

# 메이커 교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구에 관한 탐색적 연구

이창윤<sup>†</sup> · 안재현<sup>1</sup> · 서태균<sup>1</sup>  
<sup>†</sup> 서울대학교 화학교육과, <sup>1</sup>충남고등학교

## An Exploratory Study on Educational instruments of Physical Computing for Maker Education

Chang Youn Lee<sup>†</sup> · Jae-Hyun Ahn<sup>1</sup> · Tae-Kyun Seo<sup>1</sup>  
<sup>†</sup> Dept. of Chemistry Education, Seoul National University, <sup>1</sup>Chungnam High School

### 요 약

인공지능 기술의 발달과 함께, 4차 산업 혁명에 관한 사회적 논의가 이슈화됨에 따라 교육 학계도 변화의 목소리를 높이고 있다. 지식기반 사회에서 컴퓨터 활용 역량이 강조되면서, 코딩/소프트웨어 교육 등 테크놀로지 기반 교수학습이 교과목과 관계없이 주목받고 있다. 최근에는 오픈소스를 만드는 사람들에 대한 긍정적인 인식이 생겨나면서부터, 그들을 메이커라 지칭하고 메이커를 양성하기 위한 운동이 확산되기 시작하였다. 학계에서도 이 운동을 수용하려고 시도하였으나, 관련 연구에서는 기존 테크놀로지 기반 교수학습과 구분되는 특성을 명백하게 보여주지 못했다. 본 연구는 메이커 교육의 시론적 연구로서, 이재호와 장준형(2017)이 제안한 메이킹 역량을 중심으로 이를 키워줄 수 있는 피지컬 컴퓨팅 교구를 조사하였고, 동시에 활용 가능성을 제안하였다. 초기에 제안된 교구의 활용방안은 현장 교사 3인의 전문가 검토를 받았으며, 그들이 제공한 조언을 참고하여 수정하였다. 보완된 활용방안은 메이킹 역량을 구성하는 분석역량, 설계역량, 구현역량으로 구분하여 제시하였다. 이를 통해 메이커 교육의 이론적 발전과 확산에 기여하고자 하였다.

## 1. 서론

4차 산업 혁명에 관한 사회적 논의가 가속화됨에 따라 교육계는 새로운 산업 구조에 맞는 역량을 강조하고자 테크놀로지 기반 교육에 주목하기 시작하였다[3]. 이와 함께, 대중매체에서 오픈소스 생산에 앞서는 사람들을 ‘메이커’라는 이름으로 지칭하면서, 그들의 긍정적인 사회적 기여에 대해 주목하기 시작하였다[4]. 이들을 장려하자는 목소리가 커지면서부터 메이커 운동이 생겨나기 시작하였다. 메이커 운동은 오픈소스 제조업을 장려하는 사회적 움직임으로 볼 수 있다[1]. 메이커 운동의 시초는 2005년 메이커라는 매거진에서 이 용어를 사용하면서부터라고 알려져 있다[6].

교육계의 메이커 운동에의 수용 시도는 메이커 교육이라는 용어를 도입했다. 이는 학생들을 일종의 창의적인 메이커로서 양성하기 위한 구성주의적 교육방법에 포함될 수 있다[2]. 하지만, 학계에서는 메이커 교육에 관한 합의된 정의가 없어 이론 연구와 실천에 어려움을 겪고 있다. 또한, ICT 환경에서 수행된 메이커에 관한 연구들은 코딩 교육, 소프트웨어 교육과 구분되는 메이커 교육만의 고유한 개성을 끌어내지 못하고 있다.

최근 이재호와 장준형(2017)은 메이킹 역량이라는 용

어를 도입하면서 메이커 교육이 가져야 할 특성을 제안하였다[6]. 그들의 연구에서는 메이킹 역량을 분석역량, 설계역량, 구현역량의 3가지 핵심 역량으로 구분하였다. 또한, 메이킹 역량 강화에 아두이노, 스크레치와 같은 테크놀로지가 활용될 수 있음을 시사하였다.

산업과 사회의 구조적 변화에 수반되는 직업 변화의 전망은 현재 아이들에게 어떤 교육을 제공하는 것이 타당한지를 재고하도록 만든다. 이러한 변화의 시점에서 메이킹 역량은 미래 사회를 살아갈 학생들에게 중요한 역량으로 자리 잡을 것으로 기대된다. 메이킹 역량을 중심으로 메이커 교육의 발전과 실천을 이끌기 위해서는 메이킹 역량을 길러줄 수 있는 메이커 교수학습 프로그램의 개발이 필요하며, 이에 앞서 어떤 교구가 활용될 수 있는지에 대한 탐색이 필요하다. 본 연구는 후자에 초점을 두고, 메이커 교육의 실천을 위한 교구의 종류와 그의 활용 가능성을 제안하고자 한다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 메이커 운동

메이커 운동은 주변의 다양한 도구를 이용하여 오픈소스를 비롯한 창의적인 산물의 생산을 장려하는 운동

이다[6]. 메이커 운동에 기반을 둔 활동들은 협력적 활동이라는 점에서 개인의 생산 활동과는 구별될 수 있다[2]. 이러한 메이커 활동을 지향하는 교육을 메이커 교육으로 정의할 수 있다[1].

실제 메이커 활동은 종종 소셜 네트워크를 통해 연결된 사람들이 관심사를 공유하면서 창의적 산물을 만들어내는 과정을 포함하므로, 협력적 창의성(collaborative creativity)을 요구하는 생산 활동으로도 고려해볼 수 있다[10]. 메이커 교육의 방향을 사회적 차원의 이점에 초점을 두고 설정한다면, 학생들을 실제적인(authentic) 환경에서 미래의 직업 역량을 키울 수 있게 지원할 수 있을 것이다.

메이커 운동의 교육적 실천이 긍정적 효과를 나타낼 거라 기대하는 교육학자들이 점차 늘어나면서, 국내 교육학계에서는 메이커 교육이라는 용어를 학술적으로 다루기 시작하였다[2]. 비록 아직 시론적 단계이긴 하나, 학계의 관심이 증가하면서 메이커 교육의 정의와 방향을 설정하려는 시도가 생겨나고 있다. 예컨대, 이재호와 장준형(2017)은 메이킹 역량을 제안하면서, 동시에 프로그램을 개발하였고, 이를 통해 메이커 교육의 효용성을 보여주고 있다[6].

## 2.2 피지컬 컴퓨팅 교구

피지컬 컴퓨팅이란 소프트웨어 기반 코딩에서 구현한 가상의 알고리즘을 물리적 도구인 센서와 액츄에이터로 구현하는 과정이라 말할 수 있다[8]. 여기서 센서란 외부에 존재하는 소리, 빛, 음성, 화학적 신호를 감지하여 전기적 신호로 바꿔주는 장치를 말하며, 액츄에이터란 모터가 내장되어 있어서 제공되는 전기의 세기에 따라 움직이는 장치들을 지칭한다. 알고리즘을 구현하는 교구로는 스크래치, 엔트리가 사용되어 왔으며, 이들의 물리적 구현을 위한 연산장치로는 아두이노, 라즈베리파이가 널리 알려져 왔다[6]. 연산장치는 사람의 중추신경계의 역할을 담당하는 것으로 비유될 수 있다.

이들은 손쉽게 배울 수 있는 도구이므로, 전문지식이 없어도 이를 이용하여 실용적인 도구를 제작할 수 있다. 이때 인간의 감각기관에 상응하는 다양한 종류의 센서를 활용할 수 있다. 또한, 육체에 비유되는 다양한 모터 장치를 사용함으로써, 특정 알고리즘 패턴에 따라 구동시킬 수도 있다. 학계는 이러한 교구들을 총칭하여 피지컬 컴퓨팅 교구라 정의한다[6][8]. 피지컬 컴퓨팅 교구는 메이커 역량 강화를 위해 사용될 수 있다. 이외에도 스케치업과 같은 모델링 프로그램, 3D 프린터와 같은 디자인 도구가 함께 활용될 수 있다.

## 3. 연구 방법

### 3.1 연구 절차

연구의 수행은 [그림 1]과 같이 4단계로 구분할 수

있다. 연구의 초기 단계에서는 문헌 수집에 초점을 두었으며, 구글 학술 검색, 한국교육학술정보원, KERIS 홈페이지 내에서 키워드 검색을 통해 분석에 활용할 데이터를 확보하였다. 구체적으로, ‘메이커 운동’, ‘메이커 스페이스’, ‘메이커 교육’, ‘피지컬 컴퓨팅’, ‘디자인 교육’, ‘소프트웨어 교육’의 키워드를 입력하여 검색을 수행하였다. 초기 수집된 논문 29편, 보고서 3편 중 본 연구문제와 관련된 논문 10편, 보고서 1편을 최종 선정하였다. 해당 문헌에서 사용한 교구 중 메이커 교육의 실현을 위해 타당한 것으로 고려되는 교구를 분석틀을 참고하여 선정하였다. 이후, 연구자 3인은 수차례 논의과정을 통해 선정된 교구를 기반으로 교육적 활용 가능성을 제안하였고, 그 결과는 활용방안 제안에 참여하지 않은 현장교사 3인으로부터 타당성 평가를 받았다. 이후, 평가에 참여한 현장교사 3인의 조언을 참고하여 교구의 활용방안을 보완하였다.



[그림 1] 연구의 절차

### 3.2 교구선정을 위한 분석틀

분석틀로서 이재호와 장준형(2017)이 제안한 메이킹 역량 척도를 활용하여 다양한 교구의 메이커 교육에서의 활용 가능성을 탐색해보고자 하였다[6]. 메이킹 역량은 분석역량, 설계역량, 구현역량으로 구분되는데, 이는 다시 아래 <표 1>과 같이 하위 요소로 나눌 수 있다.

<표 1> 메이킹 역량(이재호, 장준형, 2017 수정함)

핵심역량	세부역량	설명
분석역량	발견하기	실생활 문제 발견
	수집하기	문제관련 자료수집
	분석하기	수집자료 분석하기
	이해하기	자료분석 결과 이해
설계역량	제안하기	문제해결을 위한 아이디어 제시
	정교화 하기	아이디어를 구조화하고 체계화함
	생각 공유하기	아이디어를 커뮤니티에 공유
	해결책 만들기	문제 해결을 위한 방안 결정
구현역량	도구 선택하기	문제 해결을 위한 도구 선정
	주도적 참여	직접 구현에 참여
	산출물 공유	구현된 산출물을 공유하기
	산출물 평가	결과물에 대해 자기 평가, 동료 평가, 멘토 평가 받기

위의 분석틀을 기반으로 메이킹 역량을 강화시키는데 있어서 어떤 교구들이 타당하게 활용될 수 있는지를 제안하고자 하였다.

### 3.3 타당성 평가

문헌분석을 통해 제안한 교구의 활용방안은 전문가 평가를 통해 타당성을 확보하였다. 전문가평가는 현장 경험이 있는 교사 3인을 대상으로 실시하였다. 이때, 전형적인 현장교사의 상호주관적 시각(intersubjective perspective)을 통해 활용방안의 타당성을 살펴보기 위해 국어, 수학, 지리 과목을 지도하고 있는 현장교사 3인을 대상으로 전문가평가를 실시하였다.

전문가평가 설문지는 나일주와 정현미(2001)의 연구에서 사용한 설문 문항을 참고하여 <표 2>와 같이 적합성, 유용성, 보편성, 이해성 영역을 묻는 4단계 리커트 척도 문항으로 재구성하였다[5]. 한편, 평가 설문지 내에 서술 문항도 함께 제공함으로써, 교사가 개선방안도 제시할 수 있도록 의도하였다. 현장교사의 평정 결과는 분석 후, Rubio et al.(2003)이 제시한 내용타당도 지수(CVI)와 평정자간 일치도 지수(IRA)로 제시하였다[11].

<표 2> 전문가평가 설문지

영역	문항 내용
적합성	본 내용이 메이커 교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구의 활용방안으로 타당하다.
유용성	본 내용이 메이커 교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구의 활용방안으로 교육 현장에서 유용하게 활용될 수 있다.
보편성	본 내용이 메이커 교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구의 활용방안으로 교육 현장에서 보편적으로 이용될 수 있다.
이해성	본 내용이 메이커 교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구의 활용방안으로 이를 실현하려는 교사들이 이해하기 쉽게 표현되어 있다.

## 4. 메이커 교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구의 활용방안

메이커 교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구의 활용방안에 대한 전문가평정 결과는 아래 <표 3>과 같다.

<표 3> 전문가 평점 평균과 표준편차

	적합성	유용성	보편성	이해성
평균	3.00	3.00	2.66	3.33
표준편차	0.00	1.00	0.58	1.15

4점 척도 중 3점과 4점은 긍정적 응답, 1점과 2점은 부정적 응답으로 분류하고, 또한, 평가자가 2개 이상 긍정적 응답하는 경우, 긍정적 응답자로 분류하였을 때, IRA 지수는 1.0으로 높게 나타났으며, CVI 지수는 0.75로 비교적 높게 나타났다. 서술 문항에서 평가자들이 제공한 내용 중 타당한 것으로 판단되는 부분은 논의 후, 연구 결과물에 반영하였다. 최종 보완된 본 활용방안은 아래에 제시하였다.

### 4.1 분석역량 강화를 위한 교구의 활용방안

분석역량의 하위요소로서 발견하기, 수집하기, 분석하기, 이해하기는 과학적 탐구역량과 관련된다. 이러한 역량을 강화하는 교구로서 칠판, 문제발견, 자료수집에는 클라우드, 노트 앱, LMS를 활용할 수 있다. 이들 도구는 학생이 언제 어디서나 자료를 수집할 수 있고, 끈김없이(seamless) 몰입할 수 있는 환경을 조성하는데 적합한 것으로 알려져 있다. 둘째, 자료 분석과 문제 이해에는 스프레드시트 프로그램이 활용될 수 있다. 최승언(2017)은 그의 저서를 통해 스프레드시트 프로그램이 갖는 교육적 기능으로서, 분석 및 시각화 기능을 소개하였다[7]. 스프레드시트 프로그램으로서, 구글 드라이브의 스프레드시트, 한컴소프트의 한셀(Hancell)이 활용 가능하며, 학교 현장에서 적용하기에 경제성, 접근성, 용이성이 충족된다. 특히, 구글 드라이브의 스프레드시트는 실시간 공유 기능을 내재하고 있기 때문에, ICT 환경에서의 교육적 활용 가능성이 더 큰 것으로 보고되었다[9].

요컨대, 앞으로 학교 현장에서 문제 발견과 자료 수집에 있어서는 클라우드, 노트 앱을 활용할 수 있으며, 자료 분석과 문제 이해를 지원하기 위해서는 스프레드시트 프로그램을 활용하는 것이 타당한 것으로 고려된다.

### 4.2 설계역량 강화를 위한 교구의 활용방안

설계역량의 하위 요소에는 아이디어 제안, 아이디어 정교화, 아이디어 공유, 해결책 제안이 있다. 교실 맥락에서 설계역량을 키우기 위해서는 한 학생의 아이디어를 다른 학생이 잘 이해하도록 학습경험을 제공해야 한다.

설계역량에서는 모델링 프로그램이 유용하게 활용될 수 있다. 한 학생의 머릿속에 존재하는 아이디어를 타 학생과 공유하기 위해서는 모델을 구현하는 과정이 필요하다. 이러한 상상의 산물을 시각적으로 구현하는 작업을 모델링이라 부른다. 모델링 프로그램에는 스케치업, 라이노세로스, 3D 맥스 등이 존재하나, 접근성과 경제성을 고려했을 때에는 스케치업과 라이노세로스가 적합하다. 이때 만들어진 시각적 모델은 3D 프린터를 통해 현실 세계로 구현 가능하다. 3D프린터를 통해 만든 모델은 설명체계를 지원하는 도구로서 활용하거나, 또는 문제해결을 위해 구현하는 피지컬 컴퓨팅 도구의 디자인 개선을 위해 활용할 수도 있다.

하지만, 중요한 것은 수업시간에 3D 프린터를 활용하는 데 한계가 있다는 점이다. 모델링 프로그램을 통해 시각적 모델을 실제로 구현하는 데 시간이 걸리기 때문에 기존 수업시수 체계에서 3D 프린터를 활용하는 것은 종종 불편할 수 있다. 이에 모델링 프로그램은 교실 안에서, 3D 프린터 출력 활동은 방과 후 프로그램

으로 배정하는 것이 타당하다.

#### 4.3 구현역량 강화를 위한 교구의 활용방안

구현역량의 하위 요소에는 도구 선정, 주도적 참여, 결과 공유, 결과 평가가 있으며, 이들은 협력적 창작 활동과 관련된다. 앞서 언급한 피지컬 컴퓨팅 도구는 협력적 작품 구현에서도 활용될 수 있다. 예컨대, 문제 해결을 위해 앞 단계에서 무엇을 만들지, 어떻게 작동 시킬지에 관하여 협력적으로 디자인했다면, 이 단계에서는 이들을 실제로 구현하는데 있어서 아두이노와 3D프린터가 활용될 수 있다. 실제로 센서와 액츄에이터를 기반으로 한 아두이노의 교육적 활용 사례는 기존 피지컬 컴퓨팅 기반 코딩 교육 연구에서 비교적 빈도 높게 보고되어 왔다. 또한, 3D프린터를 활용한 창의적 산물 제작 활동도 함께 보고되고 있다.

앞으로는 교육적 맥락에서 학생들의 구현역량 강화를 위해 알고리즘을 효과적으로 구현할 수 있는 센서와 액츄에이터, 아두이노, 3D프린터 등 다양한 교구의 체험이 필요할 것이다.

### 5. 결론 및 제언

본 연구에서는 문헌 탐색을 통해 사례를 수집하였고, 메이커 교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구의 활용방안을 제안하였다. 제안된 내용에 대한 전문가 평정 결과는 비교적 긍정적이었다. 현장 경험을 지닌 교사들이 제안한 조언을 참고하여 연구 결과의 타당성을 높이고자 시도하였다. 최종 수정된 활용방안의 내용은 현장교사가 메이커 교육을 실천하는데 있어서 도움을 제공할 것이다.

메이커 교육은 미래 사회를 살아가는데 필요한 학습 경험을 제공한다. 또한 이 교육에 관한 연구는 기존 소프트웨어 교육, 코딩 교육, 디자인 교육 등 다양한 테크놀로지 기반 교육의 이론을 통합하고, 동시에 미래 교육의 지향점을 설정하는데 중요하다. 이를 위해 추후에도 메이커 교육에 관한 연구는 지속되어야 할 것이다.

본 연구는 메이커 교육의 실천과 발전을 위해 다음과 같이 제언한다. 첫째, 추후 연구는 서로 다른 교과목의 관점에서 메이커 활동 프로그램을 개발하고, 그것에 대한 사례를 보고하는데 집중할 필요가 있다. 둘째, 학생 중심 메이커 교육의 실현을 위해 필요한 학습 공간을 연구할 필요가 있다. 지금도 이러한 학습 공간을 메이커 스페이스라 부르며, 연구가 진행되고 있으나 지금의 한국 정부의 메이커 교육은 기술에 초점을 두고 있기 때문에, 다양한 관점에서 발전 가능한 학습 공간에 관한 연구가 필요하다. 셋째, 메이커 교육에 참여한 학생들의 경험을 이해하고 공유하기 위한 질적 연구가 필요하다.

메이커 교육을 기존 학교에 더욱 적극적으로 도입하

기 위해서는 현장교사의 관심이 필요하다. 또한, 그들이 이해하고 공감할만한 교육적 방법과 교구에 대한 가이드라인도 함께 요구된다. 본 연구는 피지컬 컴퓨팅 교구의 활용 가능성을 소개함으로써 메이커 교육의 이론적 발전과 확산에 기여하고자 하였다.

### 참고 문헌

- [1] 장인애, 김홍순. (2017). 메이커 교육 (Maker education) 을 통한 메이커 정신 (Maker mindset) 의 가치 탐색. **한국콘텐츠학회논문지**, 17(10), 250-267.
- [2] 장인애, 김명기. (2017). 메이커 활동 (Maker Activity) 의 초등학교 수업적용 가능성 및 교육적 가치 탐색. **학습자중심교과교육연구**, 17, 487-515.
- [3] 교육부 (2014). **제5차 교육정보화 기본계획 (2014~2018)**. 서울:교육부.
- [4] 김정현, 변문경. (2017). 4차 산업 혁명 시대 메이커 교육의 방향성 탐색. **한국열린교육학회 학술대회논문집**, 96-112.
- [5] 나일주, 정현미 (2001). 웹기반 가상교육 프로그램 설계를 위한 활동모형 개발. **교육공학연구**, 17, 27-52.
- [6] 이재호, 장준형. (2017). 과학영재용 소프트웨어 코딩기반 메이커 교육 프로그램의 개발. **영재교육연구**, 27(3), 331-348.
- [7] 최승언 외 18인(2017). **수학과 엑셀 스프레드 시트를 이용한 과학학습-초등중등과학교육 과정을 중심으로**. 교육과학사
- [8] 최형신, 박주연, 소효정. (2016). 릴리페드 활용 E-Textile 동아리 수업 사례 연구: 미술과 테크놀로지의 융합을 중심으로. **정보교육학회논문지**, 20(4), 409-420.
- [9] 홍훈기 외 (2015). 학습자중심 스마트학습 디자인 연구. 서울대학교 사범대학(미간행).
- [10] Catmull, E. (2008). *How Pixar fosters collective creativity*. Cambridge, MA: Harvard Business School Publishing.
- [11] Rubio DM, Berg-Weger M, Tebb SS, Lee ES, and Rauch S (2003). Objectifying content validity: Conducting a content validity study in social work research. *Social work research*. 27, 94-104.