

2015 개정 교육과정의 초등학교 소프트웨어 교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구 선택 기준 개발 및 적용

이영재 · 전형기 · 김영식

한국교원대학교 컴퓨터교육과

요 약

본 연구는 2015 개정 교육과정에서 실시될 초등학교의 효율적인 소프트웨어 교육을 위해 활용될 수 있는 피지컬 컴퓨팅 교구의 선택 기준을 개발하는 데 목적을 두고 있다. 이를 위해 교육용 교구에 대한 이론, 연구사례와 전문가 집단의 델파이 설문을 통해 초등학교에서 소프트웨어 교육에 활용할 수 있는 피지컬 컴퓨팅 교구의 선택 기준을 제안하였으며, 현재 상용화된 피지컬 컴퓨팅 교구들 중 제안한 교구 선택 기준을 가장 충족하는 교구를 선택하고, 관련 교수·학습내용을 구성하여 실험집단에 투입하였다. 연구 결과, 제안한 피지컬 컴퓨팅 교구 선택 기준을 반영한 교수·학습 활동이 학습자의 논리적 사고력을 유의미하게 향상시킨다는 것이 t검증을 통해 확인되었고, 효과크기 측면에서도 학습자의 논리적 사고력 향상에 긍정적인 영향을 미친 것으로 분석되었다. 또한 학습자 만족도 조사를 통해 제안된 교구 선택 기준이 초등학교의 소프트웨어 교육에 활용할 수 있는 피지컬 컴퓨팅 교구의 선택에 있어 효과적이며, 이를 활용한 교수·학습 활동이 초등학교의 수준에 적합함이 증명되었다.

키워드 : 2015 개정 교육과정, 초등학교 소프트웨어 교육, 피지컬 컴퓨팅, 교구 기준, 논리적 사고력

Development and Applymnt Selection Standards of Physical Computing Teaching Aids for Elementary SW Education According to the 2015 Revised Curriculum

Young-jae Lee · Hyung-gi Jeon · Yungsik Kim

Dept. of Computer Education, Korea National University of Education

ABSTRACT

This study derived optimized teaching aids that use the physical computing method as the solution for effective software education at the elementary level. We set standard for selecting physical computing teaching aids in elementary-level by gathering the opinions from previous studies and think tanks and then applied the standard to some aids and choose one. We also made lesson plan and tried it to the experimental group. Subsequently, students' logical thinking skills showed a statistically significant improvement in terms of the t-test. Also, in the analysis of the effect size, it was shown to have a positive influence on the improvement of the students' logical thinking skills. Additionally, survey of satisfaction evaluation from the students showed that the teaching aid selection standard was effective in selecting suitable teaching aids for elementary students and that the classroom

본 논문은 이영재의 2017년 석사 학위 논문을 수정·보완하여 완성한 것임

교신저자 : 김영식(한국교원대학교 컴퓨터교육과)

논문투고 : 2017-07-07

논문심사 : 2017-07-11

심사완료 : 2017-08-02

activities utilizing physical computing teaching aids were at a suitable level for elementary students.

Keywords : 2015 Revised Curriculum, Software Education for Elementary Students, Physical Computing, Standard for Teaching Aids, Logical Thinking Ability

1. 서론

1.1 연구의 필요성

4차 산업혁명(fourth industrial revolution, 4IR) 시대는 정보통신기술(ICT)의 융합으로 이루어진 혁명 시대로 18세기 초기 산업 혁명 이후 네 번째로 중요한 산업 시대이다. 4차 산업혁명 시대에는 인공지능과 로봇기술, 사물인터넷(IoT) 등 정보통신기술이 다양한 영역에 융합하며, 이러한 융합효과는 광범위하게 물리적 세계와 디지털 세계를 접목시킨 결과로 나타난다. 이러한 4차 산업을 견인할 정보통신기술은 메이커 운동(maker movement)이라는 새로운 문화를 창출하였다. 메이커 운동은 정보통신기술을 적용하여 자신이 필요한 물건을 스스로 설계하고 제작하며 그것을 공유한다. 즉, 메이커들은 자신의 아이디어를 소프트웨어를 통해 동작, 제어, 관리될 수 있는 제품을 설계·제조하여 현실화 시킬 수 있는 능력을 가진다. 메이커의 출현은 3차 산업 시대와는 다른 역량이 필요함을 예고하는 것이다.

이러한 추세에 발맞추어 세계 여러 나라들은 소프트웨어 교육에 대한 중요성을 인식하고 관련 교육을 강화하고 있으며 우리나라 또한 2015 개정 교육과정을 통해 소프트웨어 교육을 필수 또는 핵심 교육과정으로 추진하고 있다. 그 결과 초등학교에서 고등학교까지 소프트웨어 관련 교육을 필수 또는 중점적으로 실시하도록 규정하고 있으며, 특히 초등학교의 경우 연 17시간 이상의 소프트웨어 교육을 통하여 기초적인 컴퓨팅 사고력 함양이 가능하도록 권장하고 있다[20][21].

초등학생을 대상으로 한 과거의 관련 연구들을 살펴보면 초기에는 연구자들의 관점에 따라 외국 의 사례를 재구성하거나 자체적으로 구안한 교육내용을 소수의 학생들에게 적용한 개별적인 연구들이 주를 이루었으며, 정보 및 소프트웨어 교육의 필요성과 효과성을 서술하였다. 이러한 경향은 정보 교육과 관련하여 다양한 교육방법의

제안과 교육내용의 구성이라는 점에서는 의의를 찾을 수 있지만 정보 교육에서 활용되었던 교육용 로봇이 초등 교육과정에 적합하지 않다는 점과 교사들의 관련 경험 부족이 부정적으로 작용한다는 점 등을 문제로 제시하며 효율적인 교육방법의 모색이 필요하다고 제안한 강종표(2004)의 연구를 비롯해 유평준(2010), 한정혜(2011), 안기섭·박광렬(2014), 이영재·김영식(2015), 김성원·이영준(2015) 등 최근의 연구에서도 교구의 적합성, 교사의 수준, 적절한 교육내용의 부재 등 소프트웨어 교육에 있어 현실적 어려움을 제기하고 있어, 현재까지 소프트웨어 교육이 학교 현장, 특히 초등학교에 널리 적용하기에는 어려움이 많다는 것을 시사하고 있다[1][6][8][13][17].

초등학교에서 효과적인 소프트웨어 교육을 실시하기 위해서는 초등학생의 발달상태와 학습능력, 교사의 역할과 학교환경 등 다양한 상황과 여건을 고려하여 교수·학습내용을 차별하거나 교육목표에 따른 효과적인 교수·학습방법의 모색 등 많은 고민과 노력이 필요하다. 최근 들어 이러한 문제점을 인식하고 개선을 위한 연구와 시도가 꾸준히 이루어지고 있으며, 본 연구 또한 2015 개정 교육과정의 적용을 앞두고 있는 현 시점에서 초등학생의 효과적인 소프트웨어 교육을 위한 고민에서 출발하여, 해결책으로 초등학생의 발달단계를 고려한 피지컬 컴퓨팅 교구의 선택 기준을 제안하였으며, 이 기준에 따른 교구를 소프트웨어 교육에서 활용할 수 있는 교수·학습 내용을 구성하고 초등학생에게 직접 투입함으로써 본 연구에서 제안한 피지컬 컴퓨팅 교구 선택 기준의 적절성과 효과성을 분석하였다.

1.2 연구의 목적

2015 개정교육과정에서 초등 소프트웨어 교육과 연계한 피지컬 컴퓨팅 교구의 활용은 교육과정이 제시하는 성취기준을 달성하고 학습자의 학습 흥미를 유지시키고 학습자의 컴퓨팅 사고력(CT, computational thinking)을

향상시킬 수 있으며, 미래의 메이커로서의 경험과 역량을 제공할 수 있다. 따라서 이러한 소프트웨어 교육의 목표를 달성하기에 적합한 피지컬 컴퓨팅 교구가 활용되어야 한다. 그러나 현재 교육 현장에서 활용하고 있는 피지컬 컴퓨팅 교구들이 객관적인 교구 선택 기준에 따라 제작되었다고 보기 어렵다. 따라서 2015 개정교육과정에서 제시한 초등 소프트웨어 교육의 목표를 달성하기 위해서는 초등학생의 발달 단계를 고려한 피지컬 컴퓨팅 교구의 선택 기준이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 초등학생의 소프트웨어 교육에 활용할 수 있는 피지컬 컴퓨팅 교구의 선택 기준을 개발하고, 개발된 기준을 충족하는 피지컬 컴퓨팅 교구를 활용한 소프트웨어 교육을 초등학생 5~6학년을 대상으로 실시하여 개발된 교구 선택 기준의 신뢰도와 타당도를 분석하고자 한다.

본 연구에서 설정한 연구문제는 다음과 같다.

- (1) 초등학생의 소프트웨어 교육에 활용할 수 있는 피지컬 컴퓨팅 교구의 선택 기준에는 어떤 요소들이 고려되어야 하는가?
- (2) 본 연구에서 제안한 피지컬 컴퓨팅 교구 선택 기준을 만족하는 교구를 활용한 소프트웨어 교육은 초등학생들에게 효과적인가?

2. 이론적 배경

2.1 2015 개정 교육과정 분석

2.1.1 소프트웨어 교육의 목표와 내용

2015 개정 교육과정에서 소프트웨어 교육과 관련한 목표는 <Table 1>과 같다[20][21].

<Table 1> Goals of software education

Desired role model	<ul style="list-style-type: none"> • Creative person who creates new things with diverse ideas and challenges based on basic ability
Aimed capacities	<ul style="list-style-type: none"> • Self-management capacity which leads self-directed life based on basic abilities and qualifications for one's life and career path while having ego identity and self confidence • Knowledge and information processing capacity which processes and utilizes knowledge and information in various fields for rational problem solving. • Creative and convergent thinking abilities which create new things by utilizing professional knowledge, technology, and experience based on extensive basic knowledge • Community spirit which actively participates in solving community's problems with the required value and attitude as a member of a region, nation, and global society

초등학교의 소프트웨어 교육 내용은 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Elementary software education contents

Areas	Core concept	Contents (General knowledge)	Contents (factors) by grade
Technical system	Communication	Communication technologies and information, sending/receiving it.	<ul style="list-style-type: none"> • Software process sharing by ng • Algorithm • Programming
	Adaptation	People shape its own future and adapt to technical development and social changes through rational decision making processes.	<ul style="list-style-type: none"> • Social changes and career path • Future society and robots
Technology application	Innovation	Invention during the problem-solving process and standards for technology development and innovation of nations and societies as well.	<ul style="list-style-type: none"> • Formulate ideas for invention • Protect Personal information and intellectual property

2.1.2 교수·학습 영역과 성취 기준 분석

초등학교의 소프트웨어 교육은 ‘기술시스템’ 과 ‘기술의 활용’ 영역으로 나누어지며, 각 영역의 세부 성취 기준은 각각 <Table 3>, <Table 4>와 같다[20][21].

<Table 3> Achievement standards of ‘Technical System’

NO	Achievement standards
6 04-07	Search software-applied cases and understand software’s influence on our lives.
6 04-08	Think of problem-solving orders by procedural thinking and apply it.
6 04-09	Experience basic programming while using programming tools.
6 04-10	Learn orders of calculating and comparing numbers, and design a program which automatically calculates and compares numbers.
6 04-11	Understand a structure of order, repetition, and condition, and design a program by using it to solve problems in daily life.

<Table 4> Achievement standards of ‘Technical Application’

NO	Achievement standards
6 05-03	Research cases of using robots in daily life, and predict social changes caused by utilizing robots.
6 05-04	Understand Robots’ operation principles by comparing the human body structure, and experience the production process of sensor-embedded robots.
6 05-07	Understand meanings of protecting personal information and intellectual property, and search practical ways to take an action in our lives.

이상의 소프트웨어 교육과 관련한 2015 개정 교육과정에서 초등학교의 소프트웨어 교육과 관련된 주요 내용들을 분석한 결과 시사점은 다음과 같다. 먼저 초등학교를 위한 소프트웨어 교육은 실생활과 연계된 프로그래밍의 체험, 로봇의 구조 탐색 및 체험, 정보윤리로 요약될 수 있다. 그러나 이들은 별개로 구분된 교육 내용이 아니므로 이들을 복합적으로 연계한 교수·학습을 실시해야 한다. 또한 기초적인 프로그래밍과 로봇의 작동 등에 관한 효과적인 이해를 위해서는 학습 교구를 이용한 활동이 더욱 효과적이다.

따라서 2015 개정 교육과정의 운영에 있어 초등학교의 소프트웨어 교육의 목표와 성취 기준의 달성을 위하여 초등학교가 이해하기 쉽고 실생활의 문제를 해결할 수 있는 블록기반의 프로그래밍과 이와 연계한 로봇 등과 같은 피지컬 컴퓨팅 기기의 다양한 작동원리를 체험할 수 있는 교육용 교구를 적극적으로 활용하는 것이 중요하다는 것을 알 수 있다.

2.2 초등학교의 발달 단계를 고려한 교육

2.2.1 국내외 연구 사례 분석

검증된 학자들의 발달이론을 통한 초등학교의 발달상황을 분석하여 보면 다음과 같다[2][14].

Piaget는 초등학교의 시기에는 보존성의 획득, 탈중심화, 자율적 도덕성의 이해 및 관련성의 이해가 가능한 구체적 조작기의 습성을 보이다가 형식적 조작기로 넘어가게 되어 가상의 문제를 해결하기 위한 가설을 세우고 문제해결을 추진할 수 있는 조합, 가설, 연역적인 복잡한 수준의 추상적 사고가 가능하며 이를 논리적으로 결합하여 과학적으로 설명할 수 있다고 하였다. 따라서 Piaget는 초등학교 수준의 아동에게는 학습과제를 구체화시키고 조직화하는 것이 무엇보다 중요하고, 직접적 경험을 통한 학습의 기회를 마련해 주어야 한다고 하였으며, 사회적 접촉을 증대시켜주고 경험을 확대하여 사고의 수준을 높여주어야 한다고 주장하였다.

Havigurst는 인간의 발달은 각각의 단계에서 반드시 습득해야 하는 행동형태가 있으며, 이를 발달과업이라 하였다. 그는 학교급의 수준에 따라 발달과업을 제시하였으며, 초등학교 수준에서의 발달과업의 세부내용은 다음과 같다.

- 일상생활에서의 유희에 필요한 신체적 기능을 습득한다.
- 성장하는 유기체로서 자신에 대한 건전한 태도를 형성한다.
- 동년배들과 어울릴 줄 안다.
- 남녀 간의 적절한 성역할을 학습한다.
- 읽고, 쓰고, 셈하기의 기본기술이 발달한다.
- 독자적인 학습습관이 형성된다.

- 양심, 도덕 및 가치적도가 발달한다.
- 사회집단과 제도에 대한 태도가 발달한다.

한편, Erikson은 그의 '심리·사회적 발달 단계론'에서 인간의 일생을 8단계로 구분하고 각 단계에서 습득해야 하는 과업을 대칭적으로 제시하여 과업을 습득한 경우에는 신뢰감을, 습득하지 못한 경우에는 불신감을 얻게 된다는 모형으로 설명하였다. 이 중 초등학교 시기는 4단계 '근면성 대 열등감'이 형성되는 시기로 아동들은 인지적 측면과 사회적 측면에서 유용한 지식과 기술을 습득하게 되며 이를 근거로 자아가 형성되어 간다고 설명하였다. 이 시기의 아동들은 성취동기가 강하여 친구나 학교생활을 통하여 여러 가지 지식과 기능을 열심히 배우고 익히려는 노력이 많으며, 부모나 교사의 격려와 비교 등을 통해 강화할 경우 근면성의 기초가 된다. 그러나 이러한 근면성이 부모나 교사의 비교 등 부적절한 요인으로 인하여 결핍될 경우 많은 과제에서 실패를 경험하게 되고, 나아가 열등감과 부적절감을 가지게 된다고 주장하였다.

Freud는 인간의 성격은 명확하게 구분할 수 있는 5단계를 거쳐서 발달하며 각 단계마다 정신(원초아, 자아, 초자아)이 다른 자각 수준(의식, 전의식, 무의식)에서 그 기능을 담당한다고 설명하였다. 초등학교 시기는 4단계인 잠복기에 해당되며, 이 시기의 아동은 성적인 욕구가 철저히 억압되어 심리적으로 평온한 시기이다. 그러나 이 말은 아동들의 변화가 없음이 아니라 성적인 부분만이 침체되어 있다는 것으로 이를 제외한 부분에서 매우 활동적인 모습으로 많은 발달을 보여준다. 예를 들어 문화적으로 가치 있는 기술을 습득하고 사회 속에서 자신의 역할을 배우며, 운동능력을 키우고 논리적으로 사고하여 타인의 입장도 고려할 수 있게 된다.

이상의 연구 결과들은 초등학교 고학년 시기의 학습자의 특성에 대해 다음과 같은 시사점을 주고 있다.

첫째, 초등학교 5, 6학년 단계의 학생들은 발달된 신체적, 지적, 정의적 능력을 이용하여 생활 주변의 문제를 논리적, 과학적, 분석적 활동을 통하여 해결해 나가는 학습이 가능하다.

둘째, 이타적이고, 규칙을 준수하는 사회성의 발달을 통하여 동료들과 협동하여 함께 문제를 해결하여 나갈 수 있다.

셋째, 이러한 활동을 통해 학생들은 진전된 학습개념을 익힐 수 있으며, 나아가 자신과 동료들의 능력에 대해 신뢰하고, 적극적인 학습동기를 가질 수 있다.

또한, 우리나라의 초등학생들에게 적절한 교수·학습을 위해 한국교육개발원에서 실시한 '우리나라 초·중등학교 학생의 지적·정의적 발달수준 분석연구'에서 2001년 초등학생을 대상으로 분석한 주요 발달수준은 <Table 5>와 같다[16].

<Table 5> The developmental stages of elementary school students in Korea(KEDI)

Abilities	Detailed abilities	Result of research
Linguistic competence	Language comprehension	<ul style="list-style-type: none"> • Higher quantitative and qualitative enhancement as the grade increases • Female students are superior to male students
	Language expression	<ul style="list-style-type: none"> • Presentation skills: qualitative enhancement • Confidence: no correlation with grades • writing skills: enhanced as the grade increases • Female students are noticeably superb
Thinking ability	Numerical ability	<ul style="list-style-type: none"> • Enhancement as the grade increases • Similar tendency between genders
	Reasoning ability	<ul style="list-style-type: none"> • improvement as the grade increases • Difference of gender by subject
	Learning strategy thinking	<ul style="list-style-type: none"> • Increases and diversifies as the grade increases
Social competence	Moral judgement	<ul style="list-style-type: none"> • Relative norms are expanded as the grade increases • Moral behavior and judgement by grade and gender have no difference
	Self evaluation	<ul style="list-style-type: none"> • Recognize who they are well while having weak emotional regulation ability • Female students are superior to male students

Affective capacities	Features related to learning	<ul style="list-style-type: none"> • Lower learning interest as the grade increases • Different subject preference by gender • Female students are superb in learning motivation, planning, and performance
	Perception of gender roles	<ul style="list-style-type: none"> • reveal more gender characteristic as the grade increases • Female student show earlier changes than male students
	Peer relation	<ul style="list-style-type: none"> • more argument as the grade increases • Stress and frequency of argument are not affected by gender • Female students show more active stand for expressing opinion
	Self-concept	<ul style="list-style-type: none"> • Takes more social and family-oriented self-concept as the grade increases • shows differently preferred development process (male-physical, female-family-oriented) in accordance with gender.

한국교육개발원의 연구 결과는 학생들은 학년이 올라 갈수록 언어와 수학적 이해도가 높아져 복잡한 수준의 학습활동을 수행할 수 있으며, 사회적으로 또래 관계에 대한 의존도가 높아진다는 것을 보여주고 있다. 이는 앞서 살펴본 국외의 학자들의 발달이론과 방향을 같이 하고 있다.

2.2.2 시사점

국내의 연구 결과들을 종합하여 분석한 결과, 초등학생들의 발달단계를 고려할 때, 단순진달식 이론위주의 수업은 학생들의 흥미를 반감시킬 수 있어 학습효과가 낮을 수 있으나, 발달성을 고려한 학습 교구를 사용하여 동료들과 함께 고민하며 문제를 해결하는 수업은 효과가 향상될 뿐만 아니라 학생의 지적, 신체적, 정의적 발달도 충족시켜줄 수 있을 것으로 판단된다.

2.3 피지컬 컴퓨팅의 교육적 효과

피지컬 컴퓨팅을 교육에 적용한 것으로 알려진 O'Sullivan과 Igoe(2004)에 따르면 다양한 기기들 사이에서 신호를 물리적인 방법으로 주고받는 것을 피지컬 컴퓨팅이라고 하였다[23]. 이것은 컴퓨터의 대표적 입·출력장치인 키보드와 마우스, 모니터, 스피커 등을 사용한 환경을 벗어나, 확장된 다양한 인터페이스를 통하여 실제 세계와 컴퓨터의 세계를 연결하는 시도라고 할 수 있다. 많은 연구자들은 피지컬 컴퓨팅이 디자인, 이동수단체계, 생산, 기반시설 보호 등 사회 전반에 혁명적인 변화를 가져올 것이라고 예측하였으며 현재 교육뿐만 아니라 디자인, 제품제조, 인공지능 등 여러 분야에서 지속적인 발전을 이루고 있다.

피지컬 컴퓨팅을 교육에 적용한 국내외 연구들을 살펴보면 <Table 6>과 같다[5][7][10][18][19].

<Table 6> Research on applying physical computing to education

Researcher	Results of research
Yungju Lee (2010)	Programming class using appropriate teaching devices has a positive influence on logical thinking.
Yunju Jeon et al. (2010)	Research on programming learning methods of using robots through 'Practical Arts' and relevant subjects is necessary
Chanwoong Kim (2014)	Students taking physical computing class display higher learning achievement than other groups
Gerald W. Recktenwald(2011)	Arduino-based programming process which alternated existing robotics education positively effects on leading students interest into engineering and computer science
Miguel A. Rubio et al. (2013)	The access method of Arduino-based physical computing could be an alternative helping first users overcome difficulties.

위의 연구사례를 포함한 다양한 연구들에 의해 소프트웨어 교육에 피지컬 컴퓨팅을 활용하는 방식은 교육적으로 효과적이라는 것이 증명되었다. 또한 선행 연구에서 로봇이나 아두이노와 같은 다양한 피지컬 컴퓨팅 기기를 활용하여 피지컬 컴퓨팅을 소프트웨어 교육과 연계함으로써 학생들의 논리적 사고력과 흥미가 향상되

는 등 긍정적인 효과가 발생하였음을 알 수 있다. 따라서 피지컬 컴퓨팅을 접목한 소프트웨어 교육에 있어 피지컬 컴퓨팅 기기와 같은 학습 교재가 중요한 역할을 한다는 것을 이해할 수 있다. 그러나 현재 소프트웨어 교육에 활용되고 있는 피지컬 컴퓨팅 교구들은 객관적인 교구 선택 기준이 없는 상태에서 제작되어 사용되어 객관적이고 일관성 있는 교육 효과를 담보할 수 없으므로 선택 기준에 대한 연구가 시급하다.

2.4 피지컬 컴퓨팅 교구 선택 기준에 대한 선행연구 분석과 시사점

교구의 선택 기준에 대해서 선행 연구 결과들을 요약하면 <Table 7>과 같다[4][12].

<Table 7> Existing research on standards for teaching devices (Jeongsook Kim et al. (2014), requotation)

Researchers	Detailed standards for collecting teaching devices	
	Functional aspects	Educational aspects
Jeongwon Kim et al. (2005)	- Safety - Durability - Suitability - Economic efficiency - Multipurpose	- Relevance by developmental stages - Activity - Openness feedback
Seonkyung Sim et al. (2010)	- Safety - Durability - Economic efficiency - Suitability	- Possibility of promoting development (body, recognition, originality, emotion, and sociality)
Sangnye Jeong et al. (2010)	- Suitability - Safety - Openness - Durability - Applicability	- Economic efficiency - Beauty satisfaction - Gender equality - Manageability
Essa (1999)	- Relevance by developmental stages - Activity - Economic efficiency - Feedback	- Multipurpose

오연주 외(2003)는 교구는 주변에서 흔히 볼 수 있는 재료로 활동의 종류에 따라 필요한 교구를 만드는 것이 바람직하다고 주장하였다. 그러나 교사가 교구를 직접 제작하는 것이 현실적으로 어려운 경우에는 교구를 구입해서 사용하여야 한다고 하였다[22]. 현재 교육용 로봇이나 아두이노와 같은 피지컬 컴퓨팅 기기들이 초등학생의 소프트웨어 교육에 활용되고 있으나, 이들은 교육 목표와 성취 기준을 달성할 수 있는 객관적이고 교육적 교구 선택 기준이 부재한 상태에서 제작된 것들이므로 피지컬 컴퓨팅 기기를 활용한 초등학생의 소프트웨어 교육에 있어 일관성 있는 교육적 효과를 기대하기 어렵다. 즉, 현재 소프트웨어 교육에 활용되고 있는 피지컬 컴퓨팅 기기의 교육적, 기능적 특징이 상이하므로 어떤 기기를 사용하는가에 따라 교육적 효과가 달라질 수 있다는 것이다.

3. 연구 방법

앞 절에서 교육적 이론, 문헌 분석, 선행 연구 결과들을 분석한 결과 본 연구에서는 2015 개정 교육과정의 적용을 앞두고 있는 현 시점에서 피지컬 컴퓨팅 기기를 활용한 초등학생의 소프트웨어 교육을 위해 초등학생의 발달단계를 고려한 교구의 선택 기준을 제안하였으며, 이 기준을 충족하는 피지컬 컴퓨팅 기기를 소프트웨어 교육에 활용할 수 있도록 교수·학습 내용을 구성하고 초등학생에게 직접 투입함으로써 본 연구에서 제안한 피지컬 컴퓨팅 교구 선택 기준의 적절성과 효과성을 분석하였다.

3.1 연구 가설

본 연구의 목적을 달성하기 위하여 다음과 같이 두 가지 가설을 설정하였다.

- (1) 본 연구에서 제안한 피지컬 컴퓨팅 교구 선택 기준을 고려한 피지컬 컴퓨팅 기기를 활용한 교수·학습은 초등학교 5·6학년 학생들의 발달 수준에 적절할 것이다.
- (2) 교구 선택 기준을 고려한 피지컬 컴퓨팅 교구를

활용한 소프트웨어 교육은 초등학교 5·6학년 수준의 학습자의 논리적 사고력 향상에 유의미한 효과가 있을 것이다.

3.2 연구 단계

본 연구는 다음과 같은 단계로 진행되었다.

1단계: 피지컬 컴퓨팅 교구 선택 기준의 개발

2단계, 기준을 고려한 피지컬 컴퓨팅 교구 선정

3단계, 소프트웨어 교육을 위한 교수·학습 과정 설계와 내용 구성

4단계, 교수·학습 적용과 분석

4. 연구 결과

4.1 피지컬 컴퓨팅 교구의 선택 기준 개발

초등학생의 소프트웨어 교육에 활용할 수 있는 ‘피지컬 컴퓨팅 교구 선택 기준’을 개발하기 위해 전문가 델파이 조사를 실시하였다. 델파이 조사는 2차에 걸친 온·오프라인 설문을 통한 의견취합과 분석으로 진행되었으며, 각 단계별 응답 인원 은 <Table 8>과 같다.

<Table 8> Resonses on Delphi Survey

Grade	1st	2nd
Response(s)	34	30

1차 조사는 사전에 분석한 선행연구 결과들과 이론을 바탕으로 구성된 설문지에 대해 응답자가 자유롭게 의견을 서술하는 개방형의 형태로 진행하였고, 총 34명이 참여하였다. 이를 통하여 피지컬 컴퓨팅 교구 선택 기준의 항목과 각 항목을 구성하는 세부 기준들을 조사하였으며, 항목별 응답빈도와 중요도를 분석 후 전문가 토의를 거쳐 <Table 9>와 같이 1차 교구 선택 기준안을 마련하였다.

<Table 9> The first draft of device standards

No.	Standards	Details
1	Safety	1-1. It should be approved by government. 1-2. It should not have any risk of safety-accident 1-3. It should not use harmful materials. 1-4. It should be a domestic product.
2	Compatibility on subjects	2-1. It should be able to utilized in diverse education activities. 2-2. It should be able to be easily converged with other teaching materials and aids.
3	Relevanceto developmental stages	3-1. It should be relevant to developmental stages of elementary school students. 3-2. It could be able to arouse students' interest.
4	Multifunction	4-1. (HW) It should be able to support multiple functions with embedded or additional parts and sensors' connections. 4-2. (SW) It should be able to support various Educational Programming Languages (EPL).
5	Easycontroland Trustable quality	5-1. (Regular teachers) It should be easy to utilize in class through simple training. 5-2. (Students) It should be easy to use through simple teaching and learning of instructions. 5-3. The result of program application should indicate accuracy(reliability and validity) which can be explained at the level of teachers and students.
6	Relevanceto curriculum	6-1. It should be able to operate required activities (order/repetition/choice) 6-2. It should be able to operate block-type programs.
7	Economic efficiency	7-1. It should be affordable within school budget.
8	Service	8-1. Sufficient instructors for functions should be given. 8-2. It should provide easy access to materials needed for education activity 8-3. broken and damaged devices should be easily repaired and replaced.
9	Durability	9-1. It should not be broken or damaged by students' repetitive use. 9-2. It should be durable against minor impact (bumping, dropping etc.) during class

1차 기준안은 타당성 평가를 위해 1차 응답자들을 대상으로 Likert 척도를 적용한 2차 델파이 조사를 진행하였으며, 응답내용은 Lawshe(1975)의 내용타당도비율(CVR) 공식을 적용·분석하여 1차 기준안의 적절성 여부를 평가하였다. 내용타당도비율(CVR)의 결과는 <Table 10>과 같다[3].

<Table 10> Results on CVR Analysis

Standards	M	SD	CVR
1-1	4.77	0.57	0.87
1-2	4.90	0.31	1.00
1-3	4.93	0.25	1.00
1-4	2.50	0.86	-0.80
2-1	4.20	0.81	0.67
2-2	4.23	0.73	0.67
3-1	4.73	0.69	0.87
3-2	4.67	0.55	0.93
4-1	4.53	0.57	0.93
4-2	4.40	0.77	0.67
5-1	4.83	0.38	1.00
5-2	4.80	0.41	1.00
5-3	4.70	0.54	0.93
6-1	4.73	0.45	1.00
6-2	4.23	0.68	0.73
7-1	4.73	0.52	0.93
8-1	4.80	0.41	1.00
8-2	4.87	0.35	1.00
8-3	4.80	0.48	0.93
9-1	4.83	0.38	1.00
9-2	4.70	0.47	1.00

(n=30, p=.05 CVR min >= .31)

2차 설문 분석결과 기준 ‘1-4. 국내 제품이어야 한다 (1-4. It should be a domestic product.)’ 를 제외한 나머지 기준들이 내용타당도를 확보하고 있는 것으로 나타났다으며, 이를 토대로 피지컬 컴퓨팅 교구 선택 기준을 확정하였다.

4.2 수업에 적용할 피지컬 컴퓨팅 교구의 선택

현재 활용 가능한 모든 피지컬 컴퓨팅 교구들을 대상으로 선택 기준을 적용하기에는 한계가 있으므로 한국 교육학술정보원에서 발간한 ‘SW교육 연계 로봇 활용 수업 사례집(2016)’을 분석하여 교수·학습 활동에 사용된 교구들 중 사용빈도가 높은 6종을 선택한 후 이들을

대상으로 교구 선택 기준을 적용·평가하여 본 연구에 적용할 1종의 교구를 선택하였다[15]. 선택된 6종의 교구들은 본 연구에서 제안한 교구 선택 기준의 세부적인 만족도에 따라 1~5점의 점수 체계를 사용하여 평가하였다. 교구 선택 기준과 교구별 안내 자료를 바탕으로 6종의 교구를 평가한 결과는 <Table 11>과 같다.

<Table 11> Evaluation results using developed standards

No	A	B	C	D	E	F
1-1	5	5	5	5	5	5
1-2	5	5	4	5	3	3
1-3	4	5	4	4	4	4
2-1	3	4	4	4	4	3
2-2	5	3	2	2	4	3
3-1	5	3	4	3	3	2
3-2	3	5	4	4	4	3
4-1	4	3	4	4	5	4
4-2	5	2	2	2	4	4
5-1	5	5	3	3	3	3
5-2	4	4	3	4	3	3
5-3	5	5	4	5	4	4
6-1	5	5	5	5	5	5
6-2	5	5	5	5	5	5
7-1	5	3	2	3	4	4
8-1	5	4	3	4	5	3
8-2	5	3	4	4	4	3
8-3	5	4	3	3	4	3
9-1	5	3	4	4	4	4
9-2	4	4	5	4	3	3
Total	92	80	74	77	80	71

평가결과 교구 A가 본 연구에서 제안한 교구 선택 기준에 가장 근접한 적합성을 가지는 것으로 나타났으며 교구 A를 활용하여 교수·학습을 진행하였다.

4.3 선택 교구 활용을 위한 교수·학습 설계

피지컬 컴퓨팅 교구 선택 기준을 만족하는 교구를 활용하는 수업을 실시하기 위해서는 적절한 교수·학습 내용을 구성하여 수업에 투입한 후 선택 기준의 적절성과 효과성을 검증하여야 한다.

4.3.1 교수·학습 과정과 내용 구성

교수·학습 과정은 총 12차시로 구성되었으며, ‘이론-

실습 - 프로젝트'의 흐름으로 진행하고, 이론수업 후 실습단계에서 시연중심모델(DMM)을 적용하여 블록형 프로그래밍 형태의 스크래치 프로그램 작성을 위한 프로그래밍 블록의 사용법 및 순차, 반복, 조건(분기)의 기본 명령어와 이를 이용한 최소한의 예제활동을 실시하였다 [22]. 이후 트레핑거 외(2005)가 제안한 CPS모형을 적용하여 선택된 피지컬 컴퓨팅 교구의 기능을 이용한 코딩 활동을 통해 문제해결을 위한 스토리를 구성할 수 있는 프로젝트 활동으로 진행하였다[24].

<Table 12> Process and contents of teaching and learning

Stages	Class no.	Teaching and learning content
Theory	1	Understanding electricity • The concept and benefits of electricity • Energy transfer process
	1	Understanding robots • Examples of robots in our lives • Exploring a structure and operating principles of robots through the examples (Humanoid, wheeled type, mechanical type etc.)
Practice	4	DMM model based Practicing programming • Basic program coding • The structure of order, repetition, conditional statements • Motor and sensor connection, and its operation • Practice through a pilot project
Project	5	CPS-based project activities • Understanding problems: to collect cases • Generating ideas: to find out problem-solving functions and design it • Planning for actions: coding, assembling, demonstration, and modification • Presentation of the result
Finishing activity	1	Information ethics • Consideration for the correct use of robots • Limitations of Humans and robots

4.3.2 교수·학습의 평가

본 연구에서 추구하는 '초등학생들의 원만한 이해와

활동이 가능한 형태의 교수·학습내용의 구성과 적용'이라는 목적을 고려할 때 구체적 조작기에서 형식적 조작기로 넘어가는 초등학생의 발달단계와 2015 개정 교육과정에서 추구하는 '실생활의 다양한 문제 이해'와 관련된 교수·학습 전략은 특정과제에 대한 해결책의 수립보다는 해결책을 찾아내는 과정을 체험하는 것에 중점을 두었다. 즉 학습자는 완성된 해결책을 통한 정해진 방법을 이해하는 것이 아니라 해결책을 스스로 고안하고, 이를 구현하고 수정하여 나가는 과정을 통하여 문제 해결의 과정에 얼마나 다양한 논리적 의견들을 수립하였는가에 중점을 두고 있다 따라서 본 연구에서는 평가적으로 학습자의 논리적 사고력의 변화에 대해 분석하였다. 아울러 학습자 만족도 조사를 병행하여 분석결과와 신뢰도를 높이고 제안된 교구 선택 기준과 이를 반영한 피지컬 컴퓨팅 교구를 적용한 소프트웨어 학습의 효과성을 분석하였다.

4.3.3 교수·학습 환경

본 연구에서 적용한 하드웨어 및 소프트웨어, 수업 환경은 <Table 13>과 같다.

<Table 13> Teaching and learning environment

Classifications	Specifications
Hardware	Computer Desktop or tablet PC
	Robotic device Device selected by the device standard
Software	Operating system PC: Windows 7 or above
	Authoring language Scratch offline 2.0.
Classroom environment	Application model Learning CPS-based projects
	Group activity Conducting both individual and group activities

4.4 교수·학습의 적용과 분석

선정된 교구를 활용하는 교수·학습의 적용은 인천광역시 소재 S초등학교 6학년생을 대상으로 진행하였다. 학생들은 연구 주제와 관련한 경험이 없으며, 실험처치에 앞서 논리적 사고력의 변화를 비교하기 위해 사전검사를 실시하였다. 실험집단의 구성은 <Table 14>와 같다.

<Table 14> Composition of experimental group

Group	Male	Female	Sum
Experimental group	71	69	140

본 연구에서 개발한 12차시 분량의 교수·학습내용을 실험집단에 처치한 후 단일집단 사전·사후 논리적 사고력의 변화를 분석하고, 사후 학습자 만족도 조사를 병행하여 실시하였다. 실험 설계의 내용은 <Table 15>와 같다.

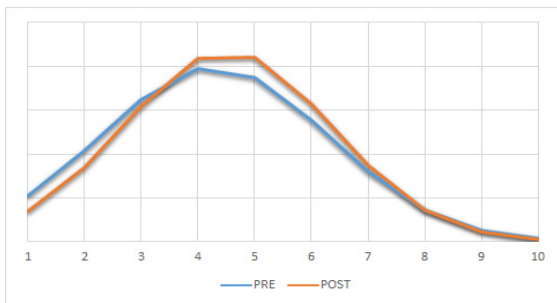
<Table 15> Experimental design

G	O1	X	O2, O3
G : Experimental group			
O1 : Pre-test of logical thinking ability			
X : CPS-based project-type teaching and learning which utilize the physical computing device selected by the research-recommended device standard			
O2 : Post-test of logical thinking ability			
O3 : Learners' satisfaction survey			

교구 선택 기준을 적용하여 선정된 교구 A를 활용한 소프트웨어 교육을 12차시에 걸쳐 실험집단에 처치하고 논리적 사고력 검사를 통해 처치 전·후 간의 변화도를 분석하였다. 응답이 부실한 10건을 제외한 130건에 대하여 SPSS 21.0을 이용, 대응표본 t검증과 효과크기 분석을 실시하였으며 분석 결과는 각각 <Table 16>, <Fig. 1>과 같다.

<Table 16> Changes in the logical thinking abilities of the experimental group

No	M	SD	t	p	ES
Pre	4.28	2.00	-4.781***	.000	.387
Post	4.52	1.83			



<Fig.1> Comparison of pre/post distribution

실험집단의 학생들의 논리적 사고력은 처치 전 평균 4.28, 처치 후 평균 4.52로 학생들의 논리적 사고력이 향상된 것으로 나타났으며, $t = -4.781$ 로 유의수준 .001에서 유의미하였으며 효과크기 $ES(\text{effect size}) = .387$ 로 학습자의 논리적 사고력 향상에 중간 정도의 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 선택된 교구와 이를 이용한 교수·학습이 초등학교 학생의 발달수준에 맞추어 적절하게 구성되어 효과를 보였다는 점을 나타낸다.

또한 김병수(2007)의 사후 학습만족도 질문을 본 연구의 목적에 맞추어 재구성한 학습자 만족도 조사를 통해 교수·학습내용과 교구 사용의 적절성과 난이도, 만족도에 대해 기술 통계분석을 실시하였다[9]. 각 질문은 5점 척도로 구성되었으며, 분석결과는 <Table 17>과 같다.

<Table 17> Learners' Satisfaction Survey(N=140)

Categories	Questions / Questionnaire / Inquiries	M	SD
Results of learning	Physical computing (robot) class enhanced my ability to think diversely.	4.49	0.66
	Physical computing (robot) class enhanced my ability to find out appropriate problem solving methods.	4.47	0.68
Difficulty levels of learning	Class processing method was interesting.	4.62	0.69
	Contents and tasks were interesting and enjoyable.	4.58	0.67
Class satisfaction	I actively participated in the class activity.	4.4	0.77
	It would be good that other subjects are also provided using the physical computing method.	4.34	0.89
Overall average		4.48	0.73

전체 학습자 만족도의 평균은 4.48, 표준편차 .73으로 높게 나타났으며 각 항목별 만족도 또한 고루 높게 나타났다. 본 결과는 선택 기준을 만족하는 피지컬 컴퓨팅 교구를 활용한 소프트웨어 교육이 초등학교 학생에게 높은 만족도를 제공한다는 점에서 발달 단계에 적절하다고 볼 수 있다.

이상의 연구결과들을 종합하여 볼 때 본 연구에서 제안한 피지컬 컴퓨팅 교구 선택 기준과 선택된 교구를 활용한 교수·학습은 초등학교 5~6학년의 발달단계 수준에 적절하였으며, 논리적 사고력 향상에 기여하였다고 할 수 있다.

5. 결론 및 제언

5.1 결론

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 초등학교 소프트웨어 교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구의 선택 기준을 제안하였으며, 제안된 교구 선택 기준을 충분히 만족하는 교구를 사용한 교수·학습활동이 초등학교 5~6학년 학생들의 발달수준에 적절함을 검증하였다.

둘째, 본 연구에서 제안한 교구 선택 기준을 반영한 피지컬 컴퓨팅 교구를 이용한 소프트웨어 교육을 통해 학습자에게 유의미한 논리적 사고력이 향상이 이루어졌다.

본 연구에서 제안한 피지컬 컴퓨팅 교구 선택 기준은 앞으로 초등학교의 소프트웨어 교육에 활용할 피지컬 컴퓨팅 교구를 선택하거나 개발하는 데 객관적이고 합리적인 도움을 줄 것이라 기대된다.

5.2 제언

본 연구는 다음과 같은 한계점을 가지고 있어 이에 대한 후속 연구와 대안 마련이 필요하다.

첫째, 본 연구의 적용대상은 초등학교 5~6학년의 연령대에 초점이 맞추어져 있다, 때문에 다른 연령대로 확대하여 적용하기에는 제한이 있다.

둘째, 본 연구에서 적용된 교수·학습 내용은 효과성 검증을 위해 한정된 도구와 내용을 단일집단에 제한된 기간 동안 진행되었으므로, 모집단 전체로 적용을 확대하기 위해서는 다양한 표본 집단의 확보와 집단 간 비교, 연구기간의 다양화 등 여러 변수를 고려한 후속연구가 필요하다.

셋째, 본 연구에서 제안한 기준은 교구들의 종류, 적합한 안내자료 등 객관적 평가 자료를 통한 상대 평가

를 전제로 마련하였으므로 활용 시 관련 자료를 수집하여야 하며, 본 연구에서 제시된 교구의 선택과정은 하나의 예시로서 각 교구들의 절대적인 차이와 우위를 결정하는 것은 아니므로 해석에 주의가 필요하다.

참고문헌

- [1] Ahn Ki Sub, Park Gwangryeol (2014). The Recognition of The Elementary School Teacher On Robot Education in Elementary School Curriculum. *Journal of Korean Practical Arts Education*. 20(2). pp. 203-225.
- [2] Bärbel Inhelder, Jean Piaget, Anne Parsons, Stanley Milgram (1958). The Growth of Logical Thinking From Childhood to Adolescence. Basic Book.
- [3] C. H. Lawshe. (1975) A quantitative approach to content validity. *Personnel psychology*. 28, 563-575.
- [4] Essa, E. V (1999). Introduction to early childhood education(3rd ed.). NY : Delmer Publishing.
- [5] Gerald W. Recktenwald (2011). Using Arduino as a platform for programming, design and measurement in a freshman engineering course. American Society of Engineering Education.
- [6] Han Jeong-Hye, Park Ju-hyun, Jo Miheon, Park Ill-Woo, Kim Jin-Oh (2011). Learning with a Robot for STEAM in Elementary School. *Journal of the Korean Association of Information Education* 15(3) pp. 483-492.
- [7] Jeon Yun Ju, Song Jeong Beom, Lee Tae Wuk (2010). study on Programming Learning by textbook content of Practical Arts Education In Elementary. *Journal of The Korean Association of Computer Education*. 14(1). pp. 121-124.
- [8] Kang Jong Pyo(2004). A Study on the Education of Robot in Elementary School. *Journal of Korean practical arts education*. 16(4). pp. 97-113.
- [9] Kim Byung Soo (2007). The Analysis of the Effectiveness of e-Thinking Tools in CPS-Based Instruction : Focus on the 5th Grade Social Studies

- in Elementary Schools. [dissertation]. Kon-Kuk university.
- [10] Kim Chan Woong (2014). Application of Physical Computing Using Arduino in Computer Science related Subjects in Publc Elementary Curriculum. [dissertation]. Gyeongin National University of Education.
- [11] Kim Jin Sook et.al (2015). Development of SW Education Teaching and Learning Model. Commissioned research. CR 2015-35. Korea Education & Research Information Service, Korean Educational Development Institute.
- [12] Kim Jung Sook, Park Jin Ah, Kim Jung Min(2014). Research report 2014-03 A study of teaching material quality management methods on kindergarten. Korea institute of Child care and Education.
- [13] Kim Seong Won, Lee Young Joon (2015). Korean Elementary teacher's attitude toward robot. *Journal of Information Technology Education*. 11(1) pp 22-35. Institute of Information Education, Korea National University of Education.
- [14] Kim So Youn (2011). A study on teacher's classroom management strategy according to awareness of developmental characteristics of elementary school students. [dissertation]. Seoul national university of education.
- [15] Korea Education & Research Information Service. SW education-linked robot use lesson casebook (2016). KERIS : Author
- [16] Lee Jae-Boon et. al. (2001). A study on the analysis of developmental level about the cognitive and affective characteristics : focused on the 1st-9th grade students (II). Research report RR 2001-2. Korea Educational Development Institute.
- [17] Lee Young Jae, Kim Yungsik (2015). A study of Elementary teachers' perceptions, competencies and environmental about SW education according to the 2015 revised curriculum. *Journal of Information Technology Education*. 11(1) pp 8-16. Institute of Information Education, Korea National University of Education.
- [18] Lee Young Joo (2010). (The) Effect of Scratch Programming Education on Logical Thinking. Choong-Buk university.
- [19] Miguel A. Rubio, Carolina Manoso Herro, Angel Perez de Madrid y Pablo (2013). Using Arduino to enhance computer programming courses in science and engineering. 5th international Conference on Education and New Learning Technologies.
- [20] Ministry of Education (2015). Particulars of 2015 Revised Curriculum : Practical arts(Technology, Home Life).
- [21] Ministry of Education (2015). Software education management guidelines.
- [22] Oh Yeon Joo, Ahn Eun Suk, Kim Hye Suk, Lee Eun Sang, Lee Kyung Sil, Ko Young Joo, Lee Myeong Hee (2003). Teaching Material Theory and practice Focused on Production process. Seoul: Changjisa.
- [23] O'Sullivan, D., Igoe, T. (2004). Physical computing, Thomson.
- [24] Treffinger D. J., Isaksen S. G., Dorval K. B. (2005). Creative problem solving: An introduction, 4th ed., Prufrock Press, Texas, pp 1-90.

저자소개

이 영 재



2003 대구교육대학교 실과교육과 (교육학학사)

2017 한국교원대학교 컴퓨터교육과(교육학석사)

2003~현재 초등학교 교사(현 인 천석천초등학교)

관심분야: 프로그래밍 교육, 피지컬 컴퓨팅

e-mail: opalue@gmail.com



전 형 기

2010 전주교육대학교 수학교육과
(교육학학사)

2016~현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과 석사과정

2010~현재 초등학교 교사(현 태인초등학교)

관심분야: EPL, 피지컬 컴퓨팅, IOT

e-mail: hatchling@outlook.kr



김 영 식

1982 서울대학교 전기공학과(공학사)

1987 노스캐롤라이나주립대학교 전기 및 컴퓨터공학과(공학석사)

1993 노스캐롤라이나주립대학교 전기 및 컴퓨터공학 (공학박사)

1993~1994 한국전자통신연구소 선임연구원

1995~1996 한국전자통신연구소 위촉연구원

1996~1998 한국전자통신연구소 초빙연구원

1994~현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수

관심분야: 컴퓨터 교육, 프로그래밍 교육, 피지컬 컴퓨팅, e-Learning

e-mail: kimys@knue.ac.kr