

RESEARCH ARTICLE

The Characteristics of Students' Eye Movement According to the Introduction Presentation Method of Text and Illustrations in Elementary Mathematics Textbook

Kyungran Kim¹, Kwang-Ho Lee²

¹Shinjeju Elementary School

²Korea National University of Education

초등 수학 교과서 도입부의 글과 삽화 제시 방법에 따른 학생 시선의 특성

김경란¹, 이광호^{2*}

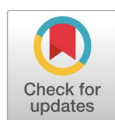
¹신제주초등학교, ²한국교육대학교

*Corresponding Author: paransol@knu.ac.kr

ABSTRACT

This study examines the characteristics of eye movement during problem-solving based on the presentation of introductory text and illustrations in mathematics textbooks and proposes effective presentation methods. Text and illustrations were categorized into essential and supplementary content, with supplementary content further classified by its equivalence to text. Eye-tracking data revealed that students referenced both text and illustrations, transitioning their gaze from text to illustrations. Fixation duration was longest on key elements such as speech bubble and relevant objects. Regardless of presentation format, students first fixated on text before shifting to speech bubble, prioritizing problem-relevant information over sequential reading. Higher text-illustration equivalence led to greater illustration use, but students also utilized illustrations when they perceived a meaningful connection. These findings provide insights into effective text and illustration presentation for enhancing problem-solving in mathematics education.

Key words : Elementary Math Textbook, Text & Illustration, Problem solving, Presenting Format,



OPEN ACCESS

Brain, Digital, & Learning

2025, Vol. 15, No. 1, 1-18

<https://doi.org/10.31216/BDL.2025.15.1.1>

Received: February 18, 2025

Revised: March 27, 2025

Accepted: March 31, 2025

© 2025. Institute of Brain based Education,
Korea National University of Education



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

2015 개정 초등학교 수학과 교육과정의 주안점 중 하나는 수학 교과 역량의 구현이다. 수학 교과 역량은 ‘문제 해결’, ‘추론’, ‘의사소통’, ‘창의·융합’, ‘정보 처리’, ‘태도 및 실천’으로 총 6가지로 규정하고 있다. 이 중 ‘의사소통’ 역량은 “수학적 아이디어 또는 수학 학습 과정과 결과를 말, 글, 그림, 기호, 표, 그래프 등을 사용하여 다른 사람과 효율적으로 의사소통할 수 있게 한다.”로 교수·학습 방법에서 강조하고 있다. 이러한 교육과정상의 강조점은 수학 교과서에서 글과 삽화를 통해 구체화한다. 교과서는 단순히 문제를 제공하는 도구가 아니라, 학생들의 개념 이해와 문제 해결을 돕는 중요한 학습 매체로 기능하며, 이에 따라 교과서의 글과 삽화에 관한 구체적 기능에 대한 연구가 필요하다.

교과서의 역할은 시대에 따라 변화해 왔으며, 현대의 교과서는 개념 이해를 돕기 위해 설명과 삽화를 포함하는 방향으로 발전해 왔다. 특히 초등학생에게 삽화나 사진은 추상적인 수를 현실의 물체로 표현하여 수학적인 개념의 이해를 돕는다. 삽화는 단순한 보조 자료가 아니라, 학습자가 필요한 정보를 선택, 조직화하여 의미를 재구성하는 데 영향을 끼치며(Schontz & Bannert, 2003), 글과 함께 학습 내용을 효과적으로 전달하는 역할을 한다. 따라서 수학 교과서의 삽화는 단순히 흥미 유발의 역할을 넘어 학생들에게 수학 내용을 시각화하여 보여줌으로써 이해도를 높이고, 실생활과 연결 지을 수 있도록 하면서 수학의 어려움을 완화하는 역할을 해야 한다. 즉, 교과서는 글이나 삽화 중 하나에만 의존하지 않고, 이 두 가지를 효율적으로 결합하여 학습 효과를 극대화할 수 있도록 설계하여야 한다.

수학 교과서의 삽화와 관련된 선행 연구를 살펴보면, 삽화의 외형적·내용적 측면과 학습자 수준과의 타당성에 대한 주제로 실시한 연구(Kang et al. 2005)와 우리나라 교과서에서 의사소통으로서의 수학이 어떻게 다루어지는지를 주제로 하여 단원 내용과 연결하기 어려운 글과 교과서 삽화가 있다는 문제점을 지적한 연구(Jung, 2012)가 있다. 그러나 이러한 연구는 연구자의 관점에서 교과서의 삽화 자체만을 다룬 것으로, 실제 학습 과정에서 학습자가 삽화를 이용하여 문제를 해결하는 방식에 대해서는 제시하지 못하는 제한점이 있다. 삽화의 기능적 측면을 분석하고 학생들의 문제 해결 과정에서 삽화의 인식을 조사한 연구(Kang & Chang, 2022)는 학습자 관점에서 인식 조사 결과를 제시했지만, 학생들의 설문 결과를 기반으로 작성하여 실질적인 학생들의 삽화 인식을 파악하는 데는 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하는데 있어 학생들의 시선을 추적하여 그들의 이해를 파악하고자 하는 연구들이 실행되고 있다.

현재 출판되고 있는 수학교과서에서 차시 도입부의 글과 삽화를 필수적인 내용을 포함하는 방법, 글 대비 등가 정보를 포함하는 보조적 내용만을 포함하는 방법, 글 대비 비등가 정보를 보조적 내용으로 포함하는 방법으로 제시하고 있는 실정이다. 이에 따른 학생들의 문제 해결과정이 어떠한지 역시 설문으로만 이해하기에는 한계가 있어 학생들의 시선의 특성을 파악하여 어떻게 문제를 해결하고 있는지 살펴봄으로써 어떤 제시 방법이 문제 해결에 도움을 주는지 확인할 수 있다. 이러한 학생들의 시선의 특징을 파악함으로써 차시 도입부의 글과 삽화를 학생들이 유의미하게 활용할 수 있도록 하기 위하여 글과 삽화의 제시 방식을 설명해 줄 수 있을 것으로 기대한다. 시선추적 방법에는 고정형과 이동형으로 나눌 수 있으며 고정형은 이동이 제한되어 실제적인 문제해결 상의 데이터를 얻는데 어려움이 있으나 될 수 있도록 교과서 이동형으로 데이터를 얻고자 하였다. 이 때 참여자가 어떤 영역을 얼마나 더 많이 주의를 기울였는지를 분석함으로써 학생들의 문제 해결 과정을 영역에 따라 밝혀감으로써 영역에 따른 제시 방식도 제안할 수 있을 것이라 기대하였다.

이에 본 연구는 문제 해결 과정에서 글과 삽화 제시 방법에 따른 학생들의 시선을 분석하고, 문제 해결에

도움을 주는 글과 삽화의 제시 방법을 탐색하는 것을 목표로 한다. 이를 통해 차시 도입부의 글과 삽화가 학생들에게 유의미하게 활용될 수 있도록 교과서 제작에 시사점을 제공하고자 한다.

Theoretical Background

Introduction Presentation Method of Illustration and Text

글과 삽화의 제시 방법은 글과 삽화 간의 관련성에 따라 구분된다. 선행 연구에서는 삽화가 글의 내용을 반영하여 표현하는 정도에 따라 다양한 유형을 제시하였다(Rha & Sung, 2007; Schnotz & Bannert, 2003). 대표적으로 Kang et al. (2005)이 제시한 필수적 내용, 보조적 내용, 장식적 내용으로 나눌 수 있다. 필수적 내용의 삽화는 교과서의 내용 전개에서 필수적으로 사용되어야 하며, 학습 내용을 전달하는 데 필수적인 역할을 한다. 삽화는 글로 설명하기 어려운 절차나 과정, 동작을 구체적인 예시로 제시할 수 있다. 이러한 기능을 가진 삽화는 도표나 그림을 통해 학습 내용을 요약하고 정리하는 데 중요한 역할을 한다. 보조적 내용의 삽화는 글의 내용을 보완하고 학습자의 이해를 촉진하는 역할을 한다. 특히 추상적인 개념을 시각화하는데 유용하며, 상황에 대한 현장감이나 사실성을 높여 학습 내용을 명확하게 전달한다. 장식적 내용의 삽화는 학습 내용과 직접적인 연관은 없지만, 교과서에 친근함을 부여하는 역할을 한다.

본 연구에서는 위의 교과서 글과 삽화 분석 틀을 기반으로 글과 삽화의 제시 방법을 분석하고자 하였다. 그러나 현행 초등 수학 교과서 차시 도입부에서는 장식적 내용의 삽화가 포함되지 않기 때문에 필수적 내용과 보조적 내용만을 중심으로 연구를 진행하고자 하였다. 또한, 보조적 내용의 경우 글에 포함된 정보의 양과 삽화에서 제시한 정보의 양이 같은지에 따라 글 대비 등가 정보를 포함한 보조적 내용과 글 대비 비등가 정보를 포함한 보조적 내용으로 세분화하여 연구하고자 하였다. 이를 통해 글과 삽화의 제시 방법이 학생들의 학습 과정에 미치는 영향을 탐색하였다.

Eye Tracking

시선추적이란 피험자의 시선의 움직임이나 동공의 크기와 같은 안구의 특성까지도 추적할 수 있는 비침습적 연구 방법(Choi, 2018)으로, 눈-마음 가설(Just & Carpenter, 1987)에 따르면 사람의 시선은 현재 처리 중인 인지 또는 사고가 시각 정보를 반영하므로 인지 처리 과정은 시각 정보를 보고 있는 동안을 통하여 알 수 있다. 즉 학습자의 시선은 학습자의 인지 과정이나 사고 과정을 설명하는 중요한 단서가 된다(Mason et al, 2013). 특히 자신의 사고에 대한 정확한 진술을 어려워하는 학습자를 연구할 때 유용한 방법이 되고 있다. 시선 추적 데이터는 시선 고정과 시선 이동을 분석하여 학습자의 주의 집중과 인지적 노력을 평가하는 데 활용된다. 시선 고정은 특정 위치를 지속해서 응시할 때 발생하며, 이를 통해 학습자가 정보를 얼마나 집중하여 처리하는지, 문제해결 과정에서 어떤 부분을 참고하여 문제를 해결하는지에 대한 인지적 노력을 파악할 수 있다. 이러한 고정 데이터는 히트맵(Heatmap)으로 표현할 수 있으며 이는 시선 고정 빈도수에 따라 더 오래 본 부분일수록 따뜻한 색으로 나타난다. 시선 이동은 시선이 움직이는 경로로 시선의 흐름을 파악하여 학습자의 사고의 경로를 파악하는데 활용이 가능하다. 이러한 시선 고정 및 시선 이동의 데이터를 그림으로 나타낸 것이 gazeplot이다. 시선 고정이 일어난 위치는 원으로 시선 이동은 선으로 표현되는 것이다. 원의 크기가 클수록 시선이 오래 머물렀다는 뜻이고 원 안의 숫자는 이동이 일어난 순서를 뜻한다. 또한 연구자의 의도에 따라 관

심 영역(Area Of Interest)을 지정할 수 있는데 이 영역에서 참여자의 의식적 시선과 무의식적 시선 및 시선의 이동, 주시 시간, 주시 평균시가, 시선 분도 등을 분석할 수 있다. 이러한 데이터를 이용하여 본 연구에서는 교과서의 글과 삽화를 이용하여 문제를 해결하는 실제적인 과정에서 참여자의 시선을 파악하여 글과 삽화가 학습자의 사고에 미치는 영향을 파악하여 교과서의 글과 삽화의 제시 방식에 대한 시사점을 제공하고자 한다. 이 때 실제적 문제해결 과정에서 학습자는 움직임이 많게 되므로 특별히 움직임의 제약이 덜한 모바일 시선추적기를 사용하여 학생들의 시선 데이터를 얻고자 하였다.

Materials and Methods

Participants

본 연구는 제주도 제주시의 S 초등학교 3학년 학생을 대상으로 하였다. 그 이유는 덧셈과 뺄셈과 관련된 영역의 경우 이전에 배운 내용을 바탕으로 삽화를 보지 않고 암산을 이용하여 문제를 해결할 수 있기 때문에, 글과 삽화의 제시 방법에 따른 문제 해결 과정에서의 시선의 특징을 도출하고자 하는 이 연구와는 알맞지 않다고 판단하였다. 따라서 새롭게 배우는 수학적 개념으로서 암산이 쉽지 않고 삽화를 활용해야 하는 나눗셈 문제를 활용하고자 하였다. 초등학교 3학년은 나눗셈을 처음 배우는 시기이기 때문에 3학년을 연구 대상으로 선정하였고 연구 시기도 교육과정상 나눗셈 단원이 들어가기 전에 실시되었다. 이미 실생활에서 여러 개의 물건을 똑같은 개수로 묶거나 묶여있는 모습을 많이 접했고 똑같이 나누어 보는 경험을 이미 했기 때문에 아직 나눗셈을 배우지 않았더라도 이러한 경험을 바탕으로 삽화를 이용하여 충분히 문제를 풀 수 있을 것으로 판단했다. 가정통신문을 통해 신청한 학생은 총 35명이다. 3명의 학생을 대상으로 사전 검사를 실시한 후 32명의 학생을 대상으로 본 연구를 실행하였다. 이 학생들은 성별과 맞춤형 학업성취도 평가 수리력 결과를 기준으로 동일 수준의 세 집단으로 나누었다. 본 연구에서는 시선 추적 비율이 80% 미만인 필수적 내용 집단 학생 1명과 글 대비 비등가 정보를 포함한 보조적 내용 집단 학생 1명을 제외하여 최종 자료 분석에 선정된 사례는 총 30명(남 15명, 여 15명)이다.

Procedure

Task

본 연구에서는 출판사별 공식 홈페이지에서 제공하는 초등학교 3학년 수학 교과서의 삽화 이미지를 활용하여 연구 과제를 만들었다. 교과서들은 Table 1과 같이 내용의 문제를 글과 삽화의 제시 방법을 3가지 방법으로 다르게 하여 제시하고 있어, 본 연구에서는 6개의 수학 문제를 집단별로 제시하였다. 필수적 내용의 문제는 글로 제시된 부분만으로는 문제의 내용을 알 수 없어 삽화 속 물체의 수 또는 말풍선의 내용을 반드시 확인해야 문제를 해결할 수 있도록 구성하였다. Table 1에서 글에 제시된 부분은 달걀과 바구니는 있지만 구체적인 달걀의 수와 바구니 수는 제시되지 않고 있다. 글 대비 등가 정보를 포함한 보조적 내용의 제시 문제는 필수적 내용의 연구 과제와 삽화는 똑같이 문제의 수와 삽화 속의 그림의 수가 같으므로 왼쪽의 글만 읽어도 문제를 해결할 수 있도록 설계했다. Table 1에서 달걀 6개와 바구니 2개다 글에도 삽화에도 제시되어 있다. 글 대비 등가 정보를 포함한 보조적 내용의 문제는 등가 정보를 가진 보조적 내용의 연구 과제와 글은 똑같으나, 삽화 속 물체의 개수를 글과 다르게 변경하였다. 글에는 달걀 6개와 바구니 2개를 제시하고 있으나

삽화에서는 달같이 4개만 제시되고 있다.

Table 1. Examples of text & illustration based on introduction presentation method

Presentation Method	Essential Content	Supplementary Content (Equivalent Information)	Supplementary Content (Non-equivalent Information)
Text & Illustration	달걀을 바구니에 똑같이 나누어 담으려면 바구니에 몇 개씩 담을 수 있나요? ()개 	달걀 6개를 바구니 2개에 똑같이 나누어 담으려면 바구니에 몇 개씩 담을 수 있나요? ()개 	달걀 6개를 바구니 2개에 똑같이 나누어 담으려면 바구니에 몇 개씩 담을 수 있나요? ()개 

Experiment

실험을 시작하기 전 연구 목적 및 주의 사항, 시선 추적기 사용법과 착용 시 주의할 점에 대해 안내하였다. 실험 참가자는 최대한 머리를 움직이지 않고 한 손으로 직접 calibration 카드를 들고 시선을 고정하여 calibration을 수행하였으며 연습 과제를 두 차례 풀어보며 간단한 설명을 한 후 본격적인 실험을 진행하였다. 실험 참가자는 무엇인가를 똑같이 나눈다는 상황임을 알고 과제 제시 화면 속에서 무엇을 몇 개로 몇 개씩 똑같이 나누어 담을 것인지에 대한 답을 말하였다.

실험 과제는 총 6개이며 화면 왼쪽에는 글, 오른쪽에는 삽화를 함께 제시하였다. 동일 수준으로 나뉜 3개 집단의 실험 참가자들은 각각 필수적 내용, 글 대비 등가 정보를 포함한 보조적 내용, 글 대비 비등가 정보를 포함한 보조적 내용으로 제시된 문제를 해결하였다. 문제 간 간섭을 줄이기 위해 다음 문제를 해결하기 전 약 5초 동안 검은색 바탕에 표시된 흰색 십자 모양을 보도록 하였다.

과제 수행 후 안구 추적 비율이 80% 이상인 학생(30명)을 대상으로 자신의 시선 움직임 영상과 말한 답을 보면서 기억을 떠올려 대답하는 회고적 사고 기술 면담을 진행하였다.

Data Collection and Analysis

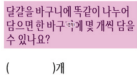
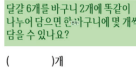
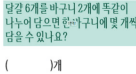
Data Collection

본 연구에서는 양적 데이터와 사후 면담을 통한 질적 데이터를 통합하여 문제 해결 과정에서 학생들의 시선을 더 자세히 분석하고자 하였다. 시선 고정과 시선 이동에 따른 데이터인 히트맵과 게이지플랫 데이터와 관심 영역을 설정하여 총 시선 고정 시간, 첫 시선 고정 시간 데이터를 측정하였다. 시선추적연구가 종료된 후에는 사후 면담을 통해 질적 데이터를 추가로 수집하여 자료를 순차적으로 분석하였다.

데이터 수집 및 분석에는 Tobii Technology사의 Tobii Pro Lab을 활용하였다. 이 프로그램을 통해 실험 참가자의 시선 고정 정도를 시각화한 히트맵, 시선 이동을 나타낸 게이지플랫 이미지를 수집하였으며 총 시선 고정 시간과 첫 시선 고정 시간의 데이터를 엑셀 파일로 추출하였다.

글과 삽화 제시 방법에 따른 학생들의 시선을 분석하기 위해 Table 2와 같이 연구 과제 화면을 글 영역과 삽화 영역으로 구분하고, 삽화 내에서도 문제 해결과 관련된 요소들을 개별 관심 영역으로 설정하였다.

Table 2. Examples of area of interest(AOI)

Presentation Method	Essential Content	Supplementary Content (Equivalent Information)	Supplementary Content (Non-equivalent Information)
Areas			

필수적 내용의 삽화에서는 무엇을 구해야 하는지를 포함한 질문이 있는 말풍선은 말풍선(질문)으로, 문제 해결과 직접적으로 관련된 핵심 단서가 담긴 말풍선은 말풍선(핵심)으로 각각 관심 영역을 설정하였다. 또한, 나누어지는 수와 나누는 수가 같은 위치에 제시되었으면 이를 하나의 관심 영역으로 설정하였고 두 수가 떨어져 있으면 각각 별도의 관심 영역으로 설정하였다. 글 대비 등가 정보를 포함한 보조적 내용인 경우, 글의 내용은 다르지만, 삽화는 필수적 내용과 똑같이 제시되므로, 삽화 속 관심 영역은 필수적 내용과 같다. 글 대비 비등가 정보를 포함한 보조적 내용인 경우, 필수적 내용과 글 대비 등가 정보를 포함한 보조적 내용과 다르게 삽화 속에 말풍선이 포함되어 있지 않다. 따라서, 삽화 속에서 나누어지는 수와 나누는 수에 해당하는 부분만 관심 영역으로 설정하였다.

Analysis

실험 참가자가 문제를 해결할 때 어떤 부분을 얼마나 보는지 알기 위해 히트맵과 총 시선 고정 시간을 분석하였다. 문제 해결 과정에서 시선 고정 빈도율을 색으로 표현하는 히트맵은 더 많이, 더 오래 본 부분일수록 따뜻한 색으로 표현된다. 문제 해결 과정에서 관심 영역별로 시선을 고정한 총시간인 총 시선 고정 시간을 통해 문제 해결 과정에서 학생들이 오래 시선을 둔 부분을 알 수 있다. 실험 참가자가 문제를 해결할 때 어느 부분을 먼저 보는지 알기 위해 게이지플랏과 첫 시선 고정 시간을 분석하였다. 게이지플랏은 원과 선으로 표현되며 문제 해결 과정에서 시선 고정이 일어난 위치는 원으로, 시선 이동은 선으로 표현된다. 문제 해결 과정에서 관심 영역에 시선 응시까지 걸리는 시간은 첫 시선 고정 시간으로 나타나며 이를 통해 관심 영역 중 어느 부분을 가장 먼저 보는지 알 수 있다. 과제 수행 후 영상을 보고 자신의 수행에 대한 기억을 떠올려 대답하는 면담을 진행하였다. 수집된 데이터를 바탕으로 글과 삽화의 제시 방법에 따라 실험 참여자가 어떤 영역에 얼마나 주의를 기울였는지 분석하였으며, 면담 내용과 종합하여 문제 해결 과정에서 학생들이 특정 위치에 시선을 둔 이유를 통해 학생들의 문제 해결 과정을 확인하였다.

Results

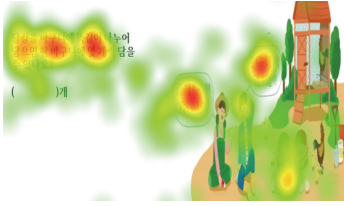
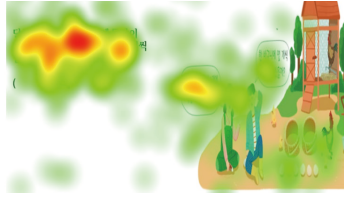
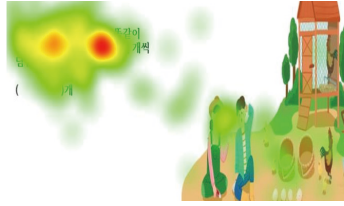
Characteristics of Students' Eye-movement Based on Essential and Supplementary Contents

Heatmaps of Text and Illustration Areas

글과 삽화의 제시 방법에 따른 학생들의 시선 고정은 Table 3과 같다. 이를 통해 제시 방법에 따라 학생들의

시선 특성이 다르게 나타남을 확인할 수 있다.

Table 3. Examples of heatmap

Presentation Method	Essential Content	Supplementary Content (Equivalent Information)	Supplementary Content (Non-equivalent Information)
Heatmap			

필수적 내용으로 문제를 해결한 경우, 학생들은 글과 삽화 모두에 고루 시선을 고정하였다. 특히 삽화 속 문제 해결과 관련된 말풍선과 물체의 색이 붉은 것으로 보아 그 부분에 시선을 오래 둔 것을 확인할 수 있다. 글 대비 등가 정보를 포함한 보조적 내용으로 문제를 해결한 경우, 학생들은 글과 삽화 모두에 시선을 두었지만, 삽화 속 핵심적인 단서를 주는 말풍선에 시선을 오래 고정한 것으로 나타났다. 그 외의 삽화 부분에서는 필수적 내용으로 문제를 해결한 학생들만큼 오래 시선을 두지 않은 것으로 나타났다. 글 대비 비등가 정보를 포함한 보조적 내용으로 문제를 해결한 경우, 글에 오래 시선을 두었고, 삽화 부분에는 거의 시선 고정이 이루어지지 않은 것으로 나타났다.

Total Fixation Duration in text and Illustration Area

글과 삽화의 제시 방법에 따른 글 영역과 삽화 영역의 각 연구 과제별 평균 총 시선 고정 시간 결과는 Table 4와 같다.

Table 4. Fixation duration of text and illustration area

Presentation Method		Essential Content		Supplementary Content (Equivalent Information)		Supplementary Content (Non-equivalent Information)	
		Text	Illustration	Text	Illustration	Text	Illustration
Task							
1 st		5.02	7.71	8.69	7.44	8.34	2.03
2 nd		1.85	18.38	5.10	8.92	8.68	7.33
3 rd		1.99	5.00	3.09	2.85	4.00	2.42
4 th		2.11	11.91	5.38	4.53	10.00	4.46
5 th		1.05	14.22	3.44	9.32	10.53	4.52
6 th		5.53	16.32	3.44	4.92	4.87	2.52
Average		2.93	12.26	4.86	6.33	7.74	3.88

(Second)

삽화 영역의 총 시선 고정 시간은 필수적 내용(12.26), 등가 정보를 담은 보조적 내용(6.33), 비등가 정보를 담은 보조적 내용(3.88) 순으로 높았다. 총 시선 고정 시간에서 차이가 있으나 학생들은 문제 해결 과정에서 글과 삽화를 모두 참고하였다. 학생들은 사후 면담에서 “문제만 읽어도 답을 구할 수 있어서 글을 주로 보면서 문제를 해결했어요. 그림에 포장 용기가 있어서 거기에 달걀을 2개씩 넣는 걸 머릿속으로 상상하면서 문제를 해결했어요”라고 하는 내용이나, “말풍선을 보고 문제를 풀었고요. 셋째 문제는 (삽화 속) 사과 그림이 도움이 되었어요. 마지막 문제에 공깃돌 개수 세려고 삽화를 봤어요.”하는 내용의 면담 내용과 시선 고정 시

간을 종합한 결과, 문제 해결에 대한 정보가 글보다 삽화에 담겨 있을수록 삽화를 더 오래 보았다. 또한, 글에 문제 해결에 대한 정보가 모두 담겨 있더라도, 삽화에 비등가 정보가 포함된 경우보다 등가 정보가 포함되었을 때 학생들이 삽화에 더 많이 주목했다는 사실을 확인하였다.

First & Total Fixation Duration within AOI

1) With Speech Bubble Included

필수적 내용과 글 대비 등가 정보를 포함한 보조적 내용으로 제시된 문제를 해결할 때, 학생들이 어떤 부분에 가장 먼저 시선을 두며 문제를 해결하는지 알아보기 위하여 관심 영역별 첫 시선 고정 시간과 총 시선 고정 시간을 분석하였다.

Table 5의 첫 시선 고정 시간에 따르면, 학생들은 문제를 해결할 때, 글과 삽화의 제시 방법과 상관없이 글과 삽화 속 말풍선(핵심)을 먼저 읽었다. 글을 대화의 순서에 따라 읽는 것이 아니라 문제 해결과 관련된 부분을 먼저 찾아 읽었다.

Table 5. First fixation duration of AOI within illustrations containing speech bubbles

(Second)

AOI of Tasks	Presentation Method	Essential Content	Supplementary Content (Equivalent Information)
1 st Task	Text	0.79	1.35
	Speech Bubble(Key)	6.62	5.53
	Speech Bubble (Question)	8.28	10.13
	Object	9.49	9.06
2 nd Task	Text	1.16	1.62
	Speech Bubble(Key)	5.32	5.55
	Speech Bubble (Question)	6.88	5.70
	Object	7.49	10.36
3 rd Task	Text	0.63	0.43
	Speech Bubble(Key)	2.70	7.00
	Speech Bubble (Question)	4.84	10.39
	Object(Eggs)	10.65	6.47
	Object (Container)	4.11	9.43
4 th Task	Text	1.94	0.65
	Speech Bubble(Key)	0.83	11.21
	Speech Bubble (Question)	7.22	6.98
	Object	6.64	14.77
5 th Task	Text	1.13	1.04
	Speech Bubble(Key)	3.87	6.63
	Speech Bubble (Question)	6.80	8.00
	Object	8.00	9.95

Table 6의 총 시선 고정 시간에 따르면 학생들이 글을 먼저 보았다고 해서 반드시 글에 가장 오래 시선을 고정 한 것은 아니었다. 말풍선의 유무에 상관없이 학생들이 문제 해결 과정에서 가장 오래 응시한 부분은 문제 해결에 필요한 글과 삽화 속 물체 부분이었다.

Table 6. Total fixation duration of AOI within illustrations containing speech bubbles

(Second)

AOI of Tasks	Presentation Method	Essential Content	Supplementary Content (Equivalent Information)
1 st Task	Text	5.02	8.69
	Speech Bubble(Key)	3.53	2.61
	Speech Bubble (Question)	1.03	1.11
	Object	1.51	0.94
2 nd Task	Text	1.85	5.10
	Speech Bubble(Key)	3.15	2.43
	Speech Bubble (Question)	1.51	0.24
	Object	3.04	1.13
3 rd Task	Text	2.11	5.38
	Speech Bubble(Key)	6.51	1.17
	Speech Bubble (Question)	1.09	0.36
	Object(Eggs)	0.80	0.61
	Object (Container)	1.79	0.87
4 th Task	Text	1.05	3.44
	Speech Bubble(Key)	8.18	2.76
	Speech Bubble (Question)	1.03	0.72
	Object	0.96	0.90
5 th Task	Text	2.52	5.65
	Speech Bubble(Key)	5.34	2.24
	Speech Bubble (Question)	1.17	0.61
	Object	2.03	1.11

2) In Case of No Speech Bubble

Table 7의 첫 시선 고정 시간 평균에 따르면, 삽화의 제시 방법에 상관없이 학습자들의 시선은 통 글에서 삽화로 이동함을 확인할 수 있다.

Table 7. First fixation duration of AOI in case of no speech bubbles

(Second)

AOI of Tasks	Presentation Method	Essential Content	Supplementary Content (Equivalent Information)
3 rd Task	Text	0.71	1.00
	Object (Plum)	3.63	4.86
	Object (Person)	3.10	3.13
6 th Task	Text	0.48	0.51
	Object (Jacks)	3.57	3.96

Table 8에서 볼 수 있듯이 글에 문제 해결에 필요한 숫자가 제시되지 않은 필수적 내용의 경우, 학생들은 글보다 물체에 시선을 더 오래 고정했으며, 총 시선 고정 시간이 물체에서 글보다 2배 이상 길었다. 이는 문제 해결을 위해 삽화 속 물체를 직접 참고해야 했기 때문이다. 반면, 글 대비 등가 정보를 포함한 보조적 내용에서는 글에 문제 해결에 필요한 숫자가 제시되었기 때문에 글과 물체의 총 시선 고정 시간 차이가 1초 안팎으로 작게 나타났다.

Table 8. Total fixation duration of AOI in case of no Speech Bubbles

(Second)

AOI of Tasks	Presentation Method	Essential Content	Supplementary Content (Equivalent Information)
3 rd Task	Text	1.99	3.09
	Object (Plum)	3.69	1.20
	Object (Person)	0.46	0.80
6 th Task	Text	5.53	3.44
	Object (Jacks)	13.15	3.80

Characteristics of Students' Eye Movements Based on the Equivalence of Supplementary Information

Heatmaps of Text and Illustration Areas

보조적 내용의 등가성에 따른 시선 고정은 Table 9의 히트맵처럼 나타났다. 이를 통해 등가성에 따라 학생들의 시선 특성이 다르게 나타남을 확인할 수 있다.

Table 9. Examples of supplementary contents

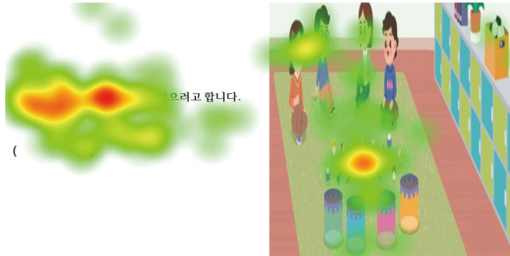
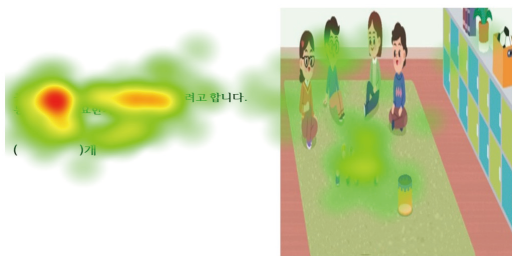
Presentation Method	Supplementary Content (Equivalent Information)	Supplementary Content (Non-equivalent Information)
Heatmap		

Table 9 히트맵에 따르면, 보조적 내용으로 문제를 해결한 학생들은 글에 시선을 더 오래 고정한 것으로 나타난다. 그러나 글과 삽화의 등가성에 따라 삽화에서 시선 고정된 부분의 색상에는 차이가 있다.

글 대비 등가 정보를 포함한 보조적 내용의 경우, 글과 삽화 영역 모두에서 빨간색으로 표시된 영역이 존재한다. 삽화 속 빨간색 영역은 나누어지는 수에 해당하는 공깃돌로, 글에 제시된 15개의 개수에 알맞게 삽화에도 공깃돌이 15개 제시되었다.

글 대비 비등가 정보를 포함한 보조적 내용의 경우, 히트맵에서는 글 영역에만 빨간색으로 표시되고 삽화 영역에는 연두색으로만 나타난다. 이는 학생들이 같은 공깃돌을 보았음에도 불구하고, 글에 제시된 15개의 개수보다 삽화에 표현된 공깃돌의 수가 더 적어 이 부분에 시선을 오래 두지 않았음을 나타낸다.

Total Fixation Duration of Text and Illustration Areas

Table 10에서 알 수 있듯이 보조적 내용으로 제시된 경우, 학생들은 삽화와 상관없이 글에 문제 해결과 관련된 모든 정보가 포함되어 있음에도 불구하고 삽화에 시선을 고정하였다. 또한, 글과 삽화의 등가성이 있는 경우, 삽화 영역 총 시선 고정 시간이 더 길었다.

Table 10. Total fixation duration of complementary text and illustration

(Second)

Task	Presentation Method	Supplementary Content (Equivalent Information)		Supplementary Content (Non-equivalent Information)	
		Text	Illustration	Text	Illustration
1 st Task		8.69	7.44	8.34	2.03
2 nd Task		5.10	8.92	8.68	7.33
3 rd Task		3.09	2.85	4.00	2.42
4 th Task		5.38	4.53	10.00	4.46
5 th Task		3.44	9.32	10.53	4.52
6 th Task		3.44	4.92	4.87	2.52
Average		4.86	6.33	7.74	3.88

사후 면담에서 학생들이 말한 내용을 바탕으로, 글에 문제 해결과 관련된 모든 정보가 있음에도 불구하고 삽화를 응시한 이유를 세 가지 유형으로 분류할 수 있었다. 첫째, “글만 보고 문제를 해결하였다.”라고 답하였다. 둘째, “삽화를 이용해서 물체를 나눠주는 것을 상상하여 문제 해결하였다.”는 대답했다. 셋째, 일부 학생들은 “글만 보고 문제를 해결했지만, 답을 확실히 하기 위해서 삽화를 사용했다.”라고 설명했다. 실제로 Fig 1의 게이즈플랏에서 볼 수 있듯이 학생들의 시선 이동을 확인한 결과, 마지막 시선 19를 볼 때 문제 해결에 도움이 되는 물체에서 시선이 마무리되는 경우를 관찰할 수 있었다.

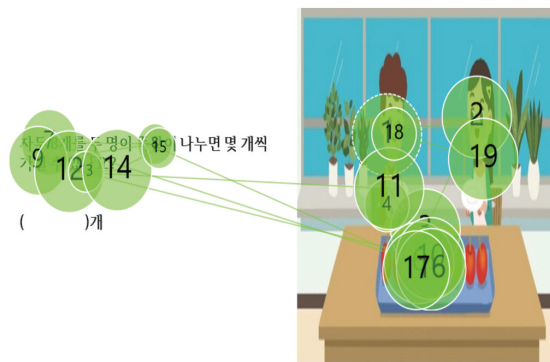


Fig. 1. Gaze plot of complementary content

First and Total Fixation Duration on AOI Within Illustrations

다음의 Table 11은 글과 삽화의 등가성에 따른 보조적 내용의 삽화 내 관심 영역 첫 시선 고정 시간을 정리한 것이다.

Table 11. First fixation duration on AOI of supplementary content

(Second)

AOI of Tasks		Presentation Method	Supplementary Content (Equivalent Information)	Supplementary Content (Non-equivalent Information)
1 st Task	Text		1.35	0.34
	Speech Bubble(Key)		5.53	.
	Speech Bubble (Question)		10.13	.
	Object		9.06	10.49
2 nd Task	Text		1.62	0.45
	Speech Bubble(Key)		5.55	.
	Speech Bubble (Question)		5.70	.
	Object		10.36	12.28
3 rd Task	Text		0.71	0.91
	Object(Plum)		3.63	5.75
	Object(Person)		3.10	4.29
4 th Task	Text		0.43	0.50
	Speech Bubble(Key)		7.00	.
	Speech Bubble(Question)		10.39	.
	Object(Egg)		6.47	7.33
	Object(Container)		9.43	4.26
5 th Task	Text		0.65	2.55
	Speech Bubble(Key)		11.21	.
	Speech Bubble(Question)		6.98	.
	Object		14.77	7.32
6 th Task	Text		0.48	1.30
	Object(Jack)		3.57	7.73
Average	Text		0.75	0.86
	Speech Bubble(Key)		3.87	.
	Speech Bubble(Question)		6.80	.
	Object		7.55	7.43

두 가지 제시 방법 모두에서 학생들은 문제 해결 과정에서 글을 먼저 읽고 그다음 삽화 속 문제 해결과 관련된 물체를 확인하는 시선의 흐름은 같았다. 글 대비 등가 정보를 포함하는 보조적 내용의 경우, 학생들은 말풍선 영역을 확인한 후 물체에 시선을 둔 흐름을 보였지만, 글 대비 비등가 정보를 포함하는 보조적 내용의 학생들의 물체에 대한 평균 첫 시선 고정 시간은 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 보조적 내용의 경우 말풍선을 첫 시선이 없음을 알 수 있다.

보조적 내용의 관심 영역 총 시선 고정 시간을 분석한 결과는 Table 12와 같다.

Table 12. Total fixation duration on AOI of supplementary content

(Second)

AOI of Tasks		Presentation Method	Supplementary Content (Equivalent Information)	Supplementary Content (Non-equivalent Information)
1 st Task	Text		8.69	8.34
	Speech Bubble(Key)		2.61	.
	Speech Bubble (Question)		1.11	.
	Object		0.94	0.41
2 nd Task	Text		5.10	8.68
	Speech Bubble(Key)		2.43	.
	Speech Bubble (Question)		0.24	.
	Object		1.13	1.39
3 rd Task	Text		3.09	4.00
	Object(Plum)		1.20	0.94
	Object(Person)		0.80	0.80
4 th Task	Text		5.38	10.00
	Speech Bubble(Key)		1.17	.
	Speech Bubble(Question)		0.36	.
	Object(Egg)		0.61	0.83
	Object(Container)		0.87	0.53
5 th Task	Text		3.44	10.53
	Speech Bubble(Key)		2.76	.
	Speech Bubble(Question)		0.72	.
	Object		0.90	0.81
6 th Task	Text		3.44	4.87
	Object(Jack)		3.80	1.32
Average	Text		4.86	7.74
	Speech Bubble(Key)		2.99	.
	Speech Bubble(Question)		0.61	.
	Object		1.71	1.17

글 대비 등가 정보를 포함한 보조적 내용의 학습자들은 글→말풍선(핵심)→물체→말풍선(질문) 순서로 시선을 오래 고정하였다. 글 대비 비등가 정보를 포함한 보조적 내용의 학습자들은 글→물체 순으로 시선을 오래 고정하였고 글에 대한 총 시선 고정 시간이 삽화에 대한 총 시선 고정 시간 보다 약 6배 더 길었다. 이러한 결과는 글 대비 비등가 정보를 포함한 보조적 내용으로 문제를 해결한 학생들이 면담에서 “글만 보고 문제를 해결하였다.” 또는 “도움이 되는 삽화는 없었다.”라고 언급한 내용과 일치한다.

Discussions

Characteristic of Students' Eye Movement on Essential and Supplementary Content

필수적 내용으로 제시된 경우, 문제 해결 과정에서 삽화에 시선을 고정한 총 시간이 보조적 내용보다 길었다. 이는 필수적 내용의 연구 과제에서 모든 정보가 글에 포함되지 않아 학생들이 삽화를 필수적으로 참고해야 했기 때문으로 해석할 수 있다. 반면, 보조적 내용의 경우, 문제 해결에 필요한 정보가 글에 포함되어 있어 삽화를 보지 않고도 해결할 수 있었다. 이는 Kang et al(2005)의 연구와 일치하며 필수적 내용으로 삽화를 제

시할 때 학생들은 삽화를 단순한 보조 자료가 아닌 필수적인 정보원으로 인식하고 활용함을 시사한다.

총 시선 고정 시간에는 차이가 있으나 모든 학생은 문제 해결 과정에서 글과 삽화를 모두 참고하였다. 이는 실험 참가자들이 나뭇샘을 배우기 전의 학생들로, 글을 통해 문제 상황을 이해하고 삽화를 이용하여 문제 해결 과정을 시각적으로 상상한 것으로 해석할 수 있다. 사후 면담에서도 학생들은 글을 먼저 읽고 삽화를 참고하여 문제 해결 과정을 떠올렸다고 응답하였다. 이러한 결과는 학생들이 복잡한 개념을 학습할 때 글과 삽화를 상호 참조하며 내용을 이해한다는 선행 연구(Kim et al., 2021; Zhao et al., 2014)와 맥락을 같이한다.

필수적 내용과 글 대비 등가 정보를 포함한 보조적 내용의 첫 시선 고정 시간을 분석한 결과, 학생들은 글을 읽은 후 삽화로 시선을 이동하였다. 특히 말풍선이 포함된 삽화의 경우, 학생들은 글→말풍선(핵심)→말풍선(질문)→물체 순으로 시선을 이동했다. 이는 학생들이 문제 해결과 직접적으로 관련된 정보를 먼저 찾아 읽는 전략을 사용하고 있음을 의미한다. 즉, 단순히 글과 삽화를 무작위로 보는 것이 아니라, 문제 해결에 유용한 정보를 선별적으로 처리하는 능력을 보여준다. 이러한 결과는 한국어 학습자의 다중양식 텍스트 읽기 과정 연구(Lim, 2023)와도 일치하며, 학생들이 텍스트와 삽화가 함께 제시될 때 시선 이동의 패턴이 구조화되어있음을 시사한다.

문제 해결 초기 단계에서는 문제의 의미를 확인하고 구분하는 인지 활동이 주로 일어난다. 문제를 정확하게 이해하려는 노력과 함께 삽화를 확인하며, 학습 내용 대한 정보를 말풍선을 통해 먼저 지각했다. 이 과정에서 학생들은 삽화 속 다른 부분을 어떻게 참고해야 할지에 대한 문제 해결과 관련된 인지적 사고 과정을 진행한 것으로 볼 수 있다.

글과 삽화의 제시 방법과 상관없이 학생들은 문제 해결과 관련된 글과 삽화 속 말풍선(핵심) 및 물체 부분에 시선을 고정하는 시간이 길었다. 이는 학생들이 문제 해결 과정에서 핵심적인 정보를 선별하여 주의 집중함을 의미하며, Zhao et al. (2014)의 연구에서 논의된 선별적 읽기 과정과 일맥상통한다. 학생들은 문제 해결 초기에 문제를 이해하기 위하여 문제와 관련된 삽화 부분을 집중적으로 살펴봄에 문제를 이해하려고 노력하는 것으로 볼 수 있다.

Characteristic of Students' Eye Movement on the Equivalence of Supplementary Content

글과 삽화의 등가성과 관계없이 보조적 내용으로 문제를 해결한 학생들은 글을 먼저 읽고 삽화로 시선을 이동하는 흐름은 똑같았다. 그러나 글 대비 등가 정보를 포함한 보조적 내용으로 문제를 해결한 학생들의 삽화 총 시선 고정 시간이 글 대비 비등가 정보를 포함한 보조적 내용으로 문제를 해결한 학생들의 경우보다 더 길었다. 이는 학생들이 글과 삽화의 관계를 인식하는 순간, 삽화가 글의 내용을 얼마나 잘 표현하는지 인식하고, 문제 해결에 이를 활용할 수 있는지 판단한 결과임을 시사한다. 특히, 글 대비 등가 정보를 포함한 보조적 내용이 문제 해결에 도움이 된다고 인식한 학생들이 삽화를 더욱 적극적으로 활용했음을 확인할 수 있다. 이 결과는 텍스트와 시각 자료의 등가성이 학습에 미치는 영향을 명확히 보여준다.

이러한 연구 결과는 학습 내용 대한 심층적인 정보처리(Mason et al, 2013)를 하거나 인지적 참조가 진행되고 있을 때(Ryu, 2013) 그림에 대한 시선 고정 시간이 늘어난다는 기존의 선행 연구와도 일관된다. 따라서 학습효과를 기대하기 위해서는 글과 삽화를 등가적으로 표현할 필요가 있다.

두 가지 제시 방법 모두 글만 읽고 문제를 해결할 수 있음에도 글과 삽화의 등가성에 따른 삽화의 활용도를 사후 면담을 통해 확인할 수 있었다. 면담 결과, 보조적 내용으로 문제를 해결한 학생들은 삽화 활용에 대하

여 세 가지 유형의 응답을 하였다. 첫째, 글만 읽고도 문제를 해결할 수 있기 때문에 삽화를 활용하지 않았다는 응답이 있었다. 둘째, 삽화에 글에 나온 물체를 이용해서 나누는 상황을 상상하여 문제를 해결하였다는 응답이 있었다. 셋째, 글만 보고 문제를 해결했지만, 답을 확실히 하기 위해서 삽화를 사용했다는 응답이다. 응답 결과에서 글과 삽화의 등가성에 따라 차이점이 나타났다. 두 번째 응답인 경우, 글과 삽화가 등가적으로 제시된 상황에서는 글과 같은 수의 물체를 나누는 데 활용하였으나, 비등가적일 때 글과 같은 수로 나타나지 않았음에도 삽화 속 물체를 보고 상상으로 물체의 수를 늘리며 문제 해결에 활용한 것으로 응답하였다. 세 번째 응답은 글과 삽화가 등가적으로 제시된 경우에만 나타났다. 이러한 결과는 학생들이 글과 삽화의 관계에 따라 문제 해결 과정에서의 인지적 전략을 달리 활용함을 보여준다.

보조적 내용으로 문제를 해결한 학생들의 공통적인 응답은 “삽화를 활용하지 않았다.”이다. 이는 대부분의 학습 활동에서 학생들이 문제를 해결하는 방식이 글 중심으로 습관화되어 있다는 것을 의미한다. Oh & Shin(2018)의 연구 결과와 일치하게 모든 집단이 삽화보다 글에 더 오래 시선을 두었다. 이 결과는 학생들이 자연스럽게 글 중심의 문제 해결 과정을 선호하며, 특히 글 대비 비등가 정보를 포함한 보조적 내용으로 문제를 해결한 학생들의 경우, 대부분이 삽화가 문제 해결에 필요하지 않다고 판단하여 글을 중심으로 문제를 읽고 해결했다는 점을 확인할 수 있다. 본 연구에서 설정된 연구 과제에서 보조적 내용의 삽화는 문제 해결 절차를 지원하고 원리 탐구의 방향을 제시하는 기능이 있지만, 학생들이 삽화를 활용하지 않음으로써 삽화의 교육적 기능이 제대로 수행되지 않은 상황이라고 볼 수 있다.

보조적 내용으로 문제를 해결한 학생들의 글과 삽화의 등가성이 다르더라도 나누는 수와 나누어지는 수의 물체가 삽화에 표현되어 있으면 이를 활용하여 문제를 해결하였다고 응답하였다. 글 대비 등가 정보를 포함한 보조적 내용으로 문제를 해결한 학생들은 나누어지는 수와 나누는 수가 삽화 속에 똑같이 제시되어 있어 이를 활용하여 문제를 해결하였다고 대답했다. 글 대비 비등가 정보를 포함한 보조적 내용으로 문제를 해결한 학생들도 나누어지는 수와 나누는 수를 표현하는 그림이 등가적이지 않게 제시되어 있음에도 그 모습을 보고 상상하여 문제를 해결에 활용하였다는 응답을 하였다.

Shin (2017)은 삽화에 내용과 관련된 자세한 설명과 추가적인 정보가 함께 제공되는 경우 학습 내용을 더 잘 이해할 수 있다고 말하였다. Lim et al. (2019)은 학습자가 텍스트와 관련된 시각 자료와 함께 제시될 때 학습 효과가 더 높아진다고 논하였다. 또한 Mayer (2021)의 연구 결과, 글과 관련된 시각 자료가 제시될 경우, 글과 시각 자료가 관련이 없는 경우보다 더 깊이 있는 이해와 학습 효과가 나타난다고 밝혔다. 이 연구 결과들은 글과 삽화의 등가성과 관계없이, 글과 관련된 물체가 삽화에 표현되면 학생들은 관련성을 유추하여 문제 해결에 활용할 수 있다는 점을 보여준다. 이는 앞선 선행 연구의 주장을 확장하는 근거를 마련한다고 볼 수 있다.

글 대비 등가 정보를 포함한 보조적 내용으로 문제를 해결한 학생들은 글을 읽고 문제를 모두 해결한 후에 답에 대해 확신하기 위해 삽화에 시선을 고정했다. 이는 Han & Kim (2024)의 연구에서 상위 집단 학생들이 문제 해결 과정에서 시각물인 지도로 시선을 회귀하여 정확도를 높이는 양상과 유사하다. 즉, 문제 해결 과정에서 삽화는 단지 글의 내용을 이해하고 문제를 해결하는 데에만 그치지 않고 문제 해결 후 정답을 검토하는 데에도 중요한 역할을 한다.

Conclusions & Implications

이상의 연구 결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 도출할 수 있다.

첫째, 교과서의 차시 도입부에서 글과 삽화는 문제 해결에 필요한 핵심 정보를 명확하게 시각화하고 강조하는 방법으로 디자인해야 한다. 본 연구에서 학생들은 문제 해결에 필요한 핵심 단서가 포함된 말풍선이나 물체 부분에 대한 총 시선 고정 시간이 길었으며, 이는 학생들이 문제를 이해하기 위한 인지적 사고를 진행하고 있음을 시사한다. 따라서 교과서 디자인 시 문제 해결에 필요한 부분을 강조하여 학생들이 문제 해결 과정에서 인지적 분배를 효율적으로 할 수 있도록 해야 한다.

둘째, 말풍선에는 문제 해결에 필요한 핵심 단서를 담아 제시해야 한다. 첫 시선 고정 시간 분석 결과, 학생들은 글과 삽화의 제시 방법과 관계없이, 삽화 속 물체보다 말풍선 속 글을 먼저 읽었다. 학생들은 대화 순서에 상관없이, 문제 해결과 관련된 정보를 먼저 찾으려 했으며, 이는 문제를 정확히 이해하고 삽화에서 중요한 정보를 먼저 지각하려는 노력을 보여준다. 따라서 문제 해결과 관련된 핵심 단서를 말풍선에 명확히 안내하면, 학생들이 학습 내용을 더 정확히 이해할 수 있을 것이다.

셋째, 효과적인 삽화 제시를 위하여 글과 삽화의 등가성을 고려해야 한다. 본 연구에서 글과 삽화의 등가성이 있을 때 학생들이 삽화에 더 오래 시선을 고정했다. 여러 학자(Camp et al., 2022; Mayer, 2021; Greene, 2022)는 교수-학습 과정에서 삽화가 전달하고자 하는 내용을 적합하게 제시할 때 학습 효과가 더 효과적이라고 주장하였다. 이에 따라 글과 삽화의 등가성, 즉 글에서 제시한 수와 삽화 속에 표현된 수를 같게 제시하는 것이 필요하다.

넷째, 문제를 제시할 때 글과 삽화의 연관성도 고려해야 한다. 글과 삽화의 등가성이 낮더라도, 학생들이 글과 삽화의 연관성을 파악할 수 있다면 삽화에 시선을 두고 문제 해결에 유의미하게 활용하였다. 따라서 글과 삽화의 제시 방법을 단순히 등가성의 원리만을 고려해서는 안 되며, 선행 연구(Ryu, 2013; Song, 2018)에서 강조한 내용의 적합성, 텍스트와의 유사성 등을 함께 고려해야 한다.

위와 같은 결과와 결론을 통해 다음과 같은 제언을 할 수 있다.

첫째, 말풍선의 제시 방법을 고려한 삽화 제시 방법에 관한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 문제 해결 과정에서 삽화 속 말풍선이 유의미한 역할을 했음을 확인하였다. 그러나 본 연구는 글과 삽화의 제시 방법에 따른 문제 해결 과정에서의 학생들의 시선 특성을 중점적으로 분석했기 때문에 말풍선 제시 방식에 대한 분석에는 한계가 있다. 그래서 말풍선을 활용한 내용 제시 방법 또는 위치, 크기와 같은 디자인적 요소를 고려한 학생들의 시선 이동 특성을 연구한다면 앞선 논의한 글과 삽화의 제시 방법이 더 구체화할 수 있을 것이다.

둘째, 글과 삽화의 등가성뿐만 아니라 연관성을 고려한 삽화의 제시 방법에 관한 연구가 필요하다. 본 연구는 글과 삽화의 등가성을 기준으로 학생들의 시선 특성을 분석하였다. 그 과정에서 등가성이 낮더라도, 글과 삽화 사이의 연관성을 학생들이 인지하면 문제 해결에 유의미하게 삽화를 활용함을 확인할 수 있었다. 따라서 연관성을 고려한 삽화 제시 방법에 관한 연구가 이루어진다면, 문제 해결 과정에서 학생들의 시선 이동을 더 효과적으로 유도할 수 있을 것이다.

셋째, 학생의 특성을 고려하여 글과 삽화의 제시 방법에 따른 타 영역의 문제 해결 과정에서의 시선 특성의 차이가 있는지 탐구할 필요가 있다. 본 연구는 아직 나뭇샘을 배우기 전의 학생들을 대상으로 연구를 진행했으며, 나뭇샘에 대한 것을 중점으로 연구가 이루어졌기에 타 영역에서도 연구를 할 필요가 있으며, 일부 학생들은 비등가적인 정보를 포함한 보조적 내용에 대해 삽화를 활용한다는 응답을 통해 글과 삽화의 제시 방

식에서의 차이가 시선의 차이를 보이는지 살펴볼 필요가 있다. 이는 학생들의 시각적 사고 능력에 따라 삽화 활용도가 달라짐을 시사한다. 따라서 학생들의 특성을 세분화하여 시선 이동의 차이를 분석한다면, 문제 해결 과정에서 효과적인 글과 삽화 제시 방법을 찾을 수 있을 것이다.

Conflicts of Interest

The author(s) declared no conflicts of interest.

References

- Camp, G., Surama, T., & Kirschner, P. A. (2022). Foundations of multimedia learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Eds.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3rd ed., pp. 17-24). Cambridge University Press.
- Choi, S. K. (2018). Exploring reading ability diagnostic assessment using eye tracking methodology. *Brain, Digital, & Learning*, 8, 51-62.
- Greene, J. A. (2022). What can educational psychology learn from, and contribute to, theory development scholarship. *Educational Psychology Review*, 34, 3011-3035.
- Han, J. H., & Kim, H. J. (2024). Map reading patterns analysis of senior elementary school students through eye tracking and think-aloud methods. *The Korean Association Of Geographic And Environmental Education*, 32(3), 51-67.
- Jung, E. S. (2012). Mathematics as a communication in elementary school mathematics textbooks. *School Mathematics*, 14(3), 377-394.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1987). *The Psychology of Reading and Language Comprehension*. Newton, MA: Allyn & Bacon.
- Kang, S. P., Kim, S. J., & Lim, E. H. (2005). A study on the analysis of elementary mathematics textbook's illustrations-Focusing on the second grade. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 8(2), 183-201.
- Kang, Y. J., & Chang, H. W. (2022). Analysis of the functions of pictures of elementary school mathematics workbooks and students' perceptions about them in problem solving. *Journal of Korea Society Educational Studies in Mathematics School Mathematics*, 24(1), 1-21.
- Kim, K. H., Lim, T. H., & Ryu, J. H. (2021). A gaze behavior analysis on the integration process of text and picture in text reading. *The Korea Educational Review*, 27(1), 71-89.
- Lim, K., Lim, S., Jo, I., Lim, J., & Han, G. (2019). Application of multimedia design principles: A case study of a video lecture for open educational resources. *Korean Association for Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 19(1), 1035-1060.
- Lim, W. Y. (2023). Multi-modal text reading processes in Korean language learners. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 19(1), 1035-1060.
- Mason, L., Pluchino, P., Tornatora, M., & Ariasi, N. (2013). An eye-tracking study of learning from science text with concrete and abstract illustrations. *The Journal of Experimental Education*, 81(3), 356-384.
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia Learning* (3rd ed.). UK: Cambridge University Press.
- Oh, H. J., & Shin, D. H. (2018). Analysis of elementary school student's science textbook illustrations and text reading process-Focused on eye movement. *Biology Education*, 46(2), 2019-221.
- Rha, I. J., & Sung, E. M. (2007). The effect of picture relevancy on text understanding and learner satisfaction in Web based instruction. *Asian Journal of Education*, 8(4), 1-22.

- Ryu, J. H. (2013). Eye-tracking study of types of tasks, line length, and contiguity in comprehension of text and illustration. *Journal of Educational Technology*, 29(3), 573-597.
- Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13(2), 141-156
- Shin, W. S. (2017). Analysis of elementary school students' visual attention on the editorial design of structure and function of our body in the 2007 · 2009 revised elementary science textbook. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 36(4), 428-438.
- Song, H. S. (2018). Elementary school students' eye tracking research in search of contents of practical arts textbooks. *Journal of Korean Practical Arts Education*, 31(4), 69-89.
- Zhao, F., Schnotz, W., Wagner, I., & Gaschler, R. (2014). Eye tracking indicators of reading approaches in text-picture comprehension. *Frontline Learning Research*, 2(5), 46-66.

Authors' Information

Kim, Kyungran: Shinjeju Elementary School, Teacher, First Author. <https://orcid.org/0009-0007-0999-643X>
Lee, Kwang-Ho: Korea National University of Education, Professor, Corresponding Author.