

중학교 SW교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준 개발

안득하[†] · 김영식^{††}

요 약

본 연구에서는 중학교 SW교육에 활용할 수 있는 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정을 위한 기준을 개발하였다. 교구를 선정하기 위한 기준을 개발하기 위하여 문헌 분석, 델파이 설문 실시와 AHP 방법을 적용하였다. 먼저 문헌을 통해 피지컬 컴퓨팅 교구가 갖추어야 할 특성을 '교육과정 적합성', '안전성', '내구성', '경제성', '범용성', '매력성', '관리의 용이성' 7개의 영역으로 설정하고 전문가 델파이 설문을 통해 영역별 세부 기준을 도출하여 7개 영역의 31개 세부 기준으로 구성된 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준을 제안하였다. 이렇게 제안된 선정 기준에 대해 추가로 AHP 방법을 적용하여 7개의 영역과 31개의 세부 기준에 대한 상대적 중요도를 분석하고 이를 바탕으로 세부 기준별 배점을 계산하여 정량화된 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준을 개발하였다.

주제어 : 중학교, SW교육, 피지컬 컴퓨팅 교구 선정 기준, 델파이, AHP

Development of the Selection Criterion of Physical Computing Teaching Aids for Middle School SW Education

Deukha An[†] · Yungsik Kim^{††}

ABSTRACT

In this study, we developed the selection criterion of physical computing teaching aids for middle school SW education. Literature analysis, Delphi survey, and AHP methods were applied to develop the selection criterion. First, seven characteristics for physical computing teaching aids have been set up by the literature analysis. The contents are suitability for curriculum, safety, durability, economy, general availability, attractiveness, and ease of management. Based on these characteristics, the Delphi method is used in developing 31 criteria in 7 areas for the selection of physical computing teaching aids. Next, the AHP method was applied to identify the relative importance between 7 areas and between 31 detailed criteria. And then the final criterion for the selection of physical computing teaching aids was developed by calculating scores for detailed criteria.

Keywords : Middle School, SW Education, Teaching Aids, Delphi Survey, AHP, Selection Criterion of Physical Computing,

[†]정 회 원: 한국교원대학교 컴퓨터교육과 박사과정
^{††}중신회원: 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수(교신저자)
논문접수: 2019년 8월 29일, 심사완료: 2019년 9월 26일, 게재확정: 2019년 9월 29일
* 본 논문은 2019년 안득하의 석사 학위 논문을 수정·보완하여 완성한 것임.

1. 연구의 필요성 및 목적

피지컬 컴퓨팅(physical computing)은 물리적 세계와 컴퓨터 그리고 인간의 상호작용을 가능하게 하는 기술로서 현대인이 마주할 수 있는 많은 상황에 적용되고 있는 기술이다. 최근에 주목받고 있는 사물 인터넷(IoT: Internet of things)은 피지컬 컴퓨팅 기술이 적용된 응용 사례로 스마트 홈, 스마트 에너지 관리 시스템, 스마트 의료 분야 등 다양한 영역에 활용되고 있다[1]. 이처럼 피지컬 컴퓨팅과 같은 현대 사회의 정보 기술은 빠른 속도로 발전하고 있고, 이에 따라 현대인의 삶이 편리하고 효율적으로 변하고 있다. 따라서 피지컬 컴퓨팅을 학습하는 것은 세상을 이해하는 방법으로서 유용한 기술을 습득하는 것이며, 이는 더 나은 삶을 실현하는 데 중요한 기초가 될 수 있다[2].

정보 기술의 발달이 가져온 변화는 초·중등 교육에서도 나타나고 있다. 대표적으로 2015 개정 교육과정에 따른 정보교과 교육과정에서는 미래 사회가 정보 기술이 주도하는 산업구조를 갖추게 될 것이라는 판단에 근거하여 창의·융합형 인재를 양성하기 위한 SW교육을 강화해야 한다고 강조하고 있다[3]. 이러한 SW교육 강화 정책과 관련하여 2015 개정 정보교과 교육과정의 두드러진 특징은 정보교과가 중학교 교육과정에서 필수교과가 되었다는 점과 피지컬 컴퓨팅의 개념이 추가되었다는 점이다[4]. 이에 따라 중학교 학생들은 SW교육을 통해 피지컬 컴퓨팅을 학습하고 이를 활용하여 실생활의 문제를 해결할 수 있는 능력을 길러야 한다[5].

현재 중학교 정보 인정 교과서 16종에 실려 있는 피지컬 컴퓨팅 교구는 5가지이며[6], 이미 학교 현장에서 활용되고 있는 피지컬 컴퓨팅 교구는 최소한 5가지가 더 있는 것으로 보고되었다[7]. 이에 학교 현장에서는 학교 여건, 학습자 수준 등을 고려하여 효과적인 피지컬 컴퓨팅 교구를 선정하여야 하며, 이를 위해 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준이 필요하다. 그러나 현재 학교 현장에서는 일반적으로 적용할 수 있는 객관화된 기준이나 선정 도구가 없기 때문에 교사들은 피지컬 컴퓨팅 교구를 자신들의 주관이나 경험에 의해 선정하고 있는 실정이다. 이는 현재 중학교 SW교육에 활용되고 있는

피지컬 컴퓨팅 교구가 적절성과 효과성에 대한 고려 없이 사용되고 있음을 의미한다. 따라서 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준에 대한 연구가 필요하다고 할 수 있다. 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준과 관련하여 최근에 진행된 연구들[8][9]은 모두 초등학교의 SW교육을 위한 것이었고, 아직까지 국·내외 선행 연구들에서 중학교 교육과정, 중학생들의 인지 수준과 신체 발달 상태 등을 고려한 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준에 대한 연구는 거의 찾아볼 수가 없다.

따라서 본 연구에서는 중학교 정보교과에서 실시하는 SW교육에 활용될 수 있는 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준을 개발하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 피지컬 컴퓨팅의 특징

피지컬 컴퓨팅 시스템은 인간을 비롯한 물리적 세계와 컴퓨터간의 상호작용을 위한 시스템이다. 이러한 피지컬 컴퓨팅 시스템은 물리적 세계와 컴퓨터의 상호작용을 위해 각자가 인지 할 수 있는 형태의 신호로 변환하는 변환기(transducer)와 정보를 처리할 수 있는 마이크로컨트롤러(microcontroller)로 구성된다. 변환기는 물리적 세계의 신호를 컴퓨터가 감지할 수 있는 신호로 변환하는 입력 변환기(input transducer)와 컴퓨터 내부에서 처리된 결과를 물리적 세계의 신호로 변환하는 출력 변환기(output transducer)로 구분할 수 있다. 일반적으로 입력 변환기는 센서(sensor)를 포함하고 있고, 출력 변환기는 액츄에이터(actuator)를 포함하고 있다[10].

지난 30여 년 동안 피지컬 컴퓨팅은 많은 연구에 의해 학생들이 아이디어를 쉽게 표현할 수 있도록 하는 학습 환경을 제공하였고, 이로 인해 로봇 공학(robotics), 환경 감지(environmental sensing), 과학 실험(scientific experimentation), 상호작용적 예술(interactive art) 등과 같은 다양한 분야에서 활용되고 있다[11].

2.2 피지컬 컴퓨팅의 효과

Rogalski와 Samurçay(1991)에 따르면, 프로그래밍 학습 과정은 프로그램 설계 및 이해, 수정, 디버깅 등과 같은 정신적 표현을 포함하기 때문에 매우 복잡하다고 하면서, 프로그래밍 학습의 효과를 높이기 위해서는 학습 도구로서의 프로그래밍 환경이나 프로그래밍 방법에 대한 다양한 전략을 개발해야 할 필요가 있다고 하였다[12].

프로그래밍 학습의 방법 중 하나인 로봇 프로그래밍은 학습자의 흥미를 유발시켜 학습동기를 높이고, 논리적 사고력과 창의적 문제해결력을 신장시킬 수 있으며, 참여도 및 성취도를 높이는 데에도 효과적이다[13][14][15]. 그러나 로봇을 활용하는 프로그래밍 교육은 문제점을 가지고 있다. 첫째, 학습 내용 및 구조의 편향성으로 인해 다양한 학습자의 요구를 만족시키지 못한다. 둘째, 학습자의 동기유발 같은 외적인 강화 효과는 있지만 그것이 오히려 학습 자체의 몰입을 방해하는 경우가 발생할 수 있다. 셋째, 로봇을 구성하는 데 대부분의 시간과 노력을 소비할 수 있다. 넷째, 로봇 활용 교육이 프로그래밍과 조립 활동에 치중되어 있어 미디어 아트와 같은 다양한 분야로 확장되기 어렵다. 다섯째, 로봇 활용 교육에 필요한 교구들은 대부분 높은 가격을 형성하고 있어 다량 구입이 어려울 뿐만 아니라 파손 및 손실에 대한 우려로 지나치게 교육 활동이 통제되어 일반화가 어렵다[16][17].

이와 같은 문제점들을 해결하기 위해 프로그래밍 학습에 피지컬 컴퓨팅을 활용하는 방안이 대두되고 있다. 피지컬 컴퓨팅을 활용한 프로그래밍 학습의 효과에 대한 다양한 연구결과들을 정리하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 피지컬 컴퓨팅을 활용한 프로그래밍 학습에 대한 선행 연구

| 연구자 | 연구 결과 |
|-----------------|--|
| 윤정구, 김영식 (2018) | 텍스트 기반 프로그래밍 학습을 실시한 집단에 비해 아두이노를 활용하여 프로그래밍 학습을 실시한 집단이 창의적 문제해결력에서 유의미한 향상을 보임[18] |
| 김재휘, 김동호 (2016) | 프로그래밍 교육만 받을 때보다 피지컬 컴퓨팅 교육이 함께 이루어질 때 만족도와 컴퓨팅사고력 관련 문제해결력이 향상됨을 보임[19] |

| 연구자 | 연구 결과 |
|-----------------------------|---|
| 김혜진, 서정현, 김영식 (2016) | 아두이노를 활용하여 프로그래밍 학습을 실시한 집단이 프로그래밍 학습만 실시한 집단에 비해 창의적 문제해결력에서 유의미한 향상을 보임[17] |
| Rubio, Hierro, Pablo (2013) | STEM 학위 과정의 학생들을 대상으로 프로그래밍 학습을 실시한 결과, 아두이노를 활용하면 더 많은 학생들이 프로그래밍을 즐기고, 효과적으로 학습에 참여하며, 학습 효과가 향상됨을 보임[20] |

2.3 피지컬 컴퓨팅의 종류

중학교 정보교과에서 피지컬 컴퓨팅을 활용하여 프로그래밍 학습을 하는 경우와 컴퓨팅 시스템 단원의 피지컬 컴퓨팅을 학습하는 경우 모두 피지컬 컴퓨팅 교구가 필요하다. 현재 16종의 중학교 정보인정 교과서에서 채택하고 있는 피지컬 컴퓨팅 교구의 현황은 <표 2>와 같다.

<표 2> 정보 인정 교과서별 피지컬 컴퓨팅 교구의 현황[6]

| 피지컬 컴퓨팅 교구의 종류 | 교과서 수 |
|----------------|-------|
| E-센서보드 | 5종 |
| 코드이노 | 4종 |
| 아두이노 | 3종 |
| 피코보드 | 3종 |
| 비트브릭 | 1종 |

<표 2>의 내용을 바탕으로 현재 16종의 중학교 정보교과서에서 채택하고 있는 보드형 피지컬 컴퓨팅 교구는 총 4가지며, 이에 대한 교육용 프로그래밍 언어와 센서 및 액추에이터 등과 같은 피지컬 컴퓨팅 환경은 <표 3>과 같다.

<표 3> 교구별 피지컬 컴퓨팅 환경[6]

| 피지컬 컴퓨팅 교구 종류 | 프로그래밍 언어 | 센서/액추에이터 |
|---------------|---------------------------|---|
| E-센서보드 | 엔트리 | 소리 센서, 빛 감지 센서, 슬라이드 센서, 온도 센서, 버튼, LED |
| 코드이노 | 코딩스쿨(스크래치 기반), 엔트리 | 소리 센서, 빛 감지 센서, 슬라이드 센서, 저항 센서, 가속도 센서, 버튼, LED, 모터 |
| 아두이노 | 스크래치 기반의 S4A, mBlock, 엔트리 | 빛 감지 센서, 온도 센서, 초음파 센서, LED, 서보 모터 |
| 피코보드 | 스크래치 | 소리 센서, 빛 감지 센서, 저항 센서, 버튼 |

이외에도 교과서에서 채택되어 있지 않으나, 현재 학교 현장에서는 메이키메이키, 로보티즈 IoT, 라즈베리파이, 에듀메이커보드, 오렌지보드 등이 활용되고 있다[7].

2.4 피지컬 컴퓨팅 교구 선정 기준 개발을 위한 시사점

앞에서 살펴본 바와 같이 피지컬 컴퓨팅 교구는 다양하지만 SW교육에 효과적으로 활용하기 위해서는 교육과정, 학습 환경, 학생 수준, 학교 여건 등 다양한 부분을 고려하여 신중하게 접근할 필요가 있다. 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정과 관련하여 이영재 외(2017)와 전형기와 김영식(2018)은 2015 개정 교육과정에 따른 초등학교 SW교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준을 제시하였다[8][9].

이영재 외(2017)는 ‘안정성’, ‘교과 호환성’, ‘발달 적절성’, ‘다기능성’, ‘조작 용이성 및 성능 신뢰성’, ‘교육 과정 적합성’, ‘경제성’, ‘서비스’, ‘내구성’의 9개 영역을 설정하였고, 각 영역별로 세부 기준을 제시하였다[8]. 전형기와 김영식(2018)은 선정 기준을 크게 교수목적 부분과 교수상황 부분으로 나누고, 교수목적 부분에서는 ‘교육과정 적합성’, ‘학습발달단계 적절성’, ‘실과 외 타교과 적용 가능성’의 3개 영역을 제시하였고, 교수상황 부분에서는 ‘성능 및 편리성’, ‘안정성’, ‘서비스 및 접근성’, ‘내구성’의 4개 영역을 제시하였으며, 각 영역별로 세부 기준을 제시하였다[9].

선행 연구를 분석한 결과, 이들 모두 교구 선정을 위한 세부 기준 간의 상대적 중요도를 고려하지 않은 채 모든 세부 기준을 동일하게 평가하여 평가의 공정성을 저해할 가능성을 내포하고 있었다. 따라서 공정하고 객관적인 피지컬 컴퓨팅 교구의 평가를 위해서는 세부 기준별 중요도를 반영한 점수가 산정되어야 한다.

3. 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준 개발

3.1 문헌분석

3.1.1 교구가 갖추어야 할 특성

교육용 교구가 갖추어야 할 특성을 이해하기 위해 선행 연구를 분석한 결과, 대부분의 연구가 유아 또는 초등학생을 대상으로 하는 교구의 활용에 한정되어 있었다. 이는 추상적인 학습 내용에 익숙하지 않은 유아나 초등학생들에게 교구를 활용하는 것이 효과적인 교수·학습 방법으로 작용하기 때문이다. 하지만 효과적인 학습을 위한 도구라는 일반적인 의미에서의 교구는 연령, 학습 내용과 관계없이 활용될 수 있으며, 교구 활용의 효과성은 학습 내용과 학습 대상의 상대적 관계에 의해 발휘되는 것이므로 교구의 활용을 특정 연령에 국한 시킬 필요는 없다[21][22]. 이러한 맥락에서 보면, 교구의 선정을 위한 세부적인 기준은 학습 내용과 학습 대상에 따라 다르겠지만, 세부적인 기준을 포함하는 상위의 기준은 학습 내용과 학습 대상에 상관없이 일반적으로 적용할 수 있다.

이러한 관점에서 김미숙(2015)은 교과와 상관없이 교구를 선정할 경우 일반적으로 고려해야 할 사항에 대해 국·내외 학자들이 제시한 교구의 선정 기준을 종합하여 ‘적합성’, ‘안전성’, ‘내구성’, ‘경제성’, ‘활용 가능성’, ‘매력성’, ‘관리의 용이성’의 7가지 영역으로 분류하였다[23].

3.1.2 피지컬 컴퓨팅 교구가 갖추어야 할 특성

피지컬 컴퓨팅 교구가 갖추어야 할 특성에 대한 선행연구를 분석한 결과, 이영재 외(2017), 전형기와 김영식(2018)의 연구가 유일하다는 것을 알 수 있었다. 이에 그들이 제시한 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준 중에서 상위 영역에 해당하는 내용과 김미숙(2015)이 제시한 일반적인 교구의 선정 기준을 바탕으로 피지컬 컴퓨팅 교구가 갖추어야 할 특성을 <표 4>와 같이 총 7가지로 설정하였다[8][9][23].

<표 4> 피지컬 컴퓨팅 교구가 갖추어야 할 특성

| 특성 | 의미 |
|----------|---|
| 교육과정 적합성 | 2015 개정 교육과정에 따른 중학교 정보교과 교육과정의 목표를 달성하는 데 적합해야 한다. |
| 안전성 | 교구를 사용하는 데 있어서 안전해야 한다. |
| 내구성 | 교구가 쉽게 변형되거나 고장이 나지 않고 오래 사용할 수 있어야 한다. |
| 경제성 | 교구의 가격, 교수자 및 학습자의 노력 등이 적게 들면서도 효과적인 학습을 할 수 있어야 한다. |

| 특성 | 의미 |
|---------|---|
| 범용성 | 하나의 교구로 다양한 교육활동(다른 교과 포함)에 활용할 수 있어야 한다. |
| 매력성 | 학습에 대한 동기를 유발 시킬 수 있어야 한다. |
| 관리의 용이성 | 교구의 관리가 용이해야 한다. |

<표 4>의 내용을 바탕으로 본 연구에서는 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준을 개발하기 위해 델파이(Delphi) 방법을 적용하였다.

3.2 델파이 방법

3.2.1 델파이 설문 대상

Schön(2017)은 누군가가 실제적인 행위 안에서 반성적 사고를 할 때, 그는 그 행위의 전문가가 되며 기존의 이론과 기술의 범주에 의존하지 않고 직면한 각각의 사례에 맞는 새로운 이론을 구성할 수 있다고 하였다. 즉, 특정 행위의 전문가는 그 행위를 직접 수행하면서 다양한 혼란을 겪게 되고, 그러한 과정에서 반성적 사고를 하게 되며, 그 결과 새로운 방법을 제시하는 존재라는 것이다[24].

이러한 맥락에서 본 연구에서는 전문가 패널의 자격을 SW교육을 실시한 경험이 있는 중등 정보교사로 설정하였다. 이러한 조건에 부합하는 정보교사 21명의 일반적 특성은 <표 5>와 같다.

<표 5> 패널 집단의 일반적 특성

| 인원수 | 성별 | | 최종 학력 | | | 경력(평균) | |
|-----|-----|----|-------|-----|----|--------|------------|
| | 남 | 여 | 학사 | 석사 | 박사 | 정보 교육 | 피지컬 컴퓨팅 교육 |
| 21명 | 14명 | 7명 | 6명 | 14명 | 1명 | 13년 | 5년 |

3.2.2 델파이 설문

설문 문항은 Google 설문지 형태로 작성하였으며 문항의 제시와 응답은 웹으로 진행하였다. 설문의 일정과 형식은 <표 6>과 같다.

<표 6> 델파이 설문 일정과 형식

| 구분 | 일정 | 형식 |
|-------|-----------------------------------|-----|
| 1차 설문 | 2018년 9월 5일(수) ~ 9월 13일(목), 8일간 | 개방형 |
| 2차 설문 | 2018년 9월 19일(수) ~ 9월 23일(일), 5일간 | 폐쇄형 |
| 3차 설문 | 2018년 10월 4일(목) ~ 10월 10일(수), 7일간 | 폐쇄형 |

1) 델파이 1차 설문

1차 설문지는 문헌분석을 통해 추출된 피지컬 컴퓨팅 교구의 특성을 7개의 영역으로 구성하였고, 각 영역별로 중학교 SW교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준에 대해 질문하는 개방형 문항으로 작성하였다.

1차 설문을 실시한 결과, 모든 패널들이 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준에 대하여 각 영역별로 다양한 의견을 제시하였다. 패널들이 제시한 총 147개의 의견을 바탕으로 2차 설문의 문항을 작성하기 위하여 특정 의견의 영역을 조정하고, 의미는 같으나 표현이 다른 의견들을 하나의 표현으로 통합하였다. 또한, 기타 소수의 의견도 수용하여 반영하였다. 결과적으로 1차 설문의 응답을 분석·통합하여 총 7개 영역의 37가지 세부 기준을 마련하였다.

2) 델파이 2차 설문

2차 설문지는 1차 설문의 분석 결과를 바탕으로 리커트 척도를 활용하여 작성하였다. 2차 설문에는 1명을 제외한 20명의 패널이 응답과 의견을 제시하였다.

2차 설문은 1차 설문의 결과를 바탕으로 추출된 37개의 세부 기준에 대하여 합의도, 타당도, 신뢰도를 계산하고, 그 결과를 바탕으로 3차 설문에 사용할 문항을 도출하기 위한 과정이다. 세부 기준에 대한 합의도는 표준편차를 평균으로 나눈 변이계수(coefficient of variation: CV)의 값으로 분석하는데, 변이계수의 값이 작을수록 합의도가 높고, 클수록 합의도가 낮다. 구체적인 분석 기준은 <표 7>과 같다.

<표 7> 변이계수에 따른 합의도 분석 기준[9]

| 변이계수(CV) | 분석 결과 |
|--------------|------------|
| 0 < CV ≤ .5 | 높은 수준의 합의도 |
| .5 < CV ≤ .8 | 중간 수준의 합의도 |
| .8 < CV | 낮은 수준의 합의도 |

세부 기준별 패널들의 합의도를 분석한 결과 모든 세부 기준에 대한 변이계수의 값이 .5 이하가 되어 모든 세부 기준에 대한 패널들의 판단이 높은 수준의 합의에 이르렀다고 결론지었다.

타당도와 신뢰도는 각각 내용타당도비율(content validity ratio: CVR)과 Cronbach의 α 값을 활용하여 분석하였다. 내용타당도비율은 세부 기준별 중요도에 대한 패널들의 의견이 일치된 정도를 정량적으로 표현한 것으로 내용타당도 검증의 척도가 될 수 있다[25]. 내용타당도비율을 계산하는 공식은 [식 1]과 같다.

$$CVR = \frac{n_e - \frac{n}{2}}{\frac{n}{2}}$$

[식 1] 내용타당도비율 공식

[식 1]의 공식에서 n 은 응답한 패널의 수이고, n_e 는 ‘매우 적절하다’와 ‘적절하다’로 응답한 패널의 수이다. 따라서 CVR은 세부 기준에 대한 긍정적인 응답의 비율이라고 할 수 있다. 이와 관련하여 Lawshe(1975)는 패널의 수에 따른 CVR의 최솟값을 제시하였는데, CVR의 값이 최솟값과 같거나 클 경우에만 그 세부 기준에 대한 패널들의 의견이 긍정적인 것으로 분석할 수 있다고 하였다[25]. 델파이 2차 설문에 응답한 패널의 수가 20명이기 때문에 2차 설문 결과에 대한 CVR의 최솟값은 .42로 설정하였다.

2차 설문의 응답을 바탕으로 타당도와 신뢰도를 분석한 결과, 총 37개 중 5개의 세부 기준에 대한 CVR의 값이 최솟값인 .42보다 낮게 나왔고, 나머지 32개의 세부 기준에서는 .42보다 높게 나왔다. 이것으로 32개의 세부 기준에 내용타당도가 있다고 볼 수 있다. 또한 Cronbach의 α 값이 .879으로 신뢰도에 문제가 없는 것으로 결론 내릴 수 있다.

2차 설문의 결과를 정리하면 <표 8>과 같다.

<표 8> 2차 설문 결과

| 영역 | 세부 기준 | 평균 | CV | CVR |
|----------------------------------|--|------|------|------|
| 교육과정적합성 | 교과서에서 다루고 있는 교구와 유사하다. | 4.21 | 0.2 | 0.68 |
| | 구성품에 기본적인 입력장치(센서)와 출력장치(액츄에이터)가 포함되어 있다. | 4.63 | 0.13 | 0.89 |
| | 3단원(문제해결과 프로그래밍)에서 학습한 내용과 연계가 가능하다. | 4.55 | 0.22 | 0.8 |
| | 학생들의 수준에 따른 단계별 학습을 지원할 수 있다. | 4.37 | 0.14 | 0.89 |
| | 교육과정의 성취기준을 달성할 수 있다. | 4.8 | 0.09 | 1 |
| 안전성 | 모듬별 프로젝트 활동에 적합하다. | 4.32 | 0.13 | 0.89 |
| | 안전사고의 위험성이 적다. | 4.68 | 0.12 | 0.89 |
| 내구성 | 유해물질이 포함되어 있지 않다. | 4.44 | 0.16 | 0.78 |
| | 안전한 사용에 대한 주의 사항이 교구에 명시되어 있다. | 4.35 | 0.15 | 0.8 |
| 경제성 | 일반적인 학습환경에서 반복적으로 사용하더라도 쉽게 파손되지 않는다. | 4.55 | 0.15 | 0.8 |
| | 일반적인 학습환경에서 반복적으로 사용하더라도 일정 수준의 성능이 유지된다. | 4.53 | 0.11 | 1 |
| | 소모품 등의 부품 가격이 적절하다. | 4.35 | 0.15 | 0.8 |
| 범용성 | 교구의 가격이 적절하면서도 보통 이상의 성능을 발휘한다. | 4.26 | 0.17 | 0.68 |
| | 모든 학생들에게 교구(1인 1교구)를 제공할 수 있다. | 4 | 0.25 | 0.26 |
| | 교구 구입비 이외의 추가 비용이 적다. | 4.05 | 0.2 | 0.6 |
| | A/S 비용이 적절하다. | 4.11 | 0.21 | 0.58 |
| 매력성(동기 유발의 측면) | 정보 교과와 다른 교과들과의 융합 수업에 활용이 가능하다. | 4.4 | 0.15 | 0.8 |
| | 정보 교과의 다양한 학습 활동(교과, 동아리, 방과후학교, 자유학기제 등)에 활용이 가능하다. | 4.47 | 0.14 | 0.89 |
| | 다른 교구의 부품들과 호환이 가능하다. | 4.3 | 0.2 | 0.7 |
| | 다양한 교육용 프로그래밍 언어를 지원한다. | 4.63 | 0.11 | 1 |
| | 부품들이 모듈화 되어 있어서 구성의 변형 및 확장(다양한 장치들의 활용)이 가능하다. | 4.35 | 0.15 | 0.8 |
| | 2개 이상의 동일한 교구가 서로 통신을 할 수 있다. | 3.8 | 0.24 | 0.2 |
| | 인터넷을 사용할 수 없는 환경에서도 교구의 사용이 가능하다. | 4.2 | 0.21 | 0.6 |
| 관리의 용이성 | PC, 스마트폰, 태블릿 등 다양한 기기를 통해 교구를 활용할 수 있다. | 4.1 | 0.21 | 0.4 |
| | 코드를 한 번만 업로드하면 교구 자체에서(PC 등과 연결이 끊겨도) 실행이 가능하다. | 4.44 | 0.16 | 0.78 |
| | 교구를 통해 수집한 데이터를 시각화 할 수 있다. | 4.05 | 0.17 | 0.58 |
| | 학생들이 선호하는 외형(디자인)을 가지고 있다. | 3.74 | 0.2 | 0.16 |
| | 학생들의 성별에 따른 다양한 욕구를 충족시킬 수 있다.(예: 여학생-소리, 빛 등 표현요소 / 남학생-레이싱 등 경쟁요소) | 3.79 | 0.26 | 0.26 |
| | 학생들이 프로그래밍 학습에 집중할 수 있도록 도울 수 있다. | 4.22 | 0.24 | 0.44 |
| | 학생들의 일상생활에서 벌어지는 문제를 해결하는 데 적용할 수 있다. | 4.53 | 0.11 | 1 |
| | 학생들이 쉽게 사용할 수 있다. | 4.45 | 0.15 | 0.8 |
| 관리의 용이성 | 교구의 여러 장치들을 이용하여 다양한 표현을 할 수 있다. | 4.4 | 0.15 | 0.8 |
| | 교구 및 그 구성품의 보관이 용이하다. | 4.4 | 0.15 | 0.8 |
| | 부품별로 추가 구매가 가능하다. | 4.4 | 0.14 | 0.9 |
| | A/S를 쉽게 받을 수 있다. | 4.32 | 0.19 | 0.58 |
| | 배터리의 충전 시간과 방식을 고려했을 때, 교구의 사용이 편리하다. | 4.4 | 0.2 | 0.7 |
| 교구의 사용시간을 고려했을 때, 배터리의 용량이 충분하다. | 4.21 | 0.22 | 0.58 | |

* 로 표시된 세부 기준은 CV 값에 의한 합의도나 CVR 값에 의한 내용타당도 기준을 충족하지 못해 3차 설문에서 제외될 기준이다.

3) 델파이 3차 설문

3차 설문지는 2차 설문의 응답 결과를 분석하여 37개의 세부 기준 중 CV 값에 의한 합의도나 CVR 값에 의한 내용타당도 기준을 충족하지 못하는 5개를 삭제하고, 32개의 세부 기준으로 작성되었고 이에 대하여 리커트 척도를 활용하여 3차 설문을 실시하였다.

3차 설문의 응답에 대한 합의도와 타당도, 신뢰도를 분석한 결과, 32개의 세부 기준들에 대한 CV 값이 모두 .5이하로 나타났고, CVR의 값은 모두 .42보다 높게 나타났다. 이를 통해 제시된 32개의 세부 기준에 대해 패널들이 높은 수준에서 합의하고 있으며, 또한 32개의 세부 기준에 대하여 내용타당도가 확보되었다고 판단할 수 있다. 또한 Cronbach의 α 값이 .941가 되어 신뢰도에도 문제가 없다.

3차 설문의 기타 의견 중에서 ‘매력성’ 영역의 세부 기준 “학생들이 쉽게 사용할 수 있다.”와 세부 기준 “학생들이 프로그래밍 학습에 집중할 수 있도록 도울 수 있다.”는 서로 의미가 겹치므로 삭제할 것을 권고하는 의견이 있었고, 이 의견이 타당하다고 판단하여 세부 기준 “학생들이 쉽게 사용할 수 있다.”를 삭제하고 최종적으로 31개의 세부 기준을 중학교 SW교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준으로 확정하였으며 자세한 내용은 <표 9>와 같다. 다음 단계로 <표 9>의 선정 기준을 바탕으로 분석적 계층화 과정(analytic hierarchy process: AHP) 방법을 적용하여 선정 기준을 개발하였다.

| 영역 | 세부 기준 |
|--------------------|--|
| | 지 않아서, 장시간 피부에 노출이 되어도 안전하다. |
| | ③ 안전한 사용에 대한 주의 사항이 교구에 명시되어 있다. |
| 3. 내구성 | ① 일반적인 학습환경에서 반복적으로 사용하더라도 쉽게 파손되지 않는다. |
| | ② 일반적인 학습환경에서 반복적으로 사용하더라도 일정 수준의 성능이 유지된다. |
| 4. 경제성 | ① 소모품 등의 부품 가격이 적절하다. |
| | ② 교구의 가격이 적절하면서도 보통 이상의 성능을 발휘한다. |
| | ③ 교구 구입비 이외의 추가 비용이 적다. |
| | ④ A/S 비용이 적절하다. |
| 5. 범용성 | ① 정보 교과와 다른 교과들과의 융합 수업에 활용하는 것이 용이하다. |
| | ② 정보 교과의 다양한 학습 활동(교과, 동아리, 방과후학교, 자유학기제 등)에 활용하는 것이 용이하다. |
| | ③ 다른 교구의 부품들과 호환하는 것이 용이하다. |
| | ④ 다양한 교육용 프로그래밍 언어를 지원한다. |
| | ⑤ 부품들이 모듈화 되어 있어서 구성의 변형 및 확장(다양한 장치들의 활용)이 용이하다. |
| | ⑥ 인터넷을 사용할 수 없는 환경에서도 교구의 사용이 용이하다. |
| | ⑦ 코드를 한 번만 업로드하면 교구 자체에서(PC 등과 연결이 끊겨도) 실행하는 것이 용이하다. |
| 6. 매력성 (동기 유발의 측면) | ① 센서들을 활용하여 수집한 데이터를 교구를 통해 시각화(LCD, LED 등) 할 수 있다. |
| | ② 프로그래밍 학습 이외의 부분(회로구성, 부품조립 등)에 대한 학생들의 인지적 부하를 줄임으로써 학생들이 프로그래밍 학습에 집중할 수 있도록 도울 수 있다. |
| | ③ 학생들의 일상생활에서 벌어지는 문제(학습에 대한 동기유발을 위한)를 해결하는 데 적용할 수 있다. |
| | ④ 교구의 여러 장치들을 이용하여 다양한 표현을 할 수 있다. |
| 7. 관리의 용이성 | ① 교구 및 그 구성품의 보관이 용이하다. |
| | ② 부품별로 추가 구매가 가능하다. |
| | ③ A/S를 쉽게 받을 수 있다. (접근 및 절차의 용이성) |
| | ④ 배터리의 충전 시간과 방식(배터리 탈착형 여부 등)을 고려했을 때, 교구의 사용이 편리하다. |
| | ⑤ 교구의 사용시간(1차시, 오전오후, 1일 등)을 고려했을 때, 배터리의 용량이 충분하다. |

<표 9> 중학교 SW교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준

| 영역 | 세부 기준 |
|--------------|---|
| 1. 교육 과정 적합성 | ① 교과서에서 다루고 있는 교구와 유사하다. |
| | ② 학습활동에 필수적인 입력장치(센서)와 출력장치(액츄에이터)가 구성품에 포함되어 있다. |
| | ③ 3단원(문제해결과 프로그래밍)에서 학습한 내용과 연계가 가능하다. |
| | ④ 학생들의 수준에 따른 단계별 학습을 지원할 수 있다. |
| | ⑤ 교육과정의 성취기준을 달성할 수 있다. |
| | ⑥ 모듈별 프로젝트 활동에 활용하기가 용이하다. |
| 2. 안전성 | ① 교구에 의한 상해(긁힘, 베임, 찔림, 감전, 화상 등)의 위험성이 적다. |
| | ② 교구의 소재에 유해물질(환경호르몬 등)이 포함되어 있 |

4. 피지컬 컴퓨팅 교구 선정 기준의 점수화

4.1 분석적 계층화 과정(AHP) 방법

4.1.1 AHP 설문 대상

AHP 방법을 적용하기 위한 전문가 집단은 앞서 실시한 델파이 방법의 패널 21명 전원으로 구성하였다. 이는 본 연구의 주제가 변경되지 않는 이상, 델파이 방법과 AHP 방법을 적용하는 데 필요한 전문가 집단의 성격이 변하지 않으며, 앞선 델파이 설문 과정을 통해서 본 연구에 대한 이해도가 충분할 것으로 판단하였기 때문이다.

4.1.2 AHP 설문

AHP 방법은 다양한 평가 요소들 간의 쌍대비교(pairwise comparison)를 통해 각 요소들의 상대적 중요도를 도출하는 방법이다[26]. 따라서 본 연구의 AHP 설문 문항은 <표 9>에서 제시한 영역들 간의 쌍대비교와 각 영역의 세부 기준들 간의 쌍대비교를 포함하여 구성하였다. AHP 설문 문항의 구성은 <표 10>과 같다.

<표 10> AHP 설문 문항 구성

| 상위 수준 | | 하위 수준 | | |
|-------|---------|-------------------|--------|---------|
| 영역 수 | AHP 문항수 | 영역 | 세부 기준수 | AHP 문항수 |
| 7 | 21 | 교육과정 적합성 | 6 | 15 |
| | | 안전성 | 3 | 3 |
| | | 경제성 | 2 | 1 |
| | | 내구성 | 4 | 6 |
| | | 범용성 | 7 | 21 |
| | | 매력성 (동기유발의 측면) | 4 | 6 |
| | | 관리의 용이성 | 5 | 10 |
| | | 합 계 | 31 | 62 |

설문의 모든 과정은 AHP 전용 웹 솔루션인 'I Make It'을 활용하였고, 설문을 진행하기 위하여 전문가들의 e-mail로 설문지의 링크를 전송하였으며, 그 사실을 휴대전화의 문자 메시지로 전송하였다. 또한 좀 더 정확한 결과를 얻고자, AHP 설문을 실시하기에 앞서 설문에 참여하는 전문가들에게 AHP 방법에 대한 간단한 소개와 설문에 응답을 하는 요령을 제공하였다.

4.1.3 AHP 결과

AHP 방법은 각 요소들 간의 1:1 쌍대비교를 통해 우선순위와 가중치를 결정하기 때문에 설문에 참여하는 전문가의 판단이 항상 일관성을 유지해야 한다. 이에 대해 Saaty(1990)는 비일관성비율이 0.1미만일 경우에는 일관성을 갖는 것으로 판단할 수 있고, 0.1이상 0.2미만일 경우에는 비일관성이 비교적 높으나 허용할 수 있는 수준이라고 판단한다. 0.2이상일 경우에는 일관성이 부족하다고 판단할 수 있다고 하였다[27].

본 설문에는 전문가 21명 중에서 16명이 응답을 했으며 응답을 분석한 결과 16명 중 2명의 응답에서 비일관성 비율이 0.1이상 0.2미만인 항목이 발생하였으며 또 다른 2명의 응답에서는 비일관성 비율이 0.2이상인 항목이 발생하였다. 이에 비일관성 비율이 0.2이상인 항목을 포함하는 응답을 한 2명의 전문가는 연구에 참여할 의사가 없는 것으로 판단하여 그 결과를 제외시켰고, 비일관성 비율이 0.1이상 0.2미만인 항목을 포함하는 응답을 한 전문가 2명에게는 비일관성 비율이 높은 항목에 대해 재응답을 요청하였다. 그 결과 해당 항목의 비일관성 비율이 0.1미만으로 낮아졌다. 결과적으로 일관성을 갖추고 있다고 판단할 수 있는 응답을 한 전문가의 수는 14명이며, 이들 응답에 있는 모든 항목의 비일관성 비율은 0.1미만으로 나타났다.

중학교 SW교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준에 대한 세부 기준별 상대적 가중치를 구하기 위하여 AHP 설문 응답의 일관성을 확보한 14명의 전문가 설문을 분석한 결과는 <표 11>과 같다.

<표 11> 종합 중요도

| 영역 | 영역 간 중요도 | 세부 기준 | 영역 내 중요도 | 종합 중요도 |
|----------|----------|-------|----------|--------|
| 교육과정 적합성 | 0.29 | 1-① | 0.07 | 0.02 |
| | | 1-② | 0.12 | 0.03 |
| | | 1-③ | 0.2 | 0.06 |
| | | 1-④ | 0.16 | 0.05 |
| | | 1-⑤ | 0.31 | 0.09 |
| | | 1-⑥ | 0.14 | 0.04 |
| 안전성 | 0.20 | 2-① | 0.5 | 0.1 |
| | | 2-② | 0.29 | 0.06 |
| | | 2-③ | 0.21 | 0.04 |
| 내구성 | 0.08 | 3-① | 0.46 | 0.04 |
| | | 3-② | 0.54 | 0.04 |
| 경제성 | 0.08 | 4-① | 0.23 | 0.02 |
| | | 4-② | 0.44 | 0.04 |
| | | 4-③ | 0.19 | 0.01 |
| | | 4-④ | 0.14 | 0.01 |
| 범용성 | 0.11 | 5-① | 0.14 | 0.02 |
| | | 5-② | 0.21 | 0.02 |
| | | 5-③ | 0.09 | 0.01 |
| | | 5-④ | 0.15 | 0.02 |
| | | 5-⑤ | 0.15 | 0.02 |
| | | 5-⑥ | 0.14 | 0.02 |
| | | 5-⑦ | 0.12 | 0.01 |

| 영역 | 영역 간 중요도 | 세부 기준 | 영역 내 중요도 | 종합 중요도 |
|--------------------|----------|-------|----------|--------|
| 매력성 (동기 유발의 측면) | 0.13 | 6-① | 0.16 | 0.02 |
| | | 6-② | 0.26 | 0.03 |
| | | 6-③ | 0.39 | 0.05 |
| | | 6-④ | 0.19 | 0.02 |
| 관리의 용이성 | 0.11 | 7-① | 0.27 | 0.03 |
| | | 7-② | 0.16 | 0.02 |
| | | 7-③ | 0.12 | 0.01 |
| | | 7-④ | 0.23 | 0.03 |
| | | 7-⑤ | 0.22 | 0.02 |

* 세부 기준에 있는 숫자는 <표 9>에 제시되어 있는 영역과 세부 기준의 내용 중에서 숫자만 나타낸 것이다.

4.2 피지컬 컴퓨팅 교구 선정 기준의 점수화

앞서 제시한 중학교 SW교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준과 그에 대한 종합 중요도를 바탕으로 <표 12>와 같이 세부 기준별로 점수를 산출하였다. ‘매우 우수’의 점수는 <표 11>의 세부 기준별 종합 중요도에 100을 곱하고, 소수점 셋째 자리에서 반올림한 값이며, 이 점수들의 총합은 100이다. ‘우수’는 ‘매우 우수’의 점수에 0.8을 곱한 값이고, ‘보통’은 0.6, ‘미흡’은 0.4, ‘매우 미흡’은 0.2를 곱한 값이다. 따라서 각각의 총합은 차례대로 80, 60, 40, 20이다.

<표 12> 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정을 위한 점수표

| 영역 | 세부 기준 | 매우 우수 | 우수 | 보통 | 미흡 | 매우 미흡 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|-------|
| 교육 과정 적합성 | 1-① | 2.24 | 1.79 | 1.34 | 0.90 | 0.45 |
| | 1-② | 3.42 | 2.74 | 2.05 | 1.37 | 0.68 |
| | 1-③ | 5.87 | 4.70 | 3.52 | 2.35 | 1.17 |
| | 1-④ | 4.64 | 3.71 | 2.78 | 1.86 | 0.93 |
| | 1-⑤ | 9.01 | 7.21 | 5.41 | 3.60 | 1.80 |
| | 1-⑥ | 3.94 | 3.15 | 2.36 | 1.58 | 0.79 |
| 안전성 | 2-① | 9.92 | 7.94 | 5.95 | 3.97 | 1.98 |
| | 2-② | 5.83 | 4.66 | 3.50 | 2.33 | 1.17 |
| | 2-③ | 4.16 | 3.33 | 2.50 | 1.66 | 0.83 |
| 내구성 | 3-① | 3.77 | 3.02 | 2.26 | 1.51 | 0.75 |
| | 3-② | 4.38 | 3.50 | 2.63 | 1.75 | 0.88 |

| 영역 | 세부 기준 | 매우 우수 | 우수 | 보통 | 미흡 | 매우 미흡 |
|--------------------|-------|-------|------|------|------|-------|
| 경제성 | 4-① | 1.91 | 1.53 | 1.15 | 0.76 | 0.38 |
| | 4-② | 3.77 | 3.02 | 2.26 | 1.51 | 0.75 |
| | 4-③ | 1.57 | 1.26 | 0.94 | 0.63 | 0.31 |
| | 4-④ | 1.22 | 0.98 | 0.73 | 0.49 | 0.24 |
| 범용성 | 5-① | 1.43 | 1.14 | 0.86 | 0.57 | 0.29 |
| | 5-② | 2.17 | 1.74 | 1.30 | 0.87 | 0.43 |
| | 5-③ | 0.96 | 0.77 | 0.58 | 0.38 | 0.19 |
| | 5-④ | 1.59 | 1.27 | 0.95 | 0.64 | 0.32 |
| | 5-⑤ | 1.64 | 1.31 | 0.98 | 0.65 | 0.34 |
| | 5-⑥ | 1.46 | 1.17 | 0.88 | 0.58 | 0.29 |
| | 5-⑦ | 1.30 | 1.04 | 0.78 | 0.52 | 0.26 |
| 매력성 (동기 유발의 측면) | 6-① | 1.99 | 1.59 | 1.19 | 0.80 | 0.40 |
| | 6-② | 3.38 | 2.70 | 2.03 | 1.35 | 0.68 |
| | 6-③ | 4.95 | 3.96 | 2.97 | 1.98 | 0.99 |
| | 6-④ | 2.45 | 1.96 | 1.47 | 0.98 | 0.49 |
| 관리의 용이성 | 7-① | 2.99 | 2.39 | 1.80 | 1.20 | 0.59 |
| | 7-② | 1.34 | 1.07 | 0.81 | 0.53 | 0.27 |
| | 7-③ | 2.52 | 2.01 | 1.51 | 1.01 | 0.51 |
| | 7-④ | 2.41 | 1.93 | 1.45 | 0.96 | 0.48 |
| | 7-⑤ | 1.77 | 1.41 | 1.06 | 0.71 | 0.36 |
| 총점 | | 100 | 80 | 60 | 40 | 20 |

* 세부 기준에 있는 숫자는 <표 9>에 제시되어 있는 영역과 세부 기준의 내용 중에서 숫자만 나타낸 것이다.

5. 결론 및 제언

5.1 결론

시대의 변화에 따라 SW교육의 중요성이 점진적으로 강조되어 왔고, 그에 따라 2015 개정 교육과정에 의해 SW교육이 필수로 지정되었다. 또한 과학·수학·정보교육 진흥법이 제정되어 시행령이 공포됨에 따라, 학교 현장에서는 과학·수학교육과 더불어 SW교육이 정보교과를 통해 더욱 더 강조될 것으로 예상할 수 있다. 이러한 변화 속에서 SW교육을 위한 다양한 교수·학습 방법이 등장하고 있다. 특히 피지컬 컴퓨팅을 활용하는 교수·학습 방법이 그 주를 이루고 있는데, 이는 피지컬 컴퓨팅이 프로그래밍 학습을 위한 도구로서의 역할과 컴퓨팅 시스템을 학습하기 위한 내용으로서의 역할을 수행함으로써 컴퓨팅 사고력을 기르는 데 중요한 역할을 담당하고 있기 때문이다.

그런데 현재 피지컬 컴퓨팅 관련 학습을 위한 객관화된 교구의 선정 기준이 마련되어 있지 않음에

따라 일선학교에서는 교사의 주관이나 경험에 의존하여 교구를 선정하고 있는 실정이다. 이는 현재 중학교 정보교과의 SW교육에 활용되고 있는 다양한 피지컬 컴퓨팅 교구가 적절성과 효과성에 대한 판단 없이 활용되고 있다는 뜻이다. 이러한 문제의식을 바탕으로, 본 연구에서는 중학교 SW교육을 진행하는 데 활용할 수 있는 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준을 개발하였다.

이를 위해 먼저, 일반적인 교구의 선정과 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정에 대한 선행 연구를 분석하였다. 이를 통해 피지컬 컴퓨팅 교구가 갖추어야 할 특성을 교육과정 적합성, 안전성, 내구성, 경제성, 범용성, 매력성, 관리의 용이성 이상 7가지로 설정하였다. 이러한 7가지 특성을 중학교 SW교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준에 대한 상위 영역으로 설정하고, 각 영역별 세부 기준을 마련하기 위하여 델파이 방법을 적용하였다. 총 3차에 걸친 델파이 설문을 통해 7개 영역에 해당하는 31개의 세부 기준을 도출하였다. 이렇게 도출된 7개 영역과 그에 따른 31개의 세부 기준에 대하여 각 기준별 중요도를 분석하고, 그에 따라 점수를 부여하기 위하여 AHP 방법을 적용하였다. 그 결과 각 세부 기준별 종합 중요도를 도출하였고, 이를 바탕으로 세부 기준별 점수를 부여함으로써 중학교 SW교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준 개발을 완료하였다.

5.2 제언

본 연구의 결과를 바탕으로 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, 본 연구에서 개발한 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준은 델파이와 AHP 방법을 통해 전문가 집단의 의견을 반영하여 개발 되었기에 그 결과를 신뢰할 수 있다. 그러나 실제 교사들이 피지컬 컴퓨팅 교구를 선정하는 데 적용하여 유의미한 결과를 도출한 것은 아니므로 향후에는 현장의 교사들이 피지컬 컴퓨팅 교구를 선정하는 데 적용하여 타당성을 검증해야 할 필요가 있다.

둘째, 본 연구에서 개발한 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준은 중학교 학생들을 대상으로 연구한 결과이다. 비록 중등학교에서는 중학교 학생들만 SW교육을 필수로 이수하게 되어 있으나 현재 고등학

교에서도 많은 학생들이 다양한 방법을 통해 SW교육을 받고 있으므로, 고등학교 학생들을 대상으로 한 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준을 개발할 필요가 있다.

셋째, 본 연구에서는 SW교육을 담당하는 정보교과의 정규 수업에 활용할 수 있는 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준을 개발하였다. 그런데 실제 SW교육은 정보교과의 정규 수업뿐만 아니라, 창의적 체험활동이나 방과후학교 수업 등과 같이 다양한 형태로 진행되고 있다. SW교육이라는 이름으로 진행되고 있는 수업들이지만 수업 형태에 따라 학습 내용과 목적이 다르고, 이에 따라 활용할 수 있는 피지컬 컴퓨팅 교구의 종류도 다르다. 따라서 정보교과의 정규 수업뿐만 아니라 다양한 형태의 수업에도 적용할 수 있는 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준을 개발할 필요가 있다.

넷째, 본 연구에서 개발한 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준은 정보교과에서 실시하는 SW교육에만 활용할 수 있도록 개발되었다. 향후에는 과학이나 수학교과 등과 같은 다양한 교과들과 융합하여 학습하는 데 적합한 피지컬 컴퓨팅 교구의 선정 기준을 개발할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- [1] Vermesan, O., Friess, P., Guillemin, P., Gusmeroli, S., Sundmaeker, H., Bassi, A., ... & Doody, P. (2011). Internet of things strategic research roadmap. *Internet of Things-Global Technological and Societal Trends, 1*(2011), 9-52.
- [2] Stankovic, J. A., Lee, I., Mok, A., & Rajkumar, R. (2005). Opportunities and obligations for physical computing systems. *Computer, 38*(11), 23-31.
- [3] 교육부 (2017). 2015 개정 교육과정 총론 해설 중학교. 세종: 교육부.
- [4] 이태욱·최현종 (2016). 정보교과교육론. 서울: 한빛아카데미.

- [5] 교육부 (2015). **실과(기술·가정)/정보과 교육과정**. 교육부 고시 제2015-74호 별책10. 서울: 교육부.
- [6] 한국교육학술정보원 (2018). **2015 개정 교육과정에 따른 정보교과에서의 피지컬 컴퓨팅 교구 활용방안**. 대구: 한국교육학술정보원.
- [7] 한국교육학술정보원 (2017). **2017년도 소프트웨어(SW)교육 연구학교 현황 및 효과성 분석**. 대구: 한국교육학술정보원.
- [8] 이영재·전형기·김영식 (2017). 2015 개정 교육과정의 초등학교 소프트웨어 교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구 선택 기준 개발 및 적용. **정보교육학회논문지**, 21(4), 437-450.
- [9] 전형기·김영식 (2018). 2015 개정 초등 교육과정의 SW교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 기반 교구 평가 준거 개발. **컴퓨터교육학회논문지**, 21(5), 37-48.
- [10] O'Sullivan, D., & Igoe, T. (2004). *Physical computing: sensing and controlling the physical world with computers*. Course Technology Press.
- [11] Blikstein, P. (2013, June). Gears of our childhood: constructionist toolkits, robotics, and physical computing, past and future. In *Proceedings of the 12th international conference on interaction design and children* (pp. 173-182). ACM.
- [12] Rogalski, J., & Samurçay, R. (1991). Acquisition of programming knowledge and skills. *Psychology of programming* (pp. 157-174) Elsevier.
- [13] 유인환 (2005). 창의적 문제해결력 신장을 위한 로봇 프로그래밍의 가능성 탐색. **이화여자대학교 교육과학연구**, 36(2), 109-128.
- [14] 유인환 (2009). 정보영재의 프로그래밍 교육을 위한 교육용 로봇과 학습프로그램의 개발. **대구교육대학교 초등교육연구논총**, 25(2), 313-331.
- [15] 김종훈·김종진·이태옥 (2006). 마이크로 로봇 교육을 통한 초등학교 창의성 계발에 대한 연구. **한국콘텐츠학회논문지**, 6(8), 124-132.
- [16] 서정현·김영식 (2012). 아두이노(Arduino)를 이용한 피지컬 컴퓨팅의 교육적 활용 방안 연구. **한국컴퓨터교육학회 하계 학술발표논문지**, 16(2), 103-107.
- [17] 김혜진·서정현·김영식 (2016). 아두이노를 연계한 스크래치 프로그래밍 교육이 중학생의 창의적 문제해결력에 미치는 영향. **학습자중심교과교육연구**, 16(12), 707-724.
- [18] 윤정구·김영식 (2018). 아두이노를 활용한 프로그래밍 교육이 고등학생의 창의적 문제해결력에 미치는 영향. **The SNU Journal of Education Research**, 27(3), 53-73.
- [19] 김재휘·김동호 (2016). 컴퓨팅 사고력 향상을 위한 초등 피지컬 컴퓨팅 교육과정 개발. **한국정보교육학회논문지**, 20(1), 69-82.
- [20] Rubio, M. A., Hierro, C. M., & Pablo, A. P. D. M. (2013, July). Using arduino to enhance computer programming courses in science and engineering. In *Proceedings of EDULEARN13 conference* (pp. 1-3).
- [21] 김영희 (2016). **교재교구 : 이론과 실제**. 파주: 양서원.
- [22] 오연주·이지영·손진실 (2015). **교재교구의 이론과 실제**. 서울: 창지사.
- [23] 김미숙 (2015). 음악 교재·교구 활용의 당위성과 방향 모색. **예술교육연구**, 13(1), 101-104.
- [24] Schön, D. A. (2017). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Routledge.
- [25] Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity 1. *Personnel psychology*, 28(4), 563-575.
- [26] Saaty, T. L. (2013). Analytic hierarchy process. In *Encyclopedia of operations research and management science* (pp. 52-64). Springer, Boston, MA.
- [27] Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 48(1), 9-26.



안 득 하

2004 한국교원대학교
컴퓨터교육과(교육학학사)
2019 한국교원대학교
컴퓨터교육과(교육학석사)

2007~현재 울산경의고등학교 교사
2019~현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과 박사과정
관심분야: 컴퓨터교육, 피지컬 컴퓨팅, Online Judge,
알고리즘, 인공지능
E-Mail: dplus1016@gmail.com



김 영 식

1982 서울대학교
전기공학과(공학사)
1987 노스캐롤라이나주립대학교
전기 및 컴퓨터공학(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: 컴퓨터교육, 소프트웨어 교육, 피지컬 컴
퓨팅, 컴퓨터구조, 운영체제
E-mail: kimys@knue.ac.kr