

수학 교과서의 점역 곤란 요인과 개선 방안

류 현*

대구대학교 박사과정

이 해 군**

대구대학교 특수교육과

주 혜 선***

대구대학교 박사과정

《 요 약 》

본 연구는 수학 교과서의 점역을 곤란하게 하는 요인을 조사하고, 그 개선 방안을 모색하기 위하여 고등학교 수학 II를 대상으로 교과서에 제시된 자료의 유형과 점역 곤란 요인을 분석하였다. 그 후 전문가 협의 및 문헌 검토를 통하여 수학 교과서 점역의 개선 방안을 모색하였다. 그 결과, 수학 II에 제시된 자료 중 대부분은 수식이며, 수식, 그림, 사진, 그래프, 표 순으로 많은 자료가 제시되어 있다. 수식의 56.3%에 점역 곤란 요인이 있으며, 43.7%에는 점역 곤란 요인이 없다. 표의 92.8%에 점역 곤란 요인이 있으며, 7.2%에는 점역 곤란 요인이 없다. 그래프, 그림, 사진은 모든 자료(100.0%)에 점역 곤란 요인이 있다. 또한 수학 교과서의 점역을 개선하기 위해서는 점역·교정사를 비롯하여 수학 교과 전문가, 시각장애아교육 전문가 등 다양한 관련 전문가의 참여가 필요하다. 그리고 수식을 점역하는 데 있어 혼란을 줄이기 위하여 여러 항이나 인수를 하나의 인수로 묶는 기호의 제정, 괄호의 승격 지양, 특별 규정의 간소화 등 한국 점자 규정에서 수학 점자의 일부 개선이 요구된다.

주제어 : 시각장애, 수학 교과서, 점역

* 제1저자(ryuhyun@daegu.ac.kr)

** 교신저자(gyunlee@daegu.ac.kr)

*** 공동저자(miralyh@hanmail.net)

1. 서론

인간이 사회의 한 구성원으로써 여러 가지 필요한 활동에 참여하며 삶을 영위하기 위해서는 수학과 관련된 개념과 기본적인 원리의 이해가 필수적이다(Kapperman, Heinze, & Sticken, 2000). 시각장애학생에게 수학을 지도할 때의 목표와 정안학생의 목표는 같기 때문에(김요민, 2008; 류현, 2013) 시각장애학생의 사회참여를 위해서도 수학적 개념과 원리의 이해는 매우 중요하다. 따라서 시각장애학생도 정안학생과 질적으로 같은 자료를 활용하여 수학 교과를 학습해야 할 필요가 있다. 하지만 점자를 읽는 학생은 묵자 자료와 질적으로 같은 점자 자료를 제공받지 못한다(Akakandelwa & Munsanje, 2012; Herzberg & Rosenblum, 2014; Herzberg & Stough, 2009).

미국의 경우는 1,300만 명의 시각장애인 중 10%가 점자를 사용하고(Ablenews.co.kr, 2009), 그리스의 경우 시각장애인 중 약 28%가 점자를 주요 문자매체로 사용한다(Goudiras, Papadopoulos, Koutsoklenis, Papageorgiou, & Stergiou, 2009). 이를 통하여 생각해볼 때 시각장애학생 중 상당수가 점자교과서를 주요 학습자료로 활용한다고 할 수 있다. 그런데 국내에서 사용하는 수학 점자교과서를 살펴보면 인지하기 어려운 그래프 또는 묵자와 다르게 인지되는 수식 표현 등 시각장애학생의 학습을 어렵게 하는 요인들이 있다. Herzberg(2010)에 의하면 점역 자료에서 자주 나타나는 오류로는 철자나 단어 오류, 강조 표시의 오용, 제목과 내용을 비롯한 문서 체계의 오역이라고 한다. 마찬가지로 이와 같은 오류가 국내에서 사용하는 수학 점자교과서에서도 나타난다.

Rosenblum과 Herzberg(2011)는 제대로 읽을 수 없을 정도의 수학 점자자료가 제공되는 이유로 점역에 주어지는 시간이 매우 짧다는 것과 미국 수학·과학 점자(The Nemeth Code of Braille Mathematics and Science Notation)를 교사나 점역사 스스로 학습하여 숙지해야 하는 것을 제시하기도 하였다. 이와 함께 묵자와 점자의 기본적인 특성에 따른 차이, 점역을 담당하는 인력의 수학적 이해 부족, 한국 점자 규정(문화관광부, 2006)의 수학 점자(이하 '수학 점자 규정') 해석 문제 등 여러 가지 원인이 있다.

또한 묵자는 지면의 가로와 세로를 활용하여 2차원 평면에 수식을 표현한다. 하지만 점자는 세로로 기호들을 배열할 수 없고 가로로 기호들을 배열하므로 수식의 표현이 1차원적이라 할 수 있다. 또한 묵자는 어떠한 모양이라도 표현할 수 있으므로 필요에 따라 다양한 모양을 정하여 기호를 표현할 수 있다. 하지만 한국 점자에서 사용하는 6점 점자는 한 칸에 64가지의 서로 다른 표현밖에 하지 못하므로 다양한 기호를 표현하는 데 한계가 있다.

한편 시각장애인이 양각으로 된 선을 인지하는 것은 충분히 가능하며(류현, 이해

균, 2014; Picard & Lebaz, 2012), 촉각 그래픽을 통하여 이미지의 윤곽을 능숙하게 파악한다(류현, 이해균, 2014; Kennedy, 2014). 더욱이 Raudoniene(2014)는 연구에 참여한 시각장애학생들이 촉각 그래픽을 만져 인지하고, 유사한 모양으로 따라 그렸다고 한다. 따라서 점자교과서에도 묵자교과서에 있는 그래픽 자료들을 가능한 한 원본대로 점역하여 시각장애학생도 정안학생과 같은 내용으로 학습할 수 있게 하는 것이 좋다. 하지만 그래픽 자료를 그대로 점역하였을 경우 인지하기가 어려울 것으로 판단될 때는 자료의 수정이나 보충 설명 삽입 등의 적절한 방법을 모색하는 것이 좋다.

수학은 추상적인 면이 강하여 그 표현 역시 상징적이며 규약적이므로 다른 학문보다 다양한 표현 양식을 사용한다(이재돈, 1999). 따라서 본 연구는 현재 시각장애 학교에서 사용하는 수학 교과서의 내용을 분석하여 점역 곤란 요인을 파악하고, 그 개선 방안을 모색하고자 한다. 이로 인하여 점자를 활용하는 시각장애학생이 수학의 다양한 표현 양식을 이해하는 데 도움이 되고자 한다. 이를 위하여 본 연구는 다음과 같은 목적을 가진다.

첫째, 고등학교 수학 II 교과서에서 점역을 곤란하게 하는 요인을 알아본다.

둘째, 수학 교과서 점역 곤란 요인을 개선할 수 있는 방안을 모색한다.

II. 연구 방법

1. 분석 대상

본 연구는 수학 교과서의 점역 곤란 요인을 조사하기 위하여 현재 시각장애학교에서 고등학생이 학습하는 교과서인 고등학교 수학 II(신항균, 이광연, 박세원, 신범영, 이계세, 김정화, 박문환, 윤정호, 박상의, 서원호, 전제동, 이동훈, 2014; 이하 ‘수학 II’)를 내용 분석의 대상으로 하였다. 이는 수학과 교육과정에 명시된 고등학교 선택 교육과정의 일반 과목이고(교육과학기술부, 2011), 2017학년도부터 대학수학능력시험 수학 나형의 범위에 포함되어 인문계 학생이 필수로 학습해야 할 과목의 교과서이기 때문이다(교육부, 2014). 미적분 I, 확률과 통계 또한 선택 교육과정 일반 과목이며(교육과학기술부, 2011), 2017학년도부터 대학수학능력시험 수학 나형의 범위에 포함되지만(교육부, 2014) 이는 특정 영역의 내용만을 다루는 교과서이기 때문에 수학 II만을 내용 분석의 대상으로 하였다. 수학 II 교과서의 영역과 내용은 표 1과 같이 구성된다.

〈표 1〉 수학 II 교과서의 영역과 내용

영역	내용	시작 페이지
집합과 명제	집합	12
	명제	36
함수	함수	70
	유리함수와 무리함수	92
수열	등차수열과 등비수열	122
	수열의 합	142
	수학적 귀납법	154
지수와 로그	지수	172
	로그	188
총 페이지 수		239

2. 분석 도구

수학 II의 내용을 분석하기 위하여 교과서에 제시되어 있는 자료의 유형을 결정하고 각 자료가 갖는 점역 곤란 요인을 찾아내어 분류하는 작업을 수행해야 한다. 이를 위하여 도태현, 김영일, 김동복(2008)의 연구에서 사용한 분석 도구를 참고하여 본 연구의 목적과 내용에 맞는 연구 도구를 제작하였다. 그 후 시각장애학교에서 10년 이상 수학교사로 근무하고 있는 전문가 2인과 시각장애아교육 전문가 3인의 자문을 얻어 수정·보완하였다. 그 결과 교과서에 제시되어 있는 자료의 유형을 수식, 그래프, 표, 그림, 사진으로 분류하고 각 유형에 따라 점역을 곤란하게 하는 요인별로 다시 분류할 수 있도록 도구를 고안하였다. 본 연구에 사용한 연구 도구는 표 2와 같다.

<표 2> 수학 교과서 점역 곤란 요인 분류를 위한 도구

자료 유형	점역 곤란 유형	해당 자료
수식	규정 해석과 유추의 혼란	
	수식 형태가 달라짐	
	곤란 요인 없음	
그래프	크기 조절 필요	
	일부 요소의 수정 필요	
	곤란 요인 없음	
표	표의 구조 수정 필요	
	크기 조절 필요	
	곤란 요인 없음	
그림	크기 조절 필요	
	일부 요소의 수정 필요	
	보충 설명 필요	
	생략해도 무방함	
	곤란 요인 없음	
사진	크기 조절 필요	
	일부 요소의 수정 필요	
	보충 설명 필요	
	생략해도 무방함	
	곤란 요인 없음	

수학 II 교과서에 있는 자료들을 검토한 후 위의 연구 도구에 따라 분류하여 해당 자료들을 기록하였다. 이를테면 교과서에 있는 수식을 모두 찾아낸 후 각 수식에 대하여 점역할 때 수학 점자 규정 해석과 유추에서 어려움이 있는지, 수식의 형태가 묵자와 점자에서 상이하여 어려움이 있는지, 점역하는 데 어려움이 없는지 여부를 결정하였다. 그리고 해당 자료를 연구 도구에 기록하였다. 그래프, 표, 그림, 사진에 대해서도 수식과 같은 방법으로 점역 곤란 요인을 조사하였다.

1) 수식

수식은 수 또는 양을 나타내는 숫자나 문자를 계산 기호로 연결한 식이며, 수학

교과서의 내용을 구성하는 자료 중 가장 많은 부분을 차지한다. 이러한 수식을 점역하는 데 곤란을 초래하는 요인을 수학 점자 규정을 해석하고 유추하는 데에서 생기는 혼란, 목자와 점자의 수식 표현에서 형태가 달라지는 경우(Kapperman et al., 2000)로 분류하였다.

6점 점자는 빈 칸을 제외하면 63가지의 서로 다른 표현만이 가능하므로 목자의 서로 다른 기호를 같은 점형으로 정하여 사용하게 된다. 이러한 같은 점형의 다른 기호들 때문에 목자와 점자 기호가 일대일 대응을 이루지 못하고, 이로 인하여 점역 및 역점역과 전자문서화에 많은 곤란을 겪고 있다. 이러한 혼란을 피하기 위하여 수학 점자 규정에서는 특별 규정을 사용한다.

대부분의 국가에서 수학 점자를 제정하는 기법으로 형태 중심 표기, 의미 중심 표기, 특별 규정을 사용한다(김한규, 이해균, 2009). 칸을 띄거나 특별한 구두점을 삽입하는 등의 특별 규정을 통하여 오독이나 혼동을 피할 수 있어 수학 점자 사용이 용이해진다. 그러나 특별 규정이 너무 많은 경우에는 수학 점자를 사용하는 데 혼란을 초래하기도 한다. 수학 점자의 특별 규정의 예는 표 3과 같다.


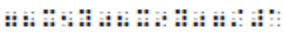
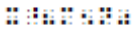
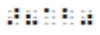
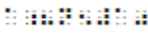
<표 3> 수학 점자의 특별 규정의 예

목자 표현	점자 표현	설명
a_1	$\blacklozenge\blacklozenge$ 또는 \blacklozenge	우측아래점자가 숫자인 경우에는 \blacklozenge (6점)을 앞에 표기하거나 생략하고, 숫자 이외의 것이 포함된 경우에는 \blacklozenge (5-6점)을 표기한다.
a_n	$\blacklozenge\blacklozenge$	
$-1 \leq \sin x \leq 1$	$\blacklozenge\blacklozenge\blacklozenge\blacklozenge\blacklozenge\blacklozenge\blacklozenge\blacklozenge$	같은 점형이 연이어져 혼란을 초래하는 경우 가독성을 높이기 위하여 한 칸을 띄는 경우도 있고, 붙임표(\blacklozenge , 3-6점)를 삽입하는 경우도 있다.
$x_6 \in A$	$\blacklozenge\blacklozenge$	
4권	$\blacklozenge\blacklozenge\blacklozenge\blacklozenge$	점자 규정에는 숫자 뒤에 숫자와 점형이 다른 문자나 기호가 연이어질 때 붙여 쓰도록 되어 있는데 이와 같은 경우에 4권을 $4\pi_3$ 으로 인지하게 됨

한편 수식을 표현할 때 목자는 좌우뿐만 아니라 필요한 경우에는 상하로까지 문자나 기호들을 배치하여 사용하지만 점자는 좌우로만 문자나 기호들을 배치하여 사용한다. 이에 따라 목자와 점자의 수식 표현의 형태가 서로 달라지는 경우가 발생한다(Kapperman et al., 2000). 이러한 이유로 목자에서는 괄호 없이도 묶음을 알 수 있는 부분을 점자에서는 괄호를 사용하여 묶음을 표현한다(문화관광부, 2006). 이런 경우에 목자 수식에 있던 괄호는 승격(소괄호는 중괄호로, 중괄호는 대괄호로, 대

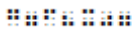
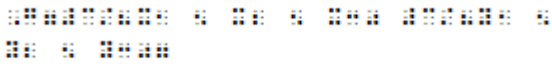
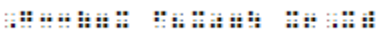
괄호는 큰 대괄호로)하여 사용하도록 정하였다(문화관광부, 2006). 이와 같은 이유로 목자와 점자의 수식 표현이 달라지는 경우의 예는 표 4와 같다.

<표 4> 목자와 점자의 수식 표현이 달라지는 경우의 예

목자 표현	점자 표현	설명
$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$		목자로 표현된 두 개의 행을 점자로 표현할 수 없어 개행 기호 (␣, 3-4-5점)를 삽입함
$\frac{1}{(x+y)(x-y)}$		분모를 하나의 묶음으로 표현하기 위하여 목자에는 없는 중괄호(␣, 2-3-5-6점)를 점자에서 사용함
x^{m+n}		상하의 위치를 활용하여 표현한 목자 기호와 같은 방법으로 표현할 수 없어 점자에서는 소괄호(␣, 2-3-6점; ␣, 3-5-6점)를 사용하여 묶음을 표현함
\sqrt{ab}		
a_{n+1}		

그런데 이를 혼동하여 수학에서 고유한 의미를 가지고 있는 괄호까지 승격해서 본래의 수식과는 다른 괄호로 바뀌게 되는 경우가 있다. 이렇게 되면 원래 수식과 의미가 달라지므로 이러한 경우에는 괄호를 승격해서는 안 된다. 표 5는 점역 과정에서 고유한 의미를 지니는 괄호가 승격되어 다른 괄호로 바뀌는 경우의 예로 함수의 변수에 사용하는 소괄호, 순서쌍을 나타내는 소괄호, 집합을 나타내는 중괄호가 수학 점자교과서에 각각 잘못 승격되어 표현된 예이다.

<표 5> 고유한 의미를 지니는 괄호가 잘못 승격된 경우의 예

목자 표현	점자 표현
$g(f(x))$	
$G\left(\frac{x_1+x_2+x_3}{3}, \frac{y_1+y_2+y_3}{3}\right)$	
$G = \{(x, f(x)) x \in X\}$	

2) 기타 시각 자료

그래프는 일반적으로 통계의 결과를 한 눈에 볼 수 있도록 나타낸 도표를 뜻하

지만 수학에서는 함수의 정의역의 원소와 함숫값의 순서쌍 전체의 집합(신항균 외, 2014) 즉, 이 순서쌍에 의하여 그려지는 점 또는 선을 의미한다. 이러한 그래프를 점역하는 데 곤란을 초래하는 요인을 크기 조절이 필요한 경우와 요소의 추가·삭제·수정이 필요한 경우로 분류하였다. 좁은 면에 여러 가지 정보가 있거나 선의 교차가 많은 그래프는 원래의 크기보다 확대한 크기로 점역을 하는 것이 좋다. 그러나 단순한 내용인데 지면을 많이 차지하는 그래프 같은 경우는 축소가 요구될 수도 있다. 또한 너무 많은 요소들이 복잡하게 제시되어 있는 그래프에서는 중요하지 않은 요소를 생략하거나 여러 개의 그래프로 나누어 점역하는 것이 효율적일 수도 있다. 원본에는 없는 정보를 점역 과정에서 삽입하여 시각장애학생의 인지를 도울 수 있는 부분도 있다.

표는 어떤 내용을 일정한 형식과 순서에 따라 보기 쉽게 나타낸 자료이다. 이러한 표를 점역하는 데 곤란을 초래하는 요인을 표의 구조를 수정해야 하는 경우(Kapperman et al., 2000)와 크기 조절이 필요한 경우로 분류하였다. 한편 수학 교과서에는 내용 이해에 중요한 그림도 있지만 그렇지 않은 그림도 있다. 사진은 내용 이해에 중요하지 않은 경우가 많다. 그리하여 그림과 사진을 점역하는 데 곤란을 초래하는 요인을 크기 조절이 필요한 경우, 요소의 추가·삭제·수정이 필요한 경우, 보충 설명이 필요한 경우, 생략하여도 무방한 경우로 분류하였다.

3. 분석 절차

수학 교과서의 점역 곤란 요인을 조사하기 위하여 우선 수학 교과서에 제시되어 있는 자료를 유형별로 범주화하고, 각 유형에 따른 점역 곤란 요인으로 분류할 수 있는 연구 도구를 제작하였다. 연구 도구의 기본 틀을 만들고 관련 전문가 5인과의 논의를 거쳐 최종적으로 본 연구에서 사용할 분석 도구를 고안하였다. 고안한 분석 도구를 사용하여 수학 II 교과서에 제시되어 있는 자료들을 유형과 점역 곤란 요인에 따라 분류하였다. 분류한 자료에 대하여 통계적 방법을 활용하여 결과를 산출하였다. 산출된 결과에 따라 문헌 검토와 전문가 협의를 통하여 점역 곤란 요인에 대한 개선 방안을 모색하였다.

4. 자료 처리

본 연구에서는 수학 II 교과서에 제시된 자료의 유형별 빈도와 백분율을 구하고, 이를 다시 점역 곤란 요인에 따라 분류하여 빈도와 각 유형 내에서의 백분율을 다시 구하였다. 자료 처리에는 IBM SPSS Statistics 20.0과 Microsoft Excel 2010을

활용하였다. 하나의 자료에 두 가지 이상의 서로 다른 점역 곤란 요인이 있는 경우는 해당하는 요인 모두에 자료를 포함시켜 빈도와 백분율을 구하였다.

III. 결과 및 논의

1. 수학 교과서의 점역 곤란 요인

1) 자료 유형

수학 II 교과서의 각 단원에 제시된 자료의 유형별 빈도와 백분율은 표 6과 같이 나타났다.

〈표 6〉 수학 II 교과서에 제시된 자료 유형 N(%)

자료 유형	집합과 명제	함수	수열	지수와 로그	전체
수식	782(91.0)	740(85.8)	786(95.5)	714(94.1)	3022(91.5)
그래프	0(0.0)	36(4.2)	0(0.0)	3(0.4)	39(1.2)
표	3(0.4)	4(0.5)	2(0.2)	5(0.6)	14(0.4)
그림	55(6.4)	70(8.1)	22(2.7)	25(3.3)	172(5.2)
사진	19(2.2)	12(1.4)	13(1.6)	12(1.6)	56(1.7)
합계	859(100.0)	862(100.0)	823(100.0)	759(100.0)	3303(100.0)

표 6에서 알 수 있듯이 수학 II에 제시된 자료(3303, 100.0%)는 수식(3022, 91.5%), 그림(172, 5.2%), 사진(56, 1.7%), 그래프(39, 1.2%), 표(14, 0.4%) 순으로 많이 나타났다. 이를 보면 표는 중요한 자료임에도 가장 적게 나타났는데, 표 자료가 많이 제시되는 통계 단원이 분석 대상에서 제외되었기 때문에 이와 같이 나타난 것을 알 수 있었다.

한편 수학의 문제해결 과정은 주어진 상황을 수학적 모델로 번역하고, 명백한 결과가 도출되도록 모델을 변형하며, 결과의 유용성을 조사하기 위하여 원래 상황으로 번역하는 과정을 거친다(이재돈, 1999). 이 과정에 필수적인 요소가 수식이기 때문에 자료의 대부분이 수식으로 나타났다. 대부분의 자료가 수식으로 나타난 것을 생각하면 수학 교과서의 점역에서 수식 점역의 비중이 가장 크다는 사실을 알 수 있었다.

2) 점역 곤란 요인

(1) 수식

수학 II 교과서의 각 단원에 제시된 수식의 점역 곤란 요인별 빈도와 백분율은 표 7과 같이 나타났다.

<표 7> 수식의 점역 곤란 요인 N(%)

점역 곤란 유형	집합과 명제	함수	수열	지수와 로그	전체
규정 해석과 유추의 혼란	36(4.6)	44(5.9)	12(1.5)	6(0.8)	98(3.2)
수식 형태가 달라짐	170(21.7)	339(45.8)	580(73.8)	514(72.0)	1603(53.1)
곤란 요인 없음	576(73.7)	357(48.3)	194(24.7)	194(27.2)	1321(43.7)
합계	782(100.0)	740(100.0)	786(100.0)	714(100.0)	3022(100.0)

표 7에 의하면 수학 II에 제시된 수식(3022, 100.0%)은 목자와 점자에서의 형태가 달라지는 수식(1603, 53.1%), 점역에서 특별한 곤란 요인이 없는 수식(1321, 43.7%), 수학 점자 규정 해석과 유추에서 혼란을 유발하는 수식(98, 3.2%) 순으로 많이 나타났다. 이러한 사실로 점자와 목자의 기본적인 차이 때문에 수식의 표현에서도 형태가 달라지는 경우가 많은 것을 알 수 있었다. 또한 집합과 명제 단원과 같이 간단한 수식이 많이 제시되는 단원에서는 점역에 특별한 곤란을 유발하지 않는 수식이 상당수 포함된다는 것을 알 수 있었다.

한편 수학 점자 규정 해석과 유추에서 혼란을 유발하는 수식은 그 구조가 복잡하고, 고유한 수학적 의미를 가진 기호를 많이 포함한다. 이를 정확히 표현하기 위해서는 이와 관련된 수학적 내용에 대한 깊은 분석이 선행되어야 한다(이재돈, 1999). 점역을 담당하는 인력이 해당 수식과 관련된 수학적 이해가 충분하지 않은 상태에서 점역하게 되면 목자 수식과 의미가 다른 형태로 오역할 가능성이 크다(Kapperman et al., 2000). 사소한 표현의 차이가 커다란 본질적 차이를 유발할 수 있기 때문에(이재돈, 1999) 이는 점역 과정에서도 큰 곤란 요인으로 작용할 것을 알 수 있었다.

(2) 그래프

수학 II 교과서의 각 단원에 제시된 그래프의 점역 곤란 요인별 빈도와 백분율은 표 8과 같이 나타났다.

〈표 8〉 그래프의 점역 곤란 요인 N(%)

점역 곤란 유형	집합과 명제	함수	수열	지수와 로그	전체
크기 조절 필요	0	13(36.1)	0	0(0.0)	13(33.3)
일부 요소의 수정 필요	0	23(63.9)	0	3(100.0)	26(66.7)
곤란 요인 없음	0	0(0.0)	0	0(0.0)	0(0.0)
합계	0	36(100.0)	0	3(100.0)	39(100.0)

표 8에서 알 수 있듯이 수학 II에 제시된 그래프(39, 100.0%)는 요소의 추가·삭제·수정이 필요한 그래프(26, 66.7%), 크기 조절이 필요한 그래프(13, 33.3%) 순으로 많이 나타났다. 한편 점역 곤란 요인이 없는 그래프는 나타나지 않았다. 그래프 자료는 그래프와 관련이 많은 함수 단원에 대부분(36, 92.3%)이 제시되어 있었다. Smith와 Smothers(2012)는 수학 목자교과서와 점자교과서에 제시된 그래픽 자료에는 많은 차이가 나타난다고 하였다. 이는 점역 곤란 요인에 의하여 생긴 결과로 볼 수 있으므로 어느 그래프를 어떻게 수정할지는 수학 교과에 대한 폭넓은 이해와 함께 점자로 학습하는 학생의 교육적 요구에 대해서도 숙지하고 있는 전문가에 의하여 결정되어야 할 사항임을 알 수 있었다.

(3) 표

수학 II 교과서의 각 단원에 제시된 표의 점역 곤란 요인별 빈도와 백분율은 표 9와 같이 나타났다.

〈표 9〉 표의 점역 곤란 요인 N(%)

점역 곤란 유형	집합과 명제	함수	수열	지수와 로그	전체
표의 구조 수정 필요	3(100.0)	3(75.0)	0(0.0)	4(80.0)	10(71.4)
크기 조절 필요	0(0.0)	0(0.0)	2(100.0)	1(20.0)	3(21.4)
곤란 요인 없음	0(0.0)	1(25.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(7.2)
합계	3(100.0)	4(100.0)	2(100.0)	5(100.0)	14(100.0)

표 9에 의하면 수학 II에 제시된 표(14, 100.0%)는 구조 수정이 필요한 표(10, 71.4%), 크기 조절이 필요한 표(3, 21.4%), 점역에서 특별한 곤란 요인이 없는 표(1, 7.2%) 순으로 많이 나타났다. Smith와 Smothers(2012)는 수학 및 과학 점자교과서에 있는 표의 85%에서 오류가 나타났다고 하였다. 이를 통하여 위와 같은 점역 곤란

요인으로 인하여 점역된 표 자료에 많은 오류가 있음을 알 수 있었다.

점자교과서의 표는 시각장애학생이 인지하기 용이하도록 수정해야 한다 (Kapperman et al., 2000). 구조 수정이 요구되는 표는 표의 내용을 문장으로 제시하거나 표의 가로와 세로를 바꾸는 등의 수정이 필요한 표들이 있었다. 목자에서는 자료를 표로 제시하여 한 눈에 보기 편하다 해도 해당 표를 그대로 점역하였을 때 점자로 학습하는 학생이 표를 탐색하는 데 상당한 시간을 소모해야 할 것으로 생각되는 표가 이에 해당되는 자료였다. 또한 점역된 내용이 자리하기에 표에 있는 칸이 작아서 점역 과정에서 칸을 원본보다 크게 해야 하는 등 크기의 조절이 요구되는 표도 있었다.

(4) 그림

수학 II 교과서의 각 단원에 제시된 그림의 점역 곤란 요인별 빈도와 백분율은 표 10과 같이 나타났다.

점역 곤란 유형	집합과 명제	함수	수열	지수와 로그	전체
크기 조절 필요	22(40.0)	26(37.1)	3(13.6)	1(4.0)	52(30.2)
일부 요소의 수정 필요	14(25.4)	32(45.7)	4(18.2)	0(0.0)	50(29.1)
보충 설명 필요	9(16.4)	5(7.2)	10(45.5)	14(56.0)	38(22.1)
생략해도 무방함	10(18.2)	7(10.0)	5(22.7)	10(40.0)	32(18.6)
곤란 요인 없음	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
합계	55(100.0)	70(100.0)	22(100.0)	25(100.0)	172(100.0)

표 10에서 알 수 있듯이 수학 II에 제시된 그림(172, 100.0%)은 크기 조절이 필요한 그림(52, 30.2%), 요소의 추가·삭제·수정이 필요한 그림(50, 29.1%), 보충 설명이 필요한 그림(38, 22.1%), 생략해도 무방한 그림(32, 18.6%) 순으로 많이 나타났다. 한편 점역 곤란 요인이 없는 그림은 나타나지 않았다.

크기 조절이 필요한 그림은 필요한 부분에 점자 기호를 삽입할 공간이 없어 그림을 확대해야 하는 경우가 많았다. 또한 그림의 요소를 수정해야 점자로 학습하는 학생이 이해하는 데 용이할 것으로 생각되는 그림도 있었다. 그와 함께 목자 그림에는 없는 요소를 점역할 때 추가해야 할 그림도 있었다. 또한 많은 요소가 좁은 공간에 모여 있어 점역할 때에는 내용 이해에 불필요한 요소를 삭제해야 할 자료도 있었다. Smith와 Smothers(2012)는 수학 점자교과서에서 생략되는 그림이 많이 있다고

하였다. 수학 II 교과서에도 선의 교차가 많고 모양이 복잡하여 점역을 해도 점자로 학습하는 학생이 인지하기 어려운 그림이 있는데, 이러한 그림을 생략하는 대신 적절한 점역 방법을 모색하는 것이 중요함을 알 수 있었다.

(5) 사진

수학 II 교과서의 각 단원에 제시된 사진의 점역 곤란 요인별 빈도와 백분율은 표 11과 같이 나타났다.

<표 11> 사진의 점역 곤란 요인 N(%)

점역 곤란 유형	집합과 명제	함수	수열	지수와 로그	전체
크기 조절 필요	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
일부 요소의 수정 필요	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
보충 설명 필요	0(0.0)	1(8.3)	0(0.0)	0(0.0)	1(1.8)
생략해도 무방함	19(100.0)	11(91.7)	13(100.0)	12(100.0)	55(98.2)
곤란 요인 없음	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
합계	19(100.0)	12(100.0)	13(100.0)	12(100.0)	56(100.0)

표 11에 의하면 수학 II에 제시된 사진(56, 100.0%)은 대부분 생략해도 무방한 사진(55, 98.2%)이었고, 보충 설명이 필요한 사진(1, 1.8%)도 있었다. 한편 크기 조절이 필요한 사진, 요소의 추가·삭제·수정이 필요한 사진, 점역 곤란 요인이 없는 사진은 나타나지 않았다. 수학 교과서에 제시되어 있는 사진은 대부분 흥미 유발이나 페이지의 배경으로 사용되는 자료들이었다. 이는 내용 이해에 반드시 요구되는 것이 아니고, 점역하기에 난해한 경우가 많으며, 점역을 하여도 점자로 학습하는 학생이 인지하기 어려울 것이므로 생략해도 무방함을 알 수 있었다.

2. 수학 교과서 점역 곤란 요인 개선 방안

1) 점역 과정에 전문가 참여

수식을 그래프로 나타내는 것과 같이 일정한 양식으로 표현된 것을 다른 표현 양식으로 변환하는 것을 번역이라 하고, 한 표현 양식 안에서의 변환을 변형이라 한다(이재돈, 1999). 수학 교과서의 점역은 대부분 번역에 가까운 작업이다. 이를 수행하기 위해서는 수학적 내용에 대한 깊은 분석이 선행되어야 한다(이재돈, 1999). 또

한 시각장애학생은 그에 따른 독특한 교육적 요구를 가진다(임안수, 2010). 따라서 수학 교과 및 시각장애아교육 전문가의 참여는 수학 교과서 점역 과정에 필수임을 알 수 있었다.

점자교과서의 점역과 출판은 대부분 점역·교정사에 의해서 이루어진다(도태현 외, 2008). 점역·교정사가 아무리 뛰어나도 교과 전문가의 도움 없이는 점역에서 오류를 범하게 된다(Smith & Smothers, 2012). 점역의 설계에서는 점역사와 교과 전문가 및 시각장애아교육 전문가가 참여하여 충분한 시간을 두고 해당 목차 교과서를 면밀히 분석하면서 어느 부분을 어떻게 점역할 것인지 협의를 통하여 미리 결정해 두는 것이 필요하였다.

점역 자료를 촉각으로 인지하기 어려운 부분을 찾고, 어떠한 요소를 수정하면 효율적인지는 수학 교과 및 시각장애아교육 전문가가 판단해야 할 일이다(Kapperman et al., 2000; Smith & Rosenblum, 2013). 이는 해당 자료와 관련된 문제나 개념 설명에서 의도하는 바를 파악하고, 그에 맞게 점자로 학습하는 학생이 인지할 수 있는 정보를 주되(Kapperman et al., 2000), 문제의 의도와 달리 너무 많은 정보를 주지 않는 수준을 결정하기 위해서이다. 그림을 생략하거나 그림 대신 설명으로 대체하거나 그림과 함께 보충 설명을 삽입해야 하는 경우도 있다(Kapperman et al., 2000). 단순히 흥미를 유발하거나 페이지의 배경으로 사용된 그림이 주로 생략해도 무방한 그림에 해당된다. 점역하기 곤란한 자료 중 생략해도 관련 문제나 설명에 영향을 미치지 않는지 여부를 결정할 수 있는 인력도 수학 교과 및 시각장애아교육 전문가이다(Smith & Rosenblum, 2013).

이렇듯 점자 표현 및 촉각적 인지가 용이하도록 내용의 일부 요소를 제거하거나 그래프나 그림의 크기를 조정하거나 목차에는 없는 요소를 추가하는 등의 방법으로 점자 교과서를 수정·보완할 수 있다(Kapperman et al., 2000). 이는 목차 교과서의 집필자가 의도한 기본적인 개념 및 내용을 손상시키지 않으며, 문제 해결에 필요한 단서를 충분히 제공하는 범위에서 이루어져야 할 것이다. 이를 위해서는 촉각적 인지를 높이기 위한 조정을 어떠한 방법으로 어느 정도까지 할 것인지 여부를 결정할 때 점역·교정사, 수학 교과 전문가, 시각장애아교육 전문가 등 다양한 분야의 전문가의 협력이 필요함을 알 수 있었다.

점역을 시행하는 과정에서는 점역·교정사, 수학 교과 전문가, 시각장애아교육 전문가를 포함한 전문가 집단의 협의에 의한 내용에 따라 점역사가 목차 교과서를 점역한다. 이 과정에서 전문가 집단과 지속적으로 소통하며, 협의 내용 및 미처 협의하지 못한 내용에 관하여 수정·보완하는 기회를 가져야 한다. 교정 과정에서는 점역·교정사가 오류를 수정하고, 수학 교과 전문가 및 시각장애아교육 전문가가 설계에서 협의한 내용이 제대로 반영되었는지 검토해야 한다.

2) 수학 점자 규정의 개선

구조가 복잡한 수식을 점역하는 데 있어 수학 교과 내용에 대한 심도 있는 이해는 필수이다. 또한 이러한 수식에는 대부분 고유한 수학적 의미를 가진 기호가 사용된다. 하지만 교과서의 점역은 대부분 점역·교정사에 의해서만 이루어지고(도태현 외, 2008), 수학 교과 전문가의 참여가 부재하다. 그러므로 수학 점자 규정의 내용을 해석하고 그에 따라 점역 결과를 유추하는 데 어려움이 있다. 이와 관련하여 수학 II에 나타난 예는 다음과 같다.

<표 12> 수학 점자 규정 해석이 곤란한 수식의 예

목자 표현	오역된 점자 표현	위치(p)
	옳은 점자 표현	
$G = \{(x, f(x)) x \in X\}$		75
$f(f(f(10)))$		115
$(a^{\frac{m}{n}})^n = a^{\frac{m}{n} \times n}$		181

표 12의 첫 번째와 두 번째 예는 고유한 수학적 의미를 가지는 기호인 괄호가 승격되어 목자 수식과 의미가 달라지는 경우이고, 세 번째 예는 목자와 점자의 기본적인 특성의 차이 때문에 수식의 형태가 달라져(Kapperman et al., 2000) 목자에는 없는 괄호가 점자에는 필요하고, 목자에 있는 소괄호가 중괄호로 승격된 경우이다. 전문가 협의 결과 괄호의 승격을 지양하고, 목자에 괄호가 없는 부분을 하나의 인수로 묶는 점자 기호를 제정하면 이러한 혼란을 줄일 수 있을 것으로 판단하였다.

미국의 경우에는 이와 유사하게 근호나 지수의 시작과 끝을 표시하는 점자 기호를 사용한다(김한규, 이해균, 2009). 이러한 기호는 인수의 시작을 나타내는 기호와 끝을 나타내는 기호가 서로 다른 점형을 사용해야 괄호의 승격 없이 묶음을 표현할 수 있다. 따라서 괄호의 승격 없이 하나의 인수임을 표현하는 점자 기호를 제정하여 이와 같은 혼란을 피해야 함을 알 수 있었다.

한편 표 3에 제시된 예와 같이 수학 점자 규정에는 특별 규정이 다수 존재한다(김한규, 이해균, 2009). 그 예로는 우측아래첨자가 숫자인 경우에는 (6점)을 앞에 표기하거나 생략하고, 숫자 이외의 것이 포함된 경우에는 (5-6점)을 표기하는 것이다.

같은 점형이 연이어져 혼란을 초래하는 경우 한 칸을 띄는 경우도 있고 붙임표(, 3-6점)를 삽입하는 경우도 있다. 이렇듯 유사한 상황에서 여러 가지 다른 표현을 사용하게 하는 특별 규정을 최소화하면 수학 점자 규정 해석에서의 혼란을 줄일 수 있을 것이다.

미국의 경우는 수학 자료를 점역할 때 점역 소프트웨어를 널리 활용하고 있다(Herzberg & Rosenblum, 2014; Kapperman et al., 2000). 하지만 앞서 언급한 것과 같이 묵자와 수식의 형태가 달라지고(Kapperman et al., 2000) 특별 규정이 많은(김한규, 이해균, 2009) 등의 이유로 국내에서는 수학 자료를 점역할 때 점역 소프트웨어를 활용하기가 곤란하다. 따라서 여러 항이나 인수를 하나의 인수로 묶는 기호의 제정, 괄호의 승격 지양, 특별 규정의 간소화 등 수학 점자 규정의 개선이 필요함을 알 수 있었다.

IV. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구는 수학 교과서에서 점역을 곤란하게 하는 요인을 조사하여 그 개선 방안을 모색하고자 고등학교 수학 II(신향균 외, 2014)에 제시되어 있는 자료를 대상으로 자료의 유형과 점역 곤란 요인을 분석하였다. 그 후 전문가 협의 및 문헌 검토를 통하여 수학 교과서 점역 곤란 요인의 개선 방안을 모색하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 수학 II에 수식은 묵자와 점자에서의 형태가 달라지는 경우가 53.1%, 점역에 곤란 요인이 없는 경우가 43.7%, 수학 점자 규정 해석과 유추에서 혼란을 유발하는 경우가 3.2%이다. 그래프는 요소의 추가·삭제·수정이 필요한 경우가 66.7%, 크기 조절이 필요한 경우가 33.3%이다. 표는 구조 수정이 필요한 경우가 71.4%, 크기 조절이 필요한 경우가 21.4%, 점역에 곤란 요인이 없는 경우가 7.2%이다. 그림은 크기 조절이 필요한 경우가 30.2%, 요소의 추가·삭제·수정이 필요한 경우가 29.1%, 보충 설명이 필요한 경우가 22.1%, 생략해도 무방한 경우가 18.6%이다. 사진은 생략해도 무방한 경우가 98.2%, 보충 설명이 필요한 경우가 1.8%이다.

둘째, 수학 교과서 점역 곤란 요인을 개선하기 위해서는 점역·교정사를 비롯하여 수학 교과 전문가, 시각장애아교육 전문가 등 다양한 관련 전문가의 참여가 필요하다. 또한 수식을 점역하는 데 있어 혼란을 줄이기 위하여 여러 항이나 인수를 하

나의 인수로 묶는 기호의 제정, 괄호의 승격 지양, 특별 규정의 간소화 등 한국 점자 규정(문화관광부, 2006)의 수학 점자의 일부 개선이 요구된다.

2. 제언

점자교과서나 큰문자교과서 등 시각장애학생에게 적절한 학습 매체를 제공할 때 시각장애학생이 정안학생과 질적으로 같은 자료를 활용하여 학습할 수 있도록 하는데 필요한 사항을 다음과 같이 제언한다.

첫째, 본 연구에서는 수학 II를 대상으로 자료의 유형과 점역 곤란 요인을 분석하였다. 이에 따라 시각장애학생이 학습하는 다른 수학 교과서에 대해서도 이와 같은 후속 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한 수학뿐 아니라 다른 교과에 대해서도 어떠한 점역 곤란 요인이 있는지에 관한 연구가 필요할 것이다. 이와 함께 저시력학생이 활용할 수 있는 큰문자교과서 제작에 곤란을 초래하는 요인이 무엇인지, 이를 어떻게 해결해야 하는지 등에 관한 연구도 이루어져야 할 것으로 생각된다.

둘째, 본 연구에서 제시한 수학 교과서 점역 개선 방법 외에 생각해볼 수 있는 방법들이 있다. 교과서 점역 기관 확충 및 지원 강화, 점역·교정사의 교과 특성에 맞는 전문성 확보, 교과서 제작 및 발행 과정에서의 점역에 소요되는 시간 고려, 수식을 점역할 수 있는 점역 소프트웨어의 개발 등이 그것이다. 수학 교과서 뿐 아니라 각종 점자출판물의 질을 개선하기 위한 방법에 대한 심도 있는 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 교육과학기술부(2011). **수학과 교육과정**. 서울: 저자.
- 교육부(2014). **2017학년도 대학수학능력시험 기본계획 발표**. 세종: 저자.
- 김요민(2008). 시각장애특수학교의 조작교구를 활용한 중학생수학 함수단원 수업방법 개선 연구. 미간행 석사학위논문, 한국교원대학교 교육대학원, 청주.
- 김한규, 이해균(2009). 3개국간 수학 점자의 비교-분석을 통한 체계 연구. **시각장애연구**, 25(4), 1-19.
- 도태현, 김영일, 김동복(2008). 점자 사회교과서의 시각자료 점역형태 분석. **시각장애연구**, 24(4), 131-149.
- 류현(2013). 시각장애학교 중·고등학생의 수학적 성향 분석. 미간행 석사학위논문, 대구대학교 특수교육대학원, 경산.
- 류현, 이해균(2014). 국제 학술지 분석을 통한 시각장애학생의 학습 관련 보조공학 도구 연

- 구 동향 조사. **특수교육학연구**, 49(1), 1-21.
- 문화관광부(2006). **한국 점자 규정**. 서울: 저자.
- 신항균, 이광연, 박세원, 신범영, 이계세, 김정화, 박문환, 윤정호, 박상의, 서원호, 전제동, 이동훈(2014). **고등학교 수학 II**. 서울: 지학사.
- 이재돈(1999). **수학교사와 수학교육**. 경산: 대구대학교출판부.
- 임안수(2010). **시각장애아교육**. 서울: 학지사.
- Ablenews.co.kr. (2009). '확 줄어든 미국의 시각장애인 점자인구' . 주소
<http://www.ablenews.co.kr/News/NewsContent.aspx?CategoryCode=0020&NewsCode=002220090604030107932050>. 2014년 12월 26일 접속.
- Akakandelwa, A., & Munsanje, J. (2012). Provision of learning and teaching materials for pupils with visual impairment: Results from a national survey in Zambia. *British Journal of Visual Impairment*, 30(1), 42-49.
- Goudiras, D. B., Papadopoulos, K. S., Koutsoklenis, A. C., Papageorgiou, V. E., & Stergiou, M. S. (2009). Factors affecting the reading media used by visually impaired adults. *British Journal of Visual Impairment*, 27(2), 111-127.
- Herzberg, T. (2010). Error analysis of brailled instructional materials produced by public school personnel in Texas. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 104(12), 765-774.
- Herzberg, T. S., & Rosenblum, L. P. (2014). Print to braille: Preparation and accuracy of mathematics materials in k-12 education. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 108(5), 355-367.
- Herzberg, T. S., & Stough, L. M. (2009). The quality of brailled instructional materials produced in Texas public schools. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 103(10), 722-733.
- Kapperman, G., Heinze, T., & Sticken, J. (2000). Mathematics. In A. J. Koenig, & M. C. Holbrook (Eds.), *Foundations of education*(pp. 370-399). New York: American Foundation for the Blind, Inc.
- Kennedy, J. M. (2014). Tactile drawing aesthetics and a blind woman's drawings of sounds. *British Journal of Visual Impairment*, 32(1), 33-43.
- Picard, D. & Lebaz, S. (2012). Identifying raised-line drawings by touch: A hard but not impossible task. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 106(7), 427-431.
- Raudoniene, D. (2014). The process of graphic image creation in the conditions of non-seeing. *British Journal of Visual Impairment*, 32(1), 14-24.
- Rosenblum, L. P., & Herzberg, T. (2011). Accuracy and techniques in the preparation of mathematics worksheets for tactile learners. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 105(7), 402-413.
- Smith, D., & Rosenblum, L. P., (2013). The development of accepted performance items to demonstrate braille competence in the nemeth code for mathematics

and science notation. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 107(3), 167-179.

Smith, D. W., & Smothers, S. M. (2012). The role and characteristics of tactile graphics in secondary mathematics and science textbooks in braille. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 106(9), 543-554.

Analysis on Difficulties and Improvement Strategies in Transcribing Mathematics Textbook into Braille

Ryu, Hyun

Daegu University

Lee, Hae-gyun

Daegu University

Joo, Hye-sun

Daegu University

<Abstract>

This study analyzed difficulties in transcribing mathematics textbook into braille, and found strategies for improvement. For this purpose, high school mathematics II textbook was selected for analysis on types of materials and difficulties in transcribing. A frame for this analysis was formulated based on review of relevant studies and an expert meeting. Then this study found strategies for improvement of transcribing mathematics textbook into braille based on review of relevant studies and the expert meeting.

Almost all materials in the high school mathematics II textbook are formulas. Formulas, drawings, graphs, photos, tables are presented frequently in order. 56.3% of formulas, 92.8% of tables and all of graphs, illustrations and pictures are difficult to transcribe into braille. The braille transcriber, mathematics specialist and specialist of education for students with visual impairments should participate in transcribing mathematics textbook into braille and mathematics code of Korean braille notation should be revised for improvement of transcription.

Key Words : visual impairment, mathematics textbook, braille transcription

논문 접수: 2015. 08. 05 심사 시작: 2015. 08. 12 게재 확정: 2015. 09. 02