

피지컬 컴퓨팅 기반의 인터랙티브 프로토타이핑 프로그래밍 학습모형 개발 및 적용

서정현

내정초등학교

요 약

피지컬 컴퓨팅은 컴퓨팅을 인간과 환경, 사물의 영역으로 확장한 개념으로 하드웨어와 소프트웨어 통합한 물리적 산출물 기반의 프로그래밍 학습매체로 주목받고 있다. 본 연구에서는 기술적 자유도가 높은 피지컬 컴퓨팅의 특징을 활용한 인터랙티브 프로토타이핑 기반의 프로그래밍 학습 모형을 개발하고 실험연구를 통해 학습 효과를 분석하였다. 실험처치 효과 검증에 위해 초등학교 5학년 59명 학습자를 대상으로 실험집단과 통제집단으로 구성하고 실험집단에는 인터랙티브 프로토타이핑 프로그래밍 학습모형을 적용하고 통제집단에는 선형순차 프로그래밍 학습모형을 적용하였다. 실험처치 전·후 정보과학 창의적 성향 검사를 실시하였고 두 집단의 사전검사 점수를 공변량으로 처리한 공분산분석(ANCOVA) 결과 유의수준 .05에서 학습 효과가 있음을 증명하였다. 이를 통해 초등학교 5학년 학습자를 대상으로 피지컬 컴퓨팅 기반의 인터랙티브 프로토타이핑 프로그래밍 학습모형의 프로그래밍 학습에 적용 가능성을 시사한다.

키워드 : 피지컬 컴퓨팅, 프로토타이핑, 정보과학 창의적 성향

Development and Application of Interactive Prototyping Programming Learning Model based on Physical Computing

Jeonghyun Seo

Naejeong Elementary School

ABSTRACT

Physical computing is the concept of expanding computing to humans, environments, and objects. It draws attention as a programming learning medium based on physical outputs in integration of hardware and software. This study developed a programming learning model based on interactive prototyping using the characteristics of physical computing with a high degree of technical freedom and analyzed its learning effect in an experiment. To examine the effect of the experimental treatment, this researcher divided fifty nine 5th-grade elementary students into an experimental group and into a control group. the interactive prototyping programming learning model was applied to the experimental group, and a linear sequential programming learning model was applied to the control group. Information Science Creative Personality Test was conducted before and after the experimental treatment. Analysis of Covariance was conducted with the pre-test scores of the two groups. As a result, it was proved that there was the effect of learning at the significance level of .05. It indicates that the physical computing based interactive prototyping programming learning model is applicable to the programming learning for 5th-grade elementary students.

Keywords : Physical Computing, Interactive Prototyping, Information Science Creative Personality

1. 연구의 필요성 및 목적

컴퓨팅 기술이 발전하고 그 개념이 인간과 환경, 사물의 영역으로 확장되며 개인의 창의적인 아이디어를 상호작용이 가능한 물리적 산출물로 구현할 수 있는 피지컬 컴퓨팅 플랫폼이 등장하였다. 피지컬 컴퓨팅은 센서를 통해 물리적 정보를 입력받아 프로그램을 통해 빛, 소리, 움직임 등의 물리적 방법으로 출력하는 컴퓨팅 방법이다. 피지컬 컴퓨팅은 초기에 미디어아트와 디자인 영역에서 다루어지다가 현재 하드웨어와 소프트웨어 통합 개발을 비롯하여 프로그래밍 학습의 영역으로 활용범위가 확장되었다. 이에 따라 프로그래밍 학습에 대한 개념도 기존의 내적이고 추상적인 개념에서 외적이고 구체적인 개념 중심으로 변화하고 있다. 이러한 프로그래밍 학습은 학습자의 내적동기를 강화하고 지식 간 융합을 촉진시켜 학습자의 문제해결능력과 논리적 사고력, 창의성을 향상시킨다[3][6][7].

피지컬 컴퓨팅은 실제 문제 또는 아이디어를 물리적으로 구현하는 것으로 기술적 형태 및 개념은 로보틱스(robotics)와 유사하지만 인간의 동작을 모방한 자동화(autonomous)에 초점을 맞춘 로보틱스와 달리 피지컬 컴퓨팅은 센서(sensor)와 트랜스듀서(transducer), 액추에이터(actuator)로 구성되어 인간의 감각 또는 외부의 환경변수를 입력 받아 프로그램에 의해 처리된 데이터가 물리적으로 출력되는 상호작용(interaction)에 초점이 맞춰진 개념이다. 피지컬 컴퓨팅의 기술적 형태와 특징으로 미디어아트와 디자인 영역에서 메이커(maker)를 중심으로 확산되었으며 물리적 산출물 개발 중심의 프로토타이핑(prototyping)과 이를 응용한 프로그래밍 학습에 사용된다. 프로토타이핑은 아이디어에 따라 결과물의 완성도를 높여가는 실제적인 개발 과정으로 결과물을 만들기 위해 계획과 전략을 수립하고 이를 변형하고 발전시키며 구체화되지 않은 아이디어 또는 문제를 분석하고 실제적(tangible)으로 구현하는 개발 방법이다[8][14].

2015 개정교육과정을 통해 소프트웨어 교육 관련 내용 체계 및 성취기준을 살펴보면 프로그래밍 도구를 이용한 실제적 문제 해결을 강조하며 피지컬 컴퓨팅 학습매체와 교육용 로봇을 활용한 프로그래밍 학습을 사례로 제시하였고 이에 따라 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 학

습매체와 교육과정에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있지만 대부분 단순한 학습매체 사용 방법과 교사가 제시하는 예제를 단순히 모방하는 활동 중심으로 이루어지고 있으며 학교 교육과정 적용에 필요한 구체적인 학습 모형 개발 연구는 부족한 것이 현실이다[9][10].

이영재 외(2015)는 초등교사를 대상으로 피지컬 컴퓨팅 학습매체 선택 기준과 관련한 설문조사 연구를 실시한 결과 교구의 적합성, 교사의 수준, 적절한 교육내용의 부재 순으로 문제점이 지적되었다. 서정현(2017)은 피지컬 컴퓨팅 학습매체의 물리적 실제성에 치중한 프로그래밍 학습의 낙관을 경계하고 학습자가 추상적인 개념이 사용되는 문제의 실제성과 인지적 실제성을 바탕으로 한 능동적 지식 구성을 강조하였다[6][7][8].

피지컬 컴퓨팅 학습매체가 가지는 외부 환경과 상호작용성을 기반으로 한 인터랙티브 프로토타이핑(interactive prototyping)은 학습자가 물리적 산출물의 구체적인 목표를 설정하고 설계, 개발하는 과정에서 기능을 추가하거나 변경하며 완성도를 높여가는 과정이다. 인터랙티브 프로토타이핑은 기존에 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 학습의 문제로 지적된 학습매체의 단순한 모방과 무계획적인 산출물 제작으로 인한 문제를 개선하여 최종 산출물의 완성도를 높일 수 있다[5].

본 연구에서는 피지컬 컴퓨팅 기반의 인터랙티브 프로토타이핑 프로그래밍 학습모형을 개발하고 이를 실험 연구를 통해 분석하고 그 효과성과 적용 방안을 제시하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 피지컬 컴퓨팅

피지컬 컴퓨팅은 센서(sensor)를 통해 물리적인 방식으로 정보를 입력받아 트랜스듀서(transducer)의 연산을 거쳐 액추에이터(actuator)를 통해 출력하는 컴퓨팅 방법이다. 피지컬 컴퓨팅은 초기에 임베디드 컴퓨팅(embedded computing)과 HCI(human computing interaction)분야에서 연구되었다. 이후 인터랙티브 미디어아트(interactive media art)의 플랫폼인 아두이노(Arduino)가 개발되었다[14].

피지컬 컴퓨팅 기술의 구성 요소는 로보틱스(robotics)와 유사하지만 로보틱스가 인간의 동작을 모방한 자동화(autonomous)에 초점을 맞춘 기술인 반면 피지컬 컴퓨팅은 인간의 감각 또는 외부의 환경 변수에 의한 입력 신호에 따라 출력을 제어하는 상호작용(interaction)에 초점을 맞춘 개념이다[8].

Przybylla 외(2015)는 피지컬 컴퓨팅을 과정(process), 산출물(product), 도구(tools) 세 가지 영역으로 구분하였으며 각 구성 요소는 다음과 같다.

첫째, 컴퓨팅을 실제 세계와 물리적으로 연결하기 위해 아이디어와 창의적인 설계를 바탕으로 한 프로토타이핑 과정을 거친다.

둘째, 센서와 트랜스듀서, 액추에이터 기반의 산출물로 구성되며 유한한 명령어 체계인 프로그램을 통해 환경과 상호작용하며 실행된다.

셋째, 도구는 프로그래밍이 가능한 입·출력 디바이스와 단독실행이 가능한 컴퓨팅 구조로 이루어지고 다양한 물리적 구조체와 결합하여 실행된다.

피지컬 컴퓨팅 플랫폼은 아이디어를 바탕으로 산출물 제작을 통해 프로그래밍의 과정 및 결과를 직관적으로 확인할 수 있어 이후 메이킹을 기반으로 한 프로그래밍 학습 영역으로 확산되었다. 프로그래밍 학습에서 피지컬 컴퓨팅 도입의 타당성을 논의할 때 구성주의 학습 이론이 제시된다. 구성주의 학습이론에 의하면 학습자가 실제 생활과 밀접한 경험을 바탕으로 의식적인 산출 활동이 이루어질 때 지식이 효과적으로 구성됨을 강조한다. 피지컬 컴퓨팅의 구성요소인 센서, 트랜스듀서, 액추에이터는 실제 생활에 보급된 전기, 전자, 컴퓨팅 요소를 포함하고 있어 학습자의 아이디어를 바탕으로 한 설계를 시뮬레이션(simulation) 또는 프로토타이핑을 통해 구체적인 산출물로 구현할 수 있는 환경을 제공한다 [15].

특히 초등학교 학습자를 대상으로 프로그래밍의 입문 단계에서 폭넓게 도입된 블록형 프로그래밍 언어의 경우 학습자의 인지적 부담을 낮추고 고등사고력 신장에 효과가 있는 것이 여러 실험연구를 통해 증명되었지만 가상의 스크립트 제어 방식의 프로그래밍 학습에 대한 여러 한계점이 지적되었다. 최근 하드웨어와 소프트웨어의 통합 개발이 본격화되고 프로그래밍 학습 또한 실제 생활과 연관된 실제적 프로그래밍 학습의 필요성이

강조되며 다양한 형태의 피지컬 컴퓨팅 학습매체 활용 교육에 대한 연구가 이루어지고 있다[16].

김혜진 외(2017)은 아두이노와 연계한 스크래치 프로그래밍 학습을 실시한 집단이 스크래치 프로그래밍 학습만 실시한 집단에 비해 창의적 문제해결력에서 유의미한 향상을 보였으며 서정현 외(2016)은 실제 생활과 관련된 센서 반응형 기기를 물리적 산출물을 통해 구현하는 프로젝트를 수행한 집단이 스크래치 프로그래밍을 이용해 구성한 집단에 비해 창의적 인성 점수의 유의미한 향상을 보였다[3][7].

이처럼 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습은 하드웨어와 소프트웨어를 통합한 개발 환경을 통해 학습자가 직접 설계하고 동작하는 피드백 과정을 제공하여 프로그래밍의 개념을 실제적으로 경험할 수 있는 환경을 제공한다. 또한 개방적 프로그래밍 환경과 물리적 구조체에 대한 이식성이 높아 학습자의 아이디어를 바탕으로 다양한 물리적 산출물을 구현할 수 있는 환경을 제공하여 문제해결력과 논리적 사고력을 비롯한 고등사고력 향상에 효과가 있다.

2.2 인터랙티브 프로토타이핑

프로토타이핑은 특별한 목적에 따른 최종 결과물을 만들기 필수적인 기능을 탑재하여 합리적인 계획에 따라 완성해 나가는 개발 과정으로 시스템이나 제품 등을 본격적으로 생산하기 전에 타당성이나 성능 검증에 위한 모형 제작 방법이다.

Ulrich(2012)는 프로토타이핑은 제품과 유사한 형태의 기능을 발전시키는 과정으로 개발 과정에서 기능의 추가, 변경, 삭제가 필요한 부분을 즉각 반영하여 설계한 산출물을 반복적으로 개선해가는 과정으로 정의하였다[17].

인터랙티브 프로토타이핑(interactive prototyping)은 컴퓨팅의 개념이 인간과 환경의 영역으로 확장하며 등장한 개발 과정으로 HCI와 미디어 아트 분야에서 연구되었다[13]. 이후 프로그래밍 학습용 피지컬 컴퓨팅 학습매체가 개발되고 기술적 자유도가 높아짐에 따라 이를 활용한 프로그래밍 학습 연구가 시작되었다[2]. Hartmann(2006)은 피지컬 컴퓨팅 기반의 인터랙티브 프로토타이핑은 아이디어와 설계안을 구체화하고 테스트

트와 수정 작업을 통해 산출물의 완성도를 높이는 활동이 학습자 간 협업 능력과 창의력 향상에 효과가 있음을 실험연구를 통해 증명하였다[12]. 이태일(2010)은 인터랙티브 프로토타이핑이 기존 제품 또는 물리적 구조체와 결합하여 학습자의 창의성을 자극하는 데 효과가 있음을 실험 연구를 통해 증명하였다[6]. 이처럼 인터랙티브 프로토타이핑은 피지컬 컴퓨팅 플랫폼이 확산과 함께 이루어진 연구 분야로 창의적인 디자인과 제품 개발을 위한 개발 전략으로 이용되었다.

그러나 국내 프로그래밍 학습 관련 연구에서 인터랙티브 프로토타이핑이란 개념과 학습 방법에 대한 연구는 충분히 이루어지지 않았다. 서정현(2016)이 피지컬 컴퓨팅 학습매체를 활용한 융합적 산출물 기반의 프로그래밍 교수·학습 전략 연구에서 융합적 산출물이란 용어를 사용하였고 이영재 외(2017)는 초등학교 학습자의 프로그래밍 학습을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구 선택 기준을 개발하고 이를 적용하는 연구를 실시하며 관련 연구가 본격화되었다[6][7].

인터랙티브 프로토타이핑을 활용한 프로그래밍 학습의 목적은 학습자의 아이디어를 바탕으로 결과물을 예측하고 설계한 후 피지컬 컴퓨팅 활용하여 환경과 상호작용할 수 있는 물리적 산출물을 구현하는 데 있다.

본 연구를 통해 학습 모형을 설계하고 활용 방안을 제안하고자 한다.

2.3 선행연구 분석

피지컬 컴퓨팅은 하드웨어와 소프트웨어, 물리적 구조체를 결합하여 추상적 아이디어를 창의적으로 표현하고 구체적 산출물로 만드는 과정에서 컴퓨팅 원리를 활용하는 것이다. 최근 다양한 연구를 통해 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습이 학습자의 컴퓨팅 사고력과 논리적 사고력 향상 효과가 실험연구를 통해 증명되었고 오픈소스 하드웨어와 소프트웨어 플랫폼이 개발·보급되며 교육적 활용성과 접근성이 높아졌다.

프로그래밍 학습을 위한 피지컬 컴퓨팅 학습매체는 현실 세계에 존재하는 컴퓨팅 기기를 물리적 산출물로 구현하거나 아직 현실 세계에 존재하지 않는 기기를 새로 개발하는 플랫폼을 제공한다. 인터랙티브 프로토타이핑은 피지컬 컴퓨팅의 구성 요소인 센서와 트랜스듀

서, 액추에이터를 이용하여 인간 또는 환경과 상호작용할 수 있는 물리적 산출물을 구현하는 창의적 설계 및 개발 과정으로 볼 수 있다.

그러나 현재 피지컬 컴퓨팅 학습매체를 활용한 프로그래밍 학습 대부분이 교사의 설명과 예제 제시에 순차적으로 따라하는 선형순차적 학습으로 이루어지고 있다. 또한 학습매체의 단순한 조작 중심으로 이루어지고 있어 실제적이고 비구조화된(ill-structured) 문제해결을 통한 프로그래밍 학습 환경을 제공하는 데 한계점을 보인다. 이러한 학습 환경은 학습자의 인지적 부담을 높이고 학습자 간 능력 간 편차를 증가시킬 수 있다. 또한 설계 과정에서 충분한 피드백을 거치지 않고 산출물 제작 활동을 실시할 경우 학습매체 사용과 산출물 제작에 익숙하지 않은 초등학교 학습자의 상당수가 산출물 제작에 실패하거나 무의미한 산출물 제작 활동으로 이어질 수 있고 이는 학습자의 설계 및 구현 능력과 프로그래밍 능력을 비롯하여 내적동기를 저해하는 요인이 될 수 있다[8].

그러므로 피지컬 컴퓨팅 학습매체를 활용한 산출물 제작 중심의 프로그래밍 학습은 설계 과정에서 각 학습 단계별 피드백 전략이 필요하다. 프로토타이핑은 이러한 선형순차적 산출물 제작 과정에서 발생할 수 있는 다양한 문제들을 설계 단계부터 충분히 검토하고 설계 과정에서 피드백을 통해 내재된 오류를 검출하여 수정하는 과정을 거친다. 그리고 산출물의 추가, 변경, 삭제가 필요한 부분을 즉각 반영하여 산출물의 완성도와 프로그래밍 학습 효과를 높일 수 있다.

3. 연구내용 및 방법

3.1 연구절차 및 내용

피지컬 컴퓨팅 기반의 인터랙티브 프로토타이핑 프로그래밍 학습모형은 학습자의 산출물 제작 과정 및 제작 환경, 프로그래밍 요소를 고려해야 한다. 제작 과정에서 초등학교 학습자의 불필요한 인지적 부담과 시행착오를 최소화해야 한다. 제작 환경은 초등학교 학습자 수준에서 이해하기 어려운 전자 회로나 공학적 요소를 배제한 피지컬 컴퓨팅 학습매체를 선택하였다. 또한 특별한 공

작 도구를 사용하지 않아도 쉽고 안전하게 제작하고 수정할 수 있도록 종이, 연결 시트지, 나무 블록, 양면테이프 등을 이용했다. 프로그래밍 요소는 아이디어의 실제적 구현과 작동과 즉각적 수정이 가능한 블록형 프로그래밍 언어를 사용하였다.

이러한 설계요소와 프로토타이핑 모형을 종합하여 개발한 프로그래밍 학습 모형은 다음과 같다.

3.2 학습모형 설계

3.2.1 문제의 정의

문제의 정의는 무엇을 반영하여 설계하고 제작할 것인지에 대한 요구를 정확하게 정의한 것이다. 인터랙티브 프로토타이핑 프로그래밍 학습에서 문제는 사전에 개발된 형태로 제시될 수도 있고 문제상황 제시 후 학습자의 필요에 의해 개발될 수도 있다. 이 때 제시되는 문제는 학습자의 실제 생활과 연관이 있고 비구조화된 문제로 문제 상황이나 문제 해결에 필요한 요소가 잘 정의되어있지 않고 정보가 충분히 제시되지 않아 다양한 해결책이 제시될 수 있게 제시한다. 이 과정은 학습자의 실제 생활의 맥락과 연결하여 학습과 산출물 설계 및 구현에 필요한 아이디어와 내적 동기를 유발한다.

3.2.2 프로토타입 설계

설계는 초등학교 학습자의 인지적 수준을 고려하여 스케치 방식의 설계를 적용하였다. 스케치는 아이디어 표현, 성능계획, 구동계획, 산출물 제작계획, 프로그래밍 계획 단계로 나누어 진행하였으며 교사의 피드백을 통해 각 단계별 피드백을 실시하였다. 아이디어 표현 단계는 구동과 제작 계획을 설계하고 센서를 통해 물리적 정보의 입력받아 액추에이터를 통한 물리적 출력에 중점을 둔 완성품의 설계가 이루어지도록 한다. 성능계획과 구동계획 단계에서는 액추에이터에 연결된 물리적 구조체의 구동 범위를 각각 다른 색깔의 펜을 사용하여 스케치 한다. 산출물 제작계획 단계에서는 액추에이터와 물리적 구조체가 연동할 수 있도록 기초적인 구조역학과 운동역학에 관련된 피드백을 제공하고 프로그래밍

계획 단계에서는 센서와 액추에이터를 구동하는 데 필요한 블록형 프로그래밍 언어의 명령어 블록을 기록한다[11].

3.2.3 프로토타입 개발 및 테스트

초등학교 학습자는 인터랙티브 프로토타이핑에 관련된 학습 경험이 적기 때문에 교사는 개발 및 테스트 단계에서 학습자의 어려움을 정확히 파악할 수 있는 피드백 전략을 적용해야 한다. 프로토타이핑은 부품의 성능과 재료의 물리적 속성에 의해 제약을 받는다. 그러므로 개발 및 테스트 단계에서 센서와 액추에이터 부품별로 외부 자극의 감지와 그에 따른 액추에이터의 동작 양상을 임시 고정 재료를 이용하여 작동하고 작동 범위와 성능을 테스트 한다. 이 과정에서 재료의 인장력, 강성과 같은 물리적 특성과 부품 간의 간섭과 오류 여부를 기록하고 검토하여 설계 개선 전략에 반영한다. 예를 들어 프로그래밍을 통해 액추에이터에 연결된 재료의 동작 양상에 변화를 주거나 구조물의 지지력과 강도를 높일 수 있는 재료로 전환하는 과정을 안내한다. 또한 위치와 움직임의 범위에 변화를 주는 과정을 거치며 실제 환경에서 실시간으로 작동하는지, 목표 성능을 만족하는지 여부를 평가한다[4].

3.2.4 프로토타입 개선

설계 개선 후 부품의 추가, 대체, 제거 또는 프로그래밍 수정 작업을 통해 개발 및 테스트가 완료되면 개선 단계에서 최종 산출물의 형태로 구성하고 프로그래밍을 통해 개발 및 테스트 단계의 개선안을 반영한다.

3.2.5 프로토타입 구현 및 평가

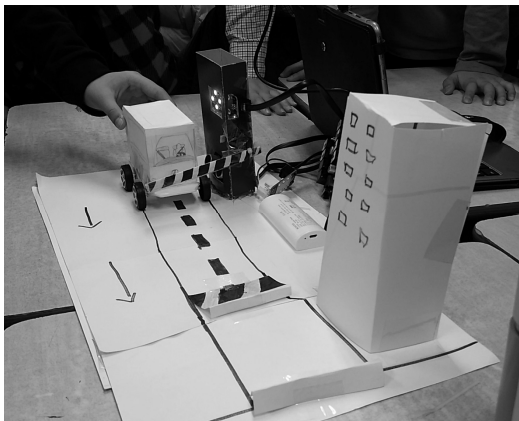
구현 및 평가 단계에서는 설계 아이디어를 최종 구현하고 성능과 구동, 프로그래밍이 제대로 반영되었는지, 목표 성능을 만족하는지 여부를 평가한다. 또한 산출물을 안정적으로 지지할 수 있는 구조, 액추에이터를 제어하는 프로그램, 충돌과 간섭, 오작동을 최소화하는 방법 등에 관한 성찰활동을 실시한다. 교사는 학습자가 실제

생활의 문제를 물리적 산출물과 프로그래밍 구현하며 프로그래밍 학습에 대한 개념과 의미 체계에 대한 이해가 깊어지고 정보 과학에 대한 창의적 성향이 향상될 수 있도록 촉진한다.

본 연구에서 설계한 학습모형을 적용한 사례는 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Example of interactive prototyping

높은 차량이 지하주차장 입구를 출입할 때 충돌 방지를 위해 차량의 높이에 따라 통과를 제한하는 장치



인터랙션

입력(sensor)	반응(actuator)
<ul style="list-style-type: none"> • 차량 진입 감지 • 차량 높이 감지 (두 개의 거리 센서가 and, or 게이트로 연결) 	<ul style="list-style-type: none"> • 높이 초과 시 빨간 불, 게이트(서보) 작동불가 • 높이 허용 시 녹색 불, 게이트(서보) 작동

4. 연구방법

4.1 연구대상

본 연구의 연구대상은 경기도 성남시에 소재하고 있는 N초등학교 5학년 2개 집단으로 구성하였다. 각 집단은 실험집단과 통제집단으로 구성하였으며 실험집단은 29명(남:15명, 여:14명), 통제집단은 30(남:16명, 여:14명) 총 59명으로 구성하였다.

4.2 연구가설

본 연구에서는 초등학교 5학년 학생을 대상으로 피지컬 컴퓨팅 기반의 인터랙티브 프로토타이핑 프로그래밍 학습을 실시하고 통제집단에 피지컬 컴퓨팅 기반의 선형 학습 모형을 적용하고 두 집단 간 정보과학 창의적 성향 검사를 실시하여 실험처치 효과를 검증하고자 한다.

연구의 효과를 검증하기 위한 가설은 다음과 같다.

연구가설: 피지컬 컴퓨팅 기반의 인터랙티브 프로토타이핑 프로그래밍 학습모형은 초등학교 학습자의 정보과학 창의적 성향 향상에 효과가 있을 것이다.

4.3 연구결과 분석 절차

본 연구에서 개발한 피지컬 컴퓨팅 기반의 인터랙티브 프로토타이핑 프로그래밍 학습모형이 정보과학 창의적 성향에 미치는 효과를 검증하기 위해 실험집단과 통제집단으로 분류하였다.

연구 실시 전 실험집단과 통제집단 간 사전검사 실시한 후 실험집단에 피지컬 컴퓨팅 기반의 인터랙티브 프로토타이핑 프로그래밍 학습을 실시하고 통제집단에 피지컬 컴퓨팅 기반의 선형순차 프로그래밍 학습을 적용하였다.

학습은 4주 간 총 15차시에 걸쳐 실시하였으며 실험처치 후 사후검사를 실시한 후 사전검사 결과를 공변량으로 하여 공분산분석(ANCOVA)을 실시하였다.

본 연구의 실험 설계는 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Experimental Design

G ₁	O ₁	X ₁	O ₂
G ₂	O ₁	X ₂	O ₂

G₁: Experimental Group
 G₂: Control Group
 O₁: Pre-Test
 O₂: Post-Test
 X₁: Programming Learning based on Interactive Prototyping learning model
 X₂: Programming Learning based on Linear Sequential learning model

4.4 검사도구

본 연구의 실험처치 효과 검사를 위해 진영학(2012)이 개발한 정보과학 창의적 성향 검사 도구를 사용하였다[1]. 검사 문항은 문제해결을 위한 상상, 정보 과학에 대한 흥미, 과제몰입, 긍정성 4개 항목 44문항을 구성되어 있다. 검사도구의 항목별 신뢰도인 Cronbach α 점수는 문제해결을 위한 상상 .812, 정보 과학에 대한 흥미 .804, 과제몰입 .843, 긍정성 .861로 나타났다.

5. 연구결과

5.1 사전검사

본 연구의 실험집단과 통제집단의 통계분석을 위한 정규분포와 등분산 가설 검정을 실시하였으며 검정 결과는 각각 <Table 3>, <Table 4>와 같다.

<Table 3> Normality

Group	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	p
G1	.970	29	.561
G	.953	30	.199

<Table 4> Levene Statistic

	Levene statistic	df1	df2	p
ISCP	.076	1	57	.784

실험집단과 통제집단의 정규성 검정을 위한 Shapiro-Wilk 검정 결과 유의수준 .05에서 각각 .561과 .199로 두 집단의 정규분포를 만족하고 등분산 가정 검정 결과 유의수준 .05에서 유의확률이 .784로 두 집단의 등분산 가정을 만족하였다.

실험집단과 통제집단의 실험처치 전 정보과학 창의적 성향 점수 차이를 알아보기 위해 사전검사를 실시한 후 독립표본 t검정을 실시하였으며 검정 결과는 <Table 5>와 같다.

<Table 5> Pre-Test

Group	N	M	SD	t	p
G1	29	135.07	13.879	.854	.784
G	30	131.93	14.295		

검정 결과 유의수준 .05에서 p=.784로 두 집단 간 유의미한 차이가 없음을 확인하였다.

5.2 사후검사

본 연구의 내적타당도를 높이기 위해 실험집단과 통제집단 간 사전검사 점수를 통제집단의 실험처치 사전-사후 대응표본 t검정을 실시하였으며 검정 결과는 <Table 6>과 같다.

<Table 6> Paired T-test

Group	Test	N	M	SD	t	p
G1	Pre	29	135.07	13.897	3.243	.03
	Post	29	147.72	13.223		
G2	Pre	30	131.93	14.295	2.243	.033
	Post	30	141.23	13.675		

실험처치 후 실험집단과 통제집단의 논리적 사고력 점수에 대한 사전-사후 대응표본 t검정 결과 유의수준 .05에서 두 집단 모두 실험처치 효과에 대해 유의미한 차이가 있음을 확인하였다. 그러므로 두 집단의 실험처치 과정에서 사전검사 점수를 공변량으로 설정한 공분산분석(ANCOVA)을 실시하였으며 검정 결과는 <Table 7>과 같다.

<Table 7> Results of ANCOVA Test

Source	SS	df	MS	F	p	partical η^2
Pre-test	712.517	1	712.517	4.153	.046	.069
Group	771.088	1	771.088	4.495	.038	.074
Error	9606.643	56	171.547			
Corrected total	10940.407	58				

R squared = .122(adjusted R squared = .091)

실험처치 후 사전검사 점수를 공변량으로 설정한 공분산분석(ANCOVA) 결과 실험집단과 통제집단 간 $F=4.495$, $p=.038$ 로 $p<.05$ 에서 유의미한 차이가 있음을 확인하였다. 또한 실험처치효과(effect size)를 나타내는 부분에타제곱(partial η^2)은 .074로 나타났다.

6. 결론 및 제언

본 연구에서는 피지컬 컴퓨팅 기반의 인터랙티브 프로토타이핑 프로그래밍 학습 모형을 개발하고 초등학교 5학년 학습자를 대상으로 적용하여 정보과학 창의적 성향에 미치는 영향을 분석하였다. 이를 위해 실험집단과 통제집단으로 나누어 정보과학 창의적 성향 사전검사를 실시 후 일원배치공분산분석을 실시하였고 두 집단의 통계적 동질성을 확인하였다. 두 집단에 공통적으로 피지컬 컴퓨팅 학습매체를 적용하였고 실험집단에 인터랙티브 프로토타이핑 학습 모형을 적용하고 통제집단은 선형순차 학습 모형을 적용한 후 각 집단의 사전점수와 사후점수로 대응표본 t검정을 실시하였다. 그 결과 실험집단은 .03, 통제집단은 .033으로 $p<.05$ 에서 두 집단 모두 실험처치 효과가 있었다. 그러므로 각 집단의 사전검사 점수를 공변량으로 설정한 공분산분석(ANCOVA)을 실시하였으며 분석 결과 $p=.038$ 로 $p<.05$ 에서 유의미한 차이가 있었고 실험처치효과(effect size)인 부분에타제곱(partial η^2)은 .074로 중간 수준의 실험처치 효과가 나타났다.

이를 통해 피지컬 컴퓨팅 기반의 인터랙티브 프로토타이핑 프로그래밍 학습이 초등학교 학습자의 정보과학 창의적 성향에 효과가 있음을 실험연구를 통해 증명하였다.

본 연구결과를 토대로 다음과 같이 후속 연구과제를 제언하고자 한다.

첫째, 초등학교 학습자에게 피지컬 컴퓨팅은 이해하기 어려운 개념으로 학습자 간 성취력 편차가 클 수 있다. 그러므로 이를 분석하고 지원할 수 있는 교수·학습 전략에 대한 연구가 필요하다.

둘째, 인터랙티브 프로토타이핑을 통해 프로그래밍과 산출물 설계 및 제작 능력을 향상시킬 수 있는 실제적

이고 비구조화된 문제 개발과 관련된 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Jin Young Hak (2012). Development of Information Science Creative Personality Inventory . Korea National University of Education [master's thesis].
- [2] Kim Do Young (2018). Prototyping-based Architectural Design Process Using Digital and Physical Models. SKKU University [master's thesis].
- [3] Kim Hae Jin & Seo Jeong Hyun & Kim Young Sik (2016). The Effect of Scratch Programming Education Using Arduino on Middle School Students' Creative Problem Solving Ability. *Journal of Korean Association for Learner-centered Curriculum and Instruction*, 16(12), 707-724.
- [4] Lee Ji Youn (2017). A study on the effect of prototyping on creativity in design process: focused on science high school students. Hongik University [master's thesis].
- [5] Lee Tae Il (2008). Factors of Interactive Prototyping for Creative Interaction Design. *Journal of Korean Society of Design Science*, 23(5), 27-36.
- [6] Lee Young Jae & Jeon Hyung Gi & Kim Young Sik (2017). Development and Applment Selection Standards of Physical Computing Teaching Aids for Elementary SW Education According to The 2015 Revised Curriculum. *Journal of Korean Association of Information Education*, 21(4), 437-450.
- [7] Seo Jeong Hyun (2016). Development and application of educational contents for software education based on the integrative production for increasing the IT competence of elementary students. *Journal of Korean Association of Information Education*, 20(4), 357-366.
- [8] Seon Jeong Hyun (2017). Development and Application of Teaching-learning Strategies Using

Physical Computing with Structured Reflective Journal and Feedback in Problem-based Learning. Korea National University of Education [master's thesis].

- [9] Ministry of Education (2015). Particulars of 2015 Revised Curriculum : Practical arts(Technology, Home Life).
- [10] Ministry of Education (2015). Software education management guidelines.
- [11] Gibson, I., Gao, Z., & Campbell, I. (2004). A comparative study of virtual prototyping and physical prototyping. *International Journal of manufacturing technology and management*, 6(6), 503-522.
- [12] Hartmann, B., Klemmer, S. R., Bernstein, M., Abdulla, L., Burr, B., Robinson-Mosher, A., & Gee, J. (2006). Reflective physical prototyping through integrated design, test, and analysis. In Proceedings of the 19th annual ACM symposium on User interface software and technology (pp. 299-308). ACM.
- [13] Katterfeldt, E. S., Dittert, N., & Schelhowe, H. (2015). Designing digital fabrication learning environments for Bildung: Implications from ten years of physical computing workshops. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 5, 3-10.
- [14] O'Sullivan, D., & Igoe, T. (2004). Physical computing: sensing and controlling the physical world with computers. Course Technology Press.
- [15] Przybylla, M., & Romeike, R. (2015). Key Competences with Physical Computing. KEYCIT 2014: key competencies in informatics and ICT, 7, 351.
- [16] Stankovic, J. A., Lee, I., Mok, A., & Rajkumar, R. (2005). Opportunities and obligations for physical computing systems. *Computer*, 38(11), 23-31.
- [17] Ulrich, K. T. (2003). Product design and development. Tata McGraw-Hill Education.
- [18] Youmans, R. J. (2011). The effects of physical prototyping and group work on the reduction of design fixation. *Journal of Design Studies*, 32(2), 115-138.

저자소개



서 정 현

2002 춘천교육대학교 윤리교육과 (교육학학사)

2007 서울교육대학교 초등컴퓨터 교육과(교육학석사)

2017 한국교원대학교 초등컴퓨터 교육과(교육학박사)

관심분야: 프로그래밍 교육, 피지컬 컴퓨팅, HCI, 임베디드 컴퓨팅

e-mail: eos1030@gmail.com