

# 피지컬 컴퓨팅 교육에서 과학적 탐구 태도에 대한 과학경험, 교육지원, 학습몰입의 예측력 규명

강명희, 장지은, 윤성혜  
이화여자대학교 교육교육과

## 요 약

최근 관심을 받고 있는 피지컬 컴퓨팅 교육은 하드웨어와 소프트웨어 요소를 통합하여 의미 있고 창의적인 산출물을 개발함으로써, 과학적 탐구 태도를 함양시키는 데 효과적인 교육의 형태이다. 이에 본 연구는 피지컬 컴퓨팅 교육에서 주요 학습성과 변인으로 거론되는 과학적 탐구 태도를 교육성과 변인으로 상정하고, 이를 예측하는 요인을 규명하고자 과학경험, 교육지원, 학습몰입을 예측변인으로 상정하여 이들 변인의 예측력을 확인하였다. 이를 위해 초등학교 4학년에서 6학년인 영재교육프로그램 참가자 64명을 대상으로 피지컬 컴퓨팅 교육을 실시하여 자료를 수집하였다. 수집된 자료는 기술통계, 상관분석, 다중회귀분석 및 매개분석을 통해 분석되었다. 연구 결과, 과학경험과 학습몰입은 교육성과인 과학적 탐구 태도를 유의하게 예측하는 것으로 나타났다. 또한 학습몰입은 과학경험과 과학적 탐구 태도, 교육지원과 과학적 탐구 태도 사이를 매개하는 것으로 나타났다. 이를 기반으로 피지컬 컴퓨팅 교육에서 과학적 탐구 태도 향상을 위해 과학경험 기회의 제공, 긍정적 교육지원의 필요, 학습몰입 촉진을 위한 전략이 필요함을 제안하였다.

키워드 : 피지컬 컴퓨팅 교육, 과학적 탐구 태도, 과학경험, 교육지원, 학습몰입

## The predictability of science experience, school support and learning flow on the attitude of scientific inquiry in physical computing education

Myunghee Kang, JeeEun Jang, Seonghye Yoon

Dept. of Educational Technology, Ewha Womans University

## ABSTRACT

The physical computing education, as the emerging field, is a form of education that helps learners to develop the attitude of scientific inquiry by developing meaningful and creative output through the integration of hardware and software elements. Based on the literature, the authors of the study used science experience, school support and learning flow as the variables that predict the outcome variable which is the attitude of scientific inquiry. The authors collected data from 64 fourth and sixth graders who studied physical computing at an institution for the gifted and talented in Korea and then analyzed them using descriptive statistics, correlation, multiple regression and simple mediation analysis methods. As a result, science experience and learning flow significantly predicted

교신저자 : 강명희(이화여자대학교 교육공학과)

논문투고 : 2016-12-29

논문심사 : 2016-12-29

심사완료 : 2017-02-16

the attitude of scientific inquiry. In addition, learning flow mediated the relationship between science experience and the attitude of scientific inquiry, and the relationship between school support and the attitude of scientific inquiry. Based on these results, the authors propose that to promote the attitude of scientific inquiry in physical computing education, strategies must be implemented for improving science experience, school support and learning flow in instructional design.

Keywords : physical computing education, attitude of scientific inquiry, science experience, school support, learning flow

## 1. 서론

새로운 산업혁명이라고 불리는 메이커운동(maker movement)이 전 세계적인 흐름이 되고 있다. 메이커운동은 전문가뿐만 아니라 평범한 사람들이 삶 속에서 물리적 혹은 디지털 형태의 다양한 인공물을 만들어내고, 그러한 과정과 산출물을 다른 사람들과 공유하고자 하는 흐름을 통칭한다[9]. 이러한 메이커운동은 최근 다양한 저작 도구들의 개발과 함께 비전문가를 비롯한 어린 학생들에게 제작에 대한 권한과 기회를 부여하였다. 교육계에서도 이와 같은 거시적인 흐름에 따라 학생 스스로 제작자가 될 수 있는 메이커 사고방식(maker mindset)을 함양시켜주어야 한다는 주장이 대두되고 있다[31]. 메이커 사고방식을 증진하기 위한 교육은 소프트웨어 교육뿐 아니라 하드웨어 교육을 함께 수행함으로써 학습자가 직접 계획한 디지털 인공물을 산출하도록 한다. 이처럼 최근 강조되고 있는 메이커 사고방식을 증진하기 위한 교육은 user 교육이 아니라 maker 교육이라고 할 수 있으며, 전통적인 읽기, 쓰기, 산수와 더불어 미래를 이끌어갈 세대에게 반드시 필요한 교육으로 강조되고 있다[15].

Maker 교육의 한 축인 소프트웨어 교육은 국내에서 적극적으로 도입하고 있는 추세이다. 교육부에서는 2015년에 소프트웨어 중심사회를 위한 인재양성 추진계획을 발표하여, 창의적 아이디어를 소프트웨어로 구현할 수 있는 문제해결력을 갖춘 미래형 창의인재를 양성하기 위한 구체적인 추진과제를 제시한 바 있다. 이에 따르면 2018년부터 초·중등교육에서 소프트웨어 교육이 필수화 될 예정이다. 이에 교육부에서는 교과서를 개발하고, 선

도학교를 운영하는 등 활발한 노력을 기울이고 있다[27]. 그러나 이러한 소프트웨어 교육은 아직은 초기단계로 선도학교와 영재교육원 등 교육 환경이 구축된 일부 학교를 중심으로 시도되고 있다. 이에 더하여 user 교육을 벗어난 maker 교육의 일환으로 하드웨어 교육의 필요성이 강조되고 있음에도 불구하고 현재 시행되고 있는 교육은 컴퓨터 안의 가상 환경인 소프트웨어 교육의 한계를 벗어나지 못하고 있는 실정이다.

이를 극복하기 위한 방안으로서 최근에는 피지컬 컴퓨팅(physical computing) 학습이 소프트웨어 교육의 발전 방향과 maker 교육의 일환으로 제안되고 있다. 피지컬 컴퓨팅이란 물리적 형태로 정보를 입력 받아 정보처리의 결과를 물리적으로 출력함으로써 사람 또는 환경과 상호작용하는 컴퓨팅 기술로[28], 우리나라 2015 개정 교육과정에서 정보과 내용체계 중 핵심개념의 하나로 명시되기도 하였다[19]. 이러한 피지컬 컴퓨팅 교육은 가상 환경에서만 이루어지는 일차적인 소프트웨어 교육을 물리적인 하드웨어를 구축할 수 있는 전자과학 교육과 통합하여 보다 다각적이고 실제적이며 흥미로운 학습을 가능하게 한다. 최근 MIT를 중심으로 개발되고 있는 다양한 교육용 피지컬 컴퓨팅 도구들은 복잡한 기술력, 수업환경 구축의 과도한 비용 부담, 실습 과정에서의 위험성 등을 극복하고[6][23], 초등 수준에서 적용 가능한 교육 프로그램들을 도구와 함께 공개하고 있다.

피지컬 컴퓨팅 교육은 특히 과학적 탐구 태도(attitude of scientific inquiry)를 함양시키기 위한 방법으로 주목 받고 있다[11][35]. 피지컬 컴퓨팅은 하드웨어와 소프트웨어 요소를 통합하여 의미 있고 창의적인 산출물을 개발할 수 있게 해주으로써, 실생활의 맥락 하에서 문제해결을 위한 창의적 사고와 과학적 탐구를 촉진

할 수 있기 때문이다[18][20][33][35]. 다시 말해 피지컬 컴퓨팅 교육은 무형의 아이디어를 유형의 디지털 산출물로 구현하는 일련의 과정을 경험하게 함으로써, 학습자로 하여금 과학적으로 사고하고 탐구할 수 있도록 자극한다. 이는 컴퓨터 과학의 원리를 이해하고, 물리적 산출물에 적용하여, 그 결과를 과학적으로 점검하고 수정하는 탐구의 자세를 지니게 한다. 이에 본 연구에서는 피지컬 컴퓨팅 교육의 성과변인으로서 과학적 탐구 태도를 상징하고, 이를 예측하는 변인을 규명함으로써 성공적인 피지컬 컴퓨팅 교육을 실천하기 위한 시사점을 얻고자 하였다.

피지컬 컴퓨팅 교육과 같은 학습자중심의 교육성과를 예측하는 변인은 학습자 개인 특성 차원, 환경·맥락적 차원, 학습과정 차원에서 논의될 수 있다. 먼저 피지컬 컴퓨팅 교육 이전에 형성된 개인 특성 차원의 변인으로 학교 안과 밖에서의 과학경험(science experience)이 피지컬 컴퓨팅 교육의 성과를 예측할 것으로 보인다. 풍부한 과학경험은 컴퓨터 과학 학습에 대한 동기를 부여하고 흥미를 느끼게 하여 학습자의 몰입을 촉진할 뿐만 아니라[4][39], 과학 교육성과에도 영향을 미치기 때문이다[21][24]. 한편 환경·맥락적 차원에서는 교사, 동료학습자 등으로부터의 지지와 정보 제공 등을 의미하는 교육지원(school support)이 교육성과에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[14][30][38].

또한 피지컬 컴퓨팅 교육 중에 경험하는 학습과정 측면의 변인으로는 학습몰입(learning flow)이 교육성과에 영향을 미치는 중요한 요소로 꼽힌다[36]. 피지컬 컴퓨팅과 같은 학습자가 중심이 되어 활동하는 학습에서 교육성과를 가져오기 위해 학습과정에서 학생들이 얼마나 적극적으로 참여하고 몰입하였는지가 매우 중요하다. 특히 피지컬 컴퓨팅 교육은 적극적이고 탐색적인 학습이 이루어지는 교육의 형태라고 할 수 있는데, 학습몰입은 이러한 학습상황에서 요구되는 높은 수준의 집중과 참여를 촉발시켜 주는 심리적 기제가 되기 때문이다[10]. 또한 이 같은 학습몰입은 학습자가 가진 특성 및 선호도 또는 환경에 따라 차이가 있는 것으로 보고되고 있다. 그러므로 피지컬 컴퓨팅 교육에서 학습몰입을 촉진하는 학습자특성 변인과 환경 변인을 규명 하는 것은 성공적인 피지컬 컴퓨팅 교육의 성과를 가져오기 위해 고려되어야 할 요소가 될 것이다. 그러므로 학습몰입을

피지컬 컴퓨팅 교육에서의 중요한 매개변인으로 보고 그 역할을 규명하고자 하였다.

이에 본 연구에서는 피지컬 컴퓨팅 교육에서 주요 성과 변인인 과학적 탐구 태도를 예측하는 변인과 과정을 규명함으로써, 피지컬 컴퓨팅 교육을 효과적으로 설계하고 운영하기 위한 시사점을 얻고자 하였다. 본 연구의 구체적인 연구문제는 다음과 같다. 첫째, 피지컬 컴퓨팅 교육에서 과학경험, 교육지원, 학습몰입은 과학적 탐구 태도를 예측하는가? 둘째, 피지컬 컴퓨팅 교육에서 학습몰입은 과학경험과 과학적 탐구 태도를 매개하는가? 셋째, 피지컬 컴퓨팅 교육에서 학습몰입은 교육지원과 과학적 탐구 태도를 매개하는가?

## 2. 이론적 배경

### 2.1 피지컬 컴퓨팅 교육

피지컬 컴퓨팅이란 물리적으로 입력된 정보를 프로그래밍 방식으로 정보를 처리하고 결과를 모터, 조명, 스피커 등의 출력 전자 부품을 통해 물리적으로 출력함으로써 인간 또는 환경과 상호작용하는 컴퓨팅 기술을 말한다[28]. 피지컬 컴퓨팅은 사용자로 하여금 하드웨어와 소프트웨어 요소를 통합하여 의미 있고 창의적인 산출물을 개발할 수 있게 해준다는 점에서, 그 교육적 활용 가능성을 인정받고 있다[18][20][33]. 교육적 목적에서 활용되고 있는 대표적인 피지컬 컴퓨팅 도구로는 레고 마인드스톰(LEGO Mindstorm), 아두이노(Arduino), 메이키메이키(Makey Makey), 라즈베리 파이(Raspberry Pi) 등이 있다[18][20].

피지컬 컴퓨팅 교육은 학습자로 하여금 컴퓨팅 환경과 실제 세계 간 상호작용을 설계하고 프로그래밍 함으로써 컴퓨팅 환경과 현실 세계의 상호작용을 깨닫게 한다. 이를 통해 실생활의 맥락 하에서 문제를 해결하고 창의적인 아이디어를 표현할 수 있게 하며, 뿐만 아니라 그 결과물을 친구, 가족, 교사 등과 공유함으로써 지식의 확장을 촉진할 수 있다[13][18][20][33].

피지컬 컴퓨팅의 가능성은 최근 들어 관심의 대상이 되었으며, 몇몇 선도적인 연구가 수행되었다. 예를 들어 김지현과 김태영(2016)은 아두이노를 활용한 피지컬 컴

퓨팅 교육을 통해 중등 수학과학 영재 학생들의 융합적 역량이 향상되었음을 보여주었으며[18], 김재희와 김동호(2016)는 피지컬 컴퓨팅 교육을 받은 초등학생들의 컴퓨팅 사고력이 블록형 교육용 프로그래밍 언어를 활용한 소프트웨어 교육을 받은 학습자보다 더 크게 향상하였음을 보여주었다[20]. 이처럼 피지컬 컴퓨팅 교육은 다양한 측면에서 효과를 기대할 수 있어, 메이커운동이 대두된 현시점에서 많은 관심을 받고 있다.

## 2.2 피지컬 컴퓨팅 교육에서 과학적 탐구 태도

이러한 피지컬 컴퓨팅 교육은 특히 과학적 탐구 태도와 밀접한 관련이 있다[35]. 과학적 탐구 태도는 과학적 태도(science related attitudes)의 하위 개념 중 하나인데, 과학적 태도는 지식과 기술을 과학적 절차와 방법을 활용하여 행동으로 옮기고자 하는 태도를 말한다. 즉 아이디어와 정보를 평가하는 방식이자 태도라고 할 수 있으며, 과학 활동의 결과로 얻어지는 행동의 방향성이다[35]. 이러한 과학적 태도는 과학의 사회적 영향력, 과학자도 보통 사람임을 이해하는 것, 과학적 탐구 태도, 과학적 태도의 수용, 과학 수업에 대한 즐거움, 취미적 관심, 진로적 관심의 7가지 하위 영역으로 구성되는데[7], 그 가운데서도 과학적 탐구 태도는 과학교육에서 가장 핵심적인 요소 중 하나로 꼽힌다[7][8].

과학적 탐구 태도는 사고하는 방식으로서 과학적 탐구를 받아들이는 것이다. 즉 과학적 탐구 태도를 가진 학습자는 과학적 원리를 이해하고 현상에 대한 원인과 결과를 과학적으로 탐구하고자 하려는 자세를 보인다[7]. 따라서 피지컬 컴퓨팅 교육에서 과학적 탐구 태도는 과학적으로 사고하는 방식이자 문제를 해결할 때 취하는 행동양식이라고 정의해볼 수 있다.

과학적 탐구 태도는 피지컬 컴퓨팅 교육을 통해 함양해야 하는 학습의 목표 중 하나로서, 핵심적인 성과 변인이다[18][20][33][35]. 과학적 탐구는 일반적인 문제해결 중 한 방식으로, 컴퓨팅 교육에서 특히 강조되는 기술이다. 특히 손으로 직접 시도해보는 활동을 포함하는 피지컬 컴퓨팅 교육은 학습자가 그들의 삶 속에서 다양한 문제들을 이해하고 해결함에 있어 과학적으로 탐구할 수 있도록 자극한다. 이와 관련해 Hwang et al.(2016)은 피지컬 컴퓨팅 교육이 과학적 탐구 전략으

로서 효과적이라고 주장하며, 피지컬 컴퓨팅 교육이 프로그래밍 및 컴퓨팅 사고력에 대한 인식, 문제해결 자신감, 과학에 대한 흥미와 적극성, 과제집착력에 긍정적 영향을 미쳤음을 보여준 바 있다[11]. 이에 본 연구에서는 피지컬 컴퓨팅 교육의 성과 변인으로서 과학적 탐구 태도를 상정하였으며, 이를 예측하는 변인을 실증적으로 규명하고자 하였다.

## 2.3 피지컬 컴퓨팅 교육에서 과학적 탐구 태도를 예측하는 변인

Osborne, Simon & Collins(2003)는 과학적 태도와 관련된 20년간의 선행연구를 탐색하여 과학적 태도에 영향을 미치는 변인으로서 학습자 개인 특성 차원의 요인과 환경·맥락적 요인 등을 언급한 바 있다[29]. 본 연구는 피지컬 컴퓨팅 교육에서 과학적 탐구 태도를 예측하는 변인으로서 학습자 개인 특성 차원의 과학경험, 환경·맥락적 차원의 교육지원, 그리고 학습과정 차원에서 학습몰입을 상정하였다. 각각에 대한 보다 구체적인 논의는 다음과 같다.

### 2.3.1 과학경험

과학경험이란 과학에 관련된 신체 및 사고 활동에 학습자가 직접 참여해 본 경험을 말한다[17]. 과학경험은 학교 안 경험과 학교 밖 경험으로 구성되는데, 학교 안 경험은 정규 교과과정의 수업 및 과학 실험실에서 이루어지는 탐구활동 경험과 그에 대한 감정이나 주관적 생각을 말한다. 그리고 그 외에 학교 밖 경험은 비형식으로 발생하는 것으로서 과학관, 동물원, 식물원 등에서 과학과 관련된 학습자의 개별적인 현장체험 또는 일상 생활에서 책, 잡지, 신문기사, 다큐멘터리 시청 등 매체를 통해 접하는 경험 또는 취미경험 등을 포함한다[17][21].

이러한 과학경험은 과학 학습에 대한 동기를 부여하고 흥미를 느끼게 하여 학습자의 몰입을 촉진하는 핵심요인으로 간주된다[4][39]. 이와 더불어 현대 과학교육에서 개인의 학교 안과 밖에서의 과학경험 수준은 과학 교육성과와도 밀접한 관련이 있다고 보고되고 있다[21].

국내의 선행 연구를 살펴보면, Lee & Gwon(2013)의

연구에서 초등 5-6학년생의 과학경험과 학습몰입 간에 밀접한 상관성이 있는 것으로 나타났다[25]. Choi & Choi(2012)는 중등 과학 영재들을 대상으로 비형식 학습 활동이 과학 학습에 대한 관심과 흥미를 유발시킨다고 보고하였다. 또한 책, 잡지, 신문기사, 다큐멘터리 시청 등의 매체를 통한 과학 관련 경험이 탐구에 대한 동기를 제공한다는 것을 확인하였다[4]. Kang et al.(2014)은 과학경험이 과학 학습 동기를 매개하여 과학 성취도 및 과학 진로 의향에 영향을 미치는 것으로 확인되었다[17]. 이에 더하여 Simpkins, Davis-Kean & Eccles(2006)는 5학년 학생들을 대상으로 정규 교과 과정을 벗어난 비형식 학습에서 과학과 관련된 물품 수집 및 과학 키트 경험 등이 다음 학년의 학습몰입을 비롯한 과학에 대한 중요성 인식에 영향을 미친 것을 확인하였다[37].

이와 같이 과학경험은 학습몰입과 학업성취에 관련이 있을 것임을 시사하고 있으며, 본 연구에서는 피지컬 컴퓨팅 교육에서 해당 관계를 실증적으로 규명해 보고자 한다.

### 2.3.2 교육지원

본 연구에서는 조직 맥락에서의 조직지원과 유사한 의미로 교육지원 변인을 상정하였다. 지금까지 조직 맥락에서 활발히 논의되어 온 조직지원은 교육 받은 내용을 활용하는 것을 동료가 지원해주거나, 교육훈련의 학습을 권장하는 조직의 분위기를 의미하며, 기업교육 맥락에서 매우 중요한 변인으로 간주되어 왔다[22]. Joo et al.(2010)은 기업교육뿐만 아니라 학교교육의 맥락에서도 이와 같은 개념이 중요하다고 주장하며, 교육지원을 교수지원, 동료학습자의 지원, 학교의 지원 분위기를 포함하는 개념으로 정의하였다. 교수지원은 해당교과의 학습과정에서 교수자가 적극적으로 지지를 해주는 것을 말하며, 동료학습자의 지원은 해당교과를 학습하는 과정에서 동료학습자들이 서로 지지해주거나 교육 정보를 제공해주는 것을 말한다. 마지막으로 학교의 지원 분위기는 해당교과의 교육목표를 바탕으로 학습자의 능력에 상응하는 평가 또는 보상을 통한 학습 분위기를 조성하여 학습을 지원해주는 것을 말한다[14].

이러한 교육지원은 개인의 특성 변인에만 초점을 맞출 것이 아니라 교육 현장에서 영향을 미칠 수 있는 요

인들을 함께 고려해야 한다는 목소리가 높아짐에 따라 관심이 높아지고 있다. 선행연구에 따르면 교육지원은 학습의 몰입도와 지속계획 모두에 영향을 미치는 것으로 나타나고 있으며[25], 교육성과에도 직접적인 영향을 주는 것으로 다수 보고되고 있다.

예를 들어 Joo et al.(2010)은 사이버 학습 환경에서 교육 지원은 학습자들의 만족도를 높여줄 뿐 아니라 교육성과에 영향을 주고 사이버 학습의 학습 지속의 의향에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다[14]. 또한, Song & Hur(2009)는 학부모의 지원과 교육의 지원이 고등학생의 학업성취에 미치는 영향을 분석한 결과, 수업의 면학 분위기 조성 및 건강한 학교 조직풍토 등의 교육 지원 변인이 학습자들의 교육성과에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다[38].

이러한 관점에서 볼 때 교육지원은 학습자를 학습과정에서의 몰입을 촉진시키고 학습에의 흥미와 참여를 증진할 뿐 아니라 교육성과에 긍정적인 영향을 줄 수 있음을 기대할 수 있다. 이에 본 연구에서는 이러한 교육지원이 피지컬 컴퓨팅 교육 환경에서 학습몰입과 교육성과인 과학적 탐구 태도를 예측하는지 알아보려고 한다.

### 2.3.3 학습몰입

몰입에 대한 개념은 학문 분야와 관심 영역에 따라 몰입(flow), 몰두(immersion), 참여(engagement)와 같이 다양한 용어들로 정의되지만 이들의 공통점은 정서적 차원에서 즐거운 마음으로 집중된 상태를 의미한다는 데 있다. 몰입은 몰두와 참여의 결과로 간주되며, 학습 또는 활동에 대해서는 주로 몰입(flow)을 사용한다[26]. 몰입이란 자신이 하고 있는 일을 즐기며 활동에 깊이 집중하고 있을 때 느끼는 최적의 의식 상태이며, 어떤 일이나 활동에 대한 강도 높은 심리적 집중상태를 의미한다[5].

즉 학습활동에서의 몰입은 학습과제 해결 또는 학습 활동에 완전히 집중된 상태로 학습목표의 달성을 위해 즐거운 마음을 가지고 탐색적인 몰두와 참여를 촉발시켜 주는 심리적 기제이다[10]. 이러한 학습몰입은 교육학 분야에서 다양한 성취 욕구 및 학업 성과 등의 요인과 밀접한 관계가 있는 중요 변인으로서 주목을 받고 있다. 이와 같이 학습몰입은 학습과정에서 학습시간을

단축시켜 주고 학습활동에의 적극적인 참여를 촉진시키는 기제로 작용할 뿐 아니라 교육성과와 깊은 관련이 있으며, 학업성취 향상뿐 아니라 긍정적인 학습태도 등의 교육성과와 직결되는 핵심 변인으로 다양한 실증적 논문에서 보고되고 있다[36].

그러므로 피지컬 컴퓨팅 교육에서의 학습몰입은 교육성과 변인인 과학적 탐구 태도의 긍정적 변화를 가져오기 위한 중요 변인으로 학습자가 얼마나 학업 과정에 대해 몰두하고 적극적으로 참여했는가를 판가름하는 중요한 요인이 된다. 더욱이 피지컬 컴퓨팅 교육 환경에서의 학습몰입은 고차원적 사고를 촉진시키는 전제로 작용하며 학습과정에서 적극적이며 탐색적인 학습에 요구되는 수준 높은 몰두와 참여를 촉발하는 기제이다[10]. 이러한 학습몰입은 피지컬 컴퓨팅 학습에 대한 흥미를 높이고 적극적인 참여를 유도하며 창조성, 즐거움, 높은 수준의 학습경험, 능력개발 등을 경험하게 한다. 또한 명확하고 객관적인 활동 목표가 주어지고, 구체적인 피드백이 즉시 이루어질 수 있으며, 기술 수준에 적절한 도전과제가 주어진다든 점에서 몰입을 촉진시킬 수 있는 환경이다[5]. 이와 같이 피지컬 컴퓨팅 교육 환경에서 학습몰입은 과학적 탐구 태도를 예측하는 중요한 변인이다.

이와 관련된 선행연구를 살펴보면 다음과 같다. 먼저 Kang, Kim & Lee(2011)는 중학생을 대상으로 실시된 웹기반 과학실험 시뮬레이션 학습에서 학습몰입이 과학 학업성취도를 유의하게 예측함을 보여주었다[16]. 또한 Bae & Yoo(2012)은 초등학생을 위한 몰입 기반 과학 학습을 설계하고, 이러한 학습이 학습자의 과학 탐구에 대한 태도, 과학적 태도의 수용, 과학 관련 직업에 대한 선호도 등에 긍정적인 영향을 미친 것을 확인하였으며, 이를 통해 과학 교육성과에 대한 학습몰입의 중요성을 강조하였다[2]. 이처럼 학습몰입은 교육성과를 유의하게 예측하는 핵심적 변인으로 알려져 있으나, 피지컬 컴퓨팅 교육에서의 학습몰입의 예측력이 실증적으로 확인된 바는 드물다.

이에 본 연구는 학습몰입이 피지컬 컴퓨팅 교육성과인 과학적 탐구 태도를 향상하는 데 중요한 역할을 할 것으로 보고 이를 실증적으로 검증하고자 하였다. 또한 피지컬 컴퓨팅 학습 환경에서 중요한 학습자 특성인 과학경험 및 환경 요인인 교육지원은 학습몰입을 강화할

수 있는 요인이다. 그러므로 학습몰입을 피지컬 컴퓨팅 학습에서의 중요한 매개변인으로 보고 그 역할을 규명하고자 하였으며, 이를 통하여 과학적 탐구 태도를 더욱 향상할 수 있는 효과적인 교수설계 및 교수전략을 세우는 데 기초를 제공하고자 하였다.

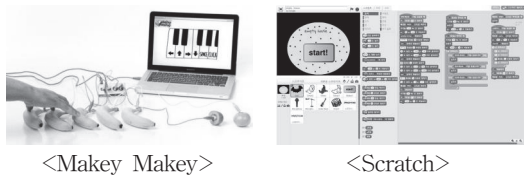
### 3. 연구 방법

#### 3.1 연구대상

본 연구는 경기도 교육청 산하 영재교육원에서 이루어진 영재교육프로그램에 참여한 초등학교 4학년에서 6학년 학생 80명을 편의표집하여 설문 조사를 실시하였다. 이들은 2016년 1학기 영재교육프로그램 참가자로서, 담당 교사의 협조와 동의를 통해 연구를 진행하였다. 참여 도중 결석자와 불성실한 응답자를 제외한 최종 연구대상은 총 64명으로, 4학년이 16명(25.0%), 5학년이 30명(46.9%), 6학년이 18명(28.1%)이었다. 성별 구성은 남학생이 39명(60.9%), 여학생이 25명(39.1%)으로 나타났다.

#### 3.2 피지컬 컴퓨팅 교육 프로그램

초등 영재를 대상으로 한 피지컬 컴퓨팅 교육은 2016년 1학기 영재교육원에서 한 학기동안 이루어졌으며 15차시로 구성되었다. 본 연구에서 사용한 피지컬 컴퓨팅 도구는 MIT 미디어랩에서 개발한 Makey Makey를 활용하였고, 프로그래밍 소프트웨어 도구는 Scratch를 활용하였다. 교육 프로그램 지도안은 초등학생들의 인지적 발달 및 난이도를 고려하여 박사과정인 초등교사와 협의 하에 연구자가 15차시로 구성하였다. 또한 이를 컴퓨터교육학과 교수 2인, 컴퓨터 프로그래머 1인, 초등교사 1인의 자문 및 검토를 받아 최종 수정하여 내용타당도를 검증 받았다. 완료된 프로그램과 프로토타입(prototype)은 2016년 8월 MIT Scratch Conference에서 발표되었다. 피지컬 컴퓨팅 교육도구 Makey Makey와 본 교육 프로그램에서 학습자가 프로그래밍 한 Scratch 캡처 화면은 (Fig. 1)과 같다.



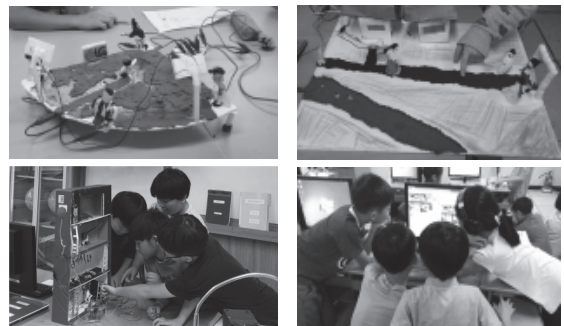
(Fig. 1) Makey Makey and Scratch, Physical Computing Education Tool

15차시의 주요 내용은 3단계로 심화되는데, 1단계 도입에서는 피지컬 컴퓨팅과 이를 위한 교육 도구들을 소개하고 살펴본다. 2단계 전개에서는 실제적으로 스크래치 프로그래밍을 학습하고, Makey Makey를 통해 물리적인 하드웨어를 스크래치 컴퓨팅과 연결함으로써 피지컬 컴퓨팅을 학습한다. 이후 마지막 3단계에서는 모듈별로 협동을 통해 아이디어를 구상하여 빛과 소리를 활용한 인터랙티브 공간을 기획하고 제작한다. 모듈 프로젝트인 빛과 소리의 인터랙티브 공간의 기획 및 제작은 4~5인의 모듈 활동으로 기존에 습득했던 피지컬 컴퓨팅의 기본 개념에 대한 이해와 Scratch 및 Makey Makey의 각 기능을 활용하고 응용하여 자신만의 도시를 제작하고 프로그래밍 하는 것이다. 피지컬 컴퓨팅 프로그램의 전체구성은 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Physical Computing Program

Step	Activities	Details	Time
1st step	Scratch & Makey Makey	- What is physical computing? - Scratch and Makey Makey	1~3
2nd step	Scratch Programming	- Scratch programming - Understanding algorithm, individual problem solving	4~6
	LED & Sound	- Makey Makey - Electric circuit, introduction of physical computing	7~9
3rd step	Group project for interactive space	- Production of physical computing output through team collaboration	10~12
	Debugging, presentation and discussion	- Debugging, error correction and production - Presentation and Q&A	13~14

이러한 과정에서 학습자는 개별 학습과 집단 활동을 통하여 과학적 탐구에 대한 태도를 습득하며, 과학 수업에 대한 취미적 관심이 생성될 수 있도록 하였다. 또한 디버깅과 오류해결, 동료 학습자들과의 자유토론을 통하여 수정·보완의 작업을 수행할 수 있도록 하여 과학적 태도를 긍정적으로 수용할 수 있도록 하였다.



(Fig. 2) The Final Product of Physical Computing Education and Students' Activity

학생들의 물리적 구성의 최종 산출물과 교육 진행 환경은 (Fig. 2)와 같다. 학습자들은 야구 구장, 민속촌, 유령 아파트 등 다양한 인터랙티브 공간을 협력적 과정을 통하여 기획하고 제작하였다. 기획된 인터랙티브 공간은 전기의 흐름과 물체의 특성을 활용한 물리적 공간 구성과 그에 상호작용하는 컴퓨터 프로그래밍을 구현하는 것이다. 컴퓨팅 내용은 (Fig. 3)과 같다.



(Fig. 3) Physical Computing Screen Capture

최종 발표에서는 야구 선수의 움직임에 따라 해설이 나오고 전광판에 불이 들어오는 야구 구장, 손으로 민속촌의 구석구석을 누르면 내레이션이 나오는 민속촌, 유령의 움직임에 따라 층마다 다른 시나리오가 펼쳐지며 LED가 켜지는 유령 아파트 등을 직접 시연하고 설명하는 시간을 가졌다. 그 외에도 학생들은 놀이공원, 권투장, 동물원, 오케스트라 공연장 등의 다양한 창의적 산출물을 발표하였다.

### 3.3 연구도구

#### 3.3.1 피지컬 컴퓨팅 도구

본 연구에서 사용된 피지컬 컴퓨팅 도구 Makey Makey는 MIT Lifelong Kindergarten Group의 Jay Silver와 Eric Rosenbaum이 개발한 휴먼 인터페이스 디바이스(HID)이다[1]. HID는 인간, 디바이스, 컴퓨터가 서로 상호작용 할 수 있도록 설계된 피지컬 컴퓨팅 도구를 의미한다. Makey Makey의 기능은 전도성을 가지는 우리 주변의 모든 물질과 물체를 컴퓨터의 키보드와 마우스로 만들어 주는 역할을 한다. 찰흙, 과일, 신체, 물, 나뭇잎, 연필 등 도체를 활용하여 입력 단자의 센서로 하드웨어를 구축할 수 있다. 이 과정은 전자과학 교육을 용이하게 할 뿐 아니라 흥미롭게 학습할 수 있도록 도와준다. 이에 더하여 입력된 정보를 교육용 프로그래밍 도구를 활용하여 정보처리가 가능하다는 강점을 가지고 있다. Makey Makey 프로그래밍 과정은 입력 정보를 키보드 및 마우스 정보로 처리하여 컴퓨터를 통해 물리적으로 출력하는 방식이다.

본 연구에서 사용된 교육용 프로그래밍 도구 Scratch 2.0은 학습하기 어려운 프로그래밍 언어를 시각 기반의 개발 환경을 제공하여 블록 쌓기 방식의 간단한 프로그래밍이 가능하도록 하는 교육 도구이다. 현재 Scratch는 프로그래밍 학습 도구로 가장 널리 사용되고 있으며, 그래픽, 소리(음원), 애니메이션, 효과 등의 무료 아카이브(archive)를 제공하여 교사가 따로 준비할 필요가 없어 교육환경에 사용이 용이하다. 또한 웹 환경에 공유공간을 제공하여 학습자들은 자신의 프로젝트를 게시할 수 있고, 다른 사람이 공유한 프로젝트를 실행하고 스크립트를 수정할 수 있을 뿐 아니라 의견을 올릴 수 있다. 본 교육 프로그램에서는 이와 같은 웹 공유 사이트(<http://scratch.mit.edu>)를 적극 활용하여 자신의 프로젝트를 공유하고 발표하며 의견을 제시할 수 있도록 하였다.

#### 3.3.2 과학경험 검사도구

본 연구에서 과학경험은 Kim & Ryu(2010)의 도구[21]를 사용하였다. 과학경험 검사도구는 일반 활동에서의 전반적인 과학경험을 물어보는 내용으로 구성되어 있으며,

학교 안 경험과 학교 밖 경험을 측정하는 총 10개의 문항으로 구성되어 있으나, 본 연구에서는 신뢰도를 저해하는 1개 문항을 삭제하여 9문항을 사용하였다. ‘당신은 학교에서 다음과 같은 활동을 하였던 경험이 있습니까?’와 같이 질문하였으며, ‘과학 수업시간에 질문하기’, ‘잡지 또는 신문에 있는 과학관련 기사 읽기’ 등을 제시하였다. 본 연구에서의 내적일관성신뢰도인 Cronbach’s  $\alpha$ 는 .843으로 나타났다.

#### 3.3.3 교육지원 검사도구

교육지원은 Kim(2009)이 개발한 조직의 지원 척도[22]를 Joo et al.(2010)이 학교 조직 환경에 맞추어 수정한 도구[14]를 사용하여 측정하였다. 이 도구는 학교문화, 교수자의 지원, 동료의 지원, 학교의 분위기를 측정하는 6문항으로 제안되었으나, 본 연구에서는 신뢰도를 저해하는 1개 문항을 제외하고 5문항을 활용하였다. 예시 문항으로는 ‘선생님은 내가 프로그래밍 수업에 참여하는 것에 대해 적극 지지해 주었다.’가 있다. 본 연구에서 Cronbach’s  $\alpha$ 는 .885로 나타났다.

#### 3.3.4 학습몰입 검사도구

본 연구에서 학습몰입을 측정하기 위해 Jackson & Martin(2008)이 개발한 Short Flow Scale[12]을 연구목적에 맞게 수정하여 활용하였다. 이는 ‘나는 프로그래밍 수업을 할 때 시간이 평소와 다르게 빨리 지나가는 것 같았다.’를 포함하여 총 8문항으로 구성되었으며, 본 연구에서는 신뢰도를 저해하는 1개 문항을 제거하고 총 7문항을 활용하였다. 본 연구에서의 Cronbach’s  $\alpha$ 는 .884로 나타났다.

#### 3.3.5 과학적 탐구 태도 검사도구

과학적 탐구 태도는 Fraser(1978)가 개발한 TOSRA (Test of Science Related Attitudes)[7] 중 과학적 탐구 태도 변인을 변안하여 활용하였다. 이 측정도구는 ‘나는 과학 원리를 이해한 후 응용하여 새로운 것을 만들고 싶은 생각이 든다.’와 같은 총 5문항으로 구성되었으며,



본 연구에서는 신뢰도를 저해하는 1개 문항을 제거하고 총 4문항을 활용하였다. 본 연구에서의 Cronbach's  $\alpha$ 는 .728로 나타났다. 본 연구에서의 모든 변인은 자기보고 식으로서, 5점 리커트 척도로 측정되었다.

### 3.4 자료분석

본 연구를 통해 수집된 자료는 다음과 같이 분석하였다. 먼저 과학경험, 교육지원, 학습몰입, 과학적 탐구 태도 측정도구의 신뢰도를 검증하기 위해 문항내적일관성 신뢰도 계수인 Cronbach's  $\alpha$  값을 산출하였다. 이 때 문항제거 시 값을 산출하여 신뢰도를 저해하는 문항이 있는 경우, 삭제해 고려하였다. 또한 기술통계분석을 실시하여 수집된 자료의 정상성을 확인하였으며, 상관분석을 실시하여 각 변인 간 상관관계를 확인하였다. 다음으로 과학적 탐구 태도에 대한 과학경험, 교육지원, 학습몰입의 예측력을 검증하기 위해 단계선택(stepwise) 방식의 다중회귀분석을 실시하였다. 단계선택 방식의 다중회귀분석은 준거변인에 대한 예측력이 가장 큰 변인부터 포함시키는 방식으로, 과학적 탐구 태도를 가장 잘 예측하는 변인이 무엇인지 파악할 수 있다. 또한 학습몰입의 매개효과를 검증하기 위해 SPSS Macro를 사용하여 Preacher & Hayes(2004)의 단순매개분석(simple mediation)[32]을 실시하였다. Preacher & Hayes(2004)의 단순매개분석[32]은 Baron & Kenny(1986)가 제안한 전통적 매개분석 방법[3]에 대한 대안적 방법으로, 부트스트래핑으로 매개효과의 추정치를 산출하여 통계적 유의성을 검증한다. 재추출한 표본수는 5,000개로 설정하였으며, 95% 신뢰구간에서 구한 매개효과 계수의 하, 상한 값 내에 0이 포함되지 않으면 매개효과가 있는 것으로 판단하였다.

## 4. 연구결과

### 4.1 기술통계

과학경험, 교육지원, 학습몰입, 과학적 탐구 태도의 기술통계 결과를 살펴보면 <Table 2>와 같이 나타나,

자료의 정상성이 확인되었다.

<Table 2> Descriptive Statistics( $n = 46$ )

	min.	max.	<i>M</i>	<i>SD</i>	skew-ness	kurto-sis
Science experience	1.78	5.00	3.63	0.75	-0.20	-0.64
School support	1.00	5.00	3.40	0.90	-0.27	-0.08
Learning flow	2.38	5.00	3.96	0.68	-0.27	-0.95
Attitude of scientific inquiry	2.00	5.00	3.59	0.74	-0.09	-0.74

### 4.2 상관분석 결과

각 변인들 사이의 상관관계를 분석한 결과, <Table 3>과 같이 모든 변인 간 상관관계가 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

<Table 3> Correlation Analysis( $n = 46$ )

	1	2	3	4
1. Science experience	-			
2. School support	.341**	-		
3. Learning flow	.673**	.376**	-	
4. Attitude of scientific inquiry	.729**	.388**	.650**	-

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$

### 4.3 과학적 탐구 태도에 대한 다중회귀분석

프로그래밍 교육에서 과학적 탐구 태도를 예측하는 변인을 규명하기 위하여 과학적 탐구 태도를 준거변인으로 하여 다중회귀분석을 실시하였다. 이에 앞서 과학경험과 학습몰입 간 상관성이 다소 높게 나타나( $r = .673$ ,  $p < .05$ ) 다중공선성이 의심되었다. 이에 공차한계와 분산팽창요인(VIF)으로 다중공선성 여부를 확인하였다. 그 결과 공차한계 값이 .547로 .1보다 컸으며, 분산팽창요인 값은 1.829로 10보다 작은 것으로 나타나 다중공선성에 문제가 없는 것으로 판단하였다.

<Table 4> Multiple Regression Analysis of Predictors of Attitude of Scientific Inquiry(n = 46)

Predictors	B	SE	$\beta$	t	p
Variables entered					
Science experience	.521	.110	.533	4.739**	.000
Learning flow	.313	.122	.290	2.579*	.012
Variables removed					
School support			.115	1.282	.205

R<sup>2</sup> = .577(adj. R<sup>2</sup> = .564), F = 41.681, p = .000

\* p < .05, \*\* p < .01

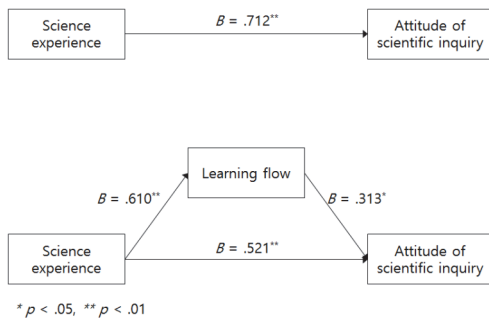
과학적 탐구 태도에 대한 다중회귀분석 결과, <Table 4>와 같이 과학경험( $\beta = .533, p < .05$ )과 학습몰입( $\beta = .290, p < .05$ )이 과학적 탐구 태도를 유의하게 예측하였고( $F = 41.681, p < .05$ ), 이때의 설명량은 57.7%(수정된  $R^2 = .564$ )로 나타났다. 교육지원은 다중회귀모형에서 제외되었다.

#### 4.4 학습몰입의 매개효과 분석

다음으로 학습몰입의 매개효과를 Preacher & Hayes(2004)의 단순매개분석[32]으로 분석하였다.

##### 4.4.1 과학경험과 과학적 탐구 태도 간 학습몰입의 매개효과 분석

과학경험과 과학적 탐구 태도 사이에서 학습몰입의 매개효과를 검증하기 위해 설정한 단순매개모델과 비표준화계수 추정치는 (Fig. 4)와 같이 나타났다.



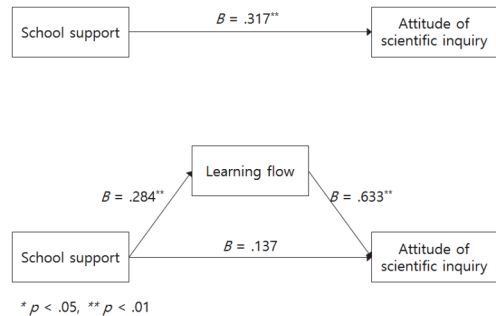
(Fig. 4) Mediation Analysis of Learning Flow in the Relationship between Science Experience and Attitude of Scientific Inquiry

첫째, 매개를 가정하지 않은 상황에서 과학경험은 과학적 탐구 태도를 유의하게 예측하였다( $B = .712, p < .01$ ). 둘째, 과학경험과 과학적 탐구 태도의 관계에서 학습몰입을 매개변인으로 투입한 단순매개모델에서 과학경험의 과학적 탐구 태도에 대한 예측력은 유의하였다( $B = .521, p < .01$ ). 셋째, 과학경험은 학습몰입을 유의하게 예측하였고( $B = .610, p < .01$ ), 학습몰입은 과학적 탐구 태도를 유의하게 예측하였다( $B = .313, p < .05$ ).

과학경험과 과학적 탐구 태도 간의 관계에서 학습몰입의 매개효과가 통계적으로 유의한지 알아보기 위해 부트스트래핑 방법을 적용하였다. 그 결과 95% 신뢰구간의 하·상한값이 각각 .020, .391로 나타나, 0을 포함하지 않기 때문에 학습몰입의 매개효과는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

##### 4.4.2 교육지원과 과학적 탐구 태도 간 학습몰입의 매개효과 분석

교육지원과 과학적 탐구 태도 사이에서 학습몰입의 매개효과를 검증하기 위해 설정한 단순매개모델과 비표준화계수 추정치는 (Fig. 5)와 같이 나타났다.



(Fig. 5) Mediation Analysis of Learning Flow in the Relationship between School Support and Attitude of Scientific Inquiry

첫째, 매개를 가정하지 않은 상황에서 교육지원은 과학적 탐구 태도를 유의하게 예측하였다( $B = .317, p < .01$ ). 둘째, 교육지원과 과학적 탐구 태도의 관계에서 학습몰입을 매개변인으로 투입한 단순매개모델에서 교육지원의 과학적 탐구 태도에 대한 예측력은 유의하지 않았다( $B = .137, p > .05$ ). 셋째, 교육지원은 학습몰입을

유의하게 예측하였고( $B = .284, p < .01$ ), 학습몰입은 과학적 탐구 태도를 유의하게 예측하였다( $B = .633, p < .01$ ).

교육지원과 과학적 탐구 태도 간의 관계에서 학습몰입의 매개효과가 통계적으로 유의한지 알아보기 위해 부트스트래핑 방법을 적용하였다. 그 결과 95% 신뢰구간의 하·상한값이 각각 .062, .345로 나타나, 0을 포함하지 않기 때문에 학습몰입의 매개효과는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

### 5. 결론 및 논의

본 연구는 피지컬 컴퓨팅 교육에서 과학적 탐구 태도를 예측하는 변인을 규명함으로써, 성공적인 피지컬 컴퓨팅 교육을 위한 시사점을 얻는 데 목적을 두었다. 도출된 연구 결과를 논의해보면 다음과 같다.

첫째, 피지컬 컴퓨팅 교육에서 과학적 탐구 태도를 유의하게 예측하는 변인은 과학경험과 학습몰입으로 나타났다. 이는 과학경험이 과학 교육성과에 정적인 영향을 미침을 보고한 Choi & Choi(2012), Reynolds & Walberg(1991)의 연구[4][34], 교육성과에 있어 학습몰입이 중요한 요인임을 보여주었던 Kang et al.(2011), Bae & Yoo(2012)의 연구와 맥을 같이한다[2][16]. 이러한 결과는 학교 안과 밖에서 과학적 활동에 적극적으로 참여한 경험이 풍부한 학습자일수록, 피지컬 컴퓨팅 교육의 과정에 대해 깊이 집중하고 몰입한 학습자일수록 피지컬 컴퓨팅 교육에서 보다 높은 과학적 탐구 태도를 보였음을 함의한다.

둘째, 학습몰입은 과학경험과 과학적 탐구 태도 사이를 유의하게 매개하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 과학경험이 학습몰입과 정적인 관계를 가진다고 하였던 Lee & Gwon(2013), Taskinen et al. (2013)의 연구와 일맥상통한다[4][39]. 즉 학습자가 풍부한 과학 활동 경험이 있을수록 피지컬 컴퓨팅 교육과 같은 새로운 과학적 활동에 보다 몰입할 수 있었으며, 그 결과 더 적극적인 과학적 탐구 태도를 보인 것으로 해석해볼 수 있다.

셋째, 학습몰입은 교육지원과 과학적 탐구 태도 간 관계를 매개하였다. 이는 교육지원이 학습자의 몰입 정도에 영향을 미친다고 하였던 Lee(2003)의 연구와 맥을

같이 하는 결과이다[25]. 비록 과학적 탐구 태도에 대한 다중회귀분석에서 교육지원은 유의한 예측력을 보이지 않았지만, 학습몰입을 매개로 과학적 탐구 태도를 간접적으로 예측한 것이다. 즉 학습자가 컴퓨팅 교육에 참여하는 것에 대하여 교사나 동료 학습자 등으로부터 지지 받고 있다고 생각할수록 학습과정에 보다 몰입하였으며, 이러한 학습자들은 나아가 피지컬 컴퓨팅 교육에서 보다 높은 교육성과를 보인 것으로 해석된다. 지금까지 교육지원은 주로 기업교육 맥락이나 성인학습자를 대상으로 한 연구에서 주로 연구되어 왔으나[22][30], 본 연구를 통해서 초등학생을 대상으로도 교육지원이 고려되어야 할 요소로 드러났다는 데 의의가 있다고 하겠다.

이와 같이 피지컬 컴퓨팅 교육에서 과학경험, 교육지원, 학습몰입이 과학적 탐구 태도를 직접적·간접적으로 예측하는 것으로 나타난 바, 성공적인 피지컬 컴퓨팅 교육을 위하여 이들 변인을 고려해야 함을 알 수 있다. 이에 대하여 실천적 차원에서 다음과 같이 제안해볼 수 있다.

첫째, 학습자의 과학적 탐구 태도 향상을 위해서 풍부한 과학경험의 기회가 학교 안과 밖에서 제공될 필요가 있다. 더욱이 최근 국가 차원에서 과학기술 및 정보통신기술 발전을 견인할 과학 인재, 소프트웨어 중심사회를 위한 창의인재의 양성이 더욱 강조되고 있는 바[27], 초·중등학교 급에서부터 풍부한 과학경험을 할 수 있도록 다양한 프로그램이 개발되고 실천될 필요가 있다. 이를 위해 학교 현장에서는 과학 교육 프로그램을 보다 다양화하고, 다른 영역과의 융합 또한 적극적으로 시도해야 할 것이며, 학교 밖에서도 교육센터 및 과학관 등을 중심으로 다양한 과학경험을 제공하기 위한 노력이 이루어져야 할 것이다.

둘째, 학습자가 컴퓨팅 교육에 대한 지원을 긍정적으로 인식할 수 있도록 배려해야 한다. 교사를 비롯한 학교 관계자들은 피지컬 컴퓨팅 교육을 비롯하여 다양한 과학적 탐구 활동을 긍정적으로 인식하고 학습자들의 참여를 독려하여야 할 것이다. 뿐만 아니라 학습과정에서 적극적으로 학습자들을 지지하고 동료 학습자들 간에 서로 정보를 공유하고 지원할 수 있는 학습 분위기를 조성해야 하며 이를 위한 구체적인 제도적 지원 또한 마련되어야 할 것이다. 이에 더하여 다양한 피지컬 컴퓨팅 교육 도구의 발달로 인해 교육환경의 설계가 용

이해진 점을 반영하여, 학교는 적극적으로 적절한 교육적 환경을 구축하여 학교의 긍정적인 지원 분위기를 조성하여야 한다. 피지컬 컴퓨팅 교육은 학습자의 하드웨어 및 소프트웨어의 가시적 결과물이 산출되는 학습으로 이에 대한 평가 또는 보상을 통한 학습 분위기 조성을 통하여 학습을 지원해야 한다.

셋째, 피지컬 컴퓨팅 교육을 설계하고 실천함에 있어, 학습자의 학습몰입을 촉진시키기 위한 전략이 고려되어야 한다. 이와 관련해 Bae & Yoo(2012)는 과학 학습을 위한 몰입 촉진 전략을 각 수업과정별로 제안한 바 있다. 명확한 목표 설정, 과제에의 집중, 도전과 기능의 조화, 구체적인 피드백 제공, 통제감 조절, 행위와 의식의 일치, 자기목적적 경험 등이 그것이다[2]. 이처럼 학습과정에서 학습몰입을 느낄 수 있도록 피지컬 컴퓨팅 교육 프로그램이 설계되어야 하며, 학습과정 중에서 교수자와 촉진자(facilitator)는 학습자와 긴밀하게 상호작용하며 학습몰입을 촉진하여야 할 것이다.

이상의 논의를 바탕으로 다음과 같은 후속연구를 제안한다.

첫째, 본 연구는 초등 영재 학습자를 대상으로 피지컬 컴퓨팅 교육을 실시하고, 과학적 탐구 태도를 예측하는 변인을 탐색하였다. 그러나 2018년부터는 초·중등학교에서 소프트웨어 교육이 필수화될 것으로 공고되는 등[27], 컴퓨팅 교육이 영재뿐만 아니라 모든 학생들을 대상으로 확대 실시되는 움직임이 보이고 있다. 이에 본 연구의 대상을 보다 확장하여 일반 학습자를 대상으로 한 후속연구가 필요하다.

둘째, 본 연구는 과학적 탐구 태도를 예측하는 변인으로 과학경험, 교육지원, 학습몰입 변인을 상정하여 그 관계를 실증적으로 규명하였으나, 그 외에도 다양한 변인들이 고려될 수 있다. 이에 후속연구를 통해 자기효능감, 자기조절학습능력 등과 같은 학습자 특성 변인과 더불어 가족으로부터의 지원과 같은 환경·맥락적 변인 및 교육성과로서 컴퓨팅 사고력, 문제해결력과 같은 변인이 고려될 수 있을 것이며, 이들 간 관계를 구조방정식 모형을 통해 검증해볼 것을 제안한다.

본 연구는 최근 들어 새롭게 시도되고 있는 피지컬 컴퓨팅 교육을 설계하고, 이의 성과를 예측하는 변인을 실증적으로 규명하였다는 데 의의가 있다. 이는 성공적인 피지컬 컴퓨팅 교육을 위한 지원 전략을 수립하기 위한

기초 자료로 활용될 수 있을 것이며, 관련 후속 연구를 위한 참고 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

- [1] Aron, J. (2012). Makey Makey DIY circuit board makes bananas musical. *New Scientist*, 214, 22.
- [2] Bae, H., & Yoo, B. G. (2012). The Effects of Learning Based Flow Theory on Scientific Achievement and Attitude toward Science. *The Korean Society of Earth Science Education*, 5(3), 225-234.
- [3] Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator - mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1173-1182.
- [4] Choi, Y. H. & Choi, K. H. (2012). Science Experience's Type and Meaning of Korean Middle School-Science Gifted Students in Parent, School, Out-of-School Institution. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 32(10), 1580-1598.
- [5] Csikszentmihalyi, M., & Nakamura, J. (2007). Psychological capital. Manuscript in preparation.
- [6] D'Ausilio, A. (2012) Arduino: A Low-cost Multipurpose Lab Equipment. *Behavior Research Methods* 44(2), 305 - 313
- [7] Fraser, B. J. (1978). Development of a test of science-related attitudes. *Science Education*, 62(4), 509-515.
- [8] Fraser, B. J., & Butts, W. L. (1982). Relationship between perceived levels of classroom individualization and science-related attitudes. *Journal of research in Science Teaching*, 19(2), 143-154.
- [9] Halverson, E. R., & Sheridan, K. (2014). The maker movement in education. *Harvard Educational Review*, 84(4), 495-504.
- [10] Harju, B. L., & Eppler, M. A. (1997). Achievement

- of Motivation, Flow and Irration Beliefs in Traditional and nontraditional College Students. *Journal of Instructional Psychology*, 24(3), 147–157.
- [11] Hwang, Y. H., Mun, K. J., & Park, Y. B. (2016). 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 Research in Science Education*, 36(2), 325–335.
- [12] Jackson, S. A., Martin, A. J., & Eklund, R. C. (2008). Long and short measures of flow: The construct validity of the FSS-2, DFS-2, and new brief counterparts. *Journal of sport & exercise psychology*, 30(5), 561.
- [13] Jang, Y., Lee, W., & Kim, J. (2015). Analysis of Pedagogical Usability about Tools in Physical Computing Education for Middle School Students. *International Journal of Applied Engineering Research*, 10(90), 636 - 641.
- [14] Joo, Y. J., Kim, N. Y., & Kim, G. Y. (2010). The Structural Relationship among Self-Efficacy, Internal Locus of Control, School Support, Learning Flow, Satisfaction and Learning Persistence in Cyber Education. *Journal of Educational Technology*, 26(1), 25–55.
- [15] Kang, H. S. (2016). Reflective Inquiry into Software Education based on Narrative Mode of Thought. *Journal of Narrative and Educational Research*, 4(1), 5–27
- [16] Kang, M. H., Kim, H. S., & Lee, J. M. (2011) The Effects of Flow and Cognitive Presence on Learning Outcomes in a Middle School Science Class using Web-based Simulation. *Korean Association for Educational Information and Media*, 17(1), 39–61.
- [17] Kang, M. H., Kim, Y. J., Lim, H. Y., & Yoo, Y. R. (2014). Investigating the Structural Relationship among Science Experience, Learning Motivation, Achievement and Career Orientation of High school Students. *East West Education*, 18(3), 621–643
- [18] Kim, J. H., & Kim, T. . (2016) 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*, 19(2), 87–98.
- [19] Kim, J. S., Han, S., Kim, S., Jung, S., Yang, J., Jang, E., Kim, J. (2015). A Research on the Development of Teaching and Learning Models for SW Education. (CR 2015–35). Seoul: Korean Educational Development Institute, KERIS.
- [20] Kim, J. W., & Kim, D. H. (2016). Development of Physical Computing Curriculum in Elementary Schools for Computational Thinking. *Journal of The Korean Association of information Education*, 20(1), 69–82.
- [21] Kim, N. G., & Ryu, C. Y. (2010). Development and Application of Tool for Measuring High School Students' Scientific Experience. *The Journal of The Korean Earth Science Society*. 31(3), 276–287.
- [22] Kim, N. Y. (2009). The Structural Relationship among Academic Motivation, Program, Organizational Support, Interaction, Flow and Learning Outcome in Cyber Education (Doctoral dissertation, Ewha Womans University).
- [23] Kim, W. S. (2014). Electronic Kit Design for Cardboard Automata. *International Journal of Robots, Education and Art*, 4(1), 15.
- [24] Lee, M. W., & Cho, H. H. (1985). Research on the Causes of Sex Difference in Science Achievements by High School Students. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 5(1), 35–47.
- [25] Lee, S. W. (2003). Comparing Learners' with Institutions' Factors that Influence on Persistence in University Lifelong Education. *The korean Society for Lifelong Education*, 9(1), 117–114.

- [26] Min, S. K., & Na, S. I. (2007). The Relationship between Learning Flow and Classroom Climate of Vocational High School Students. *The Korean Society for Agricultural Education and Human Resource Development*, 39(3), 45-68.
- [27] Ministry of Science, ICT and Future Planning & Ministry of Education (2015). From elementary school to college, blue print for SW education: Ministry of Science, ICT and Future Planning & Ministry of Education released 『Master Plan to Realize a Software-centered Society』. Sejong: Ministry of Science, ICT and Future Planning & Ministry of Education.
- [28] O'Sullivan, D., & Igoe, T. (2004). Physical computing: sensing and controlling the physical world with computers. Boston, MA: Course Technology Press.
- [29] Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International journal of science education*, 25(9), 1049-1079.
- [30] Paechter, M., Maier, B. & Macher, D. (2010). Students' expectations of, and experiences in e-learning: Their relation to learning achievements and course satisfaction. *Computer & Education*, 54(1), 222-229.
- [31] Peppler, K., & Bender, S. (2013). Maker movement spreads innovation one project at a time. *Phi Delta Kappan*, 95(3), 22-27.
- [32] Preacher, K. J., & Hayes, A. F. (2004). SPSS and SAS procedures for estimating indirect effects in simple mediation models. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(4), 717-731.
- [33] Przybylla, M., & Romeike, R. (2014). Physical Computing and its Scope-Towards a Constructionist Computer Science Curriculum with Physical Computing. *Informatics in Education*, 13(2), 241-254.
- [34] Reynolds, A. J., & Walberg, H. J. (1991). A structural model of science achievement. *Journal of Educational Psychology*, 83(1), 97-107.
- [35] Schulz, S. (2016). Improving Scientific Inquiry through Physical Computing. In Proceedings of the 2016 ACM Conference on International Computing Education Research (pp. 289-290). ACM.
- [36] Seok, I. B. (2008). Analyzing Characters of the Learning Flow. *Journal of Educational Technology*, 24(1), 187-212.
- [37] Simpkins, S. D., Davis-Kean, P. E., & Eccles, J. S. (2006). Math and science motivation: A longitudinal examination of the links between choices and beliefs. *Developmental psychology*, 42(1), 70.
- [38] Song, K., & Hur, E. J. (2009). A Study on Exploring Parents and School Factors Influencing High School Students' Authentic Achievement. *The Korea Association of Yeolin Education*, 17, 103-126.
- [39] Taskinen, P. H., Schütte, K., & Prenzel, M. (2013). Adolescents' motivation to select an academic science-related career: the role of school factors, individual interest, and science self-concept. *Educational Research and Evaluation*, 19(8), 717-733.

저자소개



**강 명 희**

1975 이화여자대학교 시청각교육  
학사

1978 Indiana University 교육공학  
석사

1984 Indiana University 교육공학  
박사

1992~현재 이화여자대학교 교육  
공학과 교수

관심분야: 교육정보화, 뉴미디어 기  
반 학습, 이러닝 설계와 개발

e-mail: mhkang@ewha.ac.kr



**윤 성 혜**

2009 이화여자대학교 과학교육/교  
육공학 학사

2012 이화여자대학교 교육공학 석사

2017 이화여자대학교 교육공학 박사

관심분야: 뉴미디어 기반 학습, 세  
계시민교육, 교육정보화

e-mail: shyewha@gmail.com



**장 지 은**

2008 건국대학교 매체전공 학사

2014 이화여자대학교 영재교육 석사

2014~현재 이화여자대학교 교육  
공학 박사과정

관심분야: 뉴미디어 기반 학습, 피  
지컬 컴퓨팅, SW 교육, 로봇  
활용교육

e-mail: jjeeun@gmail.com