



An analysis of discursive constructs of AI-based mathematical objects used in the optimization content of AI mathematics textbooks

Young-Seok Oh¹, Dong-Joong Kim^{2*}

¹Student, Graduate School of Korea University

²Professor, Korea University

ABSTRACT

The purpose of this study was to reveal the discursive constructs of AI-based mathematical objects by analyzing how concrete objects used in the optimization content of AI mathematics textbooks are transformed into discursive objects through naming and discursive operation. For this purpose, we extracted concrete objects used in the optimization contents of five high school AI mathematics textbooks and developed a framework for analyzing the discursive constructs and discursive operations of AI-based mathematical objects that can analyze discursive objects. The results of the study showed that there are a total of 15 concrete objects used in the loss function and gradient descent sections of the optimization content, and one concrete object that emerges as an abstract d-object through naming and discursive operation. The findings of this study are not only significant in that they flesh out the discursive construction of AI-based mathematical objects in terms of the written curriculum and provide practical suggestions for students to develop AI-based mathematical discourse in an exploratory way, but also provide implications for the development of effective discursive construction processes and curricula for AI-based mathematical objects.

Keywords AI mathematics, AI-based mathematical object, Discursive construct, Discursive operation, Optimization, Loss function, Gradient descent

서 론

4차 산업혁명 시대의 핵심 기술인 인공지능은 이제 인간의 사고를 넘어 AGI (Artificial General Intelligence)에 도전을 하고 있다. 이러한 거대한 도전에 전 세계는 인공지능 전문가들을 확보하기 위해 경쟁하고 있으며 우리나라 또한 예외는 아니다. 하지만 Element AI (2020)에서 발표한 2020 글로벌 AI 전문가 보고에 따르면, 우리나라의 AI 분야 전문가는 2,551명으로 전 세계의 0.5%에 불과하며, 조사 대상 30개국 중 22위에 위치해 AI 분야 전문가 부족 현상이 심각한 것으로 나타났다. 대한민국 정부 또한 이러한 사태의 심각성을 인지하고 2019년 12월 인공지능 국가전략을 발표하였으며, 인공지능 인재양성을 위

Received March 21, 2024; Revised April 11, 2024; Accepted May 3, 2024

*Corresponding author Dong-Joong Kim

E-mail dongjoongkim@korea.ac.kr

2000 Mathematics Subject Classification 97U20



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.

한 교육 관련 추진과제로 인공지능 교육체계의 구축을 교육공동체에 요구하였다(Ministry of Science and ICT, 2019). 이에 교육공동체에서는 인공지능과 각 교과 간의 융합 또는 통합에 대한 담론을 형성하고 있으며, 이러한 융합과 통합을 통해 각 교과의 수업 내용과 과정에 많은 변화가 초래될 가능성이 높아지고 있다.

한편, 수학교육공동체에서는 정부의 교육기조와 교육공동체의 움직임에 발맞추어 인공지능 수학 과목을 신설하고(Ministry of Education, 2020), 고등학교 인정도서인 인공지능 수학교과서 5종을 개발하였다(Hong et al., 2021; Hwang et al., 2021; Lee et al., 2021; Oh et al., 2021; Sung et al., 2021). 인공지능 수학 과목은 인공지능 담론과 수학적 담론의 교집합에 해당하는 인공지능 기반 수학적 담론¹⁾을 토대로 문서화된 교육과정을 전개하고 있다. 학생의 학습은 담론의 변화(Sfard, 2008)로 볼 수 있기에, 이러한 변화에서 인공지능 기반 수학적 담론에서 사용하는 대상들의 구성과 변화 과정을 이해하는 것은 학생들의 대상화 과정을 이해하는 주요한 요인이 된다. 따라서 인공지능 수학 과목에서 사용하는 인공지능 기반 수학적 대상들에 대한 대상화 과정의 이해는 학생들의 개념 형성과 인공지능 수학 과목과 관련된 담론 개발에 중요한 역할을 할 수 있다.

이러한 이유에서 인공지능 수학 과목에 포함되어야 하는 인공지능 기반 수학적 대상들을 살펴본 연구(Kim, 2021; Koh, 2020; Lee et al., 2020; Park, 2021)와 그러한 대상들이 인공지능 수학교과서에서 전개되는 방식을 살펴본 연구가 보고 되었다(Ku & Choi, 2022; Kwon et al., 2021). 이와 같은 선행연구들은 인공지능 수학교과서가 제시해야 하는 인공지능 기반 수학적 대상들을 구체화하였다는 점에서 의의가 있다. 하지만 일반 수학 과목과는 달리(Chae, 2023; Haghjoo et al., 2023), 인공지능 수학 과목에서 인공지능 기반 수학적 대상들에 대한 담론적 구성²⁾과 담론적 조작³⁾을 살펴본 연구는 미흡한 편이다. 특히, 인공지능 수학교과서에서 사용하고 있는 실세계 관련 삽화나 사진과 같은 구체적 대상은 담론적 변화의 출발점임에도 불구하고, 인공지능 기반 수학적 대상들에 대한 담론적 구성의 토대가 되는 구체적 대상이 무엇인지와 어떻게 구성되는지를 분석한 연구는 전혀 이루어지지 않았다. 이에 본 연구에서는 인공지능 기반 수학적 담론에서 머신러닝 모델 학습의 필수 구성요소인 손실함수와 경사하강법 개념과 관련하여, 인공지능 수학교과서의 최적화 내용에서 사용하는 인공지능 기반 수학적 대상들에 대한 문서화된 교육과정의 담론적 조작을 통해 형성된 담론적 구성을 분석하고자 한다.

이와 같은 방향에서 본 연구의 목적은 인공지능 수학교과서의 최적화 내용에서 사용하는 구체적 대상이 명명하기와 담론적 조작을 통해 담론적 대상으로 전환되는 과정을 분석함으로써 인공지능 기반 수학적 대상들에 대한 담론적 구성을 밝히는 것이다. 이를 위해 Sfard (2008, 2021b)의 의사소통학적 관점을 중심으로 인공지능 수학교과서의 최적화 내용에서 사용하고 있는 구체적 대상을 추출하고, 구체적 대상이 담론적 대상으로 전환되는 과정을 명명하기와 담론적 조작을 통해 분석하고자 한다.

또한 이러한 목적을 통해 인공지능 수학교과서의 최적화 내용에서 제공하는 인공지능 기반 수학적 담론에 학생들이 탐구적으로 참여할 수 있는 기회에 대하여 교육과정, 교수 측면 등에서 시사점을 제시하고자 한다. 먼저, 교육과정 측면에서 인공지능 수학교과서의 최적화 내용에서 사용하는 구체적 대상과 담론적 대상에 대한 문서화된 교육과정의 담론적 구성 및 담론적 조작을 밝힘으로써, 학생들이 인공지능 기반 수학적 담론에 탐구적으로 참여할 수 있는 기회를 제공하는 교과서 개발에 대한 방향성을 제시할 수 있다. 또한 교수 측면에서 인공지능 수학교과서의 최적화 내용을 도입하고 전개하려는 교사가 학생들에게 인공지능 수학 과목 학습에 탐구적으로 참여할 수 있는 기회를 제공하는 인공지능 기반 수학적 대상들을 선택하고 교사의 교육과정 개발 측면에서 이를 사용하는 방법인 담론적 구성에 대한 아이디어를 제시할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 다음과 같은 연구 문제를 설정하였다. 첫째, 인공지능 수학교과서의 손실함수 단원에서 사용하는 구체적 대상으로부터 명명하기와 담론적 조작을 통해 전환되는 담론적 구성은 무엇인가? 둘째, 인공지능 수학교과서의 경사하강법 단원에서 사용하는 구체적 대상으로부터 명명하기와 담론적 조작을 통해 전환되는 담론적 구성은 무엇인가?

이론적 배경

1. 구체적 대상과 담론적 대상

Sfard (2021a)는 수학적 대상들을 사람들이 수학적 담론에 참여하여 의사소통하는 과정에서 창발하게 되는 담론적 구성임을 강조한다. 이러한 담론적 구성으로부터 나타나는 대상들의 범주를 Figure 1과 같이 구체적 대상과 담론적 대상으로 구분하였는데, 이 구분에 따르면 이러한 대상들은 구체적 대상, 원자적인 구체적 담론 대상, 복합적인 구체적 담론 대상 그리고 추상적 담론 대상으로 분류할 수 있다.

먼저 구체적 대상이란 “인간의 담론과 독립적으로 존재하며 지각적으로 접근 가능한 모든 개체” (Sfard, 2008, p. 169)를 의미한다. 실세계 관련 삽화나 사진, 소리 등이 이에 해당한다(Haghjoo et al., 2023; Sfard, 2008). 두 번째로 원자적인 구체

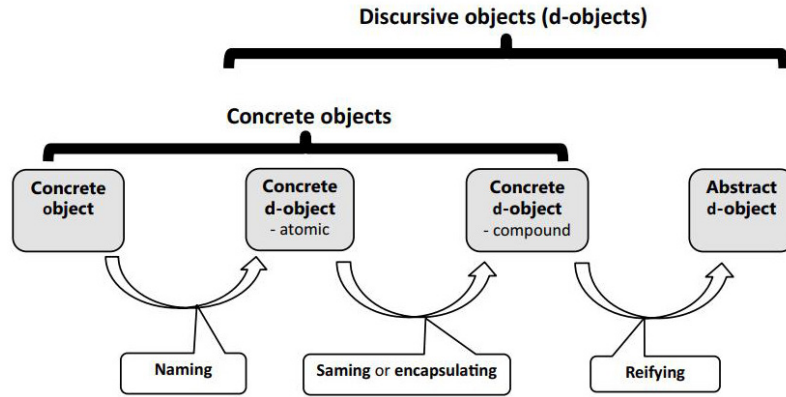


Figure 1. Categories of mathematical objects (Sfard, 2021b, p. 577).

적 담론 대상은 익숙한 구체적 대상에 명명을 함으로써 드러나는 대상을 의미한다(Sfard, 2008, 2021b). 어떤 개체에 ‘기표’를 부여한 대상이 이에 해당한다. 세 번째로 복합적인 구체적 담론 대상은 원자적인 구체적 담론 대상을 동일화하거나 캡슐화하여 (saming or encapsulating) 드러나는 대상을 의미한다(Sfard, 2008). 동일화나 캡슐화를 통해 일반화된 좌표(예: [a, b])나 함수의 그래프와 같이 구현화(realization) 된 대상이 이에 해당한다. 마지막으로 추상적 담론 대상은 복합적인 구체적 담론 대상을 구체화함(reifying)으로써 드러나는 대상을 의미한다(Sfard, 2008). 구체화를 통해 창발된 새로운 의미를 가지게 된 대상이 이에 해당한다. Table 1은 구체적 대상과 담론적 대상을 종합하여 도출한 수학적 대상들에 대한 담론적 구성의 개념틀이다.

Table 1. Conceptual framework for discursive constructs of the mathematical objects (Sfard, 2008, 2021b)

Objects	Meaning
Concrete object	Any perceptually accessible entity existing independently of human discourses
Concrete d-object-atomic	Discursive objects that arise through the naming of familiar concrete objects
Concrete d-object-compound	Discursive objects that arise through saming or encapsulating
Abstract d-object	Discursive objects that emerge from the reification of discursive processes

2. 담론적 조작

수학적 대상들은 구체적 대상을 명명하는 것에서부터 시작하여, 동일화(saming), 캡슐화(encapsulation), 구체화(reification)와 같은 세 가지 담론적 조작을 결합함으로써 드러난다(Sfard, 2008, 2021b). 따라서 담론적 조작은 수학적 대상들에 대한 담론적 구성을 이끄는 의사소통학적 근거라고 할 수 있으며, 본 절에서는 이러한 담론적 조작에 대해 설명하고자 한다. 우선 담론적 조작을 설명하기에 앞서 명명하기란 구체적 대상에 특정한 이름을 명명하는 것이다. 다음으로 담론적 조작의 첫 번째 범주로 동일화란 이전까지 관련이 없어 보였으나 상호 대체될 수 있는 공통점을 가지도록 인식되는 많은 것에 하나의 이름을 부여하는 담론적 조작이다(Sfard, 2008, p. 170). 예를 들어, 손실함수의 매개변수 a에 대하여, Figure 2에서와 같이 E(1.28), E(1.6), E(2) 등을 E(a)와 동일하다고 간주하는 것이다. 두 번째 범주로 캡슐화란 특정한 집합의 속성을 말할 때, 대상 집합의 단수 형태를 사용하는 담론적 조작이다(Sfard, 2008, p. 170). 예를 들어, 경사하강법에 의하여 변하는 점 A(2, 5), 점 A₁(1.6, 3.56), 점 A₂(1.28, 2.6384)를 토대로 손실함수 E(a)=a²+1을 구성하거나 Figure 2와 같이 손실함수 그래프 위에 압축하여 표현하는 것이다. 마지막 범주로 구체화란 특정한 대상에 관한 내러티브를 대상 사이의 관계에 관한 이야기로 변환할 수 있도록 새로운 명사나 대명사를 소개하는 담론적 조작이다(Sfard, 2008, p. 170). 예를 들어, Figure 2의 손실함수 그래프 위의 점 A, 점 A₁, 점 A₂를 “점 A의 함숫값 5는 2²+1, 점 A₁의 함숫값 3.56은 1.6²+1, 점 A₂의 함숫값 2.6384는 1.28²+1과 같이 구할 수 있다.”로 함숫값이라는 명사를 사용하여 점 A, 점 A₁, 점 A₂를 구체화하는 것이다.

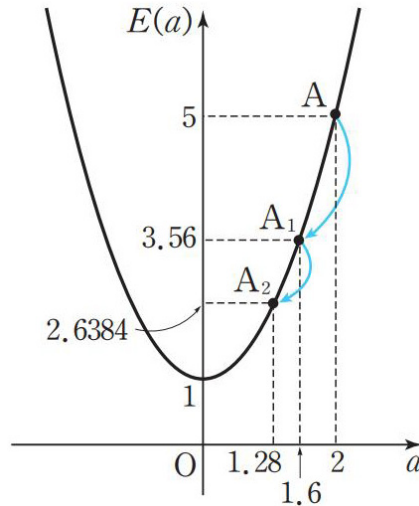


Figure 2. Example of encapsulation in optimization contents (Hong et al., 2021, p. 117).

Table 2는 명명하기와 세 가지 담론적 조작을 종합하여 도출한 수학적 대상들에 대한 명명하기와 담론적 조작의 개념틀이다.

Table 2. Conceptual framework for naming and discursive operations of mathematical objects (Sfard, 2008, 2021b)

Naming and discursive operation	Meaning
Naming	Naming some concrete objects
Saming	Discursive operation by assigning one signifier (giving one name) to a number of things that, so far, have not been considered as in any way “the same” but are mutually replaceable in a certain closed set of narratives
Encapsulation	Discursive operation by assigning a signifier to a set of objects and using this signifier in singular when talking about a property of all of the set members taken together
Reification	Discursive operation by introducing a noun or pronoun with the help of which narratives about processes on some objects can now be told as “timeless” stories about relations between objects

연구 방법 및 절차

1. 연구 대상

본 연구에서는 Sfard (2008, 2021b)의 의사소통학적 관점에서 인공지능 수학교과서의 최적화 내용에서 사용하는 구체적 대상이 담론적 조작을 통해 담론적 대상으로 전환되는 과정을 분석하기 위하여 Table 3에서 제시한 5종의 인공지능 수학교과서의 최적화 내용에서 사용하고 있는 구체적 대상들과 담론적 대상들을 연구 대상으로 선정하였으며, 선정된 교과서는 편의상 임의대로 AM1, AM2, AM3, AM4, AM5로 코드를 부여하였다.

Table 3. AI mathematics textbooks

Book title	Authors	Publisher	Code
AI mathematics	Hong et al. (2021)	© Chunjaetextbook	AM1
	Hwang et al. (2021)	© Mirae N	AM2
	Lee et al. (2021)	© Cmass	AM3
	Oh et al. (2021)	© Kumsung Publishing	AM4
	Sung et al. (2021)	© Joongang Education	AM5

연구 대상으로 선정한 5종의 인공지능 수학교과서는 단원 간 구분에 차이가 있어 Table 4와 같이 분석 단원을 재설정할 필요가 있었다. 이에 본 연구에서는 수학과 교육과정(Ministry of Education, 2022)의 최적화 내용과 관련하여 두 가지 성취기준인 “[12인수04-03] 손실함수를 이해하고 최적화된 추세선을 찾을 수 있다.”(p. 188) 그리고 “[12인수04-04] 경사하강법을 이해하고 최적화된 예측을 위한 인공지능 학습 방법을 설명할 수 있다.”(p. 188)를 바탕으로 최적화 내용을 손실함수 단원과 경사하강법 단원으로 구분하고, 손실함수와 경사하강법 단원에 포함된 생각열기, 본문의 내용, 예제, 문제를 분석 대상으로 선정하였다.

Table 4. Unit phrases for optimization content

Unit phrases	AM1	AM2	AM3	AM4	AM5
Loss function	1 Functions to express error	01 Loss function	1 Error and loss function	1 Loss function	1 Loss function
Gradient descent	2 Optimized decision making	02 Derivatives of polynomial functions 03 Optimization	2 Gradient descent	2 Optimized decision making	2 Function's maximum & minimum

2. 연구 방법

본 연구에서는 연구문제를 해결하기 위한 연구 방법으로, 쓰여진 담론을 분석하기에 적합한 질적 내용 분석법을 사용하였다(Clark et al., 2021). 질적 내용 분석법은 교육과정 문서, 교과서, 지도서, 생활기록부, 상담일지 등의 교육 자료들을 분석하기에 적합한 방법으로(Kim, 1997), 최근 수학교육 연구에서도 해당 연구 방법을 토대로 수학교과서의 내용 및 과제를 분석한 연구들이 보고되고 있으며(Choi et al., 2024; Haghjoo et al., 2023; Jeon, 2017; Oh, 2019; Oh & Kim, 2023). 이에 본 연구에서도 인공지능 수학교과서에서 사용하고 있는 인공지능 기반 수학적 대상들에 대한 담론적 구성과 담론적 조작을 분석하기 위하여 질적 내용 분석법을 사용하였다.

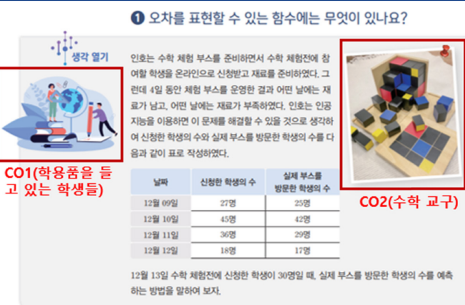
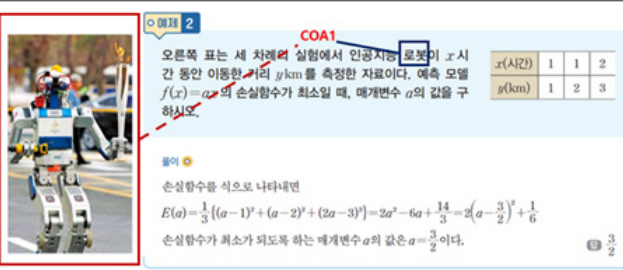
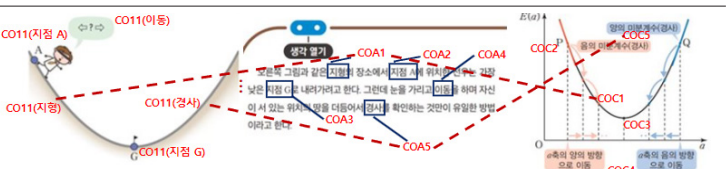
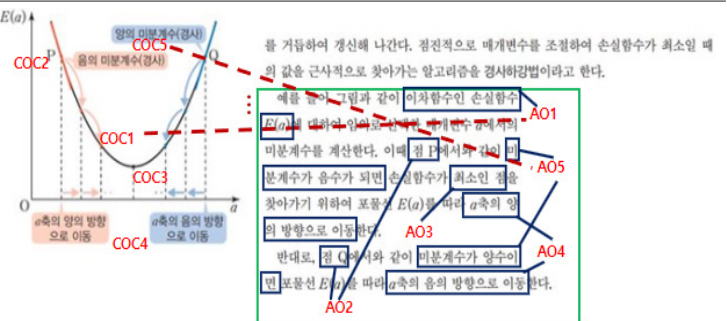
3. 연구 절차

본 연구에서는 기존의 이론을 개념적으로 확장하여 분석할 수 있는 질적 내용 분석 접근 방법 중의 하나인 지시적 내용 분석 방법을 적용하여 연구를 수행하였다(Hsieh & Shannon, 2005). 해당 접근 방법을 적용하여 수행한 연구 절차는 다음과 같다: ① 먼저 인공지능 수학교과서에서 사용하고 있는 구체적 대상들과 담론적 대상들을 추출하기 위하여 Sfard (2008, 2021b)의 수학적 대상들에 대한 구분을 토대로 1차 분석틀의 첫 번째(인공지능 기반 수학적 대상들에 대한 담론적 구성) 범주를 구성하였다. 그리고 구체적 대상에서 담론적 대상으로 전환되는 과정을 분석하기 위하여 Sfard (2008, 2021b)의 담론적 조작에 대한 구분을 토대로 1차 분석틀의 두 번째 범주(인공지능 기반 수학적 대상들의 명명하기와 담론적 조작)를 구성하였다. ② 신뢰도와 타당도를 고려하여 ①에서 구성한 1차 분석틀을 인공지능교육전문가 1인과 수학교육전문가 1인이 검토하였다. ③ 예비 연구를 수행하기 위하여 본 연구에서 연구 대상으로 선정한 임의의 인공지능 수학교과서 1종을 1차 분석틀을 사용하여 본 연구의 저자 중 1인이 분석하였으며, 본 연구의 또 다른 저자가 이를 검토하는 방식으로 신뢰도를 높일 수 있었다(Hsieh & Shannon, 2005). ④ 예비 연구 결과를 토대로 인공지능 기반 수학적 대상들에 대한 담론적 구성의 범주와 담론적 조작의 범주를 정교화하고 두 전문가가 검토하여 최종 분석틀을 구성하였다. ⑤ 최종 분석틀을 적용하여 5종의 인공지능 수학교과서에서 사용하고 있는 구체적 대상들과 담론적 대상들에 대한 담론적 구성과 그러한 구성의 형성을 이끄는 담론적 조작에 대한 연구 결과를 도출하고자 한다.

4. 분석틀


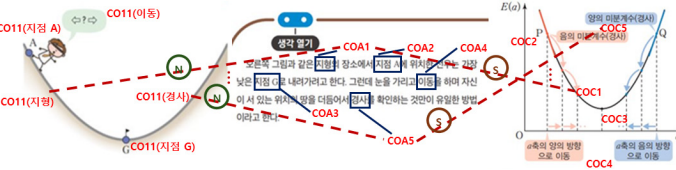

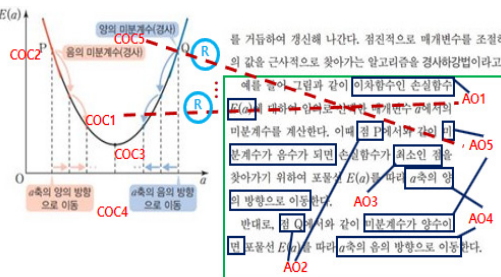
예비 연구의 결과를 바탕으로 인공지능 기반 수학적 대상들에 대한 담론적 구성을 분석하기 위하여 개발한 분석틀은 Table 5와 같다. Table 5의 분석틀을 살펴보면, 인공지능 기반 수학적 대상들은 구체적 대상, 원자적인 구체적 담론 대상, 복합적인 구체적 담론 대상, 추상적 담론 대상 범주로 구분되어 있으며 각각의 구분에 대하여 CO, COA, COC, AO로 코드화하고 있다. 그리고 분석 예시에서와 같이 인공지능 기반 수학적 대상들이 교과서에 등장한 순서를 반영할 수 있도록 코드 뒤에 순서를 붙여

Table 5. Analytical framework for discursive constructs of the mathematical objects of the AI-based mathematical objects

Objects	Meaning	Examples of analysis
Concrete object [CO]	Any perceptually accessible entity existing independently of human discourses	 <p>• Example of the real-world related photo or illustrations as concrete object (AM1, p. 107)</p>
Concrete d-object-atomic [COA]	Discursive objects that arise through the naming of familiar concrete objects	 <p>• Example of an object named with a word as a concrete d-object-atomic (AM3, p. 116)</p>
Concrete d-object-compound [COC]	Discursive objects that arise through saming or encapsulating	 <p>• Example of objects been transformed by saming as concrete d-objects-compound (AM3, p. 120, 123)</p>
Abstract d-object [AO]	Discursive objects that emerge from the reification of discursive processes	 <p>• Example of objects been transformed by reifying as Abstract d-objects (AM3, p. 123)</p>

구분하였으며, 교과서는 가로쓰기가 원칙이라는 점(Lee, 2008)에서 순서는 좌에서 우로, 위에서 아래로 부여하였다. 다음으로 인공지능 기반 수학적 대상들에 대한 담론적 조작을 분석하기 위하여 개발한 최종 분석틀은 Table 6과 같다. Table 6의 분석틀을 살펴보면, 명명하기와 담론적 조작의 범주로는 명명하기, 동일화, 캡슐화, 구체화로 구분되어 있으며 각각의 구

Table 6. Analytical framework for naming and discursive operations of the AI-based mathematical objects

Naming and discursive operation	Meaning	Examples of analysis
Naming (N)	Naming some concrete objects	 <p>인정한 두 도로 X, Y에 대하여 도로 X를 지나가는 자동차들의 주행 속도로부터 도로 Y를 지나가는 자동차들의 주행 속도를 예측하는 최적의 모델을 인공지능이 만드는 과정을 살펴보자.</p> <p>COA2 (N)</p> <p>COA1 (N)</p> <p>COA8(도로 Y를 지나가는 자동차)</p> <p>COA8(도로 X를 지나가는 자동차)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Example of the concrete object named with a specific word (AM3, p. 112)
Saming (S)	Discursive operation by assigning one signifier (giving one name) to a number of things that, so far, have not been considered as in any way “the same” but are mutually replaceable in a certain closed set of narratives	 <ul style="list-style-type: none"> • Example of the concrete d-object-atomic and the concrete d-object-compound connected by saming (AM3, p. 120, 123)
Encapsulation (E)	Discursive operation by assigning a signifier to a set of objects and using this signifier in singular when talking about a property of all of the set members taken together	<p>3 C1 셀부터 D16 셀을 선택한 후 메뉴에서 6 [삽입]-[차트]를 선택하면 7 그래프를 그릴 수 있다.</p>  <ul style="list-style-type: none"> • Example of the concrete d-object-atomic and the concrete d-object-compound connected by encapsulating (AM3, p. 119)
Reification (R)	Discursive operation by introducing a noun or pronoun with the help of which narratives about processes on some objects can now be told as “timeless” stories about relations between objects	 <p>를 거듭하여 갱신해 나간다. 결정적으로 매개변수를 조절하여 손실함수가 최소인 때의 값을 근사적으로 찾아가는 알고리즘을 경사하강법이라고 한다.</p> <p>예를 들어 그림과 같이 미분가능인 손실함수 $L(a)$에 대해 임의의 초기 매개변수 a에 대한 미분계수를 계산한다. 이때 경사하강법 알고리즘의 미분계수가 음수가 되면 손실함수가 최소인 점을 찾아가기 위하여 포괄수 $E(a)$를 따라 a축의 양의 방향으로 이동한다. 반대로, 임의의 초기 매개변수 a에 대한 미분계수가 양수이면 포괄선 $E(a)$를 따라 a축의 음의 방향으로 이동한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Example of narrative about the AI-based mathematical object transformed into a noun or pronoun by reification (AM3, p. 123)

분에 대하여 (N), (S), (E), (R)로 코드화하였다.

예를 들어, CO2-(N)-COA1은 ‘인공지능 수학교과서에서 2번째로 등장한 구체적 대상 CO2가 명명하기(N)를 통해 원자적인 구체적 담론 대상 COA1로 전환되었으며, 복합적인 구체적 담론 대상으로의 전환되지 않았음’을 의미한다.

연구결과

1. 손실함수 단원의 담론적 구성과 담론적 조작 분석 결과

첫 번째 연구문제를 해결하기 위하여 인공지능 수학교과서의 손실함수 단원에서 사용하고 있는 구체적 대상을 조사하였다. 그 결과, 3종의 인공지능 수학교과서(AM1, AM2, AM3)는 손실함수 단원에서 구체적 대상들을 사용하고 있었지만, 2종의 인공지능 수학교과서(AM4, AM5)는 손실함수 단원에서 구체적 대상을 사용하지 않는 것으로 나타났다. 손실함수 단원에서 사용하고 있는 구체적 대상들로는 여학생과 남학생이 각각 삼각자와 연필을 들고 있는 삽화(CO1), 수학 교구 사진(CO2), 주사위 사진(CO3), 두 직원이 기계를 점검하는 삽화(CO4), 버스와 버스를 기다리는 승객 삽화(CO5), 과학자가 실험을 하는 삽화(CO6), 한 여학생이 스마트폰으로 할인쿠폰을 확인하는 삽화(CO7), 4차선 도로와 2차선 도로를 지나는 자동차 삽화(CO8), 로봇의 이동 사진(CO9)과 같이 총 9개로 나타났다(Figure 3).



Figure 3. COs in the loss functions section of AM.

다음으로, 인공지능 수학교과서의 손실함수 단원에서 사용하고 있는 Figure 3의 구체적 대상들을 명명하는 원자적인 구체적 담론 대상들을 조사하였다. 그 결과, CO2, CO5, CO7, CO8, CO9는 구체적 대상들을 명명하는 원자적인 구체적 담론 대상이 존재하였지만, CO1, CO3, CO4, CO6은 구체적 대상들을 명명하는 원자적인 구체적 담론 대상들이 존재하지 않았다. 먼저 구체적 대상을 명명하는 원자적인 구체적 담론 대상이 존재하지 않는 경우를 살펴보면, Figure 4와 같이 두 직원이 기계를 점검하는 삽화에서 CO4는 본문의 내용에서 구체적 대상으로 사용되고 있었지만 CO4를 명명하는 원자적인 구체적 담론 대상이 본문의 내용에서 사용되고 있지 않았다. 따라서 CO4는 원자적인 구체적 담론 대상으로 전환되지 못하였다.

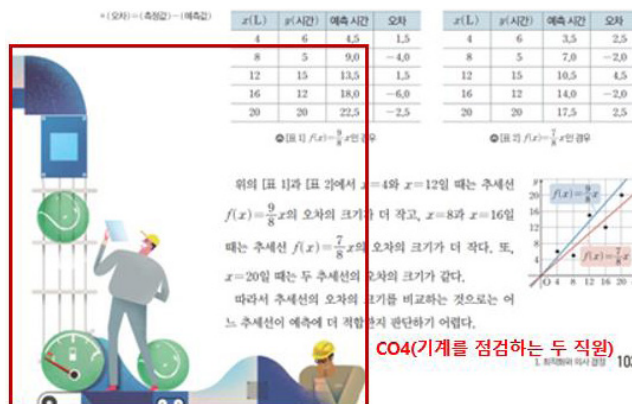


Figure 4. Example of failing to transformation from CO to COA (AM2, p. 103).

다음으로 구체적 대상을 명명하는 원자적인 구체적 담론 대상이 존재하는 경우를 살펴보면, Figure 5와 같이 CO5는 예제에서 사용하고 있는 ‘버스(COA1)’와 ‘버스를 기다리는 승객(COA2)’이라는 원자적인 구체적 담론 대상들이 각각 구체적 대상인 버스 삽화(CO5(버스))와 버스를 기다리는 승객 삽화(CO5(버스를 기다리는 승객))를 명명하고 있었다(Figure 5의 빨간색 점선 참조). 따라서 CO5는 CO5(버스)- \textcircled{N} -COA1과 CO5(버스를 기다리는 승객)- \textcircled{N} -COA2로 전환되었다.

예제 1 오른쪽은 어느 정류장에 정차하는 서로 다른 노선 버스 6대의 배차 간격 x 분과 각 버스를 기다리는 승객 수 y 명 사이의 관계를 표로 나타낸 자료이다. 다음에 답하시오.

x (분)	y (명)
3	5
6	8
9	11
3	3
6	4
9	5

(1) 추세선 $f(x) = ax$ 에 대한 손실함수 $L(a)$ 를 구하시오.
 (2) 세 추세선
 A: $f(x) = \frac{4}{3}x$,
 B: $f(x) = \frac{2}{3}x$,
 C: $f(x) = x$
 중에서 어느 추세선이 자료의 예측에 가장 적합한지 말하시오.

Figure 5. Example of transformation from COs to COAs (AM2, p. 105).

다음으로, 인공지능 수학교과서의 손실함수 단원에서 사용하고 있는 원자적인 구체적 담론 대상을 동일화하거나 캡슐화하는 복합적인 구체적 담론 대상을 조사하였다. 그 결과, 원자적인 구체적 담론 대상들은 모두 복합적인 담론 대상으로 전환되지 못하였다. 구체적으로 예제에서 사용하고 있는 ‘버스를 기다리는 승객 수(COA2)’는 대응표의 y 와 연결되었지만(Figure 6의 빨간색 점선 참조, Figure 6의 복잡도로 인해 CO5(버스)와 COA1, CO5(버스를 기다리는 승객 수)와 COA2 사이의 빨간색 점선은 생략), ‘버스(COA1)’는 연결되는 대상이 존재하지 않아 복합적인 구체적 담론 대상으로 개발되지 못했다. 왜냐하면 예제에서 제시된 내용은 구체적 대상을 명명하는 원자적인 구체적 담론 대상인 ‘버스(COA1)’와는 무관한 ‘버스의 배차 간격’에 대한 것이었기 때문이다.

예제 1 오른쪽은 어느 정류장에 정차하는 서로 다른 노선 버스 6대의 배차 간격 x 분과 각 버스를 기다리는 승객 수 y 명 사이의 관계를 표로 나타낸 자료이다. 다음에 답하시오.

x (분)	y (명)
3	5
6	8
9	11
3	3
6	4
9	5

(1) 추세선 $f(x) = ax$ 에 대한 손실함수 $L(a)$ 를 구하시오.
 (2) 세 추세선
 A: $f(x) = \frac{4}{3}x$,
 B: $f(x) = \frac{2}{3}x$,
 C: $f(x) = x$
 중에서 어느 추세선이 자료의 예측에 가장 적합한지 말하시오.

Figure 6. Example of failing transformation from COA to COC (AM2, p. 105).

2. 경사하강법 단원의 담론적 구성과 담론적 조작 분석 결과

두 번째 연구문제를 해결하기 위하여 인공지능 수학교과서의 경사하강법 단원에서 사용하고 있는 구체적 대상을 조사하였다. 그 결과, 4종의 인공지능 수학교과서(AM1, AM3, AM4, AM5)는 경사하강법 단원에서 구체적 대상들을 사용하고 있었지만, 1종의 인공지능 수학교과서(AM2)는 경사하강법 단원에서 구체적 대상을 사용하지 않는 것으로 나타났다. 경사하강법 단

원에서 사용하고 있는 구체적 대상들로는 스키점프를 하고 있는 선수 사진(CO10), 선수가 포물선 형태 지형의 지점 A에서 지점 G로 경사를 타고 아래로 이동하는 삽화(CO11), 한 남자가 경사를 타고 내려가는 삽화(CO12), 한 남자가 야간에 손전등을 켜고 하산을 하는 삽화(CO13), 골프장에서 퍼팅하는 삽화(CO14), 모니터에 시각화된 데이터가 그려져 있는 삽화(CO15)와 같이 총 6개로 나타났다(Figure 7).

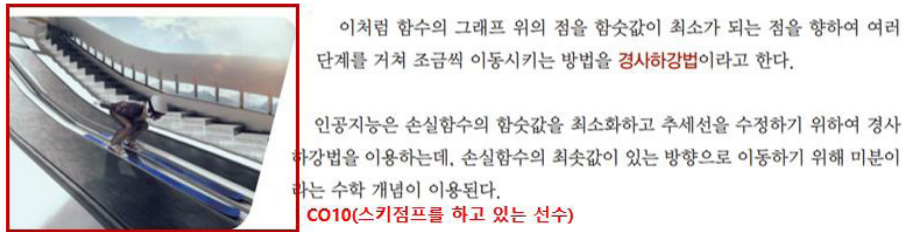


Figure 7. COs in the gradient descent section of AM.

다음으로 인공지능 수학교과서의 경사하강법 단원에서 사용하고 있는 Figure 7의 구체적 대상들을 명명하는 원자적인 구체적 담론 대상들을 조사하였다. 그 결과, CO11, CO13, CO14는 구체적 대상들을 명명하는 원자적인 구체적 담론 대상이 존재하였지만, CO10, CO12, CO15는 구체적 대상들을 명명하는 원자적인 구체적 담론 대상들이 존재하지 않았다. 먼저 구체적 대상을 명명하는 원자적인 구체적 담론 대상이 존재하지 않는 경우를 살펴보면, Figure 8과 같이 스키점프를 하고 있는 선수 사진에서 CO10은 본문의 내용에서 구체적 대상으로 사용되고 있었지만 CO10을 명명하는 원자적인 구체적 담론 대상이 본문의 내용에서 사용되고 있지 않았다. 따라서 CO10은 원자적인 구체적 담론 대상으로 전환되지 못하였다.



Figure 8. Example of failing to transformation from CO to COA (AM1, p. 110).

또 다른 구체적 대상을 명명하는 원자적인 구체적 담론 대상이 존재하지 않는 경우를 살펴보면, Figure 9와 같이 한 남자가 경사를 타고 내려가는 삽화에서 CO12는 본문의 내용에서 구체적 대상으로 사용되고 있었지만, CO12를 원자적인 구체적 대상으로 명명하는 과정은 생략한 채 ‘손실함수의 최소값을 찾아가는 경사하강법’과 같이 새로운 명사를 도입하여 구체화를 시도하고 있었다. 하지만 CO12와 ‘손실함수의 최소값을 찾아가는 경사하강법’의 내러티브는 연결되지 못하였으며, CO12는 원자적인 구체적 담론 대상으로 전환되지 못하였다.



Figure 9. Example of failing to transformation from CO to COA (AM3, p. 120).

다음으로 구체적 대상을 명명하는 원자적인 구체적 담론 대상이 존재하는 경우를 살펴보면, Figure 10 (AM3, p. 120, 독자들의 편의를 위해 내러티브의 위치 수정)과 같이 CO11은 생각열기에서 사용하고 있는 선수가 포물선 형태 지형의 지점 A에서 지점 G로 경사를 타고 아래로 이동하는 삽화에서 CO11 (지형), CO11 (지점 A), CO11 (지점 G), CO11 (이동), CO11 (경사)라는 구체적 대상을 생각열기 내러티브에서 각각 COA1 (지형), COA2 (지점 A), COA3 (지점 G), COA4 (이동), COA5 (경사)의 원자적인 구체적 담론 대상들을 명명하고 있었다. 따라서 CO11 (지형)- \textcircled{N} -COA1, CO11 (지점 A)- \textcircled{N} -COA2, CO11 (지점 G)- \textcircled{N} -COA3, CO11(이동)- \textcircled{N} -COA4, CO11 (경사)- \textcircled{N} -COA5로 전환되었다고 볼 수 있다(Figure 10의 빨간색 점선 참조, Figure 10의 복잡도로 인해서 CO11 (지형)과 COA1, CO11 (경사)과 COA5 외의 점선은 생략).

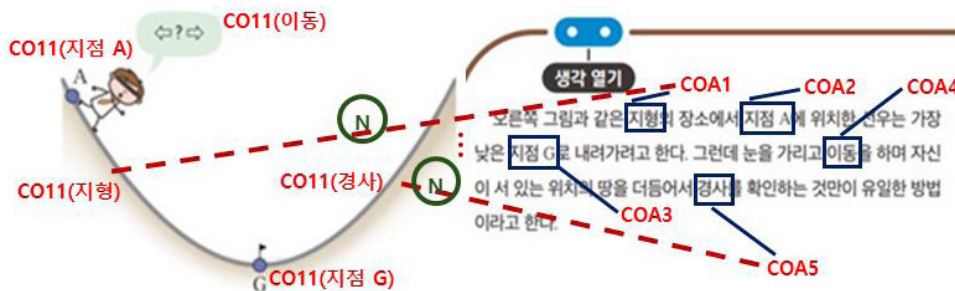


Figure 10. Example of transformation from COs to COAs (AM3, p. 120).

다음으로 인공지능 수학교과서의 경사하강법 단원에서 사용하고 있는 원자적인 구체적 담론 대상을 동일화하거나 캡슐화하는 복합적인 구체적 담론 대상을 조사하였다. 그 결과, 명시적으로 원자적인 구체적 담론 대상들에서 복합적인 담론 대상으로 전환되는 사례는 존재하지 않았다. 하지만, AM3의 생각열기(AM3, p. 120)에서 사용하고 있는 원자적인 구체적 담론 대상들이 본문의 내용(AM3, p. 123)에서 사용하고 있는 시각적 매개체인 그래프와 동일화 과정을 통해 암묵적으로 복합적인 구체적 담론 대상으로 전환되고 있음을 발견할 수 있었다(Figure 11, 독자들의 편의를 위해 내러티브의 위치 수정). 구체적으로 원자적인 구체적 담론 대상이 동일화 과정을 통해 복합적인 구체적 담론 대상으로 전환되는 경우를 살펴보면, Figure 11과 같이 생각열기에서 COA1 (지형), COA2 (지점 A), COA3 (지점 G), COA4 (이동), COA5 (경사)라는 원자적인 구체적 담론 대상들이 본문의 내용 그래프에서 각각 COC1 (이차함수인 손실함수), COC2 (점 P 또는 점 Q), COC3 (그래프의 꼭짓점), COC4 (a축의 양의 방향으로 이동 또는 a축의 음의 방향으로 이동), COC5 (음의 미분계수[경사] 또는 양의 미분계수[경사])의 복합적인 구체적 담론 대상들과 동일화되고 있었다. 따라서 CO11 (지형)- \textcircled{N} -COA1- \textcircled{S} -COC1, CO11 (지점 A)- \textcircled{N} -COA2- \textcircled{S} -COC2, CO11 (지점 G)- \textcircled{N} -COA3- \textcircled{S} -COC3, CO11 (이동)- \textcircled{N} -COA4- \textcircled{S} -COC4, CO11 (경사)- \textcircled{N} -COA5- \textcircled{S} -COC5로 전환되었다고 볼 수 있다(Figure 11의 빨간색 점선 참조, Figure 11의 복잡도로 인해서 CO11 (지형)- \textcircled{N} -COA1- \textcircled{S} -COC1, CO11 (경사)- \textcircled{N} -COA5- \textcircled{S} -COC5 외의 점선은 생략).

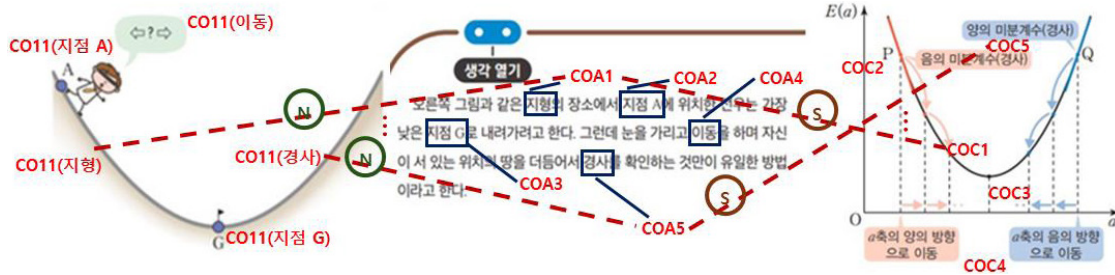


Figure 11. Example of transformation from COAs to COCs (AM3, p. 120, 123).

마지막으로 인공지능 수학교과서의 경사하강법 단원에서 사용하고 있는 복합적인 구체적 담론 대상을 구체화하는 추상적 담론 대상을 조사하였다. 그 결과, 명시적으로 복합적인 구체적 담론 대상에서 추상적인 담론 대상으로 전환되는 사례는 존재하지 않았다. 하지만 AM3의 본문의 내용(AM3, p.123)에서 사용하고 있는 복합적인 구체적 담론 대상들이 구체화 과정을 통해 암묵적으로 추상적 담론 대상으로 전환될 수 있음을 발견하였다(Figure 12, 독자들의 편의를 위해 내러티브의 위치 수정). 구체적으로 복합적인 구체적 담론 대상이 구체화 과정을 통해 추상적 담론 대상으로 전환되는 경우를 살펴보면, Figure 12와 같이 본문의 내용에서 COC1 (이차함수 그래프), COC2 (점 P 또는 점 Q), COC3 (그래프의 꼭짓점), COC4 (a축의 양의 방향으로 이동 또는 a축의 음의 방향으로 이동), COC5 (음의 미분계수[경사] 또는 양의 미분계수[경사])라는 복합적인 구체적 담론 대상들은 각각 AO1 (이차함수인 손실함수), AO2 (점), AO3 (최소인 점), AO4 (이동), AO5 (미분계수)의 추상적 담론 대상으로 구체화되었다. 이러한 AO1에서 AO5를 포함한 탈인간화(alienation)를 요구하는 내러티브를 통해 본문의 내용에 포함된 초록색 네모 박스에서 “매개변수를 조절하여 손실함수가 최소일 때의 값을 근사적으로 찾아가는 알고리즘”이라는 새로운 AO로 전환되었고 “경사하강법이라고 한다”와 같이 명명하기를 통해 새로운 명사가 포함된 AO'으로 대상화될 수 있다는 것을 발견할 수 있었다. 따라서 CO11 (지형, ..., 경사)-N-COA1~5-S-COC1~5-R-AO1-5로 대상화되었다고 볼 수 있고 이렇게 개발된 AO1-AO5는 탈인간화(alienation)를 요구하는 내러티브를 통해 새로운 AO로 대상화되었고 추상적 담론 대상들의 내러티브와 명명하기를 통해 AO가 다시 AO' (경사하강법)으로 대상화되었다고 볼 수 있다(Figure 12의 빨간색 점선 참조, Figure 12의 복잡도로 인해서 COC1과 AO1, COC5와 AO5 외의 점선은 생략).

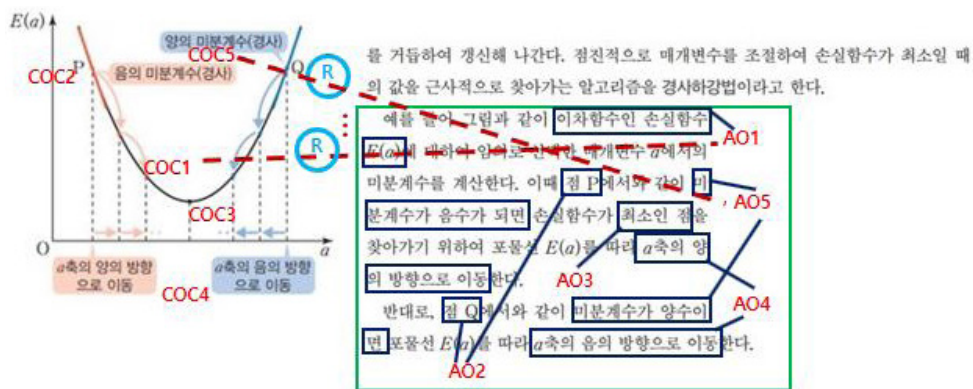


Figure 12. Example of transformation from COCs to AOs (AM3, p. 123).

결론 및 제언

본 연구의 목적은 인공지능 수학교과서의 최적화 내용에서 사용하는 구체적 대상이 명명하기와 담론적 조작을 통해 담론적 대상으로 전환되는 과정을 분석함으로써 인공지능 기반 수학적 대상들에 대한 담론적 구성을 밝히는 것이었다. 이러한 목적을 달성하기 위해 5종의 고등학교 인공지능 수학교과서의 최적화 내용에서 사용하는 구체적 대상을 추출하고, 담론적 대상을 분

석할 수 있는 인공지능 기반 수학적 대상들에 대한 담론적 구성 및 담론적 조작 분석들을 개발하였다. 그리고 해당 분석들을 적용하여 인공지능 기반 수학적 대상들에 대한 담론적 구성을 이끄는 담론적 조작을 분석하였다. 이와 같은 분석 결과를 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 인공지능 수학교과서의 최적화 내용에서는 구체적 대상들을 적극적으로 사용하고 있지 않은 것으로 나타났다. 연구 결과를 살펴보면, 인공지능 수학교과서의 최적화 내용에서 5종의 AM1, AM2, AM3, AM4, AM5 교과서 모두 구체적 대상들을 사용하고 있었지만 각각 4개, 3개, 5개, 2개, 1개로 평균 3개에 불과하였다. 이러한 결과는 구체적 대상이 추상적인 수학적 대상을 개발함에 있어 출발점이 되고, 학생들의 흥미를 유발한다는 점에서 그 필요성과 중요성을 보고한 Chae (2023)와 Haghjoo 외 (2023)의 연구 결과와는 다른 흐름을 보여준다.

둘째, 인공지능 수학교과서의 최적화 내용에서 사용하는 대부분의 구체적 대상들이 담론을 개발하고 구성하는데 적합하지 않은 것으로 나타났다. 연구 결과를 살펴보면, 최적화 내용에서 사용하고 있는 구체적 대상 15개 중 명명하기와 담론적 조작을 통해 추상적 담론 대상으로 전환된 구체적 대상의 개수는 1개에 불과하였으며, 특히, 손실함수 단원에서 사용하고 있는 구체적 대상들 중 복합적인 구체적 담론 대상으로 전환된 구체적 대상의 개수는 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 내용과 연결시키기 어렵거나 관련이 없는 구체적인 대상들의 문제점을 보고한 Jeong (2012)의 연구와 그 흐름을 같이한다. 따라서 본 연구에서는 Sfard (2008)의 의사소통학적 관점에서 고등학교 인공지능 수학교과서의 최적화 내용에서 사용하는 구체적 대상과 추상적 대상을 기반으로 명명하기와 세 가지 담론적 조작을 통해 담론적 대상으로 전환되는 담론적 구성을 구체화하였다. 이를 바탕으로 학생들에게 인공지능 기반 수학적 담론에 탐구적으로 참여할 수 있는 기회를 제공하는 인공지능 기반 수학적 대상들의 구성 방법이 구체적으로 무엇인지를 밝혔는데 그 의의가 있다.

이와 같은 결론을 바탕으로 교육과정, 교수, 연구, 측면에서 다음과 같은 제언을 하고자 한다. 첫째, 교육과정 측면에서 담론적 대상으로 전환이 어려운 구체적 대상들을 개선하여 학생들이 인공지능 기반 수학적 담론의 구체적 대상에서 추상적 담론을 개발할 수 있도록 단계별 기회를 제공할 필요가 있다. 학생들이 수학적 정보를 흥미롭게 읽어낼 수 있도록 개발된 구체적 대상은 해당 대상을 사용하고 의미를 해석하는 과정을 통해 담론에 탐구적으로 참여할 수 있는 기회를 제공해줄 수 있다(Hong, 2019). 따라서 교과서의 생각열기, 본문 또는 문제의 내용과 관련이 적고 학생들에게 의미가 결여된 구체적 대상들은 지양하고, 담론적 대상으로 전환이 가능한 구체적 대상을 제시할 뿐 아니라 이러한 구체적 대상을 기반으로 원자적인 구체적 담론 대상과 복합적인 구체적 담론 대상과 명시적으로 연결된 내러티브를 활용하여 학생들이 자연스럽게 추상적 담론 대상으로 접근할 수 있도록 문서화된 교육과정의 담론적 구성 과정을 보다 단계별로 구체화하고 체계화할 필요가 있다. 인공지능 수학교과서의 담론은 인공지능 담론과 수학적 담론이라는 서로 다른 두 담론이 공존하는 교육과정이기 때문에 학생들의 학습에 어려움이 더 많을 수 밖에 없다. 따라서 이러한 두 담론을 함께 구성하고 개발하는데 있어 구체적 대상에서 추상적 담론 대상으로 단계를 더 세분화하고 이러한 단계를 기반으로 명시적인 담론적 조작 활동을 제시할 필요가 있다. 또한 추상화된 대상들이 개발된 후에 탈인간화(alienation)를 요구하는 내러티브를 전개하는 대상화 과정에서 추상적 대상들의 간의 연결성이나 용어의 정의를 좀 더 명시적으로 교육과정에 제시할 필요가 있다.

둘째, 교수 측면에서 교사는 실제 수업에서 구체적 대상들을 학생들에게 어떻게 소개하고 담론적 대상으로의 전환을 도울 수 있을지 고민하여 학생들이 인공지능 기반 수학적 담론에 탐구적으로 참여할 수 있는 기회를 제공할 수 있는 담론적 구성 경험을 제시할 필요가 있다. 의도된 교육과정 측면에서 교사가 인공지능 기반 수학적 대상들의 담론적 구성과 그러한 구성 과정을 이끄는 담론적 조작을 이해하는 것이 중요하다. 또한, 실행된 교육과정 측면에서 실제 수업에서 구체적 대상을 학생들에게 어떻게 소개하고 대상에 대한 대상화 과정을 위한 동일화, 캡슐화, 구체화와 같은 담론적 조작 활동을 어떻게 역동적으로 계획하는지에 따라 학생들은 인공지능 기반 수학적 담론에 모방적으로 참여하거나 탐구적으로 참여할 수 있다는 사실을 인식하는 것도 중요하다. 따라서 구체적 대상을 학생들에게 소개하고 구체적 대상을 추상적 대상으로 전환하는 과정에서 교사는 원자적인 구체적 담론 대상과 복합적인 구체적 담론 대상과의 연결성을 명시적으로 제시하고 구체화의 다양한 예제를 통해 구체적 대상에서 추상적 담론 대상으로 담론적 구성을 효율적으로 전환하는 방안을 고민할 필요가 있다. 더욱이 교사는 학생과 함께 추상화된 대상들을 다시 대상화하는 과정에서 필요한 탈인간화(alienation)를 요구하는 내러티브의 효율적 활용 방안을 개발할 필요가 있다.

마지막으로 연구 측면에서 담론적 대상으로 전환이 어려운 구체적 대상들을 개선하여 실제 수업에서 사용할 때, 학생들이 구체적 대상을 어떻게 담론적 대상으로 개발시키는지 그 과정을 살펴볼 필요가 있다. 본 연구에서는 문서화된 교육과정 측면에서 어떻게 구체적 대상이 명명하기와 담론적 조작을 통해 추상적 담론 대상으로 개발되거나 혹은 그렇지 못하는지를 구체화하였다. 하지만 실제 수업에서 학생들이 구체적 대상을 사용할 때, 다른 여러 가지 요인들에 의해서 구체적 대상이 추상적 담론 대

상으로 개발되거나 혹은 그렇지 못할 수도 있다. 따라서 학생들이 구체적 대상을 사용할 때 구체적 대상을 추상적 담론 대상으로 개발시키는 구체적인 방법과 요인이 무엇인지를 실행된 교육과정 측면에서 후속 연구로 진행할 필요가 있다.

Endnote

¹⁾인공지능 기반 수학적 담론이란 인공지능 수학교과서에서 사용되어지는 수학적 담론을 의미한다. 본 논문에서는 인공지능 수학교과서의 최적화 내용에서 용어의 사용과 시각적 매개체에 대한 담론을 의미한다.

²⁾담론적 구성이란 Sfard (2021a)가 창안한 개념으로서, 수학적 담론에 참여한 주체들이 의사소통 과정에서 생성하고 창발하는 수학적 대상들을 의미한다. 이러한 담론적 대상의 유형으로는 원자적인 구체적 담론 대상, 복합적인 구체적 담론 대상 그리고 추상적 담론 대상이 있으며, 각각의 대상에 대해서는 이론적 배경 장에서 설명한다. 본 논문에서는 학습자의 담론적 대상 개발의 잠재성을 이해하기 위해 인공지능 수학교과서에서 용어의 사용과 시각적 매개체와 같은 담론적 대상들이 대상화되는 방식이다.

³⁾담론적 조작이란 수학적 대상들에 대한 담론적 구성을 이끄는 의사소통학적 행위(act)이다. Sfard (2021b)는 수학적 대상이 담론적 조작의 결합을 통해 생성될 수 있으며, 이러한 담론적 조작의 유형에는 동일화(saming), 캡슐화(encapsulation), 구체화(reification)가 있다고 보고하였다. 본 연구에서는 인공지능 수학교과서에서 용어의 사용과 시각적 매개체의 담론적 특징을 다룬다. 각각의 담론적 조작에 대해서는 이론적 배경 장에서 설명한다.

ORCID

Young-Seok Oh: <https://orcid.org/0000-0002-5764-6422>

Dong-Joong Kim: <https://orcid.org/0000-0001-7607-5664>

Conflict of Interest

The authors declare that they have no competing interests.

Acknowledgments

This research was supported by the College of Education, Korea university Grant in 2024.

References

- Chae, H. (2023). *Discursive analysis of the velocity chapters in calculus textbooks: Focusing on the objectifications and the realization trees of velocity, acceleration, and distance* [Master's thesis, The Graduate School Seoul National University].
- Choi, Y., Oh, Y., & Kim, D. (2024). Analysis of mathematical connection components of the trigonometric ratio tasks in middle school and survey of teachers' perceptions and practical measures. *The Mathematical Education*, 63(1), 63-83. <http://doi.org/10.7468/mathedu.2024.63.1.63>
- Clark, T., Foster, L., Sloan, L., & Bryman, A. (2021). *Bryman's social research methods* (6th ed.). Oxford University Press.
- Element AI (2020). *Global AI talent report 2020*. <https://jfgagne.com/global-ai-talent-report-2020/>
- Haghjoo, S., Radmehr, F., & Reyhani, E. (2023). Analyzing the written discourse in calculus textbooks over 42 years: The case of primary objects, concrete discursive objects, and a realization tree of the derivative at a point. *Educational Studies in Mathematics*, 112(1), 73-102. <https://doi.org/10.1007/s10649-022-10168-y>
- Hong, G. (2019). The connection between illustrations and contents in elementary mathematics textbooks. *The math-*

- emational Education*, 58(2), 225–237. <http://doi.org/10.7468/mathedu.2019.58.2.225>
- Hong, J., Park, J., Seol, J., Oh, S., Park, M., & Park, S. (2021). *AI mathematics*. Chunjaetextbook.
- Hsieh, H. F., & Shannon, S. E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative Health Research*, 15(9), 1277–1288. <https://doi.org/10.1177/1049732305276687>
- Hwang, S., Kwon, S., Jeong, D., Park, S., & Hong, C. (2021). *AI mathematics*. Mirae-n.
- Jeon, S. (2017). *A systemic functional linguistic study on analyzing the structure of teaching practice of high school mathematics lessons from the perspective of mathematical objects* [Doctoral dissertation, The Graduate School of Yeungnam University].
- Jeong, E. (2012). Mathematics as a communication in elementary school mathematics textbooks. *School Mathematics*, 14(3), 377–394.
- Kim, H. (2021). A study on the revision direction of high school mathematics education for artificial intelligence literacy. *Journal of Education & Culture*, 27(3), 245–264. <http://doi.org/10.24159/joec.2021.27.3.245>
- Kim, Y. (1997). Methods and processes of qualitative research for exploring educational phenomena in schooling. *Korean Journal of Educational Research*, 35(5), 135–170.
- Koh, H. (2020). A study on development of school mathematics contents for artificial intelligence (AI) capability. *Journal of the Korean School Mathematics*, 23(2), 223–237. <http://doi.org/10.30807/ksms.2020.23.2.003>
- Ku, N., & Choi, I. (2022). An analysis of the <artificial intelligence mathematics> textbook: Focusing on forecast and optimization. *Journal of Educational Research in Mathematics*, 32(2), 125–147. <http://doi.org/10.29275/jerm.2022.32.2.125>
- Kwon, O., Lee, K., Oh, S., & Park, J. (2021). An analysis of ‘related learning elements’ reflected in <artificial intelligence mathematics> textbooks. *Communications of Mathematical Education*, 35(4), 445–473. <http://doi.org/10.7468/jks-mee.2021.35.4.445>
- Lee, H., Lee, J., Lee, K., Kim, T., & Park, J. (2021). *AI mathematics*. Cmass.
- Lee, S. (2008). *60 years of our language*. The National Institute of the Korean Language.
- Lee, S., Koh, H., Kim, Y., Park, J., Song, S., Oh, S., Yoo, Y., Lee, J., Lee, J. W., Lee, H., Choi, I., & Hong, O. (2020). *2015 revised curriculum mathematics for AI course draft development study*. KOFAC Research Report BD20100001.
- Ministry of Education (2020). *Mathematics curriculum*. 2020–236 (Book 8).
- Ministry of Education (2022). *Mathematics curriculum*. 2022–33 (Book 8).
- Ministry of Science and ICT (2019). *National strategy for artificial intelligence*. Ministry of Science and ICT.
- Oh, H., Heo, S., Jo, S., Jeong, Y., & Kwon, S. (2021). *AI mathematics*. Kumsung Publishing.
- Oh, Y. (2019). An analysis of components of reasoning process according to the levels of cognitive demands of the reasoning tasks: focused on the highschool level mathematical sequence. *Communications of Mathematical Education*, 33(3), 395–423. <http://doi.org/10.7468/jksmee.2019.33.3.395>
- Oh, Y., & Kim D. (2023). An analysis of characteristics of open-ended tasks presented in sequences of high school mathematics textbooks: Focusing on cognitive demands. *The Mathematical Education*, 62(2), 257–268. <https://doi.org/10.7468/mathedu.2023.62.2.257>
- Park, S. (2021). *Development of school mathematics curriculum standards in the preparation for AI era* [Doctoral dissertation, The Graduate School of Korea University].
- Sfard, A. (2008). *Thinking as communicating: Human development, the growth of discourses, and mathematizing*. Cambridge University.
- Sfard, A. (2021a). Bewitched by language: Questions on language for mathematics education researcher. In N. Planas, C. Morgan, & M. Schütte (Eds.), *Classroom research on mathematics and language* (pp. 41–59). Routledge.
- Sfard, A. (2021b). Taming fantastic beasts of mathematics: Struggling with incommensurability. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 9(2), 572–604. <https://doi.org/10.1007/s40753-021-00156-7>
- Sung, D., Kim, S., Min, K., Yu, S., Kim, J., Kim, J. S., & Woo, H. (2021). *AI mathematics*. Joongang Education.

인공지능 수학교과서의 최적화 내용에서 사용하는 인공지능 기반 수학적 대상들에 대한 담론적 구성 분석

오영석¹, 김동중^{2*}

¹고려대학교 대학원생

²고려대학교 교수

*교신저자: 김동중(dongjoongkim@korea.ac.kr)

초 록

본 연구의 목적은 인공지능 수학교과서의 최적화 내용에서 사용하는 구체적 대상이 명명하기와 담론적 조작을 통해 담론적 대상으로 전환되는 과정을 분석함으로써 인공지능 기반 수학적 대상들에 대한 담론적 구성을 밝히는 것이었다. 이러한 목적을 달성하기 위해 5종의 고등학교 인공지능 수학교과서의 최적화 내용에서 사용하는 구체적 대상을 추출하고, 담론적 대상을 분석할 수 있는 인공지능 기반 수학적 대상들에 대한 담론적 구성과 담론적 조작 분석틀을 개발하였다. 연구 결과, 최적화 내용의 손실함수 단원과 경사하강법 단원에서 사용하는 구체적 대상은 총 15개였으며, 명명하기와 담론적 조작을 통해 추상적 담론 대상으로 창발하는 구체적 대상은 1개인 것으로 나타났다. 이러한 연구 결과는 문서화된 교육과정 측면에서 인공지능 기반 수학적 대상들에 대한 담론적 구성을 구체화하고 학생들이 인공지능 기반 수학적 담론을 탐구적으로 개발할 수 있는 실천 방안을 제공할 수 있다는데 그 의미가 있을 뿐 아니라, 인공지능 기반 수학적 대상에 대한 효과적인 담론적 구성 과정과 교육과정 개발에 시사점을 제공할 수 있을 것이다.

주요어 인공지능 수학, 인공지능 기반 수학적 대상, 담론적 구성, 담론적 조작, 최적화, 손실함수, 경사하강법

