

# The Effect of Physical Computing Programming Education Integrating Artificial Intelligence on Computational Thinking Ability of Elementary School Students

Yoo Seong Kim\*, Yung Sik Kim\*\*

\*Student, Dept. of Software Education, School of Education, Korea National University of Education,  
Cheongju, Korea

\*\*Professor, Dept. of Computer Education, School of Education, Korea National University of Education,  
Cheongju, Korea

## [Abstract]

In the era of the information revolution, the need for artificial intelligence convergence education is emerging in the trend of global change. Therefore, in this paper, a physical computing programming education method that combines artificial intelligence was developed and applied. The control group was provided with physical computing programming education that did not converge with artificial intelligence, and the experimental group developed and applied a physical computing programming education method that fused artificial intelligence to analyze the impact on elementary school students' computing thinking ability. As a result, it was confirmed that physical computing programming education fused with artificial intelligence had a more positive effect on enhancing elementary school students' computational thinking skills compared to physical computing programming education without artificial intelligence.

▶ **Key words:** Artificial Intelligence, Integration, Physical Computing Programming,  
Elementary School Student, Artificial Intelligence Convergence Education

## [요 약]

정보 혁명 시대를 맞이하여 전 세계적인 변화의 흐름 속에서 인공지능 융합 교육의 필요성이 더욱 대두되고 있다. 이에 본 논문에서는 인공지능을 융합한 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육 방법을 개발 및 적용하였다. 통제집단에는 인공지능을 융합하지 않은 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육을 실시하였으며, 실험집단에는 인공지능을 융합한 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육 방법을 개발하여 적용한 후 초등학생의 컴퓨팅 사고력에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과, 인공지능을 융합한 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육이 인공지능을 융합하지 않은 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육과 비교하여 초등학생의 컴퓨팅 사고력 신장에 더욱 긍정적인 효과를 나타내었음에 대한 통계적으로 유의미한 결과를 확인할 수 있었다.

▶ **주제어:** 인공지능, 융합, 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍, 초등학생, 인공지능 융합 교육

- First Author: Yoo Seong Kim, Corresponding Author: Yung Sik Kim
- \*Yoo Seong Kim (usung931@naver.com), Dept. of Software Education, School of Education, Korea National University of Education
- \*\*Yung Sik Kim (kimys@knue.ac.kr), Dept. of Computer Education, School of Education, Korea National University of Education
- Received: 2024. 02. 06, Revised: 2024. 02. 28, Accepted: 2024. 02. 29.
- This paper is an extension of the paper presented at the 69th Winter Conference of the Korean Society of Computer and Information in 2024 ("The Effect of Physical Computing Programming Education Integrating Artificial Intelligence on Computational Thinking Ability of Elementary School Students")

## I. Introduction

현대 사회는 제 4차 산업 혁명이라는 거대한 흐름 속에서 지식 정보사회로의 변화를 맞아 인공지능 기술에 대한 관심과 기대가 더욱 커지고 있다. 이러한 관심과 기대에 발맞추어 교육부는 2025년부터 인공지능(AI) 기술을 적용한 '인공지능 디지털 교과서'를 도입한다는 '디지털 기반 교육혁신 방안'을 발표했다[1]. 또한, 2022 개정 교육과정에서는 정보교육이 현재의 소프트웨어 교육을 바탕으로 인공지능과 빅데이터 등 첨단 디지털 혁신기술을 이해하고 활용할 수 있도록 기존 17시간에서 학교 자율시간 등을 활용하여 34시간 이상으로 확대하여 편성하고 모든 교과 교육을 통해 디지털 기초소양을 함양하고 소프트웨어 교육을 강화할 것을 발표했다[2].

한편, 놀이와 체험 활동 중심의 소프트웨어 교육이 주로 이루어지는 초등학생들에게 교육 효과가 뛰어난 피지컬 컴퓨팅 도구를 사용한 수업은 초등학생의 컴퓨팅 사고력을 신장시키고 디지털 기초소양을 함양하는 데에 큰 도움을 준다는 점에서 많은 관심을 받고 있다. 특히 피지컬 컴퓨팅 도구 중 하나인 마이크로비트(Micro:bit)는 사용자가 엔트리 등의 블록 코딩 기반의 프로그래밍 도구를 활용하여 코딩한 자료가 작동되는 과정에서 기계어로 자동 변환된다는 점에서 초등학생도 쉽게 사용할 수 있다는 장점이 있다[3]. 또한, 마이크로비트를 활용한 소프트웨어 교육은 초등학생의 컴퓨팅 사고력 향상에 유의미한 차이를 보임이 여러 연구에서 입증되었다[4].

본 연구에서는 인공지능 교육의 필요성과 피지컬 컴퓨팅의 장점을 바탕으로 블록형 프로그래밍 언어인 엔트리와 마이크로비트를 활용하여 인공지능을 융합한 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육 프로그램을 개발 및 적용하여 초등학생의 컴퓨팅 사고력에 미치는 영향을 분석하였다.

## II. Theoretical background

### 1. Physical Computing

피지컬 컴퓨팅은 댄 오 설리번(Dan O Sullivan)과 탐 아이고(Tom Igoe)에 의해 시작된 개념으로, 컴퓨터가 현실 세계의 아날로그 신호와 정보를 인지하고 반응하도록 설계한 시스템을 의미한다[5]. 피지컬 컴퓨팅은 컴퓨터로 하여금 사이버 세계에서 벗어나 현실 세계 속에서 사용자와 상호작용하고 사용자에게 일상생활에서 익숙한 물질적인 방식으로 컴퓨터를 이해하고 사용할 수 있도록 한다[6]. 키보드나 마우스를 이용한 입력 방법 대신에 소리, 동작,

빛, 열 등의 물리적인 신호를 감지하는 방법으로 정보를 입력하고 표현하기 때문에 컴퓨터 상식이 상대적으로 부족한 초등학생들도 다양한 방법으로 디지털 미디어에 접근할 수 있으며 쉽고 재미있게 수업에 참여할 수 있다는 장점이 있다[7]. 또한, 피지컬 컴퓨팅은 실생활의 다양한 분야에 적용되고, 초·중등학생들의 흥미를 유발하여 각종 메이커(maker) 교육 및 융합 교육에 도입하여 진행하였을 때 교육 효과가 매우 뛰어나며 여러 연구에서 입증되었다[8].

본 연구에서는 초등학생이 직관적인 LED, 온도 센서, 기울기 센서 등을 활용하여 실생활의 자료를 측정 및 활용하면서 엔트리의 인공지능 학습 기능과 인공지능 블록을 구성함으로써 컴퓨팅 사고력의 신장을 기대할 수 있다는 점에서 피지컬 컴퓨팅 교육 도구로 마이크로비트를 선정하여 적용하였다.

### 2. Artificial Intelligence Convergence Education

2022 개정 교육과정 총론에서 제시한 핵심역량 중 지식 정보처리역량은 '문제를 합리적으로 해결하기 위하여 다양한 영역의 지식과 정보를 깊이 있게 이해하고 비판적으로 탐구하여 활용할 수 있는 역량'을 의미한다. 또한, 2022 개정 교육과정에서 제시한 디지털 소양은 미래 사회 학생들이 필수적으 갖추어야 할 기초 소양 중 하나이다. 디지털 소양 중 인공지능 기술과 관련된 역량을 인공지능 역량이라고 한다. 교육 현장에서는 이러한 지식정보처리 역량과 인공지능 역량을 기르기 위한 방법의 일환으로 인공지능 융합 교육의 필요성을 인식하고 다양한 분야에서 인공지능 융합 교육을 실시하고 있다.

인공지능 융합 교육은 학자에 따라 다양하게 정의되고 있다. 허희옥은 AI 융합 교육을 AI에 대한 교육과 AI를 활용한 교육이 통합된 교육, 즉 AI가 교육목적임과 동시에 수단으로 활용하는 교육으로 보았다[9]. 한선관은 인공지능 교육을 인공지능 기반교육, 인공지능 이해 교육, 인공지능 활용 교육, 인공지능 융합 교육으로 구분하였으며, 그중 인공지능 융합 교육을 인공지능 기술을 활용해 인간 중심적으로 문제를 해결하기 위한 융합 능력을 신장하는 교육으로 정의하였다[10].

## III. Research methods

### 1. Research objectives and procedures

본 연구의 목적은 피지컬 컴퓨팅 도구인 마이크로비트(Micro:bit)와 교육용 프로그래밍 언어인 엔트리(Entry)를 이용하여 인공지능을 융합한 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍

교육이 인공지능을 융합하지 않은 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육과 비교하여 초등학생의 컴퓨팅 사고력 신장에 미치는 영향을 분석하는 데에 있다.

연구의 절차는 초등학교 6학년 실과 교육과정을 분석하여 연구 계획을 수립하고, 문헌 조사 및 선행 연구를 분석하여 연구 주제와 연구 문제를 설정하였다. 이후 컴퓨팅 사고력 측정을 위한 도구를 선정하였다. 다음으로 통제집단과 실험집단에 적용할 12차시 분량의 AI 융합 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육 자료와, AI를 융합하지 않은 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육 자료를 개발하였다. 실험 처치는 2023년 9월 3주부터 10월 2주까지 4주 동안 총 12차시에 걸쳐 이루어졌으며, 실험처치 전후로 컴퓨팅 사고력 사전, 사후 검사를 실시하여 컴퓨팅 사고력의 변화를 측정하였다.

## 2. research hypothesis

본 연구는 인공지능 요소를 융합한 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육 자료를 적용했을 때 그 효과성을 알아보기 위하여 다음과 같은 가설을 설정하였다.

[연구 가설]
AI 요소를 융합한 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육은 AI 요소를 융합하지 않은 기존의 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육보다 초등학생의 컴퓨팅 사고력을 유의미하게 향상시킬 것이다.

## 3. Subject of study

본 연구의 대상은 세종특별자치시에 소재한 H초등학교 6학년 2개 학급의 학생 각각 23명, 총 46명이며 각 학급을 실험집단과 통제집단으로 임의로 결정하였다. 실험 처치에 앞서 사전 컴퓨팅 사고력 검사를 통해 두 집단의 동질성을 확인하였다. 연구 대상의 구성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. The composition of the study subject

Sortation	The number of students	Gender	
		Man	Woman
Experimental group	23	11	12
Control group	23	12	11
Total	46	23	23

## 4. Inspection tool

본 연구에서는 초등학생의 컴퓨팅 사고력을 측정하기 위해 한국교육학술정보원에서 2017년에 개발한 컴퓨팅 사

고력 측정 검사지를 사용하였다. 초등학생용 컴퓨팅 사고력 측정 도구의 검사 문항은 17개 문항이며, SW 관련 역량별로 ‘분석 능력’ 6문항(35.3%), ‘모델링 능력’ 6문항(35.3%), ‘구현 능력’ 4문항(23.5%), ‘일반화 능력’ 1문항(5.9%)으로 구성되어 있다.

초등학생의 컴퓨팅 사고력을 측정하기 위한 17개 문항의 난이도 평균은 0.50으로 나타났으며, 문항 변별도의 평균은 0.422(기준치 0.35)로 변별력이 우수한 것으로 나타나 본 연구의 결과를 측정하기 위한 도구로 적절하다고 평가되었다[11].

## 5. Class design

본 연구에서는 인공지능 융합 유무에 따른 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍이 초등학생의 컴퓨팅 사고력에 미치는 영향을 분석하기 위하여 사전, 사후 검사가 실시된 1차시를 제외한 12차시 분량의 교육 프로그램을 개발하고 적용하였다. 각 차시별 학습 내용은 <Table 2>와 같다.

Table 2. Learning content of the control group and the experimental group

Class time	Control group	Experimental group
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>CT examination (using a computational thinking ability measurement test paper developed by the Korea Educational Research Information Service)</li> </ul>	
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Learn how to use the Entry</li> <li>Basic algorithm and procedural thinking acquisition (sequential/repeated/selective structure)</li> <li>Entry Programming Experience</li> </ul>	
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Learn how to use Micro:bit</li> <li>Micro:bit temperature, light gradient, sensor experience</li> <li>Experience programming with Micro:bit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Learn how to use Micro:bit and AI concepts</li> <li>Experience Micro:bit temperature, light, tilt sensors and artificial intelligence elements</li> <li>Experience programming with Micro:bit</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Create a comment analyzer</li> <li>Creating a voice recognition genie using a speaker</li> <li>Making HR Robots Using LEDs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Creating a comment analyzer with AI</li> <li>Creating a voice recognition Genie with AI</li> <li>Making HR Robots Using LEDs with AI</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planning your own SW work using entries and Micro:bit</li> <li>Creating and Sharing Works</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planning AI SW works using entries and microbeats</li> <li>Creating and Sharing Works</li> </ul>
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>CT examination (using a computational thinking ability measurement test paper developed by the Korea Educational Research Information Service)</li> </ul>	

1차시에 컴퓨팅 사고력 측정 검사를 진행하여 실험집단과 통제집단의 동질성을 확인한 후, 2~4차시에는 두 집단이 공통적으로 프로그래밍에 필요한 엔트리의 사용법과 기초적인 알고리즘 및 절차적 사고 방법, 간단한 엔트리 프로그래밍을 체험한다.

이후 5~7차시 수업에서는 마이크로비트 사용법과 <Fig. 1.>과 같이 마이크로비트의 간단한 센서를 체험한 뒤, 마이크로비트와 엔트리를 활용한 간단한 프로그래밍을 체험한다.



Fig. 1. Various sensor experience with micro:bit

실험집단에서는 인공지능의 개념과 더불어 <Fig. 2.>와 같이 엔트리에 적용할 수 있는 인공지능 블록과 인공지능 학습하기 기능에 대해 추가로 학습한다.



Fig. 2. Learning Artificial Intelligence Elements in Experimental Group

8~10차시 수업에서는 두 집단 모두 <Fig. 3.>과 같이 엔트리와 마이크로비트를 활용한 댓글분석기, 음성인식 지니, 인사 로봇 프로그래밍을 체험한다. 실험집단과 통제집단은 <Fig. 4.>와 같이 인공지능 블록의 사용 유무에 차이를 둔 프로그래밍 방법과 <Fig. 5.>와 같은 인공지능 학습하기 기

능의 활용 유무에 차이를 둔 프로그래밍을 체험한다. 실험 집단의 학생들은 사람 인식, 소리 인식, 입력된 데이터의 집단 분류 등의 기능과 이미지, 소리, 텍스트를 학습시켜 작품에 적용하는 인공지능 학습 기능을 체험한다는 점에서 통제집단과 차이가 있다.



Fig. 3. Programming experience with entries and microbeats

통제집단                      실험집단

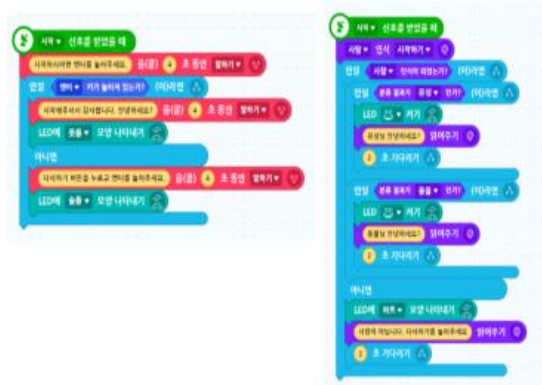


Fig. 4. Block coding using artificial intelligence

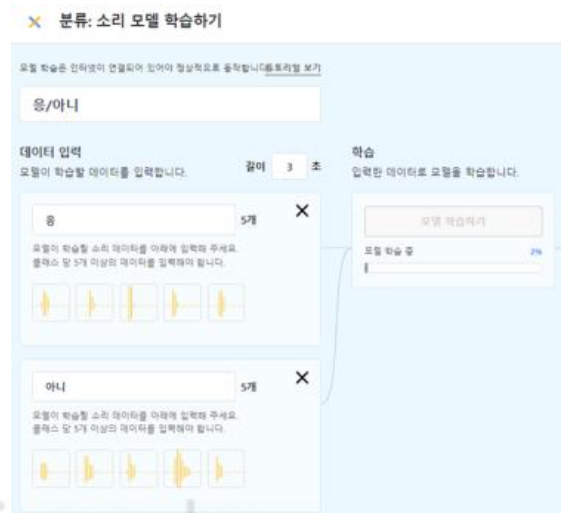


Fig. 5. Artificial intelligence learning capabilities

11~13차시 수업에서는 두 집단 모두 학습한 내용을 바탕으로 <Fig. 6.>과 같이 구상 활동지에 자신이 만들고자 하는 프로그램을 구상한다. 이후 인공지능 블록과 ‘인공지능 모델 학습하기’ 기능의 사용 유무에 차이를 두어 구상한 내용을 바탕으로 자신만의 프로그램을 만드는 방식으로 진행된다.



Fig. 6. Designation paper of activity

#### IV. The results of the study

본 연구에서 개발한 교육 프로그램을 이용하여 실험 처치를 시행하기 전에 실험집단과 통제집단의 컴퓨팅 사고력 사전 검사 결과에 대해 독립 표본 t-검정을 시행하여 실험집단과 통제집단의 동질성을 검증하였다. 이후 실험집단과 통제집단 각각의 집단 내 사전-사후 검사 결과에 대한 대응 표본 t-검정과 두 집단 사이의 사전-사후 검사 결과에 대한 독립 표본 t-검정을 통해 두 집단 간의 변화도 차이 및 집단 내의 변화를 분석하였다. 검사 결과는 검정 유의도를  $p < .05$ 로 설정하여 각 집단의 평균( $M$ )과 표준편차( $SD$ ), 표준오차( $t$ ), 유의확률( $p$ )을 이용하여 분석하였으며, 분석한 결과의 타당성을 추가로 검증하고자 두 집단의 집단 내 컴퓨팅 사고력 검사 결과와 두 집단 사이의 검사 결과의 차이에 대한 효과 크기( $d$ )를 산출하여 분석하였다. 컴퓨팅 사고력 측정은 한국교육학술정보원에서 2017년에 개발한 컴퓨팅 사고력 검사지를 사용하였으며 각 항목의 배점을 1점으로 하여 실시한 검사 결과의 내용은 <Table 4>, <Table 5>, <Table 6>, <Table 7>과 같다.

Table 4. Results of pre-test of computational thinking ability of control group and experimental group

Group	N	M	SD	t	p
Control	23	7.695	17.544	-.729	.470
Experimental	23	8.478	18.821		

두 집단의 사전 검사 결과를 분석한 결과, 통제집단의 평균은 7.965, 표준편차는 17.544이며, 실험집단의 평균은 8.478, 표준편차는 18.821로 나타났다. 두 집단의 사전 검사 결과를 통계 처리한 결과, t 값은 -.729, p 값은 .470으로 나타나 유의수준 .05에서 유의한 차이가 없으므로 두 집단은 통계적으로 유의미한 차이가 없는 동질 집단임이 확인되었다.

Table 5. Pre- and post-test results of computational thinking skills in the control group

Type	N	M	SD	t	p
preliminary	23	7.695	17.544	-2.249	.035
post	23	8.695	14.804		

통제집단의 컴퓨팅 사고력 사전-사후 검사 결과를 비교하였을 때 평균은 7.695에서 8.695로 1점이 향상되었다. 사전-사후 검사 결과에 대한 t 값은 -2.249, p 값은 .035로 나타나 유의수준 .05에서 유의미한 차이가 있었다. 따라서 AI 요소를 도입하지 않은 피지컬 컴퓨팅 기반의 소프트웨어 교육 프로그램이 컴퓨팅 사고력 향상에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타난 선행 연구를 분석한 결과와 동일한 것으로 확인되었다.

Table 6. Pre- and post-test results of computational thinking skills in the experimental group

Type	N	M	SD	t	p	d
preliminary	23	8.478	18.821	-5.379	< .001	.651
post	23	10.782	16.442			

실험집단의 컴퓨팅 사고력 사전-사후 검사 결과를 살펴 보면, 평균은 8.478에서 10.782로 2.304점이 향상되었다. 실험집단의 사전-사후 검사 결과에 대한 t 값은 -5.379, p 값은 < .001로 나타나 유의수준 .001에서 유의미한 차이가 있었다. 이를 통해 통제집단의 사전-사후 검사 결과의 평균이 1점 상승한 것과 비교하여 실험집단의 사전-사후 검사 결과의 평균 향상도가 1.304점 더 높은 것으로 비교되었다.

또한 실험집단의 집단 내 평균 차이에 대한 심층적 분석을 위해 효과크기를 산출하여 분석하였다. 효과 크기란 두 평균의 차이를 두 평균에 대한 합쳐진 표준편차로 나눈 값으로 Cohen(1988)이 제시한 기준에 따르면 효과 크기가 .2 이하인 경우 작은 효과, .5인 경우 중간 수준의 효과, .8 이상인 경우 큰 효과가 있는 것으로 해석할 수 있다.

실험집단의 집단 내 컴퓨팅 사고력 사전-사후 검사 결



과의 효과 크기는 .651로 나타나 중간 이상 수준의 효과가 있는 것으로 나타났다.

Table 7. Results of post-test of computational thinking ability of control group and experimental group

Group	N	M	SD	t	p	Cohen's d
Control	23	8.695	8.965	-2.262	.029	.666
Experimental	23	10.782	10.782			

통제집단과 실험집단의 컴퓨팅 사고력 사후 검사 결과를 비교하였을 때 평균은 2.087점 차이가 나타났으며, 사후 검사 결과에 대한 t 값은 -2.262, p 값은 .029로 나타나 유의수준 .05에서 유의미한 차이가 있었다. 또한, 효과 크기는 .666으로 나타나 중간 수준 이상의 효과가 나타남을 알 수 있었다.

이러한 연구 결과를 바탕으로 “인공지능(AI) 요소를 융합한 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육은 인공지능(AI) 요소를 융합하지 않은 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육과 비교하여 초등학생의 컴퓨팅 사고력 향상에 유의미한 변화가 없을 것이다.”라는 영가설을 기각하고 ‘인공지능(AI) 요소를 융합한 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육은 인공지능(AI) 요소를 융합하지 않은 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육과 비교하여 초등학생의 컴퓨팅 사고력 향상에 유의미한 변화를 보일 것이다.’라는 대립 가설을 채택하였다.

학습자의 학습 활동 관찰과 연구 결과의 분석을 바탕으로 고려했을 때 인공지능 요소를 융합한 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육이 인공지능 요소를 융합하지 않은 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육과 비교하여 초등학생의 컴퓨팅 사고력 향상에 긍정적인 영향을 미치는 요인은 다음의 3가지 효과에서 비롯되는 것으로 추정된다.

첫째, 인공지능 요소를 활용하기 때문에 데이터를 학습시키고 검증하는 과정에서 자료수집 및 분석, 표현 능력이 향상되기 때문이다. <Fig. 7.>과 같이 자신이 원하는 프로그램을 만들기 위해 필요한 자료를 수집하고 분석하여 알맞은 데이터를 찾아 인공지능 모델을 학습시키면서 자료 수집 및 분석 능력이 향상될 수 있으며, <Fig. 8.>과 같이 학습시킨 인공지능 모델을 활용하여 학습자가 원하는 기능을 수행하는 프로그램으로 나타내는 표현 능력이 길러질 수 있다.



Fig. 7. Increase data collection and analysis capabilities



Fig. 8. Improve your expressive abilities

둘째, 데이터를 학습시켜 인공지능 모델을 프로그램에 적용하는 과정에서 자동화와 테스트 능력이 향상되기 때문이다. 인공지능 요소를 활용하지 않는 통제집단에서는 <Fig. 9.>와 같이 사용자가 입력할 수 있는 여러 가지 데이터를 직접 입력하여 프로그램을 제작해야 하는 어려움을 경험하게 된다.



Fig. 9. Enter data from control groups

반면, 실험집단에서는 <Fig. 10.>과 같이 인공지능 블록과 인공지능 모델 학습 기능을 통해 데이터를 학습시켜 반복적인 작업을 크게 단축시킬 수 있을 뿐만 아니라 학습시킨 모델이 잘 작동하는지를 확인하는 과정이 추가로 필요하기 때문에 자동화와 테스트 능력이 더욱 향상될 수 있었다.

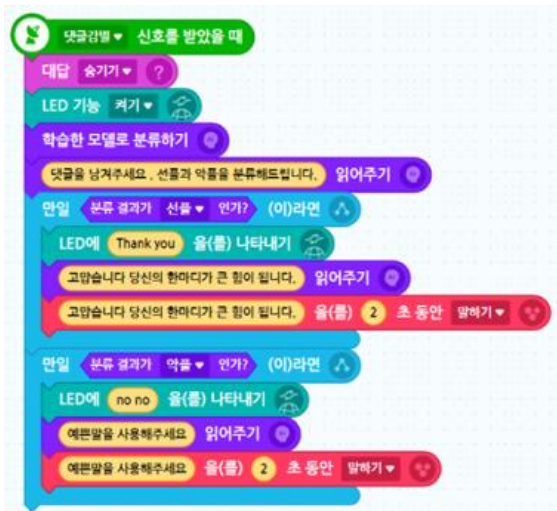


Fig. 10. Improve the automation and testing capabilities of the experimental group

셋째, 인공지능 요소를 활용하는 과정에서 학습자의 일반화 능력이 향상되기 때문이다. 인공지능 요소를 융합하지 않은 프로그래밍 교육을 받은 통제집단의 경우 학습자가 원하는 기능을 수행하는 프로그램을 제작하기 위해서는 사용자가 입력할 데이터를 미리 예측하여 모두 입력하거나 제한된 데이터만을 이용하여 프로그램을 설계하여 비교적 제한된 기능을 수행하는 프로그램을 제작하게 된다. 그러나 실험집단의 경우 인공지능 블록의 이미지 자동

인식, 음성 인식 등의 기능과 다양한 데이터를 바탕으로 학습시킨 인공지능 모델을 활용하여 더욱 다양한 여러 가지 문제 상황에 적용할 수 있는 프로그램을 설계 및 제작하는 경험을 통해 일반화 능력이 더욱 향상될 수 있었다.

## V. Conclusions and future research challenges

제 4차 산업혁명과 더불어 우리 생활 속에서 자율 주행 자동차와 챗GPT 등 인공지능을 쉽게 찾아볼 수 있다. 인공지능의 중요성에 대한 인식이 더욱 커져감에 따라 초등학교 학생들이 인공지능을 효과적으로 학습할 수 있는 방법 중 하나로 인공지능 융합 교육에 많은 관심이 집중되고 있으며, 인공지능 융합 교육에 대한 다양한 연구 또한 함께 이루어지고 있다.

인공지능의 중요성이 커져가는 현 시점에서 학생들이 함양해야 할 사고력은 바로 인공지능 사고력이다. 인공지능 사고력은 추상화와 자동화를 바탕으로 한 컴퓨팅 사고력에 지능화가 함께 이루어질 때 발달할 수 있다. 즉 인공지능 사고력은 컴퓨팅 사고력과 그 맥을 같이한다. 또한, 기존의 여러 연구에서는 피지컬 컴퓨팅 도구를 활용한 소프트웨어 교육이 초등학생의 컴퓨팅 사고력 향상에 긍정적인 영향을 미친다는 연구 결과가 나타났다. 따라서 인공지능을 융합한 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육을 통해 학생의 컴퓨팅 사고력을 향상시키는 것이 초등학생의 인공지능 사고력 증진으로 연결될 수 있는 초석이 될 것이다.

이에 본 연구에서는 인공지능을 융합한 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육 프로그램을 개발하여 인공지능을 융합하지 않은 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육 프로그램과 비교하여 초등학교 6학년 학생의 컴퓨팅 사고력 향상에 미치는 영향을 검증하는 것에 연구 목적을 두고 연구를 수행하였다.

초등학교 6학년 2개 학급 각 23명씩을 통제집단과 실험집단으로 설정하고, 사전 검사를 실시하여 결과를 분석함으로써 두 집단의 동질성을 확인하였다. 이후 인공지능 요소의 융합 유무에 차이를 두어 개발한 총 12차시 분량의 교육 프로그램을 1주당 3차시씩 4주에 걸쳐 실험 처치를 수행한 후 사후 컴퓨팅 사고력 검사를 통해 결과를 비교·분석한 결과 아래와 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 통제집단과 실험집단 모두 집단 내 사전-사후 컴퓨팅 사고력 검사 결과의 평균 점수 향상에 대한 통계적으로 유의미한 결과를 확인하였다. 이는 기존 연구를 바탕으로 검증된 '피지컬 컴퓨팅 도구를 활용한 프로그래밍 교육

이 컴퓨팅 사고력을 향상시킨다'는 결론과 일치하는 부분이다.

둘째, 통제집단과 실험집단의 집단 내 사전, 사후 컴퓨팅 사고력 검사 결과의 평균을 비교한 결과 실험집단이 통제집단보다 약 2배 이상 향상되었음을 확인하였다. 이는 학습자의 학습 활동을 분석한 결과 실험집단의 학생들이 인공지능 요소를 활용하는 과정에서 자료수집 및 분석, 표현, 자동화와 테스트, 일반화 능력이 향상될 수 있기 때문으로 추정된다.

셋째, 통제집단과 실험집단의 집단 간 사후 검사 결과를 비교했을 때 컴퓨팅 사고력 향상과 관련된 통계적으로 유의미한 결과를 확인할 수 있었다. 이는 인공지능을 융합한 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육이 인공지능을 융합하지 않은 기존의 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육과 비교하여 컴퓨팅 사고력 향상에 더욱 큰 효과가 있음을 나타낸다.

본 연구는 초등학교 6학년 2개 학급, 총 14차시 분량의 교육 프로그램을 적용하여 제한된 연구 대상과 시간으로 초등학생 전체에 적용하기에는 어려움이 있으며, 인공지능 사고력의 발달 정도를 보다 명확하게 확인하기 어렵다는 점과 프로그래밍 교육 관련 전문가의 의견 수렴이 부족하다는 한계점이 있다. 연구 결과와 한계점을 바탕으로 향후 이루어질 후속 연구를 위해 다음과 같이 제언하고자 한다.

첫째, 인공지능 융합 교육 프로그램을 통해 정의적 영역에 대한 연구가 추가로 이루어질 필요성이 있다. 본 연구에서는 인공지능 요소의 융합 유무에 따른 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육이 초등학생의 컴퓨팅 사고력에 미치는 영향이라는 인지적 요소에 초점을 두어 연구가 진행되었다. 그러나, 2022 개정 교육과정의 인공지능 역량에서는 컴퓨팅 사고력과 더불어 인공지능에 대한 흥미와 인공지능 윤리 등 정의적 측면 또한 강조하고 있다. 따라서 후속 연구에서는 인공지능 융합 교육 프로그램이 초등학생의 정의적 영역에 미치는 영향에 대한 연구가 추가로 이루어진다면, 보다 다양한 측면에서의 효과성을 검증할 수 있을 것으로 기대된다.

둘째, 피지컬 컴퓨팅 도구 외에 다양한 분야의 AI 융합 프로그래밍 교육에 대한 전문가 집단의 연구가 추가로 필요하다. 본 연구에서는 기존에 여러 연구에서 검증된 피지컬 컴퓨팅 도구를 활용한 프로그래밍 수업에 인공지능 요소를 융합하여 초등학생의 컴퓨팅 사고력 신장에 더욱 큰 효과가 있음을 살펴보았다. 피지컬 컴퓨팅 도구 외에도 로봇 기반 교육, 메이커 교육 프로그램 등 다양한 분야에서 인공지능 요소를 융합한 프로그래밍 교육에 대한 연구가 추가로 이루어진다면, 인공지능 융합 교육의 효과성 분석

에 더욱 기여할 것으로 기대된다.

셋째, 인공지능 사고력의 정의와 측정 방법에 대한 연구가 추가로 이루어질 필요성이 있다. 본 연구에서는 기존에 컴퓨팅 사고력의 정의와 측정 방법에 대한 다양한 연구가 이루어졌기 때문에 이를 바탕으로 개발한 교육 프로그램이 컴퓨팅 사고력에 미치는 영향을 분석할 수 있었다. 인공지능 사고력에 대한 정의를 확립하고, 인공지능 사고력을 측정할 수 있는 다양한 방법론적 연구가 이루어진다면, 인공지능 융합 교육이 컴퓨팅 사고력에 미치는 영향과 더불어 인공지능 사고력에 미치는 영향에 대해 보다 심층적으로 분석할 수 있을 것으로 기대된다.

## REFERENCES

- [1] Ministry of Education, "Standards for artificial intelligence education in elementary and secondary schools," Ministry of Education, pp. 9-12, 2023.
- [2] Ministry of Education, "an introduction to the revised curriculum for elementary and secondary schools," Ministry of Education, pp. 17-19, 2022.
- [3] Kim Kyung-tae and Lee Chul-hyun, "The effect of microbit physical computing education on the creative problem-solving ability of elementary school students," Journal of the Korean Academy of Sciences and Education, 34 (1), 85-111, 2021. DOI: 10.24062/kpae.2021.34.1.85
- [4] Song Ok-ji, Park Eun-kyung, and Bae Jong-min, "The effect of software education using microbeats on elementary school students' computing thinking skills," Journal of the Korean Society for Knowledge Information Technology, 15(1), 37-46, 2020. DOI: 10.34163/jkits.2020.15.1.004
- [5] Wing, J. M, "Computational Thinking and Thinking about Computing," Philosophical Transactions of the Royal Society A:Mathematical. Physical and Engineering Sciences, 366, 3717-3725, 2008. DOI: 10.1098/rsta.2008.0118
- [6] Dongsu Seo, "Concepts and technical foundations of physical computing," Korean Society of Design Conference Papers, 270-271, 2006.
- [7] Yoo Jong-hoon, Kim Yong-hwan, Yang Chang-eun, Jang Myung-ho, Kim Hee-ju, Myung No-young, Kim Dong-jung, and Yoo Heon-chang, "S/W education in elementary and secondary schools: SW development education using Arduino-based physical computing," Thesis book for the academic presentation conference of the Korean Computer Education Association, 19 (1), 61-64, 2015.
- [8] Kim Tae-ryeong and Han Seon-gwan, "Development and application of an online physical computing curriculum for



- pre-service teachers,” Paper of the information education society, 25(4), 621-632, 2021. DOI: 10.14352/jkaie.2021.25.4.621
- [9] Heo Hee-ok and Kang Shin-cheon, “Teaching competency for the design of artificial intelligence convergence education,” Journal of the Society of Computer Education, 26 (2), 89-100, 2023. DOI: 10.32431/kace.2023.26.2.008
- [10] Han Seon-gwan, “Framework for AI education,” Education Square, 73, 6-9, 2020.
- [11] Korea Education and Research Information Service, “A Study on the Development of Software Education Effectiveness Measurement Tools in 2017,” Korea Educational Development Institute, 2017.

## Authors



Yoo Seong Kim received a bachelor's degree from the physical education department of Cheongju National University of Education., Korea, in 2012, respectively. Yoo Seong Kim entered the software education department of

the Korea National University of Education in 2021 and is scheduled to graduate in February 2024. He is interested in software education, physical computing, and programming education.



Yung Sik Kim completed a master's and doctorate in electrical and computer engineering at North Carolina State University in 1987 and 1993, respectively. Dr. Kim joined the faculty of the Department of

Computer Education at the Korea National University of Education in 1994. He is interested in computer education, programming education, physical computing, and artificial intelligence education.