

Qualitative Review of Secondary School Students' Creative Robot Works using GoGo Board

Jun, Youngcook¹⁾ (Suncheon National University)

< ABSTRACT >

This paper aims at exploring several aspects related with creative activities by qualitatively introspecting the creative works done by secondary school students including gifted students. The participating students attended intensive robot classes using GoGo board and other robotic tools including sensors and ended up with designing and creating their own robot artifacts. The author collected the participating students' robot outcomes done in Feb 2013, in Jan 2015 and July 2015 respectively including video data, and informal interview as for complementary data analysis.

The qualitative review was depicted as followings. First, the female students seemed to prefer designing relatively simple and pretty interactive robot pieces based on their skills learned from the classes whereas the male students tended to fully utilize the functions of GoGo board and several sensors to integrate for their own creative inventions and engaged themselves into hardware constructing and programming. Second, some gifted students gained interesting insights from the GoGo bumper car project and applied them into their creative projects and accomplished their works by sustaining cycle of constructing, coding, testing and debugging in a limited time session. At the end, I compared the students' works with several relevant international cases in order to indicate the possible future direction such as kinetic arts, and suggested several implications for creative robot education.

Key Words: Robot-based education, gifted students, GoGo board, creative work

1) Corresponding Author: Jun, Youngcook, Suncheon National University, 255 Jungang-ro Suncheon-si, Jeollanam-do, 57922 / E-mail: ycjun@scnu.ac.kr
Received: November 24, 2017 / Revised: November 26, 2017 / Accepted: December 08, 2017

고고보드를 사용한 중등학생들의 로봇 창작품에 대한 질적 고찰

전영국¹⁾ (순천대학교)

< 요약 >

이 연구의 목적은 로봇 키트를 사용하여 창의적 활동을 전개하는 영재반 학생 및 고등학생들의 창작품을 질적으로 고찰하고 특징을 살펴봄으로써 예술 작품 또는 발명품으로의 확장 가능성을 탐색하는데 있다. 참여 학생들은 집중 캠프를 통해 고고보드 및 다양한 센서를 사용하면서 자신만의 아이디어로 창작품을 만드는 활동을 전개하였다. 연구자는 일반계 고등학교 학생들의 작품(2013년 2월)과 과학영재교육원에 다니는 중학생들의 작품(2015년 1월 및 7월)을 수집하였고 관련되는 사진 및 동영상 자료를 보완적으로 사용하였다. 참여 학생들의 고고 창작품을 질적으로 분석한 결과는 다음과 같다. 첫째, 여학생들은 그다지 복잡하지 않은 아이디어에 착안하여 작품의 유용성 및 디자인 측면에 중점을 둔 작품을 만드는 경향을 보여주었다. 그에 비하여 남학생들은 대부분 고고보드와 다양한 센서의 기능을 충분히 살려서 독창적인 작품을 디자인하면서 고고모니터 명령어로 제어하는 활동에 적극적으로 참여하였다. 둘째, 영재반 남학생들은 고고범퍼카를 구동하는 프로젝트에서 얻은 아이디어를 변형하여 자신만의 작품을 조립, 제어, 테스트 및 수정하는 과정에서 집중력과 정해진 시간 안에 완성시키고자 하는 실행력을 보여주었다. 셋째, 참여 학생들의 작품 중에서 센서를 사용하여 상호작용적 움직임을 구현하는 작품들은 키네틱 아트로 확장될 수 있는 가능성을 보여주었다.

주요어: 로봇 활용 교육, 영재반 학생, 고고보드, 로봇 창작품

1) 교신저자: 전영국, (57922) 전라남도 순천시 중앙로 255, 순천대학교 / E-mail: ycjun@scnu.ac.kr
이 논문은 2013년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임
(NRF-2013S1A5A2A01019045)

논문투고: 2017. 11. 24 / 심사일자: 2017. 11. 26 / 게재확정일자: 2017. 12. 08

I. 서론

컴퓨팅 기술은 나날이 발전하여 산업 전반에 걸쳐 변화를 주고 있다. 특히 대용량의 데이터를 처리하는 기술, 지능적으로 계산하는 기술 등은 인공지능에 관한 기술을 개발하는 토대를 마련해 주고 있는데다 로봇 및 사물인터넷 등의 기술과 맞물려 사회적 변화를 예고하고 있다. 이러한 거시적인 관점을 차지하더라도 로봇 기술은 소형화된 마이크로프로세서와 센서 기술의 발전 덕분에 초중고 학생들이라도 쉽게 자신이 원하는 것을 만들어 작동시켜 보는 체험활동을 가능하게 해 주고 있다(이영준 외, 2015). 학생들은 방과 후 로봇수업 또는 과학관 관련 전시회 등에서 제공하는 체험부스에서 로봇을 가지고 조립 및 작동해 보는 등 로봇 내지 로봇 키트와 상호작용하는 등 풍요로운 기술적 환경에서 살아가고 있다.

로봇을 교육적으로 활용하는 방법은 21세기의 학생들이 갖추어야 할 핵심 역량인 창의성을 증진하는 것으로 알려져 있다(이화선, 한정혜, 조미현, 2013; Khanlari, 2013). 이것은 로봇 키트를 사용하여 실생활에서 불편한 것을 개선하는 등 창의적 문제해결에 가까운 활동을 장려하는 것과 관련이 깊다. 또한 DIY 기반의 자작 로봇(UCR)을 만드는 기술은 사용자의 아이디어에서 출발하여 창의성이 결합된 자신만의 로봇을 만들고 즐기면서 배울 수 있는 환경을 제공한다(김진오, 한정혜, 2011). 일례로 고고보드를 사용하는 학생들은 자신만의 조그만 과학 실험실을 만들기 위하여 필요한 센서를 연결하고 GoGo Monior 명령어를 사용하여 구현할 수 있다(박홍준, 전영국, 2015). 또한 고고범퍼카 프로젝트는 팀별 학습용 콘텐츠로 제공되면 사용자가 재미있게 자신만의 창작품을 만들 수 있는 토대를 마련해 준다(전영국, 2014). 이와 같이 로봇 키트를 교육적으로 활용하는 것은 학생들이 문제를 창의적으로 해결하는 능력을 증진시켜 주는 것으로 보고되고 있다.

이러한 맥락에서 ‘학생들이 로봇 키트를 활용하면서 STEAM 융합 교육의 일환으로 자유로운 창작 활동을 하는 과정에서 창의성을 풍부히 발현할 수 있을 것이다.’ 라는 관점이 설득력 있게 받아들여지고 있다(전영국, 2016; Danahy et al., 2014). 이를 위해 고고보드를 이용하여 로봇 및 예술을 접목하거나 고고범퍼카를 응용하여 자신만의 창작 프로젝트로 전개한 사례를 질적으로 고찰함으로써 창의적인 측면을 조망하고자 한다. 이와 관련된 연구로 광소아와 그의 동료들(2014)이 창의성의 중요성 및 개발 가능성에 대하여 연구를 진행하면서 초등정보영재들이 창의적 활동을 통해 만들어 낸 산출물을 분석하여 성취도를 조사하였다.

이러한 연구를 수행하는 이유를 더 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 많은 고등학교 학생들이 이과 및 문과로 나누어진 계열에 관계없이 대학에 진학하는 경우가 늘고 있는데다 IT-로봇

관련 학문을 접해야 하는 상황이 벌어지고 있어 로봇 활용 교육에 대하여 질적인 접근을 통하여 학생들의 특성을 감안해야 할 필요성이 높아지고 있기 때문이다. 둘째, 로봇 기반의 STEAM 교육에서 융합적인 아이디어의 중요성이 높아지고 있어 학생들의 아이디어가 어떻게 발전될 수 있는지 살펴보고자 한다.

이러한 배경을 토대로 연구자는 초중고학생들을 대상으로 고고보드를 사용하여 창작 로봇을 만들어가는 사례를 살펴보고 창작 로봇 작품을 질적으로 분석한 후에 창의성의 주요 특징에 대하여 고찰하고자 한다. 더 나아가 학생들의 창작 로봇 산출물이 예술 작품 또는 발명품으로 확장될 수 있는 가능성에 대하여 탐구하고자 한다. 따라서 이 연구의 주제는 다음과 같다. 첫째, 로봇 키트(고고보드)를 사용하여 프로젝트 기반 학습에서 나타나는 학생들의 창의적 결과물(작품)을 구체적으로 살펴보고 질적 분석을 통하여 드러나는 특징을 포착한다. 둘째, 해외의 사례를 참고하여 참여 학생들의 로봇 창작물에서 나타나는 주요 아이디어가 예술작품 또는 발명품으로 확장될 수 있는지에 대하여 고찰한다.

II. 고고보드를 이용한 로봇 활용 교육

로봇활용교육은 학습도구나 자료로 이용하여 학습 성취기준을 달성하도록 가르치는 활동을 포괄적으로 의미한다. 로봇을 교육적으로 활용하는 방식에는 다양한 접근이 가능하다. 예를 들어, 유아 및 초등학생의 경우에 문제해결능력을 신장시키는 방식 외에 도형그리기, 장애물 통과하기 등을 학습하고 다른 교과목들과 연계하는 교과 통합적 접근도 가능하다(박정호, 김철, 2014). 주로 사용되는 로봇 제품별로 교육 내용 및 특징을 살펴보면 다음과 같다. Pico-cricket은 쉬운 프로그래밍 학습도구로서 과학, 수학, 예술 관련 학습을 지원하는데 비해 고고보드는 센서와 고고모니터 명령어를 사용하여 모터를 제어하면서 자신만의 조그만 과학 실험용 Lab를 만들 수 있는 도구이다. LEGO NXT는 STEAM 교과의 개념과 로봇소양교육, 주제 중심 교과통합 방과 후 교육프로그램 등에서 광범위하게 활용되고 있다.

1. 로봇과 예술의 결합

아트보틱스는 로봇 키트를 사용하여 사용자의 움직임 또는 소리 등을 감지하여 상호작용적으로 반응하는 미술 또는 전시 작품 등을 만드는 분야이다(김현주, 2011). 이는 로봇 키트가 주로 기계 부품 및 센서 등의 공학적 관심 또는 이해를 하는 것에 부담을 느끼는 학생들 또는 여학생들에게 로봇 활용 교육을 재미있게 진행하기 위하여 고안되었다. 일례로 초등학

생들이 놀이동산과 같이 체험 랜드를 디자인하고 움직이게 작동하는 작품을 만든 사례(전영국, 이행미, 2014)가 있다. 그리고 중학생의 경우에 영재반에 다니는 학생들이 Makey Makey 보드를 사용하여 옷에 피아노 건반을 설치하고 소리에 반응하는 어항 애니메이션을 구현한 것도 이에 해당된다(전영국, 2016). 미국의 경우에 대학생들이 NXT 로봇 키트를 사용하여 인형극과 재미있는 작품을 만들고 나서 마치 놀이를 하듯이 즐기는 모습을 보여주었다(Danahy et al., 2014). 또한 매사추세츠 주립대학 (Lowell 소재)의 미술학과와 전산학과가 협력하여 대학생들을 대상으로 작품을 디자인 및 구현하여 지역 미술관에서 전시하는 활동으로 발전하였다.

로봇 키트를 활용한 교육 프로그램에 참여한 학생들이 각자의 작품을 놀이를 하듯이 재미있게 만드는 활동은 에듀테인먼트적 요소를 갖추고 있다(전영국, 2014). 학생들의 산출물은 팀별로 발표에 그치지 않고 지역 사회에서 전시 가능한 작품으로 확장되는데 아트보틱스의 장점이 더해진다. 아트보틱스 사이트(<http://www.artbotics.org>)에 가면 사람이 가까이 다가거나 손뼉을 치면 불이 켜지거나 작품의 특정 부위가 움직이면서 반응하는 작품을 감상할 수 있다. 다음은 고고보드를 사용하여 테스트용으로 만든 아트보틱스 콘텐츠의 간단한 예를 소개한다.

가. 도깨비불 콘텐츠

도깨비불 콘텐츠는 고고보드, 기울기 센서와 LED를 활용하여 사용자가 등을 흔드는 것을 감지하여 흔들어서 LED를 색을 바꾸는 콘텐츠이다. 등을 흔들 때 마다 색의 변화는 ‘초록 → 주황 → 초록+주황 →꺼짐’의 순서로 변하게 된다. 이 콘텐츠를 통해서 학습자들은 센서의 변화에 따른 색의 변화를 확인 할 수 있다. 따라서 학생들은 프로그램의 알고리즘을 직접 작성하고 눈으로 확인할 수 있어서 재미있는 프로젝트 수행 능력 등을 향상시킬 수 있다 ([그림 1] 참조).



[그림 1] 고고보드와 LED 등을 이용한 흔드는 도깨비불 구현하기

나. 정원 안에 돌아가는 예쁜 꽃

색 원통 안에 꽃은 기울기 센서와 자석 센서가 달려있기 때문에 원통을 기울이거나 기울기 센서를 기울이면 모터가 돌아가게 되어 원통 안에 있는 꽃이 예쁘게 돌아가고 자석을 갖다가 놓게 되면 자석 센서가 감지하여 모터가 돌아가게 되어 원통 안에 있는 꽃이 돌아간다. 두 번째 그 옆에 있는 파란색 사각 기둥으로 둘러싸인 꽃은 사각 기둥에 스위치 센서가 있어서 그 스위치를 누르게 되면 모터가 돌아가게 되어 사각 기둥 안에 꽃이 돌아간다. 이렇게 꾸미게 되면 더 예쁜 정원 안에 꽃들이 예쁘게 돌아간다. 또 건전지를 연결하면 속도가 더욱 빨라지고 건전지를 연결하지 않고 컴퓨터 본체 하고만 연결 하면 속도는 느리지만 보기에 더 예쁜 꽃의 회전을 볼 수 있다.

다. 김홍도의 움직이는 무동도

이 콘텐츠는 김홍도의 무동도를 고고보드와 넷로고를 활용하여 다시 표현한 콘텐츠이다. 무동도를 컴퓨터와 고고보드를 활용하여서 소리가 나고 움직임이 있게 표현하였다. 터치센서를 6개를 활용하여 악기를 맞고 있는 사람들이 움직이고 컴퓨터에서는 넷로고(NetLogo)를 통해서 인식하여 악기에 맞는 사운드가 출력하게 된다([그림 2] 참조). 이러한 콘텐츠는 예술과 로봇을 접목한 아트보틱스의 예에 해당된다.



[그림 2] 회전하는 꽃(좌)과 소리와 움직임이 있는 무동도(우)

2. 고고범퍼카 프로젝트 기반의 로봇 활용 교육 프로그램

학생들이 로봇 키트(예, 고고보드, NXT 등)를 사용하여 교사가 던져주는 조립식 프로젝트를 하는 경우에 조립 활동에 끝나는 것이 아니라 자신만의 아이디어에 따라 다양한 센서를 사용하여 자신만의 작품을 만들어갈 때 집중도와 재미가 더해지면서 창의적인 인지 능력을

발휘하게 된다(전영국, 윤지현, 2016; Khanlari, 2013; Virnes, 2014). 이런 맥락에서 볼 때 고고범퍼카 프로젝트는 학생들에게 일정 부분 주어진 틀을 제공해 주면서 자동차의 외관과 부품을 조립하도록 안내하고 센서와 모터 제어 등을 하여 실제 작동시켜 보면서 고고범퍼카 완성체를 만들어 가게 된다(박홍준, 전영국, 2015). 여기서 학생들은 자동차 시스템을 만드는 데 필요한 조립 기술(T), 터치 센서를 사용하여 데이터를 입력받고 이를 다시 고고모니터 프로그래밍을 하여 모터를 구동함으로써 자동차를 전진 또는 후진시키는 등 자동차 시스템에 대한 전반적인 이해를 하게 된다. 이 프로젝트는 S, T, E 등의 요소가 연계되는 융합교육의 프로그램으로 제공된다(박정호, 김철, 2014).

학생들은 고고보드를 일종의 도구로 다루면서 사용법에 대하여 익숙함(또는 숙련)을 얻게 되자 자신만의 아이디어로 창의적인 결과물을 만들어 낼 수 있다. 학생들은 고고보드를 사용하는 각 단계(조립하기, 범퍼카 만들기, 도미노 게임하기, 면허증 따기)를 거쳐 자유도가 높은 창작 프로젝트를 수행하게 된다(박홍준, 전영국, 2015).

고고범퍼카 프로젝트의 단계별 특징을 STEAM 융합교육과 요소별로 비교 고찰한 결과 다음과 같이 나타났다(<표 1> 참조).

<표 1> 고고범퍼카 프로젝트와 STEAM 요소와의 관련성

	고고범퍼카 조립 및 제어	고고 도미노 게임	고고 라이센스 게임
S	적외선 센서의 사용, 빛을 사용하여 거리를 측정함	범퍼 터치를 이용한 속도 중지와 앞차의 출발에 대한 물리적 관계 이해	두 개의 적외선 센서로 경로를 감지하는 효율적인 방법 탐구
T	고고모니터 프로그래밍으로 모터를 제어함	접촉 센서를 달아서 후면 접촉이 되면 앞으로 출발하도록 수정	센서에 대한 프로그래밍을 수정 (왼쪽 센서가 까만색을 만나면 오른쪽 바퀴만 돌아야 한다)
E	기계적 (자동차) 장치의 조립과 테스트	정확한 앞차와의 충돌을 위한 각도 조절	곡선 주행에 따른 신속한 센싱 기술
A	나만의 고고범퍼카의 외장을 디자인함	도미노 조각을 다양한 형태로 배치함	기하학적 무늬를 응용한 주행도를 디자인함
M	모터의 회전과 거리의 관계식 등을 탐구	일직선 상에 놓여진 자동차의 수와 충돌에 관한 도미노 현상을 방정식으로 탐구	곡선 주행에 따른 속도를 조절하는 방정식을 탐구

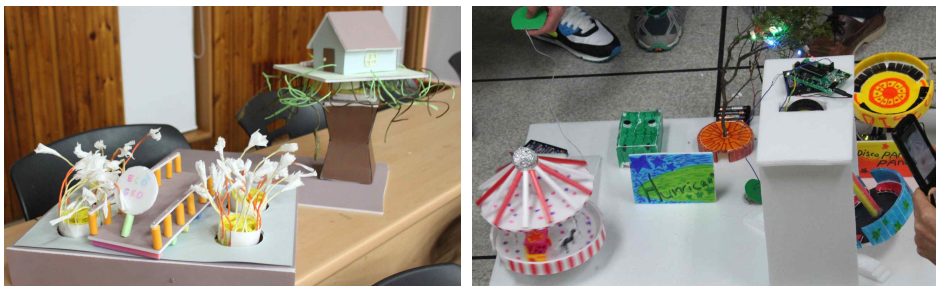
고고범퍼카 프로토타입은 학생들에게 고고보드에 대한 개념과 지식 그리고 센서와 가변 저항 등의 작동 원리를 이해하면서 고고모니터 명령어를 사용하는데 익숙해지도록 안내해 준다. 이 프로젝트는 학생들이 그러한 도구를 잘 다루으로써 자신만의 아이디어로 창의적인

역량을 발휘해 나가는 창작품 만들기 활동에 주안점을 두었다. 예를 들면 집에서 늘 보는 개 또는 고양이 등의 애완동물을 만들어 보거나 생활하면서 겪게 되는 불편한 사항을 개선하는 등 발명 장치를 만드는 프로젝트로 발전하게 된다(이영준 외 2015; Danahy et al., 2014).

Ⅲ. 참여 학생들의 고고 창작품 구현 사례

1. 고등학생들의 로봇과 예술의 연계 작품

2013년 2월에 두 차례에 걸쳐 고고보드를 이용한 디자인 기반 학습 및 창의적 활동을 지원하는 창의 캠프를 진행하였다. 2월 20~22일 사흘에 걸쳐 진행된 캠프에는 고등학교 남학생 4명이 참가하였으며 2차는 2월 27~28일에 고등학교 여학생 15여명이 참여하였다. 이 캠프의 주요 활동은 학생들에게 고고보드를 사용하여 모빌 등 움직이는 장치 또는 그 외에 인터랙티브한 로봇예술 작품을 만들어 나가는데 중점을 두었다. 고등학생들은 대학 진학에 수시로 지원하는데 도움을 받기 위하여 창의 캠프에 참여한 경우가 많았으며 로봇과 예술을 결합한 프로젝트를 해 본 경험은 없었다. 연구자는 로봇과 예술을 결합하는 [그림 1]과 [그림 2] 등의 콘텐츠의 사례를 소개하였으며 순천만과 관련한 생태에 대한 강의를 진행하였다. 이어서 로봇 강사는 고고보드와 센서의 사용에 대한 교육을 진행하였으며 그 이후에 각자 창작품을 만드는 시간을 가졌다.



[그림 3] 순천만 습지의 갈대 작품(좌)과 움직이는 테마 파크(우)

고등학교 남학생 네 명은 서로 팀을 만들어 협력하면서 순천만 습지에서 서식하는 갈대의 형상과 움직임에 착안하여 [그림 3]의 왼쪽 사진과 같은 작품을 만들었다. 그들은 이 캠프에서 상당한 흥미를 느껴 2차 캠프에서 참석하였고 좀 더 정교한 작품을 고안하였다. 그들은

모터와 LED 등을 사용하여 재미있는 놀이 기구가 등장하는 테마 파크를 구현하였다. 1차 캠프와 달리 남학생들의 실력은 부쩍 향상되어 회전하는 놀이기구, 좌우로 움직이는 바이킹, 어두워지면 불이 켜지는 나무의 조명 등을 구현하여 재미있는 테마 파크를 보여주고 있다.



[그림 4] 움직이는 꽃(좌), 순천만 정원의 재현(중) 및 인형극 장치(우)

2차 캠프에 참여한 고등학교 여학생들은 주로 4-5명이 팀을 형성하여 아기자기한 꽃을 디자인하고 고고보드와 모터 등을 이용하여 작품을 구현하였다. 여학생들 센서와 LED 등의 사용을 고려하기보다 [그림 4]에서 보는 바와 같이 대부분 꽃과 순천만 정원을 디자인하고 종이로 만드는 작업에 상당한 시간을 소비하여 작품을 완성하였다. 또한 [그림 4]의 오른쪽 사진은 매우 작은 사각형의 무대를 만들고 다양한 배우를 종이로 만든 후에 밑에 있는 두 개의 버튼을 누르면서 배우들을 움직이게 하는 인형극 작품을 보여준다.

2. 영재반 중학생들의 창의 캠프 작품

2015년 7월 27일부터 30일까지 정보영재반 학생들 19명(남 15명, 여4명)이 영재교육원 2년 차에 해당되는 사사준비반 과정의 일환으로 IT-융합 집중 캠프 프로그램에 참가하였다. 4일에 걸쳐 진행된 일정에서 이틀 동안에 고고보드 만들기 및 제어-도미노 게임하기-고고 면허증 따기 활동을 하였으며 그 나머지 이틀 동안 고고 창작 활동 순으로 이어졌다.

첫째 날 오전에 그들은 두 시간 동안 고고보드 다루기와 센서 만들기를 하였다. 오후에 로봇 강사는 미리 센서 만들기와 고고범퍼카 몸체 만들기에 관한 포토 매뉴얼을 준비함으로써 사진만 보더라도 학생들이 따라 할 수 있도록 시각적 자료를 제공하였다. 학생들은 그에 따라 차체의 몸통을 만들고 바퀴, 모터, 은박지 등을 사용하여 고고범퍼카를 완성한 후에 테스트를 하였다([그림 5]의 왼쪽 사진 참조). 범퍼카는 뒤를 치면 앞으로 가고, 앞에 장애물을 만나면 서게 된다. 학생들은 완성한 자동차를 테스트 하면서 앞으로 똑바로 가지 않고, 예상과 다르게 주행하자, 바퀴의 움직임을 관찰하고, 모터의 제어방식을 수정하였다.



[그림 5] 고고범퍼카 제작(좌), 도미노 게임하기(중), 주행 면허 테스트(우)

둘째 날에 학생들은 고고범퍼카를 사용하여 도미노 게임을 하였고 이어서 라인 트레이서 만들어 주어진 시간 내에 통과한 경우에 면허증을 받는 놀이를 즐겼다([그림 5]의 가운데 및 오른쪽 사진 참조). 학생들은 고고범퍼카를 서로 연계하여 도미노 게임을 할 때 고고범퍼카가 도미노처럼 작동할까 라는 의구심을 가지는데, 실제 작동하는 것을 보고 놀라는 모습을 보여주었다. 그들은 나머지 이틀에 걸쳐 개인 창작품을 구상하고 만든 후에 테스트를 통하여 수정 보완하는 프로젝트를 수행하였다.

가. 여학생들의 로봇 창작 작품

여학생들은 고고범퍼카 프로젝트를 수행하면서 대체로 꼼꼼하게 조립하고 테스트하는 활동을 보여주었으며, 강사의 안내에 잘 따라가는 모습을 보였다. 그들은 고고보드의 기능을 복잡하지 않은 범위 내에서 구상하고 아기자기하게 구현하는 패턴을 보여주었다. [그림 6]의 왼쪽 사진은 손에 들고 있는 소리 센서를 이용하여 음악이 나오면 모터를 구동하여 연필을 깎아주도록 디자인된 모습이다. 가운데 사진은 조도 센서를 사용하여 낮과 밤을 감지하고 밤이 되면 간판의 등을 켜주는 장치이다. 오른쪽 사진은 여름에 사용자가 차고 있는 검은 색 밴드를 감지하여 따라다니면서 차의 앞쪽에 달려 있는 두 개의 선풍기가 바람을 내면서 시원하게 해 주는 작품을 보여주고 있다.



[그림 6] 여학생들의 작품: 연필깎기(좌), 간판 등(중)과 따라다니는 선풍기(우)

나. 남학생들의 창작 로봇 작품

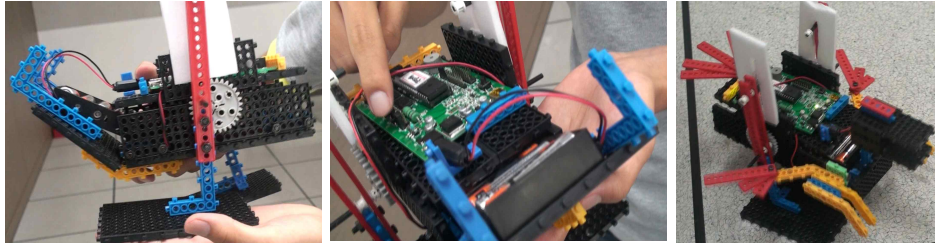
여학생들에 비하여 남학생들의 작품은 좀 더 많은 수의 센서를 사용하면서 고고범퍼카의 작동을 변형하여 새로운 형태의 장치 개발로 나아감을 보여준다. 예를 들어 고고범퍼카를 쓰레기 처리기로 변형한 작품은 다음과 같은 아이디어에서 출발하였다: “길거리나 바닥에 버려진 쓰레기들을 사람이 줍기 귀찮으니까 로봇이 대신 사람이 하는 일을 대신해주는 로봇입니다. 로봇의 뒤쪽에 있는 터치 센서를 누르면 앞으로 전진을 하게 되고 앞에 거리 센서가 쓰레기를 인식하고 그 쓰레기를 끌어올려서 로봇위의 작은 박스 위에 저장하는 방식입니다.”

참여한 남학생들 중에서 고고범퍼카의 기능을 토대로 새로운 아이디어를 적용한 두 팀의 사례를 선정하여 분석하고자 한다.

1) 공룡을 닮은 2족 보행로봇: 시조새

원래 꿈은 공룡학자인 동주는 공룡과 같이 움직이는 작품을 만들고 싶었다. 그러던 중 그는 고고범퍼카 프로젝트를 수행하면서 영감을 얻어서 이를 응용하여 2족 보행으로 앞에 달린 적외선 센서로 장애물을 피해 다니는 작품을 구상하게 되었다. 그가 이 작품을 구상하면서 센서를 이용하여 반응하여 움직이도록 하는 설계에 관한 부분은 다음 면담 자료에 고스란히 드러나 있다.

동주: 원래는 2발로 걸어서 소리센서로 박수가 나는 방향을 알아내어 그 방향으로 이동하되 장애물이 있으면 방향을 틀어 이동하도록 하는 로봇을 만들라고 했는데요. 지금은 일단 2족과 장애물 감지만 만들었습니다. 소리 센서는 추가로 달아야 합니다. (앞, 양 측면, 뒤쪽)에 달아서 박수를 치면 반응하도록 하고 싶었어요.



[그림 7] 공룡을 닮은 이족 보행 로봇 시조새: 펭귄 움직임(좌)와 개선된 작품(우)

일차적으로 만들고 테스트 해 보니 발의 움직임이 [그림 7]의 왼쪽 사진에서 보듯이 펭귄처럼 뒤뚱거리어서 발의 움직임에 만족할 수 없었다. 그는 이를 개선하고자 수정 작업에 매달렸으나 수직 축과 발판, 그리고 회전하는 모터를 정교하게 제어하는 방식을 찾지 못하였다. 그는 부드럽게 움직이는 부분을 구현하는데 상당한 어려움을 겪었으나 고고모니터 명령어로 아래와 같이 수정하여 마침내 [그림 7]의 오른쪽 사진과 같이 개선할 수 있었다.

<고고모니터 코딩 자료>

```
to motor_play
  setpower 7
  repeat 2 [beep wait 4]
  forever [b,off a,on wait 1 a,off b,on wait 1
    if sensor2 < 850 [
      repeat 25 [b,off rd a, on wait 1 a, off rd b, on wait 1]
      repeat 80 [a, on]
      a,off
      repeat 80 [rd b, on]
      b,off ]
    ]
end
```

동주는 고고범퍼카의 범퍼에서 다음과 같이 번뜩이는 아이디어를 얻게 되었다. 그는 고고범퍼카의 적외선 센서로 장애물에 대한 거리를 감지하는 것 대신에 접촉 센서를 사용하여 앞에 장애물과 접촉되었을 때 잠깐 뒤로 물러났다가 피해가는 방식을 구현해 보고 싶어했다. 전반적으로 그는 고고범퍼카 기반의 창의 프로젝트가 다음과 같이 도움이 되었다고 말해주었다.

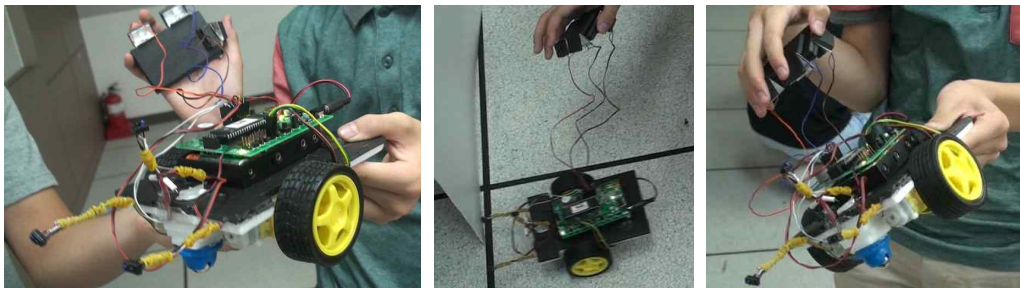
동주: 제 머리라고 해야 될까, 제 뇌에 많이 도움이 되었던 것 같아요. 모르는 것도 많이 알게 되었고 다른 애들에게서 정보도 많이 듣고 집중력이 많이 올라간 것 같아요. 그리고 저는 로봇을 취미로 하여 우리나라의 로봇 기술을 올리고 싶어요. 그리고 게임을 가상현실로 만드는 것을 직업으로 하고 싶어요.

2) 시각장애인을 위한 안내자동차

두 명의 남학생들이 협력하여 시각장애인을 위하여 안내견과 같은 역할을 하는 로봇을 만들었다(그림 8] 참조). 그 중 한명은 원래 다음과 같이 그만의 프로젝트를 구상하였다.

팀원: 전압을 감지해서 충전이 다 되면 충전기를 뽑아주는 걸 만들고 싶었는데 기계장치랑 모터를 사용하여 뽑는 게 어려워서 모터의 출력도 약하고 그래서 이렇게 바꾸게 되었습니다.

그들은 다소 이동식 자동차와 손잡이용 제어기를 따로 설계하고 센서를 8개 장착하는 등 고고범퍼카를 응용하여 하드웨어를 만들었다.



[그림 8] 안내견 자동차 외관(좌)과 장애물 테스트(중), 경사진 면에서 속도 조절(우)

안내견의 몸체 앞에 장애물 감지용 적외선 센서 두 개와 위쪽에서 떨어지는 물체 감지용으로 한 개의 적외선 센서를 부착하였고 경사진 비탈면을 감지하기 위하여 하얀색을 띤 기울기 센서를 양쪽에 달았다. 그리고 목줄처럼 길게 늘어뜨려서 안내견 로봇을 조종하는 손잡이에 세 개의 접촉 센서를 사용하여 왼쪽 엄지쪽의 시작 버튼, 왼쪽 버튼 누른 상태에서 속도를 빠르게 또는 느리게 조절하는 버튼을 구현하였다. 그러나 그들은 시각장애인에게 안내견의 역할을 할 때 발생하는 다양한 상황을 고려하여 프로그래밍 하느라 소프트웨어 제작에 많은 어려움을 겪게 되었다.

이 작품에 관한 동영상 자료는 8개의 센서를 달아서 시각장애인이 안내자동차의 전진과 멈춤 등의 속도를 쉽게 제어하도록 하는 상호작용성이 높은 특징을 보여주고 있다. 팀원들은 비탈진 길이나 경사가 진 곳을 만났을 때 바퀴가 빠르게 돌면서 그 상황을 벗어나도록 설계하였다. 하지만 시각장애인에게는 위험한 상황에 빠질 수 있으므로 알림 기능을 추가하면 좋을 것으로 보였다. 이를 구현한 고고모니터 코딩 자료는 다음과 같다.

<고고모니터 코드 모음>

```
to main
  forever [ ifelse sensor4 < 100 [guidedog] [ab, off]]
end

to guidedog
  repeat 2 [beep wait 4]
  ab, on
  forever [ if sensor1 < 950 and sensor2 < 950
    [ab, rd wait 10 a, rd wait 10 b, rd stop]
    if sensor1 < 950 [ ab, rd wait 30 b, rd
      forever [ if sensor1 > 950 or sensor1 = 950 [b, rd stop] ] ]
    if sensor2 < 950 [ab, rd wait 30 a, rd
      forever [ if sensor2 > 950 or sensor2 = 950 [a, rd stop] ] ]
    if sensor6 < 950 [repeat 3 [beep wait 4] ab, rd
      forever [ if sensor6 > 950 or sensor6 = 950 [ab, rd stop] ] ]
    if sensor7 < 100 or sensor8 < 100
      [repeat 3 [beep wait 4] setpower 7 stop]
    if sensor5 < 100 [setpower 3]
    if sensor3 < 100 [setpower 5]
    stop ]
end
```

이 작품은 시각장애인이 조종기를 잡고 목줄처럼 길게 늘어뜨리고 가면서 안내견이 앞에서 길을 안내해 주는 기능을 제공하고 있다. 두 명의 학생은 라이트레이서로 면허 테스트하는 것은 잘 했지만 창작 로봇 프로젝트를 더 재미있게 느끼고 있었다. 그들에게 고고모니터 프로그램 언어가 그리 어렵지 않았지만 간단한 기능에 따른 제약으로 어떤 경우에 다소 복잡한 기능을 구현하는데 어려움을 겪곤 하였다.

팀원1: 저희가 사용할 수 있는 센서들을 모아서 최대한 활용할 수 있는 방법을 배웠고 그리고 코딩하는 것도 그~ 새로운 언어로 해서 코딩하는 것을 배워서 도움이 되었습니다.

팀원2: 하드웨어 만드는 것보다 소프트웨어 만드는 것이 더 어렵다는 것을 깨닫게 되고 그리고 여러 가지 시행착오를 겪으면서 보람도 있었고 즐거운 경험이었습니다.

3. 고고보드 기반 창작 프로젝트의 특징

로봇 활용 교육은 STEAM 융합 교육의 관점에서 다루어지는 경향을 보여준다(박정호, 김철, 2014). 실제 로봇 활용 교육의 사례를 살펴보면 센서 및 모터 등에 관련된 기계와 전자와 관련된 공학적 지식, 이를 제어할 때 사용하는 컴퓨터 프로그래밍 등에 관련된 기술적 지식, 과학적으로 실험하는 활동에서 관련된 실험 도구처럼 구현하는 사례에서 보여주는 과학적 활용, 수학적 탐구에 활용되는 사례 그리고 디자인과 미술 작품처럼 연계하는 예술적 측면 등이 결합되는 여지를 많이 보여주고 있다(김미량 외, 2008; 전영국, 이행미, 2014).

고고범퍼카 프로젝트와 이를 응용한 학생들의 창작품에서 나타나는 특징을 STEAM 융합 교육과 요소별로 비교 고찰한 결과 다음과 같이 나타났다. 여학생들은 비교적 간단한 기능을 살리면서 예쁘게 작동되는 작품을 설계하고 구현하는 패턴을 보여주었다. 예를 들어 빛의 양에 따라 조명을 조절하는 화원의 간판 또는 사람을 따라다니면서 선풍기를 가동해 주는 애완견 같은 프로젝트가 그에 해당된다. 그에 비해 남학생들은 기능 위주로 작품을 디자인하였으며 여러 개의 센서를 장착하여 상호작용성을 높였다. 고고모니터 코딩을 보면 전후 좌우 이벤트를 발생시키면서 for 루프를 사용하여 구동과 센서 감지를 같이 하는 병렬성을 구현하였음을 알 수 있다. 그리고 그들은 보완해야 할 점을 스스로 파악하여 테스트와 디버깅을 지속적으로 하였으며 처음에 구상한 프로젝트의 프로토타입을 시간 안에 집중하면서 완성하는 모습을 보여주었다.

IV. 고고 로봇 창작품의 확장 가능성

1. 로봇 키트를 사용한 해외 예술 작품 소개

이 논문에서 소개한 학생들의 고고 창작품은 최소 2일에서 4일에 걸쳐 진행된 프로토타입형 창작물에 해당된다. 다시 말하면 그들의 작품은 향후에 수정 및 보완을 거쳐 한층 더 나은 작품으로 발전할 수 있으며 로봇과 예술을 연계한 작품은 전시가 가능한 형태로 후속 작

업이 필요할 것이다. 각 학생들의 작품을 해외의 완성도가 높은 사례와 비교 고찰해 봄으로써 학생들의 글로벌 창의 능력을 향상시킬 수 있을 것이다.

가. 움직이는 갈대: 바를 토팍의 “생명의 리듬”

순천만의 움직이는 갈대를 본뜬 고고 창작품과 관련성이 깊은 작품은 실제 2016년에 순천만에서 개최된 전시회에서 터키의 작가 바를 토팍에 의해 전시되었다([그림 9] 참조). 순천만 국제자연미술제에서 선보인 이 작품은 관객이 다가서면 갈대가 반응하면서 움직이는 작품이다. 적외선 센서를 사용하여 관객을 감지하고 부드러운 갈대의 움직임을 구현하기 위하여 며칠에 걸쳐 작업을 한 바 있다. 바를 토팍은 다음과 같이 작품의 배경을 말해 주었다. “관객들과의 소통 때문에 이 작업을 하고 있습니다. 저는 이 갈대들이 삶, 생명의 리듬이라고 느꼈고 생명의 리듬은 제 작품명이기도 합니다. 심장의 리듬 같은 것이기도 하죠.”



[그림 9] 바를 토팍의 움직이는 갈대 작품

‘관객들과의 소통’에 초점을 두었다고 한 바를 토팍의 작품을 통해 관객들은 계절과 무관하게 살아있는 생명을 통해 “자연, 인간과 소리”로 살아있는 자연처럼, 심장의 박동을 느끼며 원초적인 생명의 근원으로 다가가게 되며 도시인들의 상처를 치유 받을 수 있게 된다.

나. 움직이는 꽃에 관한 작품

고등학교 여학생들이 주로 디자인하고 만들어 보았던 움직이는 꽃에 관한 작품은 [그림 10]의 왼쪽 그림과 같이 사람이 가까이 오거나 어두워지면 꽃잎이 펼쳐지거나 오므라들도록 하는 상호작용적 작품으로 발전할 수 있다¹⁾. 또한 이런 기술적 접근은 전시 작품으로 확대 가능하다. 일례로 Geoffrey Drake-Brockman는 128개의 종이접기 형태에 4000개 이상의 움직이는 부분을 작동시켜서 자율적이고 서로 상호작용하는 작품을 개발하여 전시하였다([그

1) 사용자의 움직임과 조명에 따라 반응하는 꽃 <https://www.youtube.com/watch?v=BxOA7IA8O6A> 참조

림 10]의 오른쪽 사진 참조)²⁾.



[그림 10] 센서 작동에 따라 피는 꽃(좌) 단체로 움직이는 꽃(우)

다. 로봇을 이용한 아동극

종이 인형을 만들고 미리 정해진 동선으로 움직이게 하거나 인형의 신체 일부를 제어하면서 간단한 인형극 놀이를 할 수 있다. 여고생들이 만든 이 프로토타입은 NXT 키트를 사용하여 줄로 로봇인형을 조종하는 작품으로 선 보인바 있다(Danahy et al., 2014, pp. 8-9). 레고사의 EV3 Robot은 이런 기술적 접근을 더 확장하여 조그만 인형극 무대를 만들고 조명을 이용하여 실제 녹음된 대사를 읊거나 줄로 로봇 인형의 연기를 제어하는 작품으로 선 보인 사례에 해당된다([그림 11]의 왼쪽 사진 참조)³⁾.



[그림 11] Lego NXT 로봇 인형(좌)과 회전하는 놀이기구(우)

로봇 인형과 관련된 연구로 북극곰을 본 딴 백설이 로봇에 관한 사례가 있다(이상희, 이경옥, 2014). 연구자들은 로봇을 제작하고 콘텐츠를 수정할 수 있는 UCR 기술을 유아 동극활

2) 전시된 Floribot 작품 <https://www.youtube.com/watch?v=L3OVF22rHJ8> 참조

3) LEGO© MINDSTORMS EV3 Robot Puppet에 관하여 <https://www.youtube.com/watch?v=gc3GY417GCs> 참조

동에 적용하여 유아가 로봇과 함께 연극 놀이를 할 수 있는 콘텐츠를 제시하였다. 그들은 동극활동의 배역에 맞게 북극곰을 본뜬 로봇을 제작하였고, 동극 줄거리에 따라 교사가 로봇의 행동을 수정·보완 할 수 있는 로봇콘텐츠를 개발하였다. 유아들은 북극곰 백설이와 함께 남극여행을 하면서 새로운 친구인 펭귄형제들을 만나 남극을 경험하는 이야기에 따라 동극 활동에 참여하게 된다.

라. 엔터테인먼트 놀이동산

고등학교 남학생들은 놀이동산 개념의 엔터테인먼트 공원을 축소하여 로봇 작품으로 선보였다. 초등학생들도 자이로스윙과 움직이는 열차 모양 등을 만들고 모터 제어 및 LED 등을 구동하여 놀이 기구들을 움직이도록 하여 보는 이로 하여금 재미를 느낄 수 있도록 하였다(전영국, 이행미, 2014). 해외의 사례를 보면 [그림 11]의 오른쪽 사진에서 나타나듯이 레고 블럭을 사용하여 놀이동산의 회전하는 기구를 매우 깔끔하게 디자인하여 정교하게 조립하였다. 그리고 회전놀이 기구의 중심에서 뻗어 나온 봉에 매달린 레고들의 캐릭터들이 NXT의 제어로 상하로 움직이면서 회전하는 등 놀이동산의 수준을 더 향상시킨 것으로 드러났다.⁴⁾

2. 영재반 학생들의 고고 창작품에 대한 후속 방향

가. 공룡 애완 로봇

영재반 학생인 동주가 처음에 만든 공룡 로봇의 발걸음이 펭귄과 비슷하였는데 애완동물 로봇 프로젝트의 일환으로 대학생이 5학년 초등학생들을 위하여 만든 EG111이 펭귄의 모습을 띠고 있다(Danahy et al., 2014, p. 12). 해외 사례를 보면 장난감 또는 애완용의 공룡 로봇을 쉽게 찾아 볼 수 있다. 그 중에서 MiPosaur는 이족 보행을 하는 대신에 균형을 유지하는 주행 로봇의 형태를 띠고 있으며 꼬리 부분은 흔들 수 있도록 제작되었다. [그림 12]에서 보듯이 축구공처럼 생긴 인터페이스 기기에서 제공하는 기능에 따라 반응하며 핸드폰의 앱으로 제어 가능하다. 사용자인 주인을 따라 다니면서 회전을 하거나 춤을 추는 등 여러 가지 애완용 기교를 부리는 특징을 갖고 있다⁵⁾. 또 다른 예로 PLEO 공룡 로봇이 있는데 사용자

4) NXT로 구현한 회전하는 놀이기구 <https://www.youtube.com/watch?v=wuttd6BI27Y> 참조

5) MiPosaur 공룡 애완 로봇 <https://www.youtube.com/watch?v=OLSMxY5Zpjl> 참조

가 쓰다듬거나 손으로 접촉하면서 데리고 노는 애완 로봇이다. 이것은 네 개의 발을 가지고 있으나 걷기보다 서서 다리를 조금씩 움직이거나 애교로 넘어지는 등의 동작을 한다⁶⁾.



[그림 12] 공룡 애완 로봇(좌)와 구글 사이언스 페어 참가작품 Guide Gog(중, 우)

나. 시각장애인 안내 로봇

영재반 남학생 두 명이 작업한 시각장애인들을 위하여 도우미 역할을 하는 안내 로봇은 실제 기능이 충분히 구현된다면 상당히 유용하게 사용될 수 있다. 그리고 이것은 지정된 시각장애인에게 안내를 해 주기 위하여 약 3개월에 걸쳐 훈련을 받아야 하는 것에 비하면 적은 기간과 비용면에서 장점을 가지고 있는 것이다. 또한 로봇 제품은 많은 시각 장애인들에게 적응적인 안내 서비스를 제공할 수 있다. 이런 아이디어에 착안하여 구글 사이언스 페어에 참가한 작품이 Guide Gog이다. 사람 어깨 정도에 위치한 카메라로 길을 안내하고 목적지에 대하여 물어보면 [그림 12]의 오른쪽 사진에 보이는 것처럼 구글맵에 접근한 정보를 토대로 음성으로 길안내를 해 주는 등 상당히 고급 기능을 갖추고 있다⁷⁾.

V. 논의 및 제언

글로벌 시대에 살고 있는 21세기 후반의 학생들이 IT 융합 기반의 로봇 활용 교육을 통해 창의성을 함양시키는 것은 매우 중요하다. 이 연구에서 다룬 고고범퍼카 프로젝트를 살펴보면 강사는 로봇 활용 교육을 재미있게 진행하면서 학생들에게 로봇 키트의 사용에 익숙해지면서 생활 속에서 대하는 불편함을 해결하거나 새로운 창작물을 개발하도록 안내하고 있었다. 그 과정에서 고고범퍼카 프로젝트는 수학과 정보뿐만 아니라 로봇의 기계적 지식, 센서에 관한 전기/전자공학에 관한 지식, 디자인을 하는데 수반되는 지식, 코딩과 기술적인 테스트

6) PLEO 공룡 펫 로봇에 관하여 <https://www.youtube.com/watch?v=Xeue2b4EMGY> 참조

7) 시각장애이용 Guide Dog에 관하여 <https://www.youtube.com/watch?v=E2SYY8Ac1qI> 참조

트를 하는 테크놀로지 등 STEAM 융합적 활동에 연계될 수 있음을 살펴보았다(Merdan et al., 2017). 또한 고고범퍼카 프로젝트는 궁극적으로 학생들에게 로봇 키트를 체험하는 활동에 그치지 않고 창의적인 작품을 만들도록 안내해 주는 특징을 갖고 있다.

과학영재교육원에 다니는 1년차 중학생들은 고고범퍼카를 응용하여 직접 구현하고자 하는 아이디어가 구체적이고 발명에 가까운 양상을 보여주었다. 그들은 고고모니터 명령어가 간단하여 사용하기 쉬웠으나 가끔 복잡한 기능을 제어하는데 한계점을 느끼기도 하였다. 여학생들은 처음에 다소 막막한 상태에서 시작하지만 브레인스토밍을 거쳐 비교적 복잡하지 않은 아이디어이면서 아기자기한 작품을 구상하고 구현해 나가는 끈기를 보여주었다.

창의 캠프에 참가하였던 고등학생들은 첫날에 로봇과 예술을 결합한 아이디어를 찾아보면서 둘째날에 직접 자신만의 작품을 구현해 보는 창의 체험 학습을 해 나갔다. 남학생들은 다양한 센서와 LED, 모터의 구동 등을 응용하면서 놀이동산과 같이 협업을 요하는 큰 작품을 해나갔던 반면에 여학생들은 인형극, 움직이는 꽃, 정원박람회장 구현 등 다소 디자인적으로 예쁘고 복잡하지 않는 기능을 구현하는 패턴을 보여주었다.

이들의 활동이 창의적인 양상으로 전개되도록 하는 요인은 무엇일까? 로봇 창작 산출물을 양적으로 평가하여 동기 및 성취도 관계를 분석한 연구(곽소아, 권대용, 이원규, 2014)에 따르면 초등정보영재의 내적 동기가 높을수록 창의적 산출물 성취도가 높은 것으로 나타났다. 그들은 로봇 창작물을 평가하는데 다음 세 가지 잣대를 사용하였다. (1) 독창적인 로봇 산출물을 생산하고, 표현하는 능력(독창력), (2) 논리적이고 체계적으로 로봇 산출물을 생산하고, 표현하는 능력(논리력) 및 (3) 적극적이고 끈기 있게 창작 로봇 산출물을 완성해 나가는 능력(실행력)이다.

영재반에 다니는 1년차 남학생들은 자신이 만들어보고자 하는 작품에 필요한 하드웨어와 제어용 소프트웨어를 만드는데 도전적이고 과제를 완성시키고자 하는 열정을 보여주었지만 적당한 선에서 작품을 최소한도로 마무리하고자 하는 학생들도 상당수 보였다. 그에 비해 정보영재반의 3년차에 해당되는 사사반 학생들의 개별 프로젝트(전영국, 2016)는 좀 더 다양한 형태로 나타났다. 여학생 세 명은 고고보드 대신에 Makey Makey 보드를 사용하여 예술적인 요소가 들어가는 작품(입는 악기, 애니메이션, DDR 등)을 만들면서 스크래치와 연동한 콘텐츠를 제작하였다. 그에 비해 남학생 한 명은 고고범퍼카를 만드는데 필요한 조립 기술과 센서를 사용한 상호작용적 기능을 응용하여 자신의 아이디어가 추가된 감정을 표현하는 자동차 작품 만들기를 선호하였다.

선행 연구(전영국, 이행미, 2014)를 살펴보면 중등학생들과 달리 초등학생들은 방과 후 로봇 수업을 통해 로봇 키트를 가지고 놀면서 디자인하고 꾸미는 것을 좋아하는 경향을 보였

다. 고고모니터 명령어를 사용한 코딩 능력은 비교적 약하여 강사가 모터와 센서를 제어하는 코드를 미리 짜서 제공하면서 아이들이 어려움에 처했을 때 도와주었다.

한편, 장애를 가진 초등학교 5-6학년 학생들을 대상으로 LEGO Mindstorms NXT 로봇 프로젝트에 대하여 질적으로 접근한 Virnes(2014)의 연구가 흥미롭다. 그는 로봇을 처음 대하기, 하드웨어)의 구조, 기능(소프트웨어) 구조 및 기능 제어를 통한 로봇 다루기의 네 가지 기술적 단계와 학생들의 기질적 특징(로봇을 대하기, 로봇 기기의 구조, 로봇의 기능 및 테스트하면서 갖고 놀기)과의 관련성을 탐색하였다. 그는 비디오 촬영한 자료를 근거이론으로 분석한 결과 교육용 로봇과 참여 학생들의 상호작용에 대한 패턴을 도출하였다. 학생들은 자신이 구상한 아이디어에서 출발하여 로봇 키트를 다룰 때 네 가지 기술적 단계와 네 가지 기질적 특징별로 빠르게 전환하면서 교육용 로봇과 학생 사이의 지속적인 피드백이 창의적인 결과물이 나오는데 기여하는 것으로 드러났다(Virnes, 2014, pp. 199-202). 예를 들면 시우의 경우에 로봇 강사로부터 주어진 고고범퍼카 프로젝트에서 아이디어를 얻어서 공룡 로봇을 만든 사례는 랠리카(경주용 자동차)를 설계했다가 킹콩 로봇을 만들려고 하였던 사례와 유사하다.

참여 학생들의 창작 활동에서 두드러지게 나타나는 특징은 다음과 같다. 첫째, 고등학생들과 중학교 여학생들은 팀별로 신선한 아이디어로 출발하여 로봇 키트를 사용하여 조립하는 과정과 코딩하는 과정에서 팀원들과 협력하면서 상호작용적 예술 작품에 근접한 산출물을 보여주었다. 둘째, 영재반 중학생들은 고고범퍼카 모델에서 익힌 기능을 토대로 새로운 아이디어로 출발하여 개인별 창작 로봇을 만드는 과정에서 조립과 구현, 코딩을 하여 작품의 작동에 대한 제어, 테스트 및 수정 보완 등을 하면서 자신의 작품을 가지고 노는 패턴을 보여주었다. 또한 학생들은 조립과 구현-성능 제어-테스트 및 수정 등의 작업에서 순차적으로 하기보다 각 단계별로 자주 단계가 교차하는 방식으로 작업을 하는 경향을 보여주었으며 이것은 창의적인 활동에서 주요 특징으로 나타나고 있었다(Virnes, 2014).

해의 사례를 통해 고찰한 결과 학생들의 창의적 결과물은 로봇과 예술을 접목한 상호작용적 키네틱 아트 또는 미술 설치 작품으로의 가능성을 보여주었다. 여기서 키네틱 아트(Kinetic Art)란 동력에 의하여 움직이거나 관람자가 직접 힘을 가함으로써 작품이 움직이는 등 다양한 방법에 의하여 움직임을 나타내는 작품을 일컫는다. 키네틱 아트는 미술관 또는 박물관에서 전시와 연계되는 융합적 특징을 보여주고 있어 학교 현장과의 연계성이 풍부하다. 예를 들어, 학교 수업 부적응 학생들은 로봇 키트를 다루면서 나름대로 자신의 아이디어를 가지고 부품을 만지면서 직접 손으로 제작해 보는 활동을 통해 과학, 기술, 컴퓨터 등을 연계한 교육적 혜택을 얻을 수 있을 것이다. 그리고 Virnes(2014) 연구에서 보았듯이 특수아

동들 또한 로봇 키트를 사용하여 창의적인 활동을 할 수 있으므로 앞으로 로봇과 예술을 접목하는 분야에 대한 관심이 더 커질 것으로 전망된다.

질적 연구 방법의 관점에서 보자면 면담 또는 비디오 방법을 사용하여 로봇 사용에 따른 상호작용의 유형과 그에 따른 창의성에 대한 탐구가 활발해 질 것으로 예상된다. 예를 들어, 로봇 활용 수업에 참여한 학생들이 창의적인 활동을 하는 과정을 비디오 촬영을 하면서 그들이 느끼고 생각하는 바를 즉각적으로 대화식으로 면담을 실시함으로써 재미, 흥, 창의성 등이 발현되는 현상에 대하여 보다 근본적인 측면을 탐색할 수 있을 것이다(전영국, 2017). 아마도 인간이 로봇 키트와 상호작용하면서 창의적 로봇예술 작품을 만들어가는 과정을 질적으로 연구하는 새로운 분야가 탄생될지도 모른다.

참고문헌

- 곽소아, 권대용, 이원규 (2014). 초등정보영재의 동기와 부모지지에 따른 창의적 산출물 성취도 차이 분석. **한국컴퓨터교육학회 논문지**, 17(3), 41-51.
- 김종철, 박귀홍 (2010). 에듀테인먼트 로봇을 위한 소리기반 사용자 감성추정과 성장형 감성 HRI시스템. **로봇학회 논문지**, 5(1), 7-13.
- 김진오, 한정혜 (2010). 창작로봇(UCR) 기반 친환경 r-러닝 서비스 실천방안. **한국IT서비스학회 지**, 10(3), 21-30.
- 김현주 (2011). **지역과 관객을 중심으로 한 예술과 과학의 융합적 협업으로서의 아트보틱스**. HCI Korea 2011 학술대회 발표자료집, 1882-1915.
- 김철 (2012). 로봇교육 관련 국내 연구동향 및 교육효과 분석. **정보교육학회논문지**, 16(2), 233-243.
- 박정호, 김철 (2014). 초·중학교 로봇융합활동 교육과정에 관한 연구. **정보교육학회논문지**, 18(2), 285-294.
- 박홍준, 전영국 (2015)**. IT융합 기반의 고고범퍼카 콘텐츠 개발 및 프로젝트 적용 사례. **한국컴퓨터교육학회 논문지**, 18(2), 21-33.
- 이상희, 이경옥 (2014). 창작로봇(UCR) 기술을 활용한 동극활동 모형 개발 연구. **어린이문학교육연구**, 15(1), 225-251.
- 이영준, 김재현, 이은경, 최정원, 안상진, 전준호, 장종만 (2015). **중학교 소프트웨어 동아리 활동: 프로그래밍과 나**. 한국과학창의재단.
- 이화선, 한정혜, 조미현 (2013). 초등정규교육과정에서 창의성 함양을 위한 로봇활용교육의 효과분석. **아동교육**, 22(2), 19-35.
- 전영국 (2014). 필리핀 학교에서 적용한 에듀테인먼트 기반의 로봇 AEEP 사례에 대한 형성 평가. **교사교육연구**, 53(1), 77-93.
- 전영국 (2016). 정보 영재반 중학생들의 IT 융합 사사 프로젝트 수행에 관한 질적 분석. **한국컴퓨터교육학회 논문지**, 19(4), 45-58.
- 전영국 (2017). 창의성 신장을 위한 로봇 활용 교육에 관한 질적 연구 방법 탐구. **질적탐구**, 3(2), 101-131.
- 전영국, 윤지현 (2016). 수학정보 영재반 학생의 고고보드 창작 프로젝트 활동에 관한 질적 분석. **과학영재교육**, 8(2), 90-107.
- 전영국, 이행미 (2014). 초등학교 방과후 수업용 로봇예술 프로그램의 개발 및 적용. **교사교육**

연구, 53(2), 260-276.

- Danahy, E., Wang, E., Brockman, J., Carberry, A., Shapiro, B., & Rogers, C. B. (2014). LEGO-based robotics in higher education: 15 years of student creativity. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 11(1), 27. DOI: 10.5772/58249
- Khanlari, A. (2013). Effects of robotics on 21st century skills. *European scientific journal*, 9(27), 26-36.
- Merdan, M., Lepuschitz, W., Gottfried K. G., & Balogh, R. (Eds.) (2017). Robotics in Education: *Research and Practices for Robotics in STEM Education*. Springer: Verlag.
- Virnes, M. (2014). *Four seasons of educational robotics: substantive theory on the encounters between educational robotics and children in the dimensions of access and ownership*. Unpublished Doctoral Thesis at the University of Eastern.

