

로봇을 활용한 수학 융합 인공지능 프로그램 개발 및 적용: 4학년 ‘각도’와 ‘사각형’ 단원을 중심으로

최선영(서울삼전초등학교, 교사)
장혜원(서울교육대학교, 교수)[†]

본 연구는 로봇을 활용한 수학 융합 인공지능교육 프로그램을 개발하고 적용하여 인공지능 및 수학적 개념에 대한 학생의 이해 특성을 분석하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 초등 인공지능교육 내용 기준을 분석하여 인공지능의 개념 요소를 추출하고, 이를 효과적으로 융합할 수 있는 수학과 성취기준을 파악하였다. 특히 로봇의 움직임을 활용하기에 적합한 각도 단원과 사각형 단원을 선택하여 그 성취기준을 인공지능교육 내용 요소와 융합하기 위해 수업을 재구성함으로써 5회기(총 15차시) 분량의 프로그램을 개발하였다. 이를 초등학교 4학년 1개 학급 22명을 대상으로 5개월에 걸쳐 적용하고 적용시 드러난 학생들의 이해를 인공지능 내용 주제별로 분석한 결과, 로봇을 활용한 수학 융합 인공지능교육 프로그램은 인공지능 원리 및 수학적 개념 이해에 도움이 되는 것으로 나타났다. 또한 로봇의 활용은 실행 과정 및 결과 도출까지 일련의 절차를 시각적으로 확인하도록 함으로써 학생들의 인공지능과 수학적 이해뿐만 아니라 수업 참여도를 제고하는 것으로 확인되었다.

I. 서론

오늘날 첨단 기술의 발달, 특히 인공지능 기술은 빅데이터, 사물인터넷, 클라우드 기술의 발달과 함께 사회를 급격하게 변화시키고 있다. 과거의 인공지능 기술은 기계가 인간의 노동을 대체할 수 있는 정도였던 반면 현재의 인공지능은 인간 삶의 전 분야에 개입하면서 산업 발전뿐만 아니라 인간의 지적, 정서적 영역까지 대체할 수 있는 수준으로 발전했다. Silapachote & Srisuphab(2017)은 인공지능에 대한 교

육이 사회 변화에 있어서 핵심 요소임을 강조하고 인공지능을 기반으로 한 문제 해결 과정을 통하여 사회가 변화될 수 있다고 하였다.

이에 따라 국내에서도 다양한 인공지능교육 관련 정책이 시행되었다. 정부 차원에서 ‘인공지능 국가전략’을 발표해 3대 분야 9대 전략, 10대 실행과제를 제시하고, 인공지능 시대의 교육정책 방향과 핵심과제를 발표하였다(관계부처합동, 2020). 교육부는 미래 사회에 필요한 교육을 제공하고자 2022 개정 교육과정에서 인공지능 디지털 기초 소양을 초등학교 실과 교과와 중학교 정보 교과에 반영하고, 융합 수업으로 인공지능을 활용하도록 하고 있다(교육부, 2021).

교육 현장에서 인공지능교육을 실천하기 위해 가장 어려운 부분은 인공지능교육을 위한 특정 교과목이 마련되지 못하였고 그로 인해 지도 시수가 부족하다는 것이다. 2022 개정 교육과정에서는 초등학교 실과 교과 포함 자율시간 활용을 통한 34시간 이수 확보 권장이라고 제시하지만, 이 시간이 전부 인공지능교육에 할애되는 것은 아니기 때문에 여전히 인공지능교육에 필요한 충분한 시간이 확보되지 않았다는 것이 현장 교사들의 의견이다(이승철, 김태영, 2021). 이전 소프트웨어 교육의 경우에도 초등학교 6년간 17시간 배정으로 수업 시수 및 교육과정의 연계 부족으로 인한 내용적 부실화 문제 등의 지적이 있었다(국회입법조사처, 2019).

인공지능교육 시수를 증가시키려면 다른 교과의 시수 감소가 필요하므로 수업 시수를 늘리는 것은 현실적으로 무리가 있다. 이에 부족한 인공지능교육 시수 확보를 위한 방안으로 타 교과와의 융합교육에 대한 관심이 증가하고 있다(한지윤, 신영준, 2020). 특히 초등학교에서는 담임교사가 여러 교과를 가르치기 때문에 교육과정을 재구성하고 융합하기에 유리한 입장에

* 접수일(2023년 12월 12일), 심사(수정)일(2024년 1월 10일), 게재확정일(2024년 1월 18일)

* MSC2000분류 : 97U70

* 주제어 : 수학융합, 인공지능, 로봇, 각, 삼각형, 사각형

† 교신저자 : hwchang@snue.ac.kr

있다(정슬기, 박만구, 2023).

인공지능 구현에 필요한 수학적 원리에 대한 이해는 인공지능과 수학의 밀접한 관련성을 입증하며, 이는 인공지능교육의 중요성과 함께 수학교육의 중요성을 한층 높이고 있다. 박정인, 김성백(2022)은 수학 교과를 통해 인공지능에 대한 이해를 키울 수 있으며 인공지능의 원리와 개념을 이해하기 위한 수학 교과의 개발이 필요하다고 하였다. 인공지능과 관련된 개념이나 원리를 인공지능 기술의 기반이 되는 학문인 수학 교과와 연결 지어 융합한다면 수학 시간을 활용한 인공지능교육이 가능할 것으로 기대된다.

그러나 교과 융합 인공지능교육에 대한 선행연구를 살펴보면 교과 내용과 인공지능 내용의 융합보다는 인공지능을 도구로 활용하여 수학 교과를 효율적으로 지도하는 형태의 프로그램 개발이 많다는 특징을 보인다(최현정, 2023). 즉 인공지능 원리 자체에 대한 지도는 미흡했음을 말해준다. 인공지능과 밀접한 관계인 수학 교과내용을 이용하여 인공지능의 원리를 습득하는 수학 융합 인공지능교육 프로그램의 개발과 적용은 인공지능 및 수학적 이해와 더불어 인공지능교육 시수 부족의 문제도 해결해줄 수 있을 것으로 기대된다.

인공지능교육이 지닌 또 다른 문제점은 초등학생에게 인공지능교육 내용이 어려울 수 있다는 점이다. 김수환, 김성훈, 이민정 외(2020)는 초등학생들이 인공지능 개념을 이해하는 것은 어려울 수 있기 때문에 다양한 예제와 활동으로 학습할 수 있는 교구제를 개발할 것을 제안했다. 양현모, 김태영(2021) 역시 다양한 방법을 통해 소프트웨어교육을 시행한 것처럼 인공지능교육 역시 다양한 교수학습 방법으로 적용되어야 한다고 제안하였다. 그 다양성으로 본 연구에서 주목하는 도구는 로봇이다. 로봇은 학습자의 흥미 유발과 학습 활동 몰입에 효과적이며 피아제의 인지발달 단계 중 구체적 조작기에 해당하는 초등학생에게 적합한 학습 도구이다(노지예, 2017). 또한, 로봇을 활용한 교육은 컴퓨터 안에서 구현되는 가상 세계를 현실 세계와 물리적으로 연결하여 현실 공간에서 구현할 수 있도록 도와주어 구체적인 결과를 직관적으로 확인할 수 있게 해 준다.

이상과 같이 인공지능교육에 어려움을 유발하는 시수 부족과 난도 문제를 해결하기 위해, 본 연구에서는 수학 융합과 로봇 활용에 초점을 둔다. 시수가 부족한

인공지능교육에 대한 방안으로 인공지능과 매우 관련이 깊은 수학 교과와의 융합 교육을 시도하였고, 초등학생에게 어려운 인공지능교육을 위한 방법으로 로봇을 활용하였다. 구체적으로 로봇을 활용한 수학 융합 인공지능교육 프로그램을 개발하고, 프로그램 적용을 통해 나타나는 학생의 이해 특성을 인공지능과 수학의 측면에서 분석하고 시사점을 도출할 것이다.

II. 이론적 배경

1. 초등학교의 인공지능교육

교육부, 과학기술정보통신부, 한국과학창의재단(2020)은 인공지능교육을 ‘인공지능의 혜택을 누리기 위해 필요한 지식과 기능을 배우고, 인공지능과 함께 살아가기 위해 필요한 가치와 삶의 방식을 배우는 교육’으로 정의하며, 인공지능교육의 유형을 인공지능의 개념을 이해하고 원리를 소프트웨어로 구현하여 문제 해결 역량을 기르는 교육, 완성된 인공지능을 실생활의 문제 해결에 활용하는 능력을 기르는 교육, 인공지능 기술을 도구로 활용할 수 있도록 교육과 인공지능이 결합되는 교육의 세 가지로 제시하였다.

한편, 2022 개정 교육과정에서는 초·중등 소프트웨어 필수교육을 확대하고, 소프트웨어 교육과 인공지능을 중심으로 한 학교 교육과정을 개편하기로 하였다. 학교급별로 [표 1]과 같이 차별화된 인공지능교육을 실시하는데, 특히 초등학교의 저학년에서는 놀이와 체험을 중심으로 소프트웨어와 인공지능에 대한 이해와 흥미를 기르는 교육과정이 마련될 것이며, 고학년부터 중학교까지는 모든 학생이 소프트웨어와 인공지능에 대한 기본 소양을 습득할 수 있도록 필수교육이 강화될 것이다(교육부, 2020b)

[표 1] 학교급별 AI교육의 기본 방향(교육부, 2020b, p.21)

초등학교	→	중학교	→	고등학교
놀이·체험 중심으로 AI 소양 습득		AI의 원리 이해와 실생활 적용		AI의 원리 습득과 교과 융합

이와 같은 인공지능교육 강화 추세에 따라 인공지능교육 관련 연구의 동향을 분석한 논문들도 늘어나고 있다. 이를 통해 향후 초등학교 인공지능교육의 방

향성을 확인할 수 있었다.

첫째, 초등학교 인공지능교육은 학생들의 인지 수준을 고려하여 쉽게 가르쳐야 하며 교과 융합 교육의 방식으로 확장되어야 한다. 한지윤, 신영준(2020)은 인공지능교육에 관련된 2017년부터 2020년 8월까지의 국내 학술지와 학위 논문 분석을 통해 초등학생을 대상으로 인공지능을 어떻게 가르칠 것인가 하는 연구가 활발하게 나타나고 있으며 인공지능교육 연구의 중심성 분석 결과 인공지능교육 연구 내에서 단일 교과 혹은 교과 융합과 연계하여 인공지능을 학습하는 융합 교육 연구의 범위로 확장이 이루어지고 있다고 하였다.

둘째, 초등 인공지능교육이 더욱 내실 있게 이루어지기 위해 고학년뿐만이 아닌 중, 저학년을 위한 연구가 필요하다. 김태형, 이영준(2022)의 연구에서는 초등 인공지능교육에서 다양한 교수·학습 방법이 시도되고 있음을 확인할 수 있었으나 연구의 절반 이상이 개발 연구에만 치중되어 있으며 연구 대상의 절반 이상이 5, 6학년이고, 저학년 대상 연구는 5%에 불과하다고 하였다. 이를 통해 인공지능교육의 전 학년을 대상으로 위계성 있는 연구가 필요하다는 초등 인공지능교육 연구가 나아가야 할 방향성을 보여준다.

셋째, 인공지능교육을 학교 현장에 안정적으로 정착시키기 위해 실험이나 사례를 통해 일반화하기 어려운 특성을 발견할 수 있는 질적 연구를 통한 심층적인 자료 수집이 필요하다. 박민규 외(2021)는 국내 인공지능교육에 대한 연구현황 파악에서 체계적인 교육과정과 내용 체계를 구축하기 위한 연구가 필요하며 인공지능교육을 학교 현장에 안정적으로 정착시키기 위해서는 심층적인 자료의 수집이 필요한 만큼 양적 연구에 치우쳐 있는 인공지능교육에 대한 연구가 질적 연구로 확대될 필요가 있다고 하였다.

이상과 같은 방향성에 맞추어 본 연구에서는 수학 교과 융합 4학년 대상 프로그램을 개발, 적용하여 질적연구방법을 통한 연구를 수행하고자 한다.

2. 교과 융합 인공지능교육

사회의 급격한 변화는 인공지능 기술의 발전에 대한 대책을 피할 수 없게 하며 전 세계의 많은 교육 기관은 공학에서 비즈니스, 과학, 인문학, 심지어 예술

에 이르기까지 인공지능을 융합하기 위한 교육을 시도하고 있다(최숙영, 2023). 우리나라의 경우에도 인공지능 시대를 대비해 2022 개정 교육과정 안에 학습자들의 인공지능 소양 함양을 위해 인공지능교육이 강화되며 모든 교과에서 인공지능을 활용하도록 하고 있다(교육부, 2021).

Drake & Burns(2004)는 융합교육의 통합 유형을 다학문적 통합, 간학문적 통합, 탈학문적 통합으로 구분했다. 다학문적 통합은 하나의 교과가 기반이 되어 다른 교과를 융합하는 방법이고 간학문적 통합은 2개 이상의 교과에서 주제를 추출하여 선정된 주제를 중심으로 여러 교과의 내용을 통합하는 방법이다. 탈학문적 통합은 교과 간의 경계 없이 실생활의 맥락에서의 의미 있는 문제나 쟁점 중심의 주제로 수업을 할 때 활용된다. 각 융합 교육의 특징을 정리하면 [표 2]와 같다.

[표 2] 융합교육의 통합 유형 (Drake & Burns, 2004)

구분	다학문적 통합	간학문적 통합	탈학문적 통합
특징	특정 교과로부터 추출된 주제	여러 교과에 걸쳐있는 주제	개인적, 사회적 문제나 주제
	여러 학문 분야를 융합하여 새로운 학습 경험을 제공	서로 관련된 학문 분야 간의 상호작용과 협력을 강조	교과목, 학문 영역에 구애 없이 실생활 문제나 사회 이슈를 다룸
	교과에서 정해진 계열에 따라 다루어짐	주제 중심으로 교과의 관련 내용을 묶음	주제 탐구에 적절한 방식으로 지식을 계열화
	개별 교과의 내용과 기능	간학문적 개념과 기능	문제나 쟁점 중심 주제탐구

인공지능 융합 교육에 대해 전용주 외(2021)는 다음의 두 가지로 정의하였다. 첫째는 인공지능에 대한 기초적인 이해를 바탕으로 인공지능과 교과를 융합하거나 인공지능을 수업에 활용하여 학생의 창의적 문제해결력을 향상시키기 위한 방안에 대해 연구하는 교육이다. 둘째는 인공지능의 개념과 원리에 대한 이해를 바탕으로 교과(학문)간 융합을 통해 실생활 및 다양한 학문 분야의 문제를 창의적으로 해결하는 능력과 태도를 함양하는 교육이다.

인공지능교육에서 교과 융합은 최근 빠른 속도로 활성화되기 시작했다. 인공지능교육은 융합 교과적인 성격을 지니고 있고 학습자의 삶과 연계하여 실생활 문제에 활용하기 위해 다양한 교과와 폭넓은 교과 연

계를 위한 연구가 필요하다고 하였다(박민규 외, 2021). 또한 차세대 소프트웨어 표준모델(김갑수 외, 2020)에서는 ‘인공지능과 융합’을 별도의 영역으로 설정하여 인공지능과 융합 교육의 중요성을 강조하였다. 이는 인공지능과 다른 학문을 융합하여 더욱 효과적인 학습 경험을 제공할 수 있음을 의미한다.

국내의 교과 융합 인공지능교육 관련된 연구는 다양하게 이루어지고 있다(김예슬, 2021; 김주현, 문성환, 2021; 윤슬기, 2022; 이주영, 2022; 정현호, 2023; 정슬기, 박만구, 2023). 특히 윤슬기(2022)는 수학과 인공지능의 융합 교육에서 학생들의 흥미, 이해도, 기대도 등이 향상되었음을 확인하였고, 정슬기, 박만구(2023)는 초등 수학과 교육과정 연계 인공지능 수학 융합 교육프로그램을 개발했지만 적용하지 못한 한계가 있다.

또한 인공지능에 기반을 두고 해당 교과 특성을 활용하는 방안에 대한 연구 역시 찾아보기 힘들다. 류미영, 한선권(2019)은 인공지능 프로그램 개발에 관한 대부분의 연구가 피상적 개념으로 안내되어 인공지능의 접근에 한계가 있다고 하였다. 인공지능을 학습 소재로 한 교육은 부족한 상황이며 다른 교과에서 인공지능 기술을 활용한 수업으로는 인공지능 개념을 이해하는 데 충분하지 않다.

이에 본 연구에서는 인공지능의 내용요소를 수학 내용의 위계성에 따라 접근한다는 점에서 Drake & Burns의 다학문적 통합과 전용주 외(2021)의 인공지능에 대한 기초적인 이해를 바탕으로 한 인공지능과 교과의 융합방식을 기본으로 하여 인공지능을 중심으로 교과의 특성을 활용한 인공지능교육 프로그램을 개발하고자 한다. 특히 수학 교과는 인공지능과 관련성이 높은 교과이며 문제 해결과 추론에 있어서 명확하고 논리적인 접근 방법이 필요하다는 특성은 인공지능을 가르치기에 적합한 과목이다. 또한 도형의 시각적인 표현은 인공지능 모델학습 시 도움이 될 수 있으며 로봇 등 인공지능교육에 도움이 되는 교구를 활용하기에도 용이하다. 요컨대 수학 교과 내용의 위계에 따라 인공지능교육을 하는 데 목표를 둔 프로그램을 개발하고자 한다.

3. 로봇 활용 교육

로봇은 어떤 작업이나 조작을 자동으로 할 수 있는

기계 장치이며 피지컬 컴퓨팅 도구로서 입력장치와 출력장치가 즉시 사용 가능한 형태로 제작되어 있다. 로봇 교구는 특별한 장치 연결이나 조작 없이 즉시 활용할 수 있다는 장점이 있으나 제품 가격이 비싸고 다양한 활동으로의 확산 적용에 한계가 있다는 단점도 있다(김재휘, 김동호, 2016).

오상희(2023), 김인주 외(2023)에 따르면 로봇 활용 교육이란 학습 목표 달성을 위해 로봇을 활용하여 진행되는 교육 활동들을 말한다. 이러한 교육은 로봇의 기능이나 로봇 자체의 본질적인 이론보다는 로봇을 학습 도구로 하여 교육 목표를 달성하는 수단으로 사용하고 있다.

인공지능교육과 관련한 로봇 활용 교육에 대한 선행연구가 많지는 않지만, 그 효과성에 대해 검토할 수 있었다. 유인환 외(2020)는 로봇 기반의 인공지능교육 프로그램을 개발하여 영재학급에서 적용한 결과, 학생들의 인공지능교육에 대한 흥미와 이해도를 증진시킬 수 있는 잠재력을 확인하였다. 박정호(2020)는 예비교사들을 대상으로 로봇 교구를 활용하여 인공지능 메이커 교육을 실시함으로써 로봇 기반의 인공지능교육 활동이 학습 동기를 증진시키고 문제 해결 과정에서 동료와 협력하는 것에 긍정적인 영향을 준다고 하였다. 정용열(2021)은 로봇 활용 교육사례를 개발하였으며 적용 결과 로봇을 활용하면 협력적이고 체험적인 수업이 가능하며 놀이 중심으로 융합 학습 환경을 제공할 수 있음을 확인하였다. 안혜지(2022)는 초등학교 중학년 수준에 맞춘 로봇을 활용한 인공지능교육 프로그램을 개발하여, 학생들의 인공지능에 대한 이해도를 향상시키고 인공지능교육에 대한 관심과 흥미를 증가시킬 수 있는 효과를 발견하였다. 이동형(2022)은 총 16차시로 구성된 피지컬 컴퓨팅 기반의 로봇을 활용한 인공지능교육 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램은 초등학생들의 컴퓨팅 사고력을 발전시키는 데 도움이 되었으며, 인공지능교육에 대한 긍정적인 태도를 형성하는 데 효과가 있었다. 이상과 같이, 로봇을 활용한 인공지능교육은 학생들의 학습 동기와 관심도를 높이고 인공지능에 대한 이해도를 향상시키고 있음을 알 수 있다.

로봇 활용 교육의 장점은 첫째, 컴퓨터 화면 안에서만 이루어지는 프로그래밍 학습과는 달리, 학습자가 실제 결과물을 체험할 수 있는 새로운 차원의 학습을

제공한다. 둘째, 통합적인 학습 환경을 제공하며 상호 작용적이고 놀이 중심적인 요소를 갖추어 프로그래밍에 대한 긍정적인 태도를 형성하고 지적 호기심을 유발한다(서영민, 2010). 셋째, 교육용 로봇의 활용은 피아제의 인지발달 단계에서 구체적 조작기에 해당하는 초등교육에 적합하며 학생들의 호기심을 유발하고 학습 활동에 몰입시키는 데 효과적이다. 넷째, 로봇은 잠재적인 지식을 실제 실천해 볼 수 있는 기회를 제공하기 때문에 학습자의 다양성을 인정하고 지원할 수 있는 맞춤형 학습이 가능하고, 특정 교과를 선호하는 학습자들의 학습 편식을 해결할 수 있다(최미애, 김미량, 2010). 다섯째, 학습자는 개별화된 학습 환경에서 자기주도적인 활동이 가능하고 조작을 통해 능동적인 학습이 가능하다. 이러한 로봇 활용 교육의 효과성은 초등학생에게 낯설고 어려운 인공지능 내용을 지도할 때 학습매력을 제공할 가능성을 함의한다.

이에 본 연구에서는 수학 교과와 융합한 인공지능 교육 프로그램을 개발 및 적용 시 로봇을 활용하였다.

4. UMC 모형

본 연구는 로봇을 활용한 수학 융합 인공지능교육 프로그램 개발시 초등학생의 발달 단계 및 초등학교 인공지능교육 목표를 고려하여 SW 교수·학습 모델 중 초등학생 수준에 적합한 놀이와 체험 중심의 재구성 중심 모델(Use-Modify-reCreate: UMC 모델)에 기초하였다([표 3]). 재구성중심 모델은 발견학습법과 관련이 깊은 교육 방법이다. 발견학습은 학생이 적극적으로 참여할 때 성공의 기쁨을 느끼며 자아실현을 촉진하고, 자기주도적 학습능력 및 창의적 사고력 등을 함양할 수 있다는 장점과 달리, 시행착오로 인해 시간이 많이 걸릴 수 있고 체계적인 학습이 어렵다는 단점도 있다. 이를 보완한 재구성중심 모델은 학생들이 다양한 사례를 체험하고 그 과정에서 개념과 원리를 스스로 발견하며, 제시된 사례를 수정하거나 재구성하는 것을 중심으로 한다.

본 연구에서는 이 모델을 활용하여 로봇 조작 및 체험을 통해 학생들은 학습 내용을 탐색하며 학습 동기를 얻을 수 있으며 교사가 안내한 인공지능 기능을 로봇에 적용하고 수정 및 재구성하는 과정을 통해 인공지능의 원리를 이해할 수 있도록 하였다. 각 단계의

자기주도적인 학습을 다음과 같이 독려하였다.

[표 3] 재구성 중심 모델의 개요(김진숙 외, 2015)

단계	주요 학습 방법	세부 단계 설명
놀이 (Use)	조작, 체험, 놀이, 활용, 탐색	프로젝트를 시연 및 조작해 보면서 프로젝트 이해, 결과물을 가지고 체험하며 익숙해지기, 교사의 시범을 따라 간단한 프로젝트를 제작하며 작동해봄
수정 (Modify)	추가설계, 수정, 확장, 보완	간단히 제공된 프로젝트에 아이디어를 추가하거나 내용을 확장하여 설계 (새로운 스프라이트 추가 및 수정, 변수 추가, 스테이지 확장 등)
재구성 (reCreate)	재구성, 구현, 개발, 산출	학습한 기능이나 내용을 활용하여 자신만의 확장된 프로그램을 설계하여 제작

‘놀이(Use)’ 단계에서는 간단한 로봇 조작 및 인공지능 탐색이 이루어진다. 교사의 로봇 시연을 보면서 학생들이 직접 블록 코딩을 해보고 교사의 시연내용을 따라하거나 제공된 예시 코드를 이용해 인공지능 기능 사용법을 배우고 조작하며 자유롭게 탐색한다.

‘수정(Modify)’ 단계에서는 인공지능 기술을 적용해 로봇을 조작하고 인공지능교육 내용 요소를 인식하도록 하였다. 놀이 단계에서 작성한 코드에 인공지능 기술을 추가하여 수정해 본다. 4학년의 수준에 맞추어 모든 코드를 스스로 작성하기보다는 예시 코드나 코드 채우기 등을 제시하여 흐름을 이해하도록 한다. 이러한 과정을 통해 인공지능교육 내용 요소 및 알고리즘을 이해하도록 하였다.

‘재구성(reCreate)’ 단계에서는 기존에 입력한 데이터를 수정하거나 새로운 데이터를 적용하고 앞 단계에서 이해한 인공지능 기술을 활용하여 새로운 아이디어로 인공지능을 업그레이드하게 하였다. 이를 통해 관련 인공지능교육 내용 요소를 더 잘 이해하도록 하였다.

III. 연구 방법

1. 연구 참여자

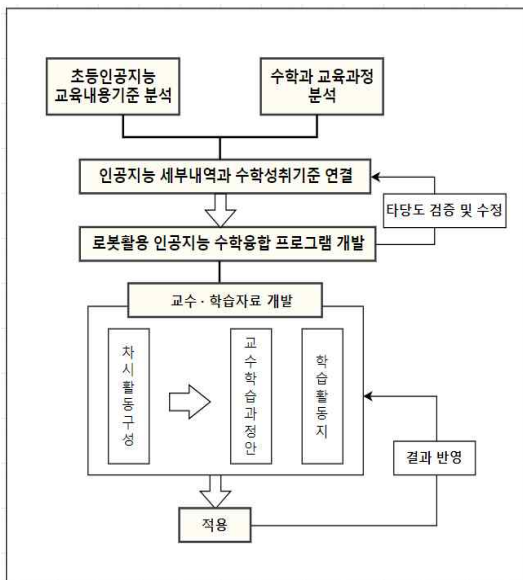
본 연구는 서울시 송파구 소재의 S초등학교 4학년 1개 학급 학생을 연구 참여자로 선정하였으며, 남학생 10명, 여학생 12명으로 총 22명이다.

교육복지저점학교인 S초등학교는 교육복지대상자

가 전체인원의 10%가 넘으며 해당 학급은 5명(22%)이 교육복지 대상자이다. 연구 대상 22명 중 SW 교육을 받아 본 학생은 7명, 그중에서 인공지능이나 코딩 수업을 받아 본 경험이 있는 학생은 2명으로 컴퓨터를 조작하는 것에도 익숙하지 않은 학생들이 대부분이다. 로봇 활용 교육을 경험한 학생 역시 인공지능 및 코딩 수업을 받아 본 2명뿐이라서 로봇 교육에 대한 경험 역시 거의 없는 것으로 확인된 학생들이다.

2. 프로그램 개발 과정

프로그램 개발 과정은 [그림 1]과 같다. 초중등 인공지능교육내용기준(교육부, 한국과학창의재단, 2021)과 2015 개정 초등 수학과 교육과정(교육부, 2020a)을 분석하고 로봇을 활용하여 융합이 가능한 인공지능교육 내용 요소와 성취기준을 선정하였다. 총 5개 주제를 선정하여 15차시로 재구성하여 교수·학습 자료를 개발하였으며, 프로그램 개발 후 프로그램의 타당도 제고를 위해 인공지능 전문가 및 인공지능대학원 재학 중인 현직교사 2인의 검토를 받아 자료를 개선하였다.



[그림 1] 프로그램 개발 절차

3. 자료 수집 및 분석

가. 자료 수집

질적연구에서 자료의 신뢰도와 타당성이 중요하므로 수업 녹음 자료, 관찰 기록, 학생 활동지, 수업 후 학생들의 면담자료와 소감문을 수집하였다.

1) 녹음 자료

수업을 진행하며 교사와 학생들의 대화를 클로버노트 앱을 이용해 녹음하였다. 클로버노트 앱은 녹음된 내용을 텍스트로 바꾸어 주며 요약기능도 제공하는 앱이다. 연구자는 녹음을 할 때 학생들이 의식하지 않고 자연스럽게 대화를 나눌 수 있도록 환경과 분위기를 조성하였고 사후 이를 전사하여 학생들의 대화 중 유의미한 내용을 분석하였다.

2) 활동 결과물

로봇을 활용한 수학융합 인공지능 프로그램의 적용 결과를 심층적으로 분석하기 위하여 학생 활동 결과물을 수집하였다. 수업 시간에 학생들이 만들어 낸 로봇 코딩 파일을 폴더 안에 저장하도록 하였다. 또한, 수업 중 개인 활동지를 배부하여 수업 후 활동지를 제출하도록 하였다. 활동지는 UMC 수업모형의 흐름에 맞는 활동으로 구성되었으며 마지막 문항은 활동 중 기억에 남는 내용이나 새롭게 알게 된 점, 어려웠던 점 등에 대해 자유롭게 적도록 하였다. 파일 및 기록한 활동지를 수합하여 분석 자료로 활용하였다.

3) 면담

학생들의 활동을 관찰하면서 의문이 생기는 부분이나 정보가 부족한 부분에 대해서 활동이 끝난 후 개별 면담을 진행하였다. 학생이 수업 중 했던 질문이나 행동에 대해 그 이유를 물어서 학생이 지닌 생각을 확인하고, 학습지에 적은 소감을 이해하지 못한 경우에 구체적인 내용을 물어 확인하는 방식으로 12명을 대상으로 진행하였다.

4) 관찰 기록

연구자는 수업을 운영하면서 학생들의 수업 활동 모습을 관찰하였다. 수업 시간에 학생을 지도하는 과정에서 학생들의 대화, 태도, 상호작용 등을 최대한

자연스럽게 파악하는 데 중점을 두었으며, 수업 중과 수업 후에 연구자가 경험하고 느낀 것을 기록하였다.

나. 자료 분석

교육부, 한국과학창의재단(2021)에서 발표한 인공지능교육 목표와 세부 영역을 참고하여 인공지능교육 세부 영역별로 관찰 가능한 내용 요소들을 [표 4]와 같이 코딩하여 분석틀로 사용하였다. 학생의 발언, 질문, 모둠 학생들과의 대화, 학생의 산출물 등에서 인공지능 내용 요소가 어떻게 드러나는지 분석하였다. 교육부, 한국과학창의재단(2021)에서 발표한 초등인공지능교육 세부영역 중 본 연구에 적용한 초등인공지능교육 세부 영역의 영어 앞 자를 따서 코드를 생성하고 수집한 자료에서 인공지능교육 내용 요소가 드러나는 부분은 문장 뒤에 [D2]와 같이 해당 관찰 요소를 표시하는 방식으로 분석을 실시하였다. 예를 들어 [D2]는 데이터 영역의 세부 요소인 데이터의 중요성에 관한 내용을 의미한다.

[표 4] 초등인공지능교육 내용 요소 코드

인공지능교육 세부 영역	초등인공지능교육 내용 요소	코드
데이터(D)	• 여러 가지 데이터	D1
	• 데이터의 중요성	D2
기계학습과 딥러닝(M)	• 인공지능 학습 놀이 활동	M1
	• 기계학습 원리 체험	M2
분류, 탐색, 추론(C)	• 특징에 따라 분류하기	C1
	• 인공지능 분류 방법	C2
인식(P)	• 컴퓨터의 인식 장치	P1
	• 컴퓨터의 인식 방법	P2

이에 따라 각 요소별 관찰된 학생 이해 특성([표 10])별로 분석 결과를 제시하면서 그때 관찰된 수학적 개념(각, 삼각형과 사각형)에 대한 이해 특성을 분석하여 제시하였다.

IV. 연구 결과

1. 로봇을 활용한 수학 융합 인공지능교육 프로그램 개발

가. 프로그램 개발의 기본 방향

본 연구는 초등학교 4학년 학생에게 적합한 로봇을 활용한 수학융합 인공지능교육 프로그램 개발을 위한

기본 방향을 다음과 같이 설정하였다.

첫째, 인공지능교육이 학교 교육의 전체적인 흐름과 자연스럽게 연결될 수 있도록 수학 교과와의 융합을 시도하였다. 수학 교과의 위계성과 학습의 흐름을 생각하여 수학과와의 진도에 맞도록 순서를 구성하였으며 매 차시 수학의 지식을 이해하고 기능을 습득한 다음, 후속 활동으로 로봇 활용 수학 융합 인공지능 프로그램을 적용하여 전체 학습의 흐름과 자연스럽게 이어질 수 있도록 하였다.

둘째, 구체적 조작기에 해당하는 초등학생에게 어려운 인공지능 개념을 이해시키기 위해 로봇을 활용하였다. 4학년 수학 단원 중에서 로봇의 움직임을 활용하기에 적합한 각도 단원과 사각형 단원을 선택하고 그 중에서도 인공지능교육 내용 요소를 융합하기에 적합한 성취기준을 선별하여 내용을 구성하였다.

셋째, 교수·학습모형은 초등학생 수준과 로봇 활용에 적합한 놀이와 체험 중심의 재구성 중심 모델(UMC 모델)을 교수·학습 모형으로 선정하였다.

넷째, 프로그램의 구성은 교수·학습과정안 및 활동지이며 프로그램의 실행과 학생 활동 평가를 위해 로봇을 활용한 수학 융합 인공지능교육 교수·학습과정안 및 활동지를 제작하여 수업에 활용하였다.

나. 프로그램 개발의 실제

1) 초등 인공지능교육 내용 기준 분석

교육부, 한국과학창의재단(2021)이 발표한 초등학교 인공지능교육 목표 및 내용 요소를 살펴보면 크게 '인공지능의 이해', '인공지능의 원리와 활용', '인공지능의 사회적 영향' 영역으로 구분된다. '인공지능의 이해', '인공지능의 사회적 영향' 영역에서는 인공지능 시대의 사회 구성원으로서 갖추어야 할 기본적 리터러시를 함양하는 데 중점을 두며 '인공지능의 원리와 활용' 영역에서는 인공지능의 기본 개념을 이해하고 개념과 원리를 이해하는 것을 목표로 한다. 이에 세 영역 중 '인공지능의 원리와 활용'의 내용 요소를 중심으로([표 5]) 융합하였다. 또한 초등의 인공지능 원리와 활용영역의 내용 요소를 분석하고 수학과 융합 가능한 내용 요소를 선별하였다. 본 연구에 적용한 교육내용 요소는 [표 5]에 굵은글씨체로 표시하였다.

[표 5] 인공지능교육 목표와 세부 영역(교육부, 한국과 학창재단, 2021)

초등 인공지능교육 목표		
인공지능의 기능과 원리를 놀이와 교육용 도구를 통해 체험하고, 자신의 주변에서 인공지능 기술이 적용된 사례를 탐색하고 활용할 수 있다.		
영역	세부영역	초등 인공지능 교육 내용 요소
인공지능의 원리와 활용	데이터	<ul style="list-style-type: none"> 여러 가지 데이터 데이터의 중요성 수치데이터, 문자 데이터 시각화 데이터 경향성
	기계학습과 딥러닝	<ul style="list-style-type: none"> 인공지능 학습 놀이 활동 기계학습 원리 체험
	분류, 탐색, 추론	<ul style="list-style-type: none"> 특징에 따라 분류하기 인공지능 분류 방법 지식 그래프
	인식	<ul style="list-style-type: none"> 컴퓨터의 인식 장치 컴퓨터의 인식 방법

2) 수학과 교육과정 분석에 따른 로봇 활용 주제 선정
 로봇 활용을 위한 수학과 성취기준 선정을 위해 수학과 교육과정(교육부, 2020a)을 분석하였다. 2015 개정 수학과 교육과정 3~4학년군의 성취기준은 총 48개이며 그중 로봇의 움직임을 활용하기에 적합한 주제로 각도와 사각형을 선정하여 로봇 활용 수업 주제를 [표 6]과 같이 구성하였다.

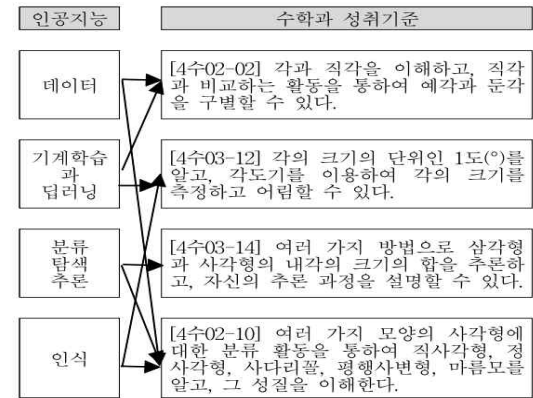
[표 6] 로봇 활용 가능한 초등학교 3~4학년군 수학과 성취기준

단원	수학과 성취기준	로봇 활용 수업 주제
4-1-2. 각도	[4수02-02] 각과 직각을 이해하고, 직각과 비교하는 활동을 통하여 예각과 둔각을 구별할 수 있다.	예각과 둔각을 구별하는 로봇 만들기
	[4수03-12] 각의 크기의 단위인 1도(°)를 알고, 각도를 이용하여 각의 크기를 측정하고 어렵 할 수 있다.	각 그리는 로봇 만들기 장애물을 피하는 로봇 만들기
	[4수03-14] 여러 가지 방법으로 삼각형과 사각형의 각의 크기의 합을 추론하고, 자신의 추론 과정을 설명할 수 있다.	삼각형과 사각형의 각 구하는 로봇 만들기
4-2-4. 사각형	[4수02-10] 여러 가지 모양의 사각형에 대한 분류 활동을 통하여 직사각형, 정사각형, 사다리꼴, 평행사변형, 마름모를 알고, 그 성질을 이해한다.	사각형의 이름을 맞추는 로봇 만들기

3) 인공지능 세부 영역과 수학과 성취기준의 연계
 인공지능교육 세부 영역과 4학년의 각도, 사각형

단원 관련 수학과 성취기준을 [표 7]과 같이 연결하여 수업 주제를 설정하여 프로그램을 개발하였다.

[표 7] 인공지능과 수학과 성취기준의 연계



단, 매 차시 수학 교과 내용을 이해하고 기능을 습득한 뒤, 그 다음 활동으로 주제별 수학 융합 인공지능 프로그램을 적용하여 학습의 흐름이 이어질 수 있도록 [표 8]과 같이 재구성하였다.

[표 8] 교육과정 재구성안 (※ 음영이 융합차시임)

단원	기존 차시	수업 주제	→	재구성 차시	수업 주제
2. 각도	1	단원 도입		1	단원 도입
	2	각의 크기 비교하기		2	각의 크기 비교하기
	3	각도 재기	→	3	각도 재는 방법 알기
	4	각도와 자를 이용하여 각 그리기		4~6	각을 그리는 로봇 만들기
	5	예각과 둔각 알아보기	→	7	각도와 자를 이용하여 각 그리기
	6	각도 어렵하기	→	8	예각과 둔각 알아보기
8~9				9~11	예각과 둔각을 인식하는 로봇 만들기
				12	각도 어렵하는 방법 알아보기
			→	13~15	장애물을 피하는 로봇 만들기
4. 사각형	8~9	삼각형과 사각형 내각의 크기의 합 알아보기	→	14~15	삼각형과 사각형의 각의 합 알아보기
				16~18	도형의 각의 크기를 구해주는 로봇 만들기
	1~7	[중략]		1~7	[중략]
				8	여러 가지 사각형의 성질 이해하기
			→	9~11	사각형의 이름을 맞추는 로봇 만들기

4) 재구성 중심 모델(UMC 모델) 기반 교수·학습 활동 구성

본 연구에서는 초등학생의 발달 단계 및 초등학교 인공지능교육 목표를 고려하여 SW교육 교수·학습 모델 중 놀이와 체험 중심의 재구성 중심 모델(UMC 모델)에 기반하여 프로그램을 개발하였다. 재구성 중심 모델을 적용한 로봇 활용 인공지능교육 프로그램의 수업 흐름은 [표 9]와 같다.

5) 학습 자료 개발

본 프로그램은 총 15차시의 차시별 활동 구성에 따라 수업에 활용할 수 있도록 각 차시별로 교수·학습 활동 및 필요한 자료와 활동 중 유의점을 나타낸 교수·학습과정안과 수업에 활용할 수 있는 활동지로 이루어진다. 구성된 교수·학습과정안과 활동지는 다음과 같다.

[표 9] 재구성중심 모델을 적용한 프로그램의 회기별 내용

회기 (차시)	수업 주제	인공지능 교육 세부영역	인공지능교 육 내용요소	수학 요소	수업 흐름	주요 활동 내용
1 (1~3)	각을 그리는 로봇 만들기	기계학습 과 딥러닝	기계학습의 원리 체험	각도 재기	U	<ul style="list-style-type: none"> 코드 명령으로 로봇 움직이기 로봇이 회전하는 모습 관찰하기 무작위로 각을 그려주는 로봇 코딩하기
					M	<ul style="list-style-type: none"> 코딩한 로봇에 정답 확인 기능 추가하기
					C	<ul style="list-style-type: none"> 정답을 맞히면 점수를 주는 기능으로 로봇 업그레이드하기 강화학습 이해하기
2 (4~6)	예각과 둔각을 인식하는 로봇 만들기	기계학습 과 딥러닝, 데이터	기계학습의 원리 체험, 데이터의 중요성	예각과 둔각	U	<ul style="list-style-type: none"> 얼굴 인식 시스템과 원리 알아보기 이미지 분류모델 만들기
					M	<ul style="list-style-type: none"> 자세 인식을 통해 로봇 움직이기
					C	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 도형을 그려주는 로봇으로 업그레이드 하기 지도학습 이해하기, 데이터의 중요성 알기
3 (7~9)	장애물을 피하는 로봇 만들기	인식	컴퓨터의 인식방법	각도 어렵하기	U	<ul style="list-style-type: none"> 로봇의 센서 체험하기 로봇 센서값 읽어주기
					M	<ul style="list-style-type: none"> 로봇 센서값 이용하여 장애물 피해 이동하는 로봇 만들기
					C	<ul style="list-style-type: none"> 로봇 센서값 이용하여 손가락을 따라 움직이는 로봇으로 업그레이드하기 센서의 인식 방법 이해하기
4 (10~12)	도형의 각의 크기를 구하는 로봇 만들기	인식, 기계학습 과 딥러닝	컴퓨터의 인식방법, 기계학습의 원리 체험	삼각형과 사각형의 내각의 합 알기	U	<ul style="list-style-type: none"> 음성 분류모델 만들기
					M	<ul style="list-style-type: none"> 음성인식을 통해 로봇 움직이기
					C	<ul style="list-style-type: none"> 삼각형과 사각형의 각을 구하는 로봇으로 업그레이드하기 로봇의 음성인식 방법 알아보기
5 (13~15)	사각형의 이름을 맞추는 로봇 만들기	인식, 분류탐색 추론	컴퓨터의 인식방법, 인공지능 분류방법	여러 가지 사각형 알아보기	U	<ul style="list-style-type: none"> 사각형의 이름을 맞추는 의사결정트리 만들기 키보드 방향키로 로봇을 움직이기
					M	<ul style="list-style-type: none"> 색깔 센서를 활용하여 조건에 맞는 사각형을 찾아가는 로봇 만들기
					C	<ul style="list-style-type: none"> 음성을 인식하여 조건에 맞는 사각형을 찾아가는 로봇으로 업그레이드하기 의사결정트리 이해하기

U: Use(놀이), M: Modify(수정), C: reCreate(재구성)

가) 교수·학습과정안

5회기의 활동 구성에 따른 교수·학습 활동을 UMC(놀이-수정-재구성)의 단계로 상세하게 나타낸 교수·학습과정안을 개발하였다. [그림 2]에서 보듯이 수업의 흐름은 물론 수업 진행에 필요한 학습 자료 및 유의점을 자세히 제시하여 활용도를 제고하였다. 학습 목표 진술시 수학 개념과 인공지능 원리가 모두 드러나도록 진술하였으며 수업 첫 부분에서는 인공지능에 대한 학생들의 호기심을 이끌 수 있는 다양한 사례 또는 실생활의 인공지능이나 수학에 대한 질문으로 수업을 시작할 수 있도록 하였다.

주제	예각과 둔각을 인식하는 로봇 만들기	회기 (차시)	2(9~11)
인공 지능 수학	데이터, 기계학습과 딥러닝 2. 각도/ 5차시 예각과 둔각	수업모 형	재구성 중심모델
학습 목표	예각과 둔각을 인식하여 그려주는 로봇을 만들고 지도학습의 원리에 대해 이해할 수 있다.	준비물	로봇, 컴퓨터, 웹캠, 펜, 색연필
학습 과정	교수·학습 활동		자료(圖) 및 유의점(圖)
놀이	▶ 얼굴 인식 시스템과 원리 알아보기 ▶ 학습문제 확인	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> 예각과 둔각을 인식하는 로봇을 코딩하고 지도학습의 원리에 대해 알아보십시오. </div> ▶ 이미지 분류모델 만들기 - 인공지능 모델학습 기능을 이용하여 몸동작 이미지 데이터 입력하기 - 이미지 분류 데이터를 학습시키고 학습결과 확인하기 - 성공한 사람과 실패한 사람의 차이점 찾아보기 - 성공사례를 바탕으로 나의 이미지분류모델 수 정하기	圖 웹캠 圖 신체활동으로 예 각과 둔각을 체 감적으로 인식할 수 있게 한다. 圖 데이터에 대한 설 명을 하지 않고 학생들이 스스로 데이터의 중요성 을 깨달을 수 있 도록 유도한다.
	▶ 자세 인식을 통해 로봇 움직이기 - 이미지 분류 모델학습 결과 블록을 이용하여 예각과 둔각을 그려주는 로봇 코딩하기		圖 로봇, 펜, 종이
수정	▶ 다양한 도형을 그려주는 로봇으로 업그레이드하기 - 이미지 인식을 이용해 삼각형, 사각형, 원 등을 인식해서 그려주는 코딩하기 - 만든 로봇으로 다양한 모양 표현해보기	圖 몸동작으로 다양한 도형을 표현해보고 이미지분류모델학 습을 통해 창의적 적용을 표현하도록 한다.	
재구성	▶ 지도학습 원리 알아보기		

[그림 2] 교수·학습 과정안 예시

예를 들어 2회기 수업 주제인 ‘예각과 둔각을 인식하는 로봇 만들기’ 수업의 학습 목표는 ‘예각과 둔각을 인식하여 그려주는 로봇을 만들고 지도학습의 원리에 대해 이해할 수 있다.’ 이다. 먼저 놀이 단계에서 우리 주변에서 볼 수 있는 휴대폰의 얼굴 인식 시스템에 대해 이야기를 나누어 보고 같은 원리로 예각과 둔각을 인식하여 그려주는 로봇을 만들어보기로 한다. 수학 시간에 배웠던 예각과 둔각의 특징을 떠올려보고 자신의 신체를 이용하여 예각과 둔각을 표현해보

다. 터치블머신을 이용해 이미지 분류모델을 만들어보며 지도학습의 원리에 대해 직접 체험하며 익히는 시간을 가진다. 교사는 이 과정에서 터치블머신의 사용법은 알려주지만 사진을 몇 장 정도 찍어야 하는지 등의 구체적인 내용은 알려주지 않고 자세 인식에 성공한 학생과 아닌 학생의 차이를 비교하며 데이터의 양과 질의 중요성을 깨달을 수 있도록 발문하였다. 이미지 분류모델을 만든 후 수정단계에서는 교사와 함께 코딩을 하며 직접 로봇을 움직여보고 자신의 코딩에서 잘못된 부분 등을 수정하며 코딩을 완성한다. 이 과정에서 학생들이 자유롭게 다양한 블록 등을 사용할 수 있도록 자율성을 주어 LED나 음악 등의 부가적인 기능들도 사용해 볼 수 있도록 하였다. 마지막 재구성 단계에서는 신체를 이용하여 여러 가지 도형을 만들어보고 학습시켜 새로운 이미지 분류모델을 만들고, 업그레이드 한 로봇을 활용하여 창의적인 다양한 모양을 종이 위에 그려 나만의 작품을 만들어보도록 하였다. 이 과정에서 어려움을 느끼는 학생들은 놀이 단계에서 이미 만들었던 예각과 둔각 이미지 분류모델을 활용하여 창의적인 도형을 그려보거나, 구글 클래스룸을 통해 교사가 제공한 코드 및 이미지 모델 학습 링크를 이용하여 학생이 자신의 수준에 맞게 참여할 수 있도록 하였다. 그리고 마지막에는 오늘 수업에서 했던 이미지 분류모델과 같은 지도 학습의 원리에 대해 설명하고 활동하면서 느낀 점을 발표해보며 수업을 마치는 형식으로 진행하였다.

나) 학생 활동지

학생 활동지의 구성은 교수·학습과정안의 구성대로 UMC(놀이-수정-재구성)모형의 흐름에 따라 학생들이 할 수 있는 활동을 포함시켜 구성하였고 마지막 장은 학생들의 소감을 작성할 수 있도록 구성하였다. 매 활동마다 어려웠던 점, 새롭게 알게 된 점 등을 자유롭게 서술할 수 있도록 하여 학생의 행동이나 수업 분석을 위한 자료로 활용할 수 있도록 하였다.

2. 프로그램 적용 결과

본 프로그램의 적용 결과로 학생들의 인공지능 개념 및 수학 개념의 이해와 관련된 특성을 기술하고자 한다. 프로그램 개발 시 이용한 인공지능교육 내용 요

소를 바탕으로 학생들의 활동 및 면담 분석과정에서 추출한 8개의 이해 특징([표 10])별로 학생의 이해를 제시하고, 수학적 개념인 각과 사각형과 관련한 이해 특징을 제시할 것이다.

[표 10] 자료 분석과정에서 추출한 주제

세부영역	내용 요소별 이해의 특징
데이터	데이터 개념의 재정립
	데이터 양과 질의 중요성 인식
기계학습과 딥러닝	지도학습에 대한 오해
분류, 탐색, 추론	게임을 통한 강화학습 원리 이해
	의사결정나무 구성
인식	의사결정나무의 생활 속 적용
	로봇의 인식 장치 이해의 어려움
	인식 장치의 오류 해결

가. 데이터

1) 데이터 개념의 재정립

인공지능교육을 수업에 도입한 초기에 학생들은 인공지능 데이터에 대하여 잘 모르거나 관심이 없었다. 데이터에 대한 인식을 S4와 같이 일상적인 매체에서 접한 숫자 0과 1이 반복되는 복잡한 형태로 기억하거나, S3와 같이 USB나 컴퓨터 안에만 있는 자료 또는 S6과 같이 스마트폰에서 흔히 와이파이 대신 사용하는 '데이터'라는 용어를 인공지능에서의 데이터와 동일시하고 있다는 것을 다음 대화를 통해 확인할 수 있었다.

T: 오늘은 데이터를 활용하는 수업을 할 건데 혹시 데이터는 무엇인지 알고 있나요?

S1: 데이터? 그게 뭐예요?

S4: 그냥 숫자들 많은 거요. 막 영화 같은 데서 해킹 할 때 화면에 숫자 나오는 거요.

S3: 컴퓨터 안에 있는 거.

S6: 그거 아니야? 와이파이 없을 때 켜는 거.

학생들의 반응을 듣고 교사는 데이터에 대해 이해를 돕기 위해 학생들의 주변에서 찾을 수 있는 다양한 유형의 데이터에 대해 설명해 주었다.

S13: 아 맞다. 유튜브 추천해주는 거!

S20: 맞아 내가 좋아하는 게임 영상봤더니 계속 추천되서 나왔어. 그게 그동안 내가 본 것들(데이

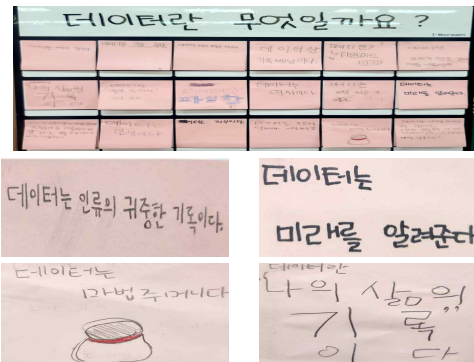
터)을 이용해서 나오는거구나!

S11: 와이파이 대신 쓰는 데이터도 그런 데이터를 받을 수 있어서 데이터라고 부르는 건가?

생활 속에 다양한 것들이 데이터라는 것을 알게 된 학생들은 여러 가지 관련 경험을 나누며 데이터에 대해 가졌던 잘못된 인식을 바로 잡아가는 모습이 관찰되었다. 그 과정에서 학교의 일상이나 타 교과 활동으로 자연스럽게 이어져 데이터에 대한 인식의 변화를 보여주는 다수의 사례가 발견되었다. 예를 들어 친구를 소개하는 글을 쓸 때 '친구의 데이터에 대해 조사해야겠어요' 라거나 '놀이 시간에 우리 반 친구들이 원하는 놀이 데이터를 조사해서 그 놀이를 할 수 있게 해 주세요'와 같이 말하기도 하였다.

이처럼 학생들은 자연스럽게 데이터의 개념과 활용에 대한 이해를 발전시키고 있는 모습을 보였다. 또한 대화 내용에서 학생들이 개인적인 관심사나 교실 생활에서도 데이터 기반의 접근 방식을 취하려는 의지를 볼 수 있었다.

5회기의 프로그램 적용 후 데이터에 대한 학생 인식은 [그림 3]과 같이 프로그램 적용 전과 달리 확실한 변화를 보였다.



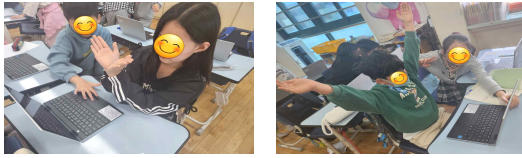
[그림 3] 프로그램 적용 후 데이터에 대한 학생 인식

학생들은 데이터의 가치와 중요성을 인식하고 데이터는 다양한 형태로 존재한다는 것을 이해하고 있었다. 데이터에 대한 오개념은 경험 부족에 기인할 뿐 개선될 수 있음을 확인하였다. 학생들은 일상생활에서 생성되는 데이터를 인식하여 활용할 수 있게 되었으

며 자신의 일기, 독서 기록 등 개인적인 데이터를 통해 자기 주도적인 학습 경험을 만들어 갈 수도 있게 되었다. 인공지능교육에서뿐만 아니라 생활과 연계하여 데이터 리터러시(데이터 이해 및 활용 능력)를 강화하고 실제 상황에 적용할 수 있는 역량을 길러주는 다양한 경험을 제공할 필요를 확인하였다.

2) 데이터 양과 질의 중요성 인식

머신러닝 중 하나인 지도학습은 데이터 입력, 모델 학습시키기, 결과 확인으로 이루어진다. 초등학교 학생들이 인공지능 지도학습의 원리를 이해하기 위해 쉽게 접근 가능한 플랫폼인 티처블머신*을 이용한 2회기 수업은 [그림 4]와 같이 예각과 둔각을 신체를 이용해 표현해보고 사진을 찍어 이미지 분류모델을 만든 후 자세를 인식하여 예각과 둔각을 그려주는 로봇을 만드는 활동으로 구성하였다.



[그림 4] 신체를 이용한 예각과 둔각 표현

교사는 데이터의 양과 질에 대한 중요성을 깨닫게 하기 위해 데이터의 개수나 데이터를 만들 때의 주의점에 대해 의도적으로 설명하지 않았다. 그리고 먼저 이미지 분류모델 만들기에 성공한 친구들의 모델을 관찰할 수 있도록 하였다.

S2: 아 짜증나! 예각했는데 둔각이라고 나와서 둔각을 그려.

S1: 예각이랑 둔각이랑 구분을 잘 못하나?

S2: 그럼 예각은 팔을 더 좁게 하고 둔각을 팔을 더 넓게 해서 구분을 확실하게 해보자.

(중략)

S2: 예각이랑 둔각이랑 비슷하게 하면 헷갈려서 못

* 티처블머신은 각 클래스 별로 레이블을 정하고 해당 이미지 데이터를 입력하여 모델학습을 시키면 각 클래스 레이블대로 분류를 잘했는지 결과를 확인할 수 있는 프로그램이다.

맞추니까 예각은 더 작게 하고 둔각을 더 넓게 하자.

위 대화에서 알 수 있듯이 S2는 예각과 둔각의 크기 차이를 크게 두지 않았을 때 자세 인식이 제대로 되지 않는다는 사실을 알아차렸다. 교사가 직접 알려주지 않아도 인공지능 모델이 제대로 작동하지 않는 원인에 대해 생각하여 방법을 찾아나가며 데이터 질의 중요성에 대해 스스로 발견할 수 있다는 것을 확인하였다. 비슷한 예로 조명이 어두운 상태에서 찍힌 사진으로 인해 이미지 인식이 제대로 되지 않는 상황에서 ‘우리 사진이 너무 어둡게 찍혀서 구분 못 하는 거 같아. 밝은 창가 쪽 가서 사진 찍어볼래?’ 또는 ‘손가락으로 예각 둔각을 표현하니 구분이 잘 안 되어서 인식을 못 해. 팔로 해보자’ 라고 하면서 이미지 인식이 잘 되지 않는 원인을 찾고 학습시킬 때 사용하는 데이터의 질이 중요하다는 것을 스스로 깨닫는 모습을 보였다.

데이터의 질뿐만 아니라 양 측면에서 S14는 성공한 모듈의 사례를 보며 사진의 양이 부족하다는 것을 알아차렸다.

S13: 자꾸 잘못 인식하네?

S14: 재네 성공했는데 저 조는 사진이 많아. 우리도 그럼 사진을 더 찍어보자.

위의 사례를 볼 때 교사가 직접 가르치지 않아도 학습자들이 스스로 문제를 해결하고 발견하는 과정에서 인공지능 관련 지식을 확장 시킬 수 있다는 점은 주목할 만하다. 따라서 교사는 인공지능교육 시 학생들에게 명시적으로 교육하는 방법 외에도 경험적으로 깨닫고 성장할 수 있는 기회를 주기 위해 노력해야 할 필요가 있다.

한편, S1과 S2의 다음 대화에서 S1은 직각과 둔각에 대해 혼동하고 있음을 알 수 있다.

S2: 야! 그건 직각이잖아.

S1: 직각도 둔각이야.

S2: 아니지 직각은 직각이지.

S1: 아 맞네!

S2: 근데 예각이랑 둔각이랑 비슷하게 하면 헷갈려서 못 맞추니까 예각은 더 작게 하고 둔각을 더 넓게 하자.

인공지능 이미지 분류모델을 만드는 과정에서 수학적 오류를 확인하고 수정하는 상황이 관찰되었다. 이 상황은 수학과 융합한 인공지능 관련 활동을 수행하면서 일어날 수 있는 현실성 있는 사례라 할 수 있다. 수학적 오류를 발견하고 수정하는 경험을 얻고 있으며 위 대화에서 나타난 오류 발견과 수정 과정은 학생들에게 다양한 개념 간의 구분 능력, 패턴 인식 등의 중요한 능력을 배우고 향상시킬 기회를 제공하고 있다. 이는 수학을 융합한 인공지능교육에서 수학의 인지적 영역에 대한 학습도 함께 이루어지고 있다는 것을 보여준다.

나. 기계학습과 딥러닝

1) 지도학습에 대한 오해

4회기 수업은 티처블머신을 이용하여 음성인식 모델을 만들고 각의 크기를 구하도록 코딩하여 삼각형, 사각형의 각의 크기를 구하는 로봇을 만드는 수업이었다. 음성인식과 관련하여 인공지능에 대한 오개념이 다음과 같이 관찰되었다.

- S9: 선생님 애(로봇) 고장났어요.
- S9: 제가 삼각형 아무리 외쳐도 움직이지 않아요.
- T: 혹시 삼각형 음성인식 모델을 만들었니?
- S9: 네?
- S9: 삼각형, 사각형 그냥 (말하면)알아듣는 거 아니에요?
- T: 왜 그렇게 생각했어?
- S9: 인공지능이니까 당연히 다 알아들어야 되는 거 아니에요?

S9는 인공지능이라면 자연어를 완벽히 이해하며, 사용자의 의도를 정확히 파악할 수 있다는 잘못된 생각을 가지고 음성인식을 할 때 따로 학습시키지 않아도 로봇이 스스로 학습하는 것으로 오해하고 있다. 또한 레이블을 잘못 입력하여 결과가 뒤바뀌어 나오는 경우도 있었다. 오류를 찾아보니 학생이 레이블을 입력할 때 '삼각형'을 '사각형'으로 입력하고, '사각형'을 '삼각형'으로 잘못 입력한 것이 원인이었다.

- S3: 선생님 제가 '삼각형'이라고 말했는데 애(로봇)가 자꾸 사각형으로 인식해요. 발음을 똑바로 했는데도 그래요.
- S4: 아! 내가 실수해서 삼각형이랑 사각형을 잘못 입

력했어.

- S3: 그래서 애(로봇)가 거꾸로 그리는 거구나! 다시 (레이블 이름을) 바꾸자.
- S4: 애(로봇)는 우리가 시키는 대로만 하는 애야. 생각이 없어.
- S3: 그러게 바보 같네.

위의 두 대화 사례를 보면 지도학습에 대한 학생의 이해도를 비교해 볼 수 있다. 흔히 인공지능이라고 하면 학생들은 '완벽한 것이다.'라고 생각하는 경우가 있지만 지도학습 방법을 경험한 후에 학생들은 인공지능에 대한 더 정확하고 현실적인 개념을 형성할 수 있었다. 학생들은 인공지능의 한계와 제한성을 깨닫게 되며 기계가 스스로 생각하거나 판단하는 능력이 없고 우리가 제시한 정보를 활용하여 작업을 수행한다는 내용을 이해하게 된다는 것을 관찰할 수 있었다. 이런 경험을 통해 교사는 학생들에게 인공지능 모델은 입력된 데이터와 지시사항에 따라 동작하기 때문에 사용자가 올바른 정보와 예시를 제공하는 것이 중요하다라는 내용의 이해까지도 확장시킬 수 있었다.

2) 게임을 통한 강화학습 원리 이해

1회기 수업은 로봇이 임의의 각을 그리면 학생들이 수업 시간에 배운 대로 각도기로 각을 재어 정답을 입력, 확인할 수 있는 '각을 그려주는 로봇 만들기' 수업이었다. 수학 익힘책에 나오는 활동인 각의 측정 연습 대신 로봇이 그리는 각을 재고 답을 즉각적으로 확인해 볼 수 있어 학생들의 흥미와 참여도가 높았다.

학생들은 UMC 모형의 재구성 단계에서 점수 0점으로 시작하여 맞출 때마다 1점씩 올라가고, 틀릴 때마다 1점씩 내려가도록 프로그램을 업그레이드했다. 각 모듈의 연습 시간이 끝나고 모듈 전체가 시간을 정해 게임을 실행하였다. 가장 많은 점수를 얻은 모듈이 어떤 전략으로 게임을 진행했는지 친구들 앞에서 발표하도록 하였다. 또한 점수를 최대한 많이 얻기 위해 다양한 전략을 고민하는 모습을 보였다.

- S13: 와 우리 1등 해보자! 어떻게 하면 점수를 많이 얻을 수 있지?
- S13: 로봇이 각 그리는 속도를 빨리하자. 그럼 답을 많이 맞출 수 있잖아.
- S14: 틀리지 않고 각을 정확히 재야 돼. 빨리 해도

틀리면 소용없어.

(중략)

S13: 바닥이 울퉁불퉁 하니까 선이 흔들려서 각을 정확히 재기가 힘들어. 자꾸 정답이 아니라고 나와.

S14: 그럼 바닥에 두꺼운 종이 대고 하자.

높은 점수를 얻기 위해 S14와 같이 로봇 실행속도를 조절하거나 S13과 같이 바닥면을 평평하게 바꾸었으며 각을 재는 시간을 줄이기 위해 역할을 나누어 한 명은 각도기의 밑 선을 맞추고 한 명은 각을 읽어 입력하며 적극적으로 참여하였다. 수학과 융합한 인공지능 수업에서 학생들이 자신의 전략과 다른 학생들의 전략을 비교하고 수정하는 과정에 직접 참여할 수 있었으며 수학의 각과 시간과 관련한 실질적인 측정 활동을 서로 의견을 교환하며 할 수 있었다. 교사가 순회하며 확인한 결과 정답률 또한 높았다. 위 상황에서 관찰된 협력적인 참여와 역할 분담은 학습자들의 수학적 기능 향상에 긍정적인 영향을 주며 정밀성, 정확성, 문제 해결 등 다양한 관점에서의 수학적 기능 발전에 도움을 주고 있음을 확인할 수 있었다. 또한 S13과 S14의 활동 모습은 수학 수업 시 수학 익힘에 제시된 각을 측정할 때와는 다른 모습으로 인공지능 수업에서 수학을 다룰 때, 보다 적극적으로 참여하며 학생들이 정확하게 각도를 재는 기능 또한 향상되고 있다는 것을 확인할 수 있었다.

다. 분류/탐색/추론

1) 의사결정나무 구성

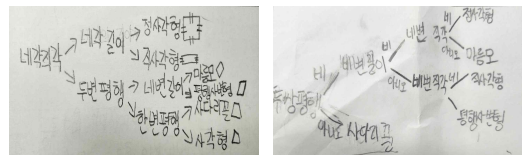
의사결정나무는 인공지능 알고리즘 중 하나로, 복잡한 결정 과정을 나무 구조로 표현하여 문제 해결에 활용하는 방법이다. 의사결정나무는 데이터의 속성과 조건들을 분석하여 여러 가지 가능한 결론 또는 결과를 도출해 내는 데 사용된다.

5회기 수업은 의사결정나무의 원리를 이용하여 사각형을 구분하는 로봇을 만드는 수업이었다. 학생들에게 의사결정나무라는 용어를 처음 소개할 때 ‘의사결정나무’라는 용어를 듣고 생소해했다. 스무고개 놀이를 활용하여 학생들과 함께 의사결정 나무의 개념에 사각형 개념을 도입해 체험해 보았다. 학생들에게 사각형 종류를 맞추기 위한 몇 가지 질문을 하고, 각 질

문에 대한 답변에 따라 선택지를 좁혀나가며 의사결정 과정을 먼저 경험하게 하였다. 처음에 생소했던 의사결정나무라는 말을 듣고 생소해했던 학생들이 스무고개 놀이 후에 쉬운 거라며 긍정적인 반응을 보였다. 그 이유는 학습이라고 생각하지 않고 놀이로 인식했기 때문이다. 따라서, 초등학생들에게 인공지능교육 시 어려운 용어나 개념은 쉽게 설명하고 친숙한 상황이나 게임 등을 활용하여 직접 체험하도록 하는 것이 중요하다. 이러한 접근 방식은 학생들의 참여도와 이해력 향상에 도움이 되며, 인공지능 관련 용어 및 개념 습득에도 긍정적인 영향을 줄 수 있었다.

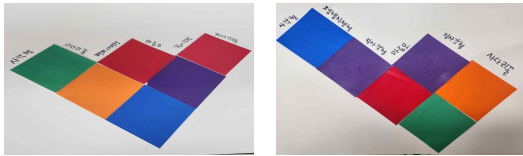
의사결정나무를 구성하기 위해서는 각 분기마다 적절한 질문 또는 조건을 설정해야 한다. 그런데 일부 학생들은 의사결정나무의 각 분기별 조건 찾기를 어려워했고 연결이 끊어지거나 불필요한 단계를 만들기도 하였다.

단순히 답의 산출이 의사결정나무의 목표가 아니라 문제 해결에 필요한 정보를 효율적으로 활용해야 한다는 사실을 아직 인지하지 못하거나 수학적으로 사각형의 특징을 정확히 파악하지 못한 경우도 있었다. 수학 융합 프로그램이므로 수학적 개념의 이해 부족에 대한 처치가 필요하였다. 효율적인 의사결정나무 구성을 위한 분기별 조건을 찾기 위해 각 사각형의 특징을 나열해보고 공통적으로 나타나는 특징을 함께 찾아보았다. 사각형의 각 특징에 대해 확실히 다시 이해한 후 구분할 수 있는 조건들을 찾아보았다. 공통적으로 총 4개의 조건이 나왔고 그 조건을 이용하여 의사결정나무를 구성해 보는 과정을 거쳤다. 함께 공통적인 조건을 찾아본 후 아이들이 만든 의사결정나무는 [그림 5]와 같이 훨씬 간결하고 정확해졌다. 특히 각 사각형의 특징을 분석하고 공통적인 조건을 찾아가는 과정은 학생들의 수학적 인지 능력에도 긍정적인 영향을 주었다. 사각형의 특징을 정확하게 파악하고 조건을 찾기 위해서는 패턴 파악, 추론, 비교 등의 수학적 사고도 필요하기 때문이다.



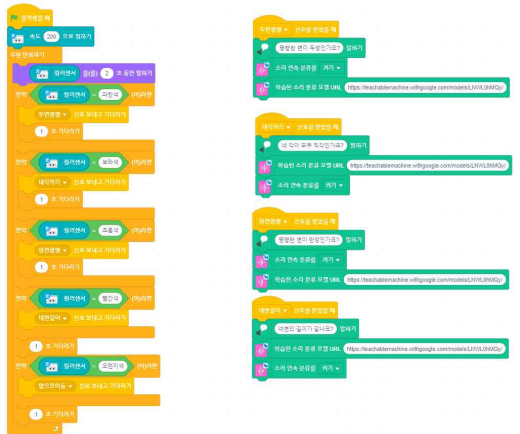
[그림5] 의사결정나무 올바른 예시

분기별 조건을 각각 다른 색으로 설정하여 종이에 붙여서 [그림 6]과 같이 의사결정나무를 완성하였다. 예를 들어 파란색 색종이는 '두 쌍의 변이 평행인가요?'를 의미하고 보라색 색종이는 '네 각이 모두 직각인가요?', 빨간색 색종이는 '네 변의 길이가 모두 같나요?'를 의미한다.



[그림 6] 색종이로 만든 의사결정나무

의사결정나무를 색종이로 구성한 것은 로봇이 색깔 센서로 색을 인식하고, 각 색에 맞는 질문을 하도록 코딩하는 활동을 하기 위함이었다. 그리고 질문에 대한 학생의 대답('예'는 오른쪽, '아니오'는 왼쪽)에 맞는 방향으로 이동하도록 하여 마지막에는 해당 사각형으로 도착하게 코딩하였다([그림 7]).



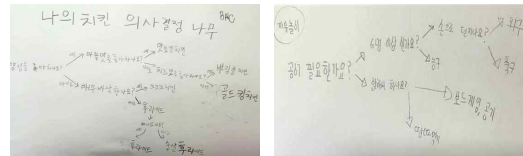
[그림 7] 사각형의 이름을 맞히는 로봇 코딩 화면

학생들은 본인이 만든 의사결정나무 위를 로봇이 움직여 생각한 사각형으로 가는 모습을 신기해하고 재미있어하는 모습을 보였다. 그리고 로봇의 움직임을 통해 의사결정나무의 잘못된 부분을 찾아 바로 수정하며 사각형의 특징에 대한 인지적 오류도 함께 수정

하였다. 또한 로봇의 색깔 센서를 활용하여 실제 상황에서 의사결정나무가 어떻게 작동하는지 직접 체험할 수 있고 결과 도출까지 즉각적으로 확인할 수 있는 시각적인 경험을 할 수 있었다. 이처럼 로봇 등의 교구는 구체적이고 명확한 결과를 제시하여 추상적인 인공지능 개념 이해 및 인공지능 기술 활용에 대한 이해 및 수학적 이해를 돕는 것으로 나타났다.

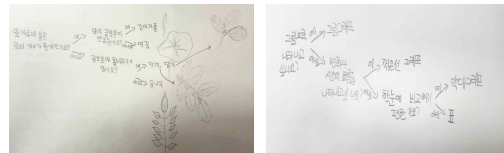
2) 의사결정나무 적용

'사각형을 분류하는 로봇 만들기'로 의사결정나무에 대해 배운 다음, 학생들은 의사결정나무를 다양한 상황에 적용해보고 싶어 하였다. [그림 8]과 같이 쉬는 시간에 서로 모여 친구들을 여러 가지 조건으로 분류하여 친구 이름 맞추기 게임을 하거나 먹고 싶은 치킨, 자유 놀이 종목 등도 의사결정나무로 표현하였다.



[그림 8] 생활 속 의사결정나무

비록 완벽한 의사결정나무의 모습은 아니지만, 일상 속에서 의사결정에 대한 접근 방식이 변화하고 있다는 것을 살펴볼 수 있었다. 수업 시간에도 이런 모습이 나타났는데 과학 시간에 식물의 잎을 분류하는 수업에서 의사결정나무를 활용해 잎을 분류하는 학생들이 생겼다. '잎의 끝부분이 뾰족한가?', '잎의 가장자리가 톱니모양인가?', '잎자루에 붙은 잎의 개수가 한 개인가?' 등 다양한 조건들을 만들어 잎의 모양을 분류하였다([그림 9]).



[그림 9] 수업 시간에 활용한 의사결정나무

학생들은 수업 후 복잡한 문제나 상황을 단계적으

로 분석하고 분류하여 결정을 내리는 데 유용한 도구인 의사결정나무를 생활 속 도구로 사용하게 된 것이다.

라. 인식

1) 로봇의 인식 장치 이해의 어려움

본 프로그램에 사용한 로봇은 동그란 모양이며 앞쪽에 눈과 같이 생긴 두 개의 근접 센서를 가지고 있다. 학생들은 사람의 얼굴과 비슷한 모습을 가지고 바퀴를 이용해 이동하는 모습을 보며 귀여워하기도 하고 흥미와 관심을 보였다. 로봇과 함께 활동을 진행하니 수학 시간에는 별로 흥미가 없던 학생들도 수업 시간에 적극 참여하는 모습을 보였다.

인공지능 수업을 할 때 로봇을 교구로 사용하지만 이미지 인식이나 음성인식은 로봇과 연결된 컴퓨터를 통해 이루어져야 한다. 하지만 눈, 코, 입을 가진 사람의 얼굴 모양과 비슷한 모양을 가진 로봇의 외형에서 기인하는 학생들의 오해가 종종 관찰되었다.

다음은 티처블머신을 이용해 삼각형과 사각형 이미지 분류모델을 만들고 난 후 이미지 인식을 통해 로봇을 작동시키는 과정에서 있던 대화이다.

S12: 야 거기다 사진을 대면 어떻게 해?

S11: 로봇 눈이니까 카메라 아니야?

S12: 그런가? 그런데 화면에 인식이 안 되잖아.

S15: 아까 선생님이 눈 모양은 근접 센서라고 말씀 해주셨잖아.

S12: ... 눈이어서 우리처럼 보이는 줄 알았지.

이때 S11과 같이 근접 센서에 삼각형과 사각형 사진을 비추어 이미지 인식을 시도하는 모습이 관찰되었다. 근접 센서가 사람의 눈 모양처럼 생겼기 때문이었다. 로봇에게 귀가 있다고 생각하여 로봇에게 말을 하거나 소리를 내어 음성인식을 시도하려는 경우도 있었는데, 모두 로봇의 센서에 대한 이해가 부족하여 나타난 현상이다.

또한 근접 센서의 위치와 상관없는 곳에서 장애물을 인식시키거나 색깔 센서가 바닥에 있는데도 색종이를 로봇의 머리 부분이나 눈 부분에 대어 인식하려는 모습도 관찰되었다. 센서의 위치를 가르쳐 주었지만 실제로 어떤 의미를 갖는지 제대로 이해하지 못한

것이다.

센서를 설명할 때 흔히 사람의 감각기관과 비슷하다는 설명이 오개념을 야기할 수 있다고 판단하여 로봇의 물리적 외형과 실제 기능 간의 차이를 명확히 설명하고 로봇은 컴퓨터와 연결되어 작동된다는 원리에 대한 개념적인 이해를 다시 한번 시도하였다. 또한, 로봇은 인간처럼 자율적으로 생각하거나 의사소통하지 않으며 프로그래밍된 명령에 따라 동작한다는 점을 분명하게 전달할 필요가 있었다.

2) 인식 장치의 오류의 해결

본 프로그램은 이미지 분류모델 만들기가 2회 진행된다. 자세 인식을 통해 예각과 둔각을 분류하고 이미지 인식을 통해 삼각형과 사각형을 분류한다. 자세 인식과 이미지 인식은 차이점이 있다. 자세 인식(Pose Estimation)은 주로 사람의 신체 구조와 움직임을 분석하여 특정 동작이나 관절 포인트(주로 사람의 신체 부위)를 탐지하고 추적하여 특정 동작이나 자세를 파악한다. 이미지 인식은 컴퓨터 비전 분야에서 많이 다루어지는 작업으로 주어진 이미지에서 객체 또는 패턴을 식별하고 분류한다. 자세 인식은 비디오 형태의 연속된 프레임 데이터와 관절 포인트 탐색 및 추적 기술에 초점을 맞추며, 이미지 인식은 정적인 이미지 데이터와 시각적 패턴 및 구조 파악 기술에 초점을 맞춘다.

이러한 차이가 있다 보니 학생들이 인식 모델을 만들고 인식을 시키는 방법에도 차이가 생겼다. 자세 인식을 통해 분류모델을 만든 후 예각과 둔각을 인식시킬 때는 화면에 뜨는 관절의 모양을 모델과 일치하도록 하면 인식률이 높아질 수 있었다. 하지만 이미지 인식을 통해 삼각형과 사각형의 분류모델을 만들었을 때는 사진을 찍는 장소와 뒤의 배경에 따라 인식률이 확연하게 달라지는 것을 발견할 수 있었다.

한편, 삼각형이나 사각형이 찍힐 때 배경이 함께 인식되면서 배경이 도형으로 잘못 인식되거나 뒷배경으로 인해 다르게 인식되는 경우가 생겼다. 교사는 배경 화면을 새로운 레이블로 설정하는 것이 필요하다고 판단하여 사진이 찍히는 배경을 하나의 레이블로 설정하도록 학생들에게 안내하였다. 배경 화면을 설정하고 난 후 뒷배경으로 인한 인식의 오류는 크게 줄어들었다. 뒷배경으로 인한 오류를 최소화하기 위한

다른 방안으로 다양한 삼각형과 사각형의 모양을 검색한 후 사진을 다운받아 학습시키는 방법도 시도해 보았다.

이 과정에서 학생들이 검색한 사각형의 형태 중에는 익숙하지 않은 오목사각형도 있었다.

S12: 이게 사각형이야? 처음 보는 모양이야.

S11: 각이 네 개고 변이 네 개이니 사각형이 맞네. 그런데 나도 이런 모양은 처음 봐. 꼭 육각형 같이 생겼어.

학생들이 평소에 알고 있는 형태의 사각형이 아니기 때문에 혼란스러웠으나 사각형의 성질에 근거하여 각과 변의 개수로써 사각형임을 확인하는 것을 볼 수 있다. 도형의 형태적 특징을 분석하여 개념과 연계함으로써 도형의 사례를 확장하여 일반화하는 과정을 경험한 것은 도형 학습에 대한 긍정적인 효과를 보여준다. 다만 오목다각형은 학교 수학의 범위를 벗어나므로 개념적 오류가 우려될 경우 교사가 학습모델을 위한 사진들을 미리 준비하여 제공할 수 있다.

한편, 센서의 경우도 인식의 오류가 다수 발생되었다. 색깔 센서는 주로 RGB (빨강, 초록, 파랑) 센서를 사용하여 빛의 삼원색을 감지하고 분석하는데 RGB 센서는 각각의 색깔에 대한 밝기 정보를 수집하고 이들 값을 조합하여 다양한 색상을 인식하고 구분하기 때문에 조명, 환경에 따라 다른 특성을 가질 수 있다. 4회기 수업 시 사각형의 이름을 맞추는 로봇을 코딩할 때 색깔 센서를 사용하였다. 학생들과 색깔 센서를 체험해 보는 과정에서 같은 색이지만 물질의 종류에 따라 인식되는 색깔이 달랐다. 예를 들어 빨간색 색종이는 빨간색으로 인식이 잘 되었지만 빨간 플라스틱은 검은색으로 인식되어 오류가 생겼다. 또한 조명의 밝기나 각도에 따라서도 전혀 다른 색으로 인식되는 경우도 생겼다.

V. 결론

본 연구는 로봇을 활용한 수학 융합 인공지능교육 프로그램을 개발하고, 이를 적용했을 때 드러나는 학생의 이해 특성을 분석함으로써 학교 현장에서 로봇을 활용한 수학 융합 인공지능 교육을 하려는 교사들

에게 실질적인 사례와 도움을 제공하고자 하였다. 연구 결과를 토대로 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 인공지능교육을 위해 수학 교과와 융합한 프로그램은 인공지능교육이 교과 교육의 전체적인 흐름과 자연스럽게 연결될 가능성을 확인시켜준다. 인공지능교육을 위한 시간 확보의 어려움을 고려할 때 융합 접근은 유효하며 특히 인공지능의 원리와 밀접한 관계를 갖는 교과인 수학의 위계성과 학습의 흐름을 생각하여 수학과와의 진도에 맞도록 순서를 구성한 것은 효과적인 개발 방향으로 확인되었다. 매 차시 수학의 지식을 이해하고 기능을 습득한 다음, 후속 활동으로 수학 융합 인공지능 프로그램을 적용하여 학습의 흐름과 이어질 수 있도록 하였다.

둘째, 구체적 조작기에 해당하는 초등학생에게 어려운 인공지능 개념 및 수학적 개념을 흥미 있게 이해시키기 위한 방안으로 로봇의 활용은 유효한 전략이다. 특히 의사결정나무 수업 시 로봇은 의사결정의 실행부터 결과 도출까지 시각적으로 확인하도록 함으로써 인공지능 개념 이해에 도움을 주는 것으로 확인되었다. 프로그램 구성상 인공지능의 4개 주제는 수학과 성취기준 4개로 이어지고, 이는 다시 5개의 로봇 활동인 각 그리는 로봇 만들기, 예각과 둔각을 구별하는 로봇 만들기, 장애물을 피하는 로봇 만들기, 삼각형과 사각형의 각을 구하는 로봇 만들기, 사각형의 이름을 맞추는 로봇 만들기와 연계되어 인공지능 개념 및 수학 개념의 이해도를 제고하는 데 역할하였다.

셋째, 개발한 수학 융합 인공지능교육 프로그램의 적용 결과, 학생들은 인공지능 원리(데이터, 기계학습과 딥러닝, 분류/추론/탐색, 인식)를 이해하게 되었다.

데이터 영역에서는 학생들이 지닌 데이터에 대한 오개념이 경험 부족에서 기인함을 파악하여 개선할 수 있었고, 학생들 스스로 데이터의 양과 질에 따른 결과의 차이를 경험하고 그 중요성을 경험하였다.

기계학습과 딥러닝 영역에서는 인공지능이 자연어를 완벽히 이해하고 스스로 학습하는 것이라는 학생들의 오해를 레이블 입력 오류로 인해 결과가 잘못되는 상황을 경험하면서 수정할 수 있었다. 또한, 게임을 통한 강화학습 활동에서는 최대 점수를 얻기 위한 전략을 찾으면서 강화학습의 시행착오와 보상 개념에 대한 이해도가 향상되었다.

분류/추론/탐색 영역에서는 의사결정나무를 활용하

여 사각형의 종류를 구분해 보는 활동을 통해 학생들이 의사결정나무가 어떻게 데이터를 분석하고 판단을 내리는 데 도움을 주는지 알도록 하였다.

인식 영역에서는 사람의 얼굴 모양과 비슷한 모양을 가진 로봇의 외형으로 인해 근접 센서를 카메라로 오인하거나 센서의 위치와 상관없는 위치에서 인식을 시도하는 등 다양한 인식의 오류가 발생하였다. 이에 대한 교사의 인식과 대처가 필요하다.

넷째, 인공지능교육을 위한 수학 교과와의 융합은 인공지능의 내용 요소뿐만 아니라 수학적 개념 이해 및 참여도를 독려하는 데 기여하는 것으로 나타났다. 이미지 모델을 만드는 과정에서 수학적 오류를 확인하고 직각과 둔각의 혼동을 메타적 차원에서 수정해 보며 개념 간의 구분 능력, 패턴 인식 능력을 향상시킬 수 있었고 역할을 나누어 각을 측정하는 활동을 통해 정확한 측정을 위한 의견을 교환하며 측정 수행 및 결과의 정확성을 높였다. 또한 사각형을 분류하는 의사결정나무를 만들어보는 과정을 통해 사각형의 특징에 대해 확실히 이해할 수 있었으며 로봇을 이용해 직접 수정하며 사각형의 특징에 대한 인지적 오류를 함께 수정하기도 하였다. 형태만으로는 사각형의 프로토타입이 아닌 오픈사각형에 대해 그것이 사각형인지 확인하는 준거로서 사각형의 성질을 이용함으로써 개념을 확고히 한 것은 인공지능과 수학의 융합 교육 효과의 또다른 측면이라 할 수 있다. 한편 정의적 측면에서는 수학익힘을 이용한 각의 측정 연습 대신 로봇이 그리는 각을 재고 답을 즉각적으로 확인해보거나 로봇의 움직임을 확인하는 학습 활동들로 인해 평소에는 수학 수업에 흥미를 느끼지 못하던 학생들의 수학적 흥미와 참여도를 높여주는 효과를 확인할 수 있었다.

다만 본 연구에서는 초등학교 4학년 수학과 교육과정과 성취기준만을 다루었기 때문에 위와 같은 결론을 일반화하기에는 무리가 있다. 그러므로 보다 많은 학년과 수학적 주제로 확장하여 로봇을 활용한 수학 융합 인공지능프로그램의 일반화 가능성을 확인하기 위한 후속 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- 과학기술정보통신부, 교육부, 한국과학창의재단(2020). 2020년 소프트웨어(SW)·인공지능(AI) 교육 연차 보고서.
- 관계부처합동(2020). 인공지능시대 교육정책방향과 핵심과제. 정책자료집.
- 교육부(2020a). 수학과 교육과정(제2020-236호)수정 (2020. 9. 11.)
- 교육부(2020b). 정보교육종합계획(안)[2020년~2024년]
- 교육부(2021). 2022 개정 교육과정 총론 주요 사항 (시안).
- 교육부, 과학기술정보통신부, 한국과학창의재단(2020). 인공지능교육 길라잡이.
- 교육부, 한국과학창의재단(2021). 학교에서 만나는 인공지능 수업.
- 국회입법조사처(2019.12). 초·중등 소프트웨어교육 운영실태와 개선과제. 입법·정책보고서 34호.
- 김갑수, 구덕희, 김성백 외(2020). 차세대 소프트웨어(SW)교육 표준 모델 개발. 정보교육학회논문지, 24(4), 337-367.
- 김수환, 김성훈, 이민정 외(2020). K-12 학생 및 교사를 위한 인공지능교육에 대한 고찰. 컴퓨터교육학회 논문지, 23(4), 1-11.
- 김인주, 전수진, 이소율(2023). 초등학생을 위한 교육용 로봇 활용 SW·AI 캠프 프로그램의 개발 및 효과 분석. 정보교육학회논문지, 27(4), 411-423.
- 김예슬(2021). 초등학교 인공지능 융합교육을 위한 2ADE 교수설계 모형 개발 및 적용. 서울교육대학교 교육전문대학원 석사학위논문.
- 김재휘, 김동호(2016). 컴퓨팅 사고력 향상을 위한 초등 피지컬 컴퓨팅 교육과정 개발. 정보교육학회논문지, 20(1), 69-82.
- 김주현, 문성환(2021). 노벨엔지니어링을 활용한 초등학생 대상의 인공지능교육프로그램. 한국초등교육, 32(1), 425-440.
- 김진숙, 한선관, 김수환 외(2015). SW교육 교수학습 모델 개발 연구. 한국교육개발원
- 김태형, 이영준(2022). 초등 인공지능교육 프로그램 연구 동향 분석. 한국컴퓨터교육학회 학술발표대

- 회논문집, 26(1), 285-287.
- 노지예(2017). 로봇 활용 SW 교육 프로그램의 효과성 검증. 이화여자대학교대학원 박사학위논문.
- 류미영, 한선관(2019) 딥러닝 개념을 위한 인공지능교육 프로그램. 정보교육학회논문지, 23(6), 583-590.
- 박민규, 한규정, 신수범(2021). 국내 인공지능 교육에 대한 연구 현황 분석. 정보교육학회논문지, 25(5), 683-690.
- 박정인, 김성백(2022). 특성화고등학교 맞춤형 인공지능 수학 융합 프로그램 개발 및 효과 분석. 컴퓨터교육학회 논문지, 25(3), 39-47.
- 박정호(2020). 예비교사 대상 인공지능 활용 메이커 교육 사례 연구. 디지털콘텐츠학회논문지, 21(4), 701-709.
- 서영민(2010). 초등정보영재의 창의성 신장을 위한 교과 통합 로봇 프로그래밍 수업 모형. 컴퓨터교육학회 논문지, 13(1), 19-26.
- 안혜지(2022). 초등학교 중학년생을 위한 로봇을 활용한 인공지능교육 프로그램 개발. 광주교육대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 양현모, 김태영(2021) 노벨엔지니어링을 활용한 피지컬 컴퓨팅 융합수업이 초등학생의 학습몰입도와 창의적 문제해결력에 미치는 영향. 정보교육학회 논문지, 25(3), 557-569.
- 오상희(2023) 중등교육에서 로봇을 활용한 인공지능 교육프로그램에 관한 연구. 성균관대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 유인환, 배영권, 박대륜, 안중민, 김우열(2020). 로봇 활용 인공지능교육 프로그램 개발과 적용에 관한 연구. 정보교육학회논문지, 24(5), 443-451.
- 윤슬기(2022). 인공지능 기반 융합 교육 교수·학습 모형 및 프로그램 개발 -초등학교 저학년 학생 중심으로-. 경인교육대학교 석사학위논문.
- 이동형(2022). 피지컬 컴퓨팅 기반 AI 교육 프로그램 개발 및 교육 효과성 분석. 경인교육대학교 교육전문대학원 석사학위논문.
- 이승철, 김태영(2021). 초등학생의 인공지능교육을 위한 교과 융합 프로그램 개발. 한국컴퓨터교육학회 학술발표대회논문집, 25(A), 245-248.
- 이주영(2022). 과학과 인공지능 융합교육을 위한 내용 체계 및 교수 학습 모형 개발 연구. 한국교원대학교 대학원 박사학위논문.
- 전용주, 김자미, 안성훈, 정인기, 박정호(2021). 교육대학원의 AI융합교육 전공 교육과정 개선을 위한 기초 연구. 한국컴퓨터교육학회 학술발표대회논문집, 25(A), 101-104.
- 정슬기, 박만구(2023). 초등 수학과 교육과정 연계 인공지능 수학 융합 교육프로그램 개발. 한국초등수학교육학회지, 27(1), 87-108.
- 정용열(2021). 로봇 활용 알고리즘 & 인공지능 교육 사례와 시사점. 한국컴퓨터교육학회 학술발표대회 논문집, 25(B), 79-88
- 정현호(2023). 로봇활용 인공지능교육 프로그램이 초등학생의 창의적 문제해결력에 미치는 영향. 서울교육대학교 교육전문대학원 석사학위논문.
- 최미애, 김미량(2010). 교사의 로봇 활용 경험에 따른 인식 비교 연구. 교육정보미디어연구, 16(2), 249-276.
- 최숙영(2023). AI 융합교육의 이해와 해결 과제에 대한 고찰. 산업융합연구, 21(1), 147-157.
- 최현정(2023). 인공지능 원리를 융합한 수학교육 프로그램 개발 및 적용. 서울교육대학교 교육전문대학원 석사학위논문.
- 한지윤, 신영준(2020) 인공지능교육 관련 연구 동향 분석: 키워드 네트워크 분석. 한국인공지능교육학회 학술대회, 163-166.
- Drake, S. M. & Burns, R.(2004). *Meeting standards through integrated curriculum*. Association for Supervision and Curriculum: Development(ASCD). 박영무 외(역). 통합교육과정. 원미사.
- Silapachote, P. & Srisuphab, A. (2017). Engineering courses on computational thinking through solving problems in artificial intelligence. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 7(3), 34-49.

Development and application of artificial intelligence education program for mathematics convergence using robots

Choi, Sun Young

Seoul Samjeon Elementary School

E-mail : ssunung2@sen.go.kr

Chang, Hyewon[†]

Seoul National University of Education

E-mail : hwchang@snu.ac.kr

This study aims to analyze the characteristics of students' understanding of artificial intelligence and mathematical concepts by developing and applying an artificial intelligence education program for mathematics convergence using robots. To this end, we analyzed the content standards of elementary artificial intelligence education to extract conceptual elements of artificial intelligence and identified mathematics achievement standards that can effectively integrate them. In particular, a five-session (15 classes in total) program was developed by selecting the units 'angle' and 'quadrilateral' suitable for utilizing the robot's movement and reorganizing the lesson to integrate the mathematics achievement standard with the artificial intelligence content elements. As a result of applying this to 22 fourth grade elementary school students over five months and analyzing the students' understanding revealed by topic of artificial intelligence content, the artificial intelligence education program for mathematics convergence using robots was helpful in students' understanding artificial intelligence principles and mathematical concepts. In addition, the use of robots was confirmed to improve students' understanding of artificial intelligence and mathematics as well as their participation in class by making them visually check a series of performing procedures.

* 2000 Mathematics Subject Classification 2000 : 97U70

* Key words : mathematics convergence, artificial intelligence, robot, angle, quadrilateral

† Corresponding author