것이며, 교과서가 담아야 하는 내용의 적절성과 그 내용의 효과적인 전달은 향후 교과서 정책에서 핵심적이라 할 수 있다. 따라서 자기주도적 학습을 강화하기 위한 교과서 편집 디자인에서 중요한 측면은 학습자의 주의를 의미 있는 곳에 얼마나 오랫동안 유지시키느냐 하는 것이다. 디자인 적인 측면에서 학생들의 시각 정보를 극대화 할 수 있도록 주의를 집중시킬 수 있어야 하고, 교과서 각 요소의 배치가 적절해야 하며, 필요한 내용이 눈에 잘 띄어야 하고, 내용에 대한 집중이 용이해야 한다. 이에 대한 논의를 위해서는 학생들의 주의집중의 측면에서 살펴볼 필요가 있다.

인간의 주의집중 측면에서의 시각 정보 처리 과정은 크게 2단계의 과정으로 나뉜다. 대상에 대하여

‘무엇을 볼 것인지’를 결정하는 전주의(Pre-attention)과정이 이루어지고 그 이후 “어디를 볼 것인지”를 결정하고 실제로 주의를 투여하는 주의(Attention)과정이 일어난다. 전주의 과정에서는 대상의 기본특징을 추출하고, 대상의 두드러진 영역에 대하여 중요도를 결정하는 본능적인 형태의 상향식 과정(bottom-up)이 나타나며, 주의 과정에서는 대상에 대한 경험, 지식등을 주의집중에 이용하여 문제해결전략을 수행하는 하향식 과정(top-down)이 나타난다(Treisman, 1986). 교과서를 이용한 자기주도학습상황에서 “전주의 과정”중 상향식 과정이 작용하는 것은 교과서 편집 디자인에 따른 대상의 밝기, 색깔, 또는 시각자료 등 단순시각 정보 처리를 위해 두드러지는 영역에 대한 주의를 기울이는 것으로 실제 학습상황에서 학생들의 인지처리와는 큰 관련이 없다. 반면, 이후에 이루어지는 “주의 과정”에서는 문제해결 및 학습내용의 이해의 과정을 포괄하는 목표지향적인 하향식 과정이므로 교과서 편집 디자인에 따른 내용의 효과적인 전달과 직접적인 관련이 있다.

지금까지의 주의집중에 대한 연구(Cheoi & Park, 2011; Itti et al., 1998)는 주로 인간의 상향식 과정에 대한 것으로 시각정보의 명암이나 색상, 방향성 등의 독립성분 해석을 통해 돌출성 지도(saliency map)를 개발하는 연구였다. 또한 지금까지의 교과서 편집 디자인에 대한 연구(Hyun, 2002; Huh et al., 2005; Lee, 2008; Lim & Choi, 2012; Lim & Choi, 2013)역시 편집디자인, 시각정보디자인, 산업디자인 등의 학문영역에서 전문가들 사이의 의견을 종합하여 분석하는 형태로 이루어졌으므로 학생들이 실제로 교과서를 볼 때 어디에 주의를 기울이는지에 대한 하향식 과정의 측면에서 분석한 연구는 찾기 어렵다. 따라서 학생들이 스스로 의미를 형성하기 위하여 지식이나 경험을 동원하여 교과서를 이용한 학습을 할 때 어떻게 시각적 주의가 나타나는지에 대한 연구가 필요하다.

하향식 과정은 인간의 인지모델이나 배경지식이 관여하므로 직접적인 관찰이 어려워 연구하는데 어려움이 있다(Navalpakkam & Itti, 2002). 사람의 시선은 시각적 단서가 있는 공간에 대해 의식적 또는 무의식적으로 반응한다. 일정한 공간을 주시한 지속

시간은 자연스럽게 형성된 것으로 ‘시선의 관심’을 직·간접적으로 드러낸다. 또한 관심과 흥미가 있는 곳에는 시각적 반응이 나타난다(Yeo et al., 2014). 여기서 유추할 수 있는 시선의 관심도는 인간의 시각적 반응에서 비롯한 흥미도, 유용한정보의 수준을 드러낸다. 따라서 하향식 과정에서 학생들의 인지과정을 직접 관찰할 수 없지만 학생들의 시선이동을 통해서 학생들이 교과서를 읽는 동안의 관심과 주의를 간접적으로 추론할 수 있다.

본 연구에서는 시선추적 방법을 활용하고자 한다. 시선추적 기술은 학생이 학습 자료에서 나타나는 정보를 어떻게 받아들이는 지를 이해하기 위한 객관적인 수집방법이며, 이와 동시에 실시간 데이터가 지원되는 접근법으로 알려져 있다(Mayer, 2010; Ozcelik et al., 2009). 시선추적 장치(eye-tracker)를 활용하면 학습자가 학습하는 동안 어떻게 지각처리를 하는지를 이해할 수 있다는 장점이 있다(Byeon et al., 2011; Kim et al., 2012; Mayer, 2010).

따라서 본 연구에서는 자기주도학습 상황에서 학생들의 교과서 편집 디자인에 따른 시선분포를 분석하여 자연스럽게 형성된 주의집중을 살펴봄으로써 학습자의 관심과 흥미를 이끌고 학습내용을 효과적으로 전달할 수 있는 교과서 편집디자인에 대한 시사점을 얻고자 한다.

II. 연구 방법

본 연구의 목적은 교과서 디자인에 따른 학생들의 주의집중을 분석하여 교과서의 편집디자인에 대한 시사점을 얻기 위한 것이다. 이를 위해 현행 교과서 디자인 중 개선이 필요한 요소, 디자인에 따라서 학생들의 주의집중의 변화가 클 것이라고 예상되는 요소를 중심으로 현행 교과서 편집디자인을 수정한 후, 현행교과서와 수정된 교과서에 대한 학생들의 시선이동을 측정하였다. 수집된 시선이동자료에 대하여 시선고정 지속시간, 히트맵을 분석하여 시선분포를 해석하고자 한다. 이를 위한 연구방법은 다음과 같다.

1. 연구 참여자

본 연구의 연구 참여자는 울산광역시 소재 M 초등학교에 재학중인 6학년 학생을 대상으로 하였다. 6학년 6개 학반을 대상으로 본 연구의 목적과 시선추적 장치가 인체에 무해함을 알린 후, 연구 참여자를 모집하여 총 52명의 학생들이 자발적 참여의사를 밝혔다. 이들을 대상으로 시선추적에 대한 적합성을 확인하고자 시력, 안과질환, 난시, 사시 또는 색맹의 여부 등을 확인하고, 최종적으로 시점 조정(Calibration)에 성공한 45명을 대상으로 시선이동을 측정하였다.

안경을 쓴 학생 중 안경 없이 컴퓨터 화면으로 보이는 과제를 수행 가능한 학생들은 안경을 벗고 과제에 참여하도록 하였으며, 시선추적비율(Tracking ratio)이 70% 이상인 연구 참여자 20명(여 12, 남 8)의 시선이동자료만을 분석하였다. 최종 연구 참여자중 10명은 과제 1-A, 2-B, 3-A, 4-B, 5-A에 참여하였고, 나머지 10명은 과제 1-B, 2-A, 3-B, 4-A, 5-B에 참여하였다. 최종 연구 참여자로 선정된 학생들은 Table 1과 같다.

<Table 1> Participants

Name	Sex	Class	Participated Task
Yang OO	male	6-1	1-A, 2-B, 3-A, 4-B, 5-A
Kim OO	male	6-1	
Lee OO	female	6-2	
Kim OO	female	6-2	
Na OO	female	6-3	
Lee OO	male	6-3	
Lee OO	female	6-4	
Park OO	female	6-5	
Woo OO	female	6-5	
Kim OO	male	6-6	
Ahn OO	male	6-1	1-B, 2-A, 3-B, 4-A, 5-B
Yu OO	female	6-2	
Jo OO	female	6-2	
Kim OO	female	6-3	
Kim OO	female	6-3	
Kwon OO	male	6-3	
Nam OO	female	6-5	
Son OO	male	6-5	
Kim OO	male	6-5	
Jeong OO	female	6-5	

<Table 2> Editorial Design Elements of Eack Task

Task Number	Official Textbook Image(A)	Revised Textbook Image(B)	Construction	Editorial Design Elements
Task 1	Task 1-A	Task 1-B	Lab Experience	Text and Picture that Describes method of Activities
Task 2	Task 2-A	Task 2-B	Lab Experience	Preparatory Materials Illustration
Task 3	Task 3-A	Task 3-B	Lab Experience	Expository Text about Illustration
Task 4	Task 4-A	Task 4-B	Organizing Knowledge	Formation of Concept Map
Task 5	Task 5-A	Task 5-B	Organizing Knowledge	Location of Blank

2. 과제 개발

교과서의 외형적 체제로는 판형, 그리드시스템, 지질, 색도, 타이포그래피, 판면율, 시각자료, 레이아웃, 쪽수, 제책 등이 있으나(Lim & Choi, 2012), 본 연구에서는 편집 디자인 요소 중 시각자료와 레이아웃에 대한 학생들의 시선이동만 분석하고자 한다. 본 연구가 진행되는 시기인 2014년 9월은 2007 개정 교육과정 시기였으므로, 이에 따른 초등 과학 3~6학년 교과서에 대하여 시각자료와 레이아웃을 분석하여 과학교육전문가 3인과의 협의를 거쳐 편집 디자인 요소의 차이로 학생들의 선택적인 주의 집중의 변화가 클 것이라고 예상되는 5가지의 편집 디자인 수정방안을 도출하였다.

첫 번째 편집 디자인 요소는 “과학 실험방”의 “어떻게 할까요?”에 대한 것으로 기존 교과서는 탐구활동을 기술하는 문장과 실험을 안내하는 사진이 서로 떨어져서 제시 되어 있다. 학생들이 언어적 정보와 시각적 정보가 내용상 어떻게 관련되며 언어적 정보를 읽는 동안 어느 시점에 관련된 삽화에 주의를 기울일지를 판단한 후 관찰할지를 아는 것이 중요하므로(Hannus & Hyönä, 1999), 기존교과서와 비교하여 실험장면사진과 활동설명문장을 붙여서 제시하였을 때 학생들의 시선분포가 어떻게 나타나는지 알아볼 필요가 있다.

두 번째 편집 디자인 요소는 “과학 실험방”의 “무엇이 필요할까요?”에 대한 것으로 기존 교과서는 준비물의 이름을 단순히 기술되어 있다. 반면, 2007개정 교육과정 3-4학년군 과학교과서에는 준비물의 삽화와 이름을 함께 제시하였다. 이는 준비물의 삽화제시에 대한 효과성을 검증한 연구 결과 없이 교과서 집필진의 의도에 따라 구성되었기 때문이다.

따라서 기존교과서와 비교하여 준비물을 삽화와 함께 제시하였을 때 학생들의 시선분포가 어떻게 나타나는지 알아볼 필요가 있다.

세 번째 편집 디자인 요소는 “과학 실험방”에서 개념 설명을 위해 제시되는 삽화와 설명글에 대한 것으로 기존 교과서는 삽화의 내용이 제시되어 있지만 개념을 설명하는 글이 함께 제시되어 이전 교육과정에 비하여 설명글의 양이 증가하였다는 특징이 있다. 이는 따로 따로 이해가 가능한 텍스트와 삽화가 중복되어 제시되었을 때 더 낮은 성취를 보인다는 연구결과(Chandler & Sweller, 1991)에 따라서 기존교과서와 비교하여 삽화에 대한 설명이 중복제시되지 않았을 때 학생들의 시선분포가 어떻게 나타나는지 분석하였다.

네 번째 편집 디자인 요소는 “과학 생각 모음”에 대한 것으로 기존 교과서는 개념 정리 도식이 두 쪽에 걸쳐 제시되며 중앙에 상위 개념이 표시되는 방식으로 구성되었다. 이처럼 개념을 다룬 정보들이 공간적으로 주의분산된 형태로 제시되는 경우에는 성취가 낮으므로(Rose & Wolfe, 2000), 기존교과서와 비교하여 시야 안에서 통합된 형태로 제시하였을 때 학생들의 시선분포를 알아보고자 하였다.

다섯 번째 편집 디자인 요소 역시 “과학 생각 모음”에 대한 것으로 기존 교과서는 개념 정리 도식에 기술된 개념 중 일부를 빈칸으로 처리하여 학생들이 직접 빈칸을 채워나가며 개념을 정리하도록 하였다. 수정된 교과서에서는 하위개념대신 상위개념이 빈칸으로 주어졌을 때 학생들의 시선분포가 어떻게 달라지는지 알아보고자 하였다.

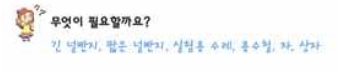
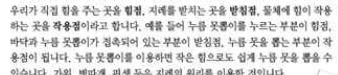
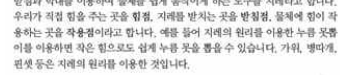
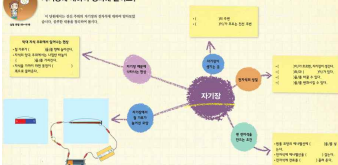
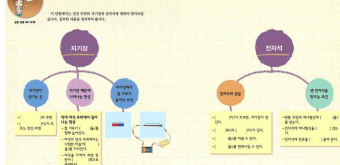
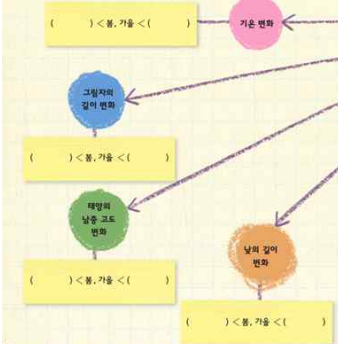
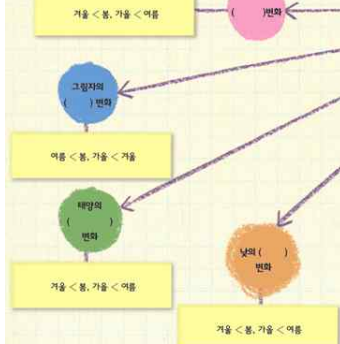
과제는 기존 현행교과서의 편집디자인중 위에 제시한 다섯 가지 중 한 가지 요소씩 수정하여 수정된 교과서 이미지를 구성하였다. 각 과제별로 수정한 편집 디자인 요소는 Table 2와 같다. 각 과제별

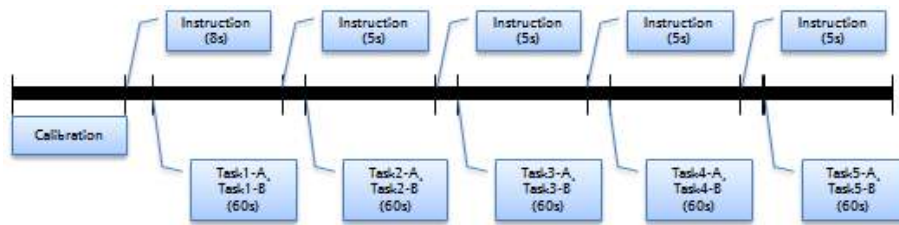
로 수정할 편집 디자인 요소를 결정한 후, 각 과제별로 어떤 차시의 이미지로 구성할 것인지 결정하였다. 과학교과서 구성에서 “과학 실험방”은 학습자가 해당차시를 통해서 학습을 하게 되므로, 본 연구목적인 학습자 스스로 학습할 때의 시선분포를 알아보기 위해서는 연구 참여자가 처음 접하는 내용으로 구성해야 했다. 따라서, 본 연구가 진행된 시기는 2014년 9월이므로, 연구 참여자가 아직 학습하

지 않은 6학년 2학기의 3단원인 에너지와 도구 단원을 선정하였다. 그리고 “과학 생각 모음”은 학습자가 학습한 내용을 정리하는 부분이므로, 연구 참여자가 이미 학습한 6학년 1학기 4단원 계절의 변화와 5단원 자기장 단원을 선정하였다.

선정된 차시에 따라 각 차시별 현행교과서 디자인에서 5가지 편집 디자인 중 한 가지 요소를 수정하여 수정된 교과서 이미지를 제작하였다(Table 3).

<Table 3> Official Textbook Image and Revised Textbook Image

Task Number	Section	Content	Official Textbook Image(A)	Revised Textbook Image(B)
Task 1	3. Energy and Tools	Energy Transition		
Task 2		Incline Plane		
Task 3		Lever		
Task 4	5. Magnetic Field	Organizing Knowledge		
Task 5	4. Change of Seasons	Organizing Knowledge		



[Figure 1] Procedure

과제 1은 현행교과서 이미지에서는 3개의 활동 장면 사진이 활동 방법을 설명하는 글의 왼쪽, 아래 쪽 등 주변에 제시되어 있다. 이를 활동 장면 사진 아래에 사진에 해당되는 활동 방법을 제시하는 형태로 수정하였다. 과제 2는 현행교과서에서는 “무엇이 필요할까요?”에 준비물 이름만 제시되어 있다. 이를 준비물 삽화를 이름과 함께 제시하는 형태로 수정하였다. 과제 3은 현행교과서에서는 누름못뽑이 삽화와 그에 대한 설명이 삽화 위쪽에 중복되어 제시되어 있다. 이를 삭제하고 서술을 자연스럽게 다듬는 형태로 수정하였다. 과제 4는 현행교과서에서는 두 쪽에 걸쳐 제시되는 개념 정리 도식을 수정하여 한 페이지에 하나씩 제시되도록 하였다. 과제 5는 현행교과서에서는 하위 개념에 빈칸이 제시되고 있다. 이를 상위 개념으로 빈칸의 위치를 이동하였다. 또한, 빈칸으로 제시되었던 하위개념부분은 정답을 삽입한 형태로 수정하였다.

3. 자료 수집

학생들의 시선이동측정은 Tobii사의 Eye-tracker X-60 모델과 15.6인치(34.5cm×19.5cm) 노트북을 활용하였다. 또한 정밀한 측정을 위하여 시선추적장치의 세부 구성요소를 배치하는 도구(Configuration Tool)에서 촬영환경에 알맞게 촬영각도와 거리 등의 세부 매개변수(Parameter)를 조정하였다.

과제의 제시는 과제에 따른 학습효과를 줄이기 위하여 연구 참여자를 두 그룹으로 나누어 현행 교과서 이미지와 수정된 교과서 이미지를 각각 교차하며 제시하였다. 연구 참여자중 22명에게는 A set(1-A, 2-B, 3-A, 4-B, 5-A), 23명에게는 B set(1-B, 2-A, 3-B, 4-A, 5-B)가 제시되었다.

햇빛이나 백열등이 없는 독립된 실험실에 들어온 연구 참여자는 앉은키에 맞게 두 가지 높이의 고정된 의자중 하나를 선택하여 앉게 하여 눈높이와 화

면의 높이가 일치하도록 조정하였다. 그리고 연구 참여자를 대상으로 연구의 목적과 시선추적기에 대한 간략한 설명을 마친 후, 과제수행 중 움직임을 최소화하도록 당부하고 과제를 제시하였다.

연구 참여자에게는 먼저 교과서 이미지를 제시하기 전에 “혼자 공부한다고 생각하고 교과서를 살펴봅시다.”라는 지시(instruction)를 5초 동안 제시하였고, 각 과제는 60초씩 제시하였다. 과제 제시 순서는 Fig. 1과 같다.

4. 자료 분석

수집된 시선이동자료는 분석 소프트웨어인 Tobii studio 3.2.3을 이용하여 분석되었다. 신원섭과 신동훈(2014)은 초등예비교사를 대상으로 한 교과서 레이아웃에 대한 시선이동을 분석한 연구에서 인지부하가 높지 않아 그로 인한 시선 전환이 영향을 받지 않으므로 시선고정 최소 시간(Minimum fixation duration)을 100ms로 설정하여 분석하였다. 본 연구 역시 교과서를 혼자서 공부한다는 상황이라는 과제 제시를 통해 이해도 검사없이 시선분포만을 알아보는 것이 목적이므로 시선고정 최소시간을 100ms로 설정하여 분석하였다.

또한 분석 소프트웨어를 이용하여 질적데이터인 히트맵(Heat map)과 양적데이터인 시선 고정 지속 시간(Fixation duration)을 추출하였다. 그리고 편집 디자인에 따른 시선분포의 차이를 비교 분석하기 위하여 각 교과서의 AOI별 시선고정지속시간을 이용하여 비모수 통계 방법 중 하나인 Mann-Whitney U 검정방법으로 통계적으로 유의미한 차이가 있는지 분석하였다.

자료 분석을 위한 AOI(Area of interest) 설정은 수정한 편집디자인 요소를 중심으로 설정하였다. 각 과제별 AOI의 설정은 Table 4와 같다.

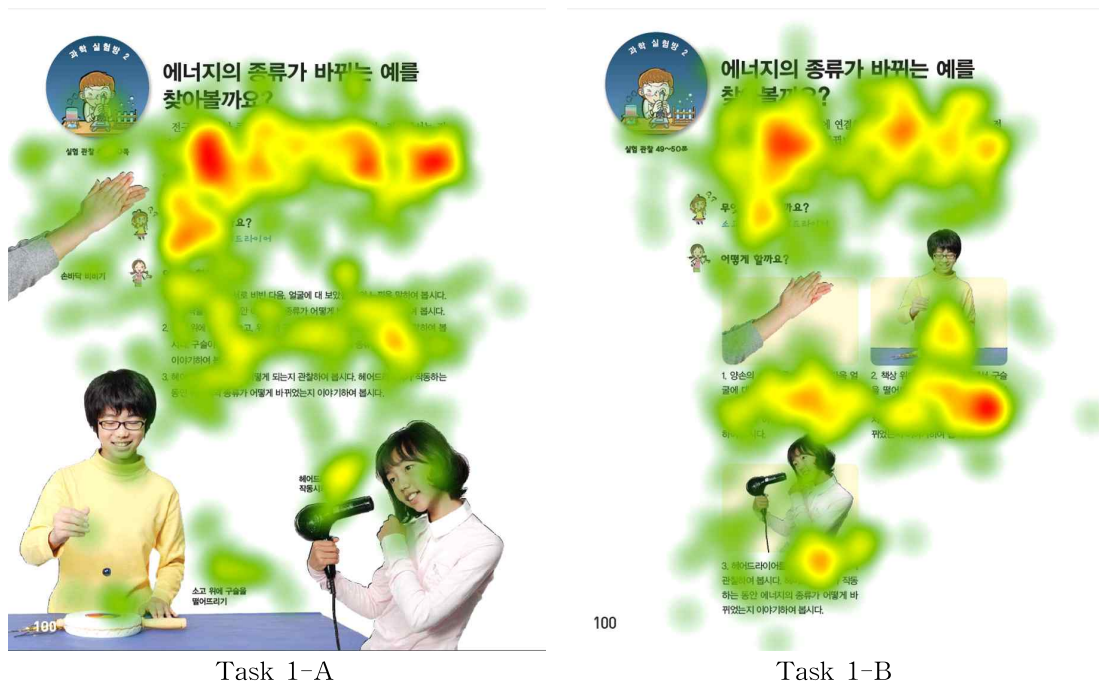
Ⅲ. 연구결과 및 논의

본 연구에서는 편집디자인 요소에 따른 학생들의 시선분포를 알아보기 위하여 각 과제별로 편집디자인 요소를 한가지 수정하고, 현행교과서를 A, 수정한 교과서를 B로 구성하여 그에 대한 시선분포를 분석하였다. 최종 선정된 연구참여자 20명의 시선분포 분석 결과를 과제별로 Heatmap과 시선고정 지속시간(Fixation duration)을 비교하며 기술하고자 한다.

1. 과제 1 - 활동 방법을 설명하는 글과 사진

과제 1은 활동 방법을 설명하는 글과 활동 장면을 보여주는 사진의 위치를 달리하여 구성하였다.

현행 교과서 이미지를 그대로 사용한 과제 1-A와 활동 장면 사진 아래에 사진에 해당되는 활동 방법을 제시한 과제1-B에 대한 시각 주의를 비교분석하였다. Fig. 2는 과제 1에 대한 시각 주의를 Heatmap으로 나타낸 것이다. 과제 1-A의 경우 활동 장면을 제시하는 사진 부분이 연한 연두색인 반면, 과제 1-B의 경우 녹색과 노란색으로 표현되어 있음을 알 수 있다. 또한 사진 위에 색이 표현된 영역의 넓이도 과제 1-B의 경우에 더 넓은 것을 볼 수 있다. 이는 과제 1-A에 참여한 학생들 보다 1-B에 참여한 학생들이 사진과 글에 더 주의를 기울인다는 것을 의미한다. 그리고 과제1-A와 과제1-B에 따라 연구 참여자들의 시선고정 지속시간에 통계적으로 유의미한 차이가 있는지를 알아보기 위하여 Mann-Whitney U 검정을 실시하였다(Table 5).



[Figure 2] Heatmap of Task 1

<Table 5> Mann-Whitney U Test about AOI Fixation Duration of Task 1

AOI Group	Task	N	M	SD	Z	approximate significant level	correct significant level
Text	1-A	10	1.44	1.76	1.514	.130	.143
	1-B	10	2.98	3.16			
Picture	1-A	10	5.91	3.73	.832	.406	.436
	1-B	10	7.02	5.08			

<Table 6> AOI Pixel of Task 1

Task	AOI Group	AOI	Number of Pixel	Sum
1-A	Text	Activity 1	30497	102410
		Activity 2	42031	
		Activity 3	29882	
	Picture	Hand AOI	26859	223291
		So-go AOI	100129	
		Hair Dryer	96303	
1-B	Text	Activity 1	29546	90276
		Activity 2	32074	
		Activity 3	28656	
	Picture	Hand AOI	20768	83527
		So-go AOI	30184	
		Hair Dryer	32575	

Table 5와 같이 활동 방법을 설명하는 글과 사진에 대한 시선고정 지속 시간에는 .05 수준에서 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 그리고 학생들의 시선고정지속시간 평균값이 사진이 글보다 더 높은 이유는 사진에 더 많은 주의를 기울인다고 해석할 수 있으나, AOI 설정에 대한 픽셀수(Table 6)가 글보다 사진이 더 크기 때문에 차이가 난 것일 수 있다.

교과서 편집디자인요소를 반영하기 위한 수정에서 AOI의 픽셀수를 정확히 같게 만드는 것은 어려운 문제이다. 그러나 과제 1-B가 과제 1-A 보다 픽셀수가 적음에도 불구하고 그림에서 더 긴 시선고정시간을 보인 것은 과제 1-B에 참여한 학생이 1-A에 참여한 학생보다 활동장면에 더 많은 주위가 있었다는 것을 말한다. 이는 실험 장면을 보여주는 사진을 그에 대한 글과 함께 제시하는 것이 그렇지 않은 것에 비해 사진을 더 의미 있는 자료로 만들어 줄 수 있다는 것을 보여주는 결과라 할 수 있다.

또한 글에 대한 시선고정 지속 시간에 유의미한 차이가 나타나지 않았지만 .143의 유의수준으로 과제1-B에 참여한 학생이 1-A 보다 평균값이 더 높으므로, 더 많은 주위가 있었다는 것을 알 수 있다.

Moreno와 Mayer는 부적절한 레이아웃에 의해 학습의 수행성과가 낮아짐을 실험연구를 통해서 보고하였다. 텍스트를 화면 하단에 배치했을 때보다 해당하는 요소 가까이 배치했을 때 학습자들이 전이검사에서 더 높은 성취를 보임을 보여 삽화와 삽

화를 설명하는 텍스트가 공간적으로 근접해있을 때 인지적인 처리가 원활할 수 있음을 보였다(Moreno & Mayer, 1999). 과제 1-B가 과제 1-A 보다 시선고정 지속시간의 평균값이 더 높으며, Heatmap을 통해서도 더 많은 주위가 있었음을 보인다. 이는 사진과 텍스트가 근접해 있으므로 인지적인 처리가 원활했음을 보여 준다.

한편, 과제 1-A의 공간적으로 떨어진 사진과 텍스트가 인지부하를 유발하게 된다면 과제 1-B 보다 많은 시선고정을 보일 수 있다. 그러나 학생들의 시선이동에서 사진과 텍스트의 통합적인 이해를 나타내는 시선이동은 찾을 수 없었으며, 시선고정 지속시간도 짧으므로 이는 학생들이 과제 1-B에서 더 많은 인지처리를 했음을 나타낸다.

2. 과제 2 - 준비물 삽화

과제 2는 준비물에 대한 삽화의 유무를 달리하여 구성하였다. 현행 교과서 이미지를 그대로 사용한 과제 2-A와 준비물의 이름위에 삽화를 함께 제시한 과제 2-B에 대한 시각 주의를 비교분석하였다.

Fig. 3은 과제 2에 대한 시각 주의를 Heatmap으로 나타낸 것이다. 준비물의 이름만 제시한 과제 2-A의 경우에 색깔이 더 진한 것을 볼 수 있다. 이것은 학생들이 삽화와 함께 준비물의 이름이 제시될 때보다 준비물의 이름만 제시될 때 더 많은 시각 주의를 기울였다고 해석할 수 있다.



[Figure 3] Heatmap of Task 2

<Table 7> Mann-Whitney U Test about AOI Fixation Duration of Task 2

AOI	Task	N	M	SD	Z	approximate significant level	correct significant level
Preparatory	2-A	10	1.75	1.57	1.590	.112	.123
Materials	2-B	10	3.62	3.17			

과제 2-A와 과제 2-B에 따라 연구 참여자들의 시선고정 지속시간에 통계적으로 유의미한 차이가 있는지를 알아보기 위하여 Mann-Whitney U 검정을 실시하였다(Table 7).

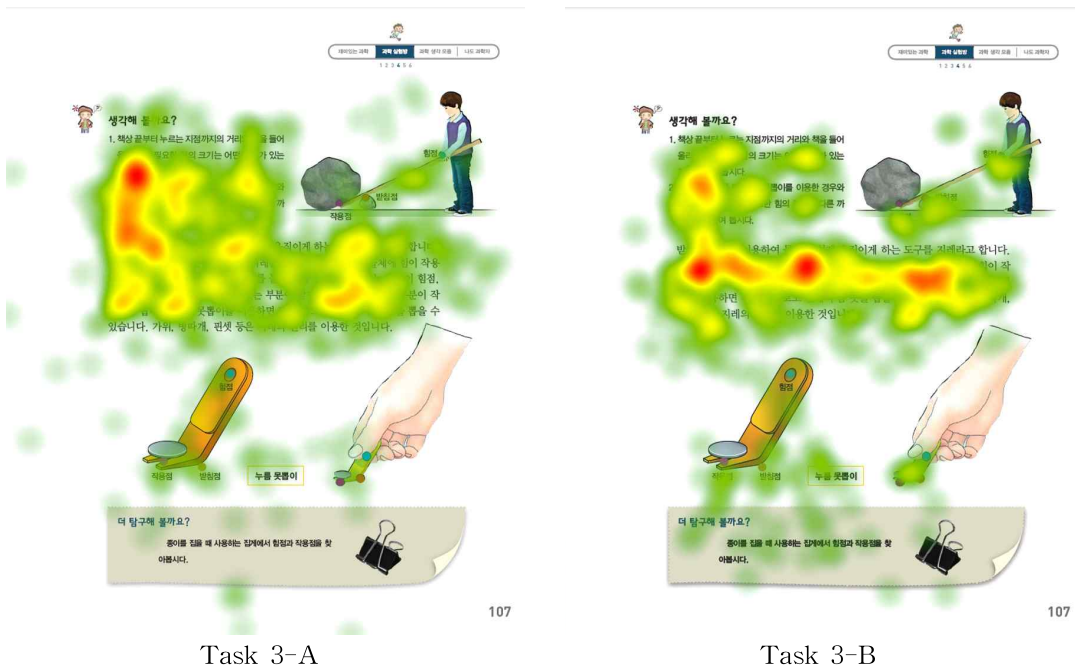
Table 7과 같이 준비물 삽화의 유무에 따른 시선고정 지속 시간에는 .05 수준에서 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. Heatmap결과와 시선고정 지속시간의 결과가 상반되는 이유는 과제1과 같이 AOI 픽셀수의 차이 때문으로 생각된다.

Heatmap 결과에서처럼 학생들은 과제 2-A에서 더 많은 주의를 보였는데 이는 학생들이 삽화보다도 텍스트에 더 많은 시간을 소비하는 경향을 보이는 것과 같은 결과라 할 수 있다(Rayner et al., 2001). 그리고 Heatmap 결과를 통해 과제 2-B에서의 준비물 이름의 시선고정이 2-A보다 작음을 알 수 있다. 이 결과는 삽화가 활동준비물 이해에 대한 시간을 줄인 것으로 해석할 수도 있다. 삽화와 같은 시각자료는 개념

설명과 같은 언어적 정보보다 눈에 쉽게 띄며, 내용을 보충하는 고효율의 매개체가 될 수 있다(김형진 등, 2014). 또한 초등학생들은 시각적인 정보에 의존하는 경향이 크므로(Chung et al., 2007) 본 연구의 결과인 삽화에 대한 학생들의 낮은 시각주의가 교과서의 편집에서 준비물 삽화가 필요없거나 인지처리와 큰 연관성이 없다는 것을 의미하는 것은 아니며 후속 연구를 통해 검증할 필요가 있다.

3. 과제 3 - 삽화에 대한 설명문

과제 3은 삽화에 대한 설명이 교과서에 서술되어 있는지의 여부를 달리하여 구성하였다. 현행 교과서 이미지를 그대로 사용한 과제 3-A와 누름뿔이 삽화에 대한 중복된 설명을 삭제한 과제 3-B에 대한 시각 주의를 비교분석하였다.



[Figure 4] Heatmap of Task 3

<Table 8> Mann-Whitney U Test about AOI Fixation Duration of Task 3

AOI	Task	N	M	SD	Z	approximate significant level	correct significant level
Expository Text	3-A	10	16.74	6.28	-1.286	.199	.218
	3-B	10	13.45	10.11			
Thumbtack	3-A	10	2.16	2.76	.493	.622	.631
	3-B	10	1.99	1.79			

Fig. 4는 과제3에 대한 시각 주의를 Heatmap으로 나타낸 것이다. 누름못뿔이 삽화와 그에 대한 설명이 중복되어 제시된 과제 3-A보다 그렇지 않은 3-B의 경우에 개념을 설명한 글에 대한 색깔이 더 진한 것을 볼 수 있다. 반면 누름못뿔이 삽화에 대해서는 색깔의 차이가 크지 않은 것을 볼 수 있다.

학생들이 삽화에 대한 설명이 중복되지 않은 문장을 읽을 때 더 주의를 두었다고 설명할 수 있으나, 과제 3-B에 참여한 학생들이 누름못뿔이와 설명을 통합적으로 읽지 않는 형태의 시선이동으로 보아 이는 과제에 참여한 학생들의 특징일 수도 있으므로 과제에 따른 시각주의에는 큰 차이가 없다고 할 수 있다.

과제 3-A와 과제 3-B에 따라 연구 참여자들의 시선고정 지속시간에 통계적으로 유의미한 차이가 있는지를 알아보기 위하여 Mann-Whitney U 검정

을 실시하였다(Table 8).

Table 8과 같이 삽화에 대한 설명문 중복 제시의 유무에 따른 시선고정 지속 시간에는 .05 수준에서 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 설명문 AOI에 대한 시선고정지속시간 평균값이 과제 3-A가 과제 3-B보다 더 높은 이유는 과제 3-A의 픽셀수가 더 많으며 설명문이 중복 제시되어 있으므로 문장의 길이가 더 길어 읽는데 시간을 더 많이 소비했기 때문이다.

과제 1에서처럼 공간적으로 근접한 사진과 설명은 원활한 인지처리를 돕는다. 그러나 공간적인 분리, 지표적 참조물등의 배치를 통해서 언어적 정보와 시각적 정보 사이의 연결을 촉진시킬 수 없는 과제3과 같은 경우에는 학생들이 그 정보가 서로 연관되어 있음을 인지하지 못하며 그에 대한 시각 주의를 기울이게 하기 어렵다고 볼 수 있다.

4. 과제 4 - 도식의 형태

과제 4는 개념 정리 도식을 두 쪽에 걸쳐 제시한 것과 시야 안에서 통합된 형태로 제시한 것을 비교하였다. 현행 교과서 이미지를 그대로 사용한 과제 4-A와 시야 안에서 확인할 수 있도록 두 개의 상위개념으로 나누어 제시한 과제 4-B에 대한 시각 주의를 비교분석하였다.

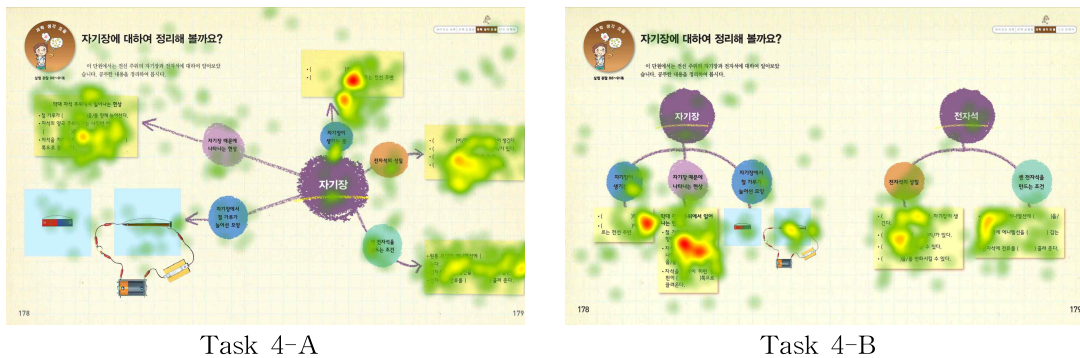
Fig. 5는 과제 4에 대한 시각 주의를 Heatmap으로 나타낸 것이다. 과제 4-A와 4-B 모두 정리할 하위개념의 문장이 긴 부분에서 색깔이 진한 것을 볼 수 있다. 그러나 두 Heatmap사이의 눈에 띄는 차이점을 찾을 수 없었다.

과제 4-A와 과제 4-B에 따라 연구 참여자들의 시선고정 지속시간에 통계적으로 유의미한 차이가 있는지를 알아보기 위하여 큰제목(자기장, 전자석), 작은

제목, 답으로 각각 AOI그룹을 설정하여 각 AOI그룹별로 Mann-Whitney U 검정을 실시하였다(Table 9).

Table 9와 같이 개념 정리 도식의 디자인에 따른 시선고정 지속 시간에는 .05 수준에서 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 학생들은 답을 해결하기 위하여 답 AOI그룹에 주의를 많이 둔 반면 상위개념(큰 제목, 작은제목)에 대해서는 주의를 적게 두었다. 또한 답 AOI에서 평균값의 차이가 나는 이유는 과제 4-A의 픽셀수가 더 많이 때문으로 보인다.

공간적으로 통합된 정보의 제시 형태는 분리된 형태의 정보보다 더 높은 성취를 보인다(Sweller et al., 1990). 과제 4에서 편집디자인 형태에 따른 시선분포에서 큰 차이가 없는 이유는 과제 자체가 주는 인지 부하가 적고, 두 과제 모두 도식에 따라 정리된 형태로 제시되었기 때문으로 생각된다.



[Figure 5] Heatmap of Task 4

<Table 9> Mann-Whitney U Test about AOI Fixation Duration of Task 4

AOI Group	Task	N	M	SD	Z	approximate significant level	correct significant level
Title	4-A	10	0.56	0.97	-.195	.845	.853
	4-B	10	0.22	0.23			
Strapline	4-A	10	1.58	1.71	.416	.677	.684
	4-B	10	2.88	3.48			
Answer	4-A	10	29.88	12.10	-.907	.364	.393
	4-B	10	23.54	16.38			

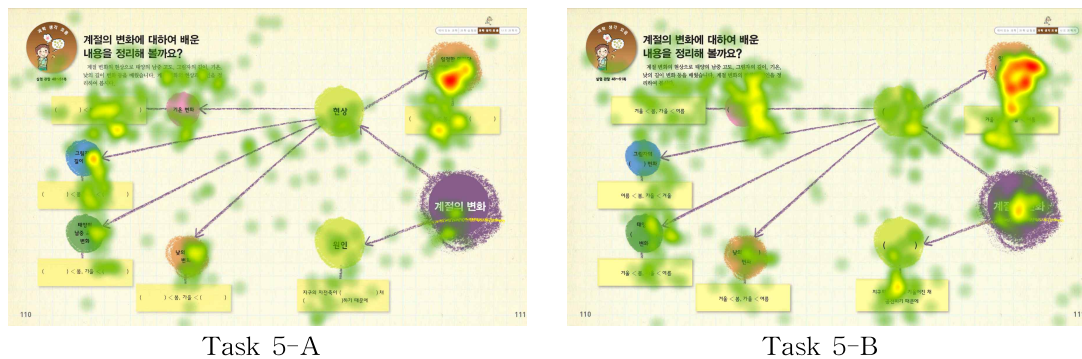
5. 과제 5 - 빈칸의 위치

과제 5는 하위개념이 빈칸으로 처리된 것과 상위개념이 빈칸으로 처리된 것을 비교하였다. 현행 교과서 이미지를 그대로 사용한 과제 5-A와 하위개념 대신 상위개념을 빈칸으로 비워둔 과제 5-B에 대한 시각 주의를 비교분석하였다.

과제 5-A와 과제 5-B에 따라 연구 참여자들의 시선고정 지속시간에 통계적으로 유의미한 차이가 있는지를 알아보기 위하여 주제(계절의 변화), 큰제목(현상, 원인), 작은제목, 답으로 각각 AOI그룹을 설정하여 각 AOI그룹별로 Mann-Whitney U 검정을 실시하

였다(Table 10).

Table 10과 같이 개념 정리 도식의 빈칸의 위치에 따른 시선고정 지속 시간에는 큰제목 이 .05 수준에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 이는 상위개념이 빈칸으로 제시되는 경우, 그 답을 생각하기 위하여 좀 더 많은 시각 주의를 기울이게 되는 것으로 해석할 수 있다. 반면 나머지 다른 AOI에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았으나 평균값의 차이는 확인할 수 있는데 이는 빈칸으로 설정한 부분에서 시선고정 지속시간이 더 길고 그렇지 않은 부분에서 더 짧은 형태의 일관적인 결과라 할 수 있다.



[Figure 6] Heatmap of Task 5

<Table 10> Mann-Whitney U Test about AOI Fixation Duration of Task 5

AOI Group	Task	N	M	SD	Z	approximate significant level	correct significant level
Subject	5-A	10	0.62	0.98	1.714	.087	.089
	5-B	10	1.75	2.03			
Title	5-A	10	0.65	0.76	2.057	.040	.043*
	5-B	10	1.74	1.45			
Strapline	5-A	10	6.79	5.41	.454	.650	.684
	5-B	10	8.28	5.78			
Answer	4-A	10	7.57	6.05	-1.663	.096	.105
	4-B	10	4.08	2.44			

V. 결론 및 제언

본 연구의 목적은 과학교과서 편집 디자인 요소를 달리했을 때 학생들의 시선분포를 알아보는 것이다. 이를 위하여 현행교과서와 편집 디자인 요소를 수정한 교과서를 초등학교 6학년을 대상으로 시선이동결과를 분석하여 시선분포를 알아보았다. 분석 결과를 토대로 얻어진 결론은 다음과 같다.

과제 1에서는 활동방법을 설명하는 글과 활동장면 사진을 공간적으로 근접하게 제시했을 때 학생들의 시선분포가 어떻게 달라지는지 확인하였다. 그 결과 통계적으로는 유의미하지 않았지만 AOI의 픽셀수와 평균값의 차이를 고려했을 때 사진과 텍스트가 근접해 있을 때 더 많은 주의를 기울이는 것으로 나타났다. 따라서, 활동방법을 설명하는 글과 사진을 함께 제시하면 학생들의 인지처리가 더 원활해질 수 있다.

과제 2에서는 준비물에 대한 삽화를 제시했을 때 학생들의 시선분포가 어떻게 달라지는지 확인하였다. 그 결과 통계적으로는 유의미하지 않았지만 과제 2-B의 Heatmap결과에서 과제 2-A보다 준비물 삽화 뿐만 아니라 준비물의 이름에서 시선분포가 상대적으로 적음을 볼 수 있다. 이는 주의를 적게 투여한 것으로 해석할 수 있지만, 삽화에 의한 빠른 인지처리로 인해 적은 시선분포를 나타낸 것일 수 있으므로 후속연구를 통해 검증할 필요가 있다.

과제 3에서는 삽화에 대한 설명이 중복 서술된 부분을 삭제했을 때 학생들의 시선분포가 어떻게 달라지는지 확인하였다. 그 결과 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 공간적으로 근접한 사진과 설명은 원활한 인지처리를 돕지만 사진과 설명사이의 연결을 촉진시킬 참조물이 제시되지 않은 경우에는 학생들이 연관성을 인지하지 못하므로 그에 대한 주의를 기울이게 하기 어렵다고 볼 수 있다.

과제 4에서는 두 쪽에 걸쳐 제시된 개념 정리 도식을 시야 안에서 통합된 형태로 제시하기 위하여 한 쪽에 하나씩 제시했을 때 학생들의 시선분포가 어떻게 달라지는지 확인하였다. 그 결과 통계적으로 유의미한 차이는 없었으며, 이는 과제자체가 주는 인지부하가 적고, 두 과제 모두 도식에 따라 정리된 형태로 제시되었기 때문으로 생각된다.

과제 5에서는 개념 정리 도식의 빈칸의 위치에 따라 학생들의 시선분포가 어떻게 달라지는지 확인하였다. 그 결과 큰제목 AOI그룹에서 유의미한 차이가 있었으며 나머지는 유의미한 차이가 없었다. 또한 빈칸으로 설정한 부분에서 일관적으로 시선고정 지속 시간이 더 길어 빈칸에 대한 주의투여가 더 많았다고 볼 수 있다.

본 연구의 결과를 종합하면 본 연구에서 설계한 교과서 편집 디자인의 요소에 따라서 학생들의 시선분포에 영향을 주는 것과 큰 영향을 주지 않는 것이 있다는 것을 알 수 있다. 또한 학생들의 시선분포를 통해 교과서에서 학생들이 관심을 갖는 부분과 갖지 않는 부분에 대하여 명확히 이해할 수 있었다. 이를 바탕으로 학생들에게 개념적으로 중요한 부분을 부각시키거나 중요 활동에 대하여 공간적으로 인접한 시각 자료의 제시 등을 통해 학생들이 쉽게 지각을 할 수 있도록 돕는 등, 교과 내용전달에 효과적인 과학교과서의 편집디자인 개발에 시사점을 줄 수 있다.

본 연구에서는 학생들의 자연스러운 시선분포를 분석하기 위하여 과제 탐색이외에 다른 목적을 제시하지 않았으며, 이해도검사를 실시하지 않았다. 또한 면담이나 RVP(Retrospective Verbal Protocol)수집이 없었다. 때문에 자연스러운 시선분포를 수집할 수는 있었지만 시선분포가 인지부하를 나타내는지, 흥미 또는 관심인지에 대한 것은 연구자가 추론할 수 밖에 없었다. 따라서 본 연구의 후속연구로 학생들이 실제 교과서를 공부하면서 있을 수 있는 상황인 정보 탐색, 개념의 이해, 삽화의 이해 등과 같이 구체적인 목적을 학생들에게 제시하고, 그에 따른 면담자료를 수집하여 현장접근도가 높은 교과서 편집디자인에 대한 시사점을 얻을 필요가 있다.

그리고 본 연구는 바형 아이트래커를 이용하여 실제 서책형 교과서가 아닌 모니터를 통해 시선이동을 추적한 실험연구이다. 본 연구에서는 학생들에게 자기주도적인 학습상황으로 가정하고 실험에 임하도록 제시하였으나 실제 학교현장의 역동적인 교과서 활용과는 다소 거리가 있다. 이러한 한계점을 극복하기 위해서 글래스형 아이트래커를 이용하여 현장 교실 수업시간에 학생들의 실제 교과서 활용에 대한 시선분포를 확인할 필요가 있다.

참고 문헌

- Byeon, J., Lee, I., & Kwon, Y. (2011). A study on consulting of teaching behavior patterns of gaze fixation by using eye tracker: The case study. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 11(4), 173-199.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8, 293-332.
- Cheoi, K., & Park, M. (2011). Visual Information Selection Mechanism Based on Human Visual Attention. *Journal of Korea Multimedia Society*, 14(3), 378-391.
- Chung, J., Han, J., Kim, Y., Paik, S., & Song, Y. (2007). Classification and Analysis of Accompanying Inscriptions Used in Elementary Science Textbooks. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 26(5), 525-534.
- Hannus, M., & Hyönä, J. (1999). Utilization of illustrations during learning of science textbook passages among low-and high-ability children. *Contemporary Educational Psychology*, 24(2), 95-123.
- Huh, K., Lee, J., Hyun, Y., Jeong, M., & Jo, S. (2005). A Study for the On-demand Improvement on a Textbook's External Format According to Changes in Curriculum. *Korean Textbook Research Foundation Research Report* 2005-3.
- Hyun, D. (2002). Analysis of the Textbook Editing Design Baaed on the Seventh National School Curriculum and its Improvement Plan, *Bulletin of Korean Society of Basic Design & Art*, 3(1), 53-65.
- Itti, L., Koch, C., & Niebur, E. (1998). A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis. *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence*, 11, 1254-1259.
- Keum, C., Boo, G., Lee, M., Moon, S., & Park, J. (2009). The study on the evaluation of textbook editing design. *Korean Journal of Publishing and Periodical Studies*, 17(1), 7-61.
- Kim, H., Shin, M., Lee, K., & Kwon, K. (2014). The Types, Roles and Socio-semiotic Features of Visual Materials in Elementary Science Textbooks. *Journal of Science Education*, 38(3), 641-656.
- Lee, H. (2008). A Study of editorial design to increase the legibility of a textbook - Focus mainly on the form of Hangeul, *Journal Korea Society of Visual Design Forum*, 21, 97-106.
- Lim, H., & Choi, J. (2012). How to Share Visual-Perceptual Concepts of the Editorial Design in School Textbooks - Focusing on the Science Textbooks for Elementary School Following 2007 Revised Curriculum, *Journal of Brand Design Association of Korea*, 10(4), 285-302.
- Lim, H., & Choi, J. (2013). Analysis of Textbook Editorial Design to Promote Creative Thinking with a Study on Enhancement Measures - A Review on Elementary School Society Textbook, *Journal of Digital Design*, 13(3), 255-268.
- Mayer, R. E. (2010). *The Cambridge Handbook of Multimedia learning*. Cambridge University Press.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91, 358-368.
- Navalpakkam, V., & Itti, L. (2002). A goal oriented attention guidance model. *Biologically motivated computer vision lecture notes in computer science*, 2525, 453-461.
- Ozcelik, E., Karakus, T., Kursun, E., Cagiltay, K. (2009). An eye-tracking study of how color coding affects multimedia learning. *Computers & Education*, 53(2), 445-453.
- Rayner, K., Rotello, C. M., Stewart, A. J., Keir, J., & Duffy, S. A. (2001). Integrating text and pictorial information: eye movements when looking at print advertisements. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 7(3), 219-226.
- Related Ministries (2013). *Government Nationwide Project*. Sejong: The Office for Government Policy Coordination.
- Rose, J. M., & Wolfe, C. J. (2000). The effects of system design alternatives on the acquisition of tax knowledge from a computerized tax decision aid. *Accounting, Organizations and Society*, 25,

285-306.

- Roth, W. M., Bowen, G. M., & McGinn, M. K. (1999). Differences in graph related practices between high school biology textbooks and scientific ecology journals. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(9), 977-1019.
- Shin, W., & Shin, D. (2014). Analysis of Eye Movement of Pre-service Elementary Teacher about "Life Cycle of Plant" External Representation in 2007, 2009 Reform Science Textbook. *Biology Education*, 42(2), 115-131.
- Sweller, K., Chandler, P., Tierney, P., & Cooper, M. (1990). Cognitive load as a factor in the structuring of technical material. *Journal of Experimental Psychology: General*, 119, 176-192.
- Treisman, A. M. (1986). "Features and Objects in Visual Processing". *Scientific American*, 255, 114-125.
- Yeo, M., & Lee, C. (2014). A Study on the Interest of the Eyes Applying Gazing Phenomena - Based on an Eye-tracking Experiment Carried with a Facade as a Medium. *Korean Institute of Interior Design Journal*, 23(1), 122-131.