

시각장애 학생을 위한 블록 기반 프로그래밍 수업의 가능성 분석

양은봉* · 김자미** · 이원규**

경기고등학교* · 고려대학교**

요약

2015 개정 교육과정에서 초등학교 실과, 중학교 정보의 필수화에 따라 국립특수교육원에서는 장애 학생을 위한 소프트웨어 교과서를 개발하여 보급하였다. 교육 기회 형평성의 관점에서 제공된 교과서이지만, 시각장애 학생을 대상으로 한 프로그래밍 교육에 관한 내용은 미비하였다. 이에 본 연구는 시각장애 학생을 대상으로 프로그래밍 교육의 효과를 확인하고, 향후 프로그래밍 교육의 방향성을 제공하기 위한 목적으로 진행되었다. 목적 달성을 위해 초등학교 6학년 시각장애 학생을 대상으로 프로그래밍 수업을 진행하였다. 로봇과 연동한 블록 기반 프로그래밍 도구인 Blocks4All을 활용한 연구 결과, 학생의 수업 참여도는 적극적이었으며, 프로그래밍 유용성, 흥미도, 자신감 등이 높게 나타났다. 본 연구는 시각장애 학생을 대상으로 한 프로그래밍 교육의 가능성을 확인했다는 데 의의가 있다.

키워드 : SW교육, 시각장애, 정보 교육, 프로그래밍 교육, 블록 기반 프로그래밍

A Study on the Possibility of Block-based Programming Courses for Visual Impairments

Eunbong Yang* · Jamee Kim** · Wongyu Lee**

Kyunggi Highschool* · Korea University**

Abstract

The National Institute of Special Education developed and distributed software textbooks for disabled students according to the necessity of practical course in elementary school and information in middle school in the 2015 revised curriculum. It is a textbook provided from the perspective of education opportunity equity but the content of programming education for visually impaired students was insufficient. Therefore this study was conducted for the purpose of confirming the effectiveness of programming education for visual impaired students and providing the direction of future programming education. In order to achieve the purpose, programming classes were conducted for blind students in the 6th grade of elementary school. As a result of a study using "Blocks4All", a block-based programming tool with robots, students participated in classes actively and efficacy, interest, and usefulness of programming are high. This study is meaningful in that it confirmed the possibility of programming education for visually impaired students.

Keywords : SW Education, Visual Impairment, Visual Disability, Programming education, Block-based Programming Education

교신저자 : 이원규(고려대학교 컴퓨터학과)

논문투고 : 2022-08-08

논문심사 : 2022-08-29

심사완료 : 2022-10-11

1. 서론

OECD Education 2030에서는 21세기의 핵심 역량으로 문해력, 수리력, 그리고 디지털 리터러시를 제시하였다. 디지털 리터러시의 경우, 데이터 리터러시를 함께 고려한다[34]. SW교육을 중시했던 2015 개정 교육과정에 이어 2022 개정 교육과정 총론의 주요 사항 고시에서도 ‘정보 교육의 중요성을 강조하였다[9][26]. 정보과 교육은 컴퓨팅 파워를 활용하여 문제를 해결할 것을 전제로 문제발견, 이해, 분석, 그리고 해결 방법을 찾는 컴퓨팅 사고력 강화를 핵심 역량으로 채택하였다. 프로그래밍 교육은 컴퓨팅 사고력을 향상시키는 데 도움이 된다는 연구 결과가 보고되었다[15][35].

2015 개정시기 교육과정을 기준으로 초등학교 실과, 중학교의 정보과의 내용을 살펴보면, 초등은 실과에서 언플러그드 활동을, 중학교에서는 교육용 프로그래밍 언어(Educational Programming Language: EPL)를 사용한 프로그래밍 교육을 권장하고 있다[27][28]. EPL은 학습용으로 만들어진 프로그래밍 언어로 접근성이 높아 처음 프로그래밍을 시작하는 초보 학습자를 위해서 사용되고 있다. 현재 우리나라에서 많이 사용되고 있는 EPL은 스크래치(Scratch)[22]와 엔트리(Entry)[3] 등이 다.

시각장애 학생은 특수교육 대상자로 공통 교육과정과 함께 기본 교육과정 병행을 통한 교육을 받는다. 공통 교육과정에 있는 프로그래밍 내용은 기본 교육과정에서는 포함되어 있지 않다[29]. 국립특수교육원에서는 소프트웨어 교육의 필요성에 따라 장애 학생을 위한 소프트웨어 교과서를 2018년부터 편찬하였다. 접근성 고려가 요구되는 시각장애 학생 대상의 교과서 개발을 먼저 하였으며, 매년 다양한 내용을 다루는 교과서가 개발되고 있다[31][32][33]. 그러나 개발된 소프트웨어 교과서는 시각장애 학생을 대상으로 블록 기반 프로그래밍 교육을 다루지 않는 실정이다. 사회변화에도 불구하고 시각장애 학생에 대한 프로그래밍 교육의 부재는 향후, 변화하는 사회에 대한 대처 능력을 키우지 못한다는 부정적인 측면을 내포한다.

프로그래밍 교육에 대한 효과를 검증한 선행 연구에서도 장애 학생 특히, 시각장애 학생에 대한 연구는 미비한 편이다. 시각장애 학생의 경우, 발현율이 낮고 단

순 시각장애보다는 중복 장애가 있는 학생의 수가 더 많다[8][30].

시각장애 학생의 프로그래밍 가능성을 탐색하기 위하여 텍스트 기반 프로그래밍보다 블록 기반 프로그래밍 언어를 활용하는 것이 적합할 것으로 판단된다. 이는 텍스트 기반 프로그래밍 수업 자료와는 달리 시각장애 학생을 위한 블록 기반 프로그래밍 언어를 활용한 수업은 드물기 때문이다. 블록 기반 프로그래밍 언어를 활용한 교육은 인지적 부담감이 낮아 처음 프로그래밍을 접하는 학습자에게 많이 활용되고 있다[1][23]. 즉, 처음 프로그래밍을 배우는 시각장애 학습자 역시 블록 기반 프로그래밍 언어를 활용하여 프로그래밍 인식 및 이해도를 제고할 수 있다는 의미이다.

교육 기회의 평등 관점에서 교육의 공정성이 담보되기 위하여 시각장애 학생을 대상으로 한 프로그래밍 교육의 가능성을 확인할 필요가 있다. 대중적으로 사용되고 있는 블록 기반 프로그래밍 언어는 시각적인 요소가 강해 시각장애 학생이 사용하기 어렵지만, 시각장애 학생을 위한 블록 기반 프로그래밍 언어 프로그램을 활용한다면 학습이 가능할 것으로 판단하였다. 따라서 본 연구는 시각장애 학생을 대상으로 블록 기반 프로그래밍 교육을 설계 및 개발하고, 실험 연구를 통해 시각장애 학생에 대한 프로그래밍 교육의 효과를 논의하기 위한 목적으로 진행되었다. 효과성에 대한 논의는 향후 시각장애 학생의 프로그래밍 교육에 대한 방향성을 제시하는 데 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 시각장애 학생을 대상으로 한 블록 기반 프로그래밍을 활용한 수업을 구성하고 진행하여 프로그래밍 교육의 가능성을 확인하고자 하였다.

2. 이론적 배경

2.1 시각장애의 특성과 인지 방법

시각장애는 아동의 장애 출현율이 적은 장애로 현재 한국의 시각장애 특수교육대상자는 총 1,908명이다[8][30]. 시각장애는 실명(맹)과 저시력을 모두 포함한다. 전맹은 교육을 위하여 촉각적 방법(예: 점자) 또는 청각적 방법(예: 녹음 도서)을 사용해야 하는 아동으로 정의하며, 저시력은 시력 교정 후에도 시각장애가 남아 있지

만 교정 렌즈, 확대경, 망원경 등을 사용하여 인쇄물을 읽을 수 있는 아동으로 정의한다[5]. 시각장애는 인지적 발달 부분에 있어 비장애 학생과 크게 다르지 않지만, 인식 방식의 차이가 있으므로[16], 이를 고려한 교수 방법이 요구된다. 학생들에게 점자 자료 또는 큰 활자 자료를 제공하여야 하며, 이야기할 때는 누구에게 말하는 것인지 알 수 있도록 학생의 이름을 불러야 한다. 학생의 얼굴을 쳐다보며 직접 아동에게 말해주고, 다가갈 때와 떠나갈 때는 말로써 알려주어야 하며, 수업 시 필요한 보조기기를 사용할 수 있도록 권장해야 한다. 시각장애 학생을 위한 시각, 청각, 촉각을 활용한 보조도구가 있으며, 컴퓨터 발달의 결과로 제공되는 보조공학기기가 있다. 학생들이 사용하는 보조공학기기로는 파일로 된 글을 읽어주고 점자로 나타내어 주는 점자정보단말기인 ‘한소네[6]’라는 대표적인 기기가 있으며, (Fig. 1)과 같다.



(Fig. 1) Braille Information Instrument (BrailleSense Hansone)

2.2 공통 교육과정과 기본 교육과정의 정보

2015 기본 교육과정에서 특수교육 대상 학생의 장애 특성 및 정도에 따라 공통 교육과정 및 선택 중심 교육 과정을 기본 교육과정과 병행하여 편성 및 운영하도록 하고 있다. 시각장애 학생은 공통 교육과정을 바탕으로 필요시 기본 교육과정을 함께 적용한 교육을 받는다[29].

공통 교육과정과 기본 교육과정 관점에서 정보는 다음과 같이 구분된다. 공통 교육과정에서는 초등학교 ‘실과’와 중학교 ‘정보’가 필수이다. 기본 교육과정에서는 초등학교 ‘실과’만 필수이고, 중·고등학교에서 선택교육 과정인 ‘정보통신활용’ 과목을 선택하여 운영하도록 지

침한다[27][29]. 권순황(2018)은 공통 교육과정과 기본 교육과정에서의 과목 간 내용 체계 간 차이가 있음을 주장하였다[11]. 즉, 공통 교육과정에서는 초등학교 실과와 중학교 정보, 고등학교 정보가 서로 연계되어 운영할 수 있지만, 기본 교육과정에서는 초등학교 실과와 중·고등학교 정보통신활용의 연계성이 없음을 나타낸다[27][29]. 따라서, 공통 교육과정의 정보과는 컴퓨팅 사고력의 함양을 목적으로 하지만, 기본 교육과정의 정보통신활용에서는 도구의 활용에 집중되는 만큼 공통 교육과정과는 목적이 다르다고 할 수 있다. 컴퓨팅 시스템의 활용은 유사하지만, 컴퓨팅 사고력 함양을 위한 프로그래밍 구현 등은 공통 교육과정에만 존재한다.

2.3 국내외 블록 기반 프로그래밍 교육 현황

2.3.1 국내 블록 기반 프로그래밍 교육 현황

컴퓨팅 사고력 향상이 중요하게 생각되면서 프로그래밍 교육 연구가 증가했다. 프로그래밍을 시작하는 단계에서는 블록 기반 프로그래밍을 사용하여 초등학교와 중학생 대상으로 한 블록 기반 프로그래밍 교육 연구가 진행되고 있다. 블록 기반 프로그래밍 도구로써 스크래치나 엔트리를 사용하여 학생들의 컴퓨팅 사고력 향상을 확인하고자 한다. 프로그래밍할 때 학생들의 자신감을 높여주기 위하여 김용천 외(2012)는 활동지를 활용한 수업을 제안하였다[10]. 전성균과 이영준(2015)는 앱 인벤터를 활용한 프로그래밍 교육은 사용하는 휴대전화와 함께 연동할 수 있어서 학습 동기에 긍정적인 영향을 주었다고 하였다[7]. 현재 국내에서는 비장애 학생 대상 연구가 활발히 진행되고 있지만, 장애 학생 대상 연구는 거의 없는 상황이다.

장애 학생 중 시각장애가 있는 학생 대상의 연구가 미비한 이유는 초보 학습자를 대상으로 진행되는 블록 기반 프로그래밍 언어 수업은 시각적 요소가 많기 때문으로 볼 수 있다. 이에 대해 이현주 외(2020)는 시각장애 학생 대상의 소프트웨어 교육 모델을 제안하고 있으며, 시각장애 학생은 시각적 요소가 강한 블록 기반 프로그래밍 교육은 어렵다고 하였다[14]. 즉, 교육의 효과에 대한 검증보다는 어려움에 대한 내용을 제시하였다.

2.3.2 국외의 시각장애 학생 대상의 블록 기반 프로그래밍 교육 현황

국외에서는 시각장애 학생을 위한 블록 기반 프로그래밍 교육보다는 프로그래밍 언어 자체의 접근성에 초점을 둔 연구가 활발하다. 블록 기반 프로그래밍 언어를 키보드, 스크린리더, 터치스크린을 활용하여 프로그래밍 할 수 있도록 개발하였다. 이를 활용하여 수업을 진행하였으며, 효과를 확인한 연구들이 주를 이룬다 [12][18][19][24]. Noodle은 키보드를 활용하여 블록을 움직이고 프로그램을 작성할 수 있는 언어이다[18]. Accessible Blockly는 스크린리더를 사용하여 코드 탐색이 가능하며 프로그래밍할 수 있도록 제작된 언어이다 [19]. Pseudospacial Blocks(PB)는 구글의 Blockly[4]를 기반으로 한 스크린리더를 사용하여 의사공간적(pseudo-spatial)으로 코드를 탐색할 수 있도록 제작된 언어이다[12]. Blocks4All은 터치스크린을 활용하여 프로그래밍할 수 있도록 제작되었으며, 로봇을 함께 활용한다[24]. 개발된 언어를 활용한 프로그래밍 수업을 통해 학생들이 프로그래밍의 과정을 확인하고, 결과를 검토하는 등의 활동을 통해 학생의 프로그래밍에 대한 자신감 고취와 더불어 개발된 언어의 사용 가능성을 확인하였다.

2.4 프로그래밍 환경

프로그래밍 교육에서 사용하는 프로그래밍 환경으로는 대표적으로 두 가지가 있다. EPL 중 하나인 블록 기반 프로그래밍 언어를 활용한 교육과 로봇을 활용한 프로그래밍 교육이다. 블록 기반 프로그래밍은 블록 형태 명령어를 조합하여 프로그램을 만들 수 있는 장점이 있다. 접근성이 높고, 인지적 부담감이 적은 블록 기반 프로그래밍 언어는 초보 학습자 대상의 교육에서 많이 사용하고 있으며, 효과가 있는 것으로 보고되고 있다 [1][23].

학령이 낮을수록 로봇을 활용한 프로그래밍 교육은 실제적인 체험을 통해 문제해결력을 향상하는 데 도움이 된다[2][13][17]. 이영준과 이은경(2009)은 로봇 프로그래밍을 통해 학생들의 프로그래밍 동기 유발이 되었으며, 로봇을 활용하지 않은 집단에 비해 내적 동기가

유발된다[17]고 하였다. 즉, 학령이 낮거나 프로그래밍을 처음 접하는 학습자에게 로봇을 활용할 경우, 실체를 확인할 수 있다는 점에서 더 큰 흥미를 유발할 수 있는 것으로 해석할 수 있다.

3. 연구 방법

본 연구는 시각장애 학생 대상으로 블록 기반 프로그래밍 수업을 설계하고 해당 학생들에게 적용하여 수업의 가능성을 알아보고자 하였다. 블록 기반 프로그래밍 수업에서의 순차, 조건, 반복을 기초로 한 수업을 구성하였으며, 수업 전후에 설문을 시행하여 프로그래밍에 관한 견해, 흥미도, 자신감을 확인하였으며, 관찰법을 통해 학생들의 수업 태도와 참여도를 판단하였다. 이를 통해 프로그래밍 수업의 가능성을 분석하고자 하였다.

3.1. 연구 대상

시각장애 학생을 대상으로 한 프로그래밍 교육의 가능성을 진단하기 위한 본 연구의 대상은 초등학교 6학년 시각장애 학생 5명이다. 학생 5명 중 4명이 전맹이었으며, 한 명은 저시력이었다. 학생 개인의 특성은 <Table 1>과 같다.

전반적으로 학생들은 스마트기기를 적당히 다룰 수 있었고, 수업에서 사용할 iOS 기반의 음성인식인 VoiceOver의 사용은 해 본 적이 없었다. 저시력 학생은 음성인식 기능을 사용하지 않고 화면에서 크게 확대하여 사용하였다.

<Table 1> A characteristic of students

Age	Sex	Vision	Familiarity of Smart Device	VoiceOver Usage
11	Female	lowvision	A little used to	Once
12	Male	blind	Not used to it at all	Once
11	Male	blind	Very familiar	Over 1 year
12	Male	blind	Very familiar	Under 3 months
14	Female	blind	Normal	Under 3 months

학생들의 로봇과 블록 프로그래밍 어플리케이션의 이해를 돕기 위해 전맹 학생에게는 촉각 자료를, 저시력 학생에게는 큰 활자 자료를 제공하였다.

3.2. 수업 설계

시각장애 학생의 경우, 학교급과 학령기가 다를 수 고려하여 초등학교 5~6학년 실과와 중학교의 '정보' 교과 교육과정의 성취 기준을 바탕으로 수업을 설계하였다.

본 연구에서 고려한 초등학교 실과와 중학교 정보의 성취 기준은 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Achievement Standards on which Learning Goals are Set

Achievement Criteria	
• [6실04-08]	Think and apply the order of problem solving by procedural thinking.
• [6실04-09]	Experience the basic programming process using programming tools.
• [6실04-10]	Design a simple program that inputs data, performs necessary processing, and outputs results.
• [6실04-11]	Understand the structure of sequence, selection, and repetition in the process of creating a program that solves problems.
• [9정04-04]	Understand the concepts and principles of sequence, selection, and repetition, and write a program using the three structures.
• [9정05-02]	Implement data processing and motion control programs using sensors.

컴퓨팅을 활용해 문제를 해결할 것을 전제로 문제를 발견, 분석, 해결해 나가는 컴퓨팅 사고력 함양을 위해 프로그래밍 개념 학습을 기반으로 성취 기준을 설정하였다. 즉, 프로그래밍 도구를 활용한 프로그래밍 제작을 바탕으로 순차, 선택, 반복의 개념과 원리를 적용한 학습을 설계하였다. 또한, 로봇 사용을 통한 프로그래밍 교육을 고려하여 피지컬 컴퓨팅 단원의 성취 기준도 함께 포함하였다. 차시별 학습 목표를 정리하면 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Learning Goals for Each Class

Class	Learning Goal
1	• Explain what programming is.
	• Turn on and off iPad and the robot.
	• Explain the direction of the robot.
	• Run iPad application and Read blocks with using VoiceOver.
	• Connect iPad application and the robot.

2	• Write commands identical to the command sequence of given program.
	• Write a program with blocks what you desire.
3	• Implement a program to solve a given problem.
4	• Explain what 'Conditional' is.
	• Write a program with using conditional blocks.
5	• Explain what 'Loop' is.
	• Write a program with using loop blocks.
6	• Write a procedure for solving pathfinding problem.
	• Implement a program to solve pathfinding problem.

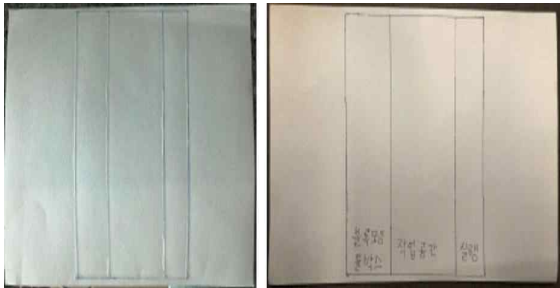
수업 진행은 학습 목표를 달성할 수 있도록 강의법과 체험할 수 있는 수업으로 구성하였다. 직접적으로 체험할 수 있는 활동, 즉, 촉각과 청각을 활용한 활동을 포함하였으며, 활동지에 주어진 문제를 풀고 그것을 직접 프로그래밍하여 로봇으로 실행해보는 것까지 체험할 수 있도록 구성하였다.

수업에 사용할 활동지와 수업 보조도구는 저시력 학생과 전맹 학생 각각의 특성을 고려하여 자료를 개발하였다.

3.2.1 활동지와 보조도구 개발

프로그래밍 활동을 위한 활동지와 학생들의 특성을 고려한 보조도구를 개발하였다. 활동지는 첫 차시를 제외한 다섯 차시에 대한 내용으로 구성하였고, 첫 차시에는 학생들이 로봇의 구조와 어플리케이션의 구조에 대해 인식할 수 있는 보조도구를 개발하였다.

어플리케이션 구조를 표현한 보조도구와 함께 구조를 설명하였다. 어플리케이션은 크게 세 부분으로 나누어져 있다. 왼쪽은 블록들의 집합인 툴박스가 있고, 중앙에는 프로그래밍할 수 있는 작업 공간이 있으며, 오른쪽은 프로그램을 실행할 수 있는 실행 공간으로 이루어져 있다. 전맹 학생은 구조를 알 수 있도록 촉각 자료를 만들어 제공하였고, 저시력 학생에게는 활자를 크게 확대하여 자료를 제공하였다. 각각의 구역을 네모난 구역으로 나누어 파악할 수 있도록 아이패드와 같은 크기의 종이에 촉각 자료와 큰 활자 자료를 만들었다. 촉각 자료의 경우, 목공품을 활용해 경계선을 확인하도록 하였다. 제공 자료는 (Fig. 2)와 같다.



(Fig. 2) A Tactile Data(left) and Large Print Material(right) of iPad Application

활동지 위주의 수업을 통해 각 차시마다 새로운 개념 설명과 학생들이 따라 할 수 있는 활동과 문제를 제공하여 해결할 수 있도록 활동지를 구성하였다. 전맹 학생에게는 점자 자료 또는 점자정보단말기를 사용하여 읽을 수 있도록 자료를 제공하고, 저시력 학생에게는 큰 활자 자료를 제공하였다.

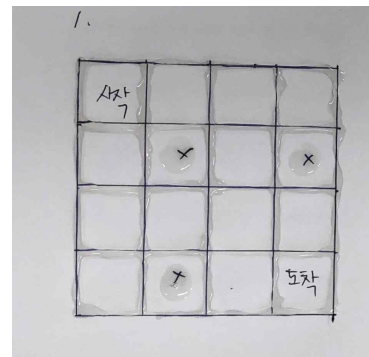
각 차시의 활동지는 다음과 같이 구성되어 있다. 2차시에는 학생들이 참고할 수 있도록 블록에 대한 설명이 있는 자료를 제공하였다. 설명을 참고하여 직접 따라서 해 볼 수 있는 문제와 응용하여 프로그래밍할 수 있는 문제를 제시하였다. 또한, 학생들이 블록과 친해질 수 있도록 원하는 블록을 사용하여 본인만의 프로그래밍을 할 수 있는 문제도 제공하였다. 3차시는 순차적 프로그래밍 내용으로 주어진 상황에 맞는 프로그래밍할 수 있는 역량을 키우기 위해 상황을 제시하여 순차적으로 프로그래밍할 수 있는 문제를 구성하였다. 4차시에는 선택 구조에 대한 설명과 학생들이 따라서 프로그래밍할 수 있는 문제를 제공하고, 선택문을 사용하여 문제를 해결하고 프로그래밍할 수 있는 문제로 구성하였다. 5차시에는 반복에 대한 개념과 함께 반복문을 활용한 프로그래밍할 수 있는 활동지 문제를 제공하였다. 마지막 차시인 6차시에는 이전 차시에서 배운 내용을 바탕으로 길찾기 문제를 프로그래밍을 통해 해결할 수 있도록 문제를 구성하였다. 각 차시별 제공한 활동지의 문항 예시는 <Table 4>와 같다.

마지막 차시의 길찾기 문제의 경우, 표로 길을 표시 해주어 이를 용이하게 파악할 수 있도록 전맹 학생에게는 촉각 자료를 통해 길의 구조를 판단할 수 있도록 하였다. 해당 자료는 (Fig. 3)과 같다.

<Table 4> Example of Worksheet Question

Contents	Example of Question																
Sequence	<ul style="list-style-type: none"> Let's make a dash to say "Hello" A Dash want to move from classroom to science lab. When you go forward and turn right, you can find science lab. (Using 2 blocks) A Dash look up and he tilted his head down. Then he started dancing. After the dance, he says "That's Cool!". (Using 4 blocks) 																
Condition	<ul style="list-style-type: none"> If a Dash heard sound, he says "Hello". 																
Loop	<ul style="list-style-type: none"> A Dash said cat sound for 3 times. 																
Pathfinding	<ul style="list-style-type: none"> Let's move the Dash from the starting point to the ending point while avoiding obstacles in the map below. <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>시작</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>장애물</td> <td></td> <td>장애물</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>장애물</td> <td></td> <td>도착</td> </tr> </table>	시작					장애물		장애물						장애물		도착
시작																	
	장애물		장애물														
	장애물		도착														

로봇이 움직이는 한 칸의 도로를 하나의 블록으로 구성하고 학생들에게 시작과 도착의 위치를 알려주었다. 장애물이 있는 칸은 블록하게 구성하여 그 위치에 장애물이 있음을 알 수 있도록 하였다.



(Fig. 3) Pathfinding Problem Tactile Data

3.2.2 프로그래밍 환경 구성

본 연구에서는 로봇과 아이패드를 사용하여 블록 기반 프로그래밍을 진행할 수 있도록 구성하였다. 수업에서 활용한 블록 기반 프로그래밍 어플리케이션은 Milne와 Ladner(2018)가 시각장애 학생을 위해 개발한 Blocks4All 오픈소스[25]를 한국어화하였다. 해당 소스는 최신 버전인 Summer-2019 브랜치를 바탕으로 작업하였으며, 수정 작업 환경의 운영체제는 macOS Big Sur 11.2.3, 개발 툴 Xcode 버전 12.4를 사용하였으며, 테스트한 아이패드의 소프트웨어 버전은 iOS 14.2였다. VoiceOver를 사용할 수 있도록 영어와 한국어의 어순에 따라 변경하였으며, 변경한 예시는 <Table 5>와 같다.

<Table 5> Example of Code Revision

Changes	
Original	<pre>if(interface == 0){ accessibilityLabel = "Place " + blocksBeingMoved[0].name + " before " . . . accessibilityLabel += block.name + blockPlacementInfo</pre>
Revision	<pre>if(interface == 0){ accessibilityLabel = blocksBeingMoved[0].name + " 블록을 " + block.name + " 블록 옆에 놓는다" . . . accessibilityLabel += blockPlacementInfo</pre>

먼저, 한국어 버전의 어플리케이션이 기술적 문제가 없는지 확인하였다. 한국어 버전의 어플리케이션이 영어 버전과 같이 작동되는지 테스트하였고, 블루투스를 통해 로봇과의 연결 문제가 없는지 확인하였다. 기술적 문제에 대한 테스트 후, 시각장애인에게 적용할 수 있는지에 대해 테스트를 하였다. 정안인이 안대를 쓰고 VoiceOver 기능을 활용한 어플리케이션 사용을 확인하였다. VoiceOver 사용에 익숙하지 않은 정안인은 어플리케이션 사용에서의 어려움만이 아닌 VoiceOver 사용에서의 어려움을 겪었다. 따라서 VoiceOver 기능에 익숙해진 후, 어플리케이션의 사용을 테스트하였다. VoiceOver 기능이 익숙한 사람은 상대적으로 어플리케이션을 사용함에 있어 빠르게 적응하였다. 다음으로

VoiceOver 기능에 익숙한 시각장애인 대상으로 테스트하였다. 어플리케이션 사용법을 설명하고 프로그래밍할 수 있도록 유도하였다. 몇 번의 시도와 설명을 통하여 편하게 사용할 수 있었다. 사용한 아이패드는 12.9인치 화면으로 어플리케이션이 전체 화면이 아닌 화면 중간에 있어 처음 시작 시 툴박스, 작업 공간, 실행의 위치를 찾는 데 어려움이 있어 도움이 필요하였다. 그에 맞추어 학생들에게 위치를 알려 줄 수 있는 부분에 대한 보완이 필요하였다. 더불어 VoiceOver 기능 세팅에 대한 피드백을 통하여 음성은 고품질로, 속도는 조금 더 빠르게 변경하였다. 또한, 학생들을 가르칠 때, 능숙하게 사용하고 알려줄 수 있도록 추가적인 연습을 통해서 바로 대답할 수 있도록 기능 사용법을 연습이 필요할 것이라고 피드백을 주었다.

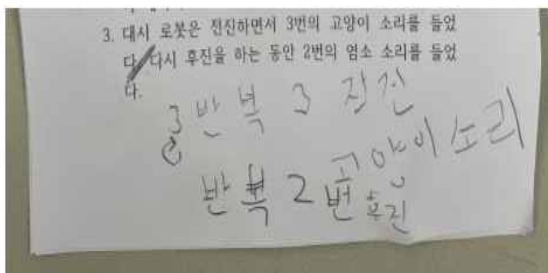
3.2.3 수업 환경 구성

본 연구는 5명의 6학년 학생들이 모여 있는 교실에서 수업이 진행되었다. 학생들과 담임선생님이 수업에 함께 참여하였다. 담임선생님은 전반적인 학생들의 특성을 파악하고 있으므로 수업을 도와주는 역할을 하였다. 로봇 한 대와 아이패드 두 대를 가지고 진행하였다. 첫 차시를 제외하고 매 차시 활동지를 통해 문제를 풀고, 이후, 프로그래밍을 통해 해결할 수 있도록 유도하였다. 활동지 내용 중 작성하는 활동도 있어 각자의 방식으로 작성할 수 있도록 안내하였다. (Fig. 4)와 (Fig. 5)에서 확인할 수 있듯이, 전맹 학생은 점판과 점필을 사용하여 작성하였고, 저시력 학생은 연필을 사용하여 작성하였다. 최대한 학생들이 로봇을 활용하여 프로그래밍하고 직접 경험할 수 있도록 유도하였다.

수업에서 사용한 Dash 로봇은 (Fig. 6)과 같다. 로봇은 사람 목소리에 반응하고 물체를 감지하며, 다양한 소리를 낸다. 또한, 네 개의 구로 이루어져 있어 아동들에게 거부감이 적다. 몸통에 해당하는 세 개의 구 아래에는 바퀴가 있어 움직일 수 있다. 머리에 해당하는 위쪽 하나의 구는 눈의 형태가 달라 학생들이 로봇의 앞과 뒤를 구별할 수 있어 어떻게 로봇을 움직일지 판단할 수 있다. 로봇이 밝히는 빛은 매우 밝아 전맹 중 빛 감지가 가능한 학생은 로봇의 눈에 빛이 켜져 있는지 판별할 수 있다.



(Fig. 4) Writing Answer with Braille Board and Stylus



(Fig. 5) Writing Answer with Pencil

로봇이 움직이는 한 칸의 도로를 하나의 블록으로 구성하고 학생들에게 시작과 도착의 위치를 알려주었다. 장애물이 있는 칸은 블록하게 구성하여 그 위치에 장애물이 있음을 알 수 있도록 하였다.



(Fig. 6) A Dash Robot

3.3. 분석 방법

본 연구는 시각장애 학생을 대상으로 블록 기반 프로그래밍 교육을 설계 및 개발하고, 향후 시각장애 학생의 프로그래밍 교육에 대한 방향성을 제시하고자 하는 목적이 있다. 이를 위해 설문과 프로그래밍 수업 과정을 관찰하고 분석하였다.

수업 전 설문은 학생 개인 변인에 관한 설문과 수업 전 학생의 프로그래밍에 관한 생각, 흥미도와 자신감에 대한 설문 두 가지로 구성하였다. 개인 설문은 학생들의 기본적인 인적 사항인 나이, 성별, 시력의 정도, 장애 시기와 스마트기기와 음성인식 기능 사용의 익숙한 정도에 관한 내용을 포함한다. 그리고 수업에서 사용할 iOS의 음성인식 기능 사용이 얼마나 익숙한지에 대한 질문 또한 포함한다. 학생이 프로그래밍에 대해서 얼마나 친숙한지를 확인하기 위해 소프트웨어, 프로그래밍, 코딩이라는 용어를 들어보았는지, 실제로 프로그래밍을 배웠다면 얼마나 배웠는지에 대한 내용과 프로그래밍을 배우고 싶은지에 대한 욕구와 그 이유를 객관식 형태의 질문으로 구성하였다.

수업 후 진행할 설문은 학생들의 프로그래밍에 관한 생각, 흥미도와 자신감을 확인하고, 수업에서의 성취 또는 만족도, 수업에서의 제공에 관한 만족도, 수업의 만족도를 확인하였다. 수업에서의 만족도에 관한 설문 문항은 <Table 6>과 같다.

<Table 6> Class Satisfaction Questionnaire

Area	Questionnaire
Student Achievement or Satisfaction	Richness of Experience
	Diversity of Problem Solving
	Interest of Career
Class offer	Clearing Student's Doubts
	Individual Teacher
	Individual Robot
Time of Class	Using Robot at Home
	Sufficiency
	Time to Solve Problem with Learning Contents
	Additional Time for Studying

수업 전후 설문에서 공통적으로 진행되는 프로그래밍에 관한 생각, 흥미도와 자신감 문항은 <Table 7>과 같다. 수업 후에서만 확인할 수 있는 수업을 통해서 흥미도의 변화, 로봇 사용의 즐거움, 무엇을 만들 수 있는 자신감 항목은 수업 후 설문에만 추가하였다.

<Table 7> Interest and Confidence Questionnaire Before and After Class

Area	Questionnaire
Interest	Necessity of Programming
	Enthusiasm for Learning Programming
	Reluctance to Program
	Interest due to Difficulty in Programming*
	Interest due to Ease in Programming*
Efficacy	Enjoyment of Using Robot*
	The Fear of Programming
	Confidence in Being Able to Program
	The Desire to Create Something through Programming
	Confidence of Creating Anything through Programming*

*Marked Items are included only in the Questionnaire After Class

4. 수업의 진행 및 결과

본 연구에서 수업의 진행 단계에 따른 학생들과 지원 교사의 설문과 관찰 내용을 정리하면 다음과 같다.

4.1. 수업 전 프로그래밍에 대한 견해 및 맹학교 정보 수업 현황

프로그래밍에 관한 설문 결과, 모든 학생은 프로그래밍에 대해 들어본 적이 있었고, 프로그래밍 자체에 대한 호기심이나 흥미가 있었다. 프로그래밍을 배우고 싶은 요구가 있었으나, 필요하지 않다고 생각하는 경우는 ‘자신에게 필요할 것 같지 않아서’라는 이유에서이다. 윈도우(Windows)의 명령 프롬프트(prompt)를 활용한 프로그래밍을 짧게 경험한 학생의 경우, 기기에 대해서도 능숙하였다. 사전 설문 결과, 프로그래밍의 경우, 새로운 분야이지만 학생들은 새로운 것에 대한 호기심이 높아서 프로그래밍에 대한 두려움은 없었다.

맹학교는 공통 교육과정을 바탕으로 필요시에 기본

교육과정을 함께 운영한다. 이에 초등학교 실과와 중학교 정보 수업을 진행하지만, 프로그래밍 단원은 이론적으로만 진행한다. 컴퓨터 수업의 경우, ‘센스리더’라는 스크린리더를 사용해야 하지만, 비장애 교사가 다루기 어려워 컴퓨터를 활용한 수업 자체가 어려운 것으로 나타났다.

교사: “컴퓨터를 활용해서 수업을 하려면, 센스리더를 사용해야 하는데 일반 교사는 센스리더를 사용해 본 경험이 없어요. 필요가 없으니까요. 교사가 사용을 하지 못하니, 수업을 제대로 하기는 어려운 상황이지요”

방과 후 수업에서 초등학생들은 주로 한소베를 이용한다. 그러나 장애가 없는 교사들은 보조공학을 다루는 능력이 부족하여 초등 전맹 학생들은 컴퓨터 수업 자체를 하기가 어려운 상황이다. 중학교 정보에서는 학생들에게 컴퓨터 다루는 법을 교육하고 있다. 스크린리더를 사용한 교육을 진행하기 때문에 타이핑을 하는 데도 오랜 시간이 소요된다. 예를 들어, 점자를 배우는 학생들의 경우, 점자에서는 ‘ㅏ’ 중성 빼기 법칙이 있다. 즉, ‘아 빼’를 점자로 쓰면 ‘ㅏ 빼’로 쓰지만, 타자를 치려면, ‘ㅇㅏㅏㅏ’로 작성해야 한다. 점자와 타이핑의 사용상 차이로 인한 어려움이라 할 수 있다. 따라서 처음 컴퓨터를 접하는 중학교 정보에서는 프로그래밍에 대한 내용보다 컴퓨터 사용법에 대한 교육 시간이 상대적으로 많이 걸린다고 할 수 있다. 초등학생 때 컴퓨터와 친해질 수 있는 시간이 중요함을 알 수 있다.

4.2. 수업 활동

수업 중 학생들의 표정과 반응에 대한 관찰 결과는 다음과 같다. 모든 학생이 수업과 관련한 다양한 내용을 질의하며 적극적으로 참여하였다. 학생들의 능동적인 참여가 요구되는 수업이기에 원활한 진행을 위해서 관심과 흥미가 필요하였다. 학생들은 로봇의 작동 원리, 센서 위치 감별 방법, 블록 이동 후 확인하는 방법 등을 질의하며 호기심을 보였다. 기기의 부족으로 인하여 모든 학생이 동시에 프로그래밍할 수 없는 상황이었지만, 한 학생이 프로그래밍할 때, 다른 학생들이 프로그래밍하는 소리를 들으며 집중하는 모습을 보였다. 6차시 수

업인 만큼 다양한 경험은 어려웠으나, 프로그래밍을 경험할 수 있도록 하였다. 물리적인 어려움이 있었으나, VoiceOver 기능을 통해 학생들이 소프트웨어에 접근하고 조작할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 학생들은 본인의 속도에 맞게 VoiceOver를 조절했고, 기기 사용에 있어 빠르게 익숙해졌다.

첫 시간에는 (Fig. 7)과 같이 로봇을 만져 보고 전원을 끄고 켜며 로봇을 파악할 수 있는 시간을 가졌다. 학생들은 차분히 자신의 순서를 기다리며, 만지면서 본인이 파악한 것을 다른 학생들과 공유하며 각자의 의견을 더하며 수업을 이어갔다. 학생들은 직접 프로그래밍 순서를 작성한 것을 바탕으로 프로그래밍하며 본인이 의도한 대로 움직이는지 손으로 만지고 소리를 들으며 확인하였다.



(Fig. 7) Figure Out the Shape of the Robot by Touching

VoiceOver 기능과 어플리케이션 사용이 처음인 학생들도 빠르게 적응하였다.

두 번째 시간부터는 강의보다는 학생들이 아이패드를 가지고 직접 프로그래밍할 수 있도록 구성하였으며, 활동지 문제를 읽고 풀고 난 뒤에 해당 문제를 각각 직접 프로그래밍하는 시간을 가졌다. 본인이 해결한 프로그래밍을 직접 로봇을 만져서 확인하는 것은 학생들에게 프로그래밍에 대한 흥미를 끌어올릴 수 있었다.

순차, 선택, 반복 학습에서는 간단히 할 수 있는 내용을 진행하였고, 학생들은 수업 내용에서 나아가 중첩 함수 등 심층적인 질문을 하는 학생들의 모습에서 목표했던 프로그래밍에 대한 이해도를 넘어선 것을 관찰할 수 있었다.

교사: “활동 중심으로 진행하여 학생들에게 프로그래밍의 재미와 할 수 있다는 자신감을 주어서 좋았습니다. 하지만 기본적인 이론 개념을 조금 더 자세히 설명하는 것이 필요할 것 같습니다.”

교사는 학생들이 충분히 프로그래밍할 수 있다고 알려주어서 좋았으며, 활동 중심으로 구성된 수업이었기 때문에 프로그래밍, 소프트웨어, 코딩 등 용어 설명과 기본적인 절차적 사고, 로봇의 센서 등에 관한 내용의 설명이 추가로 필요하다고 하였다.

4.3. 연구 결과

3.1에서 제시한 실험 집단을 대상으로 하여 수업 전후 학생들에게 설문지를 실시하여 수업 전후 학생들의 생각, 흥미도, 자신감의 변화를 살펴 보았다. 응답은 매우 그렇지 않다(1점), 그렇지 않다(2점), 보통이다(3점), 그렇다(4점), 매우 그렇다(5점)으로 측정하였으며, 질의에 대한 값은 실험 집단의 응답 평균이다. 수업 전후 프로그래밍의 유용성 측면의 생각 변화는 <Table 8>에서 나타나듯이 학생의 생각이 달라진 것을 확인할 수 있다. 프로그래밍이 직업을 구하는 데 필요할 것으로 생각하게 되었으며, 문제 해결의 수단으로도 필요하다고 응답하였다.

<Table 8> The Usefulness of Programming

In what ways do you think Programming will be needed?	Before	After
For Getting a Job	4.6	5.0
For Leisure or Hobbies	5.0	5.0
For Expanding My Thoughts	5.0	5.0
As a Method of Problem Solving	4.8	5.0

프로그래밍에 대한 흥미도 변화는 <Table 9>에서 볼 수 있듯이 학생들은 프로그래밍이 필요하며, 공부하고 싶다고 생각한다. 그리고 거부감은 없는 것으로 나타났다. 프로그래밍할 때, 특정 부분을 어렵거나 지루하다고 느껴 흥미가 사라졌다고 한 학생이 있음을 알 수 있다. 마찬가지로 특정 부분은 너무 쉽게 느껴져 재미가 없었던 적도 있음을 알 수 있다. 로봇 활용에 대한 만족도

결과는 로봇을 활용한 프로그래밍 수업이 학생들의 내적 동기를 유발한다는 이영준과 이은경(2009)의 주장과 일치한다[17]. 국외의 시각장애 학생 대상으로 진행된 로봇 활용 수업에서 로봇의 활용이 학생에게 흥미와 자신감을 높여줄 수 있다는 의견과도 일치한다[2][20][21].

<Table 9> Interest of Programming

Programming is	Before	After
Necessary	5.0	5.0
The Desire to Learn	5.0	5.0
The Denial of Learning	1.0	1.0
The Difficulty of Contents	-	1.2
No Interest due to Easiness	-	1.2
The Enjoyment of Class	-	5.0

모든 학생은 <Table 10>에서 보듯이 프로그래밍에 충분한 자신감을 보이고 있으며, 수업 후에도 적극적으로 프로그램을 만들고 싶어 하였고, 자신만의 프로그램을 만들 수 있다고 생각하였다.

<Table 10> Confidence in Programming

Programming is	Before	After
Fear	1.0	1.0
Confidence	5.0	5.0
The Desire of Creating Programs	5.0	5.0
The Possibility of Program Development	-	5.0

<Table 11>과 같이, 수업 전반적으로 학생들은 만족하고 있다고 할 수 있지만, 수업 내에서의 궁금증의 해소 정도는 부족했다고 파악된다. 수업 시간이 짧아 궁금증에 대한 질의 시간이 부족하였다고 언급하였다. 수업 내용 진행에 있어 조금 천천히 진행되었으면 좋겠다고 답변하였다.

<Table 11> Achievement or Satisfaction with Programming

Satisfaction of Class	After Class
Scalability of Experience	5.0
Extensibility of Problem-Solving Approach	5.0
Expand Career Path	5.0
Clearing Doubts	3.6

<Table 12>와 같이, 학생들은 수업 시간이 매우 부족하다고 답변했으며, 최대한 많은 차시의 수업 진행을 원하였다. 적은 수업 시간이지만 학습한 내용을 적용할 수 있는 시간은 적절하였다고 답변하였다.

<Table 12> Time of Programming Class

In Programming Class	After Class
Sufficiency of Time	1.6
Appropriateness of Time to Apply Learning Contents	5.0
Need for more Class Time	5.0

수업 진행에서 필요한 부분의 설문 결과는 <Table 13>과 같다. 수업에 사용한 기기는 로봇 한 대와 아이패드 두 대로 학생 수에 비해 기기가 부족하였다. 학생들은 개인적으로 프로그래밍할 수 있는 기기가 있기를 선호하였으며, 개별적인 선생님을 필요로 하였다. 또한, 학교에서뿐만 아니라 집에서도 로봇을 활용하여 프로그래밍하고 싶어 하였다.

<Table 13> Class Offer

In Programming Class	After Class
Individual Teacher	5.0
Individual Robot	5.0
Robot Programming at Home	5.0

5. 결론

시각장애 학생 대상 수업은 기본적으로 공통 교육과정을 바탕으로 교육하며, 필요하다면 기본 교육과정과 병행하여 운영하고 있다. 초등학교 실과와 중학교 정보교과가 운영되기는 하지만, 시각적 요소가 강한 EPL은 사용할 수 없는 실정이다.

이에 본 연구는 2015 개정 교육과정의 초등학교 실과와 중학교 정보 교과 내용 중 프로그래밍 교육을 블록 기반 프로그래밍으로 시각장애 학생에게 실시하여 그 적용 가능성을 확인하였다. 본 논문에서는 이 연구를 위해 필요한 수업 내용을 설계 및 개발하였다. 2015 개정 교육과정 실과와 정보 교과의 성취 기준을 바탕으로 학습 목표를 설정하여, 수업 내용을 설계하고 내용에 따른

활동지를 개발하였다. 수업 대상인 시각장애 학생의 특성을 파악하여 수업 내에서 필요한 자료를 개발하였다. 수업에서 사용하기 위해 시각장애 학생 대상으로 개발된 프로그램을 조사 분석하여 접근성이 좋은 것으로 선택하여 한국어화를 진행하였다. 총 6차시로 개발된 수업을 학생들에게 적용해 시각장애 학생이 프로그래밍에 흥미를 느끼고 문제 해결에 있어 논리적이고 절차적인 사고를 할 수 있도록 체험 중심의 교육을 시행하였다. 수업에 적극적으로 참여하며 질의하는 모습을 통해 학생들의 긍정적인 수업 태도와 흥미를 확인할 수 있었다. 설문에서도 본인이 프로그래밍을 충분히 할 수 있고, 재미있다는 답변을 통해 학생들의 자신감을 확인할 수 있었다. 이를 통해 프로그래밍 교육이 가능함을 확인할 수 있었다.

교사: “수업은 7~10차시 정도의 시수로 진행한다면 학생들이 좀 더 자세히 배울 수 있을 것 같다.”

본 연구를 기반으로 후속 연구의 구성을 위해 제안하면 다음과 같다. 첫째, 시각장애 학생을 대상으로 6차시보다 많은 수업 시간을 확보하여 다양한 내용을 진행할 필요가 있다. 둘째, 물리적 자원을 충분히 확보한 수업을 진행할 필요가 있다. 본 연구에서 사용한 아이패드와 로봇을 1인 1기기 형태로 사용한다면, 더 좋은 수업 효과를 나타낼 수 있을 것으로 판단된다.

소프트웨어 교육의 필요성으로 많은 연구가 진행되고 있지만, 장애 학생을 대상으로 한 연구는 미비하다. 특히 아동 출현율이 적은 시각장애 학생 대상의 연구는 이루어지고 있지 않다. 장애 특성에 맞춘 도구를 개발하여 수업에 적용한다면 충분히 프로그래밍 교육이 가능함을 알 수 있을 것으로 기대한다. 특성에 맞춘 도구 개발과 수업 내용의 구성을 통해 장애 학생에게도 교육의 기회를 주어야 한다. 또한, 전맹을 위하여 점자와 타자가 다른 점을 고려한 키보드의 개발이나 쉽게 접근할 수 있는 방식에서의 교육을 고려해 보아야 한다. 학생들이 평등하게 교육받을 수 있도록 지속적인 연구와 개발이 필요하다.

참고문헌

- [1] Choi, Y., Kim, Y., & Cho, S. (2016). The Changing of Beginners Perception of the Programming after using Educational Programming Languages. *The Korean Association of Computer Education*, 20(2), 7-10.
- [2] Dorsey, R., Chung, H. P., & Howard, A. (2014). Developing the Capabilities of Blind and Visually Impaired Youth to Build and Program Robots. *In 28th Annual International Technology and Persons with Disabilities Conference*. San Diego: California State University, Northridge.
- [3] Entry. Retrieved from <https://palyentry.org/> (2022.09.30)
- [4] Google, *Blockly*. Retrieved from <https://developers.google.com/blockly> (2022.09.30)
- [5] Hallahan, D. P., & Kauffman, J. M. (2003). *Exceptional learners: Introduction to special education*, 9th Ed. Boston: Allyn and Bacon.
- [6] Hansone(BrailleSense). Retrieved from <https://himsintl.com/kr/blindness/view.php?idx=15> (2022.09.30)
- [7] Jeon, S., & Lee, Y. (2015). The Influence of Learning App Inventor Programming of LT Collaborative Learning based on Children's Motivation. *The Korean Association of Computer Education*.
- [8] Jeong, D., Kim, H., & Jung, D. (2001). *A Study on the Prevalence of Children with Special Education Needs*. Ansan: National Institute of Special Education.
- [9] Kim, J., Woo, H., Yang, H., Kim, M., Kim, S., Yi, S., Kim, Y., Kim, Y.A., Gwak, J., Choe, H. Jeong, I., Lee, Y., & Lee, W.G. (2020). Proposing the informatics standard curriculum scheduled to be revised in 2022. *The Korean Association of Computer Education*, 23(1), 1-28.
- [10] Kim, Y., Kim, J., & Lee, J. (2012). A Case Study on Reflection Using Worksheets for Elementary School Students in Programming Learning.

- Korean Association Of Information Education.*
- [11] Kwoom, S. (2018). A Study on Organizing Software Education of Special Education Curriculum for Students with Disability. *Journal of Educational Innovation Research*, 28(4), 441-460.
- [12] Koushik, V., & Lewis, C. (2016). An Accessible Blocks Language: Work in Progress. *Computers and Accessibility*, 317-318.
- [13] Lee, E. & Lee, Y. (2007). The Effect of a Robot Programming Learning on Problem Solving Ability. *The Korean Association of Computer Education*, 10(6), 19-28.
- [14] Lee, H. J., Lee, W. J., & Jung, H. (2020). A Study on Effective Software Education Model by Disability Type for Youth. *Korea Society of Computer Information*, 25(10), 261-268.
- [15] Lee, J. & Ko, E. (2018). The Effect of Software Education on Middle School Students' Computational Thinking. *The Korea Contents Association*, 18(12), 238-250.
- [16] Lee, S., & Park, E. (2020). *Coaching Exceptional Children in Inclusive Settings*, Seoul:Hakjisa.
- [17] Lee, Y. & Lee, E. (2009). An Algorithm Learning Program with Robot. *The Korean Association of Computer Education*, 12(1), pp.33-44.
- [18] Lewis, C. (2014). Work in Progress Report: Nonvisual Visual Programming
- [19] Ludi, S. (2015). Position paper: Towards making block-based programming accessible for blind users Proceedings - 2015 IEEE Blocks and Beyond Workshop, Blocks and Beyond 2015, 67-69.
- [20] Ludi, S., Ellis, L., & Jordan, S. (2014). An accessible robotics programming environment for visually impaired users. *Computers & Accessibility*, 237-238.
- [21] Ludi, S., & Reichlmayr, T. (2011). The Use of Robotics to Promote Computing to Pre-College Students with Visual Impairments. *ACM Transactions on Computing Education*, 11(3).
- [22] Malonney, J., Resnick, M., Rusk, N., Silverman, B., & Eastmond, E. (2010). The Scratch Programming Language and Environment. *ACM Transactions on Computing Education*, 10(4).
- [23] Matsuzawa, Y., Tanaka, Y., & Sakai, S. (2016). *Measuring an impact of block-based language in introductory programming* (Vol. 493). Springer New York LLC.
- [24] Milne, L. R., & Ladner, R. E. (2018). Blocks4All : Overcoming Accessibility Barriers to Blocks Programming for Children with Visual Impairments. *Human Factors in Computing Systems*. 1-10.
- [25] Milne, L. R., & Ladner, R. E. (2019). *Blocks4All (Summer-2019 branch)*. Retrieved from <https://github.com/milnel2/blocks4alliOS> (2022.09.30)
- [26] Ministry of Education(2021). *2022 Revised Curriculum Highlights [Proposal]*. Retrieved from <https://www.moe.go.kr/boardCnts/viewRenew.do?boardID=294&boardSeq=89671&lev=0&searchType=null&statusYN=W&page=1&s=moe&m=020402&opType=N> (2022.09.30)
- [27] Ministry of Education(2015). *Practical Arts(Technical Education & Home Economics) Information Curriculum*, Ministry of Education Notice No. 2015-74 Supplementary, 10. Ministry of Education.
- [28] Ministry of Education(2015). *Primary Education, Ministry of Education Notice No. 2015-74 Supplementary, 1*. Ministry of Education.
- [29] Ministry of Education(2015). *Special Education, Ministry of Education Notice No. 2015-81 Supplementary, 3*. Ministry of Education.
- [30] Ministry of Education(2020). *Special Education Statistics for 2020*. Retrieved from http://www.nise.go.kr/ebook/site/20200703_154254 (2022.09.30)
- [31] Ministry of Education & KERIS. (2018), *2018 White Paper on ICT in Education Korea*.

[32] Ministry of Education & KERIS. (2019), *2019 White Paper on ICT in Education Korea*.
 [33] Ministry of Education & KERIS.(2020), *2020 White Paper on ICT in Education Korea*.
 [34] OECD. (2018a). *The future of education and skills Education 2030*. Paris: OECD Publishing.
 [35] Pérez-Marín, D., Hijón-Neira, R., Bacelo, A., & Pizarro, C. (2020). Can computational thinking be improved by using a methodology based on metaphors and scratch to teach computer programming to children?, *Computers in Human Behavior*, 105.

저자소개



양 은 봉

2014 미시간주립대학교
컴퓨터과학과(이학사)
2016 미시간주립대학교
컴퓨터과학과(이학석사)
2020 LG CNS 연구원
2021 고려대학교 교육대학원
컴퓨터교육전공(교육학석사)
2022~현재 경기고등학교 정보교사
관심분야: 정보교육, 특수교육,
프로그래밍
e-mail: yangeunbong@gmail.com



김 자 미

1992 이화여자대학교 교육학과
(문학사)
1995 이화여자대학교 교육학과
(문학석사)
2011 고려대학교 컴퓨터교육학과
(이학박사)
2015 고려대학교 컴퓨터학과 연구교수
2015~현재 고려대학교 교육대학원
컴퓨터교육전공 부교수
관심분야: 정보 교과교육,
교육과정평가, 이러닝
e-mail: celine@korea.ac.kr



이 원 규

1985 고려대학교 영어영문학과
(문학사)
1989 츠쿠바대학 이공학연구과
(공학석사)
1993 츠크부대학 공학연구과
전자정보공학 전공(공학박사)
1995 한국문화예술진흥원
문화정보본부 책임연구원
2014 고려대학교 사범대학
컴퓨터교육과 교수
2020 고려대학교 정보대학
컴퓨터학과 교수
2020~현재 고려대학교 대학원
컴퓨터학과 교수
관심분야: 정보교육, 정보표현,
정보관리, 교육정책
e-mail: wglee@korea.ac.kr