

## Development and Effectiveness of Problem Solving based Safety Education Program using Physical Computing

Jooyoun Song\*, YeonKyoung Kim\*

\*Master, Dept. of Education, Chung-Ang University, Seoul, Korea

\*Research Professor, Dept. of Education, Chung-Ang University, Seoul, Korea

### [Abstract]

In this paper, we developed a problem-solving based safety education program using physical computing for middle school students and applied it to verify the impact on self-efficacy and interest. The safety education program developed in this study includes four stages of the creative problem-solving model: problem identification, planning, implementation, and evaluation, and learning activities using Arduino, a physical computing tool. After implementing the education program with 77 third-year middle school students, both self-efficacy and interest of middle school students increased significantly. Based on the research results, the effectiveness of the safety education program that used physical computing and problem-solving steps was confirmed, and practical implications were presented to promote the activation of physical computing education in the school field.

▶ **Key words:** AI convergence education, Physical computing, Problem-solving, Safety education program, Middle school students, Self-efficacy, Interest

### [요 약]

본 논문에서는 피지컬 컴퓨팅을 활용한 문제해결 기반 안전교육 프로그램을 개발하고 이를 적용하여 중학생의 자기효능감과 흥미에 미치는 영향을 검증하였다. 구체적으로 본 연구에서 개발한 안전교육 프로그램은 창의적 문제해결 모형의 4단계인 문제 확인, 계획, 실행 및 평가의 단계와 피지컬 컴퓨팅 도구인 아두이노를 활용한 학습 활동을 포함한다. 중학교 3학년 77명을 대상으로 피지컬 컴퓨팅을 활용한 문제해결 기반 안전교육 프로그램을 실행한 결과 중학생의 자기효능감과 흥미 모두가 프로그램 참여 후에 유의미하게 상승하였다. 연구 결과를 토대로 피지컬 컴퓨팅과 문제해결 단계를 적용한 교육 프로그램의 효과성을 확인하고 학교 현장에서 피지컬 컴퓨팅 교육의 활성화 촉진을 위한 실천적 시사점을 제시하였다.

▶ **주제어:** AI 융합 교육, 피지컬 컴퓨팅, 문제해결, 안전교육 프로그램, 중학생, 자기효능감, 흥미

• First Author: Jooyoun Song, Corresponding Author: YeonKyoung Kim  
\*Jooyoun Song (zinarena@cau.ac.kr), Dept. of Education, Chung-Ang University  
\*YeonKyoung Kim (yeon@cau.ac.kr), Dept. of Education, Chung-Ang University  
• Received: 2023. 09. 13, Revised: 2023. 11. 03, Accepted: 2023. 11. 06.

## I. Introduction

인공지능, 빅데이터, 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅 등으로 대표되는 4차 산업혁명 사회에 진입하면서, 급격한 기술변화에 따른 사회변화에 대처할 수 있는 창의·융합형 인재의 양성이 필요하게 되었다[1]. 이에 세계 주요 국가들은 디지털 기반의 SW·AI 교육의 중요성을 인식하고 교육과정 개정 및 교육환경 개선 등을 통해 미래인재 양성을 위해 노력하고 있다[2-3]. 우리나라도 2022 개정 교육과정 총론을 통해 ‘포용성과 창의성을 갖춘 주도적인 사람’을 비전으로 삼고, ‘미래 사회가 요구하는 역량의 함양이 가능한 교육과정’과 ‘디지털·AI 교육환경에 맞는 교수·학습 및 평가체제의 구축’ 등을 초·중등학교 교육과정 개정의 중점사항으로 제시하였다[4].

이러한 맥락에서 STEAM 교육, 메이커 교육, 창의적 문제해결, 소프트웨어 교육은 미래 사회에 대응하기 위한 창의·융합 역량을 직접적으로 향상시킬 수 있는 교육 방법으로 주목받고 있다[5]. 특히 실제 학교 현장에서 피지컬 컴퓨팅을 활용한 소프트웨어 교육은 창의적 문제해결과 연계하여 보다 유의미한 학습을 가능하게 한다. 피지컬 컴퓨팅은 현실 세계의 데이터를 다양한 디지털기기로 입력받아 소프트웨어로 처리한 후, 그 결과를 다양한 형태의 장치로 출력하는 컴퓨팅 방식이다[6]. 피지컬 컴퓨팅 교육은 학습자가 전자 회로를 구성하고 이를 프로그래밍하는 과정을 통해 창의적이고 실용적인 결과물을 제작하고 직접 손으로 만지고 조작하는 경험을 제공한다[7]. 피지컬 컴퓨팅 교육을 통해 학습자는 컴퓨터에 익숙하지 않더라도 다양한 방법으로 자신의 아이디어를 쉽게 구체화시킬 수 있고 결과물 제작 및 수정을 수월하게 수행할 수 있으므로 [8-10], 학습에 관한 흥미와 태도 변화, 만족도 향상, 인지적 역량 신장에 긍정적인 효과가 있음이 실증적으로 입증되었다[7].

하지만 지금까지 피지컬 컴퓨팅 관련 연구들이 초·중등학교 맥락에서 이루어졌음에도 교과 영역과 세부 주제, 학년에 따른 실제적인 교육 프로그램은 여전히 부족한 실정이다. 또한 교육용 프로그래밍 언어와 피지컬 컴퓨팅 도구의 기능을 교수자의 안내에 따라 습득하는 형태로 교육이 이루어지거나 단순히 한 차례 경험적 차원의 수업으로 제공되는 경우가 많았다[11]. 학교 교육에서 피지컬 컴퓨팅 교육은 구체적 학습, 창의적 학습, 협력적 학습 경험을 제공하는 데 주된 목적이 있으나[12], 이러한 요인을 총체적으로 고려한 체계적인 피지컬 컴퓨팅 교육에 관한 연구도 찾아보기 어렵다.

본 논문은 구체적이고 창의적이며 협력적인 학습 경험을 제공하는 피지컬 컴퓨팅 교육의 목적에 주목하여, 피지컬 컴퓨팅이 아이디어 실현 및 실제적인 결과물 창출을 위한 수단으로 활용되는 창의적 문제해결 과정 중심의 교육 프로그램을 개발 및 적용하여 그 효과성을 검증하고자 한다. 또한 선행연구 결과, 중등교육 맥락에서 수행된 피지컬 컴퓨팅 활용 교육 연구들이 수학, 정보 등 교과에서 제한적으로 이루어졌으므로[13-15], 본 연구에서는 중등 기술 교과의 내용을 토대로 안전교육 프로그램을 모색하여 창의적 문제해결 과정과 피지컬 컴퓨팅의 활용을 프로그램에 통합하고자 한다. 중학교 기술 교과는 기술과 자원 활용, 기술 시스템 설계 및 실생활의 문제해결을 위한 기술활용 능력을 다룬다는 점에서 안전교육 프로그램을 효과적으로 실행할 수 있으며[16], 이는 실제적 문제해결을 위한 기술의 활용이라는 본 연구의 피지컬 컴퓨팅 교육 개발의 방향과도 맥락을 같이 한다. 따라서 본 연구의 결과는 창의·융합형 인재양성을 위한 문제해결 중심 피지컬 컴퓨팅 활용 교육의 실천 가능성을 확장할 것으로 기대된다.

이를 위해 본 연구는 먼저 피지컬 컴퓨팅과 교육적 활용, 창의적 문제해결 모형, 기술 교과에서의 안전교육 프로그램에 대한 이론적 고찰을 수행하였다. 다음으로 ADDIE 모형을 적용하여 창의적 문제해결 과정 중심의 피지컬 컴퓨팅 활용 안전교육 프로그램을 개발 및 운영하고 중학생들의 자기효능감과 흥미에 영향을 미치는 프로그램의 효과성을 사전·사후 검사를 통해 분석하였다. 마지막으로 학교 현장의 다양한 교과 영역에서 피지컬 컴퓨팅 교육의 활성화 도모를 위한 실천적 시사점을 제안하였다.

## II. Theoretical Background

### 1. Physical Computing and Educational Application

피지컬 컴퓨팅은 하드웨어와 소프트웨어를 결합하여 추상적 아이디어를 창의적으로 표현하고 구체적인 산출물을 만드는 과정에 컴퓨팅 원리를 활용하는 것이다[12]. 특히 피지컬 컴퓨팅은 현실 세계의 데이터를 입력하는 방법을 습득하고 이를 프로그래밍하여 그 결과를 센서로 내보내거나 로봇 등 다양한 장치를 통해서 표현할 수 있기에 학습자들이 프로그래밍을 쉽게 배울 수 있다[6].

피지컬 컴퓨팅을 적용한 프로그래밍 교육은 교육용 로봇과 연계한 교육용 로봇 프로그래밍 교육과 아두이노와 같은 마이크로 컨트롤러(Micro controller)를 연계한 아두이노 프로그래밍 교육으로 구분된다[13]. 아두이노

(Arduino)는 오픈 소스를 기반으로 한 단일보드 마이크로 컨트롤러(Micro controller)로 완성된 보드와 함께 관련된 개발 도구 및 환경을 지원하는 대표적인 보드형 피지컬 컴퓨팅 도구이다[13, 17-18]. 아두이노는 C언어와 같은 텍스트형 언어뿐만 아니라 스크래치와 같은 블록형 언어 등의 다양한 프로그래밍 언어를 사용하여 결과물을 개발할 수 있고, 프로그래밍을 위한 산출물 제작 환경에 대한 적합성이 높기에 교육적 활용 가능성이 높다[19]. 또한 학습적 측면에서 아두이노는 학생들이 다양한 센서를 활용하여 자신의 아이디어를 구현할 수 있고, 실용적인 도구나 기기를 제작하는데 쉽고 편리하기 때문에 기술 교과 등 창의적 문제해결과 기술활용이 중점인 교과에 적합하다[17].

학교 교육 맥락에서 피지컬 컴퓨팅 교육은 컴퓨팅 사고력과 창의성 향상에 주된 효과가 있는 것으로 분석되었다[7]. 특히 아두이노를 활용한 피지컬 컴퓨팅 교육의 효과성을 검증한 연구를 살펴보면, 중등 수학·과학영재 학생을 대상으로 시행된 아두이노를 이용한 피지컬 컴퓨팅 수업을 통해 학생들의 융합적 역량(대인관계 역량, 정보과학적 창의성, 통합적 사고 성향 등)이 신장되었음이 보고되었다[14]. 중학생 대상 선행연구에서 아두이노를 활용한 프로그래밍 교육이 학습자의 문제해결 능력 향상에 효과가 있음도 확인되었다[13, 17]. 또한 아두이노를 활용한 피지컬 컴퓨팅 교육은 학습자의 만족도, 자신감, 성취감에 긍정적인 효과를 주는 요인으로 밝혀지기도 했다[20-21]. 이상과 같이 피지컬 컴퓨팅 교육의 효과는 인지적 및 정의적 영역을 총체적으로 포괄함을 알 수 있다.

## 2. Creative Problem Solving Model

창의적 문제해결(Creative Problem Solving: CPS) 모형은 학습자가 해결해야 하는 문제를 직접 찾아 창의적 해결방안을 모색하고 최선의 아이디어를 선택하는 접근방법을 일컫는다[22-23]. CPS 모형의 목적은 학습자들이 CPS를 활용하여 일상생활에서 발생하는 문제 및 도전상황을 비판적, 창의적으로 사고하여 문제를 해결하는 능력을 향상시키는 데 있다[24].

CPS 모형의 절차는 Osborn(1963)이 창의적인 문제해결 단계를 사실 발견, 아이디어 발견, 해결안 발견으로 제안한 이래로 Parnes(1981), Treffinger와 Firestein(1989), Treffinger, Isaksen와 Dorval(2000), Puccio, Murdock과 Mance(2005) 등 학자들에 의해 정교화되고 있다[23, 25-28]. 전형적인 CPS 모형은 사실 발견, 문제 발견, 아이디어 발견, 해결책 발견(아이디어의 평가), 수용 발견(아이디어의 수행)이라는 다섯 가지 핵심 단계로 구성

된다[29]. 교육 현장에서 CPS 모형의 절차는 일반적으로 문제의 인식, 해결 방법의 계획, 자료 수집 및 조사 연구, 해결 방법의 결정 및 적용, 결과 평가로 이루어지며[30], 본 연구에서는 중학생의 인지발달 수준을 고려하여 문제 확인, 계획, 실행, 평가의 4단계 절차를 적용하였다.

CPS 모형을 통해 학습자는 비구조화된 복잡한 문제를 이해하고 최선의 해결책을 계획하고 실행하면서 확산적 및 수렴적 사고를 반복하게 된다[31]. CPS 모형에서 제시하는 문제해결 과정은 프로그래밍 소프트웨어를 실행할 문제 상황에 적용하여 아이디어를 구조화하고 결과물을 산출하는 과정에 초점을 둔 피지컬 컴퓨팅 교육과도 맞닿아 있다[32]. 따라서 피지컬 컴퓨팅 교육을 위한 교수학습 방법으로 CPS 모형과 같은 창의적 문제해결 과정을 포함하는 방법이 활발히 적용되고 있다[7].

## 3. Safty Education in Technology Curriculum

안전교육이란 교육을 통하여 일상생활에서 안전에 필요한 지식, 기능, 태도 등을 이해시키고, 생명을 존중하며, 안전하고 건강한 생활을 영위할 수 있는 습관을 형성시키는 교육이다[33-34]. 학교에서 실시하는 안전교육은 학교 생활에서 발생하는 안전 및 건강상의 문제와 가정과 사회, 산업체 등 사회 전반에서 발생할 수 있는 각종 사고와 건강상의 문제 등을 예방할 목적을 가지며, 학생들에게 안전에 관한 지식과 기술, 태도 및 대비 방법 등을 체계적으로 습득하게 하는 데 목적이 있다[34-35]. 구체적으로 안전교육은 학생들이 안전한 생활에 필요한 지식(인지적 측면), 안전한 행동을 실천하는데 요구되는 기술(행동적 측면) 그리고 안전한 삶을 잘 영위하려는 가치관과 태도(정의적 측면) 등의 역량을 통합적으로 향상시키는 과정이다[36].

안전교육은 관련 교과 교육과정을 통해 실행되고[37], 테크놀로지 기반 도구와 환경을 제공할 때 더욱 효과적이다[38]. 특히 기술 교과는 기술시스템 및 기술활용 영역에서 기술과 관련된 교통안전, 재난안전, 산업재해 등의 내용을 다루고 있으며, 기술을 활용하고 설계하며 구체적인 기능을 학습하게 한다는 면에서 안전교육과 밀접하게 연계된다[16]. 기술 교과는 실천적인 생활 교과 및 통합적 문제해결 교과의 성격을 띠기에 일상생활의 문제를 해결하는 교육을 실행할 수 있고 소프트웨어 활용 교육 내용이 포함되어 있으므로[39], 피지컬 컴퓨팅 도구를 활용하여 안전생활과 관련된 문제를 인식 및 해결하는 참여형 안전교육 프로그램을 구현하기에 적합하다. 이에 본 연구에서는 실생활 문제 상황에서의 문제해결과 안전에 관련된 중학교 기술 교과의 내용을 토대로 피지컬 컴퓨팅 도구 활용

을 접목한 교육 프로그램을 설계하고 그 효과성을 중학생 대상 피지컬 컴퓨팅 교육 연구에서 주로 검증되지 않았던 자기효능감과 흥미 요인을 중심으로 확인하였다.

### III. Research Methods

#### 1. Research Design

이 연구는 피지컬 컴퓨팅을 활용한 문제해결 기반 안전 교육 프로그램이 중학생의 자기효능감 및 흥미에 어떠한 영향을 미치는지를 규명하기 위하여 단일집단 사전·사후 검사를 설계하였다. 본 연구의 준실험설계의 실험변인은 피지컬 컴퓨팅을 활용한 문제해결 기반 안전교육 프로그램이고, 종속변인은 자기효능감과 흥미의 2개 영역이다. 연구 설계 내용은 Table 1에 제시되어 있다.

Table 1. Research Design

Group	Pre-test	Treatment	Post-test
Experimental group	O1 O2	X1	O3 O4

X1: Problem solving based physical computing safety education program  
 O1, O2: Pre-test (self-efficacy and interest)  
 O3, O4: Post-test (self-efficacy and interest)

#### 2. Participants

연구에 참여한 대상 학생은 서울에 위치한 A 중학교에 재학 중인 3학년 85명이다. 코로나19 확진자 및 의심자, 사전 및 사후 검사에서 무응답 및 동일 응답을 반복 선택한 학생을 제외한 총 77명을 연구대상으로 선정하였다. 최종 연구 대상자는 남자 28명(36.4%) 여자 49명(63.6%)으로 구성되어 있다.

#### 3. Procedures

본 연구에서는 체계적인 수업 설계 및 교육 프로그램 개발의 과정으로 널리 활용되고 있는 ADDIE 모형[40-41]을 적용하여 2022년 9-11월에 교육 프로그램을 개발하고 운영하였다.

분석(Analysis) 단계에서는 중학교 기술 교과를 토대로 안전교육 프로그램의 내용 요소를 추출하고 중학교 과정에 적용할 수 있는 창의적 문제해결 모형의 절차를 분석하였다. 다음으로 설계(Design) 단계에서는 학교 주변 실생활의 교통안전 문제와 가치 판단을 안전교육 프로그램의 핵심 주제로 선정하고 문제 확인, 계획, 실행, 평가의 창의적 문제해결 과정과 연계하였다. 더불어 피지컬 컴퓨팅 교

육 관련 선행연구를 토대로 창의적 문제해결과 기술활용이 중점인 교과에 적합한 아두이노를 피지컬 컴퓨팅 도구로 선정하였다. 개발(Development) 단계에서는 분석 및 설계 단계의 내용을 토대로 피지컬 컴퓨팅을 활용한 문제해결 기반 안전교육 프로그램의 체계를 Table 2와 같이 총 6차시의 수업으로 구성하였다.

Table 2. Problem Solving Based Physical Computing Safety Education Program

Problem solving process	Session	Learning Content and Activities
Identifying problem	1	- Analyze of safety problem factors in real life around schools - Discuss thoughts and values regarding artificial intelligence autonomous driving by team - Use the Moral Machine, an AI ethics tool
	2	- Analyze the causes of traffic accidents on roads near schools - Explore AI based automobile and signal system systems - Use causes-and-effects diagram
Planning	3	- Generate ideas for and countermeasures and prevention of traffic safety accidents - Use Scamper and Brain storming
	4	- Seek and select ideas for artificial intelligence signal system for problem solving - Use PMI (Plus, Minus, Interesting) tool
Implementing	5	- Learn materials for using Arduino boards - Design a flashing traffic lights code and circuit using Arduino
Evaluating	6	- Share traffic lights design using Arduino - Participate in self-and peer-evaluation - Fix operating errors and complete the final results

실행(Implementation) 단계에서는 교육 프로그램의 내용 및 세부 학습 활동, 컴퓨터실 등의 교육환경을 점검하고 연구자가 6차시의 수업을 1주에 2차시씩 총 3주 운영하였다. 교육 프로그램 운영 전에 학생들의 자기효능감 및 흥미 사전 검사를 시행하였으며, 수업이 종료된 후에 같은 내용의 설문지를 활용하여 자기효능감 및 흥미에 대한 사후 검사를 시행하였다. 본 연구에서 실행된 피지컬 컴퓨팅을 활용한 문제해결 기반 안전교육 프로그램의 학습 활동 및 결과물은 Fig. 1과 같다.

평가(Evaluation) 단계에서는 프로그램에 참여한 학생들이 응답한 자기효능감 및 흥미 데이터를 토대로 프로그램 실행 전, 후의 자기효능감 및 흥미의 변화 양상을 분석하였다. 해당 결과를 통하여 본 연구에서 개발된 피지컬 컴퓨팅을 활용한 문제해결 기반 안전교육 프로그램의 효과성을 확인하고 프로그램 설계 및 운영을 위한 시사점을 도출하였다.

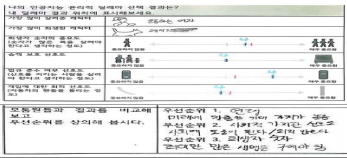
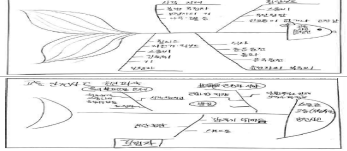
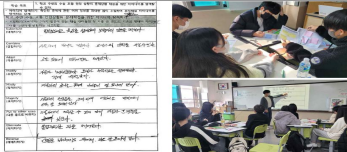
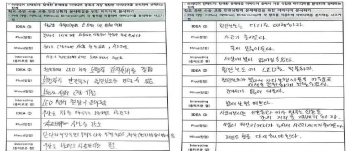
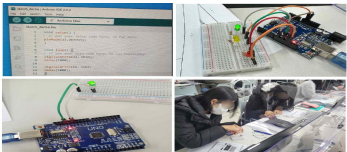

Problem solving process	Session	Example of Learning Activities and Outcomes
Identifying problem	1	
	2	
Planning	3	
	4	
Implementing	5	
Evaluating	6	

Fig. 1. Learning activities and outcomes of program

**4. Measure**

본 연구에 사용된 측정 도구는 자기효능감 및 흥미 검사지이다. 자기효능감 측정을 위해서는 청소년의 자기효능감 수준 측정을 위해 선행연구에서 사용되었던[42-43] 유효현(2006)의 학업적 자기효능감 척도[44]를 활용하였다. 해당 측정도구는 학습 자신감, 학습 지속력, 학습과제 선호, 학습노력 정도의 총 24문항으로 구성되어 있다. 문항 척도는 5점 Likert 척도를 사용하였으며 높은 점수를 받은 학

생일수록 자기효능감이 높은 것을 의미한다. 학업적 자기효능감 척도의 전체 신뢰도 계수 Chronbach's  $\alpha$ 는 .924이고, 각 하위 요인별 신뢰도 계수 Chronbach's  $\alpha$ 는 .803-.869 범위이다.

흥미 검사지는 하유경과 조한익(2022)이 탐색적 및 확인적 요인분석의 타당화 과정을 통해 개발한 중고등학생용 국어 교과 개인적 흥미 척도[45]를 본 연구의 목적에 맞게 수정 및 보완하여 사용하였다. 문항 척도는 5점 Likert 척도를 사용하였으며 점수가 높을수록 학습 과정에서 흥미 수준이 높은 것으로 해석한다. 개인적 흥미 척도의 중학생 대상 전체 신뢰도 계수 Cronbach's  $\alpha$  값은 .976이고, 하위요인인 인지적 호기심, 정서적 관심, 가치의 유용성에 따른 신뢰도 계수 Cronbach's  $\alpha$ 는 각각 .926, .953, .941이다.

**5. Data analysis**

본 연구에서는 피지컬 컴퓨팅을 활용한 문제해결 기반 안전교육 프로그램의 효과를 분석하기 위해 프로그램 실시 전과 후에 자기효능감 및 흥미 검사를 실시하였다. 사전-사후 검사로 수집된 데이터는 SPSS for window 26.0 프로그램을 이용하여 분석하였다. 먼저 데이터의 정규분포와 측정 도구의 신뢰도 지수(Cronbach's  $\alpha$ )를 확인하였다. 다음으로 자기효능감과 흥미의 사전-사후 검사 데이터의 차이를 대응 표본 t검정으로 분석하였다.

**IV. Results**

**1. Results of Self-Efficacy Analysis**

피지컬 컴퓨팅을 활용한 문제해결 기반 안전교육 프로그램 참여 전과 후의 학생들의 자기효능감 차이를 알아보기 위해 대응 표본 t검정을 실시한 결과는 Table 3에 제시되어 있다. 해당 프로그램에 참여한 학생들의 자기효능감 점수는  $p < .01$  수준에서 통계적으로 유의미한 상승이 나타났다. 이 결과를 통해 본 연구에서 개발한 피지컬 컴퓨팅 활용 문제해결 기반 안전교육 프로그램이 중학생들의 자기효능감 향상에 긍정적인 역할을 했음을 확인하였다.

Table 3. Comparison of Self-Efficacy Pre-and Post-Test Results

Category	Pre-test		Post-Test		t
	M	SD	M	SD	
Self-Efficacy	2.94	.75	3.14	.85	3.22**

\*\* $p < .01$

## 2. Results of Interest Analysis

본 연구에서 개발한 교육 프로그램 참여 전과 후의 학생들의 흥미 수준을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 중학생들의 흥미 수준은 피지컬 컴퓨팅 활용 문제해결 기반 안전 교육 프로그램 참여 후에 높아졌으며, 이는 통계적으로 유의미하게 나타났다( $p < .001$ ). 이는 피지컬 컴퓨팅을 활용하여 문제를 해결하는 과정을 통해 실생활 안전에 대한 지식, 기술, 태도 등을 학습하는 과정이 중학생들의 학습 흥미에 긍정적인 변화를 주었다고 해석할 수 있다.

Table 4. Comparison of Interest Pre-and Post-Test Results

Category	Pre-test		Post-Test		t
	M	SD	M	SD	
Interest	2.64	.77	3.08	.83	4.84***

\*\*\* $p < .001$

## V. Conclusions

최근 학교 현장에 AI를 비롯한 다양한 유형의 테크놀로지 보급이 확산되면서 소프트웨어 교육을 포함한 AI 및 디지털 테크놀로지 교육의 실행을 위한 노력 역시 증가하고 있다. 이 연구는 ADDIE 모형에 따라 피지컬 컴퓨팅 도구인 아두이노를 활용한 문제해결 기반 안전교육 프로그램을 개발하고, 이를 적용하여 본 프로그램이 중학생들의 자기효능감과 흥미에 미치는 효과를 검증하였다. 연구 결과에 따른 논의 및 결론은 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 개발된 피지컬 컴퓨팅 활용 문제해결 기반 안전교육 프로그램은 중학생들의 자기효능감과 흥미를 향상시키는데 효과가 있었다. 이러한 결과는 피지컬 컴퓨팅 활용 교육이 학습자들의 자기효능감과 흥미를 신장시키는데 효과가 있음을 입증한 선행연구의 결과들과 맥락을 같이 한다[46-49]. 본 연구에서 개발한 프로그램은 학교 주변에서 쉽게 접할 수 있는 교통안전 문제 상황을 창의적 사고 기법을 활용하여 직접 정의하고 문제해결 아이디어를 동료 학생들과 함께 도출하는 문제해결 과정으로 구성되어 있다. 학생들이 협력적으로 산출하고 선정된 아이디어는 피지컬 컴퓨팅 도구인 아두이노를 활용하여 점멸 신호등을 개발하는 구체적 활동으로 진행되었다. 따라서 실생활 맥락의 문제해결 과정을 결합하여 중학생들의 자기효능감과 흥미 촉진을 위한 교육적 경험을 제공하는 것이 중요하며, 피지컬 컴퓨팅과 같이 테크놀로지를 적용한 교육 프로그램은 보다 흥미롭고 매력적인 학습 활동

과 경험을 제공하여 이를 지원할 수 있다.

둘째, 기존 선행연구에서 피지컬 컴퓨팅 교육을 진행하고 주로 검증된 성과 요인은 컴퓨팅 사고력, 문제해결력, 창의성 등이며 정규 교과에 피지컬 컴퓨팅 내용 요소가 편성된 것에 비해 중학교 대상으로 한 연구도 부족한 실정이다[7]. 이에 본 연구에서는 학습자의 학업성취 및 동기와 밀접한 관련이 있는 정의적 영역의 학습 성과에 주목하였다. 구체적으로 중등 기술 교과와 문제해결 과정을 연계한 피지컬 컴퓨팅 교육 프로그램을 개발 및 실행하여 자기효능감과 흥미 변인을 학습 성과 요인으로 검증하고 그 효과성을 규명하였다. 이는 피지컬 컴퓨팅과 문제해결 과정을 활용하여 학습 방법과 활동을 다양화한 체계적인 교육 프로그램을 제공한 결과, 중학생의 자발적인 흥미를 유발하고 수업에 대한 관심을 갖게 하여 학습 참여를 촉진시킴으로써 학습에 대한 기대와 자신감이 높은 학습자가 되도록 기여한 것으로 볼 수 있다.

셋째, 피지컬 컴퓨팅 교육이 학교 현장에서 지속적으로 의미있게 활성화되기 위해서는 본 연구에서 개발한 프로그램과 같이 실생활과 연계된 문제해결 과정과 교과의 내용을 연계하여 프로그램을 제공할 필요가 있다. 현재 교육 분야에 AI 및 디지털 테크놀로지 기반의 구체적인 교육 프로그램이 많이 개발되었지만, 이를 정규 교과 교육에 접목한 시도는 부족하였다. 이에 본 연구의 결과를 토대로 교과 영역과 세부 주제, 학년에 따라서 학습자 참여 중심 교수학습 방법을 적용한 피지컬 컴퓨팅 교육 프로그램의 개발 및 운영을 고려할 수 있다.

마지막으로 본 연구의 결과와 제한점을 토대로 향후 연구 방향을 제시하면 다음과 같다. 본 연구의 실험은 3주간 6차시의 단기간에 이루어졌다. 이에 보다 충분한 실험 기간을 설정하고 실험집단 및 통제집단의 비교를 통해 연구의 타당성을 확보할 필요가 있다. AI 및 디지털 테크놀로지 활용 교육의 성과는 본 연구에서 검증한 자기효능감과 흥미 이외에 다양한 차원의 인지적 및 정서적 요인의 향상을 기대할 수 있으므로, 이를 검증하는 연구가 요구된다.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2020 S1A3A2A02091529) and was developed based on first author's master's thesis (2023).

## REFERENCES

- [1] C. Y. Kim, "Relationship of Empathy, Cultural Competency and Creativity Convergence Competency for Fostering Human Resources of Artificial Intelligence Era," *The Journal of the Korean Society for Gifted and Talented*, Vol. 20, No. 3, pp. 103-124, Nov. 2021. DOI: 10.17839/jksgt. 2021.20.3.103
- [2] S. C. Kang, S. J. Ahn, Y. H. Sung, Y. S. Jeong, Y. A. Kim, J. H. Seo, and S. Y. Park, "Empirical Data analysis Report On Overseas Software Education Current Status" Korea Education and Research Information Service, RM 2019-3, Apr. 2019.
- [3] U. S. Song, and H. K. Lim, "The Necessity of an Elementary School Information Curriculum based on the Analysis of Overseas SW and AI Education," *Journal Of The Korean Association of Information Education*, Vol. 25, No. 2, pp. 301-308, Apr. 2021. DOI: 10.14352/jkaie. 2021. 25.2.301
- [4] Korean Ministry of Education, "Main Facts on General Guidelines for the 2022 National Curriculum" Nov. 2021.
- [5] C. I. Lim, "Redirecting the Research and Practice of Educational Technology for Future Society and Education," *Journal of Educational Technology*, Vol. 35, No. 2, pp. 253-287, Jun. 2019. DOI: 10.17232/KSET.35.2.253
- [6] W. C. Jun, "The Successful Conditions of Physical Computing Education in the Age of Artificial Intelligence" 2021 KISA(Korea Internet & Security Agency) Report, Vol. 8, Sep. 2021.
- [7] E. K. Lee, "A Meta-Synthesis of Research about Physical Computing Education in Korean Elementary and Secondary Schools," *The Journal of Korean Association of Computer Education*, Vol. 22, No. 5, pp. 1-9, Sep. 2019. DOI: 10.32431/kace.2019.22.5.001
- [8] D. S. Seo, "Introduction to Physical Computing: Concept and Technical Basics," In *Proceedings of the KSDS(Korean Society of Design Science) Conference*, pp. 270-271, Oct. 2006.
- [9] J. B. Ahn, "The Development of the Physical Computing Program with Design-based Learning for Elementary Students" Unpublished Master's thesis, Gyeongin National University of Education, Incheon, Korea, 2015
- [10] S. M. Park, "A Study on the Development of Young Children's Creativity Program Using Physical Computing Platform," *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, Vol. 21, No. 4, pp. 669-691, Apr. 2021. DOI: 10.22251/jlcci.2021.21.4. 669
- [11] K. J. Kim, and C. I. Lim, "A Developmental Study of an Instructional Model for Maker Education using Single-Board Computer(SBC) in Elementary School," *Journal of Educational Technology*, Vol. 35, No. 3, pp. 687-728, Sep. 2019. DOI: 10.17232/KSET.35.3.687
- [12] H. S. Choi, S. M. Lee, J. H. Lee, and C. M. Woo, "Opportunities and Challenges Perceived by Teachers from Physical Computing Education," *Journal Of The Korean Association of Information Education*, Vol. 20, No. 3, pp. 235-242, Jun. 2016.
- [13] H. J. Kim, J. H. Seo, and Y. S. Kim, "The Effect of Scratch Programming Education Using Arduino on Middle School Students' Creative Problem Solving Ability," *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, Vol. 16, No. 12, pp. 707-724, Dec. 2016. DOI: 10.22251/ jlcci.2016.16.12.707
- [14] J. H. Kim, and T. Y., Kim, "The Effect of Physical Computing Education to Improve the Convergence Capability of Secondary Mathematics-Science Gifted Students," *The Journal of Korean Association of Computer Education*, Vol. 19, No. 2, pp. 87-98, Mar. 2016. DOI: 10.32431/kace.2016.19.2.009
- [15] K. S. Eom, Y. J. Jang, J. M. Kim, and W. G. Lee, "Development of a Board for Physical Computing Education in Secondary Schools Informatics Education," *The Journal of Korean Association of Computer Education*, Vol. 19, No. 2, pp. 41-50, Mar. 2016. DOI: 10.32431/ kace.2016.19.2.005
- [16] K. W. Im, J. H. Kim, and E. H. Lee, "Analyzing Safety Education Applied in Middle and High School Technology-Home Economics Textbook: Based on the 7 School Safety Education Standards," *Journal of Education & Culture*, Vol. 28, No. 5, pp. 435-458, Oct. 2022. DOI: 10.24159/joec.2022.28.5.435
- [17] S. Y. Sim, J. O. Kim, and J. S. Kim, "Development of STEAM Learning Program Using Arduino to Improve Technological Problem-Solving Ability for Middle School Students.," *The Korean Journal OF Technology Education*, Vol. 16 No. 1, pp. 77-100, Apr. 2016
- [18] J. H. Kim, D. H. Kim, "Development of Physical Computing Curriculum in Elementary Schools for Computational Thinking," *Journal of The Korea Association of Information Education*, Vol. 20, No. 1, pp. 69-82, Feb. 2016. DOI: 10.14352/jkaie.2016.20. 1.69
- [19] P. Jamieson, "Arduino for teaching embedded systems. Are computer scientists and engineering educators missing the boat?," In *Proceedings of International Conference on Frontiers in Education: Computer Science and Computer Engineering (FECS)*, pp. 289-294, 2021.
- [20] K. J. Han, "A study on Subject Matter Education using Arduino," *The Journal of Education Studies*, Vol. 53, No. 1, pp. 1-19, Mar. 2016.
- [21] E. J. Yoo, "The Effect of Project-based Physical Computing Programming Education on the Computational Thinking of High school Gifted Students" Unpublished Master's thesis, Korea National University of Education, Cheongju, Korea, 2019.
- [22] S. S. Baek, "Development and Application Effect of a Creative Problem Solving (CPS) Model-Based Young Children's Mathematics Education Program" Unpublished doctoral dissertation, Chung-Ang University, Seoul, Korea, 2018.
- [23] D. J. Treffinger, S. G. Isaksen, and K. B. Dorval, "*Creative*

- Problem Solving: An Introduction* (3rd ed.) Waco, TX: Prufrock Press, 2000.
- [24] Y. S. Cho, J. S. Sung, and H. Y. Lee, “*Creativity education: Developing creative problem-solving skills and teaching methods*” Seoul, Ewha Womans University press, 2008.
- [25] A. F. Osborn, “*Applied Imagination: Principles and Procedures of Creative Thinking* (3rd ed.)” New York, NY: Charles Scribner's Sons, 1963.
- [26] S. J. Parnes, “*The Magic of Your Mind*” Buffalo, NY: Creative Education Foundation, 1981.
- [27] D. J. Treffinger, and R. L. Firestein, “Update: Guidelines for Effective Facilitation of Creative Problem Solving,” *Gifted Child Today Magazine*, Vol. 12, No. 4, pp. 35-39, 1989.
- [28] G. J. Puccio, M. C. Murdock, and M. Mance, “Current Developments in Creative Problem Solving for Organizations: A Focus on Thinking Skills and Styles,” *Korean Journal of Thinking and Problem Solving*, Vol. 15, No. 2, pp. 43-76, 2005.
- [29] B. Y. Choi, and M. H. Park, “Effects of Creativity Education Program through the Creative Problem Solving Model,” *The Korea Journal of Education Methodology Studies*, Vol. 16, No. 2, pp. 1-28, May. 2004.
- [30] J. G. Lee, “Development and Application Effect of IDEAL-TRIZ Learning Program to Improve Technological Problem-Solving Capability for Elementary School Students” Unpublished doctoral dissertation, Chungnam National University, Daejeon, Korea, 2010.
- [31] Y. M. Moon, “Development and Application of CPS Model into the Instruction of Geography for Creativity Enhancement,” *Journal of the Association of Korean Geographers*, Vol. 2, No. 2, pp. 123-136, Jun. 2013.
- [32] S. K. Jeon, Y. M. Seo, and Y. J. Lee. “CPS-based Creative Programming Class Model,” In *Proceedings of the Korean Association of Computer Education Conference*, Vol. 14, No. 2, pp. 95-99, 2010.
- [33] G. H. Lee, “An Analysis of the Elementary School Textbook Based on Korean Seven Standard of the Safety Education” Unpublished Master's thesis, Daegu National University of Education, Daegu, Korea, 2017.
- [34] Y. J. Lee, “Research on the Way to Safety Education in Practical Art Education based upon Analysis of Achievement Standard in 2015 Revised Curriculum -focusing on the seven standards of safety education-,” *Journal of Korean Practical Arts Education Research*, Vol. 23, No. 3, pp. 75-95, Aug. 2017.
- [35] H. J. Park, and S. Y. Yoo, “School Safety Education Status and Substantiality Plan” *Korean Educational Development Institute*, PP 2015-05, Aug. 2015.
- [36] S. J. Lee, “Meta-Analysis on the Effects of Safety Education Program School Age Children,” *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, Vol. 22, No. 21, pp. 197-208, Oct. 2022. DOI: 10.22251/jlcci.2022.22. 21.197
- [37] E. H. Lee, J. H. Kim, and K. W. Im, “A Study on the School Safety Education in Middle School: Centered on the 7 Standards of School Safety Education,” *Educational Research*, Vol. 83, pp. 135-153, Apr 2022. DOI: 10.17253/ swueri.2022.83..007
- [38] Y. Gao, V. A. Gonzalez, and T. W. Yiu, “The Effectiveness of Traditional Tools and Computer-aided Technologies for Health and Safety training in the Construction sector: A systematic Review,” *Computers & Education*, 138, pp. 101-115, May. 2019. DOI:10.1016/ j.compedu.2019.05.003
- [39] S. S. Lee, “The Necessity and Direction of Practical Arts Education in Future Education,” *Journal of Korean Practical Arts Education*, Vol. 34, No. 3, pp. 21-41, Sep. 2021. DOI: 10.24062/ kpaee.2021.34.3.21
- [40] R. M Branch, “*Instructional Design: The ADDIE Approach* (Vol. 722)” New York, NY: Springer, 2009.
- [41] K. L. Gustafson, and R. M Branch, “What is Instructional Design,” In R. A. Reiser and J. V. Dempsey (Eds.), *Trends and issues in instructional design and technology* (pp. 16-25). New York, NY: Prentice-Hall, 2002.
- [42] J. H. Kim, “Analysis on the influence of adolescence academic self-efficacy, interpersonal ability, and school life adaptation” Unpublished Master's thesis, Chosun University, Gwangju, Korea, 2015.
- [43] H. G. Park, “An Analysis of the Mediating Effect of the Learning Flow in the Relationship between Study Motivation Factors and Self-Directed Learning” Unpublished doctoral dissertation, Hongik University, Seoul, Korea, 2010.
- [44] H. H. Rew, “An Analytical Study on the Predictability of Related-variables on Academic Achievement” Unpublished doctoral dissertation, Hongik University, Seoul, Korea, 2006.
- [45] Y. K. Ha, and H. I. Cho, “Development and Validation of Korean Individual Interest Scale for Secondary School Students,” *Journal of Educational Innovation Research*, Vol. 32, No. 1, pp. 303-330, Mar. 2022. DOI: 10.21024 /pnuedi .32.1.202203.303
- [46] H. S. Jeong, and C. H. Lee, “Development and Application Effect of a Software Education Program for Elementary School Students Using MakeyMakey,” *The Journal of Education*, Vol. 43, No. 2, pp. 181-192, Jun. 2023. DOI: 10.25020/je.2023.43.2.181
- [47] T. J. Park, “Developing and Applying Design Principles for a Physical Computing Program Based on Creative Problem Solving Methodology,” *Journal of Educational Technology* Vol. 34, No. 3, pp. 817-847, Sep. 2018. DOI: 10.17232/KSET.34.3.817
- [48] H. U. Kim, “The Effect of 'Gravitational Acceleration Measuring Device' Inventing Education Program using Arduino's Various Sensors, on Science-gifted Elementary School Students' Creative Problem Solving and Attitude towards Science,” *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, Vol. 20, No. 17, pp. 1101-1122, Sep. 2020. DOI: 10.22251/jlcci.2020.20.17.1101



- [49] Y. H. Hwang, K. J. Mun, and Y. B. Park, "Study of Perception on Programming and Computational Thinking and Attitude toward Science Learning of High School Students through Software Inquiry Activity: Focus on using Scratch and physical computing materials," *Journal of the Korean Association for Science Education*, Vol. 36, No. 2, pp. 325-335, Apr. 2016. DOI: 10.14697/jkase.2016.36.2.0325

## Authors



Jooyoun Song received the B.S. degree in Technology Education from Chungnam National University, Korea in 2011. She received the M.S. degree in AI Creative Convergence Education from Chung-Ang

University, Korea in 2023. She is currently a teacher at Magokhanui Middle School in Seoul, Korea. Her research interests focus on SW education, AI education, and convergence education.



YeonKyoung Kim received the B.S. degree in English Language and Literature from Chung-Ang University, Korea in 2003. She received the M.S. degree in Educational Technology from Seoul National University,

Korea in 2006, and the Ph.D. degree in Educational Technology from Chung-Ang University in 2016. Dr. Kim is currently a research professor in the Department of Education, Chung-Ang University. Her research interests include instructional design, learning engagement, and technology-based learning.